

# Spritzbeton für Ausbesserung und Verstärkung von Tragkonstruktionen aus Beton

Obering. Günter RUFFERT  
Torkret GmbH, Essen

## 1. EINLEITUNG

Spritzbeton wird in Deutschland seit Jahrzehnten für die Ausbesserung und Verstärkung von Tragkonstruktionen aus Beton, Stahl- und Spannbeton eingesetzt. Die verfahrens- und materialtechnischen Eigenschaften des Spritzbetons haben ihn in der Praxis zum Standardverfahren für dieses immer wichtiger werdende Teilgebiet des Stahlbetonbaues gemacht. Der Deutsche Ausschuß für Stahlbeton hat bereits 1976 - dieser Tatsache Rechnung tragend - neben der seit 1973 existierenden Spritzbeton-Norm (DIN 18 551) eine besondere Richtlinie für die Ausbesserung und Verstärkung von Betonbauteilen mit Spritzbeton erarbeitet, die vor kurzem in einer völlig überarbeiteten und den neuesten Erkenntnissen angepaßten Fassung neu herausgegeben wurde (Oktober 1983).

## 2. GRUNDLAGEN

Die statisch wirksame Sanierung und Verstärkung von Tragkonstruktionen aus Stahlbeton stellt erhebliche Anforderungen an Verbund und Kraftumlagerung in der Anschlußfuge. Dies wiederum erfordert - neben entsprechenden Materialeigenschaften des Spritzbetons - auch eine den Beanspruchungen angepaßte Vorbereitung des Untergrundes, da jede neu aufgetragene Spritzbetonschicht nur in Wechselwirkung mit dem Untergrund wirksam sein kann. Weitere Besonderheiten der Spritzbetonsanierung ergeben sich beim Einbau und der Verankerung von Zusatzbewehrung.

Der Ersatz tragender Teile einer Stahlbetonkonstruktion, z.B. nach Bränden oder bei größeren Korrosionsschäden, erfordert neben einer qualitativ guten Ausführung sehr häufig aber auch den Nachweis der Stand- und Gebrauchssicherheit der Verbundkonstruktion. Dies ist im Prinzip natürlich nur auf der Grundlage der allgemeinen Regeln des Stahlbetonbaus möglich. Ein Problem ergibt sich in der Praxis dadurch, daß die allgemeinen Bemessungsvorschriften bzw. die Bewehrungsrichtlinien - die ja auf Neubauten abgestimmt sind - sich nicht in allen Fällen auf die Sanierung bzw. Verstärkung einzelner Bauglieder anwenden lassen.

Die vorliegenden Technischen Regelwerke - insbesondere die Angaben / Rechenwerte über das Verbundverhalten von spritzbetonverstärkten Stahlbetonbauteilen - ermöglichen eine Anpassung der verfahrenstechnisch bedingten Besonderheiten dieser Methode an die geltenden Bemessungsvorschriften für Stahlbeton.

Bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen an Stahlbetonkonstruktionen muß man sich darüber klar sein, daß es sich - zumindest in den Fällen, bei denen bereits größere Schäden aufgetreten sind - um die Ergänzung von tragenden Konstruktionsteilen handelt, die entsprechende konstruktive Überlegungen erfordert. Dies ist weit häufiger der Fall als es allgemein erkannt wird. Das grundsätzliche Problem bei Ausbesserung von Teilen eines tragenden Querschnittes ist, daß je nach statischem Konzept meist der ganze Querschnitt an Kraftaufnahme und Kraftumlagerung beteiligt ist. Daß dies bei schweren Schadensfällen, wie z.B. Brand, entsprechende Überlegungen erfordert, ist jedem klar. Nicht so klar ist, daß sich das Problem der Kraftumlagerung sehr häufig auch bei Korrosionsschäden im Bereich der Betondeckung der Bewehrung stellt.

Grundlage aller Berechnungsannahmen ist es, daß der auf Biegung beanspruchte Beton in der Lage ist, die Zugspannungen an die eingelegten Bewehrungsstähle abzugeben. Die einschlägigen Normen schreiben vor:

"Der Verbund zwischen Beton und Stahl ist durch eine ausreichend dichte Betondeckung zu sichern. Sie muß in der Lage sein, den Stahl dauerhaft gegen Korrosion zu schützen." (DIN 1045). Wesentliche Aufgabe der Betondeckung ist also die Krafteinleitung in die Zug-Schubbewehrung.

