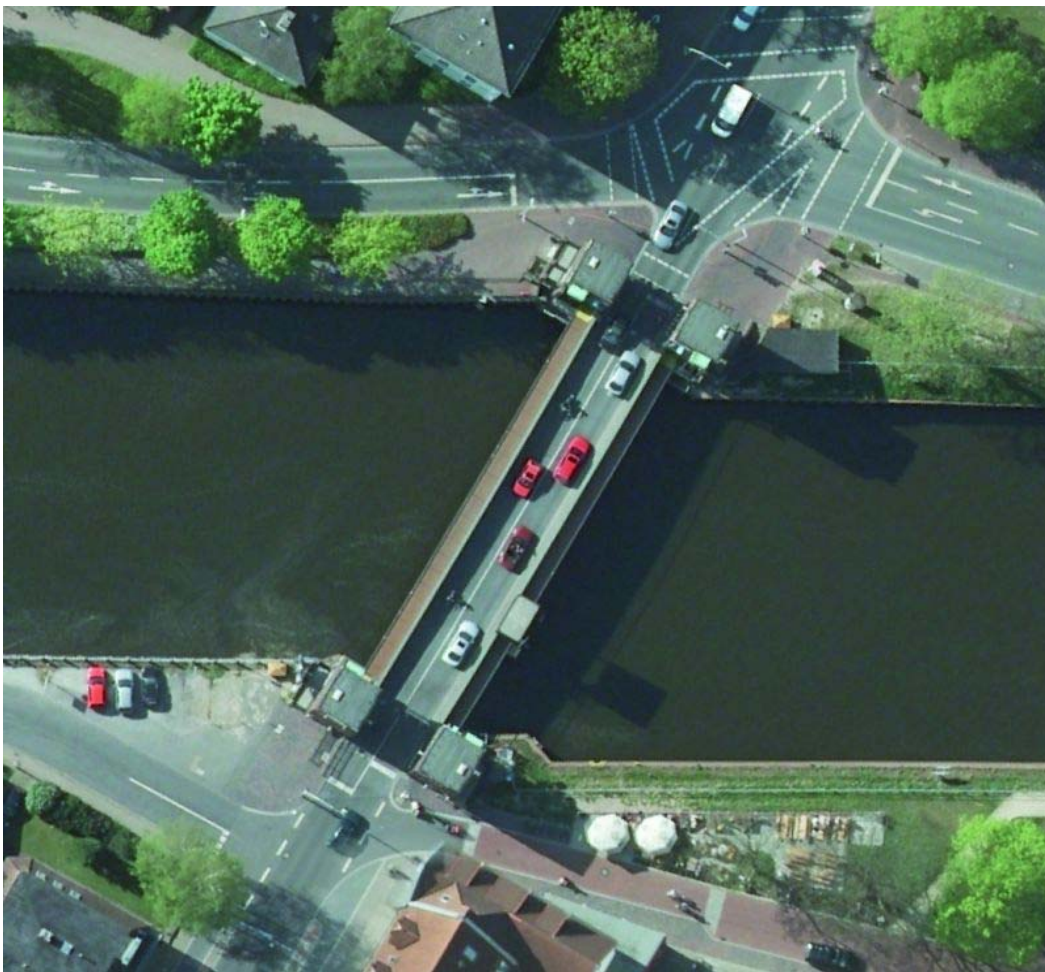


Cäcilienbrücke Hubbrücke über den Küstenkanal in Oldenburg

Bericht zum Planungskonzept für die dauerhafte Instandsetzung



Quelle: Luftbild WSA Bremen

Auftraggeber

**Wasser- und Schiffsamt Bremen
Franziuseck 5
28199 Bremen**

P110301

<u>Inhaltsverzeichnis</u>		Seite
Bildverzeichnis		4
Tabellenverzeichnis		6
Anlagenverzeichnis		7
Unterlagenverzeichnis		8
1.	Veranlassung	9
1.1	Einleitung	9
1.2	Bauwerksgeschichte	9
2.	Brückentürme	10
2.1	Sachstand Brückentürme	10
2.1.1	Tragkonstruktion der Brückentürme	11
2.1.2	Schadensaufnahme/Monitoring WSA Bremen	15
2.1.3	Auswertung der Unterlagen und Schadensbilder	17
2.2	Bauwerksbelastung	21
2.3	Schadensursachen der beschriebenen Schadensbilder	21
2.4	Bewertung der beschriebenen Schäden	23
2.5	Nachrechnung	23
2.5.1	Beschreibung der Berechnungsmethode	23
2.5.2	Ergebnis der FEM-Berechnung	26
2.5.3	Fazit	32
2.6	Instandsetzung	32
2.6.1	Variante 0	33
2.6.2	Variante 1a - innenliegende Stahlkonstruktion	33
2.6.3	Variante 1b - außenliegende Stahlkonstruktion	35
2.6.4	Variante 2 - Stahlbetonbauweise mit Mauerwerksverblendschale	37
2.7	Kosten	37
2.8	Zusammenfassung Brückentürme	38
3.	Technische Ausrüstung	39
3.1	Sachstand	39
3.1.1	Maschinentechnik	39
3.1.2	Elektrotechnische Ausrüstung	42
3.1.3	Zusammenfassung Sachstand	43
3.2	Neukonzeption der Antriebstechnik	44
3.2.1	Allgemein	44
3.2.2	Maschinentechnik	45
3.2.3	Elektrische Ausrüstung	47
3.2.4	Fernsteuerung	48
3.2.5	Risikobeurteilung	50

3.3	Kostenschätzung	51
3.3.1	Technische Ausrüstung	51
3.3.2	Fernsteuerung	53
3.4	Zusammenfassung	53
4.	Gründung Cäcilienbrücke	54
4.1	Sachstand	54
4.1.1	Gründungskonstruktion	54
4.1.2	Geotechnischer Bericht	60
4.1.3	Verformungen	61
4.1.4	Zustand der Holzpfähle	62
4.1.5	Ergebnisse statischer Nachrechnungen	62
4.1.6	Fazit	65
4.2	Instandhaltung	67
4.2.1	Einleitung	67
4.2.2	Variante 0: Ertüchtigung der Horizontalverankerung	67
4.2.3	Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern	69
4.2.4	Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen	71
4.2.5	Variante 3: Bodenverbesserung durch Injektion	73
4.2.6	Variante 4: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen	75
4.2.7	Fazit	77
4.3	Kosten	77
4.3.1	Kosten für Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern	77
4.3.2	Kosten für Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen	77
4.3.3	Kosten für Variante 4: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen	78
4.4	Zusammenfassung	78
5.	Hubbrücke	79
6.	Hilfsbrücke	80
6.1	Grundlagen und Entwurf	80
6.2	Rampe und Treppenturm	82
6.3	Kostenschätzung	83
7.	Zusammenfassung	83
8.	Empfehlung	85
	Schlussblatt	86

Bildverzeichnis

	Seite
	1
	10
Bild 1-1	Übersicht Brücke, geschlossen 10
Bild 1-2	Übersicht Brücke, geöffnet 10
Bild 2-1	Beschreibung wesentlicher Bauteile 12
Bild 2-2	Brückentürme 3 und 4 12
Bild 2-3	Brückenturm 1 und 2 12
Bild 2-4	Freigelegter Zugstab Turm 4 13
Bild 2-5	Freigelegtes Stahlprofil Turm 2 13
Bild 2-6	Traggerüst 14
Bild 2-7	Systembild als Prinzipskizze 14
Bild 2-8	Grundriss Brückenturm 14
Bild 2-9	Risse an der Nord- u. Südseite der Brückentürme 1 und 2 15
Bild 2-10	Risse an der Nord- u. Südseite der Brückentürme 3 und 4 16
Bild 2-11	Korrosion Traggerüst im Mauerwerk 16
Bild 2-12	Rissfüllung mit dauerelastischen Material 16
Bild 2-13	Anfahrtschaden Turm 3 17
Bild 2-14	Nicht ausreichende Sicherheitsabstände 17
Bild 2-15	Durchgehende Risse im Eckenbereich 18
Bild 2-16	Detail zu Bild 2-15 18
Bild 2-17	Turm 4 Riss Türsturz 19
Bild 2-18	Detail zu Bild 2-17 19
Bild 2-19	Turm 2 vertikaler Riss 20
Bild 2-20	Risse in der Wandfläche 20
Bild 2-21	Mauerwerk Turm 3, Schleifspuren aus Fahrt der Hubbrücke zu erkennen 22
Bild 2-22	Untersuchte Wandscheibe mit Angaben zu den Rechenmodellen 2 und 3 25
Bild 2-23	Rechenmodell 1 - Auflagerkräfte 26
Bild 2-24	Rechenmodell 1 - Hauptspannungen 27
Bild 2-25	Rechenmodell 3 - Auflagerkräfte 28
Bild 2-26	Rechenmodell 3 - Hauptspannungen 29

Bild 2-27	Rechenmodell 4 - Auflagerkräfte	30
Bild 2-28	Rechenmodell 4 - Hauptspannungen	31
Bild 2-29	Turm mit innenliegender Stahlkonstruktion	34
Bild 2-30	Turm mit außenliegender Stahlkonstruktion	36
Bild 4-1	Gründung der Türme (Ausschnitt aus der Revisionszeichnung Übersicht)	56
Bild 4-2	Pfahlgründung und Rückverankerung der Spundwand (Ausschnitt aus dem Ramm- und Fundamentplan)	57
Bild 4-3	Neue Spundwand mit Rückverankerung (Ausschnitt aus dem Ramm und Verankerungsplan Spundwand Uferstraße)	59
Bild 4-4	Unsicherheiten des bestehenden Gründungssystems	65
Bild 4-5	Variante 0: Ertüchtigung der Horizontalverankerung	68
Bild 4-6	Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern	70
Bild 4-7	Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktion	72
Bild 4-8	Variante 3: Bodenverbesserung durch Injektion	74
Bild 4-9	Variante 4: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen	76
Bild 6-1	Übersicht Lageplan	80
Bild 6-2	Beispiel Behelfsbrücke Montage	81
Bild 6-3	Beispiel Behelfsbrücke	81
Bild 6-4	Beispiel Gründung Rampe	82
Bild 6-5	Prinzipskizze Rampe	82

Tabellenverzeichnis

		Seite
Tabelle 2.1	Kosten Variante 2, Wiederaufbau in Stahlbetonbauweise	37
Tabelle 3.1	Zusammenstellung der Kosten, Baustelleneinrichtung	52
Tabelle 3.2	Zusammenstellung der Kosten, Technische Bearbeitung (TA)	52
Tabelle 3.3	Zusammenstellung der Kosten, Maschinenbau	52
Tabelle 3.4	Zusammenstellung der Kosten, E-Technik	52
Tabelle 4.1	Kosten für Variante 1, Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern	77
Tabelle 4.2	Kosten für Variante 2, Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen	77
Tabelle 4.3	Kosten für Variante 4, Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen	78
Tabelle 6.1	Kostenschätzung Hilfsbrücke	83

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersicht

Anlage 1.1: Lageplan Cäcilienbrücke, Darstellung Türme, Luftbild, WSA Bremen

Anlage 1.2: Technische Daten, Brückenanlage

Anlage 2: Tagesprotokoll 18.04.2011, SP

Anlage 3: Fotos, SP

Anlage 3.1: Fotodokumentation 18.04.2011

Anlage 3.2: Fotodokumentation 30.09.2011

Anlage 4: Antriebe

Anlage 4.1: Bestand Antrieb

Anlage 4.2: Bestand E-Technik

Anlage 4.3: Neukonzept Antrieb

Anlage 4.4: Neukonzept Führungen/Lager

Anlage 4.5: Neukonzept E-Technik

Anlage 4.6: Antriebsvarianten

Anlage 5: Leistungsverzeichnis

Anlage 5.1: Kurz-LV mit Kosten, Instandsetzung TA

Anlage 5.2: Kurz-LV mit Kosten Brückentürme

Anlage 6: Weitere Unterlagen

Anlage 7: Leistungsverzeichnis

Anlage 7.1: Skizze Behelfsbrücke

Anlage 7.2: Vorbemessung Pfähle Behelfsbrücke

Anlage 7.3: Pfahlplan Behelfsbrücke

Anlage 8: Rechnerische Untersuchung der Mauerwerksscheiben

Unterlagenverzeichnis

- [1] Inros Lackner AG (2009): Cäcilienbrücke über den Küstenkanal Oldenburg, Statische Nachrechnung als FEM-Modell, Lastfall Stützensenkung; horizontale Verschiebung der Widerlager
- [2] BAW (2007): Cäcilienbrücke Oldenburg: Begutachtung des Stahlüberbaus als Bestandteil einer Gesamtbegutachtung Massivbau/Mauerwerk/Gründung/Maschinentechnik, Vortrag von Herrn Meinhold auf dem 14. Brückenaus-sprachetag am 31.01./01.02.2007 in Karlsruhe
- [3] Eriksen und Partner GmbH, Oldenburg (2000): Statische Nachrechnung der Cäcilienbrücke, September 2000, Objekt-Ident-Nr. 512 2914 004
- [4] BAW (2011): Instandsetzung Cäcilienbrücke Oldenburg, KüK-km 0,837, Geo-technischer Bericht, Juli 2011, BAW-Nr. A39550110271
- [5] Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes (2005): Ermittlung der Rest-Druckfestigkeit an Pfahlköpfen
- [6] Schmitz (2001): Cäcilien-Hubbrücke in Oldenburg, Überführung Bremer Str.-Damm über den Küstenkanal, Prüfbericht Nr. 1 K 445, Bremen, 28.11.2001
- [7] Straßenbrückenanlage Cäcilienbrücke, Gründung und Spundwandveranke-rung, Bestandszeichnung, Plan-Nr. EC216, Stand 1926, Mikrofilm-Nr. 015640 bei WSD Nordwest
- [8] grbv (2005): Erneuerung des Küstenkanals - Stadtstrecke Oldenburg - Tief-bauarbeiten, Statik Uferspundwand im Bereich der Cäcilienbrücke, 1. Nach-trag, 18.03.2005
- [9] Gutachten über den Erhaltungsstand der Spundwände, Stand Dezember 1991, BAW
- [10] Gutachten über den baulichen Zustand, Stand Oktober 2006, BAW
- [11] Zustandsgutachten der Antriebstechnik, Stand Januar 2009, FVT
- [12] Bauwerksverformung vom 11.02.2008, BAW
- [13] Bauwerksprüfung, Prüfbericht 2008E vom 16.09.2008 bis 14.12.2009, WSA Bremen
- [14] Verkehrszählung 194a vom 11.09.2008, Stadt Oldenburg

Weitere Unterlagen siehe Anlage 6

1. Veranlassung

1.1 Einleitung

Das Wasser und Schifffahrtsamt Bremen beauftragte am 15.03.2011 die Planungsgemeinschaft DR. SCHIPPKE + PARTNER, IMS Ingenieurgesellschaft mbH und die Ingenieurberatung Bröggelhoff, Planungsleistungen für die dauerhafte Instandsetzung der Cäcilienbrücke in Oldenburg durchzuführen.

Aufbauend auf dem Gutachten der BAW über den baulichen Zustand der Cäcilienbrücke, vom Oktober 2006 und dem Zustandsgutachten der Antriebstechnik der Cäcilienbrücke in Oldenburg von der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, vom Januar 2009, ist ein Konzept für eine dauerhafte Instandsetzung der Cäcilienbrücke für eine weitere Nutzungszeit von 40 Jahren aufzustellen.

Bei der Aufstellung des Instandsetzungskonzeptes ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Cäcilienbrücke in Oldenburg um ein denkmalgeschütztes Bauwerk handelt, so dass das bauliche Erscheinungsbild zu erhalten ist. Die Untersuchungen zur Instandsetzung umfassen die Bereiche:

- Mauerwerkstürme
- Gründung
- Maschinen- und Antriebstechnik

Damit die Fußgänger und bedingt die Radfahrer den Küstenkanal während der Bauzeit überqueren können, sind darüber hinaus auch Untersuchungen für das Aufstellen einer Hilfsbrücke durchzuführen.

1.2 Bauwerksgeschichte

Die einfeldrige stählerne Hubbrücke in Oldenburg wurde 1927 in Betrieb genommen. Kurz vor dem Ende des 2. Weltkrieges wurde die Stahlbrücke gesprengt und insbesondere die stadtseitigen Brückentürme 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. Dabei wurden verschiedene Reparaturen und Verstärkungs- bzw. Teilerneuerungen durchgeführt. Der Korrosionsschutz wurde im Jahr 1999 erneuert. Weitere Einzelheiten sind aus [2] und [10] zu entnehmen.



Bild 1-1 Übersicht Brücke geschlossen



Bild 1-2 Übersicht Brücke geöffnet

Wesentliche technische Daten der Brückenanlage sind der Anlage 1.2 zu entnehmen.

2. Brückentürme

2.1 Sachstand Brückentürme

Über die Konstruktion der Brückentürme liegen lediglich Entwurfspläne vor.

Bestandspläne mit Angaben über Detailausbildungen, Detailpläne und Berechnungen aus der Bauzeit sind nicht vorhanden.

Für die Beurteilung von Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit sind umfangreiche Untersuchungen vom WSA Bremen veranlasst worden [siehe Unterlagenverzeichnis].

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in mehreren Berichten dokumentiert. Ein wesentliches Ergebnis ist, dass die Türme ab 2016 - 2021 neu zu errichten sind. Diese früheren Untersuchungen und eine aktuelle Bauwerksbesichtigung sind die Grundlage für die Erstellung des beauftragten Planungskonzeptes.

Die Hubbrücke besteht aus vier weitgehend baugleichen Brückentürmen, an denen der Überbau mit einem Gegengewicht montiert ist. Der Antrieb ist unter dem Überbau montiert. Für das Heben und Senken ist an jedem Brückenturm ein Triebstock montiert. Die Bezeichnung der Brückentürme ist in Anlage 1 erläutert.

2.1.1 Tragkonstruktion der Brückentürme

Die Brückentürme bestehen im Wesentlichen aus massivem Ziegelmauerwerk mit einem eingemauerten Stahlgerüst für die Aufnahme der Lasten aus der Stahlbrücke. Treppen, Dach- und Deckenplatten wurden in Stahlbetonbauweise hergestellt.

Die einschaligen Außenwände mit einer Wandstärke von 23, 34 und 46 cm sind überwiegend im Kreuzverband gemauert. Das Steinformat beträgt 215 x 100 x 51 mm und die Rohdichte der Steinproben schwankt zwischen 1,91 und 2,14 g/cm³.

Die stadtseitigen Brückentürme 1 und 2 sind bei der Sprengung der Fahrbahnplatte im 2. Weltkrieg stark beschädigt worden.

Beim Wiederaufbau der Brückentürme 1 und 2 sind andere Steine und ein anderer Mörtel verwendet worden, als bei der ursprünglichen Herstellung. Die Materialuntersuchung des Mauerwerks [10] der Brückentürme ergab Abweichungen beim verwendeten Material.

Aus den Bestandsaufnahmen und der Sichtung alter Dokumente ergeben sich folgende Erkenntnisse über das verwendete Material:

- Ursprüngliche Mauerziegel: Steifestigkeitsklasse SFK > 28 (Türme 3, 4)
- Mauerziegel bei Wiederaufbau: Steifestigkeitsklasse SFK > 20 (Türme 1, 2)

Bei den Ziegeln der Türme 1, 2 ist das Verhältnis von Druck- und Spaltzugfestigkeit mit 3,4 - 4,7 ungewöhnlich niedrig.

Die beim Wiederaufbau verwendeten Ziegel haben damit eine deutlich geringere Festigkeit als die ursprünglichen Ziegel der Türme 3 und 4. Für den ursprünglichen Mörtel verwendete man Hochofenzement, beim Wiederaufbau kam Eisenportlandzement bei der Mörtelherstellung zum Einsatz [10]. Über den verwendeten Stahl des Stahlgerüsts liegen keine Angaben vor.

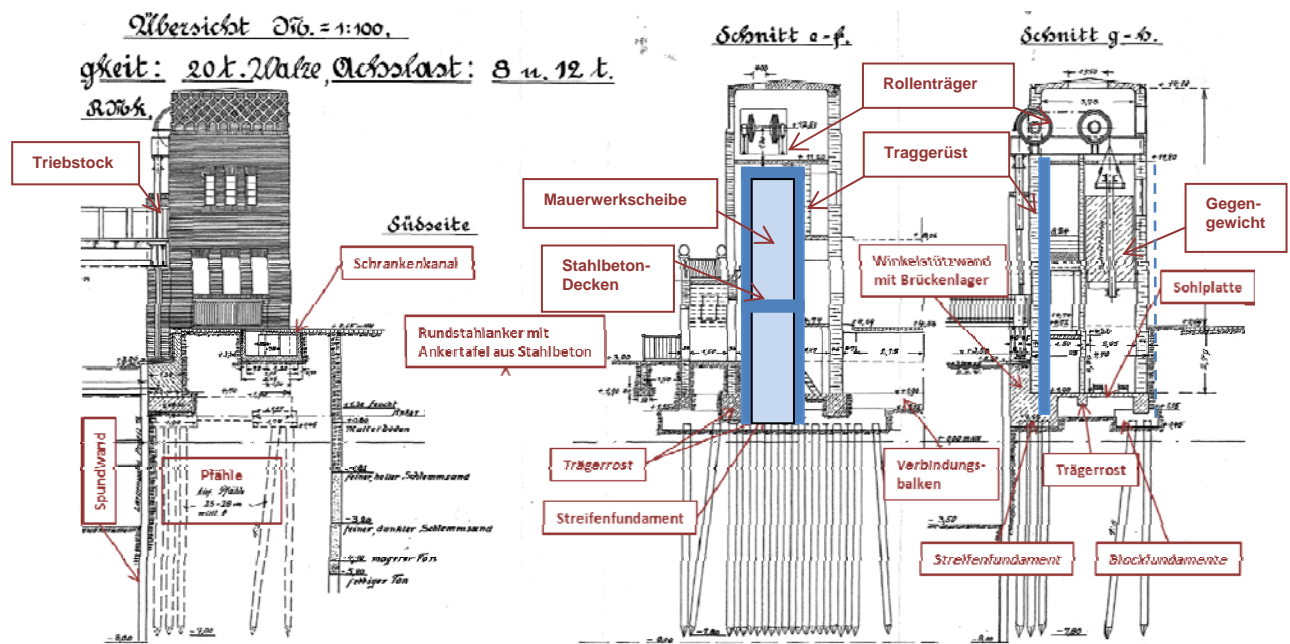


Bild 2-1 Beschreibung wesentlicher Bauteile

Die Abmessungen der Brückentürme betragen im Grundriss rd. 4,80 x 6,40 m, bei einer Höhe über der Fahrbahn von mehr als 10 m. Die Brückentürme 1 und 2 sind wasserseitig rd. 11 cm kürzer, dadurch sind die Stützen des Traggerüsts von außen sichtbar. [Bild 2-11]

Die ursprüngliche Gestaltung ist beim Wiederaufbau nach dem 2. Weltkrieg weitestgehend übernommen worden. Abweichend von der ursprünglichen Gestaltung sind Mauerwerksornamente am Kopf der Brückentürme 1 und 2 beim Wiederaufbau nicht wieder hergestellt worden. [Bild 2-2 und 2-3]



Bild 2-2 Brückentürme 3 und 4

Bild 2-3 Brückenturm 1 und 2

Die Tragkonstruktion des Stahlgerüsts besteht aus einem Querträger und zwei Stahlstützen, die am Kopf und in halber Höhe durch einen Riegel ausgesteift werden (Bild 2-1). In der landseitigen Außenwand werden die Rollenträger durch einen Zugstab gehalten. In den Türmen 3 und 4 sind als Zugstab Rundstäbe und in den Türmen 1 und 2 sind drucksteifere Stahlprofile verwendet worden (Bild 2-4 und 2-5).



Bild 2-4 freigelegter Zugstab Turm 4



Bild 2-5 freigelegtes Stahlprofil Turm 2

Die Last aus Überbau und Gegengewicht wird über Umlenkrollen durch einen Rollenträger aufgenommen. Die Ableitung der vertikalen Lasten erfolgt dann über ein Stahlgerüst. Das Stahlgerüst ist durch die Vermörtelung kraftschlüssig mit dem Mauerwerk verbunden. Das Stahlgerüst wurde nicht als biegesteifer Rahmen ausgebildet und wird nur durch die Wandscheiben ausgesteift (Bild 2-6 und 2-7).

Wegen der Querwände, Treppenläufe und Decken erfolgt die Lastabtragung der Brückentürme nicht in ebenen Wandscheiben. Mauerwerk, Stahlbetondecken und Treppen bilden mit dem Stahlgerüst ein räumliches Tragsystem. Durch den Schubverbund der einzelnen Scheiben können auch Belastungen, die nicht in der Scheibenachse wirken, bis in die Gründung abgeleitet werden. (Bild 2-8)

Die Horizontallasten aus Wind und Schräglauf aus dem Überbau werden durch seitlich im Mauerwerk angeordnete vertikale Führungsschienen in das Stahlgerüst eingeleitet (Bild 2-8). Die Weiterleitung der Horizontallasten in die Gründung erfolgt auch hier über die Scheibentragwirkung aus dem Verbund Stahlgerüst/Wandscheibe.

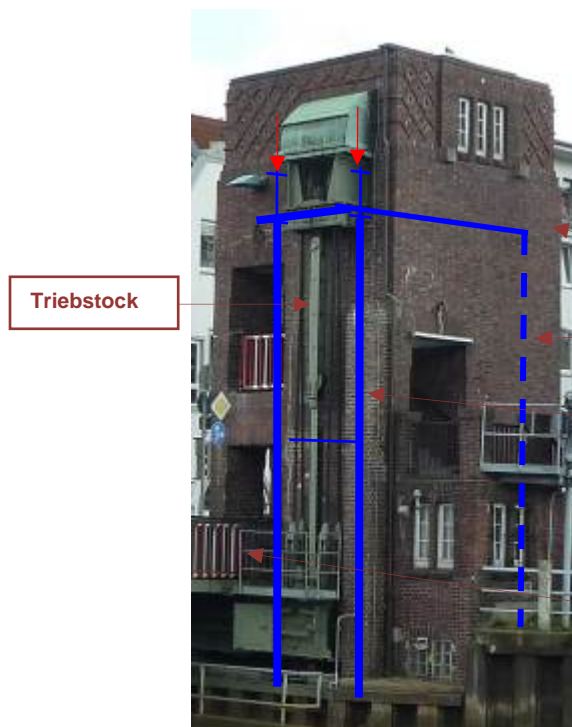


Bild 2-6 Traggerüst (blau)

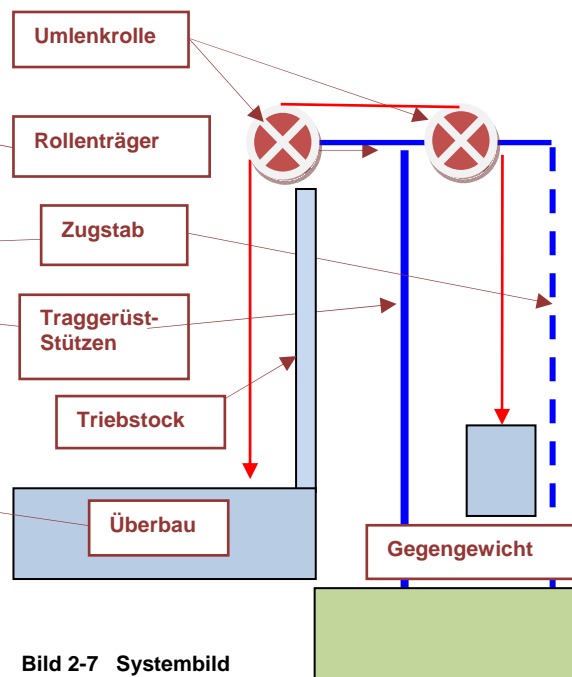


Bild 2-7 Systembild als Prinzipskizze

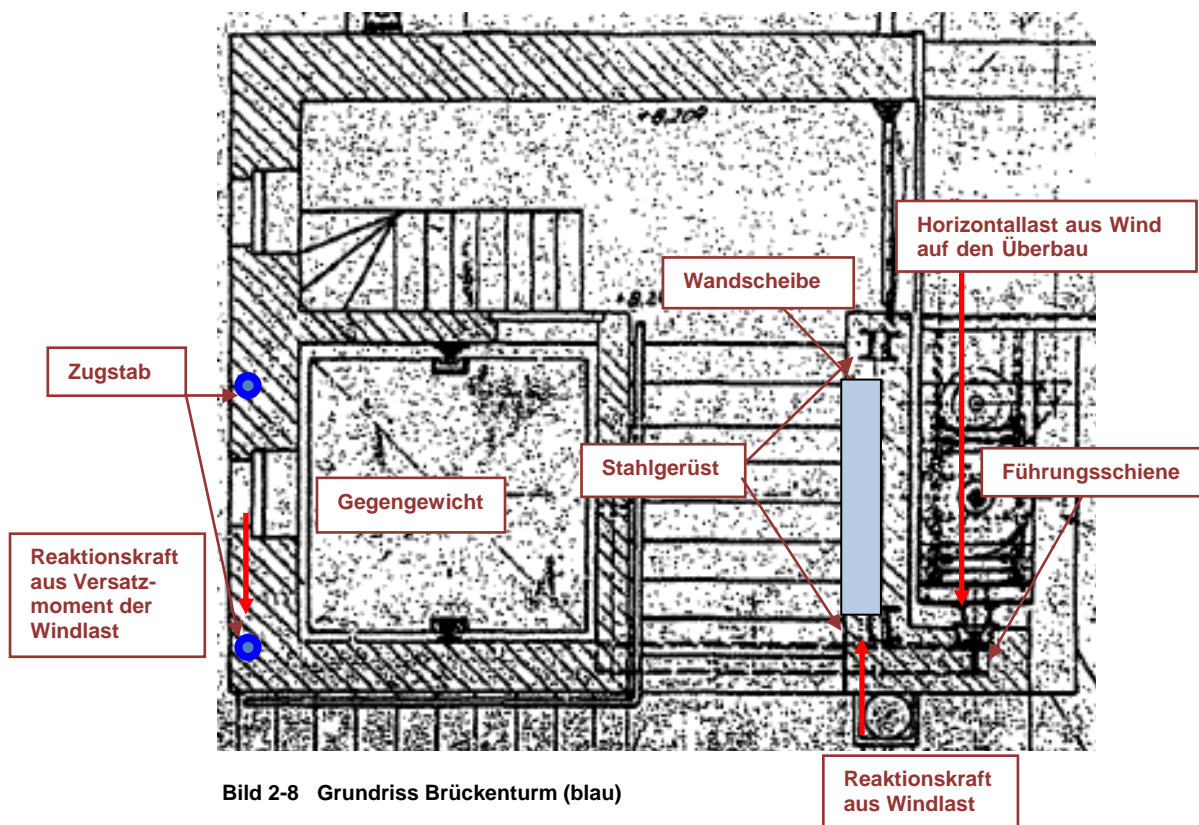


Bild 2-8 Grundriss Brückenturm (blau)

2.1.2 Schadensaufnahme/Monitoring WSA Bremen

Die Schäden an den 4 Brückentürmen werden in den zur Verfügung gestellten Unterlagen umfangreich dokumentiert. In allen Dokumenten wird die Vielzahl von Rissen an den Brückentürmen beschrieben. Die Risse sind hinsichtlich Größe, Lage und Verlauf an den 4 Türmen unterschiedlich. Insgesamt sind an den Türmen 1 und 2 mehr Schäden als an den Türmen 3 und 4 festgestellt worden.

Wegen der Größe und Anzahl der Risse wird seit mehreren Jahren ein Monitoring durch das WSA Bremen durchgeführt.

Im Auftrag des WSA Bremen sind von der BAW 2006 umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden. Die Schäden (Bild 2-9 ff) an den Brückentürmen sind dokumentiert und im Bericht BAW-Nr. 1.02.10231.00 zusammengestellt worden [10]. Für die BAW hat das Büro für Baukonstruktion GmbH, Karlsruhe die Schäden an den Mauerwerkstürmen dokumentiert und untersucht (Anlage 4.2 in [10]).

Aus den Untersuchungen wird deutlich, dass Rissweiten tendenziell zunehmen und neue, zusätzliche Risse auftreten.

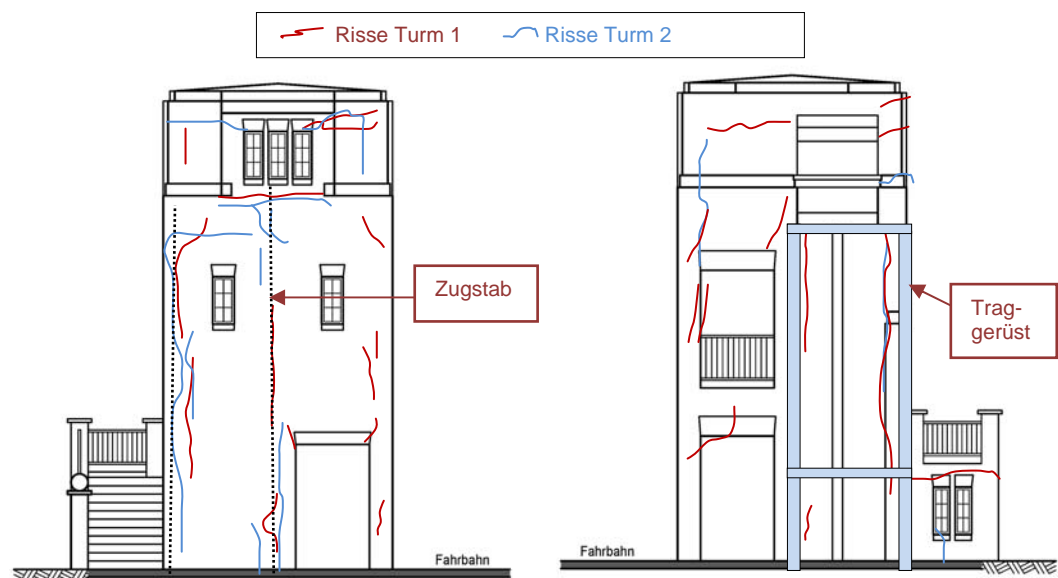


Bild 2-9 Risse an der Nord- und Südseite der Brückentürme 1 und 2

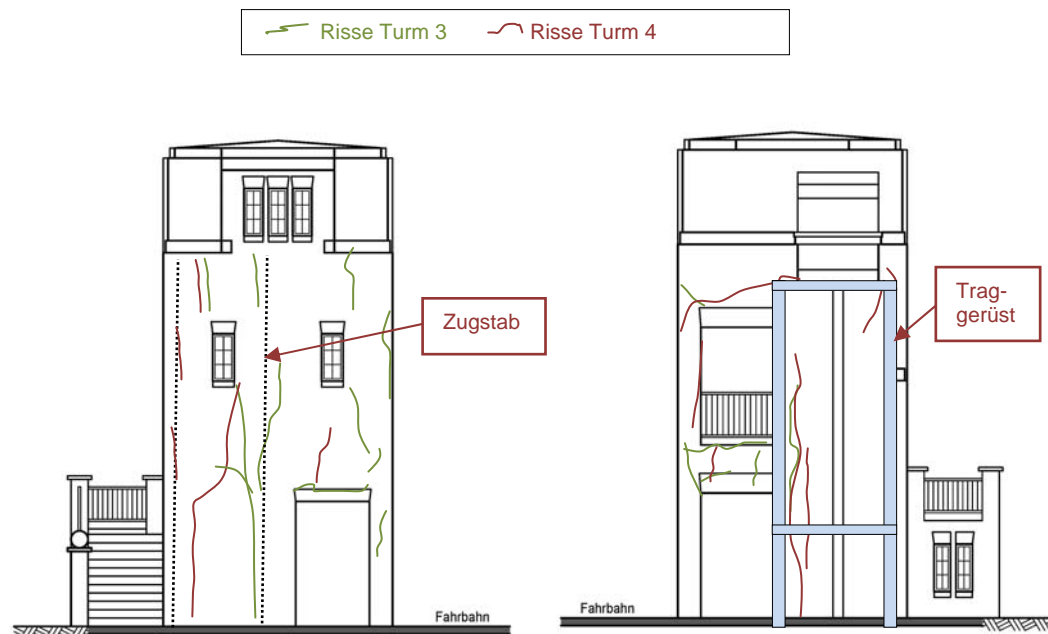


Bild 2-10 Risse an der Süd- und Nordseite der Brückentürme 3 und 4

Als Hauptursache für die Risse im Mauerwerk wird in den Berichten Korrosion an den eingemauerten Stahlträgern genannt. (Bild 2-11) Infolge einer Volumenvergrößerung durch Korrosion der Stahlprofile und der damit auftretenden Sprengwirkung innerhalb des Mauerwerks treten von außen deutlich sichtbare Risse auf. Als Grund für die Korrosion der Stahlkonstruktion wird die fehlende Schutzwirkung infolge einer Karbonatisierung des Mörtels genannt. Durch die Risse kann weitere Feuchtigkeit leichter eindringen und es kommt zu einer verstärkten Korrosion des Stahls.

Als Sofortmaßnahme zum Schutz gegen weiteren Wassereintritt und fortschreitende Korrosion der Stahlträger sind viele Risse durch das WSA mit einem dauerelastischen Material verfüllt worden. (Bild 2-12)



Bild 2-11 Korrosion Traggerüst im Mauerwerk



Bild 2-12 Rissfüllung mit dauerelastischem Material

2.1.3 Auswertung der Unterlagen und Schadensbilder

Das Schadensbild an den vier Brückentürmen ist so umfangreich, dass auch - neben der Korrosion der eingemauerten Stahlprofile - andere Ursachen in Betracht gezogen werden müssen. Für die Bewertung werden die festgestellten Schäden in 4 unterschiedlichen Schadensbildern mit jeweils gleicher Ursache zusammengefasst und in den folgenden Bildern exemplarisch dargestellt:

Schadensbild 1

Schäden durch Verkehr

Abplatzungen und Risse an den Ecken der Brückentürme sind von äußeren Stoßeinwirkungen durch den Verkehr verursacht worden. (Bild 2-13).

Diese Schäden haben keinen wesentlichen Einfluss auf das Tragsystem und die Standsicherheit der Brückentürme.

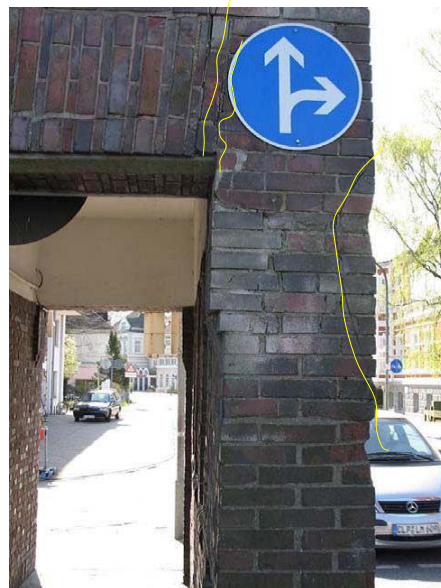


Bild 2-13 Anfahrtschaden Turm 3

Wegen des geringen Lichtraumprofils der Fahrbahn zwischen den Brückentürmen und fehlender Leiteinrichtungen ist der Sicherheitsabstand nicht ausreichend. (Bild 2-14)



Bild 2-14 Nicht ausreichende Sicherheitsabstände

Schadensbild 2

Rissbildung Turmecken

Bei der Rissaufnahme des WSA Bremen sind besonders an den Eckbereichen lange vertikale Trennrisse im Mauerwerk festgestellt worden (Bild 2-15).

(Im Bild unten ist ein Rissmonitor erkennbar.)

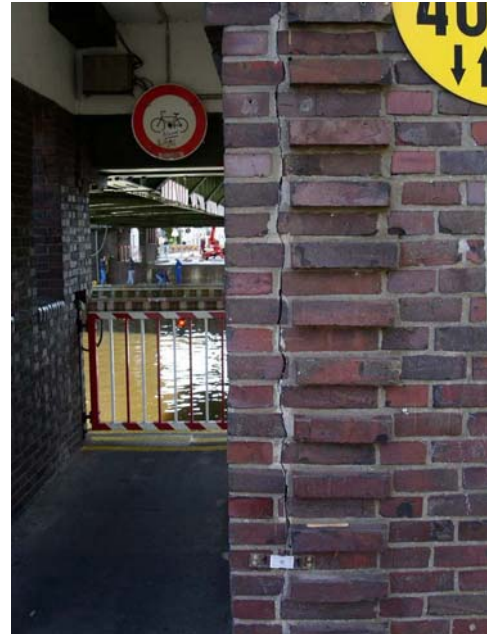


Bild 2-15 Durchgehender Riss im Eckbereich

Das aktuelle Detailbild (2-16) zeigt den vertikalen Riss. Der Riss wurde durch ein elastisches Material gefüllt. In der Detailaufnahme ist erkennbar, dass die Flankenhaftung nicht mehr vollständig ist.

Die Rissweite beträgt 0,8 mm. Außerdem ist ein weiterer Riss neben dem ersten Riss in der Detailaufnahme zu erkennen.



Bild 2-16 Detail zu Bild 2-15

Schadensbild 3

Rissbildung Stürze

Die Rissaufnahme zeigt Rissbildung insbesondere im Bereich der Fenster- und Türstürze, die schräg vom Auflager und auch in Sturzmitte verlaufen. (Bild 2-17).

Durch die Risse in den Ecken des Mauerwerks treten Verformungen in Wandebene auf. Durch diese Längenänderung werden die gemauerten Stürze zusätzlich belastet. Bei Überbeanspruchung bilden sich Verformungen und Risse.

Im Bild 2-17 ist die Aufweitung infolge Verformung des Tragwerks und die sich daraus ergebenden Risse gut zu erkennen.



Bild 2-17 Turm 4 Riss im Türsturz

Im Bild 2-18 ist der Riss im Detail dargestellt. Die Rissweite beträgt hier 1,8 mm. Bei diesen Rissweiten ist hier von Trennrissen auszugehen.



Bild 2-18 Detail zu Bild 2-17

Schadensbild 4

Rissbildung Wandflächen

In den Wandflächen sind zahlreiche Risse mit verschiedenen Risslängen und Rissweiten aufgetreten. Diese Risse werden beispielhaft mit den Bildern 2-19 und 2-20 dargestellt.

Bild 2-19 zeigt einen vertikalen Riss durch Mauerziegel und Mörtel im Randbereich der Wand.



Bild 2-19 Turm 2 vertikaler Riss

Bild 2-20 zeigt einen längeren vertikalen Riss im Durchgangsbereich. Das äußere Rissbild entspricht nicht den innenseitig sichtbaren Rissen. Die Verblendschale wurde vollfugig, aber ohne Verband mit der Innenschale vorgemauert. Das Rissbild ist wegen des nicht monolithisch hergestellten Mauerwerks von der Außen- und Innenseite unterschiedlich.



Bild 2-20 Risse in der Wandfläche

2.2 Bauwerksbelastung

Um die Schadensursachen zu erläutern, wird hier zunächst noch einmal aufgezeigt, welche Belastungen und Lastfälle auf die Brückentürme einwirken:

a) Planmäßige Belastung

- Vertikallasten aus Eigengewicht der Türme und Eigengewicht des Stahlüberbaus.
- Horizontallasten aus Wind auf die Türme und auf den Überbau im Normalzustand.
- Horizontallasten aus Wind auf die Türme und auf den Überbau im gehobenen Zustand.
- Lasten aus Zwangskräften infolge Temperatur.

b) Außerplanmäßige Belastung

- Zwangskräfte durch Schräglauf und Verklemmen des Überbaus.
- Zwangskräfte infolge horizontaler Verschiebung der Türme.
- Zwangskräfte durch Sprengwirkung im Mauerwerk infolge Korrosion eingemauerter Stahlprofile.

Die außerplanmäßigen Belastungen überlagern immer planmäßige Belastungen und vergrößern daher die Einwirkungen auf das Bauwerk mit der Folge, dass Schäden entstehen, die die Tragfähigkeit reduzieren und so einen sich zwangsläufig ständig vergrößerten Schadenseinfluss hervorrufen. Standsicherheit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit werden so zunehmend beeinträchtigt.

Das noch vorhandene Sicherheitsniveau kann dadurch nicht mehr präzise angegeben werden.

2.3 Schadensursachen der beschriebenen Schadensbilder

Im **Schadensbild 1** werden Risse aus äußeren Einwirkungen infolge Fahrzeuganprall zusammengefasst. Diese Schäden durch Verkehr sind örtlich begrenzt und bislang für die Beurteilung der Gesamtstandsicherheit nicht relevant. (Bild 2-13)

Im **Schadensbild 2** werden Risse im Bereich der Wandecken, insbesondere im Bereich der Stahlstützen des Traggerüsts zusammengefasst. Die Art der festgestellten Risse im Mauerwerk weist auf eine Überbeanspruchung der Wandscheiben hin. Durch Sprengwirkung aus Volumenvergrößerung bei Korrosion und bei Zwangskräften treten sehr große Kräfte an den Scheibenrändern auf. Eine Überbeanspruchung wird durch die sichtbaren Risse bestätigt. (Bild 2-15).

Die Risse in den Wandecken lösen das räumliche Tragsystem in einzelne ebene Wandscheiben auf.

Im Bereich der eingemauerten Stahlträger ist die Verbundwirkung von Mauerwerk und Stahlkonstruktion im Rissbereich nicht mehr vorhanden. Die vorhandene Schädigung des Mauerwerks beeinflusst die Scheibentragwirkung erheblich und damit die Standsicherheit der Brückentürme.

Durch die Ablösung der Querwände wird die Schubkraftübertragung verringert. Die Gesamtsteifigkeit der Wandscheibe wird dadurch geringer und Horizontallasten müssen über intakte Wandscheibenfelder in die Gründung weiter geleitet werden. Auch dieses Schadensbild beeinflusst die Standsicherheit der Brückentürme.

Das **Schadensbild 3** zeigt Risse im Bereich von Öffnungen. In diesen Bereichen ist die Steifigkeit von Mauerwerksscheiben gering. Deshalb treten im Bereich der Sturzübermauerung bei größeren Beanspruchungen die ersten Schäden auf (Bild 2-17).

Diese Schadensmechanismen sind an einigen Öffnungen festgestellt worden.

Außer den Einwirkungen aus Wind auf den Brückenüberbau können auch unplanmäßige Einwirkungen z.B. beim Heben und Senken des Brückenüberbaus große Kräfte erzeugen. Hierdurch können auch Risse wie im **Schadensbild 4** dargestellt auftreten.

Diese Einwirkungen sind beim Betrieb der Cäcilienbrücke bereits 2008 aufgetreten. Infolge der gemessenen Abstandsverringering der Brückentürme hat sich das lichte Maß zwischen den Brückentürmen verringert. Bei höheren Temperaturen dehnt sich der Überbau aus und klemmt sich zwischen den Brückentürmen ein.

Um den Betrieb auch im Sommer aufrechterhalten zu können und damit die Hubfunktion wiederherzustellen, wurde das Mauerwerk der Brückentürme flächig abgeschliffen und das lichte Maß dadurch vergrößert.

Bei der Besichtigung der Brücke sind am Turm 4 bereits neue Schleifspuren festgestellt worden. Sollte sich der Brückenüberbau erneut verklemmen, müssen tragende Teile abgetragen, gekürzt oder verändert werden.



Bild 2-21 Mauerwerk Turm 3, Schleifspuren aus Fahrt der Hubbrücke zu erkennen

2.4 Bewertung der beschriebenen Schäden

Bei Überbeanspruchung der Wandscheiben treten die ersten Schubrisse auf. Die Rissform ist abhängig von der Steifigkeit und der Verbundwirkung zwischen Ziegeln und Mörtel.

Wesentliche Ursachen für die größeren Schäden an den Brückentürmen 1 und 2 sind ein geringerer Haftverbund des Mörtels, die geringere Festigkeit der Steine und eine höhere Wasseraufnahme, die durch Aussinterungen und Abplatzungen sichtbar werden. (Siehe Rissaufnahme)

Die dargestellten Schadensbilder zeigen erhebliche Schäden am Mauerwerk auf. Die Tragstruktur der Brückentürme ist durch die Risse verändert worden. Sowohl die räumliche Lastabtragung als auch der Verbund von Traggerüst und Wandscheiben sind erheblich gestört.

Die Schädigung an den Brückentürmen 1 und 2 ist soweit fortgeschritten, dass für die Ableitung der Horizontalkräfte nur noch das Mauerwerk innerhalb des Stahlgerüsts als ebene Wandscheibe aktiviert wird.

Die Resttragfähigkeit und das noch vorhandene Sicherheitsniveau können mit den geltenden DIN-Vorschriften nicht ausreichend bestimmt werden.

Stoßfugen im Mauerwerk werden in der Praxis oft nicht vollflächig vermörtelt. Für die Tragwirkung von gemauerten Wandscheiben ist eine Lastübertragung über die Stirnflächen notwendig. Da keine Angaben über die Geschlossenheit des Gefüges vorliegen, kann die Tragfähigkeit sämtlicher Wandscheiben nicht genau eingeschätzt werden.

Um eine Bewertung über die Relevanz der Schäden machen zu können, wird im Folgenden anhand eines mathematischen Modells die Beanspruchung der am größten beanspruchten Bauteile qualitativ bestimmt.

2.5 Nachrechnung

2.5.1 Beschreibung der Berechnungsmethode

Auf Grundlage der ermittelten Stein- und Mörtelfestigkeit ist ein FEM-Modell aufbereitet worden (Anlage 8). Die **Finite-Elemente-Methode (FEM)** ist ein numerisches Verfahren zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen. Sie ist ein weit verbreitetes modernes Berechnungsverfahren im Ingenieurwesen und ist das Standardwerkzeug bei der Festkörpersimulation. Das Verfahren liefert eine Näherungsfunktion an die exakte Lösung der Differentialgleichung, deren Genauigkeit durch die Erhöhung der Freiheitsgrade und damit des Rechenaufwandes verbessert werden kann.

Die untersuchte Wandscheibe (Bild 2-22) wird durch die Stahlkonstruktion des Traggerüsts eingefasst und leitet die Vertikal- und Horizontallasten aus dem Überbau in die Gründung.

Die wesentlichen Belastungen sind in Abs. 2.2 aufgeführt.

Mit der Definition von Freiheitsgraden können die festgestellten Risse im Modell berücksichtigt werden.

Im **Rechenmodell 1** wird die Wandscheibe als ebenes System ohne Fehlstellen und dem vollständigen Verbund mit dem Traggerüst untersucht (Idealzustand).

Im **Rechenmodell 2** werden an der oberen Ecke Freiheitsgrade definiert, indem einzelne Elemente der Wandscheibe von den Stabelementen des Traggerüsts entkoppelt werden (Fugenspalt).

Mit diesem Ansatz werden die festgestellten Risse an den Brückentürmen 1 und 2 im Rechenmodell berücksichtigt. (Bild 2-9)

Im **Rechenmodell 3** wird diese Entkopplung am unteren linken Rand aufbereitet.

Mit diesem Ansatz werden Risse im unteren Bereich nachgebildet, wie sie am Turm 1, 3 und 4 festgestellt worden sind. (Bild 2-9 und 2-10)

Für die Grenzbetrachtung wird die Wandscheibe im **Rechenmodell 4** komplett vom Traggerüst entkoppelt. Hierbei wird für die Lastübertragung der auf das Traggerüst wirkenden Lasten aus dem Überbau, eine elastische Kopplung simuliert (Federelemente).

Nachfolgend werden wichtige Ergebnisse dargestellt, die Gesamtberechnung ist als Anlage 8 beigefügt.

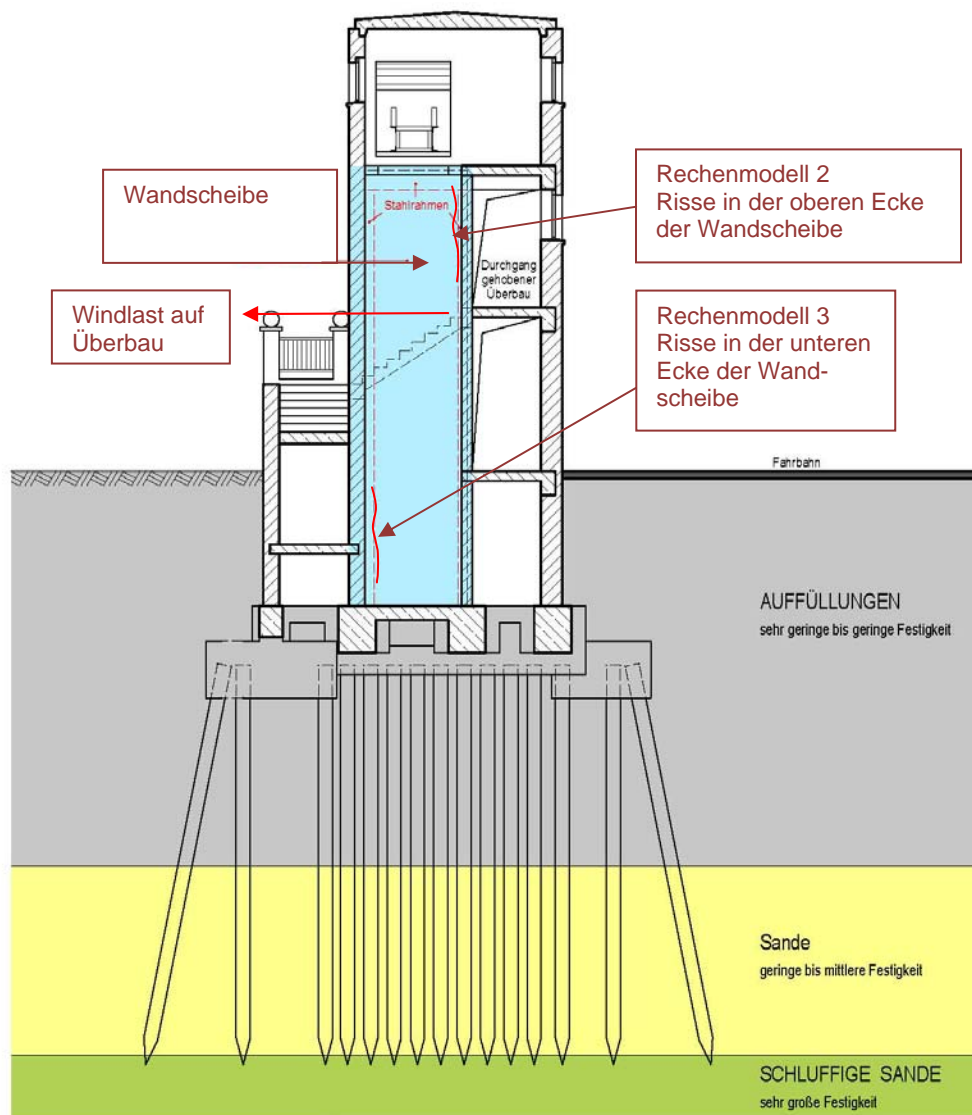


Bild 2-22 untersuchte Wandscheibe blau dargestellt mit Angaben zu den Rechenmodellen 2 und 3

2.5.2 Ergebnis der FEM-Berechnung

Die Ergebnisse der Berechnungen (Anlage 8) werden hier zusammengefasst und erläutert.

Rechenmodell 1

Im Rechenmodell 1 wird die Wandscheibe als ebenes System ohne Fehlstellen im Mauerwerk und dem vollständigen Verbund mit dem Traggerüst untersucht. (Idealzustand)

Bei Ansatz der Einwirkungen aus Wind bei gehobenem Überbau ergeben sich die ungünstigsten Schnittkräfte in der Wandscheibe.

Ergebnis der Berechnung ist, dass die vertikalen Lasten aus Eigen-gewicht des Überbaus und Gegen-gewichts die Auflagerkräfte aus Wind nicht überdrücken.

Es treten Zugkräfte am Wandfuß auf.

Die Druckkräfte konzentrieren sich dreieckförmig am rechten Rand. Die zulässigen Druckspannungen werden nicht überschritten.

Die Zugkräfte ($\uparrow 98,2 \text{ kN}$) am linken unteren Auflagerrand werden durch das Stahlgerüst in die Gründung eingeleitet. Über die Art der Verankerung liegen keine Angaben vor. Die Lasten werden noch in die Gründung eingeleitet, da im Anschlussbereich keine Risse im Mauerwerk zu erkennen sind. Über das vorhandene Sicherheitsniveau kann jedoch keine Aussage gemacht werden.

Bei diesem Rechenmodell befinden sich alle Bauteile im Rahmen zulässiger Spannungen.

