



Abb. 1. Budapest, Heldenplatz (Hősök-tere), das Millennium-Denkmal, Ausschnitt

Gábor Buza

Ablauf einer Restaurierung vom Konzept bis zur Wiedereinweihung

Die sieben bronzenen Reiterfiguren vom Millennium-Denkmal in Budapest

Abstract

The Millennium Memorial in Budapest, an impressive assembly of a central stone obelisque surrounded by bronze equestrian statues and numerous bronze portrait statues posing in an outer architectural semicircle, is dedicated to famous personalities in Hungarian History and was unveiled in 1929. It is one of the most famous and most visited memorials in Budapest. There have been two previous restorations of a more provisional character, one short after World War II, when only modest financial and personal resources were available and a second one which was done in the early 70ies but without documentation. Meanwhile especially the legs of the bronze horses had been torn by the immense pressure due to the corrosion of the interior iron armature. Further problems had resulted from the residual original casting core material in the bronzes which had been drowned by rainfall and condensed humidity. The surfaces of the bronzes had been discoloured by the runoff from iron-loaded

water, by the formation of green sulphate corrosion products in unsheltered exposure and by black crusts in sheltered exposure situations. The lecture covers the diagnostic and analytical results of the investigations preceding the restoration. The corrosion products were partly removed by mechanical means. The original iron armature was replaced by a bronze armature. The restoration of the memorial was finished in 1996.

Resumee

Das Millennium-Denkmal auf dem Budapester Heldenplatz (Hősök-tere) zählt zweifellos zu den am häufigsten besuchten Sehenswürdigkeiten der Stadt. Das Monument bietet bei feierlichen Kranzniederlegungen anlässlich von Staatsbesuchen wie auch beim traditionellen Silvesterkonzert einen imposanten und würdigen Hintergrund. Die starken Schäden an den reitend dargestellten sieben Feldherren im Zentrum des Denkmals waren

den Fachleuten bereits Mitte der 90er Jahre bekannt. Aufgrund der vom Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet (Institut für Materialforschung und Technologie) durchgeführten Untersuchungsreihen entschlossen sich die Betreuer der öffentlichen Budapester Denkmäler, die „Budapest Galerie“, für umfassende Restaurierungsmaßnahmen. Die Instandsetzungsarbeiten wurden 1995 und 1996 unter Leitung des Országos Műemlékvédelmi Hivatal (Staatliches Amt für Denkmalschutz) durchgeführt (Abb. 1, 2).

Im Jahre 1894 waren der Baukünstler Albert Schickedanz und der Bildhauer György Zala vom unabhängigen ungarischen Parlament mit der Planung und Durchführung für ein Denkmal zum 1000jährigen Bestehen des ungarischen Staates beauftragt worden. Die Arbeiten begannen 1896, aber erst 1929 konnte das Denkmal aufgestellt werden.

Durch die Kriegsgeschichte wurden dem Denkmal schwerste Schäden zugefügt. Ein Bombeneinschlag traf den rechten Hemizyklus. Die Schäden wurden nach Kriegsende mit den geringen, zur Verfügung stehenden Mitteln vor Ort ausgebessert.

1972 gab ein auf Augenschein basierendes Gutachten Anlaß zu weiteren umfassenden Arbeiten. Etliche Teile des steinernen Sockels mußten ausgetauscht werden. Bei dieser Gelegenheit wurden 1973 die beiden zweirädrigen Kampfwagen abgehoben. Es liegt keine schriftliche Dokumentation des Zustands und der innerhalb von fünf Jahren vorgenommenen Arbeitsschritte vor. Laut Auskunft der an den Maßnahmen beteiligten Fachleute wurden die Skulpturen geöffnet, das eiserne Armierungsgerüst erneuert und einzelne Elemente neu gegossen.

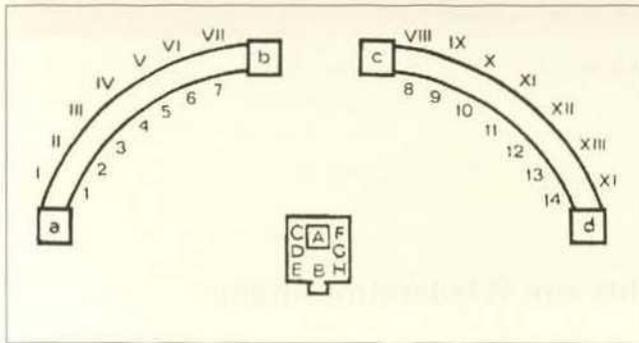


Abb. 2. Schema des Denkmals:

