

Dipl.-Ing. (FH) Harald Hoche

Ganghoferstr. 20
D – 83098 Brannenburg
Tel. 0 80 34 / 30 78 25
Fax 0 80 34 / 30 70 37

1. von 3 Fertigungen

Verteiler: Herr Pfarrer Jokisch, 2-fach

Brannenburg, 08. Oktober 2007

SACHVERSTÄNDIGENGUTACHTEN

Objekt

Evang.-luth. Kirche
Kirchenstraße 8
83098 Brannenburg

Art des Auftrags

Begutachtung der Bausubstanz im Umfeld
des zu sanierenden süd-westlichen Kirchen-
fensters, sowie Feststellung von Schäden an
den Außenwänden der Kirche

Auftraggeber

Pfarrer Matthias Jokisch
Kirchenstraße 6

83098 Brannenburg

Inhaltsverzeichnis

	<i>Seite</i>
1. Allgemeine Angaben	3
1.1 Auftrag	
1.2 Gegenstand des Auftrages	
1.3 Unterlagen	
1.4 Ortsbesichtigung	
1.5 Begründung des Gutachtens	
2. Feststellungen und Dokumentation des am 05.10.2007 vorgefundenen Bestandes	4 - 20
3. Beurteilung	21 - 22
4. Dringlichkeit einer Sanierung / Risikoabschätzung	22 - 24
5. Korrosionsschutz	24 - 26
6. Anforderungen bei Oberflächenschutz und Betonersatz	26 - 28
7. Prüfverfahren	29 - 30
8. Vorbereitung des Untergrunds für eine Sanierung	31 - 34
9. Anforderungen an den Stahl	34 - 35
10. Instandsetzen	35 - 36
11. Zusammenfassung	36 - 37

1. Allgemeine Angaben

1.1 Auftrag

1.1.1 Auftraggeber

Pfarrer Matthias Jokisch
Kirchenstraße 6

83098 Brannenburg

1.1.2 Auftragserteilung

Die Erteilung des Auftrages erfolgte telefonisch von Herrn Pfarrer Jokisch am 05. 10. 2007. Die Abrechnung erfolgt zum vereinbarten Festpreis.

1.2 Gegenstand des Auftrages

Gegenstand des Auftrages und damit Inhalt des vorgelegten Privatgutachtens sind die Feststellungen der Ortsbesichtigung. Angaben zu möglichen Schadensursachen und deren Sanierung werden aufgezeigt.

Nicht Gegenstand des Gutachtens ist eine rechtliche Bewertung oder Rechtsberatung.

1.3 Unterlagen

Unterlagen, Pläne und Detailzeichnungen über das bestehende Kirchengebäude liegen dem Verfasser nicht vor.

1.4 Ortsbesichtigung

Am 05.10.2007 wurde vom Sachverständigen in der Zeit von 8.0 Uhr bis 9.30 Uhr im Beisein der beauftragten Architekten, Frau und Herr Krose, Brannenburg, eine Ortsbesichtigung durchgeführt.

1.5 Begründung des Gutachtens

Das in der süd-westlichen Außenwand der Kirche vorhandene obere Fenster hat eine Vielzahl gebrochener Glasscheiben sowie stark korrodierte Metalleinfassungen. Es ist beabsichtigt die Schäden am Fenster durch eine Sanierung zu beseitigen und außen eine zusätzliche neue Verglasung vorzusetzen.

Die am 05. 10. 2007 vor Ort durchgeführte Besprechung erfolgte mit dem Ziel mögliche statische Ausführungen für eine Sanierung zu besprechen.

Im Zuge der Besichtigung vor Ort wurden an den Außenwänden der Kirche vom Verfasser weitere Schäden festgestellt. Diese visuell festgestellten Schäden werden in diesem Gutachten dokumentiert und für die weitere Vorgehensweise als Entscheidungshilfe vorgelegt.

2. Feststellungen und Dokumentation des am 05. 10. 2007 vorgefundenen Bestandes

Bild Nr. 1 zeigt die süd-westliche Außenwand der Kirche mit dem Hauptfenster.

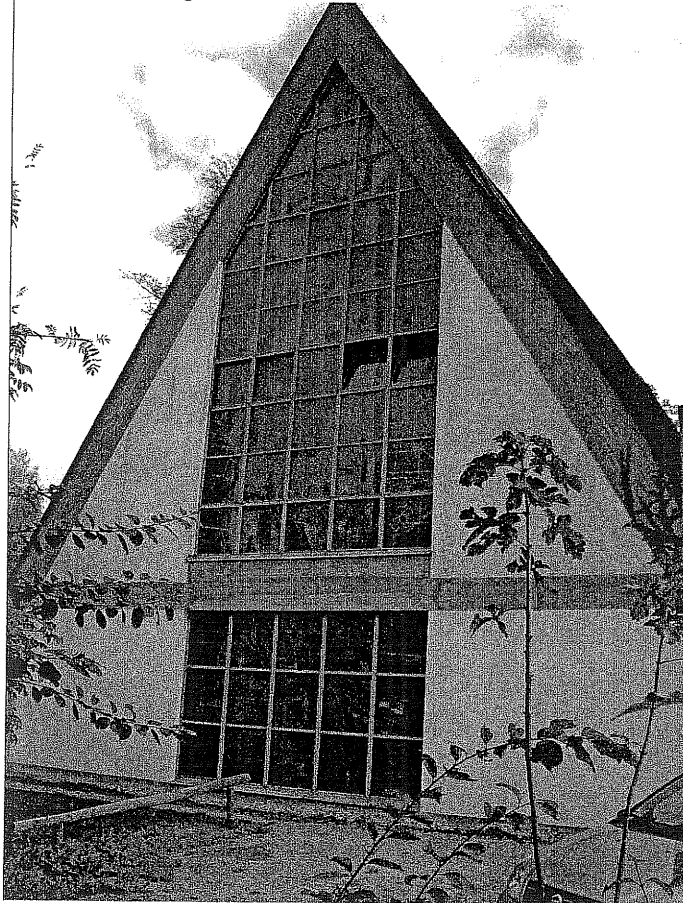


Bild 1

Bild 2 Zeigt vergrößert den mittleren Abschnitt des Sichtbetongurts.

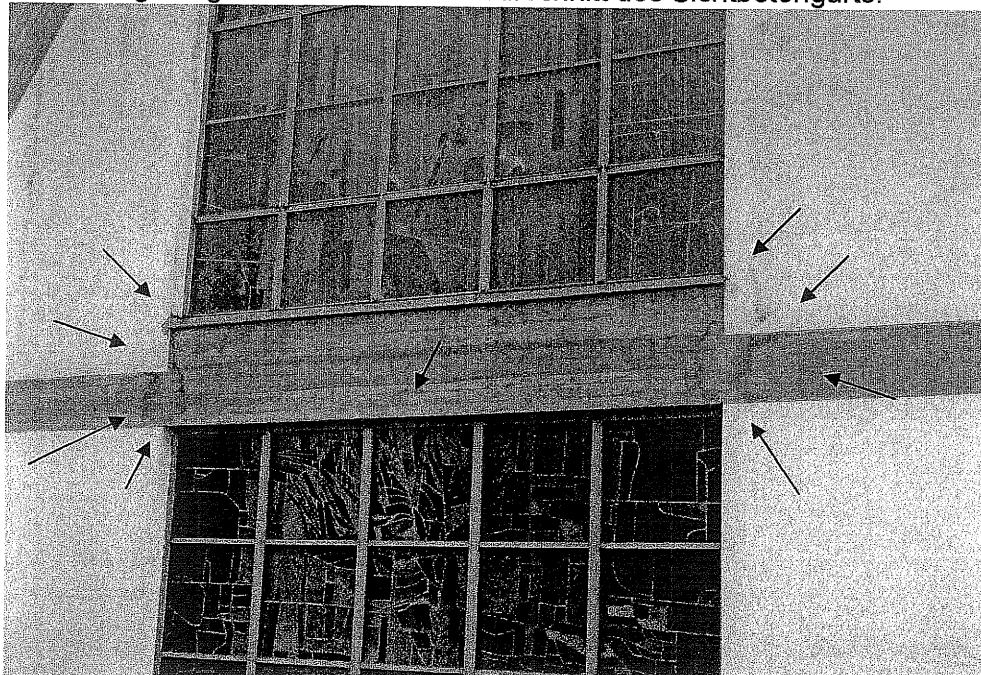


Bild 2

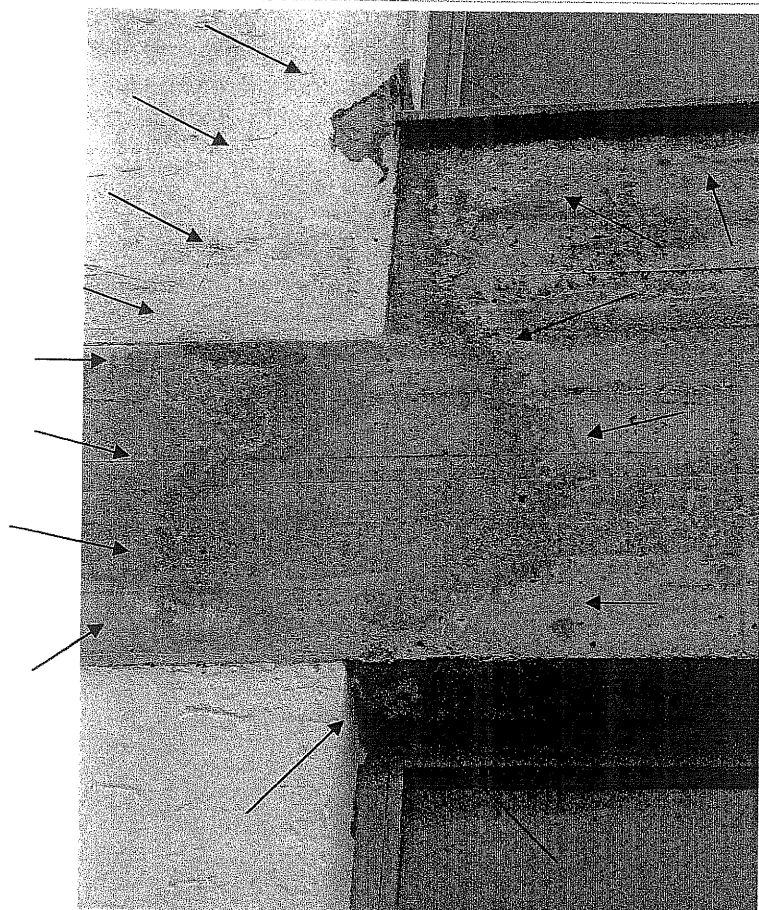


Bild 3

Detail Betongurt Fenster links (Bild 3) und Fenster rechts (Bild 4)

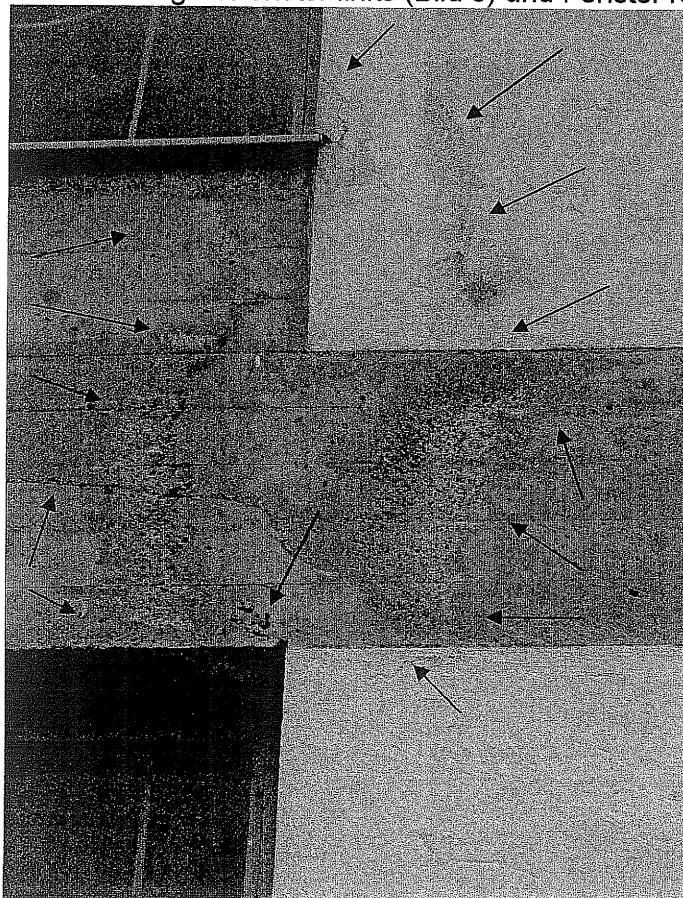


Bild 4

Bild 5: Vergrößerung des Betongurts von Bild 4 mit Betonnestern, freiliegendem Bewehrungsseisen, weißen Feuchterändern sowie feine Risse. Das Bewehrungsseisen (Schubbügel, Detail siehe Bild 6) ist korrodiert.

