Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117 (1999)

Heft: 26

Artikel: Instandsetzen mit elektrochemischer Realkalisierung: Swisscom-Betriebsgebäude, Zürich

Autor: Badzong, Hans-Joachim

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79761

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 29.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Hans-Joachim Badzong, Zürich

Instandsetzen mit elektrochemischer Realkalisierung

Swisscom-Betriebsgebäude, Zürich

Die Aussenbauteile und Hoffassaden eines Verwaltungs- und Betriebsgebäudes in Zürich zeigten geringe bis starke Beton- und Korrosionsschäden. Die Nutzung des Bauwerks durch ein Telekommunikationsunternehmen durfte wegen der Instandsetzung nicht unterbrochen werden, und die Instandsetzungszeit war auf ein Minimum zu begrenzen. Die Sichtbetonstrukturen sollten unter Wiederherstellung des Korrosionsschutzes der Bewehrung in ihrem Erscheinungsbild unverändert bleiben.

Die vorwiegend feingliedrigen Bauteile der Bauwerksfassaden, hergestellt in Stahlbetonskelettbauweise stellten hohe Anforderungen an Planung und Durchführung der Instandsetzung einerseits, sowie unternehmerische Arbeiten andererseits. Zudem sollte eine dreimonatige Instandsetzungszeit eingehalten werden.

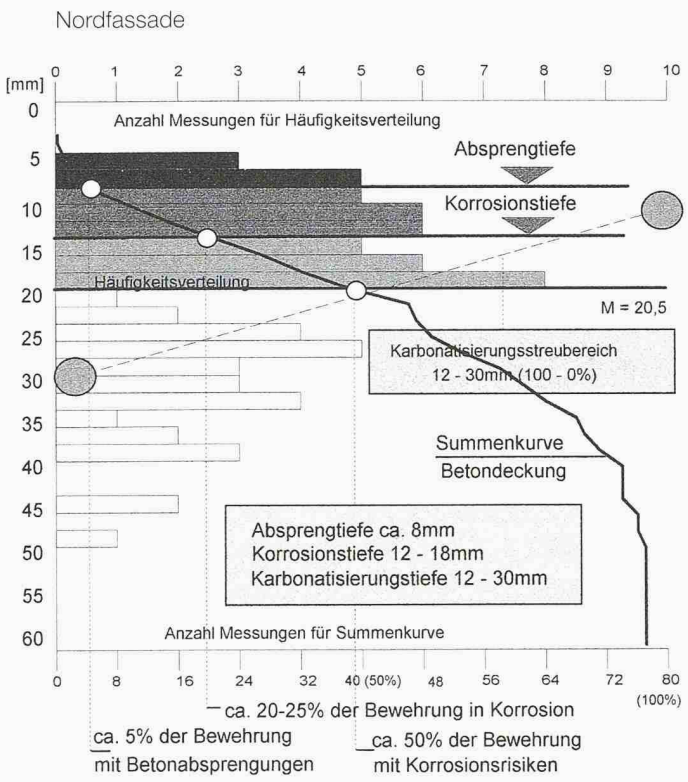
Die vorab durchgeführte Zustandserfassung und -beurteilung führte entsprechend Empfehlung SIA 162/5 [1] zu einer Bewertung im Hinblick auf Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit mit einer Einteilung nach Klassen A (schlecht/alarmierend), B (schadhaft) und C (gut/annehmbar). Der daraus abgeleiteten Massnahmenempfehlung wurde das Prinzip der Unterbrechung anodischer Teilprozesse im elektrochemischen Korrosionsverhalten der etwa 35 Jahre alten Werkstoffe zugrundegelegt. Die resultierende Wahl geeigneter Massnahmen erfolgte unter den Gesichtspunkten der Sichtbetonerhaltung, einer zeitlich optimalen Abstufung der Arbeitsschritte und einer hohen Witterungsstabilität während der Durchführung der Instandsetzung mit möglichst geringen Fehlzeiten. Es mussten objektspezifisch abgestimmte denkmalpflegerische Anforderungen an die Erhaltung der Schalbrettstruktur der Sichtbetonoberflächen berücksichtigt werden.

