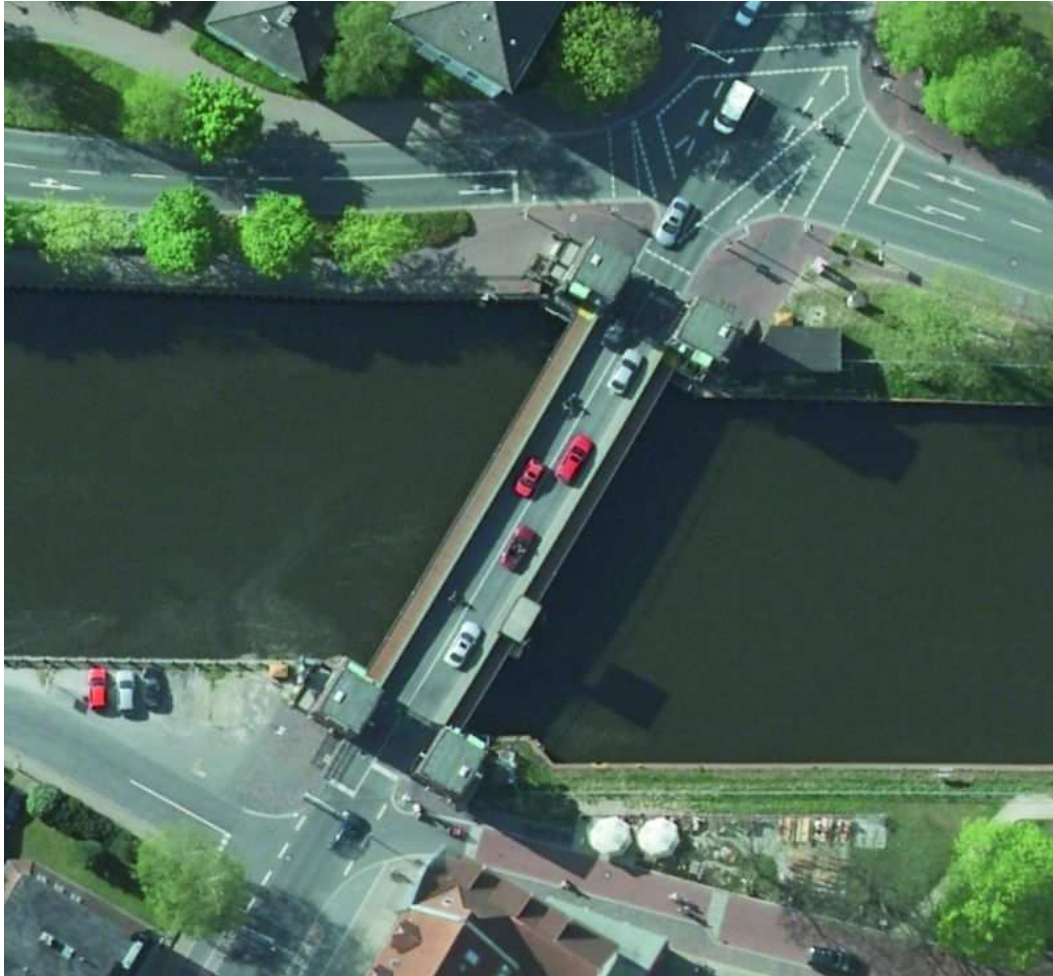


Cäcilienbrücke

Bericht zur erweiterten Machbarkeitsuntersuchung



Quelle: Luftbild WSA Bremen

Auftraggeber

Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen
Franziuseck 5
28199 Bremen

P140302

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	Seite
Deckblatt	1
Inhaltsverzeichnis	2
Bildverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Anlagenverzeichnis	5
Unterlagenverzeichnis	6
Vorschriften- und Literaturverzeichnis	7
1 Grundlagen	8
1.1 Ausgangslage	8
1.2 Aufgabenstellung	10
1.2.1 Umfang der Untersuchungen	10
1.2.2 Anforderungen an die Varianten	11
1.2.3 Vorgehensweise bei den Untersuchungen	12
2 Variante 1 (ABB), Teil-Erhalt	14
2.1 Beschreibung	14
2.2 Technische Machbarkeit	14
2.2.1 Mauerwerkstürme	14
2.2.2 Antriebstechnik und Maschinenbau	16
2.2.3 Gründung	20
2.2.4 Hubteil	25
2.3 Kosten	27
2.3.1 Baukosten	27
2.3.2 Unterhaltungskosten	27
2.3.3 Betriebskosten	27
3 Variante 2, 1:1-Ersatz	28
3.1 Beschreibung	28
3.2 Technische Machbarkeit	28
3.2.1 Mauerwerkstürme	28
3.2.2 Antriebstechnik und Maschinenbau	29
3.2.3 Gründung	30
3.2.4 Hubteil	32
3.3 Kosten	32
3.3.1 Baukosten	32
3.3.2 Unterhaltungskosten	33
3.3.3 Betriebskosten	33
4 Zusammenstellung der Schätzkosten	34
5 Stellungnahme	35
5.1 Variante 1 (ABB), Teil-Erhalt	35
5.2 Variante 2, 1:1-Ersatz	35
5.3 Empfehlung	35
Schlussblatt	36
Anlagen	

Bildverzeichnis

Bild 1: Bisherige Untersuchungen zur Instandsetzung der Cäcilienbrücke	8
Bild 2: Aufgabenstellung	10
Bild 3: Ablauf einer Projektentwicklung	11
Bild 4: Vorgehensweise bei der technischen Machbarkeitsuntersuchung	12
Bild 5: Vorgehensweise bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung	13
Bild 6: Ansicht Hubteiführung, ein Hydraulikzylinder ausgefallen	17
Bild 7: Draufsicht Hubteiführung	18
Bild 8: Skizze der maßgeblichen Grundbaumaßnahmen für die Variante 1 (ABB), Längsschnitt	22
Bild 9: Widerlagerbank mit Spundwandverankerung und Maschinenkeller, Grundriss	23
Bild 10: Gründung der Widerlagerbank, Grundriss	24
Bild 11: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mauerwerkstürme, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)	15
Tabelle 2:	Antriebstechnik und Maschinenbau, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)	20
Tabelle 3:	Gründung, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)	25
Tabelle 4:	Hubteil, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)	26
Tabelle 5:	Variante 1 (ABB), Schätzkosten, Bau	27
Tabelle 6:	Mauerwerkstürme, Vor- und Nachteile der Variante 2	28
Tabelle 7:	Antriebstechnik und Maschinenbau, Vor- und Nachteile der Variante 2	30
Tabelle 8:	Gründung, Vor- und Nachteile der Variante 2	32
Tabelle 9:	Hubteil, Vor- und Nachteile der Variante 2	32
Tabelle 10:	Variante 2, Schätzkosten, Bau	33
Tabelle 11:	Vergleich der Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten	34



Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Unterlagen ABB
- Anlage 2 Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB) und der Variante 2
- Anlage 3 Kostenschätzung
- Anlage 4 Risikoabschätzung

Unterlagenverzeichnis

Nr.	Benennung	Datum	Aufsteller
U1	Cäcilienbrücke, Hubbrücke über den Küstenkanal in Oldenburg Bericht zum Planungskonzept für die dauerhafte Instandsetzung	20.07.2012	SP, IMS, IB
U2	Uferwand an der Hermann-Ehlers-Straße in Oldenburg, KüK-km 0,85-0,95	17.11.2011	BAW
U3	Zustandsgutachten der Antriebstechnik der Cäcilienbrücke in Oldenburg	30.01.2009	FVT
U4	Gutachten über den Baulichen Zustand der Cäcilienbrücke Oldenburg	25.10.2006	BAW
U5	Tagesprotokoll von Dienstag, 18.04.2011	06.05.2011	SP
U6	Protokoll vom Dienstag, den 09.04.2014	22.04.2014	SP
U7	Variante 1 (ABB), "Kurzbeschreibung der Erhalt-Idee" (zum Gespräch WSA am 28. Mai 2014)	28.05.2014	ABB
U8	Variante 1 (ABB), Anlage "Bauablauf der Erhaltungslösung mit Hydraulikhebung" (zum Gespräch WSA am 2. Juli 2014)	02.07.2014	ABB
U9	Variante 1 (ABB), Anlage "Lasttragung bestehende Brücke/Erhaltungslösung neue Brücke" zum Gespräch WSA am 2. Juli 2014	02.07.2014	ABB
U10	Prüfbericht 2011 H nach DIN 1076 Straßenbrückenanlage Cäcilien-Hubbrücke Oldenburg	19.04.2011	WSA
U11	Variante 1 (ABB), Anlage "Technische Merkmale der Idee einer denkmalschutzkonformen Lösung zum funktionsgerechten Erhalt des Kulturdenkmals Cäcilienbrücke für die nächsten 80 Jahre" zum Gespräch WSA am 2. Juli 2014	02.07.2014	ABB
U12	Instandsetzung der Cäcilienbrücke KüK-km 0,837 Geotechnischer Bericht	07.2011	BAW

Abkürzungen:

ABB	Idee der Oldenburger Bürger Angelis, Baak, Brick
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
FVT	Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken
IB	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, Oldenburg
IMS	IMS Ingenieurgesellschaft GmbH, Hamburg
SP	DR. SCHIPPKE + PARTNER; Hannover
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen

Vorschriften- und Literaturverzeichnis

Nr.	Kurzzeichen	Benennung	Datum
V1	MRL	Richtlinie 2007/42/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 17.05.2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)	05-2006
V2	EC1	DIN EN 1991, Eurocode 1, Einwirkungen auf Tragwerke	12-2010
V3	EC3	DIN EN 1993, Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten	12-2010
V4	ZTV-ING	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Ingenieurbauten, insbesondere Teil 9, Abschnitt 2: Bewegliche Brücken	03-2012
V5	DIN 19704	Stahlwasserbauten	05-1998
V6	DIN 19704	Stahlwasserbauten	11-2014
V7	DIN 14122	DIN EN ISO 14122, Ortsfeste Zugänge zu Maschinellen Anlagen	01-2002
V8	MNaBS	BAW-Merkblatt Nachweis bestehender Brücken auf Schiffsanprall	2010

1 Grundlagen [Autor: WSA]

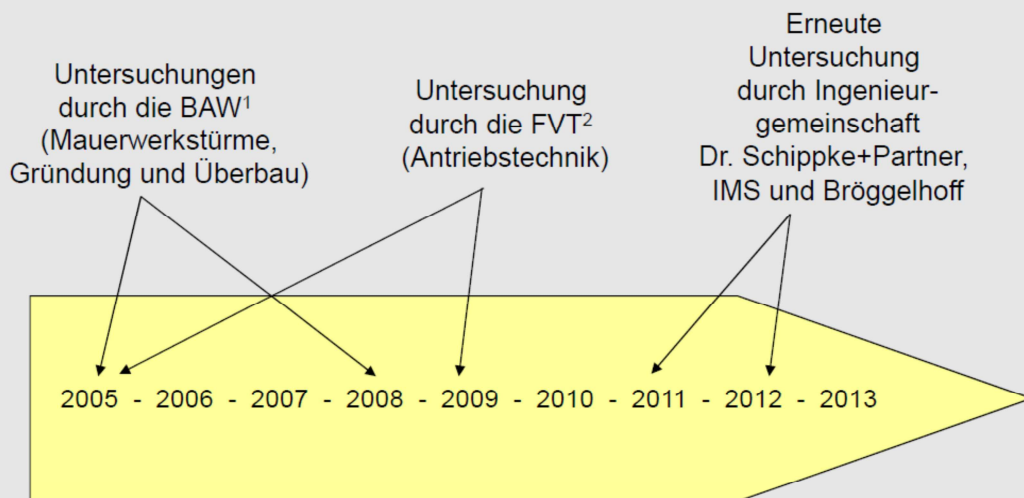
1.1 Ausgangslage

Beschreibung des Bauwerks

Bei der Cäcilienbrücke, die 1927 gebaut wurde, handelt es sich um eine Hubbrücke mit einer Stützweite von 40,80 m und einer Breite von 10,90 m. Die Hubhöhe beträgt 3,50 m. Das Haupttragwerk ist als Trogbrücke mit seitlich auskragenden Gehwegen ausgeführt. Der Brückenantrieb erfolgt mechanisch mittels vier Triebstöcken, die an vier Hubtürmen befestigt sind. In den Hubtürmen sind insgesamt vier Gegengewichte angeordnet, mit denen durch Seile und Umlenkrollen das Eigengewicht des Hubteils weitgehend ausgeglichen wird.

Seit 1927 wurden bereits einige Umbaumaßnahmen, wie zum Beispiel an den Türmen und Antrieb, vorgenommen. Kurz vor dem Ende des 2. Weltkrieges wurde die Stahlbrücke gesprengt und die stadtseitigen Brückentürme wurden stark beschädigt. Die stadtseitigen Hubtürme wurden nach dem Krieg wieder neu aufgebaut und die genietete Stahlbrücke den Möglichkeiten nach ersetzt. Die Anlage konnte 1948 wieder in Betrieb genommen werden. Von 1982 bis 1984 fand eine Grundinstandsetzung statt. Der Korrosionsschutz wurde im Jahr 1999 erneuert, [U1], S. 9.

Bisherige Untersuchungen



¹ = Bundesanstalt für Wasserbau, ² = Fachstelle für Verkehrstechnik

Bild 1: Bisherige Untersuchungen zur Instandsetzung der Cäcilienbrücke

Untersuchungen zur Instandsetzung zwischen 2005 und 2009

Im Zustandsgutachten der FVT zu den Antrieben der Cäcilienbrücke wird festgestellt, dass an den offenen Getriebestufen fortgeschrittener Verschleiß aufgetreten ist. An den untersuchten Triebstockritzeln wurden plastische Verformungen und Materialverlust festgestellt, an den Triebstöcken dagegen lose Triebstockbolzen, vgl. [U3], S. 6. Es wird dort empfohlen, angesichts der mit über 60 Jahren weit fortgeschrittenen Nutzungsdauer mit der Planung eines Ersatzneubaus für den Antrieb zu beginnen, [U3], S. 8.

Die Hubtürme bewegen sich in Brückenlängsrichtung und verringern ihren Abstand um ca. 1 mm pro Jahr. Für die Mauerwerkstürme wird von der BAW ein Rückbau mit anschließendem Wiederaufbau zwischen 2016 bis 2021 empfohlen, [U4], S. 24.

Erneute Untersuchungen zur Instandsetzung zwischen 2011 und 2012

Auf Empfehlung der Stadt Oldenburg wurden die vorliegenden Untersuchungen durch externe Sachverständige überprüft. Gleichzeitig wurde ein geotechnischer Bericht über die Baugrundverhältnisse im Bereich der Cäcilienbrücke erstellt. Diese Untersuchungen [U1] zur Cäcilienbrücke in Oldenburg haben gezeigt, dass das Bauwerk insgesamt drei gravierende Mängel aufweist:

1. Die Tragfähigkeit der Gründung der Brückentürme ist nicht mit ausreichender Sicherheit nachzuweisen. Der Abstand der Hubtürme in Brückenlängsrichtung hat sich bereits verringert und deutet auf eine nicht ausreichende Tragfähigkeit der Rückverankerung und Pfahlgründung hin.
2. Infolge der Korrosionserscheinungen am Stahlgerüst wölbt sich das Mauerwerk und Risse entstehen. Durch die nicht gesicherte Verbundwirkung zwischen Mauerwerk und Stahlgerüst der Brückentürme verringert sich die Steifigkeit der Scheibenwirkung. Dies kann zu einem Verlust der Tragfähigkeit führen.
3. Die Technische Ausrüstung ist verschlissen, überbeansprucht und veraltet.

Durch die Punkte 1 und 2 wird sich die Hubbrücke zwischen den Hubtürmen während der Brückenbewegung in nächster Zeit, besonders in heißen Sommermonaten, erneut einklemmen.

Durch das Verklemmen der Hubbrücke zwischen den Hubtürmen entstehen höhere Antriebskräfte, für die der Antrieb nicht ausgelegt ist. Somit besteht dringender Handlungsbedarf, um die Verfügbarkeit der beweglichen Brücke aufrechtzuerhalten. Zusammenfassend wurde ein Neubau der Brücke empfohlen, [U1], S. 84. 85.

Sofortmaßnahmen

Um die Betriebssicherheit der Brücke weiterhin zu gewährleisten, veranlasste das WSA Bremen nach Vorlage der Berichte, dass Brückenhebungen:

- ab einer Windstärke von 8 Beaufort
- und ab einer Lufttemperatur von 25°C und Brückentemperatur (Fahrbahnbelag) von 30°C

zukünftig unterbleiben. Neben einer Verkürzung der Inspektionsintervalle werden auch regelmäßig zusätzliche Untersuchungen der Antriebstechnik und der Mauerwerkstürme durchgeführt. Eine Reduzierung der Verkehrslast auf der Brücke von 30 t auf 7,5 t erfolgte bereits nach Vorlage des Zustandsgutachtens der BAW im Jahr 2006. Dies sollte eine weitere Abstandsverkürzung zwischen den Brückentürmen positiv beeinflussen.