Wenn nun aber ein größerer Teil der für die Krafteinleitung in die Bewehrungsstähle erforderlichen Betondeckung entweder gar nicht vorhanden ist oder z.B. durch ein kunstharzgebundenes Material ersetzt wird, dessen E-Modul näher beim Stahl als beim Beton liegt, kann der auf einem festgelegten Elastizitätsverhältnis Stahl/Beton beruhende Nachweis der Standsicherheit und der zulässigen Verformungen nicht mehr zutreffen. Damit ist natürlich auch der im Standsicherheitsnachweis erbrachte Nachweis des einwandfreien Verhaltens der Konstruktion nicht mehr zutreffend.

Aufgabe der Betondeckung ist aber auch der vorbeugende Brandschutz. Die Bauordnungen fordern für Hochbauten allgemein eine ausreichende Feuerwiderstandsdauer. Diese ist für Stahlbetonteile aber nur dann gegeben, wenn die Betondeckung je nach Bauteilabmessung und statischem System bestimmte festgelegte Mindestdicken - die allgemein höher liegen als die zum Korrosionsschutz der Bewehrung geforderten Mindeststärken - nicht unterschreitet. Nur dann ist gewährleistet, daß eine Stahlbetonkonstruktion im Brandfalle ausreichend

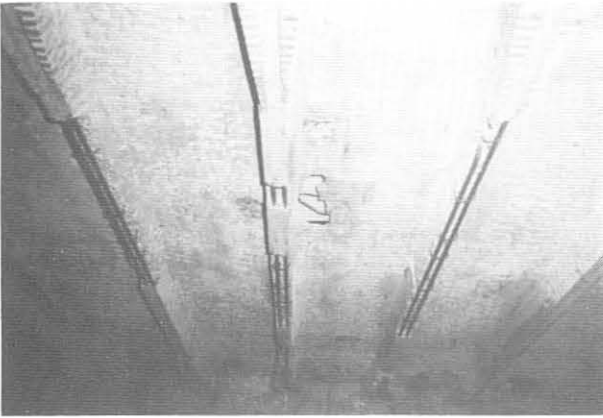


Abb.1. Korrosionsschäden beeinträchtigen den Verbund Stahl/Beton und den Brandschutz der Bewehrungsstähle.

lange widersteht, um die Rettung von Personen und wirksame Löscharbeiten zu gestatten.

Man muß bei Ausbesserungen an Stahlbetonbauteilen also unterscheiden zwischen:

1. Leichten/punktweisen Schäden an der Betondeckung (nur Auswirkungen auf Korrosionsschutz und Aussehen des Betonbauwerkes, keine Beeinträchtigung von Standsicherheit und vorbeugendem Brandschutz).

2. Größeren Schäden an der Betondeckung und tiefgreifenden Schäden (Auswirkung auf Kraftumlagerung und Brandschutz).

### 3. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Die Sanierung von leichten bzw. punktuellen Schäden im Bereich der Betondeckung erfolgt heute fast ausschließlich mit kunstharzmodifizierten Zementmörteln bzw. (bei besonderer Beanspruchung) mit kunstharzgebundenen Mörteln. Die Bautenschutzindustrie stellt hierfür eine ganze Palette geeigneter und erprobter Materialien zur Verfügung, die, richtig eingesetzt, relativ schnell durchführbare und preiswerte Sanierungen erlauben.

Bei größeren Schäden im Bereich der Betondeckung und bei tiefergehenden Querschnittszerstörungen wird heute allgemein das Betonspritzverfahren (Torkret-Verfahren) nach DIN 18 551 eingesetzt.

Die Anwendung dieses Verfahrens für die kraftschlüssige Ergänzung von zerstörten Teilen einer Stahl- oder Spannbetonkonstruktion erfordert sowohl von den ausschreibenden wie den überwachenden Stellen eine gewisse Kenntnis der Besonderheiten dieses Verfahrens, auf die sich die Rechenannahmen insbesondere für den Verbund und die Kraftübertragung in der Anschlußfuge stützen.

