

domvorh2.txt 16.10.97

Domvorhalle Vortrag München 1997, für die Publikation



## Computergestützte Vermessung der Domvorhalle in Goslar Friedrich Balck

### Beschreibung der Domvorhalle:

Der Goslarer Dom, eine romanische Basilika, wurde in der ersten Hälfte des elften Jahrhunderts gegründet und 1050 eingeweiht.

Zunächst einige historische Ansichten und Schnitte, die, wie auch das Zitat, dem Archiv für Niedersachsens Kunstgeschichte, H.W. Mithoff, Hannover (veröffentlicht 1862) – Mittelalterliche Kunstwerke in Goslar – entnommen wurden.

**Abbildung 1a:** Ansicht von Norden, zwei Türme im Westen, der Chor im Osten, über den breiten Eingang mit einer Säule vorne rechts gelangt man über die Vorhalle in den Dom.

**Abbildung 1b:** Innenansicht, Längsschnitt. Der Dom gehörte zu der Gruppe der sächsischen Basiliken, bei denen sich in den Arkaden der Mittelschiffswände zwischen je zwei Pfeilern eine Säule befindet.

**Abbildung 2a:** Der Grundriss vor der Erweiterung, dreischiffige Basilika, unten rechts die Vorhalle. Der Abstand der Pfeiler in der Vorhalle entspricht dem der Pfeiler in der Mittelschiffswand.

**Abbildung 2b:** Der Grundriss nach der Erweiterung, fünfschiffig, ein Teil der Vorhalle wurde einbezogen.

Das Domstift besaß bedeutende Freiheiten und ansehnliche Güter, so dass es sich über viele Jahrhunderte erhalten konnte. Mit dem 30-jährigen Krieg verfiel der Dom jedoch zusehends. Auch viele seiner Schätze gingen verloren. Die zunehmende Baufälligkeit schritt nach Aufhebung des Domstiftes 1802 weiter fort, so dass sich der Magistrat der Stadt Goslar entschloss, Teile des Domes zu verkaufen und letztlich 1819 das Gebäude abbrechen zu lassen.

Verblieben sind heute lediglich die Vorhalle - **Abbildung 1c** - und ein auf dem umliegenden Parkplatz durch farbliche Pflasterung angedeuteter Grundriss.

Über den Blick durch die Vorhalle in den Dom heißt es:

"Zwei halbkreisförmig überwölbte, durch eine Säule getrennte Öffnungen führen in die Halle, welche aus einem höheren Mittelraume und zwei niedrigeren Seitenräumen (auf jeder Seite) besteht. Ersterer ist mit Kreuzgewölben ohne hervortretende Rippen überspannt, während letztere mit Tonnengewölben überdeckt sind.

Die Pfeiler im Innern der Halle, welche die halbkreisförmigen Gurten aufnehmen, sind an den Ecken mit Säulchen und Rundstäben besetzt, deren Basis nach dem Muster der attischen gebildet ist. Das am südlichen Ende der Halle befindliche Portal hat in und an seinen rechwinkligen Rücksprüngen größere und kleinere, auf einem hohen Sockel stehende Säulen und einen reich gegliederten halbkreisförmigen Schluss. Die äußerste Gliederung des Bogens ist zu beiden Seiten von dem Kämpfergesimse an in einer Bogenlinie tiefer herabgeführt und verläuft sich dann gegen die benachbarten Wandpfeiler."

Die *Abbildungen 1c, 3a* und *3b* stellen die Ansicht, ein Querprofil und den Grundriss dar. Über den Eingängen stehen Figuren in Nischen.

Die *Abbildungen 4a* und *4b* zeigen zwei Schnitte mit der Holzkonstruktion im Dach.

Besondere Schätze sind die Säule und das Portal, zwei heute leider schon in der Oberfläche stark angegriffene Teile der Vorhalle.

1995 wurden für Umbaumaßnahmen aktuelle Bestandspläne benötigt. Vor dem Umbau war die Halle für die Besucher von innen begehbar, während sie nun, nach dem Umbau, durch mehrere große Glasscheiben, anstatt der früheren Holztüren, lediglich von außen besichtigt werden kann.

### **Die Datenaufnahme:**

Für die Datenaufnahme wurde das System TRIGOMAT verwendet, das mittlerweile sowohl das 2D/3D- Maßbandsystem (vorgestellt in Ordo et Mensura III, S.13) als auch ein optisches System (Tachymeter mit Reflektor bzw. reflektorlose Tachymeter) in einer einheitlichen Softwareumgebung verbindet.

Das Maßbandsystem bietet eine hohe Meßgeschwindigkeit mit mehreren Punkten pro Sekunde, die allerdings direkt oder mit einer Stange angetastet werden müssen.

Das optische Tachymeter arbeitet berührungslos, benötigt aber mehrere Sekunden für eine Messung.

