

---

# Der stoffliche Aspekt bei der Wertbestimmung gebrauchter Immobilien am Beispiel der Betonbauweise

---

## MATERIAL ASPECTS FOR THE VALUATION OF USED REAL ESTATES - ESPECIALLY FOR CONCRETE STRUCTURES

### NILS VALERIAN WAUBKE

Menschen verbinden mit dem eigenen Haus zunächst die Vorstellung vom nach den eigenen Wünschen eingerichteten, störenden Einflüssen entzogenen Umfeld. Tatsächlich ist es in der Regel aber auch ein Wirtschaftsobjekt. Deshalb sollte vor der Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Bauweise stets auch überlegt werden, wie sich der jeweilige Augenblickswert dieses Objektes in Zukunft entwickeln kann. Dafür ist - neben den offenkundigen Faktoren wie Lage, Grundstück, Erschließung, Funktionstüchtigkeit der Innenausstattung - die Entwicklung des Restwerts seines Materialbestandes von zunehmender Bedeutung. Die Fragen, welche Einflüsse den Grad bzw. die Geschwindigkeit der "Abnutzung" des Produktes "Gebäude" und damit die Entwertung der Investition bestimmen, und, insbesondere, ob und, gegebenenfalls, wie das für die technisch infragekommenden Bauweisen jeweils typische Risiko zeitabhängiger Verschlechterungen des Erhaltungszustandes der geschaffenen stofflichen Substanz des Gebäudes vorab beurteilbar ist, werden am ausgewählten Beispiel der Betonbauweise bzw. des Baustoffs Beton erläutert.

*House-owners primarily appreciate their private house as their castle, furnished after their personal taste. But in fact, it should be a subject of economical considerations from the very beginning, too. Therefore, previous to any decision concerning a certain construction method, it should be considered how the instantaneous value of the object may develop in future. Despite the obvious factors such as location, estate, development, installation and interior equipment, the loss in value of the structural materials are of increasing importance. Questions concerning the influences on the degree of debasement and the velocity of "wear and tear" of the product "building" as well as the risks of time dependent deterioration for practicable construction methods are discussed using the example of concrete and concrete structures.*

#### 1. Einleitung

Es gibt zwei Formen von Gebäuden - die ideelle und die gebaute: Die erstere begegnet uns in Gestalt von Gedankengebäuden (vom planerischen Kon-

zept bis hin zur Utopie) und bedarf für einen langfristigen und wertstabilen Bestand weder eines unveränderlichen Umrisses noch fester Materie. Die letztere, mit der sich dieser Aufsatz befaßt, muß in ihren Umrissen und, insbesondere, im stofflichen Bestand

ihrer gestaltgebenden und tragenden Bauteile möglichst unverändert erhalten bleiben, will sie den Anspruch erheben, als wertbeständig eingestuft zu werden: Der Erhaltungszustand der als "Bausubstanz" zu bezeichnenden Merkmale bestimmt - neben allfälligen Veränderungen der Lage und des Grundstücks, der Erschließung, der Funktionstüchtigkeit und der Innenausstattung - wesentlich etwaige Wertverluste eines realen Gebäudes.

Dies alles gilt naturgemäß auch für das private Wohnhaus: Die meisten Menschen verbinden mit einem eigenen Haus zwar zunächst einmal die Vorstellung vom nach den eigenen Wünschen und Gewohnheiten eingerichteten, störenden Einflüssen entzogenen Umfeld, vom "home" als "castle": Früher oder später aber wird es für sie auch zum Wirtschaftsobjekt, zum Gegenstand von Investition, Betriebsaufwand und, eventuell, Rendite. Spätestens dann ist der Zeitpunkt erreicht, an dem es lohnt darüber nachzudenken, was denn den Augenblickswert dieses Objektes ausmacht: Und, objektiv gesehen, muß sich dann entscheiden, ob es fortan den Charakter des Luxusobjektes einnimmt bzw. einnehmen kann oder ob sein Wert von in finanziellen Einheiten bewertbaren Eigenschaften bestimmt wird. Zu diesen, meist nur unter der fachkundigen Mithilfe des Bausachverständigen erfaßbaren, Eigenschaften gehört - neben Lage und Grundstück, Erschließung sowie Funktionstüchtigkeit der Innenausstattung - wesentlich der Restwert seines Materialbestandes.

