

restauriert, revitalisiert, digitalisiert

Die Turmuhr Hörz 1912 des Borromäums in Salzburg

von Elisabeth Willau und Michael Neureiter

Als der Salzburger Erzbischof Johannes Baptist Kardinal Katschthaler am 6. Juli 1912 das neue Knabenseminar Borromäum eröffnete, erwähnte er Gesamtbaukosten von rund 1,4 Millionen Kronen¹. Es war bisher nicht zu klären, was das neue Turmuhrwerk kostete². Wir wissen aber, dass es 1912 von der Turmuhren-Fabrik Philipp Hörz, Ulm, ausgeliefert wurde³.



Das neue Borromäum wurde im Sommer 1912 geweiht, im September begann der Unterricht am neuen Standort (Foto: M. Neureiter).

Zur Geschichte des Hauses

Am 3. Juli 1902 wurde in einer Konferenz der Beschluss gefasst, das Borromäum neu zu bauen. Die steigenden Schülerzahlen, die mangelhafte Ausstattung und der schlechte Bauzustand des Lodronischen Primogenitur-Palastes⁴ in der Dreifaltigkeitsgasse hatten eine Entscheidung der Frage „Umbau oder Neubau“ notwendig gemacht.

„Das Borromäum soll[te] aus hygienischen und pädagogischen Rücksichten nicht mitten in der Stadt erstehen, sondern an einer möglichst luft- und lichtfreien Stelle, jedoch innerhalb des Stadtrayons, und zwar aus Gründen der Urbanität.“⁵

Nach langwierigen Verhandlungen wurde am 16. Februar 1910 die Baubewilligung für den Neubau des Borromäums auf den Arenberggründen in Parsch erteilt, der Baubeginn erfolgte nur wenige Tage später. Die Planungsarbeiten für den Neubau hatten bereits im Jahr 1905 begonnen, nachdem die Herzoglich Arenbergische Domänenverwaltung dem Bischof ein 152.402 m² großes Grundstück aus ihrem Besitz angeboten hatte. Nach dem Veto der Herzogin hinsichtlich der Größe des zu veräußernden Areals wurde schließlich erst im November 1911 der Kaufvertrag für ein 22.830 m² großes Grundstück unterzeichnet. Dessen Kaufpreis betrug 175.780 Kronen⁶.



Im Bild die Nordseite heute mit dem kleinen Uhr- und Glockenturm (Foto: M. Neureiter).

Der Neubau des Borromäums entstand „im damals dorfähnlichen Parsch, am Fuß des Kapuzinerberges, in einer schönen Wiesenlandschaft“⁷. Auf der Baustelle des Neubaues waren ständig 300 bis 400 Arbeiter im Einsatz. Bereits am 24. September 1910 konnte die Grundstein- und Gleichenerfeier stattfinden. Der Innenausbau schritt ebenso zügig voran. Am 6. Juli 1912 zelebrierte der 80-jährige Erzbischof Katschthaler (1832–1914) eine Pontifikalmesse anlässlich der feierlichen Einweihung von Kirche und Seminar⁸.

Die Turmuhr 1912

Es fällt auf, dass das nach den Plänen des Linzer Dombaumeisters Matthäus Schlager⁹ errichtete neue Borromäum nur einen recht kleinen Turm in der Mittelachse an der Nordseite mit nur einem Zifferblatt erhielt.

Das Turmuhrwerk des Borromäums wurde 1912, im Jahr der Einweihung des Neuen Borromäums, von der Firma Philipp Hörz, Ulm, mit der Seriennummer 2151 (Typ E 300 c) ausgeliefert¹⁰. Es hatte von Anfang an neben dem Handaufzug auch einen zentralen Elektroaufzug für die drei Gewichte, der alle zwölf Stunden ausgelöst wurde¹¹. Der Motor stammte von der ELIN Gesellschaft für elektrische Industrie AG Wien/Weiz. Es ist sehr wahrscheinlich, dass das Uhrwerk vom Saalfeldener Uhrmacher Thomas Fauner im Dachboden des Neuen Borromäums eingebaut wurde¹².



Zur Gestaltung des Außenzifferblatts am Turm gab es bereits 1964 ein Schülerprojekt mit Prof. Bruno Gerstendorfer, das damals gestaltete Zifferblatt fand sich 2014 im Dachboden (Foto: M. Neureiter).

Fauner war zur damaligen Zeit ein bekannter Uhrmacher und Alleinimporteur der Firma Hörz¹³. Das hatte eine starke Verbreitung von Hörz-Turmuhren im Salzburger Land zur Folge: Hörz-Werke sind u. a. in den Pfarrkirchen Anthering, Bucheben, Mittersill, Morzg und Tweng nachgewiesen und auch in Maria Kirchenthal, in der Rainerkaserne in Elsbethen und in der Neuen

Mittelschule Mosshammer in Bischofshofen. Die Firma Hörz baute mechanische Turmuhren mit Elektroaufzug bis etwa 1970¹⁴.

Beim Uhrwerk handelt es sich um eine „Industrieuhr“ in Guss mit Stahlwellen, einem Gehwerk mit Graham-Hemmung und „Sekundenpendel“ sowie einem Viertelstunden- und einem Stundenschlagwerk. Das Uhrwerk ist 104 cm breit, 40 cm tief und 50 cm hoch. Es ist praktisch komplett erhalten, ebenso die Handkurbel, die drei ca. 30 kg schweren Gewichte, ihre Aufhängungen im Dachstuhl sowie die sechs Umlenkrollen. Der Uhrkasten (zum Schutz vor Verschmutzungen) und die Verglasung sind im Originalzustand.



Das Turmuhrwerk stand mehr als 100 Jahre im Original-Uhrkasten im Dachboden des Borromäums und dürfte bis 1957 in Betrieb gewesen sein (Foto: M. Neureiter).

Das Uhrwerk wurde im Dachboden aufgestellt, die Gewichte hingen über der Uhr. Die Verbindung zu den Gewichten erfolgte über Seilzüge durch Löcher in der Uhrkastendecke. Ebenfalls nach oben führten die Minutenwelle zum Zifferblatt am Turm bzw. die Drahtzüge von den Schlagwerken zu den Glocken. Das Zeigerwerk zur Übersetzung der Minutengeschwindigkeit auf die Stundengeschwindigkeit war hinter dem Zifferblatt am Turm platziert.

