

Rolf Snethlage

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Zusammenfassung

Es werden die prinzipiellen Überlegungen dargestellt, welche Anlass gegeben haben, das Modell Risikoziffer zu entwerfen. Die Risikoziffer ist in der Lage, den Zustand und den Gefährdungsgrad einer Skulptur in einer einzigen Zahl abzubilden. Das bisherige Vorgehen besteht darin, Zustand und Gefährdungsgrad verbal zu beschreiben, wobei die verwendeten Begriffe wie „stark, desolat, gravierend“ usw. nicht definiert sind und von den Anwendern subjektiv angewendet werden. Die Risikoziffer entnimmt aus den fachlichen Stellungnahmen die verfügbaren Messwerte und erzeugt aus diesen durch Normierung mit den zum jeweiligen Gestein verfügbaren Messwerten für den unverwitterten Zustand eine einzige Zahl, die Risikoziffer. Deren Größe kann immer nur zwischen Null und Eins variieren. Auf diese Weise können problemlos Objekte miteinander verglichen werden, was auf herkömmliche Weise wieder nur mit unscharfen Beschreibungen möglich wäre.

Abstract

In this contribution the principle considerations leading to the concept of Risk Number are described. The Risk Number is able to express in one single figure the state and the degree of endangerment of a sculpture. So far, terms such as “strongly”, “serious” or “endangering” describe the state of damage and endangerment. In general linguistic use these adverbs are well understood but they are not clearly defined regarding an objective classification. Consequently, people use them in different subjective ways. The idea of the Risk Number is to replace the verbal terms by numbers scaling from zero to ten. To achieve this, all data concerning the monument available in expert reports have to be transformed into numbers by normalizing them in relation to the data of the stone in fresh state. The size of these scaled numbers ranges between zero and one only. This way the risk numbers of various sculptures can very easily be compared with each other.

1. Anlass und Formulierung der Projektziele

Bei der Zustandsbeurteilung von Skulpturen aus Marmor oder Sandstein werden zumeist subjektive

Bewertungen wie „höchst“, „mittel“ oder „gering“ gefährdet verwendet. Die betreffenden Objekte sind deshalb einem hohen, mittleren oder geringem Risiko ausgesetzt, einen irreparablen Schaden zu erleiden. Das von der DBU geförderte Projekt hatte deshalb zum Ziel, die Entscheidungswege von subjektiven Einschätzungen zu befreien und auf nachprüfbar messtechnisch erfasste Grundlagen zu stellen. Endziel des zu entwickelnden einfachen Expertensystems soll eine Risikoziffer sein, mit deren Hilfe man den Gefährdungsgrad einer Skulptur absolut und im Vergleich mit anderen Skulpturen ablesen kann.

Das Projekt beschäftigt sich deshalb mit der Frage, wie ein rational begründeter Entscheidungsprozess beschaffen sein sollte, um aus denkmalpflegerischer und restauratorischer Sicht zu dem bestmöglichen Erhaltungskonzept zu kommen. Es wird also der Versuch unternommen, ein einfaches Expert System zu entwickeln, das ohne die sophistischen Elemente der Expert System Forschung wie komplette Verlinkung aller Problemfelder und Lernfähigkeit auskommt.

Gleichzeitig soll mit einer umfassenden Dokumentation der Untersuchungen und der daraus abgeleiteten Entscheidungen eine Basis für künftige Generationen geschaffen werden, eingetretene Veränderungen im Zustand des betreffenden Denkmals objektiv besser zu erkennen und die möglicherweise erhöhte Bestandsgefährdung beurteilen zu können.

Der Beitrag wendet sich an alle Entscheidungsträger, die bei der Pflege und Erhaltung von Skulpturen beteiligt sind: Kunsthistoriker, Architekten, Naturwissenschaftler, Restauratoren, Verwaltungsfachleute in öffentlichen und privaten Einrichtungen. Diese Personen stehen häufig vor der Frage, welche Figuren in ihren Parkanlagen besonders und welche weniger gefährdet sind, oder welche Skulpturen so gefährdet sind, dass sie nicht weiterhin im Freien aufgestellt bleiben können und in den schützenden Innenraum verbracht werden müssen.

Das in diesem Beitrag entwickelte Bewertungskonzept liefert auf der Grundlage von kunsthistorischen Bewertungen und naturwissenschaftlichen Untersu-

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

chungen rational begründete Entscheidungshilfen und erlaubt es, eindeutige Prioritäten bei der Behandlung von Skulpturenensembles zu setzen. Dies geschieht mit Hilfe einer einzigen Risikoziffer, in der alle Argumente kunsthistorischer und naturwissenschaftlicher Art zusammengefasst sind.

Die erstmalige Berechnung der Risikoziffer dient als Ersterfassung und schafft die Basis für das künftige Monitoring, mit dem die Zustandsveränderungen erkannt und eine Prognose für das weitere Verhalten nach objektiven Maßstäben abgegeben werden kann. Ausgehend von einer Ersterfassung oder von den Ergebnissen eines Monitoringprogramms kann ein Restaurierungskonzept abgeleitet werden, dessen Erfolg mit Hilfe von objektiven Messwerten beurteilt werden kann.

Ebenso bedeutsam wie die Auswahl der Beurteilungskriterien ist die exakte Dokumentation der Befunde, der Untersuchungsergebnisse und der Begründungen, die für die Entscheidungsfindung zu Grunde gelegt wurden. Diese Dokumente müssen jedoch auch sicher und wieder auffindbar archiviert werden. Nur dann werden die durchgeführten Maßnahmen einen nachhaltigen Erfolg nach sich ziehen.

2. Die Risikoziffer: Informationsinhalt und Berechnung

Die Entscheidung über Konservierungsarbeiten an Skulpturen aus Marmor oder Sandstein fällt üblicher Weise in einem Diskurs zwischen Eigentümer, Denkmalpfleger, Restaurator und Fachgutachter, in dem Argumente abgewogen werden und Maßnahmen festgelegt werden. In den mündlichen und schriftlichen Formulierungen der Beteiligten werden über den Erhaltungszustand und den zu erwartenden Schadensfortschritt meist Formulierungen wie diese Skulptur ist „sehr/auf das höchste“ gefährdet, der Marmor ist „gering/mittelgradig/ höchstgradig“ verwittert, die Oberfläche der Skulptur ist „gering/ kaum/ stark“ in Mitleidenschaft gezogen, so dass „wichtige/unersetzliche“ Gestaltungsdetails verloren zu gehen drohen. Diese Wertungen stehen zwar auf der Grundlage exakter Beobachtungen und Messungen, sie sind jedoch höchst beeinflusst vom individuellen Temperament des Sprechers, sich auszudrücken. Darüber hinaus lassen sie sich in dieser Form nicht in einer Entscheidungsmatrix darstellen, weil ihr Gebrauch keiner allgemein anerkannten Richtlinie folgt. Die Folge davon ist, dass die getroffenen Entscheidungen später nicht objektiv nachvollziehbar sind.

