

BETONINSTANDSETZUNG

1. Einleitung

Die Arbeitsgattungen "BETONINSTANDSETZUNG-BAUTENSCHUTZ" sind sehr komplex. Wir möchten Ihnen in einem theoretischen Teil diesbezügliche Grundkenntnisse vermitteln. Gleichzeitig stellen wir Ihnen, in Theorie und Praxis, die für Betoninstandsetzungen und Bautenschutz-Massnahmen geeigneten und bewährten Produkte der SAKRET AG vor. Der Umfang der Dokumentation beschränkt sich auf Erläuterungen wichtigster Begriffe und Prüfmethoden im Zusammenhang der Schadendiagnostik, sowie auf den Beschrieb der Standard-Ausführungsschritte in der Praxis.

Betoninstandsetzungen und Bautenschutzmassnahmen sind seit einigen Jahren sehr aktuelle Themen und haben dazu geführt, dass in den vergangenen Jahren fast täglich neue Ausführungsfirmen gegründet wurden.

Leider gibt es darunter auch viele selbsternannte "Betonsanierungs-Spezialisten", die auf Grund mangelnder Kenntnisse auf diesem Gebiet und dementsprechend schlecht ausgeführter Arbeiten, den Ruf seriöser und erfahrener Fachfirmen, bzw. die gesamte Branche in Verfall bringen können.

Es bestehen grundsätzlich gravierende Unterschiede zwischen einer sogenannten "Sanierung", d.h. einer Arbeitsausführung ohne Kenntnis der Schadenursachen und dem Verbleib grosser Restrisiken und der Durchführung einer seriösen, objektbezogenen, qualitätsüberwachten und dauerhaften Betoninstandsetzung, meist verbunden mit abschliessenden Bautenschutzmassnahmen!

Dass heute immer noch zu oft Arbeiten, d.h. „Sanierungen“ meist nur kosmetischer Art ohne vorgängige Untersuchungen, bzw. ohne Kenntnis der vielseitigen Ursachen und Schwachstellen, sowie ohne einschlägige, objektbezogene Instandsetzungs-Konzepte offeriert und in Angriff genommen werden, ist unverständlich!

Mit einer rein kosmetischen Behebung visuell sichtbarer Schäden, und dies meistens nur mit einem Minimum an Aufwand, werden jedoch die Symptome und keineswegs die Ursachen eliminiert.

Derartige Arbeitsausführungen dennoch als Sanierungen zu bezeichnen ist irreführend und unseriös! An Objekten, welche bestätigen, dass derart ausgeführte Arbeiten nicht von grosser Dauerhaftigkeit sind, bzw. nicht sein können, mangelt es mit Sicherheit nicht!

Eine fachgerechte und dauerhafte Betoninstandsetzung (inkl. allfälliger Bautenschutzmassnahmen) kann nur erzielt werden, wenn die einschlägigen Kriterien ausnahmslos berücksichtigt werden!

Abhängig vom Ausmass und den Ursachen vorhandener Schäden, unter Berücksichtigung der Lage, der bisherigen und zukünftigen Nutzung des Objektes und der gewünschten Dauerhaftigkeit der sanierten Bauteile, müssen entsprechende Massnahmen getroffen werden.

Um erneute Schäden an sanierten Objekten verhindern zu können, sind deshalb objektbezogene Vorabklärungen, Sanierungskonzepte und dementsprechend definierte und sinnvolle Arbeitsverfahren eine absolute Notwendigkeit! Bei Schäden geringen Ausmasses, bzw. dort wo die Ursache eindeutig erkennbar ist, können Vorabklärungen und Prüfungen allenfalls auf ein Minimum reduziert werden.

Die wichtigsten Abklärungen und Untersuchungen (Ueberprüfung der Karbonatisierungstiefe und Bewehrungsüberdeckung, sowie allfällige Versalzung durch Chloride) sollten in jedem Fall durchgeführt werden, damit Restrisiken weitgehendst ausgeschlossen werden können.

2. Baustoff Beton

Die vergangenen Jahrzehnte brachten weltweit einen Boom in allen Bausektoren und Beton, im speziellen Stahlbeton, wurde zum wichtigsten Baustoff der Gegenwart, weil

- **Stahlbeton wirtschaftlich ist**
- **Stahlbeton fast unbegrenzte Anwendungsmöglichkeiten bietet**
- **Stahlbeton dauerhaft ist.**

Dies war die einschlägige Meinung der Baufachleute - bis in jüngster Vergangenheit zunehmend Betonschäden auftraten.

Die meisten Baufachleute waren überrascht und die breite Öffentlichkeit war schockiert, dass 10-20-jährige Betonbauwerke (insbesondere auch Bauwerke der öffentlichen Hand, z.B. Autobahnbrücken) auf einmal sanierungsbedürftig oder sogar abbruchreif dastanden. Durch Medien und Presse wurden Begriffe wie "Betonkrebs", "kranker Beton", "Zementbazillus" etc. verbreitet und dadurch die bereits vorhandene Verunsicherung zusätzlich geschürt.

Man musste umdenken und zur Kenntnis nehmen, dass...

- **Stahlbeton nicht unempfindlich gegen äussere Einflüsse ist**
- **die Anwendungsmöglichkeiten gross, aber nicht unbeschränkt sind**
- **kleine bauliche Mängel später zu gravierenden Schäden führen können.**

3. Bauschäden und ihre Ursachen / Ursachen von Betonschäden

Beton wächst nicht in der Natur; er wird von Menschen hergestellt und für ganz bestimmte, genau definierte Anwendungsbereiche eingesetzt. Treten Schäden auf, müssen die Ursachen in erster Linie bei der Planung, Konstruktion, Herstellung oder der Nutzung gesucht werden.

Die nachfolgende Auflistung - sie ist jedoch nicht nur auf Stahlbeton, sondern auf das allgemeine Bauwesen bezogen - soll Ihnen zeigen, welche Bereiche als „Hauptverursacher“ für später auftretende Bauschäden verantwortlich sind:

- **Planungsfehler**
- **Falsche Materialkombinationen**
- **Qualitativ schlechte Baustoffe**
- **Mängel in der Ausführung**
- **Ungenügende Qualitätsüberwachung**
- **Mangelnder Bauwerksunterhalt**

Wie gross der Anteil dieser unterschiedlichen Einflussgrössen ist, zeigt Ihnen die nachfolgende Liste:

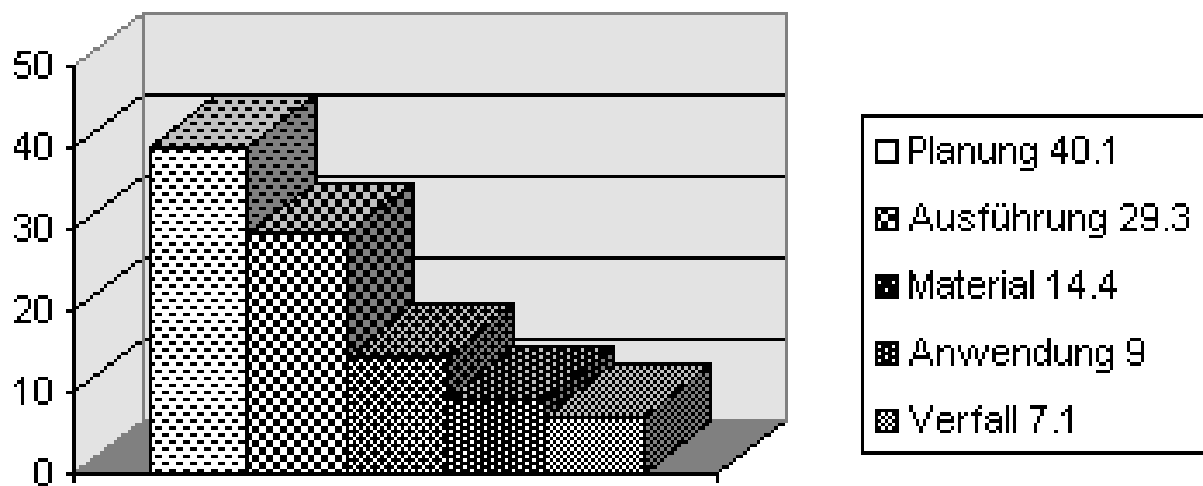
3.1. Planungsfehler (40,1%)

- Änderung der Nutzungsvorgaben während der Ausführung
- Fehlende Qualifikation der Planer oder mangelnde Sorgfalt
- Verstoss gegen anerkannte Regeln der Technik, Bauphysik etc.
- Probleme bezüglich Baustoffkombinationen (Materialauswahl)

3.2. Ausführungsmängel (29,3%)

- Bauvertrag:
 - Definition der QS-Forderung des Nutzers
 - Termingestaltung der Ausführung
- Mängel der Betriebsgestaltung (Zuständigkeit, Verantwortung)
- Mangel an Fachpersonal
- Ueberlastung von Bauleitungspersonal und Polieren
- Mängel bei der QS der Ausführung (bei Stahlbeton z.B. mangelhafte Bewehrungsüberdeckung, ungenügende Verdichtung und Nachbehandlung des Betons)

Ursachen von Bauschäden
Qualitätsmängel / Ursachen / Verursacher
Folie 1



Diese Hauptursachen, bzw. -verursacher können wiederum in einzelne Teilkriterien zerlegt werden:

3.3. Materialwahl (14,4%)

- Fehlende Kenntnisse über die Vielzahl moderner Baustoffe
- Unkenntnis des Langzeitverhaltens von Baustoffen
- Bei Stahlbeton z.B. mangelhafte Sand- und Kieszuschläge, Verunreinigungen, schlechte Sieblinie etc.

3.4. Anwendungsfehler (9,0%)

- Mangelnde Information und Ausbildung von Fachkräften in der Verarbeitung neuer Baustoffe
- Mängel bei der Qualitätssicherung (QS) auf der Baustelle

3.5. Verfall (7,1%)

- Fehlende Unterhaltmassnahmen
- Mängel bei der Qualitätssicherung des fertigen Bauwerks
- Bei Stahlbeton z.B. infolge Karbonatisierung (Abnahme des pH-Wertes / allmähliche Neutralisation), Chloridversalzung durch Tausalze, lösender Angriff durch Chemikalien)
- Mechanische Einflüsse (Stoss, Schlag, Abrieb)
- Witterungseinflüsse (Frost, Feuchtigkeit, Schadgase)
- Aus zeitlichen Gründen kann nicht auf alle aufgelisteten Ursachen eingegangen werden; deshalb möchten wir uns auf den Baustoff Beton, bzw. die Begriffe...
- Karbonatisierung
- Bewehrungsüberdeckung
- Chloridversalzung
und auf einige **wichtige Prüfmethoden** beschränken.

4. Karbonatisierung / Chloridversalzung / Korrosion

4.1. Karbonatisierung des Betons

Qualitativ hochwertiger, normgerecht hergestellter und fachgerecht verarbeiteter Beton ist dauerhaft und praktisch unverwüstlich.

Durch die hohe Alkalität des Betons, gegeben durch den Bestandteil Zement, bzw. durch die gesättigte Calciumhydroxid-Lösung in den Gelporen und teilweise auch in den Kapillarporen des Zementsteins (pH-Wert ca. 11-13), wird die Bewehrung passiviert und bei lückenlosem Verbund (Ummantelung) dauerhaft vor Korrosion geschützt.

Karbonatisierter Beton ist qualitativ nicht schlecht, d.h. mit zunehmender Karbonatisierung nimmt die Druckfestigkeit und die Dichtigkeit sogar zu.

Die Karbonatisierung des Betons kann jedoch dann gefährlich werden, wenn es sich um Bauteile aus Stahlbeton handelt, d.h. sobald eingebettete Bewehrungsstähe (Armierungen) vor Korrosion geschützt werden müssen!

Durch das Eindringen von „sauren“ Bestandteilen in den Beton, z.B. das gasförmige Kohlendioxid (CO_2) aus der Luft, wird das hochalkalische Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) in den Gel- und Kapillarporen des Zementsteins chemisch umgewandelt; es entsteht das neutrale Calciumcarbonat (CaCO_3) und Wasser (H_2O).

Folie 2

Die ehemals hohe Alkalität des Betons und der damit verbundene, optimale Korrosionsschutz der Bewehrung nimmt mit fortschreitender Karbonatisierung ständig ab. Ist diese "allmähliche Neutralisation" soweit fortgeschritten, dass nur noch ein pH-Wert von ca. 9-9,5 vorliegt, ist der in diesem Bereich eingebettete Armierungsstahl nicht mehr ausreichend vor Korrosion geschützt!

Selbstverständlich ist der Verlauf der Karbonatisierung sehr stark abhängig von der vorhandenen Betonqualität und dem Faktor Zeit. Bei sehr knapper und ungenügender Bewehrungsüberdeckung und schlechter Betonqualität erreicht die Karbonatisierungsfront innerhalb kurzer Zeit die eingebettete Armierung.

Folie 3

Sämtliche Fehlstellen im Beton, seien dies Kiesnester, grobe Lunkern, poröse Flächen, Risse usw., beschleunigen zusätzlich das Wandern der Karbonatisierungsfront in Richtung Kernbeton. Bei gleichzeitigem Zutritt von Sauerstoff und Feuchtigkeit beginnt anschliessend die Korrosion der Bewehrung.