Im ursprünglichen Zustand wurden die drei Gewichte für das Geh-, das Viertelschlag- und das Stundenschlagwerk alle zwölf Stunden gleichzeitig

durch einen Motor aufgezogen. Auch das Fehlen der für den Aufzug mit Handkurbel erforderlichen Öffnungen in den Türen des Uhrkastens bestätigt dies. Bei Stromausfall konnte die Uhr allerdings mittels Handkurbel aufgezogen werden.

Die Konstruktion mit Motoraufzug und (möglichem) Handaufzug führte zu einem recht komplexen Aufbau des Räderwerks, der den Handaufzug jedes der drei Teilwerke mit dem Motoraufzug aller Teilwerke durch nur einen Motor kombiniert. Der Motoraufzug erfordert zusätzliche Planetengetriebe bei den drei Teilwerken, was die Komplexität der Bauweise enorm erhöht.

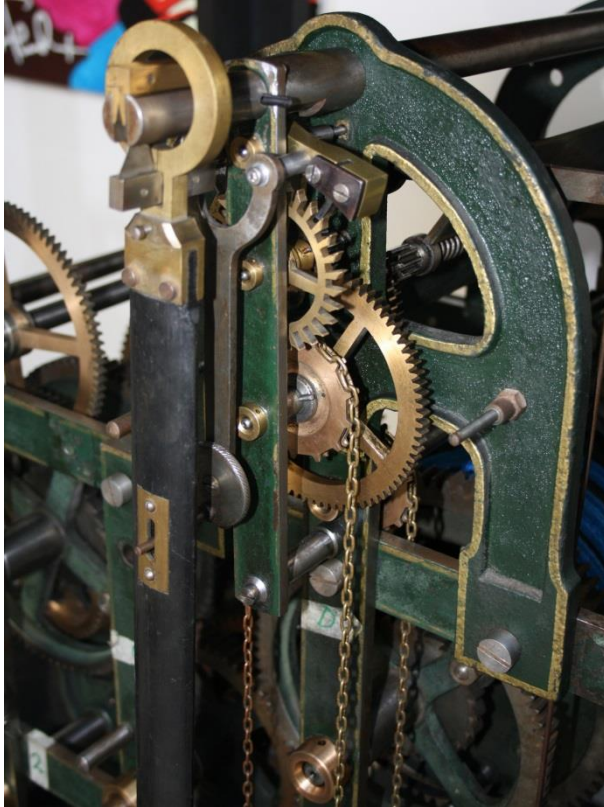
Der Elektromotor für den Gewichtsaufzug der Turmuhr Hörz 1912 des Borromäums wurde ab 1908 von der Firma ELIN Gesellschaft für elektrische Industrie AG Wien/Weiz gebaut und musste bei der Revitalisierung durch einen neuen Motor ersetzt werden (Foto: M. Neureiter).



Beim Gehwerk und beim Viertelschlagwerk führen die Walzen in zwölf Stunden zwölf volle Umdrehungen aus. Das Stundenschlagwerk benötigt in der für die Borromäumsuhr gewählten Konstruktion für die 78 Schläge in zwölf Stunden nur 11,14285... Umdrehungen der Walze. Um den Synchronlauf der drei Werke zu gewährleisten, beträgt deshalb die Zahnzahl der Walze des Stundenschlagwerks beim Motoraufzug auf der Aufzugsseite 84 (statt 78 wie bei den beiden anderen Werken).

Die „konstante Kraft“

Eine Besonderheit des Werks ist die sogenannte „konstante Kraft“ mit Endloskette¹⁵: Die Zeigerbewegung wird über die Gewichtswalze einmal pro Minute ausgelöst. In der Zwischenzeit treibt ein kleines Gewicht die „Grahamsche Hemmung“ samt Sekundenpendel – es ist (mathematisch) 99,4 cm lang und braucht für eine Halbschwingung eine Sekunde. Auf den Zifferblättern kann diese konstante Kraft durch den minütlichen Vorschub des Minutenzeigers beobachtet werden. Diese konstante Kraft mit Endloskette findet sich auch am Turmuhrwerk Morzg von Hörz aus dem Jahr 1914, ebenfalls von Hörz stammt die „konstante Kraft“ mit einem Differentialgetriebe, wie sie beim Turmuhrwerk Anthering aus dem Jahr 1927 realisiert ist¹⁶.



*Bei der „konstanten Kraft“ gibt es ein Zusammenwirken des kleinen Gehwerks mit einem kleinen Gewicht für den Pendelantrieb mit dem großen Gehwerk, das jede Minute das kleine Gewicht aufzieht, die Zeiger bewegt und jede Viertelstunde das Viertelschlagwerk auslöst
(Foto: M. Neureiter).*

Vom Viertelstundenschlagwerk wurden in der früheren Konstellation zu jeder Viertelstunde ein, zwei, drei oder vier Doppelschläge auf zwei Glocken. Dagegen wurde die Zahl der vollen Stunden durch einfache Schläge auf die dritte und größte Glocke angezeigt. Im Turm des Borromäums befanden sich drei Glocken, die Erzbischof Katschthaler schon im Oktober 1911 geweiht hatte¹⁷.

Es ist zu vermuten, dass die ursprünglich im Dachboden platzierte Uhr, die die Viertelstunden und Stunden auf Glocken im nordseitigen Türmchen schlug, bis 1957 in Betrieb war – in diesem Jahr wurde ein elektrisches Läutwerk angeschafft. Bis dahin wurde auch das Gebetläuten vom Hörz-Turmuhwerk besorgt: Durch eine 24-Stundenscheibe konnte das Läuten der Glocke(n) elektrisch ausgelöst werden. In der Scheibe waren (noch bis zum Abbau im Jahr 2014) drei Stifte zur Auslösung des Geläutes um 6, 12 und 18 Uhr eingesetzt. Möglicherweise diente diese 24-Stundenscheibe auch für die Klingelanlage der Schule?¹⁸

Das am Werk angebrachte Kontrollzifferblatt erleichterte die exakte Einstellung des Werks, das sichtbar das Zeigerwerk hinter dem Zifferblatt am Turm und die Zeiger antrieb und hörbar das Schlagen zu den Viertelstunden und zu den vollen Stunden sowie das Gebetsläuten bewirkte.

