

Rolf Snethlage

9. Risikoziffer VI: Auswertungen und Vergleiche

Zusammenfassung

Die für die ausgewählten Objekte errechneten Gesamt-Risikoziffern variieren zwischen 0,36 und 0,65. Für die Einschätzung dieser Werte ist die Tatsache wichtig, dass die Minimal- und Maximalwerte der Gesamt-Risikoziffer nicht die Werte Null und Eins erreichen können. Das liegt daran, dass bestimmte Datenblätter auf Grund der darin stattfindenden Rechengänge ebenfalls nicht Eins oder Null sein können. Diese Ober- und Untergrenzen sind für Sandsteine und Marmor verschieden. Die Berechnungsmethode für die Gesamt-Risikoziffer kann auch dazu verwendet werden, die Aufstellungsorte im Freien und in einem Depot zu simulieren. Ein Wechsel vom Freien und umgekehrt ist mit einer Abnahme bzw. Zunahme der Risikoziffer um durchschnittlich 20 % verbunden.

Abstract

The Overall Risk Numbers calculated for selected sculptures vary from $R = 0.36$ to 0.65 . For appropriately appraising these figures, it is important to consider that for theoretical reasons the Overall Risk Number will never reach the value Zero nor One. The reason for this is that certain parameters in the data sheets will prevent under whatever conditions reaching Zero or One. However, the upper and lower limits of the Overall Risk Number differ for sandstone and marble. The calculation methodology for the Overall Risk Number enables to simulate for one object an exposition condition in the open air or in a depot. The Overall Risk Number increases or decreases on average by 20 % when changing from outdoor exposition to indoors and vice versa.

1. Einleitung

Wie in dem Beitrag „Risikoziffer – eine Einführung“ erläutert, wird die Risikoziffer auf dem Datenblatt 12 der Excel Arbeitsmappe automatisch errechnet. Zwar sind auf dieser Arbeitsmappe das arithmetische Mittel der Risikoziffer als auch das quadratische Mittel aufgeführt, in den folgenden Überlegungen wird jedoch nur auf das arithmetische Mittel Bezug genommen, denn das quadratische Mittel liefert zwar zahlenmäßig leicht andere Werte, die Gesamttendenz der Aussage bleibt jedoch unverändert.

	Barockgarten Großsedlitz Hera Original Sandstein Typ Cotta Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,64$
	Barockgarten Großsedlitz Hera Juno Kopie Sandstein Typ Cotta Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,53$
	Barockgarten Großsedlitz Rhea Kybele Original Sandstein Typ Cotta Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,64$
	Barockgarten Großsedlitz Rhea Kybele Kopie Sandstein Typ Cotta Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,55$

Abb. 1: Gesamt-Risikoziffern der bearbeiteten Objekte.

9. Risikoziffer VI: Auswertungen und Vergleiche

Die Berechnungen der individuellen Risikoziffern der bearbeiteten 12 + 1 Objekte ergaben bei einer ersten, unvoreingenommenen Betrachtung überraschende Resultate, die sich jedoch, wie hier gezeigt werden wird, als sehr sinnvoll erwiesen haben.

2. Auswertungen und Vergleiche

Zunächst werden hier die berechneten Risikoziffern der einzelnen Skulpturen und Grabmäler vorgestellt (s. Abb. 1 - 3).

Ein erster Blick auf die Zahlenwerte zeigt, dass die Risikoziffern in einer Spanne zwischen 0,35 (Grabmal 1091 Buntsandstein) und 0,65 (Vestalin Carrara Marmor) liegen. Dabei überrascht, dass die Risikoziffern für die nach Augenschein besonders geschädigten und im Bestand bedrohten Skulpturen Hera Original und Kybele Original zwar beide ziemlich am Ende der Skala liegen, sich aber nicht aus dem Durchschnitt herausheben. Der subjektiven Einschätzung erscheint besonders der Abstand zum maximalen Risiko $R_{ges} = 1$ mit 0,4 bzw. 40 % als viel zu hoch und unrealistisch. Die Diskrepanz zwischen der nach visuellem Eindruck subjektiv getroffenen Einschätzung und der nach objektiver und quantitativer Methode errechneten Risikoziffer kann nun dazu verleiten, den Rechenalgorithmus anzupassen, um näher an das maximale Risiko heranzukommen. Dieser Widerspruch löst sich jedoch schnell auf, wenn man die Ursachen der gravierenden Schäden an den beiden Figuren in Betracht zieht. Die Schäden sind nämlich nicht verwitterungsbedingt, sondern durch Granatsplitter verursacht, da der Barockgarten Großsedlitz im Zweiten Weltkrieg an der Frontlinie mit schweren Kämpfen lag. So bleiben die eigentlichen Gesteinseigenschaften maßgeblich für die Höhe der Risikoziffer, die deshalb ein realistisches Bild der Situation wiedergeben sollte.

