

Der Hezilo-Leuchter

Eine Systemanalyse und ihre Folgen

1. Prolog

„Präventive Konservierung“ ist ein Begriff aus der Denkmalpflege. Man betrachte ihn jedoch einmal aus der Perspektive des Ingenieurs.

Allgemein versteht man unter *Prävention* ‚einem Ereignis oder Effekt vorbeugen‘. Prävention soll also helfen, unerwünschte Entwicklungen zu vermeiden oder zu verzögern beziehungsweise deren Schweregrad zu verringern. *Konservierung* wiederum meint ‚das Haltbarmachen von etwas, das nicht aus sich selbst heraus beständig ist‘. Demgemäß bedeutet konservieren, Zerfallsprozesse mit physikalischen oder chemischen Methoden zu verhindern oder zu verzögern. In der Bau- und Kunstdenkmalpflege beschreibt der Begriff der Konservierung alle Maßnahmen zur Erhaltung der Authentizität der Werke, ohne sie dabei irreversibel zu verändern. Unter präventiver Konservierung können somit alle vorbeugenden Maßnahmen zum Erhalt der Werke verstanden werden – der Erhalt ihres Status quo ist ein positiv konnotierter Wert. Doch wäre es irrig, zu glauben, die Beschreibung dieses Status quo oder die Klärung seiner Genese reichten schon aus – denn Zeit bedeutet Veränderung. Untersucht man nämlich ein konkretes physikalisches System zu zwei Zeitpunkten, erkennt man sehr oft Unterschiede. Liegen die beiden Zeitpunkte weit auseinander, sind diese Unterschiede deutlicher wahrnehmbar. Akzeptiert man den Energieerhaltungssatz,¹ wonach in einem abgeschlossenen physikalischen System keine Energie erzeugt oder vernichtet werden kann, so bedeutet die Wahrnehmung von Unterschieden die Wahrnehmung einer Veränderung: Das konkrete physikalische System hat sich verändert. Physikalische Änderungen lassen sich mit einfachen Mitteln messen, Messergebnisse können bewertet werden: in einer ersten Kategorie als positiv oder negativ. Unter präventiver Konservierung können dann alle vorbeugenden Maßnahmen „zur Vermeidung von negativen Veränderungen“ der Werke verstanden werden. Diese eher mathematisch verwendete Formulierung lässt sich vereinfachen, wenn man die Ergebnisse der Veränderung einer Bezugsgröße gegenüberstellt und erst danach bewertet. Unter präventiver Konservierung werden folglich alle vorbeugenden Maßnahmen zur Vermeidung einer Schädigung der Werke verstanden.

Überlegt ein Ingenieur, wie künftige Schäden wohl zu vermeiden wären, versucht er sofort, seine antrainierten Verfahren anzuwenden: Anamnese, Analyse, Therapie. So richtig dies in Inhalt und Reihenfolge sein mag, in der Praxis ist dieses Konzept unpopulär und teuer, also nicht wettbewerbsfähig: In einer Gesellschaft in der Geiz „geil“ ist, kann man nur schwer eine Diskussion über Qualität führen – Qualität sowohl im Tun als auch im Ergebnis. Anamnese verkommt zur Dokumentation, Analyse beschränkt sich auf den Vergleich von Kochrezepten, Therapie entscheidet sich im Kräftespiel der Beteiligten.

Im Folgenden soll nun am Beispiel des Hezilo-Leuchters der Versuch unternommen werden, das physikalische System einer mittelalterlichen Lichterkrone zu analysieren. Dass solche Pro-

jekte nicht das Verdienst eines einzigen sein können, ist offensichtlich. Das Restaurierungsteam setzte sich wie folgt zusammen: Dipl.-Designer Uwe Schuchardt (Goldschmied), Dipl.-Ing. Ulrich Pagels (Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege), Dr.-Ing. Norbert Bergmann (Projektleitung), Prof. Dr. Karl Bernhard Kruse (kirchliche Denkmalpflege), Prof. Dr. Elisabeth und Dr. Erhard Jägers (naturwissenschaftliche Untersuchungen), Dipl.-Dokumentar Rüdiger Lilge (Quellenforschung, Datenbank), Dr. Rainer Budde (Kunsthistoriker), Dr. Georg J. Haber (Haber & Brandner, Metallrestaurierung), Dipl.-Rest. Judith Praetorius (Metallrestauratorin) und Dipl.-Ing. Sabine Warnecke (Dokumentation). Nach rund 30 000 Arbeitsstunden konnte die Restaurierung des Leuchters im Sommer 2007 abgeschlossen werden. Den Geldgebern sei an dieser Stelle für Vertrauen und Mut gedankt, mussten sie für die Restaurierung von 412 Kilogramm doch etwa zwei Millionen Euro investieren.

2. Der Hezilo-Leuchter

Der nach seinem Stifter, Bischof Hezilo (1020/25–1079), benannte Leuchter (Abb. 1) wurde möglicherweise im Zusammenhang mit der Wiedererrichtung des Doms über den Fundamenten des 1046 abgebrannten Vorgängerbaus in Auftrag gegeben. Mit einem Durchmesser von etwa 6 Metern ist er das größte Zeugnis mittelalterlicher Goldschmiedekunst und zugleich die größte noch erhaltene mittelalterliche Lichterkrone.² Das Himmlische Jerusalem symbolisierend, bezieht sich der Hezilo-Leuchter mit seinen zwölf Toren auf die Offenbarung des Johannes 21–22. Seit der Mitte des 11. Jahrhunderts hängt er mit kleinen Unterbrechungen im Hildesheimer Dom und ist Teil des Weltkulturerbes.

2.1. Zur Geschichte des Leuchters

Die wichtigsten Daten zur Geschichte in Übersicht:

1046	Brand des Hildesheimer Doms
1054–1079	Episkopat Hezilos
1061	Weihe des auf den Grundmauern des Altfried-Doms errichteten Neubaus; aus diesem Anlass oder bald darauf Stiftung des Radleuchters durch Hezilo

¹ Julius Robert von Mayer, 1841; Hermann von Helmholtz, 1847.

² Der Durchmesser beträgt in der Achse IACOBVS-MATHEVS 590,2 cm, in der Achse IOHANNES-PHILLIPPVS 611,8 cm, gemessen auf der Innenseite des unteren Reifens. – Erhalten geblieben sind noch weitere drei mittelalterliche Lichterkronen: der Thietmar-Leuchter in Hildesheim, der Barbarossa-Leuchter in Aachen und der Leuchter in Großcomburg: Anton LEGNER, *Deutsche Kunst der Romanik*, München 1982, S. 106f., 192f.; Kat. Ego sum Hildensemensis, Bischof, Domkapitel und Dom in Hildesheim, 815 bis 1810, Hildesheim – Petersberg 2000, S. 463–470 (Ulrich Knapp); siehe auch Anmerkung 7.