Das Kontrollzifferblatt sitzt auf dem Uhrwerk, die Form ist typisch für die Ulmer Turmuhrenfabrik Philipp Hörz (Foto: M. Neureiter).



Die Restaurierung

57 Jahre nach der vermutlichen Stilllegung des komplizierten Werks ergriff der Rektor des Bildungszentrums Borromäum, Dr. Josef J. Pletzer, im Jahr 2014 die Initiative zur Restaurierung und Revitalisierung der Anlage. Das Turmuhrenwerk sollte vom Dachboden in das „Atrium“ des Privatgymnasiums Borromäum übersiedelt werden und hier – um zwei Schlagschellen und um ein neues Zifferblatt ergänzt – in der Mitte der Schule für die optische und akustische Zeitanzeige sorgen.

Professorin Dr. Elisabeth Willau sagte die Unterstützung durch Schüler im Rahmen der Unverbindlichen Übung „Physiklabor“ und im Wahlpflichtfach „Darstellende Geometrie“ zu. Professor Mag. Klaus Reitsamer erklärte sich zur Neugestaltung des Zifferblattes im Unterricht für Bildnerische Erziehung bereit.



Der Abbau des seit vermutlich 57 Jahren außer Betrieb befindlichen Werks im Dachboden (Foto: E. Willau).

Der Auftrag zur Restaurierung und Revitalisierung ging an Michael Neureiters Kleinunternehmen „horologium“, Bad Vigaun. In seinem Team arbeiteten Schmiedemeister Hans Otty, Hallein, und Elektrikermeister Klaus Meinhardt, Golling, mit. Tischlermeister Josef Gastager, Thalgau, übernahm die Restaurierung des 100 Jahre alten originalverglasten Uhrkastens.

Der Verwalter des Bildungszentrums Borromäum, Thomas Wasmer, koordinierte die Abwicklung und Finanzierung des Projekts, das durch Beiträge des Landes und der Stadt Salzburg, des Bundesdenkmalamtes sowie durch eine Spendenaktion wesentlich ermöglicht wurde. Für die begleitende Dokumentation und die schulinterne Kommunikation sorgte Direktor Mag. Winfried Penninger.

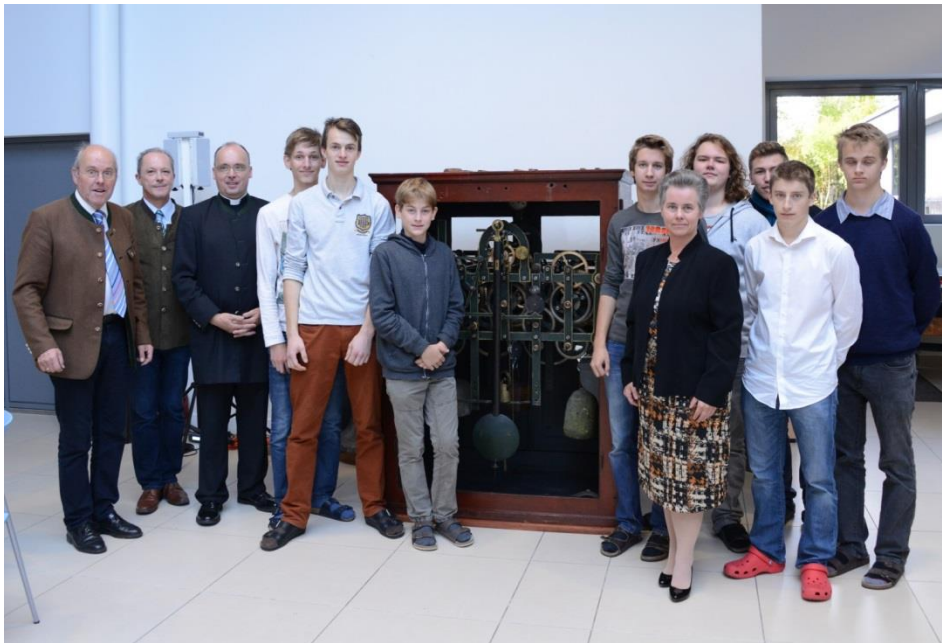
Nach der Fotodokumentation am ursprünglichen Standort im Dachboden neben dem Türmchen begann noch in der ersten Woche des Schuljahrs 2014/15 der Abbau der Uhr mit Unterstützung der Schüler. In der Unverbindlichen Übung „Physiklabor“ (PHL) und im Wahlpflichtfach „Darstellende Geometrie“ (DG) waren unter Leitung von Prof. Willau insgesamt 17 Schüler am Projekt beteiligt: Dario Ackermann (5., PHL), Thomas Ebner (5., PHL), Johannes Gerstner (7a, PHL), Sebastian Gollhofer-Berger (6., PHL), Benedikt Gurtner (5., PHL), Arian Hillebrand (7a, PHL), Maximilian Hofer (8a, PHL), Mark Mühlbacher (7b, Filmschnitt), Michael Perwein (7a, PHL, DG), Joseph Raderbauer (8a, PHL), Julian Rainer (7b, DG, Videofilm), Johannes Schnitzhofer (7a, PHL), Ferdinand Schober (7a, DG), Andreas Siller (7b, DG), Michael Sinzinger (7a, DG) und Felix Stadlmann (7a, PHL, DG) sowie Markus Niese (Akademisches Gymnasium, DG).



Das Putzen der vielen Einzelteile erfolgte ausschließlich mechanisch mit Bürsten, die dabei einige Borsten verloren (Foto: E. Willau).

Das hundert Jahre alte Uhrwerk wurde in Hunderte von Teilen zerlegt in den Keller transportiert. Im „Kellerstüberl“ erfolgte die ausschließlich mechanische händische Reinigung. Parallel zur Reinigung bzw. in der Anfangsphase des Neuaufbaus wurden alle Einzelteile der Uhr in verschiedenen Ansichten – je nach Komplexität von oben, von vorn und/oder von der Seite (Grund-, Auf- und/oder Kreuzriss) – fotografiert. Auf Ausdrucken dieser Bilder konnten dann die genauen Abmessungen der Bauteile vermerkt werden.