Der Versuch einer besseren Anpassung an die subjektive Einschätzung durch die doppelte Gewichtung eines besonders relevanten Datenblattes, wie zum Beispiel des Datenblattes 6: Naturstein Endogene Risikofaktoren führt je nach Höhe der Risikoziffer des betrachteten Objekts nicht zu einem „besseren“, unter Umständen sogar zu einem „schlechteren“ Ergebnis, wie eine kleine Rechnung zeigt.

Einfache Gewichtung: $R_{ges} = \sum R(i) / n(i)$

Doppelte Gewichtung eines Parameters:

$$R_{ges} = \sum R(i) / n(i) + R(x) / 1 = [\sum R(i) + R(x)] / (n(i) + 1)$$

	Schlosspark Nymphenburg Äolus Sterzinger Marmor Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,60$
	Schlosspark Nymphenburg Flora Laaser Marmor Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,59$
	Schlosspark Sanssouci Neue Kammern Apoll Carrara Marmor Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,49$
	Schlosspark Sanssouci Neue Kammern Vestalin Carrara Marmor Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,65$

Abb. 2: Gesamt-Risikoziffern der bearbeiteten Objekte.

	Schlosspark Sanssouci Halbrondell vor dem Neuen Palais Satyr Carrara Marmor Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,39$
	Baiersdorf bei Erlangen Jüdischer Friedhof Grabmal Siegmund Sulzberger Schilfsandstein Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,41$
	Baiersdorf bei Erlangen Jüdischer Friedhof Grabmal Bernhard Ehrenbacher Schilfsandstein Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,40$
	Baiersdorf bei Erlangen Jüdischer Friedhof Nr 935 Grabmal Löw Gans Schilfsandstein Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,45$
	Baiersdorf bei Erlangen Jüdischer Friedhof Nr 1091 Grabmal Name unbekannt Buntsandstein Arithmetisches Mittel: $R_{ges} = 0,36$

Abb. 3: Gesamt-Risikoziffern der bearbeiteten Objekte.

In unseren Berechnungen der Gesamt-Risikoziffer wird das arithmetische Mittel immer aus 7 Datenblättern und der deren Risikoziffer berechnet. Wird ein Datenblatt doppelt gewertet, erhöht sich der Quotient von 7 auf 8. Eine geringfügig „bessere“ Anpassung an das Maximalrisiko Eins ergibt sich nur, wenn der Risikowert des doppelt gewichteten Datenblattes größer ist als die Gesamt-Risikoziffer. Ist er niedriger, entfernt sich die neue Gesamt-Risikoziffer dagegen vom Maximalrisiko.

Aufgrund der Struktur der Risikoziffer ist es auch unerlässlich, den Divisor jeweils zu erhöhen, wenn Datenblätter doppelt gewichtet werden. Die Skala ist nicht nach oben offen, sondern auf den Maximalwert 1 begrenzt. Würde man beim regulären Divisor 7 bleiben, könnte der Fall eintreten, dass die Gesamt-Risikoziffer über den Wert 1 ansteigt. Man hätte dann Probleme, die Resultate als Bruchteil des Maximalrisikos von 1 einzuordnen.

2.1 Realistische Maximalrisiken für Marmor und Sandstein

Die nachfolgende Graphik zeigt die Gesamt-Risikoziffern der untersuchten Objekte in einem Säulendiagramm. Dabei sind wie oben die Gesamt-Risikoziffern dargestellt, die einer Aufstellung im Freien zugeordnet sind. Das Objekt mit der geringsten Risikoziffer ist das Grabmal 1091, das mit der höchsten Risikoziffer die Vestalin. Zusätzlich sind am oberen und am unteren Ende der Skala die realistischen Unter- und Obergrenzen eingetragen, die sich für Marmor und Sandstein ergeben. Diese Grenzen geben an, welche Werte die Gesamt-Risikoziffer für diese Gesteinsarten maximal und minimal einnehmen kann. Für Marmor reicht die Spanne von 0,24 bis 0,88, für Sandstein von 0,18 bis 0,79.