Da wäre es doch im Sinne einer besseren Dokumentation – obwohl es zugegebenermaßen zunächst ungewöhnlich erscheint – besser, die zur Beschreibungen der Befunde verwendeten Adverbien in einer Zahlenreihe von 0 bis 10 abzubilden. Mit diesen Zahlen ließe sich sogar eine Entscheidungsmatrix aufstellen, wenn man sich vorab über die Verwendung der Zahlenwerte einigen würde. Auf jeden Fall wäre man mit der Verwendung von Bewertungszahlen sofort auf dem Weg zu einer objektiveren Beurteilungsmethode, die weit weniger von individuell subjektiven Einschätzungen dominiert würden würde.

Diese Voraussetzung bedenkend wurde das Ziel des Projekts formuliert, auf messtechnischer und allgemein verabredeter Grundlage eine Rechenmethode zu entwickeln, den Zustand und den Gefährdungsgrad einer Skulptur im Freien quantitativ und objektiv zu erfassen. Alle an einem Objekt und seiner Umgebung erfassten Beobachtungen und Messwerte sollten zu einer einzigen Zahl, der Risikoziffer, zusammengefasst werden, welche den Zustand und die Erhaltungsperspektive in einem einzigen Zahlenwert vereint. Die einzelnen Parameter sind thematisch in separaten Datenblättern geordnet, wie die folgenden Ausführungen darlegen.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde folgender Weg eingeschlagen, der in etwa dem uns vertrauten Entscheidungsdiskurs entspricht. Alle Berechnungen geschehen auf einfachen Excel Datenblättern, die miteinander verbunden sind, so dass nur die Eintragungen auf dem betreffenden Blatt vorgenommen werden müssen. Die Entscheidung für ein einfaches Excel-basiertes System erfolgte ganz bewusst, um die Bedienung auch jedermann möglich zu machen.

Vor Beginn der Arbeiten wurden 12 Objekte aus Marmor und aus Sandstein ausgewählt, um zu prüfen, ob die Risikoziffer die Anforderungen erfüllen würde (s. Abb. 1).

Die Objekte sind aus Marmor und aus Sandstein. Apoll und Vestalin (beide 1749) von den Neuen Kammern im Park Sanssouci bestehen aus Carrara Marmor, Äolus (1728) im Schlosspark Nymphenburg aus Sterzinger Marmor, die Flora (1723/24) aus Laaser Marmor. Die Skulpturen aus dem Barockgarten Großsedlitz sind aus Elbsandstein Typ Cotta gefertigt. Später wird auf die Eigenschaften dieser Gesteinsart noch detaillierter eingegangen werden. Im Falle der Großsedlitzer Figuren ergab sich die interessante











			
Apoll Neue Kammern Potsdam Sanssouci Photo K. Lange SPSC	Vestalin Neue Kammern Potsdam Sanssouci Photo K. Lange SPSC	Äolus Schlosspark Nymphenburg München Photo SV Bayern	Flora Schlosspark Nymphenburg München Photo SV Bayern
			
Hera/Juno Barockgarten Großsedlitz Photo M. Eilenberger	Hera/Juno Kopie Barockgarten Großsedlitz	Kybele/Rhea Barock- garten Großsedlitz Photo M. Eilenberger	Kybele/Rhea Kopie Barockgarten Großsedlitz
			
Grabmal Siegmund Sulzberger Jüdischer Friedhof Baiersdorf	Grabmal Bernhard Ehrenbacher Jüdischer Friedhof Baiersdorf	Grabmal Nr. 935 Löw Gans Jüdischer Friedhof Baiersdorf	Grabmal Nr. 1091 Jüdischer Friedhof Baiersdorf

Abb. 1: Darstellung der untersuchten Skulpturen und Grabsteine



Abb. 2: Satyr Halbrondell vor Neuem Palais Park Sanssouci, Photo K. Lange SPSC

Möglichkeit, die Originalfiguren von Hera/Juno und Kybele/Rhea von 1726 mit deren modernen Kopien von 1951/52 und 1988 vergleichen zu können. Die Grabsteine auf dem Jüdischen Friedhof in Baiersdorf bei Erlangen sind bis auf das Doppelgrab Nr. 1091 (dieses ist aus rotem Buntsandstein) aus Schilfsandstein. Die Grabmäler Bernhard Ehrenbacher und Siegmund Sulzbacher stammen aus den Jahren 1893 bzw. 1913. Die Jahreszahlen der beiden Grabmäler 935 und 1091 sind unbekannt.

Später wurde noch die Figur Satyr vom Halbrondell vor dem Neuen Palais im Park Sanssouci in die Auswertung genommen (s. Abb. 2). Der Satyr wurde bereits bei einer Kampagne der Wissenschaftlergruppe FIDA im Jahr 2013 bearbeitet. Eine 3D Vermessung hat nicht stattgefunden.

2.1 Die Datenblätter

Inhalt und Zweck der Datenblätter werden an einem konkreten Beispiel aus dem Projekt, der Schadenserfassung und Berechnung der Risikoziffer der Skulptur der Hera (Original) im Barockgarten Großsedlitz bei Dresden erläutert. Die Figur ist durch Kriegseinwirkungen sichtbar stark geschädigt. Der Kopf ist zwar vorhanden, kann aber wegen eines fehlenden Halsstücks nicht aufgesetzt werden.

- **Datenblatt 1: Objektinformationen**

Am Anfang steht die allgemeine Information zum Objekt mit Angaben über Name der Skulptur, Bildhauer, Alter, Aufstellungsort usw.

- **Datenblatt 2: Kunstwissenschaftliche Bewertung**

Hier werden wichtige Kriterien wie die Bedeutung des Künstlers, die Differenziertheit der Gestaltung, der formcharakteristische Wert und die RIEGL'schen Werte (1903) einer zahlenmäßigen Bewertung unterzogen.