Der überwiegende Teil wurde mit einem reflektorlosen Tachymeter (Theodolit mit aufgesetztem Laserentfernungsmesser) aufgenommen. Mit dem sichtbaren Laserstrahl wurde das zu erfassende Objekt angezielt und nach Knopfdruck an der Fernbedienung konnten die beiden Winkel am Theodoliten und der Wert vom Entfernungsmesser elektronisch vom Rechner ausgelesen werden.

Das Programm errechnete daraus die 3D-Koordinate und speicherte sie ab. Mehr als 10 Meßwerte pro Minute konnten so aufgenommen werden.

Für die Kartierung der Fußbodenplatten bot sich das 2D-Maßbandsystem an. In einer Zeit von weniger als 1,5 Stunden konnte damit die Struktur des Bodenbelages aufgenommen werden. Auch hier war für die Datenaufnahme nur eine Person erforderlich.

Über mehrere Passpunkte auf dem Boden konnten die Maßbanddaten in das Koordinatensystem von der Tachymetermessung "eingehängt" werden. Bedingt durch mehrere Einbauten in der Halle musste das System dabei mehrmals umgesetzt werden.

Nach etwa 15 Stunden Gesamtzeit für die Datenaufnahme sowohl innen als auch außen stehen nun etwa 10.000 Datenpunkte zur Verfügung.

Bei optimalen Bedingungen läßt sich mit dem System für jede Koordinatenachse eine Genauigkeit von kleiner 1 cm erreichen, die allerdings bei streifendem Einfall auf eine Wandoberfläche oder beim Anzielen von Ecken und Kanten deutlich schlechter werden kann.

In der **Abbildung 5** liegt der komplette Datensatz in seiner Rohform vor, isometrisch dargestellt als Drahtmodell.

Die bei der Datenaufnahme verwendete unterschiedliche Codierung der verschiedenen Linientypen (sichtbarer Rand, Steinfuge, Holz ...) wurde hier mit unterschiedlichen Farben bzw. mit unterschiedlichen Stricharten wiedergegeben.

**Abbildung 6** gibt einen Blick schräg von oben, etwa mit 90 Grad um die vertikale Achse gedreht.

**Abbildung 7** ist eine Aufsicht auf alle Daten mit einer Höhe kleiner als 1 Meter. Es handelt sich um die Rohdaten, d.h. fehlende Linien wurden nicht ergänzt und offensichtliche Fehlmessungen bei der reflektorlosen Tachymetrie z.B. durch Spinnweben sind nicht korrigiert. Auch geben die Mehrfachlinien im Sockelbereich die Daten von verschiedenen Horizontalschnitten wieder. Durch Ausblenden ganzer Bereiche der dritten Koordinate lassen sich bei jeder Ansicht auf einfache Weise Schnitte erzeugen.

**Abbildung 8.** Am rechten Rand von **Abbildung 7** ist die Lage der Schnitte näher bezeichnet. Deutlich ist im Schnitt E die Abnahme der Mauerstärke mit zunehmender Höhe zu erkennen.

Erst beim späteren Umzeichnen durch einen Architekten wurden die Daten für die Ansichten und Schnitte entsprechend korrigiert.

### **Auswertung:**

Während die gemessenen Daten verformungsgetreu sind und komplizierte Strukturen haben, lassen sich nun, nachdem die Daten im Rechner sind, Modelle mit einfacheren Bauelementen wie Rechteck, Kreisbogen .... daraus erzeugen und z.B. bei Bedarf mit Licht und Schatten visualisieren.

Nach der Bereinigung der Messdaten, Ergänzung unvollständiger Linien, Einfügen von Handaufmaßen, Vergleich manueller Stichmaße mit dem Datensatz und Korrektur von Messfehlern z.B. durch Spinnweben steht nun eine umfangreiche Datenmenge für die Analyse zur Verfügung.

Alle nur denkbaren Schnitte können aus den Daten entnommen werden, sofern die dazu nötigen Meßpunkte bei der Datenaufnahme auch gewonnen worden sind.

Ansichten aus den unterschiedlichsten Richtungen lassen sich leicht auf dem Rechner erstellen. Für die Planung der Ausstellungs-Einbauten hat sich der Architekt den Innenraum mit verschiedenen perspektivischen Ansichten durch ein Kameraobjektiv darstellen lassen und so seine Entwürfe verfeinert.

### **Maß und Zahl:**

Außer den Plänen für den Architekten hat die Datenaufnahme wichtiges Material für die historische Bauforschung ergeben.

Natürlich bietet die kleine Domvorhalle nicht genügend repräsentative Maße, auch die renovierten Wandoberflächen und der Umbau (fünftes Schiff) lassen nicht unbedingt den Urzustand erschließen, dennoch gelingt es bei entsprechender Toleranz, die Öffnungen, die Wandabstände und Pfeilermaße mit ganzzahligen Vielfachen eines Grundmaßes zu beschreiben (*Abbildung 9*).