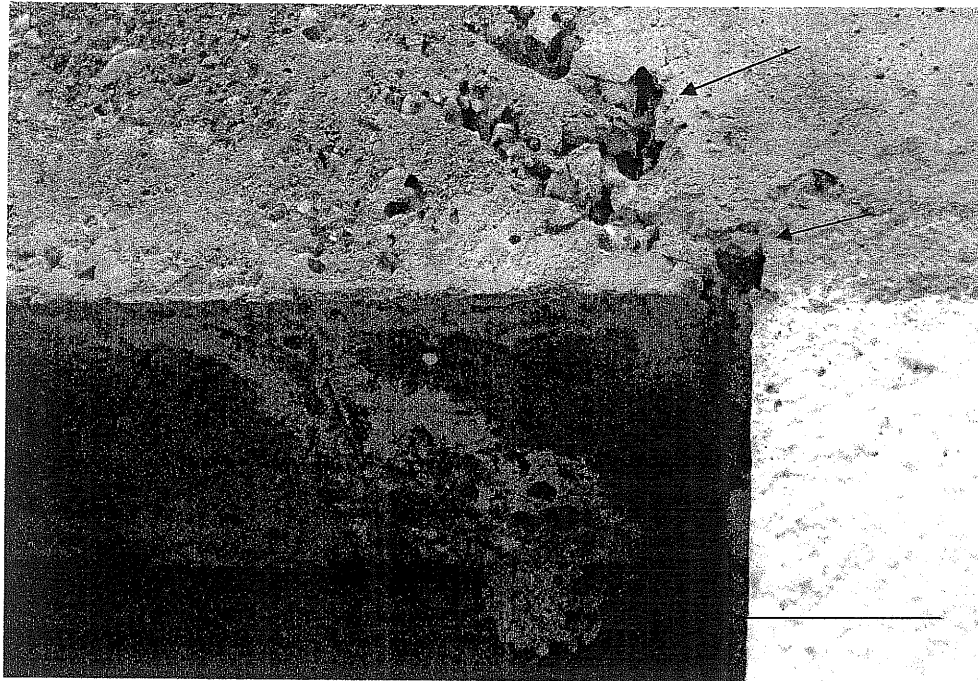


Bild 5

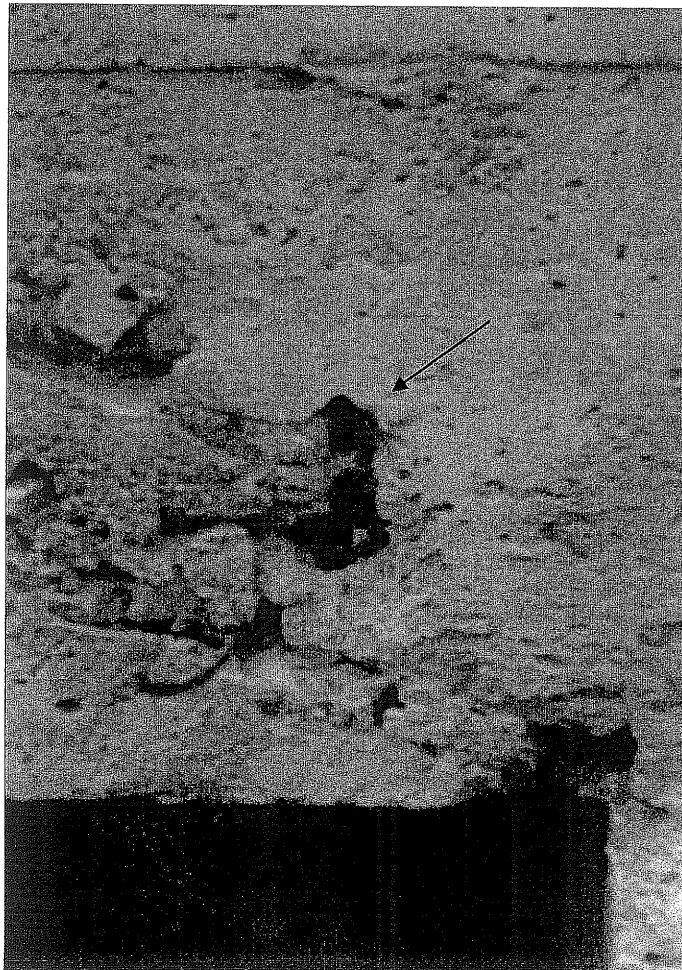


Bild 6

Die Betonüberdeckung seitlich des freiliegenden Eisens beträgt nur ca. 5 mm (Bild 7).

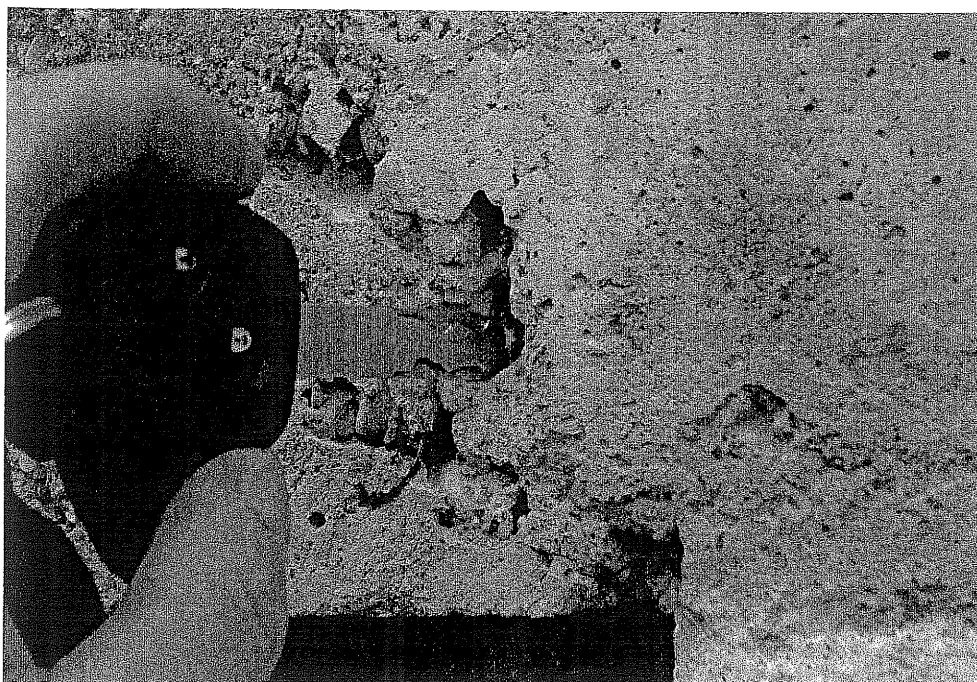


Bild 7

Die Feinbestandteile der Sichtbetonoberfläche sind teilweise ausgeschwemmt.

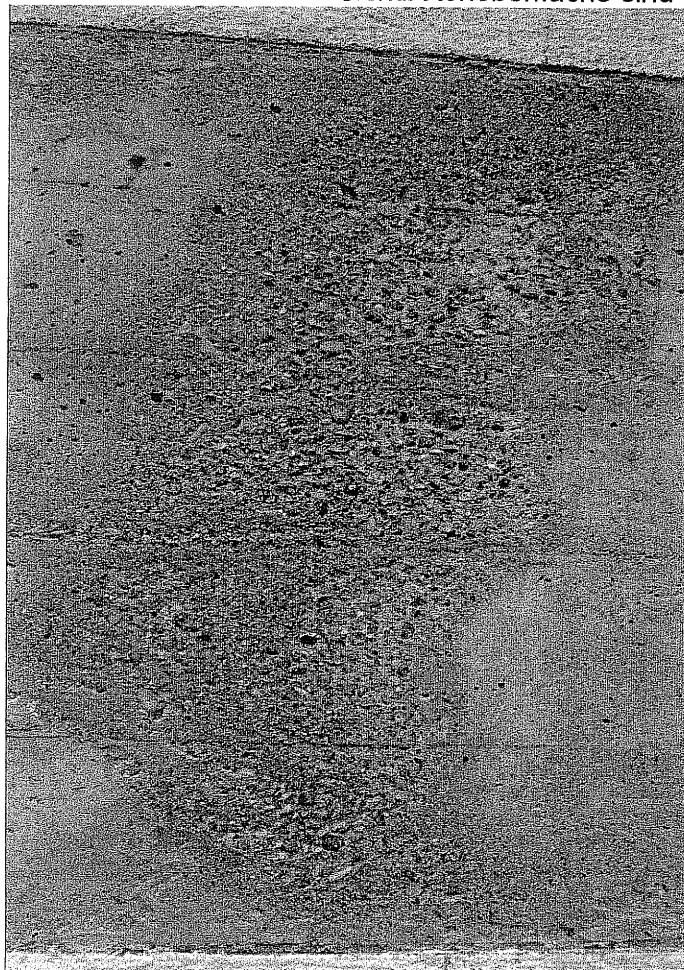


Bild 8

Vereinzelt liegen auf der Oberfläche des Sichtbetons einbetonierte Abstandhalter aus Kunststoff frei (Bild 9).



Bild 9

Die Bilder 9 und 10 zeigen zusätzlich Ausschwemmungen der Feinbestandteile auf der Oberfläche des Sichtbetons. Diese sind auf dem Bild 10 sehr ausgeprägt.



Bild 10

Das Bild 11 zeigt den Anschluss des Fensterbleches über dem Betongurt auf der linken Wandseite. Es ist folgender Aufbau von außen nach innen vorhanden: Fassadenputz – Dreischichtenplatte – Betonstütze – Innenputz.

Das Blech war knirsch, ohne Möglichkeit der Temperatúrausdehnung, an die Laibung gemörtelt. Feuchte und Nässe gelangen über Risse in das Innere und durchfechten dort den Wandputz. Der Putz löst sich innen an diesen Stellen vom Untergrund ab.

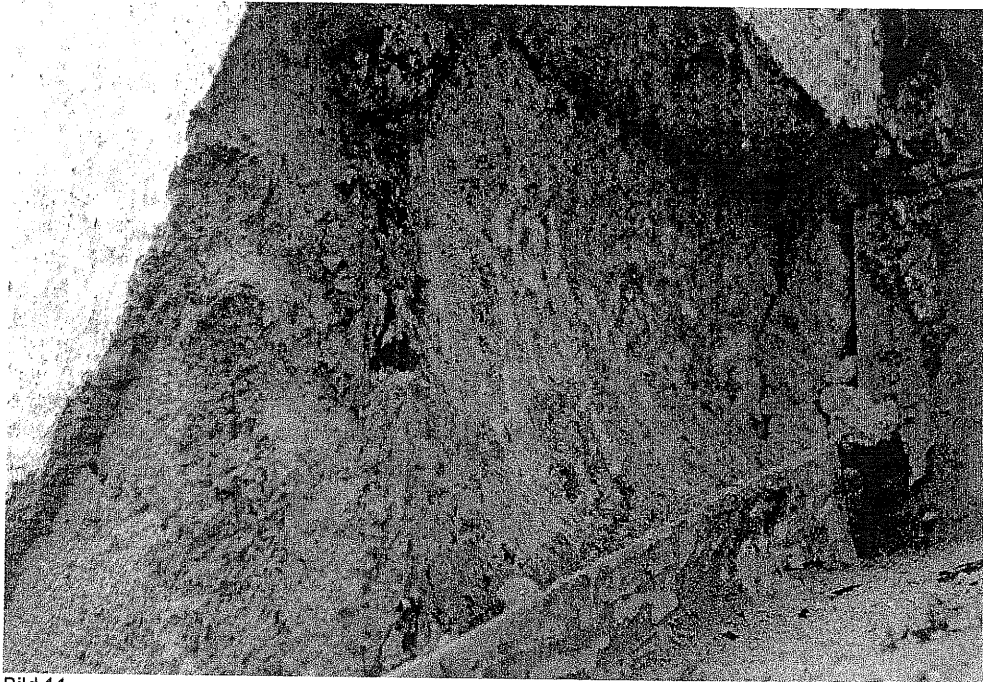


Bild 11

Bild 12 zeigt das Zusammentreffen der Sichtbetonbauteile auf der linken Seite der Fassade. Die beiden Pfeile zeigen in die Richtung der Detailaufnahme von Bild 13.

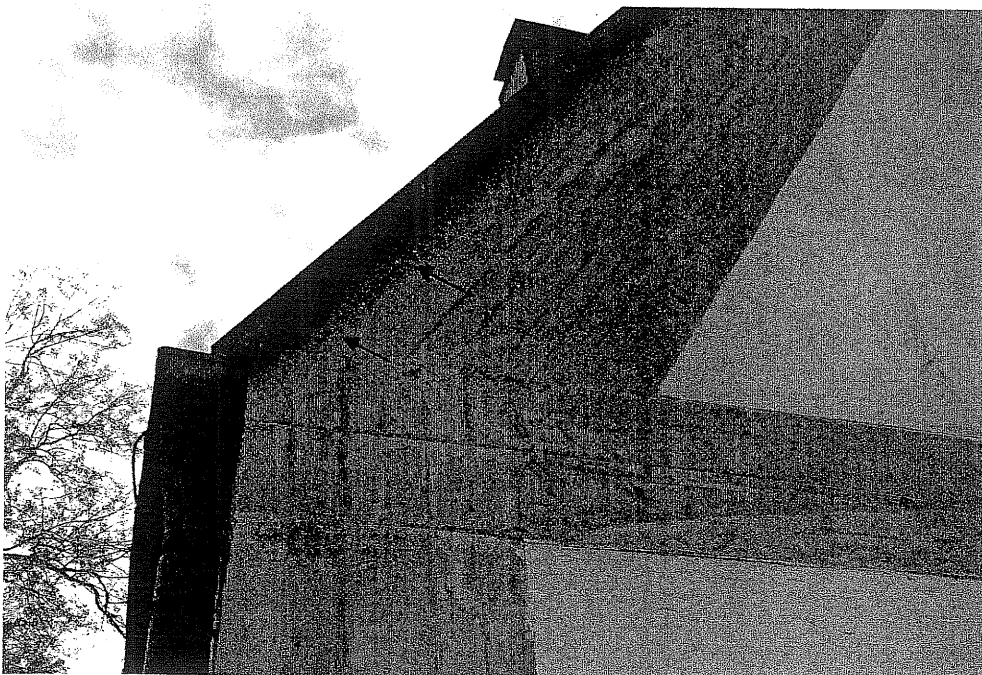


Bild 12

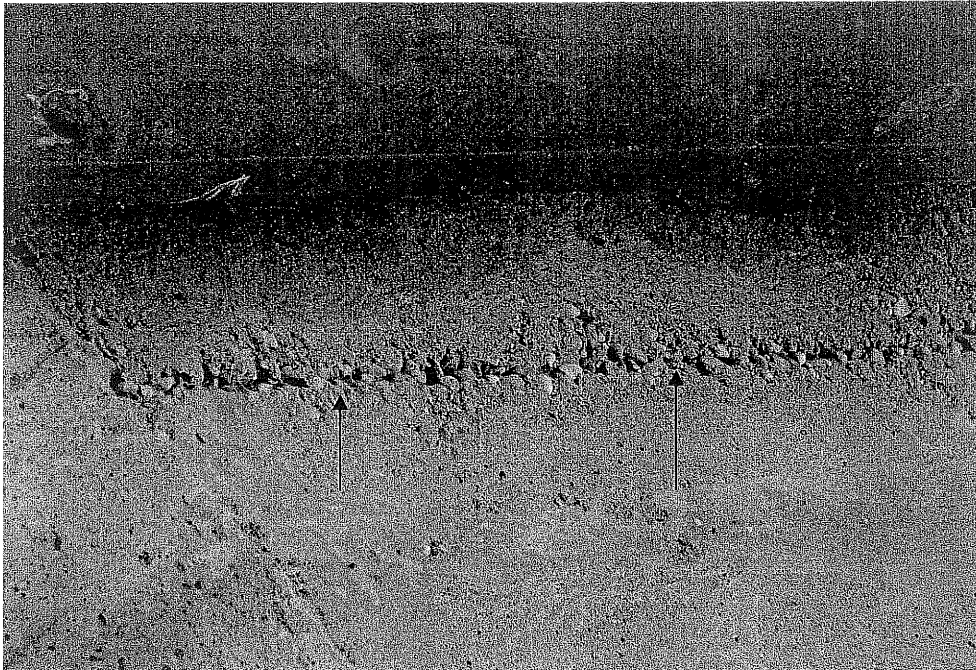


Bild 13

Bild 14 zeigt den Übergang der geputzten Wandflächen zum Sichtbeton. Im Bereich des Materialwechsels sind waagrechte Risse vorhanden. Es sind keine Tropfnasen ausgeführt. Wasser kann in die Unterkonstruktion gelangen.