Die Ursache für diese Grenzwerte liegt in der Tatsache begründet, dass bestimmte Datenblätter bzw. Parameter in diesen nicht den Wert 0 oder 1 erreichen können.

So kann das Datenblatt „Umwelt- Exogene Risikofaktoren“ zwar den theoretischen Wert Eins im Fall eines Extremklimas annehmen, jedoch nie den Wert Null, weil es ein Nicht-Klima als Einflussfaktor nicht geben kann.

Ebenso verhält es sich mit den Datenblättern „Naturstein – Endogene Risikofaktoren“ und „Vandalismus“. Auch in sehr günstigen Klima üben thermische und hygische Dehnung und die Wasseraufnahme einen

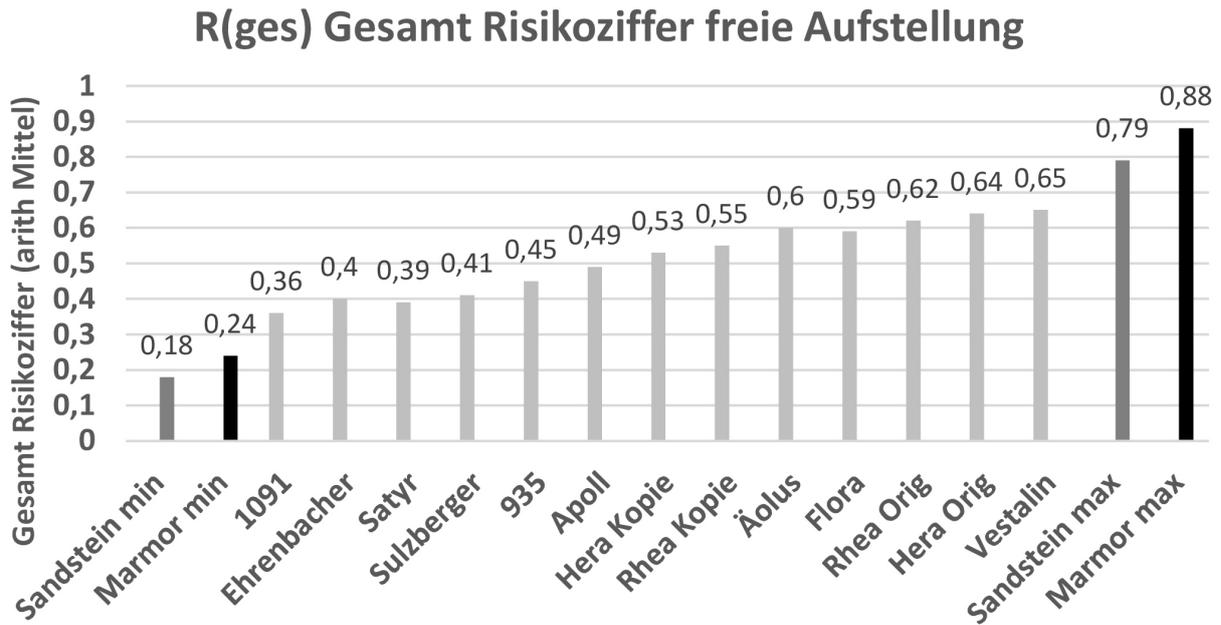


Abb. 4: Darstellung der Gesamt-Risikoziffern mit realistisch erreichbaren Unter- und Obergrenzen.

Einfluss auf die Verwitterung aus. Ein Minimalrisiko für Vandalismus besteht bei jeglicher Aufstellung im Freien.

werden nie an allen Messstellen den niedrigsten möglichen Wert annehmen, sonst wären die Objekte schon längst zusammengebrochen (s. Abb. 4).

Andererseits werden die Datenblätter „Materialverlust“, „Veränderungen der Oberfläche“ und „Ultraschalldiagnostik“ nie den Wert Eins, das maximale Risiko erreichen. Der Materialverlust kann drohend, aber nie vollständig sein, es wird neben stark geschädigten Oberflächen auch Bereiche mit geringerer Schädigung geben und auch die Ultraschallwerte

In Gegensatz zur eingangs erörterten Gesamtspanne für die Gesamt-Risikoziffern von Null bis Eins, steht jetzt ein verminderter Bereich zur Verfügung, in dem sich die Gesamt-Risikoziffern bewegen können. Jetzt liegt die schlechteste Marmorfigur Vestalin nicht mehr 0,35 Punkte, sondern nur noch 0,23 Punkte von der realistischen Obergrenze entfernt. Auch Hera und

