

Gutachterliche Stellungnahme

zum Objekt:

Schilleroper in Hamburg - St. Pauli

Auftraggeber:

Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen – Amt für Bauordnung
und Hochbau, Hamburg
Prüfstelle für Baustatik (ABH32)
Neuenfelder Straße 19
21109 Hamburg

Aufsteller:

WK Consult Hamburg GbR
INGENIEURE FÜR BAUWESEN VBI
Tempowerkring 1 b
21079 Hamburg

Tel: (040) 79 00 01-0
Fax: (040) 79 00 01-44

www.wk-consult.com

Projekt-Nr.: 2018A003
Gutachter: Dr.-Ing. Rainer Grzeschkowitz
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Yousef Abu-Elia

Stand: 06.04.2018

Seiten 1 bis 18

Inhalt

1	Unterlagen	2
2	Objektbeschreibung	3
3	Veranlassung	4
3.1	Aufgabenstellung	4
4	Ortsbegehung	5
5	Schadensbild	5
6	Zustandsbeurteilung	6
6.1	Korrosion und Substanzverluste der Stahlbauteile	6
6.2	Sonstige Bauschäden, insbesondere ausgeknickte Fachwerkdigonalen	7
7	Zusammenfassende Bewertung	10
8	Szenarien	11
8.1	Erhaltung und Sanierung der Bestandskonstruktion (IST-Zustand)	11
8.2	Erhaltung und Sanierung der reinen Stahlkonstruktion (IST-Zustand)	12
8.3	Wiederherstellung des Urzustandes von 1891	13
8.4	Teilerhaltung der Stahlkonstruktion	14
8.5	Abriss der Schilleroper	14
8.6	Tabellarische Zusammenfassung der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen	15
8.7	Kosten für Instandsetzung des Stahlbaus	16
9	Schlussblatt	18

Anlagen:

- [A1] Fotodokumentation zum Ortstermin am 07.02.2018
 [A2] Teilnehmerkreis des Ortstermins am 07.02.2018

1 Unterlagen

- [1] Gutachterliche Stellungnahme zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der denkmalgeschützten Bausubstanz der Schilleroper in Hamburg um Hinblick auf die Möglichkeit der Erhaltung eines Teils der geschützten Bausubstanz im Rahmen der Bebauung des Grundstückes mit einem Neubau, in zwei Teilen, Prüfamf für Standsicherheit der Zweigstelle Würzburg (LGA), S-WUE/160537, erstellt am 12.12.2016 von Dr.-Ing. Linke, Würzburg
- [2] Stellungnahme zu den Gutachten, vorgelegt von der Schilleroper Objekt GmbH Ende März 2017, Behörde für Kultur und Medien – Denkmalschutzamt, erstellt am 15. Juni 2017, Hamburg
- [3] Gutachterliche Stellungnahme zur Schilleroper, Hamburg-St.-Pauli, Bestandsdokumentation und Bauzustandsbewertung für das Stahltragwerk des Zirkusrundbaus von 1891, erstellt am 15. März 2007 für die Freie und Hansestadt Hamburg,

Kulturbehörde für Kultur und Medien – Denkmalschutzamt, vom Ingenieurbüro
Prof. Dr. Lorenz & Co. Bauingenieure GmbH, Berlin

[4] Gutachterliche Stellungnahme Tamm Ingenieure von 1984¹⁾

[5] Bestandsstatik von 1889 sowie transkribierte Bestandsstatik

1) hat bei Erstellung dieser gutachterlichen Stellungnahme nicht vorgelegen. Alle Verweise auf diese Unterlage beruhen auf Nennungen in [3].

2 Objektbeschreibung

Die nachfolgende Beschreibung zum Objekt Schilleroper, Bei der Schilleroper 14-20 in Hamburg - St. Pauli, basiert im Wesentlichen auf den beigeestellten *Gutachten*, der gesichteten *Bestandsstatik* [5] und unserer eigenen Ortsbegehung (sh. Kapitel 4 und [A1]). Innerhalb dieses Kapitels wird das zu betrachtende Objekt – ein ehemaliger stationärer Zirkusrundbau aus dem Jahre 1891 – in seiner ursprünglich geplanten Form sowie die im Laufe der Jahre mehrfach umgebaute Konstruktion beschrieben.

Bedeutende Umbauten wurden um 1904 (Umbau zum Schiller-Theater) und um 1932 (Umbau zur Schilleroper) vorgenommen. Der heutige Gebäudekomplex besteht aus einer stählernen Rundbaukonstruktion (Rotunde) und diversen massiven, in Mauerwerksbauweise errichteten, Anbauten. Das Stahltragwerk der Rundbaukonstruktion steht unter Denkmalschutz.

Der ursprüngliche Zirkusrundbau bzw. die Rotunden-Konstruktion ist als rotations-symmetrischer Stahl-Skelettbau geplant und errichtet worden. Die Stahlkonstruktion kann in zwei Teile gegliedert werden. Zum einen in den inneren Rundbau mit kegelförmigen Dach und im Zentrum stehender „Laterne“, zum anderen in den äußeren Rundanbau. Der innere Rundbau überspannt die ehemalige Manege und den unteren Teil der Tribüne, der Rundanbau beherbergt den oberen Teil der Tribüne. Die Dachkonstruktion besteht aus 12 rotations-symmetrisch angeordneten Fachwerksparren, einer hölzernen Querlattung und einer Holzschalung. Die einzelnen Fachwerksparren sind untereinander mit einem Druckring verbunden und liegen auf den Hauptstützen (Innenstützen) auf. Zu den Hauptstützen hin weisen die Fachwerksparren eine starke Voutung auf. In der Lage des Obergurtanschlusses ist ein umlaufender Zugring angeordnet.

