

A.-Nr. 21 086 41
Betontechnische Untersuchung der
Schlossbergturnhalle Albstadt
Sigmund Straße 15
72458 Albstadt-Ebingen



Untersuchungsbericht
Maßnahmenkatalog
Grobkostenschätzung

Stadtverwaltung Albstadt

Dez. III - Amt für Bauen und Service
z.Hd. Frau Götz
Am Markt 2

72461 Albstadt-Tailfingen

Untersuchungsbericht, Maßnahmenkatalog, Grobkostenschätzung

zur Beurteilung der Stahlbetonbauteile (Spannbetonbinder, Stützen, Wände und Fundamente) der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen, Sigmund Straße 15 in 72458 Albstadt-Ebingen. Außerdem beinhaltet der Bericht einen Maßnahmenkatalog mit Grobkostenschätzung zur Betoninstandsetzung der verschiedenen Bauteile.

Allgemeine Angaben

Betrifft: Betontechnische Untersuchung, Schadens- und Zustandsdiagnose der Stahlbetonbauteile (Spannbetonbinder, Stützen, Wände und Fundamente) der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen, Sigmund Straße 15 in 72458 Albstadt-Ebingen.

Auftraggeber: Stadtverwaltung Albstadt
Dez. III – Amt für Bauen und Service
z.Hd. Frau Götz
Am Markt 2

72461 Albstadt-Tailfingen

Ort und Datum: Albstadt, den 13.01.2022

Inhalt	Seite
1 Grundlagen	4
1.1 Verwendete Arbeitsunterlagen	
1.2 Ortstermine	
2 Beauftragung und Aufgabenstellung	5
3 Beschreibung des Bauwerkes	6
4 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Betonbauteilen und Instandsetzungsvorschläge	7
4.1 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Stahlbetonbindern und Instandsetzungsvorschläge	
4.2 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Stahlbetonstützen und Instandsetzungsvorschläge	
4.3 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Fundamentoberseiten und Instandsetzungsvorschläge	
4.4 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Wandplatten und Instandsetzungsvorschläge	
4.5 Erläuterung der Schadensmechanismen	
5 Zusammenfassung	16
Unterschrift	19

Anlagen

1. Grobkostenschätzung BWN
2. Fotodokumentation
3. Pläne BWN „Probestellen und Schadstellen“
4. Messwertetabelle
5. Prüfbericht Betontechnologie Siegmann
6. Vorabstellnahme vom 27.10.2021

Der Bericht besteht aus 19 Seiten und 6 Anlagen

1 Grundlagen

1.1 Verwendete Arbeitsunterlagen

- Schal- und Bewehrungspläne, Schnitte und Statik des Ing.-Büros Hans P. Becker, Konstanz, aus dem Jahre 1973

Außerdem werden folgende Unterlagen verwendet:

- Fotos, angefertigt vom Ingenieurbüro BWN-Bauingenieure, Albstadt-Lautlingen, bei den Ortsterminen am 11.10.2021 und 18.10.2021
- Prüfbericht und Fotos der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann vom Beprobungstermin am 11.10.2021 und 18.10.2021
- Untersuchungsbericht vom Ing.-Büro BWN-Bauingenieure (BWN-Nr.: 06 029 26) aus dem Jahre 2006
- Kurzbericht vom Ing.-Büro BWN-Bauingenieure (BWN-Nr.: 14 104 34) aus dem Jahre 2014

1.2 Ortstermine

- Schadensaufnahme und Untersuchung vor Ort am 11.10.2021 und 18.10.2021 mit den Teilnehmern:

Herr Decker, BWN Bauingenieure

Frau Rost, BWN Bauingenieure

Herr Siegmann, Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann

Mitarbeiter der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann

2 Beauftragung und Aufgabenstellung

Das Ingenieurbüro BWN Bauingenieure, Albstadt-Lautlingen, wurde durch die Stadt Albstadt, Amt für Bauen und Service, Frau Götz, Am Markt 2, 72461 Albstadt-Tailfingen, beauftragt den Zustand der Stahlbetonbauteile (Spannbetonbinder, Stützen, Wandplatten und Fundamente) der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen, Sigmund Straße 15 betontechnologisch zu untersuchen.

Außerdem wurde ein Maßnahmenkatalog und eine Grobkostenschätzung für eine Betoninstandsetzung beauftragt.

Bei den vorgenannten Ortsterminen am 11.10.2021 und 18.10.2021 wurden die Spannbetonbinder, Stützen, Wandplatten und Fundamente der Schlossbergturnhalle in der Sigmund Straße 15 in 72458 Albstadt-Ebingen handnah untersucht, die Schäden aufgenommen und die Probenentnahme durchgeführt.

Im Bericht werden anhand der aufgenommenen Schäden Umfang, Machbarkeit und Dringlichkeit von Instandsetzungsmaßnahmen dargelegt und auf Grundlage der Schadensanalyse ein Vorschlag für eine dauerhafte Instandsetzung, bzw. den Rück- und Neubau einzelner Bauteile, unterbreitet.

3 Beschreibung des Bauwerkes

Die Schlossbergturnhalle, Sigmund Straße 15, liegt in Albstadt-Ebingen und wurde 1973 errichtet. Das Gebäude besteht aus einem höheren Hallenteil mit den Abmessungen von ca. 37,0 m x 22,0 m und einem seitlich anschließenden Nebengebäude (Umkleiden, Geräteraum, usw.) mit den Abmessungen von ca. 11,0 m x 40,0 m. Die Aussteifung des höheren Hallenteils ist durch die in Köcherfundamente eingespannte Stahlbetonstützen gewährleistet. Die Aussteifung des Nebengebäudes erfolgt durch die Vielzahl an Stahlbetonwänden, welche mit den Außenwänden aus Leichtbeton verbunden sind. Weitere Beschreibungen zum Bauwerk können aus den Untersuchungs- und Kurzbericht vom Ing.-Büro BWN-Bauingenieure (BWN-Nr.: 06 029 26-B und BWN-Nr.: 14 104 34) entnommen werden.

