# Bausanierung und Substanzerhaltung: Diagnose, Konzept, Sanierungskontrolle

Autor(en): **Romer, Bert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 14

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75441

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

1. Die Korrosionsgeschwindigkeit ist sehr klein, d. h. der Stahl ist passiv.
2. Die Korrosionsgeschwindigkeit wird durch den Sauerstoffzutritt bestimmt, d. h. sie ist diffusionskontrolliert.

In beiden Fällen bestimmt man einen Mindestwert des Polarisationswiderstands, der sich aber auf die gesamte Probenfläche bezieht. Korrodiert die Probe nicht ganzflächig, sondern nur *lokal,* so sind die tatsächlich auftretenden Korrosionsgeschwindigkeiten wesentlich höher als die aus $R_p$ ermittelten Werte.

Trotz dieser Schwierigkeiten in der exakten Angabe der Korrosionsgeschwindigkeit *ist es problemlos möglich* (s. Resultate), korrodierende von nicht korrodierenden Proben zu unterscheiden und die Intensität der Korrosion aus dem Wert von $R_p$ herauszulesen.

## Folgerungen – Anwendung in der Praxis

Mit der vorgestellten Impedanzmesstechnik steht eine Untersuchungsmethode zur Verfügung, die das Korrosionsverhalten von Armierungsstahl in Beton erfasst und eine detaillierte Beurteilung ermöglicht. Die Methode ist vielseitig anwendbar:

Im *Labor* wird damit die Beurteilung der Korrosionsgefährdung der Armierung durch Chloride oder andere Zusatzmittel bzw. der Wirksamkeit von Korrosionsschutzmitteln (durch Hersteller oder Anwender) ermöglicht. Genau gleich lässt sich das Korrosionsverhalten der Armierung in Reparaturmörteln (PC oder EPC-Basis) und an Grenzflächen Beton/Reparaturmörtel untersuchen.

An *Bauwerken* kann dieselbe Methode angewandt werden. Ähnlich wie bei der Potentialmesstechnik muss ein Stück der Armierung freigelegt werden, auf der Betonoberfläche wird die Bezugs- und Gegenelektrode aufgebracht. An neuen Bauwerken ist auch der Einbau von Teststäben an besonders gefährdeten Stellen denkbar.

Die im Vergleich zur Potentialmesstechnik aufwendige Ausrüstung, die Notwendigkeit der Registrierung der Daten im Felde und die Komplexität der Interpretation der Impedanzspektren erfordern ein hohes Mass an Kenntnissen und Erfahrung. Die für sinnvolle Sanierungsmassnahmen erforderlichen genauen Kenntnisse über den Zustand der Armierung in Bauwerken dürfte den Aufwand durchaus rechtfertigen.

Adresse der Verfasser: Dr. *B. Elsener* und Prof. Dr. *H. Böhni,* Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

# Bausanierung und Substanzerhaltung

## Diagnose, Konzept, Sanierungskontrolle

Von Bert Romer, Beinwil am See

**Eine Bausanierung kann aus verschiedenen Gründen erforderlich sein. Im vorliegenden Beitrag wird das Vorgehen bei Alterung und Verwitterung aufgezeigt. Ausgehend vom erhobenen Ist-Zustand und vom neu definierten Soll-Zustand, ist ein Sanierungskonzept zu entwickeln, woraus die Sanierungsmassnahmen abzuleiten sind. Die Darlegungen sind im Sinne einer Wegleitung für Bautenschutz und Bausanierung zu verstehen, um neuzeitliche Bauten aus Beton, Putz und Mörteln im Hoch- und Tiefbau zu erhalten, aber auch um historische Bauten mit Naturstein, Mörteln, Putzen, Grobkeramik und Bemalungen zu restaurieren oder renovieren.**

## Einleitung

Die baulichen Vorschriften sehen vor, dass Anlagen so zu errichten, zu ändern und instand zu halten sind, dass die *öffentliche Sicherheit und Gesundheit* nicht gefährdet werden. Bauherren, Ingenieure und Architekten werden im Zusammenhang mit *dauerhafter Gebrauchsfähigkeit* der Bauwerke immer auch massgeblich wirtschaftliche Aspekte und auch kulturelle Werte beachten. Kunsthistoriker und Denkmalpfleger messen der *Erhaltung wertvoller Bausubstanz* sehr viel Bedeutung zu, denn Material und Kunsthandwerk sind nicht beliebig ersetz- und auswechselbar. Eine sachkundige Kontrolle der bestehenden Bauten sowie der Kunstdenkmäler und Monumente soll sicherstellen, dass Mängel und Fehlverhalten der Baustoffe sowie Alterung und Verwitterung rechtzeitig erkannt werden und dass mit grösstmöglicher Gewähr ein Zerfall, ein Versagen verhindert werden kann. Ein frühzeitiges Erkennen der Sanierungserfordernisse und der geeigneten baulichen Massnahmen dient der Substanzerhaltung. Entsprechende Vorschriften regeln recht weiträumig Verantwortung und richtiges Handeln im Zusammenhang mit der Gebrauchsfähigkeit und für die Erhaltung des Gebrauchszustandes. Der Beitrag geht nicht weiter auf die Vorschriften für rechtliche Belange ein.

Alle porösen Baustoffe, also alle aufgeführten Baustoffe und auch Naturstein, *altern.* Baustoffe mit einer hohen Alterungsresistenz zu verbauen war schon immer ein wesentliches Anliegen der Baukunst. Heute versteht man unter dem Begriff der Qualitätssicherung, dass Baustoffe mit entsprechender Qualität, genügender Beständigkeit, Dichtigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit die Soll-Werte und Normkonformität geprüft im Bauwerk aufweisen. Dabei wird beachtet, dass beständige und alterungsresistente *Baustoffe* sowie eine geeignete *Konstruktion* Voraussetzungen sind, um bei einer bestimmten Nutzung und Umweltbelastung eine dauerhafte Gebrauchsfähigkeit gewährleisten zu können. Konstruktive Fehler, Verformungen, Zwängungen und falsche Dimensionierung sind separat zu behandelnde Ursachen für das Versagen eines Bauwerkes. Katastrophenschäden und Brandschäden haben ihrerseits eindeutige Ursachen. Darauf wird hier weniger eingegangen. Vielmehr wird eine Wegleitung für Bautenschutz und Bausanierung derjenigen Bauten und Kunstdenkmäler beschrieben, bei denen vor allem die *Alterung und Verwitterung* der Baustoffe Sanierungsmassnahmen erforderlich machen. Selbst bei neuerstellten Bauwerken müssen Baustoffe mit ungenügender Qualität und Beständigkeit durch präventive Schutzmassnahmen gegen eine schnelle Alterung geschützt werden.