Bei Bauteilen mit Zustandsklasse A wurde der Beton mit neuer Brettstruktur ersetzt bzw. ergänzt. Bei Zustandsklasse B wurden die einbezogenen Bauteile in zwei Gruppen aufgeteilt. Bauteile mit wenig Schäden wurden nach Anzeichnen korrosionskritischer Bewehrungsstähle mit örtlichem Korrosionsnachweis konventionell instandgesetzt. Bauteile mit häufigeren Schäden wurden zur Erhaltung der Sichtbetonoberfläche nur dort instandgesetzt, wo bereits Abplatzungen vorlagen. Im Übrigen wurden die Betonflächen elektrochemisch realkalisiert; es wurde das Calcium-Hydroxid (CH)-Realkalisierverfahren angewendet. Bauteile in der Zustandsklasse C wurden lediglich örtlich ausgebessert. Die gesamten Betonflächen wurden mit einem neuen Oberflächenschutz OS 2 und bei vermehrt rissigen Flächen (insbesondere bei Pfeilern) mit einer elastischen Beschichtung versehen. Die gegenseitige Abgrenzung wurde unter Wahrung bereichsweise einheitlicher Verfahrensanwendungen vorgenommen. Im Weiteren wird eingehender auf das angewendete Verfahren der elektrochemischen Realkalisierung eingegangen.

Prinzip der elektrochemischen Realkalisierung

Das Prinzip der elektrochemischen Realkalisierung beruht auf dem Erzeugen eines Stromflusses zwischen Anode (Oberfläche des Betons) und Kathode (Bewehrung). Transportierte und neu gebildete Hydroxidionen erhöhen den pH-Wert und repassivieren die Bewehrung [5]. Die hier relevanten Transportmechanismen können wie folgt vereinfachend beschrieben werden: Negativ geladene Ionen aus dem alkalischen Kernbeton werden in den äusseren Elektrolyten auf der Betonoberfläche transportiert. Als Primärwirkung resultiert eine Anhebung des pH-Werts mit neuem alkalischem Mantel ganz un-

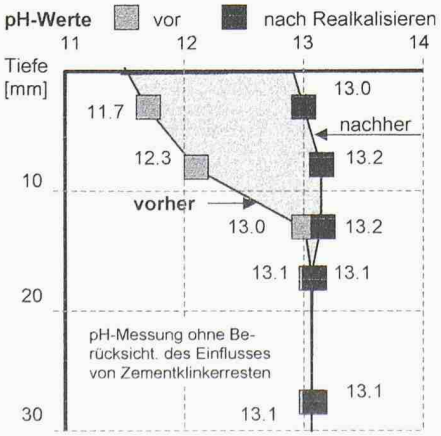
1
Feingliedrige Bauteile mit Altanstrichen sowie sichtbare Betonabplatzungen und Bewehrungskorrosion



2
Statistische Verteilung der Betondeckung, Karbonatisierungsstreubereich, Angabe der Tiefen festgestellter Abplatzungen und Bewehrungskorrosion, Bewertung des Korrosionsumfangs [3]

mittelbar an der Bewehrung, die dadurch vor weiterer Korrosion geschützt ist. Bereits begonnene Korrosion wird inaktiviert. Als Sekundärwirkung wird unter Einschalten von Luftzyklen auch der pH-Wert des umgebenden Betons bis zur Alkalitätssättigung durch das weitgehende Zurückhalten austretender Hydroxid-Ionen angehoben. Durch die Primärwirkung sind die Korrosionsvoraussetzungen nicht mehr gegeben. Mit der Sekundärwirkung wird zudem auch der umgebende Beton in einen neuen alkalischen Zustand versetzt. Die Dauerhaftigkeit der erzielten Wirkungen hängt von der Trockenlegung der Betonoberschicht durch Hydrophobierung oder Versiegelung ab.

