



Einer der spannendsten Orte der Welt

Abb. 1: Am Rohstoffbunker des Weltkulturerbes Völklinger Hütte wurde eine Betonrestaurierung unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten umgesetzt. Das Foto zeigt den Bunker von der Brennerbühne der Sinteranlage aus gesehen.

Betonrestaurierung im UNESCO-Weltkulturerbe Völklinger Hütte ■ Bei der Instandsetzung des sogenannten Rohstoffbunkers im Areal des UNESCO-Weltkulturerbes Völklinger Hütte wurde für diese Anlage erstmals konsequent eine denkmalgerechte Betonrestaurierung geplant und umgesetzt. Damit wurden Forderungen erfüllt, wie sie seit einigen Jahren insbesondere seitens der Denkmalpflege erhoben werden, die Betoninstandsetzung an denkmalwerter Bausubstanz in vergleichbarer Weise zu betreiben, wie es bei der Restaurierung von Mauerwerksbauten und Baudenkmalern aus Naturstein der Fall ist. **Martin Sauder**

Die Restaurierungskonzeption für den Rohstoffbunker der Völklinger Hütte (Abb. 1) wurde gemeinsam mit dem Landesamt für Denkmalpflege erarbeitet. Ihre wesentlichen Prinzipien sind:

1. Örtliche Schadstellen werden möglichst nicht erweitert, so dass die Originalflächen nur minimal abgegriffen werden.
2. Eine flächendeckende Untergrundvorbereitung der Oberflächen erfolgt nicht, da dies alle hier vorhandenen „Zeitzeugen“ unwiederbringlich zerstören würde.
3. Korrodierte Bewehrung wird nur mit kleinstmöglichem Gerät freigelegt. Großflächiges Öffnen der historischen Oberfläche mittels grobem Pressluft- oder Elektrowerkzeug unterbleibt.
4. Vorhandene Betonschalen, abgelöst durch korrodierende Bewehrung, werden möglichst erhalten und an gleicher Stelle wieder eingebaut.
5. Die vorhandene Oberflächenstruktur des Originals ist zu dokumentieren und originalgetreu wiederherzustellen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Schalungsstruktur, Breite der Schalbretter, Schalungsstöße, Fehlstellen und Lunker an der Oberfläche.
6. Standardisierte PCC-Mörtel werden nicht verwendet, da sie weder in Farbton und Kornverteilung noch Bindemittel dem Original entsprechen können. Die Rezeptur des Originalbetons ist zu ermitteln und der Reparaturmörtel und -beton dieser Zusammensetzung anzupassen.
7. Der Farbton des Reparaturmörtels wird möglichst durch entsprechende Auswahl von Zementen und Zuschlägen nachgestellt. Soweit möglich wird auf die Zugabe von Farbpigmenten verzichtet.
8. Der Farbton des Restaurierungsbetons wird dem unverwitterten Altbeton angepasst, nicht dem stark verfärbten und oft inkrustierten Beton der Oberfläche.
9. Eine flächendeckende Überarbeitung mit zementgebundenen Spachtelschichten erfolgt nicht.
10. Muss aus Gründen der Erhaltung oder Wiederherstellung der Standsicherheit ein Spritzmörtel oder Spritzbeton eingesetzt werden, geschieht dies mit Material entsprechend den Regeln der Technik (DIN 18551 und DIN EN »



Abb. 2: Die Gebäudeecke im Bereich von Achse 01/02 war stark geschädigt. Ganz links ist die Brettgeschalte Oberfläche zu erkennen. Abbildung 9 zeigt diese Ecke nach der Fertigstellung.

Abb. 3: Stützen des Rohstoffbunkers nach der Restaurierung: Alle Kanten der Stützen sind bis circa 1,20 Meter über Gelände neu reprofiliert und im Kern mit Spritzbeton instand gesetzt worden.

Abb. 4: Eine der Stützen im Detail: Die gesamte sichtbare Ansichtsfläche wurde neu hergestellt, mit einem Kern aus Spritzbeton zur Sicherung der Tragfähigkeit. Die letzten 15 Millimeter wurden mit Restaurierungsmörtel und originalgetreuer Brettchalungsstruktur restauriert.