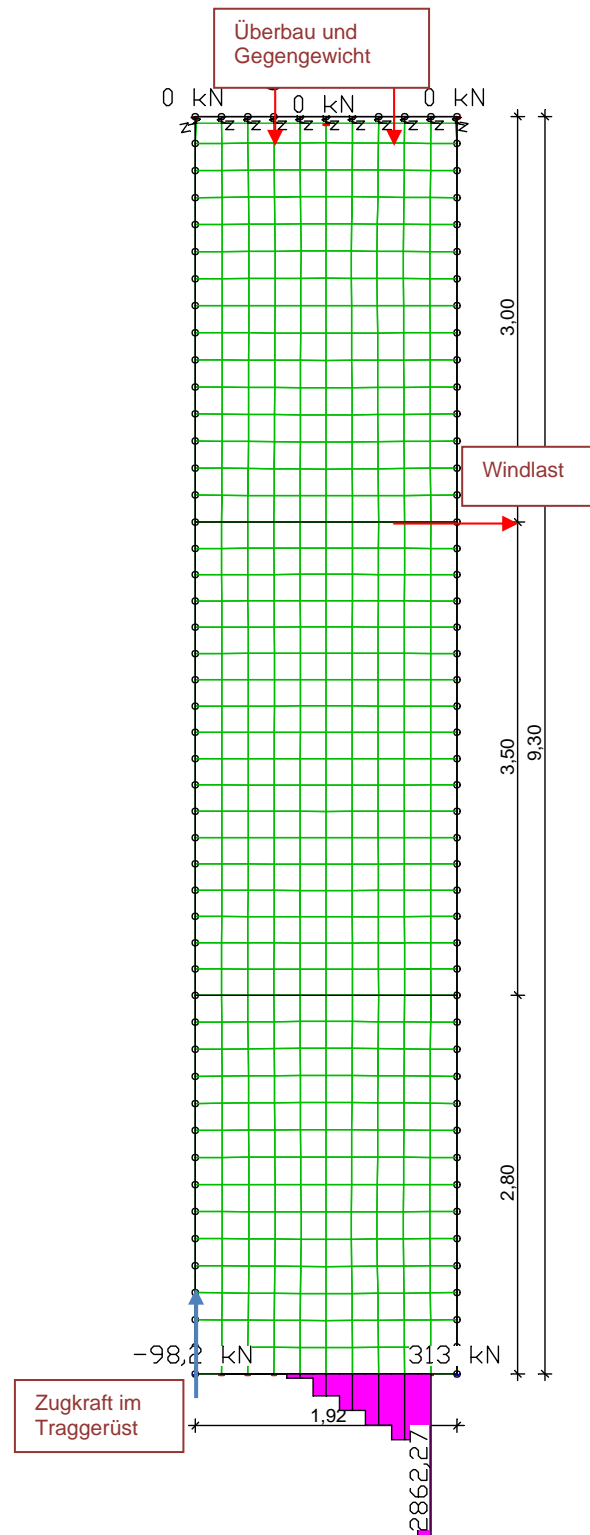


Bild 2-23 Rechenmodell 1 - Auflagerkräfte

Im Ergebnis des Rechenmodells 1 zeigt sich die zu erwartende Spannungsverteilung in der Wandscheibe. Die Beanspruchung der Wandscheibe ist durch die Darstellung der Hauptspannungen anschaulich. Die Horizontallast kann über die Scheibenwirkung in das Fundament weitergeleitet werden.

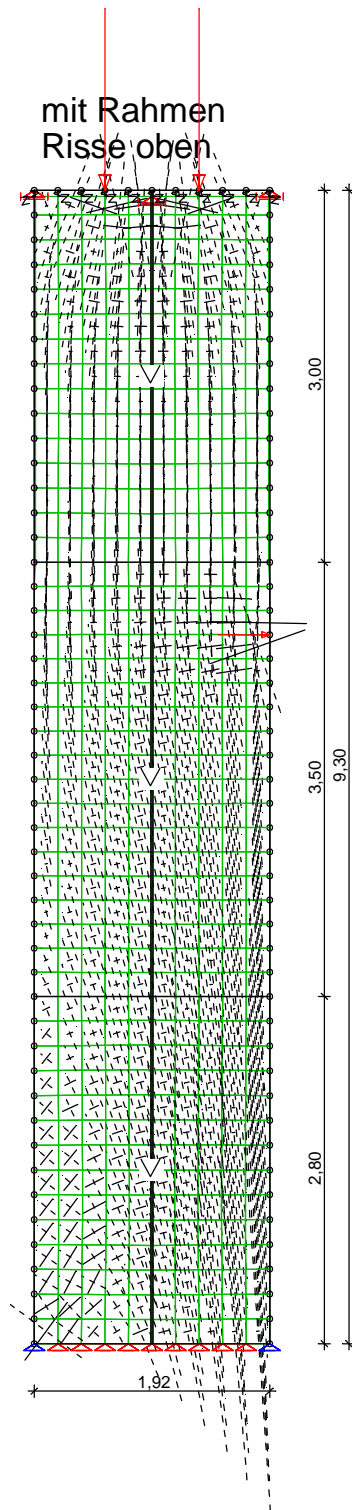


Bild 2-24 Rechenmodell 1 - Hauptspannungen

Rechenmodell 3

Die Auswirkungen bei Rechenmodell 2 sind vergleichbar mit denen bei Rechenmodell 3. Deshalb werden nur die Ergebnisse aus Rechenmodell 3 weiter vorgestellt.

Ergebnisse des Rechenmodells 2 siehe Anlage 8.

Bei Berücksichtigung der aufgenommenen Risse als nicht gekoppelte Elemente treten Lastumlagerungen in der Scheibe auf.

Die Vergleichsberechnungen der Wandscheibe mit Rissen am unteren Rand zum Stahlgerüst (Rechenmodell 3) ergeben eine Konzentrierung der Lagerkräfte an der Außenseite der Wandscheibe.

Die resultierende Druckkraft am Auflager liegt näher am Rand der Wandscheibe.

Durch den sich daraus ergebenden größeren inneren Hebelarm werden die resultierenden Auflagerkräfte reduziert.

Bei diesem Rechenmodell entstehen Zugkräfte im Mauerwerk, die nicht mehr aufgenommen werden können und sich dann durch erneute Rissbildung abbauen.

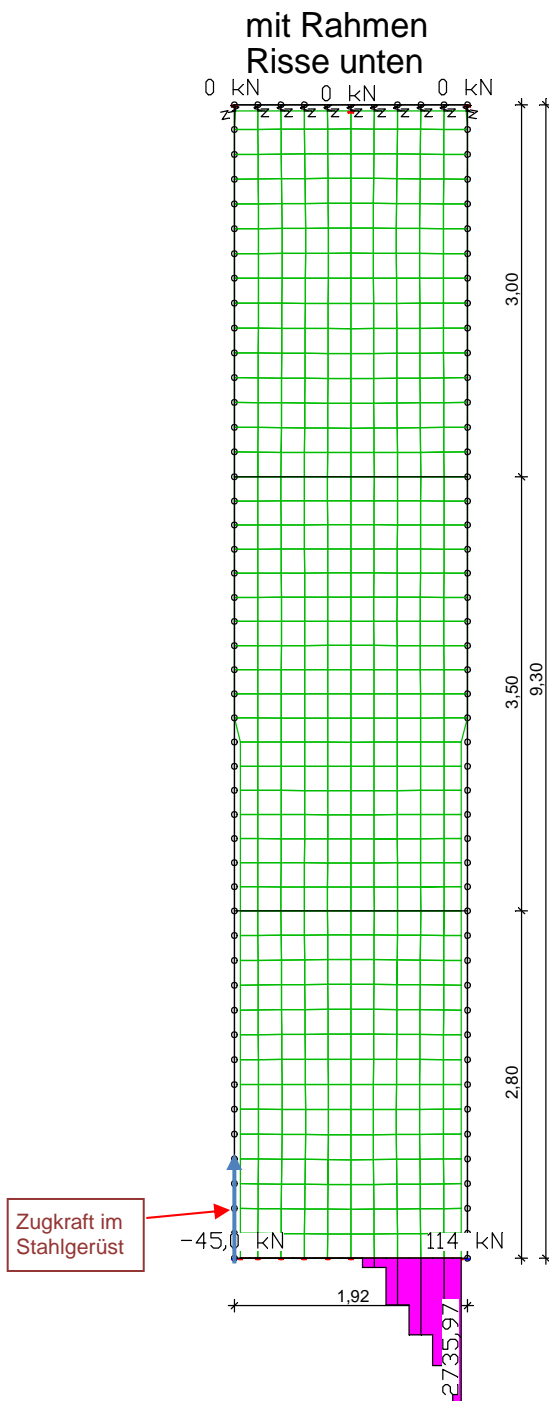




Bild 2-25 Rechenmodell 3 - Auflagerkräfte

Durch die Ablösung () des Mauerwerks vom Stahlgerüst wird die Lastübertragung in der Fuge konzentriert und es treten größere Zugkräfte zwischen Mauerwerk und Stahlprofil als im ungestörten Trag-system auf.

Die an den Rändern dargestellten Zugkräfte () beanspruchen die Stoßfugen des Mauerwerks am Übergang zum Stahlträger.

Bei Überbeanspruchung folgt eine Ablösung des Traggerüstes vom Mauerwerk mit Rissbildung.

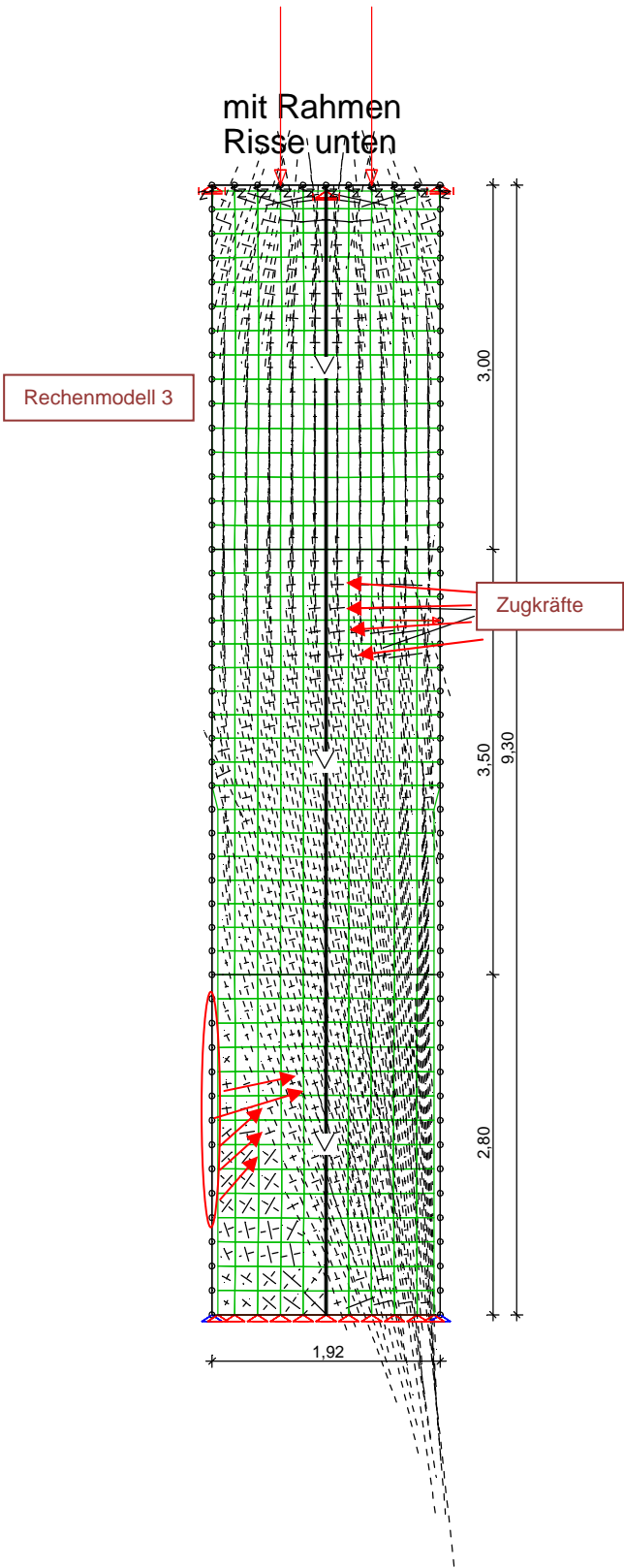


Bild 2-26 Rechenmodell 3 - Hauptspannungen

Rechenmodell 4

Für den Fall einer fortschreitenden Rissbildung und dem vollständigen Ausfall der Verbundwirkung Mauerwerk/Stahlgerüst ist der Grenzfall ohne Stahlrahmen im Rechenmodell 4 untersucht worden.

Wesentlich für die Bewertung ist die große Lastumlagerung am Auflager. Mit der fortschreitenden Rissbildung konzentrieren sich Druck- und Zugbereiche und die Spannungen im Mauerwerk nehmen zu.

In dem hier untersuchten Grenzfall treten abhebende Lagerkräfte (Zugkräfte) in der Wandscheibe auf.

Das Mauerwerk kann diese Zugkräfte nicht aufnehmen. Mit komplettem Ausfall der Verbundwirkung Traggerüst/Mauerwerk kommt es zum Versagensfall.

ohne Rahmen

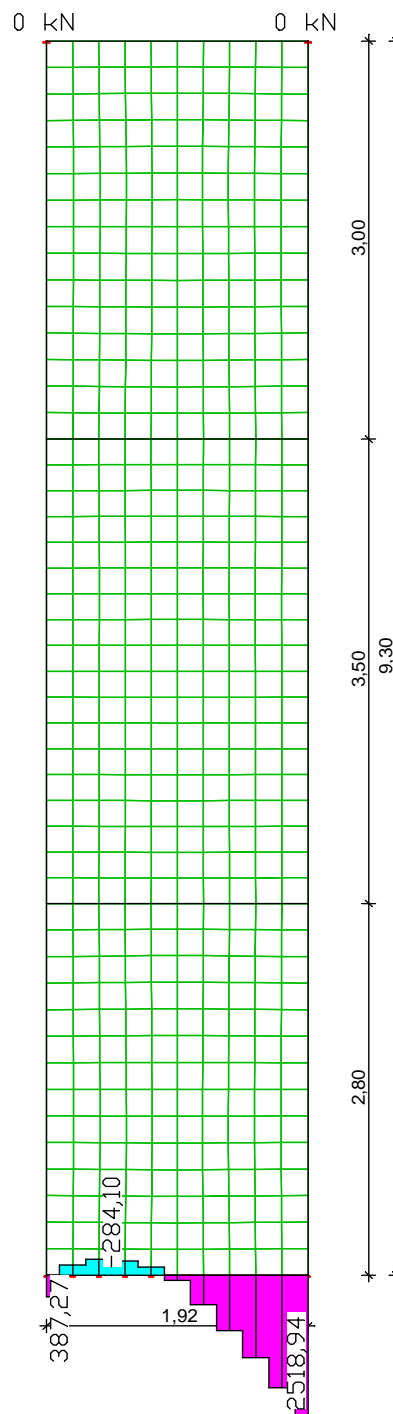


Bild 2-27 Rechenmodell 4 - Auflagerkräfte

Im Randbereich der Wandscheibe treten große Zugspannungen auf, die bei der Schadensaufnahme an den Türmen bereits als Risse sichtbar werden.

Wenn der Verbund Wandscheibe/ Stahlrahmen durch außerplanmäßige Beanspruchungen wie Korrosionsdruck oder Zwangsschnittkräfte weiter gestört wird, kann ein schlagartiges Versagen des Tragsystems nicht ausgeschlossen werden.

Für die Standsicherheit der Brückentürme ist deshalb die Verbundwirkung von Mauerwerk und Stahlkonstruktion von entscheidender Bedeutung. Mit fehlendem Verbund zwischen Traggerüst und Mauerwerksscheibe tritt der Versagensfall ein.

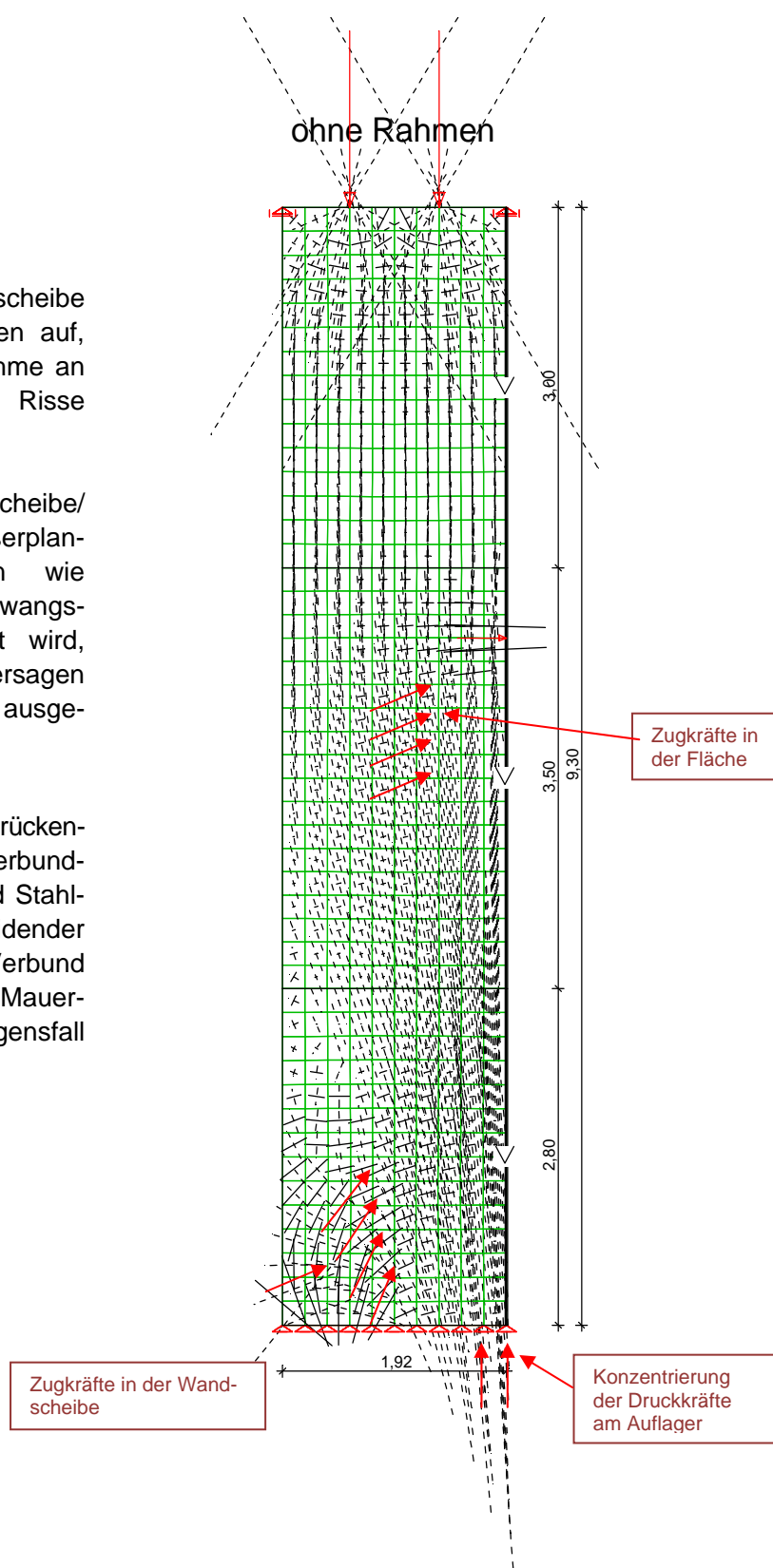


Bild 2-28 Rechenmodell 4 - Hauptspannungen

2.5.3 Fazit

Die von außen sichtbaren Risse weisen auf eine deutlich gestörte Verbundwirkung von Mauerwerk und Traggerüst hin. Die vorhandene Schädigung des Mauerwerks beeinflusst eine dauerhafte Sicherstellung der Tragwirkung der Wandscheiben erheblich und damit die Standsicherheit der Brückentürme.

Die vergleichenden Untersuchungen (am FEM-Modell) mit Berücksichtigung von Rissbildung zwischen Mauerwerk und Stahlrahmen bestätigen eine reduzierte Tragfähigkeit der Mauerwerksscheiben.

Über die Reststandsicherheit kann keine Aussage gemacht werden. Wegen der fehlenden Kenntnis über die Herstellqualität und der noch nicht sichtbaren Schäden kann eine Bewertung nur qualitativ vorgenommen werden.

Bei einer fortschreitenden Rissbildung und Ablösung des Verbunds Stahl/Mauerwerk durch Korrosion wird die Tragfähigkeit der Mauerwerksscheiben weiter reduziert. Eine ausreichende Standsicherheit ist nur durch die Verbundwirkung von Stahlgerüst und Wandscheiben gegeben. Diese ist zurzeit nur noch eingeschränkt vorhanden.

Der Verbund Stahl/Mauerwerk ist nicht mehr vollständig erhalten, ist aber unverzichtbar für Standsicherheit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks.

Eine weitere Schadensausbreitung kann kurzfristig zu erheblichen Beeinträchtigungen der Nutzung der Brücke führen.

2.6 Instandsetzung

Für eine dauerhafte Instandsetzung der Mauerwerkstürme sind insbesondere für die Ableitung der Horizontallasten Reparatur- bzw. Ersatzmaßnahmen erforderlich. Zur Durchführung dieser Maßnahmen muss der Überbau ausgehoben und ausgeschwommen werden, damit Zugänglichkeit und Lastfreiheit der tragenden Teile gegeben ist.

Bei den nachfolgenden Varianten zur Instandsetzung wird nicht zwischen Nord- und Südseite unterschieden. Die vorgeschlagenen Maßnahmen gelten sinngemäß für alle 4 Türme.

Mögliche Maßnahmen sind:

- | | |
|--------------|--|
| Variante 0: | Reparatur und Sanierung im vorhandenen Zustand |
| Variante 1a: | Einbau einer aussteifenden, innenliegenden Stahlkonstruktion und Sanierung des vorhandenen Mauerwerkes |
| Variante 1b: | Einbau einer aussteifenden, äußeren Stahlkonstruktion und Sanierung des vorhandenen Mauerwerkes |
| Variante 2: | Rückbau der Türme und Neuerrichtung als verblendete Stahlbetonkonstruktion (äußere Rekonstruktion) |

2.6.1 Variante 0

Bei der Instandsetzung der Brückenpfeiler muss die Tragfunktion Stahlgerüst/Mauerwerksscheibe wieder hergestellt werden. Zunächst sind für die Tragfunktion der Wandscheiben die Bereiche mit gebrochenen Steinen im Verband neu auszumauern.

Um die Tragwirkung von Stahlrahmen und Wandscheibe dauerhaft zu gewährleisten, muss der Haftverbund wieder hergestellt werden. Wegen der korrodierten Oberfläche des Stahls kann durch kraftschlüssiges Verpressen der Risse nur bedingt der Haftverbund dauerhaft wieder hergestellt werden. Die Stahlkonstruktion ist deshalb frei zu legen und die Oberfläche muss vollständig entrostet werden.

Für das vollständige Freilegen des Stahlgerüsts ist ein partieller Rückbau der Brückentürme im erheblichen Umfang erforderlich. Die verbleibenden Strukturen werden hierdurch beschädigt, ein kompletter Rückbau ist deshalb wahrscheinlich nicht zu vermeiden.

Nach Abschluss dieser Arbeiten sind durch die Beanspruchung der Wandscheiben und den daraus auftretenden Zugkräften zwischen Stahl und Mauerwerk Risse unvermeidbar. Eine erneute Rissbildung kann infolge der Spannungszustände in den Wandscheiben nicht ausgeschlossen werden. Mit dieser Variante ist eine Dauerhaftigkeit für eine weitere Nutzungszeit von 40 Jahren nicht zu erwarten.

Das Problem der Abstandsverringerung der Türme wird mit dieser Variante nicht beseitigt.

Diese Variante wird deshalb nicht weiter untersucht.

2.6.2 Variante 1a - innenliegende Stahlkonstruktion

Als Ergebnis aus dem mathematischen Modell wird deutlich, dass die Brückentürme in ihrer Bauart für die Beanspruchungen nicht ausreichend bemessen sind. Um eine Überbeanspruchung der Wandscheiben auszuschließen, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Für die Erhaltung der Standsicherheit der Brückentürme kann als Ersatz für die Wandscheiben eine Stahlkonstruktion eingebaut werden.

Durch den Einbau einer Stahlkonstruktion innerhalb der Brückentürme kann die bisherige mangelhafte Abtragung der Horizontallasten aus Wind verbessert werden. Die Stahlkonstruktion muss ausreichend steif dimensioniert werden. Um die Versatzmomente aus dem außermittigen Lastangriff aufnehmen zu können, muss eine räumliche Stahlkonstruktion ausgebildet werden. Die Anbindung der Leit- und Führungsschiene für den Überbau ist mit einer innenliegenden Stahlkonstruktion möglich.

Für die Lastableitung in die Gründung sind Umbaumaßnahmen erforderlich. Durch die Änderung der Lasteinleitung sind Verstärkungsmaßnahmen an dem Pfahlrost erforderlich.

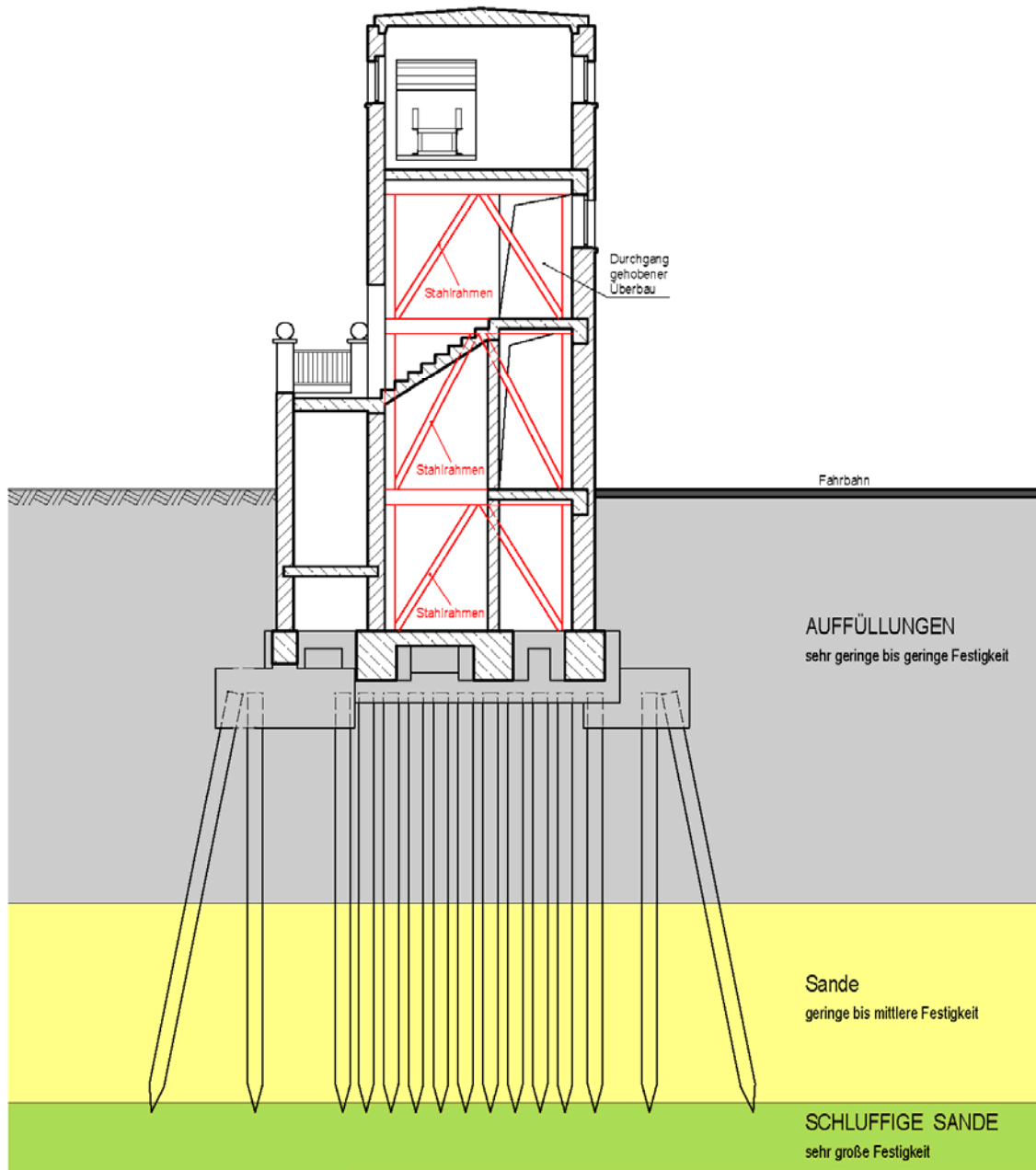


Bild 2-29 Turm mit innenliegender Stahlkonstruktion

Um eine weitere Rissbildung im Mauerwerk auszuschließen, sind zusätzlich Bewegungsfugen im Mauerwerk anzuordnen.

Der Eingriff in die Gestaltung der Türme ist nur bei einer innen liegenden räumlichen Konstruktion verhältnismäßig gering. Der Ausführungsaufwand hierfür ist jedoch bedingt durch die geringen Abmessungen und Zugänglichkeit erheblich.

Durch den Einbau einer Stahlkonstruktion wird die Begehbarkeit stark eingeschränkt. Die Nutzung der Brückentürme als Aufstieg wird dadurch ausgeschlossen. Im gehobenen Zustand werden alle Verkehrsteilnehmer, auch die Fußgänger, warten müssen.

Das Problem der Abstandsverringering der Türme wird mit dieser Variante nicht beseitigt. Diese Maßnahme kann lediglich als eine temporäre Sicherung der Mauerwerkstürme angesehen werden. Eine Sanierung für einen Zeitraum von mind. 40 Jahren wird mit dieser Maßnahme nicht erreicht.

Diese Variante wird deshalb nicht weiter untersucht.

2.6.3 Variante 1b - außenliegende Stahlkonstruktion

Alternativ kann eine außen liegende Stahlkonstruktion angeordnet werden.

Zur Aufnahme der Horizontallasten wird die neue Stahlkonstruktion kraftschlüssig an die vorhandene eingemauerte, vertikale Leit- und Führungsschiene des Überbaus angeschlossen. Durch drucksteife Riegel kann die Anordnung seitlich neben den Brückenpfeilern erfolgen. Um die Versatzmomente aus dem ausmittigen Lastangriff aufnehmen zu können, muss auch hier eine räumliche Tragstruktur vorgesehen werden.

Für die Stahlkonstruktion ist eine neue Gründung mit Pfählen und Pfahlkopfplatte erforderlich.

Hierdurch wird das Erscheinungsbild der Brückentürme erheblich verändert. Diese Variante entspricht nicht den Vorgaben, das Erscheinungsbild der Brücke zu erhalten.

Die Cäcilienbrücke steht nicht senkrecht zur Uferlinie. Die seitliche Anordnung der Stahlrahmen kann deshalb nicht in der Flucht der Wandscheibe erfolgen. Auch muss die erforderliche Tiefgründung mit einem Mindestabstand zur Uferwand hergestellt werden. Die seitliche Anordnung der Aussteifungskonstruktion ist deshalb nur bedingt möglich.

Das Problem der Abstandsverringering der Türme, wird mit dieser Variante nicht beseitigt.

Die weiteren Hinweise zur Variante 1a gelten hier sinngemäß.

Diese Maßnahme kann lediglich als eine temporäre Sicherung der Mauerwerkstürme angesehen werden. Eine Sanierung für einen Zeitraum von mind. 40 Jahren wird mit dieser Maßnahme nicht erreicht.

Diese Variante wird deshalb nicht weiter untersucht.

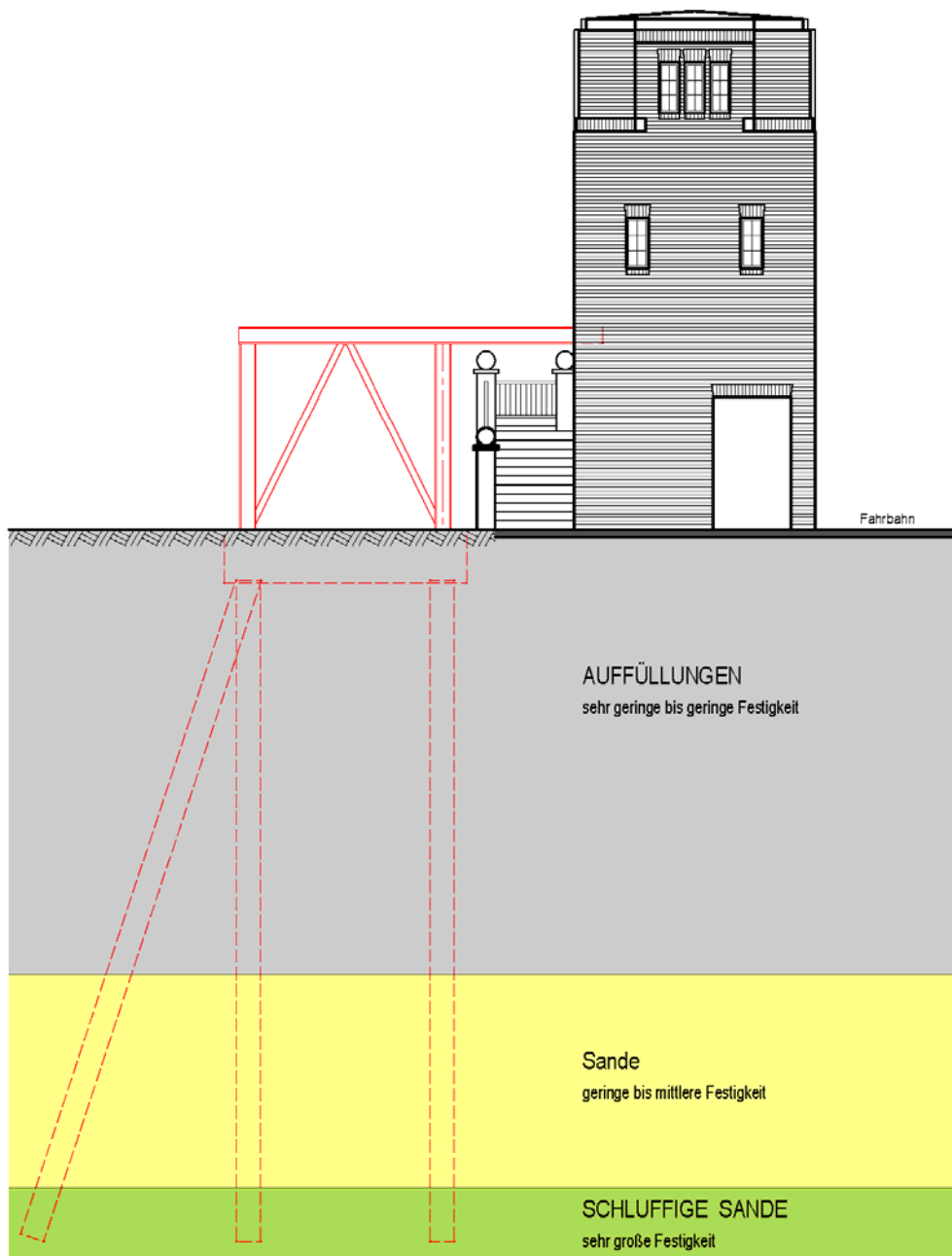


Bild 2-30 Turm mit außenliegender Stahlkonstruktion

2.6.4 Variante 2 - Stahlbetonbauweise mit Mauerwerksverblendschale

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.

Um die Erscheinung der Brücke und die äußere Gestaltung der Brückentürme zu erhalten, kann das vorhandene Mauerwerk in geringem Maße beim Rückbau gesichert und als Verblendschale wieder verwendet werden.

Mit der teilweisen Wiederverwendung der Mauerziegel und Fassadenelemente kann das äußere Erscheinungsbild weitestgehend erhalten werden.

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 nachhaltig zu ertüchtigen/zu ergänzen oder neu zu errichten. Mit dieser Variante wird die horizontale Verschiebung der Türme zueinander behoben.

Diese Vorgehensweise kommt einem Neubau mit vorgehängten alten Fassadenelementen gleich. Diese Sanierungsvariante sorgt für die übliche Lebensdauer eines neuen Ingenieurbauwerkes von 60-80 Jahren.

2.7 Kosten

Die Kosten der Instandsetzung der Brückentürme werden entsprechend DIN 276 zusammengestellt.

Die Varianten 1a und 1b erfüllen nicht die Anforderungen einer dauerhaften Sanierung der Brückentürme. Diese Maßnahmen können lediglich als kurzfristige Sicherungsmaßnahmen angesehen werden. Für die Varianten 1a und 1b werden deshalb keine Kostenschätzungen erstellt.

Variante 2 Wiederaufbau in Stahlbetonbauweise

2. Ebene	3. Ebene	Anmerkung	Kosten
techn. Bearbeitung Baubehelfe	Herstellung	Gerüste und Verbau	ca. 80.000 €
Abbrucharbeiten		Mauerwerkstürme mit Erhaltung der Steine für die Wiederverwendung	ca. 200.000 €
Vorbereitende Arbeiten		Ausbau des Überbaus mit Schwimmkran	ca. 50.000 €
Mauerwerksbau	Herstellung	Risse sanieren, gebrochene Steine auswechseln	ca. 40.000 €

2. Ebene	3. Ebene	Anmerkung	Kosten
Stahlbetonbau	Herstellung	Stahlbetonkonstruktion innerhalb der Brückentürme herstellen	ca. 520.000 €
Ausstattung	Herstellung	Ausrüstung, Fenster und Türen	ca. 80.000 €

Tabelle 2.1

Summe: ca. 970.000 €

2.8 Zusammenfassung Brückentürme

Die Schäden an den Brückentürmen wurden über einen langen Zeitraum dokumentiert. Das Monitoring durch das WSA Bremen zeigt eine fortschreitende Rissbildung im Mauerwerk, die noch nicht abgeschlossen ist.

Die Ursache für die Rissbildung wurde bisher in den Untersuchungen mit der Sprengwirkung durch Korrosion der Stahlträger des Traggerüstes begründet. Es ist deshalb in den vergangenen Jahren versucht worden, weitere Korrosion der Stahlprofile zu verhindern. Unter anderem sind die Risse im Mauerwerk mit einem dauerelastischen Material verfüllt worden. Im Gutachten der BAW wird ein Neubau der Türme ab 2016 bis 2021 empfohlen.

Die Risse an den Brückentürmen sind in 4 verschiedenen Schadensbildern exemplarisch zusammengefasst worden.

Mit der Bewertung der Schadensbilder und den Nachrechnungen wird deutlich, dass nicht alle Risse mit der Sprengwirkung durch die Korrosion des Traggerüstes erklärbar sind.

Durch die Verschiebungen der Brückentürme hat sich der Abstand der Brückentürme zueinander soweit verringert, dass ein Heben und Senken des Überbaus im Sommer bei höheren Temperaturen ohne Zwängungen nicht möglich war. Dieser außerplanmäßige Betriebszustand der Hubbrücke erzeugte erhebliche horizontale Zwangskräfte.

Die zusätzliche Beanspruchung aus Zwangskräften in Überlagerung mit der planmäßigen Belastung führte zu einer Überbeanspruchung mit Rissbildung im Mauerwerk. Im mathematischen Modell wird aufgezeigt, dass die Risse im Mauerwerk das Tragsystem beeinträchtigen. Das Gesamtsystem Traggerüst - Mauerwerksscheibe steift die Brückentürme aus und funktioniert nur im Verbund. Bei einem Ausfall der Verbundwirkung durch Risse entlang des Traggerüstes verringert sich die Steifigkeit und bei fortschreitender Schadensausbreitung kommt es zum Versagen der Konstruktion.

Der problematische Zustand der Brückentürme hat daher zusammengefasst folgende Ursachen:

- Sprengwirkung durch Korrosion von Stahlprofilen
- Abstandsverringern der Türme
- Unzureichender Verbund Mauerwerk/Stahlprofil

Eine dauerhafte Instandsetzung der Brückentürme für eine weitere Nutzungszeit von 40 Jahren ist nur dann möglich, wenn diese Ursachen beseitigt werden.

Mit dem Wiederaufbau der Mauerwerksscheiben gemäß Variante 0 wird die Tragkonstruktion nicht verbessert. Eine ausreichende Standsicherheit der Brückentürme kann mit dieser Bauweise nicht erreicht werden. Schäden aus einer Überbeanspruchung insbesondere durch ungünstige Überlagerung der anzusetzenden Einwirkungen auf das Brückenbauwerk und Zwangskräfte sind zu erwarten. Die Vorgaben für die dauerhafte Sanierung werden mit der Variante 0 nicht erreicht.

Bei der Variante 1a bzw. 1b wird durch den Ersatz der Mauerwerksscheiben durch einen Stahlrahmen die Ableitung der Horizontallasten verbessert. Der Bauzustand der gemauerten Türme erfordert weiterhin eine dauerhafte Unterhaltung. Durch die Anordnung der Stahlkonstruktion wird ein plötzliches Versagen der Brückentürme ausgeschlossen. Die Verkehrssicherungspflicht kann für den Zeitraum für die Planung eines Ersatzbauwerkes mit dem Einbau der Stahlkonstruktion gewährleistet werden. Die Ursachen für die Schäden an den Brückentürmen werden hierdurch nicht beseitigt. Die Varianten 1a und 1b sind deshalb nur als Sicherungsmaßnahmen anzusehen.

Eine dauerhafte Sanierung der Brückentürme für eine weitere Nutzung von 40 Jahren wird mit den Varianten 0, 1a und 1b nicht erreicht.

Die Variante 2 kann dagegen alle gestellten Anforderungen erfüllen.

3. Technische Ausrüstung

3.1 Sachstand

3.1.1 Maschinentechnik

Die maschinentechnische Ausrüstung besteht im Wesentlichen aus dem Hubantrieb, den Gegengewichtsseilen, der Verriegelung, den Seitenführungen der Hubbrücke und denen der Gegengewichte. Am 18.04.2011 fand ein Ortstermin statt, bei dem der Zustand und die Auffälligkeiten der Maschinentechnischen und Elektrischen Ausrüstung aufgenommen wurden (siehe Anlagen 2 und 3). Bis auf den Motor sind alle wesentlichen Antriebsteile seit mindestens 1948 im Einsatz. Es ist sogar wahrscheinlich, dass eine Vielzahl der Maschinenbauteile aus der Originalkonstruktion aus dem Jahr 1927 beim Wiederaufbau 1948 weiterverwendet wurde. 2009 wurde eine Antriebswelle der Stirnradstufe I an Turm 3 erneuert.

Gemäß den Angaben [3] aus dem Jahr 2000, wird das Eigengewicht der Hubbrücke von 277 Tonnen durch die vier Gegengewichte von 257 Tonnen bis auf 20 Tonnen nahezu kompensiert. Aufgrund diverser baulicher Maßnahmen sollten diese Lastangaben durch Messungen überprüft werden.

Angetrieben wird die Hubbrücke mit den Gegengewichten über vier Triebstöcke, wobei jeder Hubturm mit einem Triebstock und einem Gegengewicht ausgestattet ist. Jeder Triebstock ist mit einem Axiallager und zwei Pufferfedern an einer Stahlkonstruktion des jeweiligen Hubturmes angeschlossen. In der Verkehrslage wird die Hubbrücke über die Triebstöcke und Pufferfedern in die Auflager gedrückt.

In Anlage 4.1 ist der schematische Aufbau des Hubantriebs dargestellt. Der Hubantrieb setzt sich aus Motor, Bremse, Vorgelege (G1) mit Kegelradgetriebe (G2), zwei Kegelradgetriebe Untersetzung 1/1,35 (G3), vier Kegelradgetriebe Untersetzung 1/1,6 (G4), Gleichlaufwellen, vier Stirnradgetriebe Stufe 1 (G5), vier Stirnradgetriebe Stufe 2 (G5) und vier Triebstöcken mit den dazugehörigen Ritzeln zusammen. Die Antriebsteile befinden sich, bis auf die Triebstöcke, unterhalb der Fahrbahnplatte der Hubbrücke.

Für das Öffnen und Schließen der Hubbrücke werden jeweils ca. 90 Sekunden benötigt. Der Hub beträgt ca. 3,50 m.

Wie in dem Zustandsgutachten der Antriebstechnik vom 30.01.2009 [11] dargelegt, erfüllen die untersuchten Getriebe (G3 bis G5) und die Triebstockritzeln nicht die geforderten Sicherheiten der DIN 19704. Das Gutachten geht im Ergebnis davon aus, dass noch eine Restnutzungsdauer der Antriebe von 3 bis 5 Jahren vorhanden ist. Die darin zugrunde gelegten Berechnungen aus September 2000 [3] gehen dabei sogar günstig von einer gleichmäßigen Lastverteilung aus. Aufgrund der Gleichlaufwelle ist jedoch eine gleichmäßige Lastverteilung nicht gewährleistet, siehe DIN 19704 - 1 Ziffer 8.4.

Bei mehrseitigen Antrieben ist entweder ein Weggleichlauf mit nicht gleichmäßiger Lastverteilung oder eine gleichmäßige Lastverteilung mit unterschiedlichen Wegen realisierbar. Aufgrund der Gleichlaufwelle muss bei dieser Anlage infolge der ungenauen Austarierung, der Schwergängigkeit der Führungsrollen und den verformten Triebstockführungen von einer ungleichen Lastverteilung ausgegangen werden. Diese ungleichmäßige Lastverteilung führt zu einer Herabstufung der Sicherheiten und der Lebensdauer.

Sollte ein Verklemmen des Hubteils mit einem Turm stattfinden, wird die Lastverteilung noch ungünstiger. Fast die gesamte Motorleistung, bis auf den Eigengewichtsanteil der übrigen Triebstockseiten, muss von einer Triebstockseite aufgenommen werden. Nachweise hierfür sind in [3] nicht durchgeführt worden. In den Nachweisen wurde der Anwendungsfaktor, der gemäß DIN 19704 mit 1,5 anzusetzen ist, auf 1,25 herabgesetzt. Ein Wechselfaktor wurde nicht angesetzt, obwohl er bei dieser Anlage aufgrund wechselnder Lasten berücksichtigt werden sollte. Nachweise der Vorgelege G1 und des Kegelradgetriebes G2 wurden nicht durchgeführt.

Auf der Loslagerseite (Türme 1 und 2) beträgt der Spalt zwischen Hubbrücke und Türmen bei +15°C nicht mehr als 10 mm. Aufgrund des geringen Spaltes kann es in heißen Sommermonaten zu einem Verklemmen der Hubbrücke kommen. Bei einer Erwärmung der 40,8 m langen Hubbrücke um 20°C, dehnt sich diese um ca. 10 mm aus. In der DIN 1072 muss eine Temperatur der Hubbrücke von +75°C berücksichtigt werden. In diesem Fall dehnt sich die Hubbrücke um 30 mm aus. Ein Verklemmen hätte zur Folge, dass weder der Straßenverkehr einschließlich der Fußgänger die Brücke passieren noch die Schiffe unter der Brücke durchfahren können.

Sämtliche Triebstockbolzen weisen eine einseitige, teilweise eine zweiseitige Abplattung auf. Diese Abplattungen sind aufgrund der Hertzschen Pressung normal, sofern der Materialabtrag nicht kritisch ist. Die entgegengesetzte Abplattung der Triebstockbolzen der Türme 3 und 4 lässt auf ein entgegengesetztes Antriebsmoment schließen. Nach Aussage des WSA, werden seit 15 Jahren im Normalbetrieb die Triebstockbolzen, bis auf das Anpressen in der Verkehrslage, nur noch einseitig belastet.

Der Triebstock Turm 3 ist verbogen. Die Seitenbleche der Triebstöcke an den Türmen 3 und 4 weisen erhebliche Einbuchtungen, bedingt durch die Andrückrolle, auf. Durch diese bleibenden Verformungen an den Triebstöcken erhöht sich, aufgrund der sich daraus ergebenden Widerstände, die Antriebsleistung. Dadurch werden die Getriebestufen, Wellen und die Lagerungen höher belastet. Dies ist in den Nachweisen [3] nicht berücksichtigt worden.

Die Führung der Hubbrücke erfolgt über seitliche Führungsrollen. Zur Querführung ist an jedem Turm eine starre Seitenführungsrolle angeordnet. Zur Längsführung sind die Seitenführungsrollen der Türme 3 und 4 mit Spurkränzen ausgestattet. Die Spurkränze und die dazugehörigen Schienen weisen starke Abnutzungen auf. Aufgrund von Setzungen und Verschiebungen ist am Turm 4 eine zusätzliche Längsführung angeordnet worden. Die Kräfte, die auf diese Längsführung wirken, sind unbekannt. Trotz dieser Zusatzmaßnahme berührt der Endquerträger bereits das Mauerwerk von Turm 4. Sollte sich der Abstand zwischen den Türmen 1, 2 und 3, 4 weiter reduzieren, müssen die Längsführungen und die zusätzliche Längsführung am Turm 4 noch größere Kräfte aufnehmen, was zu einem Versagen der Führungskonstruktion oder zu einem Verklemmen des Hubteils führen kann. Bei einem Verklemmen (Störfall) werden Antriebskräfte bis zum Abschalten des E-Motors aktiviert. Große Anteile dieser Antriebskräfte werden, wie oben erwähnt, nur von einem Turmantrieb aufgenommen.

Jedes Gegengewicht ist über vier Drahtseile, Durchmesser 54 mm, mit der Hubbrücke verbunden. Die Seile sind weder am Gegengewicht noch an der Hubbrücke über eine Schwingenkonstruktion angeschlossen. Der Seilanschluss am Gegengewicht erfolgt über eine Tellerfederkonstruktion. Die Verdrehung der Seile wird über ein Gestänge unterbunden. In jedem Turm sind zur Umlenkung vier Doppelseilscheiben vorhanden. Der Durchmesser der Seilscheibe beträgt lediglich 1200 mm, und ist damit deutlich kleiner als die in der DIN 19704 geforderte Abmessung von 2160 mm (40 x Seildurchmesser). Durch einen größeren Durchmesser der Seilscheibe wird die Lebensdauer des Seiles, aufgrund des kleineren Biegeradius, deutlich verlängert.

Durch eine geänderte Machart der Seile wurden höhere Standzeiten erreicht. Die Seilrillen wurden aufgrund der Seileindrücke im Rahmen eines Seilwechsels ausgeschliffen. Die Seile werden regelmäßig geprüft (Seildrahtbruchzählung) und bei einer definierten Anzahl an festgestellten Seildrahtbrüchen gewechselt.

Die Seileindrücke in den Seilrillen wurden im Rahmen eines Austauschs der Seile durch Seile anderer Machart (CASAR-Seile) ausgeschliffen, um die Standzeit der neuen Seile zu erhöhen.

Die Hubbrücke wird in der Hochlage verriegelt. Hierzu ist an jedem Triebstock eine Haltekonstruktion vorhanden, in die zwei Rollen einfallen. Die Rollen werden, ähnlich einer Scherenkonstruktion, geöffnet. Die vier Verriegelungen werden über ein Gestänge mit einem Elektromotor angetrieben. Durch Zugfedern wird sichergestellt, dass bei einem mechanischen Bruch die Rollenkonstruktion selbsttätig schließt. Die Hubbrücke wird planmäßig nicht auf die Verriegelungskonstruktionen abgesetzt. Die Verriegelungsrollen können in der geschlossenen Stellung mit dem Fuß auseinandergedrückt werden.

Sämtliche offenen Zahnräder und Lager werden vom mobilen Wartungstrupp regelmäßig nachgeschmiert. Hierzu sind Schmierleitungen unter der Brücke angeordnet.

3.1.2 Elektrotechnische Ausrüstung

Die elektrotechnische Ausrüstung setzt sich aus den Verkehrseinrichtungen (wie Verkehrslichtsignale, Schranken und WSA-Signale), den Schaltanlagen und den Bedieneinrichtungen zusammen. Eine SPS-Steuerung existiert nicht.

Die dem Verfasser vorliegenden Unterlagen stammen aus dem Jahr 1955. Zwischenzeitlich sind jedoch Änderungen vorgenommen worden. Vor Ort ist ein aktueller Stromlaufplan vorhanden und kann eingesehen werden.

An den Türmen 2 und 4 ist für die motorisierten Verkehrsteilnehmer ein dreifeldriges Lichtsignal vorhanden. Für Fußgänger und Radfahrer ist für die Verkehrslage an jedem Turm ein einfeldriges Lichtsignal montiert. Für den Treppenaufstieg in der Hochlage ist an jedem Turm ein zweifeldriges Signal vorhanden.

Sämtliche Schranken sind als Drehschranken mit Unterflurantrieb ausgebildet. Die Straßenfahrbahn wird je Brückenseite mit zwei Drehschranken abgesperrt. Die beiden Fußgängerwege und die Treppentürme werden jeweils mit einer Drehschranke abgeriegelt. Die Drehschranken öffnen in Richtung Hubbrücke. Die Fußgängerschranken sind zusätzlich mit zwei Verriegelungen ausgestattet. Damit wird verhindert, dass bei einem Versagen der Motorbremse oder bei einem Getriebebruch, die Schranke unkontrolliert öffnet und ein gefährlicher Zustand entsteht. Die Schutzart der Unterflurantriebe ist nicht ausreichend. In den Gehäusen sammelt sich Feuchtigkeit. Die elektrischen Anschlüsse korrodieren und müssen regelmäßig überprüft werden. Ein Not-Halt der Schranken ist jederzeit möglich.

Die WSA-Signale sind mit sieben Leuchtmitteln je Seite ausgestattet, üblich sind sechs Leuchtmittel. Das zusätzliche Leuchtmittel soll der Schifffahrt signalisieren, ob die Brücke besetzt ist. Eine Fadenbruchüberwachung ist vorhanden.

Der Steuerstand befindet sich auf der Brücke. Die Bedienung der Anlage erfolgt über ein Mosaiktableau. Es werden nur Sammelstörungen angezeigt. Eine Abbremsphase beim Not-Halt existiert nicht. Die Steuerung erfolgt über Schütz- und Relaisstechnik. Eine Videoüberwachung der Hubbrücke ist nicht vorhanden. Eine Sprechstelle mit jeweils zwei Lautsprechern an den Türmen 1 und 4 ist vorhanden.

Neben Turm 1 befindet sich ein Betriebsgebäude, in dem die Schaltschränke untergebracht sind. In den Schaltschränken sind folgende Einrichtungen installiert:

- Einspeisung
- Not- Einspeisung
- Schifffahrtssignale
- Ampelsteuerung
- Schrankensteuerung
- Brückensteuerung
- allgemeine Abgänge

Bis auf die Ampeln der Hubbrücke kann die Anlage auch vom Betriebsgebäude betrieben werden. Die Ampeln der Straßenkreuzungen sind Bestandteil der Verkehrsregelung der Stadt Oldenburg und werden über eine externe Steuerung, die nicht zur Brückensteuerung gehört, geschaltet.

Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung existiert nicht. Die elektrischen Leitungen, die über die Hubbrücke geführt werden, werden durch die Hubbewegung mechanisch beansprucht. Eine Schleppkette zum Schutz der Leitungen ist nicht vorhanden. Die wichtigsten Komponenten der elektrischen Ausrüstung sind schematisch in Anlage 4.2 dargestellt.

3.1.3 Zusammenfassung Sachstand

Die Aufnahme der Technischen Ausrüstung hat ergeben, dass viele der mechanischen Antriebe und der elektrischen Komponenten seit über 60 Jahren im Einsatz sind und damit die in der DIN 19704 zu berücksichtigte Lebensdauer von 30 bis 35 Jahre deutlich überschritten ist. Eine Instandsetzung, wie sie in der DIN 31051 definiert ist, sieht nur eine Zurückführung der Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand und keine Verbesserungen vor. Aufgrund der heutigen Sicherheitsansprüche und Auslegungskriterien ist eine Neukonzeption der Technischen Ausrüstung ohne Verbesserungsmaßnahmen und Modifikationen nicht machbar. Die Triebstöcke, Lager und Getriebe müssten z. B. so ausgelegt werden, dass diese die Einwirkungen aus ungleichmäßigen Belastungen, insbesondere im Störfall, sicher ertragen können. Entsprechende Nachweise liegen nicht vor. Diese sollten unter Berücksichtigung der anzusetzenden Anwendungs- und Wechselfaktoren aufgestellt werden. Die offenen Zahnradstufen und die geschmierten Lagerstellen sind, aufgrund der Gefährdungen durch die Schmierstoffe, durch geschlossene Getriebe-

stufen und selbstschmierende Lager zu ersetzen. Die elektrische Ausrüstung entspricht nicht mehr dem Stand der Technik. Eine Einstufung der vorhandenen Bauteile in eine SIL-Kategorie (SIL = Sicherheitsintegrationslevel nach IEC / DIN EN 61508) ist nicht möglich. Da nahezu alle elektrischen Komponenten gemäß Risiko-beurteilung einer SIL-Kategorie zugeordnet werden müssen, können auch die bislang verwendeten Komponenten nicht einfach instandgesetzt werden. Da ein Festklemmen und damit eine Überbelastung des Antriebs, insbesondere in den heißen Sommermonaten, nicht ausgeschlossen werden kann, sollte der minimale Spalt zwischen Hubbrücke und Hubtürmen kontinuierlich gemessen und bei einem noch festzulegenden Grenzspalt (Vorschlag 3 mm) die Brückenbewegung angehalten werden.

3.2 Neukonzeption der Antriebstechnik

3.2.1 Allgemein

Wie in der Zustandsaufnahme in Kapitel 3.1 festgestellt, sind bei dem mechanischen Antrieb der Hubbrücke, insbesondere an den Triebstöcken, Schäden vorhanden. Die Restnutzungsdauer der Antriebe beträgt gemäß dem Zustandsgutachten von 2009 [11] nur noch 3 bis 5 Jahre, so dass die Antriebe ab 2012 abgängig sind. Die Einwirkungen auf die Antriebe können aufgrund der Gleichlaufwellen nicht exakt bestimmt werden. Die Seilkräfte sind aufgrund der Seilanbindungen am Gegengewicht und an der Hubbrücke wegen dem unterschiedlichen Seilreck nicht gleichmäßig. Die Führungsrollen der Hubbrücke und die Führungsschienen an den Hubtürmen müssen aufgrund der erheblichen Verschleißerscheinungen, die insbesondere auf die Verschiebungen der Hubtürme zurückzuführen sind, erneuert werden. Damit können auch definierte Führungsspiele, die mit dem Seitenspiel der Triebstockantriebe und den Auflagerführungen zusammenhängend betrachtet werden müssen, festgelegt werden. Die E-Technik ist bis auf die Schrankenantriebe in einem relativ guten Zustand. Jedoch entsprechen die Bedien- und Beobachtungseinheiten (Meldungen, Störungen) sowie die Schütz- und Relais-Steuerung aus dem Jahr 1955 nicht mehr dem Stand der Technik und den Sicherheitsansprüchen. Aufgrund des Alters der Anlagenteile und der festgestellten Mängel muss die Technische Ausrüstung fast komplett erneuert werden.