Aus der Sicht eines Baustoffingenieurs liegt es also nahe, diese Frage der Wertbeständigkeit der Bausubstanz unter die Lupe zu nehmen - also jener Merkmale eines Gebäudes, welche von der Bauweise und vom zugehörigen Materialbestand bestimmt werden. Dabei wird sofort offenbar, daß und warum es für jeden Bauherren und seine Berater wesentlich ist, sich im Zusammenhang mit der Überprüfung der Wirtschaftlichkeit einer Bauinvestition bereits vor der Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Bauweise mit den Fragen befassen

- welche Einflüsse den Grad bzw. die Geschwindigkeit der "Abnutzung" des Produktes "Gebäudes" und damit die Entwertung der Investition bestimmen und, insbesondere
- ob und, gegebenenfalls, wie das für die technisch infragekommenden Bauweisen jeweils typische Risiko zeitabhängiger Verschlechterungen des Erhaltungszustandes der geschaffenen stofflichen Substanz des Gebäudes vorab beurteilbar ist.

## 2. Einflüsse auf den Werterhalt der Bausubstanz von Gebäuden.

Die wichtigsten - bei ungünstiger Bauart und Baustoffwahl - wertmindernd wirkenden Einflüsse sind nach

ihrer Gewicht im Einzelfall anhand von 4 Kriterien beurteilbar, nämlich danach, ob sie über die Nutzungsdauer hinweg einen mehr oder minder raschen bzw. einen mehr oder minder großen Abbau

- der generellen Gebrauchsfähigkeit im Hinblick auf ihre Zweckbestimmung oder
- der - insbesondere auch bauphysikalischen - Funktionstüchtigkeit der tragenden, raumbegrenzenden, erschließenden und transparenten Bauteile und der haustechnischen Ausstattung oder
- der hygienischen Unbedenklichkeit der gesamten Anlage oder
- der ästhetischen Wirksamkeit des Objektes

mit sich bringen. Dabei spielt es zunächst keine Rolle, ob die Ursachen für einen solchen Abbau

- "nur" in mangelnder Pflege und Wartung des Gebäudes liegen, wie sich das an Innenbauteilen, welche über Monate hinweg durch zerstörte Fenster und undichte Fugen der Außenwitterung ausgesetzt waren, oder in Treppenhäusern abzeichnet, welche schon lange nicht gereinigt wurden und von Straßendreck, Tausalz und Fäkalstoffen verunreinigt sind, oder
- in mangelnder technischer Inspektion der vorhandenen Installationen mit längerfristig unbehobenen Leckagen als Folge oder
- in der sogenannten normalen Beanspruchung aus der Umwelt vom sauren Regen bis hin zur Erschütterung aus dem nahegelegenen U-Bahn-Schacht

liegen: Für unsere Betrachtung sind die sich ergebenden Folgen maßgebend, die sich z. B. über ungünstige Veränderungen

- der Festigkeits- und Verformungseigenschaften,
- der Eignung als tragfähiger Untergrund für die Befestigung von Lasten über Dübel oder Klebungen,
- der Witterungsbeständigkeit incl. der Beständigkeit gegen UV- und IR-Einstrahlung und der allgemeinen Erosionsbeständigkeit bei synergetischem Wetterangriff - etwa durch Verlust ursprünglich vorhandener Schutzschichten,
- der chemischen Widerstandsfähigkeit (insbesondere auch der Korrosionsbeständigkeit) und, schlimmstenfalls, eines bereits vorhandenen Korrosionszustandes,
- der biologische Beständigkeit (z. B. durch Fäulniserscheinungen, Verrottungen, insektiziden Materialbefall oder Nährbodenanreicherungen),
- der Brandbeständigkeit,
- der Wärme- und Feuchtigkeitsschutzeigenschaften unter winterlichen Bedingungen<sup>1)</sup> oder unter som-

merlichen Bedingungen<sup>2)</sup> sowie des Schall und Erschütterungsschutz-Vermögens oder  
 · der raumakustischen Wirksamkeit

unmittelbar auf die verbliebene Gebrauchsfähigkeit bzw. Funktionstüchtigkeit eines älteren Gebäudes auswirken.