Abb. 5: Die Schäden wurden kartiert. Die Abbildung zeigt die gesamte Schadenskartierung auf der Nordseite des Rohstoffbunkers.



- 14487). Die eigentliche Oberfläche wird jedoch mit einem Material gemäß Ziff. 6 dieser Aufstellung reprofiliert.
11. Ist eine lasierende Oberflächenbehandlung vorgesehen, muss diese differenziert nach den Verwitterungszuständen der unterschiedlichen Bauwerksbereiche hergestellt werden. Wenn möglich, sollen Pigmentierungen verwendet werden, die dem Original entsprechen.
 12. Auf wasserabweisende Behandlung nur einzelner Teilbereiche wird verzichtet, da

- diese in völlig anderer Weise altern und nachverschmutzen wie der Originalbeton. Nur im begründeten Einzelfall kann eine flächendeckende hydrophobierende Behandlung des Bauwerks erwogen werden.
13. Wegen der nicht flächendeckend aufgetragenen Schutzschichten, seien es zementgebundene Dünnputzlagen oder Oberflächenbeschichtungen, ist eine regelmäßige Wartung des Bauwerks nach Abschluss der Arbeiten unerlässlich.

Die hohen Belastungen spiegeln sich in den Schäden wider

Mit einer Gesamtlänge von rund 80 Metern und einer Höhe von maximal 16 Metern war der Rohstoffbunker ausgelegt, die kontinuierliche Beschickung der Hochofenanlagen zu gewährleisten. Fast das gesamte Tragwerk wurde aus Stahlbeton errichtet, meist mit Brettgeschalter Oberfläche (Abb. 2).

Eine einheitlich ebene Ansichtsfläche bildet den Hauptteil der zu bearbeitenden Betonbereiche. Sie bilden die Oberfläche der Schüttrichter, die auf massiven Stahlbetonstützen stehen (Abb. 3/4).

Entlang der Betonfassade führten zahlreiche Kabeltrassen, die nur zum Teil im Zuge der Betriebsstilllegung entfernt worden waren. Wegen ihres starken Korrosionsgrades hätten diese Kabelbühnen zwar demontiert, aber nicht wieder eingebaut werden können. Daher wurde auf eine Demontage verzichtet. Die Instandsetzung reicht deshalb nur bis an die Kabelbündel heran.

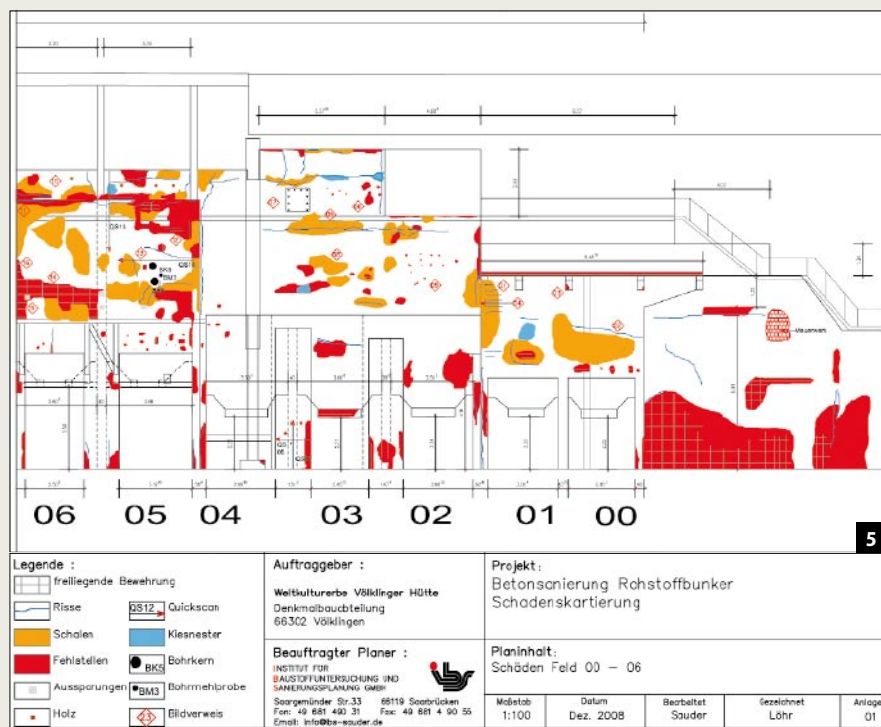
Die dynamischen Belastungen durch die Befüllungs- und Entladungsvorgänge während des Betriebs der Anlage führten zu erheblichen Rissbildungen und im östlichen Bauwerksteil zu durchschlagenden Abrissen. Sie machten gesonderte Sicherungs- und Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich.