Dann folgte der gemeinschaftliche Wiederaufbau des Werks im restaurierten Uhrkasten am neuen Standort im Atrium, bei dem – trotz perfekter Dokumentation des Werks am ursprünglichen Standort und fotografischer Begleitung des Zerlegens – die Kompliziertheit des Werks deutlich wurde.

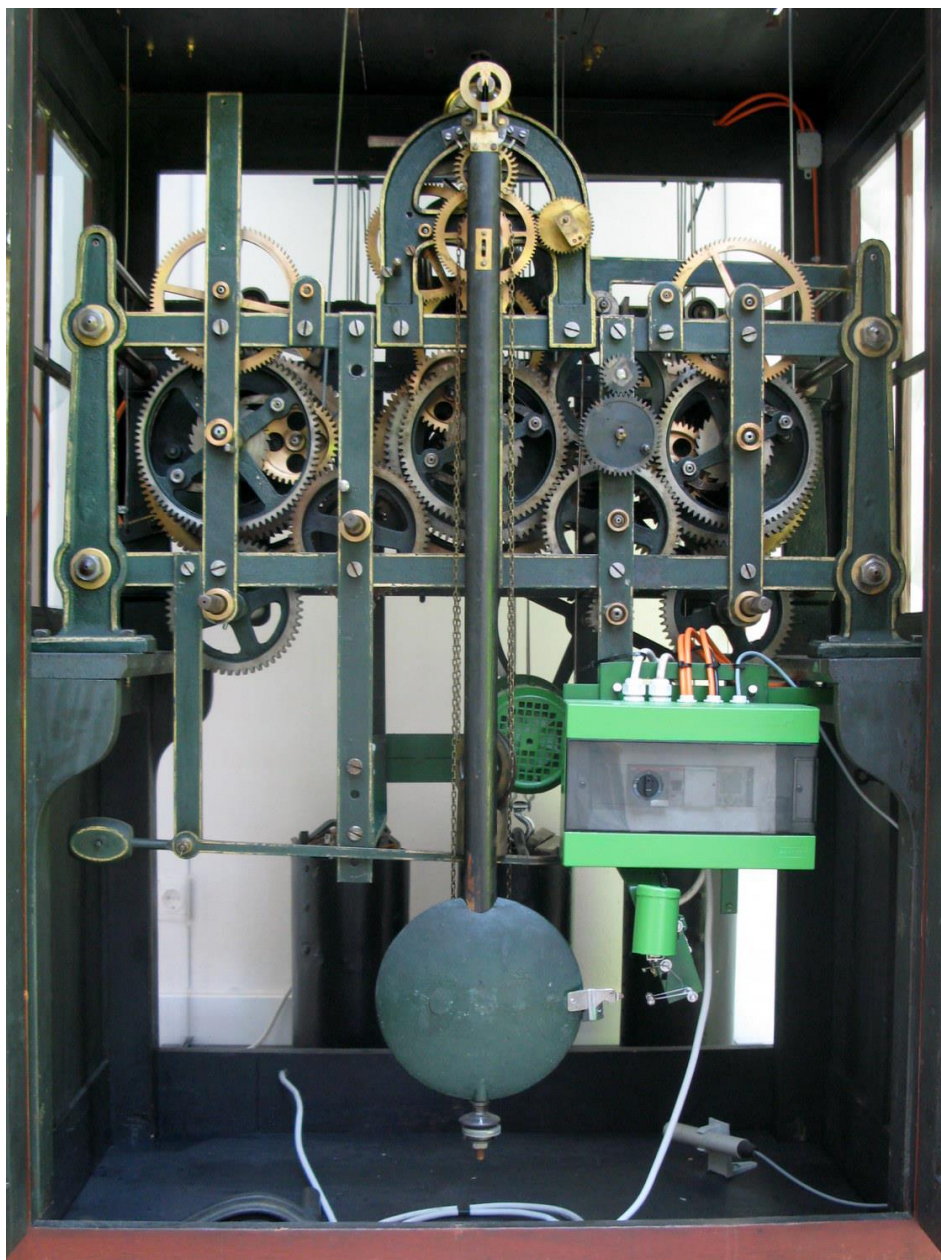


Im Bild der Festakt zum Abschluss der Restaurierung und des Wiederaufbaus des Turmuhrwerks am 4. November 2014, dem Fest des hl. Karl Borromäus (Foto: W. Penninger).

Die Revitalisierung

Die Aufstellung der Turmuhr im Atrium war mit einigen Herausforderungen verbunden: Eine erste war die sichere Neusituierung der drei Gewichte am neuen Standort. Für sie stand im Dachboden eine Fallhöhe von fast fünf Metern zur Verfügung, im Atrium war wegen des Schul- und vor allem wegen des Pausenbetriebs eine frei hängende Anbringung der Gewichte nicht denkbar.

Die Lösung dieses Problems bestand in der Platzierung der drei Gewichte zwischen Uhrkasten und Wand, in der Reduktion der erforderlichen Fallhöhe durch den Einsatz mehrfacher Flaschenzüge (mit Erhöhung des Gewichts) und



Das restaurierte und revitalisierte Turmuhrwerk im Atrium des Privatgymnasiums Borromäum (Foto: E. Willau).

die Verdopplung der Häufigkeit des Gewichtsaufzugs: Nun erfolgt der elektrische Gewichtsaufzug anstelle des bisherigen Aufzugs (alle zwölf Stunden) alle sechs Stunden, und zwar jeweils nach dem Abschlagen um 3.00, 9.00, 15.00 und 21.00 Uhr: Nur so kann erreicht werden, dass das Gewicht des Stunden-

schlagwerks nach jedem Aufzug immer dieselbe Zahl von 39 Stundenschlägen absolviert – von 4 bis 9, von 10 bis 3 (15.00), von 4 (16.00) bis 9 (21.00), von 10 (22.00) bis 3... Die Gewichtswalzen des Gehwerks und des Viertelstundenschlagwerks drehen sich pro Stunde jeweils einmal.