- **Datenblatt 3: Restaurierungsgeschichte**

Einen Sonderfall stellt das Datenblatt „Restaurierungsgeschichte“ dar. Hier ist nicht die Dokumentation der restauratorischen Maßnahmen gemeint, die im Laufe der Zeit über eine Figur hinweggegangen sind. Diese Dokumentationen wurden ja bereits in den Restaurierungsberichten niedergelegt. Stattdessen werden diejenigen Restaurierungsmethoden bewertet, von denen nachweislich ein Risiko für die Integrität einer Skulptur ausgeht. Erwähnt seien hier lediglich Reinigungen mit Säuren, die Verwendung von Zementmörtel oder Füllungen von Fehlstellen mit PE Mörteln.

- **Datenblatt 4: Umwelt Exogene Risikofaktoren**

Die Verwitterungsdynamik einer Skulptur an ihrem Aufstellungsort wird bestimmt durch „Exogene Faktoren“, die sich in den Umweltbedingungen manifestieren. Der Aufstellungsort, das lokale Klima, Frostgefahr oder Niederschlagsmenge zählen zu den exogenen Risikofaktoren.

- **Datenblatt 5 und 6: Naturstein Endogene Risikofaktoren**

Die „endogenen Natursteineigenschaften bestimmen in noch größerem Maße als die exogenen Risikofaktoren den Verlauf der Verwitterung. Auf Grund von Mineralbestand, Gefüge und thermischen wie hygri-schen Dehnungen ist die Verwitterungsdynamik von Gestein zu Gestein unterschiedlich. Datenblatt 5 ist Marmor zugeeignet, Datenblatt 6 dem Sandstein. Für beide Gesteinsarten sind verschiedenen Eigenschaften maßgeblich.

- **Datenblatt 7: Vandalismus**

Als anthropogene bedingter Umweltparameter wird auch die Gefahr betrachtet, die in Form von Vandalismus auf den Bestand einwirkt. Akte der Zerstörung verursachen nicht nur große Schäden, sondern auch hohe Kosten. Mechanische Beschädigungen und Graffiti stellen eine permanente Bedrohung des Bestandes dar.

- **Datenblätter 8, 9, 10 und 11**

Die messtechnischen Methoden zur aktuellen Zustandserfassung einer Skulptur geben einen Einblick in die in der Vergangenheit erfolgten Veränderungen und zeigen, wie weit sich das Gestein von seinem Ausgangszustand entfernt hat. Damit verbunden ist auch ein Blick in die Zukunft. Je mehr sich die Gesteinseigenschaften und der Oberflächenzustand vom Ausgangswert entfernt haben, desto größer ist das Risiko, dass irreparable Schäden entstehen. Die Methoden der aktuellen Zustandserfassung werden in drei Datenblättern zusammengefasst:

- Mechanische Schäden – Materialverlust
- Veränderungen der Oberfläche
- Ultraschalldiagnostik

Die beiden erstgenannten folgen im Wesentlichen dem Schadensglossar von ICOMOS ISCS (2010), werden jedoch durch zusätzlich durch Messwerte objektiviert. Vervollständigt wird der Kanon der Schadensphänomene durch Messungen der Oberflächenrauheit und der Kantenrückwitterung. Beides sind wichtige Indizien für den Schadenszustand einer Skulptur.

Die Ultraschalldiagnostik zielt besonders auf die Schadensbeurteilung von Marmor ab. Sie ist eine wichtige Untersuchungsmethode, da sie als einzige einen Einblick in das Innere einer Skulptur erlaubt.

- **Datenblatt 12: Gesamtbewertung**

Auf diesem Datenblatt werden die Resultate der Datenblätter 2 – 11 zusammengefasst. Es wird die Gesamt-Risikoziffer errechnet, welche die Gefährdung der betreffenden Skulptur als einen Zahlenwert zwischen 0 und 1 darstellt. Die Figur Hera im Barockgaten Großsedlitz, unser Beispiel, hat die Gesamt-Risikoziffer 0,64 (arithmetisches Mittel).

2.2 Messmethoden und Rechenschritte

Zwei verschiedene Methoden der Erfassung der Einzelparameter kommen zum Einsatz:

- Messtechnisch bestimmbare Parameter: Als Maß gilt die Veränderung des betreffenden Parameters vom Ausgangswert im frischen Zustand.
- Nur zahlenmäßig erfassbare Parameter: Diese Parameter lassen sich nicht als Veränderung von einem Ausgangszustand beschreiben. Sie liegen als Messwerte vor, der Messwert wird jedoch gemäß einer Übereinkunft eingestuft. Ein Beispiel sind die Niederschlagsmengen, die in vorgegebenen Grenzen mit unterschiedlichen Messwertzahlen belegt werden.

Im Vergleich zu anderen Ansätze zur Risikobewertung (WAENTIG 2014; DELGADO RODRIGUES & GROSSI 2004; 2007; REVEZ 2010) wird in diesem Projekt ein vollkommen neuer Ansatz gewählt, das Risiko, dem eine Skulptur im Freien ausgesetzt ist, zu bewerten.

- **Schritt 1: Erfassung der Messwertziffer M(i) jedes Parameters**

Für jeden Parameter wird eine Messwertziffer M(i) berechnet oder vergeben. Diese gibt an, wie weit sich ein Parameter vom Ausgangszustand vor Einsetzen der Verwitterung entfernt hat, welcher Anteil der Oberfläche von einem Schadensbild betroffen ist oder wie hoch ein Parameter übereinkunftsgemäß eingestuft wird. Die Messwertziffer ist in der allgemeinen Risikobetrachtung vergleichbar mit der Eintrittswahrscheinlichkeit. Durch die Normierung auf den Bezugswert, der am frischen Gestein bestimmt ist, erlangt die Messwertziffer M(i) immer einen Wert zwischen 0 und 1.

- **Schritt 2: Festlegung der Bewertungsziffer B(i) jedes Parameters**

Die Zahl gibt an, wie stark die betreffende Eigenschaft auf den Verwitterungsprozess Einfluss nimmt. Sie ist auf Zahlenwerte zwischen 0 und 10 eingegrenzt. Ein Parameter, der im Verwitterungsprozess intensiv wirksam ist, wird beispielsweise mit 10 bewertet, ein anderer, der weniger verwitterungsrelevant ist, beispielsweise mit 5. Die Bewertungszahlen sind fest vorgegeben und dürfen nicht verändert werden, weil sonst keine Vergleichbarkeit mehr gegeben ist.

