

14. Kongress der Internationalen  
Gesellschaft für Photogrammetrie

Hamburg 1980

V. Kommission

Sándor Simonkovics

Sekretär des Nationalen Ausschusses  
für Architekturphotogrammetrie in Ungarn /VRU/  
Budapest 1088 Reviczky utca 4 /FTV/

Komplexe Vermessung einer mittelalterlichen gotischen  
Kathedrale

Abstrakt

Die kunsthistorische Rekonstruktion der gotischen Kathedrale mittelalterlichen Ursprungs Heiligen Michael in Sopron musste durchgeführt werden. Zu diesen Rekonstruktionsarbeiten war die komplexe Vermessung der Kathedrale nötig.

Die Untersuchungen der Bewegungen und der Eventualität des ehemaligen Baues benötigten sehr zuverlässige Messungen. Dazu mussten wir nicht nur die Aufrisse der Fassaden, sondern die Grundrisse in bestimmter Höhe, die verschiedenen Schnitte und die Darstellung des Gewölbes mit Niveaulinien anfertigen.

Die Organisierung und die Durchführung der Aufgabe wird hier geschildert. Eine Besonderheit der Aufgabendurchführung war, dass wir die Passpunkte für die Auswertung der obengerichteten Messbilder der Gewölbe mit Laserstrahl projizierten Punktsignalisierung und durch gleichzeitiger Vorwärtsschneiden dieser Punkte bestimmt hatten.

Die Normalaufnahmen werden mit Stereometrograph, die geneigte Aufnahmen mit Technocart, mit Hilfe des Neigungsrechners ausgewertet.

## Die Geschichte und die Beschreibung der Kathedrale

Eines der ältesten, erhaltenen Gebäude der historischen Stadt Sopron in Westungarn ist die St. Michael Kirche. Die Kirche, die Reste in ihrer Umgebung, die Anordnung der Kirche beweisen, dass sich die erste Siedlung im Revier der Kirche befand. Es ist eine ungewohnte Erscheinung, dass sich die Kirche ausserhalb der spätmittelalterlichen Stadtmauern befindet, weil sich der Schwerpunkt der Stadt in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts an den gegenwärtigen Ort verschoben hat. In den Schriften wird die Kirche zuerst in 1278 genannt. Zu dieser Zeit beschäftigten sich die Einwohner der Stadt noch vorwiegend mit Ackerbau, erst im 14. Jahrhundert gestaltete sich Sopron in eine rege Handelsstadt und im 15. Jahrhundert zum Teil in eine Industriestadt um. Der rasche Fortschritt und die Bereicherung ermöglichen den Bau des verhältnismässig grossen Gebäudes der St. Michael Kirche in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts und seine Vollendung in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts.

Im Reformationszeitalter, zwischen den Jahren 1560 und 1674 wurden die Altäre, Bilder, Skulpturen entfernt, die hohen Spitzbogenfenster vermauert. In 1674 wurde die Kirche den Katholiken zurückerstattet und die Wiederinstandsetzung derselben begonnen.

Das Gebäude war im 19. Jahrhundert in ziemlich gutem Zustand, als Ferenc Stornó von 1846 an sich mit der Restauration nach den zu seiner Zeit für richtig gehaltenen, puristischen Prinzipien der Wiederherstellung der Baudenkmäler zu beschäftigen begann. Die Arbeiten fanden in den Jahren von 1859 bis 1866 statt. Bei Behalten des Wesens des Gebäudes ergänzte Stornó alles nach seinen eigenen Vorstellungen und veränderte dadurch in bedeutendem Masse den ursprünglichen Character des Gebäudes. Diese Wiederherstellung war das letzte wesentliche Ereignis in der Geschichte der Kirche.

Die Kirche wurde aus hartem Süsswasserkalkstein von Fertőrákos und Margitbánya erbaut. Die Mauern bestehen teils aus Roh-, teils aus Werkstein. Sie ist eine dreischiffige gotische Kathedrale mit schmalem Scheinquerschiff, einem Hauptchor mit halbem Achteckabschluss, mit Stütz Pfeilern und Fassadenturm.