A Erzengel Gabriel (1901); B Landesfürst Árpád (1912); es folgen die Feldherren C Töhötöm (1929); D Ond (1928); E Kond (1928); F Tas (1928); G Huba (1928); H Elöd (1928)

I Hl. Stephan I. (Szent István, 1911); II Hl. Ladislaus (Szent László, 1911); III König Koloman der Schriftgelehrte (Könyves Kálmán, 1906); IV Andreas II. Endre, 1905; V Adalbert IV. (IV. Béla); VI Karl Robert (Károly Róbert, 1905); VII Ludwig der Große (Nagy Lajos, 1927); VIII Johannes Hunyadi (Hunyadi János, 1906); IX Mathias Hunyadi (Hunyadi Mátyás, 1905); X-XIV in veränderter, heutiger Aufstellung: X Gábor Bethlen (seit 1958, zuvor auf dem Kodály-körönd); XI Boeskey (seit 1958, zuvor auf dem Kodály-körönd); XII Thököly (seit 1954); XIII Rákóczi (seit 1954); XIV Kossuth (seit 1954)

1 Stephan der Heilige übernimmt als Aushaltungszeichen die Heilige Krone; 2 Ladislaus der Heilige rettet ein ungarisches Mädchen; 3 Zusammenschluß von Kroatien und Dalmatien mit Ungarn; 4 Andreas II. führt den Kreuzzug an; 5 Rückkehr von Adalbert IV. nach Ungarn nach dem Mongolensturm; 6 Schlacht auf Morvamező; 7 Johanna von Neapel empfängt König Ludwig den Grossen; 8 Belagerung von Nándorfehérvár (Belgrad); 9 König Mathias im Kreis von Gelehrten; 10 Die Frauen von Eger; 11 Die Schlacht von Zenta; 12 „Vitam et sanguinem“; 13 Die Heilige Krone wird aus Wien zurückgeholt; 14 Krönung Franz Josephs I. zum ungarischen König

a Arbeit und Wohlstand; b Krieg; c Frieden; d Wissen und Ruhm

Das Ausmaß der Schäden an einzelnen Skulpturen, besonders an den Feldherrendarstellungen, wurde immer offensichtlicher. Mitarbeiter der Budapest Galerie nahmen dieses zum Anlaß, eine eingehende Untersuchung des gesamten Denkmals vorzunehmen.

Aufgrund verstärkter wissenschaftlicher und kultureller Zusammenarbeit in Europa ergab sich glücklicherweise eine Zusammenarbeit mit dem Institut für Silikatchemie- und Archäometrie der Hochschule für angewandte Kunst in Wien im Rahmen des EURO CARE COPAL Projektes. Das Vorhaben befaßte sich speziell mit der Erforschung von Korrosionserscheinungen auf Bronzen im Freien. Ein Teil der Untersuchungen wurde im Berliner Rathgen-Forschungslabor durchgeführt. Gleichzeitig beauftragte die Budapest Galerie das Institut BAYATI (Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet) mit der sehr umfangreichen Aufgabe, ein Maßnahmenkonzept zu entwickeln. Basierend auf der Überprüfung der Stabilität der Skulpturen sollten Wege und Technologien vorgeschlagen werden, die Schäden zu beheben. Nach über einjähriger Vorbereitungsarbeit wurde in Abstimmung mit den Vertretern der Hauptstadt die Entscheidung für die dringende erforderliche Restaurierung der Feldherrenskulpturen getroffen. Es war nicht möglich, die Arbeiten vor Ort auszuführen. Die sieben Skulpturen wurden in der 2. Hälfte des Jahres 1995 abgebaut und die Maßnahmen bis Mitte März 1996 vorbereitet.

Nach dem Abheben aller Reiterstandbilder wurde die Figur des Erzengels Gabriel, der größten zentralen Skulptur des Denkmals, vor Ort gereinigt und mit einem Oberflächenschutz aus Wachs versehen. Dabei wurden die heilige Krone und der obere Teil des apostolischen Kreuzes neu vergoldet. Kleinere fehlende Teile (z. B. die von der Krone hängenden 9 Ketten) wurden ersetzt und der Blitzableiter erneuert.

