

Nänny + Partner AG
Bauingenieure
Oberstrasse 222
Postfach 245
9014 St. Gallen
T 071 278 19 19
stgallen@naenny.ch
www.naenny.ch



Bauherrin: **Gemeinde Speicher**

Dorf 10
9042 Speicher

Projekt Nr.: **18.110**

Objekt: **Hallenbad Speicher**
Buchenstrasse 32, 9042 Speicher

Zustandsbeurteilung

Beckenumgang des Hallenbads



Verfasser: Ralph Ehrbar, Dipl. Bauleiter Hochbau
Statiker: Denis Forster, BSc ZFH in Bauingenieurwesen
Geprüft: Bruno Lengwiler, Dipl. Bauing. FH/SIA
Verteiler: intern / Besteller / Architekt

St. Gallen, 18. Dezember 2018
rev.:

Inhaltsverzeichnis

1. Auftrag	3
2. Lage und Grobausmasse des Objektes	3
3. Grundlagen	4
4. Untersuchte Bauteile	4
5. Theoretische Betrachtung, Schäden an Bewehrung und Beton	5
5.1. Korrosion von Stahl im Beton	5
5.2. Korrosionsschutz des Stahls im Beton	5
6. Schadensbilder / Untersuchungen	6
6.1. Optische Schadensbilder	6
6.2. Messungen vor Ort	6
6.3. Materialtechnische Untersuchungen	8
6.4. Unzugängliche Bereiche	9
7. Tragsicherheit	10
7.1. Grundlagen: Normen und Literatur	10
7.2. statische Überprüfung	10
8. Zustandsbeurteilung	11
9. Schadenentwicklung / Restnutzungsdauer	11
10. Flankierende Massnahmen	12
11. Sanierungsnotwendigkeit / weiteres Vorgehen	12
11.1. Zu veranlassende Massnahmen	12
11.2. Überwachungskonzept	12
12. Mögliches Instandsetzungskonzept	13
13. Fazit	14
14. Beilagen	14

1. Auftrag

Am 26.09.2018 wurde unser Büro von Herr Jürg Mettler (Gemeinde Speicher – Leiter Hausdienst) beauftragt, eine Zustandsbeurteilung und erste Einschätzung über den Zustand des Hallenbads abzugeben. Die Erstbeurteilung wurden auftragsgemäss nur optisch durchgeführt. Siehe dazu Bericht Nänny und Partner AG vom 28. September 2018. Aufgrund des vorgefundenen Schadenbildes und im Interesse der Gebrauchstauglichkeit wurden weitergehende Untersuchungen mit Laboranalysen ausgeführt.

2. Lage und Grobausmasse des Objektes



Abbildung amtliche Vermessung (Quelle: Geoportal Speicher)

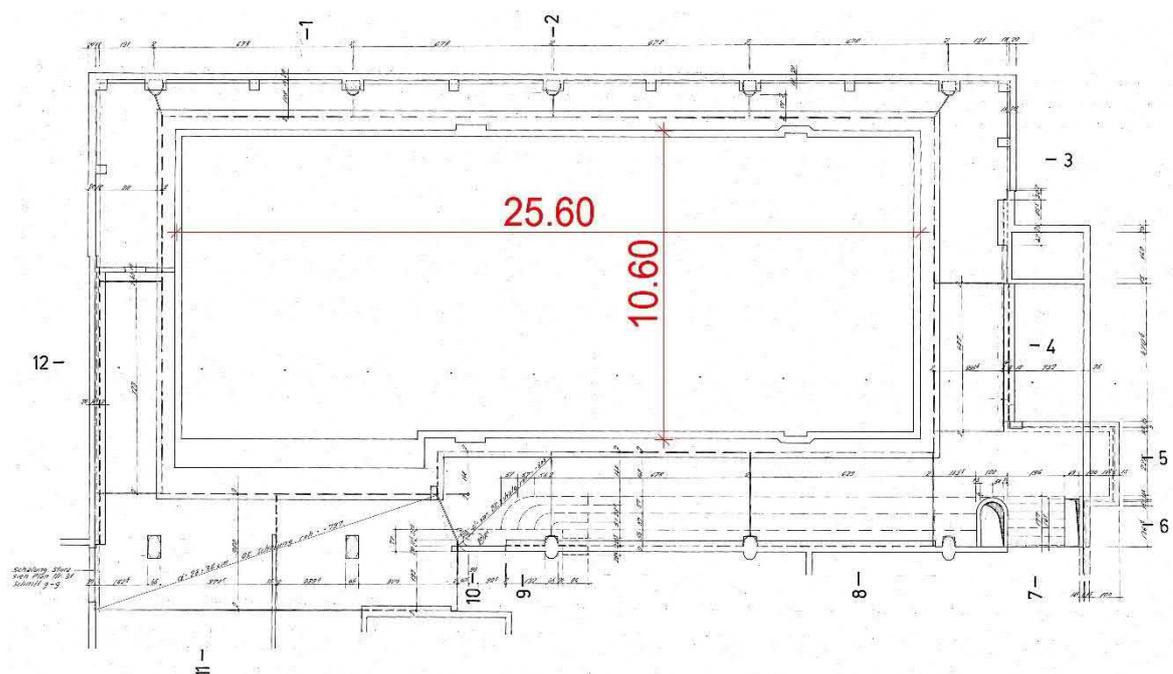


Abbildung Grundriss Beckenumgang (Quelle: BKM Ingenieure)

3. Grundlagen

Als Plangrundlage dienten Ingenieur Bestandespläne des Hallenbads, BKM Ingenieure. Das Gebäude wurde 1978 in Ortsbeton erstellt und ist demnach 40 Jahre alt.

Die Besichtigung und Aufnahmen mit Herrn Fredy Marty dem Betonspezialisten von MT-Qualitest fanden am Montag 12. November 2018 statt.

4. Untersuchte Bauteile

Aufgrund von den bereits gewonnen Erkenntnissen aus der visuellen Prüfung des Objektes haben sich die materialtechnischen Untersuchungen, welche durch die Firma MT-Qualitest GmbH durchgeführt wurden, auf folgende Bauteile beschränkt:

- Beckenwände und Konsolen
- Decken Beckenumgang und Luftkanal

Die statische Überprüfung dieser Bauteile wurde wie in Kapitel 7 beschrieben nach aktuellen Normen und gemäss Anhang durchgeführt.

Die angrenzenden UG Räume und die darüberliegenden Bade- und Duschbereiche wurden nur visuell begutachtet. Es besteht zurzeit kein Bedarf um eine vertiefte Untersuchung in diesen Räumen durchzuführen.

Im Falle einer Schwimmbadsanierung sollten aber die gesamten Abdichtungen der Hallenbadwanne, aller Nasszellen und der unterkellerten Räume geprüft und ggf. saniert werden.

Es ist ein grosses Augenmerk auf die Wahl der geeigneten Produkte für die Abdichtung der Bauteilfugen zu werfen.

5. Theoretische Betrachtung, Schäden an Bewehrung und Beton

5.1. Korrosion von Stahl im Beton

Korrozierender Stahl nimmt im Vergleich zu passivem Eisen ein grösseres Volumen ein. Abspaltungen des Betons über oberflächennahen Bewehrungsstäben sind deshalb die Folge. Im Idealfall ist die Bewehrung im alkalischen Beton mit einem pH-Wert von über 12 passiv geschützt. Zu korrosivem Angriff kommt es, wenn einerseits durch Absinken des pH-Werts infolge Karbonatisierung und/oder durch Angriffe schädlicher Chloride (z.B. Tausalz) der passive Schutz aufgehoben wird und andererseits gleichzeitig Wasser und Sauerstoff in ausreichenden Mengen bis an die Stahloberflächen gelangen kann. Chloride können auch durch entsprechende Umwelteinflüsse in den Beton eindringen und können die passive Schutzschicht örtlich (auch im alkalischen Bereich) zerstören und eine Korrosion, in diesem Fall durch Lochfrass, auslösen. Bei Lochfrass finden meistens keine Betonabplatzungen statt, also sind keine äusseren Zeichen von Schäden sichtbar. Korrodierende Bewehrung kann allerdings durch Potentialfeldmessungen ermittelt werden.

5.2. Korrosionsschutz des Stahls im Beton

Oberflächen- und Bodenwässer sowie Luftverunreinigungen können den Beton chemisch angreifen. Gase dringen in den lufttrockenen Beton ein und mit verschiedenen Bestandteilen des darin befindlichen Zementes finden chemische Reaktionen statt. Die für die Reaktion notwendige Feuchtigkeit ist im Allgemeinen im Beton und in der Luft vorhanden. Da sich bei durchfeuchtetem Beton die Gase im Feuchtigkeitsfilm an der Betonoberfläche lösen, können sich schon bei geringen Konzentrationen entsprechender Bestandteile aggressive Lösungen bilden. Diese werden mit dem Wasserhaushalt des Betons ins Innere der Konstruktion verfrachtet und führen zu entsprechenden Schäden an Zementstein und Bewehrungsseisen.

Der Korrosionswiderstand des Betons beruht im Wesentlichen auf der Wasser- und Luftdichtigkeit.

6. Schadensbilder / Untersuchungen

6.1. Optische Schadensbilder

Allgemein Schadstellen optisch, siehe dazu auch Bericht N+P vom 28. September 2018

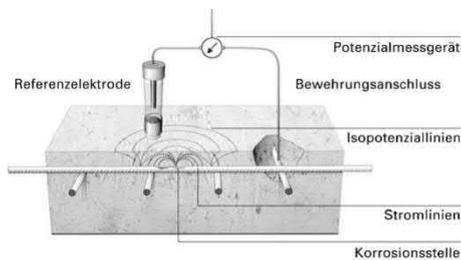
- Diverse Risse und lokale Betonabplatzungen an Deckenuntersicht und Deckenstirn entlang beim Beckenumgang
- Grosse Betonabplatzung an den hinteren Ecken des Beckenumgangs mit stark rostender Bewehrung (KG4) und Querschnittsreduktion von bis zu 50%
- Diagonal aus der Ecke laufende, stark versinterte Bauteilfuge bei der Decke Luftkanal
- Die Dilatationsfuge zwischen der Beckenkonstruktion und den Decken Beckenumgang und Luftkanal weist auf fast die ganze Länge unterschiedlich starke Ablagerungen und Kalkausblühungen auf. An diesen Stellen wurden erhöhte Chloridkonzentrationen gefunden, hervorgerufen durch das ausfliessende (chlorhaltige) Badewasser.
- Undichte Bauteilfugen an Deckenuntersichten und Wänden mit entsprechenden Verfärbungen und Spuren von Feuchtigkeit
- Von der Decke hängende Stalaktiten und entsprechende Stalagmiten auf dem Boden
- Im Bereich von Durchdringungen sind Ausblühungen und Ablagerungen sichtbar. Einige Durchdringungen und Abläufe vom Beckenüberlauf wurden nachgebessert.
- Flickstellen und örtliche Abplatzungen am Wandfussbereich (Bereich des Ausgleichsbecken)
- Korrodierte Bodenabläufe und Schachtdeckel (Luftkanal)
- Vereinzelt Betonabplatzungen und sichtbare, rostende Eisen in restlichen UG Räumen

6.2. Messungen vor Ort

Die Messungen vor Ort wurden von der Firma MT-Qualitest GmbH ausgeführt und ausgewertet. Hier eine Zusammenfassung der Resultate aus dem Bericht MT-Qualitest:

- Bewehrungsüberdeckungen
Die gemessenen Bewehrungsüberdeckungen an Wänden, Konsolen und Decken liegen mit einem mittleren Wert von ca. 26 - 30 mm im erwarteten Bereich, wenn auch etwas besser als die erwarteten 20 mm.
Es gibt vereinzelt Bereich an der Deckenuntersicht mit geringerer Bewehrungsüberdeckung von lediglich 16 – 20 mm teilweise sogar weniger als 10 mm.
Geringe Bewehrungsüberdeckung an sich bringt noch keine Probleme, damit Korrosion entstehen kann, müssen die im Kapitel 5 beschriebenen Voraussetzungen erfüllt sein.
- Bestimmung des Korrosionsgrad (KG0 – KG4)
Mittels Sondagen wurden an verschiedenen Stellen im Beckenumgang der Korrosionsgrad der Bewehrung ermittelt und ein allfälliger Querschnittverlust des Stahls bestimmt.
Es wurden mehrere Bereiche mit KG3 und KG4 vorgefunden, vereinzelt mit Querschnittsverlusten von bis zu 50%.

- Potenzialfeldmessungen**
 Mittels einer Radelektrode wurden im Konsolbereich und an einer Undichten Bauteilfuge im Wandbereich Potentialfeldmessungen ausgeführt. Bereiche mit aktiver Korrosion weisen ein um mehreren Hundert mV negatives Potential auf als intakter, passiver Stahl. Auf diese Weise, kann weitgehendst zerstörungsfrei festgestellt werden an welchen Stellen es bereits aktiv korrodierende Bewehrung gibt. Die gemessenen Potentiale werden unterschieden farblich hervorgehoben und mittels der gewonnenen Erkenntnisse aus den Sondagen abgeglichen und interpretiert. Eine Interpretation ist nie ganz eindeutig. Jedoch kann gesagt werden: je höher das negative Potential in mV, desto höher ist der Korrosionsgrad resp. die aktive Korrosion.



Figur 1: Schematische Darstellung des Messprinzips

Legende:
 Potentiale in mV_{CSV}

■ 75-150	■ 0-75	■ -75-0	■ -150--75
■ -225--150	■ -300--225	■ -375--300	■ -450--375

Ungefähre Interpretation:

- blau = intakt / passiver Stahl KG0-1
- hellblau / grün = beginnende Korrosion KG1-2
- gelb = aktive Korrosion KG2-3
- orange = KG3-4 mit Querschnittreduktion, z.t. Lochfrass
- rot = KG4 massive Querschnittreduktion -50%

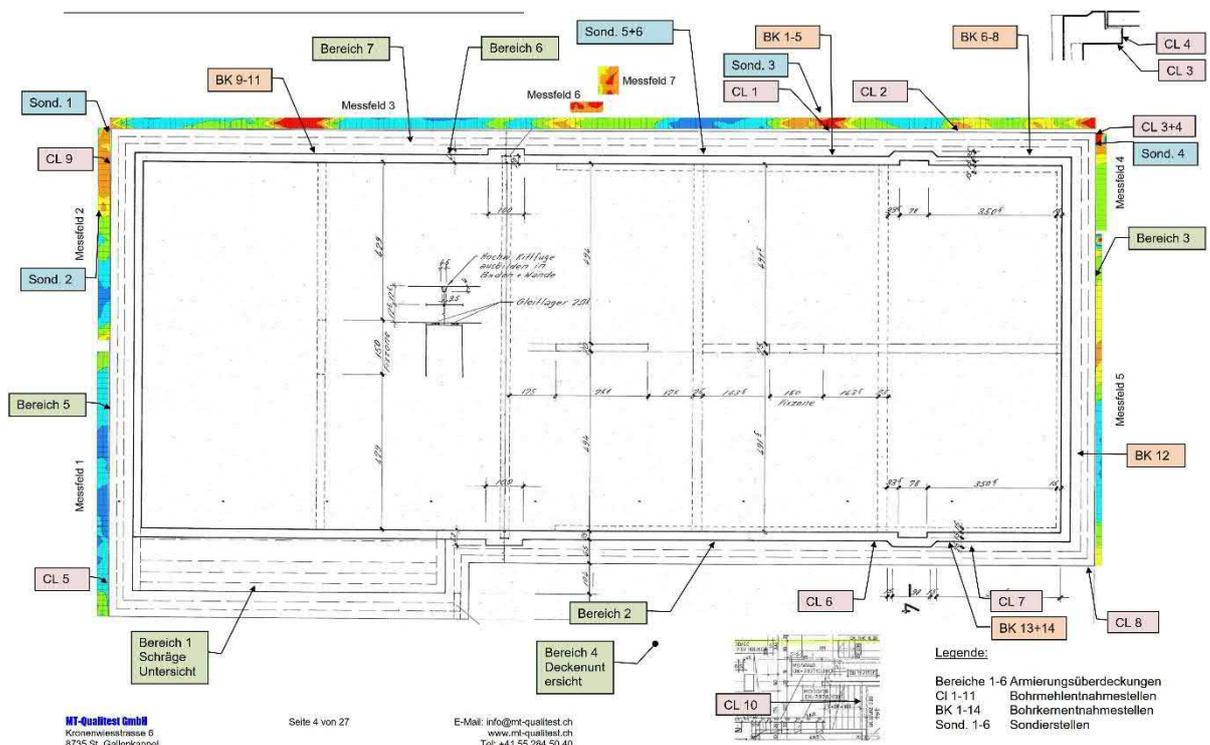


Abbildung Potentialfeldmessung Konsole (Quelle: MT-Qualitest)

6.3. Materialtechnische Untersuchungen

Für die materialtechnischen Untersuchungen wurden diverse Bohrkern, Mehlproben und dgl. aus dem Bauwerk entnommen. Hier eine Zusammenfassung der Resultate aus dem Bericht MT-Qualitest:

- **Karbonatisierung**
Die an den Bohrkernen festgestellte Karbonatisierungstiefe liegt mit über 50 mm sehr hoch, gemessen an Wänden und Decken. Über 95% der äusseren Bewehrungslagen befindet sich im nicht mehr alkalischen Bereich und sind somit nicht mehr vor Korrosion geschützt.
Bewehrungen welche im karbonatisiertem Beton liegen können korrodieren, wenn die ausreichende Feuchtigkeit vorhanden ist.
- **Chloriduntersuchungen**
Die Chloridgehalte im Beton wurden anhand von Bohrmehlentnahmen an verschiedenen Orten bestimmt.
Es wurden oberflächlich mittlere bis erhöhte Werte von Chloriden gefunden wo Korrosion möglich ist. An der einen grossen Betonabplatzung wurde ein hoher Chloridgehalt von 1.19%M festgestellt wo auch bereits Lochfrasskorrosion eingesetzt hatte.
Diese oberflächlichen Chloridablagerungen kommen vom austretenden Badewasser, welches langsam an der Betonoberfläche verdunstet und so über die Jahre zu einer Aufkonzentration von Chloriden führt.
- **Druckfestigkeit Beton**
Die Druckfestigkeit des Betons und die Rohdichte wurde an Bohrkernen ermittelt. Diese kann mit 2400 kg/m³ und ca. 44 N/mm² als normal bezeichnet werden.
- **Oberflächenzugfestigkeit**
Die Oberflächenzugfestigkeit kann als sehr hoch bezeichnet werden. Somit liegt ein tragfähiger Betonuntergrund für eine allfällige Instandsetzung vor.
- **Gefügeuntersuchungen**
Die mikroskopische Gefügeuntersuchungen zeigen eine mittlere bis gute Gefügequalität. Die Probe war jedoch vollständig karbonatisiert.

Die Schadensbilder und die durchgeführten Untersuchungen und Messergebnisse sind ausführlich in der Zustandsuntersuchungen der MT-Qualitest GmbH aufgeführt.

6.4. Unzugängliche Bereiche

Es gibt einige Bereiche im vorderen Teil beim Beckenumgang / Technik, welche durch best. Leitungen der Haustechnik stark verdeckt sind und nicht vertieft untersucht werden konnten. Optisch erscheinen diese Bereiche aber in einem besseren Zustand als diejenigen auf der Rückseite des Beckenumgangs.

Im hinteren Bereich des Beckenumgangs wird ein grosser Bereich der Deckenuntersicht und der Auflagerkonsolen an der Aussenwand durch die Lüftung und den Lüftungskanal fast vollflächig abgedeckt.

Sollte sich zu einem späteren Zeitpunkt eine Möglichkeit bieten z.B. wegen Revision oder Demontage der best. Leitungen und Kanäle, wäre es sinnvoll diese Bereiche zumindest einer visuellen Kontrolle zu unterziehen um Anhand von den bereits gewonnen Kenntnissen eine Abschätzung über deren Zustand abgeben zu können.

Mögliche kritische Punkte, welche einer genaueren visuellen Kontrolle unterzogen werden sollten sind:

- Bauteilfugen an Deckenuntersicht
- Auflagernocken Aussenwand
- Stützenfüsse im Bereich Luftkanal
- Auflagerbereich Konsole Beckenumgang
- Aufgehängte Deckenbereiche (mit Dübel Auflagerung)
- Sichtbare Wasserläufe und Verfärbungen allgemein

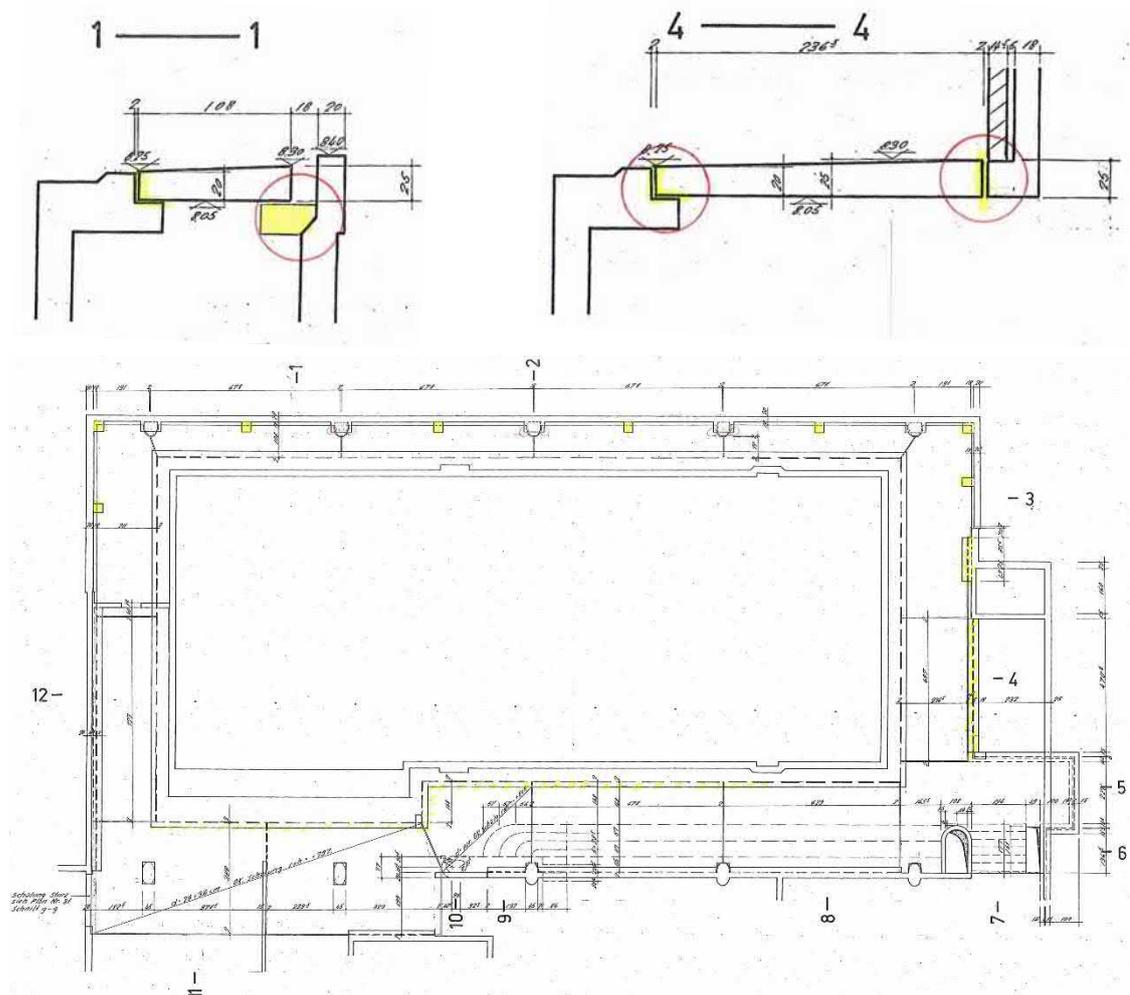


Abbildung: Grundriss Deckenauflagerung BKM Ingenieure

7. Tragsicherheit

7.1. Grundlagen: Normen und Literatur

Grundlage für die vorliegenden Berechnungen bildet das Normenwerk SIA 26x:2011/14. Davon gelten insbesondere die folgenden Normen und Dokumentationen:

Aktuelle Normen:

Norm SIA 260:2013	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
Norm SIA 261:2014 Norm SIA 261/1:2003	Einwirkung auf Tragwerke Einwirkung auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
Norm SIA 262:2013 Norm SIA 262/1:2013	Betonbau Betonbau – Ergänzende Festlegungen
Norm SIA 269:2011 Norm SIA 269/1:2011 Norm SIA 269/2:2011	Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen Erhaltung von Tragwerken – Betonbau

Ehemalige Normen (während Bauerstellung gültige Normen)

Norm SIA 162 (1968)	Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
---------------------	---

- Bestandespläne BKM Ingenieure

7.2. statische Überprüfung

Die aus statischer Sicht kritischen Punkte wurden gemäss den neuen SIA Normen überprüft. Die statische Überprüfung hat gezeigt, dass die Tragsicherheit der geprüften Bauteile nach heute gültigen Normen und unter voller Berücksichtigung der ursprünglichen Bewehrung gegeben ist.

Aufgrund des sehr schlechten Zustands muss stellenweise mit einer Reduktion der Bewehrung von bis zu 50% gerechnet werden. Unter Berücksichtigung dieser Abminderung ist die Tragsicherheit lokal gefährdet und es sind Sofortmassnahmen (Spriessung der betroffenen Bereiche) zu treffen. Davon betroffen sind insbesondere die Konsolen, auf welchen der Beckenumgang aufliegt.

Weiter sind Decken welche nur an einzelnen Elementen (z.B. Dübel) befestigt sind in solchen Fällen als kritisch zu betrachten. Bei einer durchgehend aufgelegten Decke kann der Ausfall eines einzelnen Bewehrungsseisen durch eine Verteilung der Last auf die restliche Konstruktion kompensiert werden. Ist die Decke jedoch nur an wenigen, stärkeren Dübeln befestigt kann der Ausfall eines Einzelnen Dübels ein Versagen des gesamten Systems auslösen. Wenn im Bereich dieser Dübel Abplatzungen oder Schäden auftreten, sollten die betroffenen Bauteile ebenfalls gespriessst werden.

8. Zustandsbeurteilung

Die bereits bekannten Erkenntnisse aus der visuellen Untersuchung zeigen:

- Risse und lokale Betonabplatzungen an Deckenuntersicht und Deckenstirn entlang Beckenumgang und Luftkanal
- Sichtbare rostende Bewehrungseisen an Wandsockel und Deckenuntersicht mit entsprechenden Betonabplatzungen
- Undichte Bauteilfugen mit Ablagerungen und Kalkausblühungen
- Undichte, teils nachgebesserte Durchdringungen und Abläufe der Überlaufrinne
- Zu geringe Betonüberdeckung der Bewehrung

Die erweiterte Zustandsuntersuchung hat aufgezeigt, dass die Karbonatisierung an diesem Objekt bereits sehr weit fortgeschritten ist und bei über 50 mm liegt. Dadurch liegen über 95% der äusseren Bewehrungslagen im karbonatisiertem Beton.

An allen Stellen wo Wasser durch Risse, Bauteilfugen und undichte Bereiche dringt ist die Bewehrung korrodiert und teilweise bereits im Querschnitt reduziert.

Die nur oberflächlich gemessenen Chloridgehalte M% (Gewichtsprozent bezogen auf Zementgewicht) zeigen bis auf eine Ausnahme keine kritischen Werte, also keine Gefahr von Lochfrass. Dieses Lochfrass-Risiko kann in Zukunft, Aufgrund von der Umstellung der Wasseraufbereitung von Chlorgas auf Elektrolyse abgemindert resp. ausgeschlossen werden. Anzumerken ist jedoch, dass über die Chloridwerte auf der Innenseite des Schwimmbeckens und auf der Oberseite des Auflagers keine Aussage getroffen werden kann.

Die Auflagersituation der Konsolen ist nebst der Schädigung von Beton und Bewehrung stark verkalkt und ungenügend beweglich.

Die best. Dilatation und die alten Gleitlager sind alle stark deformiert, verkalkt und untauglich in ihrer Funktionsweise. Vereinzelt Risse und Abplatzungen sind auf Zwängungen im Bauwerk zurück zu führen.

Über den Zustand der Innenseite des Schwimmbeckens kann keine Aussage getroffen werden. Der aufgebrauchte Plattenbelag und eine allfällige Abdichtung müsste für eine umfangreiche Erfassung des Ist-Zustandes entfernt werden.

9. Schadenentwicklung / Restnutzungsdauer

Die weitere Schadenzunahme ist aufgrund der heutigen Schadenbilder sicher zu erwarten. Die Schadenentwicklung sollte beobachtet werden und mit der Instandsetzung soll entsprechend auf die Entwicklung reagiert werden.

Die Bauherrschaft sollte sich über die gewünschte Restnutzungsdauer des Hallenbads Gedanken machen und anhand von dieser gewünschten Dauer die Verhältnismässigkeit und die Dringlichkeit der Sanierung definieren.

Durch sichernde Sofortmassnahmen (Spriessen der Decken) ist die Tragsicherheit und die Betriebssicherheit momentan gewährleistet.

10. Flankierende Massnahmen

- Generelle Überprüfung der Schwimmbeckenabdichtung, des Überlaufs und der Bauteilfugen (wasserseitig) auf Tauglichkeit und Dichtheit.
- Mögliches Austreten von Wasser und eine allfällige Unterläufigkeit unter die Abdichtung sollen verhindert werden.
- Bei einer Sanierung rsp. Erneuerung des Badbereichs ist speziell auf die zu verwendenden Materialien und deren Verträglichkeit zu achten.
- Die Auflagersituation an den Konsolen, speziell in den Ecken muss überarbeitet und neu geschaffen werden. Es dürfen keine Zwängungen entstehen.
- Die auftretenden Bewegungen der Bauteile sind zu ermitteln und zu überwachen.

11. Sanierungsnotwendigkeit / weiteres Vorgehen

Die Sanierungsnotwendigkeit richtet sich u.a. an die gewünschte Restnutzungsdauer der Anlage. Die Sanierung könnte in verschiedenen Etappen ausgeführt werden.

Generell gilt zu sagen, dass eine Betoninstandsetzung am Beckenumgang nur dann Sinn macht, wenn vorgängig die Abdichtung badseitig geprüft und instandgesetzt wird. (Unterbindung weiterer Eindringung von Wasser in den Baukörper)

Damit sich der Zustand der Bauteile nicht unkontrolliert weiter verschlechtert, sollten einige Massnahmen zeitnah umgesetzt und kontrolliert werden.

11.1. Zu veranlassende Massnahmen

- **Sofortmassnahme;** Unterspriessen der Decken des Beckenumgangs gemäss Erläuterung vor Ort und Spriessplan im Anhang
- Periodische Kontrolle der Spriessungen ggf. nachstellen der Spriess
- Lose Stellen bei Betonabplatzungen abstossen oder abspitzen und freigelegte Bewehrung reinigen, entrostet (min. SA 2) und mit Korrosionsschutz behandeln
- Aufprofilieren der Ausbruchstellen mit geeignetem Reprofilierungsmörtel
- Neu auftretende Schadstellen oder Wassereintritte melden und festhalten
- Anbringen eines Rissmonitoring zur Aufzeichnung und Überwachung der Bewegungen einzelner Bauteile und Risse (Konsol- und Deckenbereich)

11.2. Überwachungskonzept

Wir schlagen eine jährliche, visuelle Überwachung der Bauteile vor. Damit könnten Risse und Abplatzungen, Wasserläufe und Rostspuren erfasst und interpretiert werden. Somit könnte eine ungefähre Aussage über den Zustand resp. die Zunahme der Schadstellen abgeschätzt werden.

Zusätzlich schlagen wir vor, alle drei bis fünf Jahre die Konsol-Bereiche mittels Potenzialmessung nachzumessen und mit den vorgängig erstellten Aufnahmen zu vergleichen. Dadurch würde sich eine genauere Aussage über den vorherrschenden Korrosionsgrad resp. die Veränderung treffen lassen.

12. Mögliches Instandsetzungskonzept

Die Möglichkeiten für ein Instandsetzungskonzept variieren sehr stark und sind schlussendlich abhängig von den Wünschen der Bauherrschaft in Anbetracht auf die gewünschte Umgestaltung und die Restnutzungsdauer.

Eine Instandsetzung der Baute und die zugehörige Kostenermittlung sollte auf jeden Fall in Zusammenarbeit mit einem Spezialisten erfolgen.

Wir schlagen vor, ein grobes Konzept zu entwickeln und die Kosten dafür zu ermitteln unter Abwägung der Verhältnismässigkeit.

Ein mögliches Vorgehen könnte sein:

- Entfernen des Plattenbelags Schwimmbadseitig
- Überprüfen der Überlaufrinne
- Lokalisieren von Leckstellen
- Prüfung der Innenliegenden Bewehrung auf Korrosion und allfällige Querschnittsreduktionen mittels Potentialfeldmessungen und Sondagen
- Instandstellung der Schadstellen (wasserseitig)
- Prüfung der Bewehrung an der Konsol-Oberseite des Beckenumgangs
- Neue Auflagersituation für Decken schaffen (örtlich oder ringsum)
- Neue, abgestimmte flächige Abdichtung der Hallenbadwanne (wasserseitig)
- Neuer Plattenbelag und Gestaltungselemente, funktionierender Aufbau wählen

Erst nach erfolgter Abdichtung (wasserseitig) können die Sanierungsmassnahmen im Beckenumgang umgesetzt werden.

Dort gelten vor allem die Auflagerbereiche wieder instand zustellen und neue funktionierende Gleitlager einzubauen, da die alten verhärtet und nicht mehr funktionsfähig sind. Die Zwängungen an den Ecken des Beckenumgangs müssen aufgehoben werden. Eventuell ist eine doppelte Trennung der Konsole in diesen Bereichen notwendig.

Wie man das neue Deckenauflager gestalten will, ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Dies könnte mit Stützen, Pfeiler oder Konsolen erfolgen.

Nicht zuletzt ist dies mit den betrieblichen und gestalterischen Wünschen zu koordinieren. Die Leitungen von Haustechnik und die Luftkanäle sollten bei einer grösseren Sanierung ebenfalls erneuert werden. Die fast gänzlich abgedeckten Bereiche, welche durch eine Demontage dieser Haustechnik-Installationen sichtbar werden, sollten dann neu beurteilt werden.

Durch das erarbeitete Spriesskonzept der Decken (Sofortmassnahme), bietet sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt die Möglichkeit, weitere Sondagen im Konsolbereich zu tätigen und die Situation genauer zu untersuchen, ohne den Betrieb weiter einzuschränken.

Die Ergebnisse der gewünschten Umgestaltung und die weitere Nutzung sind die Grundlage für ein gezieltes Instandsetzungsprojekt der Baute.

13. Fazit

Die 40-jährige Betonkonstruktion weist etliche sichtbare Schäden und Mängel auf. Als Schwachpunkt werden die Konsole, die Überlaufrinne, allfällige unterläufige Abdichtungen und undichte Bauteilfugen vermutet.

Der Zustand der tragenden Strukturen ist schlecht.

Die hohe Karbonatisierung des Betons stellt das Hauptproblem, in Verbindung mit den undichten Stellen und der hohen Luftfeuchtigkeit bei den Beckenumgängen dar und hat bereits zu beachtlicher Querschnittsverminderung der Bewehrung geführt.

Die Korrosion der Bewehrung wird weiter zunehmen und sich durch neue Abplatzungen und Risse an der Oberfläche manifestieren

Ein statischer Tragsicherheitsnachweis ist wegen den bereits vorhandenen Querschnittsverminderungen der Bewehrung von bis zu 50% nach SIA nicht mehr möglich.

Sofortmassnahmen in Form von einem Spriesskonzept der Decken des Beckenumgang wurde erarbeitet und der Bauherrschaft erläutert und abgegeben.

Durch das umsetzen dieser Sofortmassnahmen ist die Tragsicherheit der Baute bis auf weiteres gesichert. (Gemäss Norm SIA 296)

Der Zustand der Schwimmbeckenabdichtung, des Überlaufs und der Bauteilfugen (wasserseitig) muss geprüft werden.

Im Falle einer Schwimmbadsanierung sollten aber die gesamten Abdichtungen der Hallenbadwanne, aller Nasszellen und der unterkellerten Räume geprüft und ggf. saniert werden. Es ist ein grosses Augenmerk auf die Wahl der geeigneten Produkte für die Abdichtung der Bauteilfugen zu werfen.

Vorgängig müssen die maximal auftretenden Bewegungen ermittelt und überwacht werden.

Die Auflagersituation an den Konsolen, speziell in den Ecken muss überarbeitet und neu geschaffen werden. Es dürfen keine Zwängungen entstehen.

Die alten Gleitlager sind alle stark verkalkt und untauglich in ihrer Funktionsweise.

14. Beilagen

- Anordnung Spriesse Beckenumgang
- Axis Model Becken
- statischer Nachweis Konsolen
- Untersuchungsbericht B18-1091 MT-Qualitest GmbH

Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

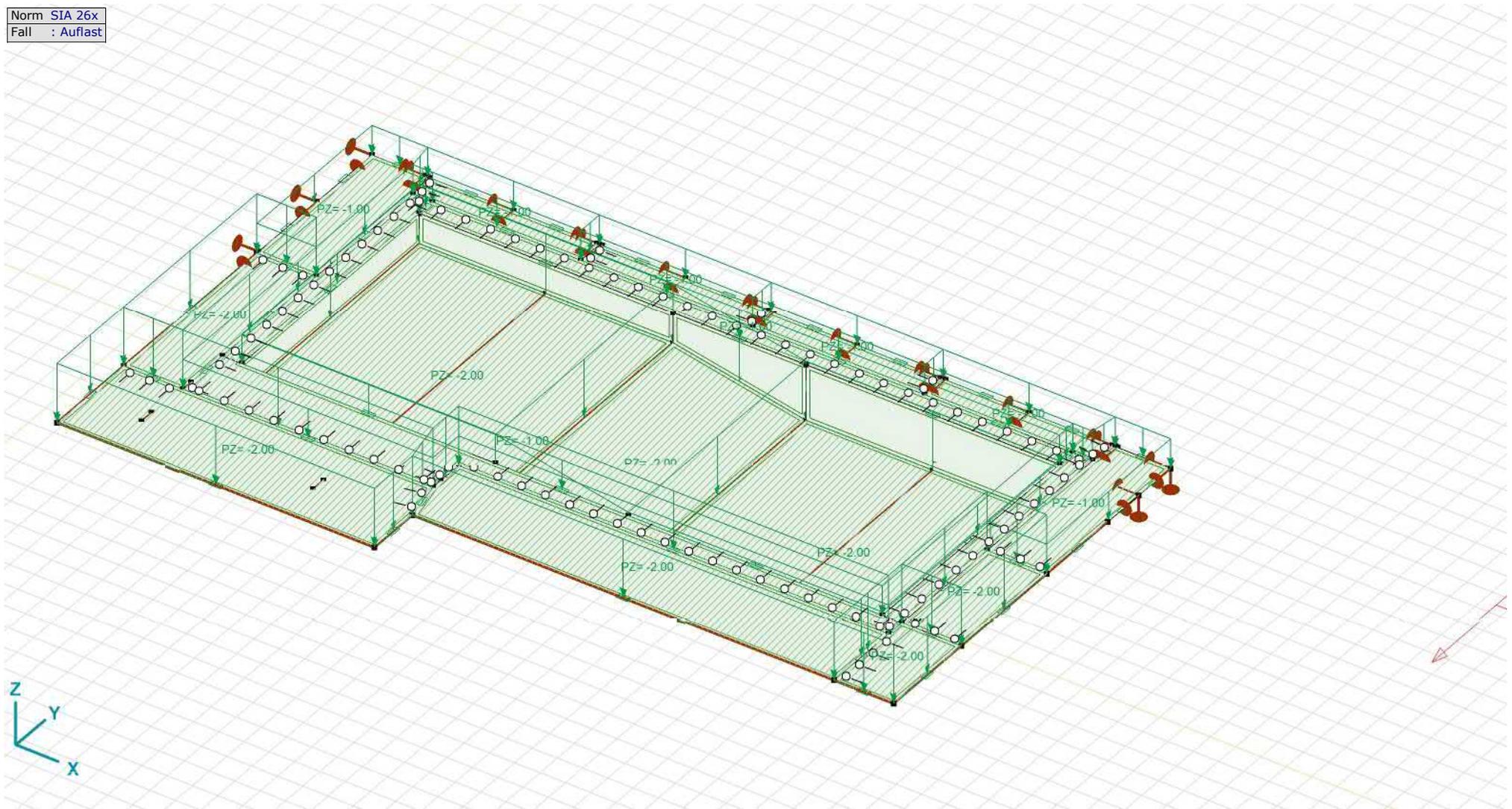
Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: Becken.axs

10.12.2018

Seite 1

Norm SIA 26x
Fall : Auflast



Auflast

Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

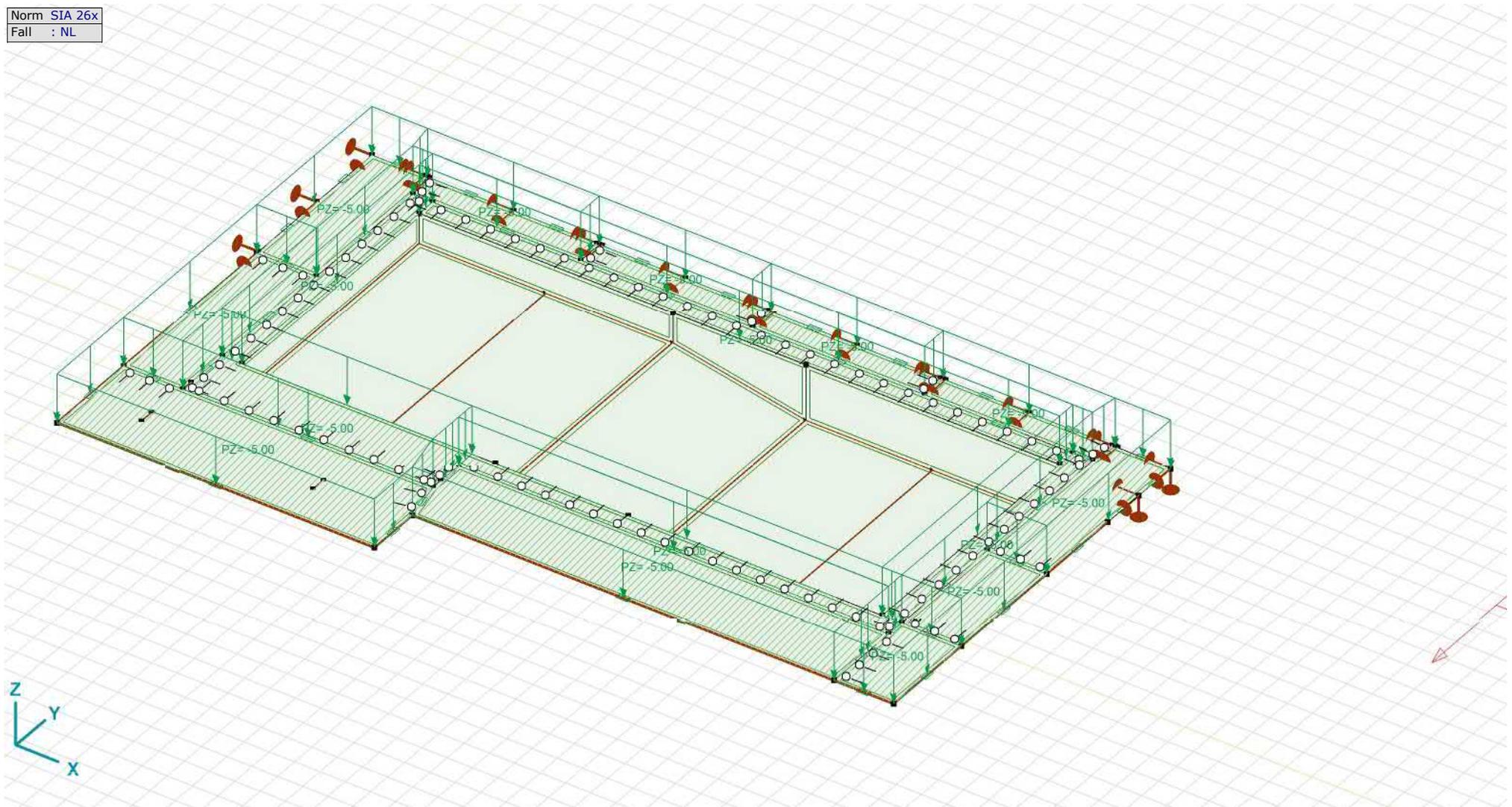
Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 2

Norm	SIA 26x
Fall	: NL



NL

Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

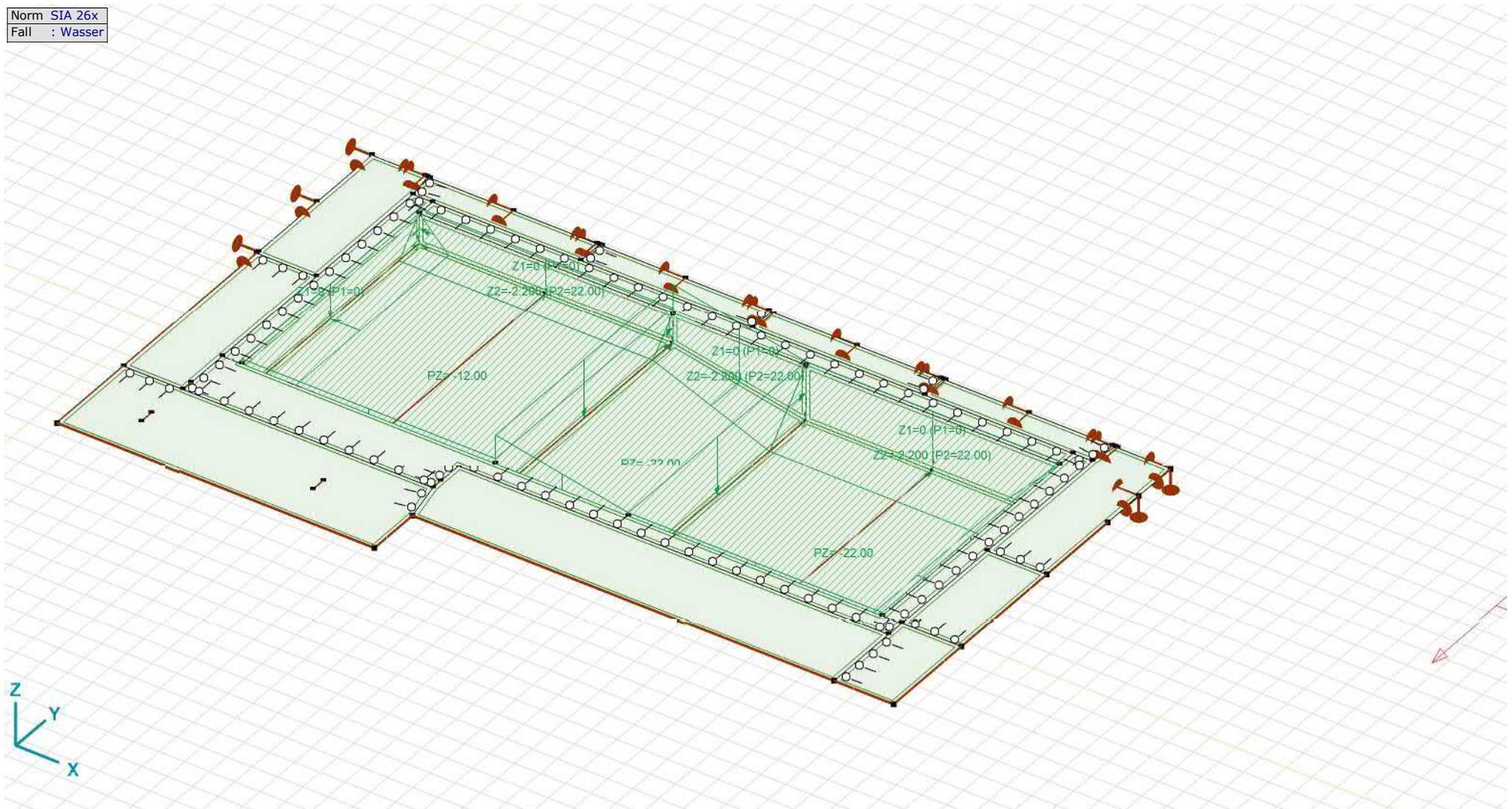
Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 3

Norm SIA 26x
Fall : Wasser



Wasser

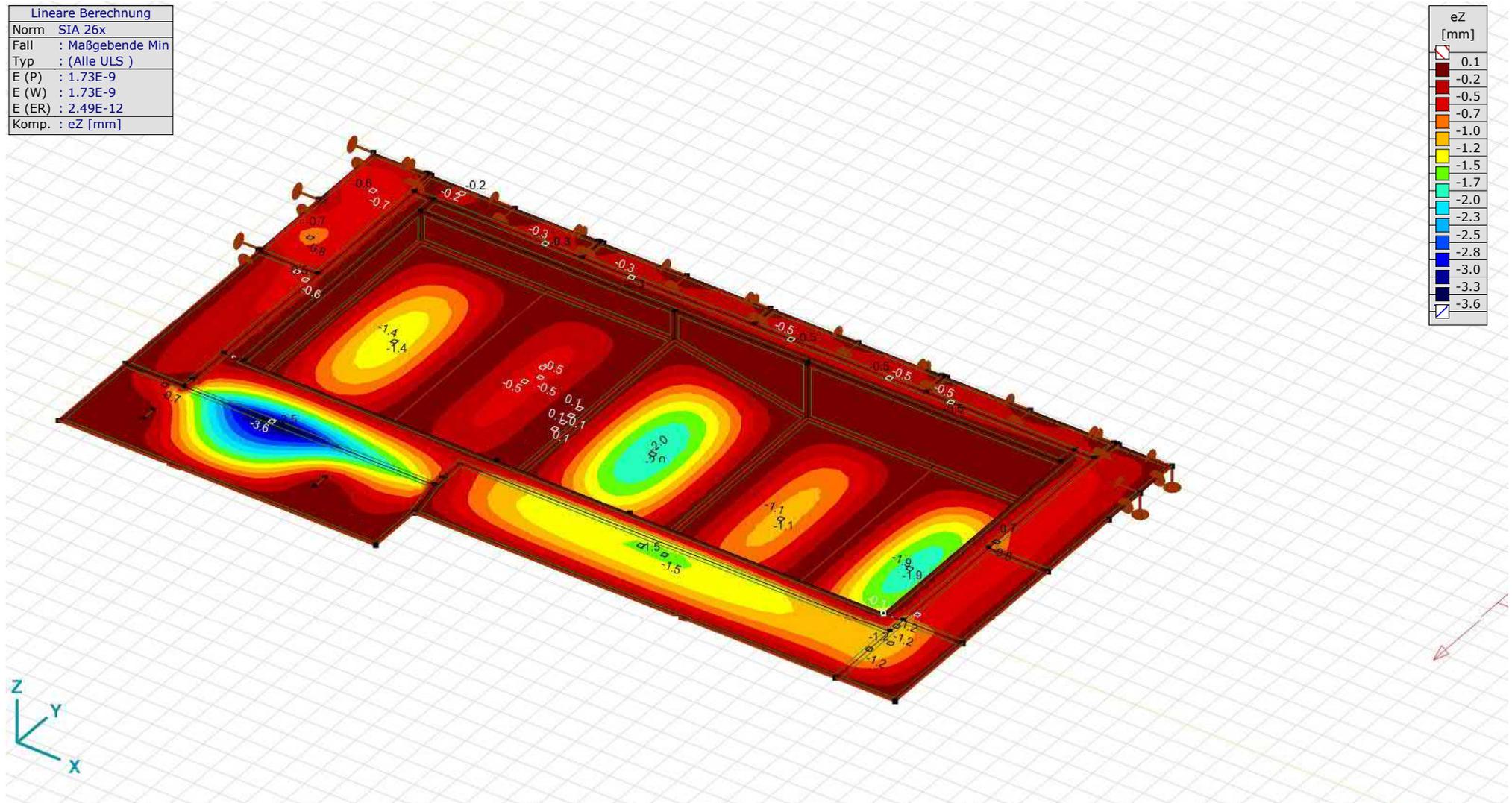
Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 4



[!], Linear,(Alle ULS) Maßgebende Min, eZ, Isoflächen 2D

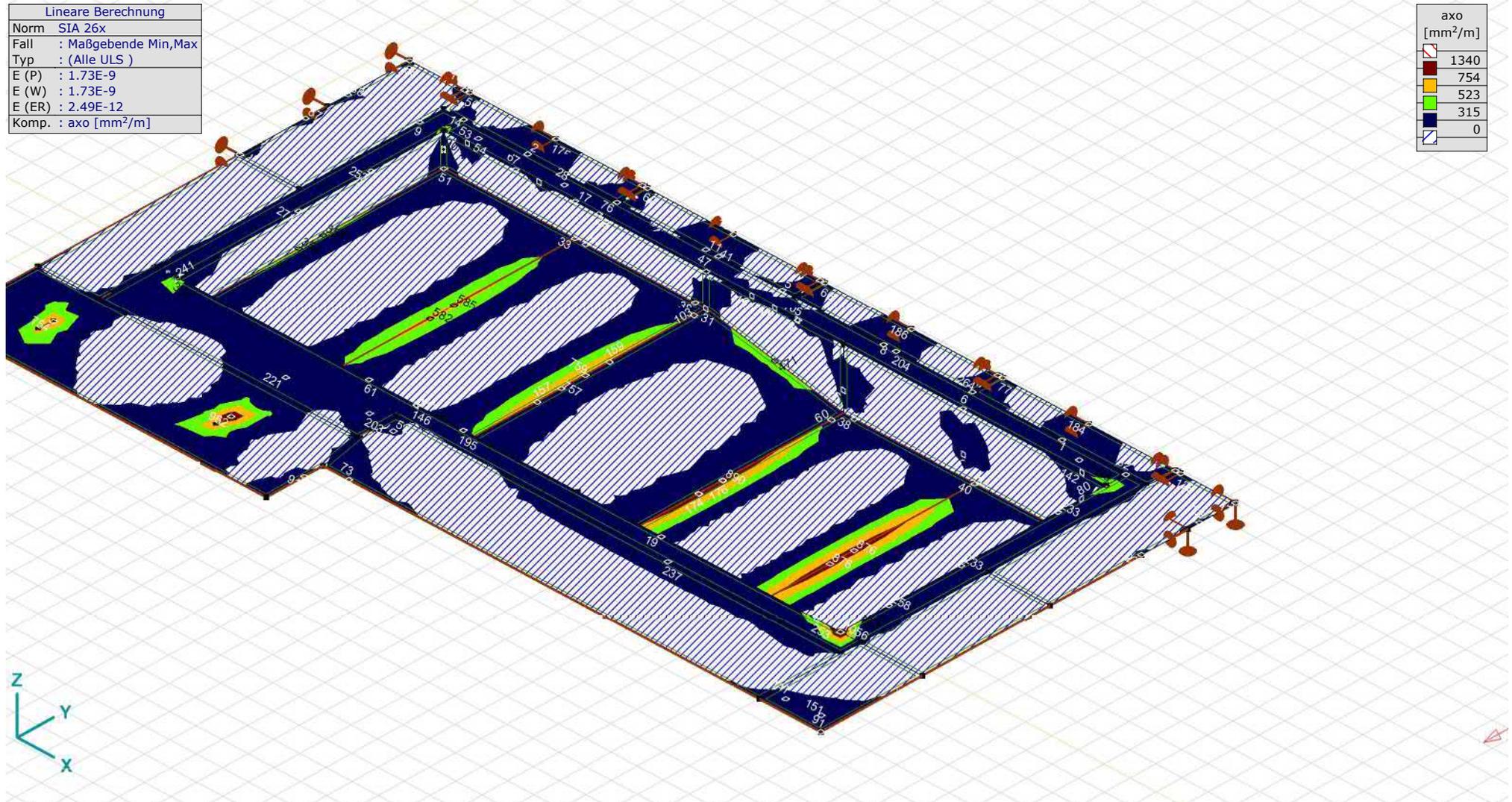
Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 5



[RI], Linear, (Alle ULS) Maßgebende, axo, Isoflächen 2D

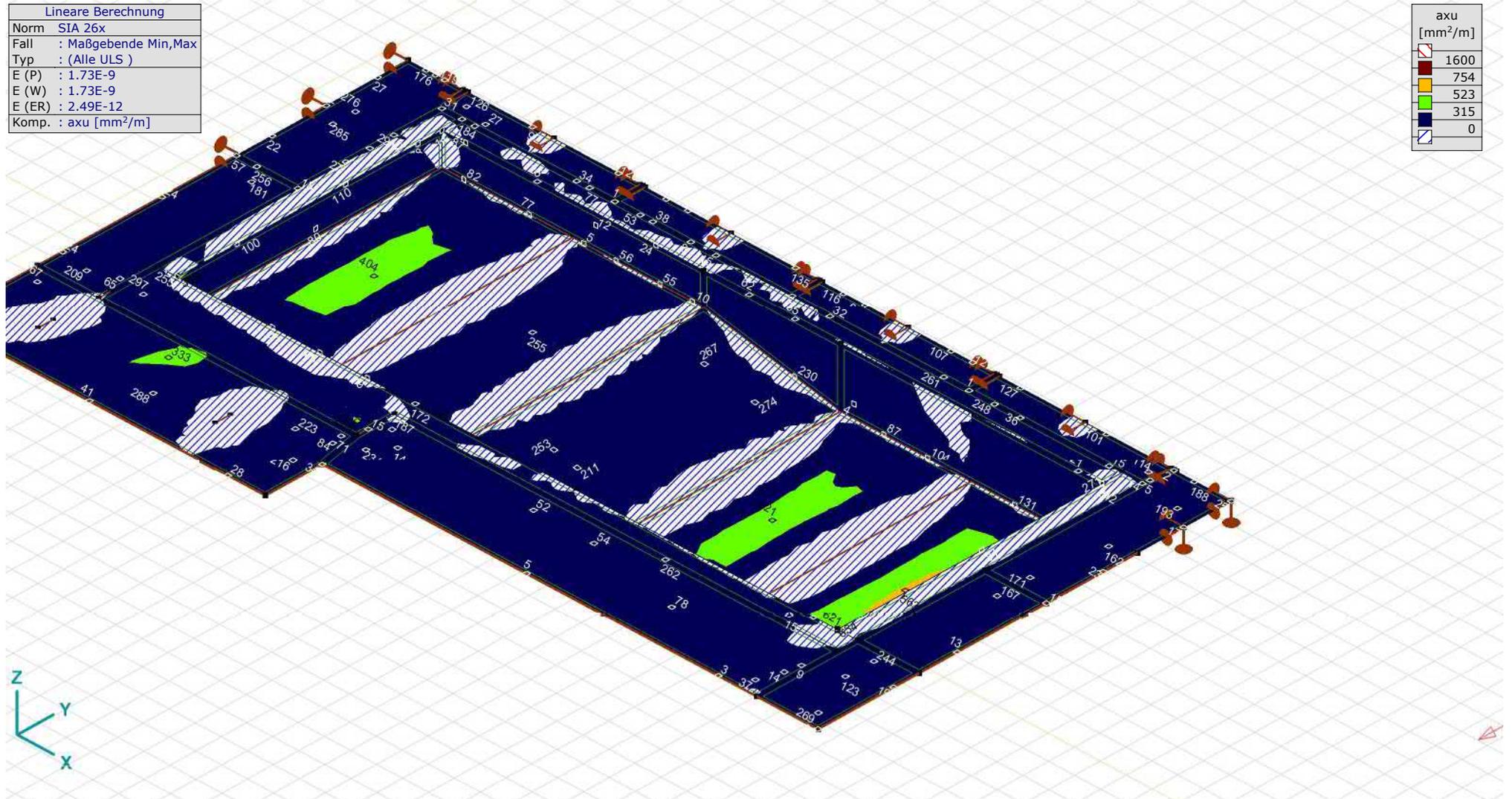
Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 6



[RI], Linear,(Alle ULS) Maßgebende, axu, Isoflächen 2D

Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

Bearbeiter: Nanny & Partner AG

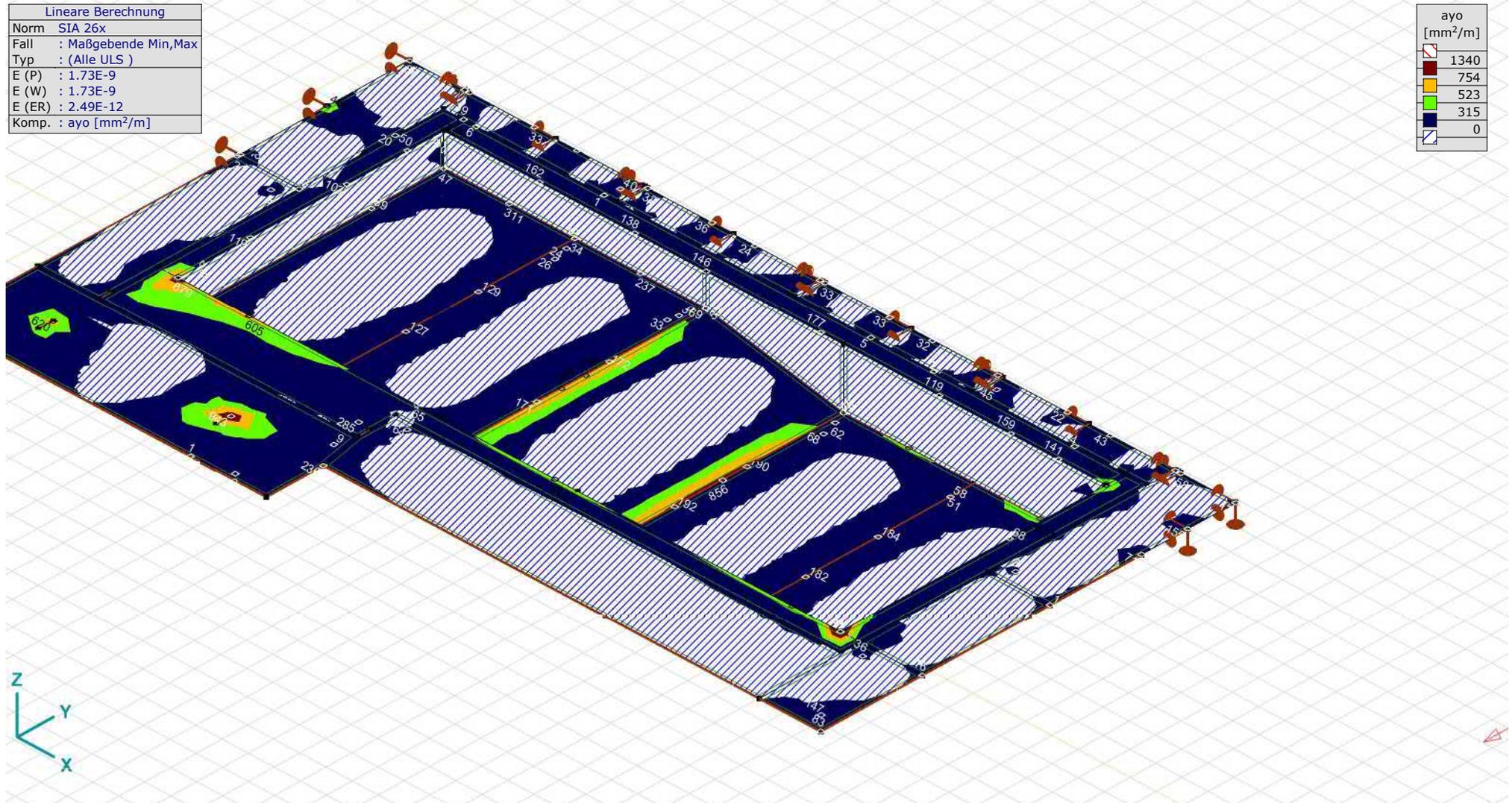
Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 7

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Maßgebende Min,Max
Typ	: (Alle ULS)
E (P)	: 1.73E-9
E (W)	: 1.73E-9
E (ER)	: 2.49E-12
Komp.	: ayo [mm ² /m]

ayo [mm ² /m]	
	1340
	754
	523
	315
	0



[RI], Linear,(Alle ULS) Maßgebende, ayo, Isoflächen 2D

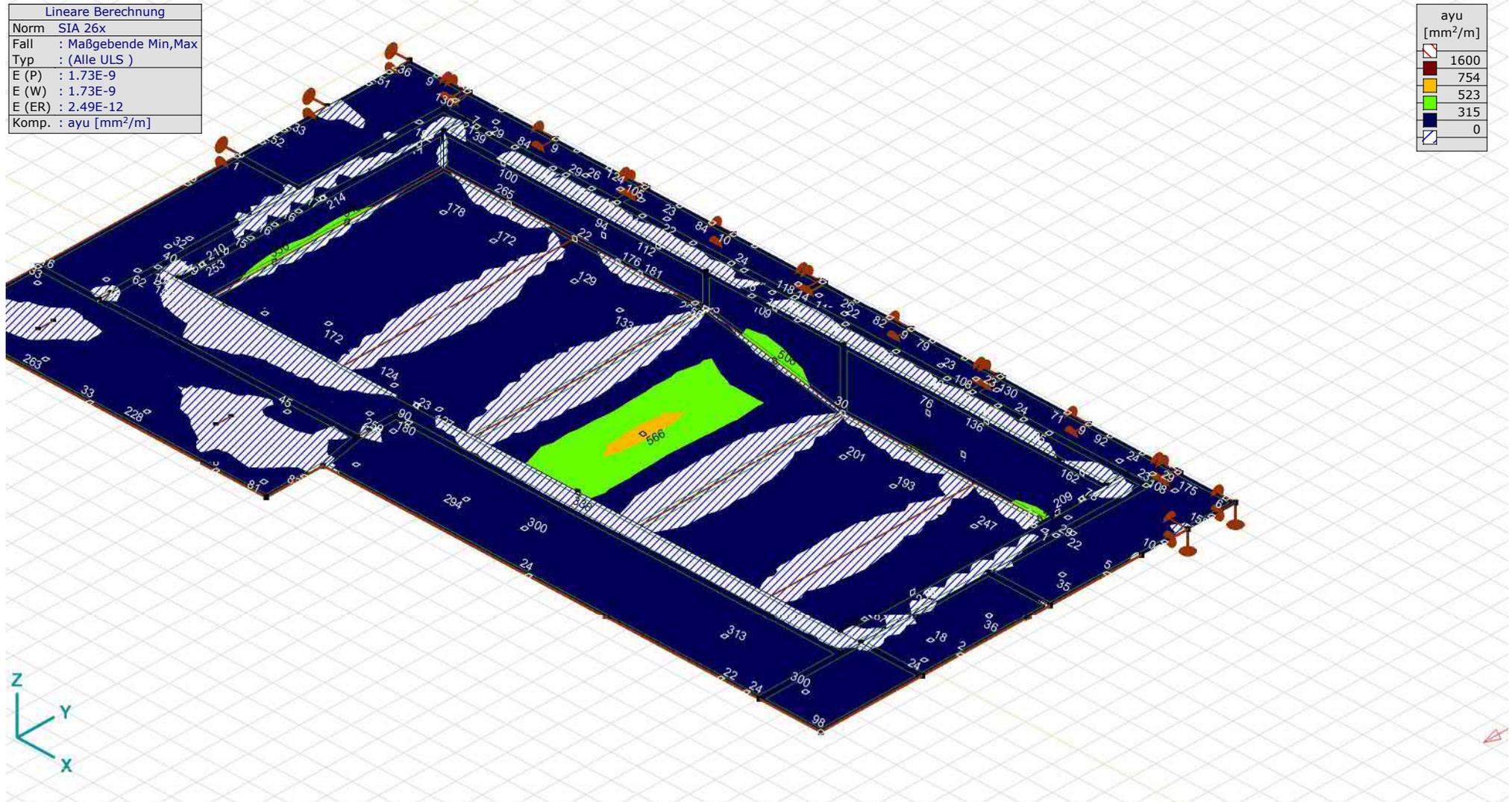
Projekt: 18.110 Hallenbad Speicher

Bearbeiter: Nanny & Partner AG

Modell: **Becken.axs**

10.12.2018

Seite 8



[RI], Linear,(Alle ULS) Maßgebende, ayu, Isoflächen 2D

18.110 - Hollenwood Speicher

Nachweis Kontrolle Beckenabgang: (Plan 4 MO. 83; Schnitt 3-3)

① Lasten

Einlagerelast: $0,15 \cdot 25 = 6,25 \text{ kN/m}^2$

Auflast: Mädel 35mm $0,025 \cdot 22 = 0,77 \text{ kN/m}^2$

Plattenbelag $= 0,2 \text{ kN/m}^2$

$1,0 \text{ kN/m}^2$

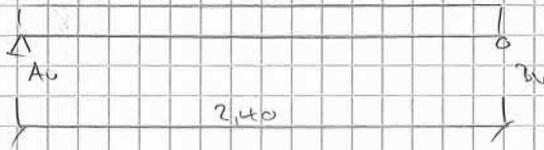
Werklast: Kat. C3 $= 5 \text{ kN/m}^2$

$q_d = 135 (6,25 + 1,0) = 15 \cdot 5 = \underline{17,5 \text{ kN/m}^2}$

②

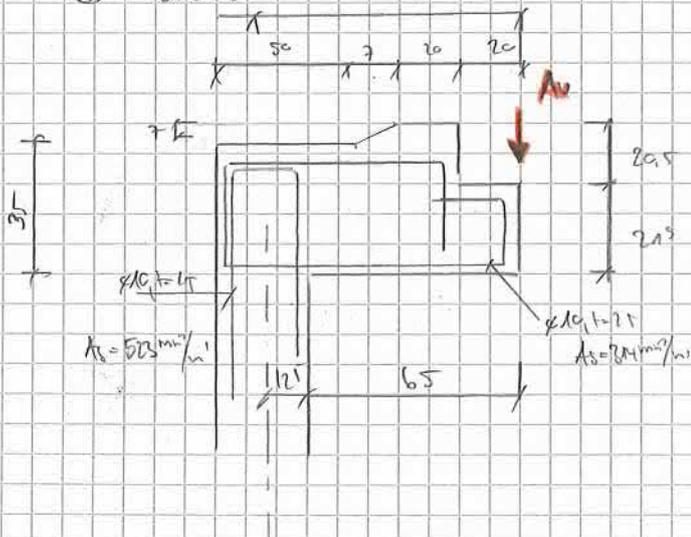
stat. System

Annahme: ganze Last auf Konsole



$A_w = 2,40 \cdot 17,5 = 42 \text{ kN/m}$

③ Konsole



$M_{Ed} = 0,775 \cdot A_w = 33 \text{ kNm}$

$z_{ed} = A_w \cdot \frac{0,77}{0,85 \cdot 0,81} = 115 \text{ kN/m}$

Benutzung: IIIa $\Rightarrow f_{sd} = 390 \text{ N/mm}^2$

$A_s = \frac{z_d}{f_{sd}} = \underline{305 \text{ mm}^2/\text{m}} \Rightarrow \text{n.c.}$

geg. Axis: $A_w = 30 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow z_d = 88 \text{ kN/m}$

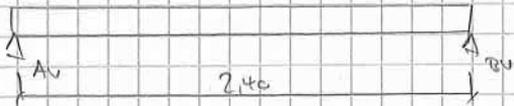
$\Rightarrow A_s = \underline{224 \text{ mm}^2/\text{m}} \Rightarrow \text{n.c.}$

18.10 - Hallenbad Speicher

Nachweis Decke Beckenring (Plan 45/0.40; Schnitt 4-4)

① Lasten: $q_d = 17,5 \text{ kN/m}^2$

② Statistisches System



$$M_{ed} = \frac{q \cdot l^2}{8} = 12,6 \text{ kNm}$$

$$A_v = B_v = q \cdot l \cdot 0,5 = 21 \text{ kN}$$

③ $M_{ed} = A_r \cdot f_{sd} \cdot \alpha_s \cdot d$

$$d = 220 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$$

$$A_s = 48 + 15 = 63 \text{ cm}^2$$

$$f_{sd} = 330 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{ed} = 24,6 \text{ kNm} \rightarrow \text{1.} \rightarrow$$

④ Auflager β_w : $\alpha = 18, t = 70$

$$A_s = 254 \text{ cm}^2 / \text{Eisen}$$

$$F_{ed} = 21 \text{ kN}$$

$$\text{pro Eisen: } 0,7 \cdot 21 = 14,7 \text{ kN/Eisen}$$

$$V_{ed} = A_s \cdot \frac{f_{td}}{1,25} = 57 \text{ kN/Eisen}$$

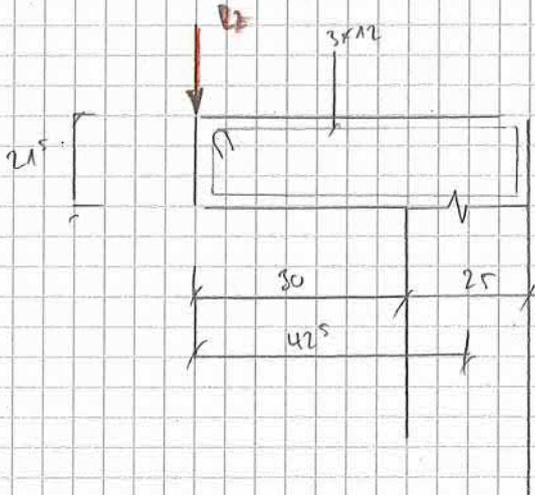
$$\Rightarrow \text{1.} \rightarrow$$

18.110 - Halbbaukasten Speicher

Nachweis Kastenabdeckung Aussehen d (Plan Nr. 48/10.50 ; Schnitt a-a)

① Last $P_L (A_{12}) = 30 \text{ kN}$

② Kastenab



$$d = 215 - 3 - 1 = 195 \text{ mm}$$

$$f_{sd} = 330 \text{ N/mm}^2$$

$$Z_d = \frac{P_L \cdot 0,425}{0,85 \cdot 0,195} = 85 \text{ kNm}$$

$$A_{s,erf} = \frac{Z_d}{f_{sd}} = 270 \text{ mm}^2$$

$$3 \times 12 \hat{=} 330 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{ist}$$



Objekt: **Hallenbad Speicher**

Auftrags Nr.: B18-1091

Auftrag: Zustandsuntersuchungen Betonwände und Deckenuntersicht
im Technikraum

Auftraggeber: Nänny + Partner AG
Herr Ralph Ehrbar
Bauingenieure
Oberstrasse 222
CH-9014 St. Gallen SG

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	3
1.1 Auftrag	3
2. UNTERSUCHUNGEN	3
2.1 Untersuchungen am Bauwerk	3
2.2 Untersuchungen im Labor	3
3. ÜBERSICHTSSKIZZE	4
4. ERGEBNISSE	6
4.1 Karbonatisierungstiefen und Betonüberdeckung der Stähle	6
4.2 Chloriduntersuchungen und Sondieröffnungen	7
4.3 Bohrkern-Festigkeiten und Trockenrohddichte	8
4.4 Haftzugfestigkeiten des Betons	8
4.5 Mikroskopische Gefügebeurteilung am Anschliff	9
5. BEURTEILUNG & INTERPRETATION	10
6. FOTODOKUMENTATION	12
7. ANHANG	24
7.1 Erläuterungen zur Karbonatisierung	24
7.2 Erläuterung zur Karbonatisierungsberechnung	25
7.3 Erläuterung zur Potentialfeldmessung	26
7.4 Auswertungen der Karbonatisierungsberechnungen	27

1. EINLEITUNG

1.1 Auftrag

Herr Ralph Ehrbar vom Ingenieurbüro Nänny + Partner AG in St. Gallen beauftragte am 31. Oktober 2018 die MT-Qualitest GmbH Zustandsuntersuchung am Beckenumgang durchzuführen.

Die Untersuchungen haben das Ziel den Korrosionszustand der Armierungsstähle sowie den Chloridgehalt im Beton festzustellen.

2. UNTERSUCHUNGEN

2.1 Untersuchungen am Bauwerk

Folgende Untersuchungen wurden am 12. November 2018 am Bauwerk durchgeführt:

- Visuelle Prüfung des Objektes und fotodokumentarische Aufnahme typischer Schadenbilder
- Probenentnahme durch Kernbohrungen, Durchmesser 50 mm
- Messen der Stahlüberdeckung mittels Hilti-Ferroskan
- Messen des Korrosionsgrad (KG0 - KG4)
- Messen des Korrosionsgrades mittels Potentialfeldmessung Cu/CuSO₄-Radelektrode
- Reprofilieren der Bohrlöcher und Sondierschlitze

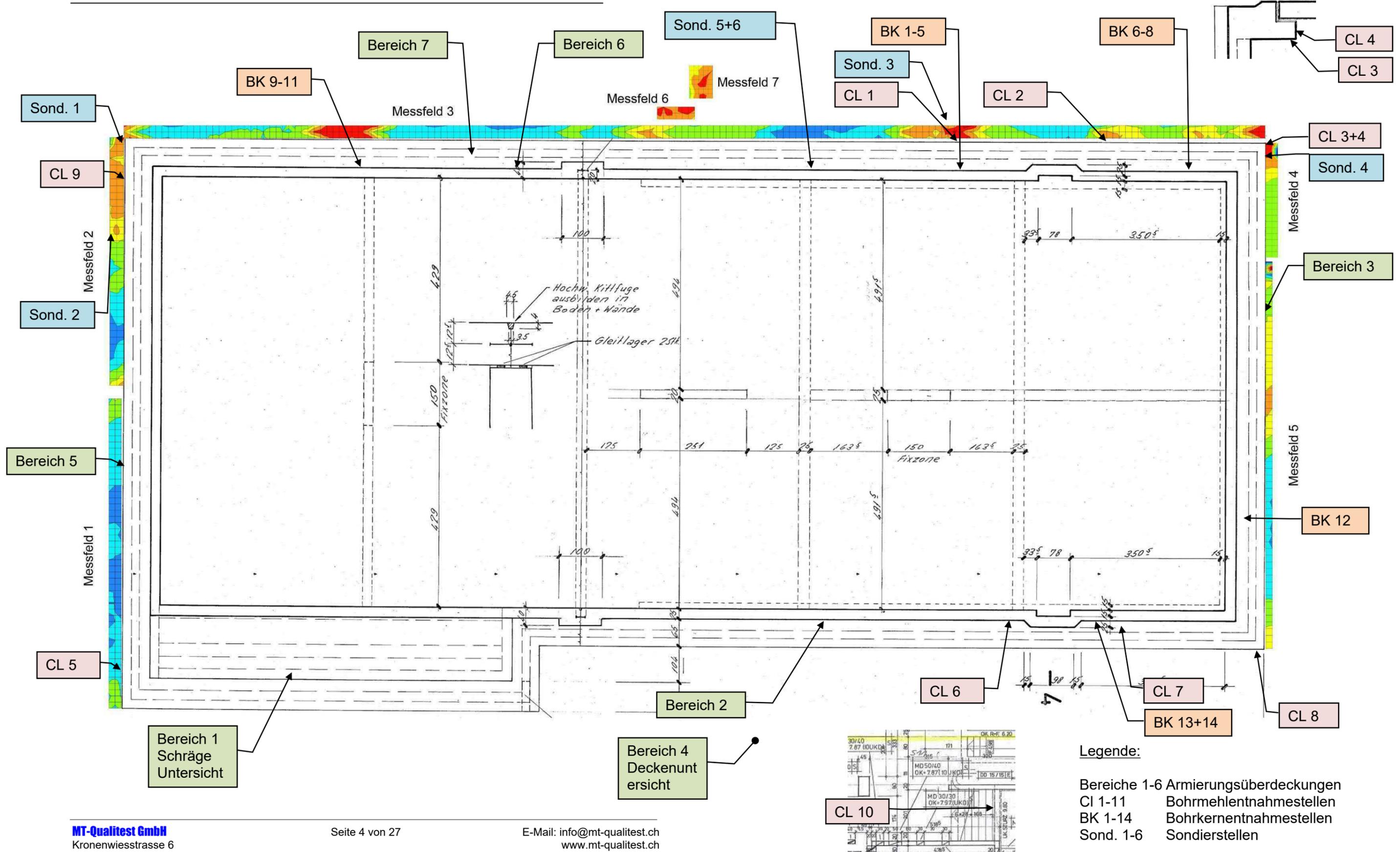
2.2 Untersuchungen im Labor

An den entnommenen Probekörpern wurden folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- Druckfestigkeit mit Trockenrohddichte am Bohrkern nach SN EN 12504-1
- Messen der Karbonatisierungstiefe am Bohrkern mittels Thymolphthalein
- Probenaufbereitung
- Bestimmung des Chloridgehaltes, halbquantitativ (kolorimetrisch) nach Säureaufschluss nach SN EN 14629:2007
- Die Haftzug-Stempelabreissprüfung wurde nach SN EN 1542 durchgeführt.
- Durchmesser 50 mm
- Zusätzliche Bestimmung von Nitrit, Nitrat, Sulfat im Badewasser
- Auswertung der Potentialfeldmessung

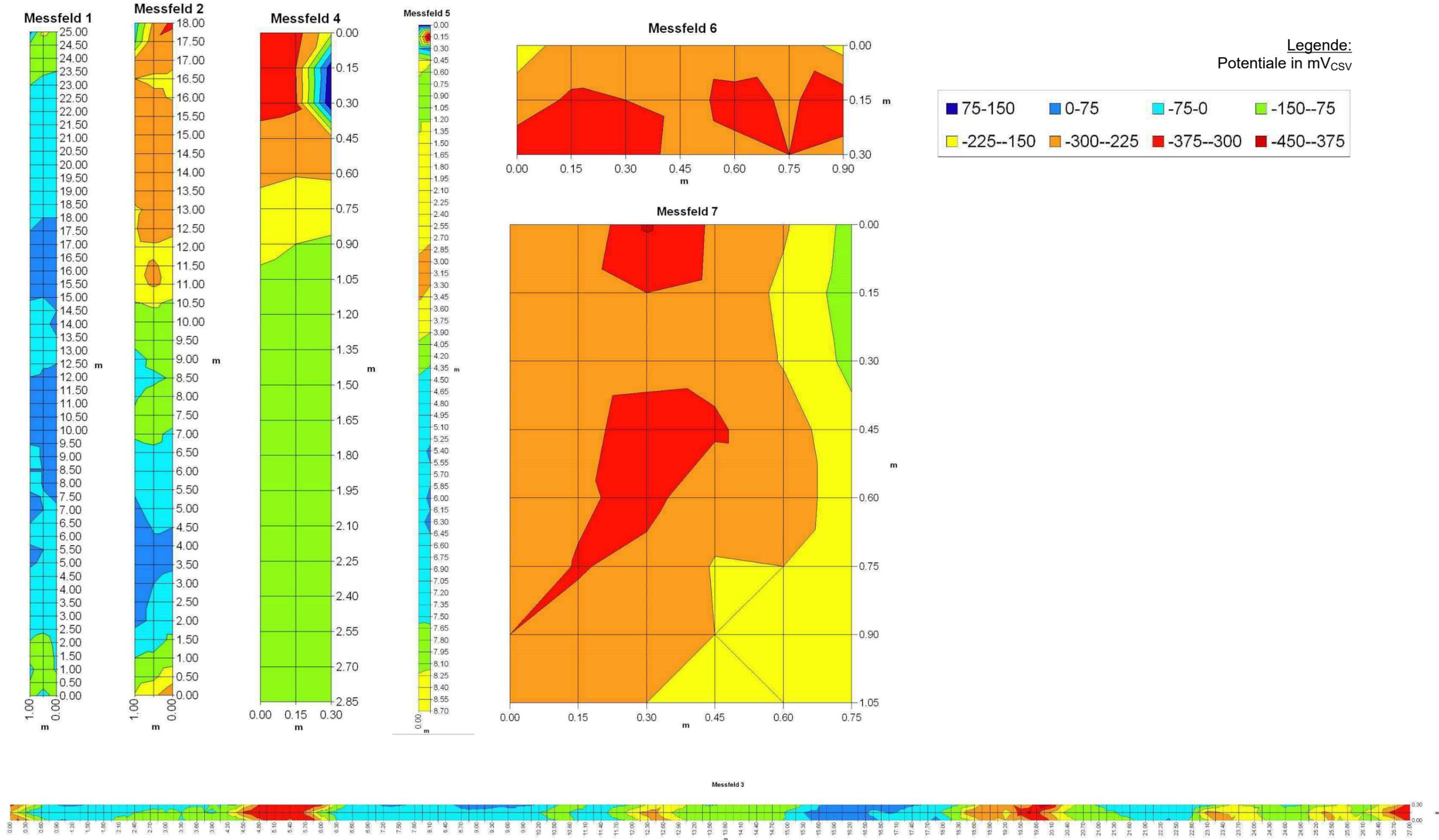


3. ÜBERSICHTSSKIZZE





Potentialfeldmessung



4. ERGEBNISSE

4.1 Karbonatisierungstiefen und Betonüberdeckung der Stähle

MT-Qualitest Prüfanweisung AD010 Empfehlung SIA 162/3

Die Betonüberdeckungen der Bewehrungen werden unter Ausnützung der elektromagnetischen Eigenschaften des Bewehrungsstahles gemessen. Das eingesetzte Betondeckungsgerät misst beim Überfahren der Bewehrungsstäbe die Veränderungen der induzierten Spannung. Das Gerät zeigt für die vorgegebenen, kalibrierten Durchmesser der Bewehrungseisen eine der induzierten Spannung entsprechende Betondeckung auf einer Analog- oder Digitalanzeige an. Die Messungen wurden in Form von Linien senkrecht zur äusseren Bewehrungslage durchgeführt, gespeichert und statistisch ausgewertet. Die untenstehende Tabelle gibt einen zusammenfassenden Überblick. Die Einzelwerte und Berechnungen sind im Anhang beigelegt.

Bauteil	Mittlere Betonüberdeckung	Bereich Betonüberdeckung	Mittlere Karb. Tiefe	Anteil Armierung ohne und mit wenig Schutz
	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
Bereich 1	27.0	8 - 42	34.8	95.1%
Bereich 2	31.6	18 - 46	43.5	93.0%
Bereich 3	37.2	14 - 148	34.7	49.0%
Bereich 4	17.1	8 - 44	43.5	98.5%
Bereich 5	26.9	9 - 58	34.8	88.4%
Bereich 6	30.5	21 - 48	34.7	80.2%
Bereich 7	28.3	10 - 71	34.7	86.6%

4.2 Chloriduntersuchungen und Sondieröffnungen

SN EN 14629:2007 MT-Qualitest Prüfanweisung CL030

Der Chloridgehalt ist angegeben in Gewichtsprozent bezogen auf das Zementgewicht. Die Berechnung beruht auf folgenden Annahmen:

Betondichte 2,4 kg/l, Zementgehalt 330 kg/m³.

Im alkalischen, vor atmosphärischer Korrosion schützenden Beton können Armierungsstähle bei Chloridkonzentrationen unter 0,4M% bezogen auf das Zementgewicht in der Regel nicht korrodieren. Die Korrosion setzt dabei je nach Bedingungen erst bei Chloridkonzentrationen über 1,0M% bezogen auf das Zementgewicht ein.

Liegen die Chloridkonzentrationen über 1,0M% und ist der Beton bereits karbonatisiert, fangen die Armierungsstähle vollflächig stark zu korrodieren an. Die sogenannte Lochfrasskorrosion findet vorwiegend bei überhöhten Chloridkonzentrationen über 1,0M% im noch alkalischen, vor atmosphärischer Korrosion schützenden Beton statt.

Probe Nr.	Chloridgehalt in % des Zementgewichtes		
	0 - 10 mm	10 - 20 mm	20 - 30 mm
Cl 1	0.77	0.77	
Cl 2	0.47	0.22	
Cl 3	1.19	0.75	0.48
Cl 4	0.37	0.37	0.67
Cl 5	0.85	0.45	0.30
Cl 6	0.27	0.27	0.25
Cl 7	0.20	0.07	
Cl 8	0.53		
Cl 9	0.40	0.44	0.45
Cl 10	0.06	0.03	
Badewasser	0.88		

4.3 Bohrkern-Festigkeiten und Trockenrohddichte

Die Ermittlung der Druckfestigkeiten erfolgte an 5 Bohrkernen aus unterschiedlichen Bereichen.

Die Druckfestigkeitsbestimmungen erfolgten nach SN EN 12504-1 akkreditiertes Prüfverfahren durch die HSR Rapperswil.

Für die Prüfungen wurden Bohrkernabschnitte mit Durchmesser = Höhe = 50 mm verwendet. Die Bohrkern wurden auf eine Länge von ca. 52mm abgesägt und planparallel auf eine Prüfkörperlänge von 50mm geschliffen.

Probe	Durchmesser [mm]	Höhe [mm]	Masse [g]	Rohddichte [kg/m ³]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm ²]
Bohrkern 1	49.9	51.5	243.5	2420	84.4	43.2
Bohrkern 2	49.9	51.1	234.4	2346	99.2	50.7
Bohrkern 6	49.9	51.4	239.8	2386	90.8	46.4
Bohrkern 7	49.9	51.9	241.3	2377	66.6	34.1
Bohrkern 8	49.9	51.1	236.1	2363	88.6	45.3

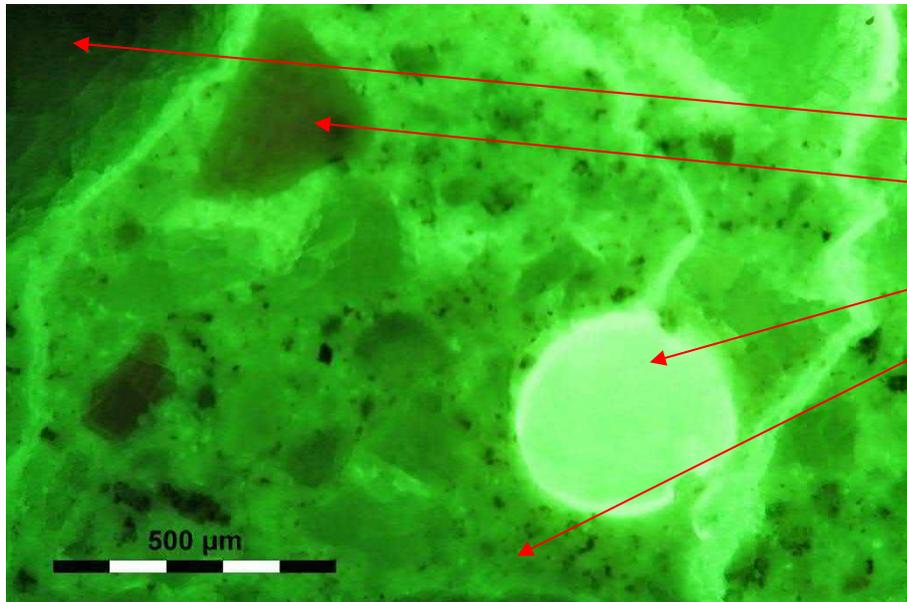
4.4 Haftzugfestigkeiten des Betons

Die Haftzug-Stempelabreissprüfung wurde nach SN EN 1542 durchgeführt. Von 5 Bohrkernproben wurden die oberen 35 mm abgetrennt. Die Oberflächen wurden planparallel angeschliffen und auf Stahlplatten aufgeklebt. Auf der Oberseite wurde eine Haftzugrondelle d= 50 mm geklebt und anschließend die Zugprüfung durchgeführt

Probe	Zugfestigkeit [N/mm ²]	Bruchbild	Bruchtiefe [mm]
Bohrkern 4	4.92	Betonbruch kornbrechend	30
Bohrkern 5	2.87	Betonbruch kornbrechend	3 - 10
Bohrkern 10	3.99	Betonbruch kornbrechend	25 - 32
Bohrkern 13	4.35	Betonbruch kornbrechend	30 - 32
Bohrkern 14	2.38	Betonbruch kornbrechend	4 - 15
Mittelwert	3.70		
Standartabweichung	1.05		

4.5 Mikroskopische Gefügebeurteilung am Anschliff

Analysierte Eigenschaften	Beschreibung / Befund
Materialkonzept	Bindemittel: Portlandzement in einer Dosierung von 300 - 330 kg/m ³
	Gesteinskörnung: stetiger Kornaufbau mit Grösstkorn von 32 mm, ca. 40 % silikatische und ca. 60 % karbonatische Mineralien
Beschreibung	<p>Wenige kugelig-isolierte Einzelporen und vereinzelte feinklunkerförmige Verdichtungs-poren. Die Makroporosität liegt bei ca. 1.5 - 2.5 Vol.-%.</p> <p>Mittlere, gleichmässige Bindemittelkapillarität.</p> <p>Mehrere Haarrisse 0.05-0.15 mm zu erkennen.</p> <p>Wenige Risse und Poren in der Gesteinskörnung zu erkennen.</p> <p>Wenige Kapillarstörungen und wenige Rissablösungen.</p> <p>Ca. 80 %</p> <p>Probe vollständig karbonatisiert</p>
Makroporosität	
Bindemittelkapillarität	
Risse im Bindemittel	
Gesteinskörner	
Verbund	
Bindemittel/Zuschläge	
Hydratationsgrad	Ca. 80 %
Karbonatisierung	Probe vollständig karbonatisiert
Gesamtbeurteilung Gefügequalität	Mittlere bis gute Gefügequalität



- Gesteinskorn primär
- Sandkorn
- kugelig-isolierte Einzelpore
- Bindemittelmatrix

5. BEURTEILUNG & INTERPRETATION

Die Untersuchungen am Beckenumgang des Hallenbades in Speicher haben gezeigt, dass an sämtlichen Bereichen, bei welchen Wasser durch Risse, Arbeitsfugen und undichte Bereiche dringt die Armierungsstähle korrodiert sind. An denjenigen Bereichen, bei welchen die Armierungsstähle schon stark fortgeschrittene Korrosion und Lochfrasskorrosion aufweisen, sind aufgrund der korrosionsbedingten Volumenvergrößerung Betonabplatzungen entstanden.

Es zeigte sich jedoch, dass an den Bereichen, bei welchen die Chloride noch nicht bis zu den Armierungsstählen vorgedrungen sind die Armierungsstähle noch keine Korrosion aufweisen.

An 11 Bereichen wurde Bohrmehl für die Chloridanalysen aus den Beckenwänden entnommen. Die Bohrmehlentnahmen stammen vorwiegend aus Bereichen, bei welchen sichtbare Wasserinfiltrationen erkennbar waren. Die Probenstelle Cl 6 sollte als Referenz dienen, da hier keine sichtbaren Wasserinfiltrationen erkennbar waren. Es zeigte sich jedoch, dass auch hier geringe Mengen von Chloriden in den Beton eingedrungen sind. Lediglich bei der Probestelle Cl 10, welche unter der Treppe erfolgte sind keine erhöhten Chloridkonzentrationen gemessen worden. Chloridkonzentrationen $< 0,1$ M% sind bereits im Anmachwasser und im Sand/Kiesgemisch vorhanden.

An 5 Bereichen sind Bohrkern aus den Wänden entnommen worden. An diesen Bohrkernen sind die Druckfestigkeit und Haftzugprüfungen durchgeführt worden. An einem Bohrkern wurde noch ein Anschliff zur groben Gefügebeurteilung erstellt. Bevor die Bohrkern für die bevorstehenden Prüfungen vorbereitet wurden, sind an diesen die Karbonatisierungstiefen gemessen worden. Es sind Karbonatisierungstiefen von teilweise über 50 mm gemessen worden. Dies ist selbst für ein 41 Jahre altes Bauwerk als hoch zu bezeichnen. Diese hohen Karbonatisierungstiefen sind vorwiegend auf das warme Klima im Beckenumgang zurückzuführen, da bei hohen Temperaturen der chemische Prozess beschleunigt wird. Die mittleren Armierungsüberdeckungen an den gemessenen Flächen betragen ca. 17-37 mm. Aufgrund der hohen Karbonatisierungstiefen und der geringen Betonüberdeckungen befinden sich bereits ein Großteil der Armierungsstähle nicht mehr im alkalischen, vor atmosphärischer Korrosion schützenden Beton.

Die gemessene mittlere Druckfestigkeit von ca. 44 N/mm^2 ist als normal, jedoch nicht als hoch zu bezeichnen. Die Haftzugfestigkeitsprüfungen ergaben einen Mittelwert von $3,7 \text{ N/mm}^2$. Diese durchwegs hohen Haftzugfestigkeiten sind als hoch zu bezeichnen. Es liegt somit ein tragfähiger Betonuntergrund für eine allfällige Instandsetzung vor.

Bei einer allfälligen Instandsetzung des Hallenbadbeckens muss jedoch vorgängig die gesamte Hallenbadwanne, Treppen und Gehbereiche, welche unterkellert sind vollflächig abgedichtet werden. Vor diesen Abdichtungsarbeiten muss jedoch kontrolliert werden, wie stark sich die Risse, Arbeitsfugen und Dilatationsfugen bewegen.



Hinweise:

Bei einer allfälligen Sanierung ist unbedingt auf die Systemverträglichkeit unter den verwendeten Produkten und die Angaben des Lieferanten zu achten.

Die Prüf- bzw. Messresultate beziehen sich ausschliesslich auf die vereinbarten Prüfungen und Messungen, die hierfür beigezogenen Proben und die hierfür ausgewählten Prüfstellen.

Dieser Untersuchungsbericht richtet sich nach dem Stand der Technik und dem Zustand des Objekts im Zeitpunkt der Prüfung bzw. Messung.

Er bezieht sich auf die für die MT-Qualitest erkennbaren, nach allgemeiner Erfahrung zu erwartenden bzw. ihm vom Kunden mitgeteilten Einsatz-, Nutzungs- und Belastungsanforderungen an das Objekt sowie Einflüsse und Einwirkungen.

St. Gallenkappel
MT-Qualitest GmbH

Prüfingenieur
Fredy Marty

6. FOTODOKUMENTATION



Foto 1
Sondagestelle 2

Der Beton wurde entlang des Risses (roter Pfeil) abgespitzt.

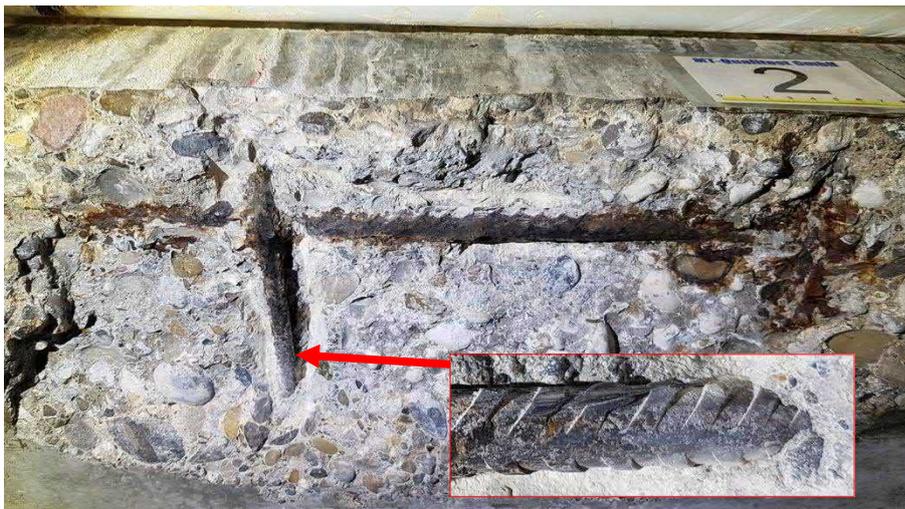


Foto 2

Die Armierungsstähle unter der Betonabplatzung sind stark korrodiert.

Es ist jedoch erkennbar, dass an den Bereichen, bei welchen die Chloride noch nicht bis zu den Armierungsstählen vordringen konnte, der Armierungsstahl noch keine Korrosion aufweist (roter Pfeil).



Foto 3

Die Stähle weisen bereits fortgeschrittene Lochfrasskorrosion auf KG 4. Die Querschnittsreduktion beträgt hier ca. 20-30 %.

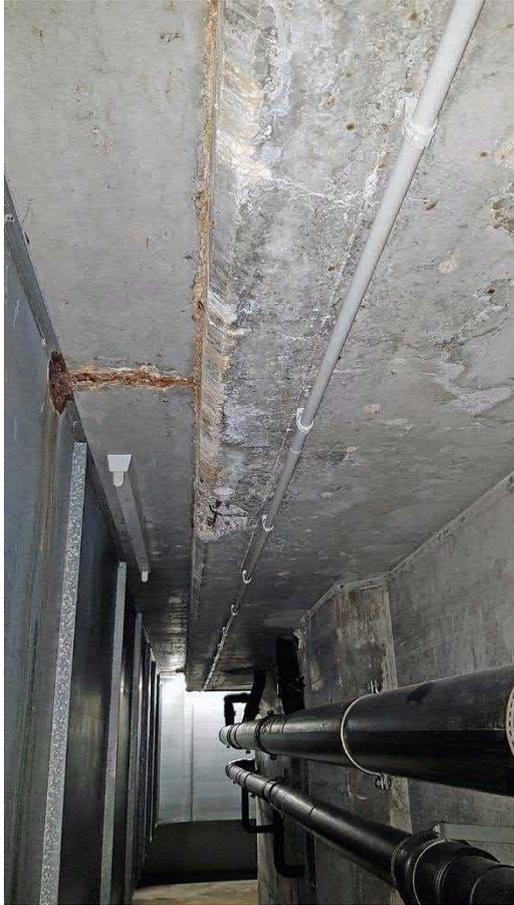


Foto 5
Sondagestelle 3

Durch die Volumenvergrößerung der korrodierten Armierungsstähle sind Risse entstanden. Durch leichtes Anklopfen lösen sich die Betonecken ab.



Foto 6

Die darunter liegenden Armierungsstähle sind stark korrodiert KG 3-4.



Foto 7
Sondagestelle 4

An allen Eckbereichen ist der Korrosionsfortschritt sehr stark ausgeprägt.



Foto 8

Die Querschnittsverminderung der Armierungsstähle in diesen Bereichen liegt über 30 %.



Foto 9

Stellenweise haben die Stähle bereits eine Querschnittsverminderung von ca. 50 %



Foto 10
Sondierstelle 5

Die Korrosionsherde befinden sich immer in Bereichen, bei welchen Badwasser durch Risse oder undichte Fugen dringen konnte.



Foto 11
Sondierstelle 6

Beckenwand
Gleitlager
Fundament für
Beckenwand



Foto 12

Der Armierungsstahl in diesem Bereich weist eine Querschnittsreduktion von ca. 30 % auf.



Foto 13

Herausgezogenes
Gleitlager



Foto 14

Zusammengepresste
Styroporeinlage
Gleitlager



Foto 15
Chloridentnahmestelle 5

Die Chloridentnahmestellen befinden sich fast durchwegs an Bereichen, bei welchen Wasserinfiltrationen erkennbar sind.



Foto 16

Wasserinfiltrationen im Bereich eines Risses



Foto 17-18

Durch die Fugen und angrenzenden Risse dringt Wasser in den Beckenumgang.

Um festzustellen, ob in diesem Bereich erhöhte Korrosion vorliegt, sind an 2 Bereichen Potentialfeldmessungen durchgeführt worden.

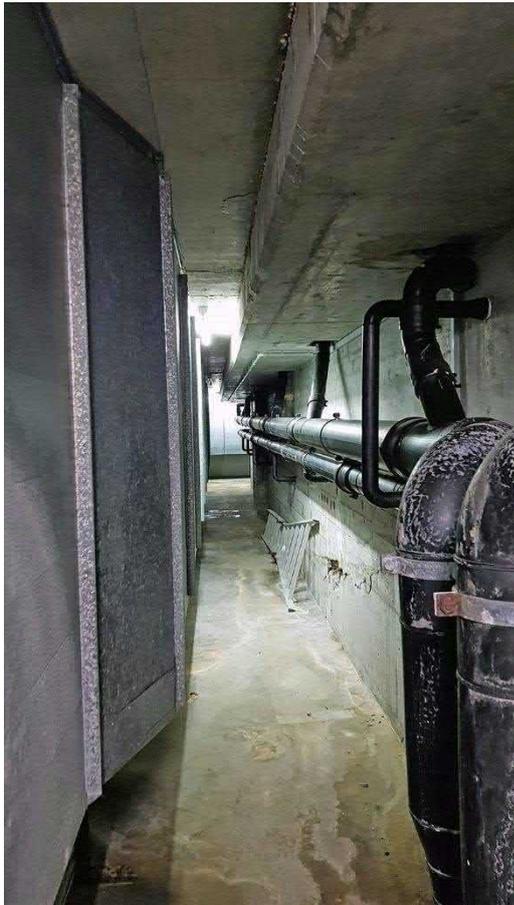


Foto 19

Bohrkernentnahmestellen 1-5



Foto 20

Bohrkernentnahmestellen 6-8



Foto 21

Bohrkernentnahmestellen 9-11



Foto 22

Bohrkernentnahmestelle 12

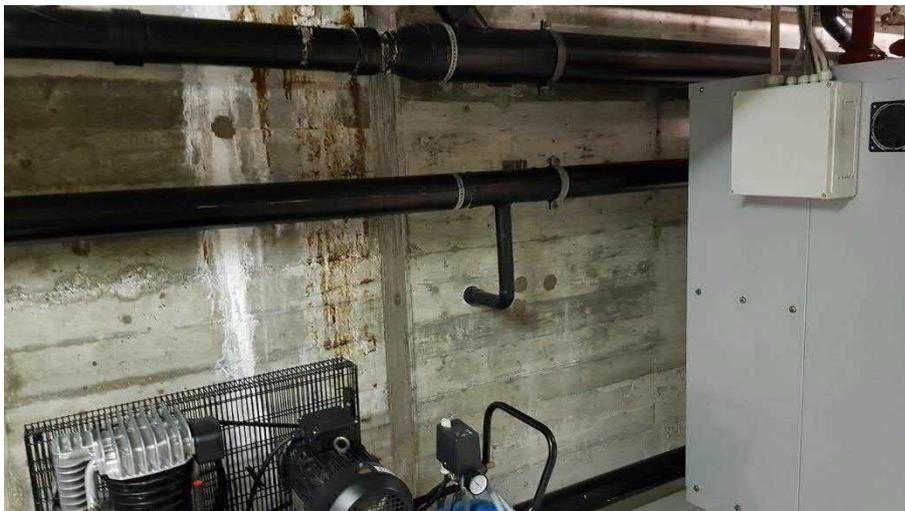


Foto 23

Bohrkern-
entnahmestelle 13-14



Foto 24
Sondagestelle 1

Im Bereich des gelben Pfeiles befindet sich ein Riss (Fuge). Diese Fugen sind an allen 4 Ecken des Hallenbadbeckens vorhanden.

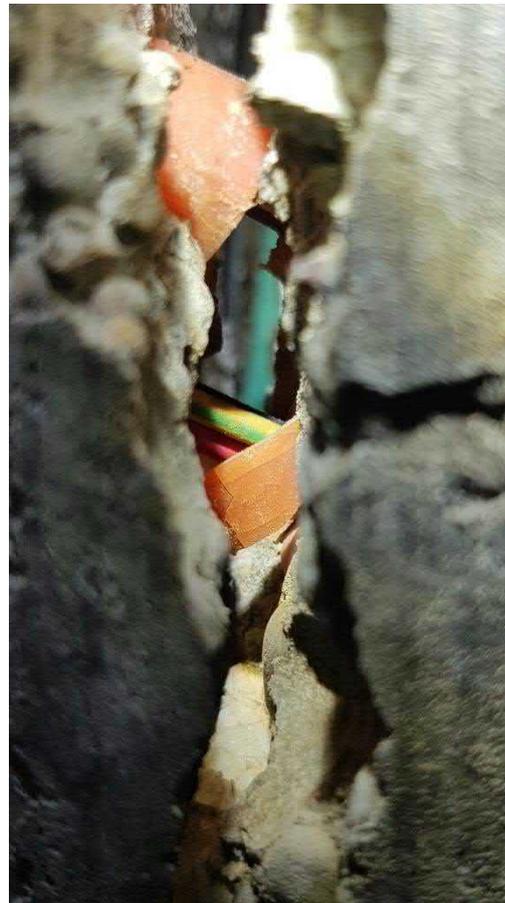


Foto 25

Durch diesen Riss verlaufen elektrische Kabel.

Es ist erkennbar, dass der Riss sich bewegt hat und die Kabelführung leicht verschoben ist.



Foto 26+27

Durch Risse, Arbeitsfugen oder Poren gelangt Wasser in den Beton und fließt langsam im zusammenhängenden Porensystem zu einer tiefer gelegenen Austrittsstelle. Im Porensystem des Betons wird das eingedrungene Wasser vorwiegend mit Calciumhydroxiden aus dem Beton gesättigt. An den Austrittsstellen, wo das Wasser verdunstet, kristallisieren die zurückgebliebenen Calciumhydroxide unter Zutritt von Kohlendioxid zu weissen Calciumcarbonaten.

Die geringen Mengen dringen ebenfalls die gelösten Chloride im Badewasser durch dieses Porengefüge. An der Oberfläche verdunstet das Wasser und die Chloridionen konzentrieren sich im oberflächennahen Bereich immer stärker auf. Aus diesem Grund sind die gemessenen Chloridkonzentrationen bereichsweise hoch.

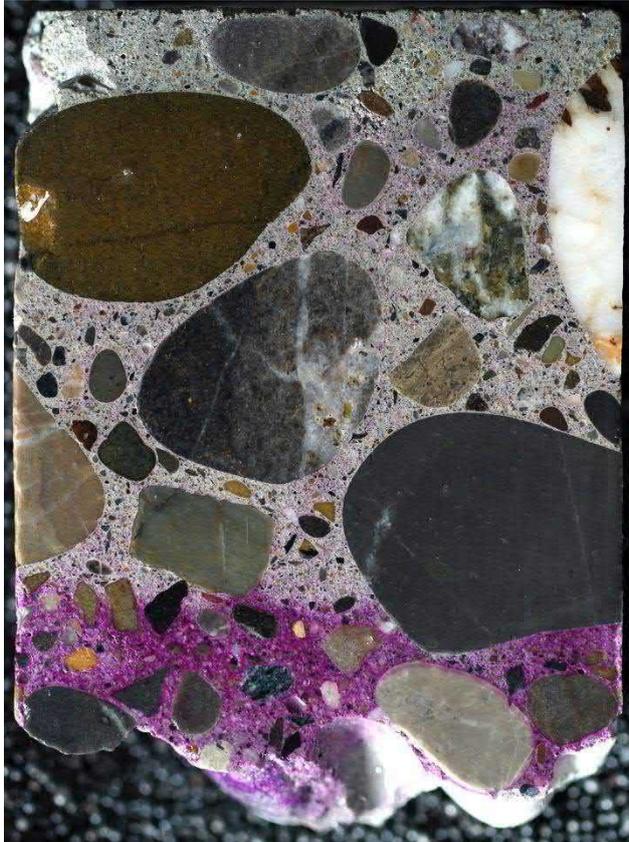


Foto 28
Bohrkern 12

Die Karbonatisierungsfront ist an einigen Bereichen bereits über 50 mm tief in den Beton vorgedrungen. Ein Großteil der Armierungsstähle ist somit nicht mehr vor atmosphärischer Korrosion geschützt.

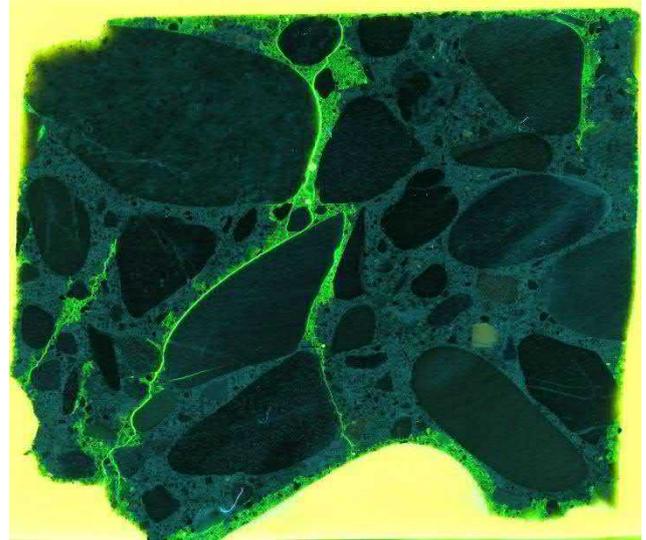


Foto 29
Bohrkern 3

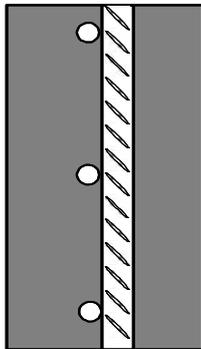
Bohrkernanschliff

Der Bohrkern wurde aus einem Bereich mit einem feinen Haarriss entnommen.

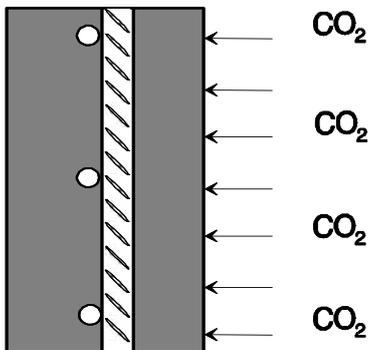
An der Oberfläche war nur ein feiner Riss erkennbar. Dieser dringt bis in eine Tiefe von ca. 2 cm, wo er sich in 2 Teilrisse aufteilt.

7. ANHANG

7.1 Erläuterungen zur Karbonatisierung

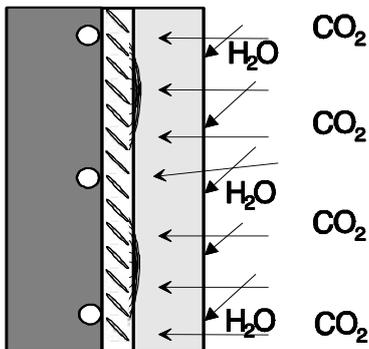


Kurz nach dem Mischen hat sich im Beton ein pH-Wert von ca. 13 eingestellt. Bei diesem Wert bildet sich eine natürliche Schutzschicht auf dem Armierungsstahl. Beim Einwirken von Feuchtigkeit und Sauerstoff kann die Bewehrung nicht korrodieren.



Das in der Luft natürlich vorhandene CO_2 dringt in den Beton ein und reagiert mit dem alkalischen Calciumhydroxyd im Zementstein.

Bei dieser chemischen Reaktion sinkt der pH-Wert. Diesen Vorgang nennt man **Karbonatisieren** des Betons.



Der pH-Wert sinkt bis auf ≤ 8 . Hat die Karbonatisierungsfront mit dem pH-Wert ≤ 10 den Stahl erreicht, ist die Schutzschicht auf dem Armierungsstahl aufgehoben.

Beim Einwirken von **Feuchtigkeit und Sauerstoff** kann der Bewehrungsstahl nun korrodieren.

Dieser Korrosionsprozess bewirkt eine Volumenvergrößerung durch Rostbildung, und führt zum Absprengen des Betons über dem korrodierten Armierungsstahl.

Durch die Verwendung von Tausalz können Chloridionen in den Beton eindringen, welche die Schutzschicht **örtlich**, auch im alkalischen Bereich zerstören und eine Korrosion durch Lochfrass bewirken können.

7.2 Erläuterung zur Karbonatisierungsberechnung

Die Karbonatisierungstiefe verläuft im Anfangsstadium nach dem Wurzel-Zeit-Gesetz. Mit zunehmender Dauer der Karbonatisierung strebt diese jedoch einem Endwert zu und weicht dementsprechend vom ursprünglichen Verlauf ab. Der Ansatz nach R. Frey berücksichtigt diese Gesetzmässigkeit:

$$x(t) = X_{End} \cdot \left(1 - e^{-w\sqrt{t}}\right)$$
$$X_{End} = e^{A/w^2} - 1$$

- $x(t)$ = Karbonatisierungstiefe in Abhängigkeit der Zeit t [mm]
 t = Dauer der Karbonatisierung [Jahre]
 X_{End} = Endkarbonatisierungstiefe [mm]
 A = 0.11 Jahr^{-1} (Konstante für Mitteleuropa)
 w = Karbonatisierungswiderstand [$\text{Jahr}^{-0.5}$]. Darin enthalten sind betonspezifische Parameter und der Standort

Für die Widerstandszahlen w existieren Tabellen in Abhängigkeit der Betonsorte und des Standortes. Liegt mindestens ein Messwert der Karbonatisierungstiefe vor, kann die Widerstandszahl w so gewählt werden, dass der Karbonatisierungsverlauf $x(t)$ durch den Messpunkt geht.

7.3 Erläuterung zur Potentialfeldmessung

Die Potentialmessung an den Deckenuntersichten wurden mit einer Radelektrode in einem Messraster von 0.15m vorgenommen. Im SIA Merkblatt 2006 wird von einem maximalen Bewehrungswiderstand von 1.0Ω ausgegangen. Die Vermaschung der Bewehrung wurde bei vier Bewehrungseisen und am Erdanschlusspunkt der Stromversorgung des Hallenbades überprüft und lag deutlich unter 1.0Ω . Der Erdanschlusspunkt wurde deshalb immer von der Erdung der im Hallenbad vorhandenen Stromsteckdosen verwendet.

Eine aktiv korrodierende Bewehrung weist ein um mehrere hundert Millivolt (mV) negativeres Potential auf als passiver Stahl in alkalischem Beton. Diese Tatsache erlaubt die Lokalisierung korrodierender Bereiche. Die an der Betonoberfläche gemessenen Potentiale werden aber von verschiedenen Faktoren beeinflusst wie:

Sauerstoffgehalt an der Bewehrung, Temperatur, Makroelemente, Feuchtigkeit, Streuströme etc.

Bei der Interpretation der Potentialmesswerte sind diese Einflussgrößen zu beachten.

Die Erfahrung zeigt, dass nicht mit einem absoluten Potentialkriterium gearbeitet werden kann, sondern dass je nach Betonfeuchtigkeit, Chloridgehalt und Überdeckung andere Potentialbereiche auf Korrosionsreaktionen an der Bewehrung hindeuten. Die kritischen Potentialwerte können somit auch von Bauteil zu Bauteil variieren und müssen durch Aufspitzen der Armierung festgelegt werden.

Das Vorhandensein von hohen Chloridkonzentrationen führt zu einer Leitfähigkeitsveränderung im Beton. Durch den niedrigen Betonwiderstand entsteht eine Verschiebung der Potentiale in negativer Richtung.

7.4 Auswertungen der Karbonatisierungsberechnungen

Es sind 7 Seiten beigefügt.

Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

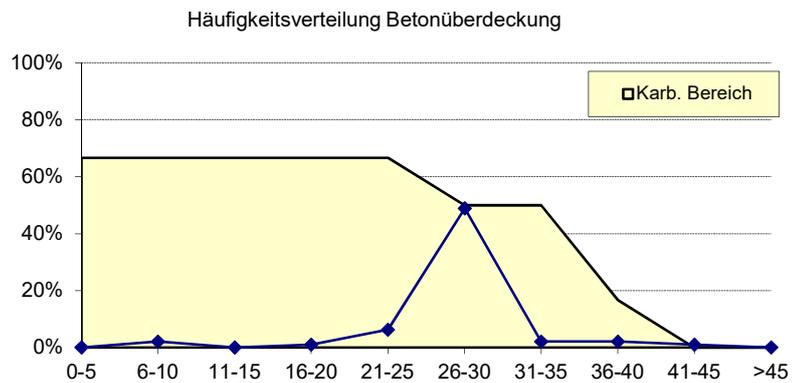
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 1		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	20	48	30				32.7
Max. Tiefe	26	50	35				37.0
Mittlere Tiefe	23.0	49.0	32.5				34.8

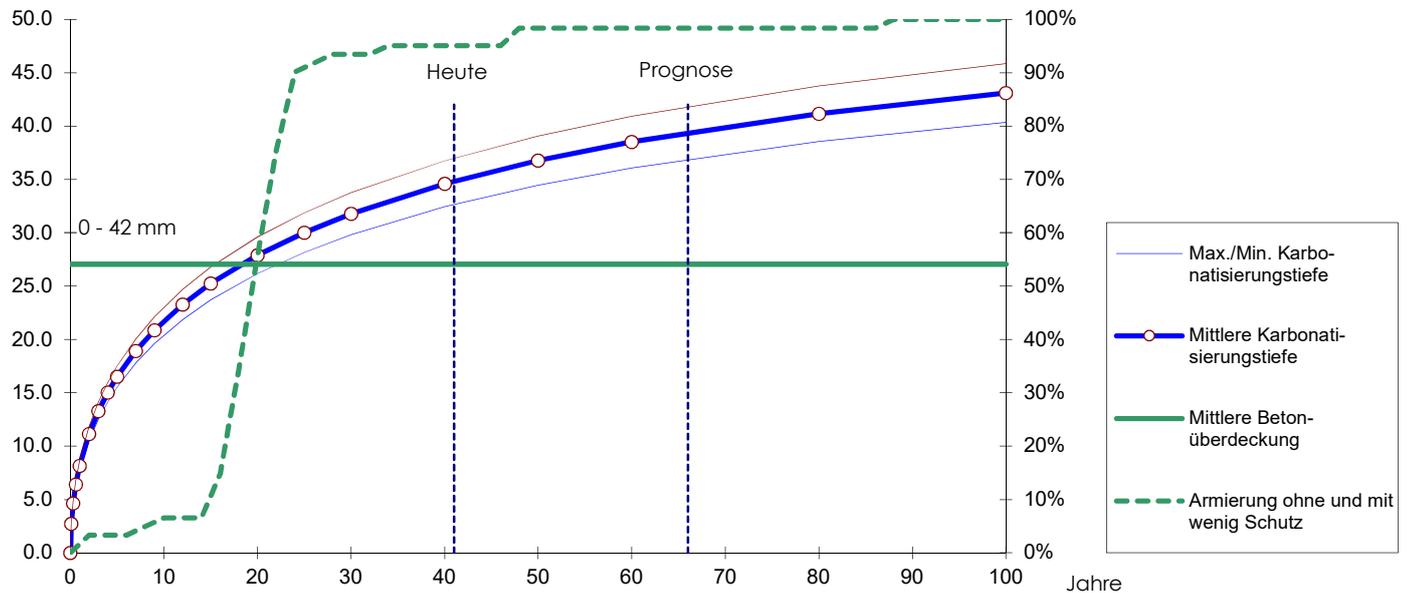
Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

27	25	29	29	26	42	0	0
28	27	21	29	26	0	0	0
28	27	9	29	27	0	0	0
28	36	8	27	26	0	0	0
27	27	19	26	26	0	0	0
25	28	28	26	27	0	0	0
27	28	27	26	27	0	0	0
28	29	28	25	28	0	0	0
33	29	28	26	28	0	0	0
27	29	28	26	27	0	0	0
26	29	29	26	31	0	0	0
25	25	30	26	36	0	0	0



Abstand von der Betonoberfläche [mm]

% der Gesamtbewehrung



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren	Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	95.1%	98.4%	
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	4.9%	1.6%	
Mittlere Betonüberdeckung	27.0 mm		
Endkarbonatisierungstiefe	53.2 mm		
Mittlere Karbonatisierungstiefe	34.8 mm	39.4 mm	
Fortschritt der Karbonatisierung	65%	74%	
Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung erreicht			



Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

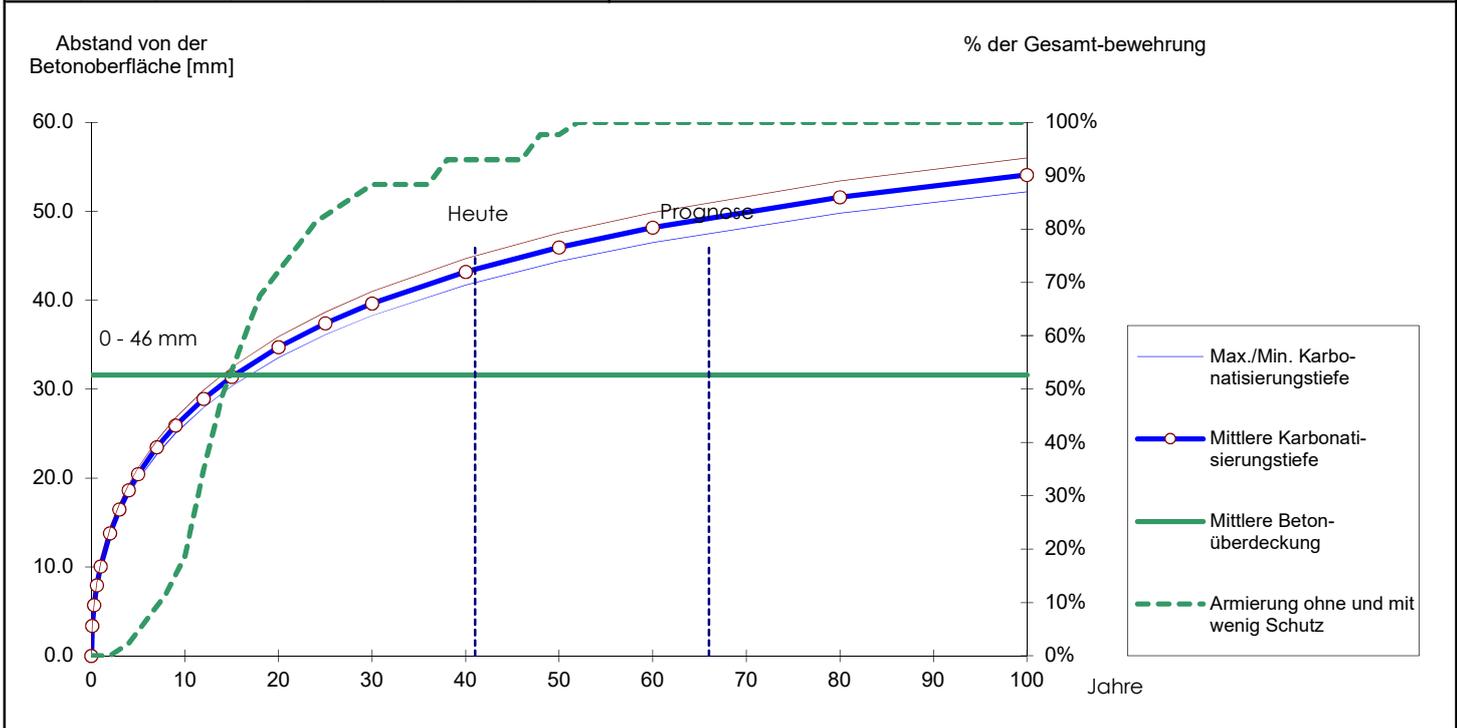
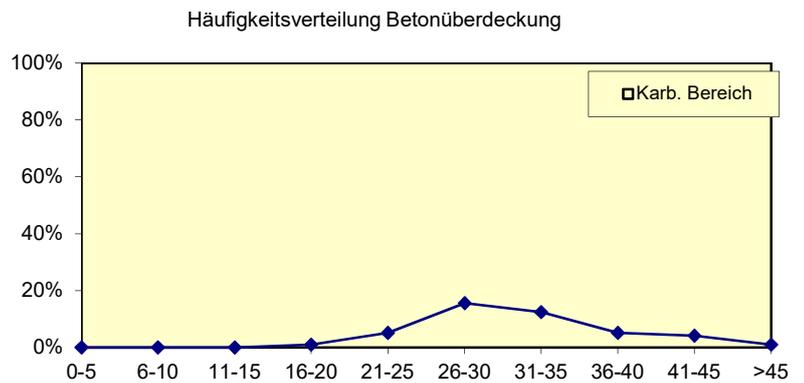
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 2		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	42						42.0
Max. Tiefe	45						45.0
Mittlere Tiefe	43.5						43.5

Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

37	28	34	45	0	0	0	0
34	28	28	33	0	0	0	0
36	28	29	30	0	0	0	0
35	27	33	32	0	0	0	0
42	18	33	31	0	0	0	0
38	21	29	29	0	0	0	0
35	22	39	30	0	0	0	0
23	25	46	0	0	0	0	0
23	27	36	0	0	0	0	0
26	32	42	0	0	0	0	0
26	32	45	0	0	0	0	0
28	30	33	0	0	0	0	0



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren	Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	93.0%	100.0%	
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	7.0%	0.0%	
Mittlere Betonüberdeckung	31.6 mm		
Endkarbonatisierungstiefe	67.5 mm		
Mittlere Karbonatisierungstiefe	43.5 mm	49.3 mm	
Fortschritt der Karbonatisierung	64%	73%	
Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung erreicht			



Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

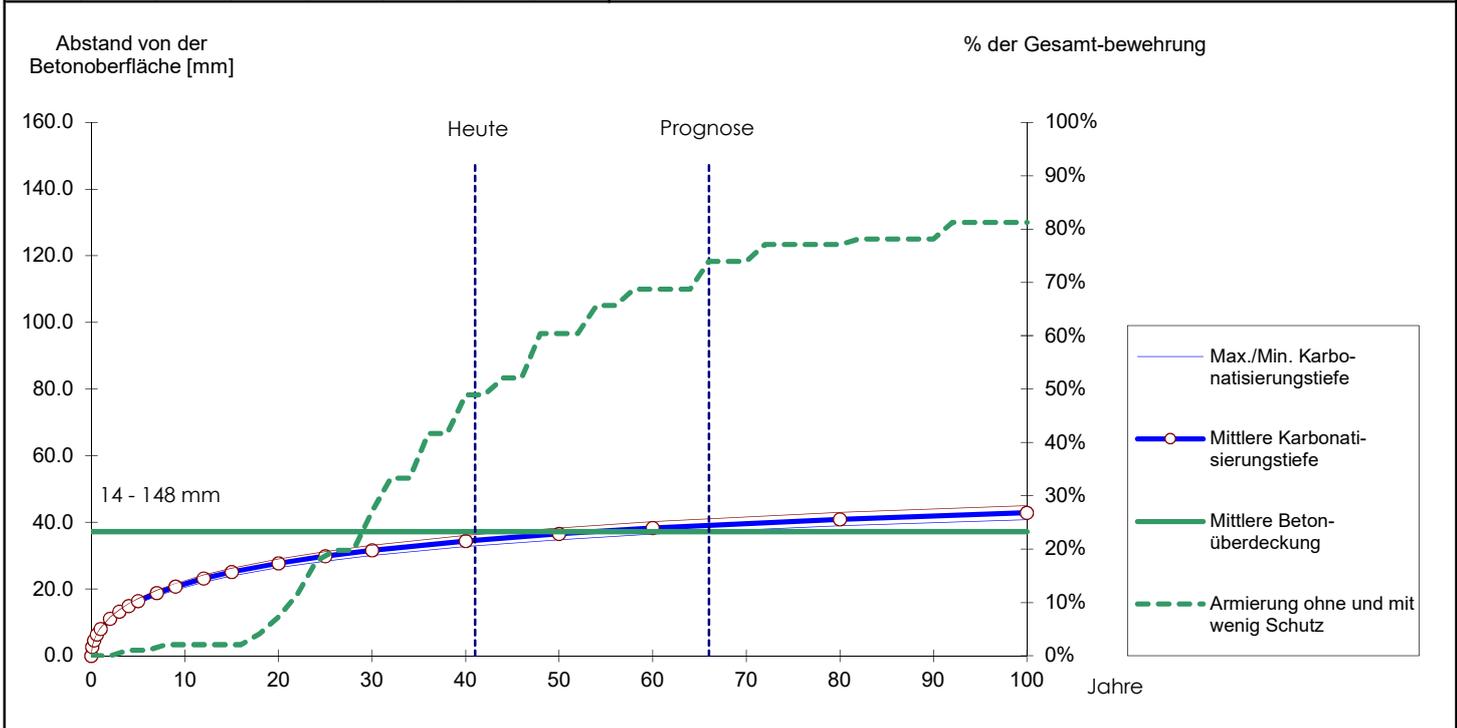
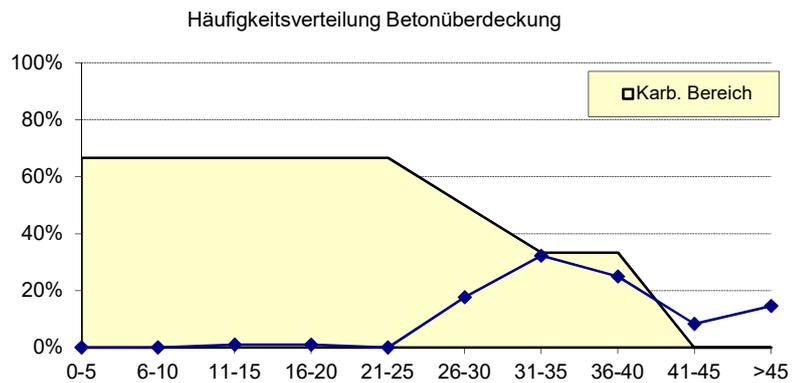
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 3		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	49	32	18				33.0
Max. Tiefe	50	34	25				36.3
Mittlere Tiefe	49.5	33.0	21.5				34.7

Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

36	42	38	35	43	44	34	35
34	42	44	46	49	34	32	39
32	48	33	36	57	33	36	33
29	39	38	40	58	28	28	31
27	38	33	37	57	30	28	32
32	34	40	48	49	31	36	34
31	34	41	39	47	37	29	32
36	35	39	26	49	29	31	31
26	42	36	18	50	37	34	32
37	36	40	14	148	30	33	33
29	33	39	27	48	31	31	29
37	29	36	43	50	27	33	28



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	49.0%	74.0%
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	51.0%	26.0%
Mittlere Betonüberdeckung	37.2 mm	
Endkarbonatisierungstiefe	52.9 mm	
Mittlere Karbonatisierungstiefe	34.7 mm	39.2 mm
Fortschritt der Karbonatisierung	65%	74%

Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung noch nicht erreicht
 Die Karbonatisierungsfront wird die mittlere Armierungsüberdeckung in 12 Jahren erreichen

Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993



Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

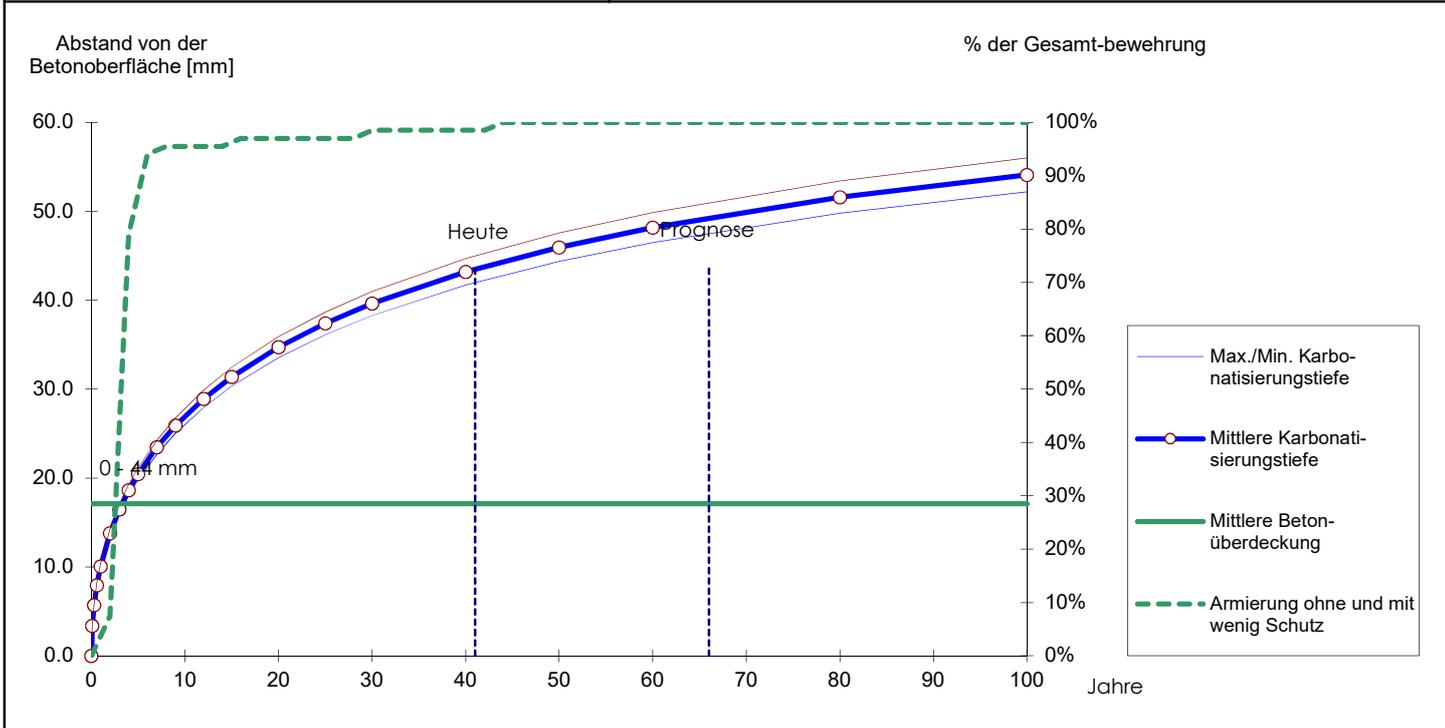
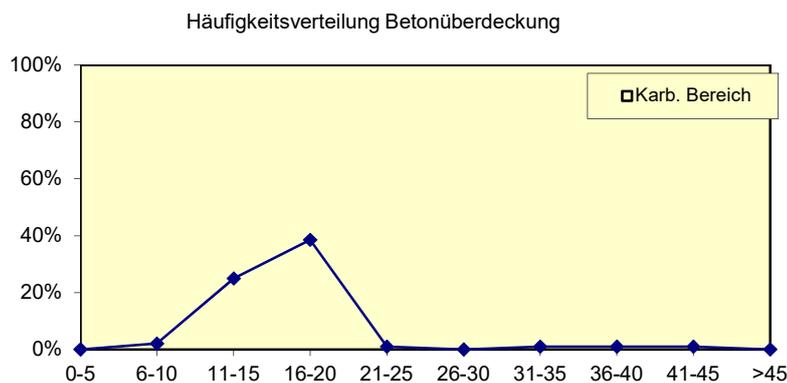
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 4		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	42						42.0
Max. Tiefe	45						45.0
Mittlere Tiefe	43.5						43.5

Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

19	15	15	16	17	14	0	0
13	17	16	17	18	16	0	0
24	18	16	16	19	14	0	0
12	18	16	15	19	14	0	0
15	18	15	16	18	31	0	0
14	17	16	15	20	10	0	0
14	16	15	15	18	8	0	0
19	16	14	14	18	0	0	0
19	15	15	16	19	0	0	0
39	17	14	16	17	0	0	0
13	15	19	19	15	0	0	0
15	17	44	19	16	0	0	0



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren	Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	98.5%	100.0%	
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	1.5%	0.0%	
Mittlere Betonüberdeckung	17.1 mm		
Endkarbonatisierungstiefe	67.5 mm		
Mittlere Karbonatisierungstiefe	43.5 mm	49.3 mm	
Fortschritt der Karbonatisierung	64%	73%	
Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung erreicht			



Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

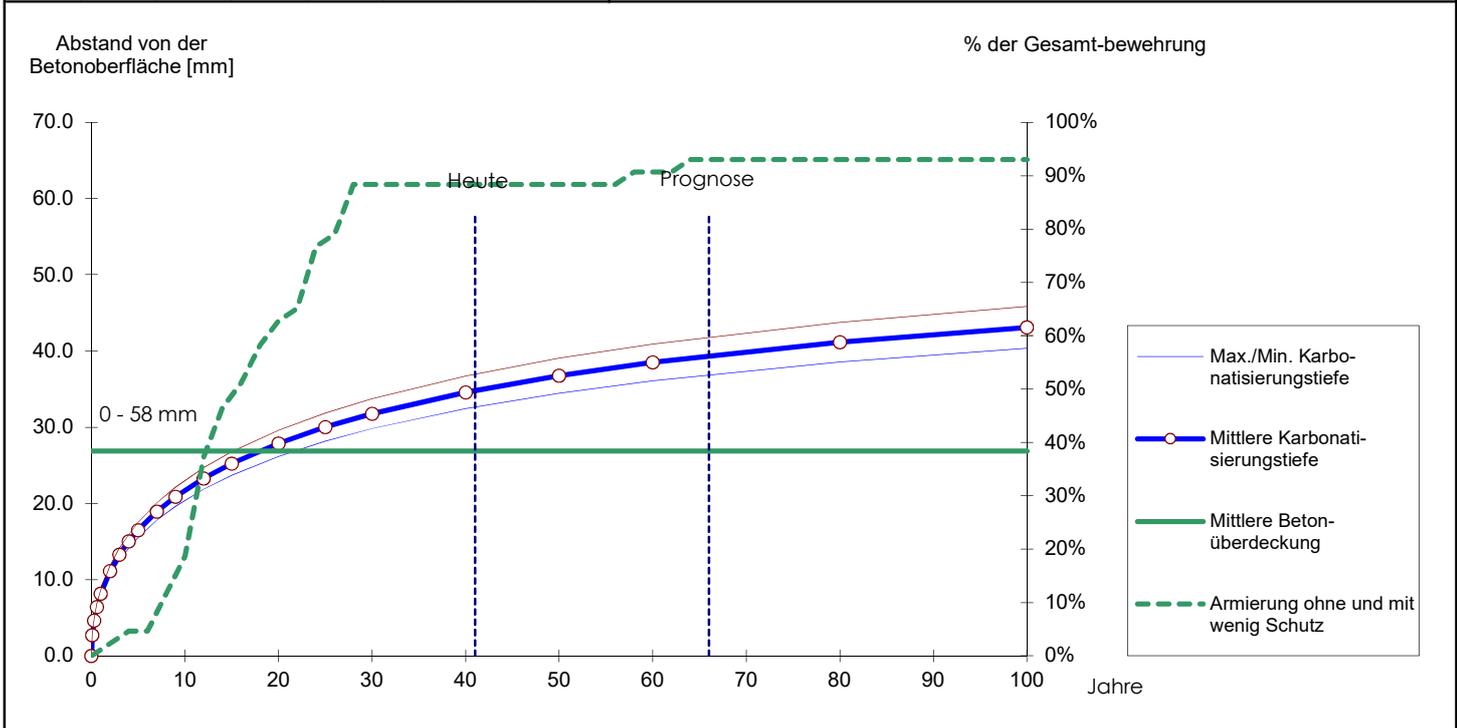
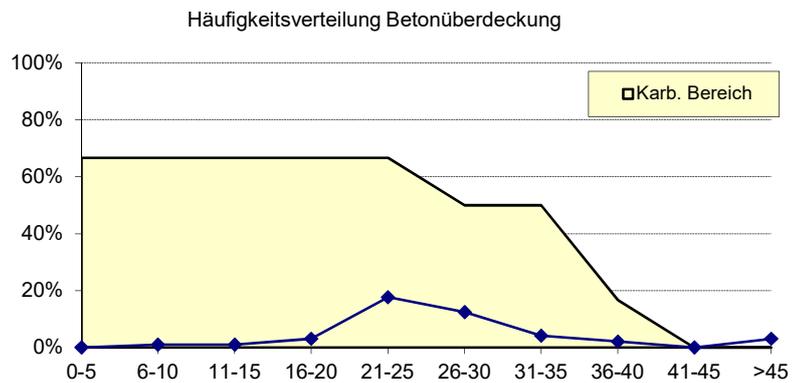
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 5		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	20	48	30				32.7
Max. Tiefe	26	50	35				37.0
Mittlere Tiefe	23.0	49.0	32.5				34.8

Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

46	19	29	23	0	0	0	0
38	21	29	25	0	0	0	0
39	22	31	28	0	0	0	0
47	24	31	23	0	0	0	0
58	24	31	12	0	0	0	0
19	21	29	9	0	0	0	0
21	26	26	29	0	0	0	0
24	22	27	0	0	0	0	0
24	22	26	0	0	0	0	0
30	27	25	0	0	0	0	0
23	29	23	0	0	0	0	0
19	31	23	0	0	0	0	0



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren	Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	88.4%	93.0%	
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	11.6%	7.0%	
Mittlere Betonüberdeckung	26.9 mm		
Endkarbonatisierungstiefe	53.2 mm		
Mittlere Karbonatisierungstiefe	34.8 mm	39.4 mm	
Fortschritt der Karbonatisierung	65%	74%	
Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung erreicht			



Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

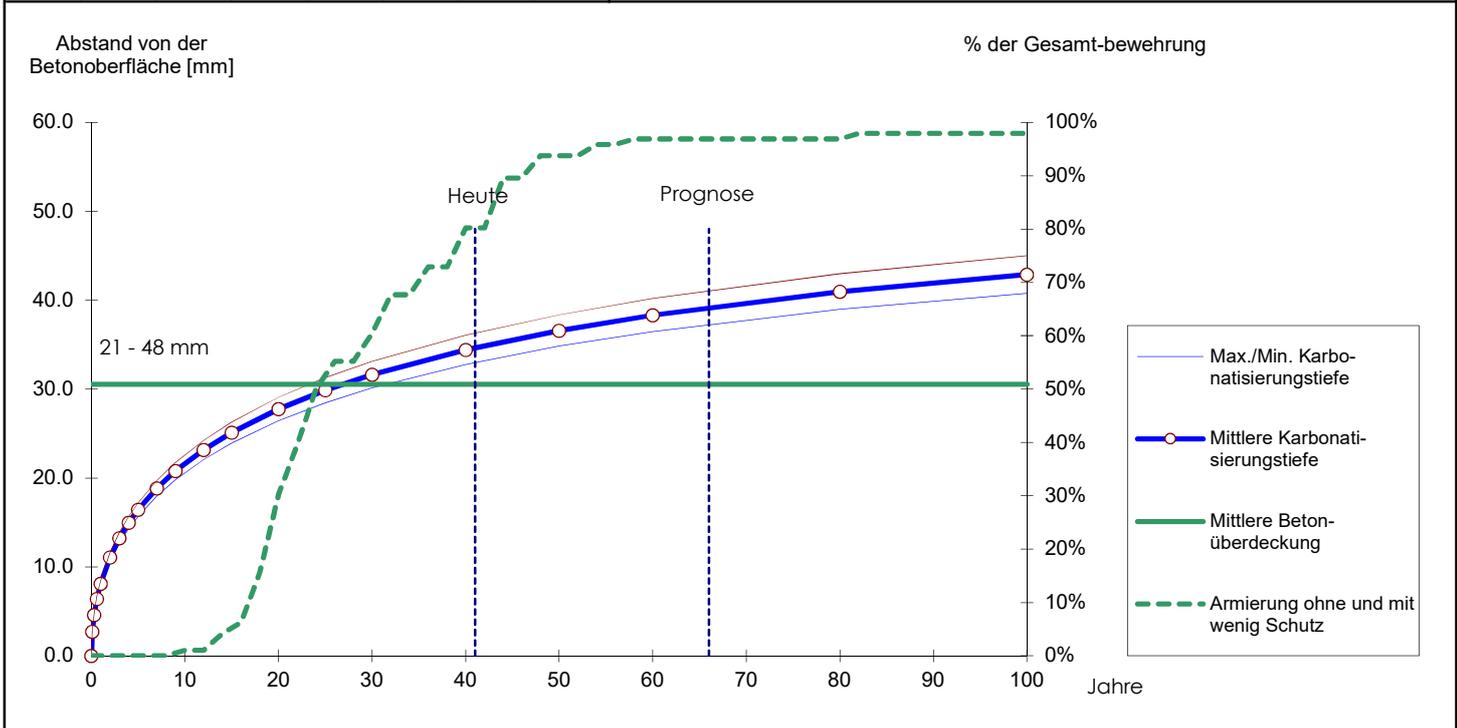
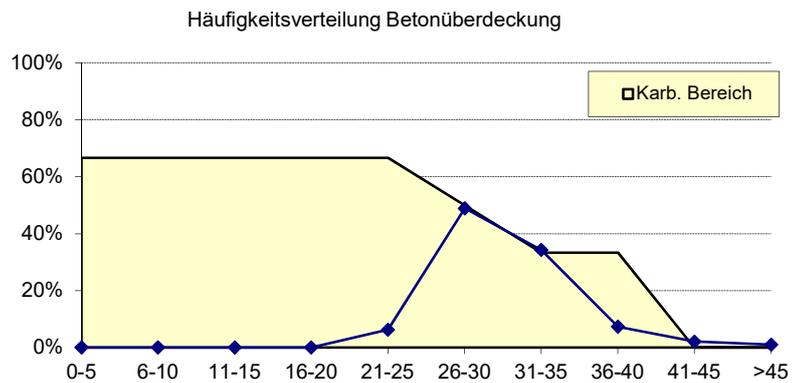
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 6		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	49	32	18				33.0
Max. Tiefe	50	34	25				36.3
Mittlere Tiefe	49.5	33.0	21.5				34.7

Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

29	33	38	31	31	34	28	27
33	34	21	34	32	33	30	26
28	34	24	32	29	30	28	27
34	30	24	36	29	32	28	26
31	32	25	36	30	32	27	26
33	34	27	37	32	29	27	26
48	33	27	37	35	27	26	27
43	35	28	36	35	31	24	27
41	34	27	35	36	27	26	26
29	32	28	35	35	29	25	26
27	35	28	29	35	27	26	28
29	29	29	30	35	31	28	27



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	80.2%	96.9%
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	19.8%	3.1%
Mittlere Betonüberdeckung	30.5 mm	
Endkarbonatisierungstiefe	52.9 mm	
Mittlere Karbonatisierungstiefe	34.7 mm	39.2 mm
Fortschritt der Karbonatisierung	65%	74%

Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung erreicht

Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993



Auswertung der Karbonatisierungsmessungen

09.12.2018

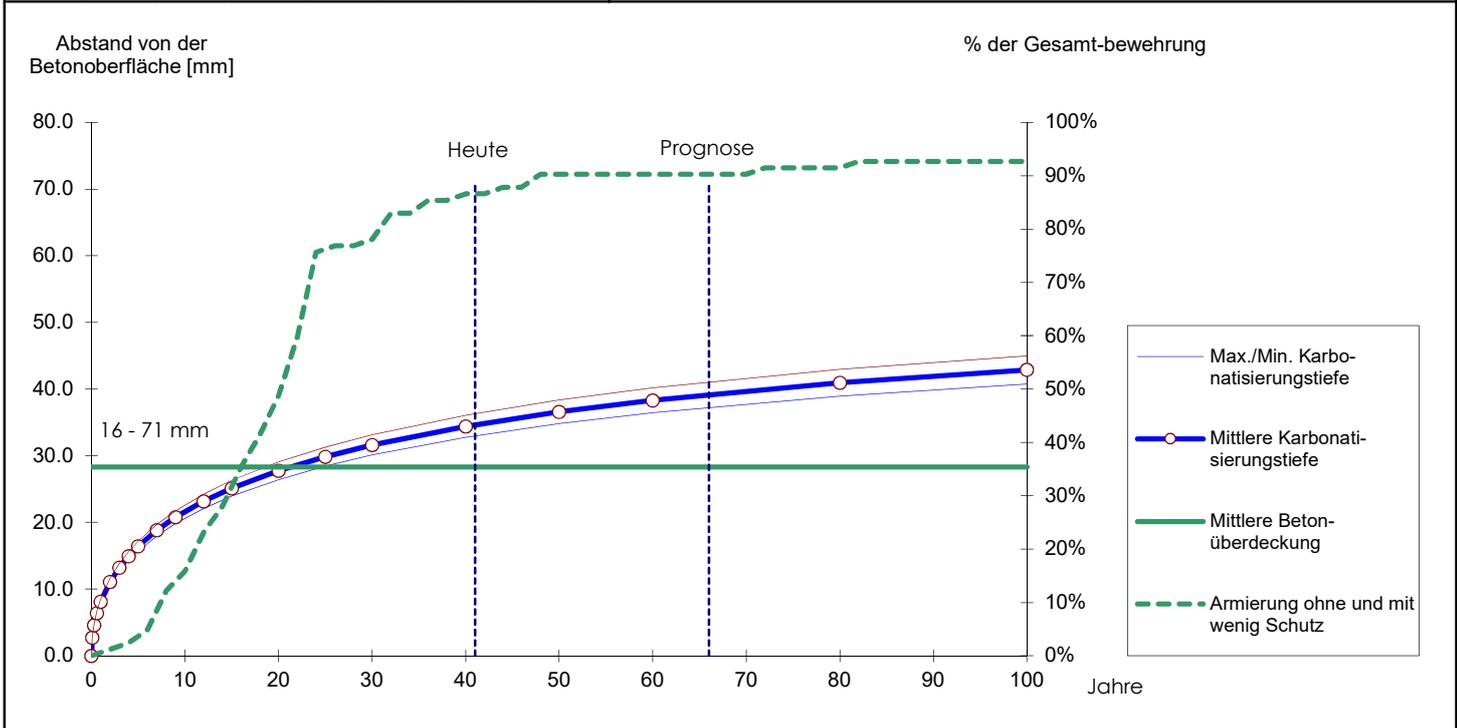
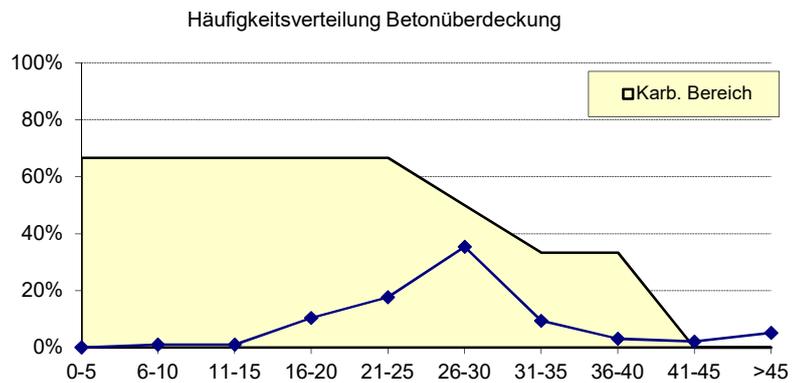
Objekt	Hallenbad Speicher		
Bauteil	Bereich 7		
Bauwerksalter	41	Jahre	
Prognose für	25	Jahre	

Karbonatisierungstiefen am Bau gemessen [mm]

Messpunkte	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Min. Tiefe	49	32	18				33.0
Max. Tiefe	50	34	25				36.3
Mittlere Tiefe	49.5	33.0	21.5				34.7

Betonüberdeckung der Armierungsstäbe am Bau gemessen [mm]

16	23	27	46	28	26	29	0
18	41	27	33	20	28	29	0
19	23	29	32	25	26	28	0
24	18	29	31	26	27	28	0
25	19	32	29	25	27	25	0
23	43	36	29	26	29	24	0
20	16	34	29	28	29	25	0
18	22	35	28	57	29	10	0
49	19	36	27	25	29	13	0
71	23	33	27	28	29	29	0
23	21	32	28	24	30	0	0
48	24	32	28	26	40	0	0



Bestehender Schutzgrad der Armierung

in % der Gesamtbewehrung	Zustand heute	in 25 Jahren	Die Prognose basiert auf dem Ansatz nach R. Frey, 1993
Armierungen ohne und mit wenig Schutz	86.6%	90.2%	
Armier. gut geschützt und wenig gefährdet	13.4%	9.8%	
Mittlere Betonüberdeckung	28.3 mm		
Endkarbonatisierungstiefe	52.9 mm		
Mittlere Karbonatisierungstiefe	34.7 mm	39.2 mm	
Fortschritt der Karbonatisierung	65%	74%	
Die mittlere Karbonatisierungsfront hat die mittlere Armierungsüberdeckung erreicht			