- **Schritt 3: Berechnung der Risikoziffer R(i)**

Wie soeben beschrieben, ist die Messwertzahl M(i) immer eine Zahl zwischen 0 und 1, die Bewertungsziffer B(i) immer eine Zahl zwischen 0 und 10. Das Risiko, das von einem Parameter (i) für den Bestand einer Skulptur ausgeht, wird in Form der Risikoziffer ausgedrückt. Sie ist das Produkt von Messwertziffer und Bewertungsziffer:

$$R(i) = M(i) * B(i)$$

Die Risikoziffer R(i) für jeden Einzelparameter ist folgerichtig stets eine Zahl zwischen 0 und 10. 0 bedeutet keinen Einfluss oder nicht bestimmt, 10 bedeutet maximalen Einfluss auf den Schadensprozess. Die Berechnung der Risikoziffer R(i) für die zutreffenden Parameter ist der erste Rechenschritt.

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Die einzelnen Parameter (i) sind gemäß ihrer Eigenschaften in den oben gezeigten Datenblättern 1 bis 12 zusammengefasst:

1. Objektbeschreibung
2. Kunstwissenschaftliche Bewertung B(KB)
3. Restaurierungsgeschichte R(RGS)
4. Umwelt Exogenen Risikofaktoren R(U)
5. Naturstein Endogene Risikofaktoren R(N) für Marmor
6. Naturstein Endogene Risikofaktoren R(N) für Sandstein
7. Gefahr durch Menschen Vandalismus R(V)
8. Mechanische Schäden Materialverlust R(M)
9. Veränderungen der Oberfläche R(OF)
10. Ultraschalldiagnostik R(US) I
11. Ultraschalldiagnostik R(US) II
12. Gesamtbewertung R(ges)

Wie eingangs erwähnt, dient das Datenblatt 1 nur der Objektbeschreibung und wird nicht in die Berechnung der Risikoziffer R(ges) einbezogen. Datenblatt 2: Kunstwissenschaftliche Bewertung B(KB) besitzt eine Sonderfunktion, auf die später eingegangen wird. Zur Berechnung der Risikoziffer dienen nur die Datenblätter 3 bis 11. Das Resultat wird auf Datenblatt 12 dargestellt. Die Berechnung der Teilrisiken wird wie folgt vorgenommen.

Im zweiten Rechenschritt wird für jedes Datenblatt ein Teilrisiko R(RGS), R(U), R(N), R(V), R(M), R(OF) und R(US) berechnet. Dazu werden zunächst alle Risikoziffern R(i), so wie sie nach obiger Formel berechnet wurden, addiert. Diese Summe wird dann durch das maximal mögliche Risiko geteilt, das ist diejenige Risikoziffer des Datenblattes, die sich dann ergäbe, wenn alle individuellen Messwertzahlen R(i) den Wert 1 hätten. Als Folge dieser Normierung resultiert für jedes Datenblatt eine Teil-Risikoziffer R(i), die einen Wert zwischen 0 und 1 besitzt.

Im letzten Datenblatt, der Gesamtbewertung, werden die Teilrisiken zur Gesamt-Risikoziffer R(ges) zusammengefasst. Dazu werden die Teilrisiken aller Datenblätter (7 an der Zahl weil 5 oder 6 gemäß der Gesteinsart alternativ verwendet werden) summiert und der Mittelwert gebildet:

$$R(\text{ges}) = [R(\text{RGS}) + R(\text{U}) + R(\text{N}) + R(\text{V}) + R(\text{M}) + R(\text{OF}) + R(\text{US})] / 7 = < 1.$$

Wegen der Mittelwertbildung ist auch die Gesamt-Risikoziffer R(ges) eine Zahl zwischen 0 und 1. Eine 0 bedeutet kein Risiko, eine 1 sehr hohes Risiko. Durch diese Normierung erhält man sofort und einfach eine

Information über den Risikograd der zur Diskussion stehenden Skulptur. Diese Zahl ist durch objektive und quantitative Messungen ermittelt und damit frei von jeglicher subjektiver Einschätzung. Sie eignet sich hervorragend als Entscheidungshilfe, insbesondere für ein Ranking innerhalb eines Skulpturenkollektivs. Sie zeigt in Verbindung mit den Teilrisiken auch an, an welchen Stellen einer Skulptur besondere Risiken bestehen.

Die kunstwissenschaftliche Bewertung B(i) kann nun dazu verwendet werden, die Rangfolge zwischen Skulpturen, die sich hinsichtlich der Gesamt-Risikoziffer nur unwesentlich unterscheiden, weiter zu verfeinern. Dazu wird R(ges) mit B(i) multipliziert:

$$R(\text{ges}; \text{gewichtet}) = R(\text{ges}) * B(\text{KB}).$$

Besitzt eine Skulptur eine höhere Zahl B(KB) als eine andere, so rückt sie in der Reihenfolge nach vorn und wird bei einer Maßnahmenkampagne bevorzugt eingeordnet.

Neben dem arithmetischen Mittel bietet sich auch die Verwendung des quadratischen Mittels für die Berechnung der Gesamt-Risikoziffer an. Bei dieser Berechnung werden die größeren Werte stärker gewichtet. Eine Skulptur erscheint beim quadratischen Mittel etwas stärker gefährdet als beim arithmetischen Mittel. Die Aussagekraft beider Rechenmethoden ist aber die gleiche. In der vorliegenden Untersuchung ist immer nur das arithmetische Mittel betrachtet worden.

Besonders für die praktische Anwendung ist die Spalte mit Angaben zu den Höchststrisiken gedacht. Als Höchststrisiko wird eine Risikoziffer R(i) > 0,75 gewertet. Das bedeutet, dass der zugehörige Parameter sich sehr weit vom Idealwert im frischen Gesteinszustand entfernt hat. Diese Information kann genutzt werden, gezielte Gegenmaßnahmen einzuleiten. Genaue Informationen zu den Datenblättern und deren Inhalte sind in den Aufsätzen „Datenblätter Ausfüllen“ und „Datenblätter Erläuterungen“ zu finden.