Die drei Gewichte sind bis zu 50 kg schwer und bewegen sich nun geschützt zwischen Uhrkasten und Wand, seitlich sind sie beiderseits durch Polycarbonat-Platten geschützt. Im Bild der Uhrkasten mit dem Uhrwerk, dahinter die durch Polycarbonat-Scheiben geschützten Gewichte, darüber die beiden Klangschellen aus dem Jahr 1862 und links oben das neue Zifferblatt (Foto: M. Neureiter).



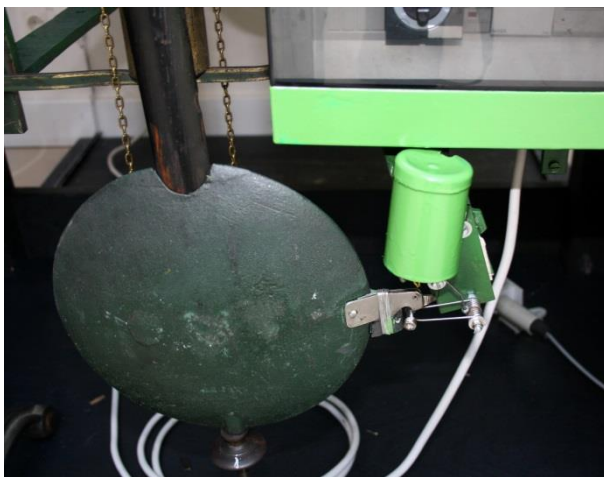
Ein von Hans Otty angefertigter „Glockenstuhl“ dient jetzt für die Aufhängung der drei Gewichte und für die Befestigung der beiden Klangschellen. Die in München besorgten Klangschellen aus Bronze wurden 1862 in Ste. Austreberthe in der Normandie im Auftrag des aus der Schweiz stammenden Uhrmachers Henry Roy gegossen – ausschließlich zum Schlagen und nicht auch zum Läuten, deshalb fehlen Klöppel und für deren Aufhängung die „Klöppelgabeln“ in den Schellen. Otty fertigte für die Klangschellen neue Schlaghämmer an.

Klaus Meinhardt, Golling, entwickelte den neuen Elektroaufzug mit nun sechsständigem Aufzug: Anstelle des hundertjährigen Elektromotors wurde ein neuer eingebaut, wobei die neuen Teile farblich vom Altbestand abgehoben wurden. Das Einschalten des Motors erfolgt jeweils nach dem Abschlagen der Stundenschläge, das Abschalten durch den Endausschalter am Glockenstuhl.



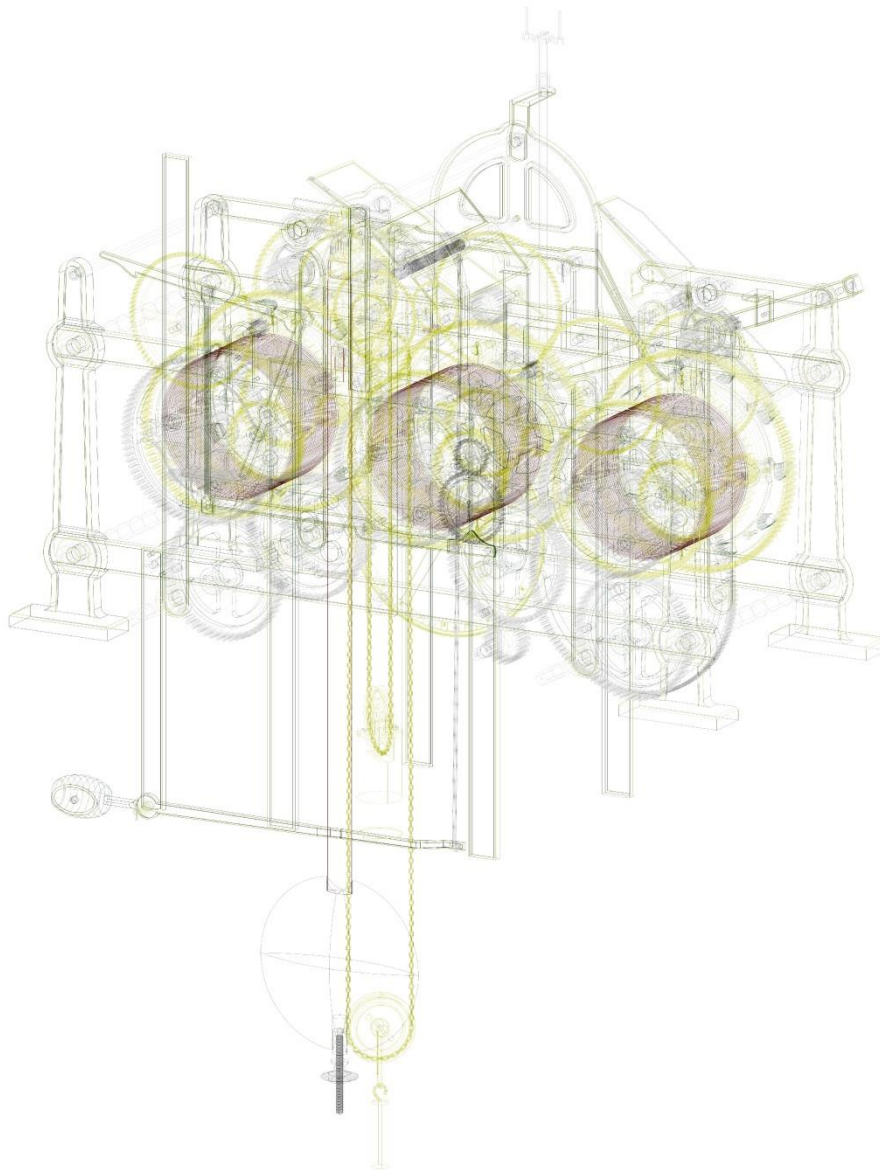
Im Bild das Team bei der Präsentation der Uhr im Mai 2015: v. l. Hans Otty, Michael Neureiter, Elisabeth Willau, Maria und Klaus Meinhardt (Foto: W. Penninger).