Gesamt Risikoziffer Marmor bezogen auf R(max)

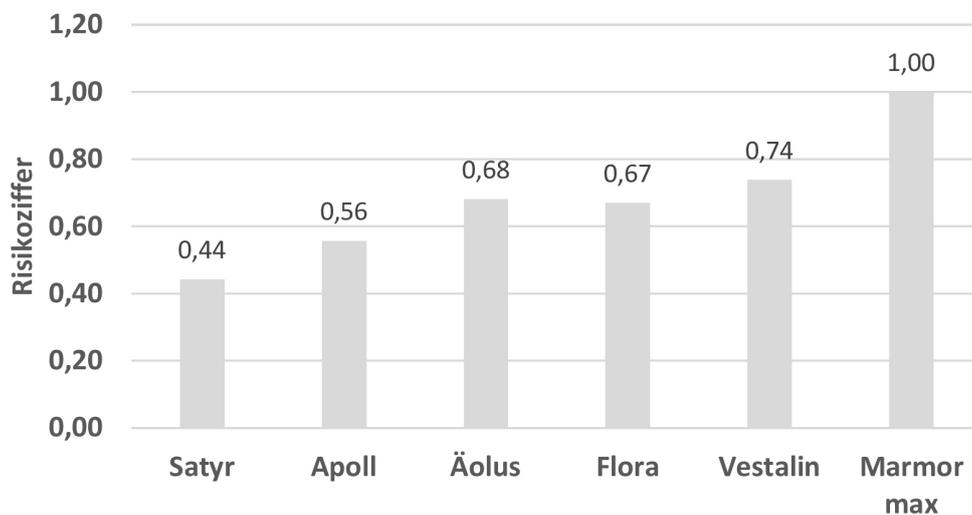


Abb. 5: Gesamt-Risikoziffern der Marmorobjekte bezogen auf die Obergrenze $R_{max} = 0,88$.

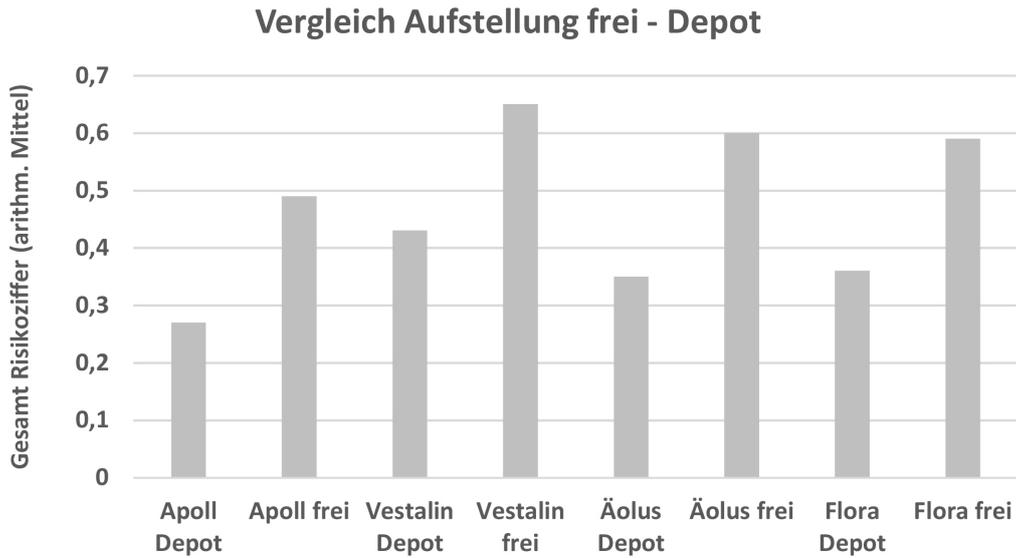


Abb. 6: Modellrechnung für Aufstellung frei – Depot für die untersuchten Marmorobjekte.

Rhea liegen jetzt nur noch 0,15 bzw. 0,17 Punkte von der Obergrenze für Sandstein entfernt.