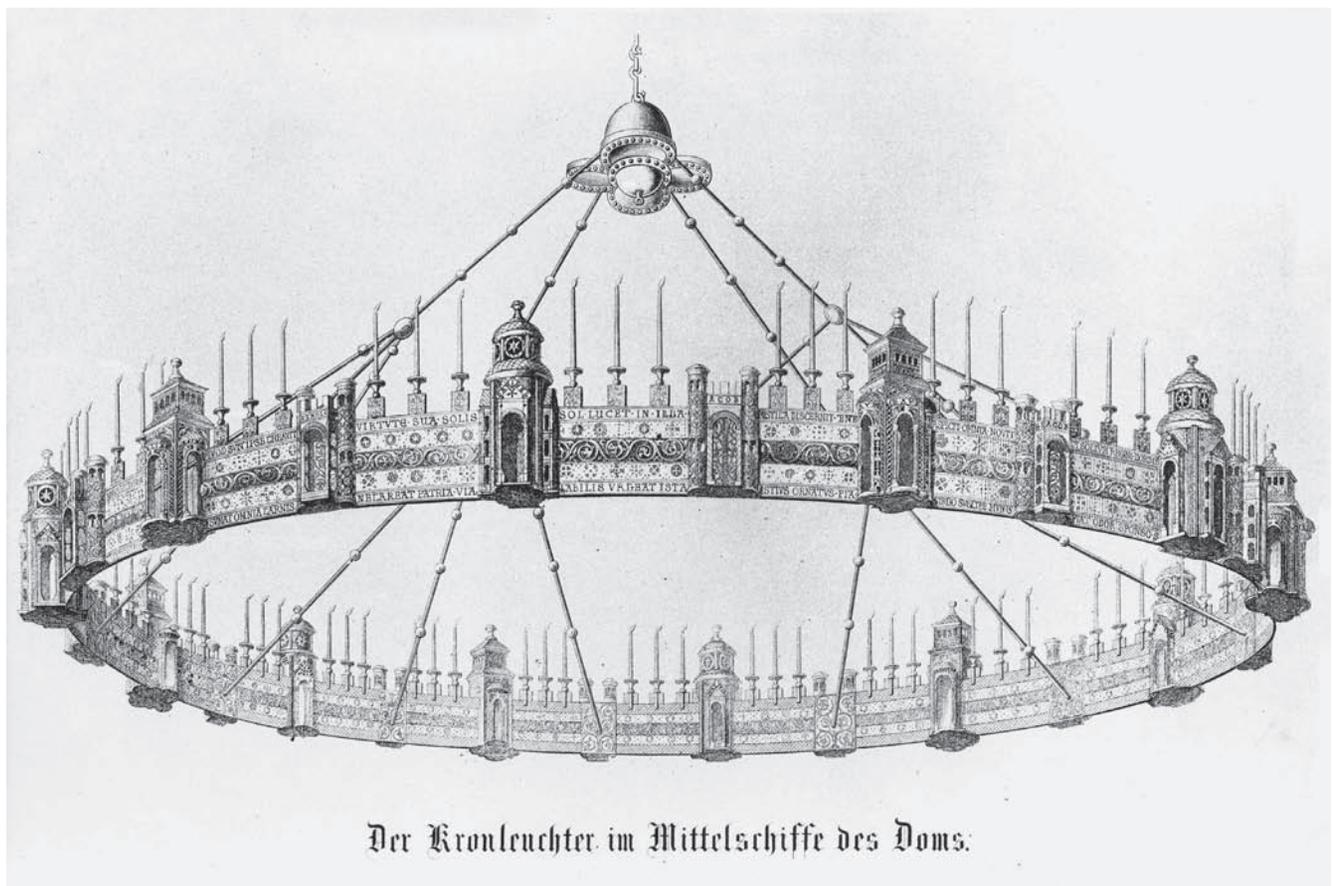
13.–14. Jh.	Quellenbelege über Kerzenstiftungen für den Radleuchter	1942	Zerlegung und Auslagerung
1411	Mitteilung über das Aufstecken von Engeln auf den Leuchter an hohen Festtagen	1949	Reinigung durch Heinrich Waldmann
1442	Erwähnung eines heute nicht mehr existierenden Mittellichts	1950	Aufhängung in der Hildesheimer St. Bernwardskirche
1519–1523	Hildesheimer Stiftsfehde	1960	Aufhängung in der Vierung des wiederaufgebauten Doms
1523	Entfernung von Silberplatten am Leuchter		
1546	Beschädigung der Krone während der Reformationszeit Abnahme von vergoldeten oder versilberten „Bildern“		
1595	Beschädigung durch Handwerksgesellen		
1601	Renovierung des Leuchters durch den Goldschmied Sebastian Korber		
1632	Beschädigung des Leuchters während der Besetzung Hildesheims durch schwedische Truppen		
1735	Beschluss des Domkapitels zur Entfernung des Leuchters aus dem Dom		
1737	Beschluss des Domkapitels zur Anfertigung neuer Leuchter		
1755	Aufhebung des Beschlusses von 1735		
1818	Reparatur unter dem Vikar Franz Wilhelm Todt durch einen Klempner		
1868	Anfertigung einer Kopie des Radleuchters für das Londoner Victoria and Albert Museum durch Friedrich Küsthardt		
1901–1902	Restaurierung des Leuchters durch die Firma Gebrüder Küsthardt		
1904	Elektrifizierung des Leuchters		

2.2. Konstruktion: Material – Geometrie

Der Hezilo-Leuchter wird aus einem doppelten Eisenreifen und aus den daran befestigten Toren, Türmen und Mauersegmenten gebildet. Tore, Türme und Mauersegmente bestehen aus Kupferblech mit einer Blechstärke von 0,1 bis 0,3 mm. Analysen des Mikroanalytischen Labors Jägers (Bornheim) und des Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) liegen zu allen Werkstoffen, Beschichtungen und chemischen Veränderungen vor. Das Kupferblech ist je nach Entstehungszeit feuervergoldet, galvanisch vergoldet oder mit einer ölhaltigen Beschichtung überzogen. Die dunkel erscheinenden Ornamente und Schriften dürften ursprünglich wohl als Braunfurnis hergestellt worden sein, sind heute aber das Ergebnis eines chemischen Prozesses (Schwefelleber). Braunfurnis hat sich nur zu einem kleinen Teil erhalten. Aufgehängt ist der Leuchter über vier Bündel von je drei Eisenstangen an einem Seil. Die Eisenreifen wurden wohl bei der Demontage im Jahr 1943, möglicherweise auch bereits bei der Restaurierung durch die Brüder Küsthardt, aufgetrennt und mit Laschen neu verschraubt. Heute zeigen die Eisenreifen Abweichungen gegenüber dem Idealmaß eines ebenen Kreises in der Vertikalen von 14,2 cm und in der Horizontalen

Abb. 1. Hildesheim, Dom St. Maria, Hezilo-Radleuchter, eine der ältesten Abbildungen, ca. 1840.

Fig. 1. Hezilo Chandelier, one of the oldest depictions, c. 1840.