Der Rundanbau zeichnet sich durch ein umlaufendes Pultdach aus. Die Dachsparren des Rundanbaus schließen etwas tieferliegend an den Hauptstützen an und liegen auf den Außenstützen auf. Durch den tieferliegenden Rundanbau-Anschluss ergibt sich ein Versatz in der Dachebene. Dieser Versatz bildet eine umlaufende Traufe, die verglast ist und damit ein Lichtband schafft.

Zwischen den Außenstützen und den Innenstützen sind die oberen Tribünenträger angeordnet. Die Tribünenträger werden im unteren Teil bis zum Manegen-Boden fortgeführt.

Zwischen den Hauptstützen und den unteren Tribünenträgern verläuft in Fußbodenebene ein Zugglied.

Für die ursprüngliche Stahlkonstruktion des Zirkusrundbaus wurde bauzeittypisch Puddelstahl – auch als Schweißeisen/ Flusseisen bezeichnet – verwendet. Der ursprüngliche Stahlbau wurde aus mit Nieten verbundenen zusammengesetzten Querschnitten hergestellt.

Im Zuge späterer Umbaumaßnahmen wurden neue bzw. geänderte Anschlüsse auch geschraubt ausgebildet.

Im derzeitigen Bestand ist ein Teil der Rotunde durch eine ausgemauerte Portalwand (Bühnenwand) abgetrennt, sodass ein Teilbereich der Stahlkonstruktion im nicht überdachten Außenbereich liegt.

Das Gebäude ist nicht unterkellert und wir gehen davon aus, dass das Gebäude flachgegründet ist.

3 Veranlassung

Von der *Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen – Amt für Bauordnung und Hochbau – Prüfstelle für Baustatik (BSW/ ABH32)* wurden wir beauftragt, für das eingangs beschriebene Objekt – unter Auswertung verschiedener vorhandener Gutachten – eine Beurteilung des Zustandes in bautechnischer bzw. statischer Hinsicht zu geben.

Gegenstand dieser gutachterlichen Stellungnahme ist die Beurteilung des Stahltragwerks der Schilleroper unter Berücksichtigung des derzeitigen Zustandes. Dabei sind Angaben zu ggf. erforderlichen Sanierungs-/ bzw. Instandsetzungsmaßnahmen zu machen.

Nachfolgend wird die Aufgabenstellung dieser gutachterlichen Stellungnahme stichpunktartig definiert.

3.1 Aufgabenstellung

- 1) Statisch-konstruktive Einschätzung der Standsicherheit des Stahltragwerkes durch eine Ortsbegehung (ohne eigene statische Berechnung),
- 2) Sanierungsfähigkeit der Stahlkonstruktion im Hinblick auf die Erhaltung bzw. Teilerhaltung der Stahlkonstruktion, aufbauend auf den beigestellten Gutachten/ Stellungnahmen,
- 3) Erstellung einer wirtschaftlichen Abschätzung der Kosten einer Sanierung der Stahlkonstruktion auf Basis der beigestellten Gutachten/ Stellungnahmen.

4 Ortsbegehung

Am 07.02.2018 hat beim Objekt Schilleroper eine Ortsbegehung, mit dem in [A2] aufgeführten Teilnehmerkreis, stattgefunden. Im Zuge dieser Ortsbegehung wurde zunächst eine Bauwerksführung durch [REDACTED] (Bauherrenvertretung) durchgeführt. Im Anschluss wurden stichprobenartig zugängliche Teile der Stahlbau-Konstruktion in Augenschein genommen. Die höher liegenden Tragwerksteile sowie die Dachkonstruktion konnten ohne weitere Hilfsmittel (wie z.B. Hubsteiger, Gerüste oder Leitern) nur vom fußläufig zugänglichen „Manege“-Boden begutachtet werden. Während der Begehung wurden Tragwerkelemente sowie Anschlüsse des Stahltragwerks und deren Zustand bzw. Schadensbilder fotografisch festgehalten (sh. Fotodokumentation [A1]).

5 Schadensbild

Nachfolgend wird das bei der Ortsbegehung erkundete Schadensbild der Tragkonstruktion aufgezeigt. Hierfür wird zusätzlich die Bauwerksuntersuchung im Rahmen der gutachterlichen Stellungnahme des Ingenieurbüros *Prof. Lorenz & Co. Bauingenieure* [3] zur Vervollständigung des Schadensbildes herangezogen.

Als charakteristische Schadensbilder stellten sich dabei heraus:

- Undichtigkeit im Dach und teilweise fehlende Verglasungselemente des Lichtbandes,
- teilweise großflächig ungeschützte Stahlbauteile (ehemaliger Korrosionsschutz nicht mehr vorhanden)
- mindestens leichte Korrosion an allen Stahlbauteilen,
- verstärkte Korrosion mit Blattrostbildung, z.T. mit Querschnittsverlusten am Druckring unter der Laterne und an den Zuggliedern zwischen Tribünenträger und Innenstützen,
- verstärkte Korrosion mit Blattrostbildung am Kopf der Hauptstützen im Anschlussbereich der Querträger und der Pultdachbinder sowie an den Fußpunkten der Hauptstützen und der unteren Tribünenträger,
- größtenteils ausgeknickte Fachwerkdagonalen im Anschlussbereich an die Hauptstützen (Voutenbereich der Fachwerksparren),
- teilweise fehlende Tragglieder der Stahlbaukonstruktion wie z.B. Aussteifungsverbände in der Dachebene des Kegeldaches und in der Tribünenkonstruktion,
- eventuell abgeschnittener Teil der Außenstützen unterhalb des Tribünenträger-Anschlusses,
- Risse im „Manege“-Boden, in den Mauerwerkswänden und den gemauerten Stützen im Portalbereich.

