

Pos. 1450-1454 (N2) Stützen - Betonsanierung NW

System	Stahlbetonstütze, eingespannt	
Querschnitt	b/h= 30/35 cm, l= 6,0 m	
Material	B300 (TGL) entspricht nach [5] C20/25 (EC2) Betonstahl St-AIII (TGL) mit $f_{yk}= 315 \text{ N/mm}^2$	
Expositionsklasse	XC4, XF1, WF	
Betondeckung	vorhanden:	$c_{nom,Bü}= 3-7 \text{ mm}$ und $c_{nom,l}= 15 \text{ mm}$
	erforderlich:	$c_{nom}= 25 \text{ mm}$
Bewehrung	Längsbewehrung	4Ø25
	Bügelbewehrung	Ø7-8/27 cm

1. Ist-Zustands-Erfassung**1.1 Historie**

Die vorhandene Bauteilgeometrie stimmt mit den Bestandsplänen überein und befinden sich im Originalzustand der Errichtung aus dem Jahr 1968 (DDR). Die eingespannten Stützen der Sporthalle wurden als Fertigteile (2 Mp Bauweise) in vorhandenen Köcherfundamenten vergossen. Die Sporthalle und bauliche Konstruktion stehen unter Denkmalschutz. Die Stützen wurden zu einem späteren Zeitpunkt seitlich mit Mauerwerk versehen. Die vollständige Zugänglichkeit ist gegeben. Die Stützen waren ursprünglich farblich beschichtet. Es sind keinerlei Instandsetzungsmaßnahmen erkennbar.

1.2 Schädigung

Die vorhandenen Stahlbetonstützen weisen starke Risse bis 2,5 mm im Beton entlang der Bewehrungsachsen und Betonabplatzungen sowie freiliegende Längs- und Bügelbewehrung über die gesamte Höhe von 6,0 m auf der Westseite auf (Abbildung 5). Die Bewehrung ist teilweise korrodiert mit Querschnittsverlust bis 1 mm bei der Längsbewehrung (ca. 4%) aber noch weitestgehend intakt (Abbildung 4). Da die seitlich anschließenden (zugemauerten) Betonrahmen der ursprünglichen Glasfassade noch vorhanden sind, ist von einer einseitigen Schädigung der Stützen auf der Außenseite auszugehen. Vom originalen Beschichtungssystem sind nur noch Reste erkennbar (Abbildung 3).

An die Stützen anschließende Bauteile wie die Ringanker der Giebelwände und die Riegel oberhalb der Stützen weisen ebenfalls freiliegende korrodierte Bewehrung auf und sind ebenfalls mit Instandzusetzen (Abbildung 6 und Abbildung 7).



Abbildung 1: Ansicht der Westfassade



Abbildung 2: Stützenansicht von links nach rechts



Abbildung 3: Betondeckung Längsbewehrung (links) und Bügel (mitte), Beschichtungsreste (rechts)



Abbildung 4: Bewehrungsdurchmesser Längsbewehrung (links/mitte) und Bügel (rechts)



Abbildung 5: Stahlbetonstützen mit freiliegender Bewehrung und Rissen/Betonabplatzungen



Abbildung 6: Anschließende Bauteile: Riegel (1), Ringbalken 1 (2) und Ringbalken 2 (3)



Abbildung 7: Anschließende Bauteile: Riegel (links), Ringbalken 1 (Mitte) und Ringbalken 2 (rechts)

1.3 Schadensursache

Ursache für die Schäden ist die zu geringe vorhandene Betondeckung aufgrund des Zeitpunkts der Erbauung und der Verwitterung über die Zeit mit teilweise $< 1,0$ cm. Aufgrund des Alters von > 50 Jahren ist von einer Karbonatisierung des Betons bis hinter die Bewehrung auszugehen. Somit ist die Alkalität des Betons als natürlicher Schutz der Bewehrung nicht mehr gegeben. Die Folge ist die Bewehrungskorrosion und schließlich die Rissbildung entlang der Bewehrung. Infolge **direkter Beregnung** der ungeschützten Außenbauteile sowie der Einwirkung von **Frost** und **Temperatur** sind Betonabplatzungen die Folge. Die Stützen werden aus vertikalen Lasten des Dachtragwerks sowie horizontalen Lasten aus Wind auf die Fassade belastet.

