

# erfa info

 1  
 96

Erfahrungsaustausch  
 und Bauökologie  
*Echange d'expériences et  
 Construction écologique*

## Stahlbetonsanierung an Hochbauten Assainissement du béton armé des bâtiments

### Wussten Sie schon...

dass das Amt für Bundesbauten AFB durch das „Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion“ an der ETH Zürich einen Leitfaden für Bauingenieure und Architekten betreffend das „Instandsetzen von Stahlbetonbauteilen an Hochbauten“ ausarbeiten liess? Er bildet die Grundlage für diese *erfa info*.

### Schäden - behebbar

Meldungen über Schäden an Stahlbetonbauwerken sind seit einigen Jahren Dauerbrenner in der Fachpresse. Dies ist verständlich, geht es doch um volkswirtschaftlich bedeutende Verluste. Der heutige Wissensstand erlaubt Betonschäden in normalen Umweltbedingungen dauerhaft zu beheben. Der Beizug eines erfahrenen Beauftragten zahlt sich aus.

### Wie vorgehen?

Betonsanierungen sind komplexe Projekte. Nur eine systematische, stufenweise Planung mit klarer Zielsetzung führt zum Erfolg. Der Auftraggeber übernimmt mit der Unterzeichnung des Nutzungsplanes die Verantwortung für die Zielsetzung.

In dieser *erfa info* finden Sie Hinweise zur Durchführung von Stahlbetonsanierungen. Die Aufzählung beschränkt sich auf die im Regelfall wichtigsten Punkte. Mit der Übersicht der heute eingesetzten Methoden wird die in der *erfa info 2/83* dargestellten Sanierungsmethode ersetzt.



Schweizerische Landesbibliothek Bern, erbaut 1932, Sichtbetonfassade des Büchermagazins. Die Fassade wird 1997/98 erstmals saniert.

Bibliothèque Suisse à Berne, construite en 1932, façade du magasin des livres en béton apparent qui sera assainie pour la première fois en 1997/98.

### Saviez-vous que...

L'Office des Constructions Fédérales OCF a fait élaborer par l'„Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion“ de l'EPF Zurich un guide concernant „l'assainissement des éléments de construction en béton armé des bâtiments“ pour les ingénieurs et architectes? Il représente la base de cette *erfa info*.

### Dommmages - réparables

Depuis des années apparaissent dans les médias des informations concernant les dommages aux ouvrages en béton armé. Ceci est compréhensible car il s'agit de pertes économiques considérables. Les connaissances actuelles permettent de réparer les dommages du béton armé d'une façon durable pour un environnement normal. Il est nécessaire de mandaté un expert éprouvé.

### Quelles démarches?

Les assainissements du béton armé sont des projets complexes. Seul une planification systématique, par étape, avec un but précis, mène aux succès. Le maître de l'ouvrage prend par la signature du plan d'utilisation la responsabilité pour le but visé.

Cette *erfa info* donne des informations concernant le déroulement d'un assainissement. L'énumération est limitée aux points essentiels pour un cas normal. La vue d'ensemble des méthodes utilisées actuellement remplace la méthode publiée dans *erfa info 2/83*.

## Aufnahme des Ist-Zustandes

### 1. Bewertung am Bauwerk

Ziel: Beschaffen aller absolut notwendigen Unterlagen für die Beurteilung des Zustands.

**Erster Schritt:** Meldung durch "nicht speziell qualifizierte" Personen (z.B. Hauswart, Benutzer, usw.) der sichtbaren Schäden wie:

- Abplatzungen, Risse, Rostfahnen, Ausblühungen, Verschmutzungen, Absanden, undichte Fugen, Kiesnester, Flickstellen.