Realisierungswettbewerb und politische Reaktion

Über die Untersuchungsergebnisse informierte das WSA Bremen zwischen 2012 und 2013 sämtliche Beteiligte (u.a. Verwaltung der Stadt Oldenburg, Denkmalschutzbehörden, Politik, Bürger, Presse) und stimmte mit diesen das weitere Vorgehen ab. Übereinstimmend wurde die Durchführung eines Realisierungswettbewerbs für die neue Brücke beschlossen. Nach der Vorbereitung des Realisierungswettbewerbs begann dieser Anfang März 2014 mit der Veröffentlichung des vorgeschalteten Teilnahmewettbewerbs (an dem sich interessierte Bergergemeinschaften bewerben konnten). Durch einen Zeitungsbericht in der NWZ Ende März 2014 über die Idee der Herren Angelis, Baak und Brick zum Teil-Erhalt der Brücke schwand

die Zustimmung bei den Beteiligten für die Durchführung eines Realisierungswettbewerbs. In Eilanträgen der Fraktionen, einer Resolution des Rates der Stadt Oldenburg und in einem Bürgerforum wurde die Untersuchung des Teil-Erhalts gewünscht bzw. gefordert. Daraufhin hob das WSA Bremen den Realisierungswettbewerb, der sich noch im vorgeschalteten Teilnahmewettbewerb befand, auf und sicherte die Untersuchung des Teil-Erhalts zu. Diese Untersuchung wird im vorliegenden Bericht als "erweiterte Machbarkeitsuntersuchung" bezeichnet.

1.2 Aufgabenstellung

1.2.1 Umfang der Untersuchungen

Im Rahmen der erweiterten Machbarkeitsuntersuchung wird die Idee der Oldenburger Bürger Angelis, Baak und Brick (ABB) zum Teil-Erhalt der Hubbrücke (hier: Variante 1) und im Vergleich dazu der 1:1-Ersatz der Brücke (hier: Variante 2) untersucht (siehe Bild 2). Der 1:1-Ersatz der Hubbrücke wird an dieser Stelle mit untersucht, weil eine alternative Brückenplanung, die zum Vergleich herangezogen werden könnte, nicht existiert. Für die Erarbeitung unterschiedlicher Brückenplanungen war der Realisierungswettbewerb vorgesehen, der jedoch noch vor Beginn aufgehoben wurde.

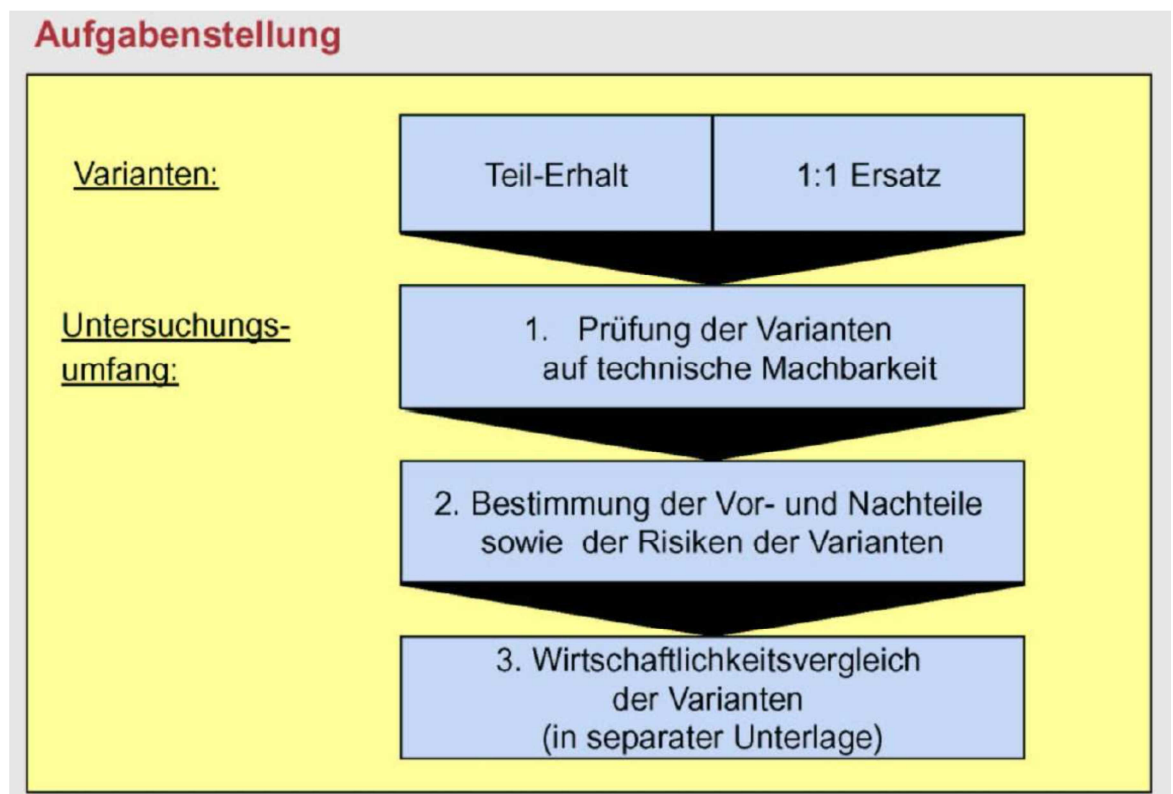


Bild 2: Aufgabenstellung

Es wird untersucht, ob die Idee der Oldenburger Bürger Angelis, Baak, Brick (ABB) zum Teil-Erhalt der Hubbrücke technisch machbar und im Vergleich zu einem 1:1-Ersatz der Hubbrücke wirtschaftlich ist. Diese Aufgabe wird im Folgenden von dem WSA Bremen übernommen. Die dazu benötigten Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten sowie die Nutzungsdauern ermitteln die Ingenieurbüros (siehe Bild 5).

Von dem Detaillierungsgrad entspricht die erweiterte Machbarkeitsuntersuchung einer Grobplanung auf dem Niveau einer Voruntersuchung. Erst mit dem Fortschreiten des Projektes nimmt der Detaillierungsgrad, wie im folgenden Bild 3 dargestellt, deutlich zu.

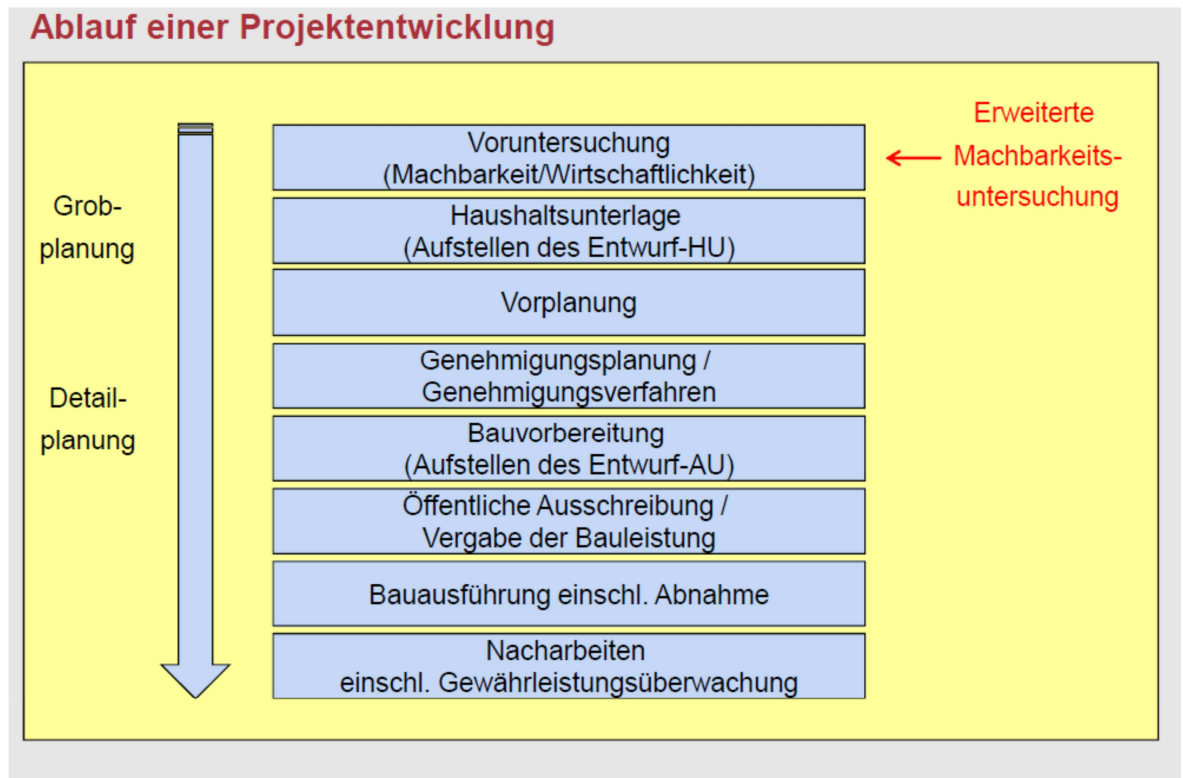


Bild 3: Ablauf einer Projektentwicklung

1.2.2 Anforderungen an die Varianten

In der folgenden Auflistung sind die der Untersuchung zugrunde liegenden maßgeblichen Anforderungen an die Variante 1 (ABB, Teil-Erhalt) und an die Variante 2 (1:1-Ersatz) aufgeführt. Folgende Anforderungen sind für beide Varianten identisch:

- Die Nutzungsdauer ist auf 80 Jahre ausgelegt.
- Die Unterkante der angehobenen Brücke wird von NN + 7,10m (Bestand) auf NN + 8,10m erhöht.
- Die lichte Weite der Brücke bleibt wie im Bestand bestehen.
- Die Begehbarkeit der Hubtürme soll gegeben sein.
- Die Querungsmöglichkeit der Brücke in Hochlage soll ebenfalls gegeben sein.
- Die Brücke ist nur in Verkehrslage barrierefrei.
- Die Brücke soll nach den aktuellen technischen Vorschriften geplant werden.
- Die Betriebsfestigkeit des Hubteils ist nachzuweisen.
- Die Brücke ist für Schiffsanprall auszulegen.

Darüber hinaus müssen beide Varianten gewährleisten, dass sich die Cäcilienbrücke zukünftig fernbedienen lässt.

1.2.3 Vorgehensweise bei den Untersuchungen

Technische Machbarkeit

Bei beiden Varianten wird die technische Machbarkeit separat für die Bereiche Mauerwerkstürme, Technische Ausrüstung (Antriebstechnik, Hubteilverführung, Steuerung etc.) Gründung und Hubteil (beweglicher Brückenüberbau) geprüft. Neben der baulichen Umsetzung ist hierbei auch der spätere Betrieb der Brücke von entscheidender Bedeutung.

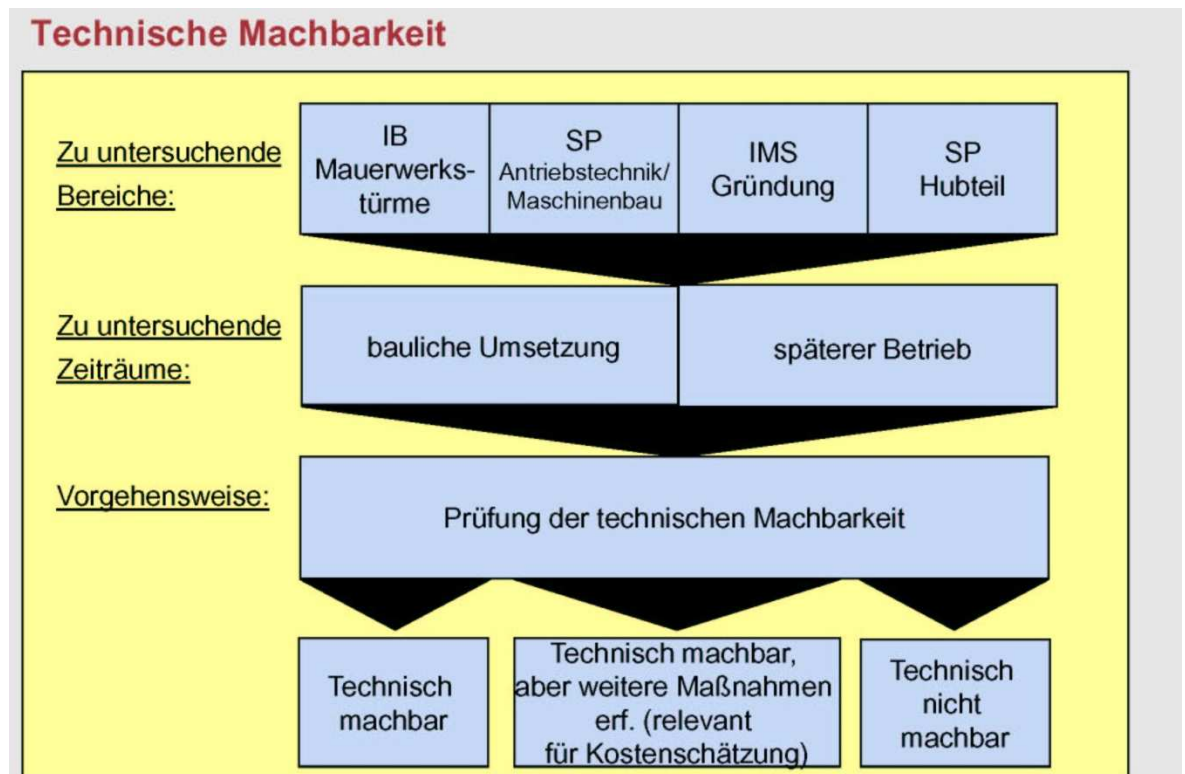


Bild 4: Vorgehensweise bei der technischen Machbarkeitsuntersuchung

In diesem Zusammenhang werden auch die Vor- und Nachteile der Varianten benannt. Ein Ergebnis der technischen Machbarkeitsuntersuchung kann es sein, dass weitergehende Maßnahmen erforderlich werden, um die technische Machbarkeit aus Sicht der Sachverständigen zu gewährleisten bzw. nachzuweisen. Diese weitergehenden Maßnahmen sind wiederum relevant für die Kostenschätzung. So sind beispielsweise für die Variante 1 (ABB) sehr umfangreiche Untersuchungen durchzuführen, da die vorhandenen Bauwerksteile, wie Mauerwerkstürme, Gründung und Hubteil, weiterverwendet werden sollen. Dies setzt voraus, dass Kenntnisse über sämtliche relevanten Parameter dieser Bauteile vorliegen.

Wirtschaftlichkeitsvergleich

Das folgende Bild gibt einen Überblick über die vom WSA geplante Vorgehensweise bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.

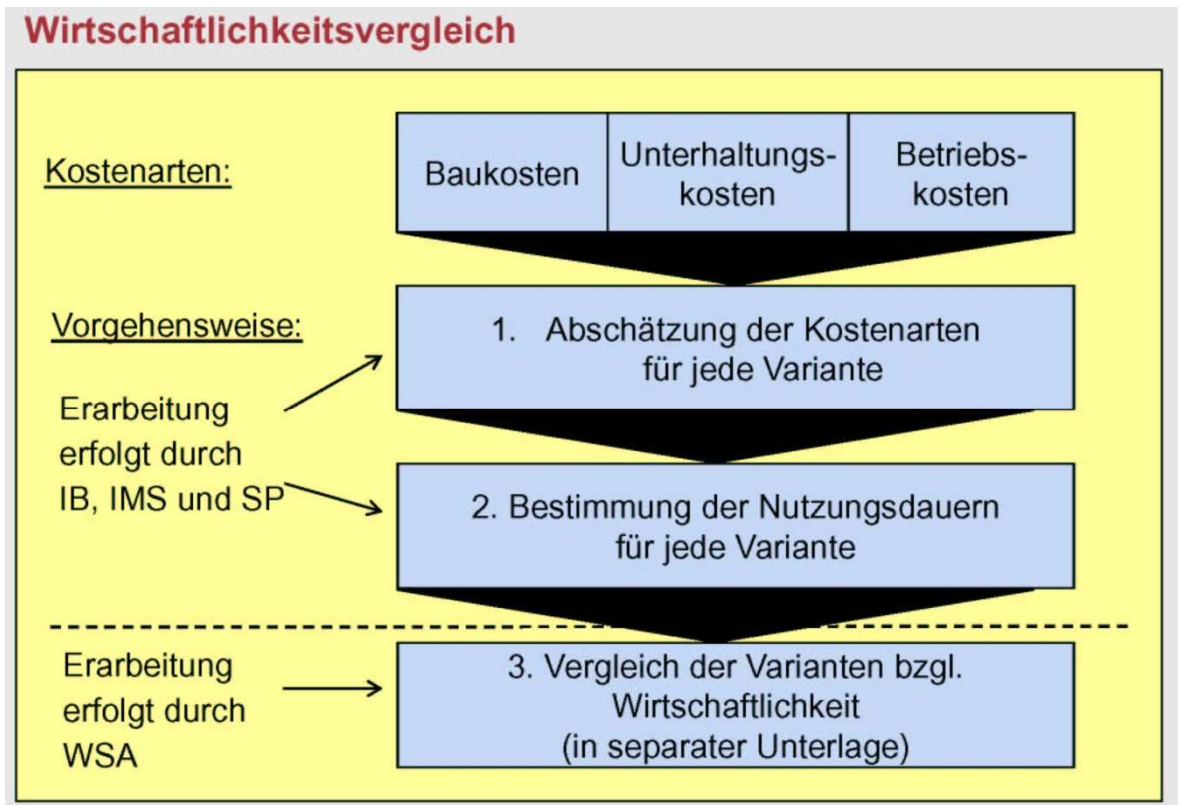


Bild 5: Vorgehensweise bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Die Ergebnisse des Wirtschaftlichkeitsvergleichs werden nicht in der erweiterten Machbarkeitsuntersuchung aufgeführt, sondern in einer separaten Unterlage.