1.4 Einwirkungen nach TR-IH Tab. 2 und Altbetonklasse nach Tab. 4

1.4.1 Einwirkungen aus der Umgebung

XALL	Einwirkungen auf das Bauteil mit Auswirkungen auf das Instandsetzungssystem
XC4	Außenbauteil mit direkter Beregnung
XF1	Außenbauteile mit Forstangriff
WF	Ungeschützte Außenbauteile

1.4.2 Einwirkungen aus dem Untergrund

XSTAT	Statisch mitwirkend
XCR	Risse
DP	Feuchter Untergrund, frei bewittertes Bauteil

1.4.3 Altbetonklasse

Altbetonklasse A3	Druckfestigkeit:	$> 20 \text{ N/mm}^2$
	Oberflächenzugfestigkeit, Mittelwert:	$> 1,2 \text{ N/mm}^2$
	Oberflächenzugfestigkeit, min. Einzelwert:	$> 0,8 \text{ N/mm}^2$

1.5 Standsicherheitsrelevanz und Instandsetzungsziel

Die Kernsanierung der denkmalgeschützten Sporthalle beabsichtigt eine Nutzungsdauer von weiteren 50 Jahren. Die Betonsanierung ist erforderlich, um die Standsicherheit für die geplante Nutzungsdauer zu gewährleisten.

2. Instandsetzungskonzept

2.1 Stützen

Die Betonsanierung wird nach TR-IH [3] mit Bezug auf die DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen [4] empfohlen. Dies beinhaltet die Herstellung des dauerhaften Korrosionsschutzes der Bewehrung aufgrund der geringen vorhandenen Betondeckung durch Erhöhung, die Wiederherstellung des dauerhaften Korrosionsschutzes der bereits korrodierten Bewehrung sowie der Reprofilierung des geschädigten Betonquerschnitts (siehe Prinzipskizze Abbildung 8).

Eine Verstärkung der Stützen oder Ergänzung der Bewehrung ist statisch nicht erforderlich.

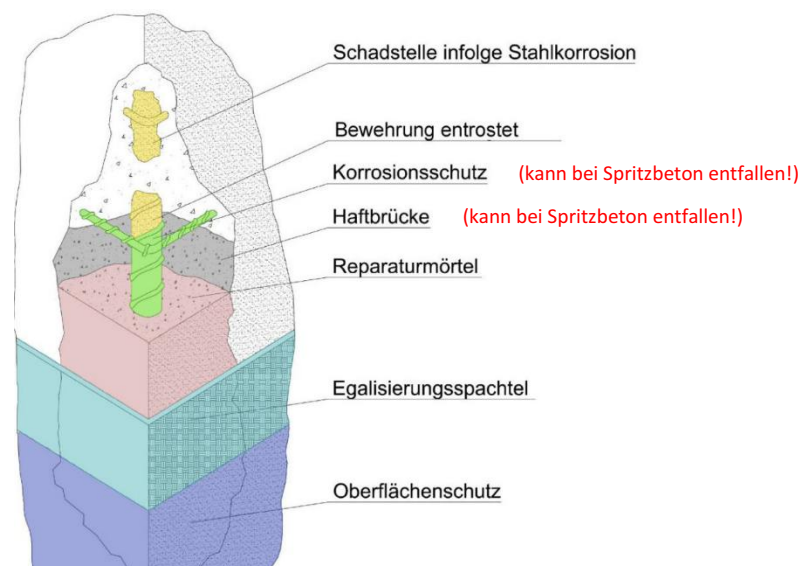


Abbildung 8: Beispiel Stützensanierung, Bildgrundlage StoCrete

Für die Sanierung wird das Verfahren 7.2 nach TR-IH „Ersatz von carbonatisiertem Beton zum Erhalt oder der Wiederherstellung der Passivität“ (Instandsetzungsprinzip R1 - Wiederherstellung des alkalischen Milieus) vorgesehen siehe schematische Darstellung Abbildung 9. Grundsatzlösung ist eine Dickbeschichtung mit alkalischem Beton bzw. Mörtel. Die Bewehrung ist im korrodierten Bereich durch geeignete Verfahren (z. B. Sandstrahlen) freizulegen, sodass lose und gelockerte Betonabplatzungen sowie gerissene Bereiche infolge der Bewehrungskorrosion entfernt werden. Der neben dem Betonstahl zu entfernende bereits karbonatisierte Altbeton soll ein hohlstellenfreies Einbringen des Instandsetzungsmörtels ermöglichen. Der Beton ist in den geschädigten Bereichen mindestens bis 10 mm hinter der Längsbewehrung und 20 mm neben der Bewehrung, in den Bereichen mit freiliegenden Bügeln bis 15 mm hinter die Bewehrung abzutragen. Die Stärke des aufzubringenden Betons ist in Abstimmung mit dem energetischen und denkmalpflegerischen Konzept festzulegen, sollte aber aufgrund der freien Bewitterung der Stütze **mindestens 25 mm** bezogen auf die Bügel betragen.

