

DIPL.-ING. WALTER ROSA, SACHVERSTÄNDIGER FÜR BEGUTACHTUNG UND INSTANDSETZUNG VON GESCHÄDIGTEM STAHL- UND SPANNBETON, NÜRNBERG

Die Ausführungen beginnen mit der Erörterung der Vorschriften in der BRD für die Qualitätssicherung von Spritzbeton, erläutern am Beispiel großer Baumaßnahmen die Durchführung der Qualitätssicherung und zeigen die Vorteile einer exakt durchgeplanten und konsequent durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahme auf. Sie ersetzt die Nachbesserungsverpflichtung durch die mangelfreie Ausführung der Arbeit und spart somit die Kosten der Qualitätssicherung durch die nicht aufzuwendenden erheblichen Mittel für eine Mängelbeseitigung bei qualitativ minderen Ausführungen.

*The paper starts off by discussing quality assurance regulations for shotcrete in Germany; based on large-scale construction projects, it then illustrates how quality assurance is performed and points out the advantages of carefully designed and consistently implemented quality assurance measures. Because of the faultless execution of the work, there is no need to effect repairs. As a result, considerable costs can be saved that would otherwise arise from the remedy of defects.*

## 1. Einleitung

Die Qualitätssicherung beginnt bei der Planung der Baumaßnahme. Bereits dort müssen die Anforderungen, bezogen auf die Lebensdauer des Bauwerkes, zum sicheren, schadfreien Erreichen dieses Zieles festgelegt werden. Dies beginnt bei der Betonzusammensetzung, den vorgeschriebenen Güte- und Eignungsprüfungen und den Eigenschaften des fertigen Spritzbetons. Diese Kriterien müssen in der Ausschreibung detailliert beschrieben und deren Einhaltung durch die Vorschrift einer weitgehenden Eigen- und Fremdüberwachung sichergestellt werden.

## 2. Qualitätssicherung im Zuge der Durchführung von Spritzbetonarbeiten

Nicht eingehen möchte ich auf die Bestimmungen der EG in Bezug auf die Zertifizierung

der QS in den Firmen. Diese Angelegenheit würde der Chinese mit der Bezeichnung Papier-tiger versehen. Sie hat mit der Qualität auf der Baustelle nahezu nichts zu tun. Allein dieses Thema wäre ein eigenes Tagesprogramm.

Die Vorschriften für die QS im Spritzbeton in der BRD sind in Kurzzusammenfassung: DIN 18551, Ausgabe März 1992, sie hat den Namen: Spritzbeton, Herstellung und Güteüberwachung. Die Norm gilt sehr weitreichend und beinhaltet "Bauteile aus bewehrtem und unbewehrtem Normal- oder Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge", der im Spritzverfahren aufgetragen und dabei verdichtet wird. Sie gilt ferner für Bauteile, die im Spritzverfahren mit Beton verstärkt oder instandgesetzt werden. Die DIN 18551 legt im Bild 1 die Prüfebene bei der Herstellung des Spritzbetons fest. Die Prüfebene 1 betrifft das Bereitstellungsgemisch, die Prüfebene 2 das Spritzgemisch und den Rückprall,

die Prüfebene 3 den Festbeton. Die Festlegung der Eigenüberwachung erfolgt in **Tabelle 1** in allen 3 Prüfebenen. Generell gelten für die Herstellung, Verarbeitung und Überwachung von Spritzbeton, unabhängig von der Festigkeitsklasse, die Bedingungen für Beton B II der DIN 1045, also Eigenüberwachung durch die Prüfstelle E, bei Instandsetzungen die Prüfstelle SIB und Fremdüberwachung durch eine Prüfstelle F. Dem Personal in der ausführenden Firma wird nur ein Miniabsatz gewidmet. Erstmals sind in der DIN 18551 unter Abschnitt 8 Bemessung, auch Werte für die Beanspruchung der Verbundflächen zwischen Spritz- und Altbeton, sowie den Verbundmitteln zwischen bestehenden Bauteilen und Spritzbeton angegeben. Diese Verbundmittel wie Schwerlastdübel usw. können auch zur Schubübertragung herangezogen werden.

