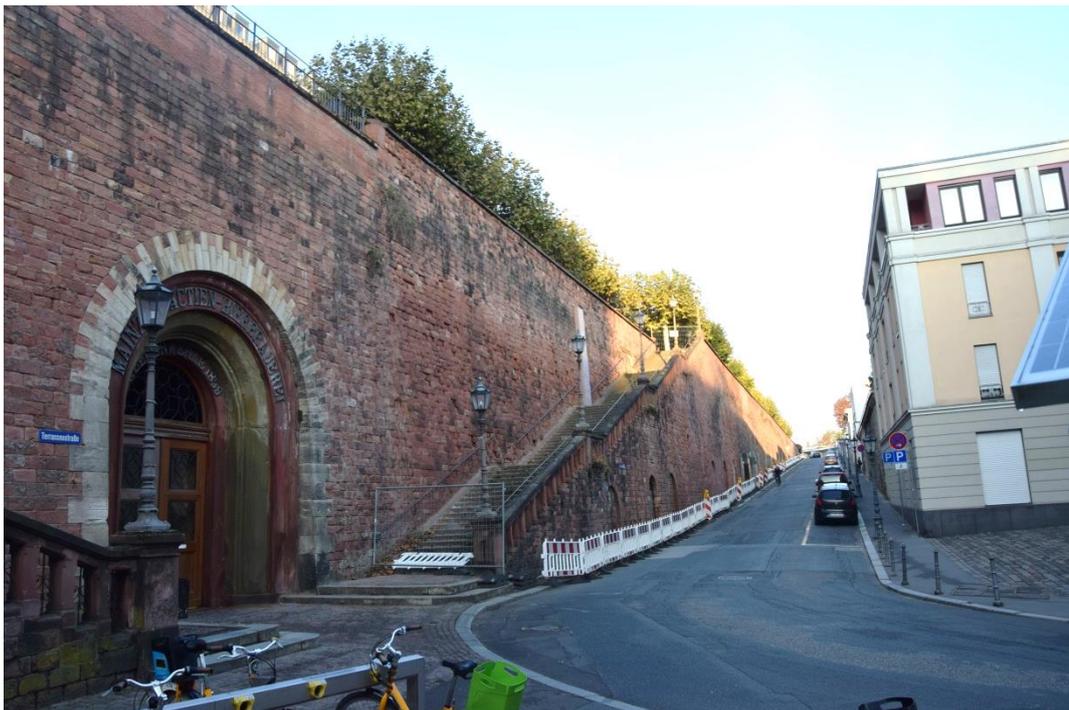




Kayser+Böttges Barthel+Maus

Ingenieure und Architekten GmbH



MAINZ
„KUPFERBERGTERRASSEN“ - STÜTZBAUWERK

Gutachten - Textteil



MAINZ

„KUPFERBERGTARRASSEN“ - STÜTZBAUWERK

Gutachten

über den statisch-konstruktiven Zustand und notwendige Maßnahmen

- Textteil -

fertiggestellt am 13. April 2020

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung, Aufgabenstellung	3
Verwendete Unterlagen.....	3
1 Bestandsaufnahme	5
1.1 Übersicht und Lage.....	5
1.2 Baubeschreibung.....	6
1.3 Baugeschichte	7
1.4 Materialien.....	10
2 Schäden.....	10
2.1 Sandsteinschale, Portal, Treppenstufen und Balustrade.....	11
2.2 Stützmauer mit Treppenaufgang.....	12
2.3 Gewölbekeller und Erschließungsgang.....	13
2.4 Oktogonhalle.....	13
3 Schadensursachen und statisch-konstruktive Beurteilung des Zustandes	14
3.1 Fehlende Terrassenabdichtung und -entwässerung.....	14
3.2 Verwitterung und Versalzung.....	15
3.3 Verformung / Neigung.....	16
3.4 Risse	16
3.5 Statisch-konstruktive Beurteilung des Zustandes.....	17
4 Sicherungs- und Instandsetzungsmaßnahmen: Ziele und Konzepte.....	17
4.1 Terrassenabdichtung und -entwässerung.....	17
4.2 Entsalzung	18
4.3 Rückverankerung	18
4.4 Sandsteinschaleninstandsetzung.....	18
4.5 Sonstige Instandsetzungsmaßnahmen.....	19
4.6 Empfohlene Anschlussuntersuchungen.....	20
Zusammenfassung	20



Anlagenteil (DIN A3) separat beiliegend

Auftraggeber:
Gebäudewirtschaft Mainz
Zitadelle Gebäude E
55131 Mainz

Kayser+Böttges | Barthel+Maus Ingenieure und Architekten GmbH
Infanteriestraße 11a, 80797 München | Fon +49 89 286860-0 | Fax -20
Grauelstraße 14, 55129 Mainz | Fon +49 6131 48020-92 | Fax -94
info@kb-bm.de | www.kb-bm.de



Einleitung, Aufgabenstellung

Die Stützmauer unterhalb der Kupferbergterrasse sowie die dahinter liegende Kelleranlage befinden sich im Besitz der Stadt Mainz, die Gebäudebetreuung obliegt der Gebäudewirtschaft Mainz (GWM). Aufgrund deutlicher Schäden am Bauwerk, insbesondere an der frei bewitterten Sandsteinschale, wurden 2016 der Gehweg und der Parkplatz vor dem Bauwerk aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht gesperrt.

Wegen der Komplexität des Bauwerks wurde zusammen mit dem Ingenieurbüro Barthel & Maus, Beratende Ingenieure GmbH, Mainz, (Barthel & Maus) beschlossen, die Sicherung und Instandsetzung des Bauwerks in einzelnen, aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten vorzunehmen. Der Erläuterungsbericht zur Grundlagenermittlung von Juli 2017 (/ 3 /) fasst den damaligen Kenntnisstand zum Bauwerk mit Blick auf die vorliegenden Archivunterlagen, den Bestand, den Schäden und deren Ursachen kurz zusammen, gibt Hinweise zu offenen Punkten und schließt mit Vorschlägen zum weiteren Vorgehen ab. Eine Erkenntnis ist, „...dass die geschädigte Sandsteinmauerwerksoberfläche nicht losgelöst vom Gesamtbauwerk betrachtet werden kann. Die Kupferbergterrassen bestehen aus den Gewölbekellern, dem Stützbauwerk und den Verkehrsflächen und müssen in dieser Gesamtheit bearbeitet werden“. Als anschließender zweiter Schritt wurden deshalb eine vollständige Bestands- und Schadensaufnahme mit der zugehörigen Klärung der Schadensursachen und die Entwicklung eines Instandsetzungskonzeptes empfohlen.

Entsprechend der Empfehlung wurde das Ingenieurbüro Barthel & Maus am 04.10.2018 mit der Erstellung von Bestandsplänen und der Ausarbeitung eines statisch-konstruktiven Gutachtens beauftragt.

Das Mauerwerk unterhalb des linken Treppenaufgangs ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens, da der Bereich zum Zeitpunkt der Planerstellung noch mit Efeu überwachsen war und keine Möglichkeit besteht, die Privatgärten zu betreten.

Aufgrund der starken Verwitterungsschäden an der Sandsteinschale wurde das Institut für Steinkonservierung, IfS, Mainz, für die Bestimmung der Salzbelastung an der Mauerwerksoberfläche hinzugezogen. Darüber hinaus hat das Ingenieurbüro Geotechnik Welling, Mainz, die Hinterfüllung ebenfalls im Hinblick auf die Salzbelastung untersucht.

Seit Anfang 2020 firmiert das Büro Barthel & Maus unter dem neuen Namen Kayser & Böttges, Barthel & Maus, Ingenieure und Architekten GmbH. Christian Kayser und Mark Böttges, seit 2012 Geschäftsführer des Büros, sind nun auch Gesellschafter.