Als Folge von geringer Betonüberdeckung auf Bewehrungsseisen ist eine kleinere Rostfahne vorhanden.

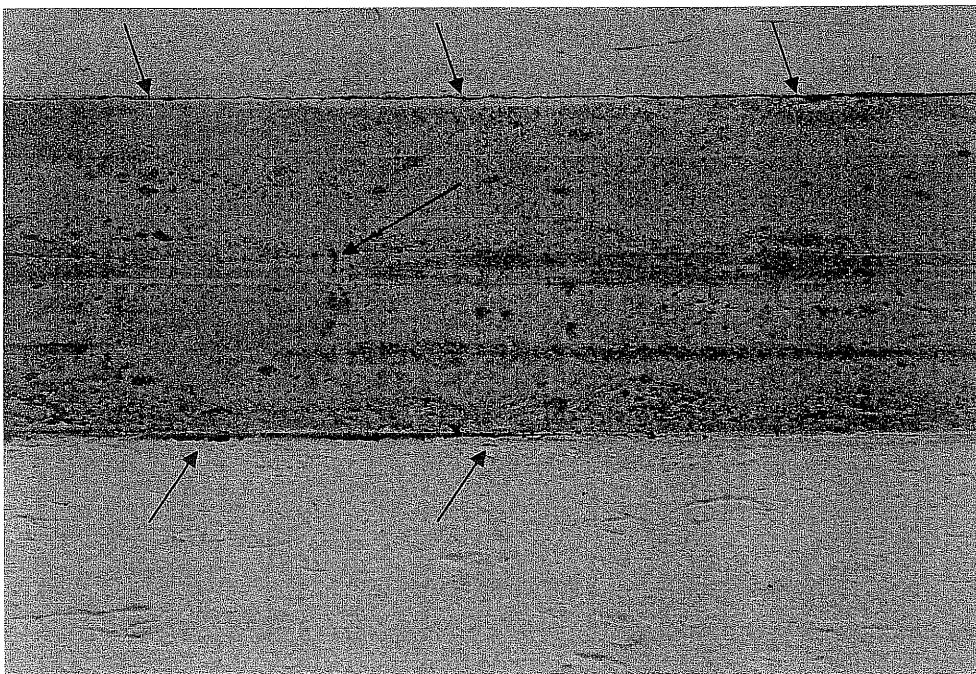


Bild 14

Der umlaufende Sichtbetonsockel ist stark verfärbt (weiße und dunkle Verfärbungen).



Bild 15

Zwischen Sichtbeton und dem verputzten Mauerwerk ist ein lotrechter Riss, Breite ca. 0,90 mm i. M. vorhanden (Bild 16).

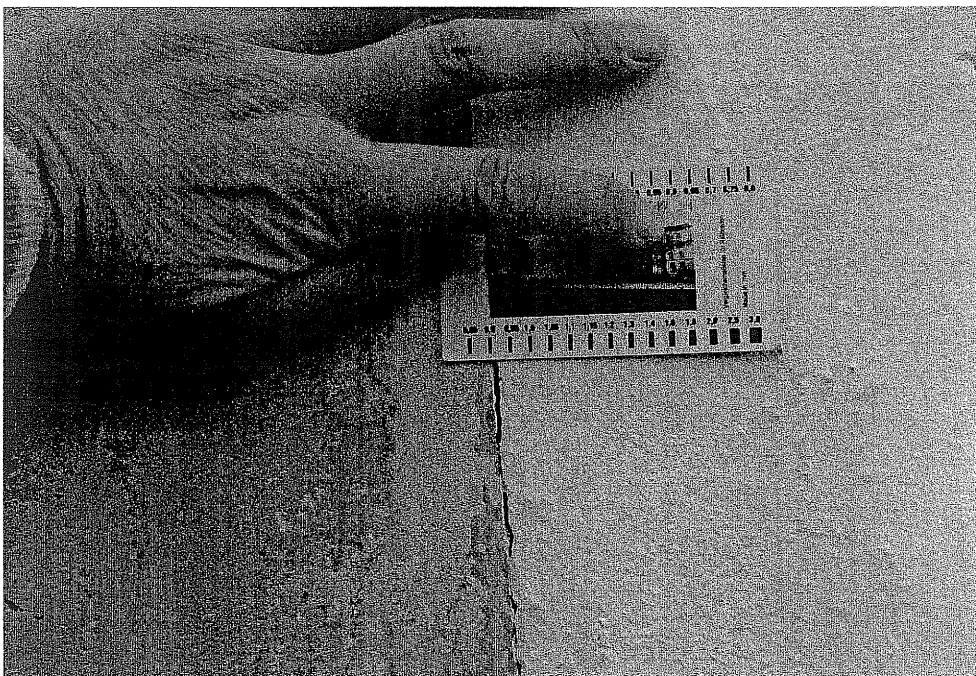


Bild 16

Feinere Putzrisse mit Rissweiten von 0,10 mm bis 0,15 mm sind am Übergang der lotrechten Betonstütze zum Mauerwerk neben dem Fenster auf der rechten Wandoberfläche vorhanden (Bild 17). Diese werden als nicht kritisch eingestuft.

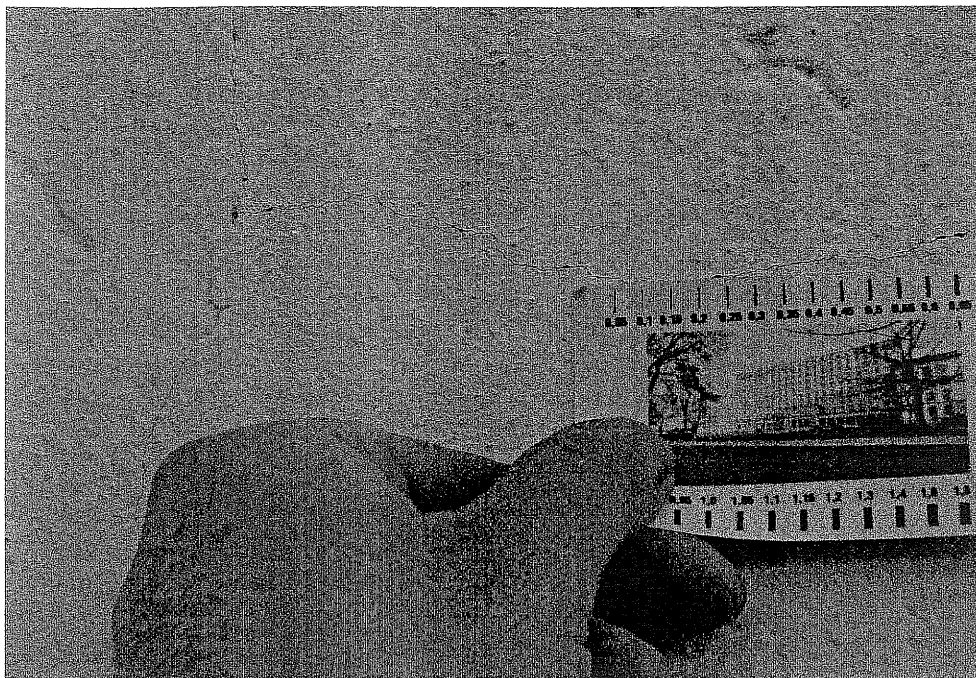


Bild 17

Abschluss des unteren Hauptfensters mit Fensterblech (Bild 18).

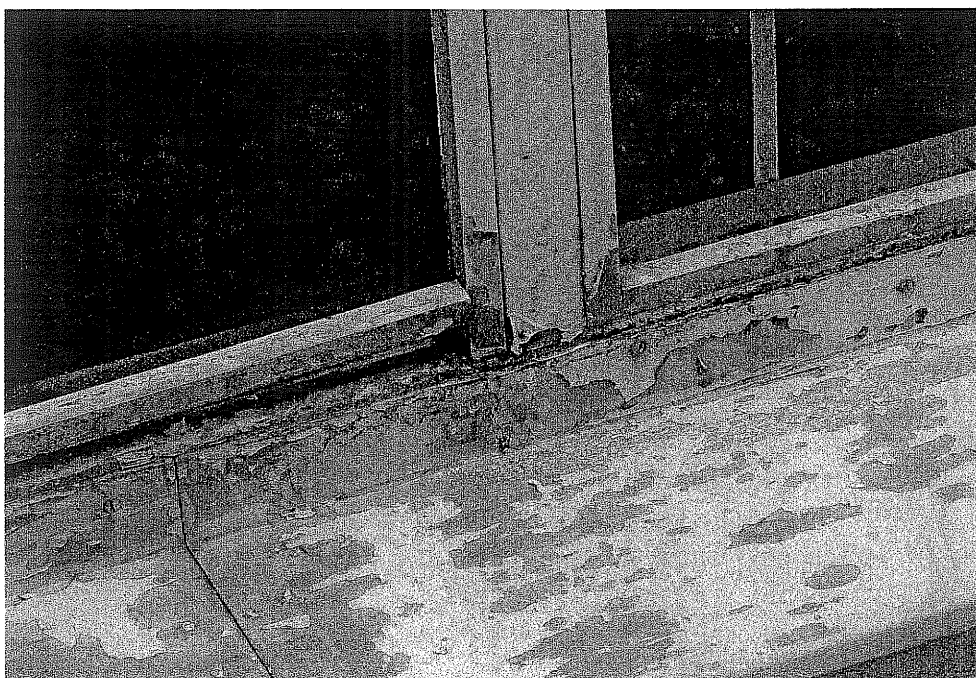


Bild 18

Starr eingeputztes Fensterblech auf der linken Seite. Schadensfrei sind keine Temperaturdehnungen möglich (Bild 19).

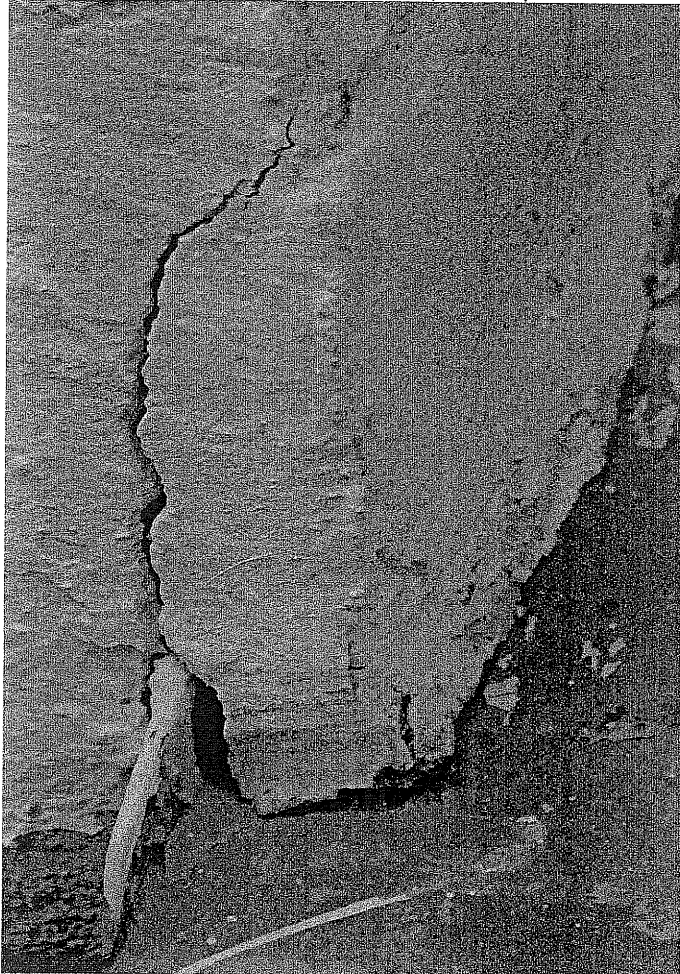


Bild 19

Eine sinnngemäße Ausführung ist auf der rechten Seite vorhanden (Bild 20).

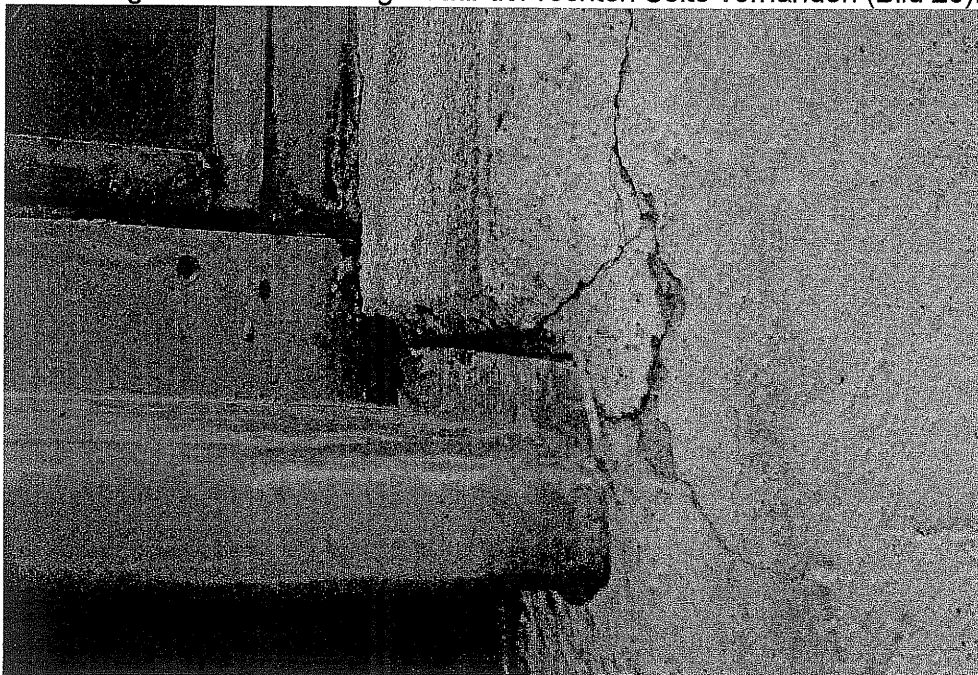


Bild 20

Ansicht der nord-westlichen Fassade, Lage parallel zum Kirchbach (Bild 21).