2 Variante 1 (ABB), Teil-Erhalt

2.1 Beschreibung

Der Grundgedanke des Teil-Erhalts ist es, die bestehenden Hubtürme zu erhalten und das Mauerwerk der Hubtürme zu sanieren (siehe Anlage 1). Der Vorschlag sieht vor, dass die für die Antriebstechnik notwendigen Einrichtungen aus den Hubtürmen außer Betrieb genommen werden. Die Belastungen der Hubbrücke sollen nicht mehr von den Hubtürmen aufgenommen werden, [U7].

Die Hubbrücke soll mit insgesamt vier Hydraulikzylindern ohne Gegengewichtsausgleich angehoben werden. Die Hydraulikzylinder werden in zwei neu zu errichtenden Maschinenkellern untergebracht. Die Maschinenkeller sollen unterhalb der Fahrbahn zwischen den Hubtürmen errichtet werden. Die Hydraulikzylinder sollen mittels neu gebauter Kragarme an das Hubteil angeschlossen werden, [U9].

Die Brückenführung soll gewährleistet werden, ohne die Führungskräfte in die Hubtürme einzuleiten, [U7]. Das Mauerwerk der Hubtürme soll saniert werden. Durch die Entlastung der Hubtürme wird erwartet, dass die horizontale Bewegung der Hubtürme in Richtung Wasser zum Stillstand kommt, [U7].

Ob die Gegengewichte in den Hubtürmen verbleiben oder ausgebaut werden sollen, wird von ABB ausdrücklich offen gelassen, [U9]. Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wird davon ausgegangen, dass die Gegengewichte aus den Hubtürmen herausgenommen werden.

Um die Gegengewichte aus den Hubtürmen ausbauen zu können, ist es erforderlich, das Dach der Hubtürme über den Gegengewichten zu öffnen. Die Gegengewichte sind zu unterstützen, so dass die Seile und die Seilrollen ausgebaut werden können. Danach sind die Seilrollenträger zu entfernen. Die Gegengewichte können dann mit einem Kran herausgehoben werden.

2.2 Technische Machbarkeit

2.2.1 Mauerwerkstürme [Autor: IB]

Die Schäden an den Mauerwerkstürmen gehen zurück auf:

- Überbeanspruchung durch Zug- und Scherkräfte
- Feuchtigkeitseintritt
- Aussinterungen
- Korrosion an den im Mauerwerk eingebetteten Stahleinbauten
- Sprengwirkung durch Salze

Es sind deutliche Schäden im Mauerwerk, insbesondere den oberen Bereichen der Türme, festgestellt worden, so dass die erforderliche Substanz des Mauerwerks für eine Sanierung dort nicht mehr vorhanden ist und diese Teilbereiche des Mauerwerks gänzlich abgetragen werden müssen. Auch die anderen Bereiche des Mauerwerks zeigen zum Teil erhebliche Schädigungen, u.a. breite Risse, feine Haarrisse, abgeplatzte Steine und offene Fugen.

Nach erster Einschätzung sind die Mauerwerkstürme nach dauerhaftem Entfernen der äußeren Lasten (hier: Hubteil und Gegengewicht) grundsätzlich ausreichend bemessen, um die zukünftig auftretenden geringeren Lasten (u.a. aus Wind und Eigengewicht der Türme) abzuführen.

Um bei den Mauerwerkstürmen eine Lebensdauer von weiteren 80 Jahren zu gewährleisten, sind die folgenden Sanierungsmaßnahmen erforderlich:

- Rückbau geschädigter Turmbereiche und detailgerechter Wiederaufbau (u.a. Herstellung der Ornamente)
- Austausch schadhafter Steine
- Sanierung der Risse
- Neuverfugen
- Abdeckung der Mauerwerksvorsprünge, um Wasserzutritt zu vermeiden
- Injektionen in das Mauerwerk gegen Durchfeuchtung und zum Korrosionsschutz der Stahleinbauten

Ferner sind die eingemauerten Stahlträger nicht mit einem Korrosionsschutz beschichtet worden. Die Stahlträger werden nur durch den Mörtel des Mauerwerks gegen Korrosion geschützt. Durch über Risse eintretende Feuchtigkeit sind die Stahlträger nachweislich korrodiert. Um eine weitere Korrosion zu verhindern, müssen die Stahlträger entrostet und beschichtet werden und die Feuchtezufuhr muss verhindert werden. Um die Stahlträger zu entrostern, ist das umgebende Mauerwerk zu entfernen.

Das beschädigte Mauerwerk muss ebenfalls abgetragen und neu erstellt werden. Das Mauerwerk, das für die Sanierung der Stahlträger entfernt wurde, muss ebenfalls neu erstellt werden.

Bisher wurden folgende Untersuchungen der Mauerwerkstürme durchgeführt:

- statische Nachrechnung der Mauerwerkstürme durch Eriksen und Partner im Jahr 2000,
- Untersuchung der Mauerwerkstürme durch die BAW im Jahr 2006,
- Mauerwerksturmuntersuchung mit statischer Nachrechnung durch Ingenieurberatung Bröggelhoff im Jahr 2012 und
- Rissuntersuchung der Mauerwerkstürme durch Ingenieurberatung Bröggelhoff im Jahr 2013)

Zur Absicherung der Ergebnisse werden für die Planung der Variante 1 (ABB) u.a. die folgenden weiteren Untersuchungen empfohlen:

- Struktur und Zustand
- Verteilung von Feuchte und gelösten Salzen
- Korrosionsprozess der Stahleinbauten

Gegen den Eintritt von Feuchtigkeit in das Mauerwerk sind konstruktive Maßnahmen vorzusehen.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung der Hubtürme 	<ul style="list-style-type: none"> - weiterer Untersuchungsbedarf - lückenhafte Baubestandsunterlagen - großes Nachtragsrisiko (u.a. Bauzeitverlängerung, Kostensteigerung) - Dauerhaftigkeit der Sanierung fraglich (Korrosion an Stahleinbauten) - Auffälligkeit der sanierten Stellen des Mauerwerks - angepasst kurze Prüfindervalle

Tabelle 1: Mauerwerkstürme, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)

Durch den Wegfall der Funktion der Mauerwerkstürme als tragendes Bauteil der Cäcilienbrücke werden die Einwirkungen wesentlich verringert. Die Standsicherheit der Mauerwerkstürme kann gewährleistet werden.

Die notwendige Sanierung der Mauerwerkstürme ist wie beschrieben mit entsprechendem Aufwand grundsätzlich möglich. Wegen der vielfältigen Schäden kann der notwendige Umfang der Sanierungsmaßnahmen jedoch abschließend erst bei der Ausführung der Arbeiten festgelegt werden.

Eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile für die Variante 1 (ABB) und für die Variante 2 ist in der Anlage 2 dargestellt. Darüber hinaus erfolgte für beide Varianten eine Risikoabschätzung, die die Anlage 4 zeigt.

2.2.2 Antriebstechnik und Maschinenbau

Hydraulikzylinder

In einer Vorbemessung wurde ermittelt, dass je Seite zwei Hydraulikzylinder mit einem Kolbendurchmesser von mindestens 350 mm und einem Stangendurchmesser von 280 mm erforderlich sind, um die Hubbrücke ohne Gegengewicht anzuheben und Tragfähigkeitsreserve für den Ausfall eines Hydraulikzylinders zu haben.

Von mehrfach teleskopierbaren Hydraulikzylindern wird abgeraten, da diese Zylinderbauart im Vergleich zu einfach teleskopierbaren Zylindern in der Anschaffung um das 1,5- bis 2,0-fache teurer und zudem durch die größere Anzahl von beweglichen Bauteilen und Leitungen wartungsaufwendiger sind.

Bei Ausfall eines Hydraulikzylinders soll der Hydraulikzylinder, der dem ausgefallenen Hydraulikzylinder diagonal gegenüber liegt, in Schwimmstellung geschaltet werden. Dabei bedeutet Schwimmstellung, dass die Ventile so geöffnet werden, dass der Hydraulikzylinder bis auf Reibung keine Kräfte aufnehmen kann. Die Abtragung des Brückengewichtes erfolgt dann diagonal über die verbleibenden zwei Hydraulikzylinder, vgl. Bild 7. Die Führung der Brücke wird durch eine entsprechende Ausbildung der Seitenführungsrollen gewährleistet.

Hydraulikaggregat, Rohr- und Schlauchleitungen

Die Hydraulikaggregate werden in den Maschinenkellern untergebracht.

Durch den Fortfall der Gegengewichte steigt die erforderliche Antriebsleistung zum Heben der Brücke von ca. 22 kW auf 220 kW an. Angesetzt wurden bei der Berechnung dieser Antriebsleistung die Lastannahmen nach [V4].

Maschinenbauteile der Führung des Hubteils

Für die Bemessung der Seitenführungsrollen des Hubteils ist für Schiffsanprall eine statische Ersatzlast von 1000 kN anzusetzen, [V2], Teil 1-7, Kap. 4.6.2 (4). Weitere Lasten sind Ausfall eines Hydraulikzylinders sowie Windlasten.

Die Hydraulikzylinder sind beiderseits der Brückenlängsachse angeordnet. Bei Ausfall eines Hydraulikzylinders erzeugt der verbleibende betriebsfähige Hydraulikzylinder bezüglich der Brückenlängsachse ein Moment, das um die Brückenlängsachse dreht. Dieses Moment ist in ein Kräftepaar aufzuteilen und durch die Seitenführung aufzunehmen.

Dazu ist an allen Enden der Endquerträger oben und unten jeweils eine Führungsrolle vorzusehen. Auf diese Weise können um die Brückenlängsachse drehende Momente als Kräftepaare in die Führungsrollen und -schiene abgesetzt werden. Die Seitenführungsrollen laufen auf Schienen, die an Stahlträgern befestigt sind. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen statische Systemskizzen der seitlichen Hubteillührung mit ausgefallenem Hydraulikzylinder. Die Längsführung des Hubteils wird nicht dargestellt.

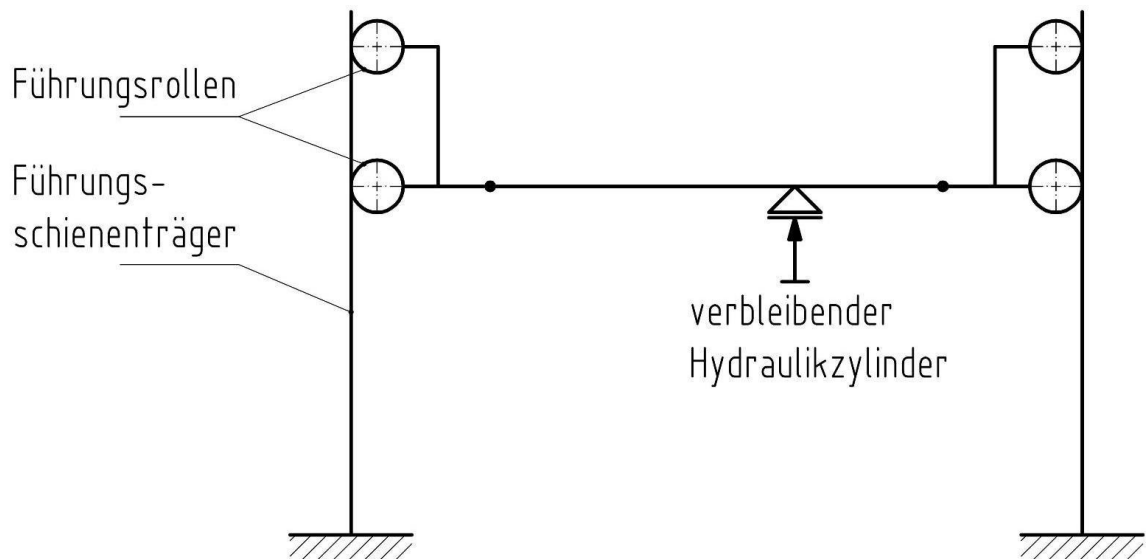


Bild 6: Ansicht Hubteillührung, ein Hydraulikzylinder ausgefallen

Die Längsführung ist so einzustellen, dass das Hubteil nicht mit den Türmen kollidiert.

Die Führungsschiene sind so zu gestalten, dass in der Verkehrslage die Horizontalkräfte von den Brückenlagern und nicht von den Führungsrollen abgetragen werden.

An den Auflagern sind Zentrierungen vorzusehen, die in der Verkehrslage die Auflager für Horizontalkräfte in Querrichtung zur Brücke bilden. Außerdem ist ein Lager für die Aufnahme von Anfahr- und Bremslasten vorzusehen.

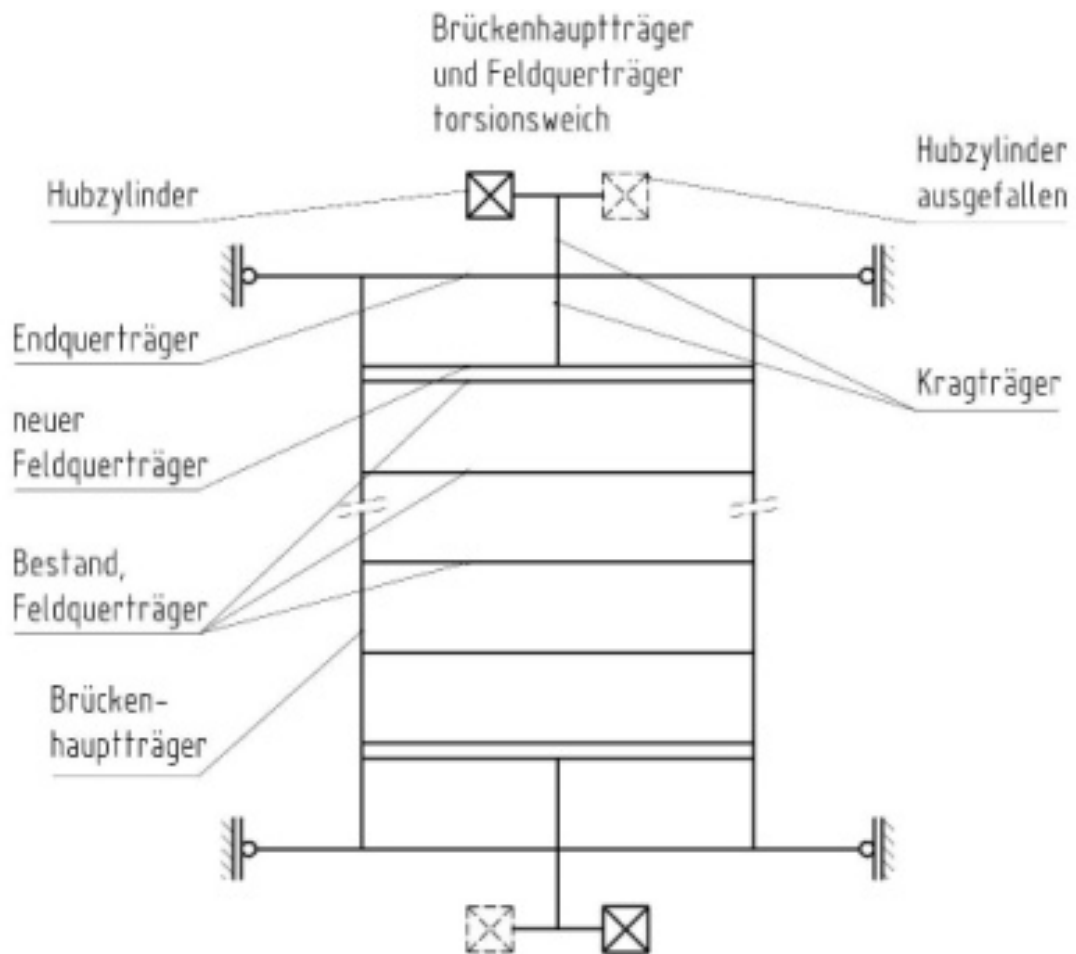


Bild 7: Draufsicht Hubteiführung

Durch die gewählte Anordnung der Hydraulikzylinder und Führungen ergeben sich optische Veränderungen gegenüber dem bestehenden Bauwerk. So stehen wasserseitig vor den Mauerwerkstürmen stählerne Kasten-hohlprofile, an denen die Führungsschienen befestigt sind. Die Führungsrollen werden mit einem Durchmesser von ca. 400 mm ausgeführt.

Hochlagenverriegelung

Die Hubbrücke soll in der Hochlage für den Fußgängerverkehr begehbar sein, [U8]. Das Hubteil ist in der Hochlage mit Verriegelungen in seiner Lage zu sichern. Diese Hochlagenriegel sind für die Belastungen u.a. infolge Eigengewichts der Brücke, Fußgängerverkehr, Wind und Schnee auszulegen.

Elektrotechnische Ausrüstung

Die zur elektrotechnischen Ausrüstung gehörenden Komponenten sind u.a.:

- Schaltanlagen, Steuerung, Bedienungseinrichtungen
- Straßenbeleuchtung
- Schranken und Verkehrsampeln
- Schifffahrtssignale
- Stromversorgung Notstromversorgung
- Sensorik

Für beide Varianten gleich ist die zusätzliche elektrische Ausrüstung, die für die Fernsteuerung der Brücke notwendig ist. Dazu gehören u.a.

auf der Brücke

- Überwachungskameras
- Lautsprecher

und im Steuerstand

- Rechner mit Monitoren für Überwachungskameras oder Videopult,
- Rechner für Steuerung mit Monitor und Eingabegeräten
- Telefon und Funk

und Leitungen für die Übertragung der Bild- und Steuersignale.