Es ist allgemein bekannt, dass viele verschiedene Einflüsse schnelleres oder gar frühzeitiges Altern der Baustoffe auslösen können, so beispielsweise:

- Fehlplanungen in der Konstruktion, Bauweise, Materialwahl, Baugrund
- Veränderung der Nutzung
- exponierende Architektur und Konstruktion
- Übernutzung
- Nutzungseinflüsse und Umwelteinflüsse, Tausalze, Schadstoffe, Feuchtigkeit

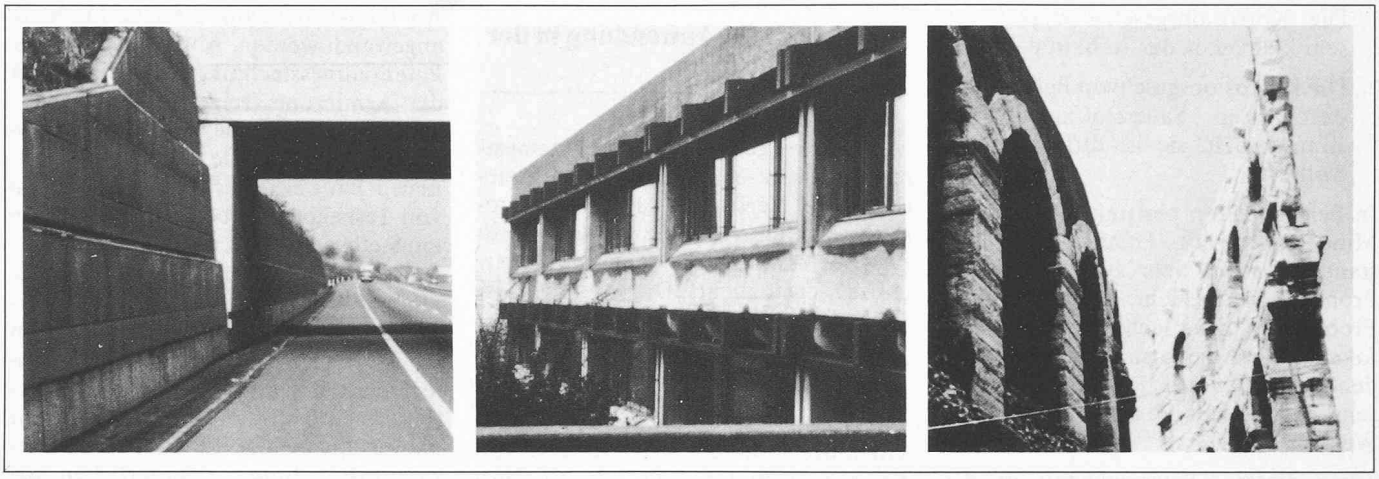


*Bild 1. Ist-Zustand für Bautenschutz und Bausanierung*

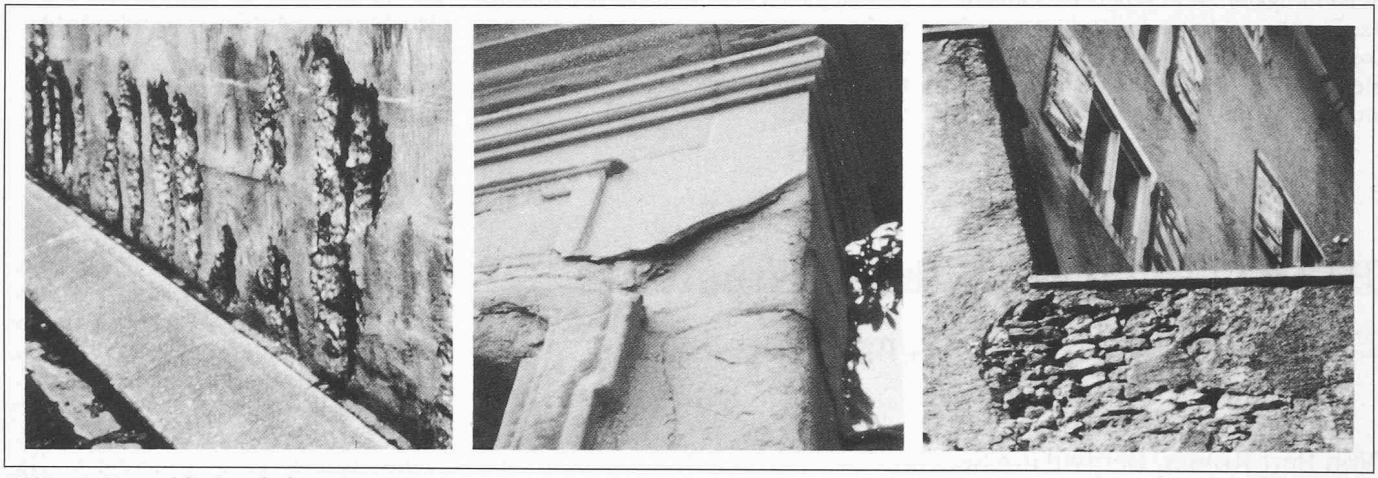


*Bild 2. Ist-Zustand für Bauschadensanierung*

- mangelhafte Baustoffe oder Baustoffe mit ungenügender Qualität, Beständigkeit, Dichtigkeit, ungenügender Korrosionsschutz.

So zeigen Baustoffe in Abhängigkeit von Konstruktion, Nutzung und Umwelt von Objekt zu Objekt unterschiedliches Altern, möglicherweise ein Fehlverhalten und Frühzeitversagen, im ungünstigsten Fall daraus entstehendes Versagen, verbunden mit Bauschäden (Bilder 1, 2). Der Gebrauchszustand der Bauwerke und Kunstdenkmäler ist zugleich immer ein bestimmter Ist-Zustand. Damit ist darauf hingewiesen, dass vorgängig aller Massnahmen ein bestimmter Ist-Zustand besteht, der zu einem gewünschten und erforderlichen Soll-Zustand verbessert werden soll. Den Weg vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand zeigt das *Sanierungskonzept*. Die vorliegende Wegleitung für Bautenschutz, Bausanierung und Restaurierung, Renovation enthält Richtlinien für ein *ingenieurmässiges Vorgehen* mit Schadendiagnose und Voruntersuchung zum Ist-Zustand, für die Ausarbeitung des Sanierungskonzeptes und für die prüftechnische Absicherung des Soll-Zustandes während und nach der Sanierung.