**Zweiter Schritt:** Aufnahmen durch entsprechend geschulte, neutrale Fachleute:

- Rissverläufe mit den Rissbreiten
- Abplatzungen und Hohlstellen mit Lage und Grösse
- Oberflächen-Druckfestigkeiten
- Oberflächenhaftzugfestigkeiten
- Eigenfeuchtigkeit und Feuchtigkeitsgehalt
- Wasseraufnahmefähigkeit
- Betonüberdeckung der Armierung
- Korrosionszustand der Armierung
- Frost-Tausalz-Widerstand, Wasserundurchlässigkeit (in Spezialfällen). Tausalzschäden sind in der Regel nur in unmittelbarer Nähe des Streubereiches zu beobachten.

### 2. Bewertung am Bohrkern

Als Grundlage für die Projektierung müssen folgende Prüfungen durchgeführt werden.

Visuelle Bestimmung von:

- Entmischungen
- Lunker und Risse
- Karbonatisierungstiefe
- Zustand der Bewehrung
- Verfärbungen
- Gesamtporosität und Kapillarität

#### Hinweise

Der Wasserdampf-Diffusionswiderstand ist abhängig von der Betongüte. Bei der Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten am Bohrkern ist zu beachten, dass es erhebliche Abweichungen gegenüber der Bestimmung nach Karstens geben wird. Dies ist in der Verschiedenartigkeit der Versuche begründet. Die Versuche nach Karstens sind deshalb aufgrund der Resultate am Bohrkern zu kalibrieren.

Bei der Bestimmung der Karbonatisierung, der Neutralisation und der Alkalität ist zu beachten, dass nach neuesten Forschungsergebnissen die

Schädigung des Betons bereits bei einem pH-Wert <12 beginnt.

Der Grenzwert der Versalzung beträgt nach Normen < 0,4 Gew. % Cl bei Stahlbeton und < 0,2 Gew. % Cl bei Spannbeton, bezogen auf das Zementgewicht im nicht karbonatisierten Zementstein.

### 3. Beurteilung der Einflüsse aus Konstruktion und Nutzung

- In die Beurteilung des Schadenbildes sind Witterungseinflüsse wie z.B. Frost, Sonneneinstrahlung, wie auch Bewegungen infolge Temperatureinflüssen einzubeziehen.
- Für die Beurteilung des statischen Systems ist der Vergleich Berechnung-Planung-Ausführung nötig. Differenzen können dazu führen, dass die effektive Tragsicherheit höher oder tiefer liegt, als die ursprünglich berechnete. Der optische Eindruck der Verformungen muss mit den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit verglichen werden. Rückschlüsse auf Übernutzungen sind möglich.

## Schadenanalyse

Auswertung der Resultate aus der Aufnahme des Ist-Zustandes. Darstellung der Schadenmechanismen.

## Planung der Massnahmen

### • Sofortmassnahmen

Zur Gewährleistung der Sicherheit sind eventuell Sofortmassnahmen zu treffen.

### • Schutzmassnahmen

Zur Verhinderung weiterer Schäden sind eventuell vorbeugende Schutzmassnahmen zu veranlassen.

### • Soll-Zustand

Der neue Soll-Zustand soll unter Berücksichtigung des Nutzungsplanes, der gestalterischen Anforderungen und des Ist-Zustandes festgelegt werden.

### • Schutz- und Instandstellungsplan

Die Anforderungsprofile mit den dazugehörigen Prüfverfahren und der Beginn der Sanierungsarbeiten sind im Schutz- und Instandstellungsplan festzulegen, sodass sie in die Ausschreibung und in den Kontrollplan einfließen können.

