



**Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse
und messtechnische Erfassungen**

25. März 2011

Fraunhofer IRB  Verlag

naturstein sanierung stuttgart 2011

Gabriele Patitz, Gabriele Grassegger, Otto Wölbart (Hrsg.)

Natursteinsanierung Stuttgart 2011

**Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen
sowie Sanierungsbeispiele**

Tagung am 25. März 2011 in Stuttgart

Herausgeber

Dr.-Ing. Gabriele Patitz

Ingenieurbüro IGP für Bauwerksdiagnostik und Schadensgutachten
Alter Brauhof 11, 76137 Karlsruhe
Telefon: (0721) 3 84 41 98
Telefax: (0721) 3 84 41 99
Email: mail@gabrielepatitz.de
www.gabrielepatitz.de

Prof. Dr. Gabriele Grassegger

Fakultät Bauingenieurwesen, Fachgebiet: Bauchemie und Baustoffkunde
Hochschule für Technik (HFT)
Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart

mit Unterstützung des

Landesamtes für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart
Berliner Straße 12, 73726 Esslingen am Neckar

Satz und Layout

Manuela Gantner – punkt, STRICH – Karlsruhe

Druck und Bindung

Fraunhofer IRB Verlag – Stuttgart

Einband

Ulmer Münster, Südlicher Chorturm

Foto: Blick in das Ziegelgewölbe der Oktogonhalle – Münsterbauamt Ulm (Archiv)
Photogrammetrie erstellt durch: Ingenieurbüro Fischer – Photogrammetrie + Vermessung – Müllheim

1. Auflage

2011 Fraunhofer IRB Verlag,
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

ISBN 978-3-8167-8461-6

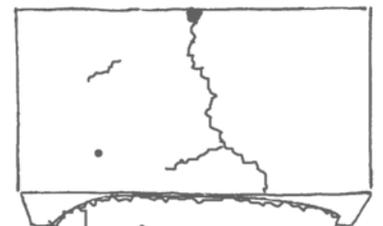
Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung von Frau Prof. Dr. Grassegger und Frau Dr. Patitz unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Warenbezeichnungen, Handels- oder Gebrauchsnamen sind nicht als frei im Sinne der Markenschutz- und Warenzeichengesetze zu betrachten. Dies gilt auch dann, wenn sie nicht eigens als geschützte Bezeichnungen gekennzeichnet sind.

Für den Inhalt der Beiträge und die Rechte an den verwendeten Abbildungen sind die Autoren verantwortlich.

Die Betonsäule “éléments interchangeable” (1961) von Hans Arp Einführung – Problemstellung – Restaurierung

von Tobias Hotz



Das über acht Meter hohe Kunstwerk von Hans Arp steht im Pausenhof der Allgemeinen Gewerbeschule in Basel. Die offensichtlichen Schäden in Form von Rissen, Krusten und Abplatzungen machten genauere naturwissenschaftliche Untersuchungen über den Materialzustand und die innere Bewehrung notwendig. Erst nachdem auf Grund der Resultate die Standfestigkeit (noch) gewährleistet werden konnte, wurde die Konservierung und Restaurierung der Oberfläche durchgeführt. Im Kontext der Gesamtanierungsarbeiten an der umgebenden Architektur entwickelte sich eine Diskussion mit der Frage: Wie „schön“ soll, respektive darf ein gealtertes Kunstwerk mitsamt seiner immer noch bestehenden „Krankheit“ nach seiner Restaurierung aussehen?



Abb. 1: Die 8,40m hohe „Bausteinsäule“ ist in der Mitte der Würfel konstruktiv in drei Hauptsegmente unterteilt. Das unterste wiederholt sich im obersten, jedoch auf den Kopf gestellt und um 90° gedreht.



Abb. 2: Blick vom Dach auf die „Bausteinsäule“ (links) und die „Sitzpyramide“ von Armin Hofmann. Da bei schönem Wetter 60 bis 70 Schüler auf ihr pausieren, ist sie das meistbenutzte Kunstwerk weit und breit und wird vom Lehrpersonal schmunzelnd der „Affenfelsen“ genannt.

1 Einleitung

2008 wurden bei einer restauratorischen Zustandserfassung an der „Bausteinsäule“ Risse, Krusten, Hohl- und Fehlstellen entdeckt. Auf Grund seiner einzigartigen Bedeutung und des speziellen Schadensbildes wurde dem Kunstwerk eine von den übrigen Betonsanierungsmaßnahmen an der Architektur losgelöste besondere Behandlung zu Teil.

Erst die umfassenden restauratorischen und naturwissenschaftlichen Untersuchungen und die damit verbundene Aussage über die Standsicherheit rechtefertigten die während dem Sommer 2010 durchgeführten oberflächlichen Restaurierungsmaßnahmen. Die „Krankheit“ der Säule bleibt bestehen. Aus diesem Grund ist ein zukünftiges Monitoring unabdingbar.

Kurzbiographie des Künstlers Hans (Jean) Arp

Hans Arp wurde 1886 im damals deutschen Straßburg geboren. Nach Kunststudien in Frankreich und Deutschland zieht Arp in die Schweiz um und modelliert hauptsächlich in Gips. 1915 lernt Arp die Künstlerin Sophie Taeuber kennen, die ihn durch ihre geometrischen Arbeiten stark beeinflusst. 1922 heirateten sie. Arp ist einer der bedeutendsten Vertreter des Dadaismus und Surrealismus. In den 1930er Jahren entwickelt er die ersten Rundplastiken aus Gips. Sophie Taeuber stirbt 1943 eines plötzlichen Todes. Arp fällt in eine tiefe Krise und unterbricht sein plastisches Arbeiten.