Als wesentliches Schadensbild herrschten großflächig freiliegende Oberflächen-

DAS UNESCO-WELTKULTURERBE VÖLKLINGER HÜTTE

Nach seiner Gründung 1881 durch Carl Röchling wurde das Völklinger Eisenwerk schnell einer der wichtigsten Stahlträgerproduzenten in Europa. Es umfasste in seiner Blütezeit sechs Hochöfen, die durch einen einzigartigen Schrägaufzug beschickt wurden. Das Werk war stets äußerst innovativ, führte zum Beispiel 1928 die Sintertechnik ein und verarbeitete danach noch jahrzehntelang regionale Eisenerze und verwendete Koks aus heimischer Kohle. 1986 wurden Hochofenanlage und Gasgebläsehalle stillgelegt und die alte Anlage unter Denkmalschutz gestellt. 1994 wurde dieser Teil der Völklinger Hütte in das UNESCO-Weltkulturerbe aufgenommen.

So erfolgreich und schnell wachsend gerade in den Nachkriegsjahren die Produktion der Hütte war, so schnell mussten auch die Bautätigkeiten mit diesem Fortschritt mithalten. Schon früh in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts errichtete man hier Bauwerke aus „Eisenbeton“. Diese Erweiterung der bestehenden Anlagen reichte bis weit in die Jahre nach dem zweiten Weltkrieg hinein. Aufgrund der Stahlproduktion herrschten stets extreme äußere Bedingungen, die gravierenden Einfluss auf die Alterung des Stahlbetons hatten. Daher ist die Erhaltung und Instandsetzung gerade der Stahlbetonbauwerke eine der großen Aufgaben der Trägergesellschaft des heutigen Weltkulturerbes Völklinger Hütte.



malpflege wurden Entnahmestellen festgelegt, die eine Beprobung ermöglichten, ohne unzulässige Beschädigungen der Oberflächen zu verursachen. Die Proben wurden im Kernbohrverfahren entnommen. Sie dienen zur Ermittlung der Altbetoneigenschaften und Prüfung der Betonzusammensetzung.

Im Einzelnen wurden folgende Prüfungen an Bohrkern- und Bohrmehlproben durchgeführt:

- Prüfung der Druckfestigkeit,
- Prüfung der Rohdichte,
- Chloridgehalt,
- Sulfatgehalt an der Oberfläche,
- Bindemittelgehalt,
- Vorprüfung auf säurelösliche Zuschläge,
- Art der Zuschläge,
- Prüfung der Kornverteilung (Sieblinie).

bewehrungen vor, verursacht durch die extrem fortgeschrittene Carbonatisierung (Abb. 2). Genaue Zahlen über die CO₂-Konzentrationen an diesem Standort liegen dem Verfasser nicht vor. Allgemein geht man in einer Industrielatmosphäre von 0,08–0,1 Prozent CO₂ aus [1]. Im direkten Umkreis der Hochofenanlage ist jedoch lokal mit deutlich höheren Gehalten zu rechnen. Dies erklärt ohne Weiteres die stark fortgeschrittene Carbonatisierung des Betons. Auch die Chloridgehalte sind äußerst hoch und übersteigen in nahezu allen Proben den Grenzwert von 0,4 Masse-Prozent erheblich (bezogen auf den Zementgehalt). Maximalwerte von 2,5 Masse-Prozent wurden errechnet. Mit Sicherheit sind diese hohen Werte auf die dauernde Verbrennung von Koks im Hochofen zurückzuführen. Hinzu kommt, dass die Bewehrungsüberdeckung in der Bauzeit nach dem 2. Weltkrieg keinesfalls heutigen Anforderungen genügte. Fordert die DIN 1045 heute ein Nennmaß der Betondeckung für Expositionsklasse XC 4 von 40 Millimetern, so lag dieser Wert vor 60 Jahren noch bei 20 Millimetern. Auch dieser wurde jedoch oft unterschritten, so dass die Kombination aus oberflächenbündig liegender Bewehrung, verstärkter Carbonatisierung und erhöhter Chloridbelastung zu den umfangreichen Schäden führte.