Verwendete Unterlagen

a) Untersuchungsberichte

- / 1 / Hochbauamt(?): Fotodokumentation Schäden an der Stützmauer Kupferbergterrasse, Mainz(?), 1975/1976
- / 2 / Ingenieurbüro Gehlen: Kupferbergterrasse Mainz, Rissmonitoring im Oktogon, Rissdokumentation, Düsseldorf, 9.11.2012



- / 3 / Barthel & Maus, Beratende Ingenieure: Mainz, Kupferbergterrassen, Erläuterungsbericht zur Grundlagenermittlung, Mainz, Juli 2017
- / 4 / Institut für Steinkonservierung e.V.: Mainz, Kästrich-Kupferbergterrasse, Naturwissenschaftliche Analyse, Mainz, 13.08.2019
- / 5 / Geotechnik Büdinger Fein Welling: Geotechnisches Gutachten zu den Baugrundverhältnissen, Mainz, 31.03.2020

b) Planmaterialien:

- / 6 / Kayser & Böttges, Barthel & Maus, Ingenieure und Architekten: Mainz, Kupferbergterrassen, Terrassenstützmauer, Be-01 bis Be-14, München, April 2020
- / 7 / Unbekannt: Historischer Entwässerungsplan der Actien-Bier-Brauerei aus dem Archiv des Wirtschaftsbetriebs Mainz:, Maßstab 1:100



1 Bestandsaufnahme

Siehe dazu auch die Blätter 1.1 bis 1.29 im Anlagenteil

1.1 Übersicht und Lage

Die Altstadt von Mainz erstreckt sich auf einer Niederterrasse zwischen dem Rhein im Osten und der prägnanten Hochufer-Hangkante im Südwesten. Das Gelände öffnet sich V-förmig nach Norden, so, dass die steil zur Altstadtniederung abfallende Hangkante im Süden und Südwesten die Altstadt begrenzt. Bereits in der Antike wurde, der strategischen Bedeutung der Topographie gemäß, der Hang befestigt, und bis in das 19. Jahrhundert war die Hangkante identisch mit der inneren Stadtumwehrung.

Nach Norden hin, etwa bis zur Einmündung des Zahlbachtals im Bereich des Hauptbahnhofes, reduziert sich die Hangneigung so, dass das Gelände sich im Westen der Stadt kontinuierlich über eine Strecke von etwa 500 m bis zum Stadtzentrum - hier: dem Schillerplatz - absenkt. Das Hanggelände zwischen dem Höhenrücken und der Altstadtterrasse war in den Mauerring um die Innenstadt einbezogen, blieb aber zwischen dem Ende des römischen Reiches und der Mitte des 19. Jahrhunderts dauerhaft unbebaut. Der weitläufige, agrarisch genutzte Hang nahm möglicherweise in Referenz zu dem abgängigen antiken Kastell auf der Höhe den Flurnamen „Kästrich“ an. Bei der Aufsiedlung und städtebaulichen Entwicklung des Areals zwischen 1840 und 1860 wurde, um ebene und gut bebaubare Grundstücke zu gewinnen, quer über den Hang ein monumentales Stützbauwerk angelegt.

Dieses, heute nach dem oberhalb angesiedelten Traditionsunternehmen üblicherweise als „Kupferbergterrasse“ bezeichnete Bauwerk erstreckt sich etwa orthogonal zur Hangneigung von Südosten nach Nordwesten auf einer Länge von etwa 250 m. An der Position der höchsten Höhendifferenz zwischen der neu angelegten Terrasse an der Oberseite und dem Mauerfuß ist ein großes, repräsentatives Rundbogenportal angelegt, über das die weitläufigen Kellieranlagen hinter der Stützmauer erschlossen sind. Zwischen dem Schillerplatz und dem Hauptportal ist in Fallrichtung des Hanges die Emmerich-Josef-Straße als Hapterschließung angelegt. Am Fuß des Stützbauwerks verläuft die nach Nordwesten sanft ansteigende Terrassenstraße. Im Südosten endet das Terrassenbauwerk an einem in den Altstadtbereich vorspringenden Hangsporn (heute Viertel Mathildenstraße/Martinsstraße), nach Nordwesten hin reduziert sich die Bauwerkshöhe durch das am Fuß ansteigende Gelände bis hin zur verschliffenen Hanggeometrie oberhalb der Altmünsterkirche.

Durch die Anlage des Stützbauwerks konnte oberhalb ein weitgehend ebenes Quartier gewonnen werden: Unmittelbar oberhalb der abschließenden Stützmauer ist eine großzügige Terrasse (ehem. Mathildenterrasse) angelegt, die mit Baumreihen als öffentlicher Freiraum gestaltet ist. Hinter der Terrasse folgt eine weitere Stützmauer, auf der das großzügige, in den letzten Jahrzehnten neu angelegte Siedlungsquartier sitzt. Die beträchtliche Höhendifferenz von etwa elf Metern am Hauptportal wird über zwei großzügige, spiegelbildlich zu Seiten des Portals angelegte Freitreppen überwunden. Die Hauptmauer springt am Portal und oberhalb der Treppen notwendigerweise um Treppenbreite zurück.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist ausschließlich der rechts, also nordwestlich des Hauptportals gelegene Teil des Terrassenbauwerks.



1.2 Baubeschreibung

Die Längenerstreckung der baulichen Struktur zwischen Hauptportal und dem Abschluss im Nordwesten beträgt etwa 185 m. Am Hauptportal liegt die Höhendifferenz zwischen Mauerfuß und Terrasse bei etwas über 11 m, sie reduziert sich nach Nordwesten hin annähernd linear auf einen Meter.

Die repräsentative Freitreppe ist etwa drei Meter breit und läuft mit vier Steigungen und drei Zwischenpodesten über eine Länge von etwa 36 m, bis sie die Höhe der Mathildenterrasse erreicht. Zur Stadtseite hin ist ein Geländer mit sorgfältig bearbeiteten Sandsteinbalustraden angelegt.

In die anschließende Stützmauer sind entlang der Terrassenstraße immer wieder rundbogige, heute durchgängig vermauerte Zugänge in die dahinter anstehenden Gewölbe eingefügt. Oberhalb der Bogentore bestehen jeweils gemauerte runde Okuli, in denen teilweise Vergitterungen in Form von Hexagrammen als Zeichen der früheren Brauereinutzung angebracht sind.

Die Stützmauer ist mit einer steinmetzmäßig aufwändig gefügten Verblendung aus Rotsandsteinquadern versehen. Die Verblendung war ehemals mit Pressfugen ausgebildet, dahinter sind die Blendquader mauerseitig trapezförmig zugearbeitet und in das mörtelreiche Kernmauerwerk aus Bruchstein eingesetzt.

Der Querschnitt der Stützmauer ist auf einem historischen Entwässerungsplan / 7 / verzeichnet. Auf diesem nimmt die Mauerwerksstärke von oben nach unten in vier Schritten stufenweise zu. Die genaue Lage des Schnittes ist nicht bekannt. Da sich die Geometrie der Stützmauer mit dem Geländeverlauf sowie der angrenzenden Bauwerksgeometrie verändert, kann dieser Schnitt nur als ein schematischer Schnitt verwendet werden. Das Aufmaß / 6 / und die Baudokumentation / 1 / erlauben lediglich punktuelle Rückschlüsse auf den Mauerwerksquerschnitt.

Unter dem gesamten Terrassenbereich sind großzügige, sehr weitläufige Kelleranlagen angelegt, die wiederum über Stichgänge in Verbindung mit weiteren unterirdischen Kellern im Bereich der Altstadt-Hangkante stehen. Die Keller unter der Terrasse dienten ehemals durchgängig als Lagerkeller der Mainzer Aktienbrauerei sowie der Kupferberg'schen Sektkellerei.

Das zunächst verwirrend-labyrinthische System der Keller lässt sich in einzelne Teilbereiche gliedern:

Abschnitt 0

Der Abschnitt bezeichnet die zentrale, heute als halb öffentlicher Durchgang genutzte Erschließungsstruktur hinter dem Hauptportal. Hinter dem Zugang öffnet sich zunächst die monumentale, mit einem Klostergewölbe versehene Oktogonhalle, an sie schließt ein sanft hangabwärts ansteigender Erschließungstunnel an, von dem aus heute die Wohnanlage zugänglich ist. Unmittelbar hinter der Oktogonhalle bestehen die Zugänge zum hier behandelten Kellersystem unter dem Nordwestteil der Terrasse wie auch zu den wohl zugesetzten/verschütteten Kellern unter dem kleineren südöstlichen Abschnitt.