3
Erfolgsnachweis an Probefläche mit Feststellen der Alkalitätsanreicherung



Erfolgsnachweis an Probeflächen

Für alle Instandsetzungsverfahren ist nach [1] das vorgängige Anlegen von Probeflächen unerlässlich. Bei der vorliegenden Instandsetzung wurde die Eignung der Verfahren zu A und C nach bereits ausgeführten Bauwerksinstandsetzungen beurteilt. Bei der elektrochemischen Realkalisierung wurde die Eignung am selben Bauwerk anhand von jeweils zwei Quadratmeter grossen Probeflächen nachgewiesen. Es wurde der pH-Wert des Betons im Tiefenprofil alle 5 mm vor und nach Anwendung von Verfahrenstests festgestellt und dadurch die erwartete Erhöhung des pH-Werts überprüft (Bild 3). Der Wirkungsnachweis erfolgte durch das nachweisliche Erreichen der Alkalitätsforderungen. Das erreichte pH-Profil liegt in der Grössenordnung der Kernbetonalkalität.

Realkalisierkonzept

Die Bemessung des Realkalisierkonzepts wurde nach den Erkenntnissen der Zustandsbeurteilung und nach den Grundsätzen des CH-Realkalisierverfahrens vorgenommen. Für jeden der insgesamt 19 Gleichrichter wurde eine Einzugsfläche bis 7 m^2 mit 2,9 m^2 Bewehrungsoberfläche zugrundegelegt und in einem Montageplan erfasst.

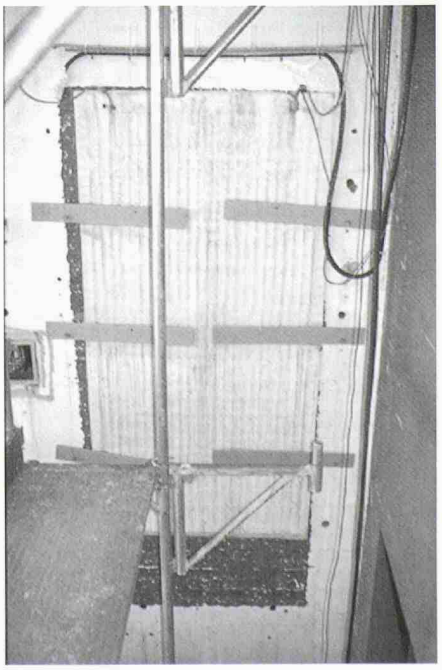
Gegenüber dem kathodischen Korrosionsschutz [6] werden bei dem hier angewendeten Realkalisierverfahren wesentlich höhere Stromdichten von 6,2 A/m^2 Bewehrung gefahren. Infolge permanenter Wasserflutung und Leitfähigkeitsverbesserung des Wassers durch 0,5% K_2CO_3 (Pottasche) wird die entstehende Wärme jedoch weitgehend abgeführt. Die Dauer der Realkalisierung betrug zwölf Tage.

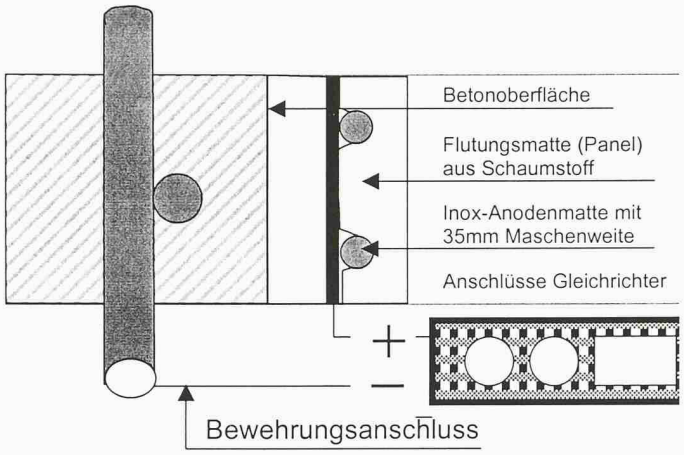
Durchführung des Verfahrens

Die Befestigung der Anodenpanels, Montage der Stromleitungen zu den Gleichrichtern, Bewehrungsanschlüsse, Umpump- und Flutungseinrichtungen, Wasserauffangkanäle und alle mit dem Verfahren zusammenhängenden Massnahmen wurden nach festgelegtem Handbuch [4] ausgeführt. Die Durchführung der Realkalisierung selbst erfolgte unter Zwischenschaltung von zwölf Luftzyklen zur weitgehenden Verhinderung des Austritts von Hydroxidionen in den äusseren Elektrolyten (Flutungswasser in gesättigten Anodenpanels).