Weitere technische Einrichtungen

Neben der eigentlichen Antriebstechnik müssen die beiden Maschinenkeller noch mit folgenden technischen Einrichtungen bestückt werden:

- Entwässerungspumpe mit Auffangbehälter und Ölabscheider
- Deckenkran für die Montage und Demontage einzelner Bauteile
- Mechanischer Antrieb für die Einstiegs Luke
- Beleuchtung und Servicesteckdosengruppe
- Brandmeldeeinrichtung

Betriebliche Aspekte und späterer Betrieb

Durch den Erhalt der Mauerwerkstürme verbleibt zwischen den Türmen nur wenig Platz, um die Maschinenkeller herzustellen. Infolgedessen sind die Räumlichkeiten der Maschinenkeller beengt, da diese neben den Hydraulikzylindern auch die weitere technische Einrichtung für die Antriebstechnik aufnehmen müssen (siehe vorherigen Abschnitt „Weitere technische Einrichtungen“). Die beengten Räumlichkeiten der Maschinenkeller erschweren die Durchführung von Inspektionen und Reparaturen.

Neben den für die notwendigen Inspektionen und Reparaturen erforderlichen Zugängen in die Maschinenkeller sind auch Flucht- und Rettungswege aus den Maschinenkellern sicherzustellen. Hierfür sind u.a. die Anforderungen der DIN 14122 maßgebend.

Damit während des Bewegungsvorgangs der Brücke keine Gefährdung für Passanten und für das Betriebspersonal entsteht, sind Schranken vor den Maschinenkellern anzuordnen. Als mögliche Gefährdung kommt das Quetschen von Körperteilen zwischen dem Hubteil und dem Fahrbahnübergang in Betracht. Insofern können ggf. auch weitergehende Maßnahmen erforderlich werden, wie z.B. das dauerhafte Verschließen der Öffnungen in den Mauerwerkstürmen in Richtung Fahrbahn oder das Einhausen der Hydraulikzylinder.

Der Zutritt von Wasser ist durch entsprechende Entwässerungen soweit möglich zu unterbinden. In den Maschinenkellern sind Pumpen und Pumpensümpfe vorzusehen.

Zu beachten ist weiter die Lärmabstrahlung der Hydraulikaggregate. Diese werden über denen der vorhandenen Anlage liegen und können zu Belästigungen bei den Anwohnern führen.

Aufgrund der hohen Anzahl an Verkehrsteilnehmern und der zweifachen Räumung der Hubbrücke pro Bewegungseinheit wäre eine Fernbedienung der Hubbrücke bei der Variante 1 (ABB) nur mit verkehrlichen Einschränkungen möglich.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – längere Wartungsintervalle 	<ul style="list-style-type: none"> – aufwendige Führung des Hubteils für Ausfall eines Hydraulikzylinders – höhere Antriebsleistung erforderlich (zukünftig 220 kW anstelle 22 kW) – Maschinenkeller erforderlich (ca. 6 m tief) – beengte Räumlichkeiten im Maschinenkeller, daher Inspektion und Reparatur erschwert – Flucht- und Rettungswege problematisch, gesonderter Zugang zum Maschinenkeller erforderlich – Schallemission

Tabelle 2: Antriebstechnik und Maschinenbau, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)

Die Antriebstechnik und der Maschinenbau für die Variante 1 (ABB) sind grundsätzlich technisch machbar.

2.2.3 Gründung [nach Beiträgen von IMS]

Der Zustand der Gründung sowie der sich daraus ergebende Handlungsbedarf wird im Planungskonzept zur dauerhaften Instandsetzung aus dem Jahr 2012 wie folgt beschrieben:

"Die Untersuchungen des Sachbestands haben gezeigt, dass für die Horizontalverschiebungen der Brückentürme verschiedene Ursachen möglich sind. Die geotechnischen und statischen Betrachtungen zeigen Unsicherheiten bzgl. der Tragfähigkeit der Gründung aufgrund des unbekanntenen Zustands der Fundamentbalken sowie der Pfahlköpfe auf. Weiterhin binden die Holzpfähle (Anm.: ca. 70 Stück je Turm) nicht ausreichend in den tragfähigen Baugrund ein. Der Abtrag der Lasten aus den Türmen in den Bodenkörper kann nicht mit ausreichender Sicherheit gewährleistet werden. Die Erkenntnisse bzgl. des Ist-Zustands der Gründung der Cäcilienbrücke erfordern nicht nur eine Instandsetzung sondern eine Verbesserung der horizontalen und auch der vertikalen Tragstruktur zur Gewährleistung der geforderten Verfügbarkeit, also der sicheren Tragfähigkeit der Gründung. Hierbei ist zu beachten, dass die Gründungsstruktur nicht nur ihre Funktion beibehalten muss, sondern alle Nachweise auch nach geltenden Regeln des Stands der Technik durchzuführen sind." [U1], S. 78.

Für eine bauliche Realisierung der Variante 1 (ABB) wären zunächst die wesentlichen Grundlagen zur Feststellung der tatsächlichen Mitverwendungsfähigkeit der Gründung zu schaffen. Dies sind insbesondere die Planung und Ausführung zur Bestandsaufnahme der tatsächlich vorliegenden Strukturen und deren Zustand durch Bestandsvermessung, Schadensaufnahme, Material- und Baugrunduntersuchungen.

Es sind zusätzliche Maßnahmen zu treffen, um den Wasserzutritt in die Kellerräume der Türme zu unterbinden. Hierzu sind die Fundamente und Kellerwände gegen das teilweise drückend anstehende Grundwasser abzudichten.

Zur Errichtung der erforderlichen neuen Strukturen zwischen den zu erhaltenden bestehenden sind u.a. die folgenden Arbeitsschritte im Bereich der Gründung erforderlich:

1. Hubbrücke herausheben
2. Gegengewichte in den Türmen abbrechen und entsorgen
3. Erdbau zur Herstellung einer Arbeitsebene auf ca. NN + 2,5 m zwischen den Türmen
4. Unterfangung der Turmfundamente z. B. mit Düsenstrahlkörpern unter den beiden landseitigen Fundamentplatten sowie unter den wasserseitigen Fundamenten
5. Abbruch des Betons und der alten Spundwand am Ufer vor den Türmen bis ca. NN + 2,2 m
6. Herstellung neuer Gründungselemente zwischen alter und neuer Spundwand, Einbau von Stahlträgern in die Düsenstrahlkörper
7. Herstellung eines wasserseitigen neuen Gurtholmes aus Stahlbeton auf den Gründungselementen zwischen den Spundwänden, Errichtung der Widerlagerbank für die Lagerung der Brücke auf dem Gurtholm
8. Herstellung einer neuen Rückverankerung des Gurtholmes mit geeigneten Zugpfählen seitlich, knapp unterhalb der Türme.
9. Herstellung der "wasserdichten" Baugrube aus überschnittenen Bohrpfählen für die neuen Maschinenkeller mit Rückverankerung der überschnittenen Bohrpfähle
10. Aushub der Baugrube.
11. Unterwasser-Betonsohle einbringen, Baugrube lenzen und wasserfrei halten
12. Ausgleichsschicht und Verfüllung sowie Ausbauschale des Maschinenkellers aus wasserundurchlässigem Beton herzustellen.
13. Zugang zum Maschinenkeller herstellen

Zu Ziffer 4 der obigen Aufzählung ist anzumerken, dass vorhandene Holzpfähle in die Düsenstrahlkörper einbinden und der Lastabtrag verändert wird.

In dem folgenden Bild sind die wesentlichen Grundbaumaßnahmen, wie z.B. die Widerlagerbank und Bohrpfahlwand am Maschinenkeller (grün), die Spundwandverankerung (rot) und die Ausbauschale des Maschinenkellers (blau) im Längsschnitt dargestellt. Das Hubteil mit der Verlängerung ist gelb hervorgehoben. Die Rückverankerung der überschrittenen Bohrpfähle ist hellbraun eingezeichnet.

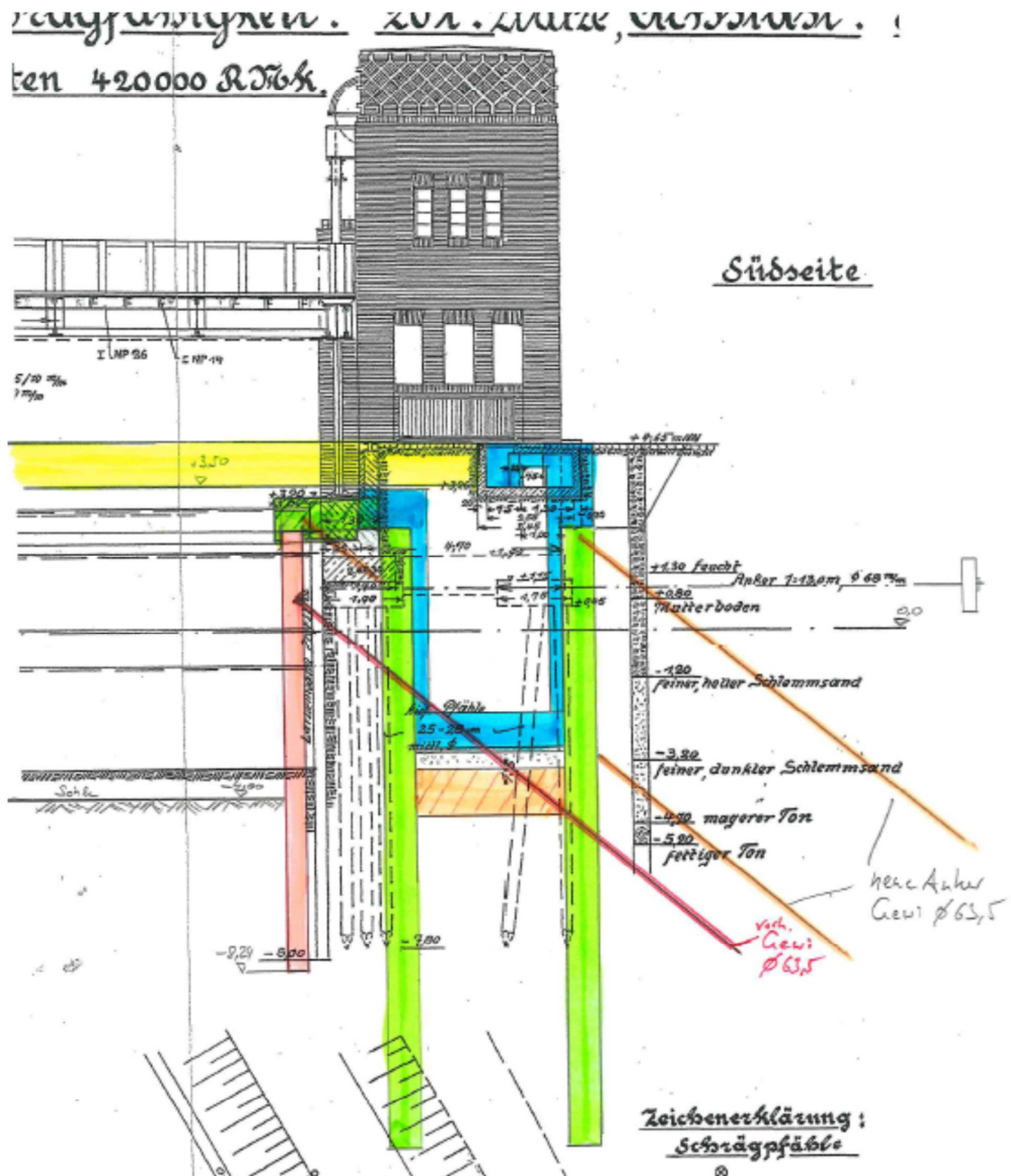


Bild 8: Skizze der maßgeblichen Grundbaumaßnahmen für die Variante 1 (ABB), Längsschnitt

Quelle: Bestandsplan der Cäcilienbrücke 1930, WSA Bremen, mit Eintragungen von IMS

Das folgende Bild zeigt die Widerlagerbank mit Rückverankerung und den Maschinenkeller im Grundriss.

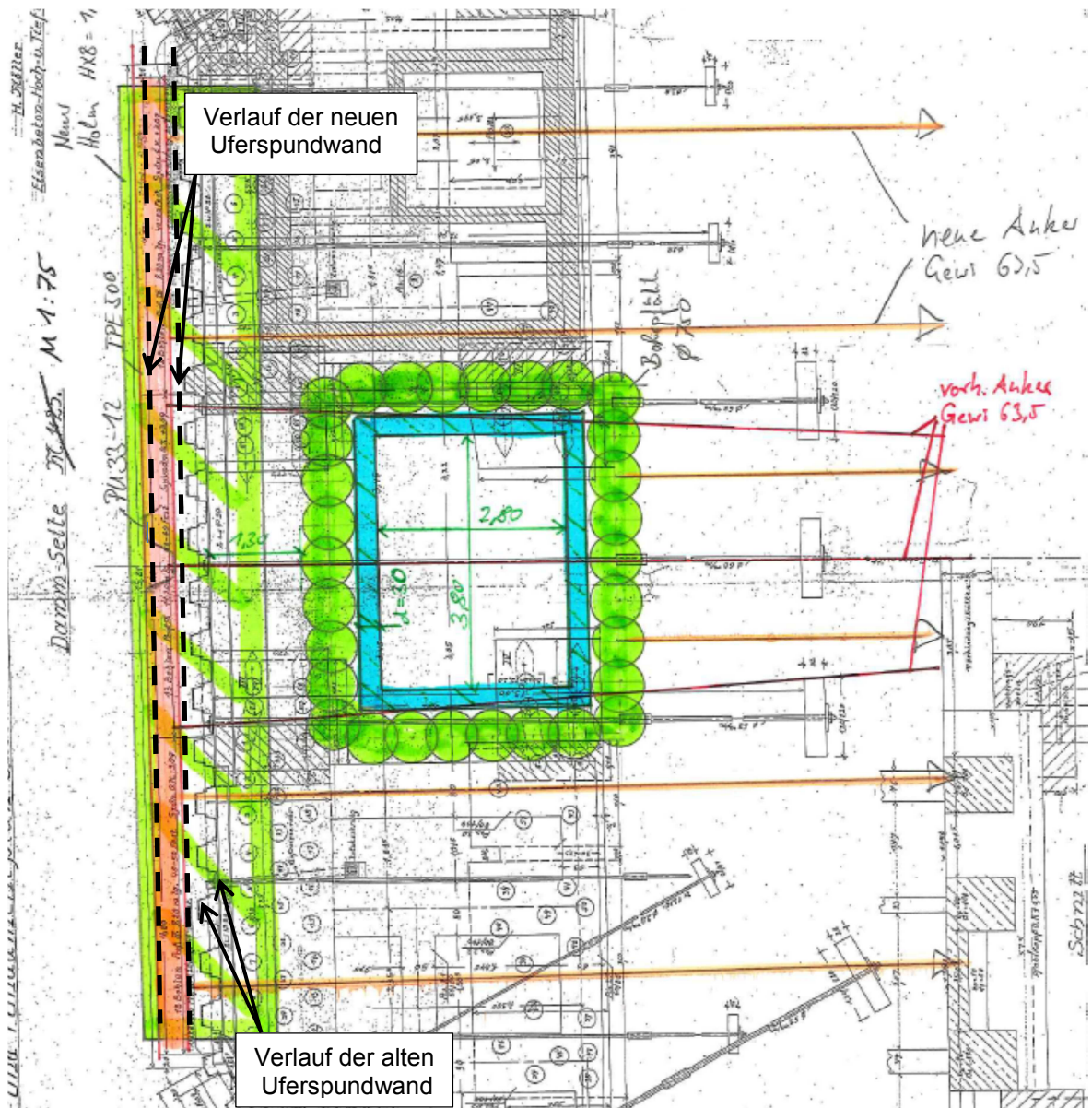


Bild 9: Widerlagerbank mit Spundwandverankerung und Maschinenkeller, Grundriss

Quelle: Bestandplan der Cäcilienbrücke 1930, WSA Bremen, mit Eintragungen IMS

Der Arbeitsschritt Nr. 6 der Gründungsmaßnahmen gestaltet sich aufgrund der sehr begrenzten Platzverhältnisse zwischen alter und neuer Spundwand als kompliziert. Die Platzverhältnisse lassen einen für die aus Schiffsstoß resultierenden Horizontallasten ausreichend bemessenen Pahlbock nicht zu. Der horizontale Lastabtrag erfolgt nunmehr über das Zusammenwirken der Spundwandelemente, der Stahlträger, der Düsenstrahlverfahren-"Scheibe" und des Gurtholms. Ferner kann dieses System im Bereich zwischen den Türmen auch zum vertikalen Lastabtrag herangezogen werden (siehe [U11], Punkt 6, Abs. 3, bzw. Anlage 1 dieses Berichts). Hierzu ist der Bereich zwischen alter und neuer Spundwand "auszudüsen" und in die Täler der neuen Spundwand sind Stahlträger einzustellen. Ggf. lässt sich dies erschüttere-

rungsfrei durchführen, wenn an den entsprechenden Stellen die Düsenstrahlköper bis auf die planmäßige Unterkante der Stahlträger ausgeführt werden (siehe Bild 10). Im folgenden Bild wird die Gründung der Widerlagerbank zwischen den Spundwänden orange dargestellt. Die eingedüsten Stahlträger sind in rot eingezeichnet.