## Restaurierung Renovation Bauschadensanierung

Sanierungsmassnahmen sind so zu planen, dass nach der Sanierung eine dauerhafte Gebrauchsfähigkeit und Erhaltung der Objekte sichergestellt ist. Die schädlichen Einflüsse auf Baustoffe und Bauwerke können meistens nicht beseitigt werden. Konstruktive Massnahmen und geeignete Architektur können wohl beim Neubau gezielt vorbeugen, sind jedoch bei der Sanierung beschränkt korrigierbar. Die konkreten Sanierungsmassnahmen konzentrieren sich meistens auf die Verbesserung der Baustoffe mittels Vergütung, Schutzmassnahmen oder durch Ersatz, und dies selbstredend immer verbunden mit geeigneten konstruktiven Verbesserungsmassnahmen. Die anschliessende *Wegleitung für die Planung, Konzipierung und Kontrolle einer Sanierung* ist auf das Merkblatt des WTA [1] und auf die Richtlinien der LPM AG [2, 3] abgestützt. Die Wegleitung ist unterteilt in:

- Ist-Zustand, Sanierungserfordernisse und Sanierungsmöglichkeiten
- Sanierungskonzept
- Soll-Zustand, prüftechnische Absicherung der Sanierung, Qualitätssicherung
- Mindestforderungen für Eignungsnachweis, grundlegende Systemprüfungen

Die Wegleitung geht davon aus, dass umfassende Kenntnisse über den Ist-Zustand oder Gebrauchszustand *ausgewertet* sind. Aus den 30 Punkten der Checkliste (Tab. 1) und aus der Auflistung der Abklärungen und Entscheidungen in den folgenden Abschnitten wird ersichtlich, welche Untersuchungs- und Prüfungsart zur Beantwortung wesentlicher Fragen im Zusammenhang mit objektspezifisch richtigen Sanierungsmassnahmen erforderlich ist. Stehen genügend Probenentnahmemöglichkeiten zur Verfügung, so werden für die Untersuchungen und Prüfungen Bohrkernproben aus dem Bauwerk oder Bauteil entnommen. Ein geeigneter Probennetzplan sowie zusätzlich extrapolierende Einzeluntersuchungen sichern die Aussage durch Vergleich der massgebenden Baustoffsituation mit davon abweichenden Einzelpartien. Die Erhebung des Ist-Zustandes führt von den äusserlich sichtbaren Mängeln und Fehlstellen in die Tiefe des Baukörpers und stellt die ent-

*Tabelle 1. Checkliste «IST-Zustand für Baustoffe». Schadensituation, Sanierungserfordernisse, Sanierungsmöglichkeiten*

| *Wo/Wieviel?* | *Wie/Weshalb?* | *Was/Wodurch?* | *Wer/Weshalb?* |
|---|---|---|---|
| *Objektspezifische Gegebenheiten* | *Baustoffqualität, Baustoffbeständigkeit* | *Nutzung, Belastung* | *Konstruktive Einflüsse* |
| 1. Visueller Zustand [1]<br>Schadenbild<br>Risse<br>Abplatzungen<br>Lunkern<br>Entmischungen<br>Rostfahnen<br>Verfärbungen<br>usw.<br>2. Photodokumentation [1]<br>3. Baugeschichte [1]<br>Baustoffe, Bauweise, Verarbeitung, Leistung usw.<br>4. Betonüberdeckung [1]<br>Lage Armierung<br>5. Haftzugfestigkeit [2]<br>oberfl. Stempelprüfung<br>6. Prellhammerfestigkeit [1] | 7. Druck-Zug-Festigkeit [1 2]<br>8. Rohdichte [2]<br>9. Poren und Feuchtigkeit [1 2 3]<br>Makroporen, Kapillarporen, Risse<br>10. Wasseraufnahmekoeffizient [2 3]<br>11. Dampfdiffusion [2 3]<br>12. Beständigkeit [2 3]<br>F- und FT-Beständigkeit<br>Chem. Beständigkeit<br>Sulfatbeständigkeit<br>13. Qualität [2 3]<br>Mischung Verarbeitung – Mängel<br>Qualitätsprofil aussen – innen<br>Luft-Zuschlagverteilung<br>14. Schadenursache [3]<br>Schadeneinflüsse [3]<br>Schadenausmass [3]<br>15. Lokalisierung Tiefenprofil [2 3]<br>Materialeigenschaften – Qualität<br>Beständigkeit – Mängel<br>16. Neutralisierungstiefe [3]<br>Karbonatisierung<br>17. Versalzung Tiefenprofil [2 3]<br>Chlorid, Sulfat, Nitrat, Nitrit<br>Alkaliversalzung<br>18. Armierungskorrosion [1 2 3] | 19. Klima/Wetter [1]<br>20. Wasserhaushalt [1 2]<br>Durchfeuchtung<br>Isolation<br>Durchfeuchtung<br>Bauphysik<br>21. Mechanische [1 3]<br>Abrieb, Verkehr<br>22. Physikalische [1 3]<br>Frost<br>Frosttausalz<br>Brandgas<br>Umwelt<br>23. Chemische [1 3]<br>Nutzung und Umwelt<br>24. Unterhalt [1 3]<br>Winterdienst<br>Tausalze<br>Reinigung | 25. Dimensionierung<br>26. Fehler<br>Zwängungen<br>Pressungen<br>27. Verformung<br>28. Flankierende Massnahmen<br>29. Unterhalt<br>30. Reparierbarkeit |

[1] Beurteilt am Objekt [2] Labormessung an Bohrkernprofilen, mech. physik. chem. [3] Laboruntersuchung an Bohrkernprofilen, petrogr. morph.

Vorgängig einer Sanierung, und also als Ausgangsbasis für ein Sanierungskonzept, müssen die Einzelaspekte 1–30 sicher genug beurteilt werden können. Einfache Beurteilungen und prüftechnische Untersuchungen sind so einzusetzen, dass Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit der Sanierung gewährleistet sind.

scheidenden Fakten in den untersuchten Profilschichten von aussen gegen innen fest. Die Wegleitung für Bautenschutz und Bausanierung unterscheidet Richtlinien für Objekte aus *Beton* und Richtlinien für Objekte aus *Naturstein, Grobkeramik, Mörtel, Putz*.

## Ist-Zustand, Sanierungserfordernisse – Saniermöglichkeiten

Ein *Sanierungserfordernis* kann angezeigt sein, wenn besonders exponierte Partien *stark altern, abwittern* und *schadhaft* werden. Hierbei stellt sich die Frage, ob die lokal schadhaften Partien begrenzt werden können, oder ob die noch intakten Partien gegen das offensichtlich schädigende Altern zu schützen sind. Ein Sanierungserfordernis kann sich bei flächigem Abwittern allein durch den Substanzverlust ergeben. Ein Sanierungserfordernis kann ästhetisch begründet sein, oder die Sanierung muss den Schaden beheben und vor allem ein weiteres Verwittern und den eigentlichen Bauschaden verhindern können. Ein Sanierungserfordernis besteht mit Gewissheit auch dann, wenn die Standsicherheit in Frage gestellt ist (Bilder 1, 2).