Man kann aus diesem Ergebnis folgern, dass die Bewertung durch die Risikoziffer den tatsächlichen Gefährdungsgrad besser und objektiver wiedergibt als die auf visuellem Eindruck begründeten, subjektiven Einschätzungen. Was den Unterschied zwischen beiden Einordnungsprinzipien ausmacht, so scheint es die eingengegte Sichtweise der visuellen Bewertung zu sein, welche bei ihrem subjektiven Bewertungsschlüssel die anderen Risikofaktoren wie Klima, Vandalismus, Steineigenschaften und Ultraschallgeschwindigkeiten außer Acht lässt. Sie verlässt sich dagegen einzig auf die Datenblätter Mechanische Schäden – Materialverlust und Veränderungen der Oberfläche.

Um die Darstellung der Werte der Gesamt-Risikoziffer deutlicher zu machen, bietet sich an, die berechneten Werte auf die verringerte Spanne umzurechnen. Diese Manipulation hat aber nur ein verändertes Bild zur Folge, das einer Projektion in einen geringeren Maßstab gleichkommt. Auch die Festsetzung der realistisch erreichbaren Obergrenze als Maximalrisiko Eins bringen kein besseres Ergebnis hervor. Die Werte aller Gesamt-Risikoziffern steigen an und die vormals niedrig risikobehafteten Figuren sind plötzlich mit einem viel zu hohen Risiko behaftet. Außerdem wäre dieser zusätzliche Rechenschritt umständlich einzubauen. In Abbildung 5 ist die zu diesem Rechenschritt gehörige Graphik für das Beispiel der Marmorfiguren dargestellt.

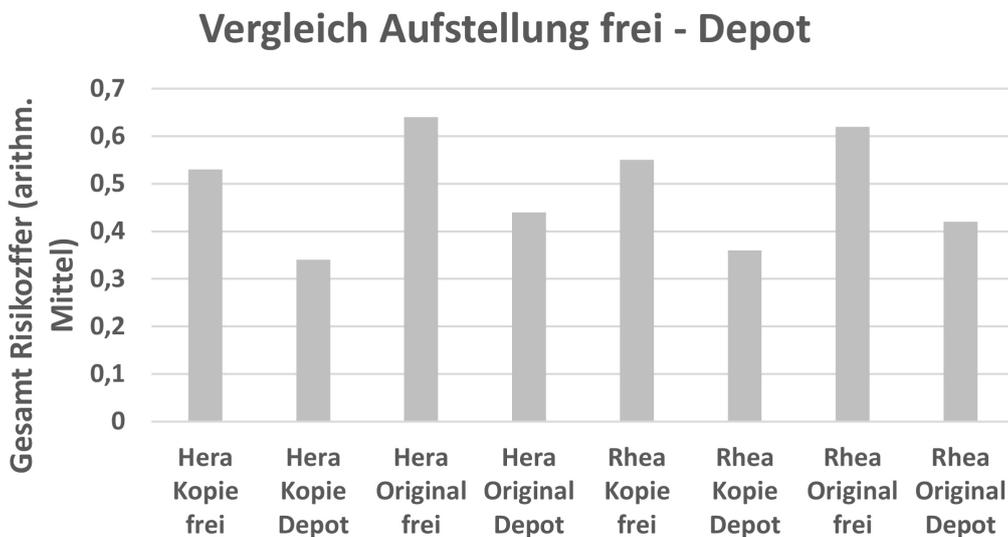


Abb. 7: Modellrechnung für Aufstellung frei – Depot für die untersuchten Sandsteinobjekte.

2.2 Modellrechnungen Aufstellung frei - Depot

Das Rechensystem für die Gesamt-Risikoziffer erlaubt es auch, Modellrechnungen für eine Aufstellung im Freien oder im Depot auszuführen. Relevant hierfür sind die Datenblätter für Umwelt – Exogene Risikofaktoren, Vandalismus und bestimmte Gesteinseigenschaften wie thermische und hygrische Dehnung, die je nach Aufstellungsort unterschiedlich sind. Die Ergebnisse der Modellrechnungen sind getrennt für Sandstein und Marmor in den folgenden Diagrammen gezeigt. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Figur von Depot ins Freie oder umgekehrt vom Freien ins Depot umgestellt werden soll (s. Abb 6 und 7).

Umwelt, Natursteineigenschaften, Materialverlust, Veränderungen der Oberfläche und Ultraschall korrelieren sollte. In dieser Hinsicht sind Versuche gemacht worden, Korrelationen mit einem oder mehreren Parametern nachzuweisen, was jedoch in keinem Fall zu einem Ergebnis geführt hat. Am besten stellt sich noch eine Korrelation zwischen der Anzahl der Hochrisiken und der Gesamt-Risikoziffer dar. Die betreffende Graphik ist in der folgenden Abbildung 8 gezeigt.

