



WTM ENGINEERS GMBH

**Beratende Ingenieure
im Bauwesen**

Johannisbollwerk 6-8
20459 Hamburg

Telefon 040. 350 09 - 0

Telefax 040. 350 09 - 100

E-Mail info@wtm-hh.de

Web www.wtm-engineers.de

BEARBEITER

Torben Bellmann

TELEFON / FAX

040. 350 09 - 676 / - 100

E-MAIL

t.bellmann@wtm-hh.de

UNSER ZEICHEN

15461 / Dr. Eh / BeT

Visuelle Zustandserfassung der Stahl- Lichthochmaste und Stahlbeton-Fundamente

Objekt: Lichthochmaste Elbtunnel
Hamburg

Bauherr: Hamburg Verkehrsanlagen GmbH
Am Neumarkt 44, 22041 Hamburg

Auftraggeber: siehe Bauherr

Verfasser: WTM ENGINEERS GMBH

Bearbeitungsstand 27.09.2024

Index b

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	3
2.	Unterlagen.....	4
3.	Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung	4
3.1	Mast 4A – Südseite	4
3.1.1	Stahlmast.....	4
3.1.2	Podest.....	7
3.1.3	Ergebnisse der Schichtdickenmessungen.....	9
3.1.4	Fundament.....	10
3.1.5	Masteinbindung.....	12
3.2	Mast 1 – Nordseite	13
3.2.1	Stahlmast.....	13
3.2.2	Podest.....	14
3.2.3	Ergebnisse der Schichtdickenmessungen.....	15
3.2.4	Fundament.....	16
3.2.5	Masteinbindung.....	17
3.3	Mast 2 – Nordseite	19
3.3.1	Stahlmast.....	19
3.3.2	Podest.....	21
3.3.3	Ergebnisse der Schichtdickenmessungen.....	22
3.3.4	Fundament.....	23
3.3.5	Masteinbindung.....	23
3.4	Mast 4 – Nordseite	24
3.4.1	Stahlmast.....	24
3.4.2	Podest.....	27
3.4.3	Ergebnisse der Schichtdickenmessungen.....	28
3.4.4	Fundament.....	29
3.4.5	Masteinbindung.....	29
3.5	Zusammenfassung Ist-Zustand.....	31
4.	Weiteres Vorgehen	32

1. Allgemeines

An den Ein- und Ausfahrten der Elbtunnelröhren sind auf beiden Seiten der Bundesautobahn A 7 Lichthochmaste zur Beleuchtung der Ein- und Ausfahrtsbereiche angeordnet. Derzeit sind auf der Nord- und Südseite des Elbtunnels insgesamt 12 Maste vorhanden. Dabei sind die Maste als Stahlbeton-Maste (Baujahr 1974) oder als Stahlmaste (Baujahr 1999) ausgeführt. Die Maste gründen auf Stahlbeton-Fundamenten. Die Stahlbeton-Maste haben ihre geplante Lebensdauer von 50 Jahren erreicht und sollen rückgebaut werden. Für die Stahl-Maste ist ein Austausch der Podeste an den Mastspitzen geplant.

WTM Engineers wurde von der Hamburg Verkehrsanlagen GmbH (HHVA) mit der Inaugenscheinnahme und Schadensdokumentation der Stahlmasten und den dazugehörigen Fundamenten beauftragt. Die Lage der Masten sind in Abbildung 1 bis Abbildung 3 dargestellt.

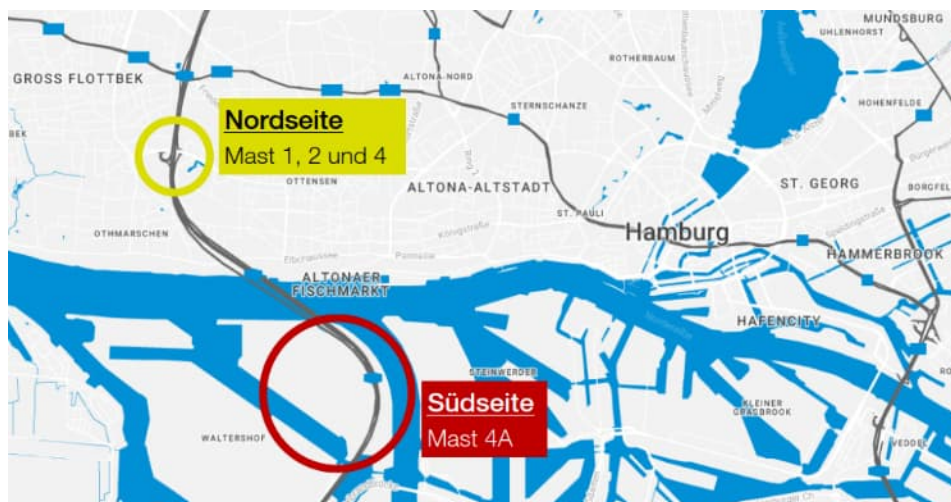


Abbildung 1: Lageplan, Kartenmaterial: Google Maps



Abbildung 2: Lage der Maste (Nordseite)



Abbildung 3: Lage des Masts (Südseite)

Die vorgenommenen Bewertungen basieren auf einer visuellen Zustandserfassung. Die Zustandserfassung erfolgte weitestgehend handnah. Im Rahmen der Inaugenscheinnahme wurden stichprobenartige zerstörungsfreie Schichtdickenmessungen an den Masten durch WTM Engineers ausgeführt.

2. Unterlagen

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen WTM Engineers keine Unterlagen zu den Stahlmasten und den dazugehörigen Fundamenten zur Verfügung. Es wurden Unterlagen übergeben, die sich jedoch sämtlich auf Stahlbetonmasten aus den 1970er Jahren beziehen.

3. Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung

Am 12. März 2024 erfolgte ein erster Ortstermin durch WTM Engineers. Dabei konnte der Zustand des Stahlmastes 4A (Südseite) im Rahmen einer Kranbefahrung über die gesamte Höhe inklusive des Podests an der Mastspitze in erfasst werden. Zudem wurden die Stahlmaste 1, 2 und 4 auf der Nordseite vom Boden aus in Augenschein genommen. Eine Kranbefahrung dieser drei Maste erfolgte am 7. April 2024 im Rahmen einer Streckensperrung. Zusätzlich wurden an den zugänglichen Bereichen der Maste zerstörungsfreie Schichtdickenmessungen durchgeführt. Dazu zählen auch die Mast-Innenseiten am Mastkopf und im Bereich des Mastfußes, wenn eine Zugänglichkeit über die Revisionsklappen der Türme möglich gewesen ist. Die Podeste sollen nach Angabe des Bauherrn erhalten bleiben.