Eine detaillierte Darstellung der Schäden kann der Fotodokumentation zur Ortsbegehung [A1] und der *Anlage 6 der gutachterlichen Stellungnahme* [3] entnommen werden.

Der Zeitraum zwischen der *Bauwerksuntersuchung* [3] von 2007 und unserer Ortsbegehung beläuft sich auf 11 Jahre. Die begutachteten charakteristischen Schadensbilder zeigen in diesem Zeitraum keine nennenswerten Veränderungen. Das Fortschreiten der Korrosion innerhalb eines guten Jahrzehnts ist nach unserer Erfahrung höchst wahrscheinlich, doch lässt sich dies nicht anhand der *Schadensfotos* in [3] belegen, da hier eine unzureichende Darstellungsqualität der Schadensfotos vorliegt. Lediglich die Rissbildung in den Mauerwerkswänden können als „neue“ Schäden herausgestellt werden (keine Nennung von Rissbildung in [3]).

6 Zustandsbeurteilung

Für die statisch-konstruktive Beurteilung des Erhaltungszustandes des Stahlbaus werden die unter Abschnitt 5 aufgeführten Schadensbilder zu folgenden Hauptpunkten zusammengefasst:

- Korrosion und Substanzverluste an den Stahlbauteilen,
- Sonstige Bauschäden, insbesondere ausgeknickte Fachwerkdialagonalen.

6.1 Korrosion und Substanzverluste der Stahlbauteile

Die am gesamten Stahlbau deutlich erkennbare Korrosion lässt sich durch unzureichende Korrosionsschutzmaßnahmen, fehlende Wartung des Korrosionsschutzes in Verbindung mit Undichtigkeiten in der Dachhaut und fehlende Verglasungselemente im Lichtband erklären. Witterungsbedingt ergibt sich hieraus ein Feuchteeintrag der zu voranschreitender Korrosion führt.

Die oberflächliche Korrosion des gesamten Stahltragwerks ist zunächst als eher unbedenklich zu bewerten. Stärkere Korrosion wie Blattrostbildung sind örtlich begrenzt, beeinträchtigen jedoch durch die einhergehenden Querschnittsminderungen die Tragfähigkeit des Stahltragwerks erheblich. Verschiedene tragende Stahlelemente konnten aufgrund ihrer Lage nicht eingesehen werden. Auch bei diesen ist von starken Korrosionsschäden auszugehen.

6.2 Sonstige Bauschäden, insbesondere ausgeknickte Fachwerkdagonalen

Neben den zuvor genannten Korrosionsprozessen an den Stahlbauteilen zeigen sich weitere Schadensbilder am betrachteten Objekt, die z.T. erheblich Einfluss auf das Tragverhalten der Stahlstruktur und schlussendlich auf die Standsicherheit des Gebäudes haben.

Umbaumaßnahmen und entfernte Tragglieder

In der Gebäude-Historie wurde das Gebäude mehrmalig umgebaut, wobei z.T. erheblich in das Tragverhalten des Gebäudes eingegriffen wurde.

Eine Rekonstruktion der über die Standzeit des Gebäudes vorgenommenen Umbaumaßnahmen – die unsererseits nicht überprüft werden konnte und daher als richtig vorausgesetzt worden ist – kann der *Anlage 4 der gutachterlichen Stellungnahme* [3], entnommen werden. Eine Beschreibung des „*Baugeschichtlichen Abrisses*“ ist ebenfalls in [3], *Abschnitt 4.2* gegeben.

Im Zuge der Umbaumaßnahmen ist ein großer Teil der Tribünenhauptträger entfernt (vorrangig im ehem. Bühnenbereich) worden. Stattdessen wurde eine massive Mauerwerkswand (Portal- bzw. Bühnenwand) errichtet. Überdies fehlen in der noch vorhandenen Tribünen-Konstruktion teilweise die Aussteifungsverbände.

Die ehemals umlaufend angeordneten Tribünenträger übernahmen direkt eine aussteifende Funktion für die Haupt- und Außenstützen. Ein Fehlen dieser Aussteifungselemente beeinträchtigt die Stabilität insbesondere der Hauptstützen und wird somit in erster Linie für eine Reduzierung der Tragfähigkeit mitverantwortlich. Zusätzlich beteiligen sich die Tribünenhauptträger am horizontalen Lastabtrag des Gebäudes und somit an der globalen Gebäudeaussteifung.

Der Verlust der Tribünenträger in mehreren benachbarten Segmenten des Rundbaus verringert die Tragfähigkeit der Stahlbaukonstruktion und stört die ursprünglich geplante – für den globalen Lastabtrag vorteilhafte – Rotationssymmetrie des Gebäudes.

Das Fehlen dieser Aussteifungselemente ist als nachteilig zu bewerten. Die hieraus resultierende Tragfähigkeitsverringerung der Hauptstützen sowie der globalen Tragstruktur kann ohne genauere Stabilitätsuntersuchung nicht abschließend eingeschätzt werden.