Die Neukonzeption zur Erneuerung der Technischen Ausrüstung der Cäcilienbrücke ist nach derzeitigem Stand an folgende Bedingungen gebunden:

1. Die Hubbrücke wird nicht erneuert. Erforderliche Anschlusskonstruktionen an der Hubbrücke müssen als Schraubkonstruktion ausgebildet werden.
2. An den Hubtürmen werden keine wesentlichen Änderungen, z.B. Abmessungen in Länge, Breite, Höhe vorgenommen.
3. Der Standort der Drehschranken kann aufgrund Ziffer 2 nicht verändert werden.
4. Es wird eine lagestabile Gründung errichtet.

Aufgrund dieser Bedingungen kommt für die Erneuerung der Technischen Ausrüstung nur ein vollständiger Nachbau mit Verbesserungs- und Modernisierungsmaßnahmen in Frage. Eine bauteilbezogene Erneuerung der Maschinenteknik ist nicht sinnvoll, da das Alttriebwerk eingelaufen ist und eine Teilerneuerung zu einer erhöhten Abnutzung der verbliebenen Bauteile führen wird. Sollten jedoch wesentliche Änderungen, insbesondere an den Hubtürmen, möglich sein, sind auch bei der Technischen Ausrüstung bessere Antriebsvarianten (siehe Anlage 4.) möglich. Die Schifffahrtssignale können weiter verwendet werden. Sollte jedoch die Möglichkeit bestehen, LED-Leuchtmittel einzusetzen, sollten auch die Schifffahrtssignale komplett erneuert werden. LED-Leuchtmittel sind in der Unterhaltung wesentlich günstiger als konventionelle, die regelmäßig ausgetauscht werden müssen.

3.2.2 Maschinenteknik

Um im Entwurf eine vernünftige Planung durchführen zu können, müssen Vorgaben für den Antrieb aufgestellt werden. Dies trifft insbesondere auf die Triebstockkräfte zu. Maßgeblich ist hierbei die Differenziallast zwischen dem Eigengewicht der Hubbrücke und dem Eigengewicht der Gegengewichte. Das Übergewicht der Hubbrücke sollte in der Verkehrslage zwei Mal die Einwirkung aus lotrechttem Wind betragen. Dadurch kann auf eine Spitzenverriegelung und ein Andrücken mit den Triebstöcken verzichtet werden. Des Weiteren muss auch eine Festlegung bzgl. der unterschiedlichen Triebstockkräfte aufgrund des Gleichlaufs erfolgen. Die Öffnungs- und Schließzeit der Hubbrücke sollte im Hinblick auf die Motorleistung angepasst werden. Für die Bewegungszeit sollte ein Toleranzbereich zugelassen werden. Da gemäß der Berechnungen vom September 2000 [3] die bisher installierte Leistung von 30 KW nicht benötigt wird, könnte auch ein kleinerer Motor zum Einsatz kommen. Dies wirkt sich, insbesondere im Störfall, für die Auslegung der Getriebe und der Triebstöcke günstig aus. Im Störfall muss aufgrund des Gleichlaufs damit gerechnet werden, dass ein erheblicher Teil des Motor-Nennmomentes von einem einzigen Triebstockantrieb aufgenommen werden muss.

Ungeachtet einer genauen Antriebsberechnung wird zunächst davon ausgegangen, dass die Antriebskomponenten in ihrer Anordnung so belassen werden können. Die Erneuerung der Antriebe beinhaltet folgende wesentliche Bauteile:

1. E-Motor 30 KW
2. Trommelbremse mit Antrieb
3. Sicherheitskupplung
4. Vorgelege-Getriebe mit seitlichem Abgang
5. Kegelpadgetriebe mit 2 Abgängen
6. Kegelpadgetriebe 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.

Eine schematische Anordnung der Antriebsinstandsetzung ist in Anlage 4.3 dargestellt. Sämtliche Getriebe sind mit öldichten, geschlossenen und verbindungssteifen 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.

Nach eigenen Berechnungen nach DIN 15018 kann der Seildurchmesser von 54 mm auf ca. 32 mm reduziert werden. Durch einen kleineren Seildurchmesser wird auch das Verhältnis der Seilscheibendurchmesser zum Drahtseildurchmesser größer, so dass die Ablegereife der Drahtseile verlängert wird. Am Gegengewicht wird eine Schwingenkonstruktion vorgesehen, damit die Seilkräfte auch beim Seilreck gleich sind.

Die Seilscheiben müssen aufgrund der neuen Seildurchmesser einschließlich der Lagerung erneuert werden. Die Seilrillen sind dabei mit einer Fütterung auszustatten. Durch die Fütterung wird die Lebensdauer der Drahtseile verlängert.

Die Erneuerung der Führungen der Hubbrücke sieht vor, dass an jedem Hubturm eine Laufrolle für die Seitenquerführung vorhanden ist. Für die Seitenlängsführung werden separate, verstellbare Laufrollen an den Türmen 3 und 4 angeordnet. Eine Seitenlängsführung besteht aus zwei verstellbaren, gegenüberliegenden Laufrollen und einer dazwischenliegenden Führungsschiene. Die vorhandenen Führungsschienen an den Türmen müssen demontiert und durch neue Führungen mit entsprechender Verankerung ersetzt werden. Laufrollen mit Spurkränzen sollen nicht zum Einsatz kommen. Da die alten Führungsschienen fest in das Mauerwerk auf gesamter Länge eingebunden sind, ist ein Rückbau nur mit erheblichem Aufwand, Eingriff und Gefügezerstörung verbunden. Einzelbereiche des Mauerwerks sind bereits geschädigt. Damit die neuen Führungsschienen kraftschlüssig mit dem Massivbau verbunden werden können, ist ein Neuaufbau in Massivbauweise mit kraftschlüssiger Einbindung an die Wände der Türme erforderlich. Dies ist nur möglich, wenn die verbleibenden Mauerwerkswände eine Kraftannahme und Kraftweiterleitung ermöglichen.

An jedem Hubturm wird eine Verriegelung angeordnet. Jede Verriegelung erhält, entgegen der jetzigen Konstruktion, einen separaten Antrieb, der jeweils seitlich an der Hubbrücke montiert wird. Hierdurch entfallen die Gleichlaufwellen, die Lagerungen, die Getriebe, die Gestänge und der Antriebsmotor des Alttriebwerks der Verriegelung unterhalb der Hubbrücke.

Als Antrieb kommt ein 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.

Die Auflager der Hubbrücke werden unter Beachtung der Führungsspiele erneuert. Insgesamt sind vier neue Auflager vorgesehen. Dabei ist ein Lager quer- und längsfest, ein Lager querfest, ein Lager längsfest. Das vierte Lager ist ein Loslager. Damit das Hubteil sanft auf die Auflager aufsetzt, werden an den Widerlagern Hydraulikdämpfer, auf jeder Seite zwei Stück, vorgesehen.

Eine schematische Anordnung der Lagerung der Führung der Hubbrücke ist in Anlage 4.4 dargestellt.

Auch eine Konstruktion mit sechs Lagerpunkten wäre möglich, sofern die Unterkonstruktion die Lasten aufnehmen kann. Von den beiden mittleren Lager ist eines längs- und querfest und das andere querfest auszubilden. Die anderen vier Lager sind als Loslager auszuführen.

Neben den neuen mechanischen Bauteilen, sind für die Wartung Podeste und Wartungsluken unter Berücksichtigung der Durchfahrtshöhe vorzusehen. Wartungsluken sind in den Fußgängerüberwegen im Bereich des Antriebsmotors und an den Getriebeeinheiten an den Triebstöcken vorzusehen. Auf eine Wartungsluke im Fahrbahnbereich unter dem Kegelradgetriebe wird verzichtet. Die Instandhaltung des Kegelradgetriebes und der Gleichlaufwellen muss vom Boot aus erfolgen. Zu Demontage- und Montagezwecken sind entsprechende Vorrichtungen vorzusehen.

3.2.3 Elektrische Ausrüstung

Bis auf die Schifffahrtssignale wird die komplette elektrische Ausrüstung erneuert. Ein Austausch einzelner Komponenten ist aufgrund der Schnittstellenproblematik nicht möglich.

In Anlage 4.5 ist die Lage der neuen elektrischen Komponenten schematisch dargestellt.

Anstelle der Schütz- und Relaissteuerung wird eine speicherprogrammierbare Steuerung eingesetzt. Die Bedienung erfolgt über eine Visualisierung vom Steuerhaus aus. Bis auf die Befehle "Not-Halt" und "Stopp" müssen alle Bedienbefehle quittiert werden. Durch die Visualisierung ist es möglich, den Anlagenzustand zu erfassen. Störungen und Betriebsmeldungen werden jedem Bauteil zugewiesen. Ferner besteht die Möglichkeit, Umgehungsketten im Ablauf vorzusehen. Endschalter und Überwachungseinrichtungen werden, sofern erforderlich, redundant ausgeführt. Damit die Hubbrücke auch bei Ausfall der Bedieneinrichtung im Steuerhaus bedient werden kann, werden Steckplätze zum Anschluss eines Mobilpanels vorgesehen.

Die Unterflurantriebe der Schranken werden durch Stellantriebe mit der Schutzart EP67 ersetzt. Die Steuerung der Schranken erfolgt über die Zentral-SPS. Eine ausgelagerte SPS in den Schranken ist nicht vorgesehen. Die Lichtsignale werden durch

LED-Leuchten ersetzt. Ferner werden die Lichtsignale auf Kabelbruch (Fadenbruch) überwacht.

Die Schaltanlagen im Betriebsgebäude werden aufgrund der neuen Überwachungseinrichtungen und der Antriebskomponenten komplett erneuert. Ob diverse Anlagenteile ausgelagert werden können, muss im Rahmen des Entwurfes untersucht werden. Durch die Auslagerungen können Kabel und Leitungen, die derzeit noch über die Brücke geführt werden, eingespart werden.

Ob der noch relativ neue Frequenzregler für den neuen Antrieb geeignet ist, muss im Rahmen des Entwurfes noch genauer untersucht werden. Derzeit wird davon ausgegangen, dass ein neuer Frequenzregler benötigt wird.

Die neue Schaltanlage ist mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung auszustatten. Bei einem Netzausfall sollen wichtige elektrische Komponenten wie Lichtsignale oder die Steuerung noch mit Strom versorgt werden. Die Batterie der unterbrechungsfreien Stromversorgung ist so auszulegen, dass diese für 2 Stunden den Energiebedarf abdeckt. Da im Zuge der Sanierung der Hubtürme und wegen der Schnittstellenproblematik "Alt/Neu" die Lautsprecher, die Außenbeleuchtung sowie die Haustechnik in den Türmen demontiert werden müssen, werden auch diese Komponenten erneuert.

3.2.4 Fernsteuerung

Bei der Cäcilienbrücke in Oldenburg handelt es sich um ein innerstädtisches Bauwerk. Gemäß einer am Donnerstag, den 11.09.2008 durchgeführten Verkehrszählung überquerten innerhalb von 8 Stunden zwischen 06.00 bis 10.00 Uhr und 15.00 bis 19.00 Uhr 4.664 Kraftfahrzeuge und 7.671 Radfahrer die Hubbrücke. Damit fahren pro Stunde rund 600 Fahrzeuge und rund 1.000 Radfahrer über die Brücke. Fußgänger wurden nicht gezählt. Es kann aufgrund der Beobachtungen vor Ort jedoch davon ausgegangen werden, dass deutlich mehr als 1.000 Passanten pro Stunde die Brücke benutzen. Aufgrund dieser großen Anzahl kann die Brücke auch in der geöffneten Hubstellung von Passanten überquert werden.

Da es sich bei einer Hubbrücke nicht um einen Personenaufzug handelt, muss, bevor eine Brückenbewegung stattfinden kann, die Hubbrücke geräumt und der Verkehr mittels Lichtsignalen und Schranken gesperrt werden.

Die Räumzeit ist bei einer so hohen Anzahl an Verkehrsteilnehmern sehr lang. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Räumzeit der über 40 m langen Hubbrücke im Schnitt 2 Minuten dauern wird. Bei einer Fernbedienung verlängert sich die Räumzeit, da der Bediener mehrere Monitorbilder auswerten muss. Unwillige Passanten kann der Bediener nur über Lautsprecher und nicht persönlich auffordern, die Hubbrücke zu verlassen. Je größer die Räumzeit, desto größer wird der sich bildende Rückstau.

Für die Fernsteuerung müssen folgende zusätzliche Komponenten vorgesehen werden:

- Videoüberwachung
- Kommunikation
- Steuerung Bedienung
- Beleuchtung
- Überwachungseinrichtungen

Mit der Videoüberwachung kann der Bediener über Monitore beobachten, ob sich die Verkehrsteilnehmer (Straßen- und Schifffahrtsverkehr) in einem Gefahrenbereich aufhalten.

Nach erster Einschätzung müssen mindestens zehn Videokameras eingesetzt werden, um den Gefahrenbereich zu überwachen. Jeweils eine Videokamera an den Widerlagern überwacht den Straßenverkehr im Bereich der Straßenschranken und der Ampeln. Hierdurch soll beobachtet werden, ob die Straßenverkehrsteilnehmer an den Ampeln und damit vor den Schrankenbereichen stehen bleiben, sodass kein Verkehrsteilnehmer von den Drehschranken erfasst wird.

Diese beiden Videokameras müssen jeweils auf einem neu zu installierenden Mast montiert werden.

Vier Videokameras überwachen die Räumung der Hubbrücke und zusätzlich auch die Schrankenbereiche. Diese Kameras sind an den Hubtürmen oberhalb des oberen Zugangs zu montieren.

Vier Videokameras überwachen den Schiffsverkehr.

Zwei Videokameras überwachen den Schiffsverkehr einmal in Richtung Innenhafen und einmal in Richtung Außenhafen. Zwei weitere Videokameras überwachen den Bereich unterhalb der Hubbrücke, ob dieser geräumt ist. Zusätzlich sollten unterhalb der Hubbrücke Lichtschranken eingesetzt werden, die kontrollieren, ob sich ein Schiff in diesem Gefahrenbereich aufhält.

Zur Kommunikation zwischen Bediener und den Verkehrsteilnehmern auf der Straße, werden auf jeder Brückenseite Sprechsäulen aufgestellt. Hier können die Verkehrsteilnehmer bei Gefahr oder einer Störung dem Bediener entsprechende Mitteilungen übermitteln. Für die Wartung sind Wechselsprecheinrichtungen vorzusehen.

Ferner sind zur Räumung der Hubbrücke und weiterer Instruktionen jeweils zwei Lautsprecher pro Widerlager vorzusehen. Für die Schifffahrt sind ebenfalls zwei zusätzliche Lautsprecher einzuplanen, damit die Schiffe den Gefahrenbereich verlassen und darüber Instruktionen erteilt werden können.

Zwischen der Fernbedienung und der lokalen Steuerung muss eine Verbindung hergestellt werden. Eine Funkverbindung kommt aufgrund der Störanfälligkeit und der noch erforderlichen Sicherheits-Integrationslevel von SIL 3 nicht in Frage.

Die Fernbedienung muss mit entsprechenden Kabeln und Leitungen mit der Vorort-Steuerung verbunden werden. Laut Aussage der WSA existieren bereits entsprechende Leitungen.

Aufgrund der Videoüberwachung wird es erforderlich sein, die Beleuchtung der Hubbrücke und der Außenbereiche anzupassen. Hierzu sind zusätzliche Leuchtmittel erforderlich.

Ob noch eine akustische Überwachung mittels Mikrofon notwendig ist, müsste mit dem Betreiber abgestimmt werden. Diese wird jedoch als sinnvoll erachtet.

Die Fernsteuerung der Hubbrücke muss so aufgebaut werden, dass bei Störungen Umgehungsketten, wie sie bei Vor-Ort Betrieb üblich sind, nicht durchgeführt werden können, da der Bediener die Störung nicht vor Ort überprüfen kann. Die Fernsteuerung weist gegenüber der Vor-Ort-Bedienung folgende wesentliche Nachteile auf:

- die Räumzeit und damit die gesamte Brückensperrzeit für die Verkehrsteilnehmer verlängert sich
- Störungen können nicht sofort lokalisiert und ggf. behoben werden
- ungewöhnliche Antriebs- oder Fahrgeräusche werden nicht wahrgenommen
- die erforderliche tägliche Besichtigung der Technischen Ausrüstung muss durch Fremdpersonal durchgeführt werden
- mögliche Schäden an der Technischen Ausrüstung infolge Unfällen müssen durch Fremdpersonal aufgenommen werden
- hohe Investitions- und Unterhaltungskosten

bei Ausfall einer Kamera ist eine Fernsteuerung nicht möglich

3.2.5 Risikobeurteilung

Für die neuen Anlagenteile (Maschinenbau, E-Technik, Steuerung) ist eine Risikobeurteilung, wie sie für unvollständige Maschinen nach der Maschinenrichtlinie 2006 gefordert wird, durchzuführen.

Die bisherigen Vorplanungen gehen davon aus, dass bei der Erneuerung der Brückenantriebe lediglich Verbesserungen und keine Leistungserhöhungen (Modifikationen) vorgenommen werden, siehe DIN 31051: 2003-6, Anhang B. Sollte dieses eintreten, handelt es sich um eine wesentliche Änderung, so dass die Anschlussteile an der Hubbrücke und den Hubtürmen mit den sich daraus ergebenden höheren Lasten nachgewiesen und eine Risikobeurteilung der Gesamtanlage durchgeführt werden.

Bei der Fernsteuerung sind noch zusätzliche Risiken vorhanden. Eine Hauptgefahr besteht in der fehlenden Einsicht in die Gefahrenbereiche.

Dieses Risiko wird durch den Einsatz von Videokameras mit den zugehörigen Monitorbildern abgemindert. Sollten jedoch schlechte Sichtverhältnisse bestehen oder das Objektiv verunreinigt sein, muss der Bediener selbst entscheiden, ob die Brückenbewegung stattfinden kann. Hierfür können Benutzungsinformationen aufgestellt werden, die aber gemäß DIN EN ISO 12100-1 die schwächste Form der Risikominderung darstellen.

Ein weiteres Risiko stellt die Überforderung des Bedieners da. Der Bediener muss beim Bewegen der Hubbrücke gleichzeitig bis zu 10 Monitorbilder überwachen. Hier kann es zu Fehleinschätzungen kommen. Sollte sich ein Verkehrsteilnehmer in einer Gefahrensituation befinden, machen sich in der Regel dieser und ggf. andere Verkehrsteilnehmer durch akustische Signale bemerkbar. Trotz vorgesehener Rufsäulen ist fraglich, ob der Bediener das akustische Signal wahrnimmt und zuordnen kann.

Bei einem Ausfall von Komponenten (Videokamera, Rufsäule, Anlagenstörungen) kann eine Brückenbewegung aus der Ferne nicht stattfinden, da der Bediener die Gesamtanlage nicht beurteilen oder Ersatzmaßnahmen einleiten kann.

3.3 Kostenschätzung

3.3.1 Technische Ausrüstung

Die Kostenschätzung der Technischen Ausrüstung ist anhand eines Kurz-LV (s. Anlage 5.1) durchgeführt worden. Die Kostenschätzung gliedert sich in vier Gruppen auf:

- Gruppe 1: Baustelleneinrichtung
- Gruppe 2: Technische Bearbeitung
- Gruppe 3: Maschinenbau
- Gruppe 4: E-Technik

In Gruppe 1 sind nur die Kosten aufgeführt, die für die Instandsetzung der Technischen Ausrüstung anfallen. Bei der Kostenschätzung wurde davon ausgegangen, dass gleichzeitig noch weitere Arbeiten stattfinden. Die Kosten für die komplette Verkehrssperrung sowie die Kosten der sonstigen Baustelleneinrichtungen sind in den anderen Gewerken enthalten.

Die Kosten für die Verkehrssicherung beinhalten im Wesentlichen die Beleuchtung der neu zu schaffenden Wege.

In Gruppe 2 setzen sich die Kosten der Technischen Bearbeitung aus der Erstellung der Unterlagen, Messungen am Bauwerk sowie der Antriebstechnik und Leistungen bis zur Inbetriebnahme der Technischen Ausrüstung zusammen.

In Gruppe 3 sind die Kosten des Maschinenbaus aufgeführt. Gruppe 3 ist untergliedert in

- Antrieb
- Seile
- Führungen
- Verriegelung
- Podeste
- Auflager
- Rückbau der Maschinenteknik

In der Untergruppe "Antrieb" sind alle Elemente aufgeführt, die zur Instandsetzung, Erneuerung des Antriebes einschließlich des Triebstocks, erforderlich sind.

Bei der Untergruppe "Seile" sind auch die Kosten für die Erneuerung der Seilscheiben aufgeführt.

Die Führungen beinhalten die Führung der Hubbrücke sowie die des Gegengewichtes.

In Gruppe 4 sind die Kosten der E-Technik einschließlich der Steuerung und der Verkehrssicherungsanlage enthalten. Neben den für den Antrieb notwendigen Änderungen sind auch Untergruppen für Haustechnik, Erdung und Beleuchtung vorhanden.

Zusammenstellung der Kosten

1	Baustelleneinrichtung	
1.1	Baustelle	14.000 €
1.2	Montagehilfsmittel	32.000 €
1.3	Verkehrssicherung	17.500 €
	Summe Baustelleneinrichtung	63.500 €

Tabelle 3.1

2	Technische Bearbeitung (TA)	
2.1	Unterlagen TA	156.000 €
2.2	Messungen	40.000 €
2.3	Inbetriebnahme	52.000 €
	Summe Technische Bearbeitung (TA)	248.000 €

Tabelle 3.2

3	Maschinenbau	
3.1	Antrieb	417.400 €
3.2	Seile	318.000 €
3.3	Führungen	120.000 €
3.4	Verriegelung	109.000 €
3.5	Podeste	21.000 €
3.6	Auflager	34.000 €
3.7	Rückbau Maschinenteknik	106.000 €
	Summe Maschinenbau	1.125.400 €

Tabelle 3.3

4	E-Technik	
4.1	Schaltanlagen	93.000 €
4.2	Steuerung, Bedienung	116.500 €
4.3	Spezielle Einrichtungen Sensorik	71.300 €
4.4	Erdung	11.000 €
4.5	Lichtsignale Straßenverkehr	17.000 €

4.6	Schiffahrtssignale (Instandsetzung)	3.000 €
4.7	Schranken	86.600 €
4.8	Sprecheinrichtung	7.800 €
4.9	Haustechnik	18.000 €
4.10	Beleuchtung	20.400 €
4.11	USV-Anlage	12.300 €
4.12	Kabelleitungen	66.500 €
4.13	Rückbau E-Technik	27.000 €
	Summe E-Technik	550.400 €
	Gesamtsumme	ca. 1.990.000 €

Tabelle 3.4

3.3.2 Fernsteuerung

Die Fernsteuerung wurde in der Kostenschätzung nicht aufgeführt. Zurzeit ist noch unklar, ob eine Fernsteuerung in Erwägung gezogen wird. Nach erster Schätzung ergeben sich für die Fernsteuerung folgende Kostengruppen:

- Videokameras, Zentrale, Monitore	100.000 €
- Masten	50.000 €
- Verkabelung	20.000 €
- Zusätzliche Lautsprecher und Wechselsprecheinrichtungen, Rufsäulen	50.000 €
- Änderung der Beleuchtung	20.000 €
- Überwachungssensoren, Lichtschranken	<u>40.000 €</u>

Die Gesamtkosten der Fernsteuerung betragen ca. 280.000 €

3.4 Zusammenfassung

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, ist eine Instandsetzung der Technischen Ausrüstung nicht möglich. Die komplette Technische Ausrüstung, mit Ausnahme der Schiffahrtssignale, muss erneuert werden.

Um keine Modifikation der Anlage vorzunehmen, wurde das vorhandene Antriebskonzept der Hubbrücke bei der Neukonzeption der Antriebstechnik übernommen. Aufgrund des darin enthaltenen Gleichlaufes der Triebstockritzel, muss mit unterschiedlichen Antriebs- und Triebstockkräften gerechnet und die Anlageteile entsprechend ausgelegt werden. Um dies zu umgehen, könnten auch vier separate Antriebe verwendet werden, mit dem Nachteil, dass umfangreichere Maßnahmen für die Befestigung der Antriebsteile an der Hubbrücke erforderlich wären.

Nach Möglichkeit sollte nur eine einseitig wirkende Beanspruchung am Triebstock auftreten und keine wechselnde. Hierdurch wird die Lebensdauer der Anlagenteile deutlich erhöht. Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass eine Leistungserhöhung und damit eine Modifikation der Anlage erforderlich sein wird.

Sollte eine Fernbedienung eingerichtet werden, sind erhöhte Risiken vorhanden. Diese werden durch diverse Maßnahmen zwar minimiert, jedoch nicht gänzlich ausgeschaltet. Bei dieser Hubbrücke kommt erschwerend hinzu, dass Verkehrsteilnehmer die geöffnete Brücke überqueren dürfen und eine Räumung der Brücke schwierig ist, sofern kein Bediener vor Ort ist.

Bis zum Zeitpunkt der Erneuerung der Technischen Ausrüstung, müssen, aufgrund des Verschleißes, Reparaturen an der Antriebsanlage durchgeführt werden. Hier sind insbesondere die Triebstöcke zu nennen.

Da zurzeit nicht absehbar ist, wann die Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden können, sollten kurzfristig die aktuell erforderlichen Antriebskräfte ermittelt werden, um einer weiteren Überlastung der Antriebselemente entgegenwirken zu können.

4. Gründung Cäcilienbrücke

4.1 Sachstand

4.1.1 Gründungskonstruktion

Zur Gründung liegen verschiedene Zeichnungen vor, darunter eine Übersicht im Maßstab 1:100 als Revisionszeichnung sowie ein Ramm- und Fundamentplan im Maßstab 1:25 aus dem Jahre 1930. Eine Übersicht über die Gründungskonstruktion liefert die Abbildung Gründung der Türme.

Fundamente

Die vier Hubtürme der denkmalgeschützten Cäcilienbrücke wurden auf einer Kombination aus Trägerrost mit Sohlplatte und darunter liegenden Block- und Streifenfundamenten erbaut. Die beiden Turmfundamentensysteme am nördlichen und am südlichen Ufer des Küstenkanals sind jeweils durch einen Verbindungsbalken an der dem Kanal abgewandten Seite und einer massiven Winkelstützwand-Konstruktion verbunden, die im Bereich der Fahrbahn als Widerlager dient. Zwischen den Türmen befindet sich weiterhin ein flach gegründeter Stahlbetonkanal zur Aufnahme der Schrankenanlage.

Die Schraffur der Bauteile in den Zeichnungen lässt auf eine Bauweise aus Stahlbeton schließen. Auf den Plänen ist die Bezeichnung Stampfbeton aufzufinden. Schal- und Bewehrungspläne aus der Bauzeit der Brücke sind jedoch nicht vorhanden, so dass über die Art und den Umfang der Bewehrung und den Bewehrungsgehalt keine Informationen vorliegen (vgl. auch [3]).

Des Weiteren sind dem Verfasser keine Angaben zum Beton und dessen Eigenschaften wie z.B. Gefügestand, Festigkeit und Informationen über Bewehrung und deren Zustand bekannt. Informationen über Beprobungen, z.B. durch Kernbohrungen, liegen nicht vor.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass das Fundament bzw. die Sohlplatte (mit einer Dicke von 25 cm bzw. bereichsweise 15 cm) wasserdurchlässig ist, so dass im Keller mehrfach Wasser stand. Dieses lässt auf eine mäßige Verdichtung des Betons schließen sowie ggf. Risse im Beton mit größerer Rissweite. Aufgrund der wechselnden Durchfeuchtung des Betons und der damit einhergehenden Korrosionsexposition ist der Zustand einer evtl. vorhandenen Bewehrung der Fundamente unklar.

Pfahlgründung

Die vorhandene Pfahlgründung ist nur aus den genannten Plänen bekannt. Rammprotokolle (Rammregister) oder Pläne mit Aufmaßen sind nicht vorhanden. Eine Übersicht gibt der Ausschnitt aus dem Ramm- und Fundamentplan aus dem Jahre 1930, welcher in der Abbildung Pfahlgründung und Rückverankerung der Spundwand dargestellt ist.

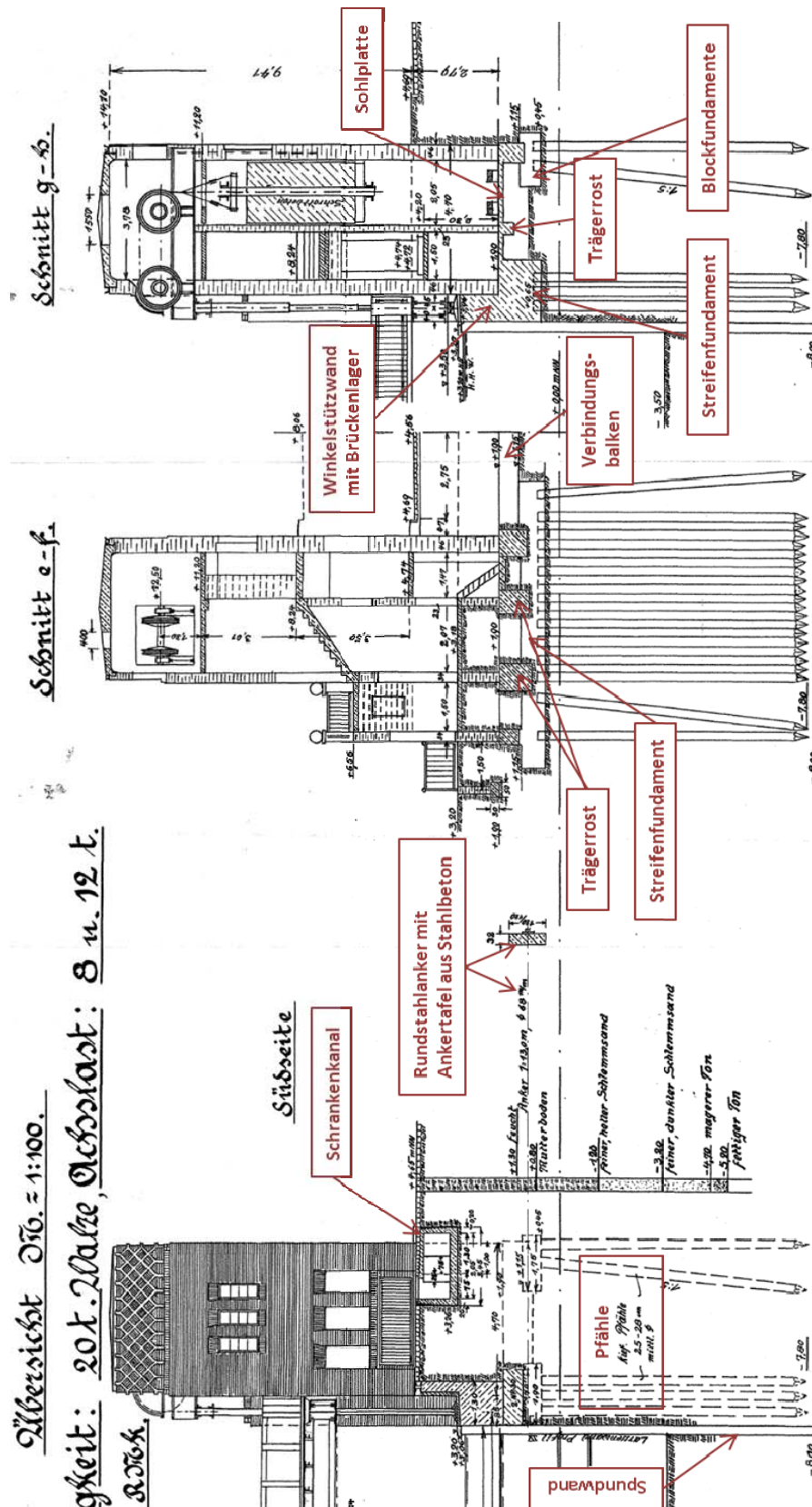


Bild 4-1 Gründung der Türme (Ausschnitt aus der Revisionszeichnung Übersicht)

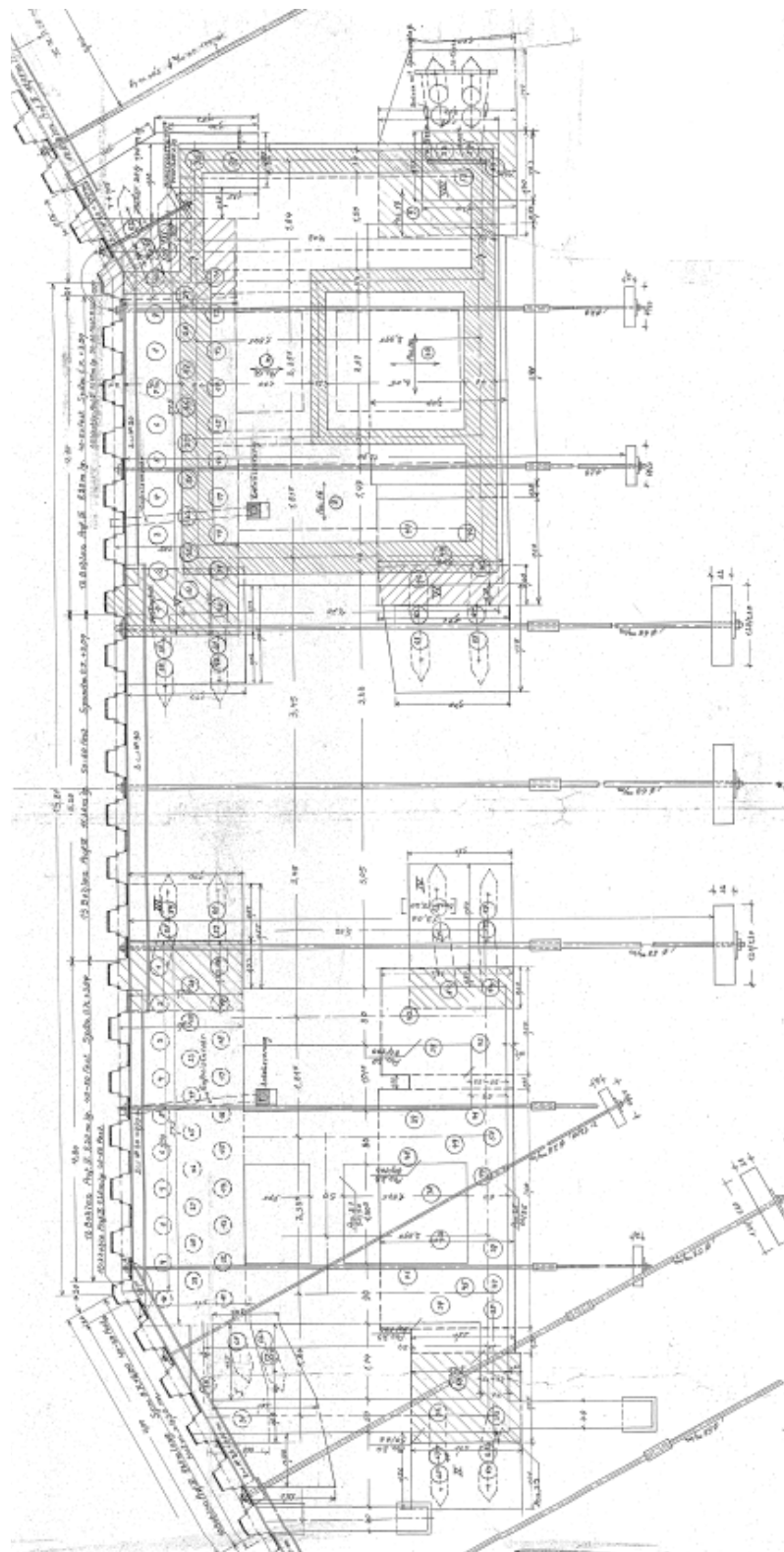


Bild 4-2 Pfahlgründung und Rückverankerung der Spundwand (Ausschnitt aus dem Ramm- und Fundamentplan)

Den vorliegenden Plänen lässt sich entnehmen, dass die beschriebenen Fundamente auf vertikalen und geneigten Kiefernholzpfählen mit Durchmessern von im Mittel 25 cm bis 28 cm tiefgegründet wurden. Die Länge der Pfähle schwankt zwischen 7 m und 10 m. Je Turm wurden insgesamt etwa 70 Pfähle eingebracht. Zur Vertikallastabtragung der Türme dienen dabei die ca. 50 Holzpfähle im Kernbereich der Streifen- und Blockfundamente. Hinzu kommen seitliche Pfahlbockkonstruktionen mit ca. 20 Pfählen, die anscheinend nachträglich (Bezeichnungen: Nachtragspfahl u. Nachtragsbeton) zur Horizontallastabtragung eingebracht wurden.

Nach den Angaben der Pläne sind die Pfähle in eine Tiefe von ca. NH -7,80 m abgesetzt worden. Die Pfahlköpfe befinden sich auf ca. NH +0,65 m. Die Fundamentunterkante liegt bei allen Türmen auf ca. NH +0,45 m.

Weitere Angaben sowie Informationen über Beprobungen der Pfähle mit Aussagen über deren Zustand sowie den Zustand der Pfahlköpfe und deren verbleibendes Tragvermögen liegen nicht vor.

Alte Uferwand mit Rückverankerung

Wasserseitig vor den Pfählen der Hubtürme steht eine Spundwand vom Typ Larssen IV, die auf NH -8,00 m abgesetzt wurde. Die Spundwand ist teilweise stark korrodiert. Sie ist im Bereich der Brückentürme einfach mit horizontalen Ankern aus Rundstahl der Durchmesser 28 mm und 58 mm rückverankert. Die Anker im Bereich der Hubtürme sind fest mit dem Fundament verbunden, liegen auf einer Höhe von NH +0,70 m und sind ca. 12,7 m lang. Im Bereich der Fahrbahn, d. h. zwischen den Türmen, liegen jeweils drei horizontale, ca. 15,0 m lange Rundstahlanker Durchmesser 68 mm mit Ankertafeln aus Stahlbeton in einer Höhe von NH +1,00 m.

Informationen über Inaugenscheinnahme oder Beprobungen der Ankerstähle und Ankertafeln im Brückenwiderlagerbereich liegen nicht vor, so dass der Zustand der Anker und Ankertafeln und das verbleibende Tragvermögen nicht bekannt sind.

Neue Uferwand mit Rückverankerung

Im Rahmen des Ausbaus des Küstenkanals im Jahr 2005 wurde die Sohle des Kanals von NH -3,20 m auf NH -4,00 m vertieft. Im Zuge dieser Arbeiten wurde zur Aufnahme des zusätzlichen Sohlensprungs vor die vorhandene Spundwand eine weitere Spundwand gerammt. Ein weiterer Zweck der neuen Spundwand ist es, Bodenaustritt durch die vorhandene, in Folge von Korrosion löchrig gewordene, Spundwand und damit die Hohlraumbildung im Gründungsbereich der Cäcilienbrücke zu verhindern. Die neue Spundwand ist mit geneigten vorgespannten GEWI-Ankern rückverankert. Eine Übersicht über die vorgesezte Spundwandkonstruktion gibt die Schnittdarstellung in folgender Abbildung.

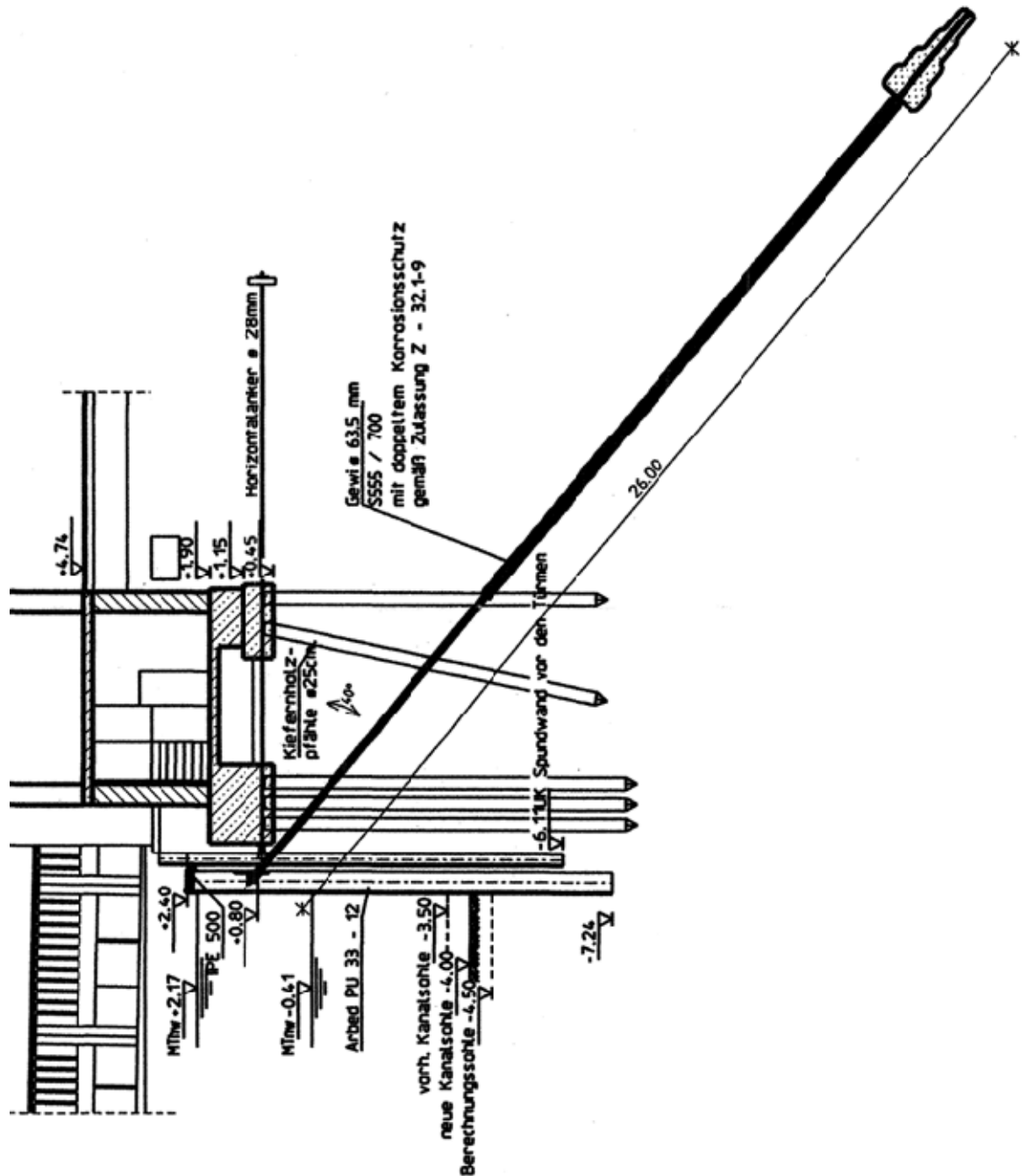


Bild 4-3 Neue Spundwand mit Rückverankerung (Ausschnitt aus dem Ramm- und Verankerungsplan Spundwand Uferstraße)

Im Bereich der Brückengründung wurden die Schräganker der neuen Spundwand jedoch weitestgehend ausgespart, um nicht durch die bestehenden Holzpfähle der Brücke bohren zu müssen. Hierzu und um das Spundwandprofil verkürzen zu können, wurde bei der Dimensionierung der vorgesetzten Spundwand der rechnerische Nachweis über den Ansatz einer lastabschirmenden Wirkung der Brückentürme

geführt. Nichtsdestotrotz wurden bei der Herstellung der Rückverankerung mit GEWI-Pfählen einzelne Gründungspfähle der Cäcilienbrücke angeschnitten oder durchbohrt.

Bei der Bemessung der neuen Spundwand wurde auf einen kraftschlüssigen konstruktiven Anschluss zwischen alter und neuer Spundwand verzichtet, um eine statische Kopplung der neuen Spundwand mit der Turmgründung zu vermeiden. Der Zwischenraum zwischen alter und neuer Spundwand wurde mit Sand verfüllt [2], der locker gelagert ist. Die neuen Verankerungspfähle wurden auf 25 % ihrer charakteristischen Last vorgespannt.

4.1.2 Geotechnischer Bericht

Die BAW hat im Rahmen der Untersuchung von Möglichkeiten zur Instandsetzung der Cäcilienbrücke einen geotechnischen Bericht [4] erstellt. Der Bericht enthält Baugrundlängsschnitte im Bereich der Hubtürme, die zeigen, dass dort großflächig bis in Tiefen von ca. NN -3,80 m Auffüllungen sehr geringer bis geringer Lagerungsdichte anstehen. Unter den Auffüllungen steht Sand in geringer bis mittlerer, teils aber auch nur sehr geringer Lagerungsdichte an. Am südlichen Ufer tauchen Lauenburger Ton und Schluff im Bereich der Hubtürme ab. Ihr in den Längsschnitten eingetragener Verlauf ist mit Unsicherheiten behaftet, da ein Aufschluss nicht direkt an oder gar unter den Türmen erfolgen konnte.

Den tragfähigen Baugrund bilden schluffige Sande mit mindestens großer Lagerungsdichte sowie Sande mit sehr großer Lagerungsdichte bei lageabhängigen Tiefen ab ca. NN -5,8 m, NN -7,5 m bzw. NN -15,5 m. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Baugrundgutachten, mit Ausnahme von Turm 2, keine Informationen über den Baugrund unterhalb der Türme gibt. Die neben einem Turm anstehenden Böden unterscheiden sich zum Teil so erheblich, dass keine Aussage über den unterhalb des Turms anstehenden Boden getroffen werden kann.

Dem geotechnischen Bericht zufolge sind die Gründungspfähle jedoch hauptsächlich im Bereich von nur gering tragfähigen Böden bis zu 2 m oberhalb der tragfähigen Schichten abgesetzt. Teilweise binden sie hiernach aber auch 1 bis 2 m in den tragfähigen Boden ein.

Der Zwischenraum zwischen der alten und der im Zuge des Ausbaus des Küstenkanals vorgesezten neuen Spundwand wurde mit Sand verfüllt. Die Verfüllung des Spundwandzwischenraums weist allerdings eine nur sehr geringe Lagerungsdichte auf, so dass davon ausgegangen werden muss, dass eine Verdichtung des Verfüllmaterials nicht erfolgte bzw. nicht erfolgreich war [4].

Im Jahr 1990 wurden im Rahmen der Planungen des Küstenkanals im Bereich der Stadtstrecke Oldenburg Untersuchungen des Grundwassers vorgenommen. Das Grundwasser wurde seinerzeit als stark betonangreifend eingestuft. In Untersuchungen aktueller Beprobungen des Grundwassers, die zeitgleich zu den Baugrunderkundungen an der Cäcilienbrücke genommen worden sind, wird das Grundwasser hingegen als nicht betonangreifend beurteilt, vgl. [4]. Die BAW empfiehlt daher,

erneut Grundwasserproben zu entnehmen und Untersuchungen und Einstufungen hinsichtlich der Betonaggressivität vorzunehmen, sofern für die Instandsetzungsmaßnahmen an der Cäcilienbrücke eine Lösung mit Verpresspfählen geplant sein sollte.

Durch das WSA Bremen ist zwischenzeitlich eine erneute Grundwasseranalyse durchgeführt worden. Die Ergebnisse wurden an die BAW weitergeleitet. Es gibt keine neuen Erkenntnisse.

4.1.3 Verformungen

In den vergangenen Jahren wurde eine kontinuierliche Abnahme des horizontalen Abstands zwischen den Widerlagern der Hubtürme auf dem Nord- und dem Südufer festgestellt. Als Folge der Abstandsverringering mussten bereits mehrere Anpassungen am Überbau der Cäcilienbrücke vorgenommen werden, um die Funktionsfähigkeit der Hubbrücke insbesondere in den Sommermonaten sicherzustellen.

Seit der Grundinstandsetzung der Brücke im Jahr 1983 werden regelmäßig Inspektionsmessungen vorgenommen, bei denen die Höhenlage der Auflagerpunkte, die Neigung der Türme sowie die Abstände der Türme in Brückenlängsrichtung, d.h. die Abstände der nördlichen und südlichen Türme zueinander, ermittelt werden [4].

Die Ergebnisse der Höhen- und Neigungsmessungen liegen seit 1983 bis heute vor. Die Einzelwerte der Höhenmessungen schwanken leicht, im langjährigen Mittel ist die Höhenlage der Auflagerpunkte aber näherungsweise konstant geblieben, vgl. [2]. Seit Beginn der Messungen sind gemäß BAW [4], außerdem keine relevanten Verkippen der Hubtürme aufgetreten.

Die Ergebnisse der Abstandsmessungen zeigen, dass sich die in Brückenlängsrichtung gemessenen Abstände zwischen den Hubtürmen im Messzeitraum (1983 bis heute) im jährlichen Mittel um etwa 1 mm verringert haben. Die horizontalen Verformungen der westlichen Türme entsprechen dabei etwa den horizontalen Verformungen der östlichen Türme. Mit Beginn der Bauarbeiten zur Vertiefung des Küstenkanals in 07/2005 hat die Distanzverringering zwischen den Türmen bezogen auf den Betrachtungszeitraum zunächst zugenommen (z. B. 4 mm zwischen 06/2006 und 09/2007). In den folgenden drei Jahren hat sich die Distanzverringering im jährlichen Mittel auf 1 mm verringert.

Aufgrund des geringen Verdichtungsgrads zwischen der neuen vorgesetzten Spundwand und der alten Spundwand besteht bisher kein Kraftschluss über den Bodenkörper zwischen der alten und der neuen Spundwand. Die Verformung der Gründungskonstruktion der Cäcilienbrücke wird daher erst durch die neue Spundwand behindert, wenn das Verfüllmaterial durch horizontale Verformung der alten Spundwand soweit komprimiert wurde, dass ein Kraftschluss entsteht.

Aus den Abstandsmessungen geht nicht hervor, ob sich sowohl die Türme am nördlichen als auch die am südlichen Ufer (in gleichem Maße) bewegen oder ob die Abstandsverringering zwischen den Türmen allein aus einer Bewegung der Türme

an einem der beiden Ufer resultiert. Ob sich die Türme auf beiden Ufern gleichermaßen bewegen, wird durch weitere Messungen zu belegen sein. Seit 2008 beobachtet das WSA Bremen dazu die Absolutabstände der Türme zu einem Festpunkt messtechnisch. Eindeutige Ergebnisse lassen sich aufgrund des bisher geringen Beobachtungszeitraumes jedoch noch nicht ableiten.

4.1.4 Zustand der Holzpfähle

Der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft wurden im Jahr 2005 vom WSA Bremen zwei Pfahlköpfe von der alten Amalienbrücke in Oldenburg zur Untersuchung ihrer Rest-Druckfestigkeit übergeben. Die Pfahlköpfe aus Nadelholz mit Durchmessern von 40 cm wurden etwa im Jahr 1925 eingebaut [5]. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Holzpfähle zum Zeitpunkt der Untersuchung in einem guten Zustand waren.

Direkte Rückschlüsse aus den beprobten Pfählen der Amalienbrücke auf die Beschaffenheit der Gründungspfähle der Cäcilienbrücke lassen sich auf Grundlage der Untersuchung jedoch nicht ziehen, da am Entnahmeort an der Amalienbrücke im Vergleich zur Cäcilienbrücke abweichende Baugrundverhältnisse vorliegen. Auch die Schwankungen des Grundwasserspiegels sind nicht vergleichbar.

Wie die im geotechnischen Bericht zur Cäcilienbrücke angeführten Grundwassermessungen zeigen, liegen Fundamente und Pfahlköpfe in Bereich des wechselnden Grundwasserspiegels. Der Zustand der Holzpfähle unter den Hubtürmen ist aber nicht nur wegen der wechselnden Grundwasserstände fraglich. Wie zuvor beschrieben, haben sich die Hubtürme des nördlichen und südlichen Ufers in den vergangenen Jahren horizontal aufeinander zubewegt. Durch die Horizontalbewegung sind die Gründungspfähle aller Voraussicht nach zusätzlich zu den planmäßigen Beanspruchungen auf Querkraft und Biegung beansprucht worden. Hierbei ist nicht auszuschließen, dass, verursacht durch die Horizontalbewegung des Fundaments, im Bereich der Pfahlköpfe und deren Einbindung in die Fundamente Schäden aufgetreten sind.

Da die Gründungspfähle der Cäcilienbrücke aber bisher nicht beprobt wurden, ist nicht bekannt, ob die Holzpfähle und insbesondere ihre Pfahlköpfe als Ergebnis der wechselnden Grundwasserstände und unplanmäßigen Belastungen Schaden genommen haben.

4.1.5 Ergebnisse statischer Nachrechnungen

Im Jahr 2000 wurde von Eriksen und Partner eine statische Nachrechnung der Cäcilienbrücke inklusive Gründung vorgenommen, vgl. [3]. Nachfolgend sind die Ergebnisse, welche die Gründung betreffen, aufgeführt.

Fundamente

Für Fundament und Sohlplatte wird die Festigkeit eines B 15 angenommen, ohne dass dies durch Prüfungen bestätigt wurde. Die Beanspruchungen des Balkenrosts wurden zwar unter den anzunehmenden Lastzuständen ermittelt, ein rechnerischer Nachweis ausreichender Tragfähigkeit wurde jedoch nicht erbracht. Stattdessen wurde aus den wenigen Rissen im Mauerwerk gefolgert, dass die Fundamente nicht wie rechnerisch ermittelt auf Biegung beansprucht werden, sondern durch das Sprengwerk im Mauerwerk vornehmlich auf Zug. Unter diesem Gesichtspunkt und aufgrund des augenscheinlich weitgehend schadenfreien Systems wird in [3] davon ausgegangen, dass die Fundamentbalken, da sie auf den Bauwerksplänen aus der Bauzeit Positionsnummern haben, statisch bemessen und ausreichend dimensioniert sind. Abschließend wird in [3] jedoch darauf hingewiesen, dass ein Versagen der Fundamentbalken die Standsicherheit der Türme gefährden würde.

Die statische Berechnung in [3] ist in sich schlüssig. Die Unterstellung einer ausreichenden Tragfähigkeit der Fundamente aufgrund des Nichtvorhandenseins auffälliger Risse im Tragwerk wird vom Verfasser jedoch nicht unterstützt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass unterbewehrte Betonbauteile ein plötzliches Versagen ohne Vorankündigung durch Verformungen oder Risse aufweisen können.

Ein rechnerischer Nachweis der Tragfähigkeit lässt sich, auch wenn die Festigkeit des Betons bekannt wäre, aufgrund der fehlenden Informationen zur Bewehrung der Fundamente nicht erbringen. Über die Standsicherheit der Fundamente und das Langfristverhalten (Dauerhaftigkeit) für eine Standzeit von weiteren 40 Jahren kann hier daher keine verlässliche Aussage getroffen werden.

Pfähle

Als maximale Druckbelastung wurde in [3] eine Pfahllast von vorh. $Q = 208 \text{ kN}$ unter den Einwirkungen aus Eigengewicht und Verkehr ermittelt. Die Rechnung ist in sich schlüssig, so dass unter der Annahme von Kiefernholzpfählen des Durchmessers von 25 cm und intakter Pfahlköpfe die innere Tragfähigkeit unter dieser Belastung gewährleistet ist.

Für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle wurden in [3] Bruchlasten für Holzpfähle nach DIN 4026 herangezogen. Es wurde angenommen, dass die Pfähle mindestens 3 m in den tragfähigen Baugrund einbinden.

Für die äußere Tragfähigkeit ergibt sich:

Holzpfahl, Durchmesser 25 cm, Einbindung in den Baugrund $\geq 3 \text{ m}$:

zul. $Q = 200 \text{ kN} < \text{vorh. } Q = 208 \text{ kN} \quad \Rightarrow \mu = \text{vorh. } Q / \text{zul. } Q = 1,04$

Mit geringfügiger Überschreitung an einzelnen Pfählen wurde unter den getroffenen Annahmen in [3] der Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Holzpfähle als erbracht angesehen.

Allerdings bleibt bei obiger Betrachtung unberücksichtigt, dass die Gründungspfähle sehr dicht beieinander stehen und daher nicht als Einzelpfähle sondern als Pfahlgruppe wirken. Die volle Pfahltragfähigkeit dürfte nur in Rechnung gestellt werden, wenn der Abstand benachbarter Pfähle an der Spitze größer als $\max(3D; 1m+D)$ ist. Diese Bedingung ist bei der Cäcilienbrücke gemäß den Bestandszeichnung [7] nicht erfüllt.

Des Weiteren wurde bei der Nachrechnung zur Abschätzung der äußeren Tragfähigkeit der Gründungspfähle angenommen, dass diese mindestens 3 m in den tragfähigen Baugrund einbinden. Dies trifft nach aktuellen Erkenntnissen zum Baugrund (vgl. [4]) jedoch nicht zu. Daher sind die Anforderungen zur Verwendung der Erfahrungswerte nach DIN 1054 nicht erfüllt [4].

Die Tragfähigkeit der Pfähle wurde in den bisherigen Betrachtungen daher überschätzt. Damit lässt sich die Standsicherheit des Bauwerks nicht mehr zweifelsohne unterstellen.

Spundwand und Verankerung

Die statische Nachrechnung der Spundwand erfolgte wegen der starken Korrosion mit reduzierten Querschnittswerten. Weiter wurde für die Berechnung die damalige Sohllage des Küstenkanals angesetzt. Die statische Nachrechnung ergab, dass für den betrachteten Ausbauzustand die Einbindelänge der Spundwand voll ausgenutzt war.