3. Maßnahmenplanung gemäß Finanzierung

Ob ein gefährdetes Objekt tatsächlich die Konservierung erhalten kann, die es für seine Erhaltung benötigt, hängt von der Finanzierung ab. Trotz größter Schäden verzögern sich die Maßnahmen oft über Gebühr, besonders dann, wenn der Eigentümer nicht liquide oder desinteressiert ist. Die Risikoziffer kann in solchen Fällen als Argumentationshilfe eingesetzt werden, selbst wenn sie keine Wunder bewirken

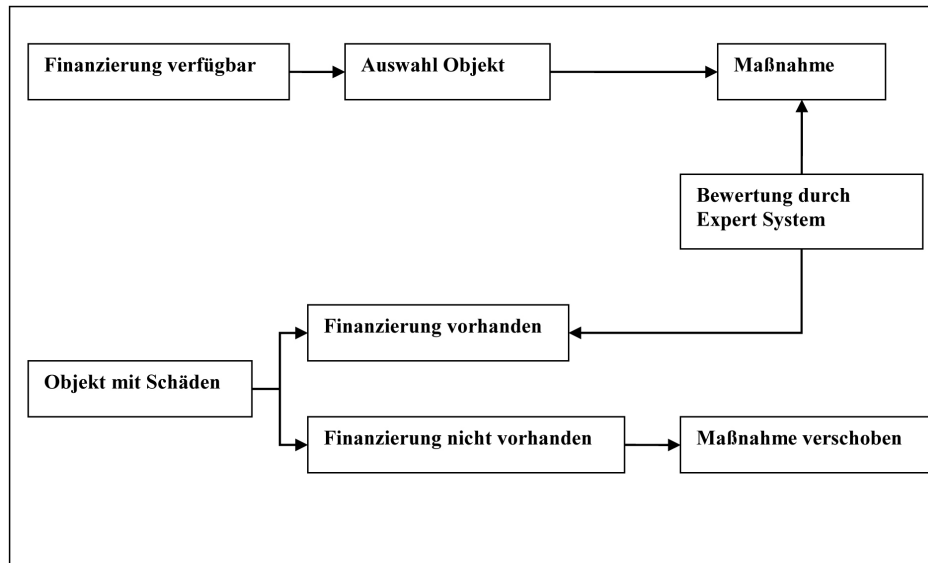


Abb. 3: Entscheidungswege, die zu einer Maßnahme führen. Die Maßnahme unterbleibt, wenn keine Finanzierung vorhanden ist.

kann. Das Ablaufschema zeigt die möglichen Entscheidungswege.

4. Zusammenfassung

Es erscheint auf den ersten Blick wagemutig und überzogen, das Risiko, dem ein Bildwerk aus Marmor oder Sandstein in der freien Umgebung unter Berücksichtigung seines Zustands ausgesetzt ist, mit einer einzigen Ziffer zu bewerten und darauf Entscheidungen aufzubauen. Betrachtet man aber den Entscheidungsprozess, der bei allen Restaurierungsprojekten durchlaufen wird, so wird man feststellen, dass alle Parameter, die in dem System „Risikoziffer“ enthalten sind, in den Planungsgesprächen ebenfalls abgehandelt werden, die meisten davon aber nur auf der rein deskriptiven Ebene. Warum sollte es dann nicht möglich sein, diese rein beschreibende Bewertung mit Hilfe exakter messtechnischer Bezüge in Zahlenwerte zu verwandeln, die eine zusammenfassende Risikobewertung gestatten? Bei der Risikoziffer passiert also letztendlich auch nichts anderes als in den üblichen Planungsgesprächen, nur eben in Form von Zahlen und nicht in Worten.

Das System Risikoziffer ist auch für ein Langzeitmonitoring geeignet. Würde man heute verbal argumentieren, dass sich der Zustand der Oberfläche stark verschlechtert hat und die Ultraschallgeschwindigkeit beträchtlich abgenommen hat, so kann man nun mit Hilfe der Risikoziffer $R(US)$ exakt angeben, dass das Risiko für das betreffende Objekt, irreparable Schäden zu erleiden, zum Beispiel von $R(US) = 0,5$ auf

$RZ = 0,75$ zugenommen hat und dass die Zeit zum Handeln gekommen ist.

Hat eine Organisation, die ein großes Ensemble zu betreuen hat, erst einmal für alle Skulpturen eine Risikoziffer ermitteln lassen, dann kann sie auf dieser Grundlage genauer und besser entscheiden, welche Skulpturen mehr gefährdet sind als andere und welche deshalb bevorzugt behandelt werden müssen.

Das hier aufgestellte Expert System Risikoziffer ist sicher noch nicht perfekt. Zu seiner Verbesserung ist vor allem die Erprobung in der Praxis an noch mehr Beispielen erforderlich.

Die Zahlen zu den Höchst Risiken geben aber schon jetzt präzise an, an welchen Stellen konservatorisch eingegriffen werden muss. Auch die schwierigste Frage, ob eine Skulptur weiterhin im Freien stehen bleiben darf oder in ein schützendes Depot gebracht werden muss, kann in Kombination von Risikoziffer und Art der Höchst Risiken beantwortet werden.

11 Literaturverzeichnis

DELGADO RODRIGUES JOSE & GROSSI A (2007). Indicators and Ratings for the Compatibility Assessment of Conservation Actions. *Journal of Cultural Heritage*, 8, 32-43. doi: doi:101016/j.culher.2006.04.007

REVEZ MARIA JOAO (2016): Calculated Risk. The (In) compatibility of Built Heritage Cleaning Methods. Dissertation Faculty of Chemistry and Technology New University of Lisbon

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

RIEGL, ALOIS (1903): Der moderne Denkmalkultus. Sein Wesen und seine Entstehung. In: A. Riegl: Gesammelte Aufsätze. Augsburg, Wien.

WAENTIG FRIEDERIKE, DROPMANN MELANIE, KONOLD KARIN, SPIEGEL ELISE, WENZEL CHRISTOPH (2014): Präventive Konservierung. Ein Leitfaden. ICOM Deutschland - Beiträge zur Museologie Band 5. 96 Seiten.