Zum Zeitpunkt der Ortsbegehung war jedoch eine ausreichende Standsicherheit gegeben. Wie lange diese fortbesteht kann ohne umfangreiche Untersuchungen nicht angegeben werden. Die Sperrung des Gebäudes ist daher unbedingt beizubehalten.

Ein unter Abschnitt 5 aufgeführtes Schadensbild zeigt ein mögliches Fehlen des unteren Teils der Außenstützen (unterhalb des Tribünenträger-Anschlusses) auf. Die Unsicherheit

darüber, ob dieser Stützenabschnitt abgetrennt worden ist, ist durch eine vorgesetzte Mauerwerksteinreihe zu erklären. Dieses vorgesetzte Mauerwerk versperrt die Sicht auf den evtl. noch vorhandenen Stützenteil.

Sollte eine tiefergehende Begutachtung dieses Detailpunktes ein Fehlen des unteren Teils der Außenstütze belegen, hätte dies erheblichen Einfluss auf die Stabilität der Außenstützen, die Lagerung der Pultdachbinder und somit auf die Standsicherheit des Rundanbaus.

Ausgeknickte Fachwerk-Diagonalen

Nahezu alle Fachwerkträger des Kegeldaches (Hauptdach) weisen im Anschlussbereich an die Hauptstützen (im Voutenbereich) ausgeknickte Diagonalen auf. Dieses Schadensbild weist auf eine Überbeanspruchung der druckbelasteten Diagonalen hin. Bereits die statische Nachrechnung innerhalb des 1984 erstellten *Gutachtens* [4] vom *Ingenieurbüro Tamm* stellt eine Unterbemessung dieser Diagonalen fest.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die *Bestandsstatik* [5] keinen Aufschluss über die Bemessung der Fachwerkträger gibt, da die nötigen Einzelbauteilnachweise – wie z.B. für die Diagonalen – damals nicht explizit geführt worden sind. Eine evtl. angefertigte Nachtragsstatik liegt nicht vor.

Ungeachtet dessen können die Einflüsse der Umbaumaßnahmen, der Verlust von Traggliedern und mögliche Brand- und Explosionsereignisse einen ähnlichen bzw. zusätzlichen Effekt auf den Stahlbau und insbesondere auf die Fachwerkträger gehabt haben.

Besonders der nachträgliche Einbau einer abgehängten Decke könnte zu einer Überbeanspruchung der Dachträger geführt haben (die Unterkonstruktion einer ehem. vorh. Abhangdecke sind im Bestand deutlich erkennbar, sh. auch Anlage A1).

Alternativ dazu gibt die in [3] rekonstruierte Umbau-Historie Aufschluss darüber, dass der am Fuß des Kegeldaches umlaufende und statisch zwingend erforderliche Zugring zwischenzeitlich unterbrochen wurde. Inwiefern bei dieser Umbaumaßnahme auf eine kraftschlüssige Verbindung beider Enden des Zugringes (z.B. über die nachträglich errichtete Portal- bzw. Bühnenwand) geachtet worden ist, lässt sich nicht mehr beantworten. In jedem Falle ist bei der Verletzung dieses Zugringes mit zusätzlichen Verformungen – in Form von eines Auseinanderdriften der Hauptstützenköpfe (Lager der Fachwerkdachträger) und damit einhergehend ein Absetzen der Kegeldachspitze (bzw. der sog. Laterne) – zu rechnen. Eine so eingeprägte Verformung kann das Versagen der Fachwerkträger ebenso schlüssig erklären.

Auch ohne den genauen Versagenshergang eingrenzen zu können, sind die geknickten Fachwerkdagonalen in statischer Hinsicht als kritisch zu betrachten. Die Fachwerkträger besitzen im Bereich der geschädigten Diagonalen nicht mehr die volle Tragfähigkeit. Es ist zu Umlagerungen auf andere Teile der Konstruktion gekommen, die noch genügend Tragreserven aufwiesen konnten.

Analog sind auch die mit den Fachwerkträgern in Verbindung stehenden Bauteile in der Dachkonstruktion in statischer Hinsicht als bedenklich einzustufen.

Risse in den massiven Bauteilen sowie im „Manege“-Boden

Ogleich die massiven Bauteile innerhalb des Rundbaus genaugenommen nicht unter die zu betrachtende geschützte Bausubstanz fallen, haben diese im Laufe der Zeit einen Teil des Lastabtrages der stählernen Tragstruktur übernommen. Die Umbaumaßnahmen mit erheblichen Eingriffen in die Tragstruktur gingen wahrscheinlich mit Verformungen innerhalb des Stahltragwerkes einher und werden somit eine Lastumlagerung auf die Mauerwerkswände zur Folge gehabt haben. Auch wird in der Historie des Gebäudes von Bombentreffern und Brandereignissen berichtet, die einen ähnlichen Einfluss in das Tragverhalten gehabt haben könnten. Hierfür liegen aber keinerlei Erkenntnisse vor.

Vorrangig an der ausgemauerten Portalwand ist eine deutliche Schädigung in Form von Rissbildung zu erkennen.

Auf der linken Seite (Sicht auf die Innenseite der Portalwand, [A1], S.30-31) zeigt sich ein vertikal verlaufender Riss. Die linke Portalwandseite weist ein Abriss eines Teils der Mauerwerkswand auf (sh. [A1], S. 27-28). Dieser Riss führt sich im „Manege“-Boden fort. Auch sind an der benachbarten rechten Portalstütze horizontale Trennrisse im Mauerwerk zu sehen (Zugversagen).