In bestimmten Bereichen des Gebäudebestandes sind, darüber hinaus, jene Veränderungen kaum minder bedeutsam, welche sich

- über Veränderungen der Reinigungsfreundlichkeit und Verschmutzungsanfälligkeit auf die hygienische Unbedenklichkeit oder
- über Veränderungen ihrer äußeren Form, ihrer Oberflächenstruktur und ihrer Farbtreue auf die ästhetische Wirksamkeit

der Gebäude nachteilig auswirken.

Die Gewichte dieser Kriterien mögen von interessierten Schätzern im Einzelfall etwas unterschiedlich gesetzt werden - das Gesamturteil wird dennoch aus einer Aufsummierung der Befunde zu den genannten Gesichtspunkten erwachsen.

Alle genannten Kriterien sind aber letztlich material- und lediglich in einigen Fällen auch konstruktionsabhängige - Kriterien, so daß das Augenmerk im weiteren, unter Verzicht auf den Aspekt der Bauweise, zunächst einmal auf die verwendeten Baustoffe konzentriert werden darf.

### 3. Ergebnisse einer Beurteilung für den Fall Betonbauweise/Betonbauteile

Die Frage nach den möglichen ungünstigen Einflüssen auf den Werterhalt von Gebäuden war offenbar noch weitgehend unabhängig vom konkreten Fall (Bauweise, Baustoffbestand) zu finden. Die Beantwortung der Frage nach der Beurteilbarkeit des konkreten Wertverlust-Risikos bzw. nach den hierfür heranzuziehenden Kriterien stößt naturgemäß sofort an die Breite der dabei notwendigen Auffächerung auf den Kanon der wichtigsten Bauweisen und Baustoffe und birgt die Gefahr

- entweder der oberflächlichen Kriterienauswahl
- der Unübersichtlichkeit der Befunde

in sich; sie würde überdies den begrenzten Rahmen dieses Aufsatzes sprengen. Deshalb sei hier - mit allem

<sup>1)</sup>unter Einbezug der Aspekte "Wärmedämmvermögen" und "Strahlungsenergie-Absorptionsvermögen"

<sup>2)</sup>unter Einbezug der Aspekte "Temperaturträchtigkeit" und "Temperaturamplituden-Dämpfungsvermögen"

Vorbehalt, der exemplarischen Darstellungen zukommt - das dem Anlaß dieses Aufsatzes ebenso wie den Erfahrungen des Autors angemessene Beispiel in Beton- bzw. in Stahlbetonbauweise errichteter Gebäude untersucht. Dazu bedarf es, einleitend, einiger genereller materialkundlicher Bemerkungen zur Charakterisierung des Baustoffs Beton:

- a) Üblicher Zementbeton ist nichts anderes als ein künstliches "Agglomeratgestein", welches natürlichen Gesteinen in seinem Mineralbestand - zum Teil sogar in den Prozentanteilen - gleicht und lediglich rascher seine endgültige Struktur und Festigkeit gewinnt, als dies bei einem Agglomerat aus Gesteinrümmern und dazwischen eingeflossenem Bindemittel aus Kieselgel in erdgeschichtlichen Zeiträumen geschieht : Dies liegt ausschließlich daran, daß der bindende "Leim" beim Beton durch Brennen und Mahlen natürlicher Erden auf eine um ein Vielfaches beschleunigte Reaktions- und Erhärtungsgeschwindigkeit gebracht wird.
- b) Demzufolge gilt für die im Hinblick auf seine Beständigkeit wesentlichen Eigenschaften des Betons, daß sie durchweg auf jene eines Kalksilikatgesteins zurückgeführt werden können, das sich seinerseits von ähnlichen Natursteinen lediglich durch eine deutlich höhere Alkalität unterscheidet.
- c) Diese erhöhte Alkalität ist ihrerseits innerhalb bautechnisch relevanter Zeiträume nur im Zusammenhang mit der Frage nach der Beständigkeit des eingelagerten Stahls von Bedeutung - und dort eben als Garant einer weit erhöhten Lebensdauer.

Im Vordergrund der Beurteilung der Wertbeständigkeit eines in Stahlbetonweise errichteten Gebäudes stehen folgende Fragen, welche hier am Beispiel des Baustoffs Beton bzw. Stahlbeton erörtert und beantwortet werden sollen:

#### 3.1 Erfahren die für die Dauerstandfestigkeit und Formstabilität des Gebäudes entscheidenden Bauteile aus Beton im Laufe der Zeit ungünstige Veränderungen - und falls ja, in welchem Umfang und unter welchen Bedingungen ?