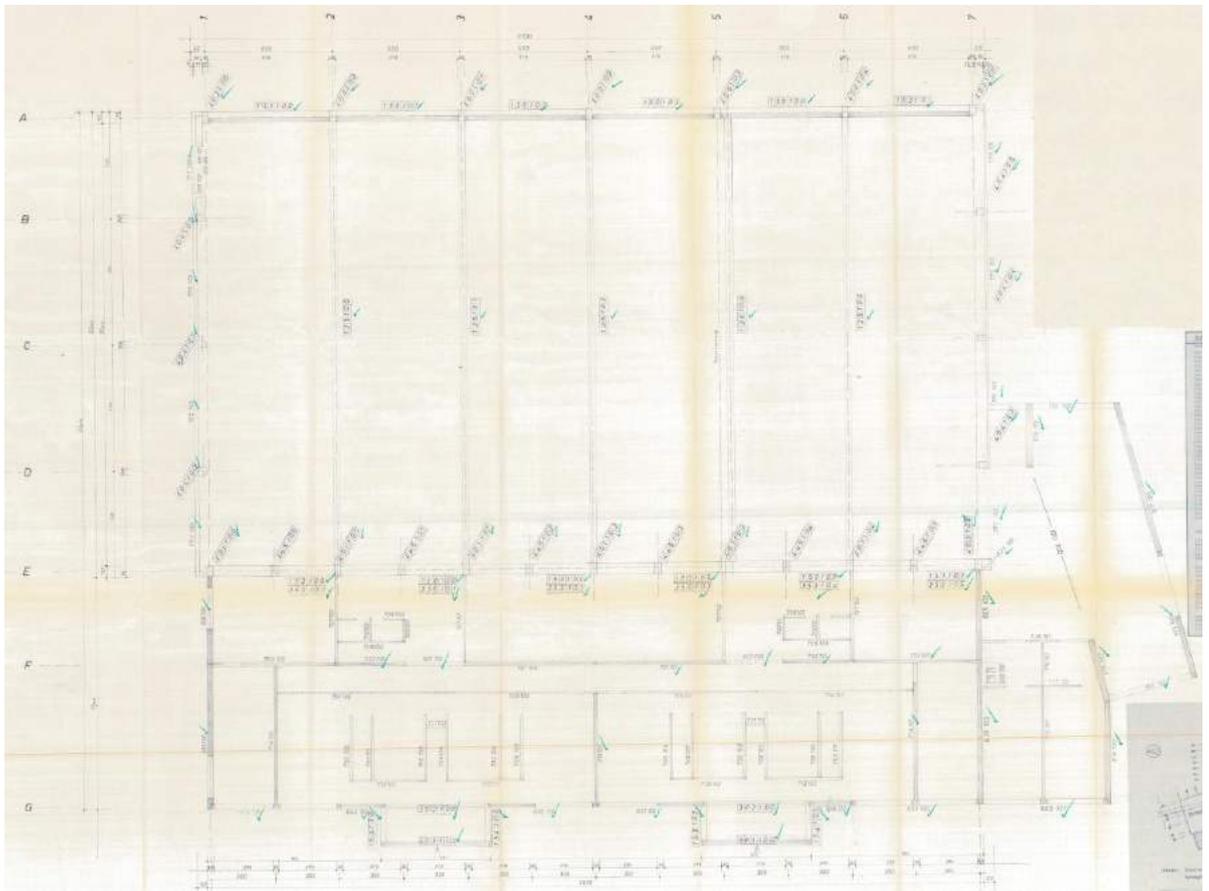


Abbildung 1: Grundriss Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen

4 Aufnahme und Beurteilung der Schäden

Die Stahlbetonbauteile wurden am 11.10.2021 und 18.10.2021 handnah untersucht. Die sichtbaren Schäden wurden fotografisch erfasst und zusätzlich in den beiliegenden Tabellen und Plänen beschrieben und dokumentiert (vgl. auch Anlage 2, 3, 4 und 5). An dieser Stelle werden daher die Schadensbilder lediglich zusammenfassend beschrieben.

Für die betontechnologischen Untersuchungen wurden an den Spannbetonbinder, Stützen, Wandplatten und Fundamente der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen insgesamt 17 Beprobungsstellen ausgewählt.

Insgesamt wurden am Bauwerk 15 Betonbohrkerne zu Laboruntersuchungen gezogen. Es wurden 10 Stemmstellen zur Sichtung des Zustandes der Bewehrung, der Betondeckung und der Karbonatisierungstiefe erstellt. Es wurde an 13 Messstellen Bohrmehl zur Bestimmung des Chloridgehalts, gemäß Rili-SIB, DAfStb Teil1, Abschnitt 6.5.2, entnommen. Des Weiteren wurde die Oberflächenzugfestigkeit an 7 Prüfstellen mit insgesamt je 3 Einzelprüfungen gemäß Rili-SIB, DAfStb Teil3, Anhang C, gemessen. Ebenso wurde an 17 Prüfstellen Messstrecken zur Ermittlung der Betonüberdeckung festgelegt.

Sämtliche oben aufgeführte Proben wurden betontechnologisch von der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann in Ebersbach/Fils untersucht (Prüfbericht vgl. Anlage 5).

Insbesondere wurden die Stahlbeton- und Betonbauteile vor Ort überprüft auf:

- Risse, Ausbauchungen, Hohlstellen, Kiesnester
- Ausblühungen, Aussinterungen
- Abplatzungen
- Rostverfärbungen, freiliegende Bewehrung, Korrosion
- Bereits erfolgte Sanierungen
- Karbonatisierung
- Oberflächenzugfestigkeit
- Betondeckung

Im Labor wurden die Bohrkerne und Bohrmehlproben untersucht auf:

- Druckfestigkeit
- Chloridgehalt

Die Schäden werden unterteilt nach:

- 4.1 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Spannbetonbindern
- 4.2 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Stahlbetonstützen
- 4.3 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Fundamtoberseiten
- 4.4 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Wandplatten
- 4.5 Erläuterung der Schadensmechanismen

Die Schäden an den Einzelnen Bauteilen werden ausschließlich unter Einbeziehung der Laboruntersuchungen, sowie aus statischer Sicht beurteilt und für jedes Bauteil getrennt eingestuft.

4.1 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Spannbetonbindern und Instandsetzungsvorschläge

Die Binder der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen wurden als Spannbetonbinder mit einer Höhe von 110 cm ausgeführt.

Die Binder wurden an den Beprobungsstellen 12 bis 16 untersucht.

Die vorgefundenen Schäden wurden fotografisch erfasst und in den beiliegenden Tabellen und Plänen beschrieben und dokumentiert (vgl. auch Anlage 2, 3, 4 und 5).