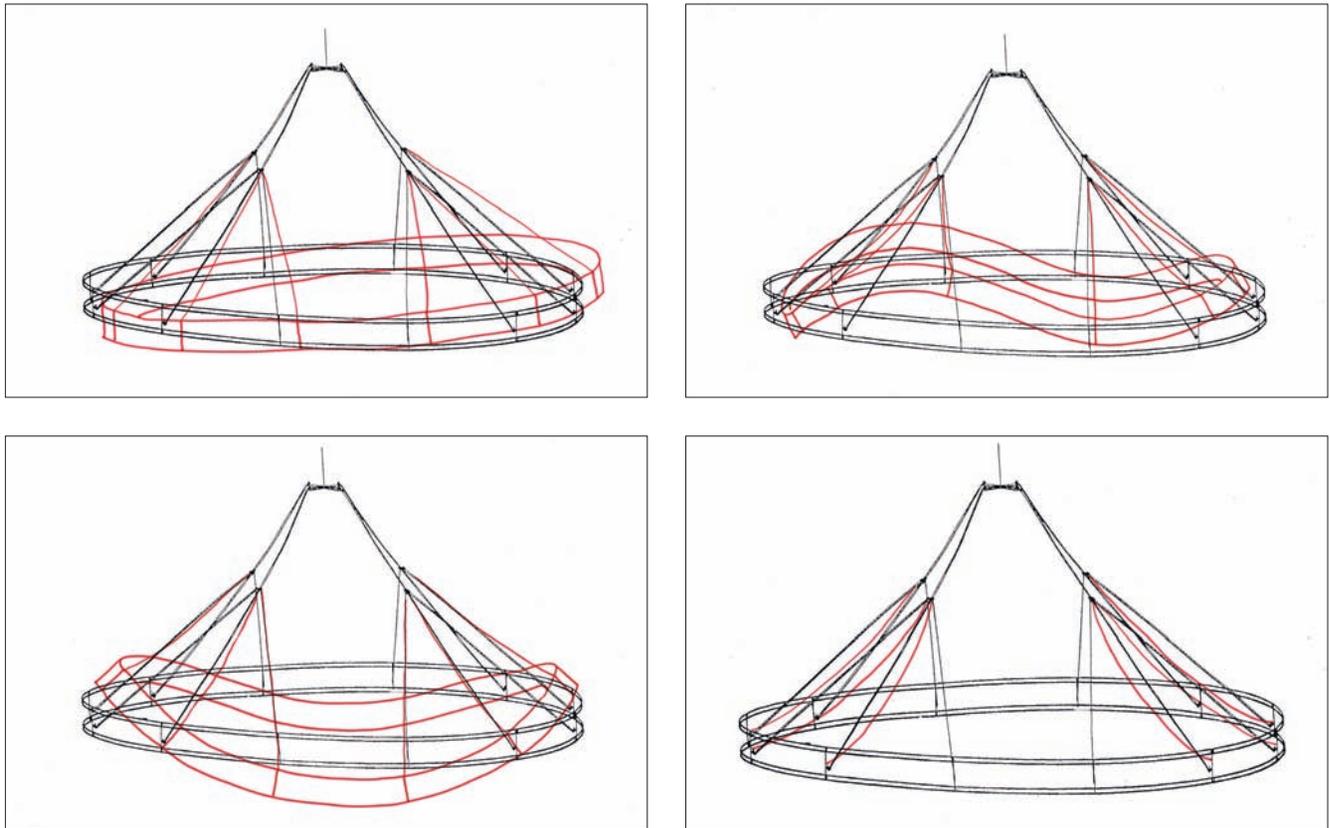


Abb. 2a–d. Schwingformen: Neigen (a), Biegung (b), Torsion (c), Wippen (d).

Fig. 2a-d. Forms of oscillation: tilting (a), bending (b), torsion (c), teetering (d).

von 21,6 cm. Die Tore, Türme und Mauersegmente sind aus einzelnen Blechen zusammengefügt; dies erfolgte bauzeitlich wohl durch Drähte, heute mit Krampen. Die Kupferbleche wurden zum Teil vor und zum Teil nach der Feuervergoldung getrieben.

2.3. Klima

Klimamessungen in der Umgebung des Leuchters ergaben für die letzten Jahre folgende Werte: im Winter 16 °C / 25–50 % relative Feuchte, im Sommer bis 22 °C / 50–70 % relative Feuchte; die täglichen Schwankungen betragen etwa 2 °C; die Oberflächentemperatur am Leuchter und die Lufttemperatur der Umgebung differieren um etwa 1 °C.

2.4. Mechanische Beanspruchung

Tore, Türme und Mauersegmente sind an den Eisenreifen eingehängt. Die beiden Eisenreifen übernehmen deren Last und tragen sie in die Aufhängung ab. Die vier Hauptstäbe werden in einem Vierpass zusammengefasst und sind mit dem Aufhängeseil verbunden. Das Aufhängeseil mündet in einer elektrisch betriebenen Winde. Zur Beruhigung des Leuchters wird dieser durch zwei Nylon-Fäden fixiert.

In seiner Ruhelage wird der Leuchter nur durch sein Eigengewicht beansprucht. Diese statische Beanspruchung führt zu Biegung in vertikaler und horizontaler Ebene sowie zu Torsion. Diese Beanspruchungen überlagern sich. Durch die Beanspruchungen kommt es zu Verformungen des Leuchters.

Über die Steifigkeiten der einzelnen tragenden Bauteile und deren Verbindungen untereinander war nur wenig bekannt. Hinreichend exakte statische Berechnung zu den vorhandenen oder

den noch zu erwartenden Verformungen waren damit nicht möglich.

Durch die zum Teil starren Verbindungen zwischen Toren, Türmen und Mauersegmenten mit dem eisernen Traggestell führen alle Verformungen des Traggestells auch zu Verformungen der Blechbauteile.

Wird der Leuchter aus seiner Lage verändert, so ändert sich seine Form. Bei dauernden Anregungen gerät der Leuchter in Bewegung. Die beiden Reifen bewegen sich auf und ab bei gleichzeitiger horizontaler Verformung. Neben Biege- und Torsionsschwingungen treten auch Ovaling, Neigen und Wippen auf (Abb. 2a–d). Die Verformungen überlagern sich.

Zusätzlich zum Ruhezustand beziehungsweise den Schwingungen des Leuchters kommen einzelne Ereignisse mit großen Deformationen. Kriegerische Auseinandersetzungen haben mindestens zu zwei Plünderungen im 16. Jahrhundert und einer im 18. Jahrhundert geführt. Dass dies zu Schäden an dem Verbleibenden führte, liegt auf der Hand. Der Zustand muss Ende des 18. Jahrhunderts so schlimm gewesen sein, dass das Domkapitel 1735 beschloss, den Leuchter aus dem Dom zu entfernen und stattdessen einen neuen Leuchter anzufertigen. 1755 wurden diese Beschlüsse revidiert. 1818 wurde der Leuchter unter Vikar Franz Wilhelm Todt wieder repariert.

Bei den Recherchen zur jüngeren Geschichte wurde auch bekannt, dass der Leuchter mittels Winde auf und ab gelassen werden konnte. Der Vorläufer der derzeitigen Winde sei ausgetauscht worden, weil beim Ablassen der Leuchter mehrfach in große Bewegung versetzt worden sei. Hier ist anzunehmen, dass er beim Abbremsen der Abwärtsbewegung ins Wippen geriet. Zu den statischen Systemen kommen also dynamische Einflüsse hinzu.