Die maximale Spannung am Gleichrichter beträgt aus Personenschutzgründen 60 V. Die Begrenzung der konzept-

4
Probefläche am Bauwerk mit befestigtem Anodenpanel





5
Realkalisierschema mit Anodenmatte und Gleichrichter

gemässen Stromstärke von 18 A erfolgt durch einfache Einstellungen am Gleichrichter (current control). Der erzielte Anfangswiderstand ist feuchte- und materialabhängig und lag zunächst bei 5–10 Ohm. Nach etwa drei bis vier Zyklen wurde der Systemwiderstand von 2–3 Ohm erreicht. Die Durchführung der Realkalisierarbeiten erfolgte von Ende Oktober bis Anfang Dezember 1997.

Bei der Ausführung der Arbeiten an der Brandschenkestrasse wurde die gesamte Bauwerksfassade geflutet. Das Realkalisierwasser floss an der 15 m hohen Fassade herab, wurde in einem Wasserkanal aufgefangen und in ein auf dem Gebäudedach aufgestelltes Reservoir gepumpt. Von dort erfolgte die Einspeisung des Realkalisierwassers in die etageweisen Flutungsanlagen. Für die Steuerung der Anlage stand eine Kammer im Dachgeschoss zur Verfügung, wo der Stromdurchfluss an den Gleichrichtern gesteuert wurde. Die Dimensionierung der Bewehrungsanschlüsse wurde mehrfach verändert. Es zeigte sich, dass der einzelne Anschluss an die Bewehrung als Kathode beim Fahren mit 19 Gleichrichtern zu örtlichen Überlastungen führen kann. Günstig ist ein mehrfacher Bewehrungsanschluss mit gutem Stahlkontakt. Einem guten Abisolieren metallischer Bauteile und Einbauten ist hohe Beachtung zu schenken. Auch geringe Überdeckungen von wenigen Millimetern können sich negativ auswirken, da dort mehr Strom abfliesst. Bei üblichen Bewehrungsüberdeckungen von 10–30 mm kann bei Vollsättigung von einem gleichmässigen Stromfluss ausgegangen werden. Die Überwachung der Anlagen soll stets das gleichmässige Fliessen des Realkalisierwassers kontrollieren. Örtliches Trockenlaufen der Anlage ist zu vermeiden.

Die Konzentration des Realkalisierwassers wurde regelmässig an den Auffangkanälen kontrolliert. Eine zu geringe Leitfähigkeit lässt den Widerstand ansteigen. Eine höhere Leitfähigkeit kann an älterem Beton zur Erzielung einer genügenden Leitfähigkeit notwendig sein.

Die Temperaturen lagen bei der Ausführung teils um den Gefrierpunkt; zeitweise bildete sich Eis auf den Gerüstlaufflächen. Infolge der systembedingten Temperaturerhöhung von einigen Grad Celsius konnte jedoch ohne Einschränkungen weitergearbeitet werden.

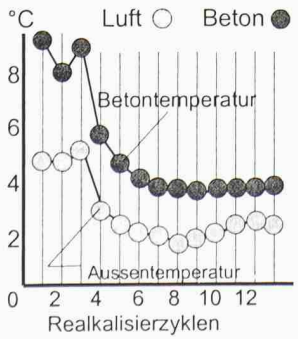
Kontrolle der Qualität

Die Kontrolle der Ausführungsqualität erfolgte in Eigen- und Fremdüberwachung. Die unternehmerische Eigenüberwachung betraf die Kontrolle der gleichmässigen Stromverteilung an den Anodenpanels, die Kontrolle der Luftzyklen, des Wasserkreislaufs, der Wasserkonzentration, der Betontemperatur, des Betonwiderstands und des Potentialverlaufs im System. Die Fremdüberwachung umfasste die Kontrolle der pH-Erhöhung anhand von Bohrmehlproben, den Alkalitätsnachweis, die Zugfestigkeit im Beton und stichprobenweise die Überprüfung der Gefügequalität um den Bewehrungsstahl.