Man erkennt einen exponentiellen Anstieg zu höheren Risikoziffern, was in gewisser Hinsicht auf

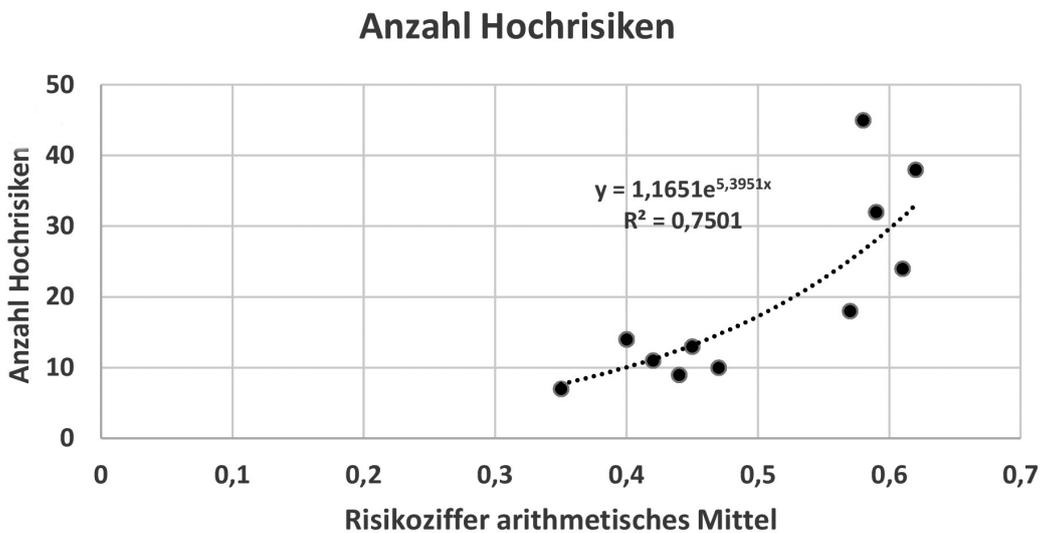


Abb. 8: Korrelation zwischen Hochrisiken und Gesamtrisikoziffer.

Die Vergleiche belegen, dass sich das Risiko beim Verbringen vom Freien in ein Depot bei den Marmorobjekten um 0,22 bis 0,25 Punkte verringert, bei den Sandsteinobjekten um 0,18 bis 0,22 Punkte. Anders ausgedrückt, bringt der Transfer einer Skulptur vom Freien ins Depot eine Verringerung des Risikos um durchschnittlich 20 % mit sich. Solche Zahlen können eine wertvolle Argumentationshilfe in der Diskussion um die sichere Verwahrung von Denkmälern im Freien darstellen.

2.3 Korrelation der Risikoziffer mit Hochrisiken

Der Begriff Hochrisiko wurde in die Auswertung der Risikobetrachtung eingeführt, um dem Bearbeiter einen schnellen Blick auf diejenigen Stellen oder Eigenschaften einer Figur aufzuzeigen, die einer besonderen Beachtung und möglicherweise ein schnelles Eingreifen erfordern.

Man sollte vom Aufbau der Datenblätter ausgehend erwarten, dass die Risikoziffer mit Parametern wie

eine generelle Gesetzmäßigkeit hinweisen könnte. Die höchste Anzahl an Hochrisiken ist der Marmor-skulptur Vestalin zugeordnet, wobei 25 Hochrisiken an dieser Figur aber allein auf niedrige Ultraschallwerte zurückgehen. Die nächsthöheren Hochrisiken betreffen die stark beschädigten Originalfiguren von Hera und Kybele im Depot des Barockgartens Großsedlitz. Diese Beschädigungen gehen aber auf Einschläge von Granatsplittern bei Kämpfen im Zweiten Weltkrieg zurück und nicht auf Folgen natürlicher Verwitterung. Es ist demnach nicht gerechtfertigt, aus dieser Graphik eine allgemeine Gesetzmäßigkeit herauszulesen.

2.4 Signifikanz der Risikoziffer

Welchen Wert die Risikoziffer eines Objekts auch immer haben möge, es stellt sich die Frage, wie groß die zahlenmäßige Änderung der Gesamt-Risikoziffer sein muss, um daraus den gerechtfertigten Schluss

auf eine größere oder mindere Gefährdung ziehen zu können. Wie wir gesehen haben, liegen die Werte einiger Skulpturen sehr nahe beieinander wie zum Beispiel Äolus ($R(\text{ges}) = 0,60$) und Flora ($R(\text{ges}) = 0,59$). Die Frage lässt sich näherungsweise wie folgt beantworten.