## Grundprinzipien der Sanierung

Arbeiten Travaux	Prinzipien Principes
Klassische "Spachtelsanierung" in der nachfolgenden Verfahrensweise: Abtrag von geschädigtem Beton, Untergrundvorbereitung, Korrosionsschutzbeschichtung der Stahloberfläche, Reprofilierung der Betonoberfläche, Applikation eines Oberflächenschutzsystems. <i>Assainissement classique par la procédure suivante: Déblayer le béton défectueux, préparation du support, recouvrement de l'armature avec une couche de protection contre la corrosion, reprofilage de la surface du béton, application d'un système de protection de la surface.</i>	Prinzipien Beschichtung Stahlbeton  Prinzipien Recouvrement l'armature
Austrocknen und Aufbringen eines geeigneten Oberflächenschutzsystems, z. B. Abdecken mit Folie, Anstrich, Beschichtung, hydrophobierende Imprägnierung, Verkleidung. <i>Séchage et application d'un système approprié de protection de la surface, p.ex. recouvrement de feuille, peinture, imprégnation hydrophobe, revêtement.</i>	Prinzipien Reduzieren Wassergehalt Be  Prinzipien Diminuer eau dans
Realkalisieren der karbonatisierten Randzone durch Aufbringen eines hydraulisch gebundenen Reparaturmörtels. Ggf. zusätzliches Anlegen eines Depots an alkalischen Substanzen. <i>Réalcalination de la zone carbonatée par application d'un mortier de réparation hydraulique. Au cas échéant application de substances alcalines sur la zone à réparer.</i>	Prinzipien Repassivieren Wiederherstellen alkalisch  Prinzipien Repassivieren reconstituieren milieu.
Einsatz von galvanischen Elementen (sog. Opferanoden). Potentialabsenkung mittels Fremdstromanoden. <i>Utilisation d'éléments galvaniques (anodes-victimes). Réduction du potentiel au moyen d'anodes de courant étranger.</i>	Prinzipien Kathodische Korrosion  Prinzipien protection contre la

Anmerkung: Die auf dem Markt erhältlichen Verfahren stellen meist eine Kombination der verschiedenen Grundprinzipien dar.

**Principes d'assainissement**

	Voraussetzung Conditions
<b>Prinzip C</b> Entfernung der Bewehrung	Die Stahloberfläche muss bis auf einen Reinheitsgrad von Sa 2 ½ entrostet sein, bevor ein Anstrich aufgebracht werden kann. In den Uebergangsstellen muss sowohl der Sanierungsmörtel als auch der Altbeton in der Lage sein, den aktiven Korrosionsschutz zu garantieren. <i>La surface de l'armature doit être dérouillée jusqu'à un degré de propreté de Sa 2 ½ avant d'appliquer une nouvelle couche. Le mortier de réparation ainsi que le béton subsistant doivent être en mesure de garantir la protection active contre la corrosion aux endroits de transition.</i>
<b>Prinzip C</b> Reinigung der Bewehrung	Bei Hygroskopizität des Betons infolge Salzgehalt sind spezielle Massnahmen zu treffen. <b>Keine Behandlung des Stahls.</b> <i>Le comportement hygroscopique du béton dû à la teneur en sel est à observer. Pas de traitement de l'armature.</i>
<b>Prinzip W</b> Entfernung des Salzgehaltes im Beton	Armierungsüberdeckung grösser als 20 mm, keine Chlorionen. Da aktiver Korrosionsschutz wiederhergestellt wird, reicht ein Reinheitsgrad von Sa 2. <b>Keine Behandlung des Stahls.</b> <i>Le recouvrement en béton de l'armature doit être supérieure à 20 mm sans la présence de chlorures. Puisque la protection active contre la corrosion est reconstituée, un degré de propreté de Sa 2 suffit. Pas de traitement de l'armature.</i>
<b>Prinzip W</b> Trennung der Bewehrung	Genügende Leitfähigkeit des Betons. Ist im Normalfall nicht zu empfehlen (technische Schwierigkeiten und dauernder Stromverbrauch). <i>Conductivité suffisante du béton. Normalement cette méthode n'est pas à recommander (difficultés techniques et consommation permanente d'électricité).</i>

Remarque: Les méthodes offertes au marché représentent la plupart une combinaison entre les différents principes.