Ab 1950 wird Arp international und vor allem in den USA zunehmend bekannter und bekommt vermehrt Anfragen für Projekte an Bauten. 1953 macht er Bekanntschaft mit Hermann Baur, dem Architekten der Allgemeinen Gewerbeschule Basel. In den folgenden Jahren ergeben sich immer wieder Zusammenarbeiten zwischen dem Architekten und dem Künstler. Hans Arp stirbt 1966 im Alter von 80 Jahren in Basel. [HENGGELE, NEYERLIN 2010]

Die Stele im Kontext der Architektur

Zwei wichtige Bildungsinstitutionen sind in Basel an einem gemeinsamen Ort vertreten: die AGS, Allgemeine Gewerbeschule, und die SfG, Schule für Gestaltung. Beide sind in den vom bekannten Basler Architekten Hermann Baur (1894–1980) schon Anfang der 1940er Jahre entworfenen und erst 1961 fertig gestellten Gebäuden, auf der Kleinbasler Seite des Rheins und in der Nähe des Badischen Bahnhofs, untergebracht. Die Architektur wird auch heute, fünfzig Jahre nach ihrer Entstehung, noch als „Meisterwerk der Sachlichkeit aus Beton“ [BRANDENBERGER, 2009] bezeichnet und von studienreisenden Architekturklassen aus verschiedenen europäischen Städten besucht.

Das eindruckliche Großprojekt Baur war wahrlich eine fast zwanzig Jahre dauernde Zangengeburt, geprägt von rückschlagenden Volksentscheiden, Sparmaßnahmen, massiv steigenden Schülerzahlen und daraus resultierenden pragmatischen Anpassungen. Bis zum Bezug der neuen Bauten waren die Räumlichkeiten von Gewerbe- und Kunstgewerbeschule auf nicht weniger als 35 Filialen in der Stadt verteilt. Eine maßgebliche Abänderung aus finanziellen Gründen war u. a. dass die großflächigen Fassadenplatten nicht mehr in Marmor, sondern in günstigerem Beton ausgeführt wurden. Dies hatte dann wiederum zur Folge, dass sich auch der erst 1960 beauftragte Hans Arp dazu entschied, die Bausteinsäule in grauem Beton, und nicht in einem seiner sonst hauptsächlich verwendeten Materialien Bronze oder Naturstein auszuführen, obwohl er als Bindemittel offenbar auch Weißzement in Erwägung gezogen hatte [HENGGELE, 2010].

Diese Betonsäule spielt visuell eine derartig wichtige Rolle, dass man sich nach mehrmaligem Besuch der Schule den großen Hof ohne diesen zentralen Punkt nicht vorstellen kann. Obwohl sie keine der Verkehrs- und Kommunikationsachsen auf dem Pausenplatz stört, übt die Stele in eigenartiger Weise eine Dominanz aus und wirkt wie eine Quelle der Energie (Abb. 1). Sie bereichert die sie umgebenden strengen Fassaden, verleiht den Betonmauern durch Verwendung des gleichen Materials neue Bedeutung und lockert gleichzeitig die Starre der Gebäudefluchten durch ihre lebendige Verbindung von geometrischen und organischen Formen auf [NELSON, 1994]. Trotz der unterschiedlichen Betonqualitäten und Oberflächenstrukturen vereinheitlicht das Material die verschiedenen Teile der Anlage. Die kubischen Gebäude, die gefaltete Maurerhalle, die skulpturalen Dachaufbauten und die Bausteinsäule wirken wie aus einem Guss. Ebenso die weiteren Betonkunstwerke, die man auf dem Rundgang durch das Areal entdecken kann. Hervorzuheben sind dabei zwei reliefierte, frei stehende Betonwände ebenfalls von Arp, sowie die Werke von Armin Hofmann, der zu jener Zeit an der Schule für Gestaltung unterrichtete. Er gestaltete die Sitzpyramide auf dem Pausenhof (Abb. 2) sowie die grafisch geprägten Betonwände im Treppenhaus und auf dem Dach von Trakt G.

Die Stele und ihre Entstehung

Das Werk trägt den Titel „Colonne à éléments interchangeables“ und die deutsche Übersetzung „Bausteinsäule“. Frei übersetzt bedeutet der französische Name „Säule aus auswechselbaren oder austauschbaren Elementen“. Das Austauschen einzelner Elemente ist jedoch nur mit der Fantasie des Betrachters möglich. In Wirklichkeit auswechsel- und drehbar

wären jedoch die drei Hauptsegmente aus denen die 8,45 m große Säule besteht. Diese sind jeweils in der Mitte der zwei Würfel zusammengefügt. Dazu müssten jedoch die Verbindungsdübel ausgebohrt werden, was natürlich nicht ohne Substanzverlust geht. Beachtenswert ist, dass sich das unterste der drei Segmente im obersten wiederholt, nur auf den Kopf gestellt und um 90° gedreht (Abb. 1).