An den stichprobenartig untersuchten Spannbetonbinder wurden in der Regel folgende augenscheinliche Schäden festgestellt:

- die Winkel zur Gabellagerung der Spannbetonbinder sind teilweise nicht druckfest angeschlossen (vgl. Anlage 2 Fotodokumentation Abb. 6)
- Betonausbrüche an einem Stützenkopf (Binderauflager)

Auswertung der Beprobungs- und Laborergebnisse:

In Anlage 4 „Messwerttabelle“ und Anlage 5 „Prüfbericht der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann“, sind die einzelnen Messergebnisse dargestellt.

Die an den Bohrkernen aus dem Spannbetonbinder festgestellten und nach DIN EN 13791 bewerteten Betondruckfestigkeiten liegen im Bereich eines C25/30 (alte Bezeichnung zwischen einem Bn250 und einem Bn350). Laut Bestandsunterlagen wurde ein Bn550 (C45/55) gefordert. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt, gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, somit zwei Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

An den vor Ort erstellten Stemmproben wurden Karbonatisierungstiefen von 3 mm bis 4 mm festgestellt. Somit hat die Karbonatisierung noch nicht die Bewehrungseisen erreicht.

Mit dem Bewehrungsrichtungsgesetz (Hilti Ferroskan PS300) wurden an den Spannbetonbindern Betonüberdeckungen von waagrecht 15 mm bis 64 mm, senkrecht 20 mm bis 84 mm und an der Unterseite von 19 mm bis 30 mm ermittelt.

Zum Zeitpunkt der Planung (1973) war die DIN 1045:1972 gültig. Gemäß den Bestandsplänen war eine Betondeckung von 2,0 cm angegeben. Die geforderte Betondeckung konnte, bis auf eine Stelle, eingehalten werden.

Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten liegen alle oberhalb dem für eine Betoninstandsetzung mindestens erforderlichen Wert von im Mittel $1,50 \text{ N/mm}^2$. Der zulässige kleinste Einzelwert von $1,00 \text{ N/mm}^2$ ist mit $2,62 \text{ N/mm}^2$ ebenfalls eingehalten.

Zur Bestimmung des Chloridgehaltes wurden an der Beprobungsstelle Nr. 14 eine Bohrmehlprobe mit drei Tiefenstufen entnommen. Dabei wurde festgestellt, dass der zulässige Wert für Spannbeton von 0,2 M.-%/Z, mit maximal 0,42 M.-%/Z, in der Tiefenstufe 40-60 mm überschritten wird. Für ein im Innenbereich liegendes Stahlbetonbauteil, welches nicht im direkten Kontakt mit Salz steht, ist dies sehr ungewöhnlich. Dies kann darauf hindeuten, dass entweder ein Störungseinfluss aus dem Zement vorliegt oder ein Erstarrungsbeschleuniger verwendet wurde.

Beurteilung der Spannbetonbinder:

Der augenscheinlich vorgefundene Zustand der Spannbetonbinder ist, bis auf den teilweise nicht druckfesten Anschluss an die Gabellage, noch in einem guten Zustand.

Die geforderte Betondeckung von 20 mm konnten größtenteils an den untersuchten Stellen eingehalten werden.

Das statische Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrungsseisen ist durch die relativ hohen Betonüberdeckungen im Regelfall gegeben.

Die geforderte Betondruckfestigkeit der Spannbetonbinder konnten durch die entnommenen Bohrkernproben nicht bestätigt werden. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt, gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, zwei Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

Aufgrund der deutlich zu geringen Betondruckfestigkeit und der teilweise nicht fachgerechten Ausführung der Anschlüsse von Binder an Gabellager ist hier die Standsicherheit gefährdet.

Hier besteht sofortiger Handlungsbedarf!

Vorschläge zur Instandsetzung der Spannbetonbinder:

Aufgrund der oben beschriebenen Schäden und der Vorabstellungnahme vom 27.10.2021, siehe Anlage 6, werden keine weiteren Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen beschrieben.

4.2 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Stahlbetonstützen und Instandsetzungsvorschläge

Die Stahlbetonstützen der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen wurden mit einem Querschnitt $b/h = 30/50$ cm ausgeführt.

Die Stahlbetonstützen wurden an den Stellen 1 bis 6 untersucht.

Die vorgefundenen Schäden wurden fotografisch erfasst und in den beiliegenden Tabellen und Plänen beschrieben und dokumentiert (vgl. auch Anlage 2, 3, 4 und 5).

An den stichprobenartig untersuchten Stützen wurden in der Regel folgende augenscheinliche Schäden festgestellt:

- statisch relevante Betonabplatzungen mit freiliegender teilweise stark korrodierender Bewehrung im Bereich des Stützenfußes der Stützen in Achse A
- statisch relevante Querschnittsminderungen und Lochfraß an den Bewehrungsseisen der Stützen in Achse A
- flächige Betonabplatzungen mit freiliegender korrodierter Bewehrung an den Ecken der Stützen in Achse E
- vereinzelt Kiesnester im Stützenfußbereich
- mehrfach Hohlstellen über die Höhe der Stützen in Achse E

Auswertung der Beprobungs- und Laborergebnisse:

In Anlage 4 „Messwerttabelle“ und Anlage 5 „Prüfbericht der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann“, sind die einzelnen Messergebnisse dargestellt.

Die an den Bohrkernen aus den Stahlbetonstützen festgestellten und nach DIN EN 13791 bewerteten Betondruckfestigkeiten liegen im Bereich eines C20/25 (alte Bezeichnung Bn250) bzw. eines C25/30 (alte Bezeichnung zwischen einem Bn250 und einem Bn350). Laut Bestandsunterlagen wurde ein Bn450 (C35/45) gefordert. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt, gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, somit eine Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

An den vor Ort erstellten Stemmproben wurden Karbonatisierungstiefen von 12 mm bis 29 mm festgestellt. Außerdem wurde an den Stemmproben Betondeckungen von 10 mm bis 24 mm festgestellt.

Mit dem Bewehrungsrichtungsgesetz (Hilti Ferroskan PS300) wurden Betonüberdeckungen von 3 mm bis 69 mm ermittelt.

Zum Zeitpunkt der Planung (1973) war die DIN 1045:1972 gültig. Gemäß der Bestandsnorm war eine Mindestbetondeckung auf die Längsseiten mit 2,5 cm angegeben. Die geforderte Betondeckung konnte war den untersuchten Stellen im Mittel bei ca. 35% unterschritten.