Untersuchungsergebnisse

Die umfassende Untersuchung der Skulpturen wurde vor Ort und im Labor durchgeführt. Auf den Skulpturen sind zahlreich eingesetzte, meist eckige Flicker vorhanden, die sich in ihrer Farbigkeit und auch in der Legierungszusammensetzung von der angrenzenden Oberfläche unterscheiden. Etliche Löcher in der Oberfläche waren bei den früheren Reparaturmaßnahmen nicht geschlossen worden, so daß permanent Regenwasser ins Innere der Figuren eindringen konnte. In der Regel führt dieses nicht zu einer Gefährdung der Kunstwerke, wenn für den Ablauf des Wassers gesorgt ist. Im Falle der Feldherrenfiguren hatte sich das Wasser jedoch im Inneren gestaut. Außerdem bildete sich Kondenswasser. Die Folge war, daß auch im Sommer, nach mehrtägiger Sonneneinwirkung auf die Oberfläche der Skulpturen, noch Sickerwasser zu bemerken war. Ein Teil des Wassers sickerte aus dem Bauch der Pferde oder trat an undichten Fugen aus. Der Zustand der Pferdebeine war durch das dort gestaute Wasser besonders besorgniserregend. Bei keiner der Tierskulpturen waren alle vier Beine als unversehrt einzustufen, da durch Risse rostfarbene Flüssigkeit austrat. An mehreren Teilen der Skulpturen war deutlich zu erkennen bzw. zu befürchten, daß das Material in Kürze aufreißen würde.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse vor Ort (Radiographie, Ultraschall, Endoskopie, Rauchuntersuchung und Magnetoskopie) mußte jede der Skulpturen individuell behandelt werden. Eine Typisierung konnte weder nach ihrer Konstruktion, noch nach der Ausführungsqualität der früher durchgeführten

Stelle der Probenentnahme	Antl	Angl	Gyps	Quar	Chlc
Abgeschattete Stelle, fast senkrechte Oberfläche (Satteldecke von Tas, Außenseite)	70	5	20	5	
Abgeschattete Stelle, fast senkrechte Oberfläche, (Seite des Pferdes von Tas, außen)	60	10	10	3	
Von oben bedeckte, geschützte Stelle mit dicken, lose aufliegenden Korrosionsprodukten (Satteldecke von Tas unter dem Gewand)			95	2	2
Nasser, vollständig abgedeckter Bereich. Obere Fraktion der 5-8 mm dicken Kruste (Innenseite der Satteldecke von Tas)	70	10	5	2	10
Nasser, vollständig abgedeckter Bereich. Untere, an das Metall angrenzende Fraktion der Kruste (Innenseite der Satteldecke von Tas)	20				70

Tab. 1 (Die Korrosionsprodukte von der Oberfläche Antl = Antlerit, Angl = Anglesit, Gyps = Gips, Quar = Quarz, Chlc = Chalkantit)

Reparaturen vorgenommen werden. Das Innere der Skulpturen war z. T. mit unterschiedlichem, nichtmetallischen feuchtespeichernden Material gefüllt. Dieses Material lag in der Regel in den tieferliegenden Teilen der Skulpturen, z. B. in den Beinen der Pferde (bis zur Mitte der Oberschenkel), z. T. auch in den Satteldecken. Dieser Zustand war ausgesprochen ungünstig, zumal in die Beine der Pferde zusätzlich stählerne Stäbe zur Aussteifung eingebaut worden waren. Die Ausbesserungsarbeiten waren unaufschiebbar, denn die Korrosion schritt stetig voran. Es war schwer abzuschätzen, welche folgenschweren Schäden zuerst eintreten würden: vollständiger Verlust des eisernen Stützgerüsts, was zu Deformationen oder dem Abbruch ganzer Skulpturenteile geführt hätte oder ein so starker Substanzverlust der Bronze, daß eine Reparatur nicht mehr durchführbar und einzelne Teile neu zu gießen gewesen wären. Die Wandstärke der Originale beträgt über 6 mm.

Vor Ort wurden Proben (1-2 mm³) zur Analyse der Patina und Legierungszusammensetzung entnommen. Als Untersuchungsmethoden kamen die Röntgendiffraktometrie und Mikroskopie der kristallinen Korrosionsprodukte zur Anwendung. Die Analysen ergaben, daß die Legierung der Skulpturen als „Rotguß“ (zinkhaltige Zinnbronze) eingestuft werden kann. Eine normenmäßige Einordnung ist nicht möglich, da zur Herstellungszeit in Ungarn keine gültige Norm für diese Legierungen existierte. Durch die mit dem Atomabsorptionsverfahren durchgeführten Analysen stellte sich heraus, daß unterschiedliche Legierungen verwendet worden waren. Diese unterscheiden sich auch von den neugegossenen Teilen. Die Metallgehalte bewegen sich zwischen Werten von: Cu: 78,7 – 87,7; Sn 4,7 – 10,1; Pb: 1,6 – 5,8; Zn 2,0 – 12,9.

