

Sanierungskonzept

einer Stb.-Außentreppe in Rostock, Lange Straße 11 Stand 01.04.2026



Auftraggeber

WIRO Wohnen in Rostock
Wohnungsgesellschaft mbH
Lange Straße 38
18055 Rostock



Sanierungskonzept

Horn + Horn Ingenieure
Partnerschaft mbB
Doberaner Straße 155
18057 Rostock





Inhaltsverzeichnis

.....	1
1 Aufgabenstellung	2
2 Bestandsunterlagen	3
3 Bauwerksbeschreibung und Statisches System	3
4 Grundlegende Schadensmechanismen in Stahlbetonteilen	6
4.1 Schadensmechanismus Karbonatisierung	6
4.2 Schadensmechanismus Frosteinwirkung.....	6
4.3 Schadensmechanismus aus Salzbelastung	7
4.4 Auswirkung der Betondeckung.....	8
4.5 Einwirkung von eindringendem Wasser	9
5 Untersuchungen zum Bauzustand	9
5.1 Betondruckfestigkeit.....	10
5.2 Haftzugfestigkeit.....	10
5.3 Chloridgehalte und Betondeckung	10
5.4 Karbonatisierungstiefe.....	11
5.5 Riss an Podestunterseite	11
6 Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....	12
6.1 Sichtkontrolle der Betonoberflächen	12
6.2 Einstufung in Altbetonklasse	14
6.3 Chloridgehalte und Betonüberdeckung.....	14
6.4 Karbonatisierungstiefe.....	16
6.5 Riss an der Podestunterseite	17
7 Instandsetzungskonzept	17
7.1 Minimalvariante (Beschichtung nach Verfahren 7.7)	17
7.2 Maximalvariante (Betonersatz nach Verfahren 7.2 + Beschichtung nach Verfahren 7.7).....	18
8 Wartung und Inspektion	19

1 Aufgabenstellung

Die Stahlbetonaußentreppe in der Langen Straße 11 in Rostock wurde 1996 erbaut und ist nunmehr annähernd 30 Jahre alt. Der Bauherr wünscht eine Beurteilung des Bauzustandes und der Standsicherheit. Im Verlaufe der Standzeit waren und werden die Bauteile des Gebäudes verschiedensten Beanspruchungen u. a. durch Nutzlasten, Verschleiß, Alterung und ggf. baulichen Veränderungen sowie Lastumlagerungen oder bereichsweise neu eingebrachten Lasten ausgesetzt.

Aufgrund der Standzeit sowie der erwähnten Beanspruchungen ist zu erwarten, dass sich der Zustand und die Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen im Laufe der Standzeit zum Teil verändert haben.

Für eine Beurteilung der Baukonstruktion ist es daher erforderlich, den tatsächlichen gegenwärtigen Zustand der Bauteile sowie die Eigenschaften der Baustoffe zu überprüfen.

2 Bestandsunterlagen

Folgende Unterlagen wurden vom Bauherrn zur Verfügung gestellt:

- Architektenplan, Hass+Briese 1996, M1:50 [1]
- Schalplan K III/5, Bastmann+Schur 1996, M1:50 [2]

Weitere Unterlagen, wie statische Berechnungen, Bewehrungspläne, Materiallieferscheine o.ä. lagen nicht vor.

3 Bauwerksbeschreibung und Statisches System

Es handelt sich um eine Stb.-Außentreppe bestehend aus Stb.-Wänden, zweiteiligen Stb.-Unterzügen, Stb.-Läufen und Stb.-podesten gemäß Skizze. Das Podest liegt teilweise auf einer Gebäudebestandswand auf. Der kurze westliche zweiteilige Unterzug krägt aus der westlichen Stb.-Wand aus. Der lange östliche zweiteilige Unterzug spannt von der östlichen Stb.-Wand zum auskragenden westlichen zweiteiligen Unterzug (siehe Bild 1).

Der Treppenbelag besteht teilweise aus Granitplatten und teilweise aus Betonwerksteinplatten, die vollflächig im Mörtelbett verlegt sind. Zwischen Konstruktionsbeton und Mörtelbett wurde keine Abdichtung vorgefunden (siehe Bild 2 und Bild 3).

Das Geländer ist ein Stahlgeländer, welches über Kontaktplatten und Stahlbetondübel an die Läufe und Podeste angeschlossen ist (siehe Bild 4).

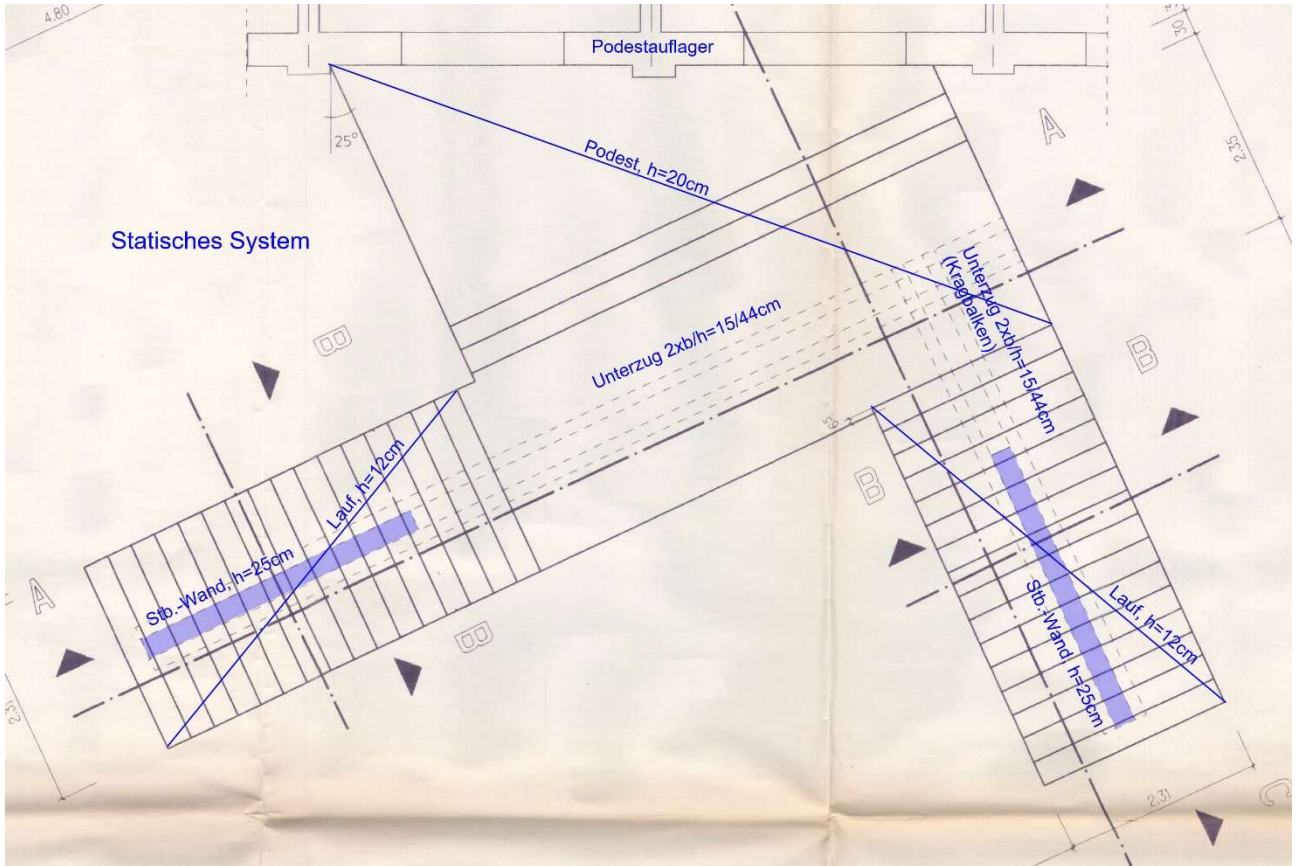


Bild 1: Statisches System



Bild 2: Treppenbelag

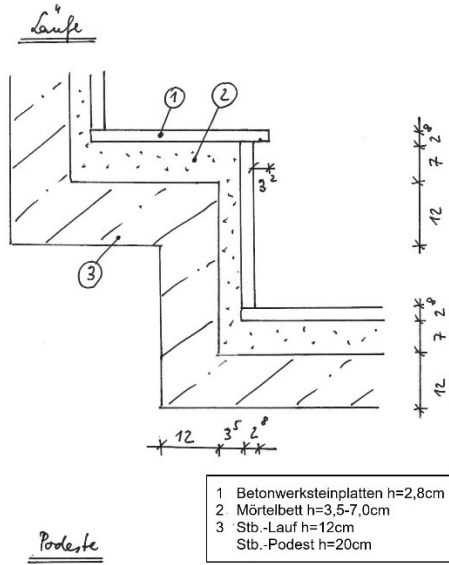


Bild 3: Treppenbelag Abmessungen

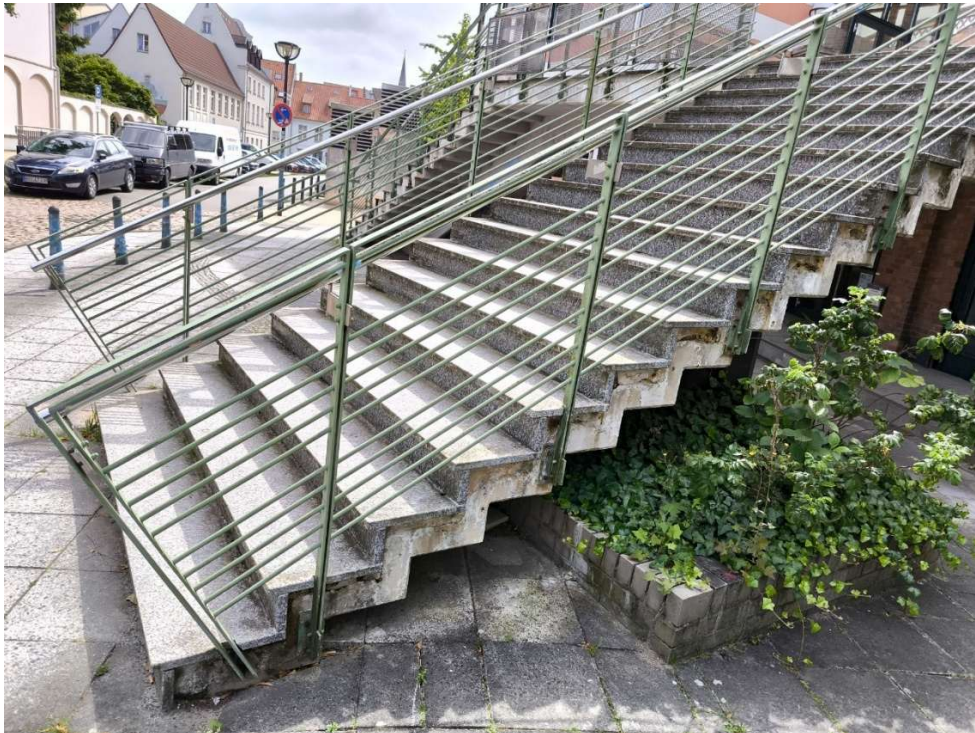


Bild 4: Stahlgeländer

4 Grundlegende Schadensmechanismen in Stahlbetonteilen

Die an Stahlbetonbauteilen grundsätzlich wirkenden Schadensmechanismen und daraus resultierenden Schäden werden nachfolgend zur Erläuterung kurz dargelegt.

4.1 Schadensmechanismus Karbonatisierung

Im Betongefüge verläuft während der Standzeit von Bauteilen grundsätzlich ein als „Karbonatisierung“ bezeichneter chemischer Prozess. Durch die Karbonatisierung wird das im Betongefüge enthaltene $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Calciumhydroxid) in CaCO_3 (Calciumkarbonat) umgewandelt. Diese stoffliche Reaktion verläuft als sogenannte Karbonatisierungsfront ausgehend von der Oberfläche des Bauteils in den Querschnitt hinein. Im Laufe der Zeit nimmt die Karbonatisierungstiefe somit kontinuierlich zu. Die Umwandlung des $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in CaCO_3 führt zu einem Verlust des alkalischen Milieus an den Bewehrungsstählen und somit zum Verlust der Korrosionsschutzwirkung des Betons (Depassivierung).

Ein erhöhtes Risiko für die Korrosion der Bewehrung besteht dann, wenn die Karbonatisierungsfront bis zu den Bewehrungsstählen oder dahinter vorgedrungen ist und dadurch die Passivierung der Bewehrungsstähle aufgehoben wird.

Schäden in Form von Betonabplatzungen und flächiger Korrosion der Bewehrung treten im Falle einer fortgeschrittenen Karbonatisierung auf, wenn der Beton zugleich einer häufig wechselnden und intensiven Feuchtigkeitsbeaufschlagung unterliegt.

Die in das Betongefüge eindringende Feuchtigkeit führt dann zur Korrosion der Bewehrungsstähle. In den Korrosionsbereichen bewirkt die Volumenvergrößerung des entstehenden Korrosionsproduktes (Rost) eine Schädigung des umgebenden Betongefüges, so dass in der Folge Risse, Hohllagen und Abplatzungen des Betongefüges hervorgerufen werden.

Wenn in Außenbereichen mit abgelöstem Beton die Bewehrungsstähle derartig freiliegen, so dass diese der Bewitterung und der Einwirkung von Niederschlag ausgesetzt sind, wird eine fortschreitende Korrosion der Bewehrungsstähle und eine Ausweitung der Betonschäden in benachbarten Bereichen entstehen.

Entsprechende Schäden durch Karbonatisierung und Bewehrungskorrosion sind deshalb maßgeblich abhängig von der Exposition, d. h. insbesondere von der Einwirkung wie der Wasserzufuhr und CO_2 -Zufuhr, von der Porosität und Tortuosität des Betongefüges, sowie der thermischen Beanspruchung. Beton- und Korrosionsschäden sind daher vornehmlich bei direkt bewitterten und mit Schlagregen oder herabrinnendem Wasser beanspruchten Außenbauteilen zu erwarten. In der Spritzwasserzone befindliche Betonbauteile, wie z. B. Wand- und Stützenfüße werden stärker beansprucht.

4.2 Schadensmechanismus Frosteinwirkung

Schäden an Betonbauteilen werden u. a. auch durch die Einwirkung von Frost hervorgerufen. Dies betrifft insbesondere Bauteilabschnitte mit inhomogenem oder nicht ausreichend dichtem Gefüge, Lunkern und

Kiesnestern sowie Rissen und Bauteilfugen. Wasser dringt über diese Bereiche periodisch in das Betongefüge ein und durchfeuchtet dieses.

In Frostperioden werden durch die Volumenvergrößerung des Wassers in Höhe von etwa 9,0 Vol.-% Risse und Absprengungen des Betongefüges verursacht. Des Weiteren wirken zusätzlich andere komplexe Schädigungsmechanismen (wie zum Beispiel die Mikroislinsenpumpe bei Frost-Tau-Wechsel), welche die Betonmatrix nachhaltig beschädigen.

4.3 Schadensmechanismus aus Salzbelastung

Durch das Ausbringen von Tausalzen im Winter kann eine Beanspruchung des Betons durch Tausalze entstehen. Tausalze enthalten im Regelfall Chloridionen. Diese werden im anfallenden Niederschlagswasser (Regen, Schnee, Schneematsch) bzw. durch Spritzwasser gelöst sowie durch kapillare Transportprozesse in das Betongefüge transportiert.

Im Laufe der langjährigen Standzeit eines Bauwerkes reichern sich somit Chloridionen im Betongefüge sukzessive bis in größere Tiefen an. Eine Bewertung von Chloridkonzentrationen im Beton mit Auswirkungen auf die Bewehrung ist komplex, da hierbei verschiedene elektrochemische Prozesse stattfinden.

Auf Grundlage von den einschlägigen Normen und Regelwerken sowie der Fachliteratur wird für die Chloridionenkonzentration im Beton ein zulässiger Grenzwert von etwa 0,5 Masse-% (bezogen auf den Zementgehalt) für Stahlbetonbauteile in der Praxis anerkannt.

Bei einer Überschreitung dieses zulässigen Grenzwertes der Chloridkonzentrationen besteht ein erhöhtes Risiko gegenüber dem Auftreten von chloridinduzierter Bewehrungskorrosion. Eine derartige Korrosion verläuft unabhängig von den oben erläuterten Karbonatisierungsprozessen im Beton und kann auch dann auftreten, wenn die Karbonatisierung des Betons noch nicht weit fortgeschritten ist. Das schematische Fortschreiten des Schädigungsprozesses kann aus dem Bild 6 entnommen werden.

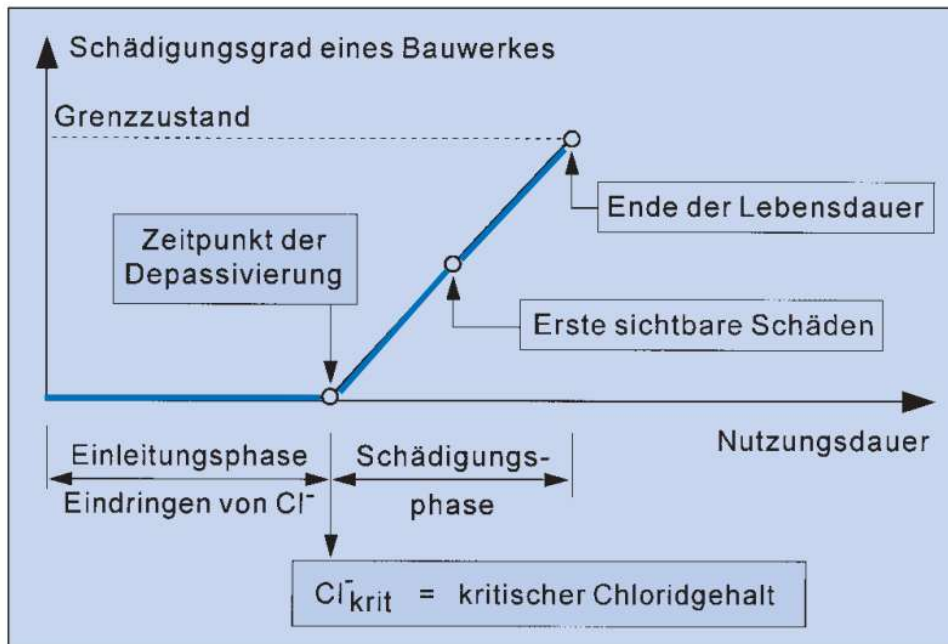


Bild 5: Schädigungsgrad in Abhängigkeit der Nutzungsdauer des Bauwerkes [33]

Die chloridinduzierte Korrosion verläuft somit zu Beginn der Schädigungsphase unbemerkt und ohne äußerlich sichtbare Merkmale ab, da typische flächige Rostbildungen und dadurch hervorgerufene flächige Betonabplatzungen zumeist nicht vorliegen.

4.4 Auswirkung der Betondeckung

Um Schäden durch Karbonatisierung sowie Frost- und Taumittleinwirkung im Laufe der Nutzungs- und Standzeit zu verhindern, muss der Abstand der Bewehrungsstäbe zur Oberfläche des Betons (Betonüberdeckung) ausreichend groß und ungerissen sein.

In den derzeit gültigen einschlägigen Normen sowie in den zur Errichtungszeit gültigen Normen sind dazu Grenzwerte in Abhängigkeit des Stabdurchmessers und der vorhandenen Expositionsklasse festgelegt.

Gemäß dem DBV Merkblatt muss die Bewehrungsüberdeckung für die Expositionsklassen XC4 (wechselnd nass und trocken) mindestens 40 mm betragen. Die Bauteile mit einer Taumittel-Beanspruchung unterliegen zusätzlich der Expositionsklasse XD1 (Mäßige Feuchte). Bei derartigen Beanspruchungen ist nach gegenwärtig Richtlinien eine Bewehrungsüberdeckung von mindestens 55 mm einzuhalten.

Ist die Betonüberdeckung der Bewehrung an einem Bauteil zu gering, werden entsprechende Schäden infolge Karbonatisierung sowie der Einwirkung von Frost und Tausalzen bereits während der vorgesehenen Nutzungsdauer des Bauwerks begünstigt.

Nach einer hinreichend langen Standzeit von mehreren Jahrzehnten ist die Karbonatisierung in der Regel derart weit fortgeschritten, dass die Karbonatisierungsfrente auch bei sachgerecht hergestelltem Beton die Bewehrungsstäbe vielfach erreicht hat und Schäden hervorgerufen werden können.

Darüber hinaus kommt es insbesondere bei Bauteilen und Gebäuden mit langer Standzeit zu einer Überlagerung und Wechselwirkung von Schadensursachen und Schäden (z.B. Entstehung von Rissbildungen infolge von Karbonatisierung und Bewehrungskorrosion, in der Folge Frostschäden durch in die Risse eindringendes Wasser).

4.5 Einwirkung von eindringendem Wasser

Ein zusätzlicher Eintrag von Feuchtigkeit beschleunigt die zuvor genannten Abläufe und fördert bzw. beschleunigt die Schädigungsprozesse. Aus diesem Grund ist zusätzlich eindringendes Wasser zu vermeiden. Das Abdichtungssystem eines Bauwerkes ist folglich elementar für einen geringen Schädigungsgrad über die Nutzungsdauer. Ist eine beschädigte und nicht dem Zwecke dienende Abdichtung vorhanden, erhöht dies den Schädigungsgrad erheblich und kann unter bestimmten Umständen bereits nach 5 bis 10 Jahren der Eindringung statisch relevant werden.

Der Zustand und die vorhandenen Schäden an den untersuchten Bauteilen sind auf Grundlage dieser vorgenannten Schädigungsmechanismen untersucht und beurteilt worden.

5 Untersuchungen zum Bauzustand

Die Untersuchungen zum Bauzustand wurden durch das Heiden Labor für Baustoff- und Umweltprüfung GmbH aus Roggentin in folgenden Untersuchungsbefunden durchgeführt:

- Untersuchungsbefund Nr. 453816 vom 22.01.2026
- Untersuchungsbefund Nr. 454480 vom 20.03.2026

Der gegenwärtige Bauzustand und Bauteilschäden wurden visuell an der Betonoberfläche untersucht.

Weiterhin erfolgten zerstörungsarme und zerstörungsfreie betontechnologische Untersuchungen. Hierfür wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Sichtkontrolle der Betonoberflächen auf Risse, Verformungen, Abplatzungen
- Klopfest zur Ermittlung von Hohlstellen
- Kratztest zur Abschätzung des allgemeinen Betonzustands (Absandung)
- Messung der Betondruckfestigkeit
- Messung der Haftzugfestigkeit
- Messung der Betonüberdeckung
- Messung des Chloridgehaltes und der Chlorideindringtiefe
- Messung der Karbonatisierungstiefe

- Messung der Risttiefe eines sichtbaren Risses an der Podestunterseite

Die Untersuchungsstellen sind in den o.a. Untersuchungsbefunden dargestellt.

5.1 Betondruckfestigkeit

Die Betondruckfestigkeit wurde mit dem Schmidt'schen Rückprallhammer ermittelt und ist im Untersuchungsbefund 453816, Anlage 1 dargestellt.

Der Medianwert beträgt $f_c = 53,3 \text{ N/mm}^2$.

5.2 Haftzugfestigkeit

Die Haftzugfestigkeit wurde mit dem Haftzugprüfgerät Easy-M 2000 (Prüfklasse 1) ermittelt und ist im Untersuchungsbefund 454480, Tabelle 1 dargestellt.

Der Mittelwert beträgt $f,t = 1,45 \text{ N/mm}^2$ und der kleinste Einzelwert beträgt $f,t = 1,40 \text{ N/mm}^2$.

5.3 Chloridgehalte und Betondeckung

In den Untersuchungsbefunden wurden die Chloridgehalte in den Tiefenstufen 0-20mm, 20-40mm und 40-60mm ermittelt und den jeweiligen Betondeckungen gegenübergestellt. Hier erfolgt eine zusammenfassende Darstellung aus beiden Untersuchungsbefunden.

Prüfbereich	Tiefe [mm]	Chloridgehalt bezogen auf Zementgehalt [M.-%]	Betondeckung [mm]
Bereich 1: Treppenlauf Westseite Rand (Labornummer: 453817)	0 - 20	1,9	39 - 47
	20 - 40	2,4	
	40 - 60	0,3	
Bereich 2: Treppenlauf Ostseite Rand (Labornummer: 453818)	0 - 20	0,8	38 - 49
	20 - 40	0,5	
	40 - 60	0,2	
Bereich 3: Treppenlauf Nordseite Rand (Labornummer: 453819)	0 - 20	0,7	42 - 50
	20 - 40	2,5	
	40 - 60	0,3	
Bereich 4: Treppenlauf Südseite Rand (Labornummer: 453820)	0 - 20	1,4	40 - 53
	20 - 40	2,2	
	40 - 60	0,3	
Punkt 1: Treppenlauf Ost, unten	0 - 20	2,37	54 - 63

(Labornummer: 454360)	20 - 40	2,35	
	40 - 60	0,03	
Punkt 2: Treppenlauf West, unten (Labornummer: 454361)	0 - 20	2,78	61 - 64
	20 - 40	0,51	
	40 - 60	0,14	
Punkt 3: Unterzug (Labornummer: 454362)	0 - 20	0,09	33 - 37
	20 - 40	0,03	
	40 - 60	0,14	
Punkt 4: Unterzug (Labornummer: 454363)	0 - 20	0,03	48 - 56
	20 - 40	0,03	
	40 - 60	0,03	
Punkt 5: Podest, unten (Labornummer: 454364)	0 - 20	0,21	27 - 39
	20 - 40	0,19	
	40 - 60	0,03	
Punkt 6: Podest, oben (Labornummer: 454365)	0 - 20	0,24	45
	20 - 40	0,03	
	40 - 60	0,03	
Punkt 7: Podest, oben (Labornummer: 454366)	0 - 20	0,15	45
	20 - 40	0,03	
	40 - 60	0,03	

Bild 6: Chloridgehalte und Betondeckungen aus den Untersuchungsbefunden

5.4 Karbonatisierungstiefe

Die Karbonatisierungstiefe wurde im Untersuchungsbefund 454480, Abschnitt 4 in beiden Treppenläufen mit einer Tiefe von 0,80-1,00cm gemessen.

5.5 Riss an Podestunterseite

Der Riss an der Podestunterseite (Punkt 8) wurde freigelegt und im Untersuchungsbefund 454480, Abschnitt 2.2 dokumentiert. Es handelt sich um einen Biegeriss mit einer Risstiefe von 3cm.



Bild 7: Riss an der Podestunterseite

6 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

6.1 Sichtkontrolle der Betonoberflächen

Insgesamt ist die Treppe optisch in einem guten Zustand ohne erkennbare Verformungen, Betonabplatzungen, großflächige Rissbildungen und Rostfahnen. An den seitlichen Rändern der Läufe sind teilweise dunkle Verfärbungen sichtbar, insbesondere im Mörtelbett des Treppenbelages (siehe Bild 8).

An den seitlichen Rändern der Podeste sind Kalkausblühungen und Aussinterungen erkennbar, die aber im Allgemeinen unkritisch sind (siehe Bild 9). Die Treppenunterseite ist optisch in einem guten Zustand ohne Verfärbungen und Abplatzungen (siehe Bild 10).

An der Podestunterseite ist ein schräg verlaufender Zwängungsriß erkennbar, der vermutlich durch Setzungsunterschiede und/oder Verformungsbehinderungen entstanden ist (siehe Bild 11). Der Zwängungsriß liegt an der Podestunterseite und hat keine negativen Auswirkungen auf die Standsicherheit. Durch den Riss wurden Spannungen abgebaut.

Der Klopftest mit einem Hammer an der Treppenunterseite ergab, dass keine Hohlstellen im Betongefüge vorhanden sind. Der Kratztest mit einem Schraubenzieher ergab ein dichtes, kompaktes und geschlossenes Betongefüge ohne erkennbare Absandungen.



Bild 8: Verfärbungen an Laufrändern



Bild 9: Kalkausblühungen am Podestrand



Bild 10: Treppenunterseite



Bild 11: Riss an Podestunterseite

6.2 Einstufung in Altbetonklasse

Die Betondruckfestigkeit wurde mit dem Schmidt'schen Rückprallhammer ermittelt und ist im Untersuchungsbefund 453816, Anlage 1 dargestellt. Der Medianwert beträgt $f_c = 53,3 \text{ N/mm}^2$.

Die Haftzugfestigkeit wurde mit dem Haftzugprüfgerät Easy-M 2000 (Prüfklasse 1) ermittelt und ist im Untersuchungsbefund 454480, Tabelle 1 dargestellt.

Der Mittelwert beträgt $f_{t,t} = 1,45 \text{ N/mm}^2$ und der kleinste Einzelwert beträgt $f_{t,t} = 1,40 \text{ N/mm}^2$.

Anhand dieser Werte erfolgt die Einstufung in die Altbetonklasse A3.

Tafel 6.15 Einordnung des Altbetons im Bereich der Instandsetzungsebene [6.15]

	1	2	3	4
	Altbetonklasse	Druckfestigkeit ¹⁾	Oberflächenzugfestigkeit ²⁾	
			Mittelwert	kleinster Einzelwert
		[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	A1 ³⁾	≤ 10	$< 0,8$	$< 0,5$
2	A2	> 10	$\geq 0,8$	$\geq 0,5$
3	A3	> 20	$\geq 1,2$	$\geq 0,8$
4	A4	> 30	$\geq 1,5$	$\geq 1,0$
5	A5	> 75	$\geq 2,5$	$\geq 2,0$

¹⁾ Mittelwert der Druckfestigkeit (Bestimmung nach DIN EN 12504-1)

²⁾ Kleinster Einzelwert / Mittelwert (Bestimmung nach DIN EN 1542)

³⁾ Die Technische Regel enthält keine abschließenden Regelungen zur Altbetonklasse A1.

Bild 12: Altbetonklassen gemäß TR Instandhaltung

6.3 Chloridgehalte und Betonüberdeckung

Die Chloridgehalte und die dazugehörigen Betonüberdeckungen wurden an 11 Untersuchungsstellen gemessen und dokumentiert (siehe Bild 6). Hier erfolgt die Auswertung in Abhängigkeit der Querschnittsseiten.

Seitliche Ränder (Bereich 1, 2, 3, 4 im Bild 6):

Die seitlichen Ränder sind durch den Ablauf des Oberflächenwassers und durch die Treppenentwässerung höher belastet als andere Querschnittsseiten. Durch die Entwässerung haben sich Schadstoffe und Tausalze (Chloride) vermehrt abgelagert. Die dunklen Verfärbungen und Ablagerungen bestätigen diesen Sachverhalt. Die hohen Chloridgehalte von ca. 2,2-2,5 Masseprozent bezogen auf den Zementgehalt (Mittelwert=2,35 M-% ZG) liegen in einer Tiefe von 20-40mm (Mittelwert=30mm) und haben bei einer Betondeckung von 38-53mm (Mittelwert=46mm) noch einen Abstand zur Bewehrung von mehr als 10mm (Mittelwert=16mm). Der Puffer aus der Betondeckung ist weitgehend aufgebraucht.

Der Chloridgehalt liegt mit 2,2-2,5 M-% ZG über dem maximalen Wert von 1,5 M-% ZG. Aus statischer Sicht ist der etwas erhöhte Chloridgehalt im Randbereich für die Standsicherheit der Treppe unerheblich. Lediglich

die Dübel für den Geländeranschluss sollten rostfrei in Edelstahl mit einer Verankerungstiefe $h_{ef} \geq 10\text{cm}$ ausgeführt werden.

Unterseiten (Punkt 1, 2, 5 im Bild 6):

Die Unterseiten sind in den Randbereichen durch den Oberflächenwasserablauf und durch die Treppenentwässerung höher belastet als in den mittleren Bereichen. Durch die Entwässerung haben sich in den Randbereichen Schadstoffe und Tausalze (Chloride) vermehrt abgelagert. Örtlich begrenzt sind dunkle Verfärbungen und Ablagerungen vorhanden.

Im Punkt 1 (Treppenlauf Ost) wurden Chloridgehalte von 2,35 M-% ZG in einer Tiefe von 20-40mm (Mittelwert=30mm) gemessen. Die Betondeckung lag hier bei 54-63mm (Mittelwert=58mm). Der Abstand des erhöhten Chloridgehalts von der Bewehrung beträgt mehr als 10mm (Mittelwert=28mm). Der Puffer aus der Betondeckung ist aber weitgehend aufgebraucht.

Der Chloridgehalt liegt mit 2,35 M-% ZG über dem maximalen Wert von 1,5 M-% ZG. Aus statischer Sicht ist der etwas erhöhte Chloridgehalt im Randbereich der Laufunterseite für die Standsicherheit der Treppe unerheblich, weil er in der Betondruckzone liegt.

Im Punkt 2 (Treppenlauf West) wurden Chloridgehalte von 2,78 M-% ZG in einer Tiefe von 0-20mm (Mittelwert=10mm) gemessen. Die Betondeckung lag hier bei 61-64mm (Mittelwert=62mm). Der Abstand des erhöhten Chloridgehalts von der Bewehrung beträgt mehr als 10mm (Mittelwert=52mm). Der Puffer aus der Betondeckung ist aber weitgehend aufgebraucht.

Der Chloridgehalt liegt mit 2,78 M-% ZG über dem maximalen Wert von 1,5 M-% ZG. Aus statischer Sicht ist der etwas erhöhte Chloridgehalt im Randbereich der Laufunterseite für die Standsicherheit der Treppe unerheblich, weil er in der Betondruckzone liegt.

Im Punkt 5 (Podest unten neben dem Riss) wurden Chloridgehalte von 0,19 M-% ZG in einer Tiefe von 20-40mm (Mittelwert=30mm) gemessen. Die Betondeckung liegt hier bei 27-39mm (Mittelwert=33mm). Der Chloridgehalt liegt unterhalb des kritischen Chloridgehalts von 0,50 M-% ZG.

Unterzüge (Punkt 3, 4 im Bild 6):

Im Punkt 3 (Unterzug) wurde ein Chloridgehalt von max. 0,14 M-% ZG in einer Tiefe von 40-60mm (Mittelwert=50mm) gemessen. Die Betondeckung liegt hier bei 33-37mm (Mittelwert=35mm). Der Chloridgehalt liegt unterhalb des kritischen Chloridgehalts von 0,50 M-% ZG.

Im Punkt 4 (Unterzug) 4 wurde ein Chloridgehalt von max. 0,03 M-% ZG in einer Tiefe von 40-60mm (Mittelwert=50mm) gemessen. Die Betondeckung liegt hier bei 48-56mm (Mittelwert=52mm). Der Chloridgehalt liegt unterhalb des kritischen Chloridgehalts von 0,50 M-% ZG.

Oberseiten (Punkt 6, 7 im Bild 6):

Die Oberseiten sind durch den Belag im Mörtelbett abgedeckt. Eine Abdichtung ist nicht vorhanden.

Im Punkt 6 (Podest oben) wurde ein Chloridgehalt von max. 0,24 M-% ZG in einer Tiefe von 0-20mm (Mittelwert=10mm) gemessen. Die Betondeckung liegt hier bei 45mm. Der Chloridgehalt liegt unterhalb des kritischen Chloridgehalts von 0,50 M-% ZG.

Im Punkt 7 (Podest oben) wurde ein Chloridgehalt von max. 0,15 M-% ZG in einer Tiefe von 0-20mm (Mittelwert=10mm) gemessen. Die Betondeckung liegt hier bei 45mm. Der Chloridgehalt liegt unterhalb des kritischen Chloridgehalts von 0,50 M-% ZG.

6.4 Karbonatisierungstiefe

Die Treppe ist etwa 30 Jahre alt und die Karbonatisierungstiefe wurde mit 8-10mm ermittelt. Die geringste gemessene Betondeckung beträgt $c=27\text{mm}$. Hier soll ermittelt werden, wann die Karbonatisierungsfront die Bewehrung erreicht.

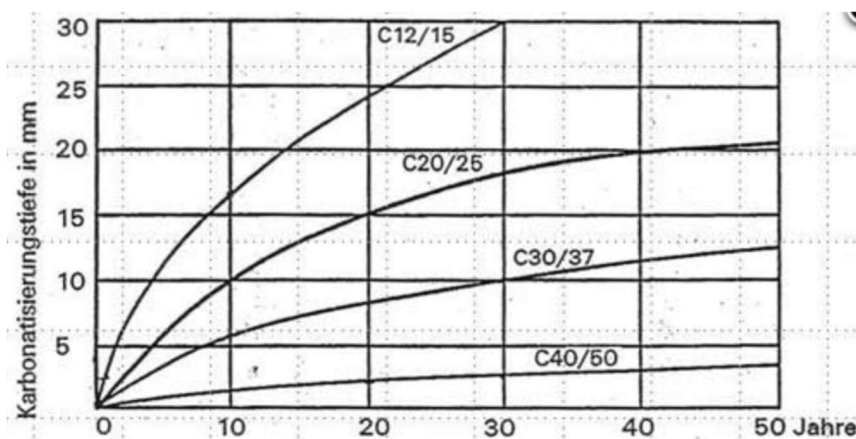


Bild 13: Zeitlicher Verlauf der Karbonatisierung

Bild 13 zeigt den zeitlichen Verlauf der Karbonatisierung. Überschlägig erreicht der Beton C30/37 nach etwa 30 Jahren eine Karbonatisierungstiefe von 10mm. Um den Karbonatisierungsfortschritt eines Betonbauteils abzuschätzen, kann sie mit einem vereinfachten Wurzel-t-Gesetz abgeschätzt werden.

$$dk(t) = k / \sqrt{t}$$

$$k = dk(t) / \sqrt{t}$$

$$k = 10\text{mm} / \sqrt{30} = 1,8257$$

nach 30 Jahren 10mm Karbonatisierungstiefe

$$t = (c/k)^2 = (27/1,8257)^2 = 218 \text{ Jahre}$$

nach 218 Jahren 27mm Karbonatisierungstiefe

Die Karbonatisierungsfront würde bei gleichbleibenden Bedingungen in ca. $218 - 30 = 188$ Jahren die Bewehrung erreichen und ist damit unkritisch.

6.5 Riss an der Podestunterseite

Bei dem Riss an der Podestunterseite handelt es sich um einen Biegeriss, die Risstiefe beträgt ca. 3cm. Bei der Rissuntersuchung war keine Bewehrung sichtbar. Die Bewehrung wurde durch den Riss nicht freigelegt und liegt weiterhin geschützt im Beton. Die Rissursache besteht vermutlich im Abbau verformungsbedingter Zwängungen durch Baugrundsetzungen und/oder unterschiedlichen Verformungen der beiden Unterzüge. Durch den Riss wurden im Podest die Spannungen abgebaut. Aus statischer Sicht stellt der Riss kein Standsicherheitsproblem dar. Er liegt im Bereich der auskragenden Podeste an der Unterseite und damit in der Druckzone. Der Riss sollte kraftschlüssig geschlossen werden, um das ursprüngliche statische System wiederherzustellen und um den Eintritt von Schadstoffen und Feuchtigkeit zu verhindern. Nachdem der Riss kraftschlüssig geschlossen wurde, sollte die gesamte Treppe umlaufend mit einer Beschichtung abgedichtet werden.

7 Instandsetzungskonzept

Im Instandsetzungskonzept werden zunächst 2 Varianten untersucht, eine Minimalvariante und eine Maximalvariante.

7.1 Minimalvariante (Beschichtung nach Verfahren 7.7)

Bei der Minimalvariante besteht das Instandsetzungskonzept aus den u.a. Schritten 1-9. Der zu hohe Chloridgehalt liegt in seitlichen Randbereichen, die statisch unkritisch sind. Der Abstand zur Bewehrung ist noch größer als 10mm. Daher wird das Verfahren 7.7, Beschichtung zum Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität gewählt.

1. Rückbau des Geländers mit anschließender Aufarbeitung und neuem Korrosionsschutz
2. Behutsamer Rückbau des Treppenbelags mit dem Ziel der Wiederverwendung der Granitplatten
3. Reinigen aller Betonoberflächen z.B. durch Strahlen
4. Kontrolle aller freigelegten Flächen auf Risse und Betonabplatzungen
 - a. Ggf. Rissanierung und Betonsanierung der Abplatzungen
5. Riss an der Podestunterseite kraftschlüssig verpressen (F) durch Injektion mit z.B. Epoxidharz
Produktvorschlag:
 - a. Sikainject 453 als Klebepacker oder Bohrpacker (siehe Anlage 1)
6. Allseitige Beschichtung der Treppe mit dem Oberflächenschutzsystem OS4
 - a. Mindestwert der Oberflächenzugfestigkeit: $f_{t,erf.} = 1,3 \text{ N/mm}^2 < f_{t,vorh.} = 1,45 \text{ N/mm}^2$
 - b. Kleinster Einzelwert: $f_{t,erf.} = 0,8 \text{ N/mm}^2 < f_{t,vorh.} = 1,40 \text{ N/mm}^2$
Produktvorschlag:
 - c. Feinspachtel Sika Icoment 520 (siehe Anlage 2)

- d. Oberflächenschutzsystem Sikagard 675W (siehe Anlage 3)
7. Verlegen einer Drainagematte (z.B. Fa. Gutjahr) auf der OS4-Beschichtung
 8. Verlegen des Treppenbelags auf der Drainagematte unter Verwendung eines Monokornmörtels mit großem Porenvolumen und guter Entwässerung
 9. Anschluss des aufgearbeiteten Geländers mit Edelstahlübeln rostfrei

7.2 Maximalvariante (Betonersatz nach Verfahren 7.2 + Beschichtung nach Verfahren 7.7)

Bei der Maximalvariante besteht das Instandsetzungskonzept aus den u.a. Schritten 1-11. Die seitlichen Randbereiche mit dem zu hohen Chloridgehalt werden durch Hochdruckwasserstrahlen bis 3cm hinter der Bewehrung abgetragen und durch Betonersatz reprofiliert. Anschließend wird das Verfahren 7.7, Beschichtung zum Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität gewählt.

1. Rückbau des Geländers mit anschließender Aufarbeitung und neuem Korrosionsschutz
2. Behutsamer Rückbau des Treppenbelags mit dem Ziel der Wiederverwendung der Granitplatten
3. Reinigen aller Betonoberflächen z.B. durch Strahlen
4. Kontrolle aller freigelegten Flächen auf Risse und Betonabplatzungen
 - a. Ggf. Rissanierung und Betonsanierung der Abplatzungen
5. Riss an der Podestunterseite kraftschlüssig verpressen (F) durch Injektion mit z.B. Epoxidharz
Produktvorschlag:
 - a. Sikainject 453 als Klebepacker oder Bohrpacker (siehe Anlage 1)
6. Betonabtrag der seitlichen Ränder der Läufe und Podeste mit Hochdruckwasserstrahlen bis 3cm hinter der Bewehrung (Abtragbreite ca. 10cm)
7. Reprofilierung der abgetragenen Bereiche durch Betonersatz
Produktvorschlag:
 - a. Korrosionsschutz und Haftbrücke Sika MonoTop 910N (siehe Anlage 4)
 - b. Instandsetzungsmörtel Sika MonoTop 412 DE (siehe Anlage 5)
8. Beschichtung der Treppe mit dem Oberflächenschutzsystem OS4
 - a. Mindestwert der Oberflächenzugfestigkeit: $f_{t,erf.} = 1,3 \text{ N/mm}^2 < f_{t,vorh.} = 1,45 \text{ N/mm}^2$
 - b. Kleinster Einzelwert: $f_{t,erf.} = 0,8 \text{ N/mm}^2 < f_{t,vorh.} = 1,40 \text{ N/mm}^2$Produktvorschlag:
 - c. Feinspachtel Sika Icoment 520 (siehe Anlage 2)
 - d. Oberflächenschutzsystem Sikagard 675W (siehe Anlage 3)
9. Verlegen einer Drainagematte (z.B. Fa. Gutjahr) auf der OS4-Beschichtung



10. Verlegen des Treppenbelags auf der Drainagematte unter Verwendung eines Monokornmörtels mit großem Porenvolumen und guter Entwässerung

11. Anschluss des aufgearbeiteten Geländers mit Edelstahlübeln rostfrei

8 Wartung und Inspektion

Wir empfehlen dringend, im Winter auf Tausalz zu verzichten und stattdessen Streusand zu verwenden!

Da die Bauteiluntersuchungen nur punktuell und nicht flächendeckend durchgeführt wurden, können weitere bereits vorhandene und nicht sichtbare Bauwerksschäden durch Chlorideintrag oder Karbonatisierung nicht generell ausgeschlossen werden.

Daher empfehlen wir eine jährliche Sichtprüfung der Treppe und Untersuchung auf folgende Punkte:

- Zustandskontrolle der OS4-Beschichtung
- Kontrolle der Treppe auf Risse, Verformungen, Betonabplatzungen
- Kontrolle des Geländers auf Korrosion
- Kontrolle des Risses an der Podestunterseite auf Bewegungen

AUFGESTELLT:

Rostock, den 01.04.2026

Horn + Horn Ingenieure
Partnerschaft mbB
Telefon: 0381/375743-0
Telefax: 0381/375743-29
Mail: info@hornundhorn.de

Frank Becker

Anlagen

- Anlage 1: Sikainject 453 Epoxidharz
Anlage 2: Sika Icoment 520 Feinspachtel
Anlage 3: Sikagard 675W Anstrich
Anlage 4: Sika Monotop 910N
Anlage 5: Sika Monotop 412DE Instandsetzungsmörtel