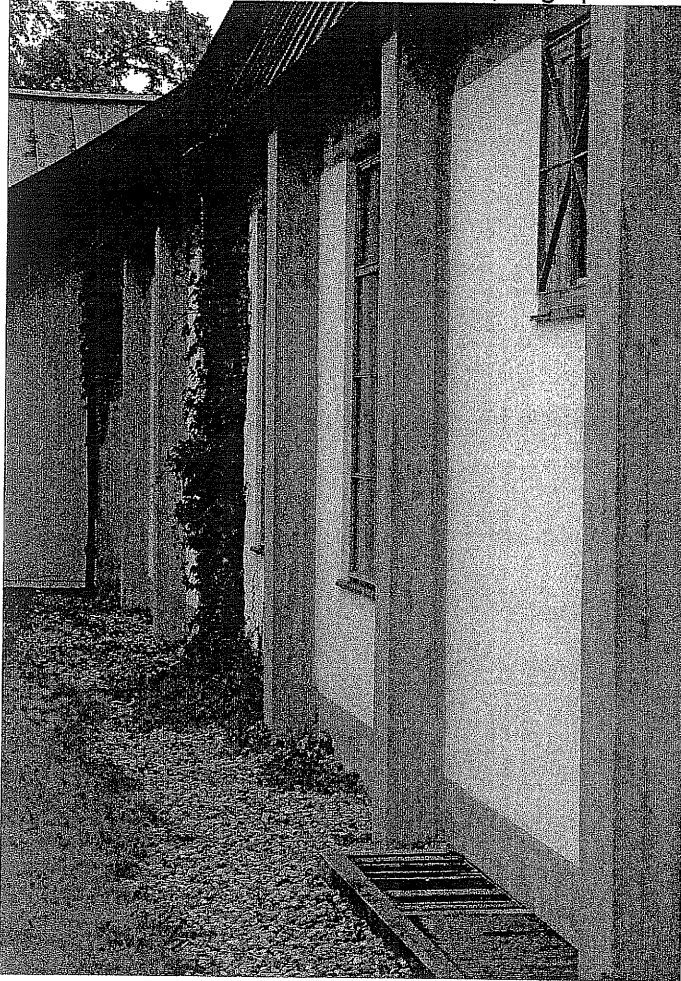


Bild 21

Der vorderste Sichtbetonsturz (Bild 22) wurde zurückliegend einer Betonkosmetik unterzogen. Die Gründe dafür sind nicht bekannt (Mögliche Ursachen: Schlechte Qualität bei der Herstellung oder spätere Schäden).

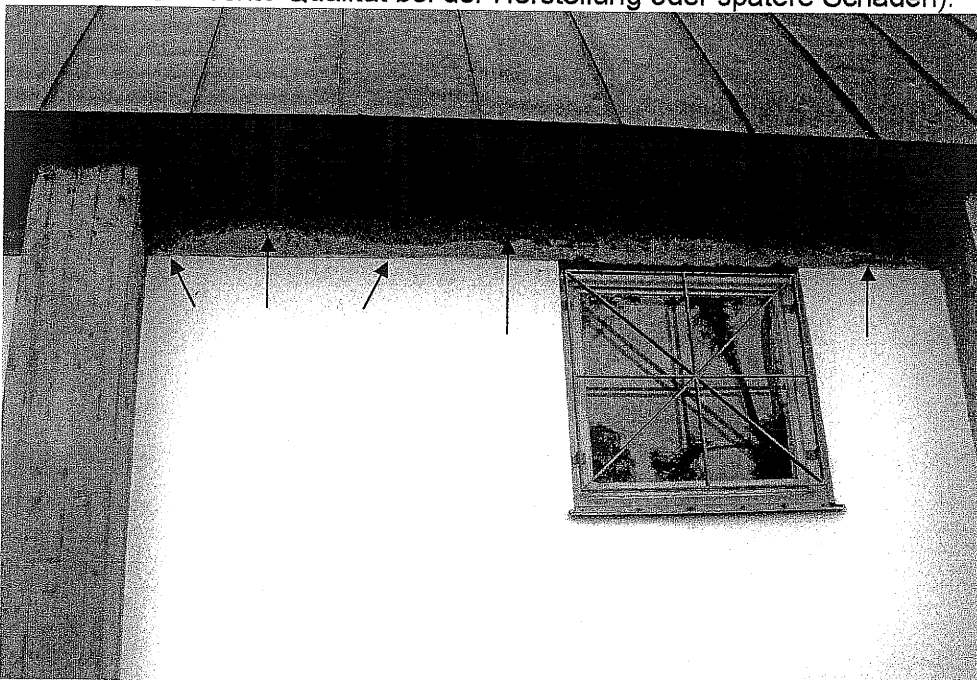


Bild 22

Bild 23 zeigt die Ausführung eines Fensters in dieser Fassade.

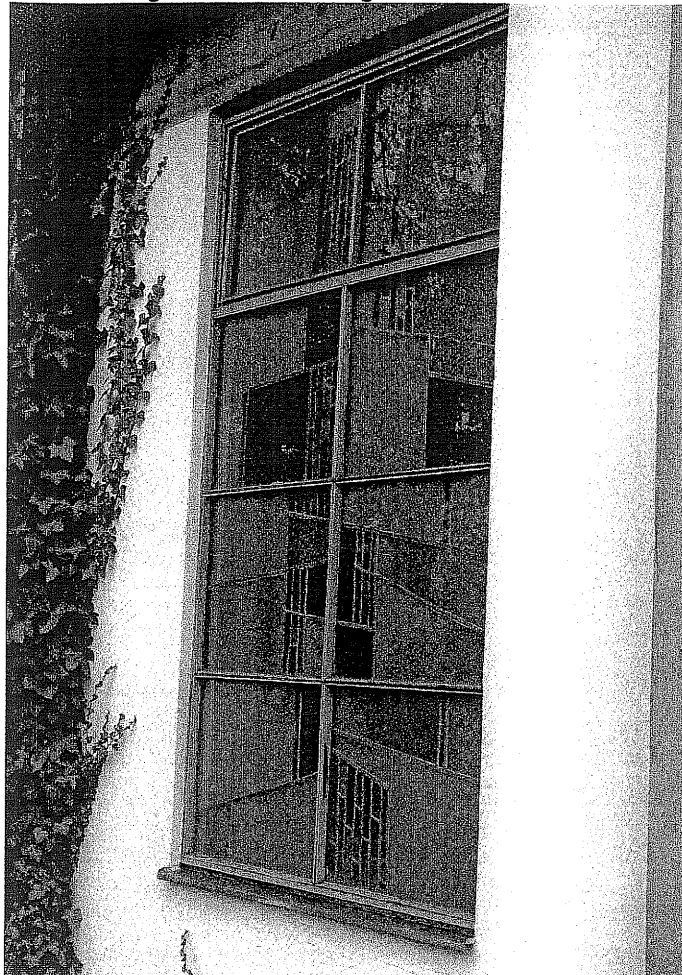


Bild 23

Die Stöße der einzelnen Fensterrahmen sind nicht verdeckt ausgeführt, die Metallprofile sind in den Kontaktzonen stark korrodiert (Bild 24).

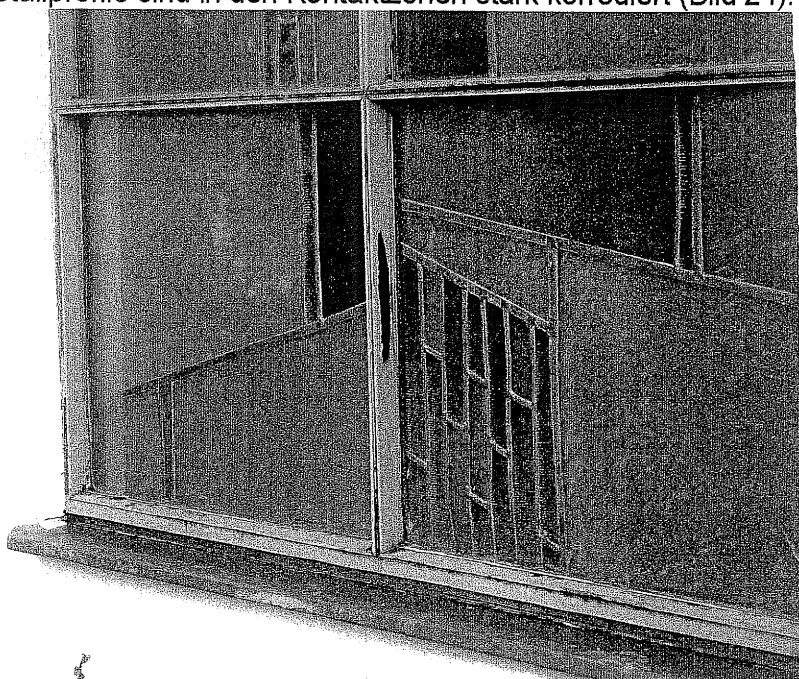


Bild 24

Mindestens eine der Betonsäulen (Bild 25) hat schräg nach unten, beginnend mit Unterkante der hölzernen Dachverschalung, eine starke dunkle Einfärbung (Prüfung auf Undichtigkeiten im Dach erforderlich).



Bild 25

Der Bodenbelag zwischen Kirche und Diakonie ist stark nach oben gewölbt.



Bild 26

Der Pfeil in Bild 26, Lage Richtung Betonsockel, zeigt auf ein korrodiertes Bewehrungsseisen ohne Betonüberdeckung (Bild 27).

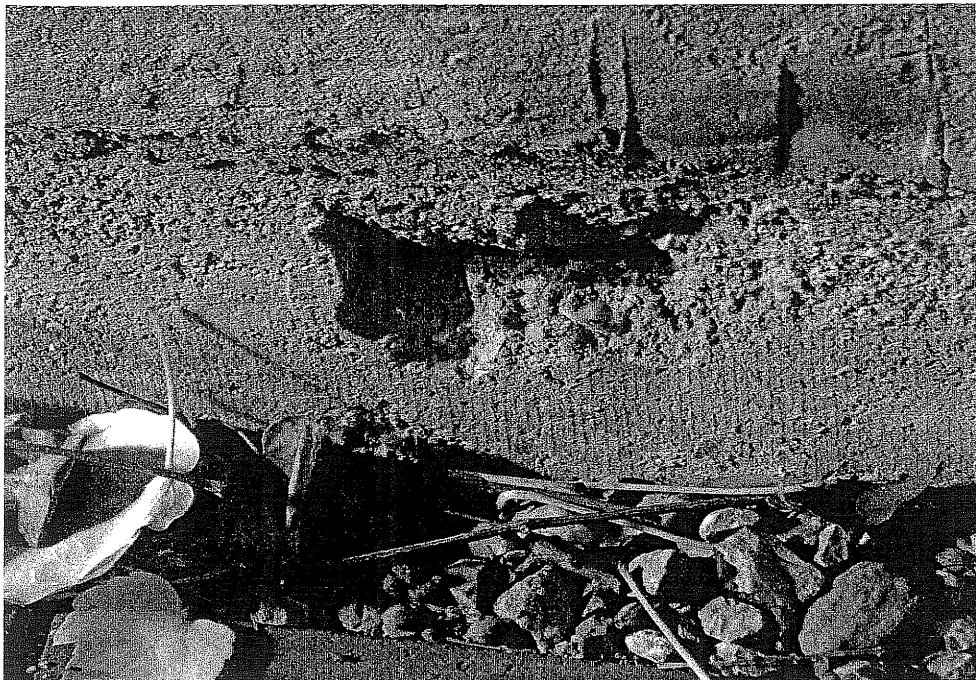


Bild 27

Weitere korrodierte Eisen liegen im Sockelbereich ungeschützt frei (Bild 28).



Bild 28

Rechts von der Regenrinne in Bild 26 lösen sich die äußeren Betonschichten ab. Hierbei könnte es sich um die Ergebnisse von Salzeinwirkungen handeln (Bild 29).



Bild 29

Das Bild 30 ist in der Aufnahme etwas unscharf. Bei der dunklen Kontur handelt es sich um ein korrodiertes Rahmeneisen eines Fensters.

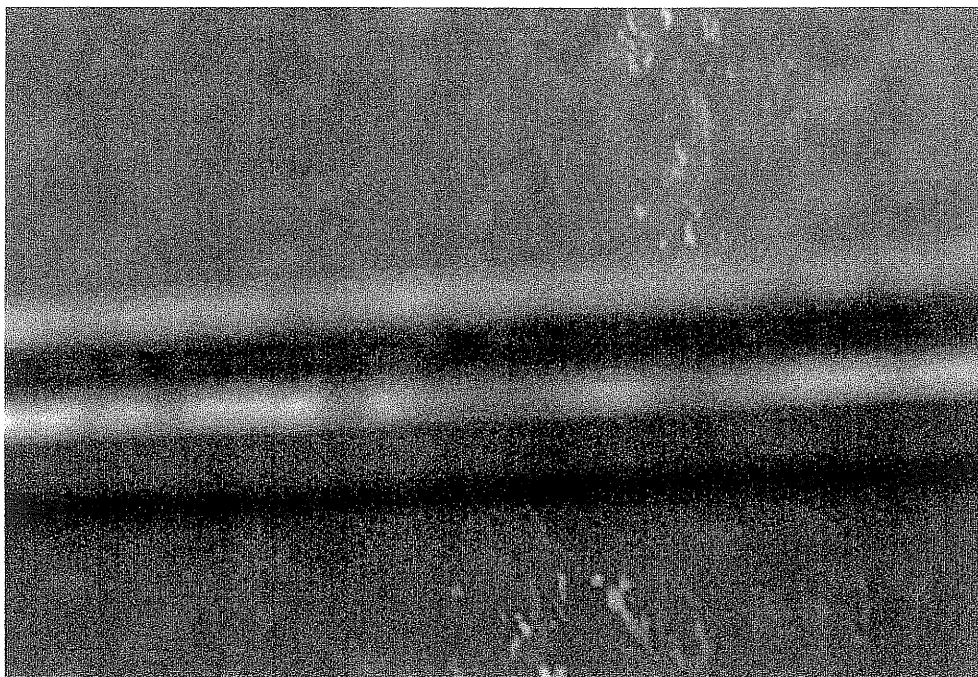


Bild 31

Bild 32 zeigt die an die Kirche angrenzende Sichtbetonwand.