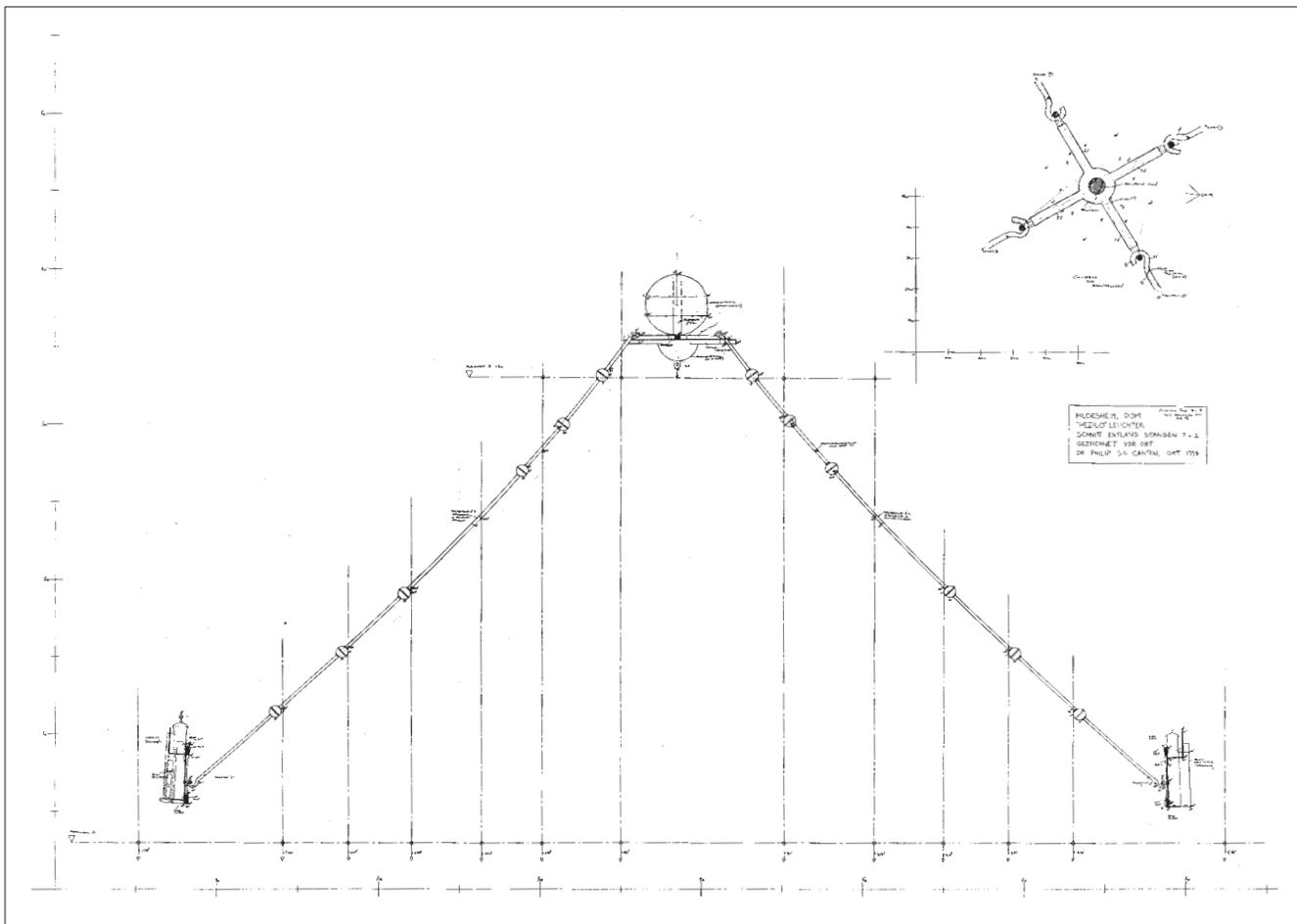


Abb. 3. Aufmaß des Hezilo-Leuchters: Querschnitt und Detail der Aufhängung im Vierpass (Zeichnung: Philip S. C. Caston, 1998).

Fig. 3. Measured drawing of the chandelier: section and detail of the four-point mounting (drawing: Philip S.C. Caston, 1998).

Bei der Bewegung von Konstruktionen entstehen durch die Beschleunigung große Verformungen: Je nach Anregung und Verformungsverhalten werden die Konstruktionen hierdurch zusätzlich beansprucht. Die Verformungen betragen unter Umständen ein Mehrfaches der Verformungen im Ruhezustand.³

Um das Schwingungsverhalten der Aufhängungen, der Tragringe und der Gesamtstruktur zu messen, wurden dynamische Messungen durchgeführt. In mehreren Aufstellungen wurde mit je vier Messaufnehmern unter verschiedensten Lasten und Anregungen das Schwingungsverhalten erfasst. Dabei wurden sowohl Vertikal- als auch Horizontalbewegungen gemessen. Aus den Schwingungsmessungen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Der Leuchter erscheint besonders weich für horizontale Verformungen (Ovaling) und Torsion.
- Die vier Bündel der Aufhängungen steifen den Leuchter in vertikaler Richtung aus.
- Durch die aussteifende Wirkung der Abspannbündel regen die Schwingungen der Aufhängung den ganzen Leuchter zu Ganzkörperschwingungen an. Dabei verbiegen sich die einzelnen Quadranten des Rings relativ zueinander.
- Die größte Beschleunigung erfährt der Leuchter durch vertikale Gesamtschwingung. Die statisch nicht mittragenden Blechbauteile der Mauersegmente werden hierbei in ihrer Ebene auf Biegung belastet.

Die aus den dynamischen Messungen gewonnenen Daten zur Verformung des Leuchters erlauben aber auch weitreichende theoretische Analysen der Konstruktion: Mit Hilfe von so-

nannten Eigenschwingformen, dem Grundmuster von Bauwerksschwingungen, lassen sich bei bekannter Geometrie nahezu alle Parameter der statischen Systeme ableiten. Die Geometrie des Hezilo-Leuchters war durch das Aufmaß von Philip S. C. Caston (damals Bamberg, jetzt Hochschule Neubrandenburg) hinreichend bekannt (Abb. 3). Die dynamischen Messungen waren an vier Stellen gleichzeitig durchgeführt worden. Die Daten beschreiben also gleichzeitige Bewegungen beim gleichen Ereignis. Aus der strukturmechanischen Analyse lassen sich sieben unterschiedliche Schwingformen des Hezilo-Leuchters erkennen. Die Frequenzen hierfür liegen bei 0,4 bis 6,0 Hertz.

Legt man diese Ergebnisse einer dynamischen Auswertung für die Modellierung der statischen Systeme zugrunde, so lassen sich dreidimensionale statische Berechnungen durchführen. Die identifizierten Schwingformen definieren hierbei die wesentlichen dynamischen Ersatzsysteme und Ersatzkenngrößen. Beim Hezilo-Leuchter wurden die dynamischen Kenngrößen zusammen mit der wahren Geometrie zu einem dreidimensionalen Rechenmodell verknüpft und, darauf aufbauend, Vergleichsrechnungen, zum Teil auch nach Theorie 2. Ordnung, zu den gemessenen Verformungen und Schwingungen durchgeführt.

³ Die maximalen Verformungen einer Konstruktion treten im Falle der Resonanz auf, das heißt beim Übereinstimmen der Erregerfrequenz mit der Eigenfrequenz.



Abb. 4. Hildesheim, Dom St. Maria, Hezilo-Radleuchter, Turm C 04, Vorzustand.

Fig. 4. Hezilo Chandelier, tower C 04, before conservation.

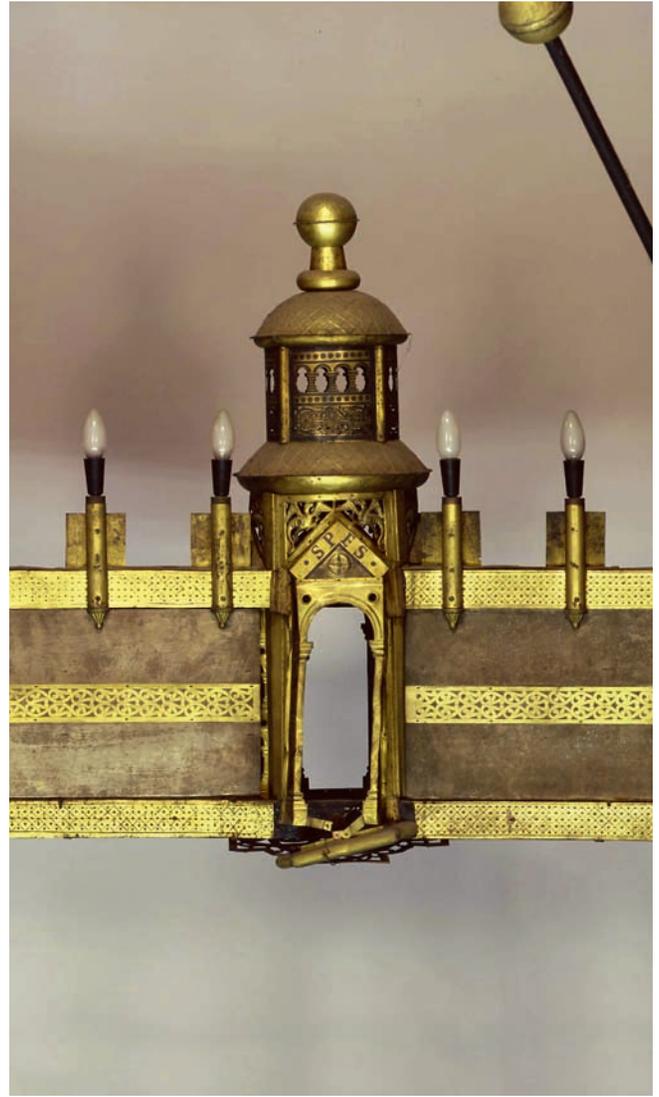


Abb. 6. Hildesheim, Dom St. Maria, Hezilo-Radleuchter, Innenansicht, Vorzustand.

Fig. 6. Hezilo Chandelier, view of the inner side, before conservation.

Abb. 5. Hildesheim, Dom St. Maria, Hezilo-Radleuchter, Kupferchloride auf der Rückseite einer Wulstranke, Vorzustand.

Fig. 5. Hezilo Chandelier, copper chloride on the back of a tendril-ornamented torus, before conservation.



Abb. 7. Hildesheim, Dom St. Maria, Hezilo-Radleuchter, Innenansicht, Zustand vor der Restaurierung durch die Firma Gebrüder Küsthardt, vor 1901.