Bild 10: Gründung der Widerlagerbank, Grundriss

Quelle: Bestandsplan der Cäcilienbrücke 2006, WSA Bremen, mit Eintragungen IMS

Im vorliegenden Fall wird von der technischen Machbarkeit der Variante 1 (ABB) ausgegangen, ohne diese jedoch mit rechnerischen Nachweisen zu belegen. Hierzu wären neben den bisher bereits durchgeführten Untersuchungen über die Gründung (Geotechnischer Bericht der BAW aus 2011, der auf Baugrunduntersuchungen im Bereich der Cäcilienbrücke basiert) weitere Untersuchungen erforderlich. Fundamentuntersuchungen, Holzpfahluntersuchungen und Pfahlprobelastungen haben geringe Aussagekraft, können aber zu Schäden am Bauwerk führen. Dagegen werden Baugrunduntersuchungen zur Bestimmung der Tragfähigkeit des Baugrundes empfohlen.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Sanierung der Mauerwerkstürme 	<ul style="list-style-type: none"> – weiterer Untersuchungsbedarf am Bauwerk, jedoch geringe statistische Aussagekraft der Untersuchungen bei hohem Aufwand, weitere Beschädigung des Bauwerks möglich – umfangreiche Beweissicherung für vorh. Bauteile erforderlich – großes Nachtragsrisiko (u.a. Bauzeitverlängerung, Kostensteigerung) – Maschinenkeller bautechnisch aufwendig, Arbeitsfugen unterhalb des Grundwasserspiegels, Zugang unter der Fahrbahn – Durch den Entfall des Gegengewichtsausgleichs müssen die Brückenlager zusätzlich zur Verkehrslast das Eigengewicht der Brücke aufnehmen. Die Auflagerbank ist für diese Lasterhöhung nachzuweisen und ggf. zu ertüchtigen. – Erstellen neuer Gründungselemente zwischen bestehenden Holzpfählen mit geringen Pfahlabständen – kurze Prüfintervalle (umfangreiches Monitoring) erforderlich

Tabelle 3: Gründung, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)

Auch bei einer Herausnahme der Gegengewichte aus den Mauerwerkstürmen ist eine Sanierung der Gründung der Mauerwerkstürme erforderlich, damit dauerhaft verhindert wird, dass sich der Abstand der Hubtürme weiter verringert.

Die erforderlichen Gründungsmaßnahmen bei der Variante 1 (ABB) sind aufwendig und durch das Bauen im Bestand kompliziert. Die technische Machbarkeit der Gründung der Variante 1 (ABB) wurde im Rahmen der erweiterten Machbarkeitsstudie rechnerisch nicht nachgewiesen. Hierfür sind u. a. weitergehende Untersuchungen erforderlich.

2.2.4 Hubteil

Für den Anschluss der Hydraulikzylinder an das Hubteil und für die Führung des Hubteils muss das Hubteil im Bereich der Endquerträger umgebaut werden.

Für den Anschluss der Hydraulikzylinder sind Einfeldträger mit Kragarm erforderlich, wobei der Kragarm vom Endquerträger bis in den Bereich des Maschinenkellers ragt. Diese Träger sind am Endquerträger und an einem neu zu bauenden Feldquerträger zu verlagern, vgl. Bild 7. Um die Brücke vor Anfahrungen zu schützen und den vorhandenen Lichtraum für die Schifffahrt nicht weiter einzuschränken, dürfen die Verlagerungsträger nicht in den Lichtraum unter der Brücke hineinragen.

Für außermittig angreifende lotrechte Lasten auf dem Hubteil ist eine Einrichtung erforderlich, die Verdrehungen des beweglichen Hubteils um die Längsachse verhindert. Die Sicherung des Hubteils gegen Verdrehung ist im Normalbetrieb durch eine Gleichlaufregelung der Hydraulikzylinder erreichbar. Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit im Ausnahmefall "Ausfall eines Hydraulikzylinders" sind weitere Maßnahmen erforderlich.

Daher sind die Führungsrollen und die Träger der Führungsschienen für den Ausnahmefall "Ausfall eines Hydraulikzylinders" auszulegen.

Die Torsionstragfähigkeit des Hubteils ist nicht bekannt, muss aber wegen der Bauweise des bestehenden Hubteils (Trogbrücke, Hauptträger mit hohem Doppel-T-Querschnitt, Hauptträgergurte aus Lamellen zusammengesetzt) als vernachlässigbar klein und damit als nicht ausreichend angesehen werden. Für die Lastabtragung kann sie daher nicht herangezogen werden. Da der Lastfall „Ausfall eines Hydraulikzylinders“ zugrunde gelegt werden muss, sind große Abmessungen für Führungsrollen und -träger erforderlich, vgl. Bild 6.

Die neuen Stahlbauteile sind mit einem Korrosionsschutzsystem zu versehen. Da das bestehende Hubteil weiterverwendet werden soll, ist von diesem die gesamte Korrosionsschutzschichtung komplett zu entfernen und neu aufzubauen.

Um ausreichend Platz für die Umbauarbeiten und trockene sowie saubere Arbeitsbedingungen für die Korrosionsschutzarbeiten zu gewährleisten, sollte das Hubteil ausgebaut und an Land verbracht werden. Während des Umbaus des Hubteils fehlt nach dem Ausbau der alten Endquerträger die Möglichkeit, das Hubteil aufzulagern. Bei ausgebauten Endquerträgern ist der Gehweg über die Brücke unterbrochen. Die Anforderungen an die Arbeitssicherheit und die Beschränkung des Lichtraums durch Arbeitsgerüste unter der Brücke lassen nicht zu, das Hubteil als Behelfsbrücke während der Bauzeit zu verwenden. Daher ist während der Bauphase die Nutzung des Hubteils als Behelfsbrücke für den Fußgängerverkehr, wie von ABB angedacht, nicht möglich.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Erhaltung des bestehenden Hubteils 	<ul style="list-style-type: none"> – weiterer Untersuchungsbedarf, u. a. Stahlsortenbestimmung, Zustand des Stahls – angepasst kurze Prüfintervalle – beengte Querschnitte von Fahrbahn und Gehwegen, keine Barrierefreiheit – kein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen Türmen und Fahrbahn – Verkehrsbeschränkung – Umbau im Bereich der Endquerträger erforderlich – Restnutzungsdauer unbekannt

Tabelle 4: Hubteil, Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB)

Die erforderlichen Umbaumaßnahmen am Hubteil sind grundsätzlich technisch machbar. Das bestehende Hubteil wurde in einer Nachrechnung als Brückenklasse 30 nach DIN 1072 nachgewiesen. Derzeit ist das zulässige Fahrzeuggewicht auf der Brücke auf 7,5 t beschränkt, [U4], S. 6. Das Hubteil entspricht in der Tragfähigkeit jedoch nicht mehr den Anforderungen, die nach aktueller Normung an einen Neubau gestellt werden. Das Hubteil stammt aus dem Jahr 1927. Die planmäßige Lebensdauer des Hubteils von ca. 80 Jahren ist damit abgelaufen. Es sind weitere Untersuchungen und Nachrechnungen dahingehend erforderlich, ob nach der Ausführung der Sanierung nach Variante 1 (ABB) die Einschränkung des zulässigen Fahrzeuggewichtes aufgehoben werden kann.

2.3 Kosten

2.3.1 Baukosten

In der folgenden Tabelle werden als Ergebnisse die gerundeten Teilsummen und die gerundete Endsumme aufgeführt.

Beschreibung	geschätzte Kosten, ohne Zuschläge, netto [Mio. €]
Stahlbau Hubteil inkl. Korrosionsschutz	0,84
Massivbau Hubtürme	0,96
Gründung, min. Kosten	2,98
Technische Ausrüstung	2,20
Fernsteuerung	0,28
Mehrkosten für Ertüchtigung gegen Schiffsanprall	0,16
Hilfsbrücke	0,28
Summe	7,70

Tabelle 5: Variante 1 (ABB), Schätzkosten, Bau

Die in der Tabelle aufgeführten Kosten enthalten keine Zuschläge für Unvorhergesehenes und sonstige Bauausgaben sowie keine gesetzliche Mehrwertsteuer.

2.3.2 Unterhaltungskosten

Die Unterhaltungskosten betragen erfahrungsgemäß für einen hydraulischen Antrieb ca. 70.000 € pro Jahr.

2.3.3 Betriebskosten

Das Brückeneigengewicht der bestehenden Brücke ist beim Teil-Erhalt vollständig vom Antrieb anzuheben, da der vorhandene Gegengewichtsausgleich entfällt. Infolge der Schwerkraft kann die Brücke selbsttätig herunterfahren.

Die jährlichen Stromkosten für den Antrieb ergeben sich zu ca. 4500 €.

3 Variante 2, 1:1-Ersatz

3.1 Beschreibung

Zum funktionsgerechten Erhalt des "Kulturdenkmals Cäcilienbrücke" bietet sich als „Wahrzeichen“-konforme Lösung ein 1:1-Ersatz der Hubbrücke an. Im Gegensatz zur Variante 1 (ABB) kann beim 1:1-Ersatz die Antriebskonzeption der bestehenden Brücke gewählt werden. Die Abmessungen der Hubtürme bleiben in etwa gleich.

Das bestehende Hubteil wird demontiert und durch ein neues Hubteil ersetzt. Alternativ ist auch die Verwendung des alten Hubteils mit neuem Korrosionsschutz möglich. Die Hubtürme werden einschließlich Gründung zurückgebaut. Die Holzpfähle der bestehenden Gründung werden, soweit notwendig, gezogen. Die Hubtürme werden auf einer neuen Tiefgründung wieder aufgebaut. In den neuen Hubtürmen werden Umlenkrollen und Gegengewichte für den Gewichtsausgleich des Hubteils angeordnet. Das bewegliche Hubteil wird mit einem elektro-mechanischen Triebstockantrieb ausgestattet. Die Triebstöcke werden an den Hubtürmen angeordnet, [U1], S. 46 und Anlage 4.3.

3.2 Technische Machbarkeit

3.2.1 Mauerwerkstürme [Autor: IB]

Mit dem Neubau der Brückentürme in massiver Bauweise in Stahlbeton können alle Einflüsse und Einwirkungen nach den heute geltenden Vorschriften bei der Planung berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird davon ausgegangen, dass die Türme Verblendmauerwerk aus neuen Steinen erhalten.

Für die neuen Brückentürme muss ab Straßenoberkante infolge des geänderten Lastabtrages die vorhandene Gründung auf das neue System abgestimmt werden.

Mit dem planmäßigen Rückbau der Brückentürme wird es möglich sein, die Gründung neu zu errichten. Mit dieser Variante werden alle Unzulänglichkeiten der bestehenden Gründung inkl. der horizontalen Verschiebung der Türme zueinander behoben, [U1], S. 37.

Diese Sanierungsvariante sorgt für die übliche Lebensdauer eines neuen Ingenieurbauwerkes von ca. 80 Jahren.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – geringes Nachtragsrisiko (u.a. Einhaltung der Bauzeit und des Kostenrahmens) – Neubau nach Stand der Technik – vollständige Bestandsunterlagen – reguläre Prüfintervalle 	<ul style="list-style-type: none"> – Rückbau aller Hubtürme einschließlich eines Teils der Holzpfähle erforderlich

Tabelle 6: Mauerwerkstürme, Vor- und Nachteile der Variante 2

Der 1:1-Ersatz der Mauerwerkstürme ist technisch machbar.

3.2.2 Antriebstechnik und Maschinenbau

Allgemeines

Die gesamte Antriebstechnik wird erneuert. Die maschinentechnische Ausrüstung besteht im Wesentlichen aus dem Hubantrieb, den Gegengewichtsseilen, der Verriegelung und den Seitenführungen der Hubbrücke und den Seitenführungen der Gegengewichte.

Das Gewicht des Hubteils wird mit Gegengewichten zum größten Teil ausgeglichen. Damit ein Verzicht auf Niederhalter möglich ist, wird das Hubteil mit einer ausreichend großen Überlast gegenüber dem Gegengewicht ausgeführt. Das Übergewicht der Hubbrücke sollte in der Verkehrslage zweimal die Einwirkung aus lotrechtem Wind betragen.

Antrieb

Der Antrieb der Hubbrücke erfolgt mit vier Triebstöcken, die an den Hubtürmen befestigt sind. Jedes der vier Triebstockritzeln wird mit einem eigenen selbsthemmenden Schneckengetriebe angetrieben, um bei Ausfall einer Welle oder eines Getriebes das Hubteil gegen Absturz zu sichern.

Für das Öffnen und Schließen der Hubbrücke werden jeweils ca. 90 Sekunden veranschlagt. Der Hub wird gegenüber der bestehenden Brücke von ca. 3,50 m auf 4,50 m vergrößert.

Der Antrieb der Variante 2 beinhaltet folgende wesentliche Bauteile:

1. E-Motor 30 kW (frequenzgesteuert, im Normalbetrieb evtl. geringere Leistung ausreichend)
2. Trommelbremse mit Antrieb
3. Sicherheitskupplung
4. Vorgelege-Getriebe mit seitlichem Abgang
5. Kegelradgetriebe mit 2 Abgängen
6. Kegelradgetriebe ebenfalls mit 2 Abgängen
7. selbsthemmendes Schneckengetriebe
8. Ritzel
9. Triebstock

In dieser Liste sind die dazugehörigen Wellen und die Lagerung sowie die erforderlichen Unterkonstruktionen für die Montage der Bauteile nicht aufgeführt [U1], S. 46.

Der Antriebsmotor wird in der Brückenmitte angeordnet. Von dort wird das Antriebsmoment mit Gleichlaufwellen zu Verteilergetrieben an den Endquerträgern übertragen. Mit weiteren Gleichlaufwellen wird das Antriebsmoment entlang der Endquerträger zu den Schneckengetrieben an den Enden der Endquerträger weitergeleitet. Diese Schneckengetriebe treiben die Triebstockritzeln an.

Sämtliche Getriebe sind mit öldichten, geschlossenen und verwindungssteifen Gehäusen auszuführen. Das Ritzel ist beidseitig mit einem Bund auszustatten. An diesem Bund kann sich der Triebstock anlehnen. Der Triebstock ist mit einem Rückenblech auszuführen. Am Turm ist der Triebstock gelenkig und ggf. mit einer Federkonstruktion anzuschließen, falls das Übergewicht der Hubbrücke in Verkehrslage nicht ausreichend ist. Durch die Federkonstruktion

kann die Brücke in der Verkehrslage angedrückt werden. Die Rückseite des Triebstocks wird durch zwei Andrückrollen, die schwingend zu lagern sind, gehalten. Durch das selbsthemmende Schneckengetriebe wird die Hubbrücke auch bei einem Ausfall einer Gleichlaufwelle sicher gehalten.

Seile und Seilrollen

Der Seildurchmesser kann gegenüber dem Bestand von 54 mm auf ca. 32 mm reduziert werden. Am Gegengewicht wird eine Schwingenkonstruktion vorgesehen, damit die Seilkräfte auch beim Seilreck gleich sind.

Die Seilrillen sind in den Seilscheiben mit einem Futter auszustatten, um die Lebensdauer der Drahtseile zu verlängern [U1], S. 46

An jedem Hubturm wird eine Laufrolle für die Seitenquerführung angeordnet. Für die Längsführung werden separate, verstellbare Laufrollen an den Türmen 3 und 4 angeordnet. Eine Längsführung besteht aus zwei verstellbaren gegenüberliegenden Laufrollen und einer dazwischenliegenden Führungsschiene. Es werden jeweils glatte Laufrollen verwendet, [U1], S. 46.

Verriegelungen

An jedem Hubturm wird eine Verriegelung angeordnet. Jede Verriegelung erhält einen separaten Antrieb, der jeweils seitlich an der Hubbrücke montiert wird. Als Antrieb der Riegel kommen Elektro-Hubzylinder zum Einsatz. Um die Hubbrücke in der Hochlage zu halten, werden an jedem Triebstock Haltebleche vorgesehen. Die Verriegelung erfolgt wie bei der jetzigen Konstruktion über Verriegelungsrollen [U1], S. 46.

Fernbedienung

Aufgrund der hohen Anzahl an Verkehrsteilnehmern und der zweifachen Räumung der Hubbrücke pro Bewegungseinheit wäre eine Fernbedienung der Hubbrücke bei der Variante 2 nur mit verkehrlichen Einschränkungen möglich.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – einfache Steuerung – robuste Bauweise – energiesparend durch Gegengewichte 	<ul style="list-style-type: none"> – erschwerte Zugänglichkeit zu Maschinenbauteilen unter der Fahrbahn des beweglichen Hubteils, deshalb Wartungsklappen auf der Brückenfläche erforderlich – regelmäßige Schmierung erforderlich

Tabelle 7: Antriebstechnik und Maschinenbau, Vor- und Nachteile der Variante 2

Der 1:1-Ersatz des elektromechanischen Brückenantriebs und der weiteren Maschinenbauteile ist technisch machbar.

3.2.3 Gründung [Autor: IMS]

Die Beschreibung der Gründung der Variante 2 folgt dem in [U1] angegebenen Konzept. Vor der Herstellung der neuen Gründung des Ersatzneubaus sind die bestehenden Hubtürme mit samt den Pfahlkopfplatten abzutragen.