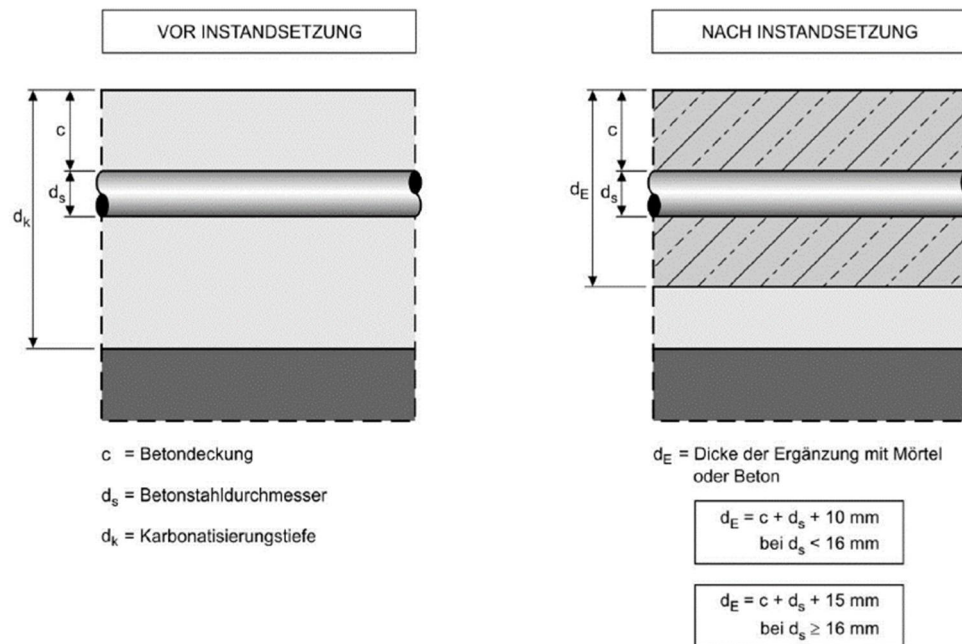


Abbildung 9: Schematische Darstellung Verfahren 7.4 nach TR-IH aus [3]

2.2 Betonriegel/Ringanker und lokale Schäden

Für die Sanierung lokaler Fehlstellen und Abplatzungen wird das Verfahren 3.1 „Kleinflächiger Handauftrag zur Reprofilierung oder Querschnittsergänzung“ abweichend zur Empfehlung der TR-IH gewählt (nur Altbetonklasse A4/A5 nach TR-IH, Teil 1, Tab. 15). Begründung der Abweichung ist die geringfügige statische Funktion des Bauteils, die geringe Anzahl an lokalen Fehlstellen sowie das nachträgliche Auftragen eines Oberflächenschutzsystems.

2.3 Oberflächenschutzsystem (Gesamte Fassade)

Für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit nach der Sanierung der denkmalgeschützten Konstruktion aufgrund des noch enthaltenen karbonatisierten Beton wird zusätzlich ein **Beschichtungssystem OS2** (Verfahren 8.3 nach TR-IH, [3]) vorgesehen, um den Feuchtetransport und folglich eine Korrosion der Bewehrung zu verhindern.

3. Ausführungshinweise

Die Ausführung sollte nach Abbruch der Mauerwerksfassade und der Oberlichter sowie nach Abbruch des Holzspanestrichs auf dem Dach erfolgen, um das einwirkende Eigengewicht möglichst gering zu halten. Die Sanierung der NW-Fassade und der SO-Fassade sind zeitlich nacheinander auszuführen.

Die Ausführung von Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen muss nach den Angaben zur Ausführung der Stoffhersteller erfolgen.

Müssen Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen bei ungünstigen Witterungsbedingungen ausgeführt werden, sind wirksame Schutzeinrichtungen vorzusehen.

Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen dürfen nur ausgeführt werden, wenn die jeweiligen material- und verarbeitungsbedingten Grenzwerte eingehalten werden.

3.1 Spritzbeton

Vorbehandlung des Untergrunds

Um einen guten Verbund des Spritzbetons mit dem Untergrund zu gewährleisten, muss die Auftragsfläche mit geeigneten Verfahren (Druckluft, Strahlen, Stemmen) aufgeraut und gesäubert werden (Entfernung von allen haftvermindernden Schichten, frei von losen, lockeren und schädlichen Teilen, staubfrei). Es muss eine feste Oberfläche vorhanden sein.

Da das Parkett im Innenraum weiterverwendet werden soll, ist ein **Hochdruckwasserstrahlen** der Stützen zumindest im oberen Bereich der Stützen mit fehlender Glasfassade aus planerischer Sicht **ungeeignet** und sollte als Druckluftstrahlen mit festem Strahlgut ausgeführt werden. Das eingebettete Gesteinskorn muss sichtbar sein (Grobkorn > 8 mm sichtbar, mittlere Rautiefe > 1,0 mm). Dies ist mit der Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit nach DIN 1048-2 nachzuweisen. Es sind mindestens 5 Proben zu nehmen ($MW f_{HZ} \geq 1,2 \text{ MPa}$, $EW f_{HZ} \geq 0,8 \text{ MPa}$).

Neben der Säuberung der Auftragsflächen ist deren Vornässung von Bedeutung. Die Norm verlangt einen so weit fortgeschrittenen Abtrocknungsvorgang bei Beginn der Spritzbetonarbeiten, dass die Oberflächen „mattfeucht“ aussehen.