Die Idee zum Kunstwerk hat schon Jahre vor der Ausführung als Modell existiert. So schuf Arp 1938 eine 165 Zentimeter große Gipssäule, zu welcher er nach einem Atelierbesuch bei Constantin Brancusi inspiriert wurde. Die Form des Modells entsprach in etwa dem Exemplar, welches heute im Hof der Gewerbeschule in Basel steht.

Als Arp den Auftrag für die Bausteinsäule erhielt, vergrößerte der Basler Bildhauer Johannes Burla die drei Modellsegmente zum Maßstab 1:1 in Gips. Diese dienten zur Herstellung der Negativformen, ebenfalls in Gips. Mit der Herstellung dieser Gussformen sowie des Betongusses wurde eine Firma in der Nähe von Basel beauftragt. In ihren Archiven befinden sich leider keine Unterlagen mehr. Die Firma existiert zwar noch, beschäftigt sich heute aber nur noch mit Immobilien [HARSCH, 2008]. Gemäß telefonischer Aussage Burlas soll es jedoch beim Gießvorgang Probleme mit der Schalung gegeben haben. Dies erklärt, dass bei den organischen Formen einige Stellen ersichtlich sind, die entweder während dem Gussprozess ausgelaufen sind, oder später über Niveau angegossen wurden. Diese Ausbesserungen mussten nach der Aushärtung des Zements zurück geschliffen werden, woraus die angeschnittenen Kieselsteine auf der Oberfläche resultieren. Aus Gründen der Zugänglichkeit beim Einfüllen des Betons sowie der Kontrolle während des Verdichtens wurden die Elemente sehr wahrscheinlich einzeln, respektive nacheinander um die durchlaufende Bewehrung der drei Hauptsegmente gegossen. Um dieses schrittweise Umschließen der Bewehrung und nachfolgende Gießen zu ermöglichen, musste die Schalung der organischen Formen aus zwei Teilen bestehen, was an den immer noch sichtbaren Gussnähten zu erkennen ist (Abb. 3). Die so vorgefertigten drei Segmente wurden dann kurz vor der Einweihung der Gesamtanlage 1961 vor Ort aufeinander gestellt und mit vier in den Eckbereichen der Würfel durchlaufenden Stahldübeln vergossen. Das Gesamtgewicht der Bausteinsäule beträgt geschätzte zehn Tonnen.

Durch die Vergrößerung, die Übersetzung in ein anderes Material und die bewusste Platzierung im Pausenhof der AGS ist ein eigenständiges Kunstwerk entstanden, welches jedoch den Kontext aufnimmt und sich selbstverständlich wie auch selbstbewusst in den Raum einfügt.

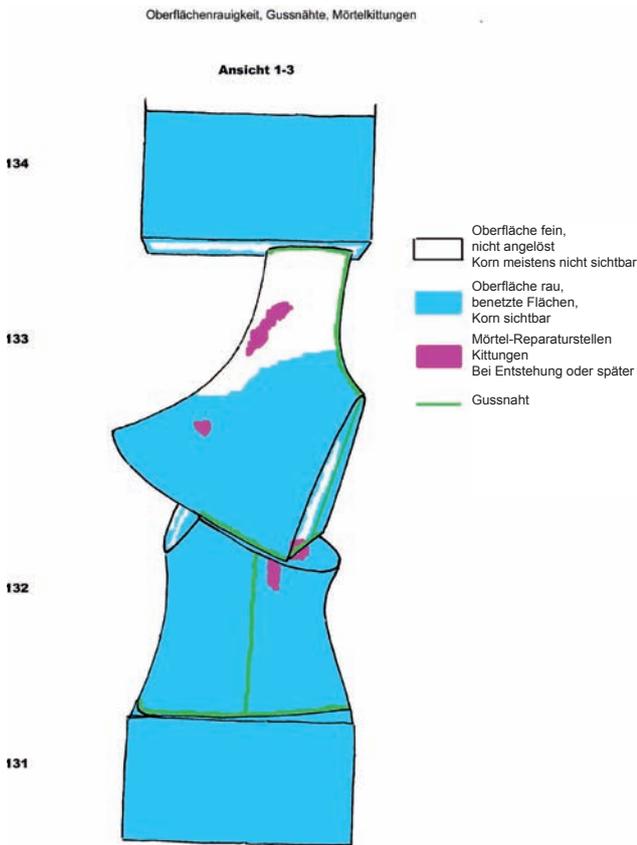


Abb. 3: Kartierung der Oberflächenbeschaffenheit sowie der Gussnähte und Giesskorrekturen.