Abschnitt 1

Der erste Abschnitt der Kelleranlagen erstreckt sich hinter der nordwestlichen Freitreppe auf einer Länge von etwa 40 m. Er gliedert sich im Inneren prinzipiell in drei mauerparallele Längszonen gleicher Breite, wobei nicht klar ist, ob die erste stadtseitige Längszone hinter der Oktogonhalle mit einem Kellergewölbe ausgebaut oder verfüllt ist - der Bereich ist nicht zugänglich, es findet sich allerdings eine vermauerte Öffnung. Hangseitig schließen zwei parallel hintereinander gestaffelte tonnengewölbte Keller (*Flavius* und *Germanicus*) an. Nur *Germanicus* erstreckt sich über die gesamte



Länge des Abschnittes, im Bereich der vorderen, stadtseitigen Längszonen besteht ein orthogonal zur Stützmauer angelegter Gewölbekeller (*Ennius*). Die Keller im Abschnitt 1 befinden sich durchgehend auf einer horizontalen Ebene, höhengleich mit dem Zugang am Hauptportal. Bedingt durch das tatsächlich nach Nordwesten ansteigende Höhenniveau der Terrassenstraße, liegen die nordwestlichen Partien der Keller bereits unterhalb des Straßenniveaus

Abschnitt 2a

Der folgende Abschnitt, gleichfalls mit einer Länge von etwa 40 m, ist verhältnismäßig regelmäßig gefügt: Er besteht aus einer Folge von sechs orthogonal zur Stützmauer in den Hang hinein verlaufenden Gewölbekellern von je etwa 18 m Tiefe. Zwischen den Gewölbekellern und der mächtigen, etwa 2,3 m starken Stützmauer verläuft ein gleichfalls gewölbter Erschließungsgang. Die Führung des Erschließungsganges entspricht etwa der der Terrassenstraße auf der Außenseite; ehemals war ein direkter Zugang über die Folge rundbogiger Portale in der Mauer möglich. Die anschließenden Gewölbekeller sitzen hingegen tiefer, ihre ursprüngliche Sohle führt das Höhenniveau des Abschnitts 1 und des Zugangs am Hauptportal fort. Von dem Erschließungsgang führen daher teils Leiterstiege und Treppen hinab in die Keller, teils sind die Keller auch vollständig mit Tanks verstellt und nicht zugänglich.

Abschnitt 2b

Der folgende, sich wiederum über eine Länge von etwa 40 m erstreckende Abschnitt ist grundsätzlich analog aufgebaut. Auch hier besteht eine Folge von fünf quer zum Hang verlaufenden Lagerkellern, die über den hinter der Hauptmauer laufenden Erschließungsgang zugänglich gemacht waren. Während der – heute vermauerte – südöstliche Keller noch das Höhenniveau der Keller in den Abschnitten 2a und 1 fortführt, sind die anschließenden Keller demgegenüber angehoben. Sie erreichen mit ihren Gewölbescheiteln etwa das Niveau der Terrassenstraße. Von dem Erschließungsgang vor dem mittleren der fünf Keller aus ist ein brunnenartiger, mit einer eisernen Wendeltreppe ausgestatteter Schacht abgetäuft. Von diesem aus ist der etwa 15 m tiefer, unter der Terrassenstraße gelegene Doppelkeller *Main/Donau* zugänglich.

Abschnitt 3

In dem mit 60 m längsten Abschnitt bestehen lediglich zwei mauerparallele Längszonen mit monumentalen, durchgehenden Gewölbekellern („*Bismarck*“ und „*Florian Kupferberg*“). Beide Keller liegen ebenengleich mit ihren Gewölbescheiteln etwa 6 m unterhalb des Laufniveaus der Mathildenterrasse. Die Keller schließen dabei nicht direkt an die Hauptstützmauer an. Die hier lediglich noch 3 bis 1 m hohe Mauer ist vermutlich massiv hinterfüllt. Im Anschlussbereich an Abschnitt 2b ist hinter der Hauptmauer zusätzlich ein zweistöckiger, rechteckiger Gewölbekeller eingefügt. Es handelt sich hierbei nach Ausweis historischer Planunterlagen um den einzigen Privatkeller der sonst von den beiden großen Industrieunternehmen genutzten Gewölbeanlage.

1.3 Baugeschichte

Das Gelände des sogenannten „Kästrich“ bildet im Umgriff der historischen Innenstadt von Mainz eine stadtbaugeschichtliche Besonderheit. In der Antike war der steile Hang im Westen der Innenstadt wesentlich für die Stadtentwicklung: Auf der Höhe des Hanges befand sich das für die Stadtanlage wesentliche Kastell, Castrum, dessen Name wohl in der eigenartigen Benennung des Geländes fort lebt. Neben der militärischen Befestigung war, wie Ausgrabungen aus der Mitte des 19. Jahrhunderts bezeugen, der Hang dicht bebaut. Die unsystematischen, erst nachträglich zusammenfassend dokumentierten archäologischen Untersuchungen ab 1842 brachten, neben „Kulturresten, Brunnen



und Wasserbehältern“¹, Hauskeller und Grundmauern (Laske 1855, S. 18 und 19) römischer Bauten zutage. Einige der Funde und Baufragmente zeigten Brandschäden (Laske 1855, S. 18), möglicherweise Zeugnisse der Zerstörungen infolge der spätantiken Einfälle und Plünderungen durch germanische Stämme 352/355 durch die Alemannen und 407 die Vandalen.

Bemerkenswerterweise blieb das Hanggelände für fast anderthalb Jahrtausende unbebaut. Die mittelalterliche Stadtmauer wurde, wohl unter Nutzung römischer Überreste, über die Höhe des Kästrich-Hanges geführt, der Hang selber diente als innerstädtischer Weinberg. Lediglich am Hangfuß entstanden bescheidene Hausstellen, in denen „Tuchmacher und Wollenweber“ wohnten.² Die Bezeichnung „Kästrich“ etablierte sich für das gesamte Gelände vom Tiermarkt, dem heutigen Schillerplatz, bis zur Stadtmauer auf dem Scheitel des Hügels.

Erst der deutliche Anstieg der Bevölkerungszahl in der nach wie vor durch den Festungsgürtel in der äußeren Entwicklung gehemmten Stadt im 19. Jahrhundert erzwang die Entwicklung der innerstädtischen Freifläche. Nach dem Bericht Laskes (1855, S. 3) erfolgte der „erste Spatenstich zur Anlage von Straßen und Bauplätzen“ 1842. Bei den Baumaßnahmen fanden sich zahllose antike Fragmente, die jedoch nicht systematisch erfasst wurden.

Die Bau- und Entwicklungsmaßnahmen erfolgten notwendigerweise in enger Abstimmung mit der Militärverwaltung des Deutschen Bundes, da sie die strategischen Belange der Befestigungsanlagen auf dem Berg berührten. In den Protokollen der „Militärcommission der Teutschen Bundesversammlung“ finden sich ab 1843 immer wieder Vermerke zu den Baumaßnahmen (Jg. 1843, S. 285: „§3940: Verfaßt den Bericht in Betreff der an Stände bei Anlage der Straße v. Thiermarkt nach dem Kästrich in Mainz“ etc.). Die Protokolle lassen gewisse Rückschlüsse auf die Folge der Arbeiten zu und bezeugen, dass zunächst eine Straße vom Tiermarkt (Schillerplatz) auf den Kästrich angelegt wurde – wohl die Emmerich-Josef-Straße. 1844 (§3182) wurde der Bau in Absprache der Unternehmer Schmitt und Dr. Schlemmer mit der Militärkommission konkretisiert. Die Militärkommission forderte „der Straße bis zum Ende der Caserne eine Steigung von nur 4 ½ Procent zu geben, um solche sodann von da an mit 6,28 Procent Steigung weiterführen zu können“, eine bestehende Querstraße nach dem „Kuyn'schen Weinberge“ offen zu lassen, um dort gegebenenfalls später Festungswerke und Erschließungen anlegen zu können. Die intendierte Anlage eines „neuen Stadtviertels“ ist expressis verbis 1844, §282, genannt. Sie wird als „Angelegenheit der Stadtbehörde und der Territorialregierung“ aufgefasst, womit „Privatleute mit ihren Projecten“ zunächst an diese Stellen zuzuweisen wären. 1847 wurde die Straßenanlage zur Altmünstergasse konzipiert (§771), vermutlich die Walpodenstraße. Die weitere Bebauung wurde zunächst durch die Revolution von 1848 aufgehalten.³ In den Folgejahren entstand schließlich die heutige Stadtanlage: Nach der Firmenchronik der Sektkellerei Kupferberg wurde 1850 die „ausgedehnte Unterkellerung der Mathildenterrasse vorgenommen“, wobei irritierenderweise die Platzfläche in städtischen Besitz blieb, während die darunterliegenden Keller privaten Eigentümern gehörten.⁴ Die gewaltige Terrassenanlage mit dem Stützbauwerk über der Stadt wurde zu Ehren der hessischen Großherzogin Mathilde (1813-1862) „Mathildenterrasse“ genannt“.