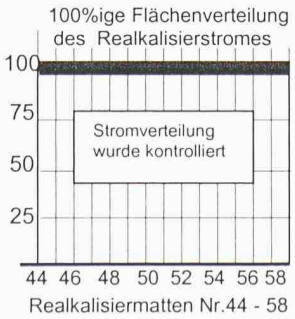
Beurteilung der Ergebnisse

Die Temperaturkontrolle folgte dem Verlauf der Aussentemperatur. Es lagen nur wenige Grad Temperaturerhöhung vor (Bild 6). Die Prüfung der Anodenpanels mit dem Voltmeter zeigte eine gleichmässige Stromverteilung. Anfänglich aufgetretene Abweichungen wurden sofort durch Nachisolieren hochliegender Bewehrungsstähle korrigiert (Bild 7). Der erwähnte Nachweis der Alkalität im Tiefenprofil (Bild 8) lässt ein zunächst eher hohes Ausgangsprofil mit pH-Werten um 11–11,5 erkennen. Erwartet wurden an sich geringere Werte um 9. Die Ursache lag in den mit dem Bohrmehl aufgeschlossenen Zementklinkerresten, die eine Erhöhung mit sich brachten. Dies ist bekannt und sollte akzeptiert werden können, da ja auch bei der darauf folgenden Profilerhebung ein gleichartiger Effekt zu verzeichnen ist. An-

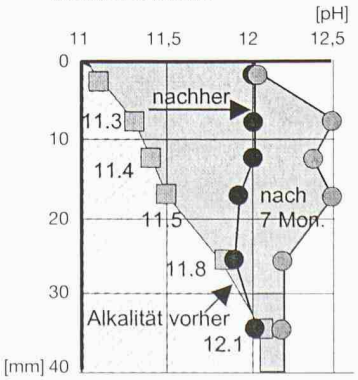
6
Temperatur



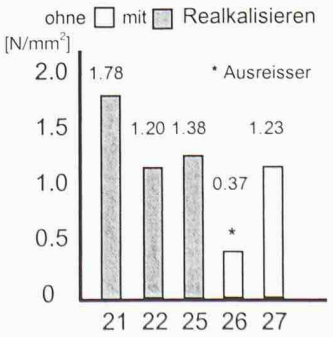
7
Stromverteilung



8
Nachweis Alkalität



9
Zugfestigkeit



Literatur

[1]
Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein: Empfehlung SIA 162/5, Erhaltung von Betontragwerken. Zürich 1997

[2]
Badzong H.J.: Realkalisieren von Stahlbetonbauteilen. Schweizer Baublatt vom 8.5.1998

[3]
WTA (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.): Merkblatt Bauwerksdiagnose, München 1999

[4]
CH-Realkalisierverfahren, Handbuch für die Verfahrensdurchführung. Ecoreal, Gesellschaft für umweltgerechte Bauwerkserhaltung, Zürich 1998

[5]
Hunkeler F.: Grundlagen der Korrosion und der elektrochemischen Realkalisierung, Seminar Ecoreal, Wildegg, 14.1.99

[6]
SIA-Dokumentation D065: Korrosion und Korrosionsschutz. Teil 5: Elektrochemische Schutzverfahren für Stahlbetonbauwerke, Zürich 1985

dere Kontrollverfahren bestehen im Einbau elektro-chemischer Messzellen, an denen das Potential vorher und nachher sowie auf der weiteren Zeitachse festgestellt werden kann. Solche Bestimmungsverfahren sind eher zukunftsweisend und werden zunehmend aktueller. Im vorliegenden Falle wurde nach sieben Monaten ein weiteres pH-Profil ermittelt. Die Werte lagen höher als unmittelbar nach Durchführung des Verfahrens. Dieser Effekt ist bereits öfters aufgetreten. Neben örtlichen pH-Unterschieden kann eine Nachaktivierung festgestellt werden, die zu höheren Konzentrationen im Betongefüge neigt (Bild 8). Die Oberflächenzugfestigkeit wurde in Bewehrungsbereichen stichprobenweise überprüft. Diese Kontrolle ergab keine Verschlechterung, und es liegt auch kein Absanden an der Betonoberfläche vor.