Vorgängig einer Sanierung ist für die vorgegebene Zielsetzung die, *Weiternutzung* zu definieren, und es ist die *Standsicherheit* nachzuweisen. Gegebenenfalls ist die Einhaltung der Brandsicherheit mitentscheidend. Bei einer Vielzahl von Betonbauten, historischen Gebäuden, Kunstdenkmälern und Monumenten bestehen konkrete kunsthistorische und denkmalpflegerische Zielsetzungen; also Erhaltung von Material und Handwerk ohne einschneidende Veränderungen der Substanz. Der nach einer Sanierung zu erreichende Soll-Zustand der Objekte ist entsprechend zu definieren. Daraus und mit Bezugnahme auf den Ist-Zustand wird erkannt, welche Sanierungsmöglichkeiten und Leistungen für ein bestimmtes Objekt gesehen richtig und durchführbar sind. Eine zusammenfassende *Checkliste* (Tab. 1, abgestützt auf [1, 2, 3]) hilft bei der Erhebung des Ist-Zustandes. Die Anwendung dieser Checkliste ist allgemein gültig, wobei je nach Objekt und Objektalter gewisse Aspekte übergangen werden können. Die Abklärung der 30 massgeblichen Punkte erfolgt einerseits mit einfachen Hilfsmitteln am Bau und wo erforderlich mit entsprechenden Baustoffuntersuchungen:

- *Laufende Beobachtungen* haben auffallende Veränderungen wie Risse, Roststellen, Abplatzungen, Undichtigkeiten, Versalzungen, Krusten u.a.m. festzuhalten.
- *Besichtigungen* gelten kritischen Stellen, wie Fugen, Lagern, Isolationen, Dacheinläufen, Putzen usw. und erfolgen im Regelfall periodisch.
- *Beurteilung Ist-Zustand.* Die Checkliste berücksichtigt den aktuellen Ist-Zustand auf Grund von Beobachtungen und Besichtigungen am Objekt und ermittelt die effektiven Umwelt- und Nutzungseinflüsse sowie die Weiterverwendbarkeit der Baustoffe sowohl für die aktuellen als auch für zukünftige Belastungen. Die Gegebenheiten im Ist-Zustand und die daraus resultierenden objektspezifischen Erfordernisse für den Soll-Zustand sind damit quantifiziert und definiert.

Sobald ein Sanierungserfordernis gemäss Erhebung Ist-Zustand nachweislich besteht und dadurch eine *konkrete Sanierungsabsicht* gegeben ist, empfiehlt die Wegleitung drei zu beachtende Regelpunkte:

1. Die zu treffenden Massnahmen, die Wahl der Systeme und Materialien sowie die Applikation und damit verbunden auch die erforderliche Vorbehandlung des zu sanierenden Objektes, werden durch das Sanierungskonzept gesamthaft festgelegt. Das Sanierungskonzept zeigt den Weg vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand.
2. Der zu erreichende Soll-Zustand wird nicht durch ein beliebiges Sanierungssystem vorgegeben, sondern es ist aus den

*Tabelle 2. Wegleitung B mit Richtlinien für Beton: Ermittlung IST-Zustand, Sanierungserfordernisse, Sanierungsmöglichkeiten, Sanierungskonzept*

**B.1 Sanierungserfordernisse, Sanierungsmöglichkeiten**

Die Erhebung des IST-Zustandes hat zum Ziel, die Sanierungserfordernisse und grundsätzliche Sanierungsmöglichkeiten zu ermitteln. Im Vordergrund steht die Abklärung einer substanzerhaltenden Sanierung direkt auf die Oberfläche oder, bei gegenteiligem Befund, das Aufzeigen der Renovationserfordernisse mit Ersatz und die Ansprüche an die Sanierungstraggrundschicht. Es ergeben sich folgende Varianten:

A. Sanierung nicht erforderlich. Gegebenenfalls kleinere bauliche Unterhaltsarbeiten oder nur Kosmetik.

B. Sanierung möglich mittels Betonschutz oder direkter Betonvergütung, also Beibehaltung der Betonoberfläche.

C. Sanierung erfordert Reprofilierung und neue Armierungsüberdeckung, also nach Betonabtrag auch eine bestimmte Traggrundschichtqualität.

D. Sanierung nicht mehr möglich. Abbruch und Neuerstellung.

**B.2 Voruntersuchungen für den IST-Zustand, Schadendiagnose**

Prüfungen und Untersuchungen des Baustoffes mit Profilanalysen werden soweit ausgeführt, dass gemäss Checkliste und beurteiltem IST-Zustand ein Sanierungskonzept nach den Varianten A, B, C oder D entschieden werden kann.

**B.3 Sanierungsart, Sanierungsaufbau, Betonvorbehandlung**

Aus dem vorliegenden Ergebnis der Schadendiagnose gemäss B.2 wird ersichtlich, inwieweit die Sanierung sich auf den Baustoff, auf die Konstruktion oder auf Nutzung und Umwelt konzentrieren muss. Insbesondere sind nun folgende Fragen nach der Schadenursache beantwortet:

- Ist der Schaden eine Folge normaler Alterungserscheinungen oder Abnutzungen im baulichen Unterhalt?
- Liegt ein fehlerhaftes Materialversagen infolge Konzept, Herstellungs- oder Verarbeitungsmängeln vor?
- Hat eine konstruktiv-, nutzungs- oder umweltbedingte Überbelastung des Betons zum Fehlverhalten oder Bauschaden geführt?
- Ist das Fehlverhalten und die Schädigung nur lokal, nur oberflächenhaft, oder sind Bauwerk und Bauteil gesamthaft betroffen?

Auf Grund der jetzt bekannten Materialgegebenheiten, insbesondere bezüglich Ausmass und Tiefe der Schädigung, Art und Tiefe von Störungen und gegebenenfalls Tiefe der Karbonatisierung, Versalzung und Korrosion, wird sanierungsallgemein festgelegt:

- Betonvorbehandlung, Reinigung mit Abtragtiefe für geeignete und sichere Traggrundschicht der Sanierung.
- Abhängig von der Saniertiefe erfolgt die Festlegung von Sanierungsaufbau und Sanierungsart gemäss der Variante A, B oder C gleichzeitig mit der Definition der SOLL-Werte für die erforderliche Schutzfunktion.

**B.4 Forderungen an die Sanierung**

Nachdem nun feststeht, dass unter der empfohlenen Sanierungstraggrundschicht, ausgewertet aus B.3, keine latente Korrosionsgefahr und kein verborgenes Schadenrisiko infolge tieferer Versalzung, Karbonatisierung oder infolge gravierender Qualitäts- und Beständigkeitsmängel vorliegt, sind gemäss nachstehender Empfehlung die detaillierten Richtlinien und Anforderungen für die Sanierungsvarianten A, B oder C auszuarbeiten:

- Allgemeine Forderungen, resultierend aus den bisherigen Erhebungen bis B.3.
- Materialspezifische Sonderforderungen, von Objekt zu Objekt verschieden.
- Baulich-konstruktive Sonderforderungen wie: Bauphysikalische Besonderheiten
  Rissüberbrückung, Reparierbarkeit
  Anschlüsse, Reinigung, Unterhalt, Optik u.a.m.

**B.5 Hinweise**

Die Ergebnisse aus der Erhebung zum IST-Zustand führen insbesondere auch zu Vorschlägen, Empfehlungen und Richtlinien für Leistung, Vergebung, Ausführung.