Auf die **Haftbrücke** darf aufgrund der geplanten Ausführung als Spritzbeton **verzichtet** werden, da durch den beim Spritzen entstehenden Rückprall zwangsläufig auf dem Untergrund eine Haftschlämme an senkrechten Flächen entsteht.

Vorbehandlung der Bewehrung

Die korrodierten Bewehrungsoberflächen sind zu Entrosten entsprechend Oberflächen-vorbereitungsgrad Sa 2 nach DIN EN ISO 12 944-4. Der **mineralische Korrosionsschutz** darf **entfallen**, da die Betondeckung erhöht wird gegenüber der Ausführung im Bestand und ein zusätzliches Oberflächenschutzsystem vorgesehen wird.

Spritzbetonauftrag

Der Beton ist im Spritzverfahren (SRC) mit $D > 4 \text{ mm}$ gemäß TR-IH, Tab. 15 aufzutragen oder als Spritzbeton nach DIN EN 14487 und DIN 18551. Die aufzutragende **Schichtdicke beträgt ca. 73 mm** (Betondeckung $c = 25 \text{ mm}$, Bügel $d = 8 \text{ mm}$, Längsbewehrung $d = 25 \text{ mm}$ und ca. 15 mm hinter der Bewehrung). Die Rückverankerung erfolgt über die vorhandene Bügelbewehrung. Die Anforderungen an das Material sind in Punkt 4 benannt.

Der Spritzbetonauftrag ist in zwei Schichten vorzusehen, da nur bei mehrlagigem Auftrag von Betonersatz die letzte Spritzlage bearbeitet werden darf, wenn die Gesamtschichtdicke der vorherigen Lagen $\geq 20 \text{ mm}$ beträgt. Alternativ kann der Auftrag einschichtig erfolgen. Hier ist dann zusätzlich die Applikation eines Feinspachtels erforderlich, da eine **geglättete Oberfläche** erzielt werden soll.

3.2 Betonersatz im Handauftrag

Untergrundvorbereitung

Um einen guten Verbund des RM/PRM mit dem Untergrund zu gewährleisten, muss die Auftragsfläche mit geeigneten Verfahren (Druckluft, Strahlen, Stemmen) aufgeraut und gesäubert werden (Entfernung von allen haftvermindernden Schichten, frei von losen, lockeren und schädlichen Teilen, staubfrei). Es muss eine feste Oberfläche vorhanden sein.

Vor dem Auftrag des RM/PRM ist eine **Haftbrücke** aufzutragen.

Vorbehandlung der Bewehrung

Die korrodierten Bewehrungsoberflächen sind zu Entrosten entsprechend Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 ½ nach DIN EN ISO 12 944-4. Vor dem Betonauftrag ist ein **mineralischer Korrosionsschutz** aufzutragen.

Betonauftrag

Für die kleinflächige Instandsetzung darf Betonersatz im Handauftrag (RM oder PRM) mit einem Größtkorn von $D < 4 \text{ mm}$ (bzw. $D < 1/3 \cdot t$) angewendet werden. Die Verwendung von PRM ist auf eine Fläche von 1 m^2 zu begrenzen. Die max. Schichtdicke beträgt 60 mm.

3.3 Fertigteilfugen

Am Stützenkopf, im Bereich der Stahlträgerauflager, gibt es Risse in den ca. 30 mm breiten Fugen zwischen den aufliegenden Fertigteilen. Eine Sanierung des Stützenkopfes ist analog nach Instandsetzungsprinzip R1 erforderlich. Die Fugen zwischen den Fertigteilen (Betonriegel) siehe Abbildung 10 sind zu reinigen, von losem Mörtel zu befreien/freizustemmen und mit einem quellfähigen Mörtel, Größtkorn 4 mm und Festigkeit nach 28 Tagen $> 30 \text{ N/mm}^2$ wie z. B. Pagel VS-P, MC Bauchemie Emcecrete MFT oder vergleichbar zu Verpressen.