Hera / Juno Schlossgarten Großsedlitz frei		
Objekt	Spalte für Eintrag	Anmerkung
Name	Hera Juno	Original
Sammlungsnummer	Großsedlitz Nr 73	
Name des Objekts	Rhea / Kybele	
Art des Objekts	Parkfigur	
Bildhauer	Johann Christian Kirchner	
Entwerfer	dsgl	
Erschaffungsjahr	um 1726	
Aufstellungsjahr	um 1726	
Aufstellungsort original	Schlosspark Großsedlitz	
Aufstellungsort jetzt / Jahr	Schlosspark Großsedlitz	
Steinmaterial	Cottaer Sandstein	
Steinfabe	beige	
Objekthöhe	ca 220 cm	
Objektbreite	ca 80 cm	
Objekttiefe	keine Angabe	



Datenblatt 1: Objektinformation

Hera / Juno Original		
Kunstwissenschaftliche Bewertung KB	B(i)	Anmerkungen
Bedeutung des Künstlers	7	
Künstlerischer Wert	7	
Originärer Wert	10	
Formcharakteristischer Wert Original	8	
Formcharakteristischer Wert Kopie	0	
Oberfläche Bearbeitung	8	
Materialspezifischer Wert	6	
Zustand. Erhaltungswert	10	
Alterswert nach Riegl	8	
Historischer Wert nach Riegl	8	
Gebrauchswert nach Riegl	4	
Kunstwert nach Riegl	8	
Ensemblewert	10	
Kunstwissenschaftliche Bewertung B(KB)		
$B(KB) = \text{Summe } B(i) / n * B(\text{max})$	0,78	
Erläuterungen		
siehe Drop Down Menu in Spalte B(i)		
n = Anzahl der bewerteten Felder		
B(max) = 10 für jedes bewertete Feld		

Datenblatt 2: Kunstwissenschaftliche Bewertung

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Hera / Juno Original								
Restaurierungsgeschichte (RGS)								
Jahr	Dokumentation	Maßnahme	Messwertzahl M(i)	Bewertungszahl (Bi) Methode	Bewertungszahl B(i) wenn - dann	Risiko R(i) = M(i) * B(i)	Anzahl Hochrisiken	Anmerkungen
2016/2017	ja	Reinigung	0,8	5	5	4	1	
		Vierungen aus Stein	0	3	0	0	0	nicht durchgeführt
2016/2017	ja	Ergänzung aus Mörtel	1	2	2	2	1	
2016/2017	ja	Rissfüllungen	1	2	2	2	1	
2016/2017	ja	Festigung	1	2	2	2	1	
2016/2017	ja	Farbfassung	0	0	0	0	0	nur minimale Spuren von Leinölfassung. Keine Neufassung.
		Hydrophobierung	0	0	0	0	0	nicht durchgeführt
2016/2017	Ja	Vernadelungen Dübel	1	10	10	10	1	
		Schutzschlämme	0	0	0	0	0	nicht durchgeführt
		Antigrffiti	0	0	0	0	0	nicht durchgeführt
		AVT	0	0	0	0	0	nicht durchgeführt
2016/2017	ja	Entsorgung	0,5	5	5	2,5	0	
		Gipsumwandlung	0	0	0	0	0	
		Summe R(i) und B(i)		29	26	22,5	5	
		Risikoziffer Restaurierungsgeschichte			26			
		R(RGS) = Summe R(i) / Summe B (i)				0,87		
			B(max)	130				

Datenblatt 3: Restaurierungsgeschichte

Hera / Juno Original						
Umwelt Exogene Risikofaktoren (U)						
	Messwertzahl M (i)	Bewertungszahl B(i)	Risiko R(i) = M(i) * B(i)	Anzahl Hochrisiken	Anmerkungen	
Aufstellungsort	1	10	10	1		
Niederschlag mm/Jahr	0,5	10	5	0		
Frostgefahr	0,7	10	7	0		
Nebel, Kondensation, Aerosol	0,5	6	3	0		
Trocknungsbedingungen	0,5	10	5	0		
Besondere Belastungen	0	10	0	0		
Schadgas Immission NOx [I(gem) - I(o)] / I(gem) µg/m³	0,4	10	4	0		
Feinstaub Immission PM10 [I(gem) - I(o)] / I(gem) µg/m³	[I(gem) - I(o)] / I(gem)	10	5,5	0		
Schadgas Immission SO2 [I(gem) - I(o)] / I(gem) µg/m³	0	10	0	0		
Summe R(i) und B(i)		86	39,5	1		
Winterschutz	0,5					
Risikoziffer Umwelt						
R(U) = Summe R(i) / Summe B(i)			0,23			
*Messwertzahl Winterschutz						

Datenblatt 4: Umwelt/Exogene Risikofaktoren

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Hera / Juno Original							
Naturstein Endogene Risikofaktoren (N)							
Sandstein							
	Auswahlkriterien M(i)	M(i)	B(i) Vorgabe	B(i) wenn - dann	Risiko R(i) = M(i) * B(i)	Anzahl Hochrisiken	Anmerkungen
Modalbestand	Chlorit + Illit	1	10	10	10	1	
	Kaolinit	1	10	10	10	1	
	Cc + Do	0	10	0	0	0	
				0	0	0	
W-Wert kg/m ² h ^{0,5} (Mittelwert)	W(i) - W(o) / W(i)	0	10	0	0	0	Literaturwert für W(o) = 2,0 (Wendler (2007). Messwert W(i) = 0,60 - 0,67 kg/m ² * h ^{0,5} . Nicht auswertbar
Q-Wert kg/m ² h (Mittelwert)	Q(i) - Q(o) / Q(i)	0	10	0	0	0	
						0	
Kornform	Mikroskopbild	1	8	8	8	1	
				0	0	0	
Kornbindung	Mikroskopbild	0,5	10	10	5	0	
				0	0	0	
Textur	visueller Befund	1	5	5	5	1	
				0	0	0	
Risiko durch hygrische Dehnung	Aufstellungsort bewerten	1	10	10	10	1	
				0	0	0	
Optional wenn Probenahme möglich oder Literaturdaten verfügbar				0	0	0	
Porosität Vol.-% (Mittelwert aus Literaturdaten)	Messung	1	10	10	10	1	Grunert (2007). P = 22,81%
				0	0	0	
S-Wert (Mittelwert aus Literaturdaten)	Messung	0,5	10	10	10	0	Grunert (2007). S = 0,7
				0	0	0	
Feuchtedehnung H ₂ O ges. (Mittelwert aus Literaturdaten)	Messung	0,4	10	10	4	0	
				0	0	0	
Druckfestigkeit DF Mpa	DF(i) - DF(o) / DF(i)	0	6	0	0	0	nicht ermittelt
Biegezugfestigkeit BZF Mpa	BZF(i) - BZF(o) / BZF(i)	0	8	0	0	0	nicht ermittelt
			127	83	72	6	
	Summe R(i) und Summe B(i)						
							Bewertungszahl B(i)= 0: kein Risiko
							Bewertungszahl B(i) = 10: max. Risiko
							Istwert X(i)
							Unverwittert X(o)
					0,87		
	Risikoziffer Naturstein						
	R(N) = Summe R(i)/Summe B(i)						

