

# Geodätische Deformationsmessungen an der Chlorhalle des Domes zu Aachen

Autor(en): **Löschner, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **73-F (1975)**

Heft 3-4: **Prof. Dr. F. Kobold zum 70. Geburtstag**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-227534>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Geodätische Deformationsmessungen an der Chorhalle des Domes zu Aachen

F. Löschner, Aachen

## 1. Veranlassung

Nach Beseitigung der Kriegsschäden zeigten sich am Dom zu Aachen besonders im Verbindungsbereich zwischen dem karolingischen Oktogon (790–805) der gotischen Chorhalle (1355–1414) Baugebrechen, Risse usw. Die Ursachen waren nicht mit Sicherheit erklärbar.

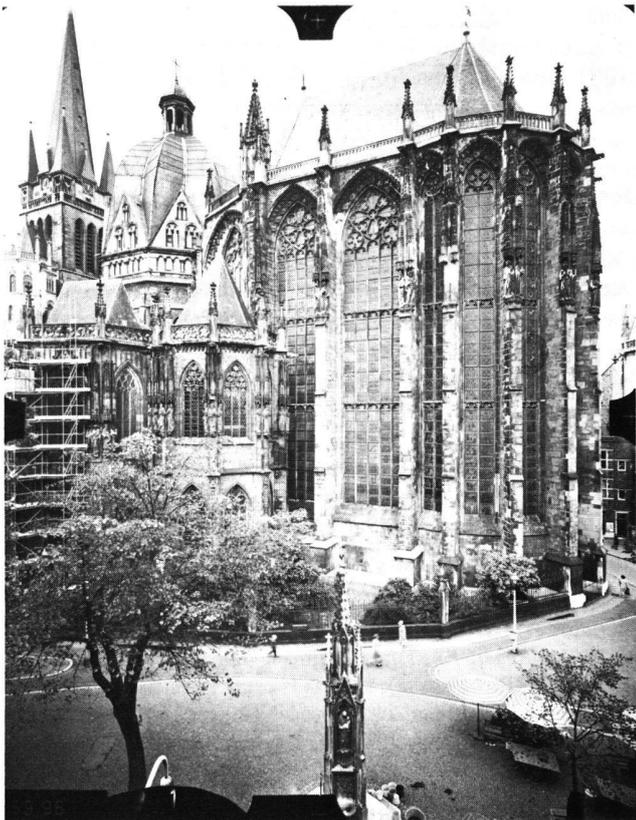


Abbildung 1 Die gotische Chorhalle des Domes zu Aachen

Zur Einleitung wirkungsvoller Sanierungsmassnahmen forderten der Dombaumeister und der Statiker eine genaue Erfassung der Richtungen und Grössen der Bauwerksbewegungen.

Durch geodätische Messungen (Vorwärtsschnitte), die über einen längeren Zeitraum wiederholt wurden, konnten die Bewegungsabläufe an der Südseite der Chorhalle etwa mit mm-Genauigkeit erfasst werden. Andere Verfahren, wie direkte elektrooptische Entfernungsbestimmungen, Lotungsverfahren usw., konnten aus technischen Gründen und örtlichen Gegebenheiten nicht angewandt werden.

## 2. Grundlagenvermessung

Bereits 1968 bis 1971 wurden unter Zugrundelegung der 1967 ermittelten Messungsgrundlagen zur photogrammetrischen Passpunktbestimmung des Dom-Rathaus-

Bereiches Deformationsmessungen an der gotischen Chorhalle durchgeführt. Aus Gründen der Kosteneinsparung wurde vorerst die Richtstrahlmethode angewandt, bei der aus Richtungsabweichungen zwischen Null- und Folgemessung und einer näherungsweise ermittelten Entfernung eine Bewegungsabweichung  $b$  normal zum

Richtstrahl nach der Bogenmassaufgabe  $\left( b = r \cdot \frac{\alpha}{\rho} \right)$

bestimmt wurde.

Für die neuerdings geforderten weitergehenden Deformationsmessungen konnten die Grundlagenvermessungen für die photogrammetrischen Aufnahmen weitgehend verwertet werden. Der Wert des seinerzeit auf Folgemessungen abgestimmten geodätischen Konzeptes erwies sich in Zeit- und Kosteneinsparungen namentlich bei der Vermarkung des Polygonzuges.

Wie bei der Messung 1968 wurde die Orientierung des Polygons durch Fernzieleinschaltung überprüft.

Änderungen bei der Disposition der Messungsgrundlage und Anpassung an moderne Messmethodik waren wegen der erhöhten Genauigkeitsanforderungen notwendig:

Es wurde ein verkürztes, aus sechs Punkten bestehendes Grundlagentriangulum vorgesehen, das nur einen einzigen Neupunkt am Balkon des Domturmes erforderte.