Die vorgefundenen Bewehrungsseisen waren stark rostig, mit zerstörtem Stahl, bis deutlich rostig, mit Poren am Stahl, was wiederum mit der Karbonatisierungstiefe in Zusammenhang zu bringen ist. Die Karbonatisierung hat größtenteils bereits die Bewehrungslage erreicht und führt dort zu den vorgefundenen Korrosionserscheinungen und den Querschnittsminderungen von 10% bis zu 100%.

Die Bewehrung weist in mehreren Fällen bereits keinen Verbund mehr zum Beton auf.

Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten liegen alle oberhalb dem für eine Betoninstandsetzung mindestens erforderlichen Wert von im Mittel 1,50 N/mm². Der zulässige kleinste Einzelwert von 1,00 N/mm² ist mit 1,93 N/mm² ebenfalls eingehalten.

Zur Bestimmung des Chloridgehaltes wurden Bohrmehlproben entnommen. Es wurde festgestellt, dass der Chloridgehalt in den Stützen an den Beprobungsstellen Nr. 1 bis 3 (Achse A) den Grenzwert von 0,4 M.-%/Z bis in eine Tiefe von 60 mm mit 0,71 M.-%/Z bis 1,41 M.-%/Z bei weitem überschritten wird. Der hohe Salzgehalt führt hier neben der Karbonatisierung zu den massiven Schäden an den Stützenfüßen.

An den Beprobungsstellen Nr. 4 bis 6 (Achse E, über Dach Nebengebäude) wird der Grenzwert von 0,40 M.-%/Z mit einem maximal Wert von 0,49 M.-%/Z, in der Tiefenstufe 20-40 mm, minimal überschritten. Für ein im Innenbereich liegendes Stahlbetonbauteil oder auch Außenbauteil, welches nicht im direkten Kontakt mit Salz steht, ist dies sehr ungewöhnlich. Dies kann darauf hindeuten, dass entweder ein Störungseinfluss aus dem Zement vor liegt oder ein Erstarrungsbeschleuniger verwendet wurde.

Beurteilung der Stahlbetonstützen:

Der vorgefundene Zustand der Stahlbetonstützen ist aufgrund der vorangeschrittenen Karbonatisierungsfrente, den zum Teil bereits korrodierten Bewehrungsstäben und den häufig nicht eingehaltenen Betonüberdeckungen, sowie der Schädigung infolge Chloridkorrosion, als sehr schlecht zu bezeichnen.

Die geforderte Betondeckung von 25 mm konnten teilweise an den untersuchten Stellen nicht eingehalten werden, somit ist vereinzelt das statische Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrungsseisen nicht gegeben.

Aufgrund der weit fortgeschrittenen Karbonatisierungstiefen ist die Bewehrung korrosionsgefährdet, was sich durch die vorhandene Korrosion an den Bewehrungsseisen zeigt.

Die geforderte Betondruckfestigkeit der Stahlbetonstützen konnten durch die entnommenen Bohrkern nicht bestätigt werden. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt,

gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, eine Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

An den Stützen ist die Verkehrssicherheit, Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit gefährdet. Aufgrund den deutlich zu geringen Betondruckfestigkeiten, niedrigen Betonüberdeckungen und statisch relevante Querschnittsminderungen an den Bewehrungseisen und am Betonquerschnitt ist die Standsicherheit der Stahlbetonstützen stark gefährdet.

Hier besteht sofortiger Handlungsbedarf!

Vorschläge zur Instandsetzung der Stahlbetonstützen:

Aufgrund der oben beschriebenen Schäden und der Vorabstellungnahme vom 27.10.2021, siehe Anlage 6, werden keine weiteren Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen beschrieben.

4.3 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Fundamentoberseiten und Instandsetzungsvorschläge

Die Fundamente der Stützen wurden als Köcherfundamente mit den Abmessungen $b/l/h = 1,60 \text{ m} / 1,60 \text{ m} / 1,10 \text{ m}$ und $b/l/h = 2,80 \text{ m} / 1,10 \text{ m} / 1,10 \text{ m}$ ausgeführt. Die Fundamente wurden an den Stellen 17 und 18 untersucht.

Die vorgefundenen Schäden wurden fotografisch erfasst und in den beiliegenden Tabellen und Plänen beschrieben und dokumentiert (vgl. auch Anlage 2, 3, 4 und 5).

An den stichprobenartig untersuchten Stellen der Fundamentoberseite konnten augenscheinlich keine Schäden festgestellt werden.

Auswertung der Beprobungs- und Laborergebnisse:

In Anlage 4 „Messwerttabelle“ und Anlage 5 „Prüfbericht der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann“, sind die einzelnen Messergebnisse dargestellt.

Es wurden keine Bohrkerne aus den Fundamenten entnommen.

Mit dem Bewehrungsrichtungsgarät (Hilti Ferroskan PS300) wurden an den Fundamentoberseiten Betonüberdeckungen von längs 44 mm bis 148 mm und quer 51 mm bis 103 mm ermittelt. Die Betonüberdeckung an den Fundamentoberseiten sollte laut Bestandspläne mit 30 mm ausgeführt werden.

Auf Grund der hohen gemessenen Betonüberdeckungen wurde vor Ort auf die ursprünglich vorgesehene Herstellung von Stemmstellen verzichtet.

Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten liegen alle oberhalb dem für eine Betoninstandsetzung mindestens erforderlichen Wert von im Mittel $1,50 \text{ N/mm}^2$. Der zulässige kleinste Einzelwert von $1,00 \text{ N/mm}^2$ ist mit $3,30 \text{ N/mm}^2$ ebenfalls eingehalten.

Zur Bestimmung des Chloridgehaltes wurden Bohrmehlproben entnommen. Dabei wurde festgestellt, dass der Chloridgehalt an der Beprobungsstelle Nr. 17 den Grenzwert von $0,40 \text{ M.-%/Z}$ in eine Tiefe von 20 mm mit $0,42 \text{ M.-%/Z}$ minimal überschreitet.

Beurteilung der Fundamentoberseite:

Der vorgefundene Zustand der Fundamentoberseite ist, bis auf die Nichteinhaltung des Chloridgehaltes an einer Stelle, in einem guten Zustand.

Das statische Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrungseisen ist durch die relativ hohe Betondeckung im Regelfall gegeben.

Hier besteht mittelfristig Handlungsbedarf!

Vorschläge zur Instandsetzung der Fundamentoberseite

Aufgrund der beschriebenen Schäden unter den Punkten 4.1 und 4.2 und der Vorabstellungnahme vom 27.10.2021, siehe Anlage 6, werden keine weiteren Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen beschrieben.