Die Einzelbetrachtung der Ankerkräfte im Bereich der Türme hat darüber hinaus gezeigt, dass die Stahlstabanker (Durchmesser 28 mm) überlastet sind [3]. Die horizontalen Lasten auf die Türme sind den Schrägpfählen zugewiesen worden, Wasser- und Erddruck sollen durch die verankerte Spundwand vor den Widerlagern aufgenommen werden.

Bei einer Einzelbetrachtung der Bauteile fällt auf, dass weder die Schrägpfähle noch die Anker der Spundwand die ihnen zugeordneten Lasten aufnehmen können. Rechnerisch wird das horizontale Gleichgewicht nur durch das Zusammenwirken aller Anker und Schrägpfähle der Gründung erreicht. Dabei beträgt gemäß Eriksen und Partner in [3] die Ausnutzung aller Bauteile bei Ansatz der originalen Querschnittswerte näherungsweise 100 %, so dass keine Sicherheit für eine evtl. Abrostung der Anker zur Verfügung steht. Der Zustand der Anker, der Ankertafeln und der Schrägpfähle ist zudem nicht bekannt, so dass die tatsächlich vorliegende Resttragfähigkeit mit den verbleibenden Querschnittswerten hier nicht bestimmt werden kann.

Die neue, vorgesetzte Spundwand kann nicht zum Lastabtrag der Horizontallasten aus Wind und Erddruck auf die Brückentürme herangezogen werden. Geschuldet ist dies den Umständen, dass die Verfüllung zwischen den Spundwänden nicht genügend verdichtet wurde und kein ganzheitlicher Ansatz zur Bemessung der neuen Spundwand mit Berücksichtigung der Gründungslasten gewählt wurde, um die Einbindelänge der neuen Spundwand sowie die Anzahl an Ankern zu verringern, die durch die bestehende Gründung der Cäcilienbrücke hätten gebohrt werden müssen.

In Konsequenz birgt das System nun jedoch keine Reserven, um Lasten aus den Türmen über die vorgesetzte Spundwandkonstruktion abzutragen [8].

4.1.6 Fazit

Die Gründung der Cäcilienbrücke weist prinzipiell fünf Unsicherheiten auf, die in untenstehender Skizze veranschaulicht und wie folgt aufgeführt werden können:

1. Fundamente
Bewehrungsgehalt und Zustand des Betons unbekannt; Standsicherheit rechnerisch nicht sicher belegbar
2. Anker u. Ankertafeln
Zustand (Abrostung) der Anker und Ankertafeln unbekannt; Standsicherheit rechnerisch nicht sicher belegbar; Es sind bereits Verformungen eingetreten
3. Pfahlköpfe
Zustand der Pfähle und Pfahlköpfe unbekannt; Resttragfähigkeit unbekannt; Standsicherheit rechnerisch nicht sicher belegbar
4. Absetztiefe der Pfähle
Pfähle nicht ausreichend tief im tragfähigen Boden abgesetzt; Standsicherheit rechnerisch nicht sicher belegbar
5. Verformungen und Kraftschluss zur neuen Spundwand
Kein planmäßiger Kraftschluss zwischen Turmgründung und neuer Spundwand; Horizontalverformungen der Türme vorerst nicht aufgehalten; bei Kraftschluss ungenügende Tragreserven der neuen Spundwand

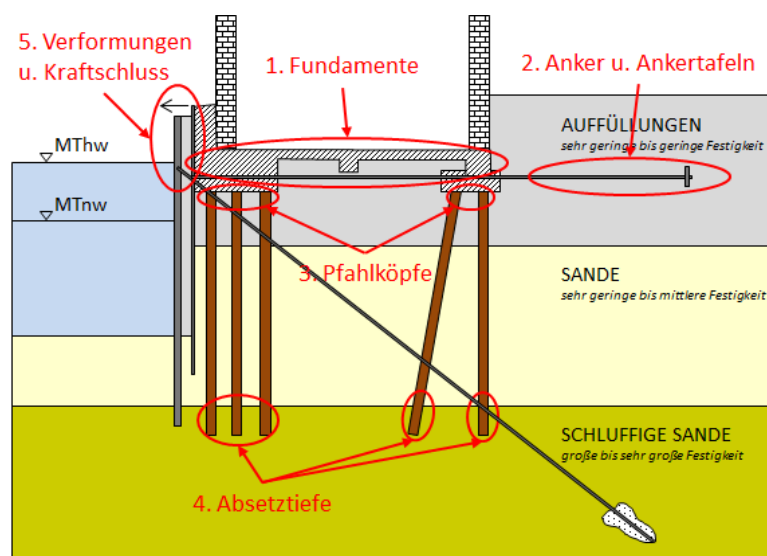


Bild 4-4 Unsicherheiten des bestehenden Gründungssystems

Aufgrund von nicht vorhandenen Informationen zur Konstruktion der Fundamente sowie der, wegen des nicht festgestellten Zustands, unbekanntem Resttragfähigkeit der Horizontalverankerung und der Gründungspfähle verbleiben große Unsicherheiten in Bezug auf den Befund einer ausreichenden Tragfähigkeit. Die Standsicherheit der vorliegenden Gründung lässt sich daher rechnerisch nicht belegen.

Gemäß geotechnischem Bericht der BAW [4] binden die Gründungspfähle nicht, wie im Rahmen der Bauwerksinspektion und bisherigen statischen Nachrechnung angenommen, mindestens 3 Meter in den tragfähigen Baugrund ein. Die tatsächliche Tragfähigkeit der Pfähle beim Horizontal- wie Vertikallastabtrag ist unter diesen Erkenntnissen geringer als bisher angenommen. Der Abtrag der vorgesehenen Lasten durch die vorliegende Gründung ist daher als nicht ausreichend sicher einzustufen.

Eine ungenügende Tragfähigkeit der Gründung bei der Aufnahme von Horizontallasten wird auch als Grund dafür vermutet, dass sich die Abstände der Türme in Brückenlängsrichtung kontinuierlich verringern. Die horizontale Bewegung der Brückenpfeiler kann jedoch verschiedene Ursachen haben. Wegen der nicht messbaren vertikalen Verformung ist ein Ausfall der gesamten Gründung bisher nicht belegbar. Dies kann auch auf eine mögliche Lastumlagerung in der Gründungskonstruktion zurückgeführt werden, durch die evtl. Tragreserven geweckt werden konnten (z.B. Wirkung als kombinierte Pfahl-Plattengründung). Ein Ausfall der Horizontalverankerung mit Tragfähigkeitsverlust durch Abrostung der Rundstähle oder der Bewehrung der Ankertafeln ist als Ursache der Verschiebungen möglich. Auch kann aufgrund der im Baugrundgutachten angesprochenen oberen Bodenschichten ein Überschreiten der Tragfähigkeit des Bodenkörpers als Erdwiderstand vor den Ankertafeln oder eine Bewegung auf der tiefen Gleitfuge zwischen Spundwandfuß und Ankertafel nicht ausgeschlossen werden.

Durch die in den Abstandsmessungen festgestellten deutlichen horizontalen Verschiebungen bestehen Gefahren für die vorliegende Konstruktion der Brückengründung und der Uferwand. Zum einen werden durch die Verschiebungen der in die Fundamente eingebundenen Pfahlköpfe zusätzliche Biegebelastungen in den Pfählen geweckt, die in Kombination mit der Normalbeanspruchung zu einem Versagen der inneren Tragfähigkeit der Pfähle führen können. Zum anderen erfolgt durch die zunehmende Komprimierung der Verfüllung zwischen vorgesetzter Spundwand und der Brückengründung eine Lastübertragung auf die Spundwandkonstruktion aus dem Jahr 2005.

Nach den dem Verfasser vorliegenden Dokumenten ist diese Spundwand für diesen Lastzustand jedoch nicht bemessen worden. Grundsätzlich ist daher eine Ertüchtigung der Widerlager durch eine neue Horizontalverankerung notwendig, um weitere Verformungen zu verhindern.

Bezüglich der Langzeitstandsicherheit ist zu bedenken, dass maßgebende Einwirkungskombinationen in der bisherigen Standzeit des Bauwerks noch nicht zwingend eingetreten sein müssen. Treten diese jedoch während der weiteren Nutzungsdauer des Bauwerks auf, so kann aufgrund der Unbekannten bei der Bestimmung

der Widerstandsgrößen des Systems dessen Standsicherheit nicht gewährleistet werden.

4.2 Instandhaltung

4.2.1 Einleitung

Die Funktion der Gründung ist in erster Linie der sichere Abtrag der Lasten aus der vorgesehenen Nutzung der Brücke. Aufgrund der in Kapitel 4.1.6 festgestellten Unsicherheiten und Mängel der Gründung im Ist-Zustand ist die Verfügbarkeit der geforderten Funktion jetzt und für eine weitere Lebensdauer von 40 Jahren nicht ausreichend sichergestellt.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit im Sinne der Instandhaltung (siehe DIN31051:2003-06 Anhang A) zu untersuchen, ob Verbesserungen der Gründung technisch möglich sind. Dabei muss die Gründungsstruktur so verändert werden, dass ihre Funktion nach dem Stand der Technik sichergestellt ist. In diesem Planungsvorhaben werden hierzu unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten untersucht. Die Prüfung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit dieser Verbesserung ist jedoch nicht Bestandteil des Planungsauftrags. Es wird hier aber die Kostenschätzung auf Basis der Vorplanung zugeliefert.

Für eine Instandhaltung werden folgenden Varianten betrachtet:

Variante 0: Erneuerung der Horizontalverankerung

Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern

Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen

Variante 3: Bodenverbesserung durch Injektion

Variante 4: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen

Bei den Instandhaltungsmaßnahmen wird nicht zwischen Maßnahmen am Nord- und am Südufer unterschieden. Für alle Türme sind die nachfolgend vorgeschlagenen Ertüchtigungs- bzw. Neubaumaßnahmen für die Gründung gleichermaßen geeignet. Maßnahmen, die unter der Last der Türme erfolgen gehen immer von einem Leichtern der Türme, d.h. einem Aushängen der Brücke, Ausbau der Gegengewichte und Entfernen der nicht wesentlichen Konstruktionselemente der Türme aus. Die Kosten für das Leichtern der Türme sind nicht in den Kosten zur Herstellung der Gründungskonstruktion enthalten.

4.2.2 Variante 0: Ertüchtigung der Horizontalverankerung

Variante 0 sieht lediglich die Ertüchtigung der Gründung durch den Einbau neuer Horizontalanker vor. Die Herstellung erfolgt unter der Last der Türme.

Der Anschluss neuer tragfähiger Anker an die bestehende Gründungskonstruktion von der Kanalseite her ist mit dem Kraftschluss durch Einbau von Beton zwischen alter und neuer Spundwand möglich.

Die Herstellung von Schrägverankerungen, wie sie im Rahmen der vorgesetzten Spundwand ausgeführt wurden, ist nicht sinnvoll, solange die Holzpfähle weiterhin für den Lastabtrag genutzt werden, da eine Beschädigung der Pfähle beim Einbringen der Schrägpfähle unvermeidbar ist. Eine neue Rückverankerung kann in diesem Fall lediglich durch die Herstellung neuer Horizontalanker erfolgen. Die Horizontalanker sind dabei auf etwa gleicher Höhe wie die vorhandenen alten Anker, durch die Spundwand und die Fundamente der Türme bis in eine rückseitig der Türme gelegene Baugrube zu bohren. Hier können die Anker an die kanalseitige, entsprechend steif ausgeführte, Spundwand oder einen neu zu errichtenden Pfahlbock angeschlossen werden, um die Lasten in den Untergrund abzutragen.

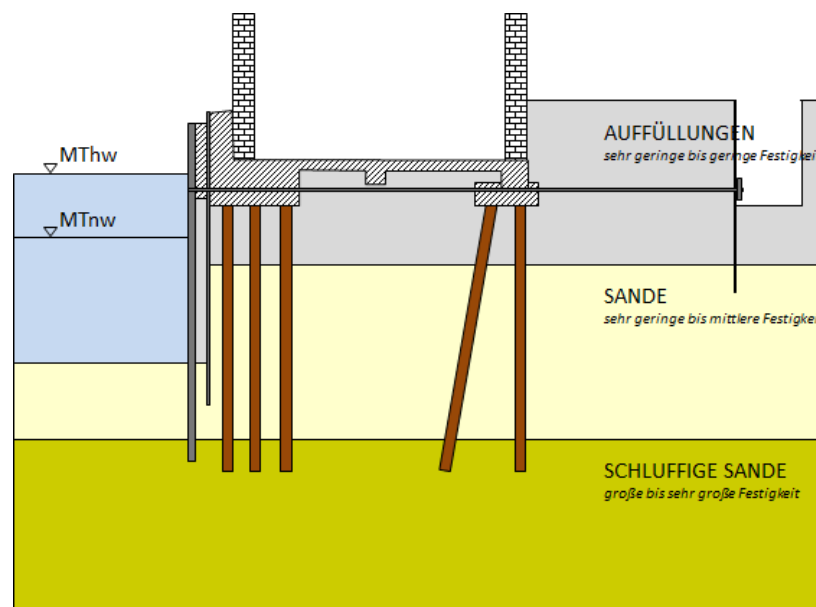


Bild 4-5 Variante 0: Ertüchtigung der Horizontalverankerung

Folgende Punkte sind bei dieser Variante zu beachten:

- Es muss ein Kraftschluss zwischen alter und neuer Spundwand hergestellt werden.
- Zur Verankerung muss in ausreichender Entfernung landseitig hinter dem Bauwerk eine Baugrube erstellt und später wieder verfüllt werden.
- Zur Sicherung der Baugrube müssen Spundwände eingebracht werden. Die Spundwand auf der Seite der Horizontalanker ist für den Ankeranschluss entsprechend steif ausgebildet und verbleibt dauerhaft um Baugrund (Konstruktion "Toter Mann")
- Baubegleitend ist ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm durchzuführen, welches auch die Brücke selbst einschließt.

Der Einbau neuer Horizontalanker entlastet und ersetzt zwar die vorhandenen Horizontalanker, jedoch ist nicht abschließend geklärt, ob die Überlastung der Horizontalanker der einzige Grund für die gemessenen Horizontalverschiebungen der Türme ist. Und auch wenn die neue Rückverankerung die Horizontalverschiebungen der Türme stoppt, so bleiben die Unsicherheiten bezüglich der Tragfähigkeit der Fundamente sowie der Pfahlgründung hinsichtlich des Zustands der Pfahlköpfe und der zu geringen Einbindung in den tragfähigen Baugrund bestehen. Die sichere Verfügbarkeit der Gründung kann deswegen durch diese Maßnahme allein nicht gewährleistet werden.

4.2.3 Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern

Variante 1 sieht eine Ertüchtigung der Gründung durch Unterfangung des vorhandenen Fundaments mit Düsenstrahlkörpern vor. Die Herstellung erfolgt unter der Last der Türme.

Hierzu müsste die gesamte Fläche unter den Fundamentbalken im Düsenstrahlverfahren bis in genügend tragfähigen Baugrund unterfangen werden, so dass eine tiefgeführte Flachgründung entsteht. Die Absetztiefe des HDI-Körpers liegt nach erster Einschätzung etwas unterhalb der Absetztiefe der bisherigen Pfahlgründung. Zur Herstellung der HDI-Unterfangung im Düsenstrahlverfahren müssen zunächst an jedem Ansatzpunkt Fundament und Sohlplatte durchbohrt werden. Anschließend wird das Spezialbohrgestänge bis auf Endtiefe niedergebracht. Bei Erreichen der Endtiefe wird mit dem Düsen und dem gleichzeitigen Ziehen des Bohrgestänges begonnen. Beim Ziehen des Bohrgestänges vermischen sich die vorhandenen Bodenkörner mit der Zementsuspension. Der Düsvorgang wird bis zur geplanten Höhe ausgeführt.

Zur Sicherstellung des Abtrags der Horizontallasten wird der HDI-Körper mit Schrägankern (GEWIs wie bei der neuen Spundwand) von der Wasserseite aus rückverankert. Dafür muss zuvor ein Kraftschluss zwischen alter und neuer Spundwand hergestellt werden. Dieser wird durch den Einbau von Beton erreicht.

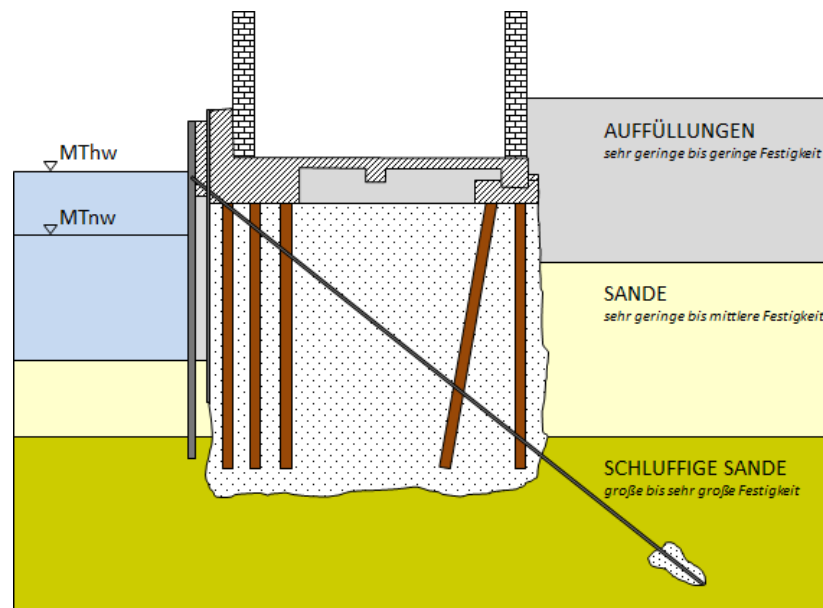


Bild 4-6 Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern

Folgende Punkte sind bei der Ertüchtigung der Gründung mit diesem Verfahren zu beachten:

- Die Arbeiten müssen aus den beengten Kellern der Hubtürme heraus ausgeführt werden.
- Ein Ansetzen einer Bohrung unmittelbar im Bereich der größten Belastung ist nicht möglich, da dort die Wände der Hubtürme stehen.
- Wenn "frisch in frisch" gearbeitet wird, kann es zu Schiefstellungen der Hubtürme kommen.
- Durch höheres Gewicht des HDI-Körpers im Vergleich zum Boden werden zusätzliche Spannungen verursacht, die in Setzungen resultieren.
- Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass während des Herstellprozesses durch ggf. am Fundament eintretende Differenzsetzungen Schäden am Mauerwerk auftreten.
- Es gibt keine Garantie, dass jeder Bohransatzpunkt erfolgreich ist. Die genaue Lage der Holzpfähle im Grundriss ist nicht bekannt. Wenn ein Holzpfahl angebohrt worden ist, muss erneut angesetzt werden.
- Durch die massiven Holzpfähle entstehen große undefinierte Düsenschatten, so dass Aussagen über die tatsächlich erzielten Düskörper schwierig sind.
- Der Schneiddruck bei der Herstellung der HDI-Körper greift die Holzpfähle an. Ihr Versagen kann nicht ausgeschlossen werden. Da die HDI-Säulen zu diesem Zeitpunkt noch nicht tragen, kann dies zu Setzungen und Schiefstellungen, schlimmstenfalls zum Versagen der Gründungsstruktur führen.
- Der Düsenstrahlkörper muss mit GEWIs rückverankert werden.

- Für die Rückverankerung muss zunächst ein Kraftschluss zwischen alter und neuer Spundwand hergestellt werden.
- Baubegleitend ist ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm durchzuführen, welches auch die Brücke selbst einschließt.

Die Herstellung einer Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern führt unter den gegebenen Rahmenbedingungen zur Erzeugung eines nicht klar definierbaren HDI-Körpers. Insbesondere stören die vorhandenen Holzpfähle den Einbau, da der Düsenstrahl sie nicht durchstrahlen kann entstehen DÜsschatten. Als Konsequenz der Vielzahl der Holzpfähle ist zudem ein vielfaches Ansetzen mit kleinen Durchmessern erforderlich, damit ein annähernd homogener Körper hergestellt werden kann.

Ein Nachteil dieser Lösung ist, dass die vorhandenen Fundamente als lastabtragendes Element verbleiben. Da die Beschaffenheit der bestehenden Fundamente jedoch weiterhin undefiniert bleibt, kann eine sichere lastverteilende Wirkung bei Differenzsetzungen bei der HDI-Herstellung nicht gewährleistet werden. Daher kann ein Restrisiko des Versagens der Fundamente nicht sicher ausgeschlossen werden. Weiterhin ist der Arbeitsaufwand für das ausführende Unternehmen nicht klar kalkulierbar, das bedeutet ein sehr hohes Kostenrisiko für den Auftraggeber bei gleichzeitiger Unsicherheit über den dauerhaften Erfolg der Maßnahme.

4.2.4 Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen

Variante 2 sieht eine Ertüchtigung der Gründung durch Unterfangung mit Mikropfählen vor. Der Bauzustand wird zur Herstellung eines neuen Fundaments genutzt. Die Herstellung erfolgt unter der Last der Türme.

Die Gründung wird durch das Einbringen der Mikropfähle bis in den tragfähigen Baugrund unterfangen. Der Abtrag der Vertikallasten erfolgt dort über Mantelreibung. Eine ausreichende Einbindetiefe in den tragfähigen Untergrund ist zu beachten. Die Pfahlfüße der Mikropfähle liegen folglich tiefer als die der vorhandenen Holzpfähle. Zur Herstellung der Mikropfähle müssen zunächst an jedem Einbauort Fundament und Sohlplatte durchbohrt werden.

Als Mikropfähle werden GEWI-Pfähle eingesetzt. Für den Einbau eines GEWI-Pfahls wird zunächst eine verrohrte Bohrung ausgeführt. Das Bohrloch wird mit Zementmörtel verfüllt und der Einstab-GEWI-Stahl wird in Teillängen, mit Muffen verbunden, eingebaut. Die Verpressung erfolgt beim Ziehen des Bohrrohrs (Primärverpressung). Zur Übertragung der Lasten von den Wänden auf die GEWIs werden Jochbalken eingesetzt. Um diese herstellen zu können, muss ein Teil der Winkelstützmauer im Bereich der Fahrbahn zuvor abgebrochen werden. Zum Ausgleich der Setzungen und zum Umsetzen der Wandlasten werden hydraulische Pressen genutzt. Das Umsetzen der Lasten wird gleichzeitig genutzt, um die Erneuerung der Fundamentbalken und Sohle durchzuführen. Nach Abschluss der Arbeiten müssen die rückgebauten Teile der Winkelstützmauer wieder neu hergestellt werden.

Zur Sicherung des Abtrags der Horizontallasten werden die Horizontalanker wie in Variante 0 erneuert.

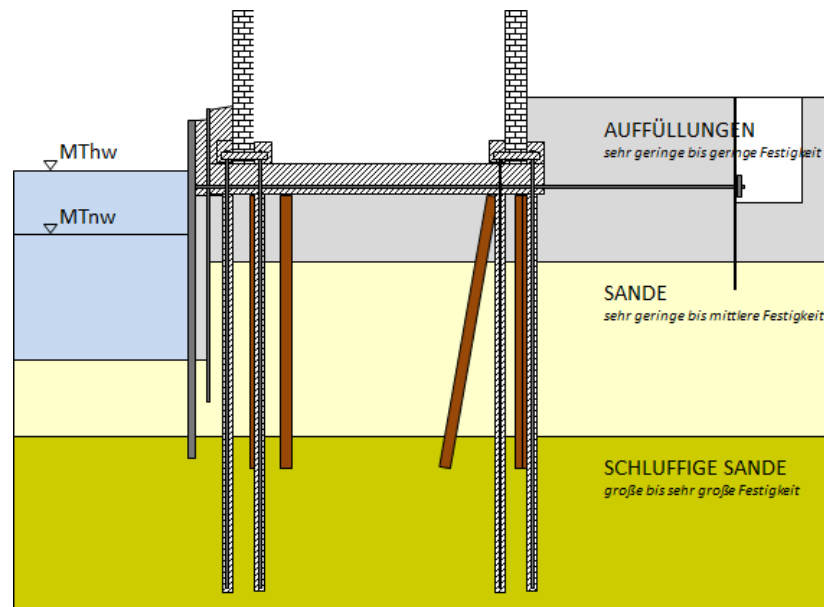


Bild 4-7 Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen

Folgende Punkte sind bei der Ertüchtigung der Gründung mit diesem Verfahren zu beachten:

- Die Arbeiten müssen aus den beengten Kellern der Hubtürme heraus ausgeführt werden.
- Die Anschlusskonstruktion der GEWIs an die Wände engt den Kellerquerschnitt ein.
- Ein Ansetzen einer Bohrung unmittelbar im Bereich der größten Belastung ist nicht möglich, da dort die Wände der Hubtürme stehen.
- Der Anschluss der Pfähle an das vorhandene Fundament setzt voraus, dass dieses in der Lage ist die Lastkonzentration an den zugehörigen Lokationen tragen zu können. Eine Verstärkung der Bausubstanz und die Herstellung von Anschlusskonstruktionen sind erforderlich.
- Die GEWI-Pfähle bewirken eine neue Lastverteilung im Bauwerk, durch die es zu Verformungen und dadurch zu Schäden am Mauerwerk kommen kann.
- Aufgrund der unbekannt Abmessungen und Lokationen der vorhandenen Holzpfähle bleibt die Lastverteilung auch nach Einbau der GEWI-Pfähle unklar.
- Es gibt keine Garantie, dass jeder Bohransatzpunkt erfolgreich ist. Die genaue Lage der Holzpfähle im Grundriss ist nicht bekannt. Wenn ein Holzpfahl angebohrt worden ist, muss erneut angesetzt werden.
- Es muss ein Kraftschluss zwischen alter und neuer Spundwand hergestellt werden.

- Zur Verankerung muss in ausreichender Entfernung landseitig hinter dem Bauwerk eine Baugrube erstellt und später wieder verfüllt werden.
- Zur Sicherung der Baugrube müssen Spundwände eingebracht werden. Die Spundwand auf der Seite der Horizontalanker ist für den Ankeranschluss entsprechend steif ausgebildet und verbleibt dauerhaft im Baugrund (Konstruktion "Toter Mann").
- Baubegleitend ist ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm durchzuführen, welches auch die Brücke selbst einschließt.

Die Vielzahl der vorhandenen Holzpfähle birgt Unsicherheiten beim Einbau und bei der Bestimmung der Tragfähigkeit der GEWI-Pfähle.

Für das ausführende Unternehmen ist der Arbeitsaufwand wegen der unsicheren Lage der vorhandenen Holzpfähle nur schwer zu kalkulieren, das bedeutet ein hohes Kostenrisiko für den Auftraggeber.

4.2.5 Variante 3: Bodenverbesserung durch Injektion

Variante 3 sieht eine Ertüchtigung der Gründung durch eine Verbesserung des Bodens vor. Die Herstellung erfolgt unter der Last der Türme.

Eine Verfestigung des Bodens im Bereich der anstehenden Sande verschiedener Festigkeiten könnte abhängig von den vorliegenden Sieblinien durch zementösen Injektionsmittel oder chemische Silikatinjektionen durchgeführt werden. Für die Umsetzung wird das Manschettenrohrverfahren eingesetzt. Dabei wird ein Manschettenrohr mit Austrittslöchern in regelmäßigen Abständen von üblicherweise 33 cm verwendet. Die Austrittslöcher sind mit einer Gummimanschette verschlossen. Das Manschettenrohr wird in eine verrohrte Bohrung eingestellt, das Bohrrohr wird gezogen und der Ringraum zwischen Bohrlochwand und Manschettenrohr mit einer Mantelmischung verfüllt. Diese fixiert das Manschettenrohr in seiner Lage und verhindert das Hochsteigen des Injektionsmaterials in den Ringraum. Über das Manschettenrohr wird die Injektion eingebracht. Infolge des Drucks weiten sich die Gummimanschetten über den Öffnungen ventilartig auf, die Injektion durchbricht die Hülle der Mantelmischung und dringt in den Boden ein. Die Injektion erfolgt abschnittsweise unter Verwendung von Packern. Nach dem Einpressen der Injektion geht die Suspension nach Ablauf der Gelationszeit in den festen Zustand über, wodurch die Festigkeit des Baugrunds und folglich auch die Tragfähigkeit der vorhandenen Tiefgründung aus Holzpfählen erhöht wird. Zur Herstellung der Bodenverbesserung müssen zunächst an jedem Einbauort der Manschettenrohre Fundament und Sohlplatte durchbohrt werden. Anschließend können die Bohrungen zum Einstellen der Manschettenrohre weitergeführt oder diese als Rammverpresslanzen eingebracht werden.

Zur Sicherung des Abtrags der Horizontallasten werden die Horizontalanker wie in Variante 0 erneuert.

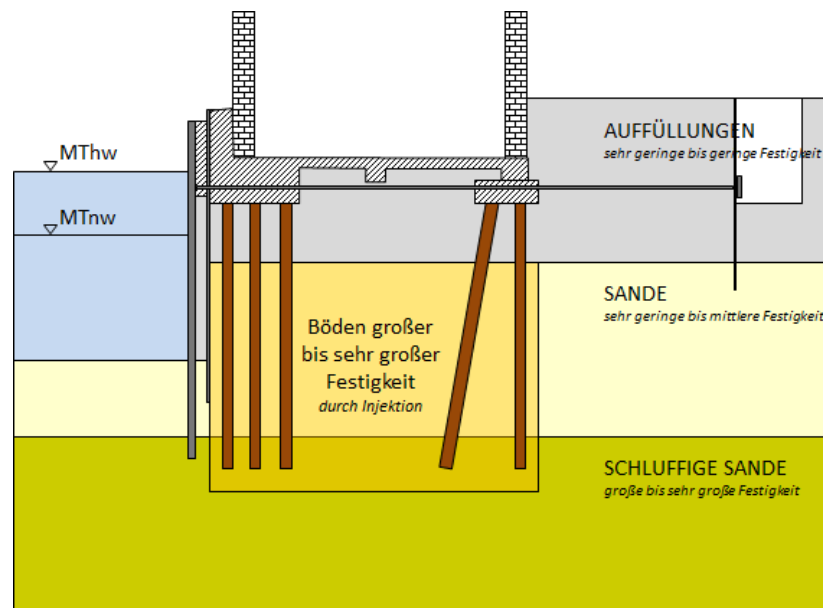


Bild 4-8 Variante 3: Bodenverbesserung durch Injektion

Folgende Punkte sind bei der Ertüchtigung der Gründung mit diesem Verfahren zu beachten:

- Die Arbeiten müssen aus den beengten Kellern der Hubtürme heraus ausgeführt werden.
- Ein Ansetzen einer Bohrung unmittelbar im Bereich der größten Belastung ist nicht möglich, da dort die Wände der Hubtürme stehen.
- Die Bodenverbesserung muss im gesamten Bereich der bestehenden Tiefengründung aus Holzpfählen in den anstehenden Sanden ausgeführt werden.
- Die unterschiedlichen Bodenparameter aller Lokationen und Schichten sind zu berücksichtigen.
- Durch zu hohen Druck sind unkontrollierte Hebungen möglich. Es können Schäden am Mauerwerk auftreten.
- Es gibt keine Garantie, dass jeder Bohransatzpunkt erfolgreich ist. Die genaue Lage der Holzpfähle im Grundriss ist nicht bekannt. Wenn ein Holzpfahl angebohrt worden ist, muss erneut angesetzt werden.
- Aufgrund der unbekanntenen Abmessungen und Lokationen der vorhandenen Holzpfähle verbleibt die Lastverteilung auch nach Abschluss der Bodenverfestigung unklar.
- Die Bodenverfestigung bewirkt eine veränderte Lastverteilung in der Gründungsstruktur, die nur möglich ist, wenn die Pfahlköpfe tragfähig sind.
- Die Bodenverfestigung bewirkt eine neue Lastverteilung im Bauwerk, durch die es zu Verformungen und dadurch zu Schäden am Mauerwerk kommen kann.

- Es gibt keine Möglichkeit den Fertigstellungsprozess der Bodenverfestigung direkt zu beobachten oder zu messen. Stattdessen kann während der Injektion nur die Druckentwicklung beobachtet und interpretiert werden.
- Es muss ein Kraftschluss zwischen alter und neuer Spundwand hergestellt werden.
- Zur Verankerung muss in ausreichender Entfernung landseitig hinter dem Bauwerk eine Baugrube erstellt und später wieder verfüllt werden.
- Zur Sicherung der Baugrube müssen Spundwände eingebracht werden. Die Spundwand auf der Seite der Horizontalanker ist für den Ankeranschluss entsprechend steif ausgebildet und verbleibt dauerhaft im Baugrund (Konstruktion "Toter Mann").
- Baubegleitend ist ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm durchzuführen, welches auch die Brücke selbst einschließt.

Die Herstellung einer Bodenverfestigung mittels Injektion führt unter den gegebenen Rahmenbedingungen zu einer auch weiterhin unbekanntem Lastverteilung. Die während der Herstellung und anschließend daran entstehenden oder verbleibenden Verformungen sind dementsprechend nicht bestimmbar. Aus dem Bodenaufbau und den Unklarheiten bzgl. der vorhandenen Holzpfähle ergeben sich, zusätzlich zu den bei diesem Verfahren stets vorliegenden Unsicherheiten, weitere.

Zudem verbleibt die Beschaffenheit der Fundamente und der tragenden Holzpfähle auch nach der Instandhaltung undefiniert. Das Verfahren setzt außerdem voraus, dass die Pfahlköpfe tragfähig sind. Darüber besteht jedoch keine Sicherheit. Der sichere Lastabtrag kann deswegen nicht gewährleistet werden.

Für das ausführende Unternehmen sind der Arbeitsaufwand und die erforderlichen Mengen der Injektion nur schwer kalkulierbar, das bedeutet ein sehr hohes Kostenrisiko für den Auftraggeber bei gleichzeitiger Unsicherheit über den dauerhaften Erfolg der Maßnahme.

4.2.6 Variante 4: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen

Variante 4 sieht einen Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen vor. Die Herstellung kann nur ohne die Last und Behinderung der Türme erfolgen. Diese sind demzufolge komplett abzubauen, zwischenzulagern und anschließend wieder im alten Erscheinungsbild aufzubauen. Die Maßnahme ist in den Kosten für die Gründungsstruktur nicht berücksichtigt und wird im entsprechenden Kapitel zur Instandhaltung der Türme geschildert.

Es ist geplant im Anschluss an den Abbau der Mauerwerkstürme, 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

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.

4.2.7 Fazit

Die Verfügbarkeit der Standsicherheit der Gründung für eine weitere Lebensdauer von 40 Jahren ist nicht ausreichend sichergestellt. Zur notwendigen technischen Verbesserung der Gründung wurden unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten untersucht.

Bei Verbesserung der Bauwerksgründung durch die Varianten 0 (Erneuerung der Horizontalverankerung) und 3 (Bodenverbesserung durch Injektion) bleiben Fundament und Sohle, Pfahlköpfe und im Falle der bloßen Horizontalverankerung auch die Einbindelänge der Holzpfähle unberührt. Durch die damit verbleibenden Unsicherheiten der Tragfähigkeit kann ein Nachweis ausreichender Standsicherheit des Systems für weitere 40 Jahre Nutzung nicht gewährleistet werden. Zur Instandhaltung der Cäcilienbrücke muss deswegen eine der beschriebenen Varianten 1, 2 oder 4 gewählt werden. Die Risiken beim Bau und für die dauerhafte Standsicherheit sind bei der Variante 4 einem Ersatzneubau der Gründung am niedrigsten.

4.3 Kosten

Die Kosten für die Instandhaltung der Gründungsstruktur sind im Folgenden dargestellt. Die Kostengliederung entspricht der 2. und 3. Ebene nach DIN 276.

4.3.1 Kosten für Variante 1: Unterfangung mit Düsenstrahlkörpern

2. Ebene	3. Ebene	Anmerkung	Kosten
Erdbau	Herstellung	Kraftschluss zwischen den Spundwänden	ca. 30.000 €
Gründung	Baugrundverbesserung	Düsenstrahlkörper	ca. 2.300.000 €
		Verankerung	ca. 130.000 €

Tabelle 4.1

Summe: ca. 2.460.000 €

Wegen des mehrfachen Ansatzens einzelner Bohrungen in beengten Verhältnissen und großen Ungewissheit über das Düsenstrahlvolumen kann die Lösung jedoch auch das Zweifache kosten.

4.3.2 Kosten für Variante 2: Unterfangung mit Pfahlkonstruktionen

2. Ebene	3. Ebene	Anmerkung	Kosten
Erdbau	Herstellung	Kraftschluss zwischen den Spundwänden	ca. 30.000 €

Gründung	Tiefgründung	Fundament abbrechen	ca. 30.000 €
		Fundamentkonstruktion erneuern	ca. 320.000 €
		Jochkonstruktion herstellen	ca. 280.000 €
		Verankerung	ca. 350.000 €
		Pfähle	ca. 1.640.000 €

Tabelle 4.2

Summe: ca. 2.650.000 €

Wegen der Ungewissheit über das mehrfache Ansetzen der Bohrungen in beengten Verhältnissen können die Kosten jedoch auch um rund 40 % übertroffen werden.

4.3.3 Kosten für Variante 4: Ersatzneubau der Gründung auf Bohrpfählen

2. Ebene	3. Ebene	Anmerkung	Kosten
Gründung	Tiefgründung	Fundament abbrechen	ca. 20.000 €
		Fundamentkonstruktion herstellen	ca. 80.000 €
		Verankerung	ca. 100.000 €
		Pfähle	ca. 470.000 €

Tabelle 4.3

Summe: ca. 670.000 €

Hinzu kommen Kosten für die Demontage und die abschließende erneute Montage aller Bauwerksteile.

4.4 Zusammenfassung

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 unbekanntem Zustands der Fundamentbalken sowie der Pfahlköpfe auf. Weiterhin binden die Holzpfähle 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.

Aus den fünf vorgestellten Varianten zur Instandhaltung der Cäcilienbrücke mit einer zum sicheren Lastabtrag verbesserten Gründung mussten wegen verbleibender Unsicherheiten im System zwei ausgeschlossen werden. Konstruktiv möglich sind die Lösungen einer Unterfangung der Gründung mit Düsenstrahlkörpern bzw. mit Jochkonstruktionen auf Pfählen und der Ersatzneubau der Gründung auf Bohr-

pfählen. Die Kosten der Varianten der Unterfangungen übersteigen die Kosten für die Variante eines Ersatzneubaus der Gründung dabei um das rund 3- bis 4-fache. Die Kosten sind jedoch in einem Gesamtzusammenhang mit den Maßnahmen zur Instandhaltung der Brückentürme zu sehen, da eine Grundvoraussetzung für den kompletten Ersatz der Gründung der Abtrag und Wiederaufbau der bestehenden Brückentürme ist. Wegen der Ungewissheiten bzgl. des Bestands sind die Lösungen mittels zum dauerhaften Erfolg führender Unterfangungen im Vorhinein schwer kalkulierbar. Daraus resultiert ein entsprechend hohes Ausführungs- und Kostenrisiko für den Auftraggeber. Die Maßnahmen zur Erstellung eines Ersatzneubaus der Gründung auf Bohrpfählen sind hingegen kalkulierbar. Zudem entsteht bei Ausführung dieser Variante ein statisch eindeutig bestimmtes System, so dass Sicherheit bzgl. der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Gründung gegeben ist.

5. Hubbrücke

Die einfeldrige, stählerne Hubbrücke hat eine Spannweite von 40,8 m und eine Breite von 10,3 m einschließlich der beiden 1,70 m breiten Gehwege. Sie ist größtenteils genietet und als Vollwandtroggquerschnitt ausgebildet. Die Stahlfahrbahnplatte ist mit einer Gussasphaltschicht ausgestattet. Die Bongossibohlen des Gehwegbelages wurden durch GFK-Gitterroste mit geschlossener Oberfläche ersetzt. Die Fahrbahnbreite zwischen den Schrammborden beträgt 5,50 m. Ein separater Radweg existiert nicht.

Die Fahrbahnplatte wurde 1966 verstärkt, und 1982 wurden die Endquerträger (teilweise), Gehwegträger und Geländer erneuert. 1999 wurde der Korrosionsschutz überarbeitet und teilweise erneuert. Die Hubbrücke wurde für die Brückenklasse 30 (nach DIN 1972) ausgelegt. Seit Januar 2006 wurde der Verkehrslastanteil des SLW von 30 t auf 7,5 t reduziert.

Am Stahlbau sind keine wesentlichen Schäden vorhanden. Es sind bis auf die zu verschraubenden neuen Antriebskomponenten lediglich Korrosionsschutzarbeiten durchzuführen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass gemäß [2] eine progressiv verlaufende Abrostung an den Endquerträgern stattfindet. Die Nachrechnung der Stahlkonstruktion für Brückenklasse 30 weist eine Ausnutzung der zul. Spannungen von 85% bis 100% auf. Die Reduzierung des Verkehrslastanteils SLW von 30 t auf 7,5 t wirkt sich positiv auf die Lebensdauer aus.

Die Hubbrücke ist nicht für den Schiffsanprall bemessen worden. Gemäß DIN Fachbericht 101 (03/2009) gilt für Schiffsanprall die DIN 1055-9 (08/2003). Dort wird unter Ziffer 6.5.1, Pkt. 1 erwähnt, dass für bestehende Bauwerke verallgemeinerte, pauschalisierte Ansätze nicht angemessen sind und eine detaillierte Untersuchung empfohlen wird.

Für neu herzustellende Brücken sind die Überbauten sowie die Lagerung auf eine statische Einzellast von 1 MN in ungünstigster Laststellung zu bemessen. Auf die Unterbauten sind je nach Wasserstraßenklasse I bis VII für die Flankenstoßlast 1 bis 10 MN anzusetzen.

Sollte ein Schiff mit der Hubbrücke kollidieren, nehmen im geschlossenen Zustand die Auflager die Kräfte auf. Im geöffneten Zustand würden die Führungsrollen die Kräfte in die Hubtürme weiterleiten. Es kann davon ausgegangen werden, dass an den Türmen erhebliche Schäden und lange Ausfallzeiten auftreten.

Der Aufbau eines aktiven oder passiven Anprallschutzes wird das äußere Erscheinungsbild wesentlich verändern.

Nach [2] soll eine Kosten-Nutzung-Entscheidung hinsichtlich des Stahlüberbaus aufgestellt werden.

Planungsleistungen für eine dauerhafte Instandsetzung der Hubbrücke sind nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung.

6. Hilfsbrücke

6.1 Grundlagen und Entwurf

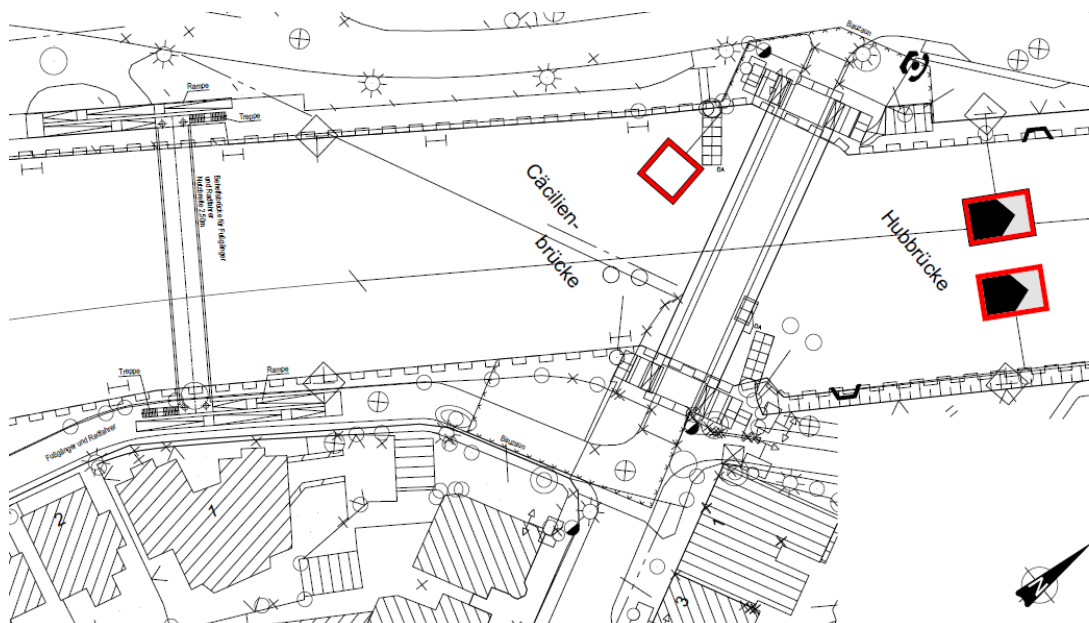


Bild 6-1 Übersicht Lageplan

Während der Bauzeit für die Ertüchtigung der Cäcilienbrücke soll die Querung des Küstenkanals für Fußgänger ermöglicht werden.

Der Standort wird so gewählt, dass eine Anbindung an die bestehenden Verkehrswege ermöglicht wird. Die Zuwegung zur Behelfsbrücke wird so angeordnet, dass der Baustellenbetrieb nicht gequert werden muss. Die Trennung von öffentlichem Verkehr und Baustellenbetrieb ist wesentlich für die Sicherheit im Bereich der Baustelle und der Baustellenbetrieb bleibt ungestört.

Die Hilfsbrücke wird deshalb südlich der Cäcilienbrücke gebaut, so dass die Hauptverkehrsströme zu den Schulen westlich der Baustelle verbleiben. Im Uferbereich werden Rampen und Treppen angeordnet.



Bild 6-2 Beispiel Behelfsbrücke Montage

Hauptabmessungen:

Stützweite: ~ 42,0 m

Nutzbreite: 2,50 m

Konstruktionsunterkante + 8,04 mNN

Rampenlänge ~ 2 x 45 m



Bild 6-3 Beispiel Behelfsbrücke

Die Hilfsbrücke wird für Fußgängerverkehr gem. DIN Fachbericht 101 bemessen.

Bei der Planung wird die notwendige Durchfahrthöhe für die Schifffahrt berücksichtigt. Die Gründung der Behelfsbrücke erfolgt landseitig hinter der Uferspundwand auf Bohrpfehlen. Dadurch ist der Nachweis von Schiffsanprall auf die Behelfsbrücke nicht erforderlich.

Aufgrund der vorliegenden Baugrundverhältnisse wird die Hilfsbrücke mit einer Tiefgründung auf Bohrpfehlen gegründet. Die Widerlager/Lagerbalken werden in Stahlbetonbauweise erstellt.



Bild 6-4 Beispiel Gründung Rampe

6.2 Rampe und Treppenturm

Für eine barrierefreie Mobilität wird zusätzlich zu einem Treppenaufgang eine Rampe angeordnet. Die Rampe ist ausschließlich für Fußgänger mit Kinderwagen, Rollstuhlfahrer oder andere Verkehrsteilnehmer vorgesehen. Die Nutzung als Radweg wird ausgeschlossen.

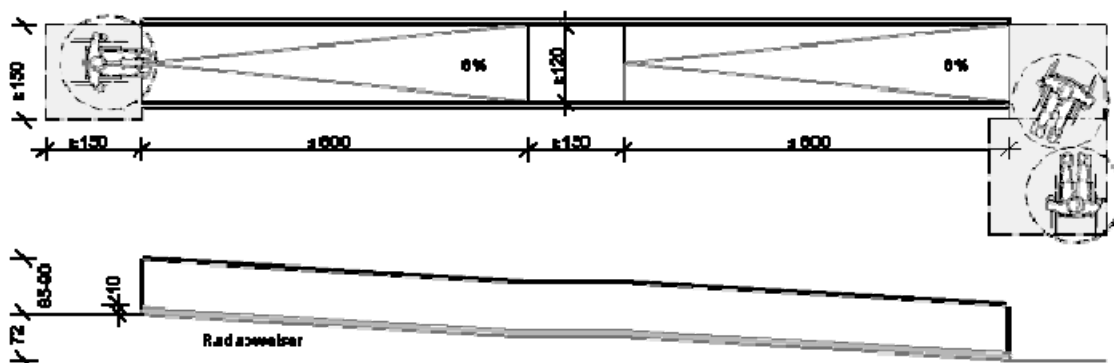


Bild 6-5 Prinzipskizze Rampe

Maßgebende Vorgaben für eine Rampe:

- Längsgefälle maximal 6 %
- Zwischenpodeste in Abständen von 6 m zwischen den Rampenläufen von 1,50 x 1,50 m
- Bewegungsfläche am Rampenanfang und -ende mindestens 1,50 x 1,50 m
- lichte, nutzbare Mindestbreite 1,20 m
- Handlaufhöhe 85 cm, beidseitig anbringen
- Fußreling 10 cm hoch, beidseitig als Aufkantung oder Holme vorsehen
- Querneigung entfällt

Für die Beleuchtung und Entwässerung von Treppen und Rampen werden gemäß den Vorschriften ausgelegt (u.a. E DIN 18030 (01/2006) barrierefreies Bauen, RAS 06 (FGSV 2006) Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen).

Die Rampen- und Treppenkonstruktion wird in Stahlbauweise erstellt. Durch das geringe Eigengewicht können die Rampen und Treppen flach gegründet werden.

6.3 Kostenschätzung

Die Kosten für die Hilfsbrücke werden entsprechend DIN 276 zusammengestellt.

2. Ebene	3. Ebene	Anmerkung	Kosten
Gründung Hilfsbrücke	Herstellung	Pfahlgründung und Fundament	ca. 50.000 €
Gründung Rampe und Treppen	Herstellung		ca. 10.000 €
Hilfsbrücke und Rampe		Mietkosten	ca. 200.000 €
Verkehrssicherung		Bauzeitliche Unterhaltung	ca. 20.000 €

Tabelle 6.1

Summe: ca. 280.000 €

7. Zusammenfassung

Die Untersuchungen 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 zu belegen. 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 entstehen höhere Antriebskräfte, für die der Antrieb nicht ausgelegt ist. Somit besteht dringender Handlungsbedarf, um den Betrieb und die Funktion des Bauwerks aufrecht zu erhalten.

Um eine dauerhafte Instandhaltung des Bauwerks für die nächsten 40 Jahre zu ermöglichen, müssen die oben genannten Mängel beseitigt werden. Hierzu sind jedoch über eine reine Instandsetzung hinausgehende Maßnahmen zur Verbesserungen des Tragwerkes und der Maschinenteknik notwendig.

Eine Instandsetzung der vorhandenen Gründung wird als nicht zielführend erachtet, da diese aufgrund der mit großen Unsicherheiten behafteten Kenntnis über den Zustand der vorliegenden Konstruktion und die rechnerisch nicht ausreichend belegbare Standsicherheit mit erheblichen Risiken verbunden ist.

Die Stabilität des Mauerwerks kann durch die Abfangung mit einem aussteifenden Traggerüst wieder hergestellt werden, was jedoch das Erscheinungsbild der Hubtürme oder die Nutzflächen im Inneren stark beeinträchtigt. Eine dauerhafte Sanierung der Brückentürme wird hierdurch jedoch nicht erreicht. Deshalb ist hier nur ein sorgsamer Abtrag der kompletten Brückentürme mit Herstellung einer neuen Tragstruktur und anschließendem Wiederherstellen des alten Mauerwerks als Verblendmauerwerk sinnvoll.

In Anbetracht der Kombination der Standsicherheitsproblematik der Brückentürme und deren Gründung ist ein kompletter, sorgsamer Abtrag der Türme mit anschließendem Ersatzneubau der Gründung und darauf neu zu erstellender Tragstruktur der Türme mit Verblendschale aus dem alten Mauerwerk die zu bevorzugende Lösung für eine dauerhafte Gewährleistung ausreichender Funktion und Standsicherheit der Cäcilienbrücke.

Ferner kommt hinzu, dass bei dieser Lösung mit verbesserter Tragstruktur und neuer Gründung der Hubtürme, der Schiffsanprall bei der Auslegung berücksichtigt werden kann.

Eine Instandsetzung der vorhandenen Technischen Ausrüstung ist aufgrund des Technischen Fortschritts und den aus der Maschinenrichtlinie geforderten Sicherheitsansprüchen ohne Verbesserungsmaßnahmen nicht möglich. Die Technische Ausrüstung muss sich den baulichen Gegebenheiten anpassen. Sollten die Hubtürme abgetragen werden, könnte die Hubbrücke auch ohne Gegengewichte über Hydraulikzylinder angehoben werden, so dass die Seile und Umlenkrollen entfallen würden. Diese Antriebsvariante ist wartungsfreundlicher und weist deutlich weniger

bewegliche Teile auf. Weitere mögliche Antriebsvarianten sind der Anlage 4.6 zu entnehmen.

8. Empfehlung

Durch die erheblichen baulichen Eingriffe sollte auch die Hubbrücke in die weitere Betrachtung mit aufgenommen werden.

Die Brücke wird werktäglich von mehr als 15.000 Radfahrern und fast 9000 Kraftfahrzeugen überquert. Dabei benutzen diese Verkehrsteilnehmer die gleiche Fahrbahn. Seit Januar 2006 dürfen nur noch Fahrzeuge bis 7,5 Tonnen die Brücke befahren. Ursprünglich war die Brücke für die Brückenklasse 30 ausgelegt. An den Endträgern der Hubbrücke findet eine progressiv verlaufende Abrostung statt.

Unter diesen Gesichtspunkten ist es sinnvoll, auch die Hubbrücke mit Erweiterung des Fahrbahnquerschnitts für separate Radwege von derzeit 5,50 m auf 8 m unter Berücksichtigung der Brückenklasse zu erneuern.

Hierzu müsste jedoch der Aufstellungsort der Brückentürme in Querrichtung um 3 m verändert werden. Durch diese Anordnung ist auch ein ausreichender Sicherheitsabstand zum Lichtraumprofil der Fahrbahn zu den Brückentürmen gewährleistet

Angetrieben werden könnte die Hubbrücke über vier Hydraulikzylinder, die sich in den Hubtürmen befinden. Die Führungen und die Verriegelung der Hubbrücke könnten dann auch geschützt in den Hubtürmen untergebracht werden. Auf einen Gegengewichtsausgleich der Hubbrücke kann verzichtet werden.

Daraus ergibt sich folgender empfohlener Ablauf:

- Abtrag der Hubtürme einschl. der Nebenanbauten mit Wiederaufbereitung des Mauerwerks
- Herstellung einer neuen Gründung
- Wiederaufbau der Hubtürme unter Beibehaltung des äußeren Erscheinungsbildes des alten Mauerwerks
- Herstellung einer neuen verbreiterten Hubbrücke
- Herstellung einer neuen Technischen Ausrüstung

Auf eine Fernbedienung der Brücke sollte aufgrund der hohen Anzahl an Verkehrsteilnehmern und der zweifachen Räumung der Hubbrücke pro Bewegungsvorgang verzichtet werden.