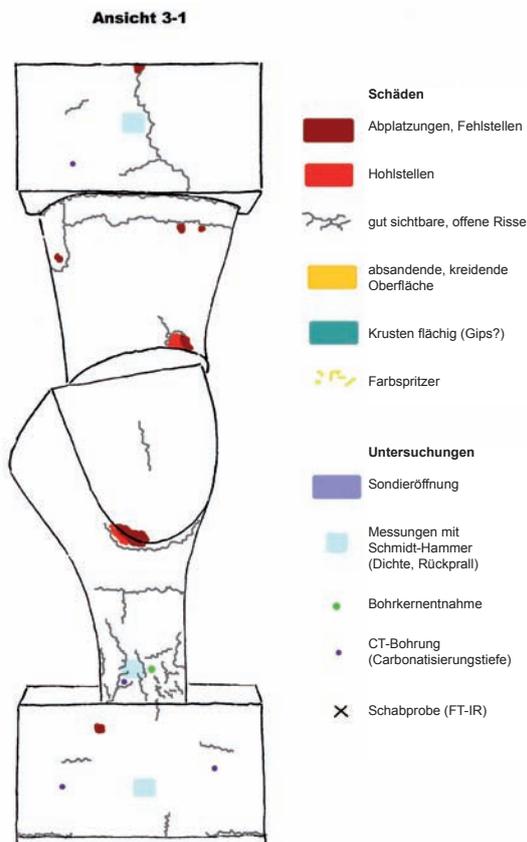


Abb. 4: Kartierung der Schäden und Verortung der Untersuchungsmethoden.

2 Die Untersuchung

Im Zusammenhang mit der Gesamtanierung des Schulareals wurde die Bausteinsäule 2008 durch den Restaurator von der Leiter aus untersucht und ein erstes grobes Schadensgutachten erstellt. Wegen des außergewöhnlichen Erscheinungsbildes der Risse, welches nicht demjenigen typischer Schwundrisse entspricht, sowie den krustigen Ablagerungen und Verfärbungen in den Rissflankenbereichen (Abb. 5), wurden auf Beton spezialisierte Naturwissenschaftler hinzugezogen. Auf Grund von ersten Befürchtungen, die vorerst nur auf Fotomaterial basierten, erteilte das zuständige Hochbauamt der Stadt Basel anfangs 2009 den Auftrag zur genauen Untersuchung des Zustandes. Die materialtechnologischen Analysen wurden von der Hochschule Technik und Wirtschaft in Karlsruhe und der Firma IONYS AG, D-Eggenstein-Leopoldshafen unter der Leitung von Prof. Dr. Andreas Gerdes durchgeführt. Für die Kartierung der Oberflächenbeschaffenheit und der Schäden war der Schreibende verantwortlich. Eine grobe Zusammenfassung der Untersuchungsmethoden und Ergebnisse gibt die Informationstafel am Schluss dieses Berichts (Anhang 1). Detaillierte Informationen sind dem Beitrag von Andreas Gerdes zu entnehmen.

Die „Krankheit“ Alkali-Kieselsäure-Reaktion AKR
Die Untersuchungsergebnisse 2009 haben gezeigt, „...dass die an der Arpsäule beobachteten Schäden in erster Linie auf die Wirkung einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion (kurz AKR) zurückzuführen sind.“ [GERDES, 2009].

Zur Erklärung der AKR aus [PECK ET AL. 2008]: Die AKR im Beton ist eine chemische Reaktion von reaktiven Kieselsäuren in Gesteinskörnungen, die in bestimmten geologischen Vorkommen enthalten sein können. Diese reaktiven Silikate können bei entsprechenden Umgebungsbedingungen mit den Alkalihydroxiden (NaOH, KOH) in der Porenlösung des Betons chemisch reagieren. Bei der Reaktion entsteht ein Alkali-Kieselsäure-Gel, das durch weitere Wasseraufnahme quillt und damit zu inneren Druckzuständen und zum „Treiben“ führen kann. Erscheinungsbilder einer schädigenden AKR sind charakteristische Risse, weiße Ausblühungen und Aussinterungen sowie Abplatzungen (Abb. 5, 6).

3 Die Restaurierung

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse, die besser ausgefallen sind, als zuerst befürchtet werden musste, und der darauf basierenden statischen Berechnungen, konnte die Säule im Sommer 2010 oberflächlich restauriert werden. Der Ablauf erfolgte nach dem „Restaurierungs-ABC“ und stellt insofern nichts Neues

dar. Darum sind die Arbeitsschritte und Technologien nachfolgend zusammenfassend beschrieben.

w-Wert Messungen „nach Karsten“

Da eine finale Hydrophobierung von Beginn weg geplant war, wurden zuallererst an sechs verorteten und kartierten Punkten w-Wert Messungen mit dem „Prüfröhrchen nach Karsten“ zum Feststellen des Wasseraufnahmekoeffizienten durchgeführt (Abb. 7). Nachfolgend die Resultate:

Pos.-Nr.	1	2	3	4	5	6
w-Wert kg/m ² h ^{0,5}	0.49	1.25	0.99	1.99	0.49	0

BLIEFERT ET AL. [1997] definiert die w-Werte von >2,0 als stark saugend, ≤2,0 als wasserhemmend, ≤0,5 als wasserabweisend, ≤0,001 als wasserdicht. Die unterschiedliche Wasseraufnahme kann grundsätzlich mit der lokal unterschiedlichen Porosität des Betons erklärt werden. Diese entsteht beim Gießvorgang und ist eine Folge des mehr oder weniger guten Verdichtens/Fibrierens. Bei Pos.-Nr. 4 verläuft ein Haarriss durch die Messfläche, über welchen natürlich mehr Wasser abgeführt wurde. Pos.-Nr. 6 liegt zu unterst, nur ca. 25 cm über dem Boden. Hier können weitere Einflüsse wie Spritzwasser, frühere Behandlungen etc. vermutet werden.