Das sich insgesamt ergebene Rissbild der Portalwand zeugt von stärkeren Verformungen bzw. Bewegung innerhalb des Gebäudes und gerade der im „Manege“-Boden verlaufende Riss deutet im Speziellen auf Setzungsprozesse hin.

Da die massiven Bauteile nur indirekt am Lastabtrag beteiligt sind (insbesondere unterstützende Wirkung), ist das sich am Bauwerk zeigende Rissbild im Großen und Ganzen als geringfügig bedenklich zu bewerten.

Es ist aber davon auszugehen, dass ein Rückbau der nachträglich errichteten Mauerwerkswände direkten Einfluss auf das Verformungsverhalten der Stahlstruktur haben wird. Sollten diese Verformungen einen kritischen Wert überschreiten muss die Standsicherheit ohne weiteren statischen Nachweis als nicht mehr gewährleistet angesehen werden.

7 Zusammenfassende Bewertung

Die in den vorangegangenen Kapiteln 5 und 6 beschriebenen und beurteilten Schadensbilder zeigen einen kritischen Zustand der denkmalgeschützten Stahlkonstruktion auf.

Zum Zeitpunkt der Ortsbegehung am 07.02.2017 und der Inaugenscheinnahme der Bestandskonstruktion bestand offensichtlich keine akute Einsturzgefahr des Stahltragwerkes. Auch die Tragfähigkeit der korrodierten Restquerschnitte konnte an diesem Tag als ausreichend angesehen werden, sodass auch einzelne Stahlbauteile nicht akut gefährdet waren.

Insgesamt gesehen verfügt die Tragstruktur über verschiedene Tragreserven und Umlagemöglichkeiten, z.B. in Form von zusätzlich errichteten Mauerwerkswänden in der Außenwand und im Bühnenbereich (Portalwand). Wie hoch dieser positive Effekt auf die Standsicherheit ist, kann nur durch eine aufwändige Berechnung näherungsweise ermittelt werden.

Zur Sicherstellung der dauerhaften Standsicherheit sind umfängliche Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen (sh. nachfolgendes Kapitel 8). Der Umfang der expliziten Instandsetzungs-/ bzw. Sanierungsmaßnahmen kann erst nach Festlegung der späteren Nutzung definiert werden.

8 Szenarien

In Ermangelung einer konkreten Aussage zur späteren Nutzung des Gebäudes werden nur die Sanierungsmaßnahmen mit dem Ziel der Instandsetzung der bestehenden/ ursprünglichen Tragstruktur ohne weitere Nutzung dargestellt.

Nachfolgende Szenarien werden in den Abschnitten 8.1 bis 8.5 beleuchtet:

- Erhaltung und Sanierung der Bestandskonstruktion (IST-Zustand)
- Erhaltung und Sanierung der reinen Stahlkonstruktion (IST-Zustand)
- Wiederherstellung des Urzustandes von 1891
- Teilerhaltung der Stahlkonstruktion
- Abriss der Schilleroper

Abschließend erfolgt in Abschnitt 8.6 eine tabellarische Zusammenfassung der expliziten Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudestruktur und in Abschnitt 8.7 eine grobe Schätzung der zu erwartenden Instandsetzungskosten.

Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen an der stählernen Tragstruktur sind in Einklang mit den Belangen des Denkmalschutzes (sh. auch [2]) zu bringen und bei der Umsetzung im Detail mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

8.1 Erhaltung und Sanierung der Bestandskonstruktion (IST-Zustand)

Um die ursprüngliche Tragfähigkeit der Stahlbaukonstruktion wiederherzustellen, ist die Konstruktion vorrangig Instand zu setzen, das heißt: die geschädigten Stahlbauteile auszutauschen, fehlende Bauteile zu ergänzen, den Stahl zu entrosten, gegebenenfalls zu verstärken und anschließend dauerhaft gegen Korrosion zu schützen. Eine dichte Gebäudehülle mit Glasersatz im Lichtband (umlaufende Taufe) und Erneuerung der Dachhaut ist der Dauerhaftigkeit zuträglich und damit ebenfalls zu avisieren.

Dem Austausch der geschädigten Diagonalen der Fachwerkssparren des Kegeldachs ist erhöhte Aufmerksamkeit zu geben. Da eine statische Unterbemessung dieser Bauteile nicht ausgeschlossen werden kann (sh. Kapitel 6), sind über den reinen Austausch hinaus Verstärkungen bzw. Ersatz durch tragfähigere Profile vorzusehen. Weiterhin ist zu beachten, dass keine Verformungen beim Austausch auftreten, die zu ungewünschten und unverträglichen Umlagerungen führen. Bei den Austausch- und Verstärkungsmaßnahmen der geschädigten Stahlträger bzw. Anschlusspunkten ist überdies auf die eingepprägten Eigenspannungszustände in der Stahlstruktur zu achten.

Eine Sanierung der Stahlkonstruktion „am Bauwerk“ halten wir für nicht realisierbar. Es müssen in vielen Bereichen Stahlteile entfernt und am anderen Ort saniert werden. Anschließend folgt der Wiedereinbau. Die Verbindungsmittel werden dann neue bzw. moderne sein, da eine „Vorort-Nietung“ nach unserer Einschätzung nicht realisiert werden kann.

Sollte der Rückbau der nachträglich errichteten Mauerwerkswände gewünscht sein, hat dies – in Anbetracht ihres Anteils am Lastabtrag der Tragstruktur – mit äußerster Vorsicht zu erfolgen. Hier sind Unterstützungsmaßnahmen für die Stahlkonstruktion zu ergreifen, die nach dem Entfernen der Mauerwerkswände den gleichen Zustand für die Stahlkonstruktion sicherstellen.