Der am stärksten akzentuierte Teil der Kirche ist der Turm, der die Westfront beherrscht. Der Turm ist bis zum zweiten Stockwerk über quadratischem Grundriss errichtet,

darüber achteckig. An den Seiten befinden sich Stützpfeiler, die Mauern sind durch Spitzbogenfenster durchbrochen, wobei die Nordmauer geschlossener ist, weil mehrere Fenster vermauert wurden. In den Stützpfeilerintervallen des hohen und schlanken Hauptchor befinden sich drei- bzw. zweiteilige Spitzbogenfenster.

Im Inneren des Gebäudes sind Haupt- und Nebenschiffe durch vier Säulenpaare getrennt, auch zwischen den Säulen sind Spitzbogengewölbe. Das Querschiff ist von dem Hauptschiff durch je einen Säulenbündel getrennt.

Durch die seit der Restauration von Stornó vergangenen hundert Jahre und die Kriegsschäden im zweiten Weltkrieg hat der bauliche Bestand der Kirche stark gelitten, daher ist für die nächste Zukunft die Wiederherstellung des Bau-denkmals vorgesehen.

#### Planung und Durchführung der Vermessungsarbeiten

Um die Wiederherstellung fachgemäss zu planen, war eine Präzisionsaufnahme nach modernen Methoden erforderlich. Mit der Vermessung wurde von dem Landesinspektorat für Denkmalpflege die Photogrammetrische Abteilung des Unternehmens für Geodäsie und Bodenforschung /FTV/ auftragt, die über einen für die Anwendung moderner geodätischer und photogrammetrischer Verfahren geeigneten Instrumentenpark und über zwanzigjährige Vermessungserfahrungen verfügt.

Die photogrammetrische Aufnahme der Aussenfassaden hatte auch keine besonderen Schwierigkeiten, im vorliegenden Falle war jedoch eine komplexe Aufnahme der Kirche notwendig, so mussten neben den Fassadenzeichnungen der Kirche der Grundriss, der Schnitt durch die Gewölbefusslinie, der Längsschnitt in der Hauptachse, ferner drei Querschnitte sowie der Situationsplan der Ablauflinien des Gewölbes, ferner der Niveaulinienplan der einzelnen Joche angefertigt werden.

Die Aufnahme des Innenraumes des etwa 50 m langen, 25 m breiten und 20 m hohen Gebäudes lässt sich lediglich nach photogrammetrischen Methoden nicht durchführen. So wurden für die Vermessung notwendigen Lösungen und die anzuwendenden Methoden einer eingehenden Analyse unterworfen.

Vor allem wurde das den Kirchenraum betreffende, vorhandene ältere Planmaterial geprüft. Obwohl diese älteren Aufnahmen später eine nützliche Hilfe leisteten, musste leider festgestellt werden, u. zw. sowohl von den aus der

Stornoschen Sammlung stammenden Vermessungszeichnungen und Projekten, als auch von den Vermessungszeichnungen, die von dem Lehrstuhl für Geschichte der Architektur der Technischen Universität Budapest in 1952 angefertigt wurden, dass diese nach herkömmlichen, näherungsweise Vermessungsverfahren, ohne Gerüst gefertigt wurden, und vielmehr die dem Kunsthistoriker erwünschte "Soll"-Form als den tatsächlichen "Ist"-Zustand zeigen. Um die Genauigkeit von 1 bis 2 cm der inneren Aufnahme zu gewährleisten, musste die klassische geodätische Präzisionsaufnahme angewandt werden, jedoch ohne ein Gerüst bauen zu müssen. Das simultane Vorwärtseinschneiden konnte wegen der Dunkelheit des Innenraumes und teilweise wegen Identifizierungsschwierigkeiten nicht direkt durchgeführt werden.

Die an dem Gewölbe zu messenden Punkte waren einerseits die photogrammetrischen Passpunkte, andererseits die für die Konstruktion der Querschnitte erforderlichen Detailpunkte der Schlusslinien der Gewölbebögen. So war eine sehr grosse Anzahl von Punkten zu messen, die es technisch unmöglich war, auf dem Baudenkmal eindeutig und für die Messdauer dauerhaft zu markieren. Als einzig möglicher Weg bot sich die Vermarkung der auf dem Gewölbe zu bestimmende Punkte durch Laserstrahl bei simultanem Vorwärtseinschneiden.

Für das Vorwärtseinschneiden der Detailpunkte wurde ein Präzisionsfestpunktnetz angelegt, diese Punkte wurden auf dem Fussboden und den Pfeilern des Hauptschiffes durch provisorische Signale vermarkt, ohne die Fassadenoberflächen des Baudenkmals zu beschädigen.