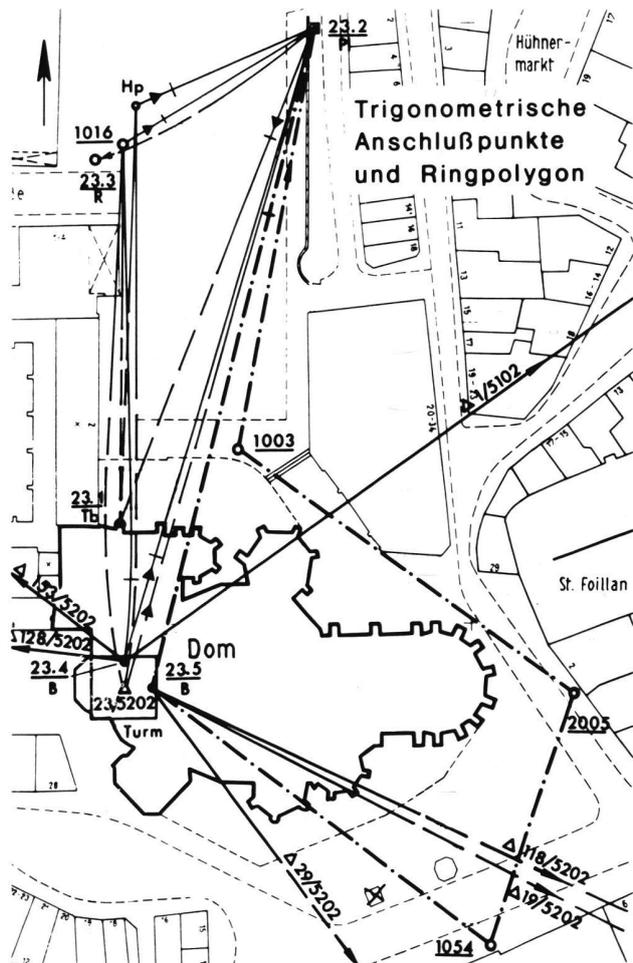


Abbildung 2 Trigonometrische Anschlusspunkte und Ringpolygon

Während der alte Polygonzug mit Basislatten optisch gemessen worden war, wurde das neue Ringpolygon mit

Orientierungsanschluss und -abschluss auf dem Punkt Platte 23.2/5202 des Landesnetzes mit dem elektrooptischen Distanzmesser Tellurometer MA 100 gemessen, das auf einer Eichstrecke überprüft wurde. Die Winkelmessung erfolgte mit dem Sekundentheodolit Zeiss Th 2. Folgende Fehler repräsentieren die Güte der Messungen des 367 m langen Ringzuges:

Winkelabschluss  $f_{\beta} = -28''$   
 (Querabweichung)  $f_y = -2 \text{ mm}$   
 (Längsabweichung)  $f_x = +4 \text{ mm}$

Die Erfassung der Bewegungsabläufe an den südlichen Pfeilern der gotischen Chorhalle sollte durch Messung von Vorwärtsschnitten erfolgen. Die ungünstigen und beengten örtlichen Verhältnisse gestatten Visurlängen zwischen etwa 15 bis 40 m im Grundriss. Deshalb wurde zusätzlich zu der aus zwei Polygonpunkten gebildeten Basis ein Neupunkt polar angehängt, wodurch ein Beobachtungsdreieck entstand, das Kontrollmöglichkeiten gestattet (Abb. 3).

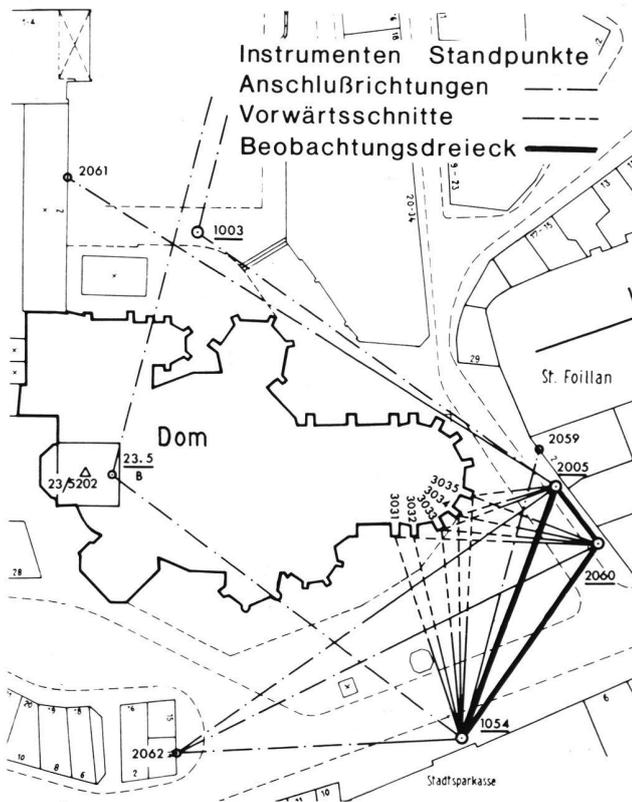


Abbildung 3 Instrumentenstandpunkte, Anschlussrichtungen, Vorwärtsschnitte, Beobachtungsdreieck