8.2 Erhaltung und Sanierung der reinen Stahlkonstruktion (IST-Zustand)

Ein Szenario bei dem die Stahlkonstruktion der Schilleroper als freistehende Tragstruktur erhalten bleibt ist ebenfalls denkbar. Hierbei werden die nicht denkmalgeschützten Bauteile entfernt und damit der Blick auf die Stahlkonstruktion ermöglicht. Es würde eine Art „Skulptur“ der Schilleroper-Tragstruktur entstehen.

Für eine solche Variante ist die reine Stahlkonstruktion in ihrer umgebauten Form (IST-Zustand) Instand zu setzen. Analog sind hierbei die im vorigen Abschnitt (8.1) beschriebenen Maßnahmen für die Stahlbauteile vorzusehen. Neben der erhöhten Aufmerksamkeit auf den Austausch der geschädigten Fachwerkdagonalen und den erforderlichen Rückbau der Mauerwerkswände erhält der dauerhafte Korrosionsschutz zusätzliche Priorität, da hier nun die Stahlkonstruktion frei liegt und somit der Witterung ausgesetzt ist.

In wieweit bei der Instandsetzung fehlende Teile der Tribünenkonstruktion wiederherzustellen sind ist in Abhängigkeit der gewünschten Erscheinung des Objektes zu entscheiden.

Aus unserer Sicht ist eine Vervollständigung der ehemals vorhandenen rotationssymmetrischen Rundbaukonstruktion sinnvoll, da hier der Rückbau der „mittragenden“ Mauerwerkswände kompensiert werden kann.

Insgesamt gesehen wird durch den Wegfall der Gebäudehülle die Stahlkonstruktion größtenteils von äußeren Lasten befreit. Eine reduzierte Tragfähigkeit z.B. durch fehlende Bauteile, geschwächte oder geschädigte Querschnitte kann somit unter Umständen in Kauf genommen werden. Die erforderliche Resttragfähigkeit der jeweiligen Tragglieder ist aber in jedem Fall durch eine statische Berechnung zu verifizieren.

8.3 Wiederherstellung des Urzustandes von 1891

Für eine Wiederherstellung des Urzustandes der Stahlkonstruktion aus dem Jahre der Erstellung – namentlich der ehemalige Zirkusrundbau von 1891 – sind grundsätzlich die gleichen Instandsetzungsmaßnahmen wie im Abschnitt 8.1 angegebenen durchzuführen. Also die Wiederherstellung der fehlenden Stahlkonstruktion, die Sanierung der durch Korrosion geschädigten Bauteile bzw. Anschlüsse sowie der Austausch der geschädigten Stahlbauteile. Dabei herrscht im Allgemeinen Unkenntnis über das Alter jedes einzelnen Bauteils, da im Laufe der Zeit bereits verschiedene Bauteile durch Umbau ausgetauscht worden sind.

Abgesehen von den Instandsetzungsmaßnahmen ist die ehemals vorhandene Wellblecheinhausung wiederherzustellen und der Rückbau der durch Umbaumaßnahmen nachträglich erstellten bzw. geänderten Bauteile zu avisieren. Hierzu zählen z.B. die nachträglich errichtete Bühnenwand, die Mauerwerkswände in der Außenwand sowie die geänderten Tribünen-träger.

Besonders zu nennen ist der im heutigen Bestand außen liegende Teil der Stahlkonstruktion. Dieser Teil wurde zwischenzeitlich (Umbau zum Schiller-Theater im Jahre 1913 gem. [3], Abschnitt 4.2 „Baugeschichtlicher Abriss“, Abs. „1913 - 1940“ und „1945 - 1985“) entfernt und erst auf Anraten der *Tamm Ingenieure* [4] nach 1984 mit vermutlich neuem Material wiederhergestellt. Ob dieser Teil der Rotrunden-Konstruktion noch aus dem bauzeittypischen Pudelstahl gefertigt ist, ist somit fraglich.

Bei den Rückbaumaßnahmen ist zusätzlich zu bedenken, dass durch die diversen Umbaumaßnahmen Anschlüsse an der ursprünglichen Stahlstruktur geschaffen wurden, die auch nach einer Wiederherstellung des Urzustandes sichtbar bleiben. Alternativ wären diese verbliebenen, teilzerstörten Profile komplett auszutauschen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass bei einer Rekonstruktion des Zirkusrundbaus nahezu sämtliche originale Stahlbauteile zumindest in Teilabschnitten ausgetauscht werden müssen. Dabei wird die Wiederherstellung des Urzustandes von 1891 vorwiegend mit neuen Verbindungsmitteln und neuen Trägerprofilen erfolgen und somit eine „optische“ Rekonstruktion realisiert.

8.4 Teilerhaltung der Stahlkonstruktion

Für ein Szenario, bei dem die Stahlkonstruktion teilweise erhalten werden soll und/ oder in einen eventuellen Neubau zu integrieren ist, sind zusätzliche Maßnahmen über die angegebenen Maßnahmen für die Erhaltung der reinen Stahlkonstruktion hinaus zu ergreifen.