Eine weitere Vorschrift stellt die ATV DIN 18314 Spritzbetonarbeiten der VOB dar.

Weitere Regelungen sind in der im Februar erscheinenden ATV DIN 18349 Betonerehaltungsarbeiten der VOB enthalten.

Die Richtlinie Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton sieht bei der Instandsetzung mit Spritzbeton unter Qualitätssicherungsmaßnahmen auch solche im Bereich des Spritzbetons vor. Der Teil 3 hat die Bezeichnung Qualitätssicherung bei der Ausführung. Hier werden die strengsten Maßstäbe durch die Festlegung auf eine qualifizierte Führungskraft beim ausführenden Unternehmen angelegt, entsprechende Anforderungen an das Ausführungspersonal festgeschrieben und die Fremdüberwachung zur Bedingung gemacht.

Die ZTV-SIB 1990 des BMV legt bei der Verarbeitung von Spritzbeton mit der geringsten Spur von Kunststoffzusätzen im Teil 5 SPCC Grundprüfungen für das Material, sowie die Verwendung von Sackware fest und verlangt vom Spritzer die Ablegung einer Eignungsprüfung, den sog. D-Schein. Die geprüften Materialien werden in die bei der Bundesanstalt für das Straßenwesen geführten Liste der geprüften Stoffe eingetragen und veröffentlicht. Das eingetragene Material darf ohne weiteren Nachweis für alle Arbeiten des BMV zur Anwendung gelangen. Der von uns entwickelte SPCC ist in der Liste eingetragen und stellt bei diesem Material unsere QS sicher. Natürlich gilt das Ganze nur im Bereich des Bundesminister für Verkehr im Zuge von Instandsetzungen an Verkehrsbauten.

Selbstverständlich haben solche Vorschriften auch eine bestimmte Leitfunktion in die private Vergabepraxis hinein. Wir haben im SPCC-Ausschuß eine bewehrte Prüfplatte entwickelt, die der Prüfling unter Aufsicht spritzen muß. Voraussetzung für die Erlangung des D-Scheines ist eine Beurteilung der festgelegten Schnittflächen an der Prüfplatte mit einer höchst zulässigen Anzahl von Spritzfehlern im Bereich der sehr dicht angeordneten Bewehrung. Die Durchfallquote bei diesen Prüfungen liegt bei 40 bis 50 % im Trocken- und 20 % im Naßspritzverfahren. Betroffen sind vor allem Spritzer, die aus dem Tunnelbau kommen und bisher Massenbeton verarbeitet haben, bzw. die von den Firmen zur Prüfung entsandten Mitarbeiter ohne jede Spritzerfahrung. Spritzer mit Erfahrung beim Einspritzen von Bewehrungen in schwachwandigen Bauteilen bestehen die Prüfung problemlos. Die Düsenführerprüfung soll im Geltungsbereich der ZTV-SIB eine QS-Maßnahme im Zuge der Spritzbetonausführung darstellen.

Für die Qualitätssicherung im Bereich des katholischen Schutzes von Beton gilt ebenfalls die DIN 18551. Eine Voraussetzung für das Funktionieren des katholischen Schutzes ist die Verwendung eines qualitativ hochwertigen Spritzbetons mit hoher Alkalität zur Einbettung der Anodengitter. Je höher die Spritzbeton-Qualität und die Abreißfestigkeit auf dem Altbeton ist, desto besser funktioniert der Stromübergang des katholischen Schutzes vom Gitter zur Bewehrung und damit der katholische Schutz.

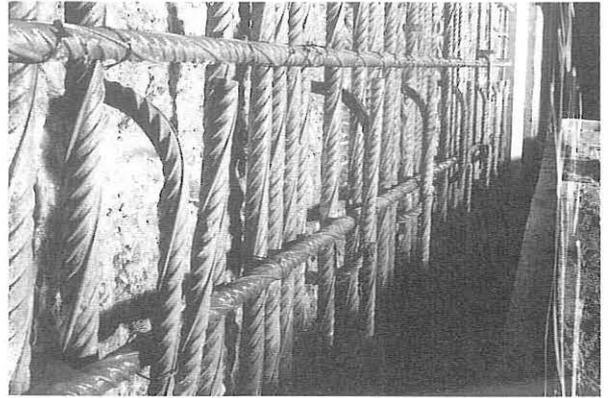
### **3. Qualitätssicherung in der Spritzbeton ausführenden Firma**