Das Problem einer der modernen Zeit entsprechenden hohen Ganggenauigkeit des Werks konnte durch eine Neuentwicklung Meinhardts, den „Pendelfänger“, gelöst werden. Dieser stellt jede Stunde den Abgleich zwischen dem Langwellensender in Mainflingen in Hessen und seinem von einer Atomuhr erzeugten Zeitzeichen DCF77 mit dem Turmuhrwerk im Atrium des Salzburger Borromäums her: Dabei wird das Sekundenpendel durch einen Schaltkontakt am Gehwerk kurz vor der vollen Stunde angehalten und dann durch die Funkuhrsteuerung so freigegeben, dass die optische Anzeige der vollen Stunde durch die Zeiger und der akustische Schlag exakt erfolgen.



Der Pendelfänger sorgt nun für den stündlichen Abgleich der Turmuhr Hörz 1912 mit dem Zeitzeichensender in Mainflingen (Foto: M. Neureiter).

Das neue Zifferblatt im Atrium gestaltete Prof. Klaus Reitsamer mit Schülern der 7a und deren Partnerklasse, der 1a. Am Schülerprojekt eines Films über das restaurierte Werk arbeitet Julian Rainer.

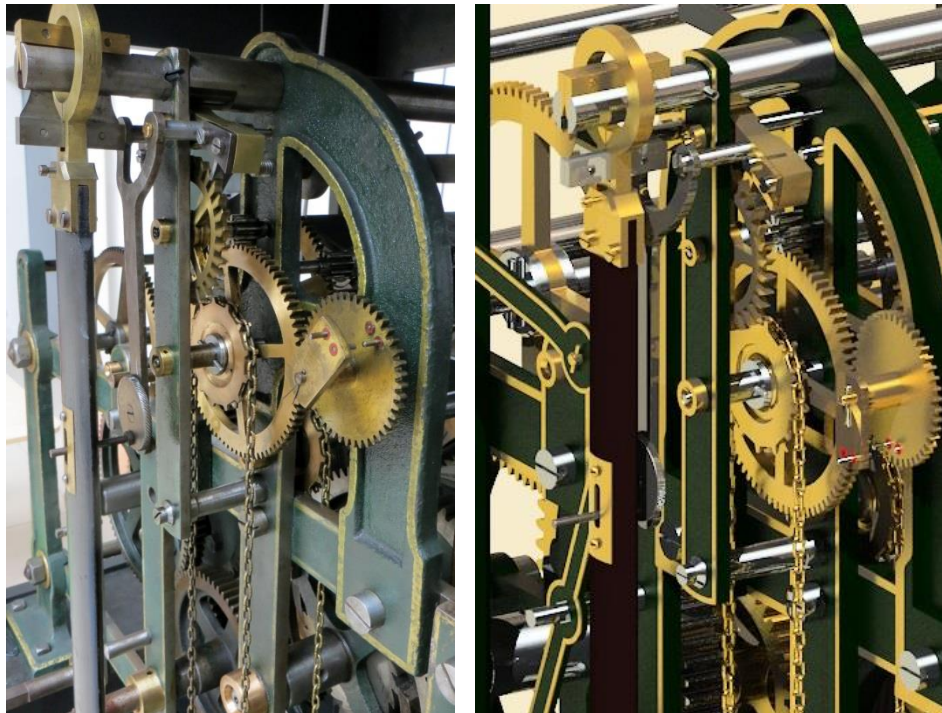


Ein „Drahtmodell“ der Turmuhr 1912 in Schrägsicht als Ergebnis des digitalen Nachbaus (Foto: E. Willau).

Die Digitalisierung

Nach der Fotodokumentation und den Vermessungsarbeiten im Rahmen der Reinigung der Uhr erfolgte der digitale Nachbau der Uhr mit Hilfe eines professionellen CAD-3D-Programms (MicroStation), mit dem die Schüler im DG-Unterricht normalerweise arbeiten.

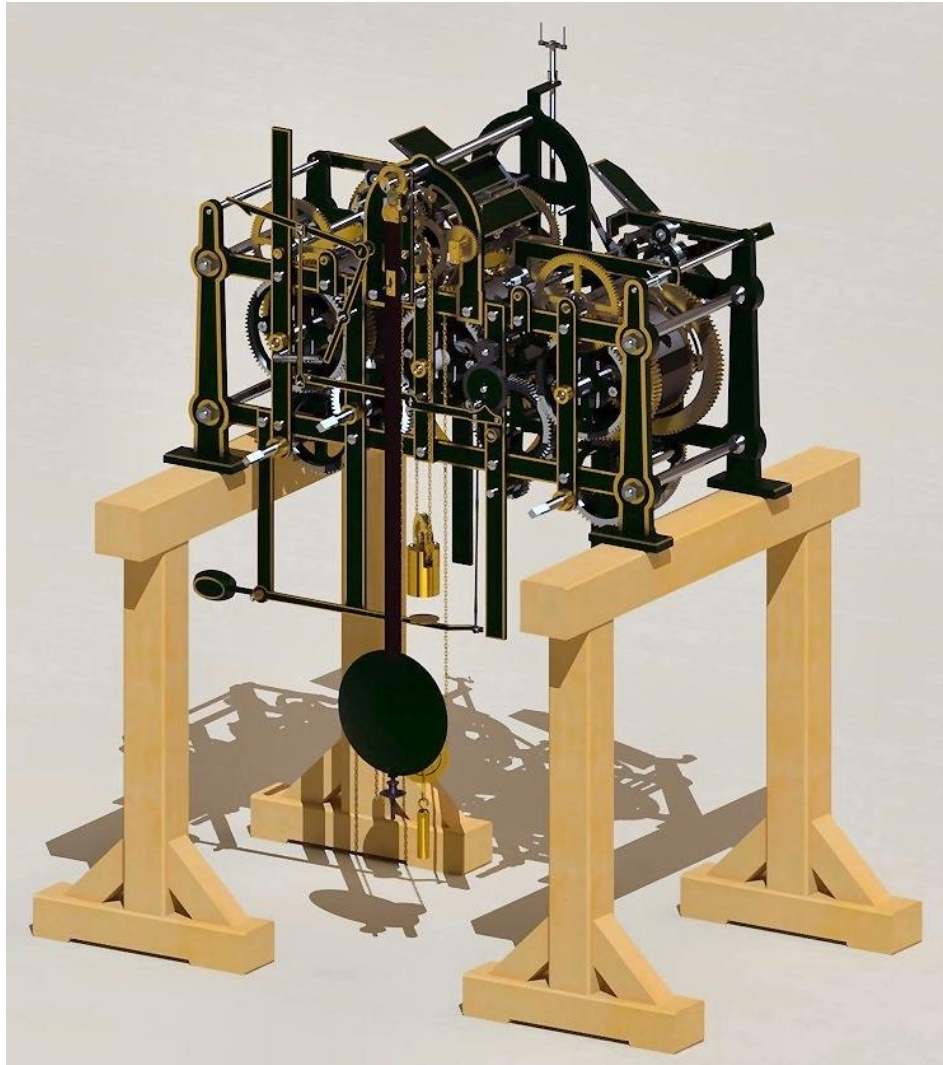
Auf Basis der ermittelten Messwerte wurden dabei dreidimensionale 1:1-Modelle der Bauteile der Uhr hergestellt, die dann – ähnlich wie beim realen Uhrwerk – „zusammengebaut“, d. h. konstruktiv zusammengefügt werden mussten. Beim Zusammenbau wurde darauf geachtet, dass die einzelnen Elemente prinzipiell funktionstüchtig wären.