Betonschäden wurden detailliert kartiert

Im ersten Schritt wurden die Betonschäden detailliert kartiert (Abb. 5). Diese Erfassung bildete sowohl die Grundlage für Massenermittlung und Ausschreibung als auch den Beginn der denkmalpflegerischen Dokumentation des Restaurierungsvorgangs. Sie dokumentiert den Ist-Zustand des Bauwerks vor Beginn der Maßnahmen [2]. Die Vorgehensweise bei der Erstellung des Schadenskatasters erfolgte in Anlehnung an die Vorgaben der WTA für Naturstein, die jedoch für die Anwendung an Gebäuden aus Stahlbeton modifiziert wurden [3].

In Absprache mit den Vertretern des saarländischen Landesamtes für Denk-

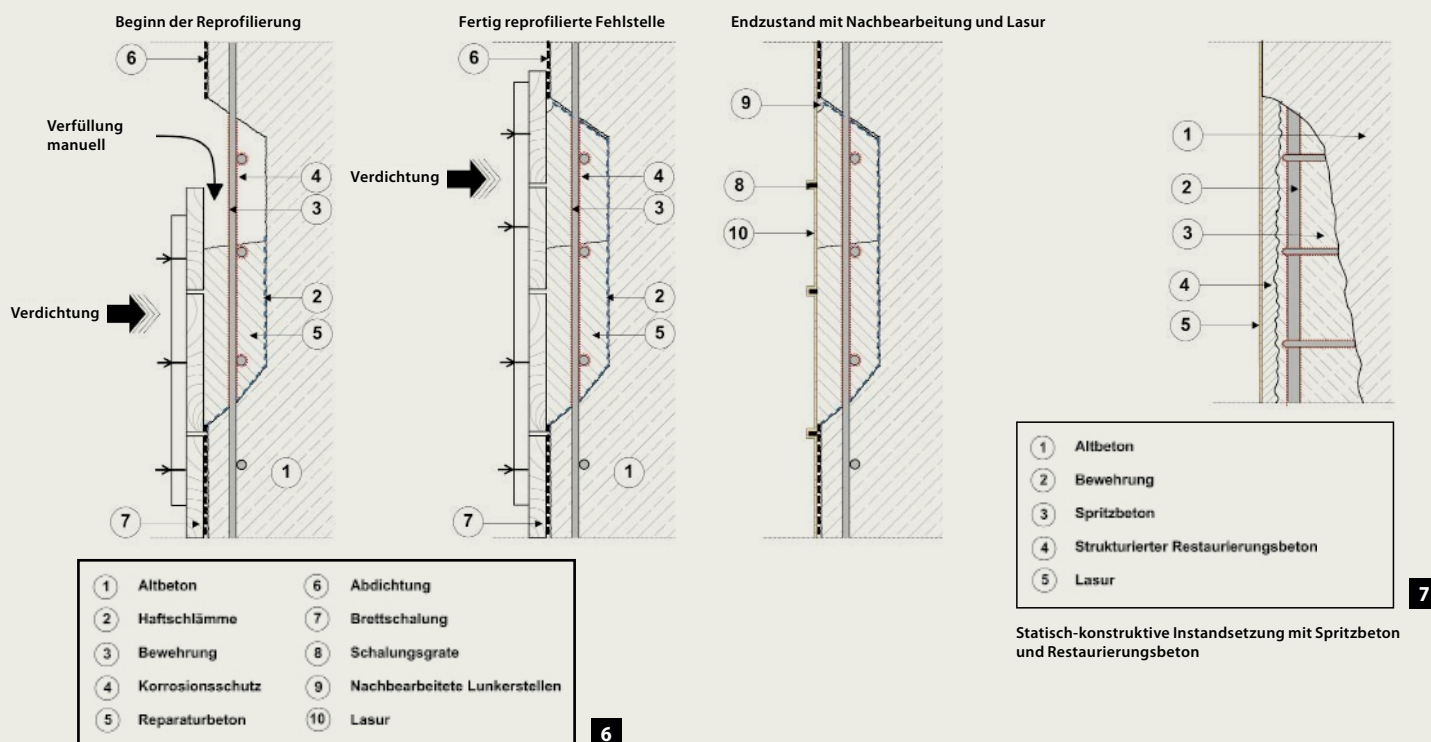
Betonrezeptur wurde nach Probenanalysen ermittelt