#### 3.1 Verbund in der Anschlußfuge

Die den normalen Bemessungsmodellen zugrunde liegende Fähigkeit des Betons zur Kraftübertragung bzw. Spannungsaufnahme muß auch in der Anschlußfuge sichergestellt sein. Dazu ist es erforderlich, in der Fuge einen Haftverbund zu schaffen, der der normalen Betonfestigkeit entspricht. Zu diesem Zweck ist zunächst der alte Beton in der Anschlußfuge durch Abstemmen aller mangelhaften Betonteile

sowie intensives Sandstrahlen soweit abzuarbeiten, bis die Festigkeit des alten Betons zur Aufnahme aller Kräfte / Spannungen ausreicht. Wird auf diese so vorbereitete Fläche ein Spritzbeton entsprechender Qualität aufgespritzt, dann läßt sich ein Verbund in der Anschlußfuge erzielen, der sich nicht von der Festigkeit eines ungestörten Betons der entsprechenden Güteklasse unterscheidet.



Abb.2. Sanierung von Fassadenstützen mit Spritzbeton.

#### 3.2 Lastumlagerung

Falls die Festigkeit der Anschlußfuge der Festigkeit des gesamten Betonquerschnitts entspricht, muß es bei der Belastung des Gesamtquerschnitts auch zu der erforderlichen Lastumlagerung kommen. Natürlich wird der alte Beton im Regelfalle beim Auftragen des neuen Spritzbetons bereits unter Last / Spannung stehen, während der neue Beton zunächst spannungslos ist. Das bedeutet, daß beim Zusammenwirken beider Teile der alte Beton bereits einen gewissen Punkt auf seiner Last/Verformungskurve erreicht hat, während der neue Beton bei Null anfängt. Da die Last/Verformungskurve des Betons aber eine Parabel ist, die vor allem auf dem letzten Stück vor Erreichen der Bruchgrenze stark ansteigt, wird es infolge der bei größerer Spannung auch größeren Verformung des Altbetons dazu kommen, daß der neue Beton, der diese Verformung infolge der Haftung in der Anschlußfuge ja mitmachen muß, einen entsprechend größeren Lastanteil aufnimmt. In der Praxis pendelt

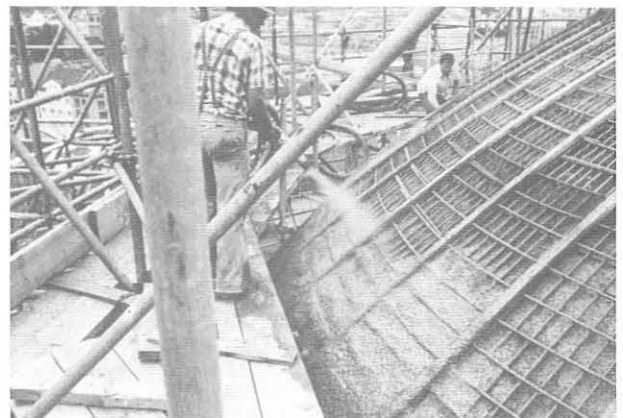


Abb.3. Verstärkung einer Gewölbekuppel.

sich also im Querschnitt die Lastverteilung in gewissem Umfange ein. Ist jedoch der alte Beton zum Zeitpunkt der Sanierung bereits bis kurz vor Erreichung seiner Bruchverformung belastet, dann besteht zum Beispiel die Möglichkeit durch Entlastung der vorhandenen Konstruktion vor Aufbringen des neuen Spritzbetons günstigere Ausgangsbedingungen zu schaffen.