Datenblatt 5 und 6: Naturstein/Endogene Risikofaktoren

Hera / Juno Original							
Gefahr durch den Menschen (V)							
	Auswahlkriterien M(i)	Messwertzahl	Bewertungszahl	Risiko	Anzahl Hochrisiken	Anmerkungen	
	Gefahreinschätzung	M(i)	B(i)	R(i) = M(i) * B(i)			
Vandalismus	Gefahreinschätzung	1	10	10	1		
				0	0		
Graffiti	Gefahreinschätzung	1	10	10	1		
Summe R(i) und B(i)			20	20	2		
Risikoziffer R (V) Gefahr durch Menschen							
R(V) = Summe R(i) / Summe B(i)				1,00			

Datenblatt 7: Gefahr durch Menschen/Vandalismus

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Hera / Juno Original						
Mechanische Schäden	Materialverlust M	Messwertzahl	Bewertungszahl	Risiko	Anzahl Hochrisiken	Anmerkung
	Auswahlkriterien M(i)	M(i)	B(i)	$R(i) = M(i) * B(i)$	Verlustumfang	
Risstyp Craquele	flächenhafte Verteilung	0	10	0	0	
Risstyp Haarriss	Art und Anzahl	1	10	10	1	
Risstyp Trennschnitt						
	CorpusAusmaß	1	10	10	1	
	Arme/HandBruchgefahr	1	10	10	1	
	Bein/Beine Bruchgefahr	1	10	10	1	
	Standicherheit	1	10	10	1	
	HalsBruchgefahr	1	10	10	1	
	KopfBruchgefahr	1	10	10	1	
	FingerBruchgefahr	1	10	10	1	
	Zehen/FußBruchgefahr	1	10	10	1	
	NaseBruchgefahr	1	10	10	1	
	AttributeVerlustgefahr	1	10	10	1	
Figur fehlende Teile						
	KopfVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	Kopf abgebrochen. Hals fehlt.
	Arm Verlust eingetreten ja	1	10	10	1	Linker und rechter Unterarm fehlen
	Bein/BeineVerlust eingetreten nein	0	10	0	0	Anzahl Beine
	Hand/HändeVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	beide Hände fehlen
	FingerVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	allen Finger fehlen
	NaseVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	Nase fehlt
	ZehenVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	3 Zehen am rechten Fuß fehlen
	SonstigeVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	Teile des Schleiers abgebrochen
	SonstigeVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	Einschlag im Rücken
Attribute fehlende Teile						
	WaffenVerlust eingetreten nein	0	0	0	0	
	SymbolVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	der Pfau der Hera fehlt vollständig
	Attribute fehlende TeileVerlust eingetreten ja	1	10	10	1	Zeppter verloren
Summe R(i) und B(i)			220	200	20	
Risikoziffer Materialverlust R(M)				0,91		
$R(M) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$						
Verlustumfang					0,91	

Datenblatt 8: Mechanische Schäden/Materialverlust

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Hera / Juno Original								
Veränderung der Oberfläche OF								
	Auswahlkriterien M(i)	Oberflächenanteil	Messwertzahl M(i)	Bewertungszahl B(i)	Bewertungszahl B(i) wenn - dann	Risiko R(i) = M(i) * B(i)	Anzahl Hochrisiken	Anmerkungen
Ablagerungen Farbveränderungen								
	Ablagerungen	OF(i)/OF(ges)	0	4	0,00	0	0	
	schwarze Krusten	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Versinterungen	OF(i)/OF(ges)	0	4	0,00	0	0	
	Verfärbungen, Rostflecken	OF(i)/OF(ges)	0	4	0,00	0	0	
	Ausblühungen	OF(i)/OF(ges)	0	6	0,00	0	0	
					0,00	0	0	
Materialverlust durch chem phys Prozesse								
	Relief	OF(i)/OF(ges)	0	8	0,00	0	0	
	Rückwitterung	OF(i)/OF(ges)	0	8	0,00	0	0	
	Kreiden, Abmehlen	OF(i)/OF(ges)	0	6	0,00	0	0	
	Absanden	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Zuckerkörniger Zerfall	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Schuppen	OF(i)/OF(ges)	0	8	0,00	0	0	
	Schalenbildung	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Schichtspaltung Aufblättern	OF(i)/OF(ges)	0,09	10	10,00	0,9	0	
	Ausbruch Rostsprengung	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Abscherben Absplittern	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Alveolen	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
					0,00	0	0	
Erosion: Materialverlust durch chem Lösungsvorgänge								
	Rauheit					0,00	0	0
		P Zahl > 7000F(i)/OF(ges)	0,5	0,56	0,56	0,28		
		P Zahl 700 - 5000F(i)/OF(ges)	0,25	0,16	0,16	0,04		
		P Zahl 500 - 3000F(i)/OF(ges)	0,25	0,28	0,28	0,07	0	
		P Zahl 300 - 1000F(i)/OF(ges)	0	8	0,00	0	0	
		P Zahl < 1000F(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
					0,00	0	0	
	Kantenrückwitterung/Aufplatzen	mm	1	10	10,00	10	1	
	Differentielle Erosion ("Zellulitis")	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
	Mikrokarst	OF(i)/OF(ges)	0	6	0,00	0	0	
	Pitting Grube	OF(i)/OF(ges)	0	6	0,00	0	0	
					0,00	0	0	
Biologische Besiedelung								
	Algen Flechten Pilze Moose	OF(i)/OF(ges)	0,16	8	8,00	1,28	1	
	Höhere Pflanzen	OF(i)/OF(ges)	0	10	0,00	0	0	
					0,00	0	0	
Originaloberfläche								
	keine Veränderungen	OF(i)/OF(ges)	0,75					
Summe R(i) und B(i)					197,00	29,00	12,57	2
Risikoziffer Veränderung der Oberfläche R(OF)								
R(OF) = Summe R(i) / Summe B(i)						0,43		