Die „konstante Kraft“ des Turmuhrwerks im realen Zustand nach dem Wiederaufbau (links) und im digitalen Modell (Foto: E. Willau).

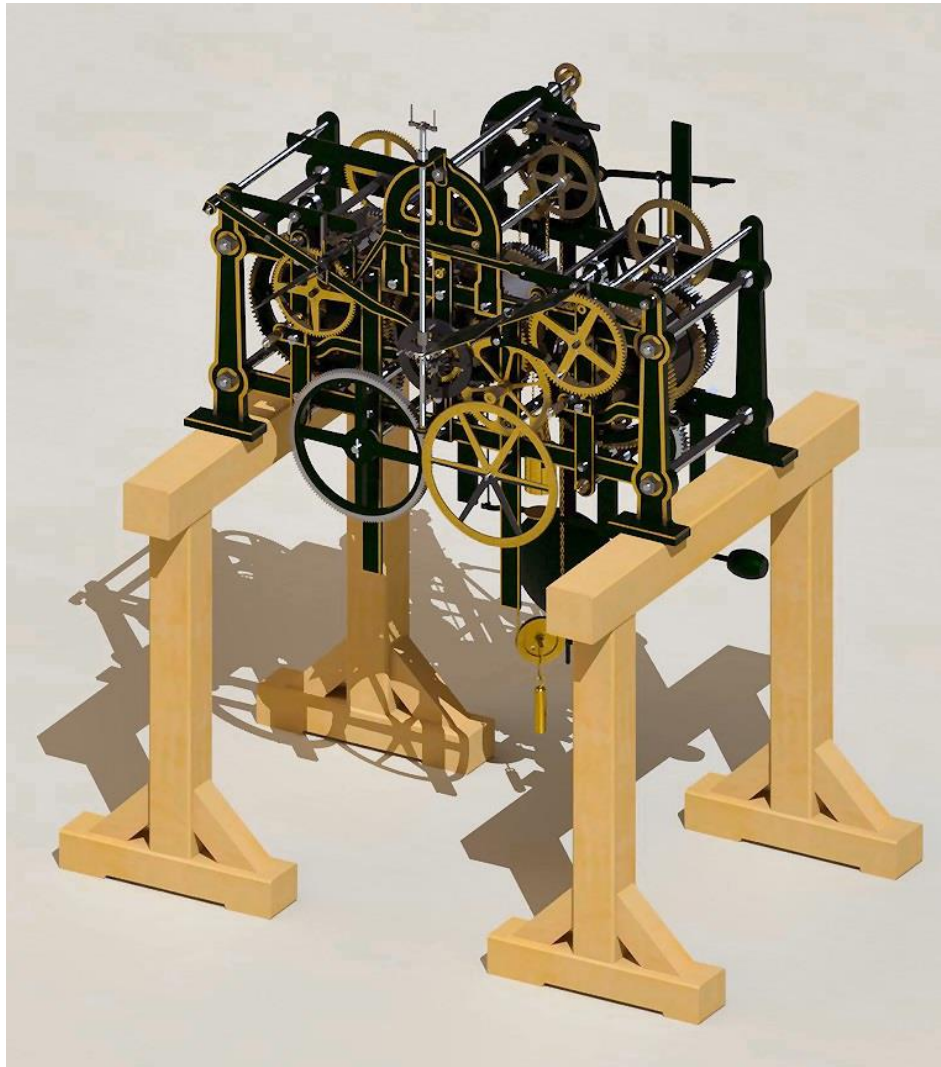
Das digitale Modell gibt die Uhr in dem Zustand wieder, in dem sie im Jahr 2014 am Dachboden vorgefunden wurde (ausgenommen ist bisher lediglich die Darstellung des Motors). Die großen Neuerungen – Funkuhrsteuerung und Pendelfänger – blieben unberücksichtigt.

Durch die Anordnung der einzelnen digital modellierten Bauteile der Uhr in verschiedenen Ebenen der CAD-Datei bzw. durch deren Zusammenfassung in Gruppen können auch zu einem späteren Zeitpunkt immer wieder Details des Werks isoliert (von allen Seiten) betrachtet bzw. dargestellt werden.



Die Vorderansicht des digitalisierten Werks, gut zu erkennen ist auch die „konstante Kraft“ am Gehwerk in der Mitte (Foto: E. Willau).