¹ Johann Baptist Laske: Die Ausgrabungen auf dem sogenannten Kästrich zu Mainz. In: Abbildungen von Mainzer Altertümern, Mainz 1855, hier: S.3

² Kupferberg, Christian Adalbert: Christian Adalbert Kupferberg 1824-1876, Mainz 1975, S. 53 FN

³ Kupferberg 1975, S. 53

⁴ Chr. Adt. Kupferberg & Co., Mainz - Sektkellerei C.A. Kupferberg, 1901 - 19 Seiten



Anlässlich des Ausbaus des neuen Stadtviertels erwarb auch der Sekthersteller Christian Adalbert Kupferberg eines der neu erschlossenen Grundstücke: „Schon vor Jahren hatte er [...] in aller Stille ein hochgelegenes Gelände über Mainz auf dem Kästrich erworben und dort bald mit dem Bau eines Hauses begonnen. Es handelte sich hier um historischen Boden, der – schon seit der römischen Zeit teilweise unterkellert – sich aufs Beste für den Bau weiträumiger, großer Keller für die Lagerung und Reifung von Sekt eignete, Keller, die von seinen Söhnen und Enkeln einmal zu den tiefst geschichteten Sekt-Reifekellern der Welt erweitert werden sollten. [...] Kupferberg ging es freilich nicht um die hier wachsenden Reben, sondern um die weitläufigen Kellereianlagen, die nun geschaffen werden konnten. [...] Die nun auf sechs Personen angewachsene Familie konnte im Herbst 1855 das neue Haus auf dem Kästrich in Mainz: auf der Mathilden Terrasse, der späteren Kupferberg Terrasse, beziehen.“⁵

1857 geschah eine Katastrophe, die die Entwicklung des neuen Stadtteils zunächst erheblich behindert: Das in dem alten Martinsturm, nahe dem Gautor, untergebrachte Pulvermagazin explodierte am 18. November 1857 - „57 Wohnhäuser wurden vollständig zerstört und mehr als 150 Menschen getötet oder schwer verwundet“⁶. Das Kupferberg'sche Haus im Nordosten des Geländes wurde beschädigt, blieb aber erhalten.

Eine Handzeichnung der Festungswerke zwischen Zitadelle und Kästrich vom 14. März 1858 bezeugt den Bestand nach der Räumung der Trümmer (GSPK_DB1-III-374). Die Terrassenanlage ist nach wie vor unbebaut, lediglich das Kupferberg'sche Haus ist bereits verzeichnet. Von der Stadtmauer her zieht sich bis zur Terrasse die „Strasse in den neuen Kästrich“, die heutige Drususstraße. Die doppelte Treppenanlage zur Erschließung der Terrasse ist bereits verzeichnet. Darin abweichend von den Angaben in der Kupferberg-Firmenbiographie: „Die Treppe links zur Terrasse entstand 1862, die Treppe rechts bereits 1857.“

In den Folgejahren wurde auch die übrige Fläche der Terrassenanlage entwickelt, die wesentlichen Flächen nahmen die Kupferberg-Kellerei im Norden ein, sowie im Süden, seit 1859, die Mainzer-Actien-Brauerei. Beide Akteure teilten sich die weitläufigen Kellieranlagen unter der Terrasse. Zu einer gewissen nationalen Aufmerksamkeit, wenngleich unter der Rubrik „Vermischtes“, brachte es im März 1875 noch einmal ein undichtes Bierlager der Aktienbrauerei – „Entdeckung von Bierquellen: Seit einigen Tagen läuft ein Gerücht um, dass die Brunnen und Keller in der Nachbarschaft der Aktienbrauerei mit Bier angefüllt sein, welches aus den Kellern der letzteren durchgedrungen wäre. Das Gerücht ist vollständig begründet. In den Kellern der Herren Feldheim und Henkell zum Beispiel ist das Bier 95 cm hoch gestanden und man ist noch mit dem auspumpen des selben beschäftigt [...]“⁷

Die Ereignisgeschichte bezeugt, dass die Terrassenanlage mit den weitläufigen Kellieranlagen darunter in wesentlichen in einem Zuge, bis spätestens 1850/51 entstand. Die abschließende Gestaltung der Terrasse, etwa mit der Anlage der aufwändigen Treppenanlage war wohl 1857 vollendet. Das Terrassenbauwerk wurde von den Schäden der Pulverexplosion nicht berührt.

⁵ Kupferberg 1975, S. 53

⁶ Kupferberg S. 57. Vgl auch u.a. Regensburger Zeitung 1857, Mittwoch 25.11.1857-Nr. 325 zu Mainz, 22.11 – Explosion Pulvermagazin

⁷ Weilheim-Werdenfelser Wochenblatt 19 – 6.3., 1875,S.76



Die Quellen schweigen sich über die Art der Bauausführung aus, doch gibt der Bestand gewisse Hinweise. Zwischen dem Erschließungsgang an der Teilseite und den quer dazu verlaufenden Gewölbekellern ist in den ungestörten und unverblendeten Bereichen eine stumpfe Baufuge erkennbar, ebenso fällt der Höhenversprung zwischen beiden Parteien auf. Erklären lässt sich dies durch eine ausdifferenzierte Bauweise: Die quer zum Hang gelagerten Gewölbekeller wurden von einem Abstich entlang der späteren Terrassenstraße aus bergmännisch in den bestehenden Hang geschachtet, und der Erschließungsgang mit der mächtigen Stützmauer dann im „Tagebau“, unter freiem Himmel, auf dem Hanggelände davor gesetzt. Zuletzt wurde der Raum hinter der Mauer angefüllt und die Terrasse oberhalb planiert.

Der bauzeitliche Bestand ist grundsätzlich gut erhalten. Größere Eingriffe erfolgte nachträglich lediglich im Bereich der Treppenanlage: Ein (leider undatierter!) Plansatz aus den Beständen des Stadtarchives (PSF 02552) bezeugt, dass, nach Plangrafik und Typographie zu schließen, die Treppen um 1900/1910 erneuert wurden. Hierbei wurde die Steigung verändert. Die neuen Treppen verlaufen etwas flacher als die ursprüngliche Anlage und verfügen über ein zusätzliches Podest.

Im Zweiten Weltkrieg erlitt der Bereich um die Mathildenterrasse keine besonderen Schäden; die Nachkriegs-Schadenskarte (Digitales Häuserbuch) von 1946 weist lediglich für das Gelände der Actienbrauerei Schäden auf.

1975 erfolgten Instandsetzungsarbeiten an dem gesamten Bauwerk. Hierbei musste u.A. das Mauerwerk der Stützmauer oberhalb des Hauptportales erneuert werden. Im Zuge der Maßnahme wurde von oben bis auf das Kuppelgewölbe abgegraben und eine Stahlbetonplatte zur Sicherung von Gewölbe und Stützmauer eingebaut.

1.4 Materialien

Die Verblendung der Stützmauer sowie die Treppenstufen, die Treppenbaluster mit Handlauf und die Brüstungsabdeckungen sind aus Rotsandsteinquadern gefertigt.

Soweit einsehbar bestehen das Kernmauerwerk der Stützmauer sowie die Gewölbe überwiegend aus Kalksteinen, vermutlich lokales Material aus dem Mainzer Becken. Einzelne Gewölbe und Teilbereiche bestehen aber auch aus Sandstein- oder Ziegelmauerwerk.

Die Tanks sind auf der Innenseite gefliest, der Wandaufbau wurde nicht sondiert. Ebenso wenig wurden die eisernen Bauteile, wie die Wendeltreppe, die Vergitterungen, das Treppenzierwerk, Träger usw. nicht genauer untersucht.

Weitere Angaben zum Mörtel (Bindemittelgehalt, Art und Zusammensetzung des Zuschlags usw.) können / 4 / entnommen werden.

Die Auffüllung besteht laut dem geotechnischen Bericht / 5 / aus einer ortstypischen inhomogenen Mischung aus leicht bis stark sandigem Schluff, der aber auch von kiesigen und bindigen Lagen durchzogen ist. Außerdem finden sich Ziegelbruch in den Bohrkernen.

2 Schäden

Siehe dazu auch die Blätter 2.1 bis 2.27 im Anlagenteil.

Es sei darauf hingewiesen, dass die vorliegende Schadensaufnahme keinen Anspruch auf eine vollständige Erfassung der Schäden erheben kann. Die Keller waren z.T. nur eingeschränkt einsehbar



und zudem mit Unrat belegt. Eine Aktualisierung und Ergänzung der Aufnahme im Rahmen der eigentlichen Planung, nach Freilegung der bisher schlecht oder nicht zugänglichen Bauteile, ist angeraten.

2.1 Sandsteinschale, Portal, Treppenstufen und Balustrade

Bewuchs

Auf der Mauerwerksoberfläche und an den Sandsteinelementen finden sich Flechten und Moose. Diese sind nicht schädlich, deuten aber auf eine hohe Feuchtigkeit im Mauerwerk hin. Die hohe Feuchtigkeit führt neben einer schnelleren Verwitterung und hohen Salzbelastung auch zu Frostschäden.

Die vereinzelt aus dem Mauerwerk wachsenden Pflanzen schädigen das Mauerwerk hingegen unmittelbar. Durch das Dickenwachstum des Wurzelwerks wird der Mauerwerksverbund auseinander gedrückt. Neben dieser mechanischen Schädigung kommt es durch feinstes Wurzelwerk zu weniger offensichtlichen biologischen Lösungsprozessen im Mauermörtel. Der Kalk aus dem Mörtel wird gelöst und ohne das Bindemittel bleibt nur noch der Sand vom Mörtel übrig.