Grundvoraussetzung der Qualitätssicherung ist der Wille im Unternehmen, über die Qualitätssicherung im Zuge der Ausführung, einen Spritzbeton herzustellen, der allen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit des fertigen Werkes gerecht wird. Leider ist gerade bei den AG's zwar der Wille in der Hauptverwaltung, durch die Bildung von vorzüglichen Qualitätssicherungsabteilungen, vorhanden, diese Abteilungen können jedoch nur in Aktion treten, wenn sie von den Niederlassungen angefordert werden. Meist wird, aus Kostengründen, die Anforderung unterlassen und der QS-Mann tritt erst in Erscheinung, wenn das Kind im Brunnen liegt und beginnt dann mit der Bergung und den Wiederbelebungsversuchen unter Wehklagen der Niederlassung.

Die QS wird auch gehemmt durch den Preis-

und Termindruck im Zuge der Bauausführung, das Subunternehmerunwesen und dem Ersatz des ingenieurmäßigen durch das rein kaufmännische Denken. Der Weg aus dem Dilemma geht sicher nur über in den Firmen unabhängig operierende Qualitätssicherungsabteilungen und Prüfstellen, ausgestattet mit den entsprechenden Vollmachten und einer strengen Bauüberwachung durch den AG. Die Einsicht bei den Ausführenden, daß Qualitätssicherung richtig eingesetzt, im Verein mit einer exakten, exzellenten Ausführungsplanung, Kosteneinsparungen sowohl im Zuge der Ausführung, wie bei den Gewährleistungen bringt, setzt sich in gut geführten Unternehmen immer mehr durch. In unserem Hause hat die Qualitätssicherung bei der Verarbeitung von Spritzbeton seit Jahrzehnten ihren festen Platz. Sie hat uns den Ruf einer Spezialfirma mit hohen Qualitätsmerkmalen eingebracht, was sich natürlich in Spezialaufträgen niederschlägt. Einige Meilensteine waren hier die Ausführung von Ventilatorkühl-turmmänteln im Spritzverfahren im Jahr 1964, also längst vor Erscheinen der Spritzbetonnorm DIN 18551 im Jahr 1974. Wir legten zunächst Prüfflächen im Maßstab 1:1 mit der Originalbewehrung an und spritzten diese vor der Ausführung der Baumaßnahme. So konnten wir die nötigen Verfahrensschritte ermitteln, Eignungsprüfungen und Überprüfungen der Siebkurven aus den Ausgangsmischungen, am angespritzten Frischbeton und am Rückprall durchführen, welche die Grundlage für die ideale Zusammensetzung unseres Spritzbetons darstellten, so konnten wir diese Bauwerke ohne die Verwendung irgend eines Betonzusatzmittels spritzen. Bei der geringen Bauteildicke und dem hohen Bewehrungsanteil war das damals ein preisgünstigeres Verfahren als Ortbeton. Die QS in unserer Firma setzte sich fort mit einem Programm Optimierung der Eigenschaften unseres Spritzbetons, das wir in Zusammenarbeit mit dem Baustoffinstitut der TU München, unter Leitung des Herrn Prof. Springenschmid, durchführten. Die einsame Spitze der Qualitätssicherung stellte die Instandsetzung der Schleuse Leerstetten am Main-Donau-Kanal dar. An 11000 m<sup>3</sup> Stahlbeton in der Wasserwechselzone der Schleuse waren Frostschäden aufgetreten. Es wurden 20 - 25 cm Beton B 25 bis B 35 mittels Hochdruckwasser bis hinter die mehrlagige Tragbewehrung abgetragen und durch Spritzbeton ersetzt (Bild 1). Über Eignungsprüfung vor Ort, unter extremer Belastung im täglichen Rhythmus mit einer Flutung von 11.00 bis 14.00 Uhr und anschließender Leerung bei -15 °C im strengen Winter 1986/1987 wurde der von uns