Fig. 7. Hezilo Chandelier, view of the inner side, before restoration by the firm Gebrüder Küsthardt, pre-1901.



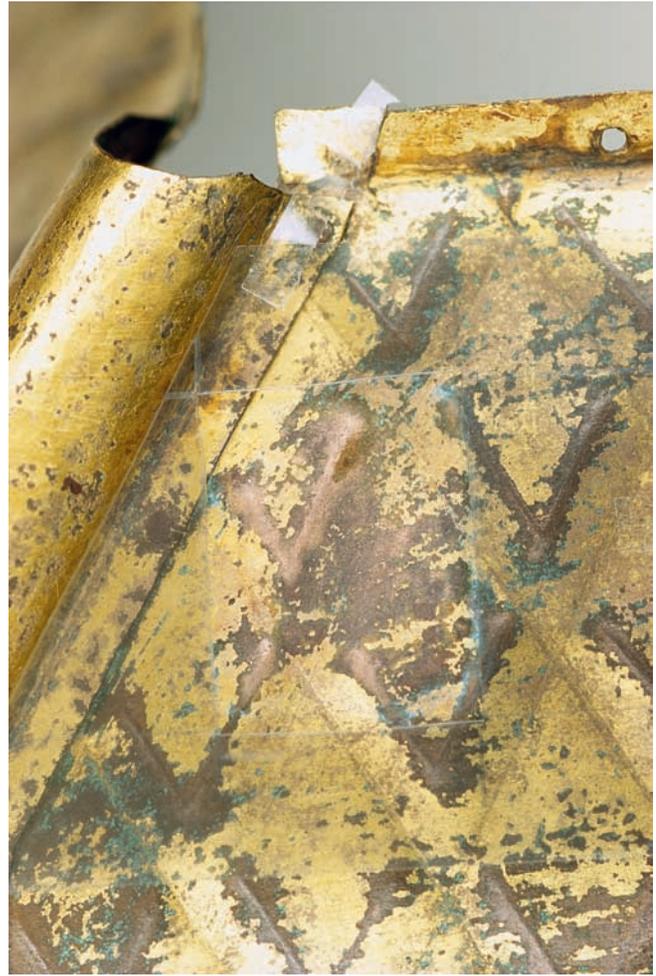
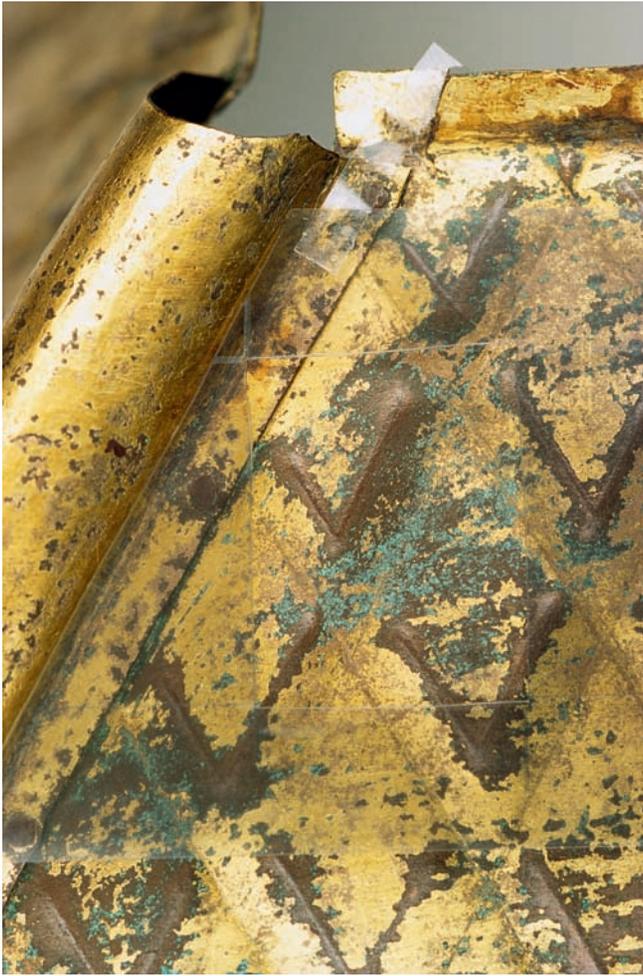


Abb. 8a-b. Hezilo-Leuchter, Dach eines Turms vor dem Lasern (a), nach Lasern und Reinigung (b).

Fig. 8a-b. Part of a tower roof before (a) and after laser treatment and cleaning (b).

Die so aufgebauten Berechnungen erlauben Aussagen zur realistischen Materialbeanspruchung. Im Vergleich zu im Labor ermittelten oder aber aus der Literatur bekannten Werkstoffeigenschaften lassen sich Tragreserven, das ist der Abstand vom aktuellen Zustand zum Bruchzustand, ableiten. Hierbei ergeben sich folgende Aussagen:

- Die geringe Biegesteifigkeit der Ringe führt zu großen Verformungen selbst bei kleinen zusätzlichen Lasten.
- Die Verformungsfigur des Leuchters ist stark asymmetrisch; sie besteht zum Großteil aus Starrkörperanteilen.
- Die maximale Verformung des Leuchters unter Eigengewicht beträgt 3 cm.
- Die berechneten Schnittgrößen nach Theorie 1. Ordnung liegen deutlich unter den von Stahl St 37-2 aufnehmbaren Kräften.
- Die Abweichung der Normalkräfte in den Diagonalen beträgt etwa 5 %.
- Die Abweichung der Normalkräfte von Haupt- und Nebendiagonalen beträgt etwa 15 %.

Die statischen Berechnungen beweisen zwar die Gutmütigkeit der tragenden Eisenteile, aber auch die extreme Gefährdung aller Blechbauteile bei erzwungener Verformung.

2.5. Schäden

Der Hezilo-Leuchter zeigte vor seiner Restaurierung umfangreiche und intensive Korrosion der Kupferbleche. Bereits seit

Anfang der 1990er Jahre wurden die Schäden untersucht und dokumentiert. Im Zuge seiner Ausleihe an das Museum Speyer für die Salier-Ausstellung konnten detaillierte Analysen erstellt werden.⁴ Nahezu alle waagerechten und geneigten Flächen zeigten in deutlichem Maße Ausblühungen, Pusteln oder auch Krusten von schwarzen und grünen Korrosionsprodukten (Abb. 4). Auffallend ist, dass die Korrosion offensichtlich mit der Ablagerung von Staub und Schmutz in Verbindung steht. Weiterhin fällt eine verstärkte Korrosion innerhalb von Falzen, Überlappungen oder Hinterlegungen sowie im Inneren der Bauteile auf.⁵ In intensiven wissenschaftlichen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass der überwiegend größte Teil der Korrosionsprodukte als Kupferchlorid vorliegt (Abb. 5). Kupferchloride gehören zu den aktiven Korrosionsprodukten, das heißt sie können in Gegenwart von Feuchtigkeit die Korrosion des Metalls beschleunigen. Durch die Korrosion wird die Feuervergoldung abgesprengt und das nur 0,3 mm dicke Kupferblech zerstört.

Viele Baugruppen zeigten Spuren mechanischer Zerstörung wohl auch aus jüngerer Zeit. Stellvertretend sei auf die Abbil-

⁴ Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF), Palais du Louvre, Porte des Lions, 14 quai François Mitterrand, 75001 Paris.

⁵ Gutachten Labor Jägers vom 16.07.2001.



Abb. 9. Hezilo-Leuchter, Turm C 03 während der Zerlegung.

Fig. 9. Tower C 03 during dismantling.

dung 6 verwiesen. Dort zeigen sich auf der Rückseite eines Turms gelöste Verbindungen, an den Verbindungen ausgerissene Blechteile und deformierte Bleche. Betrachtet man die Schadensbilder in Verbindung mit den aus der Archivrecherche gewonnen Erkenntnissen zur Geschichte der Veränderungen (siehe 2.1.), so wird klar, dass die Untersuchung eines einzigen Zustands respektive des Zustands unmittelbar vor der Restaurierung keine ausreichende Basis sein kann, um die vorhandenen Schäden zu erklären.