Es ist sicherzustellen, dass für den verbleibenden Teil der Konstruktion das statische System der Rundbaukonstruktion nicht verletzt bzw. für Ersatzsysteme gesorgt wird. Die ursprüngliche rotationssymmetrische Tragkonstruktion muss auch als Teilsegment standsicher bleiben. Dabei ist auf einen kraftschlüssigen und schubfesten Anschluss an den Neubau zu achten. Für die teilerhaltene Struktur sind neben den reinen Instandsetzungsmaßnahmen auch statische Berechnungen zu führen. Der Abbruch der entfallenden Tragwerksteile hat zerstörungsfrei und mit besonderer Vorsicht in Bezug auf den zu erhaltenen Teil zu erfolgen.

8.5 Abriss der Schilleroper

Sollten technische oder wirtschaftliche Aspekte zur Entscheidung eines vollständigen Abrisses des Gebäudes führen, so ist im Grunde lediglich auf eine sichere Abbruchfolge zu achten. Dabei sind die eingepprägten Eigenspannungszustände in der Stahlstruktur zu beachten.

8.6 Tabellarische Zusammenfassung der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen

	Erhaltung der Bestandskonstruktion ¹⁾ (Szenario 8.1)	(Teil-)Erhaltung der reinen Stahlkonstruktion ¹⁾ (Szenario 8.2 und 8.4)	Wiederherstellung des Urzustands (Szenario 8.3)	Kommentar WK Consult
Geschädigte Stahlbauteile	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der ausgeknickten Diagonalen - teilweiser oder kompletter Austausch des Druckringes der Kuppel - Austausch der einzelnen z.T. stark geschädigten Zugbänder zwischen den unteren Tribünenträgern und den Hauptstützen - Austausch einzelner geschädigter Profile im gesamten Tragwerk 	<ul style="list-style-type: none"> - Es gelten die entsprechenden Maßnahmen wie beim Erhalt der Bestandskonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Wiederherstellung gelten die gleichen Maßnahmen wie für die Erhaltung der Bestandskonstruktion - Erhöhung der durch den Rückbau nachtr. errichteter Bauteile entstandenen teilerstörten Anschlusspunkte - ggf. Austausch irreversibel geschädigter Originalbauteile 	<ul style="list-style-type: none"> - i.d.R. keine Nietung möglich; Schraubenschlüsse mit passgenauen HV-Schrauben bzw. GV-Verbindung möglich - der Druckring hat maßgebenden Anteil am Gesamttragverhalten des Kegeldaches - Der Austausch des Druckringes und der geknickten Fachwerksroben hat höchste Priorität - bzgl. der Schweißseignung siehe Kommentar zu „Fehlende Stahlbauteile“ - Wiederherstellung: - Im Grunde besteht derzeit keine Erkenntnis über das Alter der jew. Stahlbauteile. Dies ist vorab zu untersuchen
Fehlende Stahlbauteile	<ul style="list-style-type: none"> - Vervollständigung der oberen Tribünenkonstruktion im gesamten Tragwerk inkl. Unterzüge und Verbände - Ergänzung der fehlenden unteren Tribünenträger - Ergänzung der fehlenden bzw. schadhaften Aussteifungsverbände der Laterne und der Kuppel 	<ul style="list-style-type: none"> - Es gelten die entsprechenden Maßnahmen wie beim Erhalt der Bestandskonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Rückbau der nachtr. errichteten Tribünenkonstruktion - Einbau der ursprünglichen Tribünenkonstruktion mit durchgängiger Neigung der Tribünenhauptträger - Ergänzung der fehlenden bzw. schadhaften Aussteifungsverbände der Laterne und der Kuppel 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei der Ergänzung von Stahlbauteilen ist auf den eingetragten Spannungszustand innerhalb der Konstruktion zu achten - Im Allgemeinen ist Puddelstahl nicht schweißgeeignet. Zus. Materialversuche des am Bauwerk verwendeter Stahls könnten jedoch ggf. eine „bedingte“ Schweißbarkeit bescheinigen
Korrosion der Stahlkonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> - Entrostern der gesamten Stahlkonstruktion und Sandsirahlen - Aufbringen eines Korrosionsschutzanstrichs auf der gesamten Stahlkonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Es gelten die entsprechenden Maßnahmen wie beim Erhalt der Bestandskonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Wiederherstellung gelten die gleichen Maßnahmen wie für die Erhaltung der Bestandskonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung von oberflächlicher Korrosion u. U. in-situ möglich - fachgerechtes Aufbringen eines Korrosionsschutzes ist in Anbetracht der gegliederten bzw. zusammengesetzten Querschnitte erschwert und evtl. in-situ nicht möglich
Undichte Gebäudehülle	<ul style="list-style-type: none"> - teilweiser Ersatz der Dacheindeckung der Kuppel - vollständiger Ersatz der Dacheindeckung des Pultdaches - Instandsetzung bzw. Neubau der Dachentwässerung - Austausch geschädigter bzw. Einbau fehlender Fensterelemente unterhalb der Kuppeltraufe - Befestigung loser bzw. Austausch schadhafter Elemente der Fassadenverkleidung 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle notwendig - Rückbau der hölzernen Dachkonstruktion oberhalb der Fachwerkbinder (Kuppeldach) und Dacheindeckung des Pultdaches (Rundbau) 	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Wiederherstellung gelten die gleichen Maßnahmen wie für die Erhaltung der Bestandskonstruktion - Wiederherstellung der damals vorh. Weiblicheinhausung 	<ul style="list-style-type: none"> (Teil-)Erhaltung der reinen Stahlkonstruktion: - um den Korrosionsprozess nicht noch unnötig zu beschleunigen, ist auf eine dichte Gebäudehülle zu achten - Hier ist auf die mittragende Wirkung der Dachkonstruktion zu achten. Vor dem Abbruch sind zus. Unterstützungsmaßnahmen für den Stahlbau des Rundbaus zu ergreifen
Nachtr. errichtete Mauerwerkswände	<ul style="list-style-type: none"> - den evtl. fehlenden Teil der Außenstützen vorab klären und ggf. die Stützen vervollständigen 	<ul style="list-style-type: none"> - Rückbau der Mauerwerkswände in der Außenwand und im Portal- bzw. Bühnenbereich - den evtl. fehlenden Teil der Außenstützen vorab klären und ggf. die Stützen vervollständigen 	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Wiederherstellung gelten die gleichen Maßnahmen wie für die Erhaltung der Stahlkonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Hier ist auf die mittragende Wirkung der MW-Wände zu achten. Vor dem Abbruch sind zus. Unterstützungsmaßnahmen für den Stahlbau zu ergreifen