Sehr aufschlußreich war auch das Ergebnis der Röntgendiffraktometrieuntersuchungen. Wir haben die Korrosionsmuster in fünf Gruppen eingeteilt und geben die Ergebnisse tabellarisch an.

Die in Tabelle 1 aufgezählten Daten lassen sich leicht durch die bei Bronzen bekannten Korrosionserscheinungen erklären. Das, durch die hohe Konzentration von Schwefelsäure saure Milieu erklärt z. B. das Vorhandensein von Antlerit und Chalkantit.

Auf den regengeschützten Oberflächenbereichen liegt eine dicke, schwer trocknende Schicht loser Korrosionsprodukte. Die direkt auf der Skulptur liegende, unterste Schicht hält die Feuchtigkeit am längsten, weshalb sich dort nach der Trocknung des sauren Regenwassers eine größere Säurekonzentration bildet. Besonders ungünstige Korrosionsverhältnisse zeigt die Probe mit 70% Chalkantitgehalt. In dieser Probe wurden nur 20% Antlerit (als kristalline Phase) nachgewiesen (die zur Summe von 100% fehlenden 10% Substanz konnten mit der Röntgendiffraktometrie-Untersuchung nicht eindeutig zugeordnet werden). Es ist anzumerken, daß es vor der Probenahme mehrere Wochen nicht regnete, und so wurde deutlich, wie langsam die nassen Stellen der Skulpturen austrocknen.

In den von den fast waagerechten Oberflächenbereichen der Skulpturen entnommenen Proben wurde 5% Gips gefunden. Dies weist auf die lange Austrocknungszeit der dicken Korrosionsschichten hin. Abhängig von den aerodynamischen Verhältnissen lagert sich mehr oder weniger Staub auf der Oberfläche ab und verbindet sich mit den nassen Korrosionsprodukten. Stellenweise wurde 95% Gips in der Korrosionsschicht gefunden. Der im Staub enthaltene Quarz hat wenig Einfluß auf die Korrosionsvorgänge, die nachgewiesene Menge übersteigt in keiner Probe 5%.

Es wurde maximal 10% an Anglesit nachgewiesen, was aufgrund der Legierungszusammensetzung der Bronze nicht anders zu erwarten war. Aus den Proben, die keinen Anglesit enthielten, war dieser entweder vom Regen ausgewaschen worden oder wegen zu geringer Mobilität nicht auf die Oberfläche gelangt.

Die Korrosionsprodukte von den Flickern und Fugen (Tabelle 2) enthalten mehr Anglesit als das Material der Skulpturen. Die Ursache liegt im wesentlich höheren Bleigehalt der eingesetzten Flickern und dem in einige Stoßnähte eingearbeiteten Blei. Wir haben in einer Fuge neben den Korrosionsprodukten auch 80% Graphit gefunden, das entweder zur farblichen Angleichung der Fuge mit Bronzepulver vermischt wurde oder von einer anderen Stelle in die Fuge gespült wurde.

Probenahmebereich	Antl	Angl	Quar	Lead	Broc	Grph	Cupr	Chlc
Farblich unterschiedliche Flicker (auf dem Kammhaar des Pferdes von Tas)	25	20	3	20	25			3
Farblich abgesetzter Bereich (Der Mantel von Tas und die Satteldecke)		40		60				
Farblich abgesetzter Bereich (Fuge zwischen dem Fuß von Tas und dem Körper des Pferdes) -	5	10			5	80		
Flicker (Bein des Pferdes von Tas)	20	10	5		50		15	
Korrosionsprodukt von einem ziemlich schlecht erhaltenen Flicker (Kammhaar des Pferdes von Tas)		30			40		30	
Flicker (auf der Satteldecke von Tas)	25	30			40		5	

Tab. 2 Die aus der Oberfläche der sichtbaren Flicker, Ausbesserungen und Fugen der Skulpturen entnommenen Proben (Lead = Blei, Broc = Brochantit, Grph = Graphit, Cupr = Cuprit)

Probenahmebereich	Quar	Goet	Cu	Magh	Lepi
Aus einem 5 mm tiefen Loch auf dem Bein von Tas	5	90	5		
Aus einer etwa 30 mm tiefen Einbuchtung entnommene Probe auf dem Schenkel des Pferdes von Tétény		95		5	
Aus einem etwa 8 mm tiefen Loch entnommene Probe auf der Satteldecke von Elöd		85		5	10