Eine Prüfung der Betonzusammensetzung nach DIN 52170 musste zwangsläufig zu verfälschten Ergebnissen führen, da bereits die auflichtmikroskopische Vorprüfung einen hohen Anteil gebrochener Hochofenschlacke im Zuschlag nachgewiesen hatte. Diese ist zu einem gewissen Grade säurelöslich, so dass man von einem deutlich verfälschten Ergebnis bei der Bindemittelanalyse nach Norm ausgehen musste.

Aufgrund verschiedener Umstände wurde daher eine Alternativmethode erprobt, um die Sieblinie und die Anteile der unterschiedlichen Zuschläge zu ermitteln: die Analyse der Zuschlagzusammensetzung anhand auflichtmikroskopischer

BAUTAFEL

Bauherr:	Weltkulturerbe Völklinger Hütte – Europäisches Zentrum für Kunst und Industriekultur GmbH, Völklingen (Geschäftsführer: Generaldirektor Prof. Dr. Meinrad Maria Grewenig, Syndikus Manfred Baldauf, RA, VBP)
Gesamtplanung:	Huppert & Huppert Bauplanungs GmbH, Saarbrücken
Fachplanung	Institut für Baustoffuntersuchung und Sanierungsplanung GmbH,
Betonrestaurierung:	Saarbrücken (Dipl.-Geol. Martin Sauder)
Denkmalpflege:	Landesdenkmalamt des Saarlandes, Schiffweiler (Dipl.-Ing. Axel Böcker)
Handwerkliche Ausführung:	BBR Bausanierungen GmbH, Eppelborn, Mitglied der Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e. V.
Bauzeit:	2008–2010 (Planung und Vorarbeiten), 2011 (Ausführung)



Betonrestaurierung

Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei Reparatur und Replatzierung abgelöster Betondeckung



point countings [4]. Hierzu wurden Scheiben mit einer mittleren Stärke von 8–10 Millimetern aus den Bohrkernproben geschnitten und anschließend fein geschliffen. Diese Scheiben wurden mit einem Punktraster überlagert, so dass sie an einem digitalen Auflichtmikroskop mit Längenmessenrichtung ausgezählt werden konnten. Dieses Verfahren ist mit der Modalanalyse von Gesteinsdünnschliffen vergleichbar.

Pro Bohrkernprobe kam so eine Punktzahl von rund 5.600 zustande, die eine ausreichende statistische Absicherung gewährleistete. Daraus wurden für die einzelnen Kornfraktionen der Zuschläge die Kornverteilungen errechnet und dann im Hinblick auf ihren Anteil an den Gesamtzuschlägen umgerechnet [2].

Um die Festigkeitsentwicklung zu prüfen und die Rezeptur rein optisch an den Originalbeton anzugleichen, stellte man

zunächst sechs verschiedene Variationen der vorgesehenen Rezeptur als Muster her. Diese unterschieden sich hauptsächlich durch ihre Zementart und die verschiedenen Anteile der Zuschlagarten. Für die Proben wurden die Druckfestigkeiten ermittelt und die angeschnittenen Prüfkörper mit einer Probe des Originalmaterials verglichen. Nach diesen Bewertungen wurde die neue Rezeptur der Optik des unverwitterten und nicht verschmutzten

Betons angepasst. Eine Annäherung an die gealterte Oberfläche des Originalbetons wäre höchst unzureichend, da diese nur einer Sekundärbildung entspricht.

Rezeptur und Techniken an Musterfläche erprobt

Um den Erfolg einer derart aufwendigen Maßnahme sicherzustellen und die Möglichkeiten zu prüfen, die Vorgaben der Planung in der Praxis tatsächlich umsetzen zu können, beauftragte der Bauherr zunächst eine Musterfläche, an der alle relevanten Kriterien überprüft wurden. Im Verlauf dieser Musterarbeiten bestätigte sich auch die Eignung einer der zuvor ermittelten Rezepturen. Außerdem wurde die Herstellungstechnik für originalgetreue Brettschalungsstrukturen in der Restaurierung erprobt und modifiziert, so dass genaue Vorgaben in die Ausschreibung aufgenommen werden konnten.