Zudem ermöglichte das CAD-Programm eine fotorealistische Darstellung des fertiggestellten Modells. Dabei wurden den einzelnen Bauteilen die optischen Eigenschaften realer Materialien (verschiedene Metalle, Holz, ...) zugewiesen, die dann beim sogenannten „Render-Prozess“ durch die entsprechende Beleuchtung eine möglichst realistische und originalgetreue Ansicht der Uhr ergeben. Erste Render-Versuche zeigten – wie zu erwarten war –, dass dieser Prozess aufgrund vielfacher Optimierungen sehr aufwändig und langwierig ist. Zudem erfordert eine Vielzahl von Reflexionen, aber auch Schatten, bei hoher Render-Qualität eine sehr hohe Rechenleistung des Computers¹⁹.



Das digitalisierte Werk von der Rückseite: Das linke große Rad ist das Aufzugsrad des Motoraufzugs, das rechte die 24-Stunden-Scheibe für die frühere Steuerung des Glockenläutens (Foto: E. Willau).

Mit den drei Prozessschritten Restaurierung, Revitalisierung, Digitalisierung, gelang beim Projekt „Turmuhr Hörz 1912 Borromäum Salzburg“ vermutlich erstmals eine Verbindung der realen Wiederinbetriebnahme mit der virtuellen Erfassung und digitalen Darstellung eines komplizierten Werks. Wahrscheinlich ist es die erste CAD-Bearbeitung eines noch dazu ziemlich komplizierten Turmuhrwerks und dessen umfassende konstruktive Darstellung auf dem Bildschirm!

Anmerkungen

- 1 Salzburger Chronik vom 6. Juli 1912, zitiert in: FRANZ FORSTNER, F. e. Borromäum in Salzburg. Der Neubau und seine Geschichte. Salzburg 1913, S. 38–44, hier S. 41.
- 2 In der Schluss-Zusammenstellung vom Jänner 1913 scheint unter den Einzelposten die Turmuhr nicht auf (ebenda, S. 25).
- 3 Auskunft von Hans Peter Kuban, Stuttgart.
- 4 Heute ist der Palast ein Teil des Gebäudes der Universität Mozarteum.
- 5 „Wort an den Klerus“ der Seminarvorstehung, zitiert in: WALTER SCHEICHL, 150 Jahre Kollegium Borromäum, Salzburg 1998, S. 14.
- 6 Ebenda, S. 15. Im Jahr 1998 entsprach dem Betrag ein Gegenwert von 8,7 Millionen Schilling (rund 632.000 Euro).
- 7 Ebenda, S. 15.
- 8 Ebenda, S. 16. In seinem Testament setzte Katschthaler das Knabenseminar Borromäum zum Universalerben ein, wobei es sich nicht um ein umfangreiches Erbe gehandelt haben dürfte; vgl. RUPERT JOHANNES KLIEBER, Erzbischof Johannes Kardinal Katschthaler (1900–1914) – Skizze einer kulturkampflustigen Amtsperiode, in: Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 129, 1989, S. 295–373, hier S. 348.
- 9 SCHEICHL, 150 Jahre Kollegium Borromäum (wie Anm. 5), S. 15.
- 10 Auskunft von Hans Peter Kuban, Stuttgart.
- 11 EUGEN ENGELHARDT, Die Ulmer Turmuhrfabrik Philipp Hörz, Biberach 2000, S. 29.
- 12 Zur Gestaltung des Außenzifferblatts am Turm gab es bereits 1964 ein Schülerprojekt mit Prof. Bruno Gerstendorfer, das damals gestaltete Zifferblatt fand sich 2014 im Dachboden; Auskunft von Prof. Franz Reitsamer, Köstendorf.
- 13 Das Uhrengeschäft Fauner in Saalfelden besteht auch noch im Jahr 2016, Inhaberin ist Friederike Fauner. Nachforschungen über die Lieferung der Turmuhr des Borromäums blieben erfolglos.
- 14 ENGELHARDT, Die Ulmer Turmuhrfabrik Philipp Hörz (wie Anm. 11), S. 33.
- 15 Die Firma Hörz führte die „konstante Kraft“ mit endloser Kette bereits 1880 ein, die alternative Lösung der konstanten Kraft mit Differentialgetriebe folgte später (ebenda, S. 27).
- 16 Eine zeitgenössische Erklärung zur „konstanten Kraft“ erläutert diese Lösungen wie folgt: „Das Sekundenpendel einer Turmuhr hat, streng genommen, nicht mehr Kraft notwendig, als das Pendel eines Sekunden-Regulateurs, bei welchem das Pendel kaum 1 Gramm Druck vom Steigrad erhält.“ Sie differenziert zwischen dem eigentlichen Uhrwerk mit nur kleinem Gewicht und dem Werk, das die Zeiger antreibt und die Schlagwerke auslöst: „Durch diese Anordnung können weder Sturm und Schnee auf die Zeiger, noch Spannungen in der Transmission den gleichmäßigen Gang der Uhr beeinflussen. Das auf den Gang wirkende Gewicht bleibt ‚constant‘ ...“ (MARKUS BURMEISTER und BERNHARD SCHMIDT, Industrie-Turmuhren, in: BERNHARD SCHMIDT, Turmuhrwerke, Georgsmarienhütte 2001, S. 45–72, hier S. 51).
- 17 FRANZ FORSTNER, F. e. Borromäum in Salzburg (wie Anm. 1), S. 37. Die drei Glocken wurden von Franz Oberascher in Kasern gegossen. Kurioserweise „sangen und jubelten die drei neuen Glocken“ am Vorabend des Einweihungstags, „am Festtage selbst aber schwiegen sie sich den ganzen Tag aus; auf ihr Dasein hatte man vergessen.“ (ebenda, S. 46).
- 18 Wie FORSTNER, F. e. Borromäum in Salzburg (wie Anm. 1), S. 24 berichtet, wurden beim Neubau durch zwei Professoren „automatische, an die Turmuhr der Kirche angeschlossene Klingelapparate für den Gymnasialtrakt installiert.“
- 19 Ein Kurzbericht über das Schülerprojekt erschien im Jahresbericht 2014/15 des erzbischöflichen Privatgymnasiums Borromäum: http://www.horologium.at/typo3/fileadmin/Newsletter_pdfs/Hoerz-Turmuhrwerk_1912_mit_Schuelern_restauriert_und_revitalisiert.pdf (abgerufen am 01.01.2016).