Tab. 3 Sichtbar eisenhaltige Korrosionsprodukte auf der Oberfläche der Skulpturen (Goet = Goethit, Cu = Cuprum, Magh = Maghemit, Lepi = Lepidokrokit)

Probenahmebereich	Antl	Gyps	Quar	Chlc	Cupr	Goet	Jaro
Nach außen zeigende Hälfte der langgestreckten, großen Ausblüher auf dem hinteren linken Bein des Pferdes von Huba		90	1				5
Innerer Teil der langgestreckten, großen Ausblüher auf dem hinteren linken Bein des Pferdes von Huba		75	2		8	15	
Kinderfaustgroßer „Auswuchs“ auf der inneren Seite der Satteldecke von Kond	5	90	1	1			

Tab. 4 Korrosionsprodukte mit mehr als 1 cm Schichtdicke (Jaro = Jarosit)

Auffällig ist der überdurchschnittlich große Gehalt an Brochantit, der auf ein weniger saures Medium hinweist. Dies läßt sich einerseits mit den unterschiedlich zusammengesetzten Bronzelegierungen erklären und andererseits damit, daß auf den betreffenden Bereichen die Korrosionsschicht bedeutend dünner ist als anderswo, weshalb sich das saure Regenwasser nicht konzentriert auf der Oberfläche hält, eintrocknet und deshalb nicht so stark sauer werden kann. In den erwähnten Proben ist auch ein größerer Anteil an Cuprit nachzuweisen, der ebenfalls ein Indiz für insgesamt günstigere Korrosionsbedingungen darstellt.

Die rotbräunlichen Verfärbungen auf der Oberfläche der Skulpturen werden von korrodierendem Eisen verursacht (Tabelle 3). Es finden sich stellenweise stecknadelkopfgroße Korrosionsherde neben Enden von Eisenzapfen mit einem Durchmesser von 20 bis 30 mm. Charakteristische Korrosionsprodukte sind Goethit, Maghemit und Lepidokrokit. Der ebenfalls enthaltene Quarz wurde durch Flugstaub auf die Oberfläche transportiert. Das nachgewiesene metallische Kupfer wurde entweder bei der Probenahme der vom Rand des Loches abgeschabten Korrosionsprodukte mit abgenommen, oder es wurde durch elektrochemische Prozesse aus der Lösung ausgefällt.

Aufgrund der elektrochemischen Spannungsreihe sind die Kontaktstellen zwischen Bronze und Stahl sehr ungünstig. Das weniger edle Eisen der Halterungs- und Befestigungselemente korrodiert wesentlich schneller als das Kupfer. Im Rost vorhandene, gelöste Kupferionen lagern sich auf der metallischen Eisenoberfläche ab. Das abgeschiedene Kupfer weist jedoch ein loses Gefüge auf, das das Eisen nicht vor weiterer Korrosion schützen kann. Da im Laufe dieses Prozesses die Konzentration der Kupferionen in der Lösung abnimmt, werden fortlaufend neue Kupferionen gelöst. Wir können – den Prozess sehr vereinfacht darstellend – sagen, daß in nasser Umgebung und in Anwesenheit von Sauerstoff der Stahl und das Kupfer einander „auffressen“. Man kann auf den Skulpturen stellenweise Schichten von grauweißen bis graurosa Korrosionsprodukten finden, die mehr als 1 cm dick aufliegen (Tabelle 4). Diese Schichten entstanden an den stark durchfeuchteten Stellen.

Im Inneren der Satteldecke der Figur des Kond sammelte sich sulphathaltige Flüssigkeit, die das Material anlöste. Diese Lösung trat an einer Stelle der Satteldecke an der freien, vom Wind erreichbaren Seite aus. In dem betreffenden Bereich kommt das Sickerwasser mit dem Flugstaub in Berührung und es entsteht

Gips. Vor der Probenahme gab es keinen Regen, was die Entstehung von Chalkantit unterstützt haben dürfte, da das durch den Mangel an Wasser konzentrierte Sickerwasser stark sauer ist. Im Hinblick auf die Statik der Figur wirken sich jedoch die Ausblühungen nicht aus.