Im Anschluss an den Abbau der Mauerwerkstürme ist die Gründungsstruktur durch einen Ersatzneubau auf Bohrpfählen auszutauschen. Hierzu sind das vorhandene Fundament und die störenden Holzpfähle zurückzubauen. Die neue Tiefgründung besteht aus sechs Bohrpfählen

und einer Fundamentplatte. Die Bohrpfähle binden mindestens 2,5 m in den tragfähigen Baugrund ein. Zur Herstellung der Bohrpfähle wird dabei je nach Verfahren beispielsweise eine Bohrschnecke bis auf Endtiefe abgeteuft, Bewehrung in das Seelenrohr eingestellt und anschließend die Bohrschnecke während des Betonierens durch das Seelenrohr gezogen. Das obere Ende der Bewehrung des Bohrpfahls wird in das Fundament integriert.

Zur Sicherstellung des Abtrags der Horizontallasten wird das Fundament mit GEWI-Ankern rückverankert.

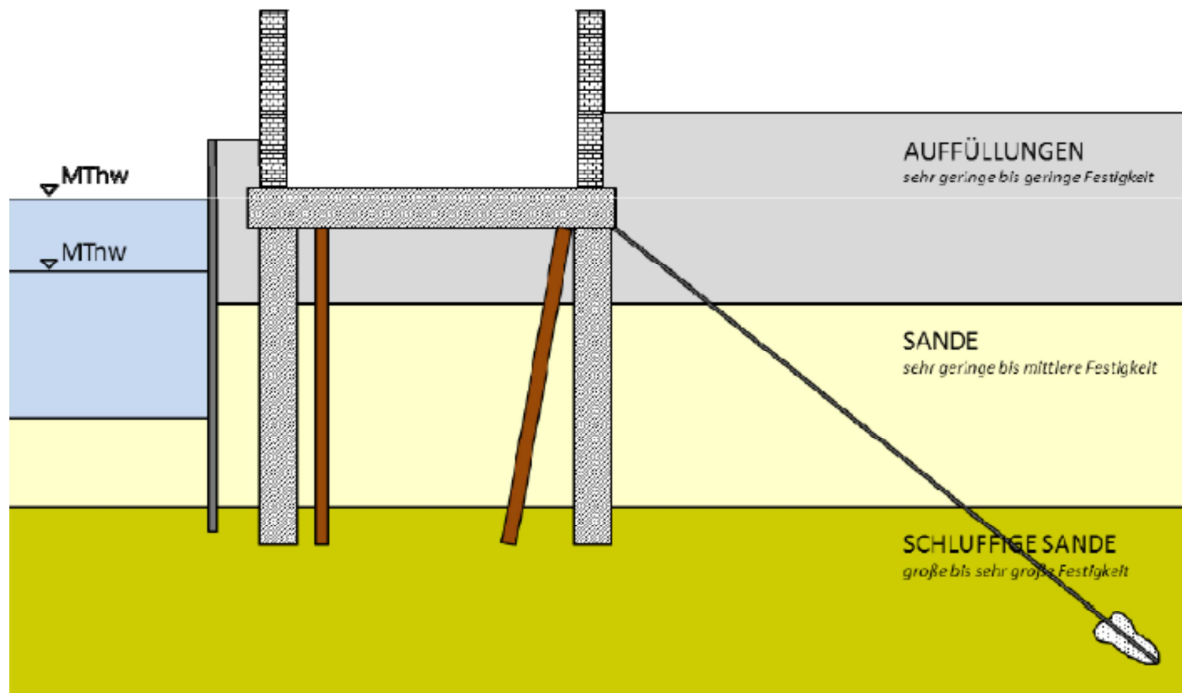


Bild 11: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen

Folgende Punkte sind beim Ersatzneubau der Gründung zu beachten:

- Die Brücke muss demontiert werden.
- Die Mauerwerkstürme müssen zunächst komplett abgebaut werden.
- Die vorhandenen Fundamente müssen abgebrochen werden.
- Störende Holzpfähle müssen bereichsweise gezogen werden.
- Die Hebung beim Abbau der Mauerwerkstürme und die Setzungen bei der Herstellung der Ersatzgründung und des Wiederaufbaus der Türme sind zu berücksichtigen.
- Die Bauarbeiten erfordern ausreichenden Platz zur Baustelleneinrichtung für die Herstellung von Bohrpfählen und Fundament.
- Baubegleitend ist ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm durchzuführen.

Die Herstellung eines Ersatzneubaus der Gründung erfordert die Demontage aller Bauwerksteile und deren späteren Neubau. Der Ersatzneubau wird als ein statisch eindeutig definiertes System ausgeführt. Anschließend ist die erforderliche Sicherheit bezüglich der Tragfähigkeit und der Dauerhaftigkeit der Gründung gegeben.

Für das ausführende Unternehmen ist der Arbeitsaufwand kalkulierbar. Das bedeutet ein geringes Kostenrisiko für den Auftraggeber bei gleichzeitiger Sicherheit über den dauerhaften Erfolg der Maßnahme.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – geringes Nachtragsrisiko (u.a. Einhaltung der Bauzeit und des Kostenrahmens) – Neubau nach Stand der Technik – reguläre Prüfintervalle 	<ul style="list-style-type: none"> – Ramm-/Bohrhindernisse

Tabelle 8: Gründung, Vor- und Nachteile der Variante 2

Der 1:1-Ersatz der Gründung ist technisch machbar.

3.2.4 Hubteil

Für das Hubteil wird entsprechend den bisherigen Abmessungen ein Trogquerschnitt gewählt. Die Gehwege werden auf Kragarmen außerhalb der Hauptträger angeordnet. Die Fahrbahn befindet sich zwischen den Hauptträgern. Die Fahrbahn und die Gehwege werden als orthotrope Platten mit Trapezhohlsteifen ausgeführt. Die Feldquerträger werden mit 90 cm Bauhöhe ausgeführt und in Abständen von 2,9 m angeordnet. Die Hauptträger werden als geschweißter I-Querschnitt mit 2,50 m Bauhöhe ausgeführt und mit Rippen gegen Kippen ausgesteift.

Bei der Vorgabe eines 1:1-Ersatzes bleibt der vorhandene beengte Querschnitt im Bereich der Fahrbahn bestehen.

Fazit

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – reguläre Prüfintervalle – Aufhebung der Beschränkung des zulässigen Fahrzeuggewichts – Neubau nach Stand der Technik 	<ul style="list-style-type: none"> – beengte Querschnitte von Fahrbahn und Gehwegen – keine Barrierefreiheit der gehobenen Brücke – kein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen Türmen und Fahrbahn

Tabelle 9: Hubteil, Vor- und Nachteile der Variante 2

Der 1:1-Ersatz des Hubteils ist technisch machbar.

3.3 Kosten

3.3.1 Baukosten

In der folgenden Tabelle werden als Ergebnisse die gerundeten Teilsummen und die gerundeten Endsummen aufgeführt.

Beschreibung	geschätzte Kosten, ohne Zuschläge, netto [Mio. €]
Stahlbau, 1:1-Ersatz des Hubteils inkl. Korrosionsschutz / Fahrbahnbelag	1,14
alternativ: Weiterverwendung des bestehenden Hubteils, Erneuerung Korrosionsschutz, mit Ein- u. Ausbau Hubteil	0,39
Massivbau Hubtürme	0,69
Gründung, max. Kosten	1,30
Technische Ausrüstung	2,02
Fernsteuerung	0,28
Mehrkosten für Ertüchtigung gegen Schiffsanprall	0,06
Hilfsbrücke	0,28
Summe mit bestehendem Hubteil	5,02
Summe mit 1:1-Ersatz des Hubteils	5,77

Tabelle 10: Variante 2, Schätzkosten, Bau

Die in der Tabelle aufgeführten Kosten enthalten keine Zuschläge für Unvorhergesehenes und sonstige Bauausgaben sowie keine gesetzliche Mehrwertsteuer.

3.3.2 Unterhaltungskosten

Die Unterhaltungskosten für den elektromechanischen Brückenantrieb betragen erfahrungsgemäß 50.000 € pro Jahr.

3.3.3 Betriebskosten

Das Eigengewicht des Hubteils der Variante 2 wird mit Gegengewichten weitgehend ausgeglichen. Es wird eine geringe Überlast des Hubteils gemäß [V1] vorgesehen, damit das Hubteil in der Verkehrslage nicht mit Niederhaltern gesichert werden muss. Im Normalbetrieb sind die Überlast und Reibwiderstände zu überwinden. Infolge der gewählten Überlast kann die Brücke selbsttätig herunterfahren.

Die jährlichen Stromkosten für den Antrieb betragen ca. 500 €.

4 Zusammenstellung der Schätzkosten

In der folgenden Tabelle werden die geschätzten Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten für die Variante 1 und die Variante 2 gegenübergestellt.

Kostenart	Teil-Erhalt Variante 1, ABB vgl. Tabelle 5	1:1-Ersatz Variante 2 vgl. Tabelle 10	Differenz
Baukosten:	7,70 Mio. €	5,77 Mio. €	1,93 Mio. €
Unterhaltungskosten:	70.000 € / Jahr	50.000 € / Jahr	20.000 €/Jahr
Energiekosten:	4.500 € / Jahr	500 € / Jahr	4.000 €/Jahr

Tabelle 11: Vergleich der Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten

Die Kosten der einzelnen Gewerke werden in der Anlage 3 gegenübergestellt. Die Anlage 3 enthält außerdem aus Erfahrungswerten gewonnene Zuschläge für Unvorhergesehenes und sonstige Bauausgaben.

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich wird vom WSA Bremen in einer separaten Unterlage durchgeführt.

5 Stellungnahme

5.1 Variante 1 (ABB), Teil-Erhalt

Die Sanierung des Mauerwerks der Türme ist prinzipiell machbar. Es kann sich jedoch während der Ausführung herausstellen, dass die Sanierung einem Rückbau mit anschließender Neuerrichtung gleichkommt. Der Maschinenbau für die Variante 1 ist technisch machbar. Die technische Machbarkeit der Variante 1 ist für die Gründung nicht belegt. Hierfür sind weitergehende Untersuchungen erforderlich. Die erforderlichen Umbaumaßnahmen am beweglichen Hubteil sind technisch machbar.

Die Kostenschätzung ergibt, dass die Kosten der Variante 1 (ABB) wegen der umfangreicheren Grundbaumaßnahmen, der aufwendigeren Antriebstechnik und der Sanierung des Mauerwerks deutlich über den Kosten der Variante 2 liegen.

Dem Vorteil, dass die bestehenden Hubtürme erhalten werden, stehen als Nachteile u. a. die Nachtragsrisiken bei der Sanierung des Mauerwerks und der Gründung gegenüber.

Die Betriebskosten und die Unterhaltungskosten der Variante 1 (ABB) werden ebenfalls höher geschätzt als die entsprechenden Kosten der Variante 2.

5.2 Variante 2, 1:1-Ersatz

Der 1:1-Ersatz ist ohne Einschränkungen machbar.

Die Variante 2 ist preisgünstiger als die Variante 1 (ABB). Diese Aussage lässt sich auch auf den späteren Betrieb und die Unterhaltung übertragen.

Die Zusammenstellung der Vor- und Nachteile in der Anlage 2 zeigt, dass der 1:1-Ersatz mehr Vorteile bietet als der Teil-Ersatz.

Bei Verwendung des alten Hubteils im Neubau sind um ca. 0,75 Mio. € geringere Kosten der Variante 2 zu erwarten, vgl. Tabelle 10, 2. und 3. Zeile.

Die äußere Gestaltung der Hubtürme beim 1:1-Ersatz entspricht dem bestehenden Bauwerk. Das technische Wahrzeichen wird mit neuen Maschinenbauteilen wieder hergestellt.

5.3 Empfehlung

Es wird empfohlen, die bestehende Brücke durch einen Neubau zu ersetzen. Aus Kostengründen ist dies nach derzeitigem Kenntnisstand mit einem 1:1-Ersatz der Brücke, wie er in Variante 2 beschrieben wird, erreichbar. Gegenüber dem Teilerhalt ist diese Variante auch mit erheblich weniger Nachteilen verbunden.

Die endgültige Entscheidung über die Gestaltung eines Ersatzneubaus muss Gegenstand weiterer Planungen sein.

Schlussblatt

Aufgestellt: Hannover, den 28.01.2015 / 23.03.2015

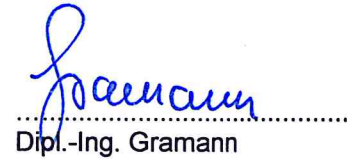
Auftragnehmer



Schippke



Bearbeiter Maschinenbau



Dipl.-Ing. Gramann

Bearbeiter Stahlbau, Schriftführung



Dipl.-Ing. Tosch

Anlage 1

Unterlagen ABB

Inhalt		
Nr.	Benennung	Datum
U7	Variante 1 (ABB), "Kurzbeschreibung der Erhalt-Idee" (zum Gespräch WSA am 28. Mai 2014)	28.05.2014
U8	Variante 1 (ABB), Anlage "Anlage Bauablauf der Erhaltungslösung mit Hydraulikhebung" (zum Gespräch WSA am 28. Mai 2014)	02.07.2014
U9	Variante 1 (ABB), Anlage "Anlage Lasttragung "bestehende Brücke/ Erhaltungslösung neue Brücke" zum Gespräch WSA am 2. Juli 2014" zum Gespräch WSA am 2. Juli 2014	02.07.2014
U11	Variante 1 (ABB), Anlage "Technische Merkmale der Idee einer denkmal-schutzkonformen Lösung zum funktionsgerechten Erhalt des Kulturdenkmals Cäcilienbrücke für die nächsten 80 Jahre" zum Protokoll der Besprechung im WSA am 2. Juli 2014	02.07.2014

Cäcilienbrücke Oldenburg

Kurzbeschreibung der Erhalt-Idee

Das Anliegen der Gruppe Angelis, Baak, Brick liegt ausschließlich im Erhalt der Cäcilienbrücke als städtisches Tor, als stadtbildprägendes Wahrzeichen und als Einzeldenkmal.

Die Cäcilienbrücke wird durch die Ergebnisse der Fachgutachter als abgängig gesehen, weil

- die Maschinen und Antriebstechnik nicht nachhaltig repariert und betriebssicher erhalten werden kann,
- die Gründung unter der Last der Betriebsvorgänge nicht ausreichend sicher ist und
- die Mauerwerkstürme in Folge der integrierten, verrosteten Stahlkonstruktion und der Mauerwerksschäden nicht zu halten sind.

Diese Aussagen sind sicher in der Summe richtig. Ebenso richtig ist es, dass die störungsfreie Funktionsfähigkeit der Brücke unter den gleichen Betriebsbedingungen wie bisher nicht gegeben ist.

Genau dieser Punkt hat nun die Frage aufgeworfen, welche Anforderung geändert werden muss und welches Ergebnis erzielt werden kann.

Die einzige Funktion, die spürbare Erleichterung in den Betriebsvorgang bringen kann, ist der Hubvorgang. Dieser hat Einfluss auf die Antriebstechnik, die Gründung und schließlich auf die Mauerwerkstürme.

Da aus Sicht der Torfunktion und des stadtbildprägenden Wahrzeichens die Türme eine außerordentliche Rolle spielen, gilt es, diese zu erhalten. Erhalten werden können die Türme nur, wenn die Technik ausgelagert wird. Dadurch wären die Probleme der Gründung und des Mauerwerkes der Türme lösbar.

Die vorgeschlagene Idee lässt sich wie folgt kurz beschreiben:

- Die Maschinen und Antriebstechnik werden in einem zwischen den Türmen zu errichtenden Kellerraum untergebracht. Dabei sind vorhandene konstruktive Bauteile zu beachten und zu erhalten. Die neue Hydrauliktechnik wird die bestehende Brücke über einen Kragarm heben und senken. Die horizontale Absicherung der Brücke muss berücksichtigt und gewährleistet werden, ohne die Türme zu belasten.

- Die Gründung ist ohne die Belastung des Hubvorganges ausreichend und bedarf keines wesentlichen Eingriffs.

- Die Türme werden in zwei Schritten saniert. Die eingebaute Stahlkonstruktion wird gereinigt, entrostet, so weit möglich, und konserviert mit dem Ziel, diese als Anschauungsgegenstand zu erhalten. Das Mauerwerk wird sorgfältig saniert, zerstörte Einzelsteine ausgewechselt, Risse beseitigt und die Fugen evtl. erneuert.

- Der Überbau der Brücke soll erhalten werden und ist lediglich an den Endpunkten der neuen Öffnung anzupassen bzw. zu ergänzen.

Im Ergebnis soll das bestehende Bild der Cäcilienbrücke erhalten, durch neue Technik für die nächsten Jahrzehnte ertüchtigt werden und die Wahrzeichenfunktion erfüllen.

Die Ideengeber haben, auch auf Grund fehlender Bestandsunterlagen, nicht vor, eine Detailplanung mit Konstruktionsplänen und Berechnungen vorzulegen. Sie haben daher vorgeschlagen, die „Erhaltidee“ durch unbefangene, fachlich versierte Ingenieure fair auf ihre Machbarkeit prüfen zu lassen und ihre Bereitschaft erklärt, das Prüfverfahren zu begleiten.

Es ist erforderlich, das Ziel der Prüfung und die Beauftragung nur unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung vorzunehmen.

Erst nach der konstruktiven Durcharbeitung kann ernsthaft über Kosten gesprochen werden.