Die Gesamtrisikoziffer $R(\text{ges})$ wird berechnet gemäß

$$R(\text{ges}) = \sum R(i) / n(i)$$

$R(i)$ = hier Risikoziffer eines Datenblattes, z. B. $R(\text{Umwelt})$

Im Normalfall beträgt $n = 7$ (= Anzahl der Datenblätter), so dass

$$R(\text{ges}) = \sum R(i) / 7$$

Verändert sich das Teilrisiko eines Datenblatts $R(i)$ um 0,5 oder 0,1, so resultiert

$$R(\text{ges}) = (\sum R(i) + 0,5) / 7 = \sum R(i) / 7 + 0,5 / 7 = R(\text{ges}) + 0,07.$$

$$R(\text{ges}) = (\sum R(i) + 0,1) / 7 = \sum R(i) / 7 + 0,1 / 7 = R(\text{ges}) + 0,014.$$

Der kleinen Änderung von 0,07 der Gesamtrisikoziffer $R(\text{ges})$ steht eine sehr große Änderung von 0,5 eines einzelnen Datenblatts $R(i)$ gegenüber. Kleinste Unterschiede in der Gesamtrisikoziffer $R(\text{ges})$ können bedeutende Risiken in Einzeldatenblättern oder Einzelparametern anzeigen. Sie gehen dort mit dem Faktor 7 in die Berechnung ein. Allerdings kann eine

Änderung um 0,5 auch durch kleine Änderungen der Risikoziffern bei mehreren Datenblättern verursacht werden. Das bedeutet, dass bei der Risikobewertung den Zahlenunterschieden durch Interpretation der Datenblätter nachgegangen werden muss. Eine generelle Aussage ist kaum möglich. Selbst scheinbar kleine Unterschiede der Gesamt-Risikoziffern von 0,01 dürfen nicht vernachlässigt werden.

2.5 Vereinfachte Risikoeinstufung

Wie die Berechnungen der Risikoziffer für die ausgewählten Objekte gezeigt haben, überdecken die Zahlenwerte der Risikoziffern eine Spanne von 0,36 bis 0,65. Die theoretischen Ober- und Untergrenzen liegen jedoch nicht bei Null und Eins, sondern reichen von 0,18 bis 0,79 bei Sandstein und von 0,24 bis 0,88 bei Marmor. Vereinfacht lassen sich drei Bereiche der Gefährdung abgrenzen: „Wenig gefährdet“ – „gefährdet“ – „hoch gefährdet“. Die Bereiche erstrecken sich annähernd von Risikoziffer 0,2 bis 0,4, von 0,4 bis 0,6 und von 0,6 bis 0,8. Damit ist die theoretische Obergrenze praktisch erreicht (s. Abb. 9 und 10)).

3) Ausblick

Die Ausführungen haben gezeigt, dass das Konzept der Risikoziffer sehr gut den Gefährdungsgrad von Skulpturen im Freien darstellt. Die festgestellten Unterschiede in der Bewertung zwischen der visuell subjektiven und der objektiv rechnerische ermittelten Risikoziffer führten anfänglich zu dem Schluss, dass die Risikoziffer die Gesamtsituation nicht zutreffend abbilden würde. Durch die Erkenntnis, dass die Gesamt-Risikoziffer aber nicht die Werte Null und