Sehr besorgniserregend ist die Zusammensetzung der Korrosionsprodukte, die sich auf dem linken hinteren Bein des Pferdes von Huba befinden. Es findet sich eine erhebliche Menge an Goethit, einem Eisenkorrosionsprodukt. Dies ist ein Hinweis, daß die im Bein vorhandene, aussteifende innere Stahlkonstruktion korrodiert. Es ist sehr wahrscheinlich, daß durch das Füllmaterial die Nässe in den Beinen der Pferde gehalten wird und durch einem langen Riß langsam nach außen sickert. Bei der Probenahme war das Material sehr naß und die Konsistenz erinnerte an nasse Tafelkreide. Die vorgefundenen 8% Cuprit in den Korrosionsprodukten beweisen, daß in der Flüssigkeit eine bedeutende Menge Kupfer gelöst ist.

In einigen Öffnungen der Skulpturen ist unterschiedliches Material aus dem Inneren zu finden (Tabelle 5). Die Farbe ist charakteristisch rötlichgrau. Aufgrund der Röntgendiffraktometrie-Untersuchungen ist bekannt, daß die Farbe durch Kupfer(I)-oxid verursacht wird. Dieses Kupferoxid dürfte durch die Korrosion der Legierung der Skulpturen entstanden sein, da die Figuren innen stets feucht sind.

Es bietet sich an, die Ergebnisse im Hinblick auf die unterschiedlichen Kernmaterialien der Figuren von Árpád und Elöd einander gegenüberzustellen. Die Skulptur des Árpád wurde 1912, die des Elöd 1928 gegossen. Der wesentliche Unterschied ist, daß das in der früher gegossenen Skulptur gefundene Pulver Calcit, Albit und Illit enthält, wobei die letzten beiden Materialien Erdspäte bzw. durch Zersetzung von Erdspar entstanden Mineralien sind. Letzteres wurde dem Lehm wahrscheinlich als Modelliermasse beigemischt. Das aus dem Schweif des Pferdes von Elöd stammende Modelliermaterial besteht im wesentlichen aus Gips und Sand sowie aus Cuprit, dem Korrosionsprodukt der Bronze.

In den Beinen der Pferde befinden sich das Befestigungsgerüst sowie feste Kernmasse. Wir konnten von dieser festen Masse nur an einer Stelle eine verwertbare Probenmenge gewinnen. Aufgrund der Härte der Masse war die Entnahme nur mit einem spitzen Werkzeug mit einer Hartmetall-Einlage möglich. Die Röntgendiffraktometrie-Untersuchung ergab, daß es sich um Gips mit geringen Lehm-Anteilen handelt.

Probenahmebereich	Gips	Quar	Cupr	Calc	Albi	Illi	Jaro
Vom Schweif des Pferdes von Elöd stammendes rötliches, körniges Pulver	60	30	10				
Aus der Satteldecke von Árpád stammendes körniges Pulver	50	15	5	5	20	5	
Malmiges Material aus dem linken, hinteren Bein des Pferdes von Árpád	30	35	5	5	5	20	
Feste Masse, ausgeschabt aus dem Huf des Pferdes von Elöd	85	1	3				10

Tab. 5 Massen aus dem Inneren der Skulpturen (Albi = Albit, Illi = Illit)

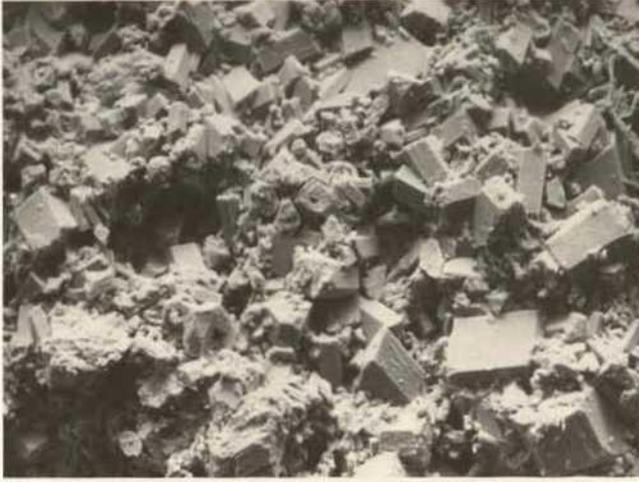


Abb. 3. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Korrosionsproduktes von der Skulptur des Feldherrn Tas



Abb. 4. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Korrosionsproduktes von der Skulptur des Feldherrn Tas

Abb. 5. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Korrosionsproduktes von der Skulptur des Feldherrn Tas



Die Rasterelektronenmikroskopie der Korrosionsprodukte war sehr aufschlußreich. Es wurde deutlich, daß die kristallinen Verbindungen aus der flüssigen Phase entstanden sind bzw. ihr Übergang von einem kristallinen in einen anderen kristallinen Zustand in gelöstem Zustand erfolgt, was vielfältige Auswirkungen hat. Man kann dieses Phänomen bei den Korrosionsprodukten beobachten, die von der Außen- und Innenseite der rechten Satteldecke des Pferdes von Tas entnommen wurden. Die chemische Zusammensetzung ist an beiden Probestellen fast gleich.