### 3.3 Krafteinleitung in die Bewehrung

Die Krafteinleitung in die Bewehrung erfolgt beim Stahlbeton normalerweise über die Mantelhaftung Stahl/Beton. Das gilt auch für die im neu aufgetragenen Spritzbeton liegende noch vorhandene oder zusätzlich eingelegte Bewehrung. Die grundsätzlich erforderliche Endverankerung der Bewehrung außerhalb der Zugzone wird bei zugelegter Bewehrung oft dadurch erleichtert, daß die Zulagen nur zur Abdeckung von Spannungsspitzen (meist in Feldmitte) benötigt werden. Dies ermöglicht in der Regel eine ausreichende Verankerungslänge von dem Punkt an, wo die Stäbe zur Zugkraftdeckung nicht mehr benötigt werden. Ist dies, durch die Form des Bauteils bedingt, nicht möglich, dann muß die erforderliche Endverankerung der Bewehrung eventuell durch besondere konstruktive Maßnahmen - zum Beispiel durch Anker oder Anschweißen - sichergestellt werden. Dieses Problem tritt vor allem bei der Endverankerung von Zulagebügeln auf, wobei hier der Hinweis angebracht ist, daß die normalerweise geforderte Endverankerung durch Schließen der Bügel über der Druckzone wohl die für Neubauten vernünftigste Lösung, aber nicht die einzig mögliche Art der Endverankerung darstellt. Bei Sanierungs-/Verstärkungsarbeiten sind meist andere Möglichkeiten - zum Beispiel offene Bügel - technisch und wirtschaftlich sinnvoller. Wichtig ist vor allem, daß die Zulagebügel mögliche Schubrisse mit ausreichender Länge kreuzen.

### 3.4 Schwindspannungen und Kriechen

Von den nicht lastbedingten Verformungsvorgängen - Schwinden und Kriechen - ist vor allem das Schwinden von besonderer Bedeutung für die Sanierung / Verstärkung von Betonbauteilen mit Spritzbeton.

Bei den in relativ dünnen Stärken auf Altbeton aufgetragenen Spritzbetonschichten sind in der Regel alle, das Schwinden von Beton begünstigende Parameter gegeben: Relativ hoher Feinkorn- und Zementanteil, ungünstiges



Abb.4. Verstärkung einer Fahrbahnplatte mit Spritzbeton.



Abb.5. Sanierung einer Gewölbebrücke.

Verhältnis zur Gesamtdicke der Betonschale. Beim Schwinden bzw. Kriechen von im Betonspritzverfahren verstärkten oder ausgebesserten Teilen einer Betonkonstruktion kann es sich infolge des Verbundes in der Anschlußfuge immer nur um ein behindertes und nie um ein freies Schwinden oder Kriechen handeln. Während das Kriechen erst nach längerer Beanspruchung unter Gebrauchslast auftritt, kann das durch Austrocknungsvorgänge im Zementstein verursachte Schwinden schon nach einigen Tagen zu Spannungen in der Anschlußfuge führen. Es kommt daher in der Anfangsphase der Sanierung bzw. Verstärkung entscheidend darauf an, durch ausreichendes Naßhalten des Spritzbetons das Schwinden solange hinauszögern, bis der in die Poren der Anschlußfuge eingehämmerte Zementleim ausreichend erhärtet ist, um diese Spannungen aufzunehmen.

Eine konstruktive Berücksichtigung der Schwindspannungen wird immer dann erforderlich, wenn die neu aufgetragene Schicht größere Stärken ( $> 5$  cm) erreicht. In diesen Fällen kann die äußere Schicht mit zunehmender Stärke immer stärker schwinden. Dies kann eventuell zu Ribbildungen an der Oberfläche führen. Bei Schichtstärken über 5 cm empfiehlt sich daher die Einlage einer engmaschigen Schwindbewehrung.

Die sich aus dem unterschiedlichen Kriechverhalten des neuen und alten Betons eventuell in der Anschlußfuge ergebenden Spannungen können in der Regel unberücksichtigt bleiben, da zum Zeitpunkt der Kriechverformung des neuen Betons bereits eine ausreichende Festigkeit der Anschlußfuge vorhanden sein muß, so daß die sich aus eventuell unterschiedlicher Kriechverformung ergebenden Spannungslagerungen problemlos sind.