**Relevé de l'état actuel**

**1. Evaluation sur l'ouvrage**

But: Recueillir toutes les données nécessaires pour pouvoir juger de l'état de l'ouvrage.

**Première étape:** Annonce par des personnes „sans formation spéciale“ (p.ex. concierge, usager etc.) des dommages visibles tels que:

- Eclatements, fissures, traces de rouille, encrassements, joints non étanches, nids de gravier, réparations.

**Deuxième étape:** Relevé des experts neutres:

- cours et largeurs des fissures
- éclatements et endroits creux avec situation et dimensions
- résistances à la compression
- résistances à la traction d'adhésion de la surface
- humidité propre et la teneur en humidité
- capacité d'absorption d'eau
- recouvrement de l'armature
- état de corrosion de l'armature
- résistance au gel-dégel, imperméabilité (cas spéciaux). Les dommages causés par le sel de dégel sont en général à observer que dans les environs immédiats de la zone de dispersion.

**2. Evaluation sur les carottes**

Les examens suivants forment la base pour établir un projet.

La détermination visuelle de:

- ségrégations
- retassures et fissures
- profondeur de la carbonatation
- état de l'armature
- altérations de la couleur
- porosité générale et teneur en pores capillaires

**Remarques**

Le facteur de diffusion de l'eau dépend de la qualité du béton. Lorsque le coefficient d'absorption d'eau est déterminé sur la carotte, il faut faire attention au fait qu'il puisse y avoir des divergences par rapport à la détermination selon Karstens. Ceci est dû aux différentes procédures d'essais. Les essais selon Karstens sont ainsi à calibrer d'après les résultats obtenus de la carotte. Lorsqu'on détermine la carbonatation, la neutralisation et l'alcalinité, il faut considérer que, d'après les récents résultats de recherches,

l'atteinte au béton commence déjà à une valeur du ph inférieure à 12.

La valeur limite de salification est selon la norme inférieure à un pourcentage en masse de 0,4 de chlorures pour du béton armé et inférieure à un pourcentage en masse de 0,2 de chlorures pour du béton précontraint rapporté sur la masse du ciment dans la pierre de ciment non carbonatée.

**3. Appréciation des influences de la construction et de l'usage**

- L'appréciation des dommages doit tenir compte de l'influence des conditions atmosphériques tel que le gel, l'insolation et les mouvements de la dilatation thermique.
- Pour l'analyse du système statique, la comparaison entre calcul-planification-exécution est nécessaire. Il peut en résulter des différences positives ou négatives. L'impression visuelle des déformations doit être comparée aux exigences à l'aptitude au service. Des conclusions concernant une surcapacité sont possibles.

**Analyse des dommages**

Interprétation des résultats du relevé de l'état actuel. Exposé du mécanisme des dommages.

**Planification des mesures**

- **Mesures d'urgences**  
Eventuellement à prévoir pour garantir la sécurité.
- **Mesures de protections**  
Eventuellement à prévoir pour prévenir les dommages supplémentaires.
- **Etat futur**  
Le nouvel état futur doit être fixé en tenant compte du plan d'utilisation, des exigences esthétiques et de l'état actuel.
- **Plan de protection et de réparation**  
Il doit inclure les exigences avec les méthodes d'examen et le début des réparations afin d'aboutir à la mise au concours et ensuite être traduit dans le plan de contrôle.

## Empfehlungen der KBOB <sup>1)2)</sup> für ProjektleiterInnen und Planende

### Beizug eines Beauftragten

Lassen Sie sich durch ausgewiesene Fachleute Konzepte für die Zustandsaufnahme/Laboruntersuchungen und auch für die weiteren Planungsschritte ausarbeiten. Aufgrund der eingereichten Konzepte und Referenzen ist der Auftrag dem geeignetsten Bewerber zu vergeben.

Das gewählte Konzept mit der daraus folgenden Planung sollte die Fragenstellungen und auch die Bedingungen für die Laboruntersuchungen enthalten.