In Abbildung 3 und 4 sind die kristallinen Korrosionsprodukte (erste Probe in Tabelle 1) von der Außenseite der rechten Satteldecke von Tas in zwei unterschiedlichen Vergrößerungen abgebildet. Es handelt sich um völlig trockenes, kristallines Material, wobei die Größe der einzelnen Kristallite maximal 0,1 mm erreicht. Abbildung 5 zeigt die Proben Nr. 4 und 5 der Tabelle 1 mit den kristallinen Korrosionsprodukten von der Innenseite der rechten Satteldecke von Tas, die von einer nassen Stelle entnommen wurden und während des Transports getrocknet waren. Diese Trocknung erfolgte schneller als an der Figur selbst, weshalb auf der Oberfläche winzige Risse entstanden. Die Kristalle, die sich hier bilden, sind meist größer als 0,1 mm.

Auf der abgeschatteten Innenseite der Satteldecke geschieht die Kristallisation langsamer als auf der äußeren, zeitweise sonnigen Seite. Die größere Ionenkonzentration in der Flüssigkeit bewirkt fortlaufende Reaktionen mit der Bronze, weshalb auf der inneren Seite im Vergleich zur äußeren andere Phasen und auch größere Kristalle entstehen können.

Die mit der Trocknungsgeschwindigkeit zusammenhängende Wirkung der Ionenkonzentration wird auch durch die Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie-Untersuchungen deutlich. Es gibt auf der rasch ausgetrockneten äußeren Seite keinen Chalkantit, auf der inneren, langsam trocknenden Seite hingegen noch bis zu 70%. Dies hat zwei Ursachen: Zum einen reagiert die Flüssigkeit mit der höheren Ionenkonzentration länger mit der Bronze, zum anderen kann der wasserlösliche Chalkantit in regengeschützten Bereichen nicht vom Regen abgewaschen werden. Der gemessene Unterschied zwischen dem Gehalt an Gips und dem an Quarz hängt von der Menge des Staubs ab, den der Wind ungleich stark auf den Skulpturen ablagert.

Die Restaurierung der Skulpturen

Der Maßnahmenkatalog umfaßte folgende Anforderungen:

1. Schonende Oberflächenreinigung zur Entfernung der Korrosionsprodukte unter Erhalt des sich unter natürlichen Bedingungen ausbildenden Grünrosts,
2. partielle Öffnung der Skulpturen zur restlosen Entfernung der verrosteten Stahlteile,
3. Reinigung der Innenseiten der Skulpturen,
4. Herstellung neuer Stützgerüste aus Bronze,
5. Kartierung der Oberflächenschäden der Skulpturen, Entfernung materialfremder Ergänzungen, Ersetzen fehlender Bronzeteile,
6. Reparatur kleiner Fehler in der Oberfläche durch Schutzgas-schweißen,
7. Patinierung der reparierten und ziselierten Teile zur Anpassung an die Umgebung,
8. Anlegen von Entwässerungsöffnungen in den fertig restaurierten Skulpturen,
9. Aufbringen eines Oberflächenschutzes.

Sechs der Reiterstandbilder waren an den Beinen mit Hilfe einer Betonbefestigung auf den Sockel montiert. Im Gegensatz dazu verfügte die Figur des Árpád über eine Bronzeplinthe, die nicht zusätzlich befestigt war. Die Demontage aller Standbilder verlief problemlos. Bei der Planung der Restaurierung war damit zu rechnen, daß die Figuren bei einzelnen Arbeitsschritten auf die Seite gelegt werden müßten. Deshalb wurden die Arbeiten in zwei getrennten Abschnitten ausgeführt.

Die Maßnahmen erfolgten an allen Skulpturen synchron. Sinn und Zweck dieser Vorgehensweise war, alle sieben Landesfürsten gleichzeitig in den Arbeitsprozeß mit einzubeziehen.