Verwitterung

Die Lager- und Stoßfugen des regelmäßigen Schichtmauerwerks aus Sandsteinquadern sind jeweils als Pressfugen mit einer Breite von weniger als 5 mm ausgebildet. Aufgrund der trapezförmigen Geometrie der Steinsrückseite nimmt die Fugenbreite mit dem Grad der Rückwitterung zu. Die maximale Fugentiefe der Sandsteinquader mit Oberflächenbearbeitungsspuren, d.h. die der wenig verwitterten Steine, beträgt ca. 10 cm. An der Differenz zu diesem Maß kann der Verwitterungsgrad abgelesen werden. Daher ist bekannt, dass die meisten Steine um mehrere Zentimeter abgesandet sind, d.h. die Bindemittel und infolge auch die Quarzkörner wurden vom Niederschlag aus der Steinoberfläche herausgelöst. Das Material findet sich als „roter Sand“ am Mauerfuß der gesamten Stützmauer.

Das leicht rückversetzte Portal der Oktogonhalle ist besser vor Niederschlag geschützt, die entfestigten Materialien werden nicht unmittelbar abgewaschen. Hier blättert die Sandsteinoberfläche ab.

Wie die Sandsteinverblendung sanden und blättern auch die Treppenstufen und Baluster ab. Obwohl einige Sandsteinelemente der Treppe 1975 ausgetauscht wurden, sind diese schon wieder stark angegriffen.

Massive Sandsteinplatten bilden den Mauerkronenabschluss des Brüstungsmauerwerks. Diese sind ebenfalls verwittert, wobei hier oberflächenparallele schalenförmige Frostabplatzungen der horizontalen Flächen überwiegen. Oberhalb des Portals fehlt aber auch eine Plattenecke mit einer Kantenlänge von ca. 20 cm x 30 cm.

Salzausblühungen

In unterschiedlichem Umfang sind an der Mauerwerksoberfläche weiße Schlieren zu finden. Dabei handelt es sich um Salzausblühungen. Das Ausmaß ist unterhalb der Lafebene der Treppe und im Spritzwasserbereich am Mauerfuß besonders ausgeprägt. Im Abschnitt 2, im Bereich mit den hinter der Stützmauer liegenden Gewölben, zeichnet sich auf der Mauerwerksoberfläche ein „Salzstreifen“ ab. Die obere Begrenzung des „Salzstreifens“ liegt etwa 2,0 m unter der OK Terrasse. Die untere Begrenzung befindet sich etwa auf Höhe der Gewölbe. Siehe auch / 4 /.



Korrosion

Das Zierwerk zwischen den Balustern, die Hexagramm-Vergitterungen und die Absturzsicherung auf dem Brüstungsmauerwerk sind stark korrodiert. Durch den Korrosionsdruck sind die Sandsteinplatten der Brüstung an mehreren Stellen gesprungen.

Gefügestörungen

Durch die starke Verwitterung der Steinoberflächen reduziert sich die Fugentiefe und der Mauerwerksverbund mit den benachbarten Steinen geht verloren. Außerdem dringt vermehrt Niederschlag in das Fugennetz ein, welcher gemeinsam mit dem Wasser aus der Hinterfüllung die gelösten Bestandteile des Mörtels auswäscht. Mit der Entfestigung des Mörtels auch im hinteren Bereich der Sandsteinquader beginnen diese sich vom Kernmauerwerk zu lösen. Die gelösten Bereiche beulen aus oder Einzelsteine lassen sich händisch aus dem Mauerwerksverbund heraus nehmen. Der Untersuchungsbericht / 4 / bestätigt die Beobachtung und beschreibt die Mörtel als „bindemittelarm“. Die Schadensschwerpunkte liegen wie bei der vorgenannten Verwitterung und Versalzung unterhalb der Treppen, im Spritzwasserbereich, im Bereich des „Salzstreifens“ oberhalb der Gewölbe sowie in den Bereichen, die unmittelbar an die in jüngerer Zeit aufgemauerte Bereiche grenzen.

Vertikale Risse mit einer Breite von 10 mm bis 20 mm finden sich nur unterhalb des Treppenaufgangs. Die Rissbreiten der horizontalen Risse in den Betonflickungen des Abschnitts 3 betragen 1 mm bis 7 mm.

Nicht fachgerechte Reparaturen

Die Bearbeitungsspuren an den jüngeren Steinen sind noch gut ablesbar. Das Fugennetz besteht aus ca. 1 cm breiten Stoß- und Setzfugen anstatt der ursprünglichen Pressfugen. Das zementöse Fugenmaterial wurde rot eingefärbt, um den Unterschied optisch zu kaschieren. Über das zementöse und damit weitgehend wasserundurchlässige Fugenmaterial kann die Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk nicht mehr ausdiffundieren. Stattdessen sucht sich das salzbelastete Wasser den Weg durch das Steinmaterial, welches durch die damit höhere Salzbelastung noch schneller verwittert. Dasselbe gilt für das an den Torbögen großflächige eingesetzte Steinersatzmaterial.

Die sichtbaren Betonflickungen in den Abschnitten 2 und 3 sowie die Ergänzung aus nicht sichtbarem Beton oberhalb des Portals bilden ebenfalls eine verhältnismäßig dichte Oberfläche. Die sich dahinter stauende Feuchtigkeit tritt vermehrt durch die angrenzenden Mauerwerksbereiche aus. Auch der neu aufgemauerte Bereich hinter dem rechten Treppenaufgang wirkt wie eine Sperrschicht, das Wasser muss über das Steinmaterial oder die angrenzenden Flächen austreten.

2.2 Stützmauer mit Treppenaufgang

Neben den vorgenannten oberflächigen Schäden an der Sandsteinverblendung ist die Stützmauer in den Abschnitten 0 bis 2b tiefgreifend geschädigt.

Verformung

Die Verformungsauswertung an den Schnitten A-A bis F-F ergibt, dass die gesamte Stützmauer leicht talseits kippt. Siehe dazu Blatt 2.4. Folglich war der heute an mehreren Schnitten gemessene Anzug von 3,5 cm/m ursprünglich größer.

Deutliche Abweichungen gibt es im Bereich vor der Oktogonhalle. Das Portal kippt über einer Höhe von 4,8 m um ca. 13 cm nach außen. Entsprechend beträgt der Anzug der Stützmauer nur 2,9 cm/m.



Am Schnitt F-F, am rechten Treppenaustritt, kippt die Innenwand des Erschließungsgangs leicht talseits. Die Außenwand des Erschließungsgangs hingegen kippt über eine Höhe von 3,4 m um ca. 14 cm! Dieser Bereich wurde in der Vergangenheit bereits instandgesetzt (ohne Datierung).

Die Balustrade des zweiten rechten Treppenpodestes verkippt über ihre Höhe von 1 m um ca. 10 cm zur Vertikalen. Mit der Balustrade neigen sich die darauf befindlichen Straßenlaternen ebenfalls nach außen. An den Straßenlaternenbefestigungen ist der wiederholte Versuch, die Neigung über die Jahre immer wieder auszugleichen, ablesbar.

2.3 Gewölbekeller und Erschließungsgang

Die Oberflächen des Kellers *Bismarck* sind fast vollständig mit Schimmel überwachsen und deshalb nur bedingt einsehbar.

Verwitterung

Die offenporigen Sandsteine im Keller sanden und blättern wie an der frei bewitterten Sandsteinschale ab, allerdings in einem deutlich geringeren Umfang. Die Kalk- und Ziegelsteinoberflächen sind kaum verwittert.

Der Mörtel des Sandstein- und Kalksteinmauerwerks ist entfestigt und beispielsweise im Keller *Flavius* um bis zu 8 cm ausgewaschen. Die verputzten Flächen lösen sich vom Mauerwerk. Der zementhaltige Mörtel des Ziegelmauerwerks ist weniger geschädigt.

Ausblühungen und Krusten

In allen Bereichen der Keller finden sich starke Ausblühungen und Krusten. Aufgrund des umfangreichen Schimmel- und Kellerschimmelbewuchses sowie der starken Verschmutzung sind die Mauerwerksoberflächen teilweise nicht mehr erkennbar, bzw. ist der Umfang der jeweiligen Schädigung nicht eindeutig voneinander abgrenzbar. Gut erkennbar sind die Salzausblühungen in den Fugen des Ziegelmauerwerks.

Gefügestörungen

Durch den entfestigten Mörtel kommt es in wenigen Teilbereichen, wie im Keller *Flavius*, zu Ausbrüchen von Einzelsteinen.