Folie 4

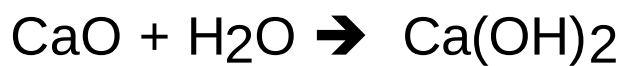
Kalkkreislauf / pH-Skala

"Kalkkreislauf"

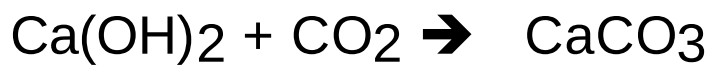
Kalkbrennen



Kalklöschen



Karbonatisieren



pH-Skala

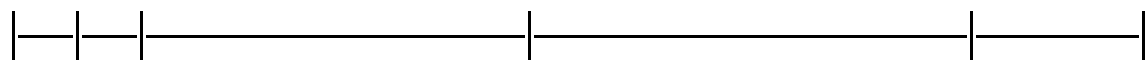
Säuren

Base

Schwefelsäure

Salzsäure

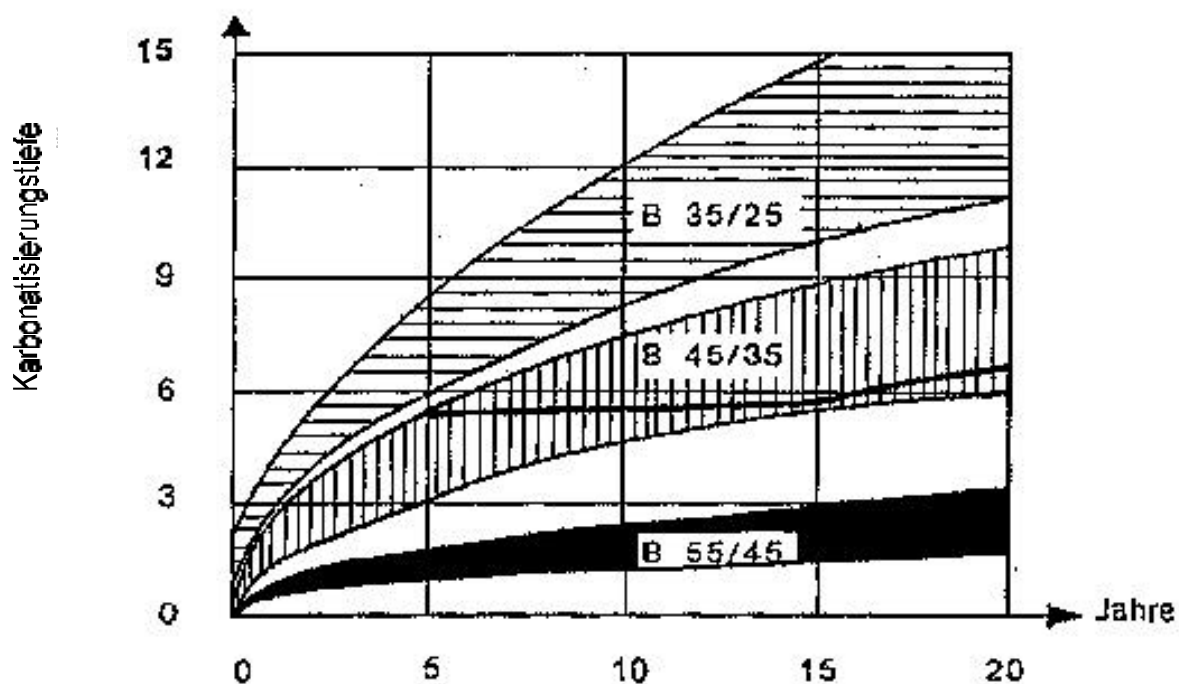
Kalkwasser



Karbonatisierung von Beton Folie 3

Zeitlicher Verlauf der Karbonatisierung

Der Karbonatisierungsablauf ist im wesentlichen abhängig von der Betongüte und den klimatischen Verhältnissen



Grafik:

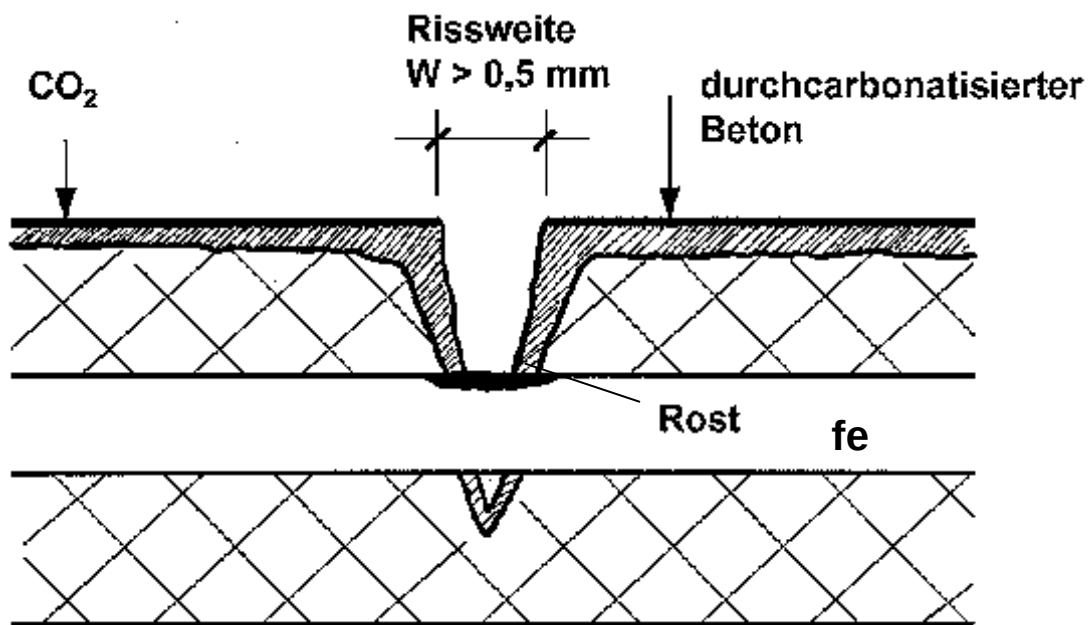
Der zeitliche Verlauf der Karbonatisierung von nicht oberflächenbehandeltem Beton unter trockenen Bedingungen im Freien.

Die dicke Linie deutet den Karbonatisierungsverlauf eines B 45/35 an, welcher 5 Jahre nach seiner Herstellung mit einer Karbonatisierungsbremse versehen wurde.

Karbonatisierung von Beton Folie 4

Einfluss von Rissen

Bei Vorhandensein von Rissen findet die Diffusion von CO_2 (Kohlendioxid) und somit der Karbonatisierungsvorgang nicht von der Betonoberfläche aus statt, sondern von der Rissoberfläche:



Rissbreiten unter 3,0 mm für Längsrisse und Rissbreiten unter 0,4 bis 0,5 mm für Querrisse sind unbedeutend für den Korrosionsschutz der Stahlbewehrung.

Grössere Rissbreiten können jedoch zu den oben dargestellten Schäden führen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in Betonbauteilen meist genügend Restfeuchtigkeit und Sauerstoff vorhanden sind, um den Korrosionsprozess an der Armierung einleiten, bzw. ablaufen lassen zu können.

Die Gefahr der Karbonatisierung, bzw. der Bewehrungskorrosion ist zudem bei Bauteilen, welche einer ständigen Wechselbelastung zwischen "Durchfeuchtung und vollständiger Austrocknung" unterworfen sind grösser als bei Bauteilen, welche dauernd trocken bleiben oder ständig durchfeuchtet sind.

Westfassaden, die regelmässig durch Regenfälle durchfeuchtet werden und meist nicht vollständig austrocknen oder schattige, evtl. durch Bäume und Sträucher „geschützte“ Partien, weisen vielfach geringere Karbonatisierungstiefen auf als die übrigen Fassaden.

Durch die ca. 3-fache Volumenvergrösserung der korrodierenden Stahlanteile entstehen enorme Sprengkräfte, welche die Zugfestigkeiten des darüberliegenden Betons bei Weitem überschreiten. Die Folgen davon sind partielle oder grossflächige Betonabsprengungen, welche sich in der Entstehungsphase meist in Form von Rissbildungen, Rostfahnen und Hohlstellen bemerkbar machen.

4.2. Chloridversalzung und Chloridkorrosion

Weitere Ursachen und damit verbundene, gravierende Folgeschäden liegen bei "Verseuchungen" des Stahlbetons durch eingedrungene Tausalze (Chloridversalzung) oder durch die Penetration anderer beton-, bzw. zementagressiver Chemikalien.

Da die Anzahl schädigender Chemikalien zu gross ist, um diese im Einzelnen behandeln zu können, beschränken wir uns auf die möglichen Auswirkungen der Chloridversalzung. Das Eindringen von Chlorid-Ionen in Stahlbeton (z.B. in Form von Tausalzlösungen im Zusammenhang des Winterdienstes) kann gravierende Schäden an den eingebetteten Bewehrungsstählen verursachen!

Die "echte" Chloridkorrosion, der gefürchtete Lochfrass, kann auch im noch alkalischen Milieu des Betons erfolgen. Wird ein kritischer Chloridgehalt im Beton an der Stahloberfläche überschritten, so vermögen Chloride die Passivschicht des Stahles örtlich zu durchbrechen, wodurch es bei ausreichendem Angebot an Feuchtigkeit und Sauerstoff zur typischen Narbenbildung (Lochfrass) kommen kann.

Ueber den Chloridschwellenwert (im alkalischen Beton fest eingebundene Chloridmenge, welche für die Bewehrung unschädlich ist) besteht unter den Fachleuten noch immer keine einhellige Auffassung.

Fest steht jedoch, dass das Chloridbindevermögen des Betons verloren geht, wenn dieser karbonatisiert („neutralisiert“) ist. Chloride werden freigesetzt und dadurch die Korrosionsgefahr akut erhöht!

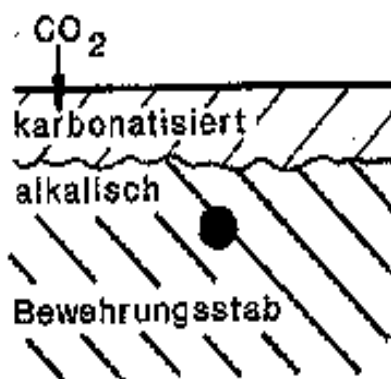
Das Heimtückische der Chloridversalzung, bzw. -korrosion liegt darin, indem Angriffe des Stahls, in der Regel ohne frühzeitig erkennbare Schäden an der Betonoberfläche zu hinterlassen, ablaufen können.

Betonsanierung Folie 5

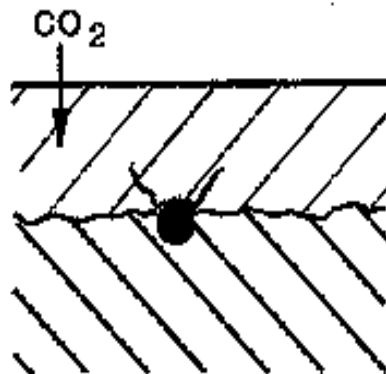
Karbonatisierung / Risse / Chloride

Karbonatisierungsstufen

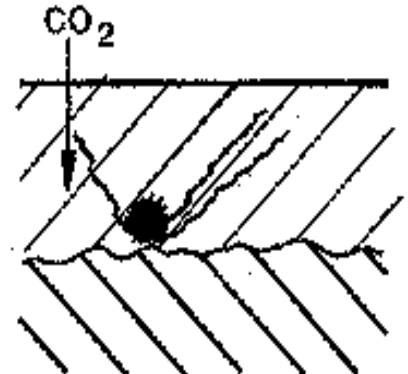
Stufe 1



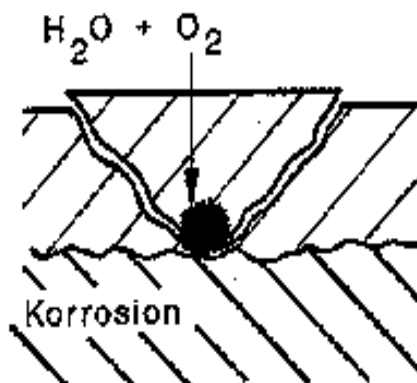
Stufe 2



Stufe 3



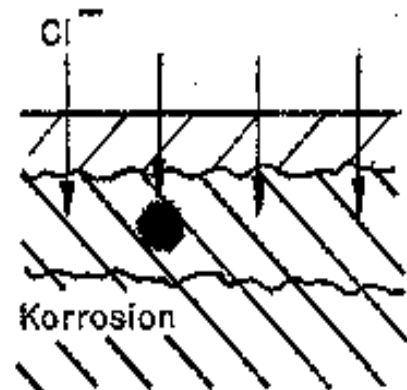
Stufe 4



Rissbereiche



Chloridbelastung



5. Schadensdiagnose

Vor Beginn einer Beton-Instandsetzung soll, bzw. muss eine objektbezogene, mehr oder weniger umfangreiche Bauwerks-, bzw. Bauteiluntersuchung durchgeführt werden.

Bei der Durchführung von IST-Zustandsaufnahmen ist generell zu beachten, dass die diversen Gebäudeseiten und Bauteile im Einzelnen untersucht werden müssen. Unterschiedliche Witterungseinflüsse und verschiedene Beton- oder Oberflächenqualitäten, haben einen erheblichen Einfluss auf den Karbonatisierungsfortschritt des Betons!

Im nachfolgenden Kapitel "Schadensdiagnose" möchten wir einige relativ einfache Prüfmethoden, welche am Objekt in der Regel durchgeführt werden, im Detail erläutern und abschliessend auf recht anspruchsvolle, zerstörungsfreie Prüfverfahren hinweisen.

5.1. Einfache Prüfungen und Untersuchungen

Eine wirtschaftliche und dauerhafte Betoninstandsetzung kann nur erzielt werden, wenn ein systematisches und seriöses Vorgehen in mehreren Stufen geplant und durchgeführt wird!

Folie 6

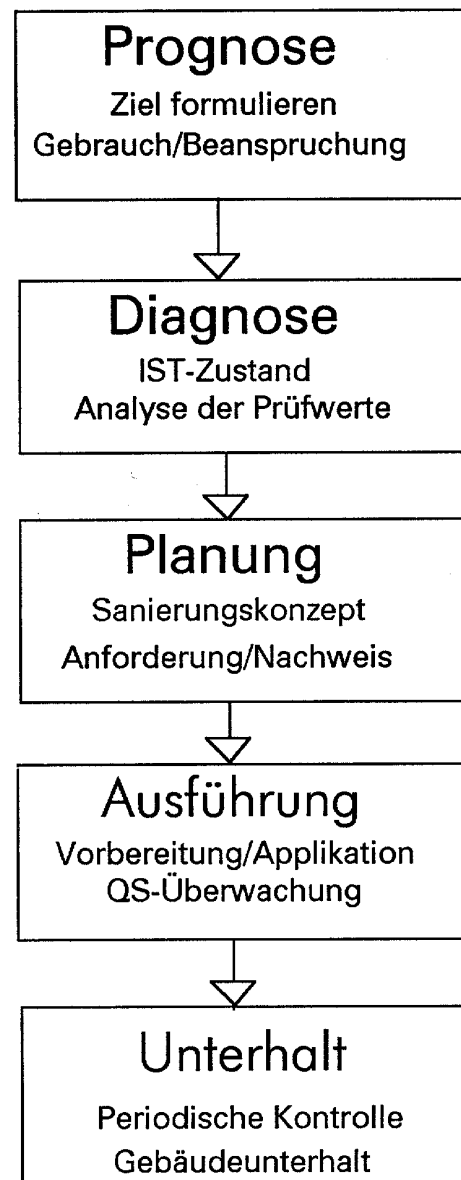
Mit der Durchführung einer Schadensdiagnose wird eine nicht zu unterschätzende Verantwortung übernommen; die ausführenden Spezialisten müssen dementsprechend qualifiziert sein, um die gestellten, hohen Anforderungen erfüllen zu können!

Folie 7

Betonsanierung

Folie 6

Ablaufschema



Betonsanierung

Folie 7

Schadendiagnose

Anforderungen (Verantwortung):

- Kenntnisse der Eigenschaften der diversen Bau-
stoffe
- Kenntnisse (Erfahrung) über die möglichen
Schadenursachen
- Seriöse Durchführung der IST-Zustandsaufnahme
(am Objekt/im Labor)
- Richtige Interpretation der Prüfergebnisse
- Seriöse Erarbeitung des Sanierungskonzeptes
(mit evtl. Varianten)
- Aktive Unterstützung des Projektierenden bei der
Devisierung

5.1.1. Karbonatisierungstiefe

Die Rest-Alkalität (pH-Wert des Betons) kann durch das Aufsprühen von Indikatorlösungen ermittelt werden.

Verwendung findet meist Phenolphthalein (Farbumschlag bei ca. pH 9-9,5) oder ggf. Thymolphthalein (Farbumschlag bei ca. pH 10).

- **Prüfen der Karbonatisierungstiefe (z.B. Phenolphthalein-Indikatorlösung)**

Aufsprühen des Indikators auf frische Ausbruchstellen oder stufenweises Entnehmen von Bohrmehl und jeweiliges Versetzen mit Indikatorlösung oder Entnahme von Bohrkernen und Spalten der Kerne sowie Aufsprühen der Lösung auf die frischen Bruchflächen!

Wichtig: Die aufgespitzten Kontrollöffnungen, bzw. das entnommene Bohrmehl oder die gespaltenen Bohrkernkerne müssen sofort besprüht werden, da bereits innerhalb weniger Stunden eine Karbonatisierung des Zementsteins erfolgen kann!

- **Interpretation des Farbumschlages:**

Kein Farbumschlag	---	Beton ist karbonatisiert
	---	Restalkalität ist < pH 9-9,5
	---	Schutz der Bewehrung fehlt
Violette Färbung	---	Beton ist nicht karbonatisiert
	---	Alkalität ist > pH 9-9,5
	---	Ausreichender Schutz der Bewehrung

5.1.2. Bewehrungsüberdeckung

Bei vielen, frühzeitig auftretenden Schäden liegt die Ursache meistens in der ungenügenden Beton-Ueberdeckung der eingebetteten Bewehrung. Ueberdeckungen von wenigen Millimetern oder sogar an der Betonoberfläche liegende Stähle sind keine Seltenheit.

Karbonatisierungstiefen und Bewehrungsüberdeckungen stehen in direktem Zusammenhang bezüglich Korrosionsgefahr eingebetteter Bewehrungen!

Die neue Norm SIA 162 fordert für bewitterte, bzw. äussere Stahlbetonoberflächen eine Mindestüberdeckung von 30 mm.

Messen der vorhandenen Betondeckung mit elektromagnetischen Prüfgeräten (z.B. Profometer 3) und Markieren kritischer Bewehrungen direkt auf der Betonoberfläche oder auf Fassadenplänen.

- **Messen der vorhandenen Betondeckung mit speziellen, elektromagnetischen Prüfgeräten (z.B. Colebrand Decu-Meter), speichern der Messwerte auf dem Daten-Logger sowie anschliessende PC-Auswertung der Daten und Ausdruck von Grau- oder Farbstufen-Grafiken.**

5.1.3. Druckfestigkeit

- **Orientierende Druckfestigkeitsprüfung mit dem "Schmidt"- Hammer auf angeschliffener, ebener Oberfläche** (Messen der Oberflächendruckfestigkeit!)

12 Messungen auf einer Fläche von 10x10 cm, streichen des höchsten und tiefsten Wertes, Berechnung des Durchschnitts aus den verbleibenden 10 Prüfwerten.

oder

- **Entnahme von Bohrkernen mit anschliessender Prüfung im Labor. 5 Einzelmessungen pro Bohrkern, bzw. pro Prüfstelle** (Messen des Kernbetons!)

5.1.4. Elastizitätsmodul

Prüfen des Elastizitätsmoduls des vorhandenen Altbetons, damit die Anforderungswerte an die Reprofilierungsmörtel und -betone angepasst werden können (Faustregel: Zur Verhinderung des Abschälrisikos von innen nach aussen möglichst „weicher“ werdend). In direktem Zusammenhang mit der vorhandenen Haftzugfestigkeit des Untergrundes!

- **Entnahme von Bohrkernen mit anschliessender Prüfung im Labor. 3 Einzelmessungen pro Bohrkern, bzw. pro Prüfstelle.**

Betonsanierung Folie 8

Schadensdiagnose / Prüfung

Druckfestigkeit

Methode: Schmidt-Hammer (am Objekt) Bohrkernentnahme (Laborprüfung)

Prüferte: Pro Fassadenseite / Bauteil in der Regel 1 Prüfung (abhängig von der Objektgrösse und Betonqualität)

Hinweis: Pro Prüfung mit dem Schmidt-Hammer sind je 12 Einzelmessungen durchzuführen. Tiefster und höchster Wert streichen und von den verbleibenden 10 Messungen den Mittelwert berechnen. Prüfflächen (10X10 cm) vorgängig plan schleifen.

Hohlstellen

Methode: Abklopfen mit Fäustel

Prüferte: Insbesondere Flächen mit vorhandenen Rissen und Rostfahnen (wenn möglich jedoch vollflächig absuchen)

Hinweis:	Dumpfer Klang	=	Hohlstellen
	Heller Klang	=	Intaktes Gefüge

5.1.5. Haftzugfestigkeit

Wichtige Prüfung bei vorhandenen, unregelmässigen Betonqualitäten (z.B. absandende Betonoberflächen, poröser Beton) im Zusammenhang des notwendigen Betonabtrags zur Erzielung einer ausreichenden Traggrund-Festigkeit zur späteren Aufnahme des Reprofilierungsmörtels oder Spritzbetons. Durchführung der Messungen vor und nach den Vorbereitungsarbeiten!

Prüfen des Verbundes zwischen ggf. vorhandenen Zementmörtelschichten, Verputzmörteln, Beschichtungen, Anstrichen etc. und dem Traggrund Beton, im Zusammenhang der notwendigen Vorbereitungsarbeiten am Untergrund (z.B. Sandstrahlen, Höchstdruckwasserstrahlen, Kugelstrahlen, etc.)!

Prüfungen im Zusammenhang der Qualitätssicherung während und nach den Betoninstandsetzungsarbeiten (z.B. Verbund Reprofilierungsmörtel mit dem Altbeton, Feinspachtel mit dem Reprofilierungsmörtel, etc.) und der objektbezogenen Bautenschutzmassnahmen (z.B. Verbund Anstrich mit dem Feinspachtel).

- **Durchführung von Haftzugfestigkeitsprüfungen (Stempelabriss-Prüfungen), z.B. mit dem Dynatest-Gerät. Anbohren des Betons ca. 10 mm tief, bzw. bei Prüfung von Reprofilierungsschichten bis in den Kernbeton (Traggrund). Bei sehr dünn-schichtigen Anstrichen (z.B. Dispersionsfarben / Schichtstärken $s = \text{ca. } 0,1 \text{ bis } 0,2 \text{ mm}$) kann auf das Anbohren meist verzichtet werden.**
- **Aufkleben von Metallstempeln ($d = 50 \text{ mm}$) und zentrisches Abreissen der Stempel mit speziellen Geräten (z.B. Dynatest, Herion). Kraftsteigerung pro Zeiteinheit nach Norm: 100 N/Sekunde, bei der Prüfung flexibler Systeme: 300 N/Sekunde.**

Hinweis: Um aussagekräftige Resultate zu erhalten, sind pro Prüfstelle jeweils 3 Einzelmessungen innerhalb eines Kreisdurchmessers von 50 cm durchzuführen!

2

Anforderungswert: $> 1,5 \text{ N/mm}^2$ (in der Regel)

5.1.6. Wasseraufnahmevermögen

Prüfen der kapillaren Saugfähigkeit (Wasseraufnahmevermögen) des Kernbetons oder von oberflächennahen Betonschichten. Für sehr stark saugende und gerissene Untergründe nicht geeignet!

- Orientierende Prüfung: **Versetzen der graduierten "Karstens"-Prüfröhrchen auf horizontale oder vertikale Flächen mit geeignetem Kitt. Auffüllen der Röhrchen mit Wasser und Messen der Wasseraufnahme pro Zeiteinheit (Referenzröhrchen notwendig auf nichtsaugendem Untergrund).**
- Genaue Prüfung: **Entnahme von Bohrkernen, Schneiden in 12 mm dicke Scheiben, Trocknen bei $+50^\circ\text{C}$ während 24 h, Abdichten der Zylinder-Manteloberfläche mit Silikon, nochmaliges Trocknen und anschliessend Schnittfläche ca. 2 mm in Wasser eintauchen.**

Anforderung: **Wasseraufnahmekoeffizient $A = < 0,5 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{0,5}$**

5.1.7. Hohlstellen

Vorhandene Hohlstellen sind vielfach anhand von Rissbildungen auf der Beton- oder Mörteloberflächen oder ggf. an sichtbaren Rostfahnen zu erkennen.

- **Visuelles Absuchen auf Hohlstellen und Abklopfen der Betonoberfläche mit Handfäustel oder schwerem Hammer (Beurteilung des Klangs).**

Dumpfer Klang = Hohlstelle

Hoher Klang = Hohlraumfreies, homogenes Betongefüge

5.1.8. Risse

Rissbildungen, die eine bestimmte Breite und Tiefe aufweisen, stellen grundsätzlich ein erhöhtes Risiko bezüglich dem Eindringen schädlicher Stoffe in den Beton dar. Je nach Lage, Breite und Tiefe des Risses sowie der partiell vorhandenen Bewehrungsüberdeckung, können Sie ein zusätzliches Risiko bezüglich Korrosion der eingebetteten Bewehrung darstellen. Vielfach sind Risse oberhalb knapp überdeckter Bewehrungen, die bereits Korrosion aufweisen oder im Bereich von Hohlstellen, festzustellen

- **Absuchen der Oberfläche auf Risse und Prüfen der Rissursache. Beurteilung ob trockene, feuchte oder wasserführende Risse vorliegen und ob sich diese noch bewegen.**
- **Messen der Rissbreite mit Risslupe oder Rissbreitenmassstab. Festhalten des Rissverlaufs, der Temperatur, der Zeit und des Datums.**
- **Messen der Rissbewegungen mit z.B. mit Gipsmarken, Dehnmessstreifen. Festhalten der Temperatur, der Zeit und des Datums.**

5.1.9. Gefügeuntersuchungen

Spezielle Gefügeuntersuchungen sind immer dann durchzuführen, wenn die vorgängig aufgeführten Prüfungen und Untersuchungen zu wenig Aufschluss geben über den vorliegenden Baustoff.

Bei tiefgreifenden Schäden, qualitativ schlechtem oder sehr unterschiedlichem Beton, bei unbekannter Zusammensetzung des Altbetons und/oder mit Chemikalien oder Tausalzen (Chloriden) belasteten Bauteilen sind zusätzliche Bohrkernentnahmen für spezielle Laborprüfungen und Untersuchungen unerlässlich, z.B.:

- **Chloridversalzung im Tiefenprofil / Belastung durch aggressive Chemikalien**
- **Porenanalyse** (Makroporosität, Expansionsporengehalt, Abstandsfaktor, Porengrössenverteilung etc.)
- **Stoffraumanalyse** im Profil (Querschnittshomogenität, Volumenverteilung über den Querschnitt)
- Beschreibung **Einzelkomponenten** mit Dünnschliff (Hydratationsgrad, Bindemittelart, Sandart, Risse, Verbundstörungen etc.)
- **Gesamtbeurteilung Gefüge und Baustoffkonzept**
- **Frost- und Frosttausalzbeständigkeit**
- **Karbonatisierungstiefe und -grad**
- **Druckfestigkeit / Zugfestigkeit**

5.1.10. Chloridversalzung

Bei tausalzbelasteten Bauteilen, d.h. insbesondere bei Brückenbauteilen, Gebäudesockeln, Einfahrtsrampen (überall dort wo in den Wintermonaten gesalzen wird) muss eine Untersuchung auf allfällige Chloridversalzung des Betons durchgeführt werden.

- **Entnahme von Bohrkernen (d = 50 mm) oder stufenweise Entnahme von Bohrmehl und anschliessende Laboruntersuchung bezüglich Chloridversalzung im Tiefenprofil.**

Die üblichen Grenzwerte des Chloridgehaltes betragen, bezogen auf...

Beton: ca. 0,05 Masse-% bei schlaff armiertem Beton
ca. 0,025 Masse-% bei vorgespanntem Beton (Spannbettverfahren)

Zementgehalt: ca. 0,40 Masse-% bei schlaff armiertem Beton
(ca. 300 kg/m³) ca. 0,20 Masse-% bei vorgespanntem Beton (Spannbettverfahren)

Wichtiger Hinweis:

Im Vorfeld von Instandsetzungen in Betrieben der chemischen Industrie, bzw. überall dort wo Betonbauteile mit festen, flüssigen oder gasförmigen Chemikalien belastet werden, sind unbedingt Untersuchungen auf allfällige beton-, bzw. zementschädigende Chemikalien durchzuführen!

Dasselbe gilt für brandgeschädigte Bauwerke und Bauteile (z.B. Chloridbelastung durch verbranntes PVC). Zudem sind weitere Untersuchungen in statischer Hinsicht durchzuführen (Schädigung der Bewehrung oder des Betongefüges durch Hitzeeinwirkung).

5.2. Weitere, zerstörungsfreie Prüfverfahren

Als Ergänzung der erwähnten und einfachen Prüfungen am Objekt, bzw. der Laboruntersuchungen, kann es erforderlich sein, weitere Untersuchungen durchführen zu müssen.

Zur Prüfung spezieller Bauteile oder Baukörper müssen ggf. weitere Untersuchungsmethoden eingesetzt werden. Diese sehr anspruchsvollen Geräte stellen jedoch hohe Anforderungen an das ausführende Personal.

Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll lediglich eine Auswahl darstellen.

5.2.1. Potentialmessung

Die Potentialmessung ergänzt die bereits erwähnten Prüfverfahren der Bauwerksuntersuchung (z.B. Karbonatisierungstiefe, Bewehrungsüberdeckung, Chloridversalzung im Tiefenprofil) und wird im Gegensatz zu diesen meistens vollflächig durchgeführt.

In erster Linie wird dabei der Korrosionszustand der Bewehrung (u.a. in Abhängigkeit allfällig vorhandener Chloridversalzung und Betonfeuchtigkeit) erfasst.

- **Absuchen der Bauteiloberflächen mit Kupfer-/Kupfersulfat-Elektroden (einzelne oder mehrere) bei Annahme vorhandener Bewehrungskorrosion infolge Betonkarbonatisierung oder -versalzung.**
- **Messen der bei der Stahlkorrosion entstehenden, elektrischen Potentiale mit speziellen Prüfgeräten (z.B. Colebrand Corro-Tester), speichern der Messwerte auf dem Daten-Logger sowie anschliessende PC-Auswertung der Daten und Ausdruck von Statistiken und Grau- oder Farbstufen-Grafiken.**

5.2.2. Endoskopie / Boroskopie (bedingt zerstörungsfrei)

Betrachtung unzugänglicher Hohlräume, Fehlstellen, Fugen und Risse in Bauteilen und Bauwerken, sowie Möglichkeit der Dokumentation mittels Fotoaufnahmen.

- **Einführung der Endoskope (flexibel) oder der Boroskope (starr) durch eine vorgängig erstellte Öffnung als Zugang zum Hohlraum (z.B. Bohrung).**
- **Ausleuchtung der Hohlräume über Glasfaserstäbe oder Linsensysteme mittels Kaltlichtquelle und Betrachtung über das Okular. Allfälliges Dokumentieren mit entsprechenden Fotoaufnahmen.**

5.2.3. Ultraschall

Bestimmung der Güte und Gleichmässigkeit von Betonkörpern; Fehlstellen können meist nicht gemessen werden!

- **Aufstellen von Sendern und Empfängern mit bekannten Abständen und anschliessendes Messen der baustoffabhängigen Schallgeschwindigkeit** (benötigte Zeit zum Durchdringen des Baustoffs).

5.2.4. Radar

Ortung von Hohlstellen und Kiesnestern im Beton, Lokalisieren von schlaffer und vorgespannter Bewehrung, sowie Ortung von Rohrleitungen im Baugrund.

- **Aufstellung einer Antenne (gleichzeitig als Empfänger ausgerüstet), welche elektromagnetische Signale aussendet, vom Untergrund reflektiert und vom Empfänger aufgefangen werden.**

5.2.5. Durchstrahlungsprüfung

Erkennung von Hohlräumen, Fehlstellen, Bewehrungen, Spannstählen, Verpressmängel und Dichteunterschiede.

- **Aufstellen einer radioaktiven Strahlenquelle vor dem Bauteil und Anbringen eines fotografischen Filmes hinter dem Bauteil. Durchstrahlung der zu prüfenden Baukörper.**

Wichtiger Hinweis: Vorschriften der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung müssen unbedingt beachtet werden (Schutzmassnahmen)!

5.2.6. Infrarot-Thermographie

Rückschlüsse auf Feuchtigkeitsgehalte und Hohlräume (Fehlstellen) im Baustoff.

- **Optisches Untersuchungsverfahren mit Infrarotstrahlung, welches die Verteilung der Oberflächentemperaturen eines Bauteils aufzeigt.**

Anmerkungen:

Die Entwicklung der Elektronik hat die Messvorgänge weitgehend automatisiert und damit die Datenübermittlungen und Auswertverfahren erleichtert.

Eine Vielzahl von Verfahren, die in anderen Industriezweigen bereits genutzt werden, werden zur Zeit auf ihre Brauchbarkeit im Bauwesen untersucht.

Trotz aller Elektronik werden die Grundprüfungen am Bauwerk und im Labor, zur Ermittlung des IST-Zustandes, aber weiterhin mit Methoden und Geräten der Kapitel 5.1.1. - 5.1.10. und 5.2.1. (Potentialmessung) stattfinden.

5.3. Beurteilung

Die Analyse und richtigen Interpretationen der Untersuchungsergebnisse der Prüfungen am Objekt und im Labor, bilden den Abschluss der IST-Zustandsaufnahme und beinhalten Aussagen zu folgenden Punkten:

- **Schadenursache/-ausmass und Schwachstellen**
- **Zukünftige Entwicklung der Schäden und Schwachstellen**
- **Kriterien bezüglich Bauwerksicherheit (Statik - auch während der Instandsetzung)**
- **Anschlüsse und Abschlüsse (z.B. Fugen)**
- **Bauphysikalische Aspekte**
- **Aesthetische Aspekte**

5.4. Kosten der Schadendiagnose

Die Aufwendungen und diesbezüglich anfallenden Kosten einer seriös durchgeführten Schadendiagnose (IST-Zustandaufnahme) sind von verschiedenen Faktoren abhängig:

Folie 9

- Zugänglichkeit (Notwendigkeit eines Gerüst, Sky-Lift etc.)
- Zustand (Schadenausmass auf Grund visueller Beurteilung)
- Art und Umfang der durchzuführenden Untersuchungen am Objekt und im Labor
- Notwendigkeit des Beizugs eines Statikers, Bauphysikers

Auf Grund einer ersten, rein visuellen und kostenlosen Beurteilung des Objektes, bzw. der Schäden wird wenn möglich gemeinsam mit dem Auftraggeber festgelegt, welche Untersuchungen sinnvoll und notwendig sind.

Anschliessend wird eine entsprechende Offerte ausgearbeitet, welche die Prüfungen und Untersuchungen am Objekt und im Labor in Bezug auf Art und Ausmass umschreibt.

In welcher Grössenordnung die Kosten anfallen können, möchten wir Ihnen anhand eines Beispiels (Faustregel) aufzeigen:

Folie 10

Betonsanierung

Folie 9

Kosten der Schadensdiagnose

Aufgrund der ersten rudimentären, rein visuellen Beurteilung, sowie nach Einholung objektbezogener Unterlagen, sind wir in der Lage eine Offerte für die Schadensdiagnose zu erarbeiten.

Die effektiven Kosten einer Schadendiagnose sind von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Art, Grösse und Standort des Objektes
- Zugänglichkeit
- Zustand (Schadenausmass/visuell)
- Art und Umfang der durchzuführenden Untersuchungen (Objekt/Labor)
- Notwendigkeit des Beizugs eines Statikers, Bauphysikers, ext. Prüflabors

Betonsanierung Folie 10

Kosten der Schadensdiagnose

Kostenschätzung

Eine erste Kostenschätzung für die durchzuführende Schadensdiagnose kann, unter Berücksichtigung der erwähnten Kriterien, nach einer "Fausregel" gemacht werden!

Was benötigt man für diese Kostenschätzung?

- Gesamtausmass der zu sanierenden
- Betonoberfläche in Quadratmetern (nach vorhandenen Plänen)
- Die **geschätzten Sanierungskosten**: je nach Schadenausmass und Wahl der Sanierungs-Methode kostet eine Instandsetzung zwischen

Fr. 200.-- - 1000.-- /m²

Die Kosten der Schadensdiagnose liegen, je nach Art und Umfang der Arbeiten, zwischen

3-7 %

der geschätzten Sanierungskosten.

6. Instandsetzungs-Konzept

Nach Abschluss der IST-Zustandsaufnahme am Objekt und der Prüfungen im Labor, bzw. nach erfolgter Auswertung und Beurteilung der Untersuchungsergebnisse, wird unter Berücksichtigung der zukünftigen Nutzung (SOLL-Werte), der gewünschten Dauerhaftigkeit, Ästhetik, Lage und Zugänglichkeit des Objektes oder einzelner Bauteile etc., das entsprechende Betoninstandsetzungs-Konzept erarbeitet.

- **Kein Objekt gleicht dem anderen, d.h. für jede Instandsetzung sind diese Kriterien genau zu überprüfen und die entsprechenden, objektbezogenen Massnahmen von A-Z zu definieren.**
- **Mit einer Beton-Instandsetzung müssen grundsätzlich 30 mm Betonäquivalenz sichergestellt werden. Das heisst, das aufgebrachte System (Reprofilierungsmörtel oder Spritzbeton, mit oder ohne Bautenschutzanstrich etc.) muss dieselbe Schutzfunktion übernehmen können, wie eine 30 mm dicke Betonschicht.**

Wie Sie anhand dieser Beispiele sehen konnten, sind die objektbezogenen Instandsetzungs-Konzepte sehr unterschiedlich und immer von verschiedenen, eingangs erwähnten Faktoren abhängig!

6.1. Erfahrungsbericht

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass sehr oft **"Sanierungen"** in Auftrag gegeben werden, ohne dass objektbezogene Schadensabklärungen getroffen wurden. Diese Arbeiten müssen jedoch eher als **nicht dauerhafte „Oberflächen-Kosmetik“** bezeichnet werden!

Vielfach sind es private Hauseigentümer oder Eigentümer-Gemeinschaften, welche direkt von Bauunternehmungen oder Spezialfirmen entsprechende Offerten für derartige „Sanierungen“ einholen.

Das nachfolgende Beispiel soll aufzeigen, welche Gefahren sich in derartigem Vorgehen verbergen können:

Beispiel

Bauherr:	Eigentümergeinschaft
Objekt:	Eingangspartie einer Autoeinstellhalle mit beidseitigen Flügelmauern
Konstruktion:	Sichtbeton
Schadenbild:	Viele partielle Schäden mit Betonabplatzungen, freiliegender Bewehrung, Rissen und Durchfeuchtungen
Diagnose:	Keine durchgeführt

Wie wurde vorgegangen?

Die Eigentümer-Gemeinschaft gibt 4 Unternehmen den Auftrag, Offerten für die "Beton-sanierung" einzureichen. Die visuell sichtbaren Schäden sollen mit geringstem Aufwand behoben, bzw. die gesamten Betonoberflächen dauerhaft instandgesetzt werden!

Die 4 Offerten, mit Summen zwischen Fr. 15'000.-- bis Fr. 25'000.-- werden eingereicht und dem günstigsten Unternehmer wird der Auftrag für die „Sanierung“ erteilt.

- **Kurz nach Beginn der Spitzarbeiten, d.h. in Bereichen visuell vorhandener Schäden, stellt der Unternehmer fest, dass eine gravierende Bewehrungskorrosion vorliegt und dies auch in Bereichen, wo keine visuellen Schäden vorliegen.**

Nachträglich erhalten wir den Auftrag die Karbonatisierungstiefen und Bewehrungsüberdeckungen zu überprüfen und stellen dabei fest, dass der Beton mehrheitlich bis in Tiefen von 20-30 mm karbonatisiert ist und die Bewehrungsüberdeckungen grösstenteils in Bereichen von 0-20 mm liegen und bereits eine gravierende Stahlkorrosion vorliegt.

- **Die Vielzahl geprüfter Bewehrungen mit ungenügender Ueberdeckung werden am Objekt markiert und in einem kurzen Bericht machen wir den Bauherrn auf die Gefahren der in Auftrag gegeben "kosmetischen Sanierung" aufmerksam.**
- **Gleichzeitig empfehlen wir der Eigentümer-Gemeinschaft die Durchführung einer seriösen und dauerhaften Instandsetzung, inkl. abschliessenden Bautenschutz-massnahmen (Kostengrösse ca. Fr. 45'000.--).**

Der Bauherr lässt sich leider nicht umstimmen (zu teuer) und die angefangenen Arbeiten werden gemäss der 1. Offerte fortgesetzt!

Wo liegen nun die Gefahren und Probleme dieser falschen Vorgehensweise?

- Ohne Diagnose ist weder die Schadenursache noch das Schadenausmass bekannt.
- Ohne Diagnose kann keine seriöse Offerte für eine dauerhafte Instandsetzung ausgearbeitet werden.
- Setzt der Bauherr voraus, dass eine dauerhafte Sanierung durchgeführt wird, kann es beim Fehlen der Diagnose zu enormen Kostenüberschreitungen kommen.
- Bei "Sanierungen" kosmetischer Art wird es kurzfristig zu neuen Schäden kommen und ohne entsprechende, schriftliche Abmahnungen des Unternehmers, wird dies zu langwierigen Diskussionen und entsprechenden Garantiefällen führen.
- Die Gefahr ist gross, dass sowohl der Unternehmer wie auch der Produktezulieferant von Aussenstehenden (Publikum/Konkurrenz) in Misskredit gebracht werden (schlechte Ausführung und Produkte), da diese die genauen Umstände nicht kennen.
- Alle Beteiligten sind unzufrieden.

7. Betoninstandsetzung und Bautenschutz

Die nachfolgend geschilderten Arbeitsabläufe umschreiben eine sogenannte, konventionelle "Standard"-Instandsetzung. Abhängig vom SOLL-/IST-Zustand instand zu setzender Objekte (Prognosen/Diagnosen), können einzelne Arbeitsgattungen und Methoden (Sanierungskonzepte) gegebenenfalls davon abweichen.

Es werden anschliessend nur diejenigen Arbeitsschritte näher behandelt, welche in der Regel durchgeführt werden. Muss man objektbedingt von diesem "Standard"-Vorgehen abweichen, darf dadurch selbstverständlich die Qualität der Betoninstandsetzung nicht beeinträchtigt werden!

Folie 11

Folie 12

Folie 13

7.1. Generelle Anforderungen an den Traggrund Beton

Auf Grund der Durchführung der geschilderten Prüfungen und Untersuchungen am Objekt und im Labor, erhalten wir genaue Materialkennwerte des vorhandenen Traggrundes. Diese geben uns Aufschluss über die grundsätzliche Eignung des geprüften Untergrundes für nachfolgende Reprofilierungen, Beschichtungen und Anstriche.

Weitere Kontrollen des Untergrundes werden am Objekt visuell durchgeführt und vervollständigen die vorgängig erwähnten, bzw. durchgeführten Untersuchungen und Prüfungen.

- **Die Vergangenheit hat gezeigt, dass die meisten Schadenfälle auf ungeeignete Untergründe oder mangelhaft vorbereitete Traggründe zurückzuführen sind (z.B. Gefügestörungen durch Betonabtrag, verbleibende Versalzung im Altbeton).**

Es ist völlig zwecklos, qualitativ hochwertige Produkte auf schlechte oder ungenügend tragfähige Untergründe zu applizieren. Wird dies dennoch gemacht, sind daraus resultierende Schäden vorprogrammiert!

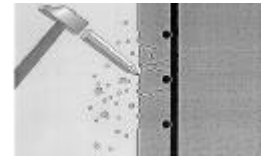
Generelle Anforderungen an den Untergrund Beton (Altbeton):

- **Tragfähig, fest, gutes Gefüge**
- **Oel-, staub- und fettfrei, frei von losen Teilen**
- **Frei von Zementleimschichten, Anstrichen, Beschichtungen etc.**
- **Haftzugfestigkeit des vorbereiteten Altbetons $> 1,5 \text{ N/mm}^2$**
- **Frei von Versalzungen und Chemikalien**

Betoninstandsetzung / Bautenschutz

Standard-Arbeitsabläufe

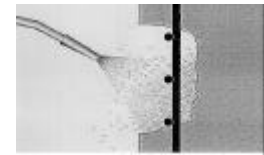
1. Entfernen loser, schadhafter und verseuchter Betonteilen
(mechanisch oder hydrodynamisch)



2. Freilegen korrodierter Bewehrungen (teilweise oder vollständig / mechanisch oder hydrodynamisch)



3. Entrosten der Bewehrungen (je nach Reinheitsgrad:
Sandstrahlen oder Wasserhöchstdruckstrahlen)



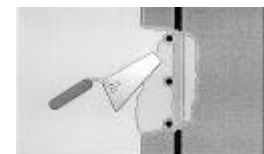
4. Aufbringen des Korrosionsschutzes auf die entrostete Bewehrung.
Sakret MKH (PCC Mörtel), Sakret M04 (CC Mörtel)



5. Reinigen, Vornässen und bei manueller Reprofilierung
Haftbrücke auftragen.
Sakret MKH (PCC Mörtel), Sakret M04 (CC Mörtel)



6. Reprofilierungsmörtel manuell/maschinell auftragen
(Diverse Sakret-Produkte)
Wichtig: Frische Mörteloberflächen feuchthalten!



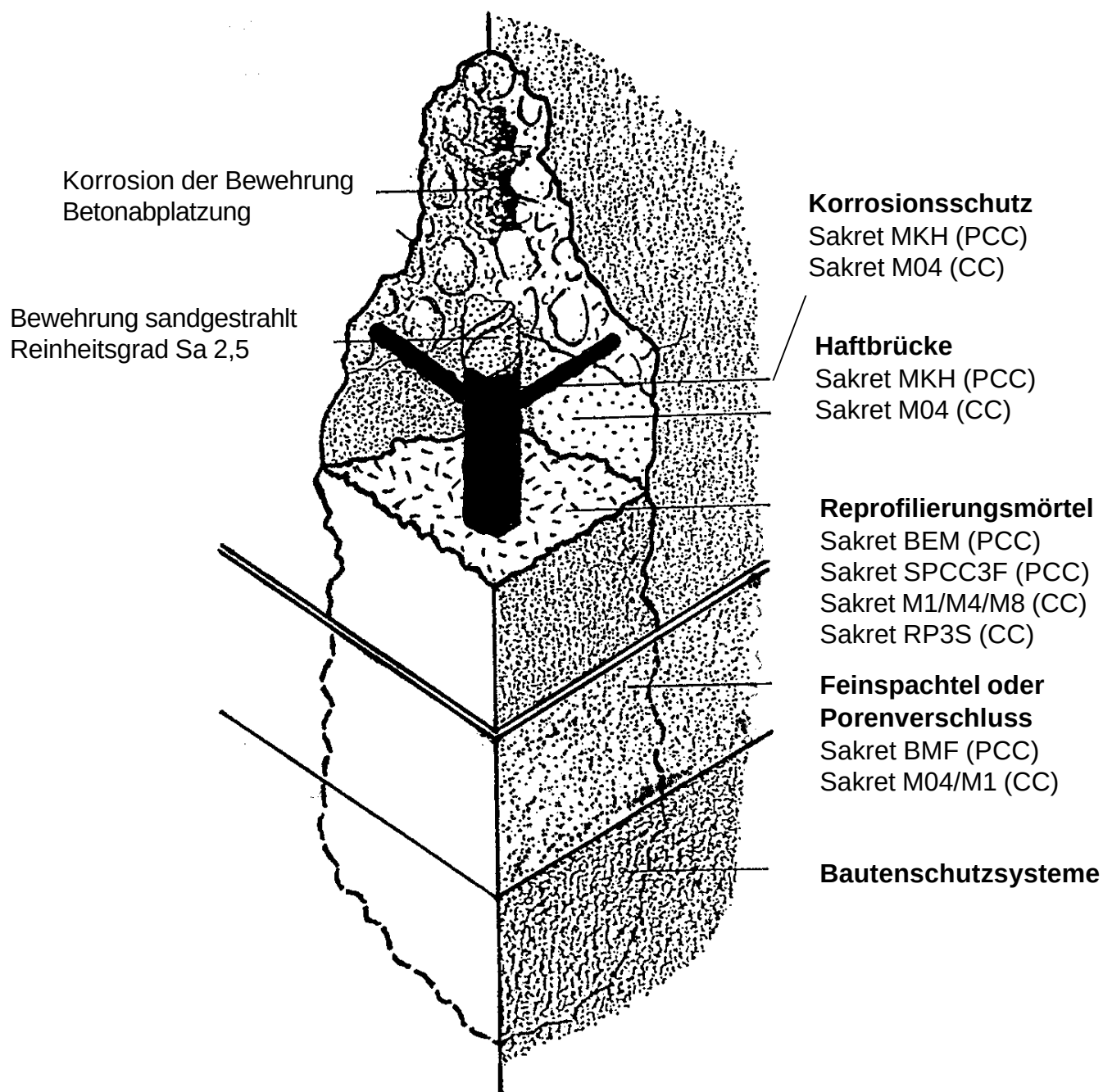
7. Feinspachtelung oder Porenverschluss durchführen
Sakret BMF (PCC), Sakret M04 (CC) und Sakret M1 (CC)
Wichtig: Frische Mörteloberfläche feuchthalten!



8. Auftragen der Bautenschutz-Produkte und -Systeme
(Diverse Produkte)



Betonsanierung Systemskizze Folie 12



Die Grunderfordernisse der Betoninstandsetzung

Folie 13

Bei der Betoninstandsetzung muss ein langfristiger Erfolg angestrebt werden. Dieser ist jedoch nur realisierbar, wenn jede einzelne der folgenden Funktionen auf Dauer erfüllt wird:

- Ersetzen der mangelhaften Betondeckung durch einen Schutz des freiliegenden Bewehrungsstahls mit Massnahmen von hohem Korrosionsschutzwert.
- Herstellen eines homogenen und kraftschlüssigen Verbundes zwischen der Reparaturstelle und dem alten Betonkern.
- Betonähnliche thermische Längenänderung der Reparaturstellen auch bei schroffem Temperaturwechsel.
- Betonähnliches Wasserdampf - Diffusionsverhalten der überarbeiteten Flächen unter den Bedingungen des normalen Hoch- und Tiefbaus.
- Blockieren der Weiterentwicklung latent vorhandener, nicht erkennbarer Schadensherde.
- Wirksames Verzögern des Karbonatisierungsprozesses.
- Wirksames Schützen der gesamten Sichtbetonfläche gegen aggressive Einflüsse aus der Umgebung.
- Wiederherstellen des ursprünglichen, makellosen Aussehen der Sichtbetonoberfläche.

Eine selbstverständliche Voraussetzung ist natürlich auch die baustellengerechte Verarbeitung aller Sanierungsprodukte.

Zusätzliche Anforderung an den Bewehrungsstahl:

- **Reinheitsgrad der Bewehrung Sa 2^{1/2} (visuell metallisch rein), evtl. Sa 2**
und allgemein bei Reprofilierungen mit zementgebundenen Materialien:
- **Intensiv vorgenässster, mattfeucht abgetrockneter Untergrund (Vorbehandlung)**
- **Kein verbleibendes, stehendes Wasser in Vertiefungen**

7.2. Untergrundvorbereitung

Ziel der Untergrundvorbehandlung ist es, die Haftflächen derart vorzubereiten, dass die Kraftübertragung (Verbindung) zwischen Untergrund und nachfolgenden Materialien (Haftbrücke, Reprofilierungsmörtel, Anstriche, Beschichtungen etc.) sichergestellt ist und den systembedingten Anforderungen entspricht!

Für die Untergrundvorbehandlung stehen verschiedene Verfahren und Methoden zur Auswahl.

Die Wahl der richtigen Methode (Anwendungsmöglichkeit / Wirtschaftlichkeit) **ist immer abhängig:**

- **vom Objekt** (Art, Grösse, vertikale oder horizontale Flächen, Zugänglichkeit)
- **vom Untergrund** (beschichtet oder unbeschichtet)
- **den gestellten Anforderungen** (abhängig vom gewählten Reprofilierungs-, Beschichtungs- oder Anstrichsystem).

In den letzten Jahren hat sich die hydrodynamische Methode, d.h. ein Betonabtrag mit Wasserhöchst- und Druck (bis ca. 2'400 bar) verbreitet.

Diese Methode hat den Vorteil, dass das Betongefüge in seiner oberflächennahen Zone nicht oder nur minimal gestört wird. Das Verfahren eignet sich für vollflächigen oder partiellen Betonabtrag, sowie zum Freilegen und "Entrosten" von eingelegten Bewehrungen (vergleichbarer Reinheitsgrad ca. Sa 2).

- **Je nach Lage und Grösse des Objektes und der jeweiligen Zugänglichkeit, gelangen Handlängen mit unterschiedlichen Düsensystemen oder Roboter diverser Arbeitsbreiten zum Einsatz.**
- **Es gilt zu beachten, dass beim Arbeiten mit Handlängen eine Gerüstgangbreite von 90 cm erforderlich ist (zusätzliche Gerüst-Konsole), für das Arbeiten mit Robotern ein ausreichend tragfähiger Untergrund (stabile Gerüstung/Podeste) Voraussetzung ist und die abgetragenen Materialien nicht ungefiltert in die Entwässerungsleitungen gelangen dürfen!**

Die Tabelle auf der folgenden Seite zeigt verschiedene Verfahren und die daraus resultierenden Wirkungen, bzw. die allenfalls auftretenden Gefügestörungen:

Verfahren	Wirkung	Gefügestörungen
Spritzen (pn/el)	Oertlicher Beton-/Mörtelabtrag	bis 20 mm Tiefe
Stocken (pn/el)	Aufrauen von Oberflächen	bis 2 mm Tiefe
Schleifen	Entfernen von Anstrichen, Beschichtungen, Zementleim etc.	keine
Fräsen (leichte) (schwere)	Aufrauen/Abtragen von Oberflächenschichten beschädigt/löst die Bewehrung	bis 2 mm Tiefe bis 5 mm Tiefe
Kugelvakuumstrahlen	Aufrauen oder Abtragen von Oberflächenschichten; staubfreie und gefügeschonende Methode	keine
Strahlen mit festem Strahlgut	Aufrauen oder Abtragen von Oberflächenschichten	unbedeutend
Flammstrahlen	Absprengen von Oberflächenschichten; beschädigt Betongefüge (nacharbeiten)	bis 3 mm Tiefe
Ablaugen	Entfernung von Farbanstrichen; mit Wasser nacharbeiten	keine
Absäuern	Entfernung von Ausblühungen; mit Wasser nachwaschen	lösender Angriff
Wasser- und Dampfstrahlen	Oberflächenreinigung (Entfernung von Schmutz, Moos, Algen, etc.)	keine
Druckwasserstrahlen (100-400 bar)	Oberflächenreinigung (Entfernung von Schwarzbeschichtungen nicht möglich)	keine
Druckwasserstrahlen (400-800 bar)	Porentiefe Oberflächenreinigung (Entfernung von Schwarzbeschichtungen; in der Regel kein Aufrauen der Betonoberfläche)	keine
Hochdruckwasserstrahlen (800-1000 bar)	Entfernung von Zementleimschichten, leichtes Aufrauen der Beton- oder Mörteloberfläche	unbedeutend
Höchstdruckwasserstrahlen (1000-2400 bar)	Schollenförmiger Betonabtrag bis in eine Tiefe von ca. 80 mm und gleichzeitiges "Entrosten" der Bewehrungen	unbedeutend (minimal)

7.3. Vorbereitung partieller Schadstellen, Freilegen korrodierter Bewehrungen und vollflächiger Betonabtrag

Das Freilegen korrodierter Bewehrungseisen und der notwendige Betonabtrag geschieht, je nach Ausmass und örtlichen Verhältnissen, mit leichten pneumatischen/elektrischen Abbauhämmern oder mit Höchstdruckwasserstrahl (ca. 1800 - 2500 bar).

Ob sämtliche Bewehrungen freizulegen sind (z.B. solche, mit nur geringem und beschränktem Korrosionsbefall) muss von Fall zu Fall entschieden werden.

Grundregeln:

- **Die Bewehrung ist immer so freizulegen, dass in Zonen, wo die Armierung nicht freigelegt werden muss, der Verbund zwischen Bewehrungsstählen und Beton nicht gestört wird.**
- **Die Kraftübertragung muss auch nach der Instandsetzung intakt sein und die Umhüllung der Armierung mit alkalischem Beton muss erhalten bleiben.**
- **Je nach Korrosionsgrad der Bewehrung und je nach Verlauf der Karbonatisierungsfront im Bereich der korrodierten Stähle sind diese vollständig, d.h. ringsum oder allenfalls nur teilweise freizulegen.**
- **Muss auf Grund des Korrosionsgrades der Armierungsstab tiefer als ein Drittel seines Durchmessers freigelegt werden, so ist dieser vollständig freizulegen, weil die Armierung mindestens durch einen feinen Trennriss vom umhüllenden Beton abgetrennt wurde und die feinen Risse nicht mehr verfüllt werden können.**

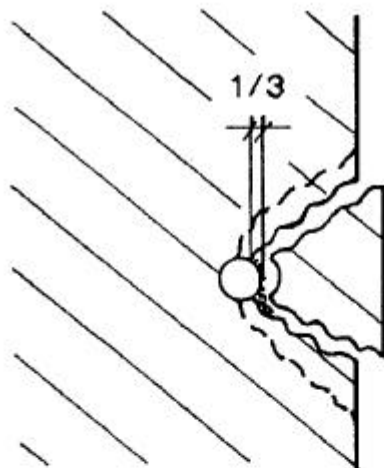
Beim vollständigen Freilegen der Armierung ist ein notwendiger Freiraum hinter dem Armierungsstab von ca. 15-20 mm zu schaffen. Ist der Freiraum hinter der Armierung zu gering, können die nachfolgenden Arbeiten nicht seriös durchgeführt werden (Entrosten, Auftragen der Korrosionsbeschichtung und genügendes Verdichten des Mörtels).

- **Armierungsstähle mit Korrosionserscheinungen sind immer soweit freizulegen, bis eine noch gleichmässig vorhandene, dunkelgraue bis schwarze Passivschicht des Stahls sichtbar wird!**

Betonsanierung

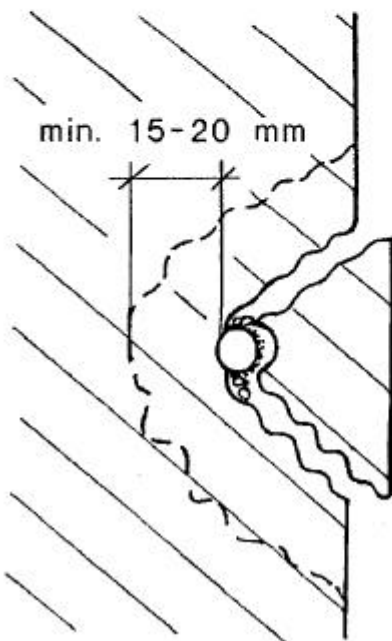
Folie 14

Bewehrungs-Korrosion



Korrosionsbefall max. ein Drittel
des Stabdurchmessers

Armierung nicht vollständig frei-
legen



Korrosionsbefall grösser als ein
Drittel des Stabdurchmessers

Armierung vollständig freilegen

Wichtiger Hinweis beim Arbeiten mit Abbauhämmern:

Armierung schonen → mögliche Ablösungen des Betons von der Bewehrung und Entstehung von Gefügeschäden!

Empfehlung beim Arbeiten mit Wasserhöchstdruck:

Nacharbeiten → beim Betonabtrag und dem Freilegen der Armierung mit Wasserhöchstdruck (ca. 2'000 - 2'500 bar) sind die damit verbundenen Gefügestörungen minimal.

Trotzdem ist ein Nacharbeiten mit tieferen Drücken (mit ca. 1'000 bar) zu empfehlen, um gestörte und gelockerte Partien im oberflächennahen Bereich restlos entfernen zu können.

7.4. Entrosten korrodierter Bewehrung

Strahlen der freigelegten Bewehrungsseisen mit festem Strahlgut (Reinheitsgrad Sa 2^{1/2}, d.h. visuell metallisch rein) ist jeweils notwendig und empfehlenswert, wenn die Armierung mit speziellen Korrosionsschutz-Produkten geschützt werden soll; zudem wenn keine ausreichende Neuüberdeckung mit Reprofilierungsmörtel oder Spritzbeton möglich ist oder eine Chloridkontamination (Chloridversalzung) vorliegt. Durch verbleibende Chlorid-Mengen, kann der Korrosionsprozess der Bewehrung auch weiterhin ablaufen.

Das Entrosten korrodierter Bewehrung ist auch mit Höchstdruckwasserstrahl möglich. Mit diesem Verfahren wird annähernd ein mit dem Trockenstrahlen vergleichbarer Reinheitsgrad von Sa 2 (ggf. noch vorhandene Rostspuren in den Poren / Flugrost) erreicht!

Wichtige Hinweise:

- Das immer wieder zu beobachtende Bürsten von freigelegten, korrodierenden Armierungsstäbe kann nicht empfohlen werden. Es ist lediglich ein "Polieren des Rostes" und führt zwangsläufig zu einer qualitativ minderwertigen "Sanierung"
- Bevor korrodierte Bewehrungsstäbe herausgeschnitten werden, ist unbedingt sicherzustellen, dass dadurch weder das Tragvermögen noch die Gebrauchstauglichkeit negativ beeinträchtigt werden (Beurteilung durch Statiker notwendig)!
- Je nach Korrosionsgrad der Armierung muss allenfalls ein Ersatz der Bewehrung vorgenommen werden. In diesen Fällen ist ebenfalls der bauleitende oder baubegleitende Ingenieur (Statiker) heranzuziehen!

7.5. Korrosionsschutz

Applikation des Korrosionsschutzes auf sandgestrahlte Stahlarmerung (geforderter Reinheitsgrad: Sa 2^{1/2}). **Sakret MKH (PCC), Sakret M04 (CC)** in zwei Arbeitsgängen sorgfältig, porenfrei und in gleichmässiger Schichtstärke beschichten!

Hinweis:

Bei ausreichender Neuüberdeckung der Armierung (je nach Qualität des Produktes ca. 15-30 mm) oder bei nachträglicher Applikation optimaler Bautenschutzsysteme als Durchfeuchtungsschutz und Karbonatisierungsbremse, kann von Fall zu Fall auf einen speziellen Korrosionsschutz verzichtet werden.

7.6. Reinigung und Vornässen

Reinigung der Schadstellen (Betonoberfläche) von Staub, Schmutz und sonstigen Verunreinigungen. Ausreichendes Vornässen des Betons (mind. 6 Stunden, je nach Güte und Saugfähigkeit des Untergrundes), jedoch bis zur vollständigen Sättigung der Kapillarporen.

- **Durch ungenügendes Vornässen des Untergrundes, wird der Haftbrücke und/oder dem nachfolgenden Reprofilierungsmörtel oder Spritzbeton/-mörtel das Anmachwasser zu rasch entzogen.**
- **Die Folgen davon sind schlechter Verbund mit dem Untergrund und "verdursten" des Mörtels oder Spritzbetons, mit damit verbundener Qualitätseinbusse, wie Festigkeitsverlust, Porosität und Rissanfälligkeit!**
- **Untergrund vor Applikation der Haftbrücke mattfeucht abtrocknen lassen!**
- **Stehendes Wasser entfernen (Aufnehmen mit Schwamm oder Abblasen mit oelfreier Druckluft). Geschieht dies nicht, wird die nachträglich aufgebrachte Haftbrücke und der Reprofilierungsmörtel "verwässert", d.h. die Verbindung zum Untergrund kann dadurch stark vermindert werden.**

7.7. Haftbrücke

Sakret MKH (PCC) oder Sakret M04 (CC) gründlich und gleichmässig auf sämtliche, mattfeucht abgetrockneten Kontaktflächen einbürsten (Beton und vorbehandelte Stahlteile).

- **Bei Reprofilierungsarbeiten im Trocken- oder Nassspritzverfahren kann in der Regel auf eine spezielle Haftbrücke verzichtet werden!**

In diesem Fall erfolgt ein erster dünner Materialauftrag von einigen Millimetern auf den mattfeuchten Untergrund, welcher zugleich als Haftbrücke wirkt! Anschliessend werden die Folgeschichten appliziert.

7.8 Reprofilierung

Die Wahl des geeigneten Mörtels oder Feinbetons (Typ, Körnung, etc.) sowie der wirtschaftlichen Verarbeitungsmethode (manuelle/maschinelle Verarbeitung im Trocken-/ Nassspritzen), ist abhängig vom:

Objekt

Anforderungen an die Materialien (CC , PCC , SPCC Mörtel usw.)

Reprofilierungsvolumen

Aufzutragenden Schichtstärken, etc.

Klassifizierung der Sanierungsmörtel

CC	Cement- Concrete Zementgebundener Mörtel Hydraulisch härtender Zement als Bindemittel
PCC	Polymer Cement Concrete Zementgebundener Mörtel, modifiziert mit Kunststoffen (Polymeren) als Sekundärbindemittel. Die Kunststoffe sind nichtreaktive Thermoplaste.
SPCC	Spritz - PCC Im Spritzverfahren aufzubringender Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz.
ECC	Epoxy - Cement - Concrete Zementgebundener Mörtel, modifiziert mit reaktivem Epoxy - Duomer. Reaktives „ Duo - Binder „ - System: Zementhydratation und Polyaddition des Epoxidharzes mit dem Härter.
PC	Polymer - Concrete Mit reinem Kunstharz gebundener Mörtel. Reaktiver Duroplast (z.B.Epoxidharz) mit Harz- und Härter-Komponenten.

Sakret-Betoninstandsetzung Zementgebunden 1 Komponentensystem (CC)

Korrosionsschutz **Sakret M04 / MKH**

Haftbrücke **Sakret M04 / MKH**

Reprofilierungsmörtel

Schichtstärke	3 - 10 mm	Sakret M1
Schichtstärke	10 - 40 mm	Sakret M4
Schichtstärke	20 - 80 mm	Sakret M8
Schichtstärke	10 - 40 mm	Sakret SM4VN Silica

Fliessfähiger Reprofilierungsmörtel

Schichtstärke	10 - 40 mm	Sakret FL 504
Schichtstärke	20 - 80 mm	Sakret FL 508
Schichtstärke	50 - 250 mm	Sakret FL 516

Schnellhärtender Reprofilierungsmörtel

Schichtstärke	9 - 40 mm	Sakret RP 3 S
---------------	-----------	----------------------

Sakret-Betoninstandsetzung Zementgebundenes- kunststoffmodifiziertes Reprofilierungsmörtelsystem (PCC)

Anwendung bei Reprofilierungen vertikaler, horizontaler und Ueberkopfausbrüchen. Die Sanierungsmörtel können manuell oder maschinell verarbeitet werden.

1 Komp. Korrosionsschutz **Sakret MKH**
(gem. ZTV-SIB 90)

1 Komp. Haftbrücke **Sakret MKH**
(gem. ZTV-SIB 90)

1 Komp. Reprofilierungsmörtel
(gem. ZTV-SIB 90)

Korngrösse	0 - 4 mm	Sakret BEM
Schichtstärke	9 - 30 mm	

**1 Komp. Reprofilierungsmörtel
faserverstärkt**

Korngrösse	0 - 3 mm	Sakret SPCC 3 F
Schichtstärke	10 - 30 mm	

1 Komp. Feinmörtel
(gem. ZTV-SIB 90)

Korngrösse	0 - 1 mm	Sakret BMF
Schichtstärke	0 - 8 mm	

Anschliessend CC- oder PCC-Reprofilierungssystem
(Siehe Seite 41 und 42)

Sakret - Betoninstandsetzung Trockenspritzmörtel

Korrosionsschutz

Sakret M04 / MKH

Bei genügender Betonüberdeckung nicht nötig

Haftbrücke Nicht nötig

Trockenspritzmörtel

Normal abbindend

Korngrösse 0 - 4 mm

Sakret SM 4 P

Korngrösse 0 - 8 mm

Sakret SB 8 P

Schnell abbindend

Korngrösse 0 - 4 mm

Sakret SM 4 PS

Korngrösse 0 - 8 mm

Sakret SB 8 PS

Silicavergütet normalabbindend

Korngrösse 0 - 4 mm

Sakret SM 4 P Silica

Korngrösse 0 - 8 mm

Sakret SB 8 P Silica

Silicavergütet schnellabbindend

Korngrösse 0 - 4 mm

Sakret SM 4 PS Silica

Korngrösse 0 - 8 mm

Sakret SB 8 PS Silica

Sulfatbeständig schnellabbindend

Korngrösse 0 - 4 mm

Sakret SM 4 PS - HTS

Korngrösse 0 - 8 mm

Sakret SB 8 PS - HTS

Leichtzuschlägen normalabbindend

Korngrösse 0 - 4 mm

Sakret LSM 4 P

Korngrösse 0 - 8 mm

Sakret LSB 8 P

Kunststoffvergütet silicamodifizierter normal abbindend

Korngrösse 0 - 3 mm

Sakret SM 3 KM

Kunststoffvergütet silicamodifizierter schnell abbindend

Korngrösse 0 - 3 mm

Sakret SM 3 KM S

7.8.1 Verarbeitung von Sakret-Sanierungsprodukten

Beim Verfüllen der Ausbruchstellen mit Reprofilierungsmörtel ist speziell zu beachten, dass die Reprofilierung vollständig (Hohlraumfrei) erfolgt, die Bewehrung einwandfrei eingebettet und der Mörtel gut verdichtet wird!

Arbeiten im Nass- oder Trockenspritzverfahren sollen nur durch erfahrene und geübte Düsenführer ausgeführt werden. Die richtige Handhabung und Einstellung der Spritzgeräte und insbesondere die Düsenführung selbst, sind bezüglich Qualität des applizierten Mörtels oder Spritzbetons von ausschlaggebender Bedeutung (z.B. Spritzschatten, Rückprall, einspritzen von Rückprallmaterial, optimale Verdichtung, etc.)!

7.8.2 Manuelle Verarbeitung

Die 1 Komp. Reprofilierungsmörtel (Sakret M4 / BEM / SPCC 3 F usw.) werden mit einem Zwangsmischer oder einem langsam laufenden Rührwerk, unter Einhaltung der Mischzeit und vorgegebener Wassermenge zur richtigen Konsistenz gemischt und von Hand (Handschuhen) oder Kelle nass in nass auf die Haftbrücke (Sakret MKH / M04) aufgetragen. Bei fliessfähigem Sanierungsmörtel (Sakret FL 504 / 508 / 516) ist bei vertikaler Verwendung eine Schalung notwendig.

7.8.3 Verarbeitung im Nassspritzverfahren

Der Sanierungsmörtel wird mit einem separaten Mischer (Zwangsmischer) zur richtigen Konsistenz gemischt, mit einer Schneckenpumpe (z.B. Vario-jet, Putzmeister usw.) durch einen Schlauch zur Spritzdüse gefördert und mit oelfreier Druckluft auf die Betonoberfläche aufgespritzt.

Vorteile bei Nassspritzverfahren:

- Sanierungsmörtel der Systeme (CC, PCC, SPCC) bis 4 mm Korngrösse problemlose Verarbeitung; mit grösseren Maschinen können auch Mörtel mit Korngrössen 8 mm maschinell verarbeitet werden.
- Konstante Mörtelqualität (industriell hergestellte Sackware)
- Keine spezielle Haftbrücke notwendig (Erster dünnschichtiger Materialauftrag (3-5mm) gilt als Haftbrücke für die nachfolgenden Schichten).
- Minimaler Spritznebel und geringe Umweltbelastung
- Kleiner Aufwand an Sicherheitsmassnahmen
- Geringer Materialrückprall < 10%
- Geringe Entsorgungskosten
- Minimaler Ueberwachungsaufwand
- Keine Vorversuche notwendig; da technische Werte bekannt
- Hohe Arbeitsleistung und wirtschaftliche Verarbeitung (je nach Typ der eingesetzten Maschine können bis 60 m Förderlänge und bis 30 m Förderhöhe gepumpt werden).

7.8.4 Verarbeitung im Trockenspritzverfahren

Sakret Trockenspritzmörtel/beton (Sakret SM 4 P, SB 8 PS usw.) werden gebrauchsfertig geliefert in Silos, Sackware oder Big Bags. Die Verarbeitung erfolgt ausschliesslich mit gängigen Trockenspritzmaschinen (z.B. KMR, Aliva, Meynadier, SBS). Die Pulvermischung wird trocken und pneumatisch gefördert (Dünnstrom) und die Zugabe der entsprechenden Wassermenge erfolgt an der Spritzdüse.

Sakret Trockenspritzmörtel / -beton ist direkt (ohne Haftbrücke) auf den vorbereiteten Untergrund aufzubringen. Die minimale Auftragsstärke entspricht dem 3-fachen Korndurchmesser des Mörtels.

Bei Auftragsstärken über dem zulässigen Maximum ist der Mörtel in mehreren Schichten aufzutragen, die einzelnen Schichten sind bis auf die letzte spritzroh zu belassen.

Die letzte Schicht kann abgezogen und bearbeitet werden.

Vorteile bei Trockenspritzverfahren:

- gleichbleibende hohe Qualität
- exakte Sieblinie
- hohe Druckfestigkeiten
- dennoch niedriges E-Modul
- hohe Biegezugfestigkeiten
- hohe Haftzugfestigkeiten
- hohe Verdichtung durch hohe Auftragsgeschwindigkeit
- niederer Wasserzementfaktor
- extrem geringe Schwindneigung
- keine Rostschuttschicht notwendig
- problemloses Bearbeiten der senkrechten Flächen sowie Ueber-Kopf-Arbeiten
- keine Schutzmassnahmen erforderlich, da keine Lösungsmittel oder Reaktionsharze eingesetzt werden
- grossartiges Preis- / Leistungsverhältniss

7.8.5 Korngrösse und Schichtstärken

Bezüglich Maximalkorngrösse des verwendeten Mörtels / Betons zur Reprofilierungsstärke pro Arbeitsgang (pro Schicht) gelten folgende Richtlinien:

Minimale Schichtstärke / Lage:	3 x Maximalkorn Mörtel mit 4 mm Korn (z.B. Sakret M4) mindesten 12 mm Schichtstärke
Maximale Schichtstärke / Lage:	10 x Maximalkorn Mörtel mit 4 mm Korn (z.B. Sakret M4) höchstens 40 mm Schichtstärke

Hinweise:

Damit die Gefahr von Schwindspannungen (Rissbildungen) reduziert werden kann, ist in Grenzfällen wenn möglich der grobkörnigere Mörtel (Feinbeton) vorzuziehen oder in mehreren Lagen (Schichten) zu reprofilieren.

Beim Auftragen in mehreren Schichten ist der „neue“ Traggrund jeweils mit Hochdruckwasserstrahlen zu reinigen und die vorhandenen, unvermeidbaren Trennschichten (z.B. Spritznebelniederschläge des vorgängigen Auftrags, Zementleimanreicherungen, Verunreinigungen etc.) wieder vollständig zu entfernen.

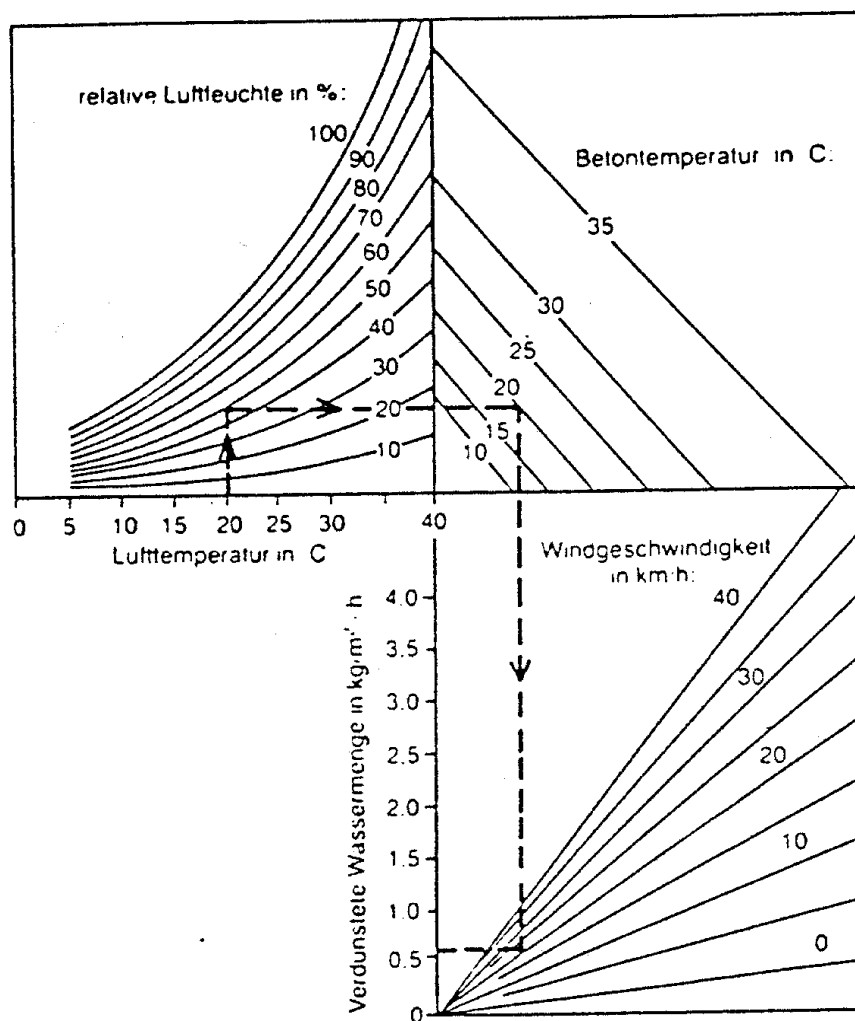
Bei vollflächigen Neuüberdeckungen mit Spritzmörtel oder -beton ist ggf. der Einsatz nicht korrodierender Schwindarmierung (z.B. S&P Glasfaserbewehrung) vorzusehen.

7.9. Nachbehandlung der Mörtel- und Spritzbetonoberflächen

Eine sofortige und ausreichende Nachbehandlung frisch applizierter, zementgebundener Mörtel und Betone ist von enormer Wichtigkeit. Wird diese vernachlässigt, wird dem Mörtel oder Beton durch Wind und / oder Sonneneinstrahlung im Frühstadium zuviel Wasser entzogen.

Es entstehen zwangsläufig Spannungsrisse (Schwindrisse) und auch die Qualität des Mörtels oder Betons wird dadurch nur negativ beeinflusst (Druckfestigkeitsreduktion, erhöhte Porosität, geringere F/T-Beständigkeit, Absanden etc.).

- Nachbehandlung der reprofilierten Flächen während mindestens 7 Tagen durch Feuchthalten mit Sprinkleranlagen, mit nassen Jute- oder Vliesbahnen und ggf. zusätzlichem Abdecken mit Plastikfolien (nur Plastikfolien ---> Treibhauseffekt!)
- Bei Frostgefahr (es genügt auch "nur" Nachtfrost) sind Mörtel- und Betonoberflächen mit thermischen Isoliermatten zu schützen!



7.10. Feinspachtelung und Porenverschluss (Kratzspachtelung)

Nach Abschluss der eigentlichen Reprofilierungsarbeiten mit grobkörnigen Mörteln oder Betonen, wird zur Erzielung einer einheitlichen Oberflächenstruktur eine zementgebundene, kunststoffvergütete Dünnbeschichtung in Form einer **Feinspachtelung** appliziert. Dabei wird in der Regel vollflächig eine gleichmässige Feinmörtelschicht in einer Stärke von ca. 2-5 mm aufgetragen.

- Diese dient dazu, die einzelnen "Flickstellen" unsichtbar zu machen, einen zusätzlichen Karbonatisierungsschutz aufzutragen (Alkalidepot), sowie eine gleichmässig ebene Unterlage zu schaffen, um die abschliessenden Bautenschutz-Systeme in der erforderlichen Schichtstärke, bzw. gleichmässig applizieren zu können.

Als Alternative, bzw. abhängig vom Objekt und der geforderten Oberflächenstruktur (z.B. verbleibender Sichtbeton) kann allenfalls nur eine **Kratzspachtelung als Poren- und Lunkernverschluss** durchgeführt werden.

- Bei diesem Verfahren wird auf den Traggrund keine Feinmörtelschicht aufgetragen, sondern lediglich Poren, Lunkern, Haarrisse, Fehlstellen etc. geschlossen und das restliche Material vollständig abgekratzt.

Wichtige Hinweise:

- Alte Sichtbetonoberflächen sind meistens schalungsglatt und zudem mit Poren und Lunkern durchsetzt. Um einen optimalen Verbund zwischen Untergrund und Feinspachtel erreichen zu können oder das Schliessen der Poren und Lunkern erleichtern zu können, soll der Untergrund leicht aufgerauht, bzw. die Poren und Lunkern geöffnet werden (Hochdruckwasserstrahlen mit 800-1000 bar oder Wasser-Sandstrahlen).

Folie 15 a

Folie 15 b

Folie 16 a

Folie 16 b

- Vor Durchführung der Dünnbeschichtung oder Kratzspachtelung (Porenverschluss) darauf achten, dass der Untergrund erneut vorgehässelt wird und die Verarbeitung des Feinmörtels auf den mattsfeucht abgetrockneten Untergrund erfolgt.
- Bei unzureichender Vorbehandlung des Untergrundes und Fehlen einer fachgerechten Nachbehandlung durch Feuchthalten, "verbrennt" der in geringen Schichtstärken applizierte Mörtel. Folge davon sind absandende Mörteloberflächen und/oder Verbundstörungen zwischen Feinspachtelung und Untergrund!
- Vorhandene Poren und Fehlstellen im nachfolgenden Anstrichsystem verringern einerseits die Karbonatisierungs-Schutzwirkung und andererseits vergrössern sie das Risiko partieller Durchfeuchtungen (abhängig vom Bautenschutz-System) und den damit verbundenen, später auftretenden Ablösungen der Anstriche und Beschichtungen.

Betonsanierung

Folie 15 a

Untergrundvorbereitung

Beschaffenheit senkrechter, ausgeschalteter Betonoberflächen vor und nach einer mechanischen Untergrundvorbereitung.

Oberflächennahe Schicht bestehend aus Feinmörtel (Zementleimschicht) und durchsetzt mit Lunkern und Poren.



Oberflächenstruktur nach Untergrundvorbehandlung mittels Sandstrahlen oder Wasserhochdruckstrahlen.

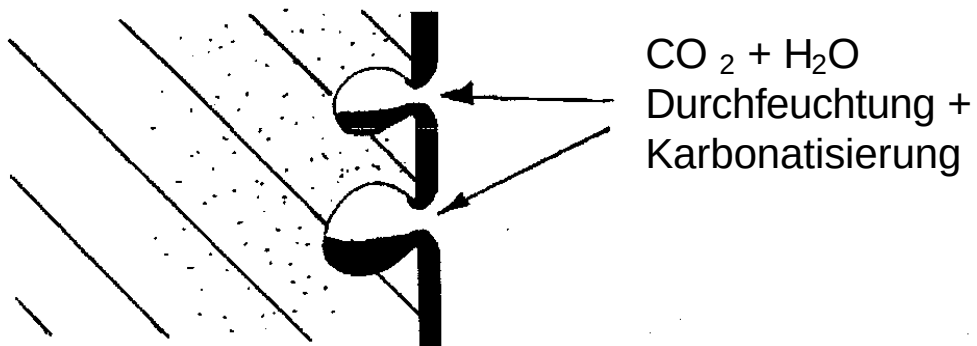


Betonsanierung

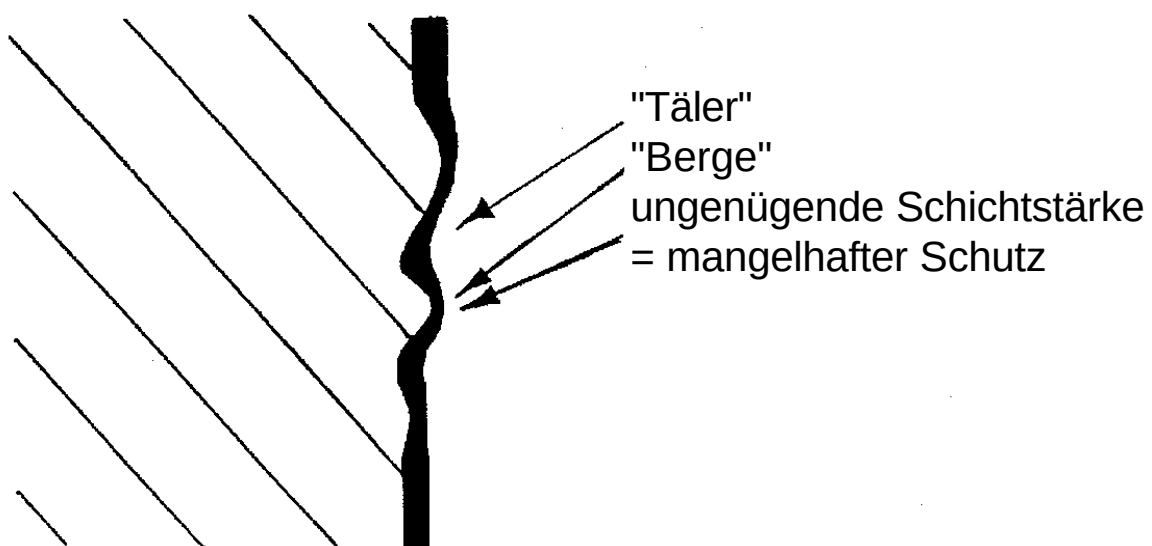
Folie 15 b

Untergrundbeschaffenheit

Einfluss von Poren und Lunkern roher Sichtbetonoberflächen auf nachfolgende Bautenschutz-Systeme



Einfluss von Unebenheiten auf Schichtstärke und Schutzfunktion nachfolgender Bautenschutz-Systeme

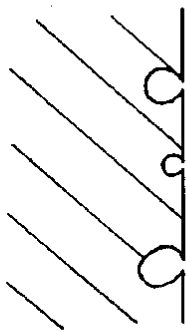


Betonsanierung

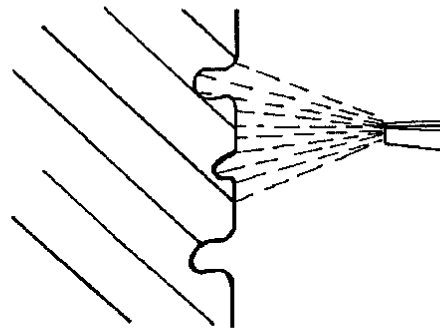
Folie 16 a

Porenverschluss / Feinspachtelung

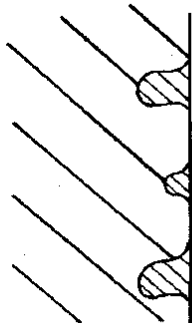
Betonoberfläche
"geschlossene" Poren



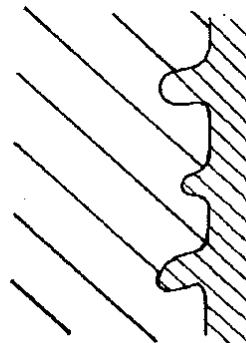
Vorbehandlung
"öffnen" der Poren



Porenverschluss
(Kratzspachtelung)
mit Sakret BMF / M04



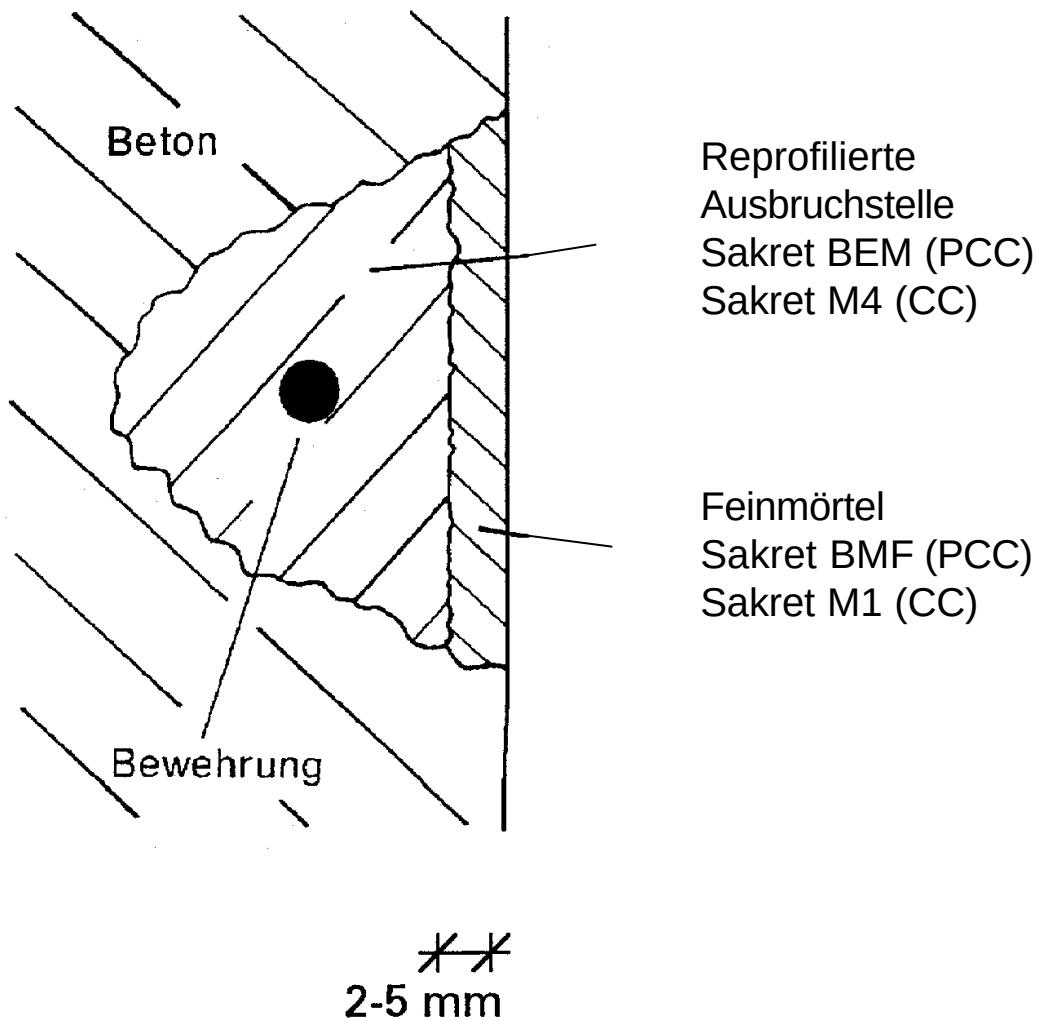
Feinspachtelung
(vollflächig)
mit Sakret BMF / M1



Feinspachtelung

Folie 16 b

Partieller Ausgleich mit Feinmörtel



7.10.1. Feinspachtelung (Dünnbeschichtung)

Sakret BMF / M1 als vollflächige Dünnbeschichtung (Schichtstärke ca. 2-5 mm) manuell oder maschinell applizieren. Material intensiv in den mattfeuchten Untergrund einmassieren. Oberfläche nachbearbeiten (abziehen, abreiben, glätten oder allenfalls objektbedingt mit spritzrauer Oberfläche belassen).

Hinweise:

- Die Applikation erfolgt ohne spezielle Haftbrücke; der erste Auftrag soll intensiv auf die mattfeuchte Oberfläche „einmassiert“ werden.
- Der richtige Zeitpunkt für die Finish-Arbeiten muss am Objekt bestimmt werden und ist abhängig von Untergrund-Restfeuchtigkeit, Materialkonsistenz, Schichtstärke, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windverhältnisse, etc.!
- Bei maschinellem Auftrag ist genügend Personal für die Durchführung der Finish-Arbeiten einzusetzen (Abziehen, Abreiben, bzw. Glätten der Mörteloberfläche vor dem Abbinden des Feinmörtels)!

7.10.2. Kratzspachtelung (Porenverschluss)

Sakret BMF / Sakret M 04 als Kratzspachtelung (Porenverschluss) verwenden.

Hinweise:

- Die Applikation erfolgt ohne spezielle Haftbrücke (Feinmörtel in den mattfeuchten Untergrund gut „einmassieren“)
- Die besten oder geeignetsten Methoden für die Finish-Arbeiten können je nach Untergrundstruktur unterschiedlich sein (Abkratzen mit Traufel/Spatel, Abreiben mit trockenem Schwamm, Styropor/Styrofoam oder mit Moosgummibrett mit umwickeltem Tuch, etc.)

7.11. Nachbehandlung der Feinspachtelung (Dünnbeschichtung)

Feuchthalten der frischen Feinmörteloberflächen während mindestens 5 Tagen (Abdecken mit feuchten Jute- oder Vliesbahnen). Bei Frostgefahr zusätzlich mit thermischen Isoliermatten schützen!

- **Beim reinen Porenverschluss (Kratzspachtelung) ist die Nachbehandlung nicht unbedingt erforderlich, sofern ausreichend vorgehäst wurde!**

Hinweise:

- Direkte Einwirkung von Feuchtigkeit (Regen, Nebel usw.) ist in den ersten 3-5 Tagen (je nach Temperatur) zu verhindern, da es dadurch zu örtlichen, weisslichen Verfärbungen kommen kann, welche durch die Kunststoffkomponente im Mörtel verursacht werden.
- Die Qualität des Mörtels wird jedoch dadurch nicht vermindert.
- Bei starkem Kreiden sind solche Stellen vorgängig der Anstrich-Applikation trocken abzubürsten.

8. Bautenschutz-Systeme

Die Bautenschutzsysteme haben grundsätzlich die wichtige Aufgabe, das Eindringen von Feuchtigkeit und aggressiven Flüssigkeiten (z.B. Streusalzwasser) in den Untergrund zu verhindern.

Filmbildende Systeme bieten zudem Schutz gegen das Eindringen von Schadgasen (z.B. CO_2 , SO_2) in den Untergrund und verhindern dadurch die erneute, frühzeitige Karbonatisierung des Betons oder Mörtels.

- **Mit der Leistungsfähigkeit (Dauerhaftigkeit) des gewählten Bautenschutz-Systems wird zudem der zukünftig notwendig werdende Gebäudeunterhalt beeinflusst!**
- **Durch die praktisch unbegrenzten, farblichen Möglichkeiten, können zudem die grauen Betonflächen ästhetisch ansprechend und individuell gestaltet werden.**

Im Zusammenhang von Betoninstandsetzungs- und von objektbezogenen Bautenschutzarbeiten müssen von diesen Schutzsystemen meistens klar definierte, minimale Anforderungswerte erfüllt werden, zum Beispiel:

Anforderungen: **Karbonatisierungswiderstand $\text{Sd CO}_2 > 50 \text{ m}$**
 Wasserdampfwiderstand $\text{Sd H}_2\text{O} < 4 \text{ m}$

Anforderungen

Folie 17

Anforderungen: Karbonatisierungswiderstand $S_d \text{ CO}_2 > 50 \text{ m}$ Was-
 serdampf Widerstand $S_d \text{ H}_2\text{O} < 4 \text{ m}$

2

- S_d beschreibt die Dicke einer ruhenden Luftschicht in Metern, welche in ihrem Diffusionsverhalten (z.B. Penetration von CO_2 oder H_2O) der jeweiligen Schichtstärke des Baustoffes (z.B. appliziertes Anstrichsystem) gleichwertig ist, bzw. denselben Widerstand entgegengesetzt.
- Die erzielbaren Widerstände, sei dies von einer dichten Mörtelschicht oder von einem nachträglich applizierten Bautenschutzsystem, sind immer direkt abhängig von der aufgetragenen, gleichmässigen Schichtstärke und den materialabhängigen Diffusionskoeffizienten!

2

Wird z.B. der Kohlendioxid-Diffusionskoeffizient des verwendeten Werkstoffs mit der applizierten Werkstoff-Schichtstärke multipliziert, erhält man den Kohlendioxid-Diffusionswiderstand als äquivalente Luftschichtstärke.

Es gilt also: $S_d \text{ CO}_2 = m \text{ CO}_2 \cdot d$

Bedeutung: $S_d \text{ CO}_2$ = Kohlendioxid-Diffusionswiderstand (m)
 $\mu \text{ CO}_2$ = Kohlendioxid-Diffusionskoeffizient (dimensionslos)
 d = Schichtstärke (in m)

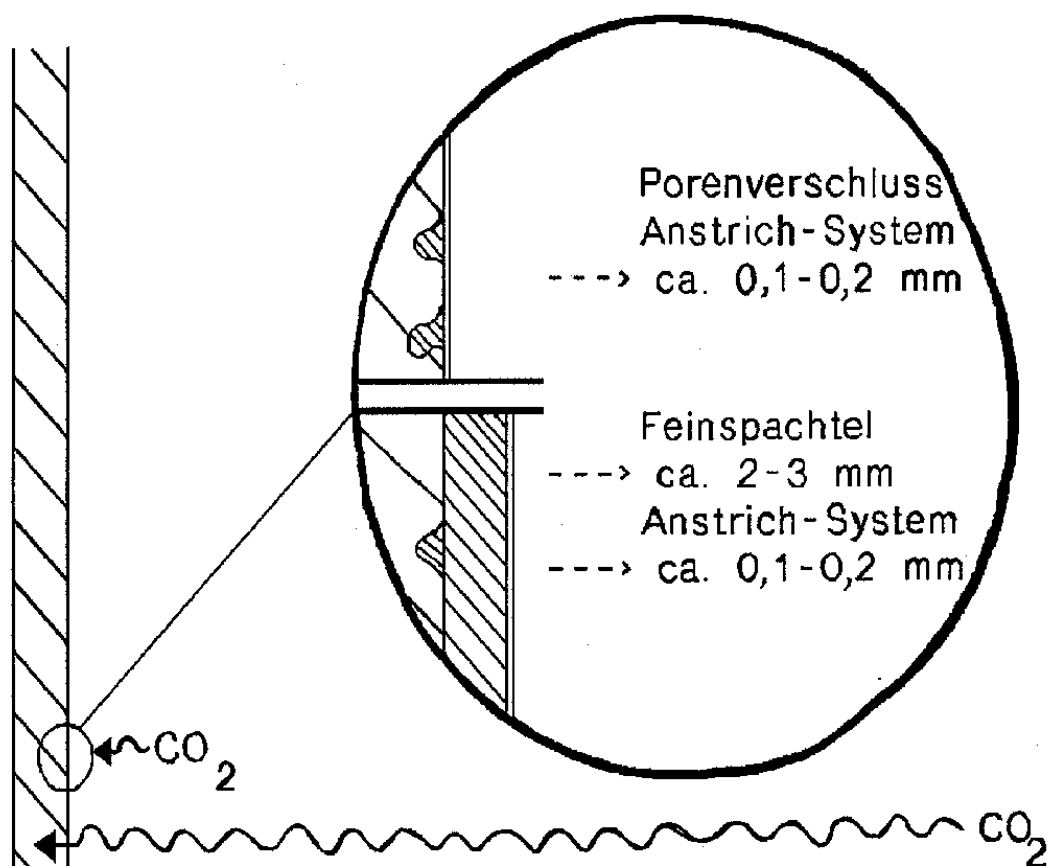
Betonsanierung

Folie 18

Karbonatisierungswiderstand

Anforderungswert: $S_d \text{ CO}_2 > 50 \text{ m}$

Anforderungswert: $S_d \text{ CO}_2 > 50 \text{ m}$



←-----50 Meter dicke, ruhende Luftschicht -----→

Der gleichmässig applizierte und porenfreie Anstrichfilm setzt dem Eindringen von CO_2 denselben Widerstand entgegen wie eine 50 m dicke, ruhende Luftschicht!