4.4 Aufnahme und Beurteilung der Schäden an den Wandplatten und Instandsetzungsvorschläge

Die Wandplatten der Schlossbergturnhalle wurden an den Giebelseiten des höheren Hallenteiles mit einer Stärke von $d = 10 \text{ cm}$ ausgeführt. Die Fassade an der Ostseite der Halle wurden als Sandwichplatten mit $d_1 = 7 \text{ cm}$, $d_2 = 12 \text{ cm}$ und Dämmung $d = 4 \text{ cm}$ ausgeführt.

Die Fassadenplatten an der Giebelseite wurden an den Stellen 8 und 11 untersucht und die Sandwichplatten wurden an den Stellen 7 und 10 untersucht.

Die vorgefundenen Schäden wurden fotografisch erfasst und in den beiliegenden Tabellen und Plänen beschrieben und dokumentiert (vgl. auch Anlage 2, 3, 4 und 5).

An den stichprobenartig untersuchten der Wandplatten wurden in der Regel folgende augenscheinliche Schäden festgestellt:

- Betonausbrüche und Risse an den Giebelseiten in den Eckbereichen bzw. Verankerungspunkten der Platten.

- Die dauerelastischen Fugen der Fassadenplatten sind größtenteils gerissen.
- Flächige Betonabplatzungen mit freiliegender korrodierter Bewehrung an der Ost- und Westseite.
- Versatz der Waschbetonplatten an den Giebelseiten mit bis zu 3 cm.
- An einer Stelle ist der Verankerungsdollen der Giebelwandplatte abgerostet.

Auswertung der Beprobungs- und Laborergebnisse:

In Anlage 4 „Messwerttabelle“ und Anlage 5 „Prüfbericht der Bauwerksprüfung + Betontechnologie Siegmann“, sind die einzelnen Messergebnisse dargestellt.

Die an den Bohrkernen aus den Waschbetonplatten festgestellten und nach DIN EN 13791 bewerteten Betondruckfestigkeiten liegen an der Beprobungsstellen Nr. 7 im Bereich eines C16/20 (alte Bezeichnung zwischen einem Bn150 und einem Bn250). Laut Bestandsunterlagen wurde ein Bn250 (C20/25) gefordert. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt, gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, somit eine Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

Die gemessenen Druckfestigkeiten, an den in Beprobungsstelle Nr. 11 entnommenen Bohrkern, entsprechen hingegen den damals üblichen Werten und stimmen mit den auf den Plänen angegebenen Betongüte überein.

An den vor Ort erstellten Stemmproben wurden Karbonisierungstiefen von 7 mm bis 28 mm festgestellt. Außerdem wurde an den Stemmproben Betondeckungen von 20 mm bis 27 mm festgestellt.

Mit dem Bewehrungsrichtungsgesetz (Hilti Ferroskan PS300) wurden den Wandplatten Betonüberdeckungen von waagrecht 18 mm bis 60 mm und senkrecht 19 mm bis 41 mm ermittelt. Die Betonüberdeckung sollte laut Bestandspläne mit 20 mm ausgeführt werden.

Die vorgefundenen Bewehrungsseisen waren blank bis stark rostig. Die Karbonisierung hat teilweise die Bewehrungsseisen erreicht und führt dort zu den vorgefundenen Korrosionserscheinungen.

Die Bewehrung weist im Regelfall gute Verbundbedingungen zum Beton auf.

Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten liegen alle oberhalb dem für eine Betoninstandsetzung mindestens erforderlichen Wert von im Mittel 1,50 N/mm². Der zulässige kleinste Einzelwert von 1,00 N/mm² ist mit 2,01 N/mm² ebenfalls eingehalten.

Zur Bestimmung des Chloridgehaltes wurden Bohrmehlproben entnommen. Dabei wurde festgestellt, dass der Chloridgehalt an den Beprobungsstelle Nr. 7 und 10 den Grenzwert von 0,40 M.-%/Z, in der Tiefenstufe 40-60 mm, mit 0,64 M.-%/Z überschreitet.

An den Beprobungsstelle Nr. 8 und 11 hingegen wird der Grenzwert von 0,40 M.-%/Z bis in eine Tiefe von 60 mm mit maximal 0,35 M.-%/Z eingehalten.

Beurteilung der Wandplatten:

Der vorgefundene Zustand der Wandplatten ist aufgrund der teilweise nicht eingehaltenen Betondeckungen, der bereits weit fortgeschrittenen Karbonatisierungsfront und den hohen Chloridwerte als mäßig bis schlecht einzustufen.

Bei den Wandplatten sind auf Dauer die Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit gefährdet.

Aufgrund der Risse und Betonausbrüche im Bereich der Verankerungselemente der Giebelwandplatten ist die Verkehrssicherheit hier bereits nicht mehr gegeben.

Hier besteht sofortiger Handlungsbedarf!

4.5 Erläuterung der Schadensmechanismen

Die Mechanismen, die zu dem angetroffenen Schadensbild geführt haben, sind nachfolgend erläutert:

Die wichtigste Voraussetzung für die Dauerhaftigkeit einer Stahlbetonkonstruktion ist eine ausreichend dicke und dichte Betonschicht in der Umgebung des Bewehrungsstahls. Diese Schutzschicht ist verantwortlich für die dauerhafte Funktion des Verbundes zwischen Bewehrung und Beton, den Schutz der Bewehrung gegen Korrosion und den Schutz des Bauteils gegen besondere Einwirkungen von aggressiven Medien.

Die Schutzfunktion beruht auf der hohen Alkalität des Betons ($\text{pH} > 12$), die hauptsächlich auf dem im Zementstein vorhandenen Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) basiert. Dadurch wird eine Korrosion des Betonstahles unterbunden. Unter dem Einfluss des Kohlendioxids der Luft (CO_2) kommt es allerdings in oberflächennahen Betonbereichen zu einer chemischen Reaktion in der das Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat (CaCO_3) umgewandelt wird. Mit diesem als Karbonatisierung bezeichneten Prozess verbunden, ist eine deutliche Absenkung des pH-Wertes des Betons von $\text{pH} 12$ auf ca. $\text{pH} 9$. In diesem nun gering alkalischen Milieu korrodiert der Betonstahl unter gleichzeitigem Vorhandensein von Wasser und Sauerstoff. Die Korrosionsprodukte des Betonstahles sorgen für eine Volumenvergrößerung, die den umgebenden Beton abdrückt.