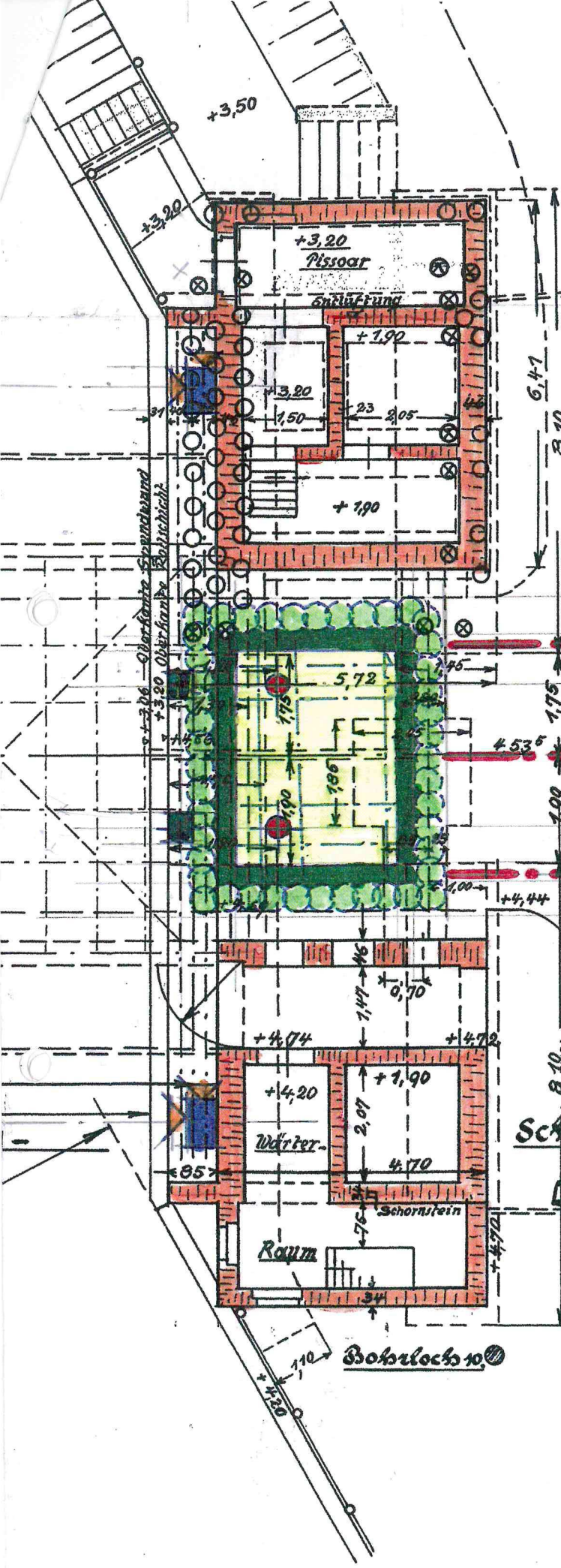
Abschließend kann festgestellt werden, dass die Erhaltung der Brücke wesentliche Vorteile mit sich bringt:

- Erhaltung des Stadtbildes
- Erhaltung des Einzeldenkmals und Funktionssicherheit der Brücke
- Erhaltung der städtebaulichen Bezugspunkte und Achsen
- Erhaltung eines Wahrzeichens mit Identifikationswert
- Benutzung der Brücke für Fußgänger während der Bauzeit
- Reduzierung der Bauzeit auf wenige Monate
- Und schließlich starke Reduzierung der Baukosten durch Erhaltung wesentlicher Bauteile

Oldenburg, 23. Mai 2014.

i.A. Ullrich
Angelis, Baak, Brück

Schrägpfähle

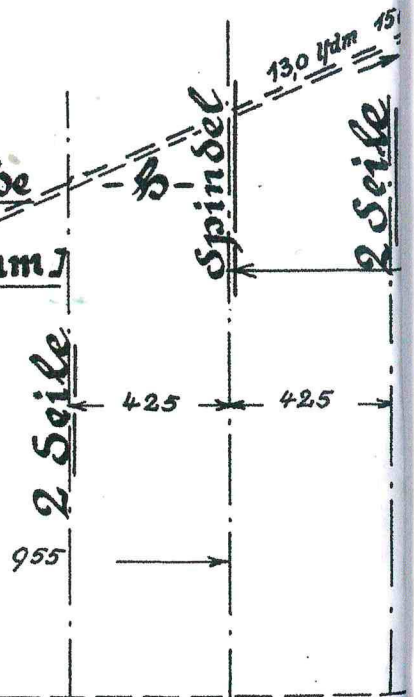


6,0 ydm 20cm ϕ
Rohranschluss

Schnitt in Höhe +3,20



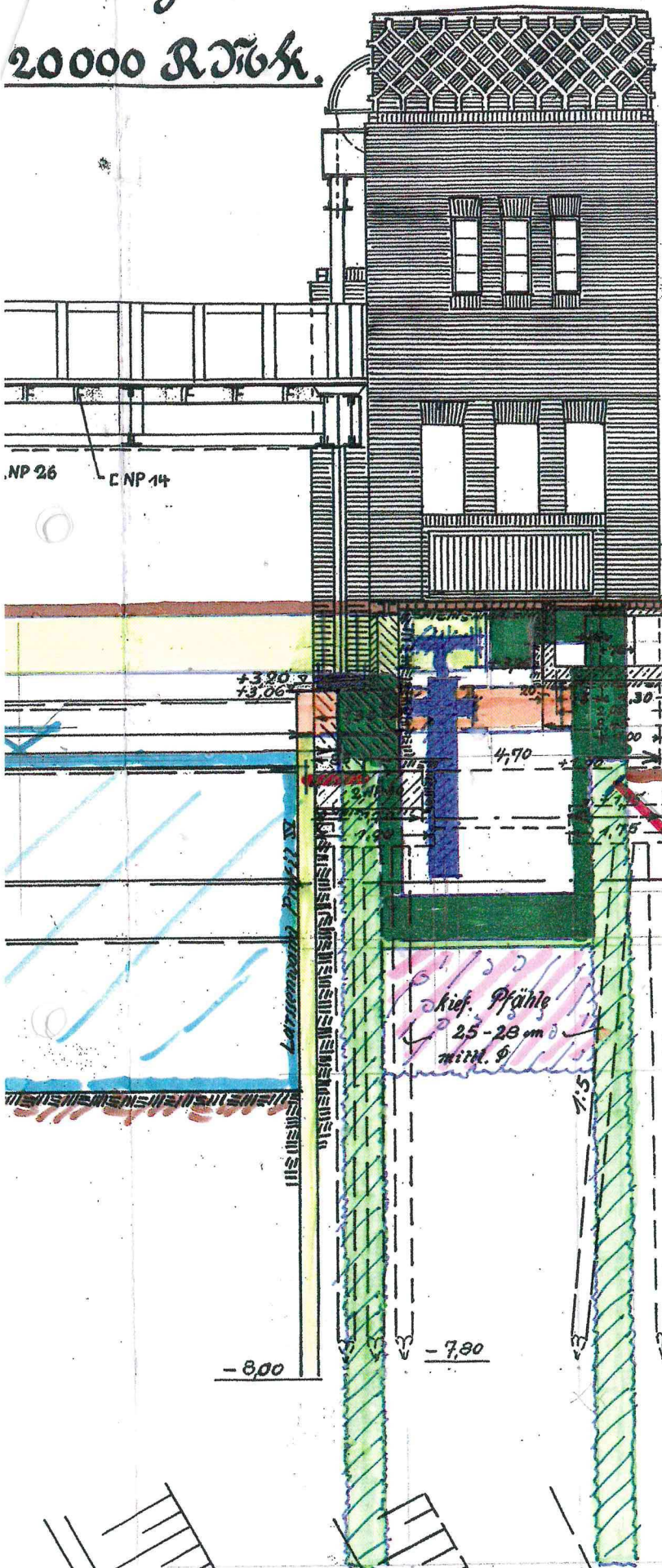
Schnitt in Höhe +5,80
(Wärter-Raum)



Leistung: 20 t. Walze, Achslast: 8 t

20000 R. T. k.

Südseite



+4.65 m NN
 +1.30 feucht Anker 1=13.0m, φ 68 mm
 +0.80 Mutterboden
 -1.20 feiner, heller Schlemmsand
 -3.20 feiner, dunkler Schlemmsand
 -4.70 magerer Ton
 -5.90 fettiger Ton

Zeichenerklärung:
Schraffenbühle

Anlage Bauablauf der Erhaltungslösung Brücke mit Hydraulikhebung

Grober Bauablauf zum generellen Verständnis

Die bestehende Brücke wird bei Baubeginn in Hochlage gefahren und auf einem Traggerüst auf der Widerlagerbank mit einer Auflagerlast von 1400KN(140 t) abgesetzt. Gleichzeitig werden die Kontergewichte von rd. 1360KN(136 t) mit einem Hilfsgerüst unterbaut und abgefangen, sodass die Türme sofort lastfrei gestellt sind.

Die Seilverbindungen bleiben erhalten, sodass in nachfolgenden Zwischenbauzuständen für die Baugrube des Hydraulikkellers u.a. die Brücke temporär wieder in Betrieb genommen werden kann, bis nach Fertigstellung der Hydraulikkammer mit Antrieben Brücke und Kontergewichte endgültig getrennt werden.

Die Türme bleiben für Fußgänger und Radfahrer (Rad tragen) wie bei einer heutigen Hebung benutzbar. Für Autoverkehr bleibt die Brücke gesperrt. Auch ist eine Holzterrasse mit Rampe zum Schieben denkbar, die max. halbseitig aber quer verschiebbar benutzt werden kann.

An beiden Brückenenden kann ebenfalls für Rollstuhlfahrer und sonstige gehbeeinträchtigte Menschen eine übliche Hebebühne evtl. mit Selbstbedienung angeordnet werden, zu überwindende Höhe ca. 2,75m

Unter der gehobenen Brücke werden auf beiden Seiten gleichzeitig die Hydraulikkeller mit den Einrichtungen betriebsfertig hergestellt, Bauzeit ca. 6 Monate? reine Bauzeit. Arbeiten an den Widerlagern wasserseitig werden von einem Ponton aus ausgeführt.

Im gehobenen Zustand werden die beiden torsionssteifen Endquerträger und die Verlängerung der Fahrbahnplatte beidseitig hergestellt.

Gleichzeitig können die 4 Brückentürme in ihren Oberflächen saniert werden.

Nach Fertigstellung aller Arbeiten werden die Hydraulikstempel unter die hochstehende Brückenplatte gefahren. In diesem Zustand werden die Konterlasten in den Türmen auf Hilfsgerüsten abgesetzt und abgehängt.

Die Brücke kann jetzt hydraulisch rauf und runter gefahren werden.

Oldenburg, 2.Juli.2014
Dipl.-Ing.-Heino Brick

Anlage Lasttragung "bestehende Brücke/Erhaltungslösung neue Brücke" zum Gespräch WSA am 2.Juli 2014

1.Heutige Brücke

Die ständige Last eines Turmes beträgt rd. 2000 KN(200 t).

Die ständige Last Brückenüberbau an jedem Turm beträgt rd.700 KN(70 t), die ständige Last Kontergewichte an jedem Turm beträgt rd.680 KN (68 t), die Differenzkraft von 20KN(2 t) lastet beim Hubvorgang auf dem Triebstock oder im Verkehrslastfall(Lage unten) auf jedem der 4 Lagerpunkte.

Die Brücke hat die Brückenklasse 30, militärische Lastenklassen 30/50 bzw. 40/80. Die Brücke ist zurzeit noch auf 7,5 t beschränkt.

Die Pfahlgründung eines Turmes besteht aus jeweils 54 Holzpfählen von rd. 10 m Länge, die mit den Köpfen in die Stahlbetonfundamente des Turmes eingebunden sind.

Die Pfähle stehen mit einer Einbindung von rd. 1,0 m in den periglazialen Untergrund, der mit großer Lagerungsdichte ca. 10 m unter Gelände verläuft.

Aufgrund des außermittigen Lasteintrags des Brückenüberbaus und des Kontergewichtes um resultierend ca. 1,00 m von der Turmmitte zur Wasserseite hin verteilen sich diese Hängelasten von zusammen 1380 KN(138 t) je Turm mit rd.920 KN(92 t) auf die wasserseitige Pfahlgruppe unter dem Turm und mit 460 KN(46 t) auf die rückwärtige Pfahlgruppe je Turm.

Dem entsprechend stehen unter den wasserseitigen Turmfundamenten 36 Pfähle und auf den rückwärtigen nur 18 Pfähle, wobei die Verkehrslasten der Brücke nur auf der wasserseitigen Pfahlgruppe abgesetzt werden.

In den Pfahlplänen von 1930 ist zu sehen, dass die Pfahlgruppenflächen wasserseitig und landseitig in der Draufsicht etwa gleich groß sind! In einem angenommenem Horizontalschnitt unter den beiden Pfahlgruppenfüßen sind seit dem Bau der Brücke im Jahr 1927 deshalb bis heute alleine aus ständiger Last permanent unterschiedliche Bodenpressungen aufgetreten, auf der wasserseitigen etwa 40% höher als auf der rückwärtigen Pfahlgruppe, die möglicherweise trotz guter Gründungsverhältnisse unter den Pfahlfüßen zu den festgestellten Verschiebungen bzw. Schiefstellungen der Türme in Verbindung mit den dynamischen Beanspruchungen der Brücke insgesamt aus Straßenverkehr geführt haben.

2.Neue Brücke Erhaltungslösung mit Hydraulikhebung

Die Ständige Last eines Turmes beträgt wie vor rd. 2000 KN(200 t).

Die ständige Last Brückenüberbau an jedem Turm beträgt wegen der Ergänzung der Endquerträger und der Kragarmverlängerung zwecks Auflagerung auf den Hydraulikstempeln ca. 800 KN(80 t), Das Kontergewicht entfällt und wird entweder im Turm auf der rückwärtigen Pfahlgründung abgesetzt oder nach Neubau aus dem Turm herausgehoben.

Die gesamte Brückenlast wird zukünftig nicht wieder auf der wasserseitigen Lagerung(Pfahlgruppe) abgesetzt, sondern soll auf einer neuen Pfahllagerlinie zwischen den beiden Spundwänden vor den Widerlagern unabhängig von den Turmgründungen abgesetzt werden(Wurzelpfähle mit Stahlbeton-Kopfbalken). Die Belastung der heutigen Pfahlgründung der Türme wird hierdurch auf ca. 57% der heutigen ständigen Last reduziert!!

Außerdem wird die unter 1. beschriebene unterschiedliche Bodenpressung unter den Pfahlgruppenfüßen mit ihren negativen Auswirkungen vermieden

Das erlaubt, auf eine Ertüchtigung der bestehenden Pfahlgründung bei der neuen Brücke verzichten zu können, wenn die "Widerlagerwanderung" auch durch zusätzliche Horizontalverankerung der Widerlager und eine seitliche Verzahnung der Bohrpfahlgründung des Hydraulikkellers mit den Turmfundamenten unterbunden wird.

Da keine vertikalen Setzungen der Holzpfähle festgestellt wurden, ist die rammtechnisch bedingte geringe Einbindelänge der Holzpfähle in den sehr festen periglazialen Untergrund von nur ca. 1 m auch hinnehmbar.

Oldenburg, den 2.7.2014

Dipl.- Ing. Heino Brick

Technische Merkmale der Idee einer denkmalschutzkonformen Lösung zum funktionsgerechten Erhalt des Kulturdenkmals Cäcielenbrücke für die nächsten 80 Jahre.

- 1. Die Idee zum Erhalt besteht darin, die Belastung der Brückentürme aus Eigengewicht des Brückenüberbaus von ca. 700 KN/Turm und dem Kontergewicht von ca. 680 KN/Turm im Zusammenhang mit dem Hubvorgang aus den Türmen herauszunehmen und diese insoweit lastfrei zu stellen.**
- 2. Die Brückentürme sind bis auf den Fußgängerverkehr mit oder ohne Fahrrad im gehobenen Zustand und in Verkehrslage funktionsfrei. Sie werden als Bauwerke saniert und somit (dauerhaft) erhalten.**
- 3. Eine neue Technik zum Heben und Senken der Brücke aus je zwei in einer Trägerrostkonstruktion hängenden Hydraulikzylindern wird in einem tiefgegründeten Kellerraum aus Stahlbeton auf Beton-Großbohrpfählen an jedem Brückende zwischen den Türmen installiert. Die Bohrpfähle werden nach Lastfreistellung der Türme zwischen den jeweils zwei Türmen an jedem Brückende "stramm" zwischen die Turmfundamente gesetzt, um die Türme gegeneinander zu stützen. Deshalb und auch wegen der ca. 50-prozentigen Lastfreistellung der Holzpfähle können die 4 Fundamentvorsprünge mit den Schrägpfählen überbohrt werden. Durch das Überbohren entsteht im Fundamentbereich mit den Bohrpfählen eine Verzahnung, die ebenfalls die "Turmwanderung" Richtung Wasser unterbindet. Die Bohrpfahlwand an der Wasserseite muss unmittelbar Hinterkante jetziger Kammerwand liegen, das ist auch Vorderkante des hochgefahrenen Überbaus dichter kann das Bohrgerät nicht heranfahren! Der untere Fundamentsporn kann überbohrt werden.**
- 4. Die jetzige Technik zum Heben und Senken der Brücke wird außer Funktion genommen und ihre Einzelteile soweit möglich als Rudimente in einen musealen Kontext zur neuen Technik gesetzt.**
- 5. Zum Anheben der Brücke wird der Überbau der Brücke auf jeder Seite im Querschnitt seitlich eingeschnürt zwischen die Türme über den Hydraulikkeller hinweg verlängert. Die Verlängerung ist im Rahmen der Verkehrslastreserve in gehobenem Zustand technisch möglich und wird als Kragarm biegesteif an den(die) zum torsionssteifen Hohlkasten umgebauten bzw. ergänzten Endquerträger angeschlossen. Die Stahlbetonkammerwand wird in diesem Bereich bis O.K. Fundament zwecks Durchführung des neuen Kragarmes der Brücke abgebrochen.**
- 6. Die seitliche Führung des anzuhebenden Überbaus und die horizontale Lastabtragung aus Wind und Schiffsstoß erfolgen durch vier frei von den Türmen stehende Rahmenkonstruktionen, die auf einem neuen Stahlbetonkopfbalken von ca. 0,70 /1,0 m auf Wurzelpfählen hinter der vorgesetzten Spundwand PU 33-12 gegründet werden können. Die Wurzelpfähle werden von einem Ponton aus unter der 3,5 m angehobenen Brücke hergestellt.**

Die Zusatzverankerung mit Pfahlbocksicherung wird die wasserseits gerichtete "Turmwanderung" ebenfalls unterbinden.