Im Erschließungsgang des Abschnitts 2a finden sich auf der ganzen Länge Längsrisse im Gewölbescheitel, bzw. klafft die Baufuge zwischen Stützwand und Erschließungsgang. Die Rissbreiten und Klaffungen betragen durchschnittlich etwa 10 mm, das Maximum liegt bei 40 mm.

Korrosion

Entsprechend der hohen Luftfeuchtigkeit sind alle Eisenteile stark korrodiert. Dazu gehören beispielsweise die Stahlträger in den Kellern *Antonius / Brutus* und *Germanicus*, eine korrodierte Eisenschalung (?) im Keller *Drusus* sowie die eisernen Türen, Beschläge, Gitter, Schienen, Installationen usw.

2.4 Oktogonhalle

Ausblühungen

Die gesamte Oberfläche der Oktogonhallenwände und der Kuppel blühen stark bis sehr stark aus. Durch die Risse und Wände dringt Feuchtigkeit ein. Am Boden sammelt sich der gelöste rote Sand.



Gefügestörungen

Die Wände beulen nach innen aus, wobei geometriebedingt die Verformungen der zwei Seitenwände am stärksten ausgeprägt sind. 2012 wurden die Risse in den Seitenwänden vom Ingenieurbüro Gehlen aufgenommen und mit vier Riss-Monitoren versehen. Siehe auch / 1 /. Im Zuge des Einbaus der Notsicherung 2018 mussten die Riss-Monitore abgenommen werden. Eine Auswertung der Risszunahme ist deshalb leider nicht möglich.

3 Schadensursachen und statisch-konstruktive Beurteilung des Zustandes

Siehe dazu auch die Blätter 3.1 bis 3.4 im Anlagenteil

3.1 Fehlende Terrassenabdichtung und -entwässerung

In allen Gewölbekellern und im Erschließungsgang herrscht eine sehr hohe Luft- und Bauteilfeuchtigkeit. Der im ganzen Keller weit verbreitete Kellerschimmel („*Casmodium cellare*“) wächst erst ab einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 85% - die vorhandene Luftfeuchtigkeit muss also bei mindestens 85% oder mehr liegen. Auch die frei belüftete Sandsteinfassade ist dauerhaft feucht, wie der Bewuchs mit Algen und Moosen zeigt.

Der Wassereintrag durch einen defekten Kanal o.Ä. ist unwahrscheinlich, da die Schäden am Mauerwerk großflächig auftreten und nicht lokal begrenzt sind. Laut Baugrunduntersuchung gab es im Bereich der Kupferbergterrasse zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Stau- oder Grundwasser, womit die Möglichkeit einer dauerhaften Durchfeuchtung infolge von Grundwasser ebenfalls entfällt. Siehe dazu / 5 /. Die hohe Feuchtigkeit in den Kellern und an der Oberfläche der Stützmauer ist deshalb mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine fehlende Entwässerung und Abdichtung der Terrassenfläche zurückzuführen. In / 5 / heißt es dazu: „*Jedoch zeigten die bereichsweise vorhandenen Aufweichungen an, dass in Nassperioden durch von oben eindringende Sickerwässer temporäre Staunässe in verschiedenen Tiefenlagen auftreten können*“.

Die Terrasse gliedert sich in Bereiche mit unterschiedlichen Belägen. Eine planmäßige Entwässerung ist nur an der Straße und in deren Verlängerung über einzelnen Einläufen vorgesehen. Das heißt, dass der Niederschlag der unbefestigten, baumgesäumten Fläche sowie der gepflasterten Fläche entlang des Brüstungsmauerwerks unkontrolliert in der Auffüllung versickert.

Das Sickerwasser wird zu einem nicht unerheblichen Teil von den Bäumen über die Wurzeln aufgenommen. Das Restwasser diffundiert nach unten weiter und verteilt sich je nach Widerstand. Ein Teil diffundiert in die Gewölbe, wobei das Feuchtigkeitsgefälle aufgrund der fehlenden Nutzung / Lüftung der feuchten Keller gering sein dürfte und sich der prozentuale Eintrag deshalb in Grenzen halten wird. Der größere Teil des Restwassers wird sich auf den Gewölben sammeln und diffundiert durch die Stützmauer nach außen an die verhältnismäßig trockene Sandsteinoberfläche.

In der Baudokumentation zur Instandsetzung über dem Portal von 1975 (/ 1 /) wird bereits auf eine Versickerungsstelle auf der Terrasse verwiesen. Der Niederschlag wurde damals als eine der Ursachen für die umfangreichen Schäden oberhalb des Oktogonportals erkannt.



3.2 Verwitterung und Versalzung

Die umfangreichen Verwitterungsschäden sind auf die im vorstehenden Kapitel beschriebene fehlende Entwässerung in Kombination mit der hohen Salzbelastung zurückzuführen. Folgend wird der Schädigungsprozess chronologisch erläutert:

Phase 1: Beginn Versalzung

Auf der Terrassenfläche wurde über längere Zeiträume Tausalz gestreut. Die wasserlöslichen Salze gehen in Lösung und versickern aufgrund der fehlenden Oberflächenentwässerung mit dem Tauwasser in der Hinterfüllung.

Phase 2: Fortschreitung Versalzung, Verwitterungsschäden

Das Natriumchlorid gelangt mit dem Sickerwasser in die tieferliegenden Schichten und schließlich durch die Stützmauer an die Mauerwerksoberfläche. Hier trocknet das Wasser ab, das Natriumchlorid kristallisiert aus und bleibt an der offenporigen Sandsteinoberfläche zurück. Durch den Kristallationsdruck in den feinen Sandsteinporen wird das Steinmaterial zerstört und sandet, bzw. blättert, ab. Dazu heißt es in / 4 /: *„Wie Tabelle 4 zeigt, konnten bei der quantitativen Analyse wasserlöslicher Salze deutlich erhöhte Chlorid-Ionengehalte sowohl bei den Kratzproben im Treppenbereich als auch an der Straße (0,56 M. % und 0,29 M. %) nachgewiesen werden, was auf das Vorhandensein von Natriumchlorid im Mauerwerk hinweist (Eintrag durch die Verwendung von Streusalz)“.*

Durch das fließende Wasser werden außerdem die Feinstbestandteile aus dem Mörtel heraus gelöst, der Mörtel wird entfestigt. In / 4 / wird der Mörtel als „*bindemittelarm*“ beschrieben, weiter heißt es dazu *„...Als mögliche Gründe sind hierfür die Auflösung der Zuschläge oder ein Auswaschen des Bindemittels zu nennen (Salz- und Feuchteproblematik am Bauwerk bekannt und darauf zurückzuführen)“.*

In den Kellern kommt es ebenfalls zu Ausblühungen. Wenn auch im geringeren Umfang, da der Feuchtetransport ohne direkter Sonneneinstrahlung und eingeschränkter Ablüftung langsamer vonstattengeht.

Phase 3: Fortschreitung Versalzung, Gefügeschäden

Die Hinterfüllung sowie das gesamte Bauwerk weisen eine hohe Salzkonzentration auf. Wegen des andauernden Salzeintrags sandet die Mauerwerksoberfläche um mehrere Zentimeter ab! Die Sandsteinquader lösen sich infolge des entfestigten Mörtels vom Kernmauerwerk und verlieren außerdem durch die ausgeprägte Rückwitterung den Verbund zu den benachbarten Steinquadern. Das Mauerwerk beult, Einzelsteine können herausbrechen.

Der Schädigungsprozess verstärkt sich selbst, da durch die geschädigte Oberfläche vermehrt Niederschlag in die Sandsteinschale eindringt. Das nasse Mauerwerk wird durch Frost-Tau-Wechsel weiter geschädigt. Auch Pflanzen können sich vermehrt in den Rissen, Klaffungen, offenen Fugen usw. ansiedeln und schädigen das Mauerwerk durch biologische Lösungsprozesse und ihr Wurzeldickenwachstum.

Phase 4: Kein Salzeintrag mehr

Auf der Terrasse wird kein Tausalz mehr gestreut, die Salzkonzentration in den oberen Schichten nimmt mit der Zeit langsam ab. Die hohe Salzkonzentration in den tieferen Schichten und im



Mauerwerk bleibt aber noch sehr lange bestehen. Aufgrund der hohen Salzkonzentration im Bauwerk kommt es weiterhin zu Verwitterungs- und Gefügeschäden.

3.3 Verformung / Neigung

Die Stützmauer wird durch den Erddruck der Auffüllung belastet, welcher mit zunehmender Höhe zunimmt. Da dies auch schon zum Zeitpunkt der Erbauung bekannt war, nimmt die Dicke der Stützmauer mit zunehmender Höhe stufenweise zu. Siehe dazu / 6 / und / 7 /.