Auf das verhältnismässig dichte Festpunktnetz gestützt, wurden die Endpunkte der Basis für das simultane Vorwärtseinschneiden beliebig gewählt, unter Berücksichtigung einer einzigen Anforderung, nämlich dass von diesen womöglich viele Detailpunkte bestimmt werden können. Nach Aufstellung auf die ausgewählten Basisendpunkte wurden die Koordinaten derselben von den Festpunkten aus durch Raumrückwärtseinschneiden bestimmt. Um die Ergebnisse sogleich zu überprüfen, wurde für den programmgesteuerten Rechner CompuCorp 327 ein Programm aufgestellt und auf der Arbeitsstelle benutzt.

Für die genannte Punkvermarkung wurde eine Laserröhre der Firma SPECTRA-PHYSICS benutzt. Die 2 mW Laserröhre wurde in einen Spezialunterbau eingelegt, wo die grobe Bewegung der Röhre in horizontaler und Höhenrichtung und ihre Feineinstellung bei beschränkter Ablesemöglichkeit sichergestellt waren. Der fokussierbare, kohärente Laserlicht-

strahl warf einen rubinroten Kreis von 633 nm Wellenlänge und  $\varnothing$  1 cm auf den zu bestimmenden Punkt und dieser Punkt liess sich mit Hilfe eines Theodolits mit 1" Ableseschärfe sehr genau anvisieren und nur die Ableseeinrichtung des Theodolits erforderte eine Beleuchtung. Auch für das Vorwärtseinschneiden wurde ein Programm bereitet, dieses wurde aber, um die Baustellenarbeit zu beschleunigen, nur bei der Verarbeitung im Büro benutzt.

Die mit Hilfe des Laserstrahles bezeichneten Punkte waren zum Teil die nachträglich ausgewählten Passpunkte der Bildpaare mit vertikaler Achse, die zugleich markante Punkte auf dem Gewölbe sind, zum Teil charakteristische Punkte bei den Stossfugen der Gewölbeschlusssteine, die bei der graphischen Konstruktion des Querschnittes und des gotischen Gewölbes eine Rolle spielten. Das notwendige Personal bestand aus fünf Personen, nämlich aus zwei Beobachter, zwei Protokollführer und einem Laserstrahlrichter, der auch die Manuale führte. Die Tagesleistung betrug etwa 250 Punkte. Die Vermessung der zum Teil versuchsweise bestimmten 1500 Detailpunkte erforderte etwa sechs Arbeitstage.

Die durch Vorwärtseinschneiden bestimmten Detailpunkte hatten x-, y- und z-Koordinaten, nach den Koordinaten wurden die Querprofile manuell konstruiert, das beanspruchte ebenfalls sechs Arbeitstage zweier Techniker.

Wie bereits gesagt, wurden für die Auswertung der Niveaulinien der Gewölberippen sowie des Gewölbes Bildpaare mit vertikaler Achse mit Hilfe eines Universal-Messkameras Zeiss UMK aufgenommen. Dazu musste die Frage der Beleuchtung gelöst werden, es wurden Lampen mit Jod-Quarz Brenner ungarischer Herstellung, die neuerdings auf den Markt gebracht worden sind, benutzt. Diese Glühlampen mit 1000 W Leistung sind in Räumen, die innerer Ausleuchtung bedürfen, gut brauchbar, weil ihr Streulicht hoher Intensität die vollkommene Beleuchtung des Hintergrundes gewährleistet. Das ergibt auch bei den in der Photogrammetrie benutzten, weniger empfindlichen Platten eine grosse Tiefenschärfe, weil infolge der grossen Lichtwirkung /Farbtemperatur 3400 K/ eine engere Blendeöffnung für die Aufnahme benutzt werden kann. Die Lampe kann sowohl in der Hand gehalten als auch auf ein Stativ montiert werden, die höchstzulässige einmalige Betriebsdauer in kontinuierlichem Betrieb beträgt 5 Minuten. Die Lampe hat eine Lebensdauer von 50 Stunden, was für eine sehr lange Lebensdauer gilt.