Das resultierende materialspezifische Sanierungskonzept ist eine entscheidende Grundlage für das definitive bauliche Sanierungskonzept.

Sind für die Eigenschaften und für die Ausführung einer Sanierung konkrete Leistungen und SOLL-Werte verbindlich, so werden diese nach Möglichkeit bereits im baulichen Konzept und auch für die Vergebung berücksichtigt und dienen der prüftechnischen Absicherung bei der Sanierung.

Erfordernissen am Objekt ein Sanierungskonzept auszuarbeiten, welches den objektspezifisch richtigen Soll-Zustand anstrebt und dazu entsprechende Sanierungsverfahren und Leistungen mit Soll-Werten festlegt. Der Soll-Zustand berücksichtigt die baulichen Gegebenheiten durch Nutzung und Umweltbelastung, die gegebenen Baustoffeigenschaften gemäss untersuchtem Ist-Zustand, sowie die konstruktiven Erfordernisse.

3. Der Ist-Zustand und die Gesamtbeurteilung der Situation vor der Sanierung zeigen auf, welche Verbesserungen der Baustoffqualität und -beständigkeit sowie auch in der Konstruktion durch die Sanierung erreicht werden müssen. Dadurch wird zugleich das Leistungsverzeichnis für die Sanierung mit Soll-Werten festgelegt. Die Objektreinigung und Vorbehandlung ist damit auch wegweisend vorbestimmt.

Für Massnahmen zum Bautenschutz und zur Bausanierung ist eine umfassende und gründliche *Erhebung des Ist-Zustandes* grundsätzlich wichtig [1, 2, 3]. Eine unsachgemässe Überprüfung der Checkliste birgt grosse Risiken in sich. Gründliche Kenntnisse zum Ist-Zustand und die überprüfte Gesamtsituation sind die Grundlagen für ein fundiertes und objektspezifisch richtiges Sanierungskonzept. Dabei ist für die Dauerhaftigkeit der Sanierung und für die Vertragsregelung eine Definition und Beschreibung der Sanierungsleistungen und der Soll-Werte von grosser Bedeutung. Durch die Soll-Werte wird eine prüftechnische Absicherung der Sanierung, eine Qualitätssicherung im ingenieurmässigen Sinne möglich. Die *Wegleitungen B und S* (Tab. 2 und 3) für Vorabklärung der Sanierungserfordernisse und Sanierungsmöglichkeiten nehmen Bezug auf Merkblätter und Richtlinien gemäss [1, 2, 3 und 4]. Die dazu verwendete Checkliste wird durch petrographisch-morphologische, mechanische, physikalische und chemische Voruntersuchungen vervollständigt.

## Sanierungskonzept

Die Beurteilung der zu sanierenden Objekte gemäss Checkliste (Tab. 1) schliesst ab mit der Schadendiagnose und der Erhebung des Ist-Zustandes. Die ermittelten quantifizierten Sanierungserfordernisse lassen die *objektspezifisch richtigen Sanierungsmöglichkeiten* erkennen. Grundsätzlich wird dabei unterschieden, ob substanzerhaltende Oberflächensanierung möglich ist. Liegt hingegen eine erkannte tiefliegende Verwitterung oder latente Schadengefahr vor, so ändern sich die Sanierungsmassnahmen durch Reprofilierung oder Ersatz in den grundlegenden Voraussetzungen. Aus den Kenntnissen zum Ist-Zustand wird dieser Grundsatzentscheid begründet und ausgearbeitet. Die entsprechende *Sanierungsart* und der *Sanierungsaufbau* wird im Detail zusammen mit der erforderlichen Vorbehandlung und Reinigung festgelegt. Das auf die objektspezifischen Gegebenheiten und Erfordernisse abgestimmte, materialspezifische Sanierungskonzept definiert auch die Leistungen und Soll-Werte für die Sanierungsmassnahmen [1, 2, 3]. So ist dem Planer nun bekannt, welche *Sanierungsmassnahmen* die Erfordernisse des Objektes und der Baustoffe abdecken können. Projektangleich und Wirtschaftlichkeit können Kompromisslösungen des ursprünglich empfohlenen materialspezifischen Sanierungskonzeptes erforderlich machen. Dabei ist die Tragweite der Konsequenzen jedoch bekannt, und es können die *Dauerhaftigkeit* und *Wirtschaftlichkeit* begründet und abgewogen werden.

Der Projektleiter trifft die Entscheidungen für das auszuschreibende bauliche Sanierungskonzept unter Berücksichtigung der vorbestimmenden Zielsetzungen (Standsicherheit, Konstruktion, Nutzung, Architektur, Denkmalpflege usw.) und mit Bezugnahme auf die allgemeinen materialspezifischen Sanierungserfordernisse sowie den Zusatzforderungen und Sonderforderungen. Die Leistungen der Sanierungsmassnahmen sind aus der Erhebung des Ist-Zustandes bekannt. Entsprechende Soll-Werte können die Ausschreibung begleiten. Die prüftechnische Absicherung der Leistungen und Soll-Werte, also die Qualitätssicherung der Sanierung, wird in Tab. 4 beschrieben.

## Mindestforderungen für Eignungsnachweis. Grundlegende Systemprüfungen

Unabhängig davon, ob bestimmte Sanierungsmassnahmen im konkreten Fall die erforderliche Leistung und den erwarteten Soll-Zustand erbringen können, müssen Sanierungssysteme grundsätzliche Eignungen nachweisen können und auch eine dauerhafte Langzeitbeständigkeit haben. Die effektive Leistung für konkrete Erfordernisse am Bau, objektspezifisch angepasste Materialeigenschaften und die Abdeckung der Zusatzforderungen und Sonderforderungen werden durch die Qualitätssicherung kontrolliert. Für die grundsätzlichen Eignungsnachweise sind Sanierungsmassnahmen in *baustoffvergütende* sowie in *baustoffschützende* und *verstärkende* Systeme zu unterscheiden. Die nachstehende Zusammenstellung zeigt die Sanierungssysteme mit ihrer grundsätzlichen Schutzfunktion und den massgebenden Kriterien für die Langzeiterhaltung der Schutzfunktion.

*Vergütende Massnahmen*

Der Baustoff selbst wird durch Eindringen des Materials in seinen physikalischen evtl. mechanischen Eigenschaften verändert:

- *Imprägnierung hydrophobierend*
- *Imprägnierung verfüllend und verfestigend*

Die Langzeiterhaltung ist abhängig von der Alkalibeständigkeit, der Versalzung, von Reinigungsrückständen, von der Eindringtiefe, von bauphysikalischen Gegebenheiten.

*Schützende Massnahmen*

Der Baustoff wird durch Anstriche oder Beschichtungen geschützt. Die Baustoffeigenschaften selbst werden nicht verändert:

- *Versiegelungen*
- *Beschichtungen elastisch*
- *Beschichtungen starr*

Die Langzeiterhaltung ist abhängig von der Haftung, UV-Beständigkeit, Versprödung, von Verletzungen und von bauphysikalischen Gegebenheiten.