Trotz dieser stufenweisen Querschnittsverbreiterung kippt die gesamte Stützmauer leicht talseits. Die absolute Verkippung korreliert mit der Stützhöhe. Die relative Verkippung beträgt hingegen unabhängig von der Stützhöhe an mehreren Stellen einheitlich ca. 3,5 cm/m.

Die Stützmauer vor der Oktogonhalle wird neben dem Erddruck zusätzlich durch den horizontalen Gewölbeschub aus der Hallenkuppel belastet. Die hangseitige Wand kann aufgrund der Hinterfüllung nicht ausweichen und steht lotrecht. Die Stützmauer und der vorgesezte Treppenaufgang können dem Erddruck hingegen nicht genügend Widerstand bieten – sie kippen. Durch die Verkippung hat sich der Anzug der Stützmauer reduziert. Achtung: Oberhalb des Portals wurde die Sandsteinschale neu aufgemauert und dabei der Anzug wahrscheinlich angepasst. Außerdem wurde 1975 ein Ringanker eingebaut, der den Gewölbeschub aufnehmen sollte. Ein unmittelbarer Vergleich der Verformungsfiguren mit entsprechenden Rückschlüssen ist in diesem Abschnitt deshalb nur bedingt möglich.

Am Treppenaustritt, im Schnitt F-F, kippt die Außenwand des Erschließungsgangs über eine Höhe von 3,4 m um ca. 14 cm. Diese Neigung korreliert nicht mit der Verformung auf der Außenseite der Stützwand. Der stark geschädigte Bereich wurde in der Vergangenheit neu aufgemauert und dabei wahrscheinlich die Verformung auf der Außenseite der Stützwand dem Anzug der angrenzenden Bereiche angeglichen. Der Anzug der instandgesetzten Stützwand beträgt 2,1 cm/m. Ohne die Verkippung um 14 cm betrüge der Anzug der Stützwand 3,4 cm/m - wie der Anzug der benachbarten Schnitte B-B und C-C.

Aufgrund der Hinterfüllung von ca. 11,7 m wirken hohe Erddrücke auf die Seitenwände der Oktogonhalle ein. Das unverformte System kann dem Erddruck nicht genügend Widerstand bieten und beult nach innen aus. Geometriebedingt beulen die Seitenwände am stärksten und entlang der Stoßfugen klafft das Mauerwerk mittig auseinander.

Die in / 5 / und in Kapitel 1.4 *Materialien* beschriebene Auffüllung besteht aus einer Mischung unterschiedlicher Materialien, deren Eigenschaften voneinander abweichen. So gibt es neben eher bindigen Bereichen auch Schichten mit rolligem Kiesmaterial. Der rechnerische Reibungswinkel ϕ^i beträgt 25° bis 30°, was eine hohe Einwirkung aus der Auffüllung auf die Stützmauer bedeutet.

Laut / 5 / war zum Zeitpunkt der Messung kein Grundwasser vorhanden, welches die Stützmauer zusätzlich belasten würde.

3.4 Risse

Wie vorstehend beschrieben, neigt sich die Stützmauer in den Abschnitten 0 bis 2b talseits. Sie drückt den Treppenaufgang ebenfalls nach außen und löst sich von den dahinter liegenden Kellergewölben. Dies erklärt die zahlreichen Risse im schmalen Längsgang entlang des Scheitels sowie in der Baufuge zwischen Gewölbe und Stützmauer. Die drei vertikalen Risse in der Sandsteinschale unterhalb des Treppenaufgangs sind entweder die Folge der sich unterschiedlich stark neigenden Abschnitte oder



verlaufen entlang von noch unbekanntem Bauteilschwächungen. Zur Klärung müssten die zugemauerten Keller unter der Treppe zugänglich gemacht und eingesehen werden.

Bei den feinen horizontalen Rissen an den Betonflickungen handelt es sich um Setzungsrisse. Die schweren Betonflickungen haben sich am Rand auf das Bestandsmauerwerk gesetzt und sind mittig nicht ausreichend gegründet. Dies erklärt die Rissbreitenzunahme zur Mitte hin.

3.5 Statisch-konstruktive Beurteilung des Zustandes

Die Salz- und Feuchtigkeitskonzentration in der Hinterfüllung sowie im Bauwerk sind sehr hoch und werden das Mauerwerk weiterhin schädigen. Gerade an der Sandsteinverblendung besteht dringender Handlungsbedarf, da sich einzelne Sandsteinquader bereits aus dem Mauerwerksverbund lösen und abzustürzen drohen. Die Verkehrssicherheit ist gefährdet. Hinzu kommt, dass infolge der geschädigten Mauerwerksoberfläche die Geschwindigkeit des Schädigungsprozess überproportional zunimmt.

Die Stützmauer und die Oktogonhallenwände können den Erddruck aus der Auffüllung nicht vollständig aufnehmen und werden sich infolge weiter verformen. Die in den meisten Bereichen gemessene Verkipfung um wenige Zentimeter ist für eine Stützmauer dieser Größenordnung nicht ungewöhnlich und als unkritisch zu beurteilen. Die Verformungen im Bereich der Treppe deuten aber auf tiefergreifendere Schäden hin und müssen deshalb beobachtet werden. Ein Versagen der Stützmauer würde sich durch eine deutliche Zunahme von Rissen und Verformungen vorankündigen. Es besteht deshalb keine akute Einsturzgefahr, die Risse und Verformungen müssen aber überwacht werden.

Aufgrund der Notsicherung in der Oktogonhalle besteht dort ebenfalls keine akute Gefährdung der Standsicherheit.

Die sich neigenden Treppenleuchten sind nicht ausreichend standsicher.

4 Sicherungs- und Instandsetzungsmaßnahmen: Ziele und Konzepte

Siehe dazu auch die Blätter 4.1 bis 4.3 im Anlagenteil.

Essentielles Ziel der Maßnahme ist die möglichst ungestörte Überlieferung des historischen Bestandes bei Gewährleistung der Stand- und Verkehrssicherheit.

4.1 Terrassenabdichtung und -entwässerung

Das Oberflächenwasser muss gesammelt und über Einläufe sicher weggeleitet werden, um die dauerhafte Durchfeuchtung der Hinterfüllung und des gesamten Bauwerks zu reduzieren. Mit dieser Maßnahme wird der Salztransport weitgehend unterbunden und die Folgeschäden, wie die Ausblühungen, die Verwitterungsprozesse und damit auch die Gefügestörungen, werden von Umfang und Geschwindigkeit ebenfalls deutlich abnehmen.

Eine Oberflächenversiegelung ist mit dem derzeitigen Baumbestand nicht vereinbar. Auch wenn die Bäume dem Erdreich Wasser entziehen, sind Lösungen für die Koexistenz des Denkmals und der Bäume im Zuge der weiteren Planung mit einem Natursachverständigen zu diskutieren.



4.2 Entsalzung

Mit der vorbeschriebenen planmäßigen Terrassenentwässerung wird der Wasser- und Salzeintrag aus der Hinterfüllung ins Bauwerk deutlich reduziert. Die Salzkonzentration im Bauwerk bleibt hoch.

Abhängig vom Steinmaterial, der Mörtel, der Beschaffenheit des Kernmauerwerks, der Mauerwerksausrichtung, der Salzkonzentration usw. kann eine Salzreduktion mittels Kompressen notwendig werden, um langfristig die Folgeschäden zu minimieren. Weiterführende Voruntersuchungen, bspw. durch das IfS Mainz, sind notwendig. Das Anlegen von Musterflächen zur Erfolgskontrolle wird empfohlen.

4.3 Rückverankerung

Die Mauerabschnitte, in denen die Standsicherheit des Stützmauerwerks rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, müssen mittels Erdankern und Bodennägeln in der Hinterfüllung rückverankert werden.

Die Anzahl der Ankerlagen, die Ankerabmessungen, die Verankerungslänge usw. sind abhängig von den Bodenkennwerten der Auffüllung und der Mauergeometrie. Diese werden im Zuge der weiteren Planung für die rechnerischen Nachweise ermittelt.

4.4 Sandsteinschaleninstandsetzung

Abhängig vom Schädigungsgrad bestehen mehrere Handlungsoptionen für die behutsame Instandsetzung der Sandsteinschale. Ein stufenweises Vorgehen wird empfohlen:

1. Reinigung

Eine substanzverträgliche Reinigung ist unerlässlich, um den Schädigungsgrad der Sandsteine beurteilen zu können. Bei leicht geschädigten Steinen sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

2. Steinkonservierung

Bis zu einem gewissen Schädigungsgrad kann eine Steinkonservierung zielführend sein. Diese Maßnahmen müssen im Vorfeld mit dem IfS, Mainz, ausgearbeitet werden.