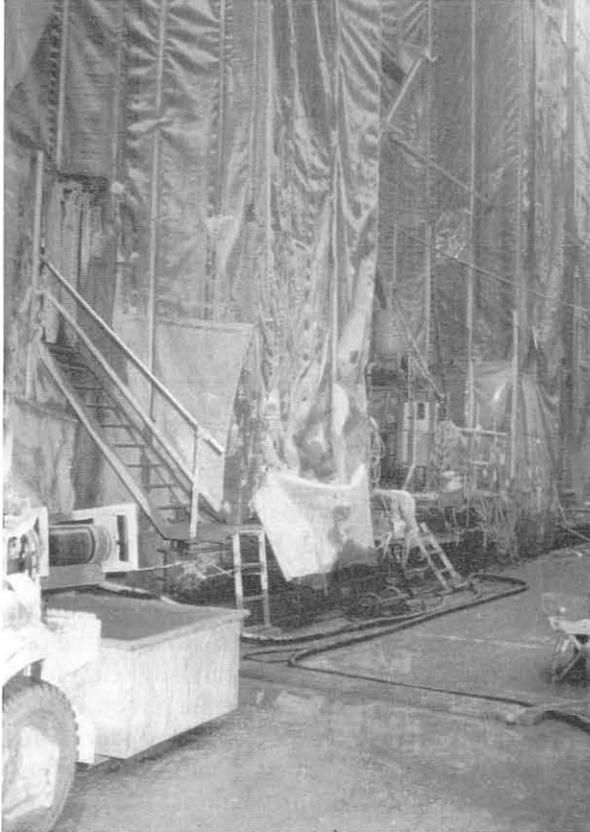
entwickelte, frostbeständige Spritzbeton auf seine Tauglichkeit getestet.



*Bild 1: Mit Höchstdruckwasser abgetragene Betonwandfläche der Schleuse vor dem Spritzbetonauftrag*

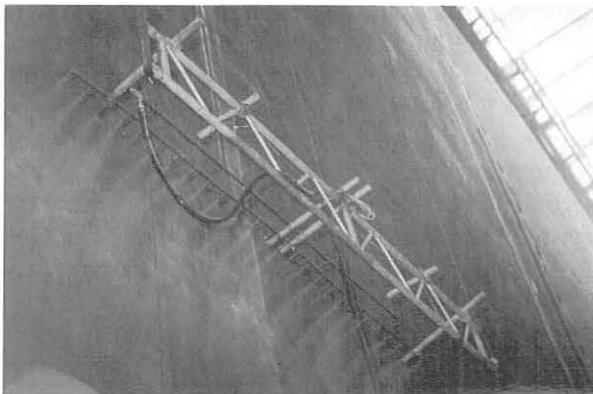
Die 30 m hohen Schleusenwände waren über Fugen in Lamellen mit 9 bis 16 m Länge unterteilt. Die Qualitätssicherung im Zuge der Ausführung begann mit der Überprüfung der vorbereiteten Auftragsflächen des Altbetons über die Feststellung der Abreißfestigkeit, gleich oder größer 1,5 N/mm<sup>2</sup>, die Anlage von Probeprozessbetonflächen mit Überprüfung der Haftzugfestigkeit des Spritzbetons am Altbeton sowie der Festigkeit des Spritzbetons. Die Prüfung jeder der vier Lagen des Spritzbetons, jeder Lamelle über Referenzflächen und Abnahme von frisch gespritztem Beton erstreckte sich auf die Siebkurven der Ausgangsmischung und des gespritzten Betons, den WZ-Wert, den Kornanteil < 0,25 mm, aus gesonderten Probeflächen, der Wasserdichtheit, der Festigkeit und der Frostbeständigkeit. Zusätzlich wurde, im Vorgriff auf die DIN 18551/1992, die täglich eine Konsistenzprüfung mit der Feststellung des Ausbreitmaßes, durch Beigabe der, in den Eignungsprüfungen definierten, Wassermenge und Anmischung des Betons im Zwangsmischer durchgeführt. Diese Konsistenzprüfung dient der Feststellung von Fehlerquellen in der Ausgangsmischung. Am fertigen Beton an der Wand wurden je Lamelle 3 Stück Kerne d = 50 mm gezogen, an denen sowohl die Abreißprüfung am Altbeton, wie auch die Druckfestigkeit, die Wasserundurchlässigkeit und die Frostbeständigkeit geprüft wurde. Die exakte Vorbereitung der Auftragsflächen über ein langandauerndes Vornässen und die Überprüfung des nur noch mattfeuchten Zustandes vor dem Auftrag des Spritzbetons, die sorgfältige Nachbehandlung durch die Einhausung der Hebebühnen und Gerüste sowie die Beaufschlagung der Innenräume der