Für Richtungsanschlüsse wurden drei Zielmarken an Hauswänden angebracht. Die exzentrische Vermarkung der Beobachtungspunkte erfolgte mit Hilfe der Festpunktgabel [1, 2], die eine Zentriergenauigkeit von etwa  $\pm 0,6 \text{ mm}$  gewährleistet.

### 3. Beobachtungen

Die Passpunkte der im Jahre 1968 durchgeführten photogrammetrischen Aufnahme der gotischen Chorhalle

waren in etwa 187 m Höhe über N.N. unterhalb der Standbildsockel angebracht worden. Für die Deformationsmessungen dienen sie als Zielpunkte. Ihre durch Vorwärtsschnitte festgestellten Koordinaten sind Nullbeziehungsweise Vergleichswerte für alle Folgemessungen, bei denen die gleichen Vermessungsgrundlagen benutzt werden können.

1974 wurden sieben weitere Zielmarken an den obersten Partien der Strebepfeiler angebracht, etwa in Höhe 200 m ü. N. N.

Namentlich bei kalter Jahreszeit muss beachtet werden, dass Theodolit und Libelle genügend Zeit zur Akklimatisierung benötigen. Wegen der zum Teil sehr steilen Visuren muss die Stehachse mit grösster Sorgfalt vertikal gestellt werden. Auf den beiden östlichen Beobachtungspunkten können die Beobachtungen bei Zenitwinkeln bis etwa 27 gon nur mit Hilfe von Steilsichtokularen durchgeführt werden.

### 4. Ergebnisse

An dem Pfeilerpunkt 3034 (Abb. 4) sollen die Ergebnisse der Deformationsmessung aus geodätischer Sicht diskutiert werden.

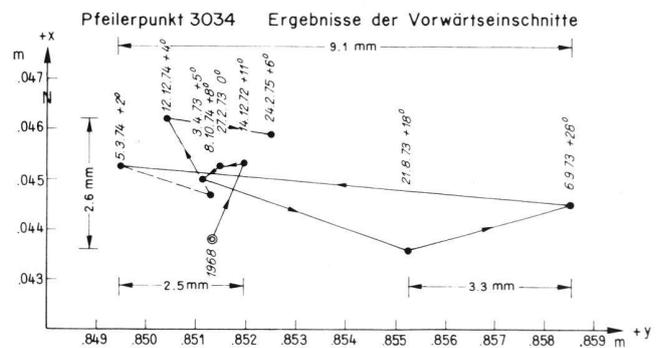


Abbildung 4 Deformationsergebnisse am Pfeilerpunkt 3034

Offensichtlich kann eine gewisse Temperaturabhängigkeit der Bewegungen angenommen werden. Die Bezugsmessung 14. Dezember 1972 erfolgte im Winter bei rund  $+11^\circ \text{C}$ . Das Bauwerk bewegte sich sodann bei weiterer Abkühlung (27. Februar 1973:  $0^\circ$ , 3. April 1973:  $+5^\circ$ ) weiter nach Westen, um sich im Sommer nach Osten zu verschieben.

Eine Hitzewelle zwischen 21. August 1973 ( $+17^\circ$ ) und 6. September 1973 ( $28^\circ$ ) lässt deutlich auf diese Temperaturabhängigkeit schliessen, ebenso wie die Stellungen der Folgemessungen 1974 und 1975 bei Temperaturen von  $0^\circ$  bis  $+11^\circ \text{C}$ , also in kalter Jahreszeit, die praktisch in einem Feld von etwa  $2 \times 2 \text{ mm}$  konzentriert sind. Die Sommermessung 1974 musste wegen Einrüstung der Chorhalle entfallen. In der Beobachtungszeit 14. Dezember 1972 bis 24. Februar 1975 ist das Bewegungsspiel in der West-Ost-Richtung (9,1 mm) 3,5mal so gross als das Bewegungsspiel in der Nord-Süd-Richtung (2,6 mm). Die Messwerte des Richtstrahlverfahrens vom Standpunkt 1054 aus ergaben volle Übereinstimmung mit der Methode durch Vorwärtseinschnitten.