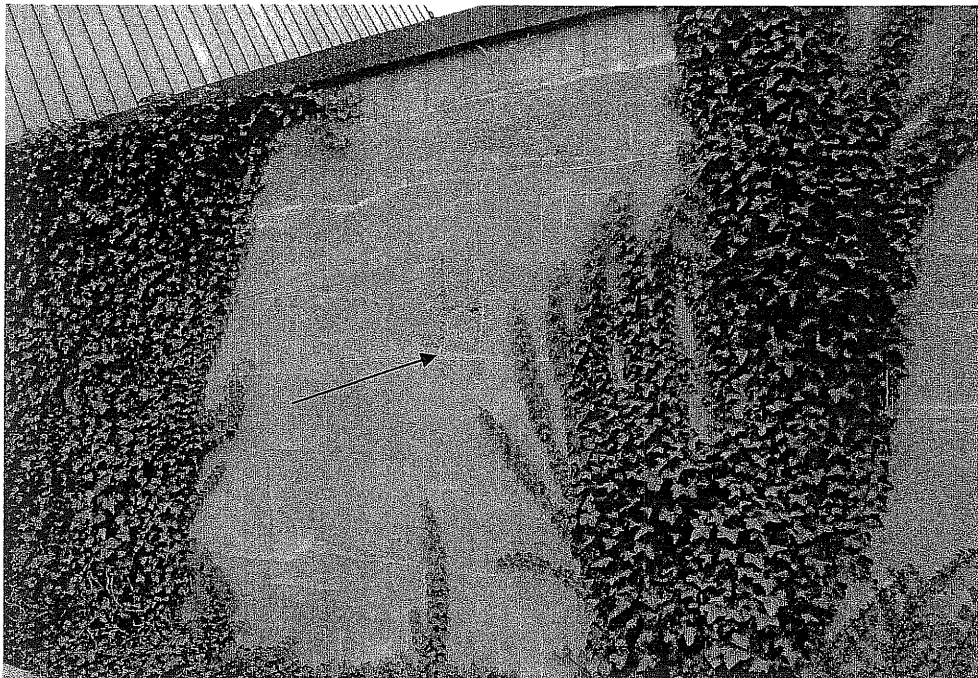


Bild 32

Das zugehörige Bild 33 ist eine Ausschnittsvergrößerung von der im Bild 32 mit einem Pfeil gekennzeichneten Stelle. Auch hier sind sinngemäße Aussandungen von Feinbestandteilen von der Sichtbetonoberfläche vorhanden.

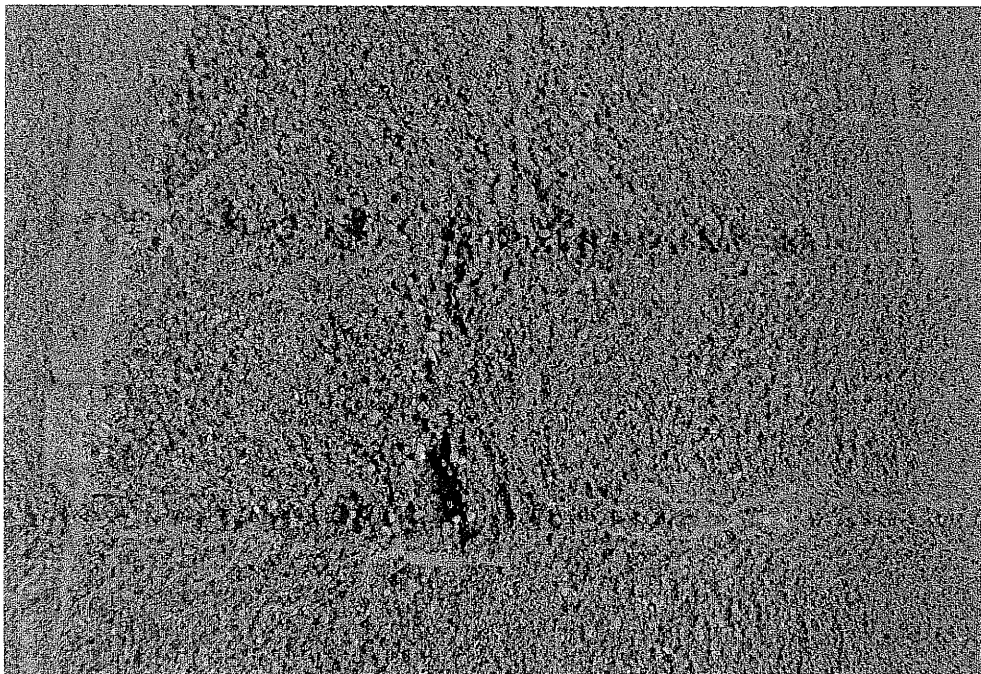


Bild 33

Weiter der Wand in Richtung Kirchenstraße folgend ist ein annähernd lotrechter Trennriss in der Wand vorhanden, Rissbreite außen ca. 0,80 bis 0,90 mm (Bild 34).

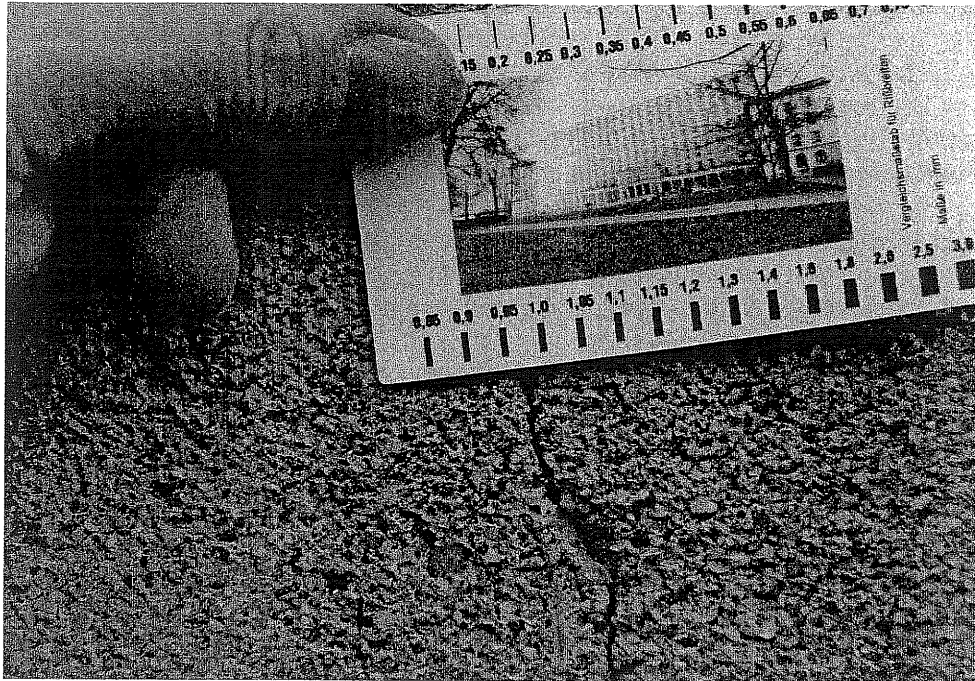


Bild 34

Die zugehörige Innenseite an dieser Wand hat eine Rissweite von ca. 0,15 mm (Bild 35). Eine rissbedingte Gefährdung der Standsicherheit ist zum Zeitpunkt der Besichtigung auszuschließen.

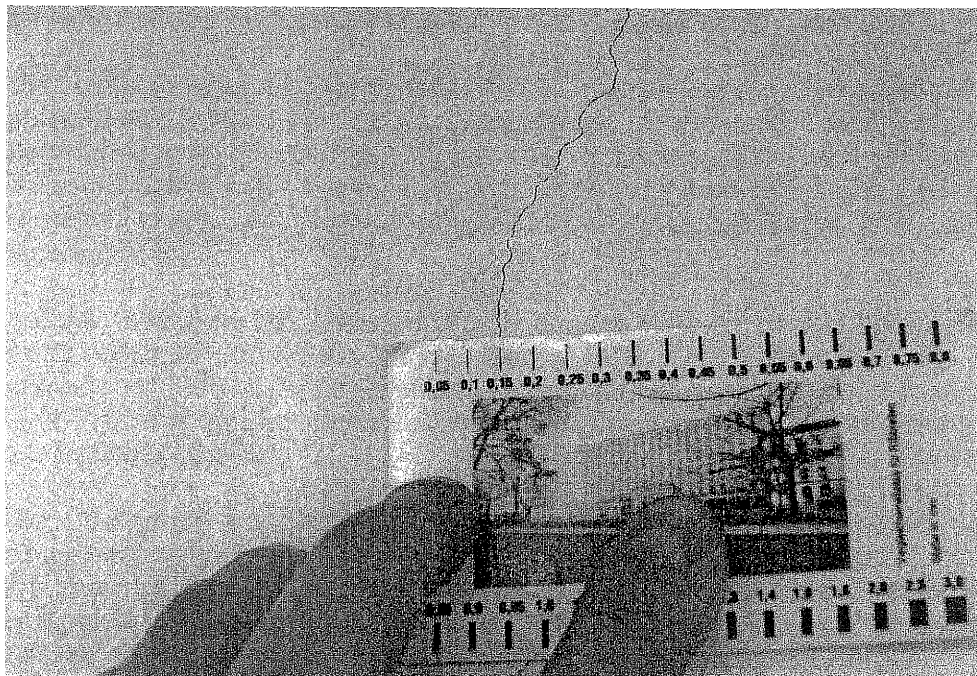


Bild 35

3.0

Beurteilung

Das zweigeteilte Hauptkirchenfenster ist kurzfristig sanierungsbedürftig, da im Bestand Glasbrüche und Korrosion der tragenden Stahlkonstruktion vorhanden sind. Die zugehörigen Fensterbleche sind unzutreffend eingebaut. Längenänderungen der Bleche infolge Temperatureinwirkung sind schadensfrei nicht möglich, da die Bleche knirsch ohne Bewegungsprofile eingeputzt wurden. In den unteren Ecken des oberen Hauptfensters wird Feuchte und Nässe dem Innenwandputz in Höhe Empore zugeführt. Der Innenputz ist hier geschädigt.

Die Oberflächenprüfung des Sichtbetons zeigt, dass die Betonüberdeckungen auf die eingebaute Bewehrung sehr gering oder punktuell nicht gegeben sind. Aus diesem Grund liegen bereichsweise einzelne Eisen ungeschützt frei und korrodieren.

Durch die geringe Betonüberdeckung besteht zusätzlich die Gefahr von Korrosion als Folge von Karbonatisierung. Eine Beprobung zur Bestimmung der vorhandenen Karbonatisierungstiefe ist zerstörungsfrei nicht möglich und wurde deshalb vor Ort bisher nicht durchgeführt. Der Prüfungsvorgang wird unter Punkt 4 beschrieben. Die Tiefe einer vorhandenen Karbonatisierung des Betons am Bestand ist für eine Beurteilung erforderlich.

An den Oberflächen des Sichtbetons sind in Teilbereichen die Feinbestandteile stark ausgeschwemmt. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Dauerhaftigkeit nicht mehr ausreichend gewährleistet ist. Dies ist der Fall, falls aufgrund der Hohlräume Bewehrungsstäbe frei liegen und so möglichen Angriffen von Feuchte, Gasen und Chloridionen ausgesetzt sind und somit beschleunigt korrodieren können. Sind Hohlräume miteinander verbunden und wasserführend, so können weitere Auswaschungen des Bindemittels zu fortschreitenden Festigkeitseinbußen und zu Frostschäden führen.

Die Unterseite des Sichtbetongurtes ist ohne Tropfnase ausgeführt. Die ablaufende Nässe folgt dem Verlauf der mehr oder weniger ebenen Betonunterseite des Gurtes. In den oberen Fensterecken sind Gefälle nach innen in Richtung der Fugen zwischen Glas und Wand vorhanden (Gefahr der Hinterläufigkeit). Eine funktionsfähige Abdichtung dieser Fugen ist visuell nicht feststellbar.

Auf der Unterseite des Betongurtes ist in dessen Mitte eine nachträglich sanierte Ausbruchstelle vorhanden. Unmittelbar vor der Glasscheibe liegt ein Stück korrodierter Flachstahl ungeschützt frei. Es ist zu vermuten, dass es sich um eine Flachstahllasche zur horizontalen Halterung des unteren Kirchenfensters am Betongurt handelt.

Die Übergänge zwischen geputzten Wandflächen und den Sichtbetonflächen sind eben ausgeführt. Zwischen beiden Flächen haben sich Risse (Breite bis 0,9 mm) eingestellt. Feuchte und Nässe können somit in tiefere Schichten gelangen (Hinterläufigkeit) und zu Folgeschäden führen. Durchfeuchtete Flächen können auch durch Frosteinwirkung weiter geschädigt werden.

Der deutlich nach oben gewölbte Bodenbelag im Durchgang zur Diakonie sollte zur Vermeidung von Unfällen ausgebaut und waagrecht neu eingebaut werden.

Es wird empfohlen, die im Abschnitt 2 aufgezeigten Punkte vor der geplanten Sanierung der Kirchenfenster mit den verantwortlichen Stellen aus wirtschaftlicher Sicht zu besprechen und zu bewerten, sowie ggf. die Notwendigkeit und den Ablauf von zusätzlichen Bausanierungen zu diskutieren und festzulegen. Eine zeitlich zur Sanierung der Kirchenfenster versetzte Sichtbetonsanierung erfordert umfangreiche Schutzmaßnahmen am Bestand. Hierbei sind vorhandene z. B. die Fenster zum Schutz vor sanierungstechnisch bedingten Schäden vorsorglich (erneut) auszubauen.

Sofern finanzielle Mittel für eine zeitgleiche Sanierung der Kirchenfenster und der Sichtbetonflächen bereitgestellt werden könnten, wird vom Verfasser empfohlen, aus Gründen einer Kostenminderung gegenüber einer zeitversetzten und gesonderten Betonsanierung die notwendigen Maßnahmen für den Bauwerksunterhalt vorzuziehen und gemeinsam durchzuführen.

Die Schaffung einer nach dem Stand der Technik notwendigen Mindestbetonüberdeckung am Sichtbeton erfordert zusätzlich eine Angleichung der angrenzenden, derzeit geputzten Wandflächen an derart durch Betonsanierung verbreiterten Sichtbetonflächen.

4. Dringlichkeit einer Sanierung / Risikoabschätzung

4.1 Karbonatisierung

Eine Sanierung von durch Karbonatisierung geschädigtem Sichtbeton sollte nicht unbegründet hinausgezögert werden. Eine Aufschiebung von notwendigen Sanierungsmaßnahmen erhöht das Versagensrisiko in der Bausubstanz, führt zu weiteren Schäden und letztlich zu noch höheren Reparaturkosten.