1) Die angegebenen Sanierungsmaßnahmen entsprechen im Wesentlichen dem „Erhaltungsszenario 1 - Instandsetzung“ nach Abschnitt 5.3 von [3].

8.7 Kosten für Instandsetzung des Stahlbaus

Eine verlässliche Aussage zu den Kosten ist aufgrund der vorgenommen Ortsbesichtigung und den vorliegenden Unterlagen nicht möglich. Aufsetzend auf dem Gutachten von Prof. Lorenz [3] sind die im Abschnitt 8.6 aufgezeigten äußerst aufwändigen Instandsetzungsarbeiten durchzuführen. Die Kosten für die erforderlichen Sanierungsarbeiten werden nachfolgend auf die heutige Zeit bezogen und als ein Mehrfaches des in der *gutachterlichen Stellungnahme von Prof. Dr. Lorenz* [3] angegebenen Wertes abgeschätzt.

Als Gründe für die Kostenerhöhung zu den Angaben in [3] sind folgende zu nennen: fortschreitende Korrosionsprozesse, Beseitigung zusätzlicher Schäden, Inflation, derzeitige Baukonjunktur, sowie die Stahlpreiserhöhung. Auch sollte für ungewisse Mehrleistungen bei den Sanierungsarbeiten ein zusätzlicher Faktor berücksichtigt werden.

Hieraus ergibt sich für unsere Kostenabschätzung die Formel:

Kosten nach *Lorenz* $\times F_{\text{Zusätzliches}} \times F_{\text{Konjunktur}} \times F_{\text{forts. Korrosion}} \times F_{\text{Stahlpreiserh.}} \times F_{\text{Inflation}} \times F_{\text{Ungewiss.}}$

Die Faktoren für die voraussichtlichen Instandsetzungskosten werden überschläglich mit

$F_{\text{Zusätzliches}}$	= 1,20	; Mehraufwand für zusätzliche Mauerwerkswände und Unterstützungsmaßnahmen für Zwischenbauzustände,
$F_{\text{Konjunktur}}$	= 1,20	; Berücksichtigung der Baukonjunktur mit 20% Erhöhung,
$F_{\text{forts. Korrosion}}$	= 1,10	; 10% Erhöhung zur Berücksichtigung der fort. Korrosion,
$F_{\text{Stahlpreiserh.}}$	= 1,60	; Berücksichtigung der Stahlpreiserhöhung für „eingebauten“ Profilstahl in Bezug auf 2007,
$F_{\text{Inflation}}$	= 1,15	; im Mittel 1,4 % zw. 2007-2017, Quelle: Statistisches Bundesamt,
$F_{\text{Ungewiss.}}$	= 1,25	; ca. 25% Erhöhung als Sicherheitszuschlag für Ungewisses, abgeschätzt.

Somit ergibt sich eine grob abgeschätzte Kostenerhöhung von rund 370 %.

Die nach [3] abgeschätzten Kosten für eine dauerhafte Instandsetzung der Stahlbaukonstruktion des Objektes Schilleroper wurden damals mit 400.000 € angegeben (Stand 2007). Diese Kostenabschätzung beinhaltet im Wesentlichen:

- „die notwendigen Reparaturen und Ergänzungen des Stahlbaus,
 - einen flächendeckenden neuen Korrosionsschutz
 - sowie die notwendigen Erneuerungen der Dach- und Fensterflächen [...]“
- ([3], Abs. 5.3: „Benennung des zugehörigen Sanierungs- und Ertüchtigungsaufwandes“)

Für diesen Fall der Instandsetzung des IST-Zustandes, der im Wesentlichen dem in Kapitel 8.1 beschriebenen Szenario entspricht, ergäbe sich ein Kostenvolumen von ca. 1,5 Mio. €. Auf diesen Betrag sind noch Planungskosten hinzuzurechnen.

Eine bessere Abschätzung der Instandsetzungskosten erfordert nach unserer Erfahrung i.d.R. genauere Recherchen, die auch Preisanfragen bei potentiellen ausführenden Firmen einschließt.

9 Schlussblatt

Gutachterliche Stellungnahme zum Stahltragwerk der Schilleroper in Hamburg-St. Pauli,
Bei der Schilleroper 14-20.

Projekt-Nr.: 2018A003,

Seite 1 bis 18 aufgestellt:

Hamburg, den 06.04.2018

Gutachter:



Dr.-Ing. Rainer Grzeschkowitz

Bearbeiter:



Dipl.-Ing. Yousef Abu-Elia

WK Consult Hamburg GbR
INGENIEURE FÜR BAUWESEN
Tempowerkring 1b
21079 Hamburg