Ein weiterer Schadensmechanismus ist die Lochfraßkorrosion durch die Einwirkung von Chloriden.

Die Chloride werden in die Betonbauteile eingetragen und können dort, ab Chloridkonzentrationen von ca. 0,4 % bezogen auf den Zementgehalt, bei entsprechend vorhandener Feuchtigkeit im Bauteil, Bewehrungskorrosion verursachen. Bei Spannbetonbauteilen liegt der Grenzwert bei 0,2 % bezogen auf den Zementgehalt. Die Risse in der Betonüberdeckung erleichtern das Eindringen der Salze.

Die Chlorsalze gehen mit dem Bewehrungsstahl eine chemische Verbindung ein. Es entsteht Eisenchlorid. Teils kann auch Lochfraßkorrosion an der Bewehrung entstehen. Diese Form der chloridbedingten Korrosion verursacht i.d.R. keine Volumenvergrößerung der Bewehrung, mit den daraus resultierenden Abplatzungen der Betonoberfläche, und ist daher äußerlich zum Teil kaum sichtbar.

Es sind auch Kombinationen aus den genannten Korrosionsschäden möglich.

6 Zusammenfassung

Das Ingenieurbüro BWN Bauingenieure, Albstadt-Lautlingen, wurde durch die Stadt Albstadt, Amt für Bauen und Service, Frau Götz, Am Markt 2, 72461 Albstadt-Tailfingen, beauftragt den Zustand der Stahlbetonbauteile (Spannbetonbinder, Stützen, Wandplatten und Fundamente) der Schlossbergturnhalle in Albstadt-Ebingen, Sigmund Straße 15 betontechnologisch zu untersuchen.

Außerdem wurde ein Maßnahmenkatalog und eine Grobkostenschätzung für eine Betoninstandsetzung beauftragt.

Bei den vorgenannten Ortsterminen am 11.10.2021 und 18.10.2021 wurden die Spannbetonbinder, Stützen, Wandplatten und Fundamente der Schlossbergturnhalle in der Sigmund Straße 15 in 72458 Albstadt-Ebingen handnah untersucht, die Schäden aufgenommen und die Probenentnahme durchgeführt.

Beurteilung der Spannbetonbinder:

Der augenscheinlich vorgefundene Zustand der Spannbetonbinder ist, bis auf den teilweise nicht druckfesten Anschluss an die Gabellage, noch in einem guten Zustand.

Die geforderte Betondeckung von 20 mm konnten größtenteils an den untersuchten Stellen eingehalten werden.

Die geforderte Betondruckfestigkeit der Spannbetonbinder konnten durch die entnommenen Bohrkerne nicht bestätigt werden. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt, gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, zwei Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

Aufgrund der deutlich zu geringen Betondruckfestigkeit und der teilweise nicht fachgerechten Ausführung der Anschlüsse von Binder an Gabellager sowie der Betonausbruch an einem Stützenkopf (Binderauflager) ist hier die Standsicherheit gefährdet.

Zusätzlich ist die vorgefundene Lagersicherung der Binder, durch in der Regel zwei Dollen $\varnothing 16$ mm, aufgrund der Randabstände und Dimensionierung nicht vollumfänglich ausreichend.

Bei den Spannbetonbinder besteht sofortiger Handlungsbedarf!

Beurteilung der Stahlbetonstützen:

Der vorgefundene Zustand der Stahlbetonstützen ist aufgrund der vorangeschrittenen Karbonatisierungsfront, den zum Teil bereits korrodierten Bewehrungsstäben und den häufig nicht eingehaltenen Betonüberdeckungen, sowie der Schädigung infolge Chloridkorrosion, als sehr schlecht zu bezeichnen.

Die geforderte Betondeckung von 25 mm konnten teilweise an den untersuchten Stellen nicht eingehalten werden, somit ist vereinzelt das statische Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrungsseisen nicht gegeben.

Aufgrund der weit fortgeschrittenen Karbonatisierungstiefen ist die Bewehrung korrosionsgefährdet, was sich durch die vorhandene Korrosion an den Bewehrungsseisen zeigt.

Die geforderte Betondruckfestigkeit der Stahlbetonstützen konnten durch die entnommenen Bohrkern nicht bestätigt werden. Die vorhandene Druckfestigkeit liegt, gemäß bei der Herstellung gültigen Norm, eine Festigkeitsklassen unter der laut Statik erforderlichen!!

An den Stützen ist die Verkehrssicherheit, Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit gefährdet. Aufgrund den deutlich zu geringen Betondruckfestigkeiten, niedrigen Betonüberdeckungen und statisch relevante Querschnittsminderungen an den Bewehrungsseisen und am Betonquerschnitt ist die Standsicherheit der Stahlbetonstützen stark gefährdet.

Bei den Stahlbetonstützen besteht sofortiger Handlungsbedarf!

Beurteilung der Fundamentoberseite:

Der vorgefundene Zustand der Fundamentoberseite ist, bis auf die Nichteinhaltung des Chloridgehalt an eine Stelle, in einem guten Zustand.

Das statische Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrungsseisen ist durch die relativ hohe Betondeckung im Regelfall gegeben.

An den Fundamentoberseiten besteht mittelfristig Handlungsbedarf!

Beurteilung der Wandplatten:

Der vorgefundene Zustand der Wandplatten ist aufgrund der teilweise nicht eingehaltenen Betondeckungen, der bereits weit fortgeschrittenen Karbonatisierungsfront und den hohen Chloridwerte als mäßig bis schlecht einzustufen.

Bei den Wandplatten sind auf Dauer die Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit gefährdet.

Aufgrund der Risse und Betonausbrüche im Bereich der Verankerungselemente der Giebelwandplatten ist die Verkehrssicherheit hier bereits nicht mehr gegeben.

An den Wandplatten besteht sofortiger Handlungsbedarf!

Fazit:

An den Bauteilen des Haupttragwerks der Turnhalle (Spannbetonbinde und Stahlbetonstützen) ist die Verkehrssicherheit, Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit stark gefährdet. Die vorgefundenen Schäden werden fortschreiten, progressiv zunehmen und können die Standsicherheit weiter gefährden.