3. Systemanalyse

Der Begriff Systemanalyse wird seit vielen Jahren in allen Wissenschaften benutzt: Allen Anwendungen zu Eigen ist die Betrachtung eines abgeschlossenen Systems. Systeme können flüchtig sein, wie jede Art von Software, oder annähernd stabil, wie zum Beispiel Bauwerke oder Maschinen. Beim Hezilo-Leuchter handelt es sich zunächst um ein physikalisches, mithin stabiles System. Betrachtet man physikalische Systeme über viele Jahrhunderte, so verändern sich die Werkstoffe und die daraus hergestellten Konstruktionen merklich. Chemische Prozesse verändern die Werkstoffe, die offensichtlich in einen energieärmeren Zustand übergehen. Physikalische Systeme sind demnach nicht auf Dauer stabil.

Präventive Konservierung ist für einen Ingenieur zum einen die Analyse der vorhandenen Zusammenhänge und zum anderen das Wiederherstellen von stabilen Systemen. Hierzu muss man in die Systeme eingreifen. Gelingt dies mit Erfolg, kann man die Gebrauchsfähigkeit verlängern. Der Zeitpunkt des Eingreifens entscheidet hierbei über den Aufwand, aber auch über den Verlust an Substanz. An dieser Stelle sei der Begriff der „Zeit“ eingeführt: Zeit als fundamentale, messbare Größe, die zusammen mit dem Raum das Kontinuum bildet, in das jegliches materielle Geschehen eingebettet ist. Zeit und Raum ge-

Abb. 10. Hezilo-Leuchter, Turm C 03, Einzelteile des zerlegten Turms.

Fig. 10. Tower C 03, individual pieces of the dismantled tower.



statten es, kausal verknüpfbaren Ereignissen und Handlungen eine Reihenfolge zuzuordnen. Das menschliche Empfinden von Zeit ist von deren Vergehen geprägt, ein Phänomen, das sich bisher einer naturwissenschaftlichen Beschreibung entzieht und als Fortschreiten der Gegenwart von der Vergangenheit kommend zur Zukunft hin wahrgenommen wird. Zeit hängt mit Veränderung zusammen.

Im Folgenden werden Geometrie, Werkstoffe, Klima, Chemie und Mechanik als Parameter für die Systemanalyse des Hezilo-Leuchters herangezogen.

3.1. Die Geometrie und ihre Veränderungen

Die Bödecker-Fotos von etwa 1875 sind die ältesten fotografischen Aufnahmen des Leuchters. Auf ihnen ist detailliert der Leuchter in seinem Zustand vor der Restaurierung durch die Brüder Helfried und Albert Küsthardt dargestellt (Abb. 7). Über die Hängung im Langhaus geben verschiedene Zeichnungen und Stiche Auskunft, die im Bistumsarchiv, dem Dommuseum oder im Stadtarchiv Hildesheim verwahrt sind. Auch ein Foto von Georg Alpers (Hannover) aus dem Jahr 1889 gibt noch den Vorzustand wieder.⁶

Während Tore und Türme nahezu unverändert überkommen sind, wurden die Mauersegmente offensichtlich mehrfach verändert. Hierzu finden sich in den Unterlagen der Küsthardts zahlreiche Anmerkungen. Willmuth Arenhövel beschreibt den Wissensstand um den Leuchter, wie er sich bis zum Jahr 1975 aus den schriftlichen Quellen erschließen ließ.⁷ Seine Erkenntnisse über den genauen Zustand des Leuchters gewann er von der Leiter aus. Eine detaillierte Untersuchung, gar mit der Möglichkeit von Untersuchungen in der Werkstatt, war ihm nicht gestattet. Im Zuge des aktuellen Restaurierungsprojekts wurden alle Erkenntnisse über Geometrie, Werkstoffe und deren Verarbeitung erfasst und dokumentiert.⁸

3.2. Die Werkstoffe und ihre Veränderungen

Die Konstruktion des Hezilo-Leuchters wurde seit seiner Entstehung mehrfach geändert. Reifen und Gestänge sind zwar bauzeitlich, wurden aber mindestens einmal anders aufgehängt: Zwei der Stangen sind heute miteinander vertauscht; die Verschraubungen der Reifen stammen aus der Restaurierungsphase Küsthardt. Mauersegmente, Tore und Türme sind in ihrer Reihenfolge variabel. Nach aktuellem Wissensstand sind die Zinnen um mindestens ein Feld verschoben. Neben der jetzigen Reihenfolge der Schriftfelder scheinen auch andere Folgen logisch. Die Wulstrankenstreifen dürften mittig in den Mauersegmenten angeordnet gewesen sein. Die Palmettenbänder sind erst durch die Küsthardts an die derzeitige Position gesetzt worden. Bauzeitlich kann man sie wohl auf der Innenseite der Wulstranken vermuten. Abgänglich sind die die Tore verzierenden Engel, die aufgesetzten Engel und die Silberplatten der Mauersegmente. Nicht geklärt ist die mögliche Zugehörigkeit von Edelsteinen.

6 Blätter für Architektur und Kunsthandwerk, II. Jg., Nr. 8, 1889, S. 34, Bildtafel 77.

7 Willmuth ARENHÖVEL, Der Hezilo-Radleuchter im Dom zu Hildesheim, Beiträge zur Hildesheimer Kunst des 11. Jahrhunderts unter besonderer Berücksichtigung der Ornamentik, Berlin 1975.

8 Eine ausführliche Publikation der dabei gewonnenen Erkenntnisse ist an anderer Stelle geplant.



Abb. 11. Hildesheim, Dom St. Maria: der Hezilo-Leuchter nach der Restaurierung.

Fig. 11. The Hezilo Chandelier after restoration.

Die heutige Form des Hezilo-Leuchters entstammt vollständig der Phase der großen Restaurierung durch die Küsthardts in den Jahren 1901 und 1902. Ihnen verdankt sich ein Zustand, der ihrem Wissen über die ursprüngliche Gestalt entsprach. Auf Wunsch des Domkapitels konnte jedoch nicht alles Wissen umgesetzt werden, wie zum Beispiel in Bezug auf die historische Lage der Wulstrankenstreifen. Die Küsthardts restaurierten das Vorhandene, ließen spätere Ergänzungen weg und ergänzten den Leuchter in ihrem Sinn. Unpassendes wurde jedoch auch passend gemacht. Alle neuen Teile sind immerhin als solche gekennzeichnet.

Die Werkstoffe haben sich durch Korrosion verändert, Chloride sich an allen Oberflächen abgelagert. Behandlung durch Säuren und Laugen veränderten die Oberflächen. Braunfirnis-Material ist nur noch in geringer Menge vorhanden, Silber nahezu vollständig entfernt.

3.3. Das Klima und sein Wandel

Über das Klima der ersten 900 Jahre kann nur spekuliert werden. Der von Hezilo erbaute Dom war nicht beheizt; demzufolge kann man auf deutlich höhere Luftfeuchte und vielleicht auch auf größere Klimaschwankungen schließen. Die klimatischen Bedingungen während der Auslagerung im Zweiten Weltkrieg waren extrem: Es wird von einem Wassereintrich im Gewölbekeller berichtet, in den der Hezilo-Leuchter ausgelagert war. In

diesem Zusammenhang sei auch an eine Aussage erinnert, nach der im selben Raum Salz eingelagert gewesen sei. Nach Kriegsende sei der Leuchter mit Grünspan überzogen gewesen. Die klimatischen Verhältnisse in der Werkstatt des Bildhauers Heinrich Waldmann sind nicht bekannt. Seit 1960 hängt der Leuchter im Hildesheimer Dom, der eine Warmluftheizung besitzt. Das derzeitige Klima im Dom ist für Metallgegenstände nahezu ideal. Korrosion kann bis auf wenige Sommerwochen nicht stattfinden. Kondensate am Leuchter sind nicht zu erwarten.