Einhausung mit 95 bis 97% Luftfeuchtigkeit und die nachwandernden Nachbehandlungszelte waren ein weiterer Teil der Qualitätssicherung (Bild 2).



*Bild 2: Einhausung der Hebebühne zur Nachbehandlung für den Spritzbetonauftrag*

Die nachwandernden Zelte mit der gleichen Luftfeuchte von 95 bis 97% hielten die, vom Spritzbeton zur Hydratation benötigte Feuchte bereit. Die Nachbehandlung nach dem Weiterfahren der Zelte nach 14 Tagen bis zum 28. Tage nach dem Spritzen der letzten Lage wurden von einem automatischen Sprühbalken übernommen (Bild 3).



*Bild 3: Nachbehandlungssprühbalken in Aktion*

Eine Qualitätssicherung, die sich in einem Prüfbericht von ca. 100 Seiten niederschlug und einen frostbeständigen, schadfreien Beton ergab. Das angeführte Beispiel zeigt, daß eine Qualitätssicherung nur funktioniert, wenn sie durchgängig geplant und ihre Durchführung in der eigenen Firma erzwungen wird. Die Qualitätssicherung beginnt beim Spritzbeton mit den Eignungsprüfungen für den entsprechenden Beton, bzw. für die entsprechende Baumaßnahme mit allen vorgesehenen Zusatzmitteln und Betonzusatzstoffen. Hier muß bei gleichzeitiger Anwendung mehrerer Mittel oder Stoffe deren Unter-einanderreaktion unter Berücksichtigung der Einbautemperaturen und ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften des Spritzbetons geprüft werden. Soll Spritzbeton frostbeständig sein, bzw. mit den Eigenschaften des erhöhten Frosttausalz-Widerstandes versehen werden, so muß mit MHK und optimaler Zusammensetzung des Spritzbetons gearbeitet werden. Alleine die Ermittlung der Zugabemenge der nicht billigen MHK erfordert ein umfangreiches Versuchsprogramm. Man erschießt ja eine bestimmte Anzahl der nur 60  $\mu\text{m}$  großen PVC-Kügelchen, die noch zusätzlich hohl sind. Die Feststellung der Zugabemenge kann nur über Schriffe von Probestflächen und Auszählung der wirksamen Poren erfolgen. Die Prüfung in mehreren, unabhängig voneinander arbeitenden Instituten ist ratsam, weil für die Erkennung der MHK im Beton eine reiche Erfahrung nötig ist. Die Durchführung von Frostbeständigkeitsprüfungen am Beton ergänzen die Untersuchungen. Gleichzeitig geht natürlich die Struktur der Auftragsfläche und die Dichte des Bewehrungsnetzes wegen der Veränderung im Rückprall und der Gesamtzusammensetzung des Spritzbetons in die Qualitätssicherungsbetrachtung ein. Im Qualitätssicherungssystem innerhalb der eigenen Firma muß man in der Lage sein, blitzschnell auf veränderte Gegebenheiten, wie Veränderung der Auftragsfläche, der Witterung, der Vor- und Nachbehandlung reagieren zu können. Dies gelingt natürlich nur, wenn man die entsprechenden Erfahrungen, Eignungsprüfungen und Optimierungen seines Spritzbetons kennt und entsprechend anwenden kann. Auch die Begutachtung des Untergrundes und die Ermittlung der Oberflächenzugfestigkeit des vorbehandelten Untergrundes ist ein Bestandteil der Qualitätssicherung. Bei der Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit verzichtet die DIN 18551/1992 im Abschnitt 5/I (2) berechtigterweise auf das Vorbohren. Die Unterschiede der Ergebnisse bei Prüfungen mit Vorbohrung und ohne diese Maßnahme liegen bei 5 bis 7%, ein Unterschied der

sowieso im Streubereich solcher Prüfungen liegt. Auch darf der Abreißversuch bei Überschreitung von  $1,5 \text{ N/mm}^2$  abgebrochen werden. Man wird jedoch zur Wiedergewinnung des Stempels den Versuch zu Ende fahren.