Insgesamt wird festgestellt, dass bei der Schlossbergturnhalle, neben den in Kapitel 4 beschriebenen Schäden, weitere Mängel und Risiken vorliegen.

zum Beispiel:

- Dachabdichtung vielfach undicht, mit Wassereintritt
- Abhangdecke nicht fachgerecht befestigt (vgl. Gutachten 2014), daher mit Schutznetz gesichert. Eventuell Gewichtszunahme durch Wassereintritt!
- Unterkonstruktion von Installationen innerhalb der Abhangdecke durch Wassereintritt in Ihrer Standsicherheit evtl. gefährdet.

Aufgrund der zahlreichen standsicherheitsrelevanten Mängel sowie den oben genannten zusätzlichen Defiziten kann die Turnhalle nicht mehr genutzt werden. Eine Sanierung ist weder wirtschaftlich noch technisch sinnvoll.

Auch eine Ertüchtigung der Turnhalle für eine Interimszeit ist weder wirtschaftlich noch technisch nicht sinnvoll: Diese setzt mindestens eine aufwändige Instandsetzung der Stützenfüße voraus. Zusätzlich müsste eine Sicherung der Binderauflager durch, zum Beispiel neue verdübelte Stahlteile, erfolgen. Eine aufwendige Sicherung der Fassade mittels Stahlträgern und Durchankerungen sowie insbesondere auch eine gänzliche neue Dachabdichtung wären ebenfalls notwendig. Auch eine statische Nachrechnung der Spannbetonbinder und Stahlbetonstützen, aufgrund der zu geringen Druckfestigkeit des Betons, mit deren resultierenden Verstärkungsmaßnahmen wäre erforderlich.

Aus Sicherheitsgründen müsste auch ein kompletter Rückbau der Unterdecke und der Installationen samt danach einzubauender Neuinstallationen durchgeführt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Tatsachen wurden gemeinsam mit der Stadt Albstadt folgende Sofortmaßnahmen festgelegt:

- Die Turnhalle wurde für die weitere Nutzung gesperrt.
- Es wurden umgehend Absperrmaßnahmen im Bereich der Verkehrsflächen unterhalb der Giebelwände angegeben.

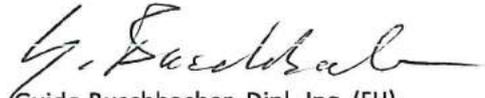
Aus Sicht des Verfassers kann hier nur ein Rückbau empfohlen werden!

Aufgestellt:

BWN-Bauingenieure
Albstadt-Lautlingen, den 13.01.2022



Jennifer Rost, M.Eng.



Guido Buschbacher, Dipl.-Ing. (FH)

Sachbearbeiterin

Geschäftsführer

Zertifizierter Sachkundiger Planer für Schutz
und Instandsetzung von Betonbauwerken

Zertifiziert für die Bauwerksprüfung nach
DIN 1076



Anlage 1: Grobkostenschätzung

Aufgrund der im Gutachten unter Kapitel 4 beschriebenen und in Kapitel 5 ausgewerteten Schäden sowie der Vorabstellnahme vom 27.10.2021, siehe Anlage 6, und der Empfehlung eines Rück- und Neubaus der Schlossbergturnhalle, wird an dieser Stelle auf eine Grobkostenschätzung verzichtet.

Anlage 2: Fotodokumentation



Abbildung 1: Übersichtsbild, Südansicht



Abbildung 2: Übersichtsbild, Westansicht



Abbildung 3: Übersichtsbild, Nordostansicht



Abbildung 4: Übersichtsbild, Sporthalle innen



Abbildung 5: Stütze Achse E innen, Anprallschaden

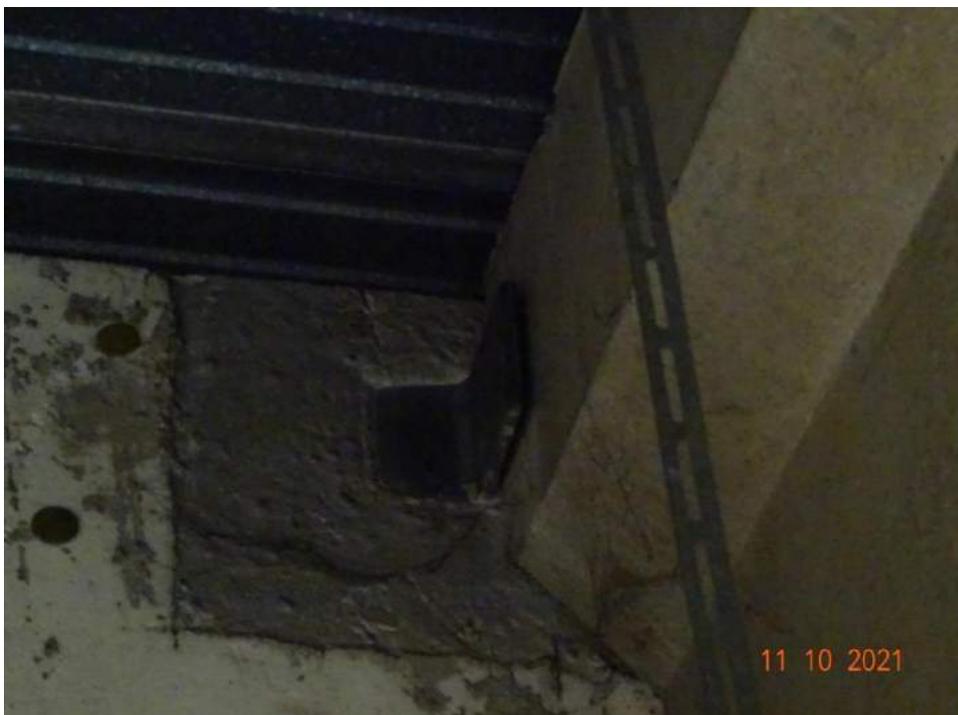


Abbildung 6: Binderanschluss Achse 4, Gabellager nicht druckfest angeschlossen



Abbildung 7: Binderauflager Achse 5, starke Querschnittsminderung am Stützenkopf



Abbildung 8: Wandplatte innen Achse E, Betonabplatzung mit freiliegender korrodierter Stahlplatte



Abbildung 9: Außenstütze Achse A, Betonabplatzungen mit freiliegenden stark korrodierten Eisen einschließlich Querschnittsminderung und Lochfraß



Abbildung 10: Außenstütze Achse A, Betonabplatzungen mit freiliegenden stark korrodierten Eisen einschließlich Lochfraß



Abbildung 11: Außenstütze Achse A mit Köcherfundament, Betonabplatzungen mit freiliegenden stark korrodierten Eisen an Stütze