Veränderungen sind jedoch absehbar: Die Luftfeuchte im Winter mit Absenkungen auf bis zu 25 % relativer Feuchte ist für alle organischen Ausstattungsgegenstände schadensfördernd. Bei der anstehenden Umgestaltung und Restaurierung des Doms werden deshalb Möglichkeiten zur Gewährleistung höherer Luftfeuchten im Winter geplant. Für die Zeit des Umbaus sind größere, möglicherweise auch kurzfristig auftretende Klimaänderungen nicht zu vermeiden.

3.4. Chemische Reaktionen: Korrosion von Kupfer und Chlor

Chloride sind nicht von Anfang an am Leuchter: Sie waren im Mittelalter zur Herstellung des Leuchters nicht notwendig. Die bisherigen Recherchen lassen vermuten, dass die Chloride erst seit 1900 eingetragen wurden. Als mögliche Quelle könnten säurehaltige Reinigungsmittel bei einer früheren Restaurierung,

die Lagerung in einem sauren Milieu während des Zweiten Weltkriegs oder auch die Umweltverschmutzung in Verbindung mit starker Staubbelastung (siehe oben zur Warmluftheizung) angesehen werden. Untersuchungen des Staubs erbrachten sehr hohe Chloridkonzentrationen. Untersuchungen des im Winter verwendeten Streuguts wiesen Natriumchlorid nach, also Kochsalz.⁹ Die heute im Dom verwendeten Reinigungsmittel sind chlorfrei. Kupferchloride gehören zu den aktiven Korrosionsprodukten, das heißt sie können in Gegenwart von Feuchtigkeit die Korrosion des Metalls beschleunigen. Kupferchloride können nicht stabilisiert werden. Bei Anwesenheit von Chloriden kann der Korrosionsprozess nicht gestoppt werden. Werden die Chloride nicht vollständig entfernt, muss mit weiteren umfangreichen Schäden gerechnet werden.

3.5. Mechanische Beanspruchung: Neigen, Wippen und Tordieren

Variiert man die Eingangsparameter der statischen Berechnungen, lassen sich Beanspruchungen auch außerhalb des bisher Bekannten ermitteln. Die statischen Berechnungen werden damit zu einem mathematischen Modell. Im Modell können mögliche Verbesserungen, aber auch die Grenzwerte des physikalischen Systems berechnet werden. Aus der Modellbildung des Hezilo-Leuchters lassen sich folgende Prognosen formulieren:

- Eine Demontage einzelner Diagonalen ist ohne große Deformation nicht möglich.
- Der im dreidimensionalen Raum aufgehängte Leuchter reagiert sehr empfindlich auf zusätzliche Verformungen. Kommt es beispielsweise zu einer ungeplanten Festhaltung, folgen in der Ebene der Mauersegmente Verkippungen und Schubverzerrungen bis zur Bruchgrenze der Blechteile.
- Bei einer einseitigen Verformung von 5 mm, bezogen auf den Durchmesser von ca. 6 m, kommt es zu Bewegungen in den Anschlüssen der Blechteile untereinander von 0,25 mm.
- Bei einseitigen Verformungen von 2,2 cm zwischen den vertikalen Stegen (ca. 1,57 m) kommt es zu rahmenartigen Schubverformungen der Reifen untereinander; die Bewegung in den Anschlüssen der Blechteile untereinander beträgt 0,2 mm.

Im geschmiedeten Traggestell des Hezilo-Leuchters lässt sich der Bruchzustand durch das Erreichen der maximal aufnehmbaren Spannungen in den Aufhängepunkten oder in den Stoßstellen der Reifen definieren. Für Tore, Türme und Mauersegmente kann der Bruchzustand als Versagen der Blechfugungen verstanden werden: Hierbei kommt es zu einer weit über dem Lochspiel liegenden Relativ-Verformung benachbarter Teile, es werden entweder die Krampen deformiert oder aber die Bleche ausgerissen. Nachdem die für einen Bruch notwendigen Verformungen der Blechbauteile deutlich geringer sein werden als die des Traggestells, wird der Bruchzustand des Hezilo-Leuchters durch die Zerstörung der Fugungen in den Blechbauteilen definiert. Im Ruhezustand sind die Verformungen deutlich kleiner als die für den Bruch notwendigen. Die heute am Leuchter erkennbaren mechanischen Schäden können also fast ausschließlich einer Deformation des Leuchters von außen, das heißt einem menschlichen Eingriff, zugeordnet werden. Ziel einer nachhaltigen Restaurierung neben der Konservierung des Leuchters ist daher der Schutz vor menschlichen Eingriffen.

Die für Schäden an den Blechbauteilen erforderlichen Verformungen sind sowohl bei zusätzlichen Lasten als auch bei Entlastungen zu erwarten. Bei asymmetrischen Be- oder Entlastungen vergrößern sich die Verformungen. Somit darf der Leuchter ohne Festhaltung des verformten Zustands nicht zerlegt werden.

4. Folgerungen

Eine Analyse hat meistens Folgen, so auch bei der Restaurierung des Hezilo-Leuchters. Der von den Küsthardts überkommene Zustand erfasste nahezu alle wesentlichen Erkenntnisse zum bauzeitlichen Zustand. Neuere Erkenntnisse wären nur durch Zerstörung der von ihnen gewählten Konstruktion möglich.

Die mechanischen Schäden konnten allesamt menschlichen Eingriffen zugeordnet werden. Von einer Gefährdung des Leuchters durch sich selbst kann nicht mehr ausgegangen werden. Weitergehende mechanische Reparaturen sind deshalb nicht notwendig.

Die Tragsysteme des Hezilo-Leuchters wurden weder verändert noch repariert. Künftig soll die Aufhängung mittels Winde und Stahlseil durch eine fest montierte Kette ersetzt werden. Die für die Verbindung der Blechbauteile untereinander verwendeten Krampen sind nun deutlich kleiner als die aus der Küsthardtschen Restaurierung vorhandenen; es wurde also ein planmäßiges Lochspiel eingebaut. Offene Verbindungen oder Risse in den Blechteilen wurden nur soweit gesichert, wie ein Materialverlust zu befürchten war. Alle Deformationen und mechanischen Schäden wurden belassen.

Schwerpunkt der Restaurierung war die Stabilisierung der Korrosionsprozesse: Eine chemische Stabilisierung war nach Auswertung aller entsprechenden Erfahrungen nicht möglich. Das Kupferchlorid musste deshalb soweit wie möglich mit physikalischen Verfahren entfernt werden. Zur Entfernung von Korrosion wurde auch der Einsatz eines Lasers erprobt.¹⁰ Ausgewählt wurde ein speziell für restauratorische Zwecke modifizierter YAG-Laser, der für den gezielten Feineinsatz ausgerüstet ist. Es zeigte sich, dass sowohl die Chlorid- als auch die oxidischen Korrosionsprodukte schnell und gezielt entfernt werden konnten. Kontrollen der Arbeitsproben durch eine rasterelektronenmikroskopische Untersuchung bestätigten, dass dabei die Gold- und Kupferoberfläche nicht angegriffen wurde. Das Metall beziehungsweise die Vergoldung reflektiert offensichtlich die Laserstrahlen in einem ausreichenden Umfang. Zur Entfernung einzelner Korrosionsnester erfolgte gegebenenfalls eine Nachbearbeitung mittels Skalpell. In der Untersuchung mittels Rasterelektronenmikroskop und angeschlossener Röntgenfluoreszenz wurde auch nachgewiesen, dass der Restquecksilbergehalt der Feuervergoldung durch die Einwirkung des Lasers nicht verändert wird. Aufgrund der Ergebnisse aus den Untersuchungen und der praktischen Erprobung wurde der Laser bei allen Bauteilen eingesetzt (Abb. 8a–b).