Vor Beginn der Restaurierung waren verschiedene Arbeitsmethoden getestet worden: Reinigung mit Hochdruckreiniger, Abstrahlen der Oberfläche mit feinkörnigem, nassen Material sowie die Anwendung einer mechanischen Abtragungstechnik. Bei der Naßreinigung wurde unterschiedlich starker Wasserdruck ausprobiert. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Methode an Stellen mit fester Korrosionsschicht zu wenig wirksam war. Das Strahlverfahren schied, trotz der Verwendung von sehr feinem Strahlmittel, ebenfalls aus. Der Reinigungsgrad ließ sich nicht kontrollieren und so wurde die Oberfläche bis auf das blanke Metall gereinigt. Letztlich wurde die Korrosionsschicht mit schwingenden, dünnen Metallnadeln, angetrieben und mit Preßluft Millimeter für Millimeter abgetragen. Alle Skulpturen wurden auf der Unterseite, am Bauch der Pferde, geöffnet. Diese Stelle war am besten zugänglich, da die Figuren liegend restauriert wurden. Außerdem würden die Reparaturen in diesem Bereich nach der Wiederaufstellung nicht auffallen.

Die meisten Probleme traten nach der Öffnung im Bereich der Pferdebeine auf. Hier mußten die alten Stahlaussteifungen entfernt und durch ein neues Stützgerüst aus einheitlichen Bronzestäben ersetzt werden. Sie wurden in den Achsen der Hohlräume der Figuren zusammengeschaubt. Auf thermische Verfahren wurde zugunsten der Festigkeit des Materials verzichtet. Die 6 bis 8 mm dicken Elemente waren in jeder Skulptur mit etwa 200 bis 300 Schrauben untereinander verbunden. Die restlos korrodierten originalen Schrauben konnten problemlos entfernt werden, teilweise zerfielen sie bereits bei Berührung. Jede entfernte alte Schraube wurde sofort durch eine neue ersetzt. Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, daß die Legierungen von Figur zu Figur und auch innerhalb einer Figur unterschiedlich sind. Um den zur Reparatur notwendigen Schweißdraht herstellen zu können, wurden deshalb vor der Restaurierung von den beschädigten Teilen Proben zur individuellen Analyse entnommen.

In die restaurierten Skulpturen kann jetzt kein Regenwasser mehr eindringen, da alle Öffnungen geschlossen sind. Allerdings muß damit gerechnet werden, daß sich aufgrund von Temperaturunterschieden im Inneren der Figuren Kondenswasser bildet, das unbedingt abgeleitet werden muß. Hierzu wurden an den jeweils tiefsten Punkten der Skulpturen Öffnungen angebracht.

Abschluß der Arbeiten

1994 wurde die Jahresversammlung des EURO CARE-Projektes COPAL EU316 in Budapest abgehalten. Der Zustand der Skulpturengruppe der sieben Stammesfürsten vom Millennium-Denkmal wurde von den Teilnehmern der Konferenz einstimmig als kritisch beurteilt und die Restaurierung als dringend notwendig eingestuft. Fachleute der einzelnen Mitgliedsländer diskutierten über notwendige Maßnahmen und mögliche Vorgehensweisen. Die Dauer der Arbeiten wurde aufgrund von Erfahrungswerten auf mindestens fünf Jahre geschätzt. Die „Budapest Galerie“ suchte nach Möglichkeiten, diese Zeit abzukürzen, da das Millennium-Denkmal im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses steht und von vielen Touristen besucht wird. Von verschiedenen Seiten wurden Gutachten eingeholt, um die durchzuführenden Arbeiten gründlich vorzubereiten. Bereits vor der Demontage sollten mithilfe einer detailliert formulierten Ausschreibung alle wesentlichen Fragen bereits geklärt werden. Die Bewerber sollten wissen, welche Aufgaben sie erwarteten. Nach realistischen Schätzungen wurde – nicht zuletzt wegen der nahenden Jahrtausendfeier zur Landeseroberung – eine Arbeitsdauer von einem Jahr für alle sieben Reiterstandbilder angestrebt.

Nur durch sorgfältige Planung, den angemessenen Einsatz finanzieller Mittel und nicht zuletzt durch die Begeisterung aller Beteiligten war es möglich, in extrem kurzer Zeit nicht nur die Reiterstandbilder der sieben Landesfürsten, sondern auch die auf der 35 m hohen Säule stehende Skulptur des Erzengels Gabriel instanzzusetzen. Die geschädigte, steinerne Plattform wurde ebenfalls restauriert und ihre Beleuchtung komplett erneuert.

Am 30. Juni 1996 fand ein Festakt statt, bei dem das neu restaurierte Denkmal der Öffentlichkeit feierlich übergeben wurde.

Abbildungsnachweis

Alle Abbildungen vom Verfasser