*Schützende, verstärkende Massnahmen*

Der Baustoff wird durch massive Schichten reprofiliert oder zusätzlich verstärkt und dadurch geschützt. Die Baustoffeigenschaften selbst werden nicht verändert:

- Reaktionsharzmörtel
- hydraulische Mörtel vergütet
- hydraulische Mörtel
- Kalkmörtel und kombinierte Mörtel
- Betonüberzüge
- Spritzbeton
- Verblendung mit massivem Ersatz

*Tabelle 3. Wegleitung S mit Richtlinien für Naturstein, Mörtel, Putz, Grobkeramik, Anstriche, Bemalungen. Ermittlung IST-Zustand, Sanierungserfordernisse, Sanierungsmöglichkeiten, Sanierungskonzept*

**S.1 Sanierungserfordernisse, Sanierungsmöglichkeiten**

Die Erhebung des IST-Zustandes hat zum Ziel, die Sanierungserfordernisse und grundsätzliche Sanierungsmöglichkeiten zu ermitteln. Im Vordergrund steht die Abklärung für Reinigung und substanzerhaltende Restaurierung und Konservierung. Bei gegenteiligem Befund richtet sich die erforderliche Abtragtiefe nach den Erfordernissen für eine qualitativ geeignete Traggrundschicht. Die Anforderungen an das Ersatzmaterial richten sich nach Objekt und Objektbaustoff. Es ergeben sich folgende Varianten:

A. Reinigung und voll substanzerhaltende Restaurierung - Konservierung ist möglich.

B. Reinigung, teils mit Substanzerhaltung (evtl. mit Konservierung) und teils mittels Aufmodellierung, also eine Teilrestaurierung mit partieller Renovation ist möglich.

C. Grossteils Renovation mit massivem Ersatz ist erforderlich. Geeigneter Ersatz und gegebenenfalls präventive Vergütungsmassnahmen erfolgen je nach Nutzung, Belastung und Materialart. Materialabtrag bis zur geeigneten Traggrundschichtqualität.

D. Sanierung nicht mehr möglich. Vollersatz neu oder mit Kopien.

**S.2 Voruntersuchungen für den IST-Zustand, Schadendiagnose**

Prüfungen und Untersuchungen des Baustoffes mit Profilanalysen werden soweit geführt, dass gemäss Checkliste und beurteiltem IST-Zustand ein Sanierungskonzept nach den Varianten A, B, C oder D entschieden werden kann.

**S.3 Sanierungsart, Sanierungsaufbau, Vorbehandlung und Reinigung**

Aus den vorliegenden Ergebnissen der Schadendiagnose gemäss S.2 werden ausgewertet:
- Sanierungsart und Sanierungsaufbau
- Steinvorbehandlung-Steinreinigung
- Massnahmen bezüglich Versalzung
- Massnahmen für Konservierung
- Forderungen für Konservierung
- Vorbehandlung und Abtragtiefe
- Massnahmen für Ersatz
- Forderungen für Ersatz
- Massnahmen gegen Frost- und Verwitterungskorrosion

**S.4 Spezielle Forderungen für konservierende Massnahmen**

Für substanzerhaltende Sanierungsmassnahmen können aus dem ermittelten Qualitätsgefälle (Verwitterungszustand und Verwitterungstiefe von der Oberfläche bezogen auf unverwitterte Tiefenschicht) die erforderlichen Leistungen der Sanierungsmassnahmen ausgewertet und definiert werden.
- Konservierungstiefe
- Konservierungsmittelmenge
- Applikationshinweise
- Erforderliche Verbesserung Festigkeit
- Erforderliche Veränderung Poren
- Erforderliche Diffusionseigenschaften
- Erforderliche Reduktion Quellen
- Erforderliche Verbesserung Frostbeständigkeit
- Erforderliche Verbesserung Dichtigkeit
- Erforderliche Salzimmobilität

**S.5 Spezielle Forderungen für Ersatzmaterial**

Die Materialkennwerte, bekannt aus unverwitterten Schichten am Objekt, sind zugleich Bezugsbasis für die SOLL-Werte bei der Festlegung geeigneter Ersatzmaterialien, Mörtel, Versetzmörtel und Fugenmörtel.

**S.6 Spezielle Forderungen für Malgrund**

Die Restaurierung von Bemalungen erfordert eine separate Erhebung eines IST-Zustandes für den Malgrund selbst und für die Malschichten zuhanden des Restaurators.

**S.7 Hinweise**

Die Ergebnisse aus der Erhebung zum IST-Zustand führen insbesondere auch zu Vorschlägen, Empfehlungen und Richtlinien für Leistung, Vergebung, Ausführung.

Das resultierende materialspezifische Sanierungskonzept ist eine entscheidende Grundlage für das definitive bauliche Sanierungskonzept.

Sind für die Eigenschaften und für die Ausführung einer Sanierung konkrete Leistungen und SOLL-Werte verbindlich, so werden diese nach Möglichkeit bereits im baulichen Konzept und auch für eine Vergebung berücksichtigt und dienen der prüftechnischen Absicherung bei der Sanierung.

Die Langzeiterhaltung ist abhängig von der Haftung, der Eigenbeständigkeit, dem hygrisch-elastischen und thermoelastischen Verhalten und von den bauphysikalischen Gegebenheiten.

Je nach System sind für den grundsätzlichen Eignungsnachweis und für die Langzeiterhaltung unterschiedliche Eigenschaften erforderlich und zu überprüfen. In [5] sind entsprechende Mindestforderungen empfohlen. Diesbezüglich richtungsweisend ist auch der nachstehende Auszug aus dem Merkblatt des WTA (Tab. 5 aus [1]).

*Injektionen, Isolationen, Verstärkungen*

Die aufgeführten *Sondermassnahmen* werden im Sanierungskonzept erfasst. Anzumerken ist: Mit dichtenden und verklebenden Injektionen werden wesentliche Sanierungsaufgaben gelöst. Entsprechend der Wichtigkeit erfordert eine seriöse Durchführung gegebenenfalls Voruntersuchungen und Erfolgskontrollen mit Nachprüfungen. Im besonderen ist die Ausbildung injektionstechnischer Horizontalsperren sehr anspruchsvoll.

Ebenso haben starre und elastische Isolationen entscheidend wichtige Aufgaben für den Bautenschutz und die Bausanierung zu lösen. Diese Systeme haben ihre eigene Anwendungstechnologie. Besonders anspruchsvoll ist die Schutzwirkung und deren Langzeiterhaltung, abhängig von der Eignung der Traggrundschicht und von den bauphysikalischen Gegebenheiten. Entsprechende Untersuchungen und Kontrollen werden wie bei Anstrichen und Beschichtungen durchgeführt.