- a) Die Festigkeitswerte von Beton nehmen im Laufe der Zeit - auch noch Monate und Jahre nach Herstellung - allenfalls zu, wenn auch nur gering.
- b) Die zeitabhängigen Verformungen dieses Baustoffs klingen, wenn unsachgemäße Belastungen ausgeschlossen sind, wie bei allen Baustoffen im Lauf der Zeit rasch ab und verbleiben in dem für diesen Baustoff gut bekannten, vorhersagbaren und vom Tragwerksplaner vorausberechenbaren Rahmen.

**3.2 Bleiben auch die dem Gebäudenutzer zur freien Verfügung gestellten Festigkeitseigenschaften der Betonbauteile im Gebäudeinnern, insbesondere die Tragfähigkeit von Wänden und Decken zur Anbindung von Lasten über Dübel oder Klebungen, über die Zeit unverändert ?**

Die vom Naturstein her bekannte Beständigkeit gegen das Klima in Innenräumen und der Ausschluß von zeitabhängigen Festigkeitsverlusten beim Beton gewährleisten auch eine dauerhafte Oberflächentragfähigkeit. Für dauernd biegezugbeanspruchte Betonoberflächen stehen Sonderdübel zur Verfügung, welche allfällige Risiken aus einer Lockerung des Dübelsitzes abdecken.

**3.3 Wie verhält es sich mit der langfristigen Beständigkeit von Beton- und Stahlbetonbauteilen gegenüber der Witterung und gegenüber der chemischen Aggressivität der Umwelt ?**

- a) Ausgehärteter Konstruktionsbeton ist beständig gegen Frost und gegen die bei intensiver Sonneneinstrahlung auf seiner Oberfläche auftretenden Spitzentemperaturen.
- b) Der Herstellung von Gebäuden aus tragenden und raumabschließenden Betonbauteilen unter winterlichen Außenbedingungen steht
- sowohl durch inzwischen routinemäßig beherrschte Ortbetontechniken
  - als auch durch die Möglichkeit des Einsatzes von Betonfertigteilen nichts im Wege - und das ohne jede Einschränkung im Hinblick auf Güte und Dauerhaftigkeit der Konstruktionen.

Lediglich die gleichzeitige Einwirkung von Tausalzen und Frost-Tau-Wechseln kann zu Abtragungen des Betons führen; wenn mit solchen Beanspruchungen - etwa am Sockel eines unmittelbar im Straßenverkehr stehenden Gebäudes - gerechnet werden muß, kann dieses Risiko entweder durch eine schützende Beschichtung auf der Betonoberfläche oder durch geringe Zusätze eines Luftporenmittels zum Beton schon bei der Herstellung des Bauwerks ausgeräumt werden.

- c) Überdies besteht der Mineralbestand von Beton überwiegend aus dem Bestand seiner rund 75 Volumenprozent einnehmenden Zuschläge sowie aus Silikatphasen und ist chemisch ausreichend stabil. Lediglich die feinst verteilt eingelagerte Kalziumhydroxydphase kann durch eindiffundierendes Kohlendioxyd und andere saure Bestandteile der Luft im Laufe von Jahren und Jahrzehnten einige Millimeter tief in den Beton hinein zu Kalk neutralisiert werden - der seinerseits wiederum eine gute Umweltstabilität aufweist. Dort, wo die Kalziumhydroxydphase von den Umweltsäuren

nicht erreicht wird (dies ist bei ordnungsgemäß ausgeführtem Beton jedenfalls im Umfeld der eingelegten Stahlbewehrung der Fall) bildet gerade diese Phase den besonderen, langfristigen Korrosionsschutz des Stahls. Wesentlich für die Beurteilung der Wertbeständigkeit von Betonbauteilen ist aber auch die Tatsache, daß in dennoch einmal ungünstig verlaufenden Fällen (z. B. bei lokaler, korrosions- oder frostbedingter Abtragung des schützenden Betons von der Bewehrung) mit der Technologie des Spritzbetons eine einfache, robuste und dauerhafte Reparatur von Schäden sowohl am Beton selbst als auch an seiner korrosionsschützenden Wirkung für den Stahl möglich ist, wobei eine dergestalt schnell und wirtschaftlich aufgebrachte Spritzbeton`plombe` oder Spritzbeton`haut` - wie bei kaum einem anderen Material - bis in mineralogische und chemische Details an das zu reparierende Grundmaterial angepaßt werden kann. Damit können nicht nur überschaubare Hochbauten, sondern und gerade auch großdimensionale Ingenieurbauwerke ohne sonstige leicht erkennbare Ertüchtigungsmaßnahmen - wertstabil gehalten werden. Hier sei auf die vielerorts - darunter seit nunmehr gut 2 Jahrzehnten von Walter Lukas und seinem Schüler Wolfgang Kusterle in Innsbruck [1, 2] durch Forschung in ständigem Wechsel mit baupraktischer Erprobung - wesentlich vorangetriebene technologische Entwicklung auf dem Gebiet des Spritzbetons verwiesen.