### 3.5 Nachbehandlung

Von besonderer Wichtigkeit ist die ausreichende Nachbehandlung der zur Ausbesserung/Verstärkung einer Betonkonstruktion aufgetragenen Spritzbetonschichten. Man muß sich klar machen, daß hier dem jungen Beton nicht nur

wie bei Neubauten durch die umgebende Atmosphäre, sondern zusätzlich noch durch den in der Regel knochentrockenen Altbeton das Wasser entzogen wird. Das in den einschlägigen technischen Vorschriften vorgeschriebene Anlassen des Altbetons hilft hier nur wenig, da ein halbwegs fester Beton bei ein- oder mehrmaligem Anlassen kaum Wasser aufnimmt. Den relativ dünnen Spritzbetonschichten muß also in den erste Tagen nach dem Auftragen ausreichend Feuchtigkeit angeboten werden, um ein schnelles Schwinden zu einem Zeitpunkt, zu dem der Beton und insbesondere die Anschlußfuge noch wenig Festigkeit aufweisen, oder gar ein Verdursten des Betons im Fugenbereich zu vermeiden. Dies kann durch Abdecken mit feuchten Tüchern oder häufiges Besprühen mit Wasser geschehen. Vom Aufbringen eines chemischen Nachbehandlungsmittels - wie beim Neubau üblich - ist in jedem Falle abzuraten, da hierdurch der Wasserentzug durch den Altbeton nicht verhindert, die Zufuhr von neuem Wasser aber unmöglich gemacht wird.

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassend kann man sagen, daß heute, nach über 60 Jahren Erfahrung mit der Anwendung von Spritzbeton für die Ausbesserung und Verstärkung von Stahlbetonbauten, und mit Vorliegen der auf diesen Erfahrungen und einer Vielzahl von Grundlagenversuchen basierenden Technischen Regelwerke, es sich hier um eine ausgereifte und den Regeln der Technik entsprechende Bauweise handelt.

Es sollte aber nach diesen Ausführungen auch klar sein, daß bei der Anwendung dieses Spezialverfahrens für das immer wichtiger werdende Gebiet der Tragwerkssanierung die theoretische Kenntnis der Technischen Regelwerke alleine nicht genügt, sondern daß es besonders ausgebildeten Personals - insbesondere geschulter Düsenführer - bedarf, um für Ausbesserungs- und Verstärkungsarbeiten mit Spritzbeton den gleichen Qualitätsstandard sicherstellen zu können wie für Neubauten. Die für Ausschreibung und Vergabe von Spritzbetonarbeiten verantwortlichen Stellen sollten sich also in jedem Fall davon überzeugen, daß der anbietende Unternehmer über entsprechende Erfahrung und vor allem ausreichend geschultes Personal verfügt, bevor sie ihn mit der Durchführung solcher Spezialarbeiten beauftragen.

#### LITERATUR

1. DIN 18 551 Spritzbeton
2. DIN 18 314 Spritzbetonarbeiten  
Allgemeine Technische Vorschriften, VOB,  
Teil C.
3. Richtlinien für die Ausbesserung und Verstärkung von Betonbauwerken mit Spritzbeton. Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, 1983.
4. Merkblatt: Instandsetzen von Betonbauteilen; Deutscher Betonverein 1979.
5. Merkblatt: Unterhaltung von Betonbauwerken, Maßnahmen zur Instandsetzung und zum vorbeugenden Schutz; WTA, September 1983.
6. Brux, G., Linder, R., und Ruffert, G.:  
Spritzbeton - Spritzmörtel - Spritzputz,  
Herstellung, Prüfung und Ausführung, Ver-  
lagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1981.
7. Dartsch, B.: Konservieren, Sanieren, Re-  
staurieren; Beton-Verlag Düsseldorf 1978.
8. Ruffert, G.: Ausbessern und Verstärken von  
Betonbauteilen; Beton-Verlag Düsseldorf,  
2.Aufl. 1982.
9. Ruffert, G.: Schäden an Betonbauwerken;  
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln  
1982.
10. Ruffert, G.: Unterhaltung von Massivbau-  
ten; Beton-Verlag Düsseldorf, 1983.
11. Instandsetzung und Schutz von Betonbau-  
teilen; Seminar Technische Akademie  
Esslingen, Oktober 1981 in Wien.
12. Teichert, P.: Spritzbeton zur Sanierung  
von Beton; Basler Ingenieur- und Archi-  
tektenverein, Januar 1983.