Abbildung 10: Fertigteilfugen, teilweise gerissen und lose

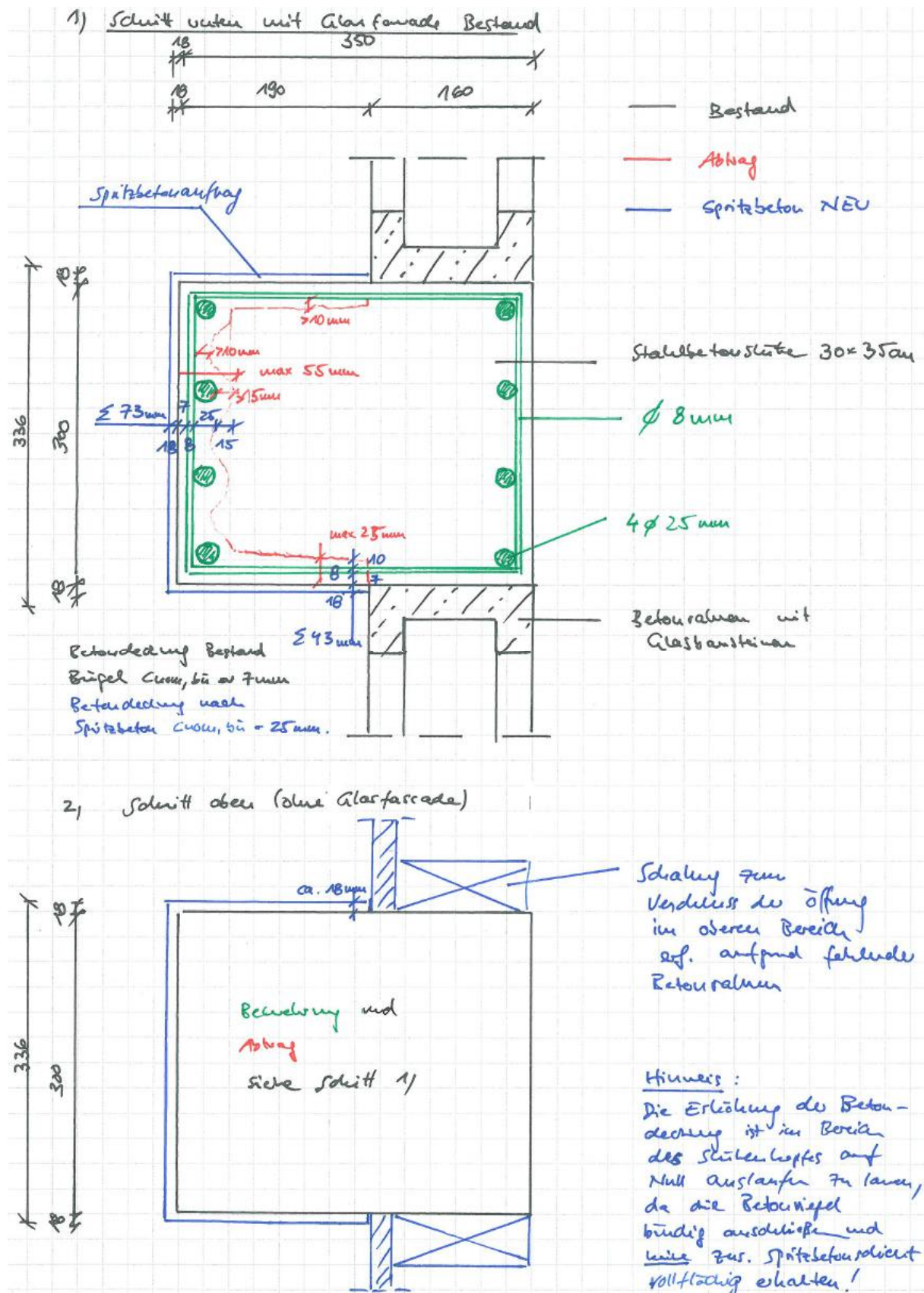


Abbildung 11: Prinzipskizze der Betonsanierung an den vorliegenden Stützen der NW-Fassade mit Glasfassade (Schnitt 1) und ohne Glasfassade (Schnitt 2)

3.4 Oberflächenschutzsystem (OS2)

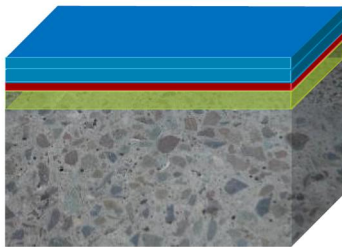
Zur Erhöhung des Karbonatisierungswiderstandes der frei bewitterten Stützen ist ein Beschichtungssystem OS2 (Verfahren 8.3 nach TR-IH, Teil 1 vorgesehen. Das geplante Oberflächenschutzsystem OS2 ist auch für die Betonrahmen der Glasbausteinfenster und für die Betonriegel/Attikaelemente oberhalb der Stützen anzuwenden

Ziel der Beschichtung ist:

- Reduzierung der Wasseraufnahme
- Reduzierung des Eindringens beton- und stahlangreifender Stoffe
- Reduzierung der Kohlenstoffdiffusion
- Begrenzte Wasserdampfdiffusion
- Optische Wirkung, farbliche Oberflächengestaltung

Bindemittelgruppen der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht:

- Polymerdispersion
- Mischpolymerisat (gelöst)
- Polyurethan
- Silan/Silaxan: für Hydrophobierung



Regelaufbau

1. Hydrophobierung
2. Gegebenenfalls Grundierung
3. Mindestens zwei Oberflächenschutzschichten (hwO)

Abbildung 12: Beschichtungssystem OS2 (Verfahren 8.3 nach TR-IH, [3])