Zur Bestimmung der Karbonatisierungsfront (Karbonatisierungstiefe) ist jeweils ein Stück Beton, ca 2,0 cm bis 3,0 cm tief, abzuschlagen. Die so neu geschaffene Betonoberfläche am Bestand ist mit einer 1%-igen Phenolphthaleinlösung einzusprühen. Dies ist ein schnell reagierender chemischer Indikator, der bei Rot-Violett-Färbung eine ausreichende Alkalität des Betons anzeigt. Mit ausreichender Alkalität kann der Beton die einbetonierten Bewehrungseisen vor Korrosion schützen. Erfolgt nur eine kaum wahrnehmbare oder keine Verfärbung der frischen Betonbruchfläche, ist der Beton karbonatisiert.

Durch den Eintrag von Schadstoffen und Nässe über einen längeren Zeitraum (Jahre) in den Stahlbeton kann die einbetonierte Bewehrung durch Korrosion geschädigt werden.

Die vorhandenen geringen Betonüberdeckungen auf die Bewehrungseisen sind bei Karbonatisierung großflächig nicht in der Lage die Bewehrung vor Korrosion zu schützen.

Korrosionsschäden werden zusätzlich durch unzureichende Betonüberdeckungen auf die Bewehrungseisen bei der Ausführung begünstigt.

Die Korrosion von Bewehrungseisen führt zu einer Vergrößerung des Volumens, wodurch die Betonüberdeckung lokal abgesprengt wird und der Korrosionsvorgang weiter beschleunigt wird.

Der Ablauf der Korrosion bei einbetonierten Stählen geht wie folgt vor sich:

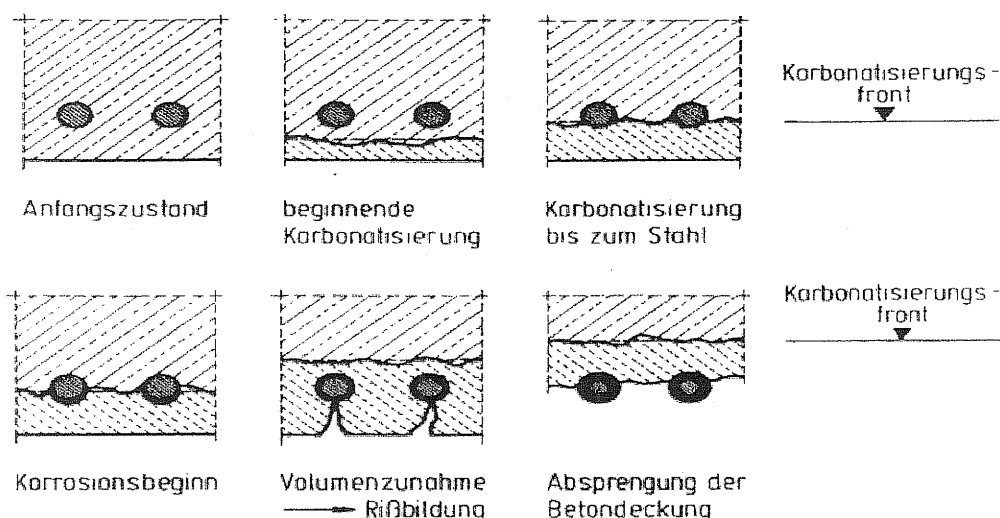


Bild 36

Zugehöriges Schädigungsschema in Abhängigkeit der Zeit:

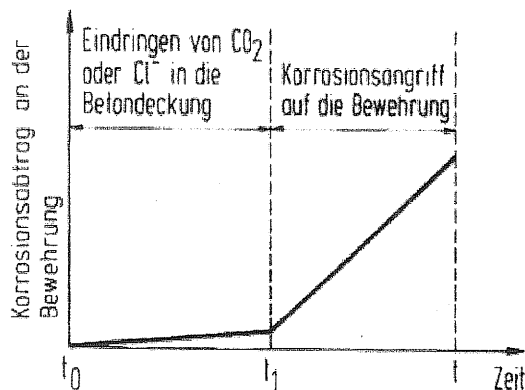


Bild 1.5: Schädigungsschema für die Korrosion von Stahl in Beton: Vom Zeitpunkt des Baus t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 - an dem die Karbonatisierung oder die Chloride den Stahl erreichen - ist kaum ein Korrosionsabtrag feststellbar, danach beginnt eine beschleunigte Korrosion (aus [1.17] nach [1.19])

Bild 37

Die zerstörten und im Querschnitt verminderten Bewehrungsseisen sind durch Einbau von Zulagen gemäß den Anforderungen in der statischen Berechnung des Bestandes funktionsfähig zu ergänzen. Soweit keine Statik mehr vorlegt, müssen vorhandene ungeschädigte Bewehrungsstäbe neu aufgenommen oder ggf. statisch nachgewiesen werden, damit der Einbau der erforderlichen statischen Mindestbewehrung sichergestellt ist bzw. wird.

An der korrodierten Bewehrung ist der Rost zu entfernen. Die Rauigkeit der Verbundflächen und die Entfernung loser Teile kann großflächig durch Sandstrahlen oder Hochdruckwasserstrahlen erreicht werden. Abgesprengte und sandgestrahlte Betonquerschnitte können z. B. mit Spritzbeton tragfähig ergänzt werden. Nur kleinflächige Schadstellen sollten durch lokales Abstemmen und Reprofilierung saniert werden (Bild 38).

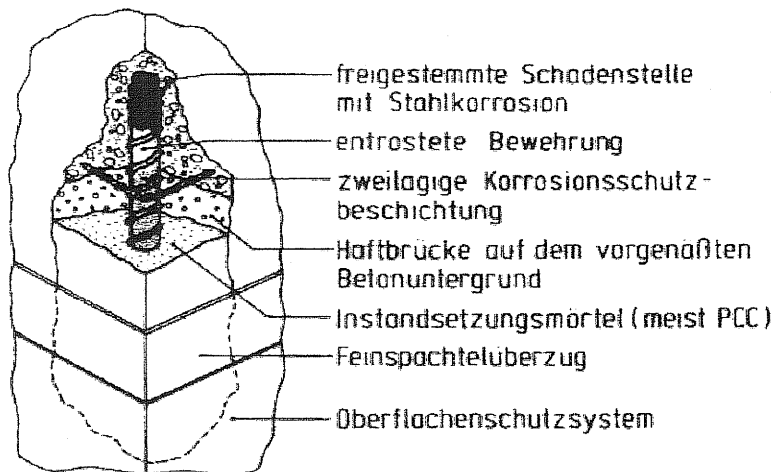


Bild 38

Eine zutreffende und erfolgsorientierte Sanierung kann nach dem SIVV – Handbuch, Herausgegeben vom *Ausbildungsbeirat Verarbeiten von Kunststoffen im Betonbau beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein e. V.* geplant und durchgeführt werden. Es ist von Vorteil, falls die Mitarbeiter der ausführenden Firmen entsprechende Schulungsnachweise besitzen (SIVV – Schein). Ergänzende Angaben liefert auch die DAFStb – Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie).

5.0 Korrosionsschutz

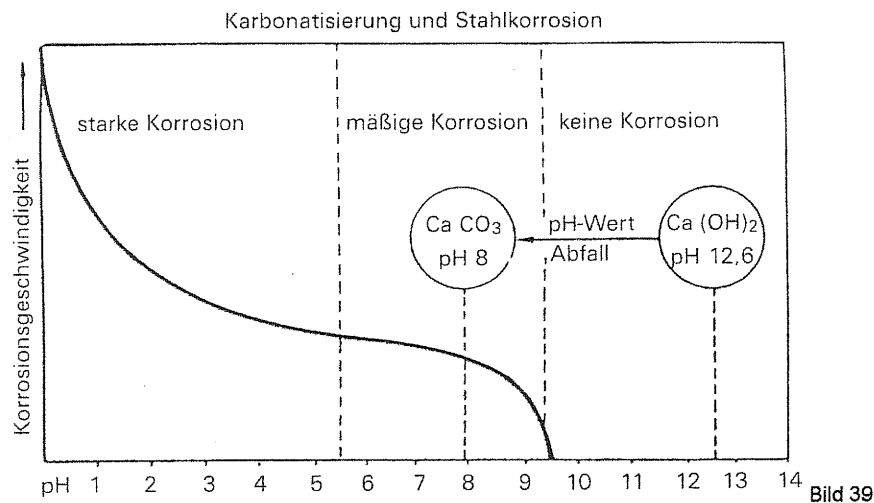
5.1 Sauerstoffkorrosion

Der Korrosionsschutz, den der Beton der Bewehrung bietet, beruht auf der hohen Alkalität des Zementsteins (pH-Wert 9,5 bis 13,5). Auf dem Stahl bildet sich eine sehr dünne, lückenlose Deckschicht aus Eisenoxid, die so genannte Passivschicht, welche durch die hohe Alkalität des Zementsteins stabilisiert wird.

Diese Passivschicht verliert ihre Stabilität, wenn das Kohlendioxid der Luft die Porenlösung im Zementstein neutralisiert.

Liegt der Stahl im karbonatisierten Bereich (z. B. bei zu dünner Betonüberdeckung), kommt es unter Einfluss von Wasser und Sauerstoff zur Korrosion der Bewehrung, wobei sich Eisen und Sauerstoff zu Eisenoxiden verbinden. Diese Eisenoxide nehmen ein größeres Volumen (zwei- bis dreifach) als der Stahl ein und üben so einen erheblichen Druck auf die Betondeckung aus, der zu ihrem Abplatzen führen kann.

Das nachfolgende Bild zeigt den Zusammenhang zwischen Korrosions-Geschwindigkeit der Bewehrung in Abhängigkeit vom pH-Wert.



Man erkennt in Bild 39, dass die Korrosion erst einsetzt, wenn der **pH-Wert des Betons am Stahl** unter den Wert 9,5 abgesunken ist, das heißt, wenn die gesamte Betondeckung durchkarbonatisiert ist. Bei genügend feuchten Bedingungen schreitet dann die Korrosion schnell fort.

5.2 Chloridkorrosion

Chloride sind Salze, welche z. B. durch Auftaumittel, Meerwasser oder PVC-Brandgase in den Beton gelangen können. Erreichen die Chloride den Stahl, dringen sie örtlich durch die Passivschicht und führen bei Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff zur örtlichen Korrosion des Stahls, wobei die Chloride sich nicht stark verbrauchen, sondern als Katalysator wirken. Dieser Vorgang wird Lochfraßkorrosion bezeichnet. Lochfraßkorrosion kann sowohl in karbonatisiertem als auch in nicht karbonatisiertem Beton stattfinden.

Da aufgrund der natürlichen Ausgangsstoffe immer auch Chloride im Beton vorhanden sind, gibt es keine scharfe Abgrenzung zwischen chloridhaltigem und chloridfreiem Beton.

Diese im Beton vorhandenen und ein Teil der eindringenden Chloride können allerdings auch chemisch an den Zement gebunden werden. In diesem Falle nehmen sie nicht an der Korrosion des Stahls teil.

5.3 Betondeckung

Die Betondeckung hat drei wesentlichen Aufgaben zu erfüllen:

1. Schutz der Bewehrung vor Korrosion
2. Verbundwirkung zwischen Beton und Betonstahl
3. Schutz des Betonstahls vor Brandeinwirkungen

Unter Umständen kann eine Vergrößerung der Betondeckung als Verschleißschicht bei mechanischer Beanspruchung der Betonoberfläche in Frage kommen.

Die sich aus den Punkten 1 und 2 ergebenden Mindestmaße c_{\min} sind der DIN 1045 -1 (ab 2005: $\geq C25/30 - XC4 - XF1 - c_{\min} = 25 \text{ mm}; c_{\text{nom}} = 40 \text{ mm}$, ohne Beanspruchung durch Chlorid) zu entnehmen. Die Forderungen des Brandschutzes sind in DIN 4102 festgelegt. Um die Mindestmaße der DIN 1045-1 mit ausreichender Zuverlässigkeit auch in der Bauausführung zu erreichen, ist für das planerische Nennmaß der Betondeckung c_{nom} grundsätzlich ein Vorhaltemaß Δc zur Mindestbetondeckung zu addieren.

Durch poröse Betonoberflächen werden das Eindringen von Chloriden und die Karbonatisierung des Betons begünstigt. Daher ist neben der Dicke auch die Dichtheit der Betondeckung von großer Bedeutung. Geeignete Betonzusammensetzung, gute Verdichtung, und ausreichende Nachbehandlung sind Grundvoraussetzung für eine hinreichend dichte Betondeckschicht.

5.4 Risse

Die Rissbildung im Betonbau ist aus technischen und wirtschaftlichen Gründen im Betonbau nicht vermeidbar. Stahlbeton funktioniert erst im gerissenen Zustand (Zustand II) richtig. Erst in diesem Zustand entfalten sich die Vorteile beider Baustoffkomponenten in ganzem Maße. Der Betonstahl übernimmt den Großteil der Zugspannungen, während der Beton die Druckkräfte aufnimmt und den Stahl vor Korrosion schützt. Daraus folgt, dass es im Wesentlichen darauf ankommt, die nicht vermeidbare Rissbildung durch gezielte Maßnahmen so zu steuern, dass keine schädigenden Stoffe in das Bauteilinnere vordringen können, um dort dem Betonstahl zu schaden.

Untersuchungen haben ergeben, dass bei ausreichender und dichter Betondeckung Rissbreiten von bis zu 0,3 mm als unbedenklich im Hinblick auf die Betonstahlkorrosion gelten können.

6.0 Anforderungen bei Oberflächenschutz und Betonersatz

6.1 Allgemeines

Um Beton beschichten oder reprofiliert zu können, muss seine Oberfläche und oberflächennahe Schicht bestimmte Voraussetzungen erfüllen, damit ein einwandfreies Ergebnis und Dauerhaftigkeit der Schutz- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen erzielt werden können.

6.2 Druckfestigkeit

Der Beton soll mindestens die Bedingungen der Druckfestigkeitsklasse B 25 (C20/25) erfüllen. Nur in begründeten Fällen kann auch B 15 (C12/15) ausreichend sein. Betonbauteile für Frostangriff mit oder ohne Taumittel sollen entsprechend den Expositionsklassen XF1 - XF4 mit einer Mindestbetongüte von $\geq C25/30$ hergestellt sein.

6.3 Trennschichten

Die Unterlage soll frei sein von:

- Zementschlämme
- Feinmörtel
- Zementhaut (Schalhaut)
- Ausblühungen und Aussinterungen
- Wulsten und Graten
- Losen Teilen, z. B. infolge Rostdruck über der Bewehrung
- Bewuchs wie Algen, Moos, Pflanzen
- Fremdstoffen, z. B. Öl, Fett, Paraffin, Gummiabrieb, Trennmittel, Chloride, Sulfate und sonstige Verunreinigungen in nicht hinnehmbaren Konzentrationen
- Nachbehandlungsmitteln und Beschichtungsresten.