3. Ergänzungen / Sicherung

Lokale Schäden an den Steinen werden durch Vierungen ergänzt. Bei einem nicht ausreichenden Verbund mit dem Kernmauerwerk werden die Sandsteine mit dem Kernmauerwerk vernadelt und die Hohlräume verfüllt. Das Erscheinungsbild ändert sich, aber die originale Bausubstanz bleibt erhalten.

4. Einzelsteinaustausch

Stark rückgewitterte Einzelsteine in einem ansonsten intakten Mauerwerksverbund werden einzeln ausgebaut und durch Ersatzsteine ersetzt.

5. Neuaufmauerung von Teilbereichen

Teilbereiche sind durch eine hohen Wasser- und Salzeintrag großflächig zerstört. Diese können nur vollständig rückgebaut und entsprechend der Originalbausubstanz handwerklich wieder aufgemauert werden.



4.5 Sonstige Instandsetzungsmaßnahmen

Neben den vorgenannten Maßnahmen ist auch eine Vielzahl von weniger umfangreichen Einzelmaßnahmen erforderlich.

Rissinjektion

Die tiefer liegenden Gewölbe sind weitgehend rissfrei. Die Riss entlang des Übergangs zwischen Stützmauer und der angrenzender Bausubstanz müssen aber verschlossen und verfüllt werden.

Mauerwerksinstandsetzung

Geschädigte Mauerwerksbereiche der Bauwerksinnenräume müssen wie die Sandsteinschale gereinigt und ggf. konserviert, ergänzt, gesichert oder neu aufgemauert werden. Je nach Arbeitsschritten muss das Mauerwerk abschließend neu verfugt werden.

Ausbau Zementverfugung

Die fehlerhaften Reparaturen müssen überarbeitet werden. Dazu gehört der Ausbau von zementösen Deckfugen. Inwieweit die Betonflickungen rückgebaut werden sollten oder als Zeitzeugen bereits erhaltenswert sind, muss mit der Unteren Denkmalschutzbehörde der Stadt Mainz geklärt werden.

Ausbau der Tanks

Die wasserundurchlässigen Tanks wurden in die Gewölbekeller eingebaut. Das Mauerwerk, insbesondere die Gewölbe, sind deshalb nicht mehr einsehbar. Aufgrund der hohen Feuchtigkeit im Bauwerk muss hinter den Tanks mit Schäden an den lastabtragenden Bauteilen gerechnet werden. Es wird empfohlen, die Tanks rückzubauen.

Oktogonhalle

Die Wände des Oktogons beulen in den Raum hinein aus. Wie bei der Stützmauer ist auch hier der zu hohe Erddruck infolge der fast 12m Auffüllung wahrscheinlich ursächlich. Für die Ausarbeitung eines Instandsetzungsvorschlags muss die Geometrie des Bauteils mittels Kernbohrungen erkundet werden.

Korrodierte Eisenteile

In den Kellern kam es in der Vergangenheit zu zahlreichen Umbauten. Dabei wurden auch Eisenbauteile eingesetzt, die aufgrund des feuchten Klimas stark korrodiert sind. Der Verbleib der Eisenbauteile muss im Einzelfall geprüft und beurteilt werden.

Lüftung

Die meisten Keller werden nicht mehr genutzt und entsprechend findet nur noch ein minimaler Luftaustausch statt. Eine aktive Lüftung würde die Abtrocknung des feuchten Mauerwerks ermöglichen. Gemeinsam mit dem IfS, Mainz, sollte geprüft werden, inwieweit sich eine Lüftung positiv auf den Mauerwerkszustand auswirkt.

Brüstung und Treppenaufgang

Die geschädigten Brüstungsabdeckung sowie die Sandsteinelemente der Treppe (Treppenbaluster, Treppenstufen, Podeste usw.) müssen handwerklich instand gesetzt werden. Die sich neigenden Treppenleuchten sollten vorsorglich rückgebaut werden.



Musterflächen

Es wird dringend empfohlen, im Zuge der Planung Musterflächen zur Instandsetzung der Sandsteinschale und des Mauerwerks anzulegen. Hierbei sollte sowohl zwischen den unterschiedlichen technischen Verfahren wie zwischen den unterschiedlichen optischen Erscheinungsbildern differenziert werden.

4.6 Empfohlene Anschlussuntersuchungen

Vor dem Beginn der eigentlichen Maßnahme sollten folgende ergänzenden Untersuchungen und Aufnahmen durchgeführt werden:

Sondierung der verschlossenen und ggf. verfüllten Keller

Die Keller jenseits des Gangs zum Parkhaus sind im Zuge der Baumaßnahme „Kästrich“ verfüllt worden. Außerdem werden hinter dem Stützmauerwerk und unter dem rechten Treppenaufgang weitere Gewölbe vermutet, die heute nicht zugänglich sind. Diese sollten geöffnet und untersucht werden, um Schäden an diesen festzustellen und Folgeschäden an den angrenzenden Bauteilen auszuschließen. Vor allem die mögliche Existenz der parallel zur Stützmauer verlaufenden Gewölbe hat unmittelbare Folgen für die Schadensmechanismen und das Instandsetzungskonzept!

Erkundungsbohrungen

Die Bauwerksgeometrie muss mittels Erkundungsbohrungen an repräsentativen Stellen erkundet, bzw. verifiziert werden.

Umfangreiche Aufnahme der derzeitigen Terrassenentwässerung

Die Unterlagen zur Terrassenentwässerung sind unvollständig oder widersprüchlich. So ist auf einem Plan der WEG Kupferbergterrasse ein Pumpschacht verzeichnet, der in den Unterlagen der Wirtschaftsbetriebe fehlt. In diesem Zusammenhang sollte der derzeitige Umgang des Winterdienstes mit Tausalzen abgefragt werden.

Bereich unterhalb des linken Treppenaufgangs

Im Zuge der weiteren Planung muss überprüft werden, ob die Erkenntnisse des Gutachtens sich auf den Bereich unterhalb der linken Treppe übertragen lassen. Die Privatgärten müssen dafür zugänglich gemacht werden.

Zusammenfassung

Die Sandsteinschale der Stützmauer weist eine hohe Salzkonzentration auf und ist entsprechend stark geschädigt. Erste Steine lösen sich aus dem Mauerwerksverbund und drohen heraus zu brechen. Es besteht eine Gefährdung der Verkehrssicherheit durch Steinschlag. Um den schadensursächlichen Salzeintrag zu reduzieren, muss der Niederschlag auf der Terrassenfläche möglichst vollständig weggeleitet werden. Je nach Schädigungsgrad müssen die Sandsteinquader anschließend restauriert oder ersetzt werden. Die Möglichkeiten einer Entsalzung müssen untersucht werden, um zukünftige Schäden am instandgesetzten Mauerwerk zu vermeiden.

Am Portal der Oktogonhalle und im Bereich des rechten Treppenaufgangs kippt die Stützmauer talseits. Ebenso beulen die Seitenwände der Oktogonhalle nach innen aus. Die Mauern verformen sich, da sie den hohen Erddruck aus der bis zu 12 m hohen Hinterfüllung nicht unverformt aufnehmen



können. Wenn auch derzeit keine akute Gefährdung der Stand- und Verkehrssicherheit besteht, muss die Verformung überwacht werden. Nur so kann eine unbemerkte und ggf. kritisch werdende Verformungszunahme ausgeschlossen werden. Im Zuge der Instandsetzung müssen die rechnerisch nicht nachweisbaren Abschnitte mit Erdankern oder Bodennägeln in der Hinterfüllung rückverankert werden.

Die sich neigenden Treppenleuchten könnten ggf. abstürzen und sollten deshalb vorsorglich rückgebaut werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt können noch keine belastbaren Kosten für die Instandsetzung abgeschätzt werden. Trotz des umfangreichen Aufmaßes ist der Bestand noch nicht ausreichend untersucht. Erst wenn die verschlossenen oder verfüllten Keller untersucht sowie die vollständige Bauwerksgeometrie mittels Erkundungsbohrungen ermittelt wurde, können Mengen für eine überschlägige Kostenschätzung benannt werden. Da die Gesamtkosten außerdem stark davon abhängen, in welchem Umfang und in welcher Art und Weise die geschädigten Sandsteinquader restauriert oder ersetzt werden können, sollte vor einer belastbaren Kostenschätzung deren Instandsetzung im Detail geplant und erprobt werden.

Mainz / München, im April 2020

Dr.-Ing. Christian Kayser

Dr.-Ing. Helmut Maus

Nils Almstedt, M.Eng.

Mitarbeit:

Ivan Kovacevic

Tommy Ewender

Jessica Roscher

Anlagenteil (DIN A3), separat beiliegend