Besonderes Augenmerk legte man bei der Musterfläche auf die lasierende Abschlussbehandlung des restaurierten Betons. Hierzu wurden wiederum unterschiedliche Techniken erprobt: Silikatkreidelasur, silikatische Lasur mit Mineralfarbpigmenten, Acrylatlasur usw. Es zeigte sich schließlich, dass man in diesem Falle mit „Originalpigment“ aus der Hüttenanlage, nämlich dem überall vorkommenden Sinterstaub, den größten Erfolg hatte.

Ausschreibung legte Ausführung genau fest

Die eigentliche Restaurierung fand im Laufe des Sommers 2011 nach vorherge-

hender beschränkter Ausschreibung statt. Sie umfasste stichpunktartig beschriebenes Folgendes:

- Gemeinsame Dokumentation des Vorzustands mit dem ausführenden Unternehmen und Aufmaß aller Fehlstellen,
- Sichern der noch erhaltungsfähigen Schalen über rostender Bewehrung,
- Entrosten der Bewehrung mittels Mikrosandstrahlen, um eine Beeinträchtigung der umgebenden Oberflächen zu vermeiden, und Korrosionsschutz,
- Festlegen der Fehlstellen, in denen eine Instandsetzung mit Spritzmörtel erforderlich ist,
- Sichern der abgängigen Ecken eines Trichters mittels Vernadelung mit Ankern aus rostfreiem Stahl,
- Herstellen und Anpassen der Schalung zur Reprofilierung der Fehlstellen: Dieser Arbeitsgang erfordert umfangreiche Vorarbeit, da die Schalung in ihrer jeweiligen Einzelbreite an den Bestand angepasst werden muss. Das heißt, dass jedes Schalbrett einzeln hergestellt und zugeschnitten wird.
- Einbau der Schalung vor den Fehlstellen entsprechend dem Zustand der Umgebung. Die einzelnen Schritte dieser Vorgehensweise sind in den Abbildungen 6–8 dargestellt.
- Großer Wert wird auf die schrittweise Verfüllung und Verdichtung der Fehlstellen gelegt, damit eine Schalungsstruktur herbeigeführt wird, die einem „normalen“ Betonieren entspricht. Dieser Schritt ist für den gesamten Erfolg der Maßnahme ausschlaggebend. Er bewirkt sowohl die hohlraumfreie Ein-

bindung der Bewehrung in den Restaurierungsbeton als auch den ausreichenden Verbund des Restaurierungsbetons mit dem Untergrund, der zuvor mit einer zementgebundenen Haftschlämme vorbehandelt wurde. Denn viele fehlgeschlagene Versuche hatten gezeigt, dass das einfache Eindringen eines ungehobelten Bretts in die frische Mörteloberfläche nur völlig unzulängliche Ergebnisse brachte.

- Verarbeitungsbedingt bleibt an der Oberkante der größeren Fehlstellen oft eine Lücke, die nach Ausbauen der Schalung manuell verfüllt wird.
- Reprofilieren der tiefen Fehlstellen mit Spritzmörtel: Dabei werden die gesamten umgebenden Bereiche sorgfältig abgedeckt, da sonst Spritzstaub die Originaloberflächen verschmutzt.
- Die Oberfläche des Spritzmörtels liegt spritzrau circa 15–20 Millimeter hinter der fertigen Oberfläche, denn die restliche Fehlstelle wird mit dem Restaurierungsbeton aufgefüllt.
- Großer Wert ist auf die Nachbehandlung zu legen, denn aufgrund der teilweise nur geringen Schichtstärken unterliegt der rein mineralische Restaurierungsbeton einem erhöhten Risiko, so dass das Anmachwasser vorschnell verdunstet.
- Nach ausreichender Aushärtezeit wird die Oberfläche in Angleichung an die Umgebung mit einer rein mineralischen Lasur in vier bis fünf Arbeitsgängen behandelt. Als Bindemittel wird handelsübliches Kaliumwasserglas eingesetzt, wie es bei zweikomponentigen >>

Anzeige



Abb. 9: Sowohl die vertikale Kante dieser Bunkerwand als auch der rechte Teil der schrägen Untersicht waren großflächig geschädigt. Sie wurden originalgetreu wiederhergestellt und dabei die Breite der Brettschalung beibehalten, um das gewünschte Gesamtbild zu erhalten.