*Tabelle 4. Soll-Zustand, prüftechnische Absicherung der Sanierung, Qualitätssicherung*

Ausgehend vom Ist-Zustand ist der erforderliche Soll-Zustand am Objekt durch geeignete Sanierungsmassnahmen herzustellen. Der Weg vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand ist das Sanierungskonzept. Der Soll-Zustand ist nach Vorliegen des Sanierungskonzeptes definiert. Die massgeblichen Soll-Werte für Schutzfunktion, verbesserte Beständigkeit, Dichtigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit u.a.m. werden immer dann überprüft, wenn bestimmte Eigenschaften erwartet werden und wenn das Sanierungssystem entsprechende Leistungen verspricht. Bei Renovationsmassnahmen mit Ersatz ist die Art und Weise der Vorbehandlung und Reinigung darauf ausgerichtet, eine Sanierungstraggrundschicht mit definierten und überprüfbaren Soll-Werten freizulegen.

*Bestätigung der Eignung an Kontrollflächen am Objekt*

Das Merkblatt des WTA [1] und die Richtlinien der LPM AG [2, 3] empfehlen eine *Identitätsprüfung* der Eignung und der Leistung an Kontrollflächen. Überprüft werden konkrete Schwerpunkteigenschaften, welche durch Soll- Werte definiert und für den Sanierungserfolg am betreffenden Objekt entscheidend sind. Im wesentlichen kommt hinzu die Überprüfung der richtigen Vorbehandlung und Reinigung der geforderten Traggrundschichtqualität und der angepassten Sanierungsmaterialien. Aus Platzgründen wird für die detaillierten Informationen zur prüftechnischen Absicherung und Qualitätskontrolle auf [1, 2, 3] verwiesen.

Der Identitätsnachweis an Kontrollflächen ist auch verbindlich für die Verarbeitungsgegebenheiten und soll in Gegenwart der Vertragsparteien durchgeführt werden. Diese Flächen dienen somit zur Bestätigung und als Bezug für alle zur Erreichung des Soll-Zustandes erforderlichen Massnahmen.

*Qualitätskontrolle und Baustellenüberwachung*

Sinngemäss zur Identitätsprüfung bestimmen Schwerpunktkriterien der Soll-Werte bezüglich Untergrundbehandlung und Sanierungsleistung Art und Umfang einer Bauüberwachung. Aus zeitlichen Gründen werden für die qualitätssichernde Bauüberwachung nur massgebliche Einzeleigenschaften überprüft. Art und Schwierigkeit sowie Dauer der Sanierungsarbeiten und die Bedeutung des Objektes geben den erforderlichen Untersuchungsraster. Die Qualitätssicherung einer Sanierung wird durch Nachkontrollen und Abnahmeprüfungen abgeschlossen.

Für die Qualitätssicherung werden nebst mechanischen, physikalischen und chemischen Prüfungen aus Sicherheitsgründen vor allem petrographisch morphologische Baustoffuntersuchungen eingesetzt (detaillierte Informationen: [1, 2, 3 und 4]).

Die prüftechnische Absicherung erfolgt für die einzelnen Sanierungsbelange und Leistungen gemäss der Erfordernisse und in Anlehnung an die Soll-Werte. Die Soll-Werte sind im allgemeinen aus der Voruntersuchung zum Ist-Zustand bekannt. Die Identitätsprüfung an Kontrollflächen und die prüftechnische Absicherung der Sanierung überwachen indessen nicht die grundlegende Systemeignung. Diesbezügliche Eignungsnachweise gemäss nachfolgendem Abschnitt müssen bei der Systemwahl vorliegen.

*Tabelle 5. Übersicht über diejenigen Kennwerte oder Eigenschaften, die bei dem jeweiligen System geprüft werden müssen. Auszug Merkblatt WTA [1]*

| Prüfung | Prüfvorschriften | Imprägnierung hydrophobierend | Imprägnierung verfestigend | Versiegelung | Beschichtung starr | Beschichtung elastisch | Zementmörtel | Reaktionsharzmörtel | Spritzbeton |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Materialeigenschaften, Materialkennwerte** | | | | | | | | | |
| Kapillare Wasseraufnahme | DIN 52 617 E | ⊕⊕ | + | ⊕ | +[1] | +[1] | +[1] | +[1] | +[1] |
| Diffusionswiderstand gegen $H_2O$ | DIN 53 122 | ++ | + | + | + | + | + | + | |
| gegen $CO_2$ | Verf. Engelfried | | + | + | + | + | | + | |
| Eindringtiefe | | ⊕⊕ | ⊕⊕ | | | | | | |
| Alkalibeständigkeit | DVGW-Arbeitsblatt W 342 | ++ | ++ | ++ | + | + | | + | |
| UV-Beständigkeit | | | | + | + | + | | + | |
| E-Modul | DIN 53 457 | | | | + | + | + | ++ | |
| (bei niedr. Temp.) | DIN 1048 | | | | | | | | |
| Lin. Wärmeausdehnungskoeffizient | Anl. VDE 0304 Teil 1 § 4 | | | | + | + | + | ++ | |
| Biegezugfestigkeit | DIN 18 555 | | | | +[3] | | + | + | + |
| Druckfestigkeit | | | | | +[4] | | + | + | +[2] |
| Reissfestigkeit | DIN 53 455 | | | | + | + | | | |
| Reissdehnung | | | | | | | | | |
| Schwindverhalten | | | | | + | + | ++ | ++ | |
| Beständigkeit gegen | DIN 53 168 | | + | + | + | + | ++ | + | + |
| Nutzbelastung (chem.) | DIN 52 108 | | | | | | | | |
| Abrieb, Temp.-Wechsel) | ÖNORM B 3306 | | | | | | | | |
| Rissüberbrückung | Merkblatt DBV | | | | | + | | | |
| Physiol. Unbedenklichkeit | je nach Anforderung | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| **Eigenschaften und Funktionsfähigkeit des Systems** | | | | | | | | | |
| Haftzugfestigkeit | DIN ISO 4624 | | | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| Beständigkeit gegen Temperatur-Wechsel | Merkblatt DBV | | | | + | + | + | + | |
| Frost/Tauwechsel-Widerstand | ÖNORM B 3305 | ⊕ | | ⊕ | + | + | + | + | + |

⊕ Prüfungen an der Baustelle/am Objekt + Prüfungen im Labor
[1] Wasserundurchlässigkeit nach DIN 1048 bzw. nach Merkblatt DBV
[2] DIN 18 551 [3] DIN 53 462 [4] DIN 53 454

Dübel, Anker und aufgeklebte Stahllaschenarmierungen stellen je nach Sanierungsaufgabe hohe Ansprüche an die Ausführung, die Materialien und an die Kontrollen. Die Eignung der Materialien, Verklebungsqualität, die Vorbehandlung und Eignung der Traggrundschicht können anspruchsvoll sein und werden als integrierter Bestandteil zusammen mit dem Sanierungskonzept behandelt. Detaillierte Hinweise über allgemeine Anforderungen und Anwendungsrichtlinien der aufgeführten Sondermassnahmen siehe in [1].