PLANUNGSGEMEINSCHAFT

DR. SCHIPPKE + PARTNER

Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik



Ingenieurgesellschaft mbH



Ingenieurberatung
Brüggehoff

Schlussblatt

Aufgestellt:

Hannover, den 20.07.2012

Dipl.-Ing. Gramann (SP)

Dr.-Ing. Latte (IMS)

Dipl.-Ing. Schmeling (IBB)

gesehen:

Prof. Dr.-Ing. Schippke

DR. SCHIPPKE + PARTNER

Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildesheimer Str. 15 · D-30169 Hannover
Telefon: 05 11 / 2 84 75-0 · Telefax: -99
E-Mail: hannover@dr-schippke.de



STADTDEICH 7
20097 HAMBURG
Tel. 040 32 81 8-0
INGENIEURGESELLSCHAFT mbH

INGENIEURBERATUNG
BRÜGGELHOFF GmbH
Langenweg 26, 26125 Oldenburg
Tel. 04 41-9 35 66 10, Fax 04 41-9 35 66 29

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersicht

Anlage 1.1: Lageplan Cäcilienbrücke, Darstellung Türme, Luftbild WSA Bremen

Anlage 1.2: Technische Daten, Brückenanlage

Anlage 2: Tagesprotokoll 18.04.2011, SP

Anlage 3: Fotos, SP

Anlage 3.1: Fotodokumentation 18.04.2011

Anlage 3.2: Fotodokumentation 30.09.2011

Anlage 4: Antriebe

Anlage 4.1: Bestand Antrieb

Anlage 4.2: Bestand E-Technik

Anlage 4.3: Neukonzept Antrieb

Anlage 4.4: Neukonzept Führungen / Lager

Anlage 4.5: Neukonzept E-Technik

Anlage 4.6: Antriebsvarianten

Anlage 5: Leistungsverzeichnis

Anlage 5.1: Kurz-LV mit Kosten, Instandsetzung TA

Anlage 5.2: Kurz-LV mit Kosten Brückentürme

Anlage 6: Weitere Unterlagen

Anlage 7: Leistungsverzeichnis

Anlage 7.1: Skizze Behelfsbrücke

Anlage 7.2: Vorbemessung Pfähle Behelfsbrücke

Anlage 7.3: Pfahlplan Behelfsbrücke

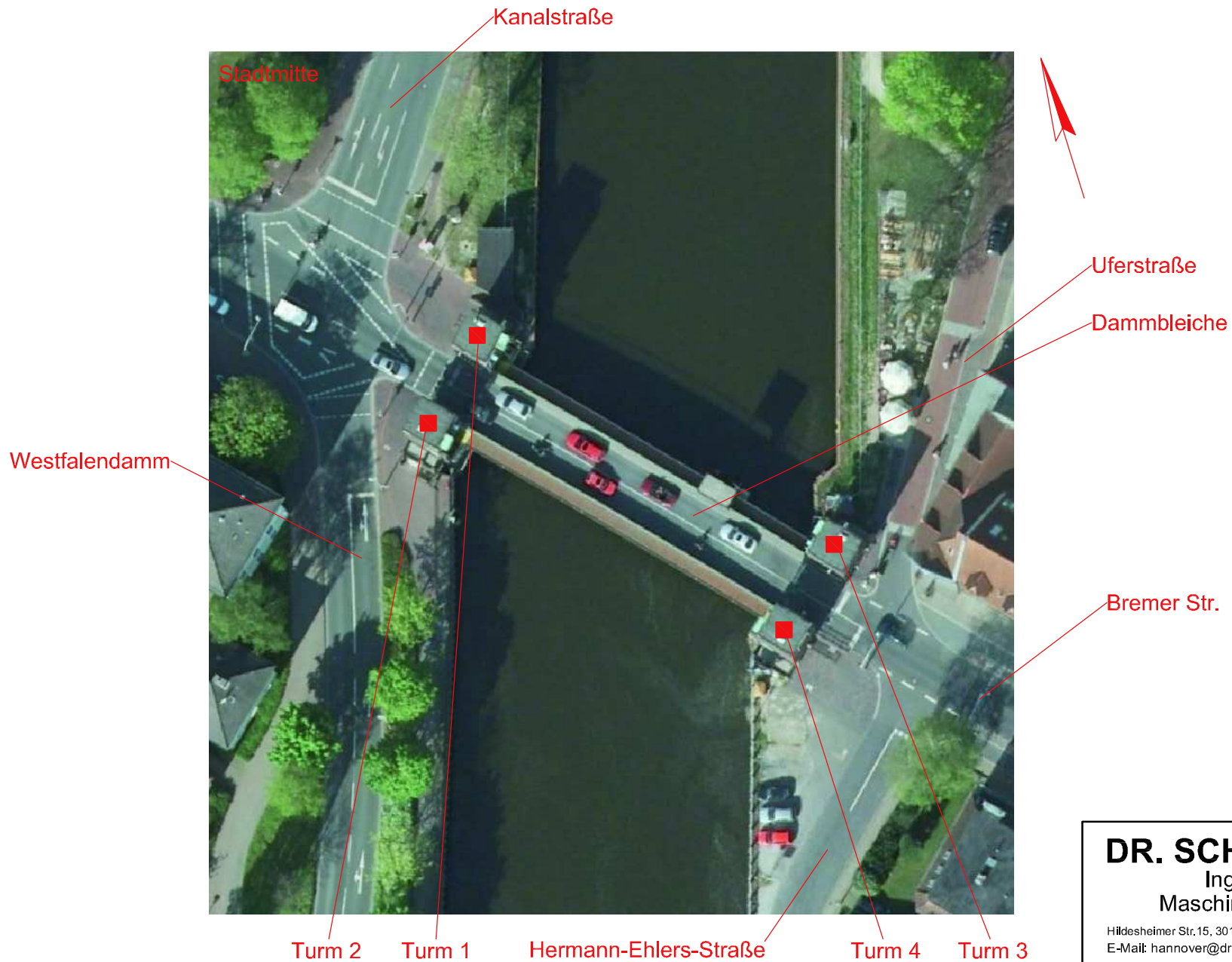
Anlage 8: Rechnerische Untersuchung der Mauerwerksscheiben

Anlage 1: Übersicht

Anlage 1.1: Lageplan Cäcilienbrücke, Darstellung Türme, Luftbild WSA Bremen

Anlage 1.2: Technische Daten, Brückenanlage

Anlage 1.1, Lageplan Cäcilienbrücke, Darstellung Türme, Luftbild WSA Bremen



DR. SCHIPPKE + PARTNER
Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildesheimer Str.15, 30169 Hannover
E-Mail: hannover@dr-schippke.de

Tel.: 0511-28475-0, Fax: -28475-99
Internet: www.dr-schippke.de

Technische Daten, Brückenanlage

Anlage 1.2

- **Brücke:**

Gesamte Brückenlänge:	41,80m
Stützweite:	40,80m
Hubhöhe:	ca. 3,50m
Lichte Breite:	39,38m
Lichte Durchfahrtsbreite:	27,00m
Breite zwischen Geländern:	10,30m
Überbaubreite:	10,46m
Fahrbahnbreite:	5,50m
Fußweg- / Radwegbreite:	2 x 1,70m
Höhe Unterkante Brückenmitte	+3,60m NN unten
Höhe Unterkante Brückenmitte	+7,08 m NN gehoben
NNThw	-1,94m NN
MNThw	-0,41 m NN
MThw	+2,20m NN
HHThw	+3,30m NN
Höhe Unterkante rechtes/linkes Widerlager	+3,50m NN unten
Höhe Unterkante rechtes/linkes Widerlager	+6,97m NN gehoben
Hubvorgänge	25 pro Tag
Bewegungszeit	90 sec.
Motorleistung	30 KW
Gewicht Hubbrücke	277 to

- **Türme:**

Höhe:	12,20m
Breite:	6,41m
Tiefe:	4,70m
Höhe Kellerebene:	+1,90mNN
Höhe Erdgeschoss:	+3,18mNN
Höhe 1. Ebene:	+4,74mNN
Höhe 2. Ebene:	+8,24mNN
Höhe 3. Ebene:	+11,20mNN
Höhe Achse Seiltrommel:	+12,50mNN
Unterkante Turm Dach:	+14,10mNN
Abstand Türme:	6,44m
Gegengewicht Turm 1	65,14 to
Gegengewicht Turm 2	63,50 to
Gegengewicht Turm 3	63,66 to
Gegengewicht Turm 4	65,14 to
Summe Gegengewichte	257,44 to

Die Gewichtsangaben wurden aus [3] übertragen.

Anlage 2: Tagesprotokoll 18.04.2011, SP

Tagesprotokoll von Dienstag, 18.04.11**Anlage 2****Bearbeiter: Gramann**

<u>Lfd. Nummer</u>	<u>Protokollpunkte</u>
11-04-18/01	<p><u>Teilnehmer</u></p> <p>■■■■■■■■■■ WSA Bremen ■■■■■■■■■■ WSA Bremen ■■■■■■■■■■ WSA Bremen Herr Gramann SP Herr Donner IBB</p> <p>Uhrzeit 10.00-13.30 Uhr</p> <p>Ort: Oldenburg, Cäcilienbrücke</p>
11-04-18/02	<p><u>Anlass</u></p> <p>Besichtigung (Inaugenscheinnahme) der Technischen Ausrüstung der Cäcilienbrücke</p> <p>Aufgrund von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten befand sich die Brücke dauerhaft in der geöffneten Stellung, so dass Anlagenteile ohne Behinderungen besichtigt werden konnten.</p> <p>Die Antriebe konnten aufgrund des hohen Publikumsverkehrs nicht besichtigt werden. Dies soll eventuell zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt werden.</p> <p>In diesem Protokoll werden nur die Gegebenheiten aufgenommen, aber keine Wertung durchgeführt.</p>
11-04-18/03	<p><u>Besichtigung</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Pro Turm sind vier vorgereckte, drehungsarme Seile (Gleichschlag rechtsgängig) mit einem Durchmesser von 54 mm vorhanden.2. Das Gewicht des Gegengewichtes beträgt 60 Tonnen (Aussage WSA).3. Der Seilrollendurchmesser mit Doppelrille beträgt 1200 mm.4. Am Rillengrund sind bleibende Einkerbungen aus den Seildrähten vorhanden.5. Als Lagerung der Seilrollen sind wartungspflichtige Bronzebuchsen im Einsatz.6. Die Seile sind jeweils über eine Tellerfederkonstruktion und eine Nachstellmöglichkeit für Seillängenänderung am Gegengewicht montiert. Eine Schwingenkonstruktion ist weder am Gegengewicht noch an der Hubbrücke vorhanden.7. Als zusätzliche Verdrehminderung der Seile sind am Gegengewicht zwei Seilaufhängungen mit einem Gestänge verbunden. Die Gestänge sind verbogen.8. Die Seitenführung besteht an der innenliegenden Seitenwand aus einer Laufrolle mit beidseitigem Spurkranz und an der Außenseitenwand aus Gleitstücken. Die unteren Seitenführungen am Gegengewicht wurden aufgrund einer Verklebung entfernt. Eine Reparatur der unteren Seitenführungen ist in der geöffneten Brückenstellung aufgrund des Platzmangels nicht möglich. Das Gegengewicht im Turm 1 hat sich verdreht.9. Zwischen der Bodenvertiefung und dem unteren Stahlprofil des Gegengewichtes ist beim Turm 1 ein Spalt von ca. 7 cm vorhanden. Nach Aussage des WSA setzte das Gegengewicht infolge Seilreck und Verdrehung bereits am Boden auf. Zwischen Gegengewicht und der Seitenwand Richtung Hubbrücke beträgt der Spalt ca. 2 cm. Bei Turm 4 beträgt der Abstand zur Seitenwand noch ca. 5 cm.10. Die Triebstöcke sind federnd mit Schraubendruckfedern an den Türmen aufgehängt. In der Verkehrslage wird die Hubbrücke mit Hilfe des Antriebes heruntergedrückt. Dadurch werden die Federn zusammengedrückt und die Auflager der Hubbrücke durch den Antrieb

Lfd. Nummer	Protokollpunkte
	<p>zusätzlich belastet. Am Turm 4 wurde vom WSA mehrfach beobachtet, dass das Auflager trotz Andrückens nicht erreicht wurde.</p> <ol style="list-style-type: none">11. An der Hubbrücke sind seitlich Seitenführungsrollen vorhanden, die sich an den Türmen abstützen. An Turm 1 und 2 weisen die Führungsrollen keinen Spurkranz auf. An den Türmen 3 und 4 sind Führungsrollen mit beidseitigem Spurkranz vorhanden. Die Seitenführung an den Türmen 1 und 2 liegen meistens nicht an. An den Türmen 3 und 4 liegen die Seitenführungen an. Der Spurkranz der Laufrolle in Richtung Hubbrücke am Turm 3 ist stark abgenutzt.12. Am Turm 4 wurde nachträglich eine Metallplatte zur Abstützung der Laufrolle in Brückenlängsrichtung angebracht.13. Die Auflager am Turm 3 und 4 weisen Führungsknaggen auf, durch die die Hubbrücke in der Längsrichtung fixiert wird. Nach Aussage des WSA ist es schon aufgetreten, dass die Hubbrücke auf den Führungsknaggen aufsetzt.14. Der Triebstock am Turm 3 ist verbogen.15. Die Seitenbleche der Triebstöcke am Turm 3 und weisen erhebliche Einkerbungen (Rattermarken) aus den Gegenrollen auf.16. Am Turm 4 sind die Abplattungen an den Triebstockbolzen nur oben und am Turm 3 unten und oben vorhanden.17. Die Ritzel am Turm 3 und 4 scheuern an den Triebstockseitenblechen.18. Der alte nicht mehr genutzte Schranken Antrieb befindet sich noch unterhalb der Fahrbahn.19. Die neuen Schranken antriebe (1,5 kW Motoren) müssen aufgrund von Feuchtigkeit regelmäßig überprüft werden. Die Schutzgehäuse der Antriebe sind stark korrodiert. Dadurch kann Wasser in die Türme eindringen.20. Die Fußgängerdrehschranken sind außer der elektronischen Überwachung durch eine zusätzliche elektro-mechanische Verriegelung im geschlossenen Zustand gesichert. Die Verriegelungsbolzen und die dazugehörigen Antriebe befinden sich in den Türmen.21. Die Hubbrücke wird in der Hochlage über eine Haltekonstruktion am Triebstockgestänge über eine Feder elektro-mechanisch gegen Herabfallen verriegelt. Die Verriegelung kann mit dem Fuß auseinandergedrückt werden.22. Die Hubbrücke wird über einen frequenzgeregelten 35 kW-Motor angetrieben. Die Stromaufnahme beträgt bei konstanter, normaler Hubgeschwindigkeit 55 Ampere.23. Das Längsspiel zwischen Hubbrücke und Turm 1 beträgt 7 mm. Am Turm 4, an der die zusätzliche Laufrolle anliegt, berührt die Hubbrücke bereits das Mauerwerk.24. Zwischen Hubbrücke und Türmen sind Absätze infolge Setzungen vorhanden, die mehrfach ausgeglichen wurden. Außerdem mussten die Treppenaufgänge in der Höhe angepasst werden.25. Die Steuerung erfolgt über Schütz- und Relais-technik. Eine speicherprogrammierbare Steuerung ist nicht vorhanden.26. Eine Einzelbedienung der Ampeln vom Brückensteuerstand ist nicht vorgesehen.27. Bis auf die Ampeln kann die Anlage auch aus dem Schaltraum, der sich neben Turm 1 befindet, gefahren werden.28. Es werden nur Sammelstörungen der jeweiligen Antriebe angezeigt.29. Die Bedienung erfolgt über ein Mosaiktableau.30. Folgende Schaltschränke sind im Schaltraum aufgestellt: Einspeisung, Not-Einspeisung, Schifffahrtssignale, Ampelsteuerung, Schrankensteuerung, Brückensteuerung und allgemeine Abgänge31. Eine Unterbrechungsfreie Stromversorgung ist nicht vorhanden.

Aufgestellt:

Hannover, 6.5.11

Dipl.-Ing. Gramann

ges. Schippke, 9.5.11

Anlage 3: Fotos, SP

Anlage 3.1: Fotodokumentation 18.04.2011

Anlage 3.2: Fotodokumentation 30.09.2011

Fotodokumentation 18.04.2011

Anlage 3.1

P 110301		Ortstermin am 18.04.11 Kommentare und Fotodokumentation
Bild	IMG xxxx.JPG	Gegenstand Kommentar
IMG	1865	Anschluss Triebstock Brückenturm 1 Der Triebstock ist über zwei Schraubendruckfedern am Brückenturm aufgehängt.
	1867	Seilscheibe mit Doppelrille Turm1 Der Durchmesser der Seilscheibe mit Doppelrille beträgt 1200mm. Am Rillengrund sind deutliche bleibende Einkerbungen vorhanden. Pro Turm sind insgesamt 4 Seilscheiben mit Doppelrille vorhanden, die bislang noch nicht ausgewechselt wurden. Als Lagerung sind Bronzebuchsen im Einsatz.
	1875	Drahtseil Es werden vorgereckte, drehungsarme Gleichschlagseile rechtsgängig mit einem Durchmesser von 54mm verwendet. Pro Turm sind vier Drahtseile vorhanden.
	1877	Wartungsluke Decke In den Türmen ist in der Decke eine Wartungsöffnung vorhanden, vermutlich zum Austausch der Seilscheiben. Ein Deckenkran ist nicht vorhanden.
	1881	Seilaufhängung und Führung Gegengewicht Turm 1 Die vier Drahtseile sind über Tellerfedern und ohne Schwingenkonstruktion am Gegengewicht befestigt. Die Seillänge kann verändert werden. Die mechanische Verdrehsicherung ist verbogen. Das Gegengewicht wird oben auf der einen Seite durch eine Laufrolle mit Spurkranz (Bild unten links) und auf der anderen Seite über Anschläge (Bild oben Mitte) geführt. Die unteren Führungen wurden wegen von Verklemmungen infolge Bauwerksverschiebungen demontiert.
	1883	Detail Seilaufhängung Tellerfedern Gegengewicht Die Tellerfedern sollen Stöße aus der Hubbewegung abmildern.
	1885	Seilaufhängung Hubbrücke Die Seilaufhängung an der Hubbrücke erfolgt ebenfalls ohne Schwingenkonstruktion. Die Anschlussblechdicken sind unterschiedlich. Die Anschlussbolzen sind nicht in Bronzebuchsen gelagert.
	1888	Verriegelung Hubbrücke Die Hubbrücke wird in der oberen Endlage elektromechanisch verriegelt. Das Bild zeigt die Verriegelungsbolzen in der verriegelten Stellung
	1889	Verriegelungsbolzen Die Verriegelung wird elektro-mechanisch geöffnet, ansonsten über Federn geschlossen. Die Spreizung der Federn könnte auch mechanisch (händisch) erfolgen. Im Normalbetrieb nehmen die Verriegelungsbolzen keine Last auf. Sie dienen als zusätzliche Absicherung.
	1895	Seitliches Spiel Gegengewicht Turm 1 Das seitliche Spiel zwischen Gegengewicht und Mauerwerk Turm 1 beträgt 2cm
	1896	Höhenspiel Gegengewicht Turm 1 Aufgrund des hier abgebildeten unteren Stahlprofils, welches in einer Vertiefung einfährt, beträgt das verbleibende Höhenspiel 7cm.
	1900	Mauerwerk Turm 1 An der Außenwand sind die Stahlprofile, an denen die Seilscheiben montiert sind, zu erkennen.
	1902	Drehschanke Turm 1 Die Drehschranke öffnet in Richtung Hubbrücke. Der Abstand zwischen geschlossener Drehschranke und Hubbrücke beträgt ca. 15cm.
	1904	Antrieb und elektrische Anschlüsse Drehschranke Fahrbahn In der Vertiefung steht Oberflächenwasser an. Die elektrischen Anschlüsse müssen aufgrund der Feuchtigkeit häufig überprüft und repariert werden. Am oberen Bildrand sind die Kegelradstufe und Drehgestänge der Schranke zu erkennen.

P 110301		Ortstermin am 18.04.11 Kommentare und Fotodokumentation
Bild IMG xxxx.JPG		Gegenstand
		Kommentar
		Antriebsmotor und Schneckengetriebe Drehschranke
1905		Auf der rechten Seite ist der Antriebsmotor, Leistung 1,5kW und auf der linken Seite das angeflanschte Schneckengetriebe zu erkennen. Unter dem Deckel (Bild links) liegt der Wellenausgang des Motors für das Aufstecken der Kurbel zur Handbedienung.
1908		Übersicht Schrankentrieb Der Schrankentrieb ist im Boden eingelassen. Die Abdeckplatten sind nicht ausreichend gegen Feuchtigkeit abgedichtet.
1910		Schutzgehäuse Schrankentrieb Im Turm sind die Schutzgehäuse der Schrankentriebe angeordnet. Diese sind stark korrodiert. Damit im Gehäuse das Wasser abfließen kann, sind Entwässerungsbohrungen vorhanden.
1911		Triebstock Turm 3 Am Triebstock sind deutlich die nicht mittigen Abdrücke der Ritzelzähne zu erkennen. Die Triebstockbolzen sind durch Kontakt von oben abgeplattet. .
1912		Führungsschiene Turm 3 Trotz der Laufrolle mit Spurkranz weist diese Führungsschiene seitlich kaum Verschleiß auf. Frontseitig sind Schleifspuren aus der Laufrolle zu erkennen.
1913		Triebstock und Zahnradstufen Turm 3 Die Seitenbleche des Triebstocks zeigen deutlichen Einkerbungen der Andrückrolle auf. Abdrücke an den Triebstockbolzen von den Ritzelzähnen sind hier nicht zu erkennen-
1914		Triebstock Turm 3 Die Seitenbleche weisen starke Einkerbungen durch Kontakt der Andrückrolle auf. An den Triebstockbolzen sind die Abdrücke der Ritzelzähne zu erkennen.
1917		Zahnräder und Triebstock Turm 3 In der Seitendarstellung ist zu erkennen, dass der Triebstock verbogen ist.
1919		Ritzel und großes Zahnrad Turm 3 Das Ritzel liegt hier trotz der Seitenführung durch die Laufrolle mit Spurkranz rechts am Triebstock an.
1921		Andrückrolle Triebstock Turm 3 Es ist nur eine Andrückrolle vorhanden.
1923		Schweißnaht Triebstockbolzen Turm 3 Die Schweißnaht an einem Triebstockbolzen ist gerissen.
1924		Auflager Turm 4 Die Knaggen am Auflager Turm 4 sind in Richtung Hubbrücke konisch ausgeführt. Die Hubbrücke lag schon mehrfach auf den Knaggen auf.
1925		Laufschiene zusätzliche Längsführung Turm 4 Der Rollenabdruck an der Laufschiene ist nicht geradlinig.
1927		Führungsschiene Turm 4 Die Führungsschiene weist in Richtung Hubbrücke infolge der Spurkranzreibung der Laufrolle seitlich deutliche Abriebspuren auf.
1928		Triebstock Turm 3 Die Triebstockbolzen sind durch Kontakt von unten abgeplattet. .Auch hier liegt das Ritzel seitlich an.
1929		Mauerwerk Turm 3 Am Mauerwerk sind deutlich frische Schleifspuren aus Fahrt der Hubbrücke zu erkennen.
1930		Gleichlaufwelle und Kegelradstufe Turm 3 und 4 Aufgrund des unterschiedlichen Tragverhaltens muss die Kegelradstufe ein erhöhtes Moment ertragen.
1931		Alte Schrankentrieb Turm 3 und Turm 4

P 110301		Ortstermin am 18.04.11 Kommentare und Fotodokumentation
Bild IMG xxxx.JPG		Gegenstand
		Kommentar
		Unterhalb der Fahrbahnplatte befindet sich noch der alte nicht mehr in Betrieb befindliche Antrieb. Aufgrund der geringen Platzverhältnisse ist ein Ausbau kaum möglich.
	1935	Gegengewicht Turm 4 Das Seitenspiel zwischen Gegengewicht und Seitenwand Turm 4 beträgt hier noch 5 cm.
	1939	Laufrolle Längsrichtung Turm 4 Nachträglich zur Entlastung des Spurkranzes der Seitenrolle ist eine Laufrolle in Längsrichtung montiert worden..
	1941	Spiel Hubbrücke Mauerwerk Turm 4 Zwischen Hubbrücke und Mauerwerk Turm 4 ist kein Spiel mehr vorhanden.
	1943	Spiel Übergang Fußweg Turm 4 Der Spalt beträgt hier weniger als 0,5cm.
	1944	Kleine Zahnradstufe Turm 3 Das Ritzel und das Zahnrad stehen nicht exakt mittig zueinander. An einem Zahnkopf des großen Zahnrades ist ein Stück herausgebrochen
	1945	Übergang Hubbrücke Turm 4 Die Übergänge wurden wegen der aufgetretenen Setzungen angeglichen.
	1947	Verriegelung Drehschranke Außer der elektrischen Überwachung im Bild links ist auch noch eine mechanische Verriegelung im Bild oben links vorhanden.
	1948	Übergang Hubbrücke Turm 2 Auf der linken Seite ist ein deutlicher Absatz zu erkennen.
	1949	Bedientableau Steuerstand Die Bedienung erfolgt über ein Mosaiktableau. Links ob die Befehle für die Brückenbewegung Schranken und Lichtsignale und links unten die Befehle für die Schifffahrtssignale. Die aktuelle Position einzelnen Baugruppen wird optisch angezeigt.
	1951	Detail Bedientasten Brückensteuerung Diverse Elemente können nur in der Gruppe geschaltet werden, wie z:B. Schranken Oldenburg. Eine Einzelbedienung ist nicht möglich.
	1953	Anzeigen Mosaiktableau Außer der Stromaufnahme und der Spannungsanzeige werden auch Betriebszustände und Sammelstörungen angezeigt.
	1954	Bedienung Schifffahrtssignale Außer den Signalen „Kanal“ und „Hunte“ werden von hier aus auch die „Vorsignale“ geschaltet. Eine Tag-Nacht Schaltung ist vorhanden.
	1958	Innerer Aufbau Schaltschrank Einspeisung Auf der rechten Bildseite sind die Hauptschalter zu erkennen. Oben und rechts sind diverse Schütze und Sicherungen vorhanden. Eine USV Anlage existiert nicht.
	1960	Schranktür Einspeisung Außer den Anzeigen sind hier auch die Hauptschalter und die Phasenüberprüfung, sowie Not-Aus angeordnet.
	1962	Fronttür Schaltschrank Brückenantrieb Der Brückenantrieb (Verriegelung und Hauptantrieb) können mit Hilfe der unteren Tasten bedient werden. In der Bildmitte sind Statusanzeigen und Störungsanzeigen vorhanden.
	1963	Frequenzregler Im Schaltschrank Brückenantrieb ist ein neuer Frequenzregler vorhanden.
IMG	1965	Innenaufbau Schaltschrank Schranken

P 110301		Ortstermin am 18.04.11
		Kommentare und Fotodokumentation
Bild IMG xxxx.JPG		Gegenstand
		Kommentar
		Die Steuerung erfolgt über diverse Schütze, Klemmen, Relais und Sicherungen, die hier für Schrankentriebe abgebildet sind.
	1967	Übersicht Schaltschränke
		Bis auf die Ampeln können alle anderen Komponenten vom Schaltschrankraum gefahren werden. Von hier aus können die Schranken auch einzeln bedient werden.
	1968	Innenaufbau Schaltschrank Ampeln und Schifffahrtssignale
		Diverse Schütze, Klemmen, Relais und Sicherungen für die Ampeln und Schifffahrtssignale. Eine Fadenbruchüberwachung der Leuchtmittel existiert nicht.

Aufgestellt:

Hannover, den 10.5.11

Gramann (Sachbearbeiter Maschinenbau)

ges. Schippke, 16.5.11



IMG_1865



IMG_1867



IMG_1875



IMG_1877



IMG_1881



IMG_1883



IMG_1885



IMG_1888



IMG_1889



IMG_1895



IMG_1896



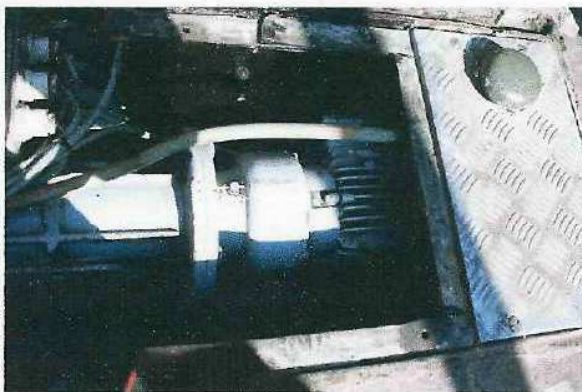
IMG_1900



IMG_1902



IMG_1904



IMG_1905



IMG_1908



IMG_1910



IMG_1911



IMG_1912



IMG_1913



IMG_1914



IMG_1917



IMG_1919



IMG_1921



IMG_1923



IMG_1924



IMG_1925



IMG_1927



IMG_1928



IMG_1929



IMG_1931



IMG_1932



IMG_1935



IMG_1939



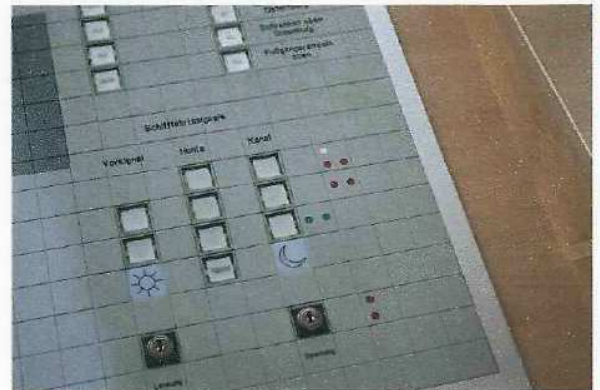
IMG_1941



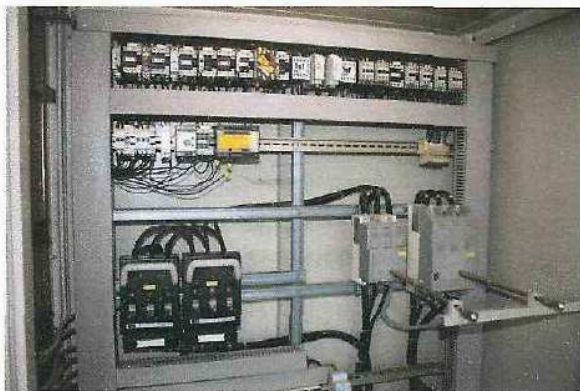
IMG_1943



IMG_1953



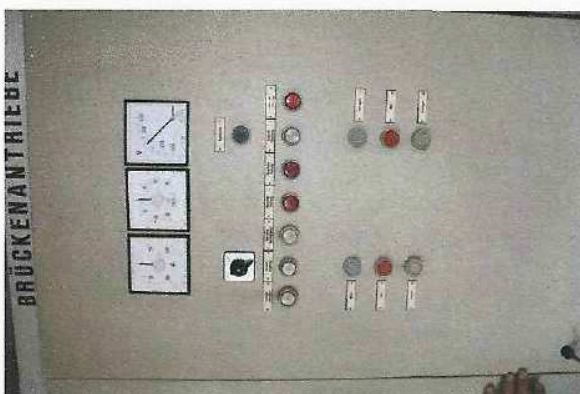
IMG_1954



IMG_1958



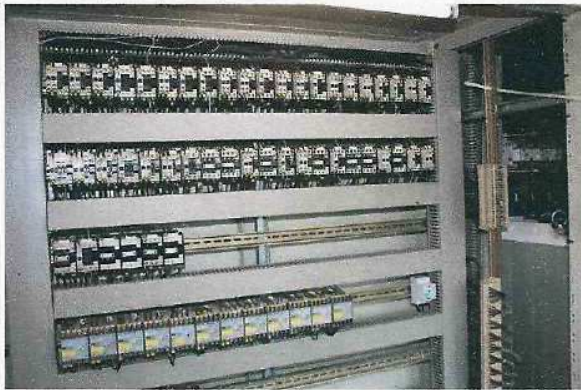
IMG_1960



IMG_1962



IMG_1963



IMG_1965



IMG_1967



IMG_1968

Ortstermin vom 30.09.2010

Anlage 3.2

Übersichten



001 Übersicht Brücke geschlossen IMG_1357.JPG



002 Übersicht Brücke geöffnet IMG_1369.JPG



003 Übersicht IMG_1426.JPG

Antrieb



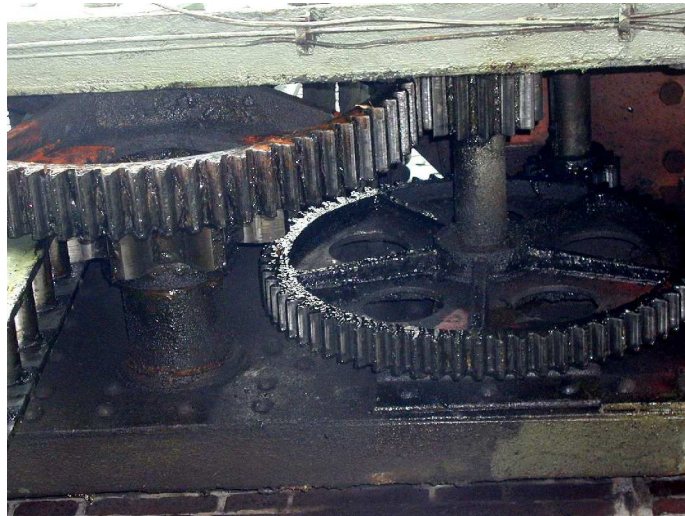
01 P6150575 Antriebsmotor+Getriebe-Endschalter.jpg



02 P6150579 Unters. Quertr. zw. Türmen 1+2.jpg



03 P6150576 Kegelräder am Getriebeturm 2.jpg



04 P6150577 Lokales Getriebe, Turm 2.jpg



05 IMG_1407 Triebstock.JPG



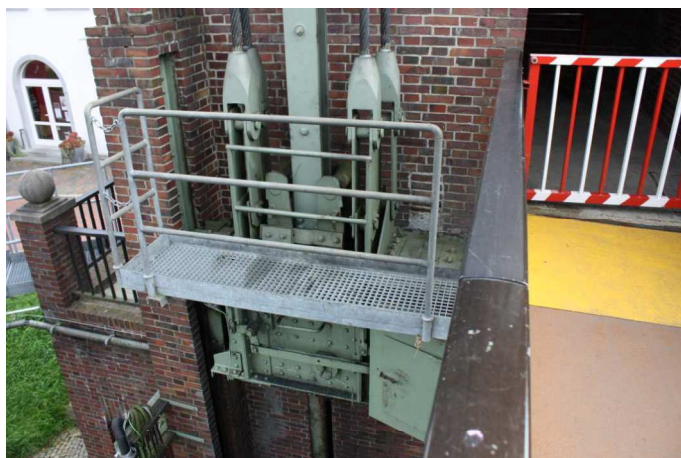
06 P6150581 Zahnstange, Turm 2.jpg



07_1349 obere Triebstockaufhängung.JPG



08 IMG_1377 Geöffnete Verriegelung.JPG



09 geschlossene Verriegelung IMG_1376.JPG

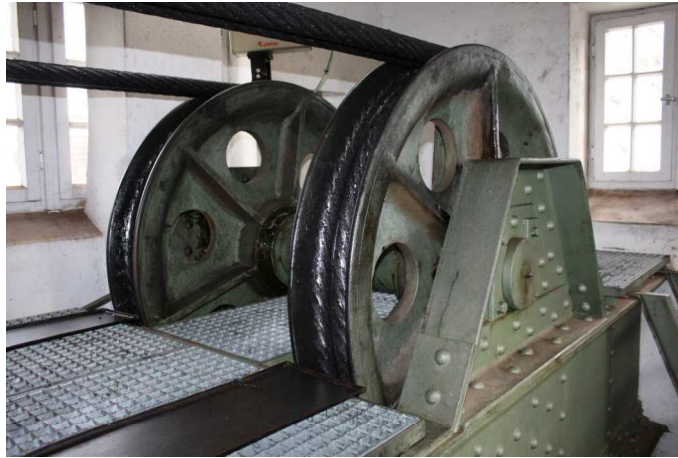


10 Haltetaschen Verriegelung am Triebstock IMG_1352.JPG



11 Detail Gleichlaufwelle und Schubgestänge Verriegelung IMG_1392.JPG

Seile



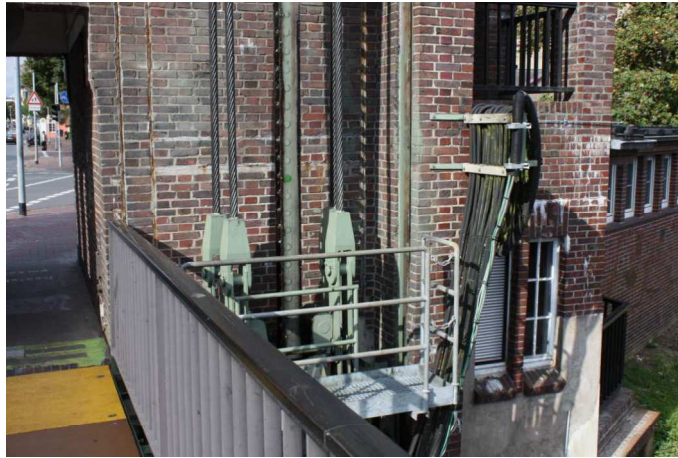
20 Umlenkrolle IMG_1383.JPG



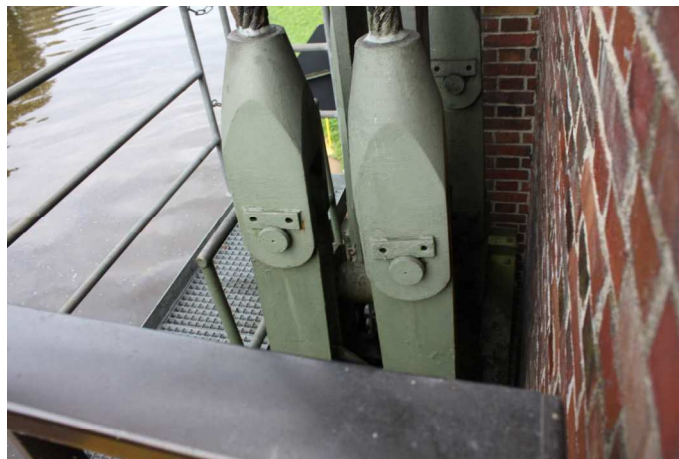
21 P6150574 Umlenkrollen, Turm 4.jpg



22 P6150573 Anlenkung. des Gegengewicht., Turm 3.jpg



23 Anlenkung Hubbrücke IMG_1348.JPG

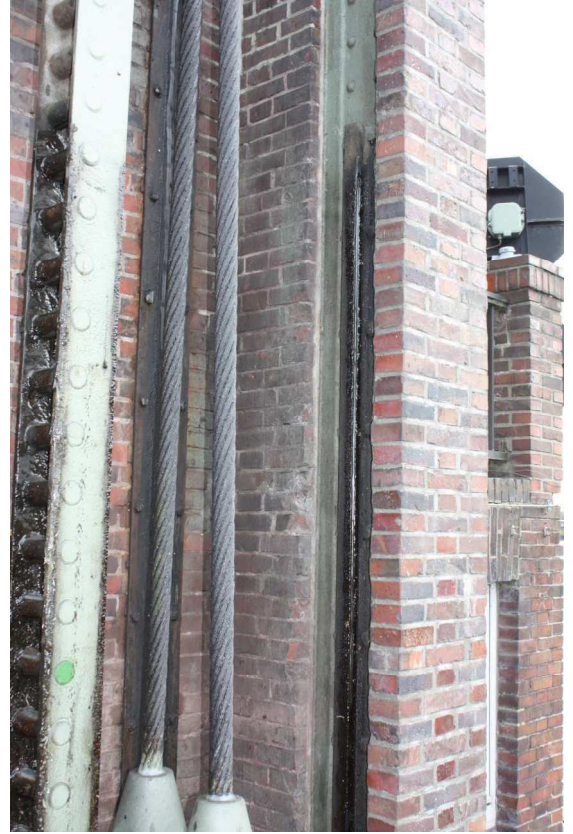


24 Detail Anlenkung Hubbrücke IMG_1374.JPG

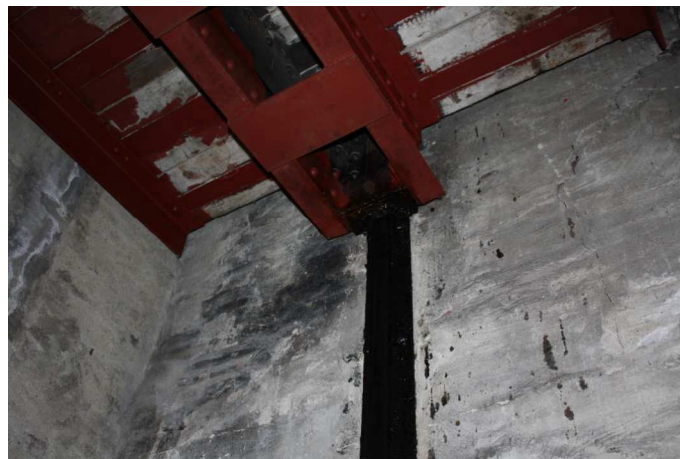
Führungen



30 P6150580 Seitliche Führung, Turm 2.jpg



31 Seitenführung und Längsführung IMG_1425.JPG



32 Gegengewichtsführung IMG_1387.JPG



33 Auflagerbank mit Längszentrierung IMG_1412.JPG

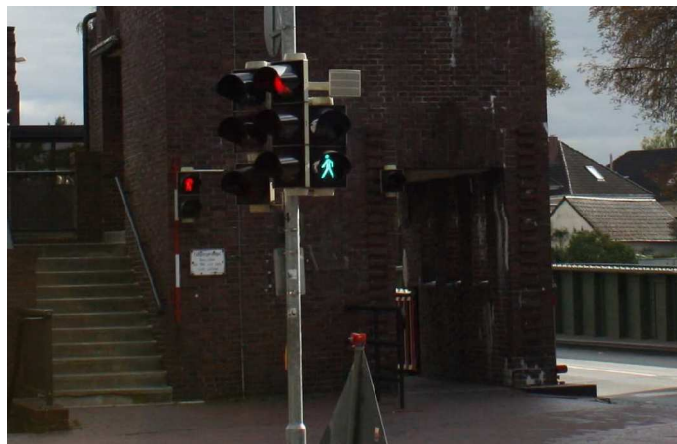


34 Auflager Hubbrücke IMG_1413.JPG

Verkehrssicherungsanlagen



40 Signale rechter Turm IMG_1346.jpg



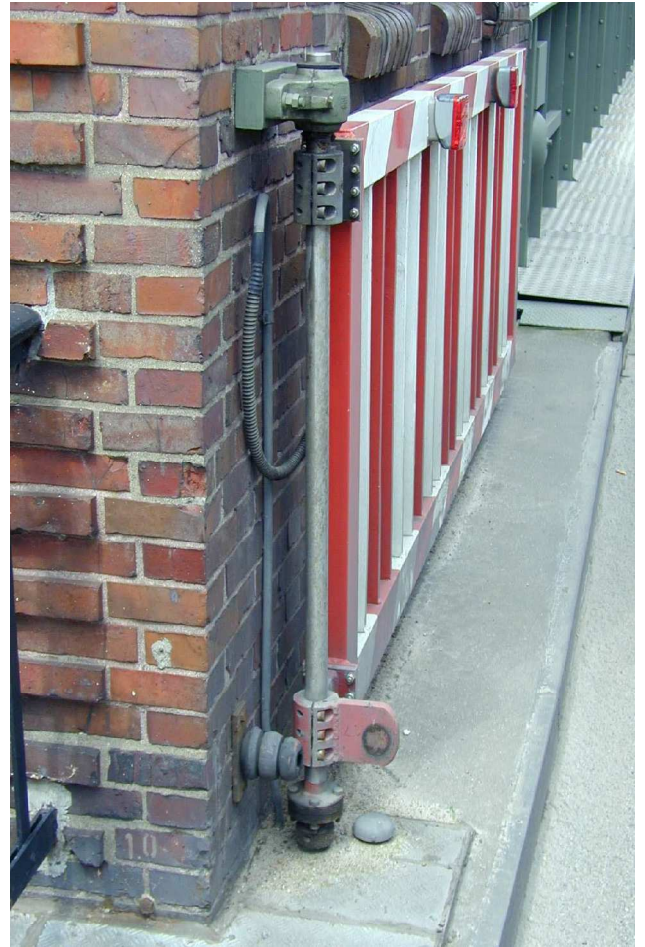
41 Signale linker Turm MG_1346.jpg



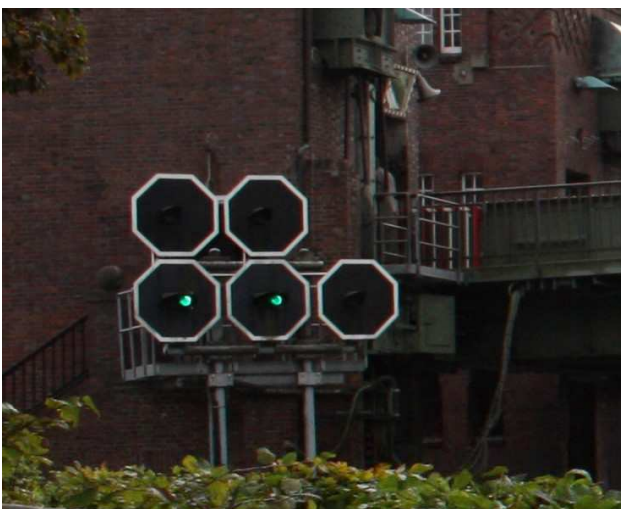
42 Schranken IMG_1369.JPG



43 Gehwegsschranke Turm IMG_1404.JPG



44 Detail Schranke, abfl. Verkehr, Turm P6150571 4.jpg



45 WSA-Signale IMG_1372.jpg



46 WSA Signale Rückseite IMG_1420.JPG

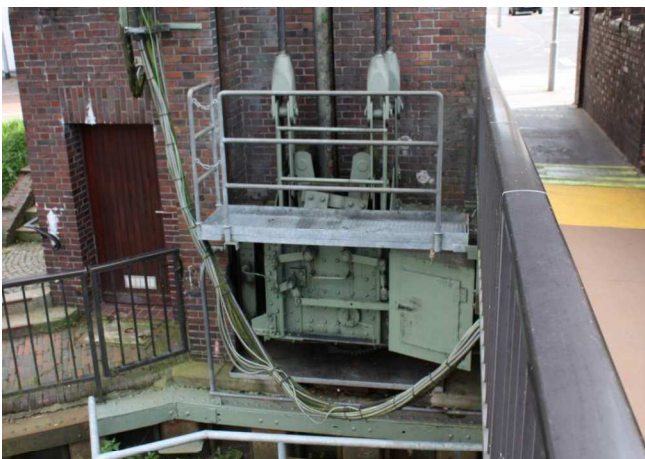
E-Technik



50 Schaltschrankgebäude MG_1357.jpg



51 Leitungen Hiubbrücke Schaltschrankgebäude IMG_1380.JPG



52 Leitungen Turm Hubbrücke IMG_1350.JPG



53 Leitungen unterhalb der Brücke IMG_1393.JPG



54 Bedienhäuschen.jpg

Anlage 4: Antriebe

Anlage 4.1: Bestand Antrieb

Anlage 4.2: Bestand E-Technik

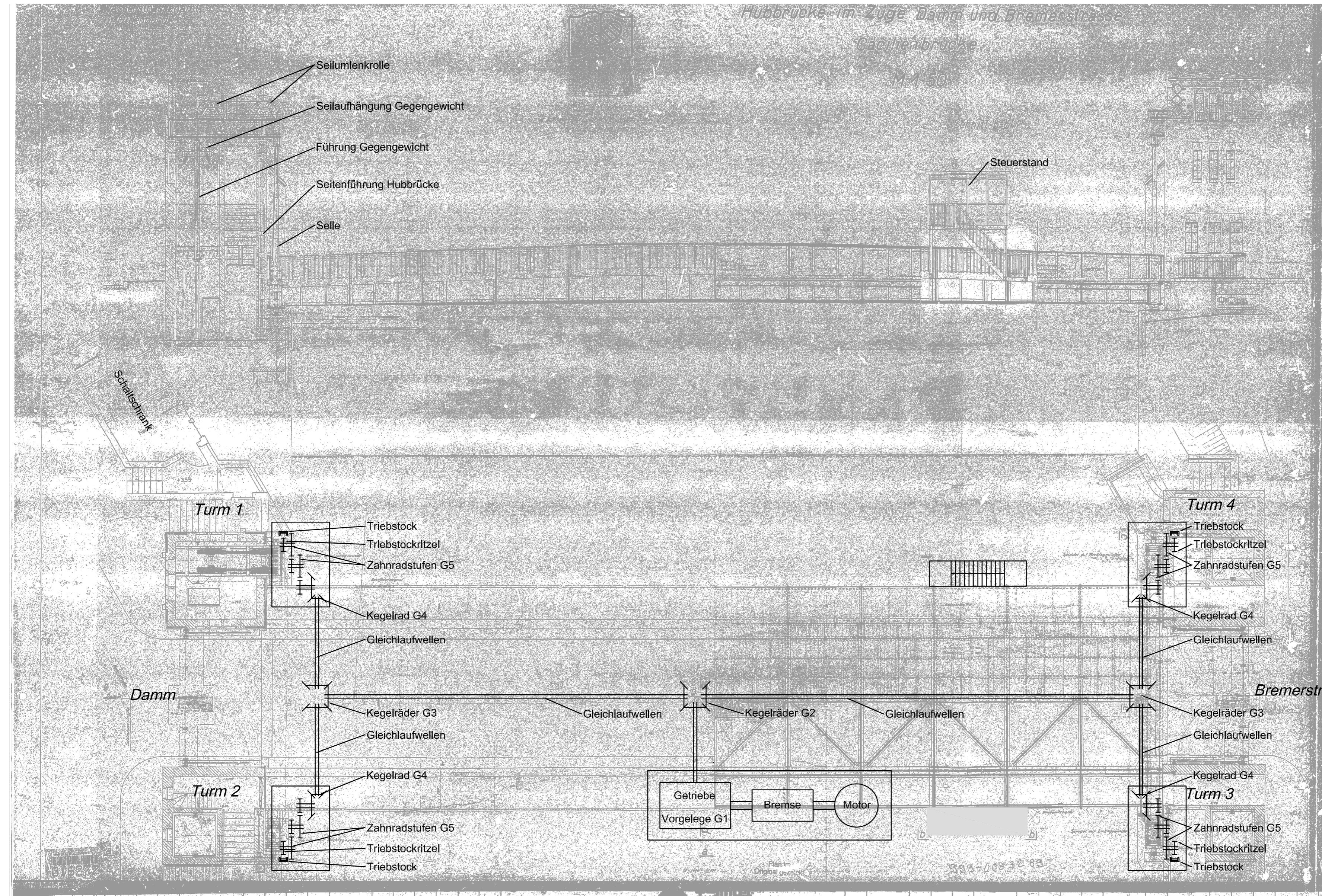
Anlage 4.3: Neukonzept Antrieb

Anlage 4.4: Neukonzept Führungen / Lager

Anlage 4.5: Neukonzept E-Technik

Anlage 4.6: Antriebsvarianten

Anlage 4.1, Bestand, Schematische Darstellung, Antrieb ohne Verriegelung



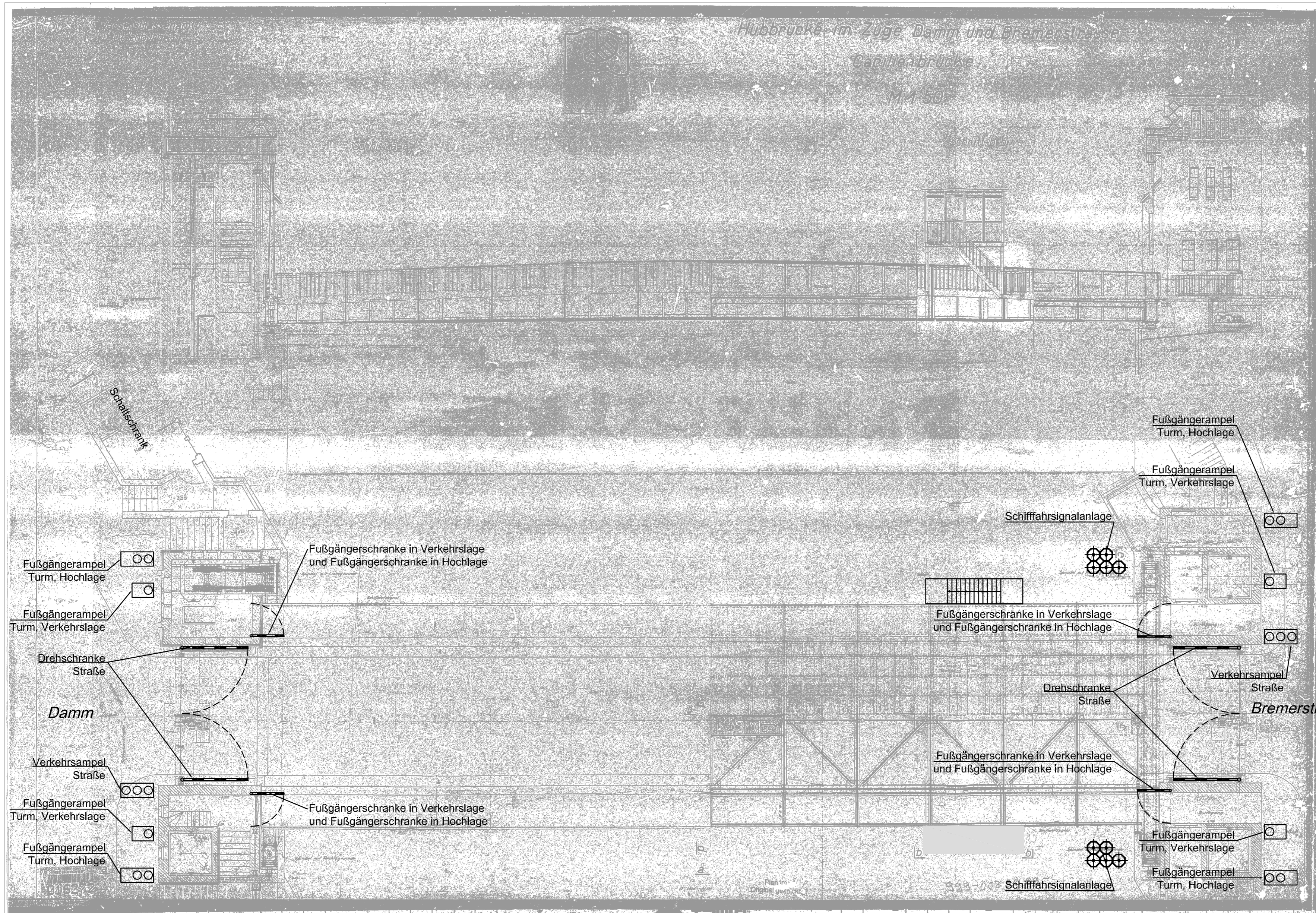
Cäcilienbrücke

DR. SCHIPPKÉ + PARTNER

Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildeshelmer Str. 15, 30169 Hannover Tel.: 0511-28475-0, Fax: 28475-99
E-Mail: hannover@dr-schippke.de Internet: www.dr-schippke.de

Anlage 4.2, Bestand, Schematische Darstellung, Verkehrseinrichtung

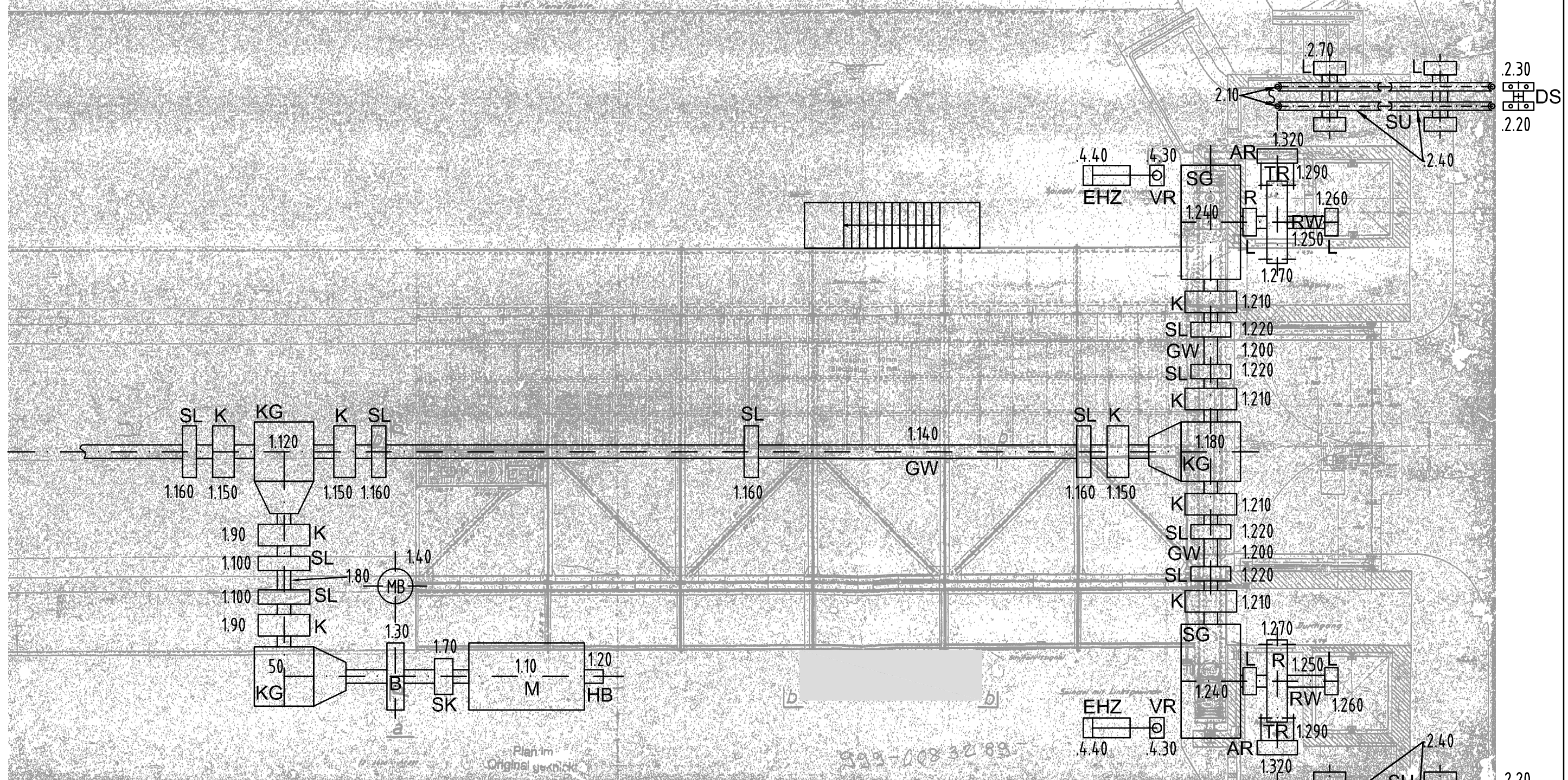


Cäcilienbrücke

DR. SCHIPPKÉ + PARTNER
 Ingenieure im Bauwesen
 Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildesheimer Str. 15, 30169 Hannover Tel.: 0511-28475-0, Fax: 28475-99
 E-Mail: hannover@dr-schippke.de Internet: www.dr-schippke.de

Anlage 4.3, Neukonzept, Maschinentechnische Ausrüstung, Antriebe



LEGENDE:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| SL : Stehlager | L : Lager |
| K : Kupplung | R : Ritzel |
| KG : Kegelradgetriebe | TR : Triebstock |
| MB : Motorbremse | AR : Andrückrolle |
| B : Bremse | RW : Ritzelwell |
| SK : Sicherheitskupplung | S : Seil |
| M : Motor | SU : Seilumlenkrolle |
| HB : Handbetrieb | EHZ: Elektrohubzylinder |
| GW : Gleitlaufwelle | DS : Doppelschwinge |
| SG : Schneckenantrieb | VR : Verriegelung |

Hinweis:

Nummerierung gemäß Ordnungszahlen-Kurz LV, OZ 3.X.XY

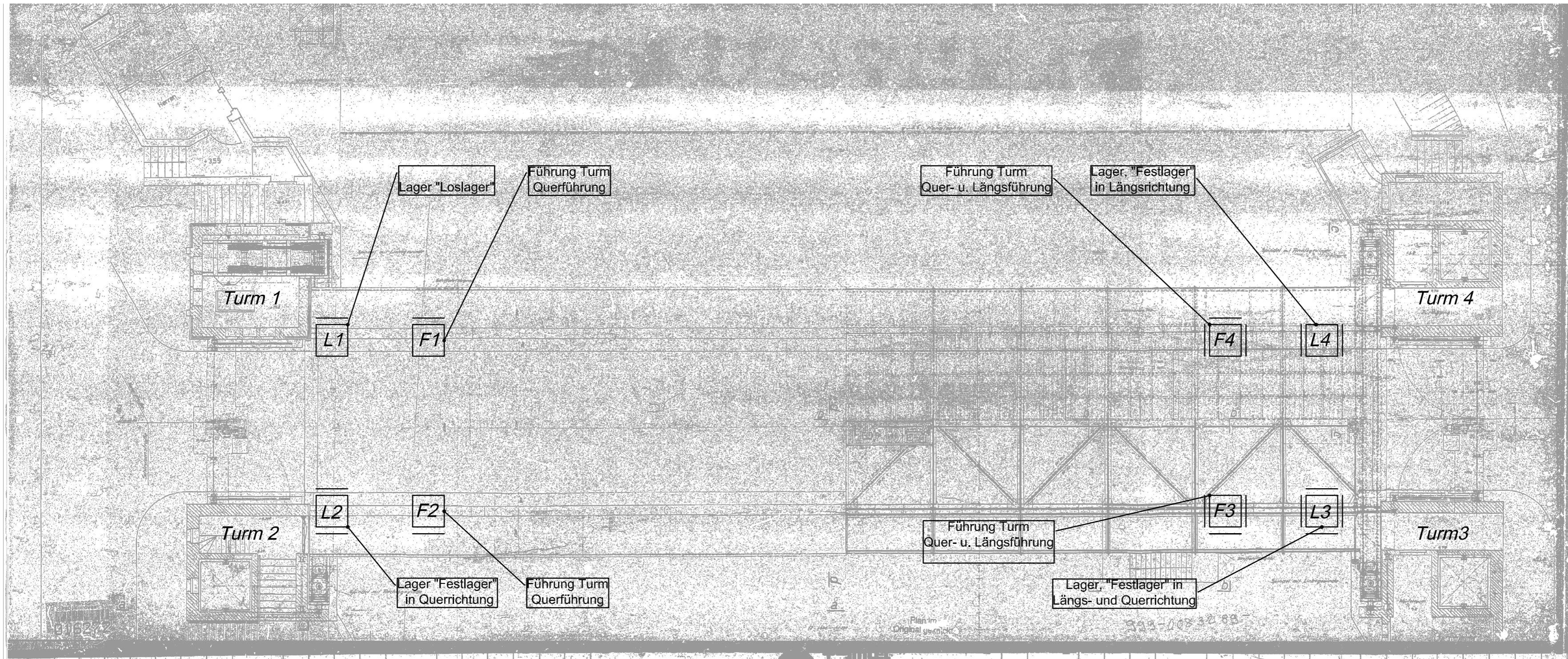
Cäcilienbrücke

DR. SCHIPPKÉ + PARTNER

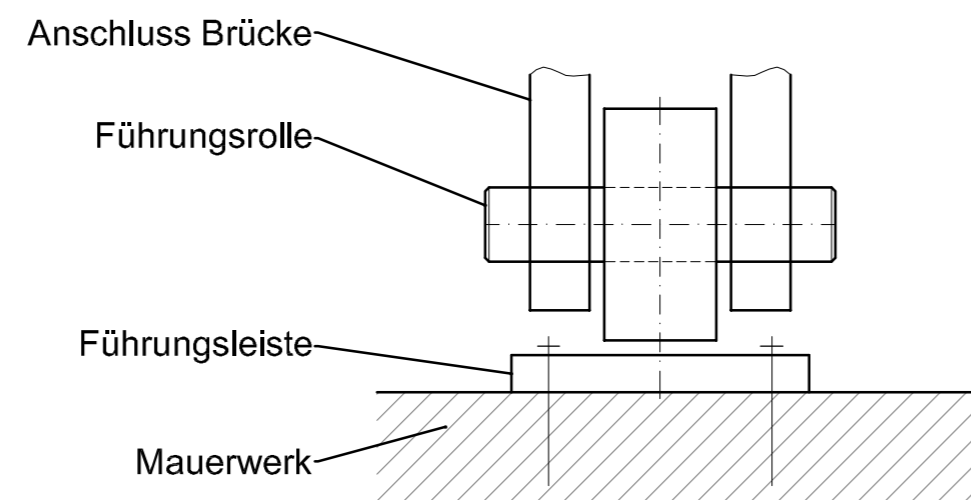
Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildesheimer Str.15, 30169 Hannover Tel.: 0511-28475-0, Fax: -28475-99
E-Mail: hannover@dr-schippke.de Internet: www.dr-schippke.de

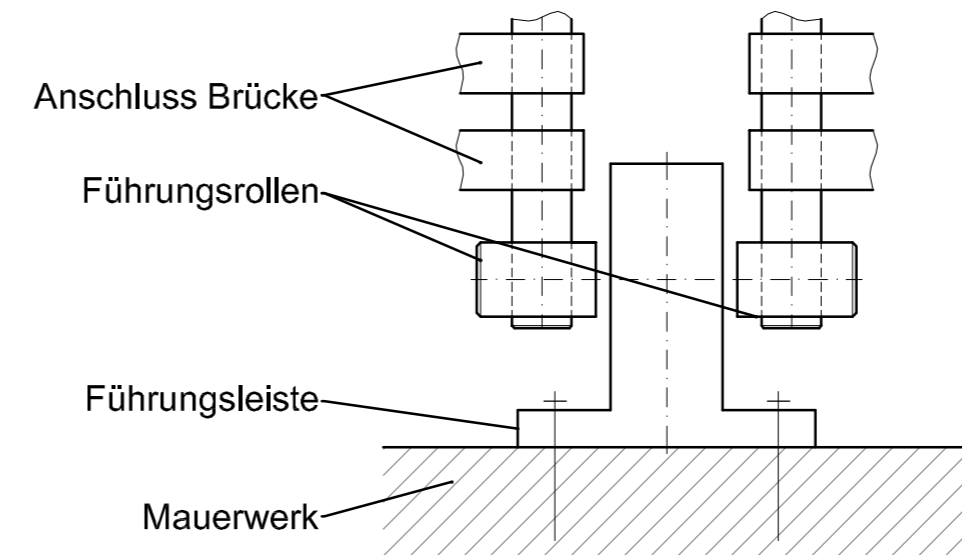
Anlage 4.4, Neukonzept, Maschinentechnische Ausrüstung, Lager + Führungen



Prinzip Führung
Querführung



Prinzip Führung
Längsführung

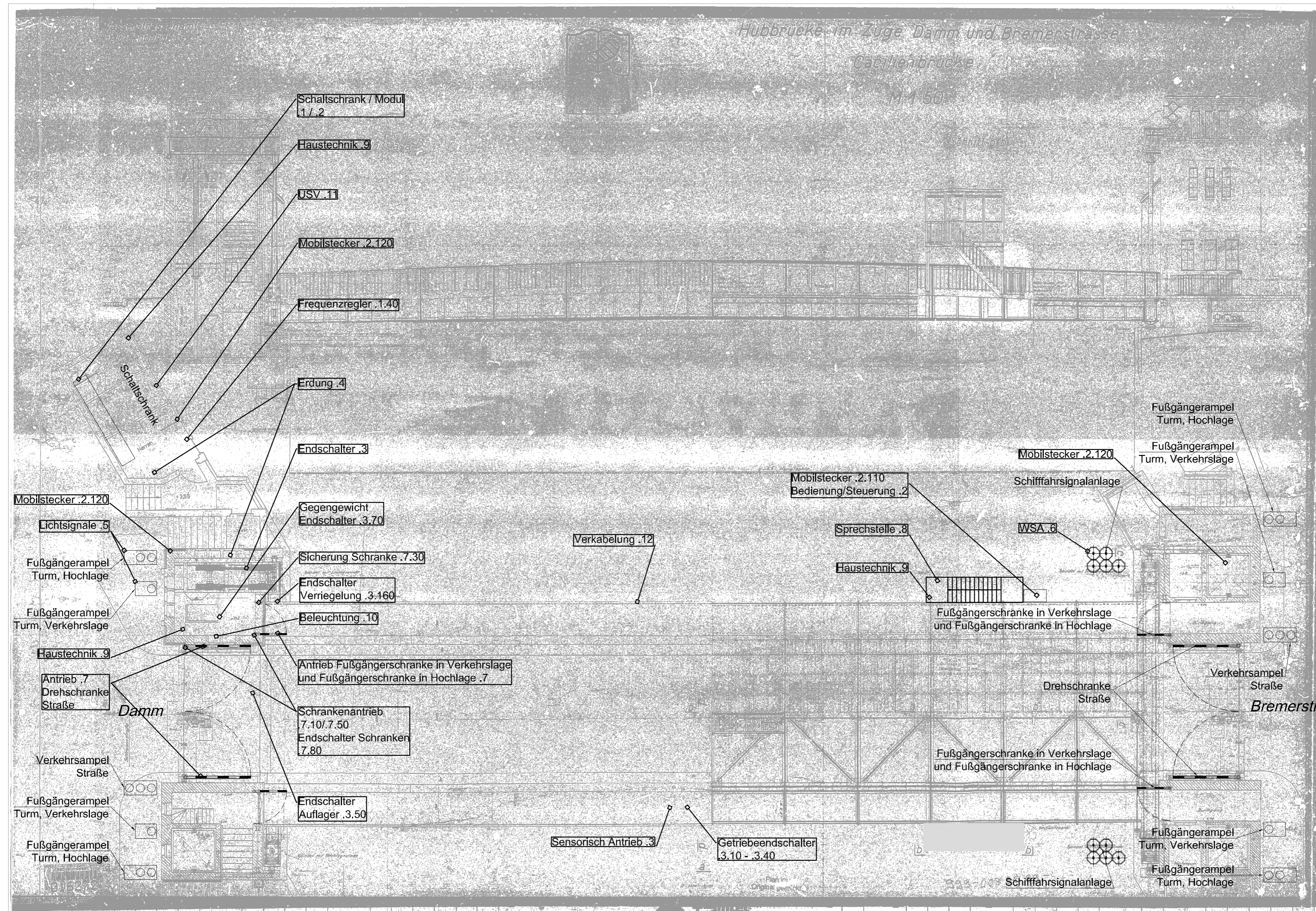


Cäcilienbrücke

DR. SCHIPPKE + PARTNER
Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildeshelmer Str. 15, 30169 Hannover Tel.: 0511-28475-0, Fax: 28475-99
E-Mail: hannover@dr-schippke.de Internet: www.dr-schippke.de

Anlage 4.5 Neukonzept, Elektrische Ausrüstung



Cäcilienbrücke

Hinweis:

Nummerierung gemäß Ordnungszahlen-Kurz LV, OZ 4.X.XY

DR. SCHIPPKÉ + PARTNER
Ingenieure im Bauwesen
Maschinenbau und Elektrotechnik

Hildesheimer Str. 15, 30169 Hannover
E-Mail: hannover@dr-schippke.de
Tel.: 0511-28475-0, Fax: 28475-99
Internet: www.dr-schippke.de

Antriebsvarianten

Anlage 4.6

Im Nachfolgenden werden mögliche Antriebsvarianten mit den Vor und Nachteilen einschließlich der Mehrkosten aufgeführt:

Nr.	Variante	Bauliche Auswirkung	Vorteile	Nachteile	Kosten grob
1	Gemäß 3.2 Ohne Fernsteuerung				2 Mio. €
2	Wie Kurz LV jedoch jede Turmseite mit separatem Motor, elektrischer Gleichlauf	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhter Platzbedarf in den Ecken der Hubbrücke wegen zusätzlichem Motor 	<ul style="list-style-type: none"> - zentraler Antrieb entfällt - keine Gleichlaufwellen und Kegelräder - gute Zugänglichkeit - Triebstockkräfte gleichmäßig - Wegfall Wartungsluke Antriebsmotor im Gehwegbereich 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 Motoren statt 1 Motor dadurch höhere Ausfallwahrscheinlichkeit - Erhöhter Steuerungsaufwand 	Mehrkosten ca. 40 T€
3	Seilwinde statt Triebstock	<ul style="list-style-type: none"> - Seilwinde wegen Platzbedarf nur an den Ecken der Hubbrücke möglich somit bauliche Änderungen an den Ecken der Hubbrücke erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Wegfall Triebstock und Ritzel - Zentrale Antrieb entfällt - Keine Gleichlaufwellen und Kegelräder - Gute Zugänglichkeit - Seilkräfte gleichmäßig - Antriebsentlastung in der Verkehrslage möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Seilantrieb mit Motor an jeder Brückenseite - Seilwinde unterhalb der Hubbrücke, starke Verschmutzung - Es dürfen nur Zugkräfte auftreten - Erhöhter Steuerungsaufwand 	Kostenneutral Jedoch höhere Wartungskosten
4	Hydraulikmotor statt Getriebe	<ul style="list-style-type: none"> - Stahlbauliche Änderungen im Bereich des jetzigen Antriebsmotors - Größere Wartungsluke - In den Ecken der Hubbrücke geringer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> - Gleiche Triebstockkräfte durch Kurzschluss der Leitungen - Wegfall der Gleichlaufwelle und der Getriebe - Gute Geschwindigkeitsregulierung durch verstellbare Pumpen 	<ul style="list-style-type: none"> - Aggregat und Rohrleitungen unter der Hubbrücke - Erhöhter Platzbedarf Aggregat - Spezialanfertigung wegen Einbauhöhe 	Mehrkosten 150T€

Nr.	Variante	Bauliche Auswirkung	Vorteile	Nachteile	Kosten grob
5	Hydraulikzylinder in den Türmen ohne Gegengewichtsausgleich	<ul style="list-style-type: none"> - Zylinder im Hubturm - Umbau der Ecken der Hubbrücke wegen Zylinderanschluss mit Kragarm - Neugestaltung der Hubtürme möglich - Separater Raum für Hydraulikanlage im Hubturm 	<ul style="list-style-type: none"> - Wegfall der Seilkonstruktion und der Gegengewichte - Wegfall des Triebstocks und der mechanischen Antriebe - Gute Zugänglichkeit - Gesicherte Zylinderkräfte - Gute Überwachungsmöglichkeiten - Ölleckagen können aufgefangen werden - Antrieb vor Vandalismus geschützt 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhter Energieverbrauch 	<p>Mehrkosten 300 T€</p> <p>Wartungskosten etwas geringer wegen Wegfall Seilwechsel</p>
6	Spindelantrieb anstatt Triebstock	<ul style="list-style-type: none"> - keine wesentlichen baulichen Änderungen vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruhiger gleichmäßiger Bewegungsablauf 	<ul style="list-style-type: none"> - Spindel steht im Freien - Vandalismusgefahr infolge Beschädigungen der Spindelgewinde 	
7	Offene Getriebestufen anstatt geschlossenen Getriebestufen	<ul style="list-style-type: none"> - keine 	<ul style="list-style-type: none"> - Offene Zahnradstufen können bei einer Inspektion direkt begutachtet werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwändige Sonderanfertigung und Speziallagerung der Wellen - Zugänglichkeit schwieriger - aufgrund der erforderlichen Schmierung kann das Schmierfett ins Wasser gelangen - Nach DIN 19704-2 dürfen nur noch die beiden Endstufen offen ausgeführt werden. 	<p>Mehrkosten 240 T€</p>

Anlage 5: Leistungsverzeichnis

Anlage 5.1: Kurz-LV mit Kosten, Instandsetzung TA

Anlage 5.2: Kurz-LV mit Kosten Brückentürme

Kurztext Leistungsverzeichnis

Anlage 5.1

Projektdaten:

Projektbezeichnung: Cäcilienbrücke Oldenburg
Projektname: P110301
PLZ:
Ort:
Straße:

Vergabedaten:

Art der Ausschreibung:

Ort der Angebotsabgabe:
Datum der Angebotseröffnung:
Uhrzeit der Angebotseröffnung:
Zuschlagsfrist:

Ausführungstermine:

Ausführungsbeginn: (Soll)
Ausführungsende: (Soll)
Ausführungsbeginn: (Ist)
Ausführungsende: (Ist)

Auftraggeberdaten

Auftraggeber:
Straße:
PLZ:
Ort:

LV-Daten:

LV-Bezeichnung:	Kostenschätzung Technische ..	
LV-Name:	KURZLV TA	
LV-Betrag:		1.987.300,00 EUR

Angebotssumme: **1.987.300,00 EUR**

zuzüglich 19,00 % Mehrwertsteuer: 377.587,00 EUR

Angebotssumme brutto: **2.364.887,00 EUR**

Bei Zahlung innerhalb 18 Tagen ohne Abzug

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
1.	Baustelleneinrichtung Technische Ausrüstung				
1.1.	Baustelle				
1.1.10.	Baustelle einrichten	1,000	psch		12.000,00
1.1.20.	Baustelle einräumen	1,000	psch		2.000,00
	Summe 1.1.		Baustelle		14.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
1.2.	Montagehilfsmittel			
1.2.10.	Bereitstellung Autokran	1,000 psch		20.000,00
1.2.20.	Bereitstellung Ponton	1,000 psch		12.000,00
	Summe 1.2.			32.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
1.3.	Verkehrssicherung				
1.3.10.	Verkehrsumlenkung einrichten	1,000	psch		8.000,00
1.3.20.	Verkehrsumlenkung Überwachung	1,000	psch		4.000,00
1.3.30.	Verkehrsumlenkung abbauen	1,000	psch		2.500,00
1.3.40.	Bauzaun	1,000	psch		3.000,00
	Summe 1.3.		Verkehrssicherung		17.500,00
	Summe 1.		Baustelleneinrichtung Technische Ausrü..		63.500,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.	Technische Bearbeitung Technische Ausrüstung				
2.1.	Unterlagen TA				
2.1.10.	Bestandsaufnahme Technische Ausrüstung..	1,000	psch		7.500,00
2.1.20.	Bestandsaufnahme Technische Ausrüstung..	1,000	psch		7.500,00
2.1.30.	Ausführungsunterlagen Maschinenbau	1,000	psch		60.000,00
2.1.40.	Ausführungsunterlagen E-Technik	1,000	psch		40.000,00
2.1.50.	Risikobewertung	1,000	psch		15.000,00
2.1.60.	Bestandsunterlagen Maschinenbau	1,000	psch		9.000,00
2.1.70.	Bestandsunterlagen E-Technik	1,000	psch		6.000,00
2.1.80.	Wartungsanweisung Maschinenbau	1,000	psch		5.000,00
2.1.90.	Wartungsanweisung E-Technik	1,000	psch		6.000,00
	Summe 2.1.				156.000,00
	Unterlagen TA				

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.2.	Messungen TA				
2.2.10.	Messungen Brückengewicht je Lager Hubbrücke vor dem Umbau	1,000	psch		6.000,00
2.2.20.	Messungen Brückengewicht nach dem Umbau	1,000	psch		6.000,00
2.2.30.	Messungen Gegengewicht	4,000	St	2.500,00	10.000,00
2.2.40.	Messung Stromaufnahme Motor vor dem Umbau	1,000	psch		2.000,00
2.2.50.	Messung Stromaufnahme Motor nach dem Umbau	1,000	psch		2.000,00
2.2.60.	Schweißnahtprüfungen	1,000	psch		5.000,00
2.2.70.	Potentialausgleichmessung Erdung	1,000	psch		5.000,00
2.2.80.	Isolationsmessung Elektrokabel	1,000	psch		4.000,00
	Summe 2.2.		Messungen TA		40.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.3.	Inbetriebnahme TA				
2.3.10.	Inbetriebsetzung	1,000	St	12.000,00	12.000,00
2.3.20.	Mithilfe Probebetrieb	1,000	St	6.000,00	6.000,00
2.3.30.	Schulung Einweisung Bedienpersonal	3,000	Tag	1.000,00	3.000,00
2.3.40.	Funktionsprüfung	10,000	Tag	600,00	6.000,00
2.3.50.	Koordinator	1,000	psch		25.000,00
	Summe 2.3.		Inbetriebnahme TA		52.000,00
	Summe 2.		Technische Bearbeitung Technische Ausr..		248.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.	Maschinenbau				
3.1.	Antrieb				
3.1.10.	Motor 30 kW IP55 frequenzregelbar	1,000	St	8.000,00	8.000,00
3.1.20.	Handantrieb	1,000	St	5.000,00	5.000,00
3.1.30.	Backenbremse	1,000	St	6.500,00	6.500,00
3.1.40.	Antrieb Backenbremse	1,000	St	5.500,00	5.500,00
3.1.50.	Vorgelege Getriebe IP 67 mit Untersetz.. und ein Abgang	1,000	St	5.000,00	5.000,00
3.1.60.	Unterkonstruktion Motor, Bremse Getriebe	1,000	St	8.000,00	8.000,00
3.1.70.	Sicherheitskupplung Begrenzung der Motormomente	1,000	St	3.500,00	3.500,00
3.1.80.	Antriebswelle	1,000	St	1.500,00	1.500,00
3.1.90.	Elastische Kupplung Antriebswelle	2,000	St	1.250,00	2.500,00
3.1.100.	Stehlager Antriebswelle	2,000	St	750,00	1.500,00
3.1.110.	Unterkonstruktion Stehlager	2,000	St	500,00	1.000,00
3.1.120.	Kegelradgetriebe IP 67 mit Untersetzun.. zwei Abgängen für Längsrichtung	1,000	St	6.000,00	6.000,00
3.1.130.	Unterkonstruktion Kegelradgetriebe	1,000	St	2.500,00	2.500,00
3.1.140.	Gleichlaufvollwelle Längsrichtung	2,000	St	2.500,00	5.000,00
3.1.150.	Elastische Kupplung Gleichlaufwelle ..	4,000	St	1.500,00	6.000,00
3.1.160.	Stehlager Gleichlaufwelle Längsrichtung	6,000	St	750,00	4.500,00
3.1.170.	Unterkonstruktion Stehlager	6,000	St	500,00	3.000,00
3.1.180.	Kegelradgetriebe IP 67 ohne Untersetzun.. für Querrichtung	2,000	St	8.000,00	16.000,00
3.1.190.	Unterkonstruktion Kegelradgetriebe Querrichtung	2,000	St	2.500,00	5.000,00
3.1.200.	Gleichlaufvollwelle Querrichtung	4,000	St	2.500,00	10.000,00
3.1.210.	Elastische Kupplung Gleichlaufwelle ..	8,000	St	1.000,00	8.000,00
3.1.220.	Stehlager Gleichlaufwelle Querrichtung	12,000	St	850,00	10.200,00
3.1.230.	Unterkonstruktion Stehlager	12,000	St	600,00	7.200,00
3.1.240.	Selbsthemmendes Schneckenantrieb IP 67	4,000	St	18.000,00	72.000,00
3.1.250.	Antriebswelle Ritzel	4,000	St	3.500,00	14.000,00
3.1.260.	Lagerung Antriebswelle (Wälzlager)	4,000	St	1.500,00	6.000,00
3.1.270.	Antriebsritzel mit Bund	4,000	St	5.500,00	22.000,00
3.1.280.	Unterkonstruktion Ritzel, Schnecken- getriebe, Kegelradgetriebe	4,000	St	6.000,00	24.000,00
3.1.290.	Triebstock mit Rückenblech	4,000	St	18.000,00	72.000,00
3.1.300.	Obere gelenkiger Anschluss Triebsock	4,000	St	4.000,00	16.000,00
3.1.310.	Federpaket Triebstock	4,000	St	5.000,00	20.000,00
3.1.320.	Einstellbare Andrückrollen Triebstock schwingende Lagerung	4,000	St	6.000,00	24.000,00
3.1.330.	Schmierleitungen Lager	1,000	psch		8.000,00
3.1.340.	Abdeckungen Gleichlaufwelle	1,000	psch		8.000,00
	Summe 3.1.		Antrieb		417.400,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.2.	Seile				
3.2.10.	Drahtseile Gegengewicht Duchmesser ca,..	16,000	St	5.000,00	80.000,00
3.2.20.	Doppelschwinge Seilanschluss beim Gege..	4,000	St	8.000,00	32.000,00
3.2.30.	Schwinge Anschluss Doppelschwinge am Gegengewicht mit Verstellung	4,000	St	8.000,00	32.000,00
3.2.40.	Umlenkrolle Gegengewicht D ca. 1200mm	16,000	St	4.000,00	64.000,00
3.2.50.	Fütterung Umlenkrolle	16,000	St	1.500,00	24.000,00
3.2.60.	Anpassung Unterkonstruktion Umlenkrollen	4,000	St	3.500,00	14.000,00
3.2.70.	Lagerung einschl. Welle Umlenkrolle	32,000	St	1.000,00	32.000,00
3.2.80.	Seilanschluss an Hubbrücke	16,000	St	2.500,00	40.000,00
	Summe 3.2.		Seile		318.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.3.	Führungen				
3.3.10.	Laufrolle Seitenquerführung Hubbrücke	8,000	St	3.000,00	24.000,00
3.3.20.	Schiene Seitenquerführung	4,000	St	5.000,00	20.000,00
3.3.30.	Verstellbare Laufrolle Seitenlängsführ.. Turm 3 und Turm 4	4,000	St	4.500,00	18.000,00
3.3.40.	Schiene Seitenlängsführung	2,000	St	5.000,00	10.000,00
3.3.50.	Seitenführung Gegengewicht Gleitleisten	32,000	St	500,00	16.000,00
3.3.60.	Führungsschiene Gleitführung Gegengewi..	8,000	St	3.500,00	28.000,00
3.3.70.	Schmierleitungen Lager	1,000	psch		4.000,00
	Summe 3.3.		Führungen		120.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.4.	Verriegelung				
3.4.10.	Auflager, Zapfen Triebstock Verriegelung	4,000	St	5.000,00	20.000,00
3.4.20.	Verriegelungsrollen einschl. Lager	8,000	St	2.500,00	20.000,00
3.4.30.	Mechanik Verriegelungsrollen	4,000	St	5.000,00	20.000,00
3.4.40.	Elektrozylinder 20 kN Antrieb Verriege..	4,000	St	7.000,00	28.000,00
3.4.50.	Unterkonstruktion Elektrohubzylinder	4,000	St	4.500,00	18.000,00
3.4.60.	Schmierleitungen Lager Verriegelung	1,000	psch		3.000,00
	Summe 3.4.		Verriegelung		109.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.5.	Podeste				
3.5.10.	Podest Antriebsmotor Hubbrücke	1,000	St	8.000,00	8.000,00
3.5.20.	Wartungsluke Antriebsmotor	1,000	St	4.500,00	4.500,00
3.5.30.	Podest Kegelradgetriebe Längsrichtung	1,000	St	5.000,00	5.000,00
3.5.40.	Wartungsluke Kegelradgetriebe	1,000	St	3.500,00	3.500,00
	Summe 3.5.		Podeste		21.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.6.	Auflager			
3.6.10.	Brückenlager (quer - und längsfest)	1,000 St	5.000,00	5.000,00
3.6.20.	Brückenlager (querfest)	1,000 St	4.500,00	4.500,00
3.6.30.	Brückenlager (längsfest)	1,000 1	4.500,00	4.500,00
3.6.40.	Brückenlager (Loslager)	1,000 St	4.000,00	4.000,00
3.6.50.	Dämpfer Auflager z.B. Oleo)	4,000 St	4.000,00	16.000,00
	Summe 3.6.			34.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
3.7.	Rückbau Maschinentechnik				
3.7.10.	Rückbau Altanlage	1,000	psch		15.000,00
3.7.20.	Rückbau Seile und Zubehör	4,000	St	8.000,00	32.000,00
3.7.30.	Rückbau Führungen	1,000	psch		16.000,00
3.7.40.	Rückbau Verriegelung	1,000	psch		8.000,00
3.7.50.	Rückbau Podeste	1,000	psch		5.000,00
3.7.60.	Rückbau Auflager	4,000	St	1.500,00	6.000,00
3.7.70.	Rückbau Altantrieb Schranken	1,000	psch		12.000,00
3.7.80.	Rückbau Antrieb Schranken unter der ..	2,000	St	6.000,00	12.000,00
Summe 3.7.	Rückbau Maschinentechnik				106.000,00
Summe 3.	Maschinenbau				1.125.400,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.	E-Technik				
4.1.	Schaltanlagen				
4.1.10.	Haupteinspeisung	1,000	St	12.000,00	12.000,00
4.1.20.	Noteinspeisung	1,000	St	6.000,00	6.000,00
4.1.30.	Leistungsschrank	1,000	St	9.000,00	9.000,00
4.1.40.	Schaltanlage mit Frequenzregler Antrie..	1,000	St	18.000,00	18.000,00
4.1.50.	Schaltanlage Verriegelung, Bremse	1,000	St	9.000,00	9.000,00
4.1.60.	Schaltanlage Schranken	1,000	St	10.000,00	10.000,00
4.1.70.	Schaltanlage Lichtsignale Verkehr#	1,000	St	8.000,00	8.000,00
4.1.80.	Schaltanlage Allgemeine Verbraucher	1,000	St	7.000,00	7.000,00
4.1.90.	Schaltanlage WSA	1,000	St	6.000,00	6.000,00
4.1.100.	Schaltanlage Steuerung	1,000	St	8.000,00	8.000,00
	Summe 4.1.		Schaltanlagen		93.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.2.	Steuerung, Bedienung				
4.2.10.	SPS- Module (CPU; Digital, Analog)	1,000	psch		15.000,00
4.2.20.	Steuermodul Lichtsignale Verkehr	12,000	St	1.000,00	12.000,00
4.2.30.	Steuermodul Schranken Verkehr	12,000	St	1.000,00	12.000,00
4.2.40.	Steuermodul Lichtsignale WSA	2,000	St	1.000,00	2.000,00
4.2.50.	Steuermodul Hauptantrieb	1,000	St	5.500,00	5.500,00
4.2.60.	Steuermodul Verriegelung	4,000	St	1.500,00	6.000,00
4.2.70.	Steuermodul Beleuchtung	1,000	psch		1.200,00
4.2.80.	Steuermodul USV	1,000	St	2.500,00	2.500,00
4.2.90.	Leitrechner mit Monitor	1,000	St	4.500,00	4.500,00
4.2.100.	Software Steuerung, Rechner	1,000	psch		12.000,00
4.2.110.	Mobil-Panel	1,000	St	5.500,00	5.500,00
4.2.120.	Stecker, Kabel MobilPanel	4,000	St	800,00	3.200,00
4.2.130.	Visualisierung Leitrechner	1,000	St	12.000,00	12.000,00
4.2.140.	Visualisierung Mobil-Panel	1,000	St	8.000,00	8.000,00
4.2.150.	Hardwaremäßige Bedieneinrichtungen am Schaltschrank	1,000	psch		8.000,00
4.2.160.	Drucker	1,000	St	500,00	500,00
4.2.170.	Schreibtisch	1,000	St	1.000,00	1.000,00
4.2.180.	Bürostuhl	2,000	St	400,00	800,00
4.2.190.	Klimaanlage Steuerstand (?)	1,000	St	4.000,00	4.000,00
4.2.200.	Rollcontainer	1,000	St	800,00	800,00
	Summe 4.2.		Steuerung, Bedienung		116.500,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.3.	Spezille Einrichtungen, Sensorik				
4.3.10.	Getriebeendschalter Verkehrslage	2,000	St	1.200,00	2.400,00
4.3.20.	Getriebevorderschalter Verkehrslage	2,000	St	750,00	1.500,00
4.3.30.	Getriebeendschalter Hochlage	2,000	St	1.200,00	2.400,00
4.3.40.	Getriebevorderschalter Hochlage	2,000	St	750,00	1.500,00
4.3.50.	Endschalter abgelegte Hubbrücke Verkehrslage am Auflager	4,000	St	500,00	2.000,00
4.3.60.	Unterkonstruktion Endschalter Freischal..	4,000	St	500,00	2.000,00
4.3.70.	Notendschalter Aufsetzen Gegengewicht	4,000	St	1.000,00	4.000,00
4.3.80.	Unterkonstruktion Notendschalter	4,000	St	500,00	2.000,00
4.3.90.	Endschalter Überwachung Bremse	4,000	St	500,00	2.000,00
4.3.100.	Unterkonstruktion Endschalter Bremse	2,000	St	500,00	1.000,00
4.3.110.	Überwachung Motor Bremse	1,000	psch		1.000,00
4.3.120.	Überwachung Motor Hauptantrieb	1,000	psch		1.000,00
4.3.130.	Drehmomentüberwachung Antrieb	4,000	St	1.500,00	6.000,00
4.3.140.	Überwachung, Endschalter Sicherheitsku..	2,000	St	500,00	1.000,00
4.3.150.	Schrankenüberwachung	1,000	psch		8.000,00
4.3.160.	Endschalter Verriegelung (entriegelt, verriegelt)	16,000	St	500,00	8.000,00
4.3.170.	Unterkonstruktion Endschalter Verriege..	16,000	St	300,00	4.800,00
4.3.180.	Lichtsignalüberwachung Verkehr	1,000	psch		4.000,00
4.3.190.	Lichtsignalüberwachung WSA	1,000	psch		4.000,00
4.3.200.	Überwachung Einspeisung	1,000	psch		2.500,00
4.3.210.	Potentialfreier Kontakt zur Steuerung Strassenverkehr	2,000	St	1.500,00	3.000,00
4.3.220.	Not-Halt-Taste	6,000	St	800,00	4.800,00
4.3.230.	Not-Halt Reset-Taste Bedientisch, Scha..	2,000	St	800,00	1.600,00
4.3.240.	Stop-Taste Bedientisch	1,000	St	800,00	800,00
Summe 4.3.	Spezille Einrichtungen, Sensorik				71.300,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.4.	Erdung				
4.4.10.	Prüfung Fundamenterder	1,000	psch		500,00
4.4.20.	Blitzschutz Türme	1,000	psch		4.000,00
4.4.30.	Erdung Hubbrücke	1,000	psch		2.000,00
4.4.40.	Erdung Technische Ausrüstung	1,000	psch		3.000,00
4.4.50.	Erdung Podeste	1,000	psch		1.500,00
	Summe 4.4.		Erdung		11.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.5.	Lichtsignale Straßenverkehr				
4.5.10.	Lichtsignale Fußgängerampeln einfeldrig LED Technik	2,000	St	1.500,00	3.000,00
4.5.20.	Lichtsignale, zweifeldrig Fußgängerampeln LED Technik	4,000	St	2.000,00	8.000,00
4.5.30.	Lichtsignale Verkehr dreifeldrig LED Technik	2,000	St	3.000,00	6.000,00
	Summe 4.5.				17.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.6.	Schiffahrtssignale			
4.6.10.	Instandsetzungsarbeiten Lichtsignale WSA	2,000 St	1.500,00	3.000,00
	Summe 4.6.			3.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.7.	Schranken				
4.7.10.	Drehantrieb Fußgängerschranken IP67	8,000	St	2.500,00	20.000,00
4.7.20.	Rutschkupplung Antrieb Fußgängerschranke	8,000	St	750,00	6.000,00
4.7.30.	Verriegelung Fußgängerschranken	8,000	St	1.500,00	12.000,00
4.7.40.	Getriebefundament Antrieb Fußgängersch..	8,000	St	2.000,00	16.000,00
4.7.50.	Drehantrieb Straßenschranken IP67	4,000	St	3.000,00	12.000,00
4.7.60.	Rutschkupplung Antrieb Straßenschranken	4,000	St	700,00	2.800,00
4.7.70.	Getriebefundament Antrieb Straßenschran..	4,000	St	2.200,00	8.800,00
4.7.90.	Klemmkasten IP67	12,000	St	750,00	9.000,00
	Summe 4.7.		Schranken		86.600,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.8.	Sprecheinrichtung				
4.8.10.	Lautsprecher Straßenverkehr	4,000	St	750,00	3.000,00
4.8.20.	Lautsprecher Schifffahrt	2,000	St	750,00	1.500,00
4.8.30.	Sprechstelle Lautsprecher	1,000	St	1.200,00	1.200,00
4.8.40.	Handfunkgeräte	1,000	St	1.200,00	1.200,00
4.8.50.	Telefonanlage	1,000	St	500,00	500,00
4.8.60.	Einbindung Seefunk	1,000	St	400,00	400,00
	Summe 4.8.		Sprecheinrichtung		7.800,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.9.	Haustechnik				
4.9.10.	Ausrüstung Steuerstand Steckdosen Beleuchtung	1,000	psch		4.000,00
4.9.20.	Ausrüstung E-Raum Steckdosen Beleuchtung	1,000	psch		6.000,00
4.9.30.	Ausrüstung Räume Türme Steckdosen Beleuchtung	1,000	psch		8.000,00
	Summe 4.9.		Haustechnik		18.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.10.	Beleuchtung			
4.10.10.	Außenbeleuchtung Türme	12,000 St	800,00	9.600,00
4.10.20.	Beleuchtung Hubbrücke	4,000 St	800,00	3.200,00
4.10.30.	Beleuchtung WSA	4,000 St	1.000,00	4.000,00
4.10.40.	Wartungsbeleuchtung Antriebe	6,000 St	600,00	3.600,00
	Summe 4.10.			20.400,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.11.	USV-Anlage				
4.11.10.	USV-Anlage 5 kVA Technische Ausrüstung	1,000	St	5.000,00	5.000,00
4.11.20.	Batterie USV-Anlage für 2 Stunden	1,000	St	5.000,00	5.000,00
4.11.30.	Unterverteilung USV Anlage	1,000	St	1.500,00	1.500,00
4.11.40.	Bypass USV-Anlage	1,000	St	800,00	800,00
	Summe 4.11.				12.300,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.12.	Kabel, Leitungen				
4.12.10.	Leistungskabel	1,000	psch		10.000,00
4.12.20.	Steuerkabel	1,000	psch		15.000,00
4.12.30.	Datenkabel	1,000	psch		4.000,00
4.12.40.	Leerrohre Niro Außenbereich	1,000	psch		12.000,00
4.12.50.	Kabelpritschen Niro Innenbereich	1,000	psch		9.000,00
4.12.60.	Kunststoffpanzerrohr Innenbereich für Einzelkabel	1,000	psch		3.500,00
4.12.70.	Kabelschleppkette	2,000	St	2.000,00	4.000,00
4.12.80.	Erdarbeiten Erdkabel	1,000	psch		9.000,00
	Summe 4.12.		Kabel, Leitungen		66.500,00

Kurztext Leistungsverzeichnis

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.13.	Rückbau E-Technik				
4.13.10.	Schaltanlagen	1,000	psch		8.000,00
4.13.20.	Kabel und Kabeltrassen	1,000	psch		5.000,00
4.13.30.	Antriebe Schranken	1,000	psch		6.000,00
4.13.40.	Sensoren	1,000	psch		2.000,00
4.13.50.	Steuerstand	1,000	psch		5.000,00
4.13.60.	Sonstige (Leuchtmittel, Haustechnik ..	1,000	psch		1.000,00
	Summe 4.13.		Rückbau E-Technik		27.000,00
	Summe 4.		E-Technik		550.400,00

Kurztext Leistungsverzeichnis
Zusammenstellung

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

Ordnungszahl	Kurztext	Betrag in EUR
1.	Baustelleneinrichtung Technische Ausrüstung	
1.1.	Baustelle	14.000,00
1.2.	Montagehilfsmittel	32.000,00
1.3.	Verkehrssicherung	17.500,00
	Summe 1.	
	Baustelleneinrichtung Technische Ausrü..	63.500,00

**Kurztext Leistungsverzeichnis
Zusammenstellung**

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

Ordnungszahl	Kurztext	Betrag in EUR
2.	Technische Bearbeitung Technische Ausrüstung	
2.1.	Unterlagen TA	156.000,00
2.2.	Messungen TA	40.000,00
2.3.	Inbetriebnahme TA	52.000,00
Summe 2.	Technische Bearbeitung Technische Ausr..	248.000,00

Kurztext Leistungsverzeichnis
Zusammenstellung

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

Ordnungszahl	Kurztext	Betrag in EUR
3.	Maschinenbau	
3.1.	Antrieb	417.400,00
3.2.	Seile	318.000,00
3.3.	Führungen	120.000,00
3.4.	Verriegelung	109.000,00
3.5.	Podeste	21.000,00
3.6.	Auflager	34.000,00
3.7.	Rückbau Maschinentchnik	106.000,00
	Summe 3. Maschinenbau	1.125.400,00

Kurztext Leistungsverzeichnis
Zusammenstellung

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

Ordnungszahl	Kurztext	Betrag in EUR
4.	E-Technik	
4.1.	Schaltanlagen	93.000,00
4.2.	Steuerung, Bedienung	116.500,00
4.3.	Spezielle Einrichtungen, Sensorik	71.300,00
4.4.	Erdung	11.000,00
4.5.	Lichtsignale Straßenverkehr	17.000,00
4.6.	Schiffahrtssignale	3.000,00
4.7.	Schranken	86.600,00
4.8.	Sprecheinrichtung	7.800,00
4.9.	Haustechnik	18.000,00
4.10.	Beleuchtung	20.400,00
4.11.	USV-Anlage	12.300,00
4.12.	Kabel, Leitungen	66.500,00
4.13.	Rückbau E-Technik	27.000,00
	Summe 4.	
	E-Technik	550.400,00

**Kurztext Leistungsverzeichnis
Zusammenstellung**

Projekt: P110301 Cäcilienbrücke Oldenburg
LV: KURZLV TA Kostenschätzung Technische Ausrüstung Instandse..

Ordnungszahl	Kurztext	Betrag in EUR
LV	KURZLV TA	
1.	Baustelleneinrichtung Technische Ausrüstung	63.500,00
2.	Technische Bearbeitung Technische Ausrüstung	248.000,00
3.	Maschinenbau	1.125.400,00
4.	E-Technik	550.400,00
	Summe LV	1.987.300,00
	KURZLV TA Kostenschätzung Technische ..	1.987.300,00

Zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer aus
in Höhe von 19,00 %

1.987.300,00 EUR
377.587,00 EUR

2.364.887,00 EUR

Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH

Kostenschätzung

Projekt: 11043 Cäcilienbrücke
 LV: Kurz LV Cäcili.. Vorentwurf Instandsetzung Cäcilienbrücke- Kosten..

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
5.	Brückentürme			
5.1.	Technische Bearbeitung			
5.1.10.	Technische Bearbeitung Verkehrssicherung	1,000 psch		10.000,00
	Summe 5.1. Technische Bearbeitung			10.000,00
5.2.	Vorbereitende Arbeiten			
5.2.10.	Gerüste/ Brückenpfeiler	4,000 St	10.000,00	40.000,00
5.2.20.	Verbau für Ertüchtigung Gründung	4,000 St	12.500,00	50.000,00
5.2.30	Ausbau Überbau mit Schwimmkran und Zwischenlagerung, Wiedereinbau	1,000 psch		50.000,00
	Summe 5.2. Vorbereitende Arbeiten			140.000,00
5.3.	Rückbauarbeiten			
5.3.10.	Abbruch Brückentürme	400,000 m³	300,00	120.000,00
5.3.20.	Sicherung der Verblendsteine	1 psch		60.000,00
5.3.30	Abbruch Stahlkonstruktion	1 psch		10.000,00
5.3.40	Rückbau Ausstattung und Entsorgung	1 psch		10.000,00
	Summe 5.3. Rückbauarbeiten			200.000,00
5.4.	Massivbauarbeiten			
5.4.10.	Mauerwerksarbeiten	4,000 Stck	15.000,00	60.000,00
5.4.20.	Neubau Stahlbetonkonstruktion	4,000 Stck	115.000,00	460.000,00
5.4.30	Sanierung im Gründungsbereich, Risse etc.	1,000 psch		20.000,00
	Summe 5.4. Massivbauarbeiten			540.000,00
5.5.	Ausbau und Ausstattung			
5.5.10.	Fenster, Türen	1,000 psch		40.000,00
5.5.20.	sonstige Ausstattung, (TGA)	1,000 psch		40.000,00
	Summe 5.5. Ausbau und Ausstattung			80.000,00
Summe 5.	Brückentürme			970.000,00

Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH

6.	Behelfsbrücke		
6.1.	Behelfsbrücke/ Rampe		
6.1.10.	Verkehrssicherung	1,000 psch	20.000,00
6.1.20.	Behelfsbrücke/ Rampe liefern/ vorhalte..	1,000 psch	200.000,00
6.1.30.	Bohrpfahlgründung Behelfsbrücke	1,000 psch	50.000,00
6.1.40.	Gründung Rampe	1,000 psch	10.000,00
<hr/>			
Summe 6.1.	Behelfsbrücke/ Rampe		280.000,00
<hr/>			
Summe 6.	Behelfsbrücke		280.000,00
<hr/>			
Summe LV	Kurz LV Cäcilienbrücke TA gaeb 90 Vor..		1.250.000,00
Zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer aus			1.250.000,00 EUR
in Höhe von 19,00 %			237.500,00 EUR
			1.487.500,00 EUR
<hr/>			

Anlage 6: Weitere Unterlagen

Weitere Unterlagen

Anlage 6

Unterlagen zum Ingenieurvertrag:

- EC225, Lageplan
- EC227, Schnitte nördlicher Turm
- EC215, Gründung, Spundwandverankerung Bremer Straße
- 01672, Schnitte a-a, b-b, Grundriss
- 015638, Ramm- und Fundamentplan Dammseite
- Blatt 05, Ramm- und Verankerungsplan Uferstraße, 2007
- Blatt 14, Ramm- und Verankerungsplan Kanalstraße, 2007

Zeichnungen aus A 200302 (alt, nur als Papierunterlage vorhanden):

- Lageplan Küstenkanal
- End-Querträger
- Ansichten, Schnitte, Ist-Zustand
- Ramm- und Fundamentplan
- Ramm- und Verankerungsplan
- Schnitt A – A
- Revisionszeichnung
- Spundwände, Ramm- und Verankerungsplan
- Widerlager, Gründung, 1. Spundwandverankerung
- Schnittzeichnung des nördlichen Turms
- Zahnstange mit Aufhängung
- Widerlager
- Zusammenfassung der Seile
- Brückenüberbauten
- Schnitte Türme
- Übersicht
- Schnittzeichnung des nördlichen Turms
- Seilrolle 1200
- Seilanschluss für Gegengewicht mit Seilachse
- Widerlager
- Übersichtsplan
- Widerlager, Gründung und Spundwandverankerung
- Backenbremse
- Backenbremse 175
- Details
- Backenbremse 300
- Brückenaufhängung mit Antrieb
- Schnittzeichnung zum südlichen Turm
- Verkehrs-Auflager

Unterlagen per CD am 14.04.11:

- Statischen Nachrechnung
- Statischen Nachrechnung
- Statischen Nachrechnung, 2009
- Anlage, Baugrundachten
- Rissüberprüfung, 2005
- Standsicherheitsnachweis, 2009
- Lageplan KK Km 0,9-0,0.tif

Bestandspläne per CD am 14.04.11:

- Lageplan KK Km 0,9-0,0.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Kanalstraße km 0,82- 0,625.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Kanalstraße km 0,625- 0,435.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Kanalstraße km 0,435-0,205.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Kanalstraße km 0,205-0,000.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Uferstraße km 0,85- 0,675.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Uferstraße km 0,675-0,47.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Uferstraße km 0,47-0,25.tif
- Bohr. u. Sondier Ergebnisse Uferstraße km 0,25- 0,00.tif
- Längsschnitt Kanalstraße km 0,9 - 0,0.tif
- Längsschnitt Uferstraße km 0,9 - 0,0.tif
- 999-0082784-0000.tif, Brückensignal nach Oberhalb, Schnitte, Ansichten
- 999-0082785-0000.tif, Brückensignal nach Unterhalb, Schnitte, Ansichten
- 999-0082786-0000.tif, Brückenvorsignal, Schnitte, Ansichten, Draufsicht
- 999-0083036-0000.tif, Südlicher Fahrbahnübergang
- 999-0083037-0000.tif, Fahrbahnübergang und Lager
- 999-0083038-0000.tif, Motorkasten mit Abdeckung
- 999-0083039-0000.tif, Gitterroste für das Schrammbord
- 999-0083040-0000.tif, Fahrbahnen
- 999-0083041-0000.1.tif, Verstärkungen
- 999-0083041-0000.2.tif, Verstärkungen
- 999-0083042-0000.1.tif, Windverband und Motorbühne
- 999-0083042-0000.2.tif, Windverband und Motorbühne
- 999-0083043-0000.1.tif, Schnitte, Details
- 999-0083043-0000.2.tif, Schnitte, Details
- 999-0083044-0000.tif, Zeichnung einer Granittreppe
- 999-0083045-0000.tif, Fenster der Türme
- 999-0083046-0000.tif, Handläufer und Geländer
- 999-0083047-0000.tif, Überbauten
- 999-0083048-0000.tif, Überbauten
- 999-0083049-0000.tif, Dachrinne, Abflussrohr, Rollenhaube
- 999-0083050-0000.tif, Türen und Deckenluken der Türme
- 999-0083051-0000.tif, Ramm- und Fundamentplan
- 999-0083052-0000.tif, Zusammenstellung der Seile
- 999-0083053-0000.tif, Gründung und Spundwandverankerung
- 999-0083054-0000.tif, Gründung und Spundwandverankerung

Unterlagen (Fortsetzung)

- 999-0083055-0000.tif, Ansichten und Schnitte
- 999-0083056-0000.tif, Ramm- und Fundamentplan, Zusatzpfähle
- 999-0083057-0000.tif, Lageplan, Einrichtungen
- 999-0083058-0000.tif, Tragkonstruktionen
- 999-0083059-0000.1.tif, Tragkonstruktionen
- 999-0083059-0000.2.tif, Tragkonstruktionen
- 999-0083060-0000.tif, Auflager, Traverse
- 999-0083061-0000.tif, Flanschlager
- 999-0083062-0000.tif, Stehlager
- 999-0083063-0000.tif, Übersicht
- 999-0083064-0000.tif, Verkehrsaufleger
- 999-0083065-0000.1.tif, Brückenaufhängung mit Antrieb
- 999-0083065-0000.2.tif, Brückenaufhängung mit Antrieb
- 999-0083066-0000.1.tif, Hubwerk
- 999-0083066-0000.2.tif, Hubwerk
- 999-0083067-0000.1.tif, Turm mit Gegengewicht
- 999-0083067-0000.2.tif, Turm mit Gegengewicht
- 999-0083068-0000.tif, Bedienungsstand
- 999-0083069-0000.tif, Stehlager 100 hoch
- 999-0083070-0000.tif, Anordnung eines Bedienungsstandes
- 999-0083071-0000.tif, Stehlager 90 hoch
- 999-0083072-0000.tif, Anordnung der Befestigungsseile
- 999-0083073-0000.tif, Schifffahrtssignal
- 999-0083074-0000.1.tif, Steuerstand
- 999-0083074-0000.2.tif, Steuerstand
- 999-0083074-0000.3.tif, Steuerstand
- 999-0083075-0000.tif, Entwurf für die Beleuchtung der Unterkante des Hauptträgers
- 999-0083076-0000.tif, Beleuchtung der Unterkante des Hauptträgers
- 999-0083077-0000.tif, Endschalter, Verbindungen, Signale
- 999-0083078-0000.tif, Schaltplan
- 999-0083079-0000.tif, Signalbilder
- 999-0083080-0000.tif, Schaltplan, Schiffsignale
- 999-0083081-0000.tif, Lageplan, Einrichtungen
- 999-0083082-0000.tif, Übersichtszeichnung
- 999-0083083-0000.tif, Schaltpulte
- 999-0083084-0000.tif, Durchbiegungsmessungen
- 999-0083085-0000.tif, Verlauf der Durchbiegung bei Be- und Entlastung
- 999-0083086-0000.tif, Durchbiegung bei ruhender Belastung
- 999-0083087-0000.tif, Durchbiegungsmessungen bei rollender Belastung
- 999-0083088-0000.tif, Durchbiegungsmessungen
- 999-0083089-0000.tif, Durchbiegungsmessungen, Übersichten der Messstellen
- 999-0083090-0000.tif, Durchbiegungsmessungen, Übersichten der Messstellen
- 999-0083091-0000.tif, Brückenwärter nicht einzusehender Raum, versch. Höhenlagen
- 999-0083092-0000.tif, Kabelleiter
- 999-0083093-0000.tif, Erneuerung des Schrammbord
- 999-0083094-0000.tif, Bewehrungszeichnung zur teilweisen Betonierung

Unterlagen (Fortsetzung)

- 999-0083095-0000.tif, Wellen zur Notverriegelung
- 999-0083096-0000.tif, Stirnräder
- 999-0083097-0000.tif, Anordnung der Endsachalter
- 999-0083098-0000.tif, Backenbremse 160
- 999-0083099-0000.tif, Handantriebsausrückung
- 999-0083100-0000.tif, Wellen zur Notverriegelung
- 999-0083101-0000.tif, Maschinenrahmen
- 999-0083102-0000.tif, Stirn- und Kegelräder zur Fahrbahnseite
- 999-0083103-0000.tif, Stirnräder und Triebstock
- 999-0083104-0000.tif, Schutzkasten, Antrieb der Notverriegelung
- 999-0083105-0000.tif, Antrieb der Notaufhängung
- 999-0083106-0000.1.tif, Drehschranken, Zusammenstellung
- 999-0083106-0000.2.tif, Drehschranken, Zusammenstellung
- 999-0083107-0000.tif, Seitliche Führungsrolle 300
- 999-0083108-0000.tif, Seilanschluss für Gegengewicht und Seilachse
- 999-0083109-0000.tif, Zahnräder und Segmente
- 999-0083110-0000.tif, Wellen zur Notverriegelung
- 999-0083111-0000.tif, Änderung der Ausrüstung
- 999-0083112-0000.tif, Hauptstrom Endschaltung
- 999-0083113-0000.tif, Blockierungsschalter für die Notaufhängung
- 999-0083114-0000.tif, Endschaltung
- 999-0083115-0000.tif, Stirnrad-Vorgelege
- 999-0083116-0000.tif, Kugelrad-Vorgelege
- 999-0083117-0000.tif, Stirnrad-Vorgelege
- 999-0083118-0000.tif, Ritzel
- 999-0083119-0000.tif, Seilrolle 1200
- 999-0083120-0000.tif, Kabelplan
- 999-0083121-0000.tif, Schaltplan - Schaltpult 2
- 999-0083122-0000.tif, Schaltbild
- 999-0083123-0000.tif, Zahnstange mit Aufhängung
- 999-0083124-0000.tif, Schaltplan - Schaltpult 1
- 999-0083125-0000.tif, Stromlaufplan - Hauptstrom
- 999-0083126-0000.tif, Stromlaufplan – Hilfsstrom
- 999-0083127-0000.tif, Schaltplan, Hub Werk und Riegelantrieb
- 999-0083128-0000.tif, Stromlaufplan, Schiff und Signale
- 999-0083129-0000.tif, Schaltplan - Haupt- und Steuerverteilung
- 999-0083130-0000.tif, Stromlaufplan - Meldelampen
- 999-0083131-0000.tif, Schaltplan, Schranke 1 und 2
- 999-0083132-0000.tif, Schaltung Klemmen Kasten
- 999-0083133-0000.tif, Schaltung Klemmen Kasten
- 999-0083134-0000.tif, Deckel in Abdeckung für den Tummelbaum
- 999-0083135-0000.tif, Gehäuse für Schneckenantrieb
- 999-0083136-0000.tif, Kegelradvorgelege
- 999-0083137-0000.tif, Kegelradvorgelege
- 999-0083138-0000.tif, Stehlager 125 hoch
- 999-0083139-0000.tif, Höhenmessungen

Unterlagen (Fortsetzung)

- 999-0083095-0000.tif, Wellen zur Notverriegelung
- 999-0083140-0000.tif, Abdeckung der Kabelleitungen
- 999-0083141-0000.tif, Befestigungen der Markierungsstreifen zw. den Windverbänden
- 999-0083142-0000.tif, Schifffahrtssignal
- 999-0083143-0000.tif, Stehlager 130 hoch
- 999-0083144-0000.tif, Stehlager 55 hoch
- 999-0083145-0000.tif, Stehlager 60 hoch
- 999-0083146-0000.tif, Augenlager 50, Bohrungen
- 999-0083147-0000.tif, Auflager zum Windwerksträger
- 999-0083148-0000.tif, Augenlager 60, Bohrungen
- 999-0083149-0000.tif, Seilrollen
- 999-0083150-0000.tif, Backenbremse 175
- 999-0083151-0000.tif, Tummelbaum
- 999-0083152-0000.tif, Einzelteile der Drehschranke
- 999-0083153-0000.tif, Ausrückvorrichtung
- 999-0083154-0000.tif, Maschinenrahmen und Schrankenflügel
- 999-0083155-0000.tif, Bewegliche Klauenkupplung
- 999-0083156-0000.tif, Führungsschienen für Gegengewichte
- 999-0083157-0000.tif, Obere Drehschranken
- 999-0083158-0000.tif, Endschaltung
- 999-0083159-0000.tif, Tragkonstruktion
- 999-0083160-0000.tif, Backenbremse
- 999-0083161-0000.tif, Brückenüberbauten
- 999-0083162-0000.tif, Brückenüberbauten
- 999-0083163-0000.tif, Wellen
- 999-0083288-0000.tif, Übersichtsplan
- 999-0083331-0000.1.tif, Geländer und Fußwegträger
- 999-0083331-0000.2.tif, Fahrbahn, Details, Nieten
- 999-0083332-0000.1.tif, Fahrbahn, Details, Nieten
- 999-0083332-0000.2.tif, Verkehrs-Auflager
- 999-0083333-0000.tif, Übersichtsplan
- 999-0083334-0000.1.tif, Übersichtsplan
- 999-0083334-0000.2.tif, Übersichtsplan
- 999-0083335-0000.1.tif, Übersichtsplan
- 999-0083335-0000.2.tif, Übersichtsplan
- 999-0083336-0000.tif, Gehweg und Geländer Konstruktion, Nord
- 999-0083337-0000.tif, Gehweg und Geländer Konstruktion, Süd
- 999-0083338-0000.tif, Aluminium Geländer
- 999-0083339-0000.tif, Gehwegabdeckung
- 999-0083340-0000.1.tif, Endquerträger
- 999-0083340-0000.2.tif, Endquerträger
- 999-0083341-0000.1.tif, Übersichtsplan
- 999-0083341-0000.2.tif, Übersichtsplan
- 999-0083342-0000.1.tif, Tragkonstruktion
- 999-0083342-0000.2.tif, Tragkonstruktion