Die exakt durchgeführte Eigen- und Fremdüberwachung ist selbstverständlich ein Bestandteil des QS-Systems. Die Prüfstelle E bzw. SIB spielt eine wichtige Rolle. Das Spritzen der Prüfkörper und die Prüfung der Festbetoneigenschaften sowie die B II Fremdüberwachung sind die weiteren Bausteine des QS-Systems.

Die Qualitätssicherung des Spritzbetons für die Einspritzung der Anodengitter beim kathodischen Schutz bedingt eine Fülle von zusätzlichen Aufgaben. Selbstverständlich muß auch hier der Vorbereitung der Altbetonoberfläche größte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Ohne ausreichende Verbindung des Einbettungs-spritzbetons mit dem Untergrund ergeben sich Hohlstellen die, außer der Verhinderung des Stromdurchganges, auch die Ablösung und das Abfallen der Gitter und der Spritzbetonschale nach sich ziehen kann (Bild 4). Eine Schadensursache, die vor allem im Ausland sehr häufig auftrat und das System des kathodischen Schutzes in Mißkredit brachte. Außer den bereits aufgeführten Qualitätsmerkmalen des Spritzbetons ist bei der Einbettung der Anodengitter die gleichzeitige Überwachung des Schutzsystems auf entstehende Kurzschlüsse beim Spritzen enorm wichtig, um die Unbrauchbarkeit ganzer, bis  $100 \text{ m}^2$  großer, Abschnitte zu vermeiden, bzw. sofort zu erkennen.

Im Zuge der durchgängigen Überwachung kann man den genauen Punkt, das ist der Ort des momentanen Spritzbetonauftrages, feststellen und den aufgetretenen Kurzschluß beseitigen. Auch bei diesen Arbeiten ist die Qualitätssicherung ein unerläßliches Instrument für die mangelfreie Erstellung einer Spritzbetonleistung. Werden die kathodisch geschützten Betonflächen starken mechanischen Belastungen ausgesetzt, wie z.B. in Schlackebunkern von Müllverbrennungsanlagen mit Greiferentleerung, so

müssen die Anodengitter eine zusätzliche Panzerung mittels eines gegen Schläge unempfindlicheren Spritzbetons erhalten. Die Entwicklung eines solchen Betons muß vorbereitet und seine Ausführung in das Qualitätssicherungssystem der Firma integriert werden. Es müssen güteüberwachte, frostsichere, bei Schlagbeanspruchung nicht splinternde, zähe Gesteine als Zuschlagsstoffe ausgewählt, über Vorversuche und Eignungsprüfungen die Spritzbetonzusammensetzung und die Arbeitsweise des Auftrages sowie die optimale Dicke der einzelnen Spritzbetonlagen ermittelt werden. Die Überwachung der Bereitstellungsmischung des Spritzbetonauftrages, die optimale Nachbehandlung mit unseren Nebelwerfern, ergaben dann wieder die Qualitätssicherung.



*Bild 4: Kohlenbunkerwand mit den aufgedübelten Anodengittern vor dem Spritzbetonauftrag*

#### 4. Zusammenfassung

Die Qualitätssicherung ist als Schlagwort weitverbreitet und in jeder Munde. Die tatsächlich praktizierte Qualitätssicherung setzt eine große Erfahrung, ingenieurmäßiges Können und die Durchsetzbarkeit durch den Qualitätssicherungsmann voraus. Nicht das QS-System auf dem Papier sondern die Überwachung vor Ort und das Streben nach Qualität der eigenen Arbeit erfüllt die Qualitätssicherung mit Leben und führt sie zum Erfolg.