Am 02. September 2024 erfolgte ein weiterer Termin zur Inaugenscheinnahme der Masteinbindungen in die Bestandsfundamente bzw. ins anstehende Erdreich. Hierzu wurden vorab Bodenaushub- und Betonstemmarbeiten von Fa. Arendt ausgeführt.

Der Vollständigkeit halber wird der festgestellte Zustand der Bauteile fotografisch dokumentiert. Die Ergebnisse der Inaugenscheinnahmen und Schichtdickenmessungen werden in der Folge zusammengefasst.

3.1 Mast 4A – Südseite

3.1.1 Stahlmast

Der Mast (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5) ist als konisch verlaufender zwölfseitiger Querschnitt aus zwei verschweißten Stahl-Profilen konstruiert. Die Bauteile sind feuerverzinkt und von außen zusätzlich beschichtet. Die Seitenlänge beträgt ca. 15 cm, der Mastdurchmesser ca. 60 cm. Die Mastlänge ist unbekannt. Der Mast besteht in der Länge aus zwei Teilen, die ca. in Mastmitte miteinander verbunden sind.



Abbildung 4: Ansicht Mast 4A



Abbildung 5: Ansicht Mastfuß Mast 4A

Für den Mast wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- Ausbesserungen der Beschichtung - über ganze Mastlänge feststellbar (Abbildung 6 bis Abbildung 9)
- Schäden an der Beschichtung in Form von Abplatzungen oder Kratzern, selten mit Verletzung der Verzinkung und/oder Korrosionsspuren (Abbildung 11 und Abbildung 13)
- Schichtstärken insgesamt unauffällig, Verzinkung sowohl innen als auch außenseitig im Wesentlichen vorhanden und intakt (Abbildung 14 und Abbildung 15 sowie Abschnitt 3.1.3)
- Ablagerungen an Mastinnenseite (Abbildung 15)
- Verfärbungen am Mastfuß im Übergangsbereich zum Betonfundament, leichte Korrosionsspuren festgestellt (Abbildung 10)
- Schweißnähte unauffällig und intakt (Abbildung 16)
- Revisionsklappe beschädigt (Abbildung 17)



Abbildung 6: Ausbesserungen der Beschichtung - über ganze Mastlänge feststellbar



Abbildung 7: Ausbesserung der Beschichtung im Übergangsbereich der zwei Mastteile



Abbildung 8: Schraube nachträglich beschichtet



Abbildung 9: Schraube nachträglich beschichtet



Abbildung 10: Verfärbungen am Mastfuß im Übergang zum Betonfundament, vereinzelt Korrosionsspuren



Abbildung 11: Abplatzungen an der Beschichtung und der darunterliegenden Verzinkung mit leichten Korrosionsspuren



Abbildung 12: Oberer innerer Mastbereich



Abbildung 13: Schäden an der Beschichtung, keine Korrosion am Substrat erkennbar



Abbildung 14: Verzinkung innen (ab 1,5 m Masthöhe nach unten) intakt



Abbildung 15:: Verzinkung innen (ab 1,5 m Höhe nach oben) intakt. Ablagerungen (Bildoberseite) erkennbar

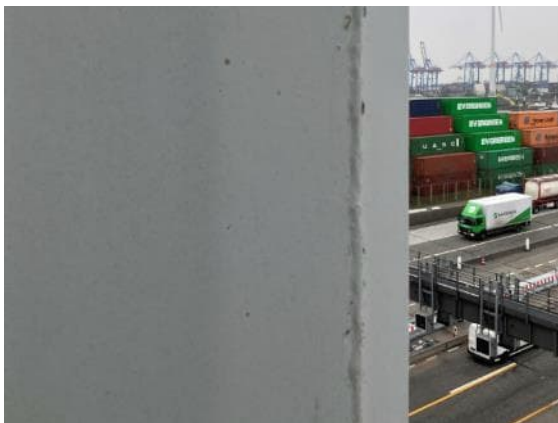


Abbildung 16: Schweißnaht zwischen Profilen unauffällig / intakt



Abbildung 17: Revisionsklappe beschädigt

3.1.2 Podest

Am Mastkopf ist ein Podest angeordnet und über ein Flanschverbindung mit dem Mast verbunden. Das Podest dient der Befestigung der Lichtanlagen und den zugehörigen Elektroinstallatio-
 nen. Das Podest ist wie der Mast aus feuerverzinktem Stahl mit zusätzlicher Beschichtung ausge-
 führt. Zum Zeitpunkt der Inaugenscheinnahme waren 3 Leuchtstrahler und 4 Schaltkästen am Po-
 dest befestigt (Abbildung 18 und Abbildung 19).



Abbildung 18: Draufsicht Podest Mast 4A



Abbildung 19: Untersicht Podest Mast 4A

Für das Podest wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- vereinzelt Ausbesserungen der Beschichtung (Abbildung 18 und Abbildung 19)
- keine Korrosion der Stahlbauteile trotz Abnutzung der Beschichtung festgestellt (Abbildung 20 und Abbildung 21)
- Verzinkung erscheint intakt, z.T. Weißrost / Zinkkorrosion feststellbar (Abbildung 23)
- Schraubverbindungen an der Verbindung vom Podest zum Mast teilweise korrodiert (Abbildung 22)



Abbildung 20: Abrasion der Beschichtung, keine Korrosion festgestellt



Abbildung 21: Abrasion der Beschichtung, keine Korrosion festgestellt



Abbildung 22: Korrosion an den Schraubverbindungen, keine Korrosion an Stahlbauteilen



Abbildung 23: Weißrost / Zinkkorrosion an Podestunterseite

3.1.3 Ergebnisse der Schichtdickenmessungen

Die Schichtdickenmessungen wurden mit einem kalibrierten Elcometer 456/4 durch WTM Engineers ausgeführt. Die Verteilung der gemessenen Schichtdicken ist in Abbildung 25 und Abbildung 26 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Schichtdicken an der Außenseite mit einem Mittelwert von ca. 186 μm deutlich größer sind als an der Innenseite von im Mittel ca. 103 μm . Diese Mehrschichtdicken resultieren aus der zusätzlichen Beschichtung auf der Feuerverzinkung an der Mast-Außenseite.

Die gemessene mittlere Zinküberzugsdicke beträgt bei allen Bauteilen mit einer Blechdicke > 6 mm mehr als die in DIN EN 1461 für Neubauten geforderten 85 μm (Abbildung 24). Der Zinküberzug wird als intakt eingestuft.

Tabelle 3 — Mindestwerte für die Zinküberzugsdicke und Masse des Zinküberzugs auf Proben, die nicht geschleudert wurden

Bauteile und ihre Dicke	Örtliche Zinküberzugsdicke (Mindestwert) μm	Örtliche Masse des Zinküberzugs ^a (Mindestwert) g/m^2	Mittlere Zinküberzugsdicke (Mindestwert) μm	Mittlere Masse des Zinküberzugs ^a (Mindestwert) g/m^2
Stahl: > 6 mm	70	505	85	610
Stahl: > 3 mm bis ≤ 6 mm	55	395	70	505
Stahl: ≥ 1,5 mm bis ≤ 3 mm	45	325	55	395
Stahl: < 1,5 mm	35	250	45	325
Guss: > 6 mm	70	505	80	575
Guss: ≤ 6 mm	60	430	70	505

ANMERKUNG Diese Tabelle dient zum allgemeinen Gebrauch: einzelne Produktnormen können abweichende Anforderungen, einschließlich abweichende Kategorien der Schichtdicke, enthalten. Für den Fall solcher Unstimmigkeiten wurden die Anforderungen an die örtliche und die mittlere Masse des Zinküberzugs in dieser Tabelle als Referenz festgelegt.

^a Äquivalente Masse des Zinküberzugs unter Verwendung der Nenndichte von 7,2 g/cm^3 (siehe Anhang D).

Abbildung 24: Mindestwerte für die Zinküberdeckung, Auszug aus DIN EN 1461

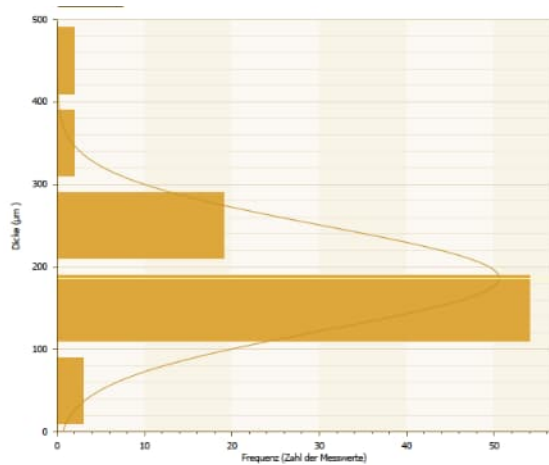


Abbildung 25: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 4A - Außenseite

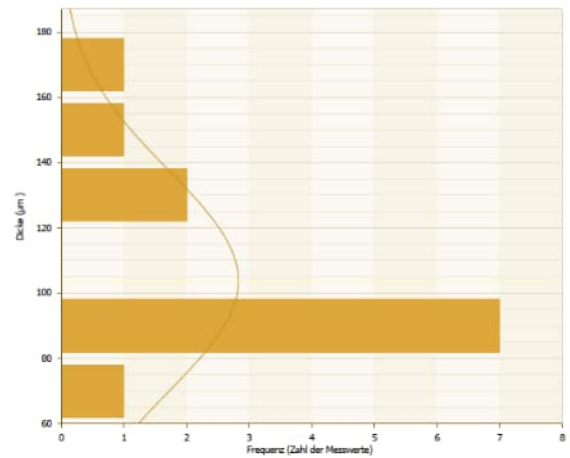


Abbildung 26: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 4A - Innenseite

3.1.4 Fundament

Das Fundament von Mast 4A ist als quadratischer Querschnitt mit einer Kantenlänge von ca. 3 m in Stahlbeton ausgeführt (Abbildung 27). Der Stahlmast bindet augenscheinlich in einen Köcher ein, der nachträglich mit Beton verfüllt wurde (Abbildung 28). Das Fundament ragt ca. 20 cm aus dem Boden und konnte daher nur an der Fundamentoberseite und den oberen Kanten in Augenschein genommen werden. Die Gesamthöhe der Fundamente ist unbekannt. Es liegen keine Unterlagen zu den Stahlbetonfundamenten der Stahlmasten vor. Für die Fundamente der Stahlbetonmasten aus den 1970er Jahren sind Bestandsunterlagen vorhanden. Dabei stimmen die festgestellten 3,0 m Kantenlänge mit den Angaben in den Bestandsunterlagen überein. Weitere Übereinstimmungen konnten nicht überprüft werden.



Abbildung 27: Ansicht Fundament Mast 4A



Abbildung 28: Einbindung Mast 4A in Fundament

Für das Fundament wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- Sich abzeichnende Bewehrung an der Fundamentoberfläche (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30)
- Betonabplatzungen in Eck- und Randbereichen (Abbildung 31)
- Rissbildung am Fundamentbeton und am Vergussbeton an Masteinbindung (Abbildung 32 und Abbildung 33)
- Bewuchs, insbesondere in Randbereichen (Abbildung 34)



Abbildung 29: sich abzeichnende Bewehrung Fundament Mast 4A

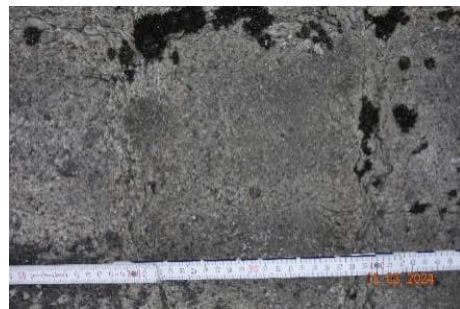


Abbildung 30: sich abzeichnenden Bewehrung, Fundament Mast 4A, ca. 20x20 cm Stababstände



Abbildung 31: Abplatzungen und Bewuchs an Betonfundament Mast 4A

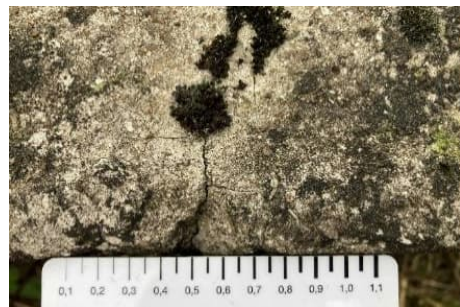


Abbildung 32: Rissbildung und Bewuchs in Fundament Mast 4A



Abbildung 33: Netzartige Rissbildung Fundament (Vergussbeton Masteinbindung) Mast 4A



Abbildung 34: Bewuchs am Fundament Mast 4A

3.1.5 Masteinbindung

Die Masteinbindung erfolgte augenscheinlich in einen Köcher, der mit einem Vergussbeton nach Einstellen des Stahlmastes ausgefüllt worden ist. Das Ausstemmen des Vergussmaterials war aufgrund der hohen Festigkeit des Materials nur erschwert möglich, so dass die Masteinbindung nur an einer Stelle bis in eine Tiefe von 10 cm freigelegt werden konnte.



Abbildung 35: Dunkle Färbung über gesamte Tiefe der Freilegung Mast 4A



Abbildung 36: Dunkle Färbung des Masts oberhalb der Masteinbindung Mast 4A



Abbildung 37: Schichtdickenmessung oberhalb der Dunkelfärbung (210 µm) Mast 4A



Abbildung 38: Schichtdickenmessung im Bereich der Dunkelfärbung (97,2 µm) Mast 4A

Für die Masteinbindung wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- Hohe Festigkeit des Vergussmaterials
- Dunkle Färbung des Masts bis mind. 10 cm unterhalb der Fundamentoberkante deutet auf Abnutzung des Korrosionsschutzes hin (siehe Abbildung 35)
- Dunkle Färbung des Masts oberhalb der Masteinbindung deutet auf Abnutzung des Korrosionsschutzes hin (siehe Abbildung 36)
- Stichprobenartige Schichtdickenmessungen am Mast im Bereich der Freilegung bestätigt Abnutzung des Korrosionsschutzes (vgl. Abbildung 37 und Abbildung 38)
- Wenig bis keine Korrosion des Masts festgestellt

3.2 Mast 1 – Nordseite

3.2.1 Stahlmast

Der Mast ist als konisch verlaufender zwölfkantiger Querschnitt aus zwei verschweißten Stahlprofilen konstruiert. Die Bauteile sind feuerverzinkt und von außen zusätzlich beschichtet. Die Seitenlänge beträgt ca. 15 cm, der Mastdurchmesser ca. 60 cm. Die Mastlänge ist unbekannt. Der Mast besteht in der Länge aus zwei Teilen, die ca. in Mastmitte verbunden sind.

Für den Mast konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- Beschichtung im Wesentlichen intakt
- Schweißnähte unauffällig und intakt
- Schäden an der Beschichtung in Form von Abplatzungen oder Kratzern, selten mit Verletzung der Verzinkung und/oder Korrosionsspuren (Abbildung 39)
- Schichtstärken insgesamt unauffällig, Verzinkung sowohl innen als auch außenseitig im Wesentlichen vorhanden und intakt (siehe Abschnitt 3.2.3)
- Zinkkorrosion / Weißrost an Mastkopf vorhanden (Abbildung 44)
- Korrosionsspuren am Mastfuß im Übergangsbereich zum Betonfundament (Abbildung 43)
- z.T. Unebenheiten an Mastoberfläche (Abbildung 40)
- Schrauben z.T. korrodiert (Abbildung 42)
- Markierung der Mastteile im Übergangsbereich durch Einkerbungen (Abbildung 41)
- Korrosionsspuren an Mastinnenseiten (Abbildung 45)



Abbildung 39: kleinere Abplatzungen an der Beschichtung



Abbildung 40: Unebenheiten an Mastoberfläche



Abbildung 41: Markierungen „3“ und „3,b“ in Form von Einkerbungen



Abbildung 42: Schrauben korrodiert



Abbildung 43: Korrosionsspuren am Mastfuß im Übergang zum Betonfundament



Abbildung 44: Weißrost / Zinkkorrosion am Mastkopf



Abbildung 45: Korrosionsspuren an Mastinnenseite

3.2.2 Podest

Am Mastkopf ist ein Podest angeordnet und über eine Flanschverbindung mit dem Mast verbunden. Das Podest dient der Befestigung der Lichtanlagen und den zugehörige Elektroinstallatio-nen. Das Podest ist wie der Mast aus feuerverzinktem Stahl mit zusätzlicher Beschichtung ausge-führt. Zum Zeitpunkt der Inaugenscheinnahme waren 3 Leuchtstrahler und 3 Schaltkästen auf dem Podest befestigt (Abbildung 46). Insgesamt ist der Zustand vergleichbar mit dem Zustand an Mast 4A (siehe Abschnitt 3.2.3).



Abbildung 46: Draufsicht Podest Mast 1 Nord



Abbildung 47: Korrodierte Schrauben an Verbindungsflansch zum Mast

Für das Podest konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- keine Korrosion der Stahlbauteile trotz teilweiser Abnutzung der Beschichtung festgestellt
- Verzinkung erscheint intakt
- Schraubverbindungen an der Verbindung vom Podest zum Mast korrodiert (Abbildung 47)

3.2.3 Ergebnisse der Schichtdickenmessungen

Die Schichtdicken wurden mit einem kalibrierten Elcometer 456/4 durch WTM Engineers ausgeführt. Die Verteilung der gemessenen Schichtdicken ist in Abbildung 48 und Abbildung 49 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Schichtdicken an der Außenseite mit einem Mittelwert von ca. 150 μm deutlich größer sind als an der Innenseite von im Mittel ca. 92 μm . Dies liegt in der zusätzlichen Beschichtung auf der Feuerverzinkung an der Mast-Außenseite begründet.

Die gemessene mittlere Zinküberzugsdicke beträgt bei allen Bauteilen mit einer Blechdicke > 6 mm mehr als die in DIN EN 1461 geforderten 85 μm (Abbildung 24). Der Zinküberzug wird als intakt eingestuft.

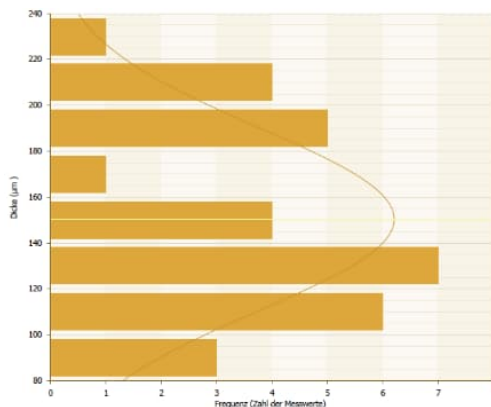


Abbildung 48: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 1 – Außenseite

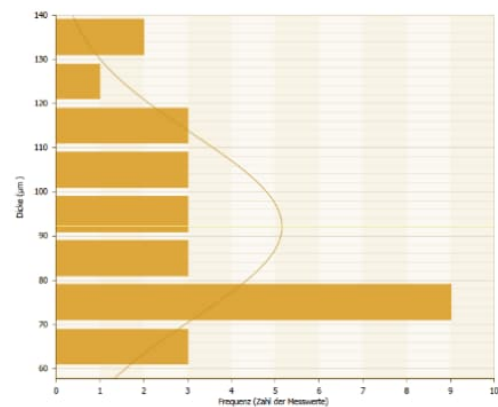


Abbildung 49: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 1 - Innenseite

3.2.4 Fundament

Das Fundament von Mast 1 ist oberirdisch als kreisrunder Querschnitt mit einem Durchmesser von ca. 1,5 m in Stahlbeton ausgeführt (Abbildung 50 und Abbildung 51). Die Ausbildung des darunterliegenden Fundaments ist nicht einsehbar. Der einsehbare Fundamentkopf wurde offenbar mit einer verlorenen Schalung hergestellt. Diese besteht im unteren Bereich aus einem Tonnenblech und darüber aus einem Schachtring, der von Holzpfählen gestützt wird bzw. wurde. Es liegen keine Bestandsunterlagen zum Fundament vor.



Abbildung 50: Ansicht Fundament Mast 1



Abbildung 51: Ansicht Fundament Mast 1

Für das Fundament konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- Fuge zum Mast geschädigt, z.T. mit Holzeinschlüssen, Mast im Übergangsbereich korrodiert (Abbildung 52)
- Betonabplatzungen in Randbereichen (Abbildung 53), z.T. mit freiliegender korrodierter Bewehrung (Abbildung 54 und Abbildung 55)
- Vertikale Rissbildung am Schachtring (Abbildung 56 und Abbildung 57), Schachtring hat eine Schiefstellung (Abbildung 51)
- Holzumkleidung / Holzstützen für Schachtring fehlend und teilweise abgängig (Abbildung 50 und Abbildung 51)



Abbildung 52: Fuge im Übergang zum Mast geschädigt und mit Holzeinschlüssen



Abbildung 53: Abplatzungen und Risse an Fundamentoberseite



Abbildung 54: freiliegende korrodierte Bewehrung



Abbildung 55: freiliegende korrodierte Bewehrung
und mit Betonabplatzungen



Abbildung 56: Schachtring vertikal gerissen



Abbildung 57: Schachtring vertikal gerissen

3.2.5 Masteinbindung

Die Masteinbindung erfolgte oberhalb der Geländeoberkante (GOK) in eine zylindrische Stahlbetonkonstruktion (vgl. Abschnitt 3.2.4). Die Ausbildung des Fundaments unterhalb der GOK ist nicht bekannt und konnte nicht eingesehen werden. Die Masteinbindung erfolgte augenscheinlich in einen Köcher, der mit einem Vergussbeton nach Einstellen des Stahlmastes ausgefüllt worden ist. Der Köcher ist mit einer verlorenen Schalung aus Stahl ausgeführt worden (siehe Abbildung 61). Der Mast wurde nach dem Einstellen offenbar mit Holzkeilen in seiner Lage gegenüber der Köcherschalung gesichert und der Köcher anschließend vergossen (siehe Abbildung 52 und Abbildung 53). Die Holzkeile sind dabei im Beton verblieben und wurden im Zuge der Freilegung durch Fa. Arendt teilweise ausgestemmt.



Abbildung 58: deutliche Korrosionsspuren im Bereich eines ausgestemten Holzkeils Mast 1



Abbildung 59: deutliche Korrosionsspuren im Bereich eines ausgestemten Holzkeils Mast 1



Abbildung 60: Korrosionsspuren an ehemalige Oberkante Vergussbeton Mast 1



Abbildung 61: freigelegte Masteinbindung mit korrodiert Oberkante der verlorenen Schalung Mast 1

Für die Masteinbindung wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- Deutliche Korrosionsspuren im Bereich der Holzkeile (siehe Abbildung 58 und Abbildung 59)
- Umlaufende Korrosion an Oberkante Vergussbeton (siehe Abbildung 60)
- Korrodierte Oberkante der verlorenen Köcherschalung (siehe Abbildung 61)
- Mastquerschnitt augenscheinlich nicht wesentlich geschädigt

3.3 Mast 2 – Nordseite

3.3.1 Stahlmast

Der Mast ist als konisch verlaufender zwölfseitiger Querschnitt aus zwei verschweißten Stahlprofilen konstruiert (Abbildung 62 und Abbildung 63). Die Bauteile sind feuerverzinkt und von außen zusätzlich beschichtet. Die Seitenlänge beträgt ca. 15 cm, der Mastdurchmesser ca. 60 cm. Die Mastlänge ist unbekannt. Der Mast besteht aus in der Länge aus zwei Teilen, die ca. in Mastmitte verbunden sind.



Abbildung 62: Ansicht Mast 2



Abbildung 63: Ansicht Mastfuß Mast 4A

Für den Mast konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- Spuren vormals angebrachter Blechbänder o.Ä. über gesamte Masthöhe erkennbar (Farbunterschiede, Abbildung 64)
- Schäden an der Beschichtung in Form von Abplatzungen oder Kratzern, insbesondere im Bereich ehemals angebrachter Blechbänder o.Ä., z.T. mit Korrosionsspuren und verringerten Schichtdicken (Abbildung 65 bis Abbildung 67)
- Schichtstärken insgesamt unauffällig, Verzinkung sowohl innen als auch außenseitig im Wesentlichen vorhanden und intakt (siehe Abschnitt 3.3.3)
- Ablagerungen an Mastinnenseite (Abbildung 71)
- Korrosion am Mastfuß im Übergangsbereich zum Erdreich (Abbildung 72 und Abbildung 73)
- z.T. Weißrost/Zinkkorrosion vorhanden (Abbildung 68 und Abbildung 70)
- korrodierte Schrauben am Mast vorhanden (Abbildung 69)
- Schweißnähte unauffällig und intakt



Abbildung 64: Farbunterschiede und Abplatzungen der Beschichtung im Bereich ehemals angebrachter Blehbänder o.Ä.



Abbildung 65: Abplatzungen der Beschichtung mit Korrosionsspuren im Bereich ehemals angebrachter Blehbänder o.Ä.



Abbildung 66: Abplatzungen der Beschichtung mit Korrosionsspuren im Bereich ehemals angebrachter Blehbänder o.Ä.



Abbildung 67: Verringerte Schichtdicken im Bereich der Abplatzungen an der Beschichtung



Abbildung 68: Mastkopf mit Weißrost / Zinkkorrosion

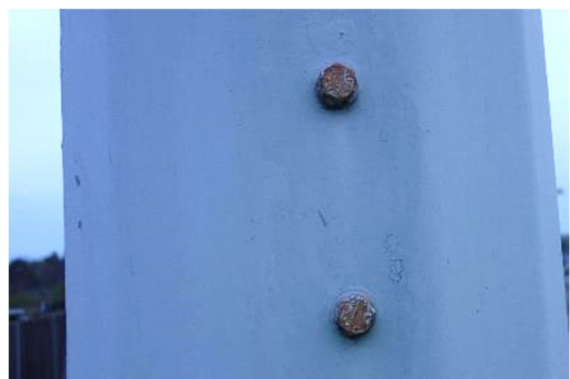


Abbildung 69: korrodierte Schrauben am Mast



Abbildung 70: Verzinkung innen Mastkopf mit Weißrost / Zinkkorrosion



Abbildung 71: Verzinkung innen (ab Mastkopf nach unten) intakt, Ablagerungen erkennbar



Abbildung 72: Mastfuß, Fundament nicht einsehbar, Mast mit Kontakt zu Erdreich



Abbildung 73: Korrosion an Mastfuß nach Freilegen von Erdreich erkennbar

3.3.2 Podest

Am Mastkopf ist ein Podest angeordnet und über eine Flanschverbindung mit dem Mast verbunden. Das Podest dient der Befestigung der Lichtanlagen und den zugehörige Elektroinstalltionen. Das Podest ist wie der Mast aus feuerverzinktem Stahl mit zusätzlicher Beschichtung ausgeführt. Zum Zeitpunkt der Inaugenscheinnahme waren 4 Leuchtstrahler und 4 Schaltkästen auf dem Podest befestigt (Abbildung 74).



Abbildung 74: Draufsicht Podest Mast 2



Abbildung 75: Schraubverbindung mit leichten Korrosionsspuren

Für das Podest konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- keine Korrosion der Stahlbauteile
- Verzinkung erscheint intakt
- Schraubverbindungen an der Verbindung vom Podest zum Mast teilweise leicht korrodiert

3.3.3 Ergebnisse der Schichtdickenmessungen

Die Schichtdicken wurden mit einem kalibrierten Elcometer 456/4 durch WTM Engineers ausgeführt. Die Verteilung der gemessenen Schichtdicken ist in Abbildung 76 und Abbildung 77 dargestellt. Der Mittelwert der der gemessenen Schichtdicken beträgt an der Außenseite ca. 113 μm . Der Mittelwert der gemessenen Schichtdicke beträgt im inneren des Rohres ca. 108 μm .

Die gemessene mittlere Zinküberzugsdicke beträgt an der Innenseite mit einer Blechdicke > 6 mm mehr als die in DIN EN 1461 geforderten 85 μm (Abbildung 24). Insbesondere im Bereich ehemaliger Befestigungen mit Blechbändern o.Ä. konnten an der Mastaußenseite Schichtstärken < 80 μm festgestellt werden. Die Mindestanforderungen an den Korrosionsschutz sind in diesen Bereichen folglich nicht mehr gegeben.

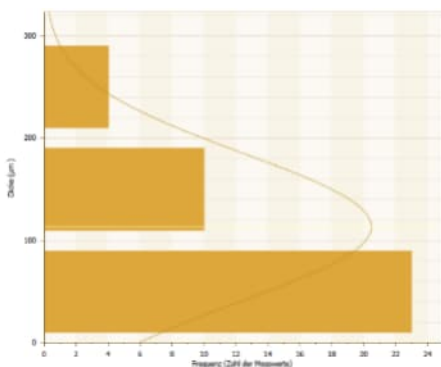


Abbildung 76: Verteilung der gemessenen Schichtdicken – Mast 2 - Außenseite

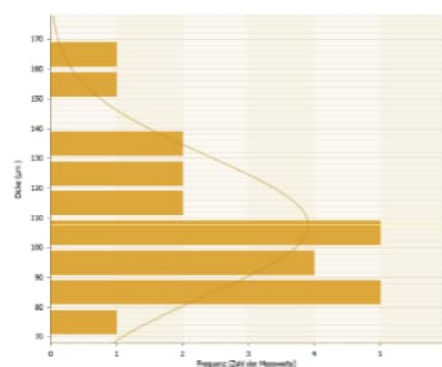


Abbildung 77: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 2 - Innenseite

3.3.4 Fundament

Das Fundament von Mast 2 konnte nicht eingesehen werden, da es vollständig vom Erdreich des anstehenden Hangs überdeckt ist (Abbildung 78 und Abbildung 79). Für eine Inaugenscheinnahme des Fundaments und den Zustand des Masts an der Fundamenteinbindung ist das Erdreich abzutragen.



Abbildung 78: Ansicht Masteinbindung Mast 2 am Hang



Abbildung 79: Ansicht Masteinbindung Mast 2 am Hang

3.3.5 Masteinbindung

Die Masteinbindung war durch das anstehende Erdreich am Hang verdeckt. Der Boden um den Mast wurde von Fa. Arendt bis zur Betonoberkante freigelegt. Es wurde ein Köcher mit verllorener Schalung analog zu Mast 1 (siehe Abschnitt 3.2) festgestellt. Der Köcher wurde nicht bis zur Oberkante der verlorenen Schalung, sondern bis ca. 18 cm darunter vergossen (siehe Abbildung 80). Die Konstruktion des darunterliegenden Fundaments ist nicht bekannt und konnte nicht eingesehen werden. Ebenso wenig konnte der tieferliegende Beton im Köcher ausgestemmt werden, so dass hier der Zustand des Masts unterhalb der Masteinbindung in den Vergussbeton nicht eingesehen werden konnte.

Für die Masteinbindung wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- Deutliche Korrosionsspuren am Mast im erdüberschütteten Bereich (siehe Abbildung 81)
- Köcherschalung nicht vollständig vergossen (siehe Abbildung 80)
- Keine wesentliche Schädigung des Stahlquerschnitts festzustellen



Abbildung 80: Tiefe nicht verfüllter Bereich im Köcher Mast 2



Abbildung 81: Korrosion am Mast im Bereich der Erdüberschüttung

3.4 Mast 4 – Nordseite

3.4.1 Stahlmast

Der Mast (Abbildung 82) ist als konisch verlaufender zwölfseitiger Querschnitt aus zwei verschweißten Stahl-Profilen konstruiert. Die Bauteile sind feuerverzinkt und von außen zusätzlich beschichtet. Die Seitenlänge beträgt ca. 15 cm, der Mastdurchmesser ca. 60 cm. Die Mastlänge ist unbekannt. Der Mast besteht aus in der Länge aus zwei Teilen, die ca. in Mastmitte verbunden sind.



Abbildung 82: Ansicht Mast 4A

Für den Mast konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- Beschichtung in insgesamt guten Zustand (Abbildung 83)
- Schichtstärken insgesamt unauffällig, Verzinkung sowohl innen als auch außenseitig im Wesentlichen vorhanden und intakt (Abbildung 89, siehe Abschnitt 3.4.3), Korrosionsspuren innen und außen am Mastfuß vorhanden (Abbildung 91 und Abbildung 92)
- Blechbänder/Schellen zur Befestigung von Kabeln und technischen Anbauten über gesamte Mastlänge vorhanden (Abbildung 85), die Schellen wurden bei Nachbeschichtungsarbeiten überstrichen (Abbildung 84), dadurch keine Nachbeschichtung unter den Schellen vorhanden (Abbildung 88)
- Aufgrund der Feststellungen an Mast 2 ist nicht auszuschließen, dass die Beschichtung und Verzinkung auch an Mast 4 unter den Schellen geschädigt ist (Abbildung 65 bis Abbildung 67 in Abschnitt 3.3.1)
- unvollständige (Nach-)Beschichtung an einer Stelle im unteren Mastbereich (Abbildung 87)
- Verfärbungen am Mastfuß im Übergangsbereich zum Betonfundament (Abbildung 91), Korrosionsspuren an Mastinnenseite festgestellt (Abbildung 92)
- Schweißnähte unauffällig und intakt
- Markierung der Mastteile im Übergangsbereich durch Einkerbungen (Abbildung 86)
- Anbau mit CrNi-Stahlteilen und fehlender Unterlegscheibe (Langlochverbindung, Lochdurchmesser zu groß, (Abbildung 93 und Abbildung 94)



Abbildung 83: Beschichtung in insgesamt gutem Zustand



Abbildung 84: Beschichtung über Blechbänder hinweg ausgeführt



Abbildung 85: Blehbänder als Schellen über gesamte Masthöhe vorhanden



Abbildung 86: Markierungen „3“ und „4“ in Form von Einkerbungen



Abbildung 87: Fehlstelle in der Beschichtung



Abbildung 88: Fehlstellen in Beschichtung hinter Blehbändern ausgeführt

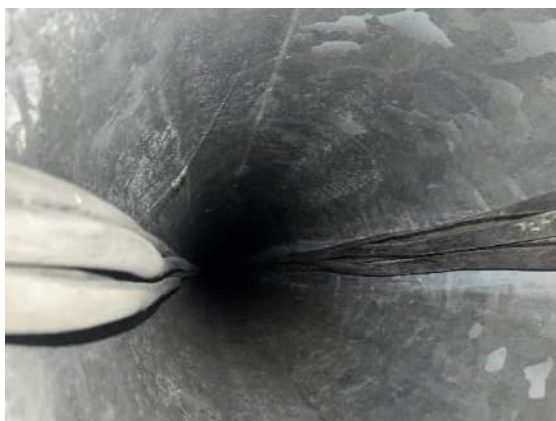


Abbildung 89: Verzinkung innen (ab Mastkopf nach unten) intakt



Abbildung 90: Anbau von Kameratechnik mit Blehbändern (unten) und CrNi-Stahlkonsole (oben)



Abbildung 91: Verformungen an Mastfuß, Abnutzung der Verzinkung



Abbildung 92: Korrosion an der Mastinnenseite am Mastfuß



Abbildung 93: CrNi-Stahlkonsole zur Kamerabefestigung



Abbildung 94: fehlende Unterlegscheibe an Befestigung der CrNi-Stahlkonsole

3.4.2 Podest

An der Mastspitze ist ein Podest an den Mast angebaut. Das Podest dient der Befestigung der Lichtenanlagen und den zugehörige Elektroinstallationen. Das Podest ist wie der Mast aus feuerverzinktem Stahl mit zusätzlicher Beschichtung ausgeführt. Zum Zeitpunkt der Inaugenscheinnahme waren 5 Leuchtstrahler und 8 Schaltkästen auf dem Podest befestigt (Abbildung 18 und Abbildung 19).

Für das Podest konnte der Zustand wie folgt festgestellt werden:

- Grünbelag und Weißrost/Zinkkorrosion vorhanden (Abbildung 96)
- Verzinkung erscheint intakt
- Schraubverbindungen an der Verbindung zum Podest überstrichen (Abbildung 97)
- Fehlende Schraube an einem Schaltkasten (Abbildung 98)



Abbildung 95: Draufsicht Podest Mast 4



Abbildung 96: Untersicht Podest Mast 4



Abbildung 97: Anschlusspunkt Mast-Podest



Abbildung 98: fehlende Schraube an Schaltkasten

3.4.3 Ergebnisse der Schichtdickenmessungen

Die Schichtdicken wurden mit einem kalibrierten Elcometer 456/4 durch WTM Engineers ausgeführt. Die Verteilung der gemessenen Schichtdicken ist in Abbildung 99 und Abbildung 100 dargestellt. Es ist festzustellen, dass die Schichtdicken an der Außenseite mit einem Mittelwert von ca. 256 μm deutlich größer sind als an der Innenseite von im Mittel ca. 107 μm . Dies liegt in der zusätzlichen Beschichtung auf der Feuerverzinkung an der Mast-Außenseite begründet. Im Bereich der Schellen konnte die Schichtdicke nicht gemessen werden. Es ist jedoch erkennbar, dass die Nachbeschichtung über die Schellen hinweg ausgeführt wurde. Bei der Inaugenscheinnahme von Mast 2 konnten Schäden an der Beschichtung und der Verzinkung unter den Schellen festgestellt werden. An Mast 4 war eine Überprüfung dieser Bereiche nicht möglich, da die Schellen zum Zeitpunkt der Inaugenscheinnahme fest montiert waren. Die Zustände der Beschichtung und Verzinkung sind daher unbekannt.

Die gemessene mittlere Zinküberzugsdicke beträgt bei allen Bauteilen mit einer Blechdicke > 6 mm mehr als die in DIN EN 1461 für Neubauten geforderten 85 μm . Der Zinküberzug wird als intakt eingestuft.

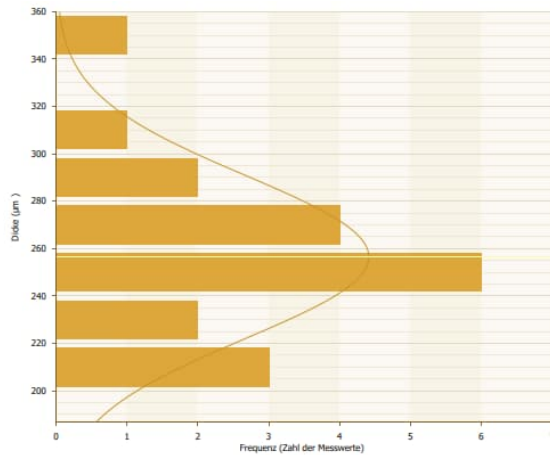


Abbildung 99: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 4 - Außenseite

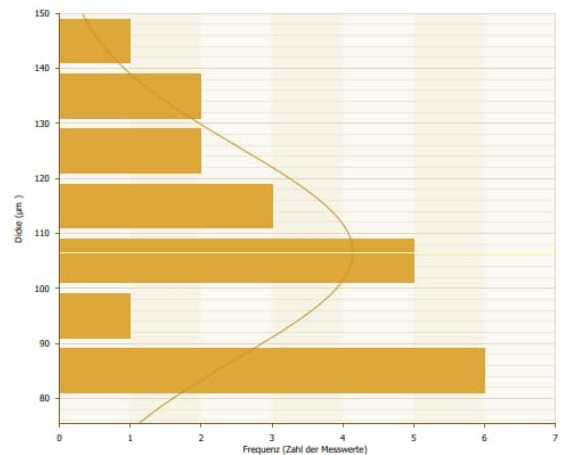


Abbildung 100: Verteilung der gemessenen Schichtdicken - Mast 4 - Innenseite

3.4.4 Fundament

Das Fundament von Mast 4 ist vom anstehenden Erdhang überdeckt. Der Mast ist z.T. über eine Einfassung vom Erdreich getrennt, der Bereich der Einfassung jedoch stark bewachsen (Abbildung 102). Der Zustand des Masts an der Einbindung ins Fundament ist nicht einsehbar.



Abbildung 101: Ansicht Fundament Mast 4



Abbildung 102: Einbindung Mast 4 in Schacht

3.4.5 Masteinbindung

Die Masteinbindung war im Gegensatz zum benachbarten Mast 2 (siehe Abschnitt 0) nicht durch das anstehende Erdreich am Hang verdeckt. Der Hang wurde mit Schachtringen gesichert, so dass der Mast bis zur Einbindung freiliegt (siehe Abbildung 103). Es wurde ein Köcher mit verlорener Schalung analog zu Mast 1 und 2 (siehe Abschnitt 3.2 und 0) festgestellt. Der Köcher wurde bis zur Oberkante der verlорenen Schalung vergossen (siehe Abbildung 104). Die Konstruktion des darunterliegenden Fundaments ist nicht bekannt und konnte nicht eingesehen werden.

Für die Masteinbindung wurde der Zustand wie folgt festgestellt:

- Ablösung der Beschichtung oberhalb der Masteinbindung (Abbildung 105)
- vereinzelt Korrosionsspuren am Mast oberhalb der Masteinbindung (siehe Abbildung 106)
- Keine wesentliche Schädigung des Stahlquerschnitts festzustellen



Abbildung 103: Hangabstützung mit Schachtringen Mast 4



Abbildung 104: vollständiger Verguss des Köchers mit korrodierter Oberkante der Schalung Mast 4



Abbildung 105: Ablösung der Beschichtung Mast 4



Abbildung 106: Ablösung der Beschichtung und Korrosionsspuren Mast 4

3.5 Zusammenfassung Ist-Zustand

Alle vier untersuchten Masten zeigen Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Korrosionsschutzes am Mastfuß. Diese Hinweise zeigen sich in Form von Verfärbungen (Mast 4 und 4A) oder Korrosionsspuren (Mast 1 und 2) an der Einbindung des Mastes ins Fundament bzw. Erdreich. Es kann augenscheinlich im Bereich der Freilegungen an den Masteinbindungen keine schädigende Korrosion festgestellt werden.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Verzinkung in den übrigen Bereichen sowohl an der Innen- als auch Außenseite des Masts im Wesentlichen intakt ist. Ausnahmen sind hierbei die Bereiche der Schellenbefestigungen an den Mantelflächen von Mast 2 und 4 sowie die Mastinnenseite von Mast 1. An den Mastinnenseiten zeigen sich Ablagerungen und Laufspuren, die auf ein Eindringen von Wasser hindeuten. Die außen aufgetragene zusätzliche Beschichtung ist an allen Masten in einigen Bereichen geschädigt. Die Schweißnähte sind insgesamt intakt und unauffällig. Die Schraubverbindungen sind z.T. korrodiert. An den einsehbaren Fundamenten von Mast 1 und 4A lassen sich Schäden in Form von Rissbildungen und Betonabplatzungen insbesondere in den Randbereichen feststellen. Die Fundamente der Masten 2 und 4 weisen an der Oberseite keine Schädigungen auf.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Inaugenscheinnahme wird davon ausgegangen, dass die Stahlmaste nach Ausführung der nachfolgend aufgeführten Instandsetzungsempfehlung eine Restnutzungsdauer von 25 Jahren aufweisen.

4. Weiteres Vorgehen

Für die Einhaltung einer Restnutzungsdauer von 25 Jahren ist auf Grundlage der Inaugenscheinnahme eine Instandsetzung der Stahlmaste zu empfehlen. Dabei sind mindestens folgende Maßnahmen erforderlich:

- Instandsetzung des Korrosionsschutzes des Masts am Fußpunkt / an der Masteinbindung in den Beton bis mind. 10 cm unter und 50 cm über Oberkante Beton. Dazu ist der Beton zu entfernen und nach der Instandsetzung zu erneuern.
- Vollständige Erneuerung der Beschichtung des Masts
- Konservierung der Mastinnenseite von Mast 1 unterhalb der Revisionsklappe
- Ergänzung von Bewitterungsschutz an den Kabeleinführungen am Mastkopf zur Verhinderung des Eindringens von Wasser in den Mast
- Austausch korrodierter Schraubverbindungen
- Betoninstandsetzung der bewitterten Betonfundamente der Maste 4A und 1 mindestens durch Reprofilierung des Betonquerschnitts und Aufbringen einer Beschichtung

Um Stagnationswasser zu vermeiden, ist der zurückgebaute Beton fachkundig wieder herzustellen. Dazu ist es ausreichend die freigestemmt Bereiche zu reinigen und mit einem Instandsetzungsmörtel RM geeignet für Altbetonklasse mind. A4 zu verschließen. Die Herstellerangaben des gewählten Produkts sind beim Einbau zu beachten.

Da keine Bestandsunterlagen zu den Stahlmasten vorliegen, sind auch keine Unterlagen zur Baugenehmigung bekannt. Es ist daher unbekannt, ob der Zustand der Stahlmasten von der genehmigten Bauweise abweicht. Eine Abweichung würde ggf. den Bestandsschutz entfallen lassen.

Für eine Instandsetzung wird die Erstellung einer Ausführungsplanung durch eine:n fachkundige:n Planer:in empfohlen.

Revisioniert	Revisionsgrund	Änderungen	Index
22.04.2024	neu erstellt	-	-
25.09.2024	Ergänzungen zu Inaugenscheinnahme Masteinbindung	Abschnitte 3.1.5, 3.2.5, 3.3.5 und 3.4.5 hinzugefügt Abschnitte 3.5 und 4 aktualisiert	a
	Ergänzungen zu Korrosionsspuren auf Mastinnenseite	Abschnitte 3.2.1, 3.5 und 4. aktualisiert	
27.09.2024	Änderungswunsch AG: Podeste sollen erhalten bleiben	Abschnitte 3 und 4 aktualisiert	b

Dieses Instandsetzungskonzept
für das Projekt

Bauvorhaben: Lichthochmaste Elbtunnel
Hamburg Verkehrsanlagen GmbH

Auftrag: H15461

Seiten: Seite 1 bis Seite 33

wurde aufgestellt von: WTM ENGINEERS GMBH
Beratende Ingenieure im Bauwesen

Johannisbollwerk 6-8
20459 Hamburg

Sönke Thiedemann, M.Eng.
Projektingenieur, Schweißfachingenieur

Torben Bellmann, M.Sc
Projektleiter



Dr.-Ing. Stefan Ehmann
Geschäftsführer

Hamburg, den 27.09.2024