Der abgeseckte Brückenüberbau wird auf demselben Stahlbetonkopfbalken auf Wurzelpfählen in Achse landseitig der Spundwand in den Tälern der Arbed PU 33-12 unter den Hauptträgern aufgelagert.

Bei der Herstellung der Wurzelpfähle hinter der neuen Spundwand Arbed PU 33-12 ist der kopfseitig flach aufgelegte Spundwandholm IPE 500 zur Herstellung der Wurzelpfähle mittig im Steg zu durchbohren. Das ist verträglich, da rd. 2/3 des Trägheitsmomentes temporär ausreichend verbleiben. Die Pfahlbewehrung wird durch die Löcher geführt und in den Stahlbetonbalken von ca. 70/100 cm eingebunden.

Im Zusammenhang mit der Endquerträgerausbildung als Hohlkasten kann die Stützweite von heute 40,80 m dadurch um rd. 1,0m auf jeder Seite, also auf ca. 38,8 m verkürzt werden, Auflagerlinie liegt in Achse der Wurzelpfähle. Hieraus entsteht positiv eine Spannungsreserve von rd. 12 % für den gesamten Brückenüberbau, die als Sicherheit oder zur Erhöhung der Verkehrslast genutzt werden kann.

- 7. Die neue Spundwand Arbed PU 33-12 wird über den neuen Stahlbetonkopfbalken auf den Wurzelpfählen, die den bisher mit Boden verfüllten Zwischenraum zwischen den beiden Widerlagerspundwänden alt und neu ausfüllen, rückwärts zusätzlich mit Pfahlböcken verankert, um im Zusammenhang mit der Lastfreistellung der Türme die "Turmwanderung" Richtung Wasser zu unterbinden (siehe auch Ziff. 3**
- 8. Maßnahmen zur Absicherung /Stabilisierung der Gründung der Türme durch Mikropfähle, Wurzelpfähle, HDI-Injektionen oder dergl. aus den Turmkellern heraus sind nicht erforderlich, da die jeweilige Gesamtlast der 4 Türme durch die neue Auflagerung des Überbaus vor dem jetzigen Widerlager auf dem neuen Stahlbeton-Kopfbalken die vorhandene Belastung der Holzpfahlgründung gegenüber heute auf rd. die Hälfte reduziert wird.
Da lt. "Konzept-Gutachter" keine vertikalen Setzungen der Holzpfahlgründung festgestellt wurden, und die "Wanderung" Richtung Wasser unterbunden wird, sind die Türme auf der vorhandenen Holzpfahlgründung standsicher.**
- 9. Sanierung der Türme, Mauerwerk, sichtbaren Stahlteile der nicht mehr benötigten Lastabtragungsrahmen, sichtbare Betonflächen etc. ist notwendig, ohne Erfordernis von Maßnahmen zur Verbesserung der Scheibentragfähigkeit der räumlich tragenden Turmbauwerke, die in der neuen Funktion standsicher sind.**

Oldenburg, den 2.Juli.2014

**Dipl.-Ing.-H. Brick
für Angelis/Baak/Brick**



DR. SCHIPPKE + PARTNER



JIMS Ingenieurgesellschaft mbH



Ingenieurberatung
Bröggelhoff

Anlage 2

Vor- und Nachteile der Variante 1 (ABB) und der Variante 2

Variante	Variante 1 (ABB) Teil-Erhalt	Variante 2 1:1-Ersatz
Mauerwerkstürme		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Erhaltung der Hubtürme 	<ul style="list-style-type: none"> – geringes Nachtragsrisiko (u.a. Einhaltung der Bauzeit und des Kostenrahmens) – Neubau nach Stand der Technik – vollständige Bestandsunterlagen – reguläre Prüfintervalle
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – weiterer Untersuchungsbedarf – lückenhafte Baubestandsunterlagen – großes Nachtragsrisiko (u.a. Bauzeitverlängerung, Kostensteigerung) – Dauerhaftigkeit der Sanierung fraglich (Korrosion an Stahleinbauten) – Auffälligkeit der sanierten Stellen des Mauerwerks – angepasst kurze Prüfintervalle 	<ul style="list-style-type: none"> – Rückbau aller Hubtürme einschließlich eines Teils der Holzpfähle erforderlich
Antriebstechnik und Maschinenbau		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – lange Wartungsintervalle 	<ul style="list-style-type: none"> – einfache Steuerung – robuste Bauweise – energiesparend durch Gegengewichte
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – aufwendige Führung des Hubteils für Ausfall eines Hydraulikzylinders – höhere Antriebsleistung erforderlich (zukünftig 220 kW anstelle 22 kW) – Maschinenkeller erforderlich (ca. 6 m tief) – beengte Räumlichkeiten im Maschinenkeller, daher Inspektion und Reparatur erschwert – Flucht- und Rettungswege problematisch, gesonderter Zugang zum Maschinenkeller erforderlich – Schallemission 	<ul style="list-style-type: none"> – erschwerte Zugänglichkeit zu Maschinenbauteilen unter der Fahrbahn des beweglichen Hubteils, deshalb Wartungsklappen auf der Brückenfläche erforderlich – regelmäßige Schmierung erforderlich

Variante	Variante 1 (ABB) Teil-Erhalt	Variante 2 1:1-Ersatz
Gründung		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Sanierung der Mauerwerkstürme 	<ul style="list-style-type: none"> – geringes Nachtragsrisiko (u.a. Einhaltung der Bauzeit und des Kostenrahmens) – Neubau nach Stand der Technik – reguläre Prüfintervalle
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – weiterer Untersuchungsbedarf am Bauwerk, jedoch geringe statistische Aussagekraft der Untersuchungen bei hohem Aufwand, weitere Beschädigung des Bauwerks möglich – umfangreiche Beweissicherung für vorh. Bauteile erforderlich – großes Nachtragsrisiko (u.a. Bauzeitverlängerung, Kostensteigerung) – Maschinenkeller bautechnisch aufwendig, Arbeitsfugen unterhalb des Grundwasserspiegels, Zugang unter der Fahrbahn – Durch den Entfall des Gegengewichtsausgleichs müssen die Brückenlager zusätzlich zur Verkehrslast das Eigengewicht der Brücke aufnehmen. Die Auflagerbank ist für diese Lasterhöhung nachzuweisen und ggf. zu ertüchtigen. – Erstellen neuer Gründungselemente zwischen bestehenden Holzpfählen mit geringen Pfahlabständen – kurze Prüfintervalle (umfangreiches Monitoring) erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> – Ramm-/Bohrhindernisse
Hubteil		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Erhaltung des bestehenden Hubteils 	<ul style="list-style-type: none"> – reguläre Prüfintervalle – Aufhebung der Beschränkung des zulässigen Fahrzeuggewichts – Neubau nach Stand der Technik
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – weiterer Untersuchungsbedarf, u. a. Stahlsortenbestimmung, Zustand des Stahls – angepasst kurze Prüfintervalle – beengte Querschnitte von Fahrbahn und Gehwegen, keine Barrierefreiheit – kein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen Türmen und Fahrbahn – Verkehrsbeschränkung – Umbau im Bereich der Endquerträger erforderlich – Restnutzungsdauer unbekannt 	<ul style="list-style-type: none"> – beengte Querschnitte von Fahrbahn und Gehwegen – keine Barrierefreiheit der gehobenen Brücke – kein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen Türmen und Fahrbahn



DR. SCHIPPKE + PARTNER



IMS Ingenieurgesellschaft mbH



Ingenieurberatung
Bröggelhoff

Anlage 3

Kostenschätzung

Anlage 3			
Kostenschätzung			
	Variante	1	2
		Teil-Erhalt (ABB)	1:1-Ersatz
Zeile			
Z1	Stahlbau Hubteil	840.000 €	1.143.235 €
Z2	Massivbau Hubtürme	960.000 €	693.000 €
Z3	Gründung	2.975.000 €	1.300.000 €
Z4	Technische Ausrüstung	2.202.400 €	1.987.300 €
Z5	Hilfsbrücke	280.000 €	280.000 €
Z6	Fernsteuerung	280.000 €	280.000 €
Z7	Mehrkosten Hubhöhenvergrößerung, Schätzwerte		30.000 €
Z8	Mehrkosten Ertüchtigung für Schiffsanprall, Schätzwert	160.000 €	60.000 €
Z9	Bausumme 1 aus Z1 bis Z8	7.697.400 €	5.773.535 €
Z10	Unvorhergesehenes 15% von Z9	1.154.610 €	866.030 €
Z11	Bausumme 2 Z11 = Z9 + Z10	8.852.010 €	6.639.565 €
Z12	Sonstige Bauausgaben 10% von Z11	885.201 €	663.957 €
Z13	Gesamtbausumme netto Z13 = Z11 + Z12	9.737.211 €	7.303.522 €
Z14	19 % Mehrwertsteuer	1.850.070 €	1.387.669 €
Z15	Gesamtsumme brutto	11.587.281 €	8.691.191 €
Z16	Prozent bezogen auf 1:1-Ersatz	133	100



DR. SCHIPPKE + PARTNER



IMS Ingenieurgesellschaft mbH



Ingenieurberatung
Bröggelhoff

Anlage 4

Risikoabschätzung

Anlage 4
Risikoabschätzung
Legende:
geringe Risiken: z.B. geringfügige Kostenüberschreitung, Bauzeitverlängerung um einige Monate (+)

mittlere Risiken: z. B. starke Kostenüberschreitung, Bauzeitverlängerung unter einem halben Jahr (0)

erhebliche Risiken: z. B. gravierende Kostenüberschreitung, Bauzeitverlängerung über ein halbes Jahr. (-)

Kriterien	Risiken	Definition bzw. Beschreibung der Risiken	wirtschaftliche Auswirkungen	sonstige Auswirkungen	Teil-Erhaltidee Variante 1		1:1-Ersatz Variante 2	
					mögliche Ursachen für die Eintrittswahrscheinlichkeit, Erläuterung	Bewertung der Risiken	mögliche Ursachen für die Eintrittswahrscheinlichkeit, Erläuterung	Bewertung der Risiken
grundsätzliche Machbarkeit	Planungsrisiko	Projekt lässt sich nicht wie beabsichtigt realisieren/Genehmigung wird nicht erteilt	Zusätzliche Kosten für Um- oder Neuplanung und längere Unterhaltung des Bauwerks	<ul style="list-style-type: none"> - Um- oder Neuplanung erforderlich - Zeitverzug - Ausfall der Brücke für den Verkehr 	Mauerwerkstürme - Schäden bleiben bei Untersuchungen unentdeckt	0	Mauerwerkstürme - kein Planungsrisiko	+
					Technische Ausrüstung - Kombination von neuer Antriebstechnik mit altem Bauwerk	+	Technische Ausrüstung - kein Planungsrisiko	+
					Gründung - zu optimistische Annahmen bezüglich technischer Möglichkeiten, Standsicherheitsnachweise möglicherweise nicht erfolgreich	-	Gründung - kein Planungsrisiko	+
					Hubteil - vorh. Hubteil nicht auf Torsion ausgelegt, zur Beherrschung des Ausnahmefalles "Ausfall eines Hubzylinders", umfangreiche Untersuchungen erforderlich	0	Hubteil - kein Planungsrisiko	+
	Bau- bzw. Ausführungsrisiko	Bauausführung weicht deutlich von Planung ab (infolge neuer Erkenntnisse während der Bauphase)	Zusätzliche Kosten (hier: Nachträge)	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassung der Planung erforderlich - Klärung rechtlicher Fragen zw. AN und AG (z.B. Gewährleistung) - Zeitverzug 	Mauerwerkstürme - Bauen im Bestand, Zustand des Mauerwerks schlechter als erwartet (d. h. größtenteils nicht mehr intakt, dadurch kann ein Rückbau der Türme erforderlich werden)	-	Mauerwerkstürme - kein Baurisiko	+
					Technische Ausrüstung - kein Ausführungsrisiko	+	Technische Ausrüstung - kein Ausführungsrisiko	+
					Gründung - Bauen im Bestand, dadurch Unterschätzung des Aufwandes sowie der Folgen - abweichende Lage von Spundwänden, Ankern, Pfählen, dadurch Bohrhindernisse - Zustand der bestehenden Gründung schlechter als angenommen - Ausführungsrisiken der Baugruben: Wassereintritt, hydraulischer Grundbruch, Mitnahmesetzungen	-	Gründung - kein Ausführungsrisiko	+
					Hubteil - kein Ausführungsrisiko	+	Hubteil - kein Ausführungsrisiko	+
Kosten	Kostenrisiko	Unterschätzung der Projektkosten	Finanzieller Mehraufwand	Mauerwerkstürme - Bauen im Bestand, dadurch erhöhtes Nachtragspotential, Gewährleistung unsicher	-	Mauerwerkstürme - kein Finanzierungsrisiko	+	
				Technische Ausrüstung - kein Finanzierungsrisiko	+	Technische Ausrüstung - kein Finanzierungsrisiko	+	

**Anlage 4
Risikoabschätzung**

					Teil-Erhaltidee Variante 1		1:1-Ersatz Variante 2	
Kriterien	Risiken	Definition bzw. Beschreibung der Risiken	wirtschaftliche Auswirkungen	sonstige Auswirkungen	mögliche Ursachen für die Eintrittswahrscheinlichkeit, Erläuterung	Bewertung der Risiken	mögliche Ursachen für die Eintrittswahrscheinlichkeit, Erläuterung	Bewertung der Risiken
Kosten					Gründung – Bauen im Bestand , dadurch erhöhtes Nachtragspotential, Gewährleistung unsicher	-	Gründung – kein Finanzierungsrisiko	+
					Hubteil – Gefahren beim Aus- und Einbau des bestehenden Überbaus für Umbau- und Korrosionsschutzarbeiten	0	Hubteil – kein Finanzierungsrisiko	+
	Zeitrisiko	Projekt kann nicht in der dafür vorgesehenen Zeit realisiert werden	Zusätzliche Kosten für weitere Unterhaltung der Brücke und für Bauzeitverlängerung	– Ausfall der Brücke für den Verkehr	allgemein – Verzögerungen bei der technischen Bearbeitung	0	allgemein – Verzögerungen bei der technischen Bearbeitung	0
					Mauerwerkstürme – Bauen im Bestand, Zustand des Mauerwerks schlechter als erwartet (d. h. größtenteils nicht mehr intakt, dadurch kann ein Rückbau der Türme erforderlich werden, umfangreiche Untersuchungen erforderlich) – Bauen im Bestand führt zu Unwägbarkeiten, dadurch notwendige Umplanungen und Bauzeitverzögerungen	-	Mauerwerkstürme – kein Zeitrisiko	+
					Technische Ausrüstung – Schwierigkeiten bei Programmierung der Steuerung, Einstellung Wegmesssystem etc. – Lieferschwierigkeiten	+	Technische Ausrüstung – kein Zeitrisiko	+
					Gründung – umfangreiche Bestandsaufnahme und Substanzuntersuchungen erforderlich – Bohrhindernisse durch vorhandene Gründung	-	Gründung – Ausbau der Pfähle durch Fäulnis erschwert, Bohrhindernisse	0
					Hubteil – kein Zeitrisiko	+	Hubteil – kein Zeitrisiko	+
Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit	Risiken aus Betrieb, Unterhaltung und Wartung	Die angepasste bzw. neugebaute Brücke weist planungs- bzw. konstruktionsbedingte Mängel im späteren Betrieb auf	Zusätzliche Kosten für Betrieb, Wartung und Unterhaltung bis hin zu Umbaukosten (Anm.: Punkt ließe sich auch unter dem Kriterium „Kosten“ mit auf-führen)	– (zeitweiser) Ausfall der Brücke für Verkehr – Belastung neben der Öffentlichkeit auch für Beschäftigte, dadurch Akzeptanzproblem – Anforderungen aus Arbeits- und Gesundheitsschutz können nicht sichergestellt werden	Mauerwerkstürme – Dauerhaftigkeit der Sanierung fraglich	0	Mauerwerkstürme – kein Betriebsrisiko	+
					Technische Ausrüstung – Reparaturanfälligkeit der Hydraulikanlage (Ventile, Sensoren, Führungen, Dichtungen)	+	Technische Ausrüstung – wartungspflichtige, mechanische Antriebskomponenten und Führungen	+
					Gründung – kein Betriebsrisiko	+	Gründung – kein Betriebsrisiko	+
					Hubteil – eingeschränkte Nutzungsdauer des alten Überbaus	0	Hubteil – kein Betriebsrisiko	+