Nach der Hydrophobierung lagen sämtliche Messwerte (auch Nr. 4) bei Null, was zu erwarten war. Es wird aufschlussreich sein, die Messungen in ca. 3–5 Jahren als Monitoring-Maßnahme zu wiederholen, um möglicherweise einen Rückgang der hydrophoben Wirkung festzustellen.

Reinigung

Die Grobreinigung erfolgte als erstes mit Wasser, weichen Bürsten und kontrolliertem Einsatz eines Hochdruckreinigers in Form von Spülen aus der Distanz.

Reduzierung der Krusten und Verfärbungen

Je nach Art und Dicke der Krusten und Verfärbungen wurden verschiedene Verfahren, teilweise in Kombination, angewendet:

- Feinmeißel/Skalpell (mechanisches Schaben)
- Reaktive Kompressen (Ionentauscher/Komplexbildner) (Abb. 8)
- Partikelstrahlgerät

Rissverschluss

Wegen der Gefahr, dass angerissene Stücke herunterfallen könnten, war an wenigen Stellen kraftschlüssige Haftung nötig. Dort wurden synthetisch-organische Polymere (PMMA, EP) injiziert. Bei den meisten



Abb. 5: *Typisches Bild einer ablaufenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion AKR: Charakteristische Risse, weiße Ausblühungen und Aussinterungen sowie Abplatzungen.*



Abb. 6: *Detail der Krusten und Ausblühungen aus Abb. 5.*

restlichen Rissen wo keine oder nur geringe Adhäsion notwendig war, sondern es ausschließlich galt die Risse zu verfüllen, wurde ein mit einem Korrosionsinhibitoren ausgestatteter Mikroazement verwendet.



Abb. 7: *w*-Wert Messung mit dem Karstensen Prüfröhrchen. Vor allem im unteren Bereich der Säule gab es viele Abplatzungen (z. B. an der Kante links oben), die vorwiegend wegen der früheren Parkplatzsituation entstanden sind.



Abb. 9: *Fehlstelle* aus Abb. 7. Der Betonersatzmörtel wurde in Korn und Oberflächenstruktur jeweils der unmittelbaren Umgebung angepasst.



Abb. 8: *Reduktion der Krusten und Verfärbungen, u. a. mit reaktiven Kompressen.*



Abb. 10: *Finale Imprägnierung mit einer Hydrophobierungscreme.*

Kittungen/Aufmörtelungen

Abplatzungen und Fehlstellen wurden mit einem selbst gemischten Mörtel aus Zement und diverser Sand-Kies-Fractionen ergänzt. Die verschiedenen Korngrößen passte man einerseits in der Mischung, andererseits in Struktur und Auswaschungsgrad während der Nachpflege, jeweils der direkten Umgebung an (Abb. 9).

Retuschen

Im interdisziplinären Fachgremium (Hochbauamt-Kunstunterhalt, Denkmalpflege, Restaurator) wurde beschlossen, frühere, sehr auffällige Kittungen nicht durch die neuen, optisch besseren Mischungen zu ersetzen. Man hat sie als „Zeugen“ der Entstehungszeit belassen, jedoch mit Silikatfarbe einretuschiert. Die größten davon waren maximal handgroß.

Hydrophobierung

Auf Grund der Untersuchungsdiagnose „Alkali-Kieselsäure-Reaktion AKR“ resultierte die Empfehlung zur Hydrophobierung der Arpsäule. Dadurch soll das Wasser, das die Voraussetzung für das Abfließen einer AKR ist, vom Baukörper ferngehalten werden.

Schon Monate vor der Restaurierung, wurden an der Säule kleinere, an der Architektur größere Probestellen mit einem flüssigen und einem cremigen Produkt angelegt und nachfolgend beobachtet. Die Resultate waren bei beiden gut.

Die Betonsäule wurde am Schluss sämtlicher Maßnahmen zweimal mit einer Hydrophobierungscreme von unten nach oben behandelt (Abb. 10). Der Vorteil der cremigen Konsistenz liegt darin, dass ohne großen Aufwand lange Applikationszeiten möglich sind, der Penetrationsvorgang gleichmäßig erfolgt und somit die Eindringtiefe des Wirkstoffes iso-Octyltriethoxysilans in den Beton erhöht wird [SNETHLAGE, 2008].

4 Diskussion

Die Betonkunstwerke auf dem AGS-Areal wurden mit einer anderen Strategie/Philosophie als die Architektur restauriert, was grundsätzlich auch richtig ist. Wo auf der einen Seite durch eine Firma aus dem Baugewerbe zum Teil sehr großzügig abgespitzt und Risse aufgefressen wurden, praktizierte man bei den Unikaten diversifizierte restauratorische Zurückhaltung.