Für die Auswertung der Gewölbe wurden mit Hilfe eines Universal-Messkameras Zeiss UMK Bildpaare mit vertikaler



Achse bereitet. Aufgrund früherer Erfahrungen wurde sorgfältig darauf geachtet, dass sich die Kippachse /der Lagerbolzen/ der Kamera in beiden Basisendpunkten in gleicher Höhe befinde, wäre es nicht der Fall, würde man kein Normalstereogramm, sondern Aufnahmen mit Neigungswinkel und schräger Achse erhalten, was die Orientierung und Auswertung erschwert. Daher wurden bei der Aufstellung die oberen Hülsen der beiden Unterbauten durch Nivellement in gleicher Höhe eingestellt.

Diese Normalstereogramme mit vertikaler Achse wurden mit Hilfe eines Zeiss Stereometrographen ausgewertet, die absolute Orientierung erfolgte nach den mit Hilfe des Laserstrahles bestimmten Passpunkten der akzentuierten architektonischen Elemente. Um das Relief des Gewölbes wahrnehmbar zu machen, wurden je 1 cm Niveaulinien gezogen, durch diese Darstellungsweise konnten die während des Baues entstandenen Unregelmässigkeiten und die durch Risse angezeigten Deformationen leichter entdeckt werden.

Es sei bemerkt, dass infolge des grossen Öffnungswinkels der Zeiss UMK für die Auswertung der Aussenfassaden, mit der Ausnahme des Turms, horizontalachsige Aufnahmen gemacht werden konnten. Die Aufnahmen für die Vermessung des Turms, für die Auswertung des oberen achteckigen Turmteils und der dekorativen Turmspitze konnten nur mit Bildpaaren mit einer Neigung von  $15^\circ$  angefertigt werden. Diese Auswertearbeit wurde mit dem Stereoauswertegerät Zeiss Technocart des Lehrstuhls für Photogrammetrie der Technischen Universität in Budapest mit der freundlichen Unterstützung des Lehrstuhles und bei Zwischenschaltung eines Neigungsrechners durchgeführt.

Die Fassadenzeichnungen, Grundrisse und Schnitte wurden im Massstab 1:50 angefertigt und das Material über dieses gotische Kunstwerk der ungarischen Architektur wurde den Entwurfsbearbeitern der Erneuerung des Baudenkmals mit hoher Genauigkeit und in der erforderlichen detaillierten Form übergeben. Durch die komplexe Vermessung, also das Festlegen der Grundrisse und Schnitte, wurde der Anteil der Photogrammetrie an der Arbeit auf etwa 30 % herangesetzt. Auch die herkömmliche Vermessung musste von den Photogrammetern erledigt werden. Dieser Umstand erforderte eine noch engere Zusammenarbeit der Vermessungs- und Entwurfsmfachkräfte. In zahlreichen Arbeitsphasen wurden Konsultationen abgehalten, wo wir die Ansprüche mit den Möglichkeiten abstimmten. Es konnten viele Wünsche mit Hilfe der Photogrammetrie erfüllt werden, für die es keine andere Möglichkeit gab.

## Schlussfolgerungen

Eine eingehendere Nachkalkulation der Arbeiten wurde nicht gemacht, einerseits, weil eine derartige Vermessung das erste Mal ausgeführt wurde und zweifellos auch viele überflüssige Aufwendungen vorkamen, andererseits weil die für die Vermessung vorgesehenen Kosten festgesetzt waren, sich daraus also kein weiterer materieller Nutzen ergeben hätte.

Es wurde festgestellt, dass es bei Arbeiten ähnlicher Grössenordnung auch in der Zukunft zweckmässig sei, die Punktbestimmung mit Laserstrahl anzuwenden, bei einfacheren Baukonstruktionen eventuell auch zum Nachteil der photogrammetrischen Arbeiten. Aufnahmen mit geneigter Achse können ohne Bedenken verwendet werden, da die Auswertbarkeit sichergestellt ist.

Der Anspruch auf komplexe Vermessung macht es empfehlenswert, die Verarbeitung der Bilder fachkundigen Photogrammetern zu überlassen, und für andere Vermessungsarbeiten, die nach traditionellen Methoden gut durchgeführt werden können, ebenfalls entsprechende Fachkräfte einzusetzen.

Das gilt auch für die Anfertigung von Situationsplänen in Grossmassstab von der Umgebung, wo ein gutqualifizierter Topograph die Aufgabe rascher und fachgerechter erledigen kann, als ein Photogrammeter, der gezwungen wird, Polyhistor zu sein. Um dieses Organisationsproblem zu lösen, sind jedoch ein Vermessungsprogramm von Landesmassstab und eine fortlaufende Baudenkmal-Vermessungstätigkeit erforderlich, vereinzelte grosse Kraftanstrengungen können nicht zum Ziele führen.