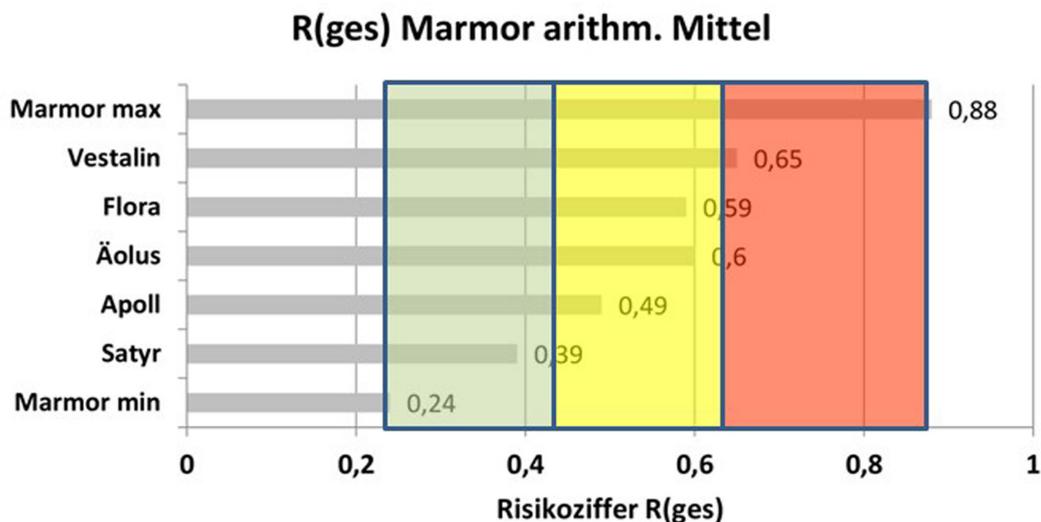


Abb. 9: Vereinfachte Einstufung wenig gefährdet - gefährdet - hoch gefährdet für Marmor.

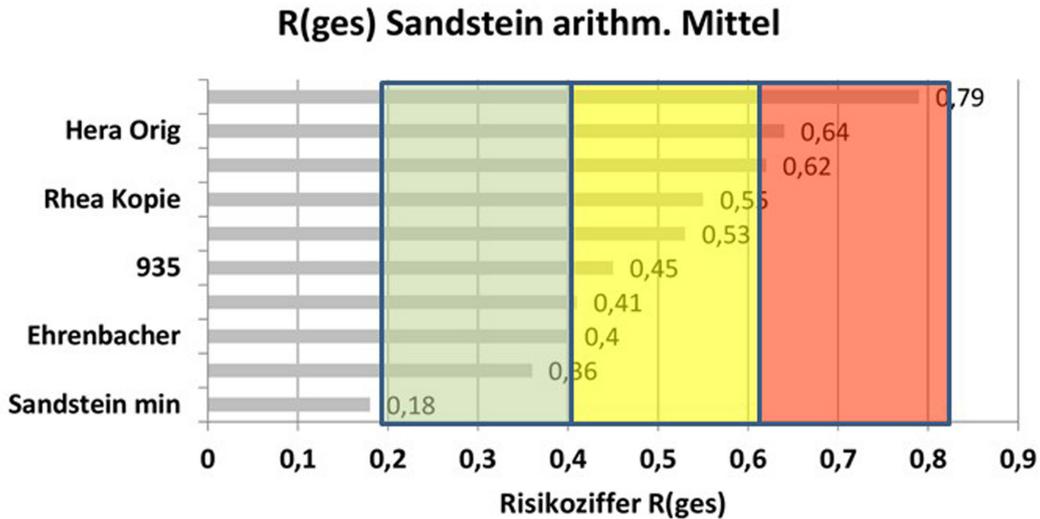


Abb. 10: Vereinfachte Einstufung wenig gefährdet - gefährdet - hoch gefährdet für Sandstein.

Eins erreichen kann, löst sich dieser scheinbare Widerspruch aus. Die Werte der Risikoziffer stellen das Gefährdungsrisiko der Figuren objektiv und realistisch dar.

Modellrechnungen erlauben weiterhin die Aussage, um wieviel das Risiko für eine Figur abnimmt, wenn sie vom Freien in ein Depot gebracht wird. Das Risiko sinkt in solchen Fällen um durchschnittlich 20 %, was eine beträchtliche Verminderung darstellt. Vollständig Null kann das Risiko in einem Depot aber auch nicht sein, denn immer noch wirken, wenn auch in geringerem Maße, klimatische Effekte auf die Figuren ein. Ferner bleiben Risikofaktoren wie eine niedrige Ultraschallgeschwindigkeit bestehen, obgleich sich

im Depot wahrscheinlich keine Verschlechterung mehr einstellen wird.

Die Resultate zeigen in ihrer Gesamtheit, dass allen Eigentümern empfohlen werden kann, ihren Skulpturenbestand untersuchen und mit Hilfe der Risikoziffer deren Gefährdungsgrad bestimmen zu lassen. Die Risikoziffer gibt zwar keine konkreten Hinweise auf zu ergreifende Maßnahmen, mit der Anzeige der Hochrisiken deutet sie aber auf die Hauptrisiken hin, die bei anstehenden Maßnahmen diskutiert werden können.