Abb. 10: Detail einer neu reprofilierten Wandfläche: Die Schalungsgrate, kleinere Lunker sowie Poren an der Oberfläche entsprechen nahezu vollständig der angrenzenden Originaloberfläche.



Abb. 11: Ausschnitt aus Abb. 9: Gerade die minimalen Ausbrüche entlang der Schalbretter, die beim Abnehmen der Schalung entstanden, führen zu einem authentischen Erscheinungsbild.



Abb. 12: Sowohl mit der Oberflächenstruktur als auch mit dem Grad der Pigmentierung in der Lasur konnte das Erscheinungsbild der restaurierten Flächen an die lokalen Gegebenheiten des Originals angeglichen werden.

Silikatfarben Verwendung findet. In diesem Falle erwies sich der in der Völklinger Hütte vorhandene alte Sinterstaub als das geeignetste Pigment, da er im Wesentlichen aus Eisenoxid besteht und die Farbgebung der gesamten Umgebung dominiert. Diesem wurden nach mehreren Vorversuchen in geringem Maße braune und schwarze Eisenoxidpigmente zugegeben.

- Die Einfärbung der Fehlstellen erfolgt im Hinblick auf die mit Sicherheit eintretende Neuverschmutzung in etwas hellerem Farbton als die alte Betonoberfläche, so dass nach einigen Jahren die Farbtöne völlig angeglichen sein werden.

Fazit: Vorgaben wurden erfolgreich umgesetzt

Im Weltkulturerbe Völklinger Hütte wurde ein Konzept umgesetzt, das konsequent und erfolgreich die Vorgaben der noch jungen Disziplin „Betonrestaurierung in der Denkmalpflege“ umgesetzt hat (Abb. 9–12). Die Völklinger Hütte engagiert sich in großem Umfang für den Erhalt seiner historischen Bausubstanz und geht dabei auch neue Wege, um den selbst gesteckten hohen Zielen gerecht zu werden. Damit wird dieses herausragende Beispiel der saarländischen Industriekultur auch in dieser Hinsicht seinem Motto gerecht: „Einer der spannendsten Orte der Welt.“

Autor

Dipl.-Geol. Martin Sauder
Geschäftsführer des Instituts für Baustoff-
untersuchung und Sanierungsplanung
GmbH, seit 1987 ö. b. u. v. Sachverständiger
für mineralische Baustoffe und Naturstein
(IHK des Saarlands)
Saarbrücken

Literatur

- [1] Bielefeld B., Wirths, M.: Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten im Bestand. Wiesbaden: Vieweg & Teubner, 2010
- [2] IBS GmbH: Untersuchungsbericht Rohstoffbunker Völklinger Hütte, Nr. B 11/2008, Saarbrücken, 2008
- [3] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Denkmalpflege und Bauwerkserhaltung: WTA Merkblatt 3-10-97/D Natursteinrestaurierung nach WTA XII. Zustands- und Materialkataster für Natursteinbauwerke
- [4] Durchführung in Anlehnung an verschiedene Autoren, unter anderem Sarntheim (1971), in Liditzky, R.: Sedimentologie und Mineralogie der Olango-Riffplattform, westliche Canotes-See. Unveröff. Diplomarbeit, 1984
- [5] DIN 52170 Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton
- [6] DIN EN 206-1 Beton – Eigenschaften Festlegung, Herstellung
- [7] DIN EN 196-2 Prüfverfahren für Zement – Chemische Analyse für Zement
- [8] DIN EN 12504-1 Prüfung von Beton in Bauwerken – Bohrkernproben; Herstellung, Untersuchung und Prüfung unter Druck
- [9] DIN EN 13791 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen

BauenimBestand 24.de

Online-Archiv
unter www.BauenimBestand24.de
Thema
Außenwände
Schlagworte
Betoninstandsetzung, Denkmalschutz, Restaurierung