Die Aufmörtelungen/Kittungen an der Architektur erfolgten hauptsächlich mit pflegeleichtem Betonkosmetikmörtel aus dem Sack. Dieser hat den Nachteil, nur einen relativ feinen Kornzuschlag zu haben. Das hat zur Folge, dass er in Farbe und Struktur, verglichen zum umgebenden, gealterten, teilweise ausgewaschenen und somit körnigen Beton, abfällt. Dieser optische Nachteil wurde an den Fassaden (vorerst)

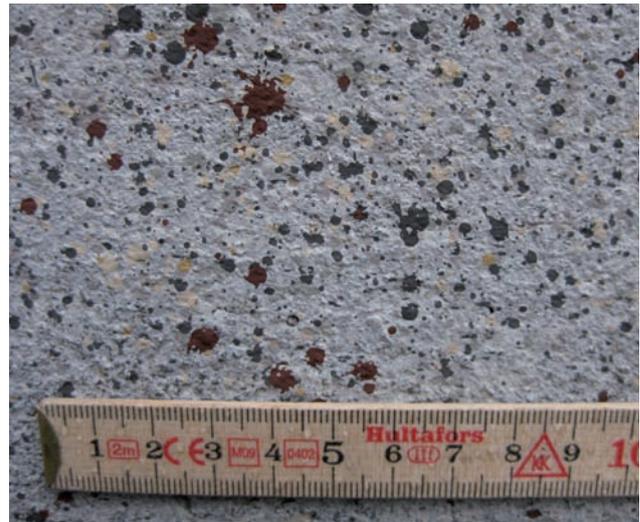


Abb. 11: Eine andere Strategie und Zielvorgabe an der umgebenden Architektur. Kulissenmalerische Kleckse und Farbspritzer als Betonimitation im Stile des „Pointillismus“. Ein angepasster Ersatzmörtel wie in Abb. 9 gezeigt, hätte eine solche, nicht nachhaltige Massnahme nicht nötig.

gelöst, indem diese vielen Quadratmeter großen Auffälligkeiten kaschiert wurden. Ein Innerschweizer Malerbetrieb hat sich darauf spezialisiert, kornlos gespachtelte Sichtbetonflächen auf alt zu „retuschieren“. Ausgebildete Theaterkulissenmaler sorgen dafür, dass unmittelbar nach einer Sanierung (die für den Auftraggeber wichtigste Zeit der Beurteilung) die Oberfläche „schön“ daher kommt, sozusagen „in neuem Glanz erstrahlt“. Im Stile des „Pointillismus“ werden die Kieselsteinfarben mit dem Pinsel aufgetupft, verspritzt und über den Stock geschlagen (Abb. 11). Das Resultat ist, aus der Distanz betrachtet und im trockenen Zustand, erstaunlich gut. Jedoch haben auch die Silikatfarben nicht das gleiche nass-trocken Verhalten wie Beton (auch nicht hydrophobiert), so dass sie bei regennasser Oberfläche zu hell hervorstechen. Zudem ist absehbar, dass sich an den bewitterten Flächen die Farbüberdeckung mit der Zeit reduzieren und der kornlose Kosmetikmörtel sichtbar werden wird.

Bei der Arpsäule wurden durch die Verantwortlichen (Hochbauamt-Kunstunterhalt, Denkmalpflege und Restaurator) nur wenige Stellen zur Retusche definiert. Die größte davon war nicht einmal handgroß. Die verbliebenen dunklen Verfärbungen in den Rissflanken sollten als Alterswert und „Spuren der Krankheit“ ersichtlich bleiben. Bei den Verantwortlichen der viel umfangreicheren Architektursanierung hingegen (Hochbauamt, planende Architekten, Bauführung), wurde diese denkmalpflegerische Strategie als „unschön und unfertig“ definiert. Trotz abgeschlossener Restaurierungsarbeiten und aktivem Hydrophobie-

rungseffekt (!) werden nachträgliche, großflächige Re-
 tuschen im Stile der Architektur in Betracht gezogen.
 Seit 2007 gibt es in der Schweiz ein gutes, prakti-
 sches Instrument, welches für denkmalpflegerisch-
 strategische Probleme und Fragen als Richtschnur
 beigezogen werden kann.

Aus [Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz, S. 23]:
 4.5.: *Das Denkmal ist so zu bewahren, dass die
 Spuren seines Alters erhalten bleiben. Ziel einer
 Restaurierung ist die Bewahrung des authentischen
 Denkmals, nicht eine „schöne“, nach heutiger Ansicht
 perfekte Erscheinung. Deshalb soll sein Alter mit den
 im Lauf der Zeit entstandenen Brüchen und Beschä-
 digungen sowie der Patina weiterhin ablesbar bleiben
 (Alterswert).*

Dieser Leitsatz verlangt vorgängig nach einer Bewer-
 tung des Objekts. Einerseits muss der repräsentati-
 ve Charakter, sowie der Unikats- und Kunstwert mit
 einfließen. So sind diesbezüglich z. B. Figuren in den
 Nischen der Bundeshausfassade in Bern oder Reliefs
 im Tympanon des Nationalbankgebäudes anderen
 Ansprüchen ausgesetzt als die Arpsäule. Gleichzeitig
 ist „éléments interchangeable“ auch kein Museums-
 objekt. Arp hat sie bewusst für die beschleunigte Ver-
 gänglichkeit im Außenbereich konzipiert. Die Schä-
 den und die schadensbeschleunigenden Faktoren
 sind durch die Restaurierung nicht gänzlich behoben,
 aber zumindest stark reduziert worden. Die Krusten
 sind weg, die Risse geschlossen, die Fehlstellen er-
 gänzt und die Oberfläche weist Wasser ab. Warum
 sollte das 50-jährige, außergewöhnliche Kunstwerk
 noch viel zusätzliche Schminke aufweisen?

Bedauerlicherweise kann dazu Hans Arps Ansicht
 aus dem Grab nicht mehr eingeholt werden, die Mei-
 nungsbildung ist somit offen und kontrovers.

Dieses Beispiel zeigt, dass der Übergang von „face-
 lifting“ zu „lifting to fake“ eng zusammen liegt und da-
 rum die „Strategie zum Ziel“ früh genug diskutiert und
 beschlossen werden soll.

5 Fazit

Der Werdegang zur Restaurierung der Arpsäule ist
 schulbuchmäßig. Eine erste Untersuchung durch den
 Restaurator hat die Notwendigkeit zu weiteren natur-
 wissenschaftlichen Untersuchungen festgestellt. Die
 Zusammenarbeit dieser beiden Teams hat zu einer
 genauen Beschreibung und Charakterisierung des
 Zustandes der Bausteinsäule geführt.

Auch wenn die im Betoninneren ablaufende Alkali-
 Kieselsäure-Reaktion AKR nach heutiger Erkenntnis
 nicht restauriert werden kann, wurden doch einige
 Parameter konservatorisch und präventiv dahinge-
 hend beeinflusst, dass die Reaktion zukünftig ver-
 langsamt ablaufen wird.

Literaturverzeichnis

- BAUR, HERMANN (1962): Neubau der Allgemeinen
 Gewerbeschule Basel. In: Werk. Schweizer Mo-
 natsschrift für Architektur, Kunst, Künstlerisches
 Gewerbe. 49. Jahrgang, Heft 2. S. 61–70. Bund
 Schweizer Architekten BSA (Hrsg.). Winterthur:
 Buchdruckerei.
- BLIEFERT, TH.; DOMHARDT, O; VENZMER, H. (1997):
 Analysen zur Auswahl geeigneter Hydropho-
 bierungsmittel für salzbelasteter Sandsteine. In:
 Bautenschutz + Bausanierung. Zeitschrift für
 Bauinstandhaltung und Denkmalpflege. Köln:
 Rudolf Müller Verlag.
- BRANDENBERGER, REBEKKA (2009): Ordnung in Freiheit,
 Beton und Denkmalpflege. In: Kunst + Archi-
 tektur in der Schweiz, k+a. Dossier 4. S. 28–35.
 Gesellschaft für Schweizerische Kunstgeschich-
 te GSK (Hrsg.).
- EIDGENÖSSISCHE KOMMISSION FÜR DENKMALPFLEGE (2007):
 Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz.
 ETH Zürich: Hochschulverlag.
- GERDES, ANDREAS (2009): Bericht zur Zustands-
 analyse der Arpsäule in Basel. Unveröffentlicht.
- HARSCH, KATHRIN; FRITZ, UELI (2008): Behandlung
 der Betonkunstwerke von Hans Arp und Armin
 Hofmann in der Kunstgewerbeschule Basel.
 Bericht. Hochschule der Künste Bern, Konser-
 vierung und Restaurierung, unveröffentlicht.
- HASSLER, UTA (Hrsg.) (2010): Was der Architekt vom
 Stahlbeton wissen sollte. Institut für Denkmal-
 pflege und Bauforschung IDB. ETH Zürich: gta.
- HENGGELER, NEYERLIN (2010): Kunst im öffentlichen
 Raum. Untersucht am Beispiel von Hans Arps
 „Colonne à éléments interchangeables / Bau-
 steinsäule“ an der Gewerbeschule Basel, 1961.
 Vertiefungsarbeit zum „Master in Architektur“.
 Fachhochschule Nordwestschweiz. Unveröffent-
 licht.
- NELSON, GEORGE (1994): Über die Integration der
 bildenen Künste am Beispiel der Basler Kunst-
 gewerbeschule. In: Hermann Baur, Architektur
 und Planung in Zeiten des Umbruchs. S. 68.
 Eine Ausstellung im Architekturmuseum Basel
 (Hrsg.). Basel: Gremper, Emminger & Co.
- PECK ET. AL. (2008): Stahlbetonoberflächen. Schüt-
 zen, erhalten, instandsetzen. Beton Marketing
 Deutschland GmbH (Hrsg.). Düsseldorf: Verlag
 Bau + Technik GmbH.
- SNETHLAGE, ROLF (2008): Leitfaden Steinkonser-
 vierung. 3. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer IRB
 Verlag.
- ZSCHOKKE, BAUR ET. AL. (1961): Der Neubau der
 Allgemeinen Gewerbeschule Basel. Festschrift.
 Basel: Werkstätten der AGS.

Die Betonsäule „elements interchangeables“ (1961) von Hans Arp

Untersuchungsmethoden und Ergebnisse



Abb. 1



Abb. 2

Problemstellung und restauratorische Schadenskartierung

Bei einer Kontrolle von der Leiter aus wurden im Frühling 2008 oberflächliche Schäden festgestellt, die Anlass zu einer genaueren Untersuchung gaben, welche im März 2009 durchgeführt wurde. Mit naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden wurde versucht, eine Antwort auf die Frage des materialtechnologischen Zustandes sowie der Standsicherheit zu geben.

Links Abb. 1: Gesamtansicht der rund 8 Meter hohen und gegen 10 Tonnen schweren Säule.

Links Abb. 2: Detail, Schaden mit Rissbildung.

Rechts Abb. 3: Kartierung der Oberflächenrauigkeit, Gussnähte und früheren Mörtelkittungen.

Rechts Abb. 4: Schadenskartierung und Untersuchungsverortung.

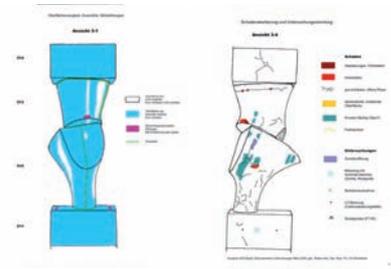


Abb. 3

Abb. 4



Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und der Druckfestigkeit

Der Bewehrungsstahl ist im hochalkalischen Milieu des jungen Betons vor Korrosion geschützt. Auf der Stahloberfläche bildet sich eine Eisenoxidschicht, die so genannte Passivierungsschicht. Dieser Rostschutz wird aufgehoben, wenn der pH-Wert des Betons unter 8,5-9 fällt. Der Vorgang (Karbonatisierung) vollzieht sich von der Oberfläche her nach innen durch Reaktion mit dem Kohlendioxid CO₂ der Luft. Sie liegt bei diesem Objekt bei erstaunlich geringen 5 bis 13 mm Tiefe. Die Werte, die für die Druckfestigkeit ermittelt wurden, liegen im Mittel bei ca. 33 N/mm².

Links Abb. 5: Die Karbonatisierungstiefe wurde mit Bohrungen und dem laufenden Besprühen mit der Indikatorenlösung Phenolphthalein (Farbumschlag bei pH 8,5) bestimmt.

Rechts Abb. 6: Die Prüfung der Druckfestigkeit mit dem Betonprüfhammer „SilverSchmidt“.



Potentialfeldmessung und Bestimmung der Gesamtporosität und Porengrößenverteilung

Um Informationen zum Korrosionszustand der Bewehrungsstäbe im Beton zu erhalten, wird das Verfahren der elektrochemischen Potentialfeldmessung eingesetzt. Bei diesem Verfahren wird die Potentialdifferenz zwischen einem kontaktierten Bewehrungsstahl (Sondieröffnung) und einer auf der Betonoberfläche aufgetragenen Bezugs Elektrode gemessen. Abgesehen von einer Stelle geben die Werte zwischen 0-100mV keine Hinweise auf eine Korrosion der Bewehrung in der Säule.

Die Porengrößenverteilung und Porosität geben Auskunft über das Gefüge bzw. sind mechanischen Kennwerte. Sie wurden an gezogenen Bohrkernen im Labor mit der Quecksilber-Druckporosimetrie bestimmt und sind mit 6,4 - 9,0 Vol.-% verhältnismäßig gering.

Links Abb. 7: Potentialfeldmessung

Rechts Abb. 8: Bohrkernentnahme für Untersuchungen im Labor.



Bestimmung des Chloridgehaltes und der Bewehrungsüberdeckung

Zur Bestimmung der bauwerkschädlichen Salze (Chlorid) wurde ein wässriger Aufschluss durchgeführt und mit dem Spektralphotometer untersucht. Die Werte liegen mit 0,03-0,07 Massen-%, bezogen auf das Betongewicht, im Bereich des natürlichen Chloridgehaltes von zementgebundenen Werkstoffen. Ein Korrosionsrisiko durch Chloride ist daher nicht zu erwarten. Mit dem Bewehrungssuchgerät kann man die Entfernung zum magnetisierbaren Bewehrungsstahl nach dem Prinzip der magnetischen Induktion messen. Dazu wird ein Scanner auf die Betonoberfläche aufgesetzt. Für die Analyse ist der Stabdurchmesser notwendig (Sondieröffnung). Der niedrigste Mittelwert wurde mit 18,3mm bestimmt.

Links Abb. 9: Zur Messwertergänzung wurden an wenigen Stellen minimale Sondierlöcher kontrolliert geöffnet.

Rechts Abb. 10: Beim Scannen der Bewehrungsüberdeckung.



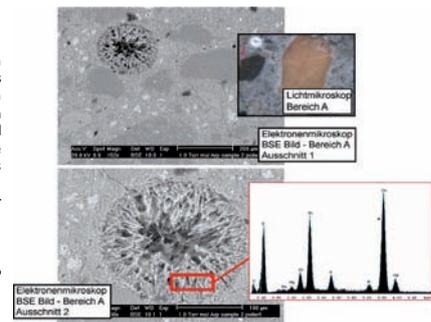
Mikroskopische Untersuchungen zum Nachweis der Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)

Die AKR ist eine chemische Reaktion von reaktiven Kieselsäuren des Gesteinszuschlages mit den Alkalihydroxiden des Zements und produziert einen aufquillbaren Gel, der zu inneren Druckzuständen führt. Erscheinungsbilder einer schädigenden AKR sind charakteristische Risse, weisse Ausblühungen und Aussinterungen sowie Ablplatzungen. Die licht- sowie elektronenmikroskopischen Untersuchungen bestätigen das Abflauen einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion an der Arpsäule.

Links Abb. 11: Typisches Erscheinungsbild der AKR auf der Oberfläche des drittobersten Elementes.

Rechts Abb. 12: Bilder der mikroskopischen Untersuchung.

Eine Gefährdung der Standsicherheit liegt zur Zeit nicht vor, so dass die Säule oberflächlich restauriert werden kann.



Anhang 1: Informationstafel.