Um eine Reaktivierung der verbliebenen chloridischen Korrosionsprodukte zu verhindern, wurde ein Gemisch aus reinen Paraffinen und Polyethylen-Wachsen in Kombination mit

⁹ Stellungnahme Labor Jägers vom 03.03.2005: „In Proben von dem im Winter 2003–2004 verwendeten Streusalz wurde wiederum Natriumchlorid nachgewiesen, was darauf schließen lässt, dass weiterhin das korrosive Salz eingesetzt wurde. In Staubproben von der Oberfläche des Leuchters aus bereits restaurierten Bereichen konnte nun erneut eine signifikante Chloridkonzentration nachgewiesen werden. Es sei daher nochmals eindringlich vor einem weiteren Einsatz von natriumchloridhaltigem Streusalz gewarnt. Die Gefahr einer erneuten Chloridkorrosion an den bereits restaurierten Teilen wird durch die hohe Chloridkonzentration im Staub erheblich erhöht. Dies könnte dazu führen, dass in kürzester Zeit wiederum aufwendige Restaurierungsarbeiten notwendig werden.“

¹⁰ Laser wurden, obwohl im Bereich der Restaurierung noch in der Entwicklungsphase, bereits an vergleichbaren Projekten wie zum Beispiel dem Barbarossa-Leuchter in Aachen erfolgreich eingesetzt.

einem Korrosionsinhibitor entwickelt und alle Oberflächen der Bauteile damit beschichtet. Die Restaurierung der Blechbauteile erfolgte abschnittsweise. Hierzu wurden einzelne Baugruppen abgenommen, in der Werkstatt zerlegt, restauriert und erneut zusammengefügt (Abb. 9 und 10). Danach wurden sie wieder an ihrem Ort befestigt. Für die Zeit der Restaurierung wurden als Ersatz „Dummies“ am Leuchter montiert. Für den Besucher im Dom wurde so der Stand der Restaurierung vor Ort ablesbar.

Als großes Projekt steht für die nächsten Jahre die Restaurierung des Doms an. Auch hierbei soll der Hezilo-Leuchter nicht demontiert werden. Vielmehr ist eine Einhausung an Ort und Stelle vorgesehen. Die Einhausung ist staubdicht und klimatisiert. Nach der umfassenden Restaurierung des Doms soll der Leuchter wieder an seiner alten Stelle mitten im Langhaus über den Köpfen der Kirchenbesucher aufgehängt werden.

Künftig wird in der Umgebung des Doms kein chloridhaltiges Streusalz mehr verwendet werden. Auch bei den im Dom zum Einsatz kommenden Putzmitteln wird auf Chlor verzichtet.

5. Schlussbemerkung

Folgt man dem Weg der Systemanalyse, könnte die präventive Konservierung auch alle vorbeugenden Maßnahmen zur Vermeidung einer Schädigung der Werke umfassen. Präventive Konservierung wäre damit nicht nur ein Begriff der Restaurierung, sondern auch der Planung. Konservierung definiert sich aus dem Nachdenken über Systeme und Prozesse. Akzeptiert man das physikalische System und seine Einbindung in die Zeit, kann der Status quo nur dann erhalten werden, wenn man in die erkannten schadenverursachenden Systeme eingreift. Will man Verluste vermeiden, ist es nach Mayer/Helmholtz notwendig, Energie zuzuführen. Die uns allen geläufige Antwort, „es habe doch schon Hunderte von Jahren gehalten“, verweist als Argument allenfalls auf den energiearmen Zustand der Beteiligten.

6. Epilog

Die Auseinandersetzung mit dem Leuchter brachte nicht nur Klarheit in das physikalische System. Als Sinnbild für das Himmlische Jerusalem und als einzigartiges Zeugnis mittelalterlicher Goldschmiedekunst wird der Hezilo-Leuchter künftig wieder zur Lichterkrone (Abb. 11). Seine Kerzen werden sich verzehren und damit Teil der Liturgie.

The Hezilo Chandelier – A Systems Analysis and its Results

In general in the field of art and monument protection the term “preventive conservation” is understood to cover all prophylactic measures for the preservation of cultural property. If these cultural goods are considered from the aspect of the concrete physical system, the term can be usefully extended to include the meaning “avoidance of damage”. In terms of systems analysis, preventive conservation would then be not only a restoration term but also a planning term. Conservation by definition requires a consideration of systems and processes. If the physical system, embedded in time, is accepted, then the status quo can only be preserved by intervention into the identified systems that are causing damage.

For the restoration of the Hezilo chandelier (Radleuchter), completed in 2007, that meant that first the physical system had to be analyzed. It became apparent that the serious damages on the chandelier arose primarily from overlapping points of stress when there was movement of the deformed historic fabric. Because of the rigid connections of the sheet metal elements to the iron support framework, all deformations in the framework also have to lead to deformation of and damages to the sheet metal components. The priority goal therefore had to be prevention of even the slightest movement. It was not necessary to intervene in the support system of the chandelier itself in order to achieve this; only the hanging system had to be corrected.

Another focal point was stabilization of the corrosion process; after evaluation of all the relevant experience, it was determined that a chemical stabilization was not possible. The copper chloride therefore had to be removed as far as possible using physical procedures. A laser procedure, especially set up for carefully controlled micro-applications, could be successfully employed on all the components. Any necessary follow-up treatment was carried out with a scalpel. In order to prevent reactivation of remaining chloride corrosion products, a mixture of pure paraffins and polyethylene waxes was applied in combination with a corrosion inhibitor. The restoration of the sheet metal elements was carried out in stages. Individual groups of the decorative “buildings” were removed from the chandelier, taken apart in the workshop, restored and put back together again, before being refastened at their original location.

The Hezilo Chandelier will not be taken down when the planned restoration of the cathedral is carried out, but rather will be protected by a dust-proof, climate controlled casing. In the future thawing salts containing chloride will no longer be used in the vicinity of the cathedral. In addition, cleaning agents used in the cathedral are no longer to contain chlorine.

Literatur- und Quellenverzeichnis

- Willmuth ARENHÖVEL, Der Hezilo-Radleuchter im Dom zu Hildesheim. Beiträge zur Hildesheimer Kunst des 11. Jahrhunderts unter besonderer Berücksichtigung der Ornamentik, Berlin 1975.
- Blätter für Architektur und Kunsthandwerk, II. Jg., Nr. 8, 1889.
- Ego sum Hildensemensis. Bischof, Domkapitel und Dom in Hildesheim, 815 bis 1810 (Kataloge des Dom-Museums Hildesheim 3), Hildesheim – Petersberg 2000.
- Anton LEGNER, Deutsche Kunst der Romanik, München 1982.
- Rüdiger LILGE, Hezilo-Leuchter im Dom zu Hildesheim: Ergänzungsrecherchen zu historischen Fotos, Plänen und Textdokumenten, Bremen 19.01.2004 (ergänzt 29.01.2004; Ms., unveröffentlicht, Archiv der Restaurierungswerkstatt des Domkapitels, Hildesheim).
- Rüdiger LILGE, Hildesheimer Dom, Hezilo-Radleuchter: Abschließender Bericht zu den Recherchen betr. der Restaurierung durch den Domvikar F.W. Todt 1818 unter der Herrschaft des Fürstbischof Franz Egon, Bremen 14.04.2005 (Ms., unveröffentlicht, Archiv der Restaurierungswerkstatt des Domkapitels, Hildesheim).

Abbildungsnachweis / Photo credits

Abb. 1: Johann Michael Kratz, Der Dom zu Hildesheim, Bd. 2, Hildesheim 1840; Abb. 2a–d: Planungsbüro für Umbau und Sanierung, Pfaffenhofen a. d. Ilm, 2008; Abb. 3: Zeichnung: Philip S. C. Caston, Neubrandenburg, 1998 (Scan: Büro Bergmann, Pfaffenhofen); Abb. 4–6, 8–10: Fotografien des Hezilo-Leuchter-Restaurierungsteams, Hildesheim, 2000–2007; Abb. 7: Franz Heinrich Bödeker, Bistumsarchiv Hildesheim; Abb. 11: Bildarchiv Foto Marburg, Oktober 2007.