Hauptmengen und Kosten

Instandsetzung:	
Flächen A: Spritzbetonersatz 150 m^2:	350 Fr./m^2
Flächen B: Realkalisierung 250 m^2:	218 Fr./m^2
Flächen C: Lokale Reparaturen 2000 m^2:	90 Fr./m^2
Oberflächenschutz:	
auf Gesamtfläche von 3670 m^2	50 Fr./m^2
Zusätzlich:	
Gerüstung und Bauplatzinstallation	52 Fr./m^2
Überwachung und Qualitätslenkung	34 Fr./m^2

Adresse des Verfassers:
Hans-Joachim Badzong, Badzong Consulting, Gotthelfstrasse 38, 8003 Zürich

Jürg Kägi, Zürich

Instandsetzung in kurzer Bauzeit und unter Verkehr

Parkhaus Urania, Zürich

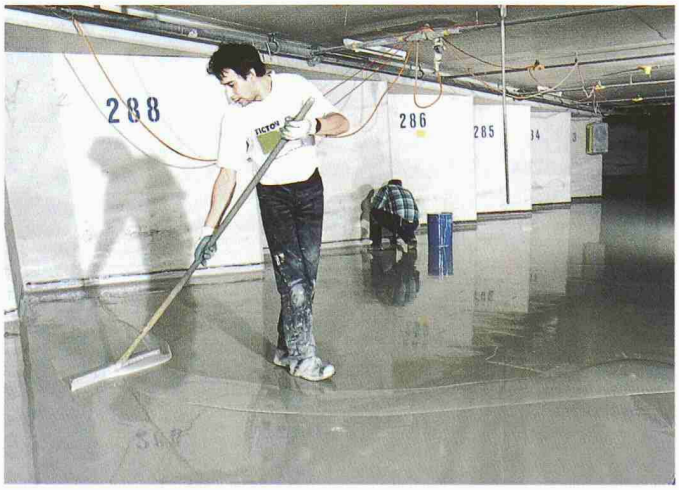
Der Artikel geht nur kurz auf die – für Parkgaragen typischen – Schadensursachen und die Erhaltungsmassnahmen ein. Er beleuchtet vor allem Aspekte der Ausführung mit kurzen Bauzeiten und unter Verkehr. Weiter zeigt er auch die Überlegungen der Bauherrschaft sowie Begleiterscheinungen, Möglichkeiten und Grenzen solcher Einsätze auf.

Das Parkhaus Urania ist wegen seiner zentralen Lage in der City, zwischen Bahnhofstrasse und Limmatquai, das wohl bedeutendste und das meistfrequentierteste Parkhaus der Stadt Zürich. Es wurde im Jahr 1974 in Betrieb genommen und ist Eigentum der Parkhaus Urania AG, die der Stadt Zürich gehört und zugleich Betreiberin der Anlage ist. Im Ernstfall hätte es der Bevölkerung als Luftschutzanlage zu dienen, weshalb diese unterirdische Stahlbetonkonstruktion praktisch keine Dilatationsfugen aufweist.

Das Parkhaus umfasst 448 Freiparkierplätze und 160 Mieterparkplätze auf insgesamt 7 Geschossen mit total über 17 000 m^2 Fläche. Die Parkdeckböden bestehen aus Hartbetonbelägen, die ursprünglich nicht durch Beschichtungen oder Beläge geschützt waren. Schon vor Jahren zeigten sich viele Risse und auch Abplatzungen, was damals zu punktuellen Reparaturen führte. Risse wurden mit Bändern abgedeckt und ausinjiziert, Wände und Deckenuntersichten erhielten Schutzanstriche. Später mussten trotzdem vermehrt Betonabplatzungen und Ausblühungen beobachtet werden, die den Verdacht auf tieferliegende Ursachen nährten.

Überprüfung

Anlässlich einer gründlichen Inspektion im Jahr 1997 wurde eine allgemein erheb-



1
Applikation des Parkbelagsystems (Bild: F. Podolak, Wollerau)