Die Oberfläche soll nicht abmehlen oder absanden.

6.4 Fehlstellen

Poren, Lunker und Kiesnester bieten schlechte Voraussetzungen für geschlossene und gleichmäßig dicke Beschichtungen. Deshalb müssen diese durch die Vorbereitung der Unterlage soweit geöffnet werden, dass sie mit Spachtelmasse oder Mörtel verfüllt und ausgeglichen werden können.

An senkrechten Schalflächen, besonders bei nicht saugender Schalung, sind Poren als Folge von Luft- und Wassereinschlüssen unvermeidlich. Da die aufsteigenden Luftblasen bestrebt sind, Kugelform anzunehmen, liegen viele Poren unmittelbar hinter der Betonoberfläche und sind nur mit einer dünnen Zementhaut bedeckt. Die Poren werden sichtbar, wenn die Zementhaut an der

Schalung hängen bleibt oder wenn später eine Oberflächenvorbereitung, z. B. durch Sandstrahlen, vorgenommen wird. In diesen Fällen spricht man von Lunkern (kavernenförmigen Öffnungen an der Betonoberfläche).

Würde man eine Beschichtung ohne Vorbereitung der Betonoberfläche ausführen, so könnte später die Zementhaut und mit ihr der Beschichtungsfilm über den Poren abreißen. Außerdem könnte es während der Erhärtung durch die eingeschlossene Luft insbesondere bei Temperaturanstieg zur Blasenbildung in der Spachtelung bzw. der Beschichtung kommen.

Kiesnester sind eine Folge ungenügender Verdichtung nach dem Einbringen des Frischbetons und ähnlich wie Ausbrüche vorzubereiten.

Bei Rissen ist deren Art und Ursache zu prüfen. In der Regel ist ein Füllen der Risse vorzunehmen, bevor Beschichtungen aufgebracht werden.

6.5 Rauheit

Die Oberfläche muss rau und griffig sein. Die Rauheit muss dem zu verwendenden Stoff bzw. System angepasst sein.

6.6 Zementgebundene Systeme

Für zementgebundene Bauteile spielt die Feuchte des Betons keine Rolle, wenngleich die Oberfläche nicht nass sein, d. h. keinen geschlossenen Wasserfilm aufweisen, darf. Andererseits darf der Beton auch nicht trocken sein, um dem Zementleim das zum Aufbringen notwendige Wasser nicht zu entziehen. Der Untergrund muss deshalb zum Zeitpunkt des Auftrags zementgebundener Stoffe mattfeucht sein, was durch ausreichendes Vornässen, erstmals am Tag vor und letztmalig unmittelbar vor Beginn der Arbeiten, erreicht wird. Bei stark saugenden Flächen, vor allem bei dünnen Schichten (Spachtelungen und Schlämmen), ist es außerdem erforderlich, im Rahmen der Nachbehandlung der Beschichtung das durch den Untergrund entzogene Wasser wieder zuzuführen.

Für Baustoffe auf Zementbasis muss die Temperatur der Luft, der Bauteiloberfläche und der verwendeten Stoffe während der Verarbeitung und Erhärtung mindestens $+5^{\circ}\text{C}$ betragen und darf $+30^{\circ}\text{C}$ nicht überschreiten.

6.7 Ausbruchufer

Schadstellen sollen für das Einbringen des Betonersatzsystems Ausbruchufer im Winkel von ca. 45° (nach VOB 30° - 60°) aufweisen. Ein geradliniges Begrenzen der Schadstellen nach ZTV-ING durch Einschneiden mit Trennscheiben ist nicht ratsam.

Bewehrung, die auf weniger als der Hälfte ihres Umfangs Rost aufweist, ist soweit freizulegen, dass alle Rostpunkte beseitigt werden können und der restliche Bewehrungsumfang noch fest im Beton eingebettet bleibt. **Rundum korrodierter Bewehrungsstahl soll, um ihn auch an der Rückseite vorzubereiten und beschichten zu können, ca. 2 cm tief umlaufend freigelegt sein.** In Längsrichtung ist die Bewehrung an den Einbindungsstellen ca. 2 cm bis in den nicht korrodierten Bereich freizulegen. Freiliegende Stahleinlagen sind erforderlichenfalls schwingungsfrei zu befestigen.

Chloridbelasteter Beton ist soweit abzutragen, dass keine Bewehrung im Beton mit kritischem Chloridgehalt verbleibt.

Der Beton innerhalb der Ausbruchstelle muss besonders rau sein und freigelegte fest eingebettete Gesteinskörner, die als „Dübel“ den Schubverbund zum Betonersatz sicherstellen, kuppenförmig aufweisen.

7.0 Prüfverfahren

7.1 Qualitative Beurteilung

Einen ersten Eindruck von Festigkeit und Porosität des oberflächennahen Betons bekommt man visuell sowie hilfsweise durch Kratzen und Schaben mit einem harten Werkzeug (z. B. Taschenmesser) oder durch Schlag mit dem Hammer, wobei das Eindringen der Hammerspitze Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Bauteilfläche ermöglicht.

Kreiden und Mehlen kann man feststellen, wenn man die trockene Oberfläche mit einer Drahtbürste bearbeitet.

Hohlstellen können durch Abklopfen mit einem Hammer am Klang erkannt werden.

7.2 Druckfestigkeit

Die Prüfung erfolgt zerstörungsfrei nach DIN EN 12 504-2 mit dem Rückprallhammer nach Schmidt oder durch Entnahme und Prüfung von Bohrkernen (allgemein \varnothing 100 mm) nach DIN EN 12 504-1.

7.3 Feuchte im oberflächennahen Bereich

Beim Trocknen der Oberfläche, z. B. mit einem Föhn, erhält man einen ersten Hinweis auf das Vorhandensein von Wasser. Feuchter Beton wird beim Trocknen heller. Eine Beurteilung auf diese Weise ist in den meisten Fällen ausreichend, zumal dann, wenn weitere Kenntnisse über das Bauteil und die Umgebungsbedingungen über einen längeren Zeitraum keinen Anlass für erhöhten Feuchtigkeitsgehalt geben.

Gemäß Instandsetzungs-Richtlinie gilt Beton als trocken, wenn eine ca. 2 cm tiefe, frisch hergestellte Bruchfläche infolge Austrocknens nicht augenscheinlich heller wird. Die Oberfläche feuchten Betons hat ein mattfeuchtes Aussehen, darf aber keinen glänzenden Wasserfilm aufweisen. Bei nassem Beton ist das Porensystem wassergesättigt. Die Oberfläche wirkt glänzend, weist jedoch keinen tropfbaren Wasserfilm auf.

Unabhängig von der Eigenfeuchte des Betons kann sich auf der Oberfläche von Betonbauteilen, wenn deren Temperatur die Taupunkttemperatur erreicht oder unterschreitet, Kondenswasser bilden. Zur Bestimmung der Taupunkttemperatur sind die relative Luftfeuchte und die Lufttemperatur zu messen.

7.4 Betondeckung

Die Betondeckung lässt sich stichprobenartig durch Aufstemmen oder Anbohren des Betons feststellen. Zerstörungsfrei lässt sie sich orientierend mit geeichten Magneten oder genauer mit elektromagnetischen Messinstrumenten bestimmen.

7.5 Karbonatisierung

Ob eine Lösung neutral, sauer oder alkalisch (basisch, $\text{pH} > 7$ bis 14) ist, kann durch die Bestimmung des pH -Werts festgestellt werden.

Bei der Karbonatisierung fällt der pH -Wert der Calcium-Hydroxid-Lösung in den Poren des Zementsteins von ca. 12,5 auf ca. 8 ab. Während im nicht karbonatisierten Beton eingebetteter Stahl durch eine Passivschicht auf seiner Oberfläche vor Korrosion durch Witterungseinflüsse geschützt ist, wird unter $\text{pH} = 9,5$ der Korrosionsschutz der Bewehrung aufgehoben (Depassivierung), so dass es unter bestimmten Voraussetzungen zur Korrosion der Bewehrung kommen kann.

Zur Messung der Karbonatisierungstiefe wird auf eine frische Bruchfläche des Betons eine Indikatorflüssigkeit aufgesprüht, bei diesen Untersuchungen Phenolphthalein. Das farblose Phenolphthalein wird oberhalb $\text{pH} = 8,5$ violettrot.

Wegen der Inhomogenität des Betons bildet sich eine unregelmäßige Begrenzungslinie zwischen karbonatisiertem und nicht-karbonatisiertem Beton. Als Ergebnis werden die mittlere Karbonatisierungstiefe und der größte Einzelwert (hier an der Konsole) angegeben.

7.6 Chloridgehalt

Chloride können, z. B. durch Taumittel, in den Beton eindringen. Wird der kritische Chloridgehalt im Bereich der Bewehrung überschritten, so kann die Passivschicht auf der Stahloberfläche zerstört und somit der Korrosionsschutz der eingebetteten Bewehrung aufgehoben werden, und zwar unabhängig davon, ob der Beton karbonatisiert ist oder nicht. Tritt dieser Vorgang örtlich begrenzt auf, kommt es zu punktueller Rostbildung, dem so genannten Lochfraß.

Bei Bauteilen, die einer Salzbelastung ausgesetzt gewesen sein können, ist eine Vorprüfung, ob erhöhte Cl -Gehalte vorliegen, erforderlich. Der Nachweis von Chloriden mit einer Indikatorlösung aus Silbernitrat und Kaliumdichromat liefert dazu nur grobe Anhaltswerte.

Für die Probeentnahme hat sich die Bohrmehlmethode als geeignet erwiesen. Dabei wird mit einem Saugrohr (Bohrer – Durchmesser abgestimmt auf Größtkorn) Bohrmehl entnommen und für die Prüfung schichtweise abgepackt. Das Bohrmehl wird gezielt aus bestimmten Tiefen entnommen. In der Regel genügt eine Tiefenstaffelung in Abständen von 10 bis 20 mm. Vor dem Anbohren der nächsten Schicht sind Bohrlöcher und Werkzeug sorgfältig zu reinigen, da sonst Material aus bereits durchbohrten Schichten das Messergebnis verfälscht.

Die Bestimmung des genauen Chloridgehalts erfolgt in der Regel im Labor.

Die in der „Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (DafStb) genannten Werte für Chlorid (Cl) von 0,5 Gew.-% für Stahlbeton, jeweils bezogen auf das Zementgewicht, gelten im Allgemeinen als ungefährlich. Höhere Cl -Gehalte sind im Einzelfall vom zuständigen Fachingenieur zu beurteilen.

8.0 Vorbereiten des Untergrunds für eine Sanierung

Um die zuvor genannten Anforderungen an die Oberfläche für Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen zu erfüllen, stehen verschiedene Geräte und Methoden zur Verfügung, die nachfolgend einzeln behandelt werden. Die Auswahl der geeigneten Vorbereitungsverfahren richtet sich nach

- Lage der Flächen (waagrecht, senkrecht, über Kopf)
- Größe der Flächen
- Form der Flächen
- Zugänglichkeit der Flächen (begehbar, befahrbar, Gerüst etc.)
- Zustand der Flächen
- Vorgesehenem Instandsetzungs-/Schutzsystem
- Zu erwartender Beanspruchung
- Umweltschutz

8.1 Stemmen

Das Freilegen korrodierter Bewehrung und das entfernen dickerer Betonschichten kann bei kleinen Flächen von Hand mit Hammer und Meißel oder bei umfangreichen Arbeiten mit einem Elektro- oder Drucklufthammer durchgeführt werden. Die Ausbruchufer sollen unter ca. 45° (nach VOB 30° bis 60°) Neigung hergestellt werden. Beschädigungen der Bewehrung sind zu vermeiden.

Ist die Bewehrung nur an der zur Bauteilaußenfläche gewandten Seite korrodiert, genügt es, diese Bewehrung bis zur Korrosionsgrenze freizulegen. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Verbund zwischen Bewehrungsstahl und Beton nicht beeinträchtigt wird.

Ist mehr als der halbe Umfang der Bewehrung korrodiert, so ist der Stahl ringsum im Abstand von ca. 2 cm zum Beton freizulegen. In Längsrichtung der Stahleinlagen ist die Korrosionsgrenze um ca. 2 cm zu überschreiten. Beton mit korrosionsauslösendem Chloridgehalt ist abzutragen, soweit keine anderen Maßnahmen wie Chloridextraktion oder kathodischer Korrosionsschutz vorgesehen sind.

Liegt starke Korrosion vor, so dass eine deutliche Querschnittsminderung von Bewehrungsstäben die Folge ist, muss der zuständige Fachingenieur hinzugezogen werden, um ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Tragfähigkeit anzuordnen.

Das Entfernen freigelegter Bewehrung ist nur mit Zustimmung des Auftraggebers zulässig. Grundsätzlich muss während der gesamten Instandsetzung in jeder Phase klar sein, wer für die Beurteilung des Tragverhaltens des Bauwerks zuständig ist.

8.2 Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln

Dieses im Allgemeinen als „Sandstrahlen“ bezeichnete Verfahren ist in der Vergangenheit am häufigsten zur Vorbereitung von Beton- und Stahlflächen eingesetzt worden, da es sehr effektiv ist und gute Ergebnisse liefert. Da jedoch die Staubeentwicklung hierbei sehr intensiv ist, werden inzwischen häufiger andere oder modifizierte Verfahren eingesetzt.

Als Strahlmittel kommen vor allem synthetische mineralische Strahlmittel, Kupferhütten- und Schmelzkammerschlacke zum Einsatz.

Kompressoren sollen eine Leistung von 2,5 m³/min bis 3,9 m³/min öl- und wasserfreier Druckluft pro Düse bei einem Druck von 6 bar bis 7 bar aufweisen.

Durch Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln können erhärtete Zementschlämme, Schalhaut und Feinmörtelschichten **bis etwa 2 mm Dicke** abgetragen werden. Hierbei werden auch Poren und Lunker soweit geöffnet, dass sie nicht mehr die Form einer Kaverne aufweisen und später durch eine Spachtelung blasenfrei geschlossen werden können. Gesteinskörnung wird freigelegt und ebenso wie Zementstein aufgeraut.

Verschmutzungen und dünne Beschichtungen können hiermit wirtschaftlich entfernt werden.