## Beispiele für Bautenschutz und Bausanierung

Für die dauerhafte Gebrauchsfähigkeit der Bauwerke im Hoch- und Tiefbau und für die Erhaltung von historischen Gebäuden, Kunstdenkmälern und Monumenten spielt der Bautenschutz und die Bausanierung eine massgebliche Rolle im Kampf gegen Alterung und Zerfall.

Bautenschutz, Bausanierung und Restaurierung, Renovation umfassen objektspezifische Sanierungsmassnahmen und haben von Objekt zu Objekt individuelle Aufgaben zu lösen. Die nachstehend mit den Bildern 3–6 dokumentierten Praxisbeispiele zeigen innerhalb dieser Vielfalt vier grundsätzliche Aufgabenbereiche im Zusammenhang mit der Dauerhaftigkeit und der Erhaltung von Bauten, von Material und Kunsthandwerk:

- Bautenschutz, Präventivanwendung (Beispiel: neue Betonbrücken, Bild 3)
- Bausanierung, Substanzerhaltung und Verstärkung (Beispiel: ältere Betonbrücke, Bild 4)
- Renovation durch Ersatzmassnahmen (Beispiel: Steinfassade, Bild 5)
- Bausanierung, Substanzerhaltung und Originalergänzung (Beispiel: Natursteinmonument und bemalter Putz, Bild 6).

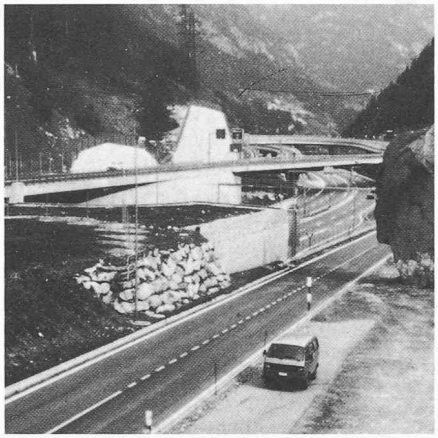


Bild 3a. Vergütung des Betons

Bild 3b. Schutzanstrich auf Beton

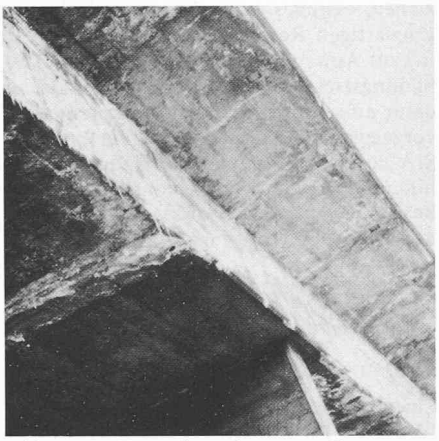


Bild 4a. Ist-Zustand vor Sanierung. Verwitterung und Korrosion

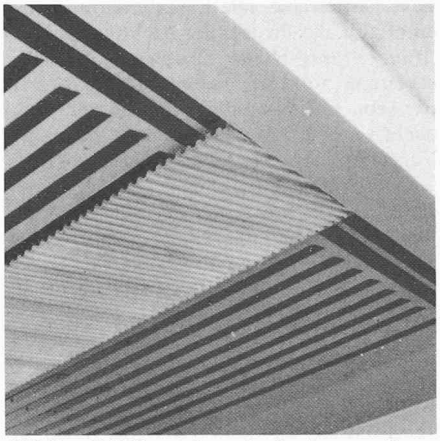


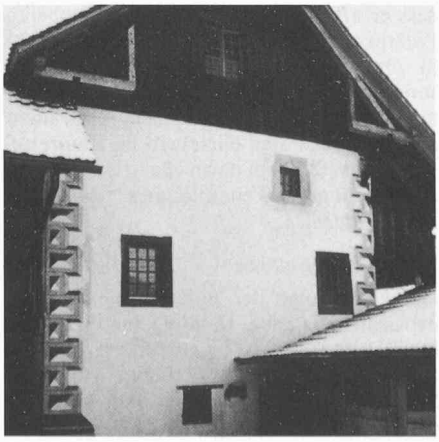
Bild 4b. Soll-Zustand nach Sanierung. Korrosionsschutz, Anstrich. Aufmörtelung und Verstärkung mit Lamellen

Bild 5a. Ist-Zustand vor Sanierung. Verwitterung

Bild 5b. Soll-Zustand nach Sanierung. Ersatz, Ergänzung, Aufmörtelung. Flächige Konservierung

Bild 6a. Restaurierung zur Erhaltung durch Sicherung, Konservierung, Ergänzung

Bild 6b. Restaurierter Zustand nach Konservierung, Originalergänzung



## Zusammenfassung

Sanierungserfordernisse entstehen durch natürliche oder beschleunigte Alterung und bei Bauschäden durch eine stark forcierte Alterung. Bei jedem Sanierungserfordernis ist die Ausgangslage ein Ist-Zustand, individuell von Objekt zu Objekt verschieden, mit unterschiedlichen Alterungseinflüssen durch Konstruktion, Nutzung, Umwelt und Baustoffqualität. Der Ist-Zustand der Objekte entscheidet, ob Substanzerhaltung und konservierende Restaurierung effizient und dauerhaft sein kann. Daneben gibt es Beispiele, bei denen nur noch eine Renovation mit ersetzenden Massnahmen eine dauerhafte Sanierung ermöglicht.

Als Wegleitung werden die erforderlichen Massnahmen für eine objektspezifisch richtige Sanierung zusammengefasst und die Eignung und Leistung der Sanierung entsprechend den baulichen Erfordernissen definiert. Anhand von Praxisbeispielen werden die vier grundsätzlichen Massnahmen für Bautenschutz und Bausanierung vorgestellt.

**Literatur**

[1] WTA: Merkblatt zum Unterhalt von Betonbauwerken, Wissenschaftlich technischer Arbeitskreis, Isardamm 113, D-8192 Geretsried 1, 1983/1983

[2] LPM AG: Richtlinien Naturstein, Putz, Mörtel (Voruntersuchungen Ist-Zustand, prüftechnische Absicherung Soll-Zustand). LPM AG, CH-5712 Beinwil am See

[3] LPM AG: Richtlinien Beton (Voruntersuchungen Ist-Zustand, prüftechnische Absicherung Soll-Zustand). LPM AG, CH-5712 Beinwil am See

[4] *Romer, B.:* «Qualitätssicherung für dauerhafte Bauwerke». Schweiz. Ingenieur und Architekt, Heft 37, 1983

[5] LPM AG: Richtlinien Mindestforderungen für Eignungsnachweis Saniersysteme. LPM AG, CH-5712 Beinwil am See

[6] *Romer, B.:* «Schutz und Sanierung von Bauwerken Bautenschutz und Bausanierung». Edition Lack und Chemie, Filderstadt. Heft 2/1980

Adresse des Verfassers: *B. Romer*, Baustoffexperte und Schadengutachter, LPM AG, 5712 Beinwil am See.