Datenblatt 9: Veränderungen der Oberfläche

Hera / Juno Original									
Ultraschalldiagnostik									
Berechnung US Risikoziffer									
Berechnung der US Geschwindigkeiten									
Spalte C bis E die Messwerte eintragen									
Messort	Messpunkt	Messweg (cm)	Laufzeit (µs)	US(km/s)	Messwertzahl M(i)	Bewertungszahl B(i)	Risiko R(US(i)) = M(i) * B(i)	Anzahl Hochrisiken	Anmerkungen
rechts-links	1	0,00	0,000					0,00	0,00
vorne-hinten	2	0,00	0,000					0,00	0,00
rechts-links	3	0,00	0,000					0,00	0,00
vorne-hinten	4	0,00	0,000					0,00	0,00
rechts-links	5	34,00	121,050	2,81	0,22	10	2,20	0,00	0,00
vorne-hinten	6	26,00	86,040	3,02	0,16	10	1,61	0,00	0,00
vorne-hinten	7	12,30	40,300	3,05	0,15	10	1,52	0,00	0,00
rechts-links	8	10,90	34,390	3,17	0,12	10	1,20	0,00	0,00
vorne-hinten	9	9,10	33,820	2,69	0,25	10	2,53	0,00	0,00
rechts-links	10	0,00	0,000		0,00		0,00	0,00	0,00
rechts-links	11	38,20	123,540	3,09	0,14	10	1,41	0,00	0,00
vorne-hinten	12	33,80	109,760	3,08	0,14	10	1,45	0,00	0,00
rechts-links	13	16,60	54,100	3,07	0,15	10	1,48	0,00	0,00
vorne-hinten	14	31,60	105,940	2,98	0,17	10	1,71	0,00	0,00
rechts-links	15	13,30	42,810	3,11	0,14	10	1,37	0,00	0,00
vorne-hinten	16	13,70	46,250	2,96	0,18	10	1,77	0,00	0,00
rechts-links	17	22,60	72,080	3,14	0,13	10	1,29	0,00	0,00
vorne-hinten	18	36,00	114,350	3,15	0,13	10	1,25	0,00	0,00
rechts-links	19	14,70	45,870	3,20	0,11	10	1,10	0,00	0,00
vorne-hinten	20	12,20	39,940	3,05	0,15	10	1,52	0,00	0,00
rechts-links	21	9,30	29,420	3,16	0,12	10	1,22	0,00	0,00
rechts-links	22	9,10	36,880	2,47	0,31	10	3,15	0,00	0,00
rechts-links	23	80,90	249,850	3,24	0,10	10	1,01	0,00	0,00
vorne-hinten	24	57,40	195,510	2,94	0,18	10	1,84	0,00	0,00
freie Wahl	25								
Summe R(i) und B(i)						190	30,61	0,00	
Mittelwert				3,02					
Maximalwert				3,24	Risikoziffer Ultraschallgeschwindigkeit R(US)				
Minimalwert				2,47	R(US) = Summe R(US(i)) / Summe B(i)				
							0,16		

Datenblatt 10: Ultraschalldiagnostik Teil 1

2. Risikoziffer II: Eine Einführung

Hera / Juno Original		Messpunkt	US(km/s)	Messpunkt	US (km/s) aufsteigend
			1	22	2,47
Ultraschalldiagnostik			2	9	2,69
			3	5	2,81
Ultraschallgeschwindigkeit aufsteigend			4	16	2,96
			5	14	2,98
Ultraschallgeschwindigkeit nach Klassen			6	6	3,02
			7	7	3,05
			8	20	3,05
Klasse (km/s)	Anzahl		9	13	3,07
	2	0	10	12	3,08
	3	5	11	11	3,09
	4	13	12	15	3,11
	5	0	13	17	3,14
	6	0	14	18	3,15
größer 6		0	15	21	3,16
			16	8	3,17
			17	19	3,20
			18	23	3,24
			19		
			20		
			21		
			22		
			23		
			24		
			25		

Datenblatt 11: Ultraschalldiagnostik Teil 2

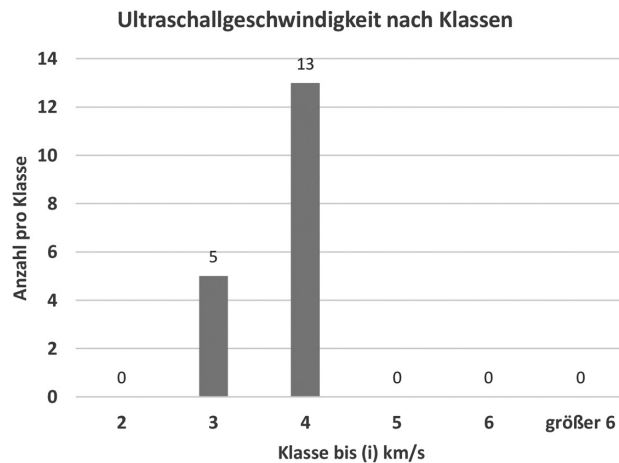


Diagramm zu Datenblatt 11: Ultraschalldiagnostik Teil 2

Hera / Juno Original frei					
Gesamtbewertung		arithmetisches Mittel	quadratisches Mittel		
Objektbeschreibung B(O)	wird nicht bewertet				
Kunsthistorische Bewertung B(KB)	$B(KB) = \text{Summe } B(i) / n \cdot B(i) \text{ max}$	0,78	0,78		
Restaurierungsgeschichte	$R(RGS) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,87	0,748890533		
Umwelt	$R(U) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,23	0,052739657		
Naturstein Marmor	$R(N-M) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,00	0		
Naturstein Sandstein	$R(N-S) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,87	0,752503992		
Vandalismus	$R(V) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	1,00	1		
Materialverlust	$R(M) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,91	0,826446281		
Veränderung der Oberfläche	$R(OF) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,43	0,187877408		
Ultraschalldiagnostik	$R(US) = \text{Summe } R(i) / \text{Summe } B(i)$	0,16	0,025956786		
Summe R(RGS) bis R(US)		4,47	3,59		
Berechnung der Gesamt-Risikoziffer	arithmetisches Mittel			Anzahl Hochrisiken	
$R(\text{ges}) = \text{Summe } R(i) / n = R(RGS) + R(U) + R(N-M) + R(N-S) + R(V) + R(M) + R(OF) + R(US) / 7 =$		7,00		$R(i) > 0,75$	Tabellenblatt
$R(\text{ges}) =$		0,64			5Restaurierung
					1Klima
					6Naturstein
Gewichtung durch kunstwissenschaftliche Bewertung K(B)					2Vandalismus
$R(\text{ges gewichtet}) = R(\text{ges}) \cdot B(KB)$	$R(\text{ges})$	0,64			20Materialverlust
	$B(KB)$	0,78			2Oberfläche
	$R(\text{ges gewichtet})$	0,50			0Ultraschall
			Summe $R(i) > 0,75$		36
Berechnung der Gesamt-Risikoziffer quadratisches Mittel					
	$SQR R(i)$		0,72		
	$B(KB)$		0,78		
	$R(\text{ges gewichtet})$		0,56		

Datenblatt 12: Gesamtbewertung