## Literatur

/1/ L.Kis Papp : Épitészeti fotogrammetria /Architektur-Photogrammetrie/ Manuskript 1977. Budapest Tankönyvkiadó

/2/ L.Kis Papp, S. Simonkovics : A műemlékfelmérés fotogrammetriai módszereinek jelenlegi állása Magyarországon /Gegenwärtige Lage der Methoden der architektur-photogrammetrischen Vermessungen in Ungarn/ Technische Ausgabe 1979. FTV.

/3/ S. Simonkovics : Compte-rendu sur l'activité du Comité National du CIPA en Hongrie de 1976 a 1980. /Ein Bericht für die Internationale Kommission der Architektur-Photogrammetrie/ 1980.

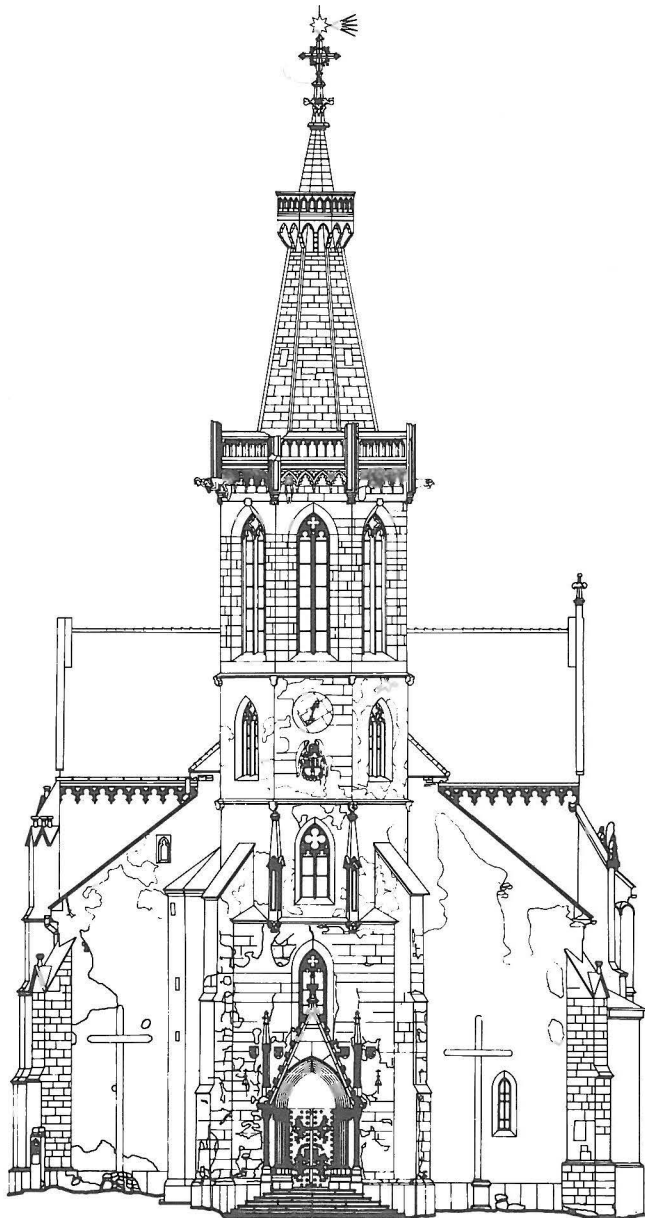


Abb.1. St. Michael Kirche in Sopron  
Hauptfassade mit dem Turm



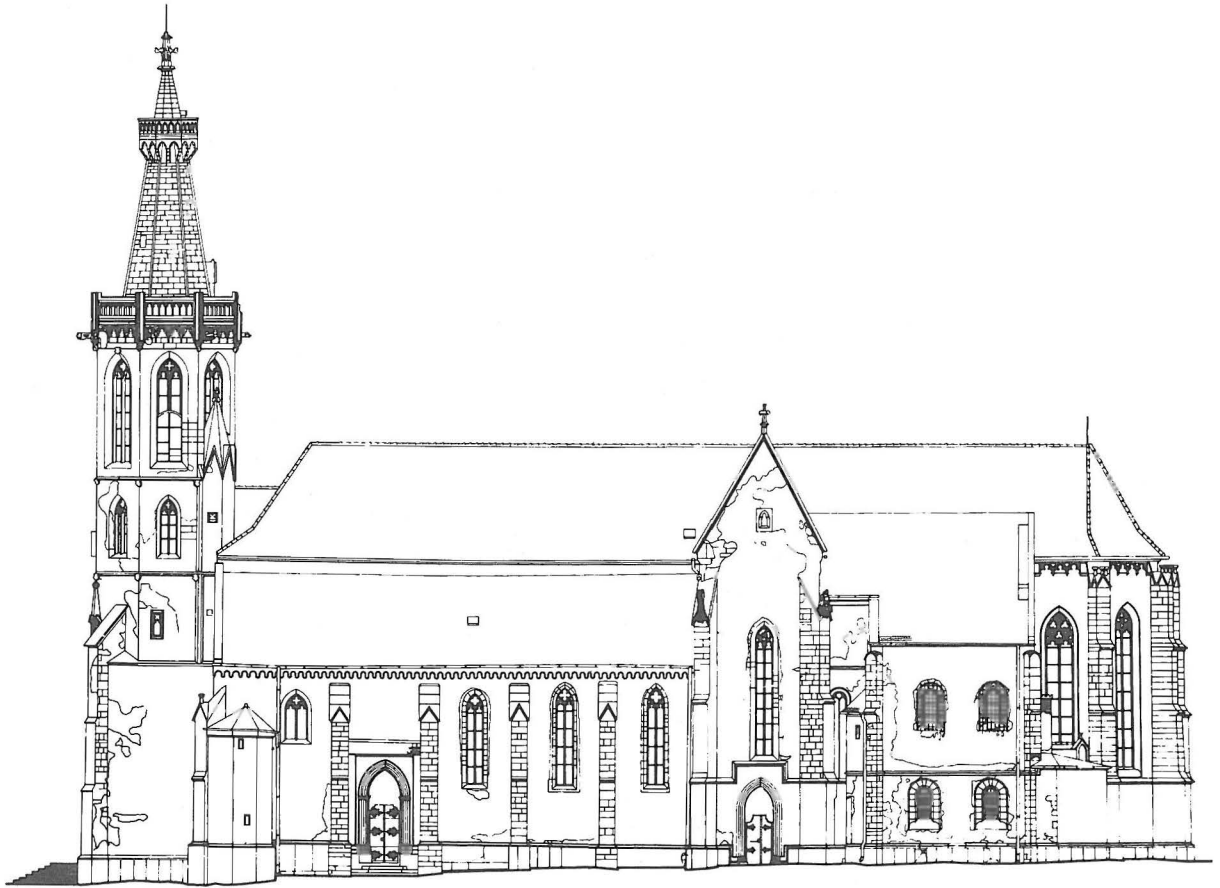


Abb.2. Die südliche Fassade der Kirche

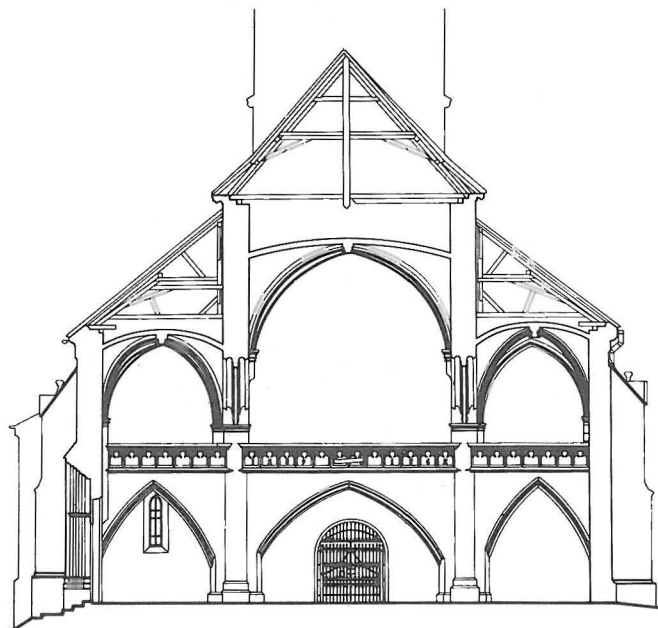


Abb.3. Ein Querschnitt des Hauptschiffes



Abb.4. Der SPECTRA-PHYSICS Laserstrahlprojektor