Untergrundvorbereitung

Die Auftragsfläche muss mit geeigneten Verfahren (Strahlen, Schleifen, DD-Wasserstrahlen) aufgeraut und gesäubert werden (Entfernung von allen haftvermindernden Schichten, frei von losen und lockeren Teilen, staubfrei). **Ein nennenswerter Betonabtrag ist zu verhindern!**

Auftrag

Mindestschichtdicke (OS2) $d_{\min,S} = 80 \mu\text{m}$

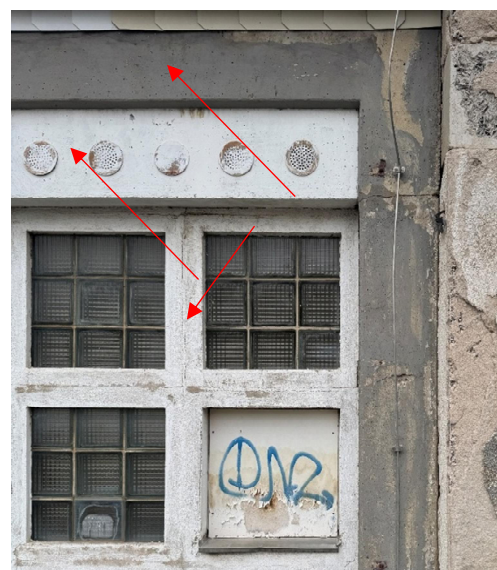


Abbildung 13: Betonfensterrahmen und Fertigteilriegel mit Farbbeschichtung

4. Anforderungen an das Material und Qualitätssicherung

Der Auftragnehmer hat die geschuldete Eignung der Baustoffe und Baustoffsysteme nachzuweisen.

Der Auftragnehmer ist für die ordnungsgemäße Durchführung der Qualitätssicherung verantwortlich und hat sicherzustellen, dass nur Produkte eingesetzt werden, die nachweislich einer solchen Qualitätssicherung unterliegen.

4.1 Anforderungen an Spritzbeton (SRC) als Betonersatz SRC-A3 nach TR-IH Teil 2, Tab. C.3

1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1	Merkmal	Prüfverfahren	Prüfkörper	Anforderung SRC-A3	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Ausgangsstoffe						
1	XALL	Kornzusammensetzung	DIN EN 12192-1		$\leq 5\%$ Überkorn ± 5 M.-% für Prüfkorngrößen $\geq 0,125$ mm	System B nach DIN 18200
Frisch- und Festmörtel (im Zwangsmischer hergestellt)						
5	XALL	Konsistenz	[1] Anhang A1.9		Wert ermitteln und angeben Ausbreitmaß: $\pm 15\%$ rel.	System B nach DIN 18200
Frischmörtel (gespritzte Probe)						
10	XALL	Frischmörtelroh-dichte	[1] Anhang A1.8	Spritzpfanne	Wert ermitteln und angeben 2) Unterschreitung ermittelter Wert $\leq 0,07$ kg/dm ³	System B nach DIN 18200
Festmörtel (gespritzte Probe)						
12	XALL	Haftzugfestigkeit Lagerung B	DIN EN 1542, [1] Anhang A1.4	Platten (2)	MW fHZ $\geq 1,2$ MPa 3) EW fHZ $\geq 0,8$ MPa Rissbreite $\leq 0,10$ mm	Nur Erstprüfung
15	XALL	Elastizitätsmodul (statisch)	DIN EN 13412, [1] Anhang A1.1	Prismen (2 Sätze)	E 28 d ≥ 15 GPa $\pm 10\%$ nach 28 d	System B nach DIN 18200
21b	XALL	Druckfestigkeit 2d, 28d nach Lagerung B	DIN EN 196-1 5), [1] Anhang A1.1	Prismen (je Prüfal-ter und Lagerung 1 Satz)	f _{d,28} ≥ 25 MPa	Nur Erstprüfung
21d	XALL	Biegezugfestigkeit 2d, 28 d nach Lagerung B	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.1	Prismen (je Prüfal-ter und Lagerung 1 Satz)	f _{BZ,28} ≥ 6 MPa	Nur Erstprüfung
30	XALL	Trockenrohdichte	DIN 52170-1, [1] Anhang A1.1	Prismen (1 Satz)	Wert ermitteln und angeben 2) Unterschreitung ermittelter Wert $\leq 0,04$ kg/dm ³	System B nach DIN 18200