- Nimmt man den aus dem Grundriss des Domes repräsentativen Abstand der Pfeilermitten, Maß A in *Abbildung 2a*, der nach Zeichnung ideell mit dem in der Vorhalle, Maß B, übereinstimmt, so hat man eine Länge von 7,7 m.
- Der Abstand der Pfeilermitten senkrecht hierzu beträgt jeweils 4,4 m bzw. 8,8 m gesamt.
- Die Breite (innerer Abstand der Außenwände) wurde über dem Sockel mit 13,3 m gemessen.
- Der Abstand der Außenwände (bei der Säule und beim Portal) beträgt 12,1 m.
- Die Wanddicke der Mittelschiffwände ergibt sich mit 0,77 m.
- Die drei Gurtbögen - Eingang, Mitte, Portal - haben eine lichte Höhe von 6,55 / 6,65 / 6,45 m (vom heutigen Fußboden aus gemessen).
- Die höchsten sichtbaren Teile der Mittelschiffwände reichen bis 6,62 / 6,70 m, die Kappen bis 7,10 m.
- Die Höhe des Kämpfers der Säule im Eingang ist 3,30 m. Auf gleicher Höhe liegen die Kämpfer des Portals.
- Die Oberkanten der Kämpfer liegen bei den Säulen bei 1,65 m, 2,20 / 2,30 m und bei den Gurtbögen bei 3,47 m.
- Der äußere Bogen vom Portal hat eine lichte Höhe von 5,53 m.
- Die lichten Weiten der Säulen am Portal, gemessen zwischen den Plinten auf dem Sockel, betragen 2,15 m, 2,73 m, 3,29 m, 3,84 m, 4,42 m.

Legt man nun ein Raster von 1,10 m über diese Maße, so zeigt sich eine gute Übereinstimmung, denn die Zahlen sind Vielfache der Hälfte dieser Grundeinheit:

0,7 ?	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
0,77	1,65	2,20	2,75	3,30	3,85	4,40	5,50

6	6,5	7	8	11	12		
6,60	7,15	7,70	8,80	12,10	13,20		

Die Kämpfer der Gurtbögen mit 3,47 m Höhe, liegen  $1/5$  über einem glatten Maß.

Fazit: Wichtige Maße der Vorhalle lassen sich mit einem ganz- oder halbzahligen Vielfachen eines Grundmaßes beschreiben.

Nun zur Interpretation dieses "Grundmaßes".

Das Maß von 1,1 Meter wird sicher nicht das Grundmaß beim Bau der Halle gewesen sein, sondern nur ein Vielfaches davon. Füße oder Ellen waren "transportabel", während diese Länge bei einer Reise unhandlich gewesen sein dürfte.

Der Versuch, durch Division auf ein handliches Maß zu bekommen, ergibt:

$$1,10 / 2 = 0,550 \quad (\text{eine Elle?})$$

$$1,10 / 3 = 0,366 \quad (\text{ein Fuß?})$$

$$1,10 / 3,5 = 0,314 \quad (\text{ein Fuß?})$$

$$1,10 / 4 = 0,275 \quad (\text{ein Fuß?})$$

Nimmt man dagegen den auch im Dom gefundenen Abstand der Mittelpunkte der Pfeiler von 7,70 m, so käme man bei einer Teilung durch 20 auf 0,385 m bzw.  $4/5$  davon d.h. bei Teilung durch 25 auf 0,308 m. Wenn durch 24 geteilt wird, kommt man auf 0,321 m. Diese Längen lassen sich sicher als fußähnlich interpretieren.

Wie der größte gemeinsame Teiler der gefundenen Längen als Arbeitsmaß zur Bauzeit allerdings ausgesehen hat, soll hier nicht abschließend beurteilt werden. Es ist nicht das Ziel dieses Vortrages, den Fachleuten die Arbeit wegzunehmen, sondern vielmehr, ein effektives Messwerkzeug darzustellen.

Dieses Werkzeug erlaubt, auf einfache Weise exakte Grundlagen für derartige Analysen zu gewinnen. Nicht nur Messungen im Grundriss, sondern auch in den zwei anderen Hauptebenen des Koordinatensystems sind damit möglich.

## Vergleich mit Handaufmaß

Zum Abschluß soll noch der Vergleich mit dem klassischen Handaufmaß erfolgen.

Während beim Handaufmaß jede Zeichnung, d.h. jede Ansicht oder Schnitt, unabhängig von den anderen Messungen aufgenommen und dargestellt wird, gibt es bei dem elektronischen System nur einen einzigen Datensatz, der in verschiedenen Darstellungen z.B. als Schnitt, Ansicht oder Grundriss ausgegeben wird.