Abbildung 12: Wandplatte außen Achse A, Betonabplatzung mit freiliegendem stark korrodiertem Eisen



Abbildung 13: Fassadenplatte Nebengebäude aus Leichtbeton, flächige Betonabplatzung mit freiliegender stark korrodierter Bewehrung



Abbildung 14: Fassadenplatte Nebengebäude aus Leichtbeton, Betonabplatzung im Eckbereich mit freiliegender stark korrodierter Bewehrung



Abbildung 15: stark verrostete Stahltüre am Nebengebäude



Abbildung 16: Wandsockel Südseite des Nebengebäudes, mehrfach gerissen mit Betonabplatzungen und Hohlstellen



Abbildung 17: Fassadenplatte Nebengebäude, Betonabplatzung im Eckbereich mit freiliegender stark korrodierter Bewehrung

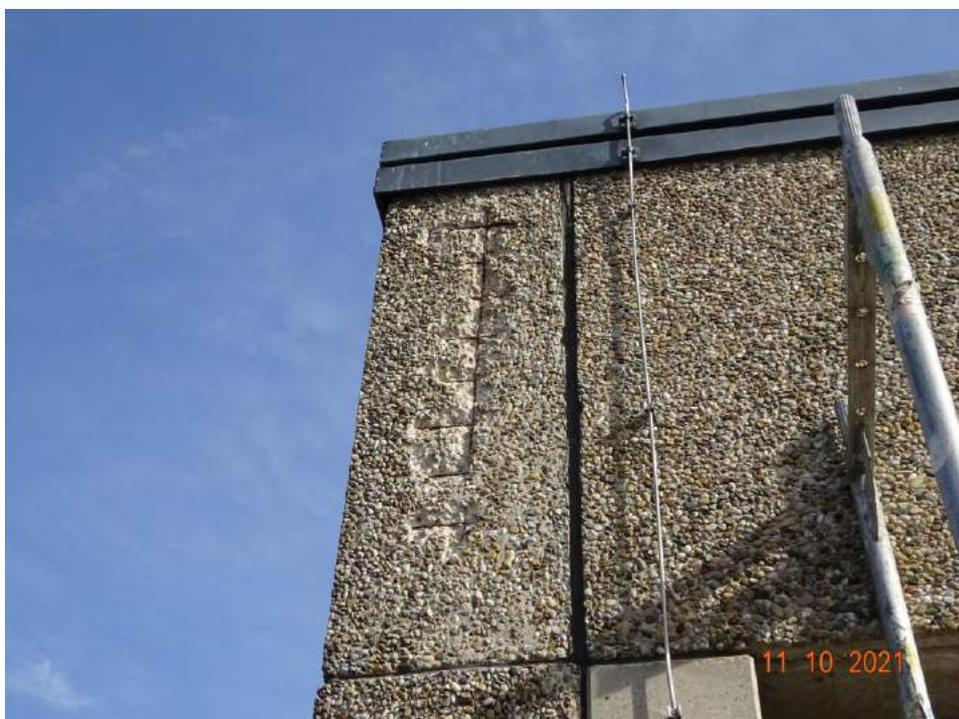


Abbildung 18: Waschbetonplatte Hallengebäude, flächige Betonabplatzung mit freiliegender korrodierter Bewehrung



Abbildung 19: Außenstütze Achse E, Betonabplatzung am Eck mit freiliegendem stark korrodiertem Eisen



Abbildung 20: Waschbetonplatte Achse E, flächige Betonabplatzungen im Bereich des Fenstersturzes mit freiliegender korrodierter Bewehrung



Abbildung 21: Riss in Waschbetonplatte entlang des Fenstersturzes über die komplette Achse E



Abbildung 22: Kamin auf Nebengebäude mit Betonabplatzungen und freiliegender korrodiertem Eisen



Abbildung 23: Verankerung der Giebelwandplatte an der Südseite, Betonausbruch im Eckbereich



Abbildung 24: Unterer Verankerungsdollen der Giebelwandplatte abgerostet



Abbildung 25: Verankerung der Giebelwandplatte an der Nordseite, Betonausbruch im Eckbereich



Abbildung 26: dauerelastische Fuge der Fassadenplatte mehrfach gerissen

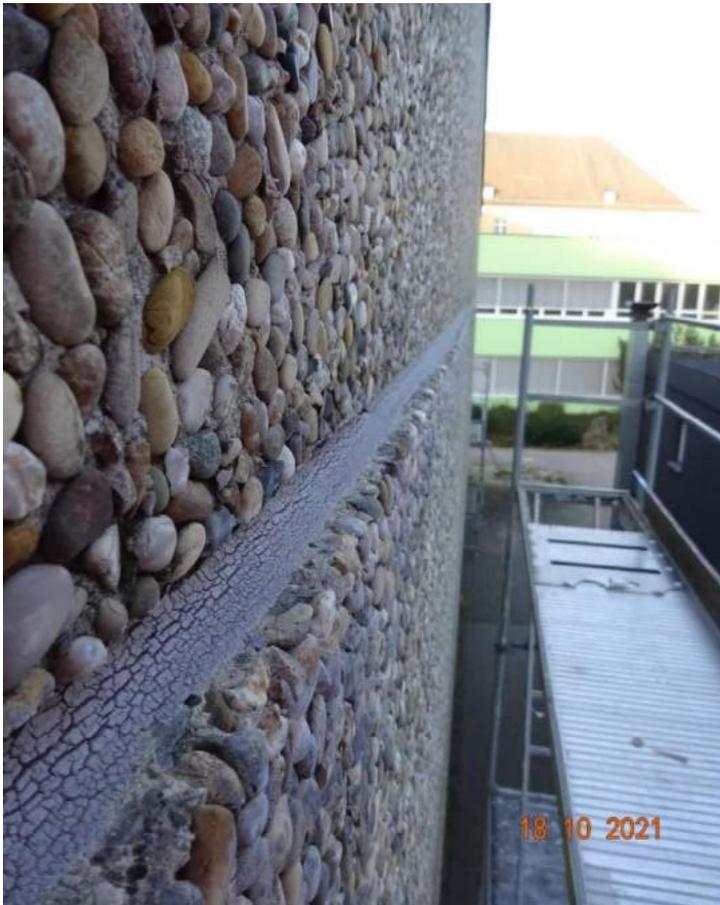


Abbildung 27: Waschbetonplatte Achse 1 mit ca. 3cm Versatz