4.2 Anforderungen an das Oberflächenschutzsystem OS 2 nach TR-IH Teil 2, Tab A.4

System				
18	Abreißversuch	DIN EN 1542, [1] Anhang A3.2	$\geq 1,0$ (0,7) MPa Mittelwert (kleinster Einzelwert)	System B nach DIN 18200
19	Gitterschnittprüfung ⁸⁾	DIN EN ISO 2409 (Schnittbreite: 4 mm)	Gitterschnittwert: \leq GT 2	Nur Erstprüfung
20	CO ₂ -Durchlässigkeit ⁹⁾	DIN EN 1062-6	$s_D > 50$ m	Nur Erstprüfung
21	Wasserdampf-Durchlässigkeit ⁹⁾	DIN EN ISO 7783	Klasse I: $s_D < 5$ m	Nur Erstprüfung
22	Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit ⁹⁾	DIN EN 1062-3	$w < 0,1$ kg/(m ² ·h ^{0,5})	Nur Erstprüfung
23	Haftfestigkeit nach Prüfung auf Temperaturwechselverträglichkeit		Nach Temperaturwechselbeanspruchung a) keine Risse, Blasen, Ablösungen b) Abreißversuch $\geq 1,0$ (0,7) MPa Mittelwert (kleinster Einzelwert)	Nur Erstprüfung
	Für Verwendungen im Außenbereich unter Einfluss von Tausalzen: Gewitterregenbeanspruchung (Temperaturschock) (10x)	DIN EN 13687-2		
	und Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Tausalzangriff (50x)	DIN EN 13687-1		
24	Brandverhalten nach Aufbringung	DIN EN 13501-1	Mindestanforderung: Klasse E-d2	Nur Erstprüfung
25	Künstliche Bewitterung (nur bei Verwendung im Außenbereich)	DIN EN 1062-11 (Verfahren 4.2)	Nach 2 000 h künstlicher Bewitterung: keine Blasen, keine Risse kein Abblättern	Nur Erstprüfung

¹⁾ Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-2:2004

²⁾ Neben den Referenzverfahren nach DIN EN ISO 2811 Teil 1 und 2 gelten die Teile 3 und 4 bei Nachweis der gleichen Genauigkeit und Wiederholbarkeit als Alternativverfahren.

³⁾ Topfzeit ist alternatives Verfahren zu Epoxid Äquivalent / Aminzahl bzw. Hydroxylzahl / Isocyanatgehalt.

⁴⁾ Alternative Verfahren Viskosität. Weitere alternative Verfahren (z. B. Brechungsindex) können geeigneter sein, sofern eine Korrelation mit der Auslaufzeit/Viskosität nachgewiesen werden kann. Für den Brechungsindex nach DIN EN ISO 489 ist eine Toleranz von ± 3 % einzuhalten.

⁵⁾ Nur wenn reproduzierbar an Mischpolymerisat zu prüfen

⁶⁾ Alternativ kann das Prüfverfahren nach [1] Anhang A3.1 angewendet werden

⁷⁾ nur für flexible Harze und Produkte, bei denen die Topfzeit nicht gemessen werden kann.

⁸⁾ Prüfverfahren in Anlehnung an DIN EN ISO 2409

⁹⁾ nur hwO

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren“ der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

5. Abfangung im Bauzustand

Der Stahlträger ist mittels der auf der Stütze auflagernden Betonriegel im Bauzustand abzufangen und möglichst lastfrei zu stellen. Vorgesehen sind hier zwei seitliche Schwerlaststützen pro Stütze mit lastverteilendem Träger HEB 200 oben und unten nach Abbruch der Ziegelvorsatzwand (Abbildung 14, Abbildung 15 und Abbildung 16).