Zu der erzielten Genauigkeit ist folgendes zu bemerken:

Auf den Beobachtungsstandpunkten betrug der mittlere Richtungsfehler  $\pm 2,4^{\circ}$ . Die Abweichungen gegenüber den Anschlussrichtungen zu den festen Zielmarken betragen rund  $\pm 5^{\circ}$ , so dass bei der koordinatenmässigen Bestimmung der Zielmarken an den südlichen Chorhallenpfeilern eine Unsicherheit von  $\pm 0,4$  mm auftreten kann. Berücksichtigt man noch die Zentrierungsunsicherheit von  $\pm 0,6$  mm, so erhält man für einen Zielpunkt eine mittlere Lageunsicherheit von etwa  $\pm 1$  mm.

## 5. Schlussbetrachtung

Auf die Zusammenhänge zwischen Architektur und Denkmalpflege, Geodäsie und Photogrammetrie kann 1975, im Jahre der Denkmalpflege, nicht genug hingewiesen werden. Eine intensive Zusammenarbeit dieser Disziplinen ist immer von Nutzen und daher erforderlich.

Wesentlich ist, dass bei einem Bauwerk, bei dem Schäden und Bewegungen aufgetreten sind, Messungen angeordnet werden, um die räumlichen Verschiebungs-

komponenten für eine etwa erforderliche Sanierung feststellen zu können.

Die Verpflichtung, durch Messungen Zahlenangaben über die Grössenordnung der Verschiebungen zu erhalten, ist um so grösser, wenn es sich – wie bei der gotischen Chorhalle des Aachener Domes – um eine bautechnisch und kulturgeschichtlich wertvolle Anlage handelt.

## Literatur

- [1] *Eidherr, F.*: «Neuartige Stabilisierung von Polygonpunkten», Österreich. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1962, S. 96.
- [2] *Löschner, Berling, Foramitti*: «Architekturphotogrammetrie – Denkmalpflege – Kulturgüterschutz», Veröffentlichung des Geodät. Institutes der RWTH Aachen, 1972, Nr. 22.

## Adresse des Verfassers

o. Prof. Dr. techn. F. Löschner, Geodätisches Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

## Contrôle de la stabilité d'un mur de soutènement

A. Miserez, Lausanne

### Introduction

Entre Puidoux et Palézieux-Gare, la voie ferrée CFF Lausanne–Berne longe le flanc nord-ouest du Mont Pélerin. De part et d'autre du kilomètre 18, elle traverse, dans le Bois de Granges FR, une région particulièrement instable et les problèmes de consolidation et de contrôle des voies préoccupent depuis fort longtemps la Direction des Travaux du 1er Arrondissement des Chemins de Fer Fédéraux.

A la fin du siècle dernier, dès la mise en exploitation de la simple voie, des mouvements du remblai se manifestent. Lors de la construction de la double voie, de 1901 à 1903, à cause du délai de mise en service et de l'opposition du propriétaire des terrains situés à l'aval, il n'est pas possible de réaliser les travaux d'assainissement projetés en 1900 déjà. On peut tout de même exécuter des saignées d'assainissement, prolongées sous les voies par des galeries excavées jusqu'au rocher et remplies de blocs de pierre. Ces tranchées s'étendent jusqu'en limite de la propriété des CFF, environ 20–30 mètres à l'aval des voies.

Malgré d'autres travaux entrepris jusqu'en 1915 (prolongement des tranchées, nouveaux drainages, éperons en maillons), on constate de perpétuels mouvements nécessitant très souvent la correction des voies. Entre mars et fin juin 1939, par exemple, on détermine au kilomètre 18.200 un déplacement latéral des voies de 3,5 centimètres. La vitesse des trains est limitée et les interventions des équipes de la voie sont fréquentes. De nouveaux assainissements importants sont exécutés en 1940–1941 sur une partie de la zone instable et l'effica-

cité de ces travaux semble bonne selon les observations faites sur place pendant les quelques années qui ont suivi.

En 1946, une demande de crédit pour consolider un nouveau secteur est refusée par la Direction Générale des CFF qui exige un complément des mesures de nivellement, puis repousse les travaux d'année en année.

Dès 1952, des mesures de déformations plus importantes sont entreprises par le bureau des géomètres du 1er Arrondissement. Le relevé d'une série de repères placés près de la voie avale permet de déceler au kilomètre 17.700, entre avril 1952 et juillet 1958, un déplacement maximum vers l'aval de 41 cm et un tassement de 31 cm.

Des travaux de correction des voies n'ont pas cessé d'être exécutés jusqu'en 1972, mais aucun ouvrage de stabilisation ou d'assainissement n'a été construit durant cette dernière période.

En décembre 1970, un bureau d'ingénieurs genevois est chargé de l'étude de plusieurs zones instables de la ligne Lausanne–Berne, de la traversée du Bois de Granges en particulier. Des forages sont exécutés de part et d'autre des voies et les mesures de la déformation des forages, à l'aide de l'appareil *Télécline*, permettent de déceler



Figure 1 Le mur de soutènement avec les têtes d'ancrage