Die Staubentwicklung kann durch Anfeuchten des Strahlmittels mit einem ringförmigen Wassernebel am Austritt aus der Düse reduziert werden. Man spricht bei diesem Verfahren vom Feucht- oder Nebelstrahlen. Sich dabei auf der Betonoberfläche absetzende Schlämme sind durch Druckwasserstrahlen oder trockenes Nachstrahlen zu beseitigen.

Bei so genannten Vakuumstrahl- oder Saugkopf-Geräten wird der Staubentwicklung durch Verwendung eines speziellen Strahlkopfes begegnet. Hierbei wird der Strahlschutt unmittelbar neben der Strahldüse abgesaugt. Die Leistung dieser staubfreien Strahl-Systeme ist jedoch im Vergleich zum herkömmlichen Sandstrahlen gering.

8.3 Schleuderstrahlen mit festen Strahlmitteln

Beim Schleuderstrahlen werden aus einer Zentrifuge kleine Stahlkugeln oder Stahlgranulat auf die Betonoberfläche geschleudert und der Strahlschutt durch einen Sauger aufgenommen. In einem Luftstromabscheider werden Staub und Verunreinigungen vom Strahlmittel getrennt.

Das Verfahren eignet sich wegen der Größe der Maschinen vorzugsweise für befahrene Flächen. Für die Vorbereitung senkrechter Flächen stehen kleinere Geräte, die an Hängevorrichtungen verfahren werden, zur Verfügung.

Das Ergebnis des Schleuderstrahlens an der Betonoberfläche stellt sich ähnlich wie beim Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln dar und ist stark von der Vorschubgeschwindigkeit sowie Form und Größe des Strahlmittels abhängig. Schleuderstrahlen ist jedoch auf relativ ebene Flächen beschränkt. Ausbruchstellen lassen sich damit nicht bearbeiten.

8.4 Wasser-, Druckwasser- und Hochdruck-Wasserstrahlen

Gemäß Instandsetzungs-Richtlinie spricht man bei Drücken an $60 \text{ N/mm}^2 = 600 \text{ bar}$ von Hochdruck-Wasserstrahlen. In den ZTV-ING wird neben Wasserstrahlen das Druckwasserstrahlen ab 800 bar als Verfahren für die Vorbereitung des Betonuntergrundes aufgeführt.

Der Wasserdruck allein sagt nicht genug über die Wirkung des Wasserstrahls aus. Hierbei spielen außerdem die Wassermenge pro Zeiteinheit, Düsenform und Düsendurchmesser sowie Düsenführung eine Rolle. Dementsprechend lassen sich mit Wasser Betonbauteile säubern, aufräumen, schneiden oder tief greifend abtragen.

Für das schonende Reinigen von Oberflächen eignen sich besonders Flachstrahldüsen, für die flächige Vorbereitung rotierende Rundstahl-Düsen und für das Schneiden von Beton Punktstrahldüsen.

Die Wirkung des Strahles hängt in starkem Maß von der Entfernung der Düse von der Oberfläche sowie vom Neigungswinkel zwischen Wasserstrahl und Betonoberfläche ab. Bei von Hand geführter Düse ist das Ergebnis stark vom Können und von der Sorgfalt des Düsenführers abhängig.

Mit entsprechenden systemgeführten Düsen automatischer Maschinen kann Beton auf befahrenen Flächen bis in mehrere cm Tiefe weitgehend erschütterungsfrei und ohne Beschädigung der Bewehrung abgetragen werden. Man spricht dabei von „hydromechanischem Betonabtrag“. Das Einhalten definierter Abtragtiefen wie beim Fräsen ist hiemit jedoch nicht möglich, da immer eine „Kraterlandschaft“ entsteht.

Ein Nachteil ist die Durchfeuchtung der Oberfläche, die bis zum Aufbringen von Oberflächen-Schutzsystemen wieder getrocknet sein muss.

Durch die Zugabe von festen Strahlmitteln zur Wassermenge werden in der Regel Ergebnis und Wirkung deutlich verbessert, so dass unter sonst gleichen Voraussetzungen eine Reduzierung des Wasserdrucks möglich ist. Hierfür werden Spezialdüsen eingesetzt. Mit Wasser allein lässt sich die durch feste Strahlmittel auch am Gesteinskorn erzielbare Rauheit nicht erreichen.

Im Gegensatz zum trockenen Strahlen mit festen Strahlmitteln tritt keine Staubbelästigung auf. Es ist aber auch hier für die umweltgerechte Entsorgung des möglicherweise verschmutzten Strahlschlammes zu sorgen. Spezielle Geräte mit Absaugvorrichtungen und Filteranlagen ermöglichen eine umweltschonende Entsorgung.

8.5 Kombinierte Verfahren

Es kann notwendig sein, verschiedene Verfahren miteinander zu kombinieren, um den gewünschten Oberflächenzustand zu erreichen. Als Regel gilt, dass auf eine gröbere Methode eine feinere folgen muss.

8.6 Entstauben

Nach einer Oberflächenbehandlung ist es unbedingt erforderlich, die Flächen von losen Teilen und Staub zu reinigen. Bei senkrechten Flächen und Untersichten wird der Staub mit Druckluft abgeblasen, bei begehbaren Flächen (Draufsichten) mit Industriestaubsaugern abgesaugt. Bei Verwendung von Druckluft muss zwischen Kompressor und Düse ein Öl- und Wasserabscheider angeordnet sein. Ölabscheider müssen einen Wirkungsgrad von $\geq 0,01$ ppm haben.

8.7 Trocken

Die Trocknung wird, soweit sie nicht auf natürliche Weise durch Wind und Sonne erfolgt, mit Warmluftgebläsen, Infrarotstrahlern oder Gasbrennern vorgenommen. Vorzugweise wird mit den in flüssiger Form gelieferten Gasen Propan und Butan gearbeitet, da diese rückstandsfrei verbrennen.

8.8 Schutz der vorbereiteten Flächen

Nach der Untergrundvorbehandlung sind die Flächen durch geeignete Maßnahmen, z. B. Einhausen oder Abdecken mit Planen, vor Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen, soweit nicht unmittelbar anschließend die erste Lage einer Schutz- oder Instandsetzungsmaßnahme, z. B. als Grundierung, aufgetragen wird

9.0 Anforderungen an den Stahl

9.1 Verschmutzung

Die Oberfläche darf nicht durch Öle und Fette, Altbeschichtungsreste sowie durch Rückstände von Strahl- und Reinigungsarbeiten und andere Stoffe verschmutzt sein.

9.2 Oberflächen-Vorbereitungsgrad

Falls keine Korrosionsschutz-Beschichtung der Bewehrungsstäbe vorgesehen ist, weil durch die Instandsetzung eine ausreichende Beton- oder Mörteldeckung erzielt wird, sind die Stahloberflächen so vorzubereiten, dass im gesamten freigelegten Bereich ein Oberflächen-Vorbereitungsgrad von mindestens Sa 2 nach DIN EN ISO 12 944-4 erreicht wird. Dementsprechend muss nahezu aller Rost entfernt sein, d. h. auf der Oberfläche dürfen nur fest haftende Reste (keine zusammenhängende Schicht) verbleiben.

9.3 Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln

Zur Vorbereitung von Stahlbauteilen, besonders zur Entrostung von Bewehrungsstäben, eignet sich am besten das Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln, weil hiermit unter Ausnutzung des Rückpralls in der Ausbruchstelle auch die schwer zugänglichen rückseitigen Bereiche erreicht werden können. Für das Strahlmittel ist die Korngröße 0.25/0.50 mm zweckmäßig. Rostkrusten können zuvor mit einer Nadelpistole entfernt werden.

Mit Vakuumstrahl- bzw. Saugkopfgeräten kann die Rückseite von Bewehrungsstäben nicht entrostet werden.

Bei Zugabe von Wasser an der Düse (Feucht- oder Nebelstrahlen) kann zwar auch der Oberflächen-Vorbereitungsgrad Sa 2 1/2 erzielt werden, jedoch erfordert die hierbei auftretende Schlammablagerung im Bereich der gestrahlten Flächen ein anschließendes Reinigen mit Druckwasser. Da nach dem anschließenden Trocknen Flugrost vorliegen würde, müsste eine Korrosionsschutz-Beschichtung auf Zementbasis unmittelbar nach dem Strahlen und Reinigen erfolgen. Eine Korrosionsschutz-Beschichtung auf

Reaktionsharzbasis könnte erst nach dem Trocknen und anschließendem trockenen Nachstrahlen aufgebracht werden.

Ein Oberflächen-Vorbereitungsgrad Sa erfordert in jedem Fall den Einsatz fester Strahlmittel, da das Kürzel „Sa“ für Sandstrahlen steht und ein Ergebnis entsprechend den fotografischen Vergleichsmustern in ISO 8501 nur mit festen Strahlmitteln erzielbar ist.

9.4 Druck- und Hochdruck-Wasserstrahlen

Das Ergebnis der Entrostung mit Hochdruckwasserstrahl ist etwa dem Oberflächen-Vorbereitungsgrad St 2 (mit der Stahlbürste) gleichwertig, auch wenn das optische Bild nicht den fotografischen Vergleichsmustern in ISO 8501 entspricht (Rost ist soweit entfernt, dass die Stahloberfläche nach der Nachreinigung einen schwachen, vom Metall herrührenden Glanz aufweist). Mit Wasser allein lässt sich deshalb kein ausreichender Oberflächen-Vorbereitungsgrad der Bewehrung erzielen. Hierzu wäre die Zugabe fester Strahlmittel erforderlich. Für Korrosionsschutz-Beschichtungen auf Reaktionsharzbasis müsste ebenso wie nach dem Feucht- und Nebelstrahlen trocken nachgestrahlt werden.

9.5 Entfernen von Öl- und Fettresten

Öl und Fett können mit Hilfe von speziellen lösemittelhaltigen Reinigern entfernt werden. Hierbei sind Umwelt- und Arbeitsschutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Anschließend ist der für die weiteren Arbeiten erforderliche Oberflächen-Verarbeitungsgrad durch mechanische Bearbeitung herzustellen.

9.6 Schutz der vorbereiteten Flächen

In der Regel werden Stahlteile unmittelbar nach dem Entrosten mit der ersten Grundbeschichtung versehen. Damit wird vermieden, dass sich Flugrost ansetzt. Die Standdauer einer derartigen Grundbeschichtung ist jedoch begrenzt. Bei längeren Standzeiten (>14 d) der Grundbeschichtung ist vor der Folgebeschichtung eine Zwischenreinigung vorzusehen.

10.0 Instandsetzen

10.1 Bauwerksdiagnose

Das Instandsetzen geschädigter Betonbauteile und das damit verbundene Wiederherstellen der physikalischen Baufunktion setzen die zuvor beschriebenen detaillierten Bauwerksdiagnosen voraus.

10.2 Instandsetzungsprinzip R – Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus

Das Prinzip beruht auf der erneuten Bildung einer Passivschicht auf der Stahloberfläche (Repasivierung) durch Auftragen zementgebundener Instandsetzungsstoffe. Eine Beschichtung der Stahloberfläche, die eine Repasivierung verhindert, darf nicht aufgebracht werden.

Beim Instandsetzungsprinzip R wird zwischen der Grundsatzlösung R 1 = Realkalisierung durch flächigen Auftrag von alkalischem Beton bzw. Mörtel und der Grundsatzlösung R2 = örtliche Ausbesserung mit alkalischem Beton und Mörtel unterschieden

10.3 Spritzbeton gemäß DIN 18 551

Für Spritzbeton gibt es folgende Anwendungsgebiete:

- Ersatz von fehlendem oder geschädigten Beton
- Erhöhung der Betondeckung der Bewehrung bei Bauteilen mit nicht vorwiegend ruhender Belastung
- Erhöhung der Betondeckung der Bewehrung bei Bauteilen mit vorwiegend ruhender Belastung

Spritzbeton kann ab 3 cm Schichtdicke eingesetzt werden. Ist eine Oberflächenbehandlung vorgesehen, muss eine zusätzliche Mörtelschicht, auch Vorsatzschicht genannt, aufgespritzt werden. Die Verarbeitung von Spritzbeton kann mit dem Trocken- oder Nassspritzverfahren erfolgen.

10.4 Spritzbarer kunststoffmodifizierter Zementmörtel/-beton (SPCC)

SPCC werden überwiegend zur großflächigen Instandsetzung und Erhöhung der Betondeckung verwendet. Gegenüber Spritzmörtel/-beton nach DIN 18 551 kann SPCC ab ca. 1 cm Schichtdicke und auch bei dynamischer Beanspruchung eingesetzt werden.

11.0 Zusammenfassung

Am untersuchten evangelisch – luth. Kirchengebäude, Kirchenstraße 8 in Brannenburg, sind im Bereich des Sichtbetons und den Putzfassaden bauzeitlich bedingte Schäden erkennbar.

Die Verbindungsstellen zwischen Sichtbeton und geputzten Wandflächen haben Risse. Es fehlen Tropfkanten bzw. Überdeckungen. Hier kann Feuchte und Nässe eindringen.

Die Korrosion der Metallrahmen an den Fenstern ist ebenfalls baulich bedingt. Es handelt sich jeweils um zusammengefügte dreiteilige Anschlüsse, die außen nicht gegen Eintritt von Nässe geschützt bzw. abgedeckt sind. Diese Konstruktionen sind durch Neubau mit verdeckten Anschlüssen zu ersetzen.

Feuchte und Nässe gelangt über einzelne Risse im Umfeld des Hauptfensters in Höhe der Empore in das Innere der Kirche, wodurch es dort zu Schäden am Innenputz kommt.

Eine Beprobung der Sichtbetonflächen zur Feststellung der Karbonatisierungstiefe ist bisher nicht erfolgt. Eine derartige Beprobung ist für eine Beurteilung, ob die im Beton eingelegte Bewehrung noch ausreichend gegen Korrosion geschützt ist, notwendig und sollte daher, zumindest stichprobenartig, veranlasst werden.

Nach DIN 1045-1 (Ausgabe 2005) benötigen frei bewitterte Sichtbetonflächen eine Betonüberdeckung auf die Bewehrungsseisen von $c_{nom} = 40$ mm, mindestens jedoch $c_{min} = 25$ mm. Vor Ort wurden Betonüberdeckungen von unter 10 mm vorgefunden.

Es wird empfohlen im Zuge der Sanierung bzw. Erneuerung des Hauptkirchenfensters auch die aufgezeigten Schwachstellen und Schäden zu beseitigen, sofern dafür finanzielle Mittel bereitgestellt werden können (vgl. Ausführungen Seite 22 oben).

Brannenburg, 8. Oktober 2007



Dipl.-Ing. (FH) Harald Hoche
Beratender Ingenieur BYIK – Bau