Beim computergestützten System muss nicht geprüft werden, ob korrespondierende Maße in den verschiedenen Ansichten übereinstimmen. Hier wird z.B. die Höhe eines Kämpfers nur einmal gemessen und dann in mehreren Ansichten verwendet.

Unterwirft man die Computerzeichnung einer handwerklichen Nachbearbeitung, z.B. durchzeichnen auf Transparent, dann sollte sich das Endergebnis in dem Aussehen nicht von dem eines Handaufmaßes unterscheiden.

Eine elegantere Lösung mit weniger künstlerischen Gestaltungsmöglichkeiten ist das Nachzeichnen der Vorlage in einem CAD-Programm.

**Handaufmaß:** Die fertige Zeichnung hat ein künstlerisches Aussehen, es ist ein hoher Zeit- und Personal-Aufwand bei der Datenaufnahme erforderlich.

**Rechnerskizze:** Die Rohzeichnung, nicht schön, ist aber als maßstabsgerechte Vorlage für verschiedene Ansichten verwendbar, die Bögen werden als Polygon mit wenigen Punkten gemessen und müssen in der Reinzeichnung durch entsprechende Kreisabschnitte oder ähnliche Kurven ersetzt werden.

## Zusammenfassung

Computergestützte Gebäudeaufnahme stellt ein effektives Werkzeug zur Beschreibung der Gebäudegeometrie dar. Es kann mit nur einer Person in kurzer Zeit ein dreidimensionaler Datensatz aufgenommen werden, der dann im Büro wie bisher per Hand oder auf dem Rechner zu einer ansprechenden Darstellung nachbearbeitet werden muß. Die 3D-Aufnahme hat den Vorteil, dass einmal gemessene Maße in jeder Ansicht zur Verfügung stehen.

Die Auswertung hat für die Domvorhalle zwei Aussagen gesichert:

- Die Vorhalle wurde mit Maß und Zahl (Konrad Hecht 1979) errichtet, d.h. alle wichtigen Längen der Konstruktion lassen sich mit dem Vielfachen einer Grundmaßeinheit beschreiben.
- Das mögliche Grundmaß läßt sich mit einer Länge von ca. 1,1 m bzw. 0,77m beschreiben.



**Abbildung 1a:**

Seitenansicht Goslarer Dom

**Abbildung 1b:**

Längsschnitt durch den Goslarer Dom

**Abbildung 1c:**

Domvorhalle – Ansicht

**Abbildung 2a:**

Grundriss vor dem Umbau

**Abbildung 2b:**

Grundriss nach dem Umbau

**Abbildung 3a:**

Grundriss

**Abbildung 3b:**

Schnitt durch zwei Seitenräume

**Abbildung 4a:**

Längsschnitt

**Abbildung 4b:**

Schnitt mit Portal

**Abbildung 5:**

Kompletter Datensatz als Drahtmodell, nahezu isometrisch dargestellt.

**Abbildung 6:**

Ausschnitt, Drahtmodell schräg von oben.

**Abbildung 7:**

Durchsicht von oben, Drahtmodell mit Festlegung der Schritte für Abbildung 8.

**Abbildung 8:**

Aus dem Datensatz herausgefilterte Bereiche mit endlicher Dicke in Blickrichtung als Drahtmodell (Schnitte). Die Lage der Streifen ist in Abb. 7 angedeutet.

**Abbildung 9:**

Zuordnung der Vielfachen der Grundlänge von 1,1 Meter im Gebäude.

**oben:**

Domvorhalle Ansicht (*Abb. 1c*)

Schnitt mit Portal (*Abb. 4b*)

**mitte:**

Schnitt durch zwei Seitenräume (*Abb. 3b*)

**unten:**

Grundriss (*Abb. 3a*) und Längsschnitt (*Abb. 4a*)

**von oben nach unten:**

Längsschnitt durch den Goslarer Dom (*Abb. 1b*)

Seitenansicht (*Abb. 1a*)

Grundriss vor dem Umbau (*Abb. 2a*)

Grundriss nach dem Umbau (*Abb. 2b*)

**links oben:**

(*Abb. 5*) Kompletter Datensatz als Drahtmodell, nahezu isometrisch dargestellt.

**links unten:**

(*Abb. 6*) Ausschnitt, Drahtmodell schräg von oben

**rechts oben:**

(*Abb. 7*) Durchsicht von oben, Drahtmodell mit Festlegung der Schnitte für Abbildung 8.

(*Abb. 8*) Aus dem Datensatz herausgefilterte Bereiche mit endlicher Dicke in Blickrichtung, als Drahtmodell (Schnitte). Die Lage der Streifen ist in *Abb. 7* angedeutet.

(*Abb. 9*) Zuordnung der Vielfachen der Grundlänge von 1,1 Meter im Gebäude.