- d) Eine schädigende Auswirkung von ultravioletter oder infraroter Strahlung auf Beton ist nicht bekannt.

**3.4 Welchen Schutz bieten Außenbauteile aus Beton langfristig gegen Regen und Grundwasser?**

- a) Außenbauteile aus Konstruktionsbeton gelten wegen ihrer hohen Wasserdichtigkeit als regendicht.
- b) Bei dauernder und hydrostatisch drückender Beanspruchung im Grundwasser kann Beton routinemäßig

- entweder ausschließlich durch höherwertige Verarbeitung und ausreichend große Bauteildicke ("wasserundurchlässiger" Beton)
- oder durch den Zusatz dichtender Feinstoffe auch gegen solchen Wasserdruck langfristig dicht ausgeführt werden, sofern nicht aus Gründen des Schutzes gegen aggressive Chemikalien im Grundwasser oder aus anderen Gründen ohnedies eine bituminöse Schutzhülle vorgesehen ist.

### 3.5 Sind Beton- bzw. Stahlbetonbauteile empfindlich gegen die vielfältigen Angriffe aus dem Tier- und Pflanzenreich ?

- a) Weder Beton noch eingelegter Betonstahl sind als Nährstoffe für Tiere oder Pflanzen verwertbar. Die Alkalität des Betons ist zudem für die meisten Formen des mikrobiologischen Befalls (Schimmelpilze, Algen) ein ungeeigneter Bewuchsuntergrund.
- b) Fäulnis und Verrottung sind an das Vorhandensein organischer Substanz im Baustoff gebunden. Weder Zementbeton noch Betonstahl enthalten organische Bestandteile.
- c) Lediglich dann, wenn ein Risiko der Durchwurzelung durch die aggressiven Wurzeln bestimmter Holzgewächse (z. B. auf intensiv begrünten Dächern) bestehen sollte, empfiehlt sich die Abkleidung durch anerkannte Wurzelschutzbahnen.

### 3.6 Welches Risiko birgt der Baustoff Beton bzw. Stahlbeton im Brandfalle in sich ?

- a) Beton als rein mineralisches Material und Stahl als rein metallisches Material sind unbrennbar (also in Baustoffklasse A1 gemäß der einschlägigen ÖNORM eingereiht).
- b) Die Feuerwiderstandsfähigkeit von tragenden und raumabschließenden Bauteilen aus Beton/Stahlbeton erreicht bereits bei relativ geringen Bauteildicken und ohne zusätzliche Beschichtungen oder Verkleidungen die Stufe "brandbeständig - F 90" und damit die Eignung zur Umschließung von Brandabschnitten. Ohne weiteres herstell- und handhabbare Bauteildicken bzw. zweischalige Konstruktionen aus Beton ermöglichen, wiederum ohne zusätzliche Bekleidungen, das Erreichen der Klasse "hochbrandbeständig - F 180".
- c) Die Beständigkeit des Materials gegen Abwitterungen sowie chemischen und biologischen Angriff sichert diese Eigenschaften auch über lange Nutzungszeiträume.

### 3.7 Ist mit zeitabhängigen Veränderungen des Wärmedämm- und Wärmespeichervermögens sowie der Temperaturamplitudendämpfung von Beton/Stahlbeton zurechnen ?

- a) Beton ist in seinem Kapillarsystem unter normalen Bedingungen weitgehend mit wässriger Porenflüssigkeit gefüllt, die nur in den jeweils äußersten Zehntelmillimetern des Betonbauteils mit der Gasphase und der Feuchtigkeit der Luft in Austausch steht.
- b) Beton ist