Unterlagen (Fortsetzung)

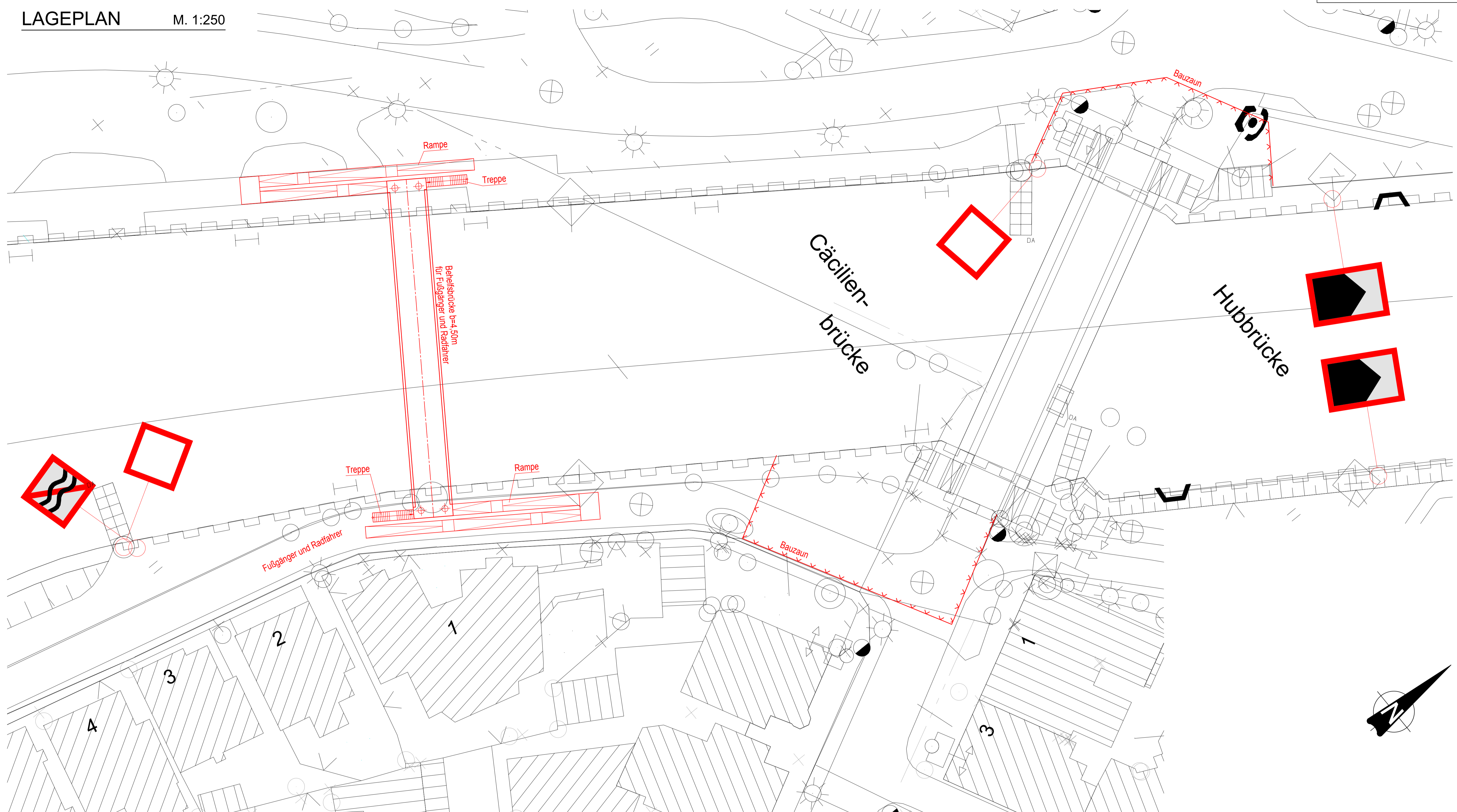
- 999-0083343-0000.tif, Gehweg und Geländer Konstruktion
- 999-0083344-0000.tif, Motorkastenabdeckung
- 999-0083345-0000.1.tif, Nietzeichnung, Verbände
- 999-0083345-0000.2.tif, Nietzeichnung, Verbände
- 999-0083345-0000.3.tif, Nietzeichnung, Verbände
- 999-0083346-0000.1.tif, Nietzeichnung, Hauptträger
- 999-0083346-0000.2.tif, Nietzeichnung, Hauptträger
- 999-0083346-0000.3.tif, Nietzeichnung, Hauptträger
- 999-0083347-0000.1.tif, Nietzeichnung, Querträger
- 999-0083347-0000.2.tif, Nietzeichnung, Querträger
- 999-0083348-0000.1.tif, Nietzeichnung
- 999-0083348-0000.2.tif, Nietzeichnung
- 999-0083349-0000.tif, Fahrbahnabschluss

Anlage 7: Behelfsbrücke

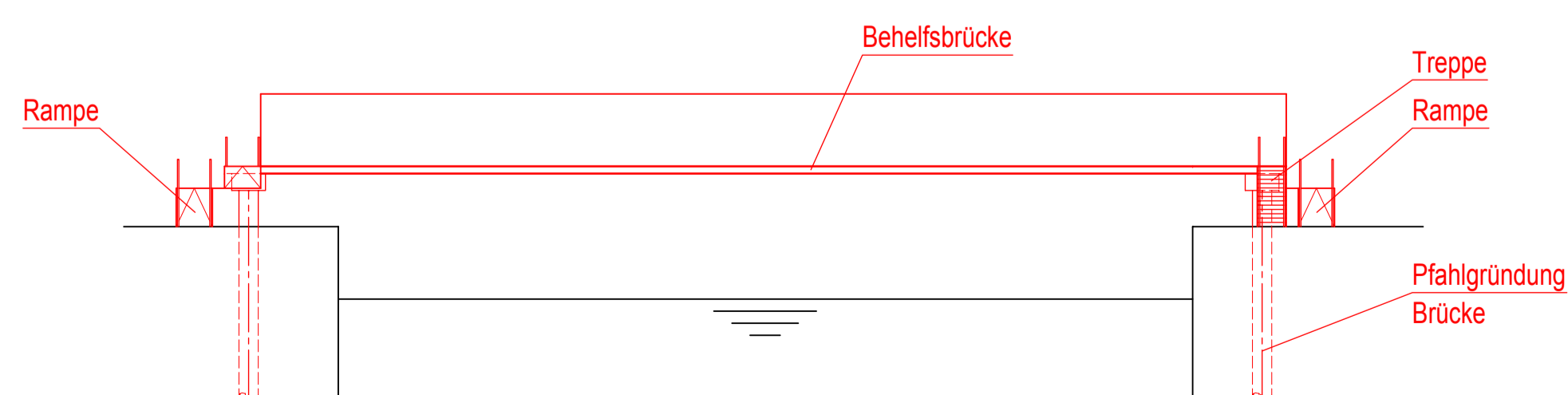
Anlage 7.1: Skizze Behelfsbrücke

Anlage 7.2: Vorbemessung Pfähle Behelfsbrücke

Anlage 7.3: Pfahlplan Behelfsbrücke

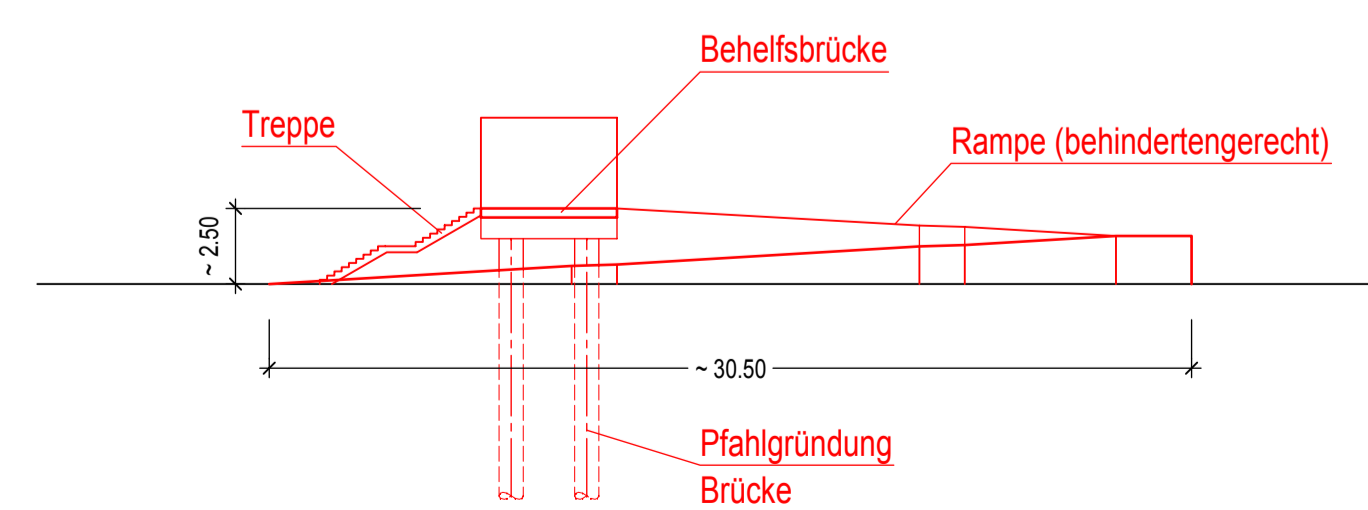


LÄNGSSCHNITT BEHELFSBRÜCKE M. 1:250



QUERSCHNITT M. 1:250

Geländer hier nicht dargestellt!



Anlage 7.1

Index	Art der Änderung	Datum	Gez.



Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH
 Beratende Ingenieure für Bauwesen
 Langenweg 26 • 28125 Oldenburg
 Tel. 0441/93566-10 • Fax 0441/93566-29
 Email: info@broeggelhoff.de

Bauherr	Wasser- und Schiffsamt Bremen Franziuseck 5, 28199 Bremen
---------	--

Bauvorhaben	Instandsetzung Cäcilienbrücke in Oldenburg
-------------	---

Bauteil	Lageplan, Schnitte
---------	--------------------

Auftrags Nr.:	11043	Blattgröße:	DIN A1	Maßstab:	1:250
Datum:	19.05.2011	Gez.:	Lg	Gepr.:	Sg
			Blatt-Nr.:	VE 01	Index



STATISCHE VORBEMESSUNG

Projekt: **Instandsetzung der Cäcilienbrücke
in Oldenburg**

hier: Vorbemessung der Pfahlgründung
Behelfsbrücke

Auftraggeber: **Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen
Franziuseck 5
28199 Bremen**

Aufsteller: **Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH
Beratende Ingenieure für Bauwesen
Langenweg 26
26125 Oldenburg**

Oldenburg, den 16.02.2012
Seite 1 bis 7

i.A. Lakeberg
i.A. Dipl.-Ing. K. Lakeberg

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Instandsetzung Cäcilienbrücke in Oldenburg	Datum : 02 / 2012

1.0 Vorbemerkungen

1.1 Beschreibung des Tragwerkes

Im Zuge der Instandsetzung der Cäcilienbrücke in Oldenburg wird in südwestlicher Richtung zur Umleitung des Fußgänger- und Radverkehrs bauzeitlich eine Behelfsbrücke aufgestellt.

Gegenstand der nachfolgenden Berechnung ist eine statische Vorbemessung der Pfahlgründung (äußere Tragfähigkeit) für die Behelfsbrücke.

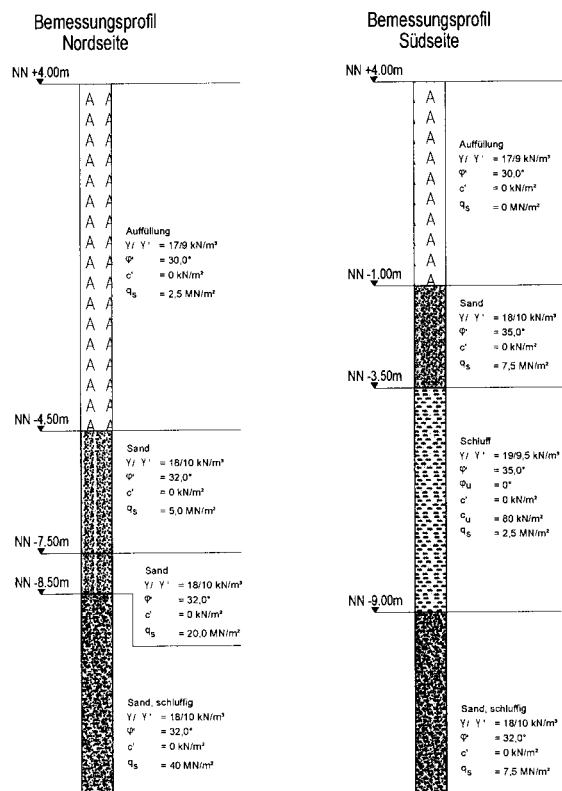
1.2 Technische Vorschriften und Richtlinien

DIN 1045-1	Beton- und Stahlbetonbau
DIN 1055-4	Einwirkungen auf Tragwerke- Windlasten
DIN 1054	Baugrund; zulässige Belastung des Baugrundes
DIN EN 1536	Bohrpfähle

1.3 Bodenkennwerte

Für dieses Bauvorhaben wurde ein geotechnischer Bericht von der Bundesanstalt für Wasserbau angefertigt.

Aus den Drucksondierungen (Anlage 3 des Berichts) und den Baugrundschnitten (Anlage 4 des Berichts) ergeben sich folgende Bemessungsprofile:



Bauteil :	Vorbemessung Pfahlgründung Behelfsbrücke	Archiv-Nr. :
Block :	1104_Vorbemessung_Pfahle_Nähr	Seite: 2
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Instandsetzung Cäcilienbrücke in Oldenburg	Datum : 02 / 2012

2.0 Einwirkungen

Stützweite L = 42,00 m

2.1 Ständige Einwirkungen

Brücke geschätzt:

$g_1 = 60,00 \text{ kN/m}$

je Lager $A_{g1,k} = g_1 * L / (2*2) = 630,00 \text{ kN}$

Holm

$g_2 = 1,0 * 0,80 * 6,0 * 25 = 120,00 \text{ kN}$

je Pfahl $A_{g2,k} = g_2 / 2 = 60,00 \text{ kN}$

2.2 Veränderliche Einwirkungen

Gleichmäßig verteilte Last:

Stützweite > 10 m:

Stützweite $L_{sj} = 42,00 \text{ m}$

$q_{fk} = 2,0 + 120 / (L_{sj} + 30) = 3,67 \text{ kN/m}^2$

aber: (> 2,5 kN/m² und < 5,0 kN/m²)

= 3,67 kN/m²

q_{fk}

Breite b = 4,50 m

je Lager $A_{qf,k} = q_{fk} * b * L / (2*2) = 173,41 \text{ kN}$

Wind

Windlastzone 3, $z_e \leq 20 \text{ m}$ (Höhe der Windresultierenden über Gelände/ Wasser)

b = 4,50 m

d = 2,50 m

b/d = 1,80

aus Tab. N2 (Interpolation):

$x_1 = 0,50$

$w_1 = 2,55 \text{ kN/m}^2$

$x_2 = 4,00$

$w_2 = 1,40 \text{ kN/m}^2$

$x = b/d = 1,80 \text{ kN/m}^2$

⇒

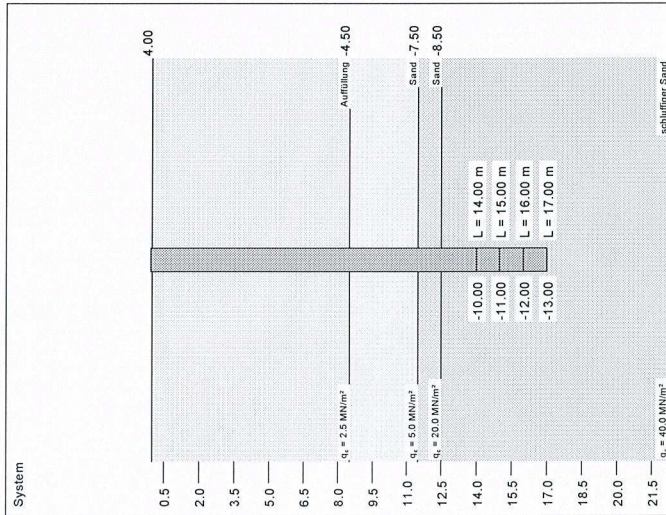
$w = (x_2 - x) * (w_1 - w_2) / (x_2 - x_1) + w_2 = 2,12 \text{ kN/m}^2$

$w = w * d = 5,30 \text{ kN/m}$

je Lager $A_{w,k} = w * (d/2 + 0,50) / b * L / 2 = 43,28 \text{ kN}$

Bauteil :	Vorbemessung Pfahlgründung Behelfsbrücke	Archiv-Nr. :
Block :	Seite: 3	
Vorgang :		

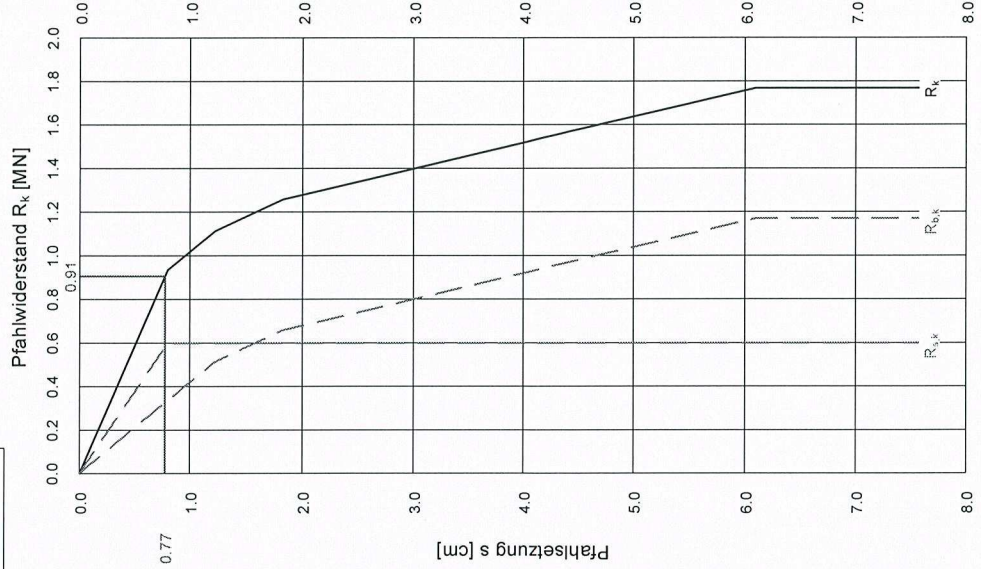
Pfähle Nordseite



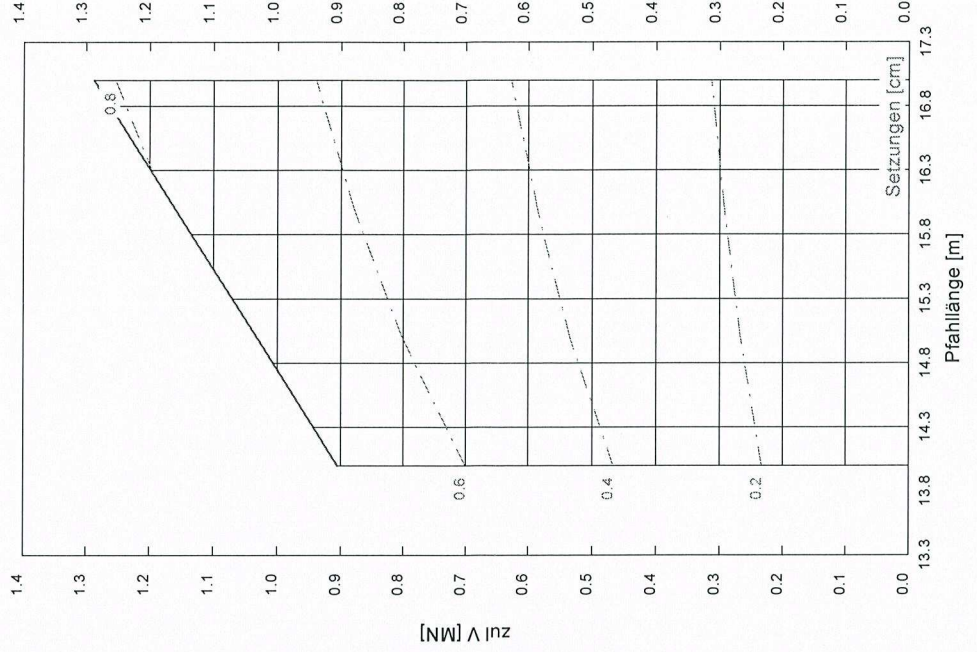
Boden	q_c [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$q_{c,0,05}$ [MN/m ²]	$q_{c,0,10}$ [MN/m ²]	$q_{c,0,15}$ [MN/m ²]	$q_{c,k}$ [MN/m ²]	Bezeichnung
2,5	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	Auffüllung
5,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	Sand
20,0	0,0	1,400	1,800	3,500	0,1175	0,1175	Sand
40,0	0,0	1,750	2,250	4,000	0,1300	0,1300	schluffiger Sand

D = 0,61 m

Berechnungsgrundlagen
 Bohrpfahl $\gamma_p = 1,40$
 Verhältniswert (min, max) = 0,00 $\gamma_c = 1,35$
 Anteil Veränderliche Lasten = 30,0 % $\gamma_c = 1,50$
 Interpolation Mantelreibung: bei $q_c < 7,5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahldurchmesser = 0,610 m
 --- : Setzung
 - - - : Zul V



Widerstandssetzungslinie
 für Pfahlänge = 14,00 m

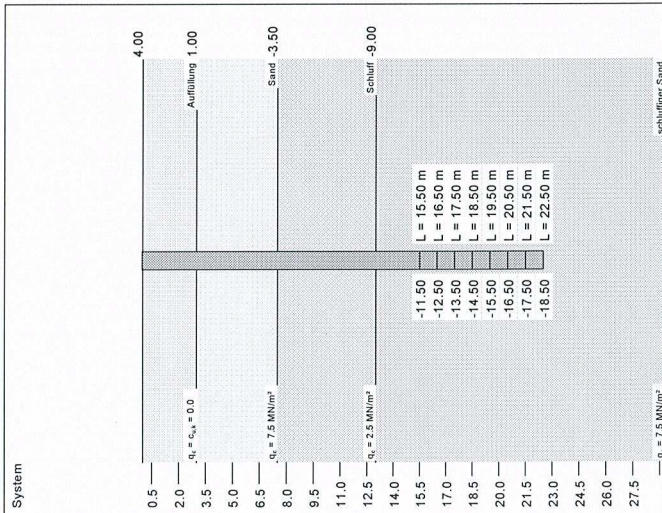


D [m]	Länge [m]	$R_{s,k}$ [MN]	$R_{t,k}$ [MN]	R_k [MN]	Zul V [MN]	s [cm]
0,610	14,00	1,768	1,263	0,905	0,905	0,77
0,610	15,00	2,017	1,441	1,033	1,033	0,77
0,610	16,00	2,266	1,619	1,160	1,160	0,79
0,610	17,00	2,515	1,797	1,288	1,288	0,82

Zul V = $R_{tk} / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_{tk} / (1,400 \cdot 1,395) = R_{tk} / 1,95$
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) $\lambda = 0,30$

$R_{td} = 1044 \text{ kN} > \text{Verh. Ad} = 1260 \text{ kN}$

Pfähle Südsseite

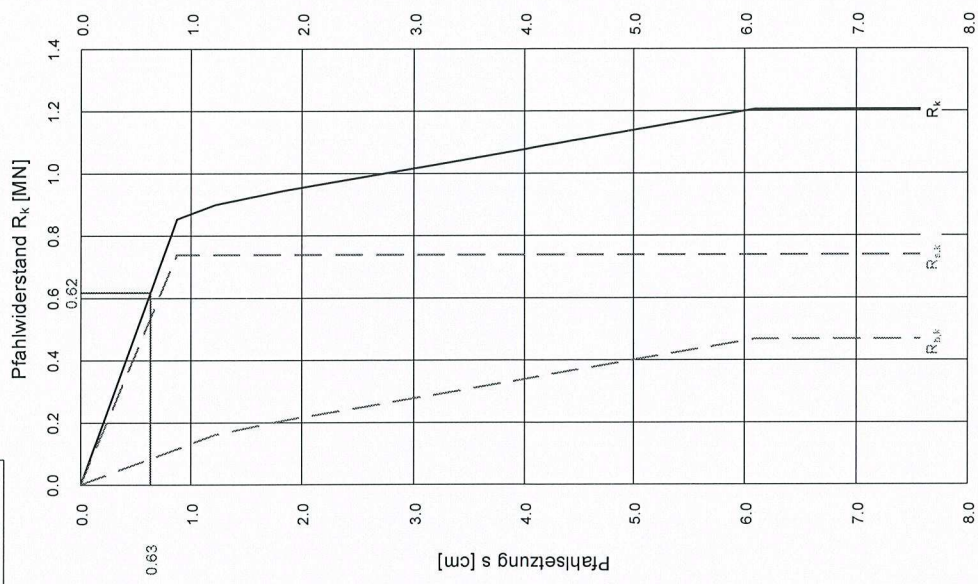


Boden	q_p [MN/m ²]	c_{pk} [kN/m ²]	$q_{p,0.025}$ [MN/m ²]	$q_{p,0.050}$ [MN/m ²]	$q_{p,0.100}$ [MN/m ²]	$q_{p,0.150}$ [MN/m ²]	Bezeichnung
0/0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Aufzucht
2/5	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Sand
7.5	0.0	0.550	0.700	1.600	0.0550	0.0550	schluffiger Sand

D = 0.61 m

Berechnungsgrundlagen
 $\gamma_p = 1.40$
 $\gamma_c = 1.35$
 $\gamma_s = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 30.0 %
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $c_{pk} < 7.5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{pk} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahldurchmesser = 0.610 m

— — — — — Zul V
 - - - - - Setzung



Widerstandslinie
 für Pfahlänge = 15.50 m

D [m]	Länge [m]	R_{ik} [MN]	R_{d} [MN]	R_{3k} [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.610	15.50	1.205	0.861	0.617	0.617	0.63
0.610	16.50	1.311	0.936	0.671	0.671	0.64
0.610	17.50	1.416	1.012	0.725	0.725	0.66
0.610	18.50	1.522	1.087	0.779	0.779	0.67
0.610	19.50	1.627	1.162	0.833	0.833	0.69
0.610	20.50	1.732	1.237	0.887	0.887	0.71
0.610	21.50	1.838	1.313	0.941	0.941	0.73
0.610	22.50	1.943	1.388	0.995	0.995	0.75

zul V = $R_{3k} / (\gamma_p \cdot \gamma_{(c,p)}) = R_{3k} / (1.400 \cdot 1.395) = R_{3k} / 1.95$
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [] = 0.30

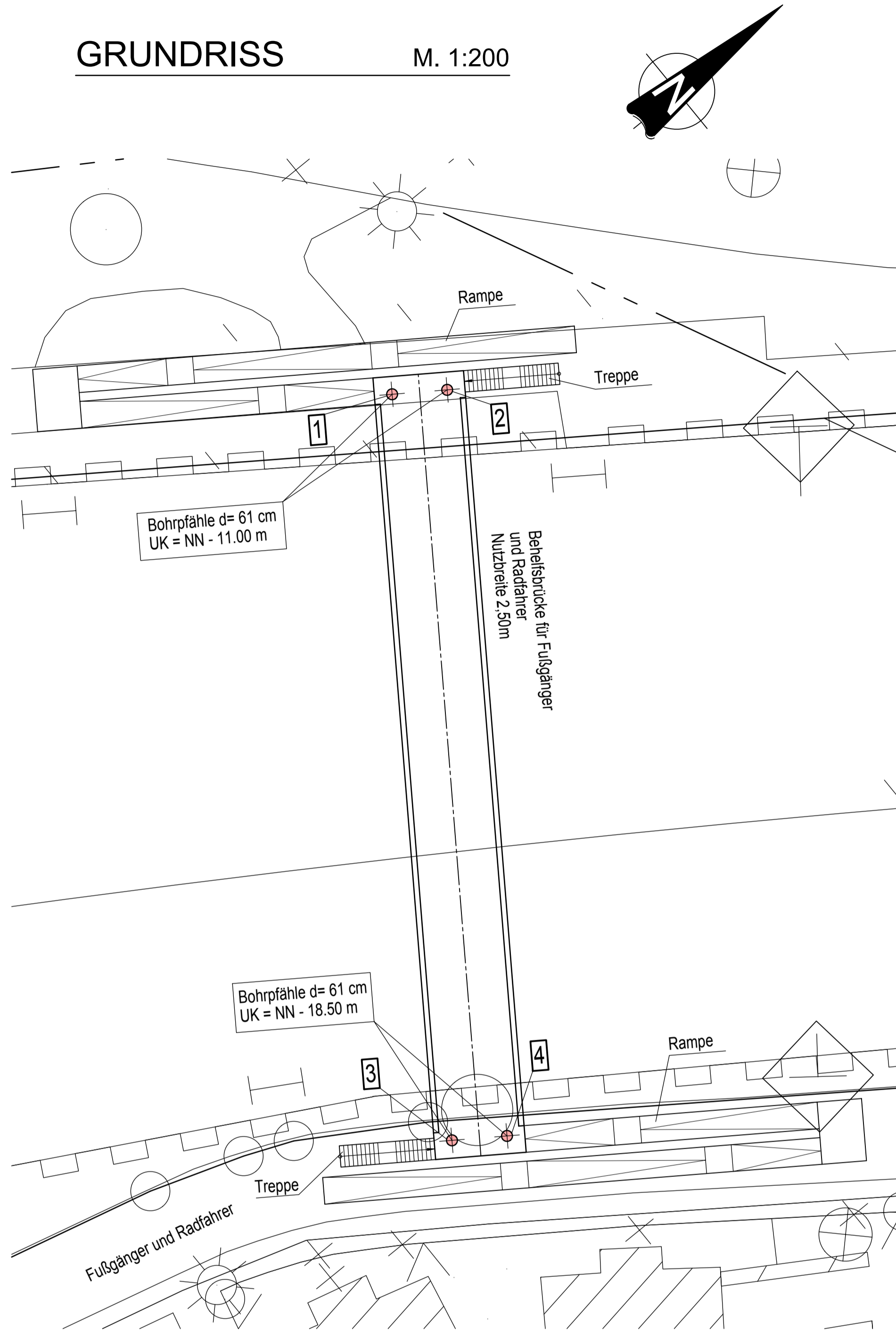
$R_d = 1388$ kN > vorh. $A_d = 1260$ kN

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Instandsetzung Cäcilienbrücke in Oldenburg	Datum : 02 / 2012

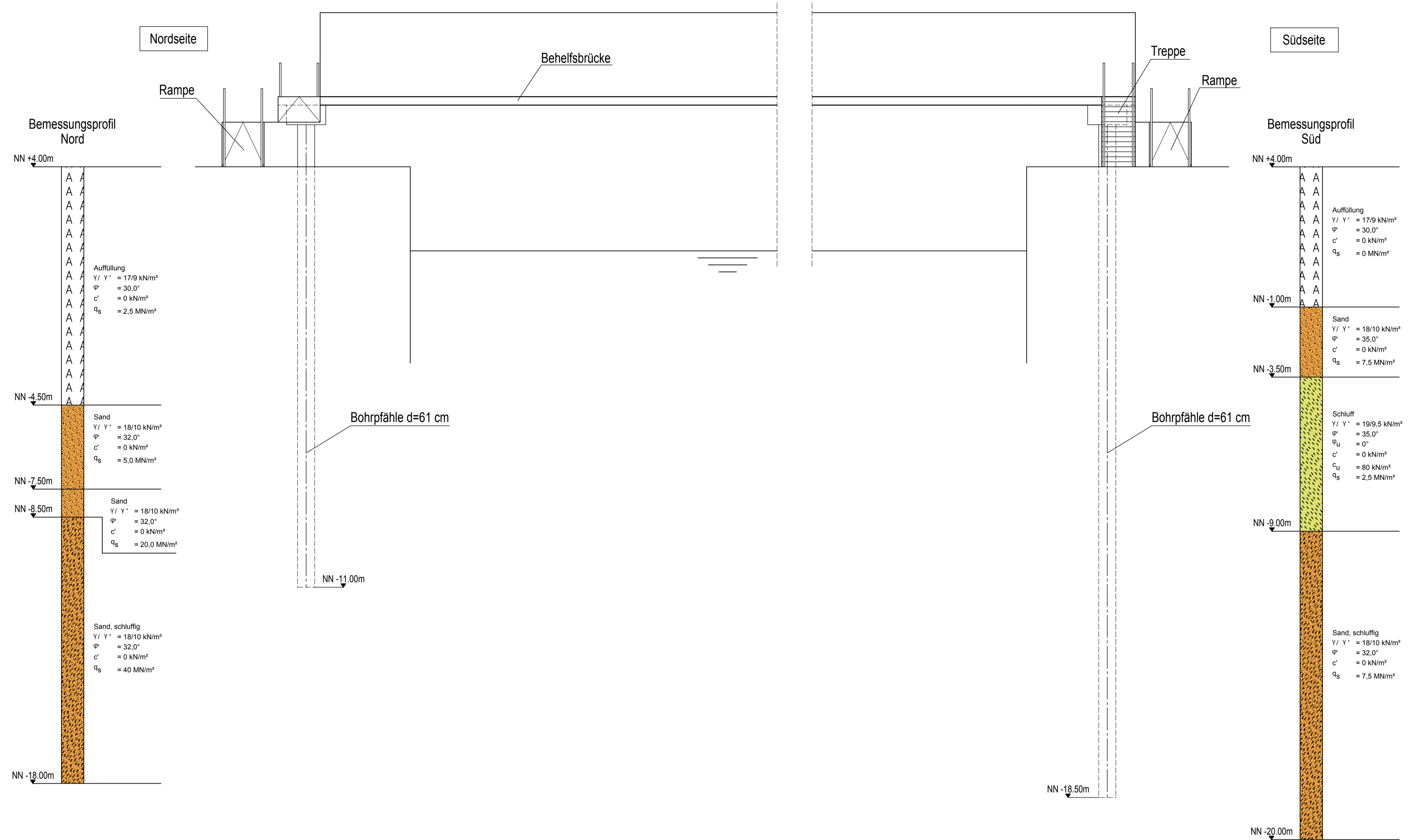
letzte Seite

Bauteil :	Vorbemessung Pfahlgründung Behelfsbrücke	Archiv-Nr. :
Block :	Seite: 7	
Vorgang :		

GRUNDRISS M. 1:200



LÄNGSSCHNITT BEHELFSBRÜCKE M. 1:100



Anlage 7.3

Index	Art der Änderung	Datum	Gez.

ib
Ingenieurberatung Bröggelhoff
Beratende Ingenieure für Bauwesen
Langenweg 26 • 26125 Oldenburg
Tel. 0441/93566-10 • Fax 0441/93566-29
Email: info@broeggelhoff.de

Bauherr	Wasser- und Schiffsamt Bremen Franziseck 5, 28199 Bremen
Bauvorhaben	Instandsetzung Cäcilienbrücke in Oldenburg
Bauteil	Pfahlplan Behelfsbrücke

Auftrags Nr.:	11043	Blattgröße:	DIN A1	Maßstab:	1:200; 1:100
Datum:	16.02.2012	Gez.:	Us	Gepr.:	Sg
				Blatt-Nr.:	VE 02

Pfahldaten			
Pfahl Nr.:	UK Pfahl NN - Höhe	Pfahllast Druck (kN) charakteristisch	Pfahllast Druck (kN) Bemessungslast
1-2	- 11.00 m NN	910	1260
3-4	- 18.50 m NN	910	1260

Anlage 8: Rechnerische Untersuchung der Mauerwerksscheiben



STATISCHE BERECHNUNG

Projekt: Instandsetzung der Cäcilienbrücke
in Oldenburg

hier: Rechnerische Untersuchung der
Mauerwerksscheiben

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen
Franziuseck 5
28199 Bremen

Aufsteller: Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH
Beratende Ingenieure für Bauwesen
Langenweg 26
26125 Oldenburg

Oldenburg, den 16.02.2012
Seite 1 bis 36

i.A. Dipl.-Ing. U. Donner

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Inhaltsverzeichnis

	Inhaltsverzeichnis	1
1.0	Allgemeines	2
2.0	Zusammenfassung	2
3.0	Grundlagen	3
4.0	System, Einwirkungen	6
4.1	System	6
4.2	Einwirkungen	7
5.0	Vergleichsrechnung	8
6.0	EDV- Anlage	9
	letzte Seite	36

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 1
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

1.0 Allgemeines

Die Cäcilienbrücke in Oldenburg weist an ihrer Tragkonstruktion (Überbau, Brückentürme, Gründung) zahlreiche Schäden auf und soll daher ertüchtigt werden. Dazu ist ein Sanierungskonzept unter anderem für die Mauerwerkstürme zu erstellen.

Für die Beurteilung des kombinierten Tragsystems aus Mauerwerk und Stahlrahmen und des Einflusses der Risse auf die Standsicherheit der Türme wird nachfolgend exemplarisch eine wasserseitige Wandscheibe rechnerisch untersucht.

2.0 Zusammenfassung

Die Brückentürme weisen Rissbildungen zwischen Mauerwerk und Stahlrahmen auf.

Eine Vergleichsberechnung der Wandscheibe im ungestörten Zustand, sowie mit Rissen am oberen bzw. am unteren Rand zum Stahlgerüst ergibt eine Konzentrierung der Lagerkräfte.

Für den Fall einer fortschreitenden Rissbildung und dem vollständigen Ausfall der Verbundwirkung Mauerwerk/Stahlträger ist der Grenzfall ohne Stahlrahmen untersucht worden. In diesem Fall treten abhebende Lagerkräfte (Zugkräfte) auf, die vom Mauerwerk nicht aufgenommen werden können.

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 2
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

3.0 Grundlagen

Literatur, Sonstiges

- [1] Statische Nachrechnung Cäcilienbrücke, aufgestellt 09/2000, Büro Eriksen, Oldenburg
- [2] Risskataster WSA Bremen, Stand 2011
- [3] div. Bestandsunterlagen, Stellungnahmen, Gutachten

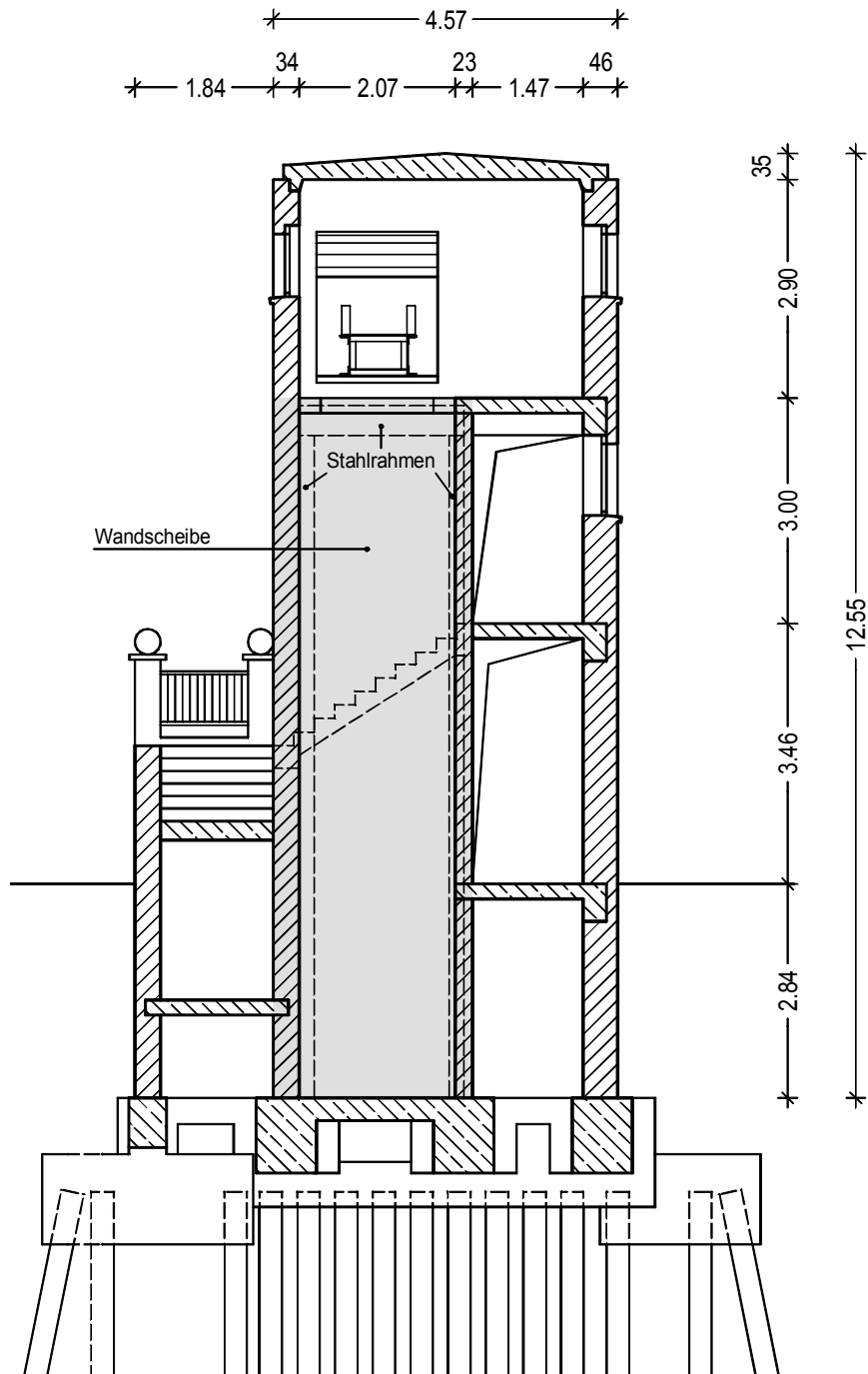
Software

Programm: InfoGraph 11. xx
 Autor: InfoGraph GmbH, Aachen
 Das Programm ermöglicht die Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus dreidimensionalen Stäben, Platten, Scheiben und Schalen nach der FEM - Methode.

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 3
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Querschnitt
Skizze (M 1: 100)

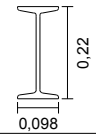
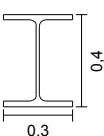


Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 4
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Querschnittswerte Baustoffkennwerte

Querschnittswerte

1	Fläche	Mauerwerk Elementdicke [m] dz = 0,4600 Orthotropie dzy/dz = 1 E-Modul Platte/Scheibe = 1	drillsteif
10	I 220 	Rahmen Schwerpunkt [m] ys = 0,000 Fläche [m²] A = 3,9500e-03 Trägheitsmomente [m4] lx = 1,8600e-07 ly = 3,0600e-05 lz = 1,6200e-06 Hauptachsenwinkel [Grad] Phi = 0,000	zs = 0,000 lyz = 0,0000e+00 I1 = 3,0600e-05 I2 = 1,6200e-06
11	HEB 400 	Rahmen Schwerpunkt [m] ys = 0,000 Fläche [m²] A = 1,9800e-02 Trägheitsmomente [m4] lx = 3,5700e-06 ly = 5,7680e-04 lz = 1,0820e-04 Hauptachsenwinkel [Grad] Phi = 0,000	zs = 0,000 lyz = 0,0000e+00 I1 = 5,7680e-04 I2 = 1,0820e-04

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
	1	Frei	21800	10900	0,00	1,000e-05	25,000
	2	10 S235	210000	81000	0,30	1,200e-05	78,500
	3	11 S235	210000	81000	0,30	1,200e-05	78,500

Für nichtlineare Untersuchungen wird dem Mauerwerk (Querschnitt Nr. 1)
eine Druckfestigkeit von 12 MN/m²
eine Zugfestigkeit von 0 MN/m²
zugewiesen.

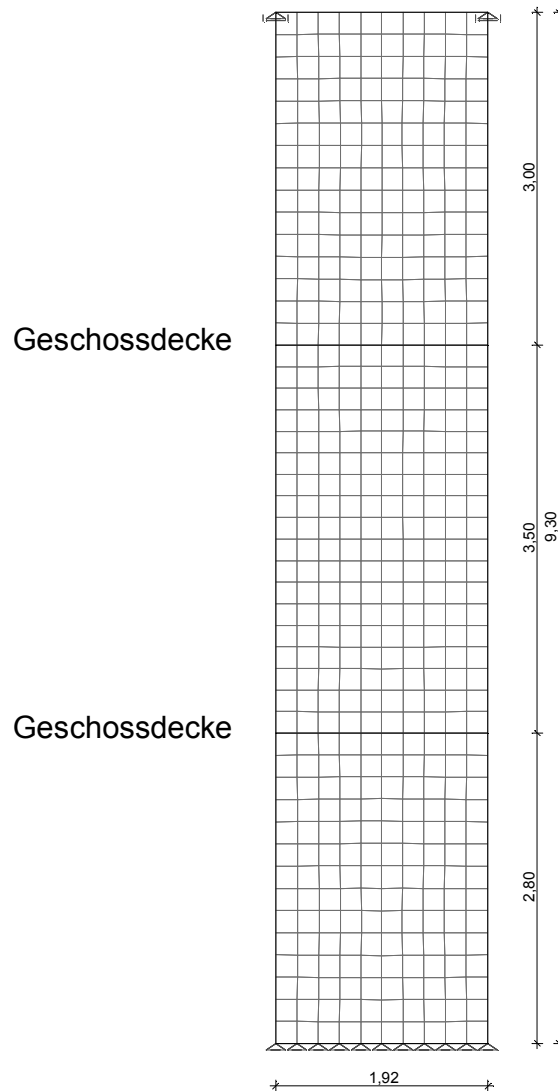
Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 5
Vorgang :		

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

4.0 System, Einwirkungen

4.1 System

Beispielhaft wird eine wasserseitige Wandscheibe mit folgenden Abmessungen betrachtet.



Es werden vier verschiedene Systeme untersucht:

- 1) System mit Rahmen (ungestört, d.h ohne Rissbildung)
- 2) System mit Rahmen (Rissbildung im oberen Bereich)
- 3) System mit Rahmen (Rissbildung im unteren Bereich)
- 4) System ohne Rahmen

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 6
Vorgang :	

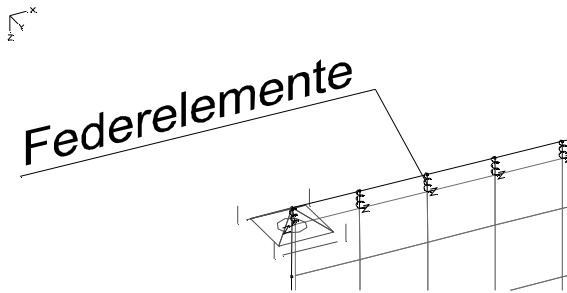
Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Die Risse zwischen Stahlrahmen und Mauerwerk werden durch einen Fugenspalt im FE- Modell erfasst (sh. Skizze).



Das Ausmaß der Rissbildung wurde [2] entnommen.

Der obere Riegel des Stahlrahmens trägt Lasten nur über Druckkontakt in das Mauerwerk ein. Dies wird Federelemente abgebildet.



4.2 Einwirkungen

Die Einwirkungen wurden aus [1] übernommen.

vertikal G+P (min):	880 / 2	=	440,00 kN
Wind auf Brücke:			125,50 kN
Wind:			2,40 kN/m

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :	
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 7	
Vorgang :			

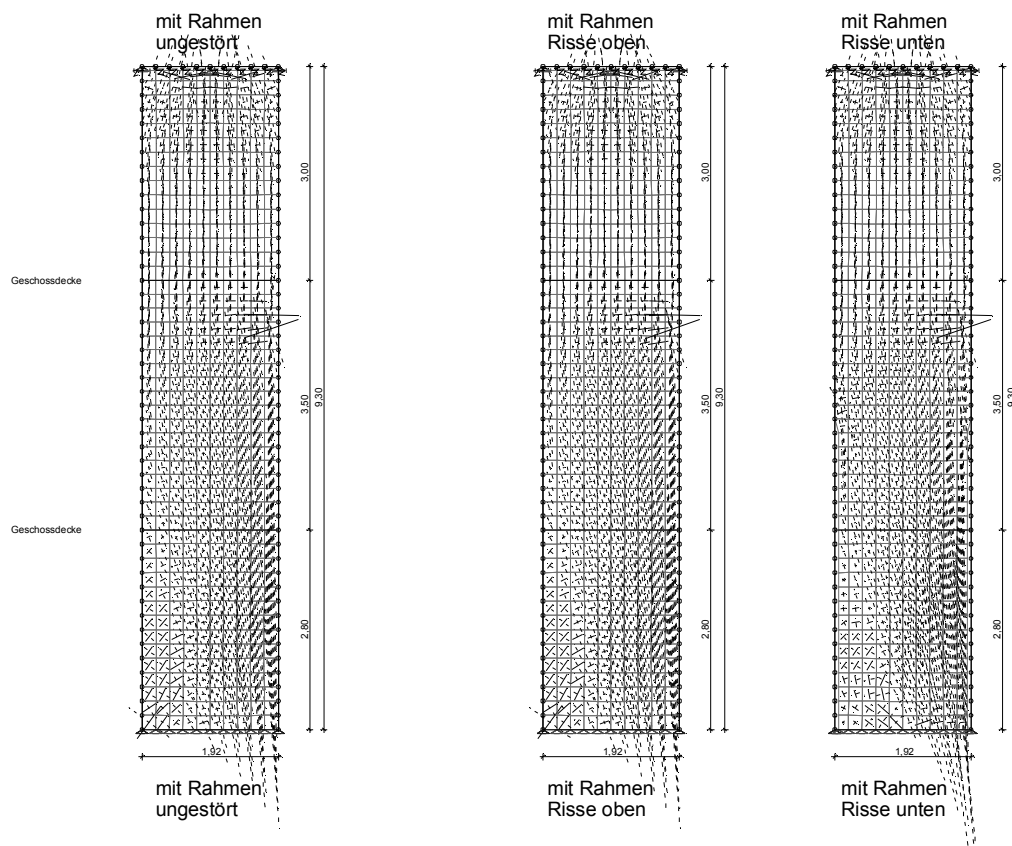
Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

5.0 Vergleichsrechnung

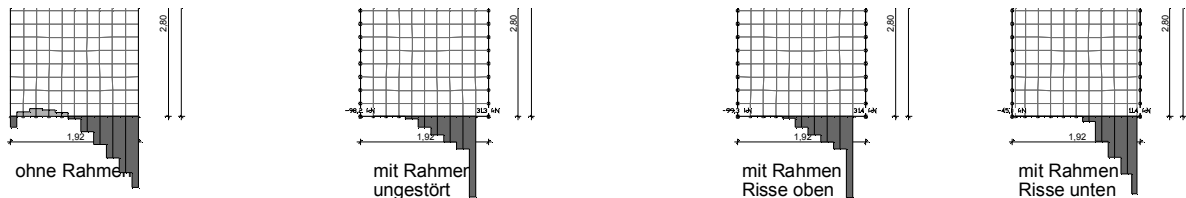
Die Vergleichsberechnung der Wandscheibe im ungestörten Zustand, sowie mit Rissen am oberen Rand zum Stahlgerüst bzw. am unteren Stahlgerüst ergibt eine Konzentrierung der Lagerkräfte.

Für den Fall einer fortschreitenden Rissbildung und dem vollständigen Ausfall der Verbundwirkung Mauerwerk/Stahlträger ist der Grenzfall ohne Stahlrahmen untersucht worden. In diesem Fall treten abhebende Lagerkräfte (Zugkräfte) auf, die vom Mauerwerk nicht aufgenommen werden können.

Verlauf der Hauptspannungen im Mauerwerk



Auflagerreaktionen



LF 100: Gesamt
Nichtlineare Systemanalyse – Auflagerreaktionen im System der Lagerlinien $R_z(i)$, 1432,35 [kN/m] =

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 8
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

6.0 EDV- Anlage

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 1

INHALT

Inhalt	1
Eingabedaten	
Systemkenngrößen	2
Querschnittswerte	2
Materialkennwerte	2
Knotennummern	3
Knotennummern	4
Elementnummern	5
Elementnummern	6
Querschnittsnummern	7
Querschnittsnummern	8
Knotennummern; Lokale Elementsysteme	9
Knotennummern; Lokale Elementsysteme	10
Festhaltungen	11
Linienlager	12
Festhaltungen (Knotennummern)	12
Lokale Festhaltungssysteme	12
Festhaltungen (Knotennummern)	13
Lokale Festhaltungssysteme	13
Festhaltungen (Knotennummern)	14
Lokale Festhaltungssysteme	14
Festhaltungen (Knotennummern)	15
Lokale Festhaltungssysteme	15
Liste aller Federelemente	15
Eigenschaften Federelement (Beispiel)	16
Federelemente	17
Federelemente	17
Federelemente	18
Rissbildung oben	19
Rissbildung unten	20
System □ Belastung	
System/ Abmessungen	21
Übersicht Lastfälle	21
Lastsummen	21
Lastfall 1, g1	21
Lastfall 5, q	22
Lastfall 10, Wind	22
Lastfall 100, Gesamt	23
LF 1: Belastung, g1	23
LF 5: Belastung, q	24
LF 10: Belastung, Wind	24
LF 100: Belastung, Gesamt	25
Spannungen	
Sigma.1 oben; LF 100, Gesamt	26
Verformungen	
Deformationen u; LF 100, Gesamt	27
Lagerreaktionen	
Auflagerreaktionen Rz; LF 100, Gesamt	28

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :	
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 9	
Vorgang :			

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 2

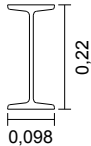
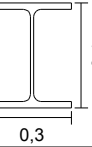
Systemkenngrößen

2219 Knoten	312 Stabelemente
2192 Elemente	0 Plattenelemente
57 Festhaltungen	0 Scheibenelemente
0 Koppelungen	0 Seilelemente
3 Materialkennwerte	1880 Schalenelemente
3 Querschnittswerte	0 Volumelemente
4 Lastfälle	33 Federelemente
0 LF-Kombinationen	
0 Spannstränge	

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
1880 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Mauerwerk Elementdicke [m] dz = 0,4600 Orthotropie dzy/dz = 1 E-Modul Platte/Scheibe = 1	drillsteif
10	I 220 	Rahmen Schwerpunkt [m] ys = 0,000 Fläche [m²] A = 3,9500e-03 Trägheitsmomente [m4] lx = 1,8600e-07 ly = 3,0600e-05 lz = 1,6200e-06	zs = 0,000 lyz = 0,0000e+00 I1 = 3,0600e-05 I2 = 1,6200e-06 Hauptachsenwinkel [Grad] Phi = 0,000
11	HEB 400 	Rahmen Schwerpunkt [m] ys = 0,000 Fläche [m²] A = 1,9800e-02 Trägheitsmomente [m4] lx = 3,5700e-06 ly = 5,7680e-04 lz = 1,0820e-04	zs = 0,000 lyz = 0,0000e+00 I1 = 5,7680e-04 I2 = 1,0820e-04 Hauptachsenwinkel [Grad] Phi = 0,000

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	Frei	21800	10900	0,00	1,000e-05	25,000
2	10	S235	210000	81000	0,30	1,200e-05	78,500
3	11	S235	210000	81000	0,30	1,200e-05	78,500

11043_Mauerwk_01_120213.fem

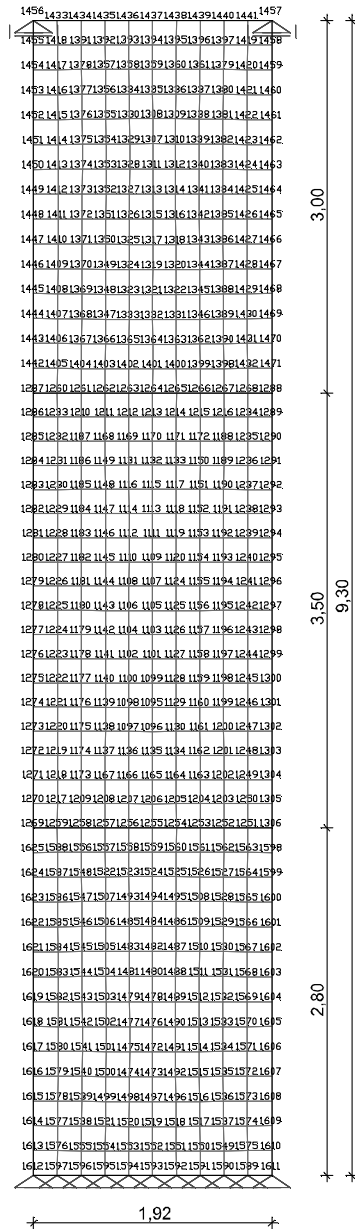
Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 10
Vorgang :		

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

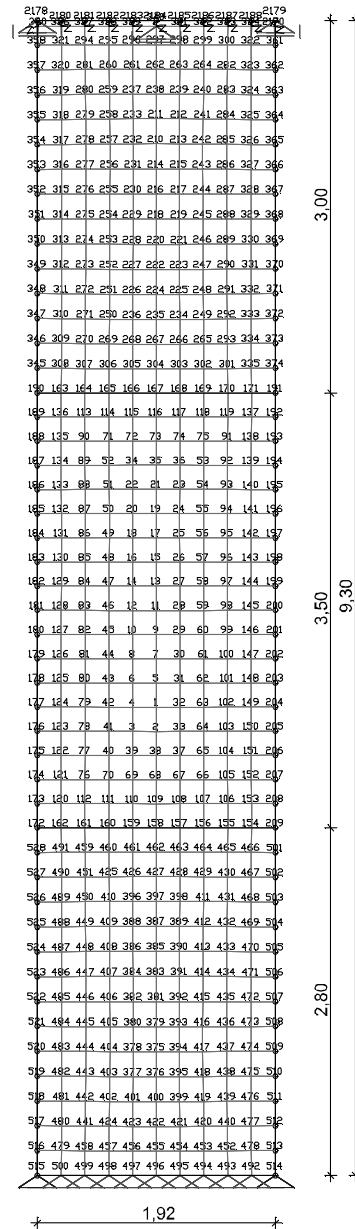
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 3

ohne Rahmen



mit Rahmen
ungestört



Knotennummern

11043_Mauerwk_01_120213.fem

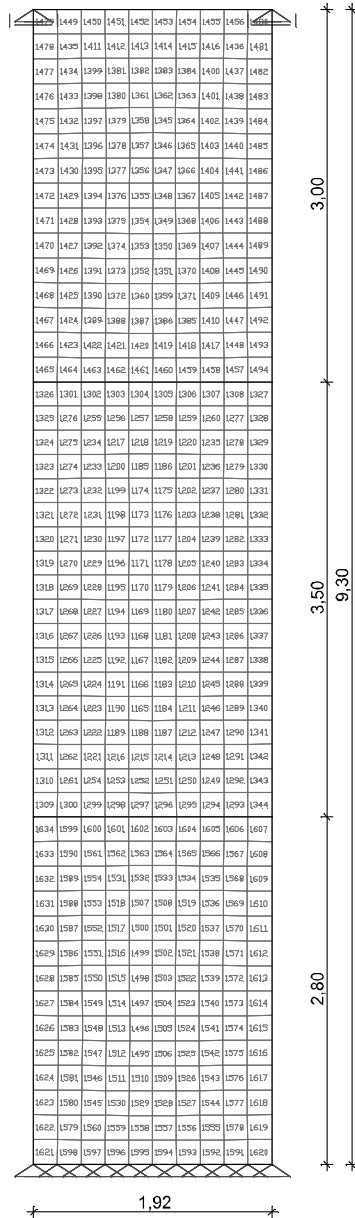
Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 11
Vorgang :	

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

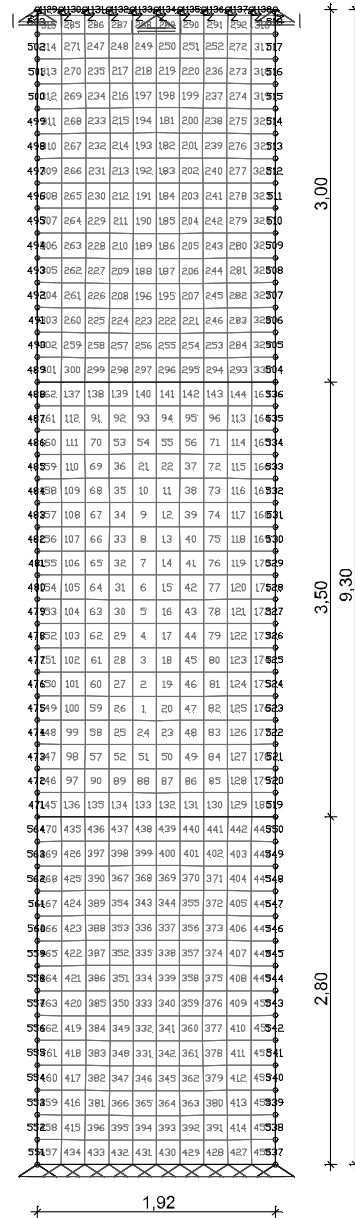
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 5

ohne Rahmen



mit Rahmen
ungestört



Elementnummern

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 13
Vorgang :		

Verfasser : **Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH**

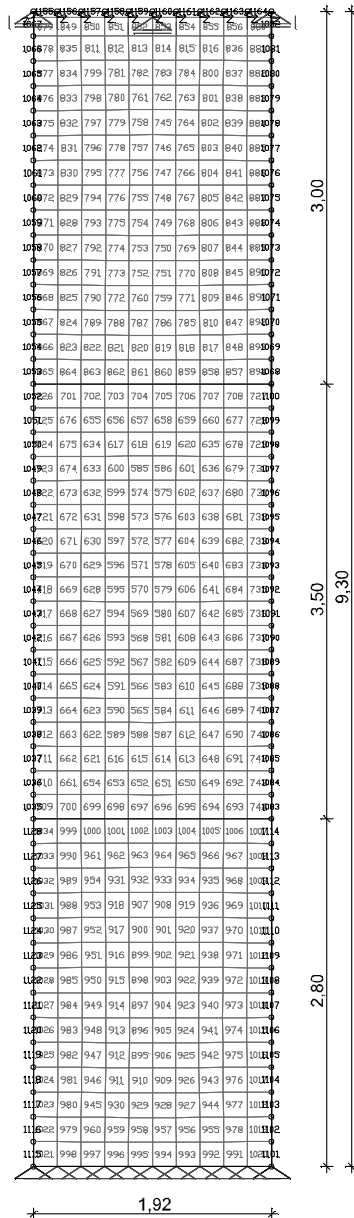
Bauwerk : **Cäcilienbrücke Oldenburg
Instandsetzung**

Datum : 02 / 2012

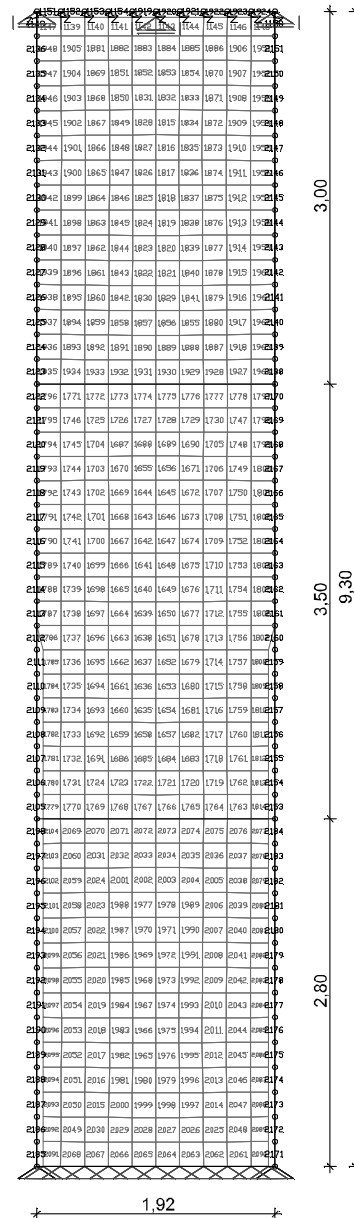
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 6

mit Rahmen
Risse oben



mit Rahmen
Risse unten



Elementnummern

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk

Block : 11043_Mauerwk_01_120213

Vorgang :

Archiv-Nr. :

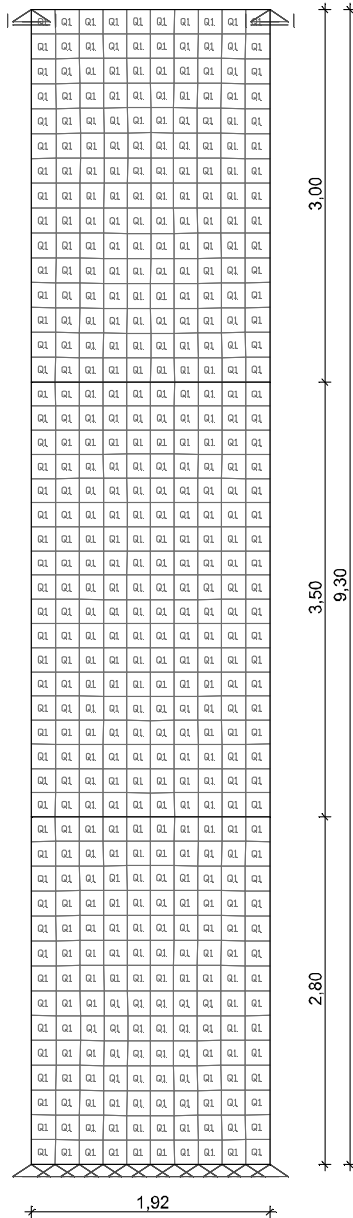
Seite: 14

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 7

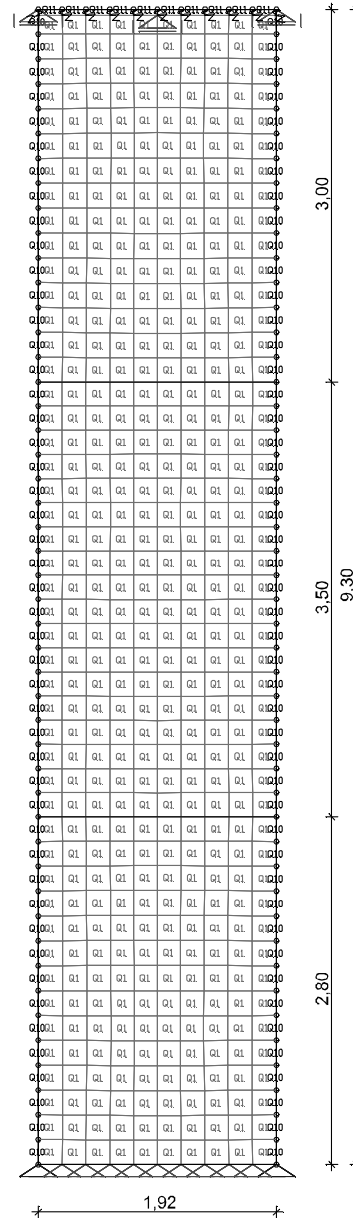
ohne Rahmen



Geschossdecke

Geschossdecke

mit Rahmen
ungestört



Querschnittsnummern

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 15
Vorgang :		

Verfasser : **Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH**

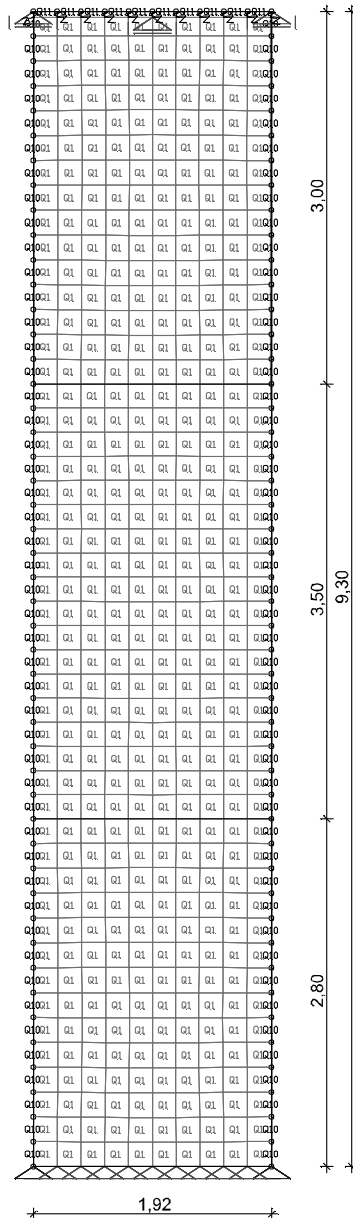
Bauwerk : **Cäcilienbrücke Oldenburg
Instandsetzung**

Datum : 02 / 2012

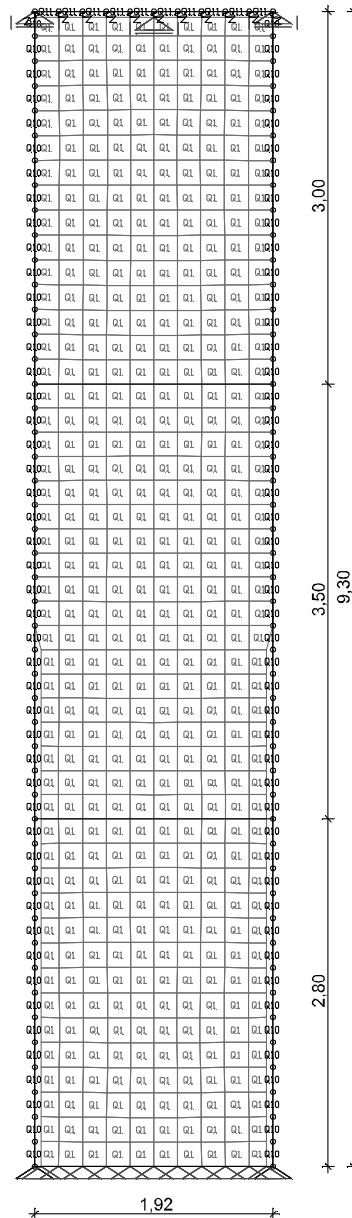
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 8

mit Rahmen
Risse oben



mit Rahmen
Risse unten



Querschnittsnummern

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : **Pfeilermauerwerk**

Archiv-Nr. :

Block : 11043_Mauerwk_01_120213

Seite: 16

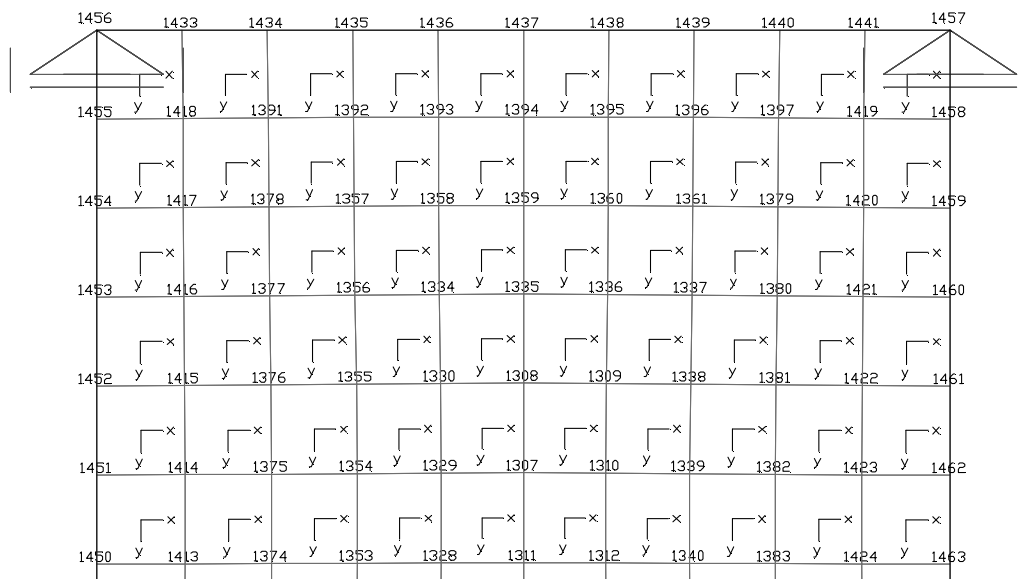
Vorgang :

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 9

ohne Rahmen



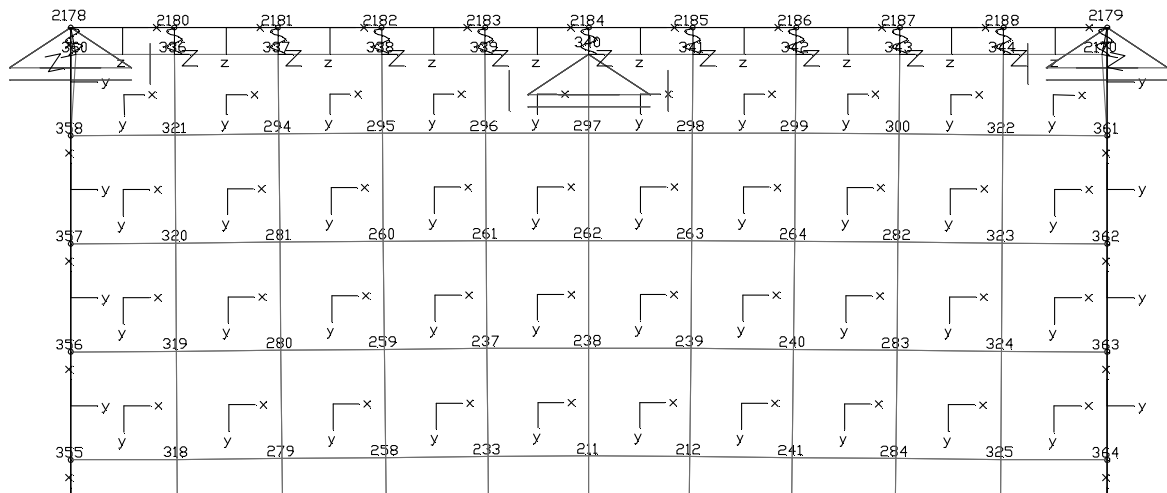
Knotennummern; Lokale Elementsysteme

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 17
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

mit Rahmen ungestört



Knotennummern; Lokale Elementsysteme

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 18
Vorgang :	

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 11

Festhaltungen

	Knoten	Drehung des Lager- systems um Achse [°]			'F' = Fest, 'I' = Frei oder Federsteifigkeit [MN/m] bzw. [MNm]						Zug- ausfa
		x	y	z	ux	uy	uz	phi.x	phi.y	phi.z	
1	340	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
2	514	0,0	0,0	0,0	F	F	F	-	-	-	L:x-y-z
3	515	0,0	0,0	0,0	F	F	F	-	-	-	L:x-y-z
4	868	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
5	1042	0,0	0,0	0,0	F	F	F	-	-	-	L:x-y-z
6	1043	0,0	0,0	0,0	F	F	F	-	-	-	L:x-y-z
7	1073	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
8	1086	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
9	1456	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
10	1457	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
11	1964	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
12	1985	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
13	2154	0,0	0,0	0,0	F	F	F	-	-	-	L:x-y-z
14	2177	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
15	2178	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
16	2179	0,0	0,0	0,0	-	F	-	-	-	-	L:x-y-z
17	2208	0,0	0,0	0,0	F	F	F	-	-	-	L:x-y-z

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 19
Vorgang :		

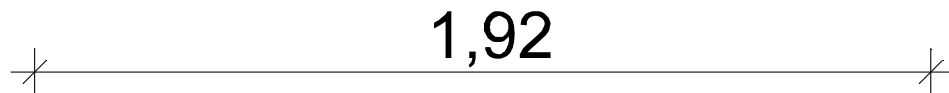
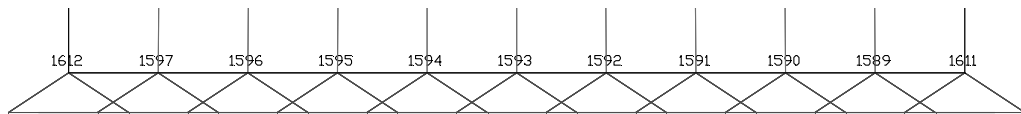
Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 12

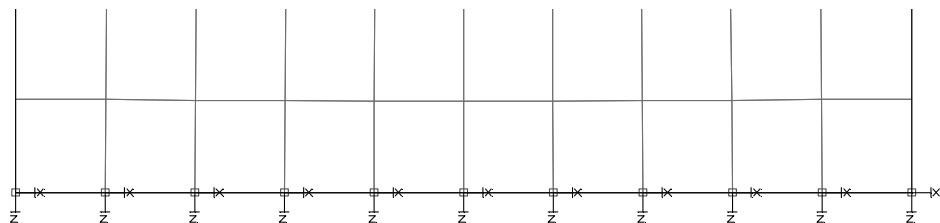
Linenlager

	Bezeichnung	'F' = Fest, 'I' = Frei oder Federsteifigkeit [MN/m ²] bzw. [MNm/m]						Zug- ausfall
		ux	uy	uz	phi.x	phi.y	phi.z	
1	Lager 500-492 G..	F	F	F	-	-	-	x-y-z
2	Lager 1028-1020..	F	F	F	-	-	-	x-y-z
3	Lager 1612-1611..	F	F	F	-	-	-	Nie
4	Lager 2140-2139..	F	F	F	-	-	-	x-y-z



ohne Rahmen

Festhaltungen (Knotennummern)



Lokale Festhaltungssysteme

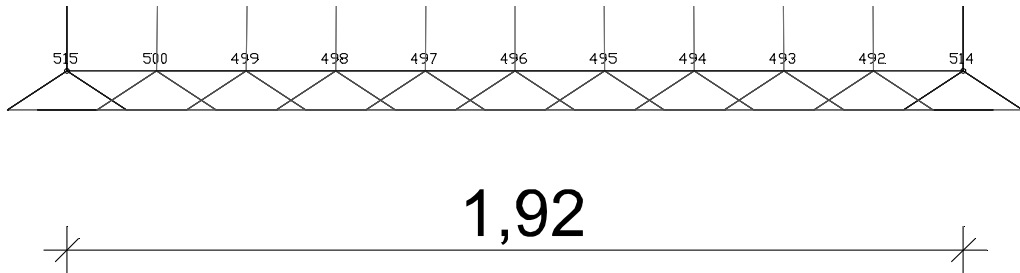
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :	
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 20	
Vorgang :			

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

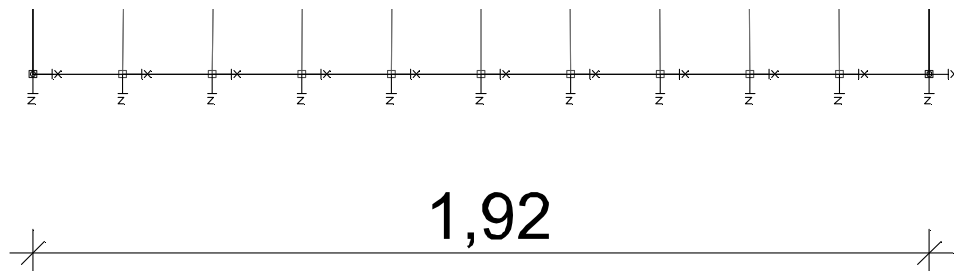
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 13



mit Rahmen ungestört

Festhaltungen (Knotennummern)



Lokale Festhaltungssysteme

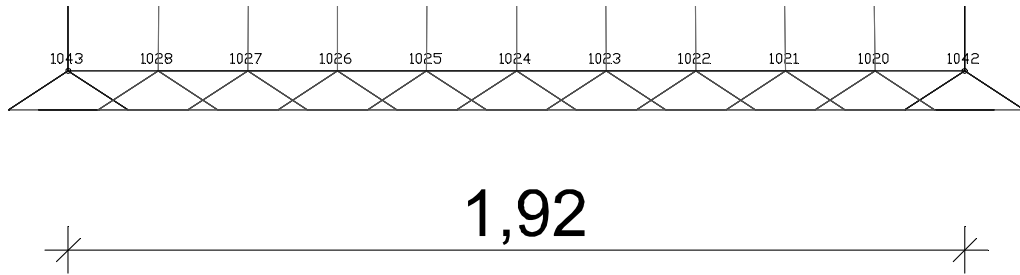
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 21
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

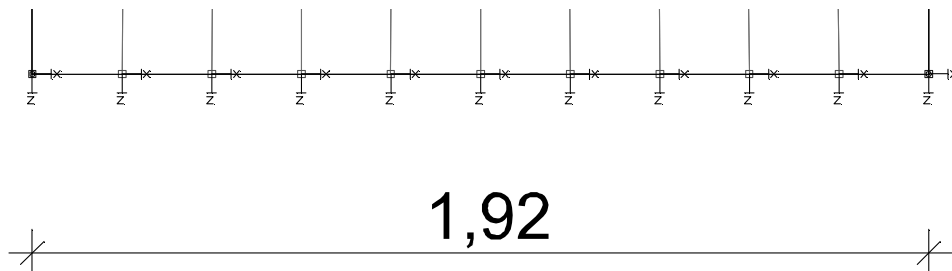
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 14



mit Rahmen Risse oben

Festhaltungen (Knotennummern)



Lokale Festhaltungssysteme

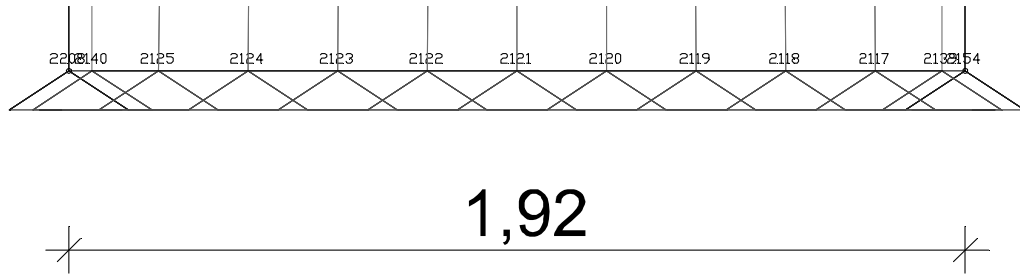
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 22
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

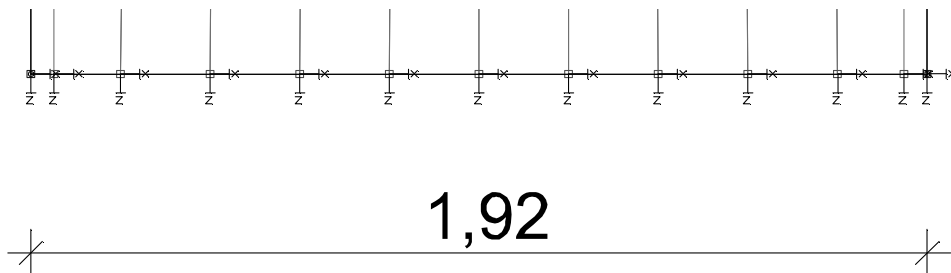
Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 15



mit Rahmen Risse unten

Festhaltungen (Knotennummern)



Lokale Festhaltungssysteme

Liste der Federelemente

	Feder-nr.	Knoten 1	Knoten 2	'NL' = Nichtlinear oder Steifigkeit [MN/m], [MNm/rad]					
				ux	uy	uz	phi.x	phi.y	phi.z
1	1	864	1057	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
2	2	865	1087	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
3	3	866	1088	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
4	4	867	1089	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
5	5	868	1090	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
6	6	869	1091	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
7	7	870	1092	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
8	8	871	1093	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 23
Vorgang :	

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Liste der Federelemente

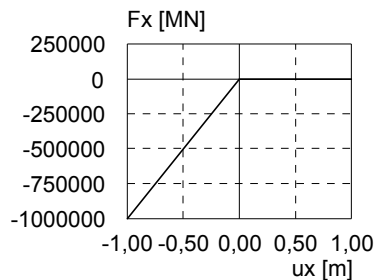
	Feder-nr.	Knoten 1	Knoten 2	'NL' = Nichtlinear oder Steifigkeit [MN/m], [MNm/rad]					
				ux	uy	uz	phi.x	phi.y	phi.z
9	9	872	1094	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
10	10	887	1073	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
11	11	888	1086	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
12	12	336	2180	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
13	13	337	2181	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
14	14	338	2182	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
15	15	339	2183	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
16	16	340	2184	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
17	17	341	2185	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
18	18	342	2186	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
19	19	343	2187	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
20	20	344	2188	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
21	21	360	2178	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
22	22	2170	2179	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
23	23	359	2189	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
24	24	1961	2190	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
25	25	1962	2191	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
26	26	1963	2192	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
27	27	1964	2193	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
28	28	1965	2194	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
29	29	1966	2195	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
30	30	1967	2196	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
31	31	1968	2197	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
32	32	1969	1985	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00
33	33	1984	2177	NL	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00

Federelement 1 Druckkontakt

Geometrie	x [m]	y [m]	z [m]	Kennlinien [MN/m], [MNm/rad]			
				Komp.	Bezeichnung	Linear	Steifigkeit
Knoten 864	5,84777	0	-9,25	ux	Kontakt in x-Richtung	Nein	
Knoten 1057	5,84777	0	-9,3				
x-Richtung	0	0	-1				
z-Richtung	1	-0	0				

Kennlinie Kontakt in x-Richtung (ux)

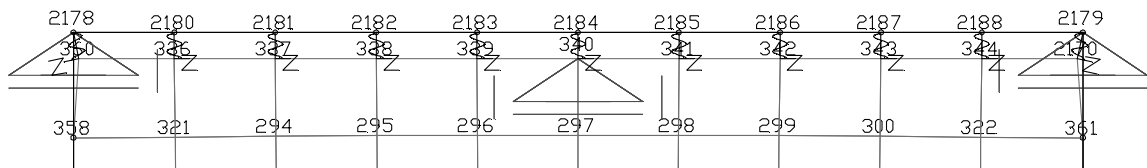
Pkt.	ux [m]	Fx [MN]
1	-1	-1e+06
2	0	0
3	1	0



Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :	
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 24	
Vorgang :			

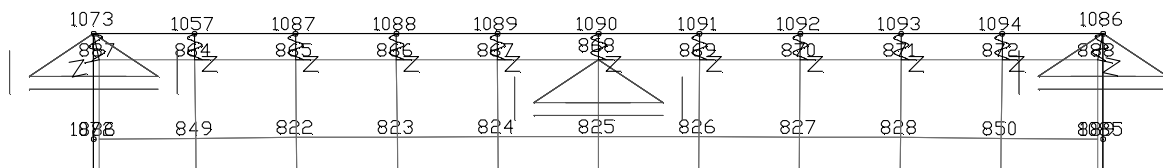
Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

mit Rahmen ungestört



Federelemente

mit Rahmen Risse oben

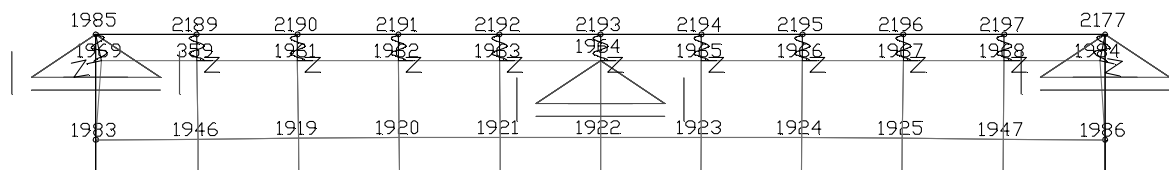


Federelemente

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 25
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

mit Rahmen Risse unten

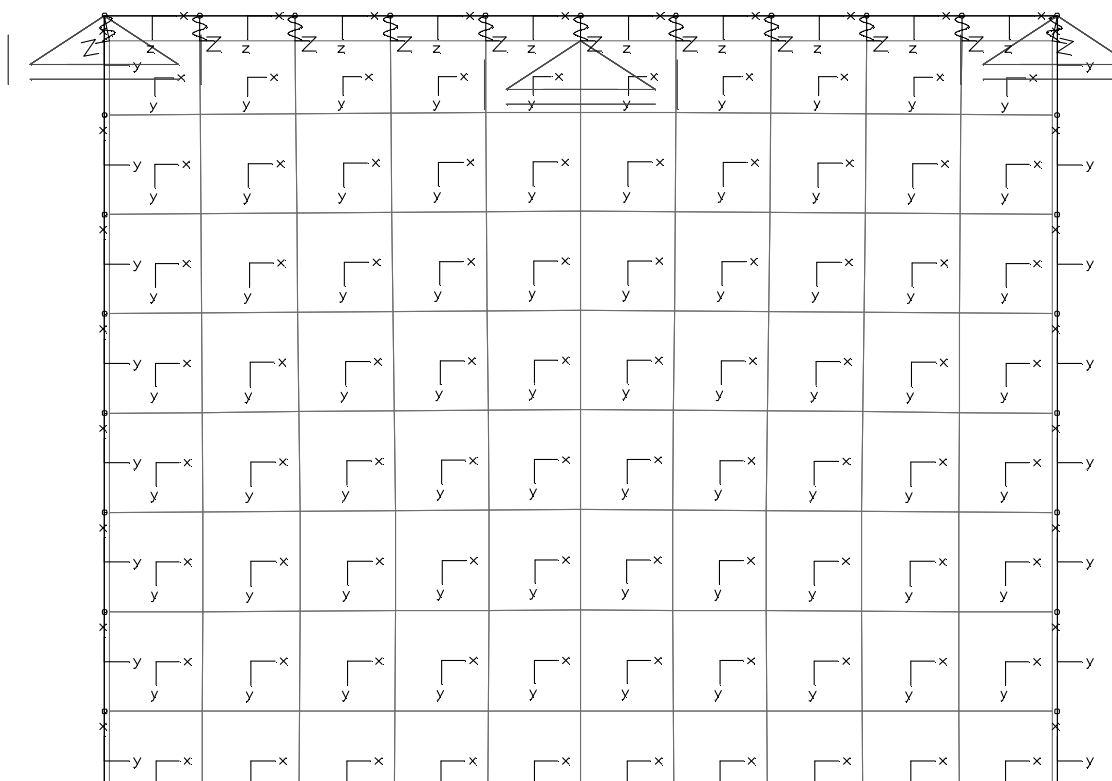


Federelemente

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 26
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

mit Rahmen Risse oben



Rissbildung oben

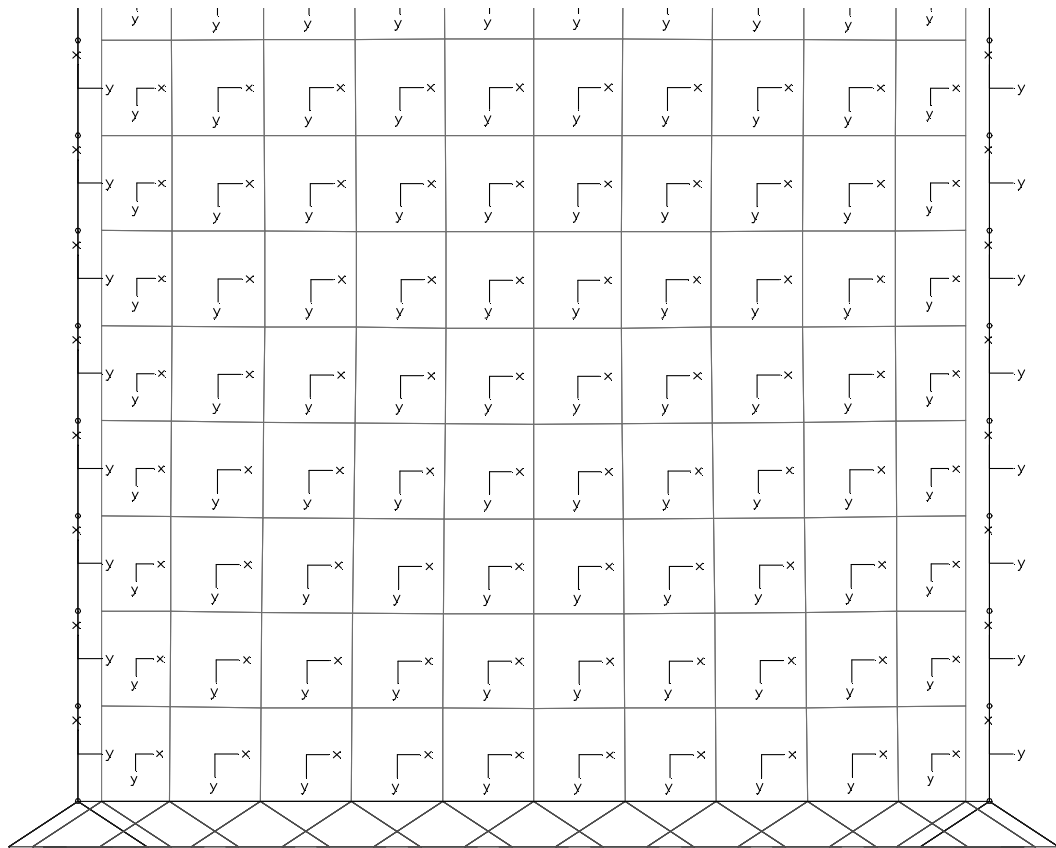
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 27
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 20



Rissbildung unten

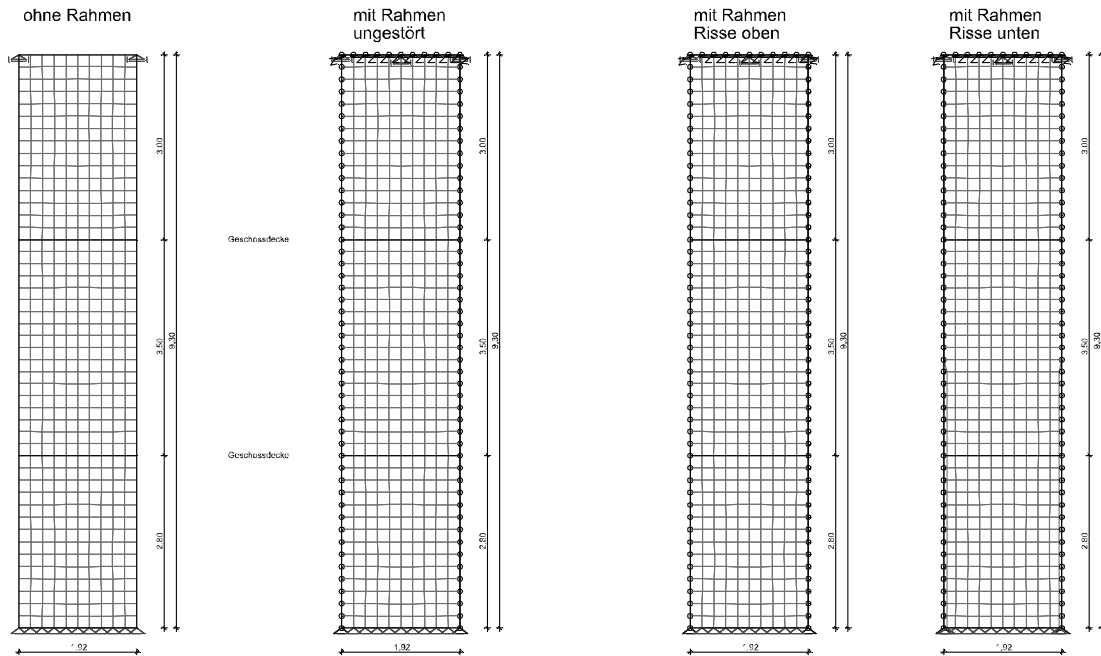
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 28
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 21



System/ Abmessungen

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	g1
5	q
10	Wind
100	Gesamt

Summe der aufgebrachtten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
100	Gesamt	590,560	0,000	4358,687
	Auflagerreaktionen	596,229	0,000	4358,687

Lastdaten Lastfall 1: g1

LfdNr	Eigengewicht (EG) aus Material- und Querschnittsbeschreibung		
	Wichtungsfaktoren in Richtung		
	X [-]	Y [-]	Z [-]
1	0,0000	0,0000	1,0000

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 29
Vorgang :	

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 22

Lastdaten Lastfall 5: q

LZV = Last-Zeit-Verlauf

LfdNr	Knotenlast (KNL)		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	LZV
	von	bis							
1	194	194	125,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	722	722	125,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	1088	1088	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
4	1092	1092	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
5	1435	1435	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
6	1439	1439	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
7	1291	1291	125,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	1819	1819	125,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
9	2182	2182	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
10	2186	2186	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
11	2191	2191	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	
12	2195	2195	0,00	0,00	440,00	0,00	0,00	0,00	

Lastdaten Lastfall 10: Wind

LZV = Last-Zeit-Verlauf

LfdNr	Linienlast (LKO, LG) auf Flächenelemente in globaler Richtung						LZV
	x [m]	y [m]	z [m]	qx [kN/m]	qy [kN/m]	qz [kN/m]	
1	6,616	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
2	6,616	0,000	0,000	2,40	0,00	0,00	
3	6,616	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
4	6,616	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
5	6,616	0,000	-9,300	2,40	0,00	0,00	
6	6,616	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
7	1,920	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
8	1,920	0,000	0,000	2,40	0,00	0,00	
9	1,920	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
10	1,920	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
11	1,920	0,000	-9,300	2,40	0,00	0,00	
12	1,920	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
13	-3,326	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
14	-3,326	0,000	0,000	2,40	0,00	0,00	
15	-3,326	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
16	-3,326	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
17	-3,326	0,000	-9,300	2,40	0,00	0,00	
18	-3,326	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
19	10,731	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
20	10,731	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :	
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 30	
Vorgang :			

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 23

Lastdaten Lastfall 10: Wind

Linienlast (LKO, LG) auf Flächenelemente in globaler Richtung							
LfdNr	x [m]	y [m]	z [m]	qx [kN/m]	qy [kN/m]	qz [kN/m]	LZV
21	10,731	0,000	-9,300	2,40	0,00	0,00	
22	10,731	0,000	-6,300	2,40	0,00	0,00	
23	10,731	0,000	-2,800	2,40	0,00	0,00	
24	10,731	0,000	0,000	2,40	0,00	0,00	

Lastdaten Lastfall 100: Gesamt

Lastgruppe (GRL)

Berechnungstheorie: Theorie 2. Ordnung

Ausfall Zugbettung: Nein; Ausfall Zuglager: Nein; Fehlerschranke: 1,00 [%]

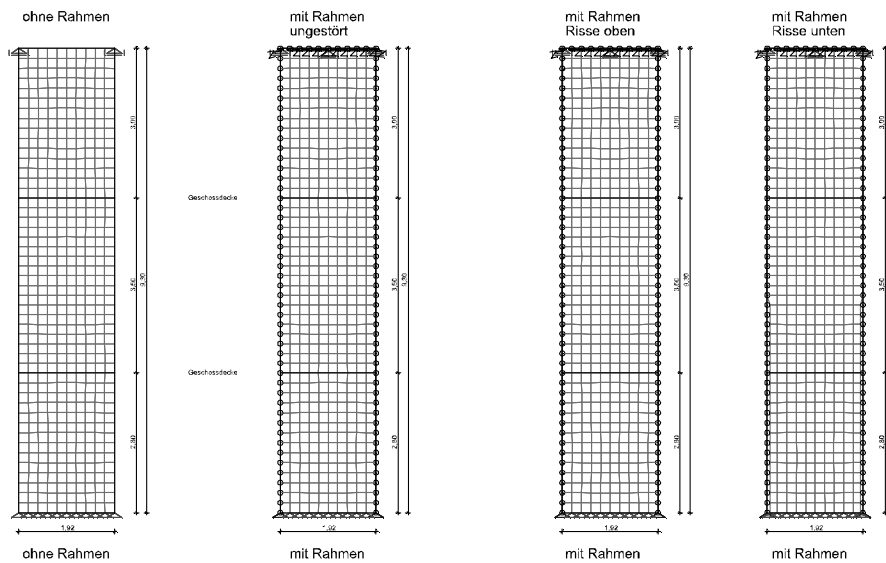
Zusätzlicher globaler Lastfaktor: 1,00; Vorverformung: 0

Betonkriechen bei der nichtlinearen Systemanalyse berücksichtigen: Nein

Gewählte Lastfälle

Nr.	Bezeichnung	Faktor
1	g1	1
5	q	1
10	Wind	1

EIGENGEWICHT



LF 1: Belastung, g1

11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 31
Vorgang :	

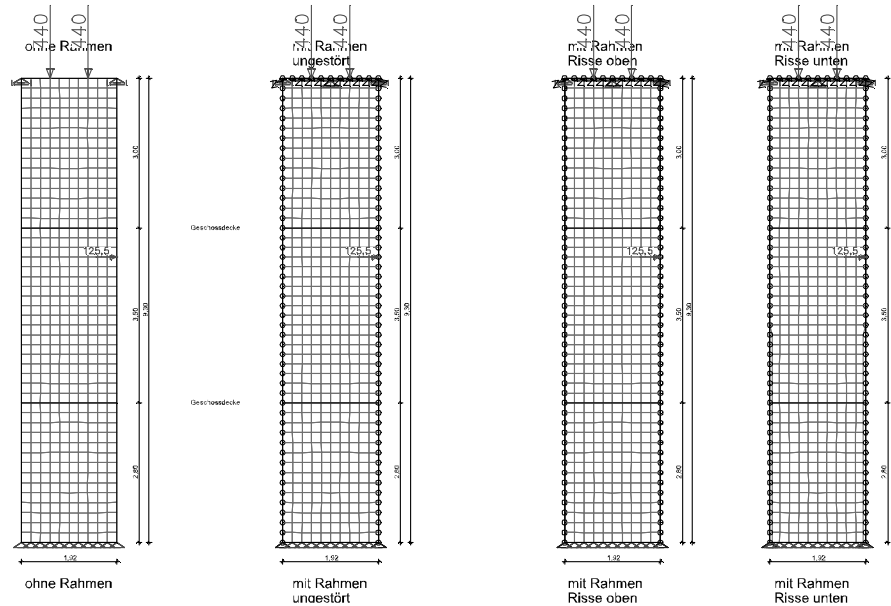
Verfasser : **Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH**

Bauwerk : **Cäcilienbrücke Oldenburg
Instandsetzung**

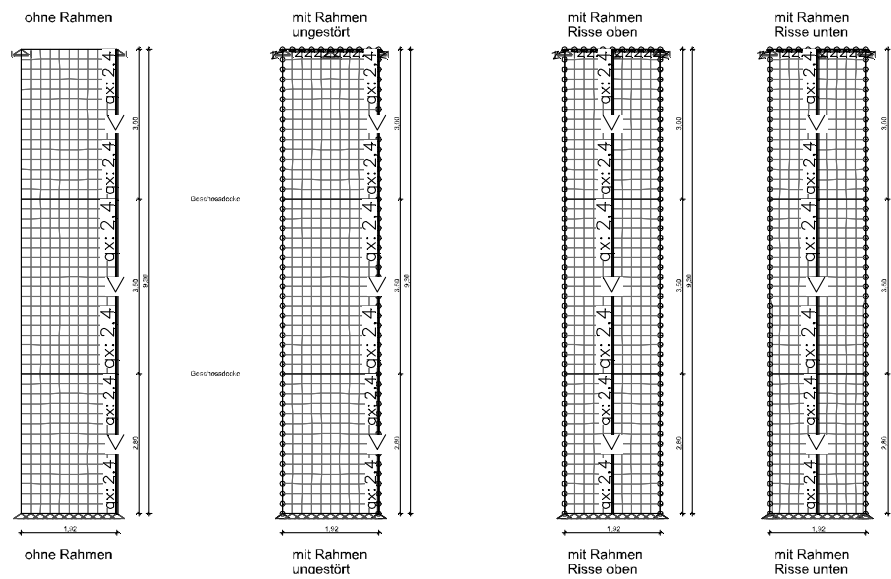
Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 24



LF 5: Belastung, q



LF 10: Belastung, Wind

11043_Mauerwk_01_120213.fem

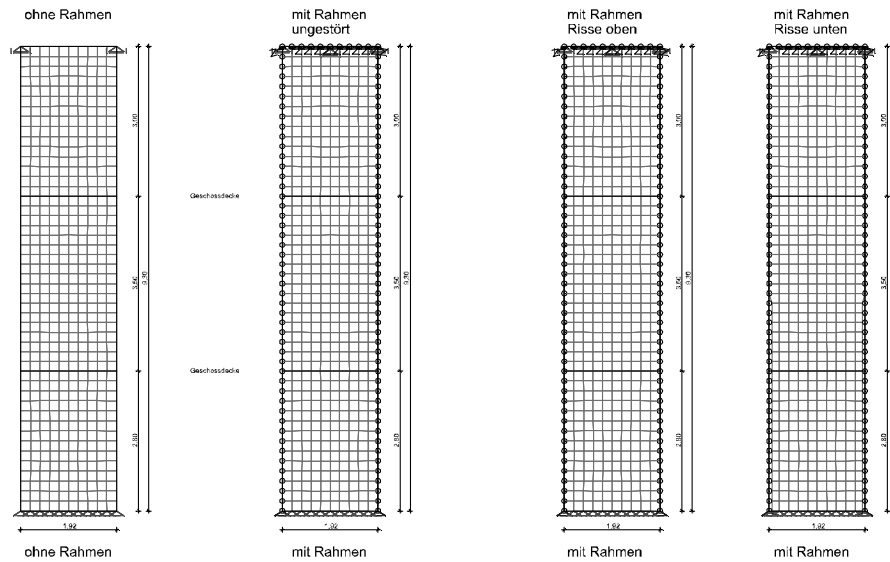
Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 32
Vorgang :	

Verfasser : Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk : Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 25

LASTGRUPPE



LF 100: Belastung, Gesamt

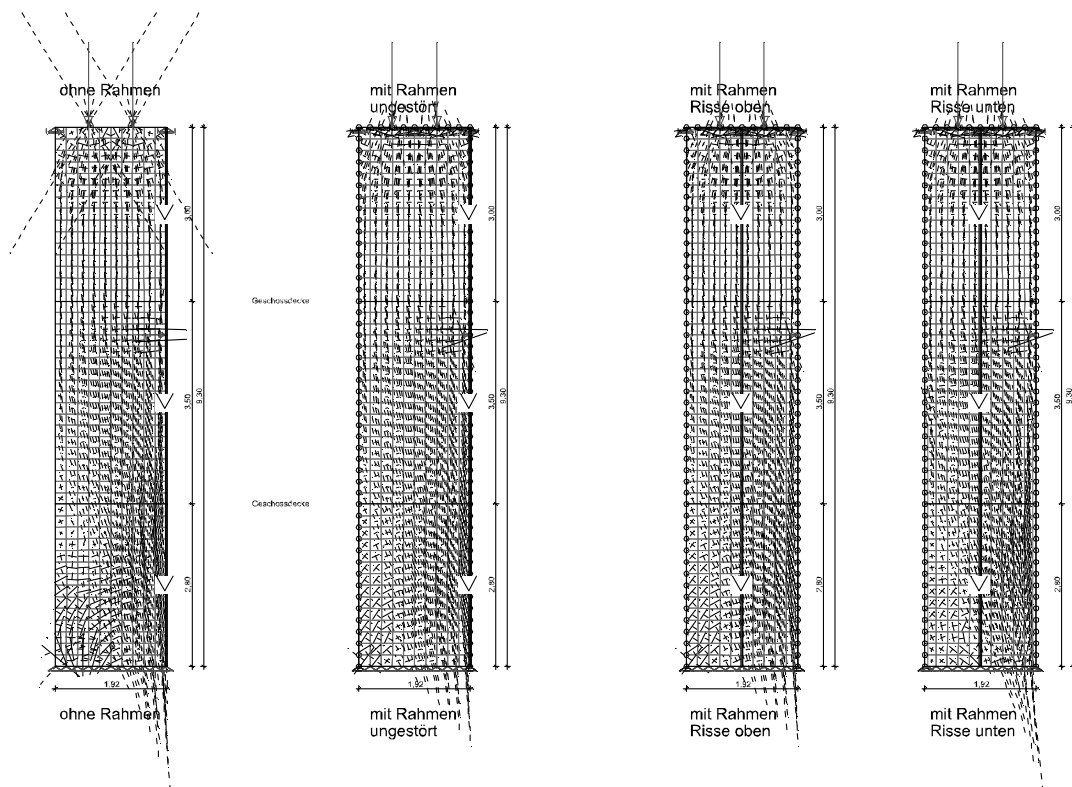
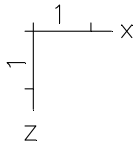
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil : Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block : 11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 33
Vorgang :	

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 26



LF 100: Gesamt
 Nichtlineare Systemanalyse - Spannungen (nichtlinear) Sigma.1/Sigma.2 oben. 1,43 [MN/m²] = $\frac{1}{2} \frac{1}{2}$
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -6,30/1,20 [MN/m²]
 Berechnung in den Elementknoten
 Lastfälle 5,10

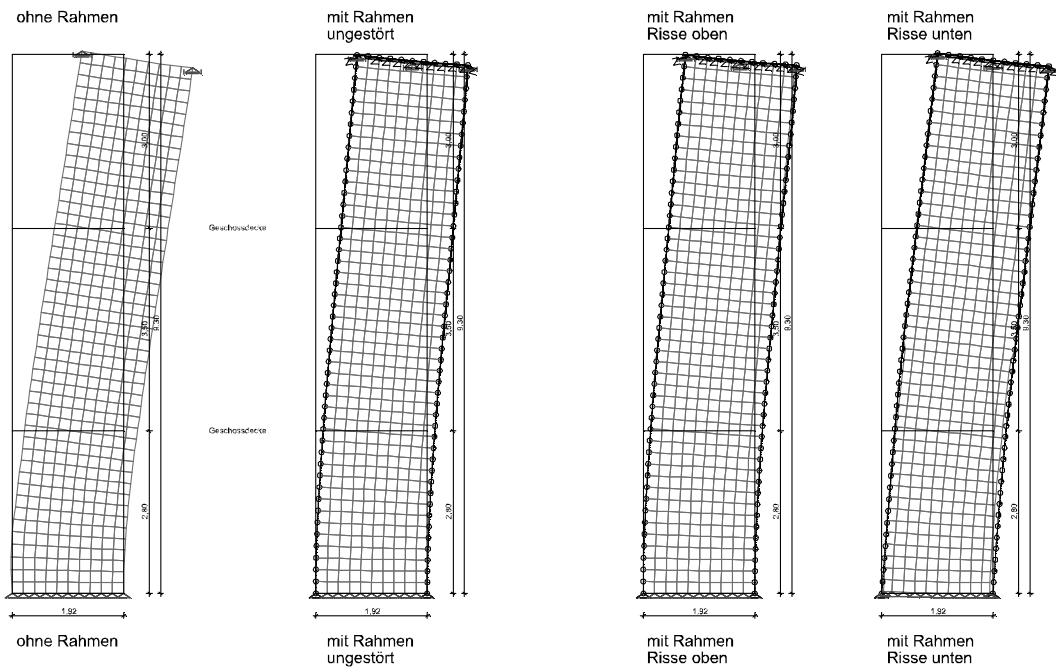
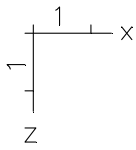
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 34
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 27



LF 100: Gesamt
 Nichtlineare Systemanalyse - Deformationen u [mm], Faktor = 258,7
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/4,71 [mm]

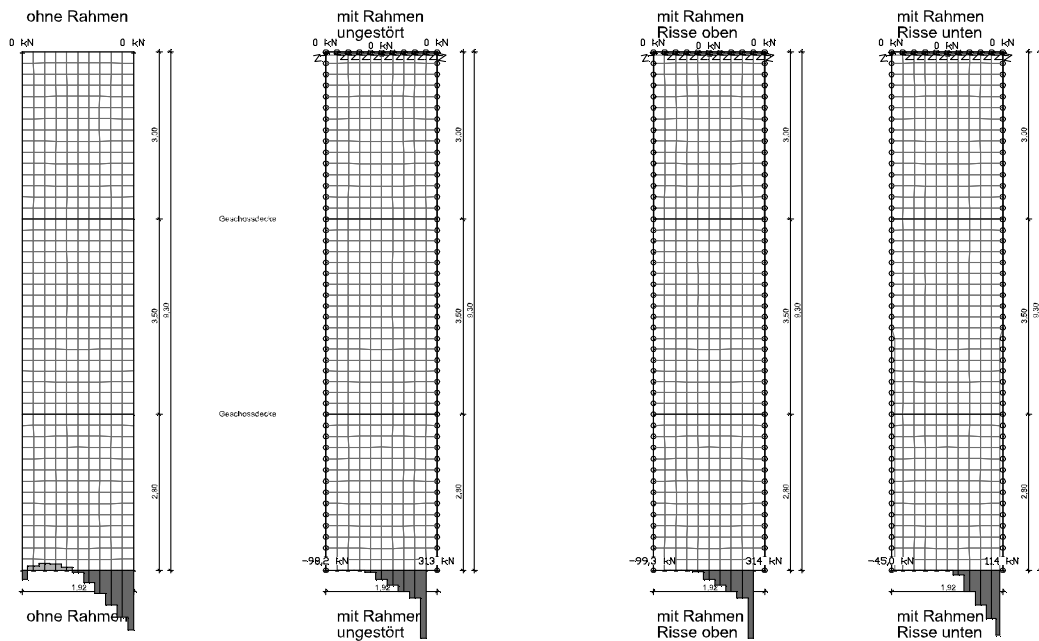
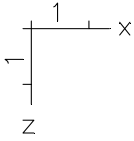
11043_Mauerwk_01_120213.fem

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 35
Vorgang :		

Verfasser :	Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH	
Bauwerk :	Cäcilienbrücke Oldenburg Instandsetzung	Datum : 02 / 2012

Finite Elemente 11.20 (c) InfoGraph GmbH

Blatt 28



LF 100: Gesamt

Nichtlineare Systemanalyse - Auflagerreaktionen im System der Lagerlinien Rz(l). 2600,24 [kN/m] =

Summe im Globalsystem Rz(g) = 4358,69 [kN]

11043_Mauerwk_01_120213.fem

letzte Seite

Bauteil :	Pfeilermauerwerk	Archiv-Nr. :
Block :	11043_Mauerwk_01_120213	Seite: 36
Vorgang :		