### Musterflächen

Legen Sie in Zusammenarbeit mit Ihrem Beauftragten den Ort und die Anforderungen an die Musterflächen fest.

### Ausführung

Vergewissern Sie sich, dass der Kontrollplan alle qualitätssicherungs-relevanten Vorgaben in verständlicher Form enthält, z.B. Prüfverfahren, akzeptierte Toleranzen und das Vorgehen bei Nichteinhaltung der Toleranzgrenzen.

Damit keine problematischen Substanzen in den Beton eingebracht werden, ist die Anwendung von umweltgefährdenden Zuschlagstoffen zu vermeiden.

## Recommandations de la CSFC <sup>1)2)</sup> aux cheffes/chefs de projet et planificateurs

### Choix du mandataire

Faites-vous établir des conceptions pour le relevé de l'état actuel (y compris les examens de laboratoire) et pour les étapes suivantes par des experts reconnus. Les concepts présentés et les références permettent le choix du mandataire le plus approprié. Le concept sélectionné, avec la planification consécutive, doit contenir et les termes du problème et les conditions pour les examens de laboratoire.

### Echantillons

Déterminez en collaboration avec votre mandataire les endroits et les conditions pour effectuer des échantillons.

### Exécution

Assurez-vous que le plan de contrôle contienne, sous une forme compréhensible, toutes les données déterminantes pour l'assurance de la qualité, p. ex. la méthode des examens, les tolérances acceptées ainsi que les mesures à prendre lorsque la limite des tolérances n'est pas respectée.

Afin d'empêcher l'adjonction de substances problématiques au béton, on évitera les produits auxiliaires dangereux pour l'environnement.

## Autoren/Informationsquellen

ERFA Erfahrungsaustausch und Bauökologie  
AFB Hans-Jakob Schanz 031/322 83 19  
PTT Jon Duri Vital 031/338 27 68  
SBB Marcel Tschumi 0512/20 26 64  
BAGF Renato Petrucci 031/324 78 29

ETHZ Institut für Werkstoffchemie und Korrosion  
Zürich 01/633 27 09

EMPA Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf  
Abteilung Beton/Bindemittel  
W. Studer 01/823 41 11  
Abteilung Metall-/Keramiktechnologie  
Dr. U. Morf 01/823 41 41

TFB Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweiz. Zementindustrie  
Wildeg 064/57 72 72

Fachliteratur: Bericht Instandsetzen von Betonbauteilen, ETH Institut für Werkstoffchemie und Korrosion, Zürich, Dezember 1993  
Informationsblatt Beton und Betonzusätze  
Hochbauinspektorat Zürich, Februar 1996

## Auteurs/sources des informations

ERFA Echange d'expériences et  
Construction écologique  
OCF Hans-Jakob Schanz 031/322 83 19  
PTT Jon Duri Vital 031/338 27 68  
CFF Marcel Tschumi 0512/20 26 64  
BAGF Renato Petrucci 031/324 78 29

EPFZ Institut für Werkstoffchemie und Korrosion  
Zürich 01/633 27 09

LFEM Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches, Dübendorf  
Département béton/liants  
W. Studer 01/823 41 11  
Département technologie métal/céramique  
Dr. U. Morf 01/823 41 41

TFB Service de recherches et conseils techniques de l'industrie suisse du ciment  
Wildeg 064/57 72 72

Bibliographie: Rapport "Assainissement des éléments en béton armé des bâtiments" de l'ETH à Zurich (seulement en allemand, voir Fachliteratur)

1) Konferenz der Bauorgane des Bundes  
Leitung Niki Piazzoli Direktor AFB

2) Arbeitsgruppe Technischer Erfahrungsaustausch  
Leitung Reinhard Friedli

1) Conférence des services fédéraux de construction  
Dirigeant Niki Piazzoli Directeur OCF

2) Groupe de travail Echange d'expériences  
Dirigeant Reinhard Friedli