Abbildung 14: Prinzipskizze Abfangung mit Schwerlaststützen

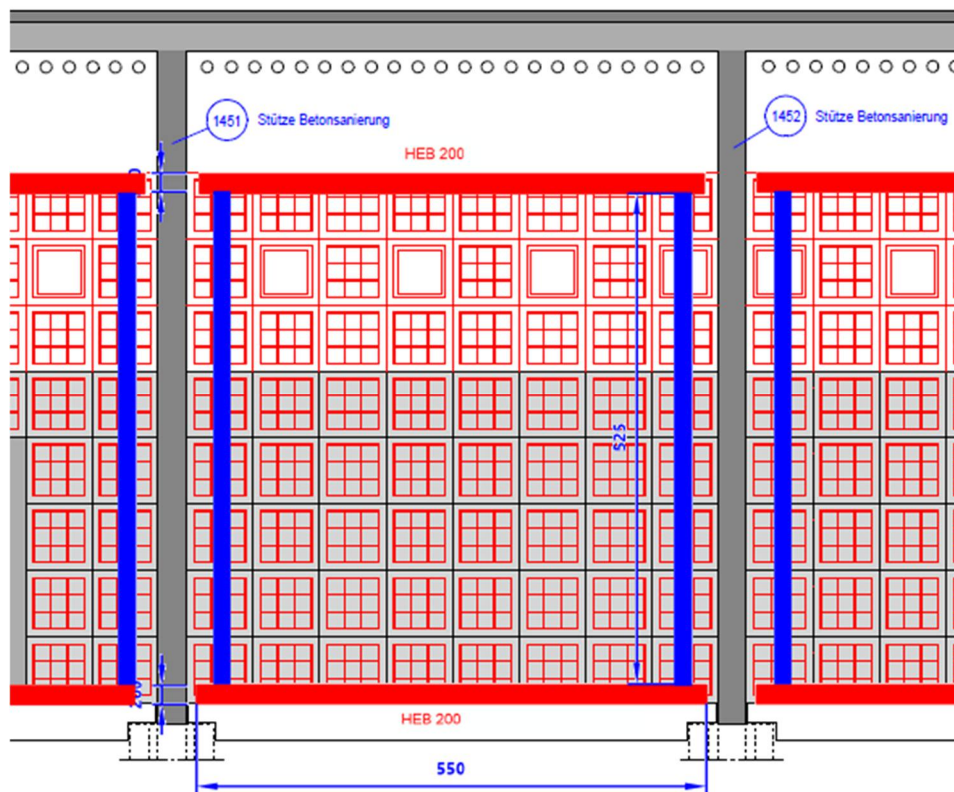


Abbildung 15: Abfangkonstruktion, Ansicht

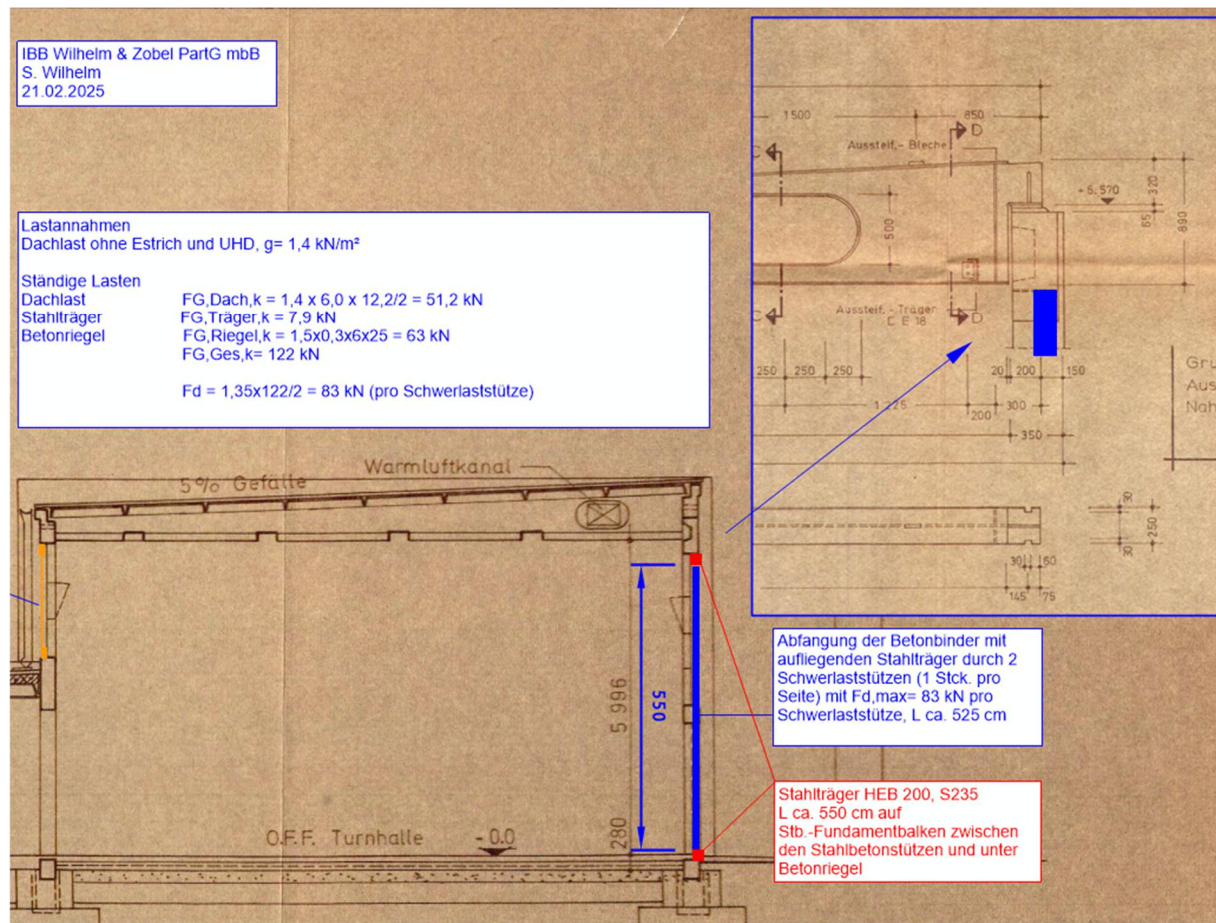


Abbildung 16: Abfangkonstruktion Schnitt im Bestand

Die Standzeit der Abfangkonstruktion beträgt mindestens 10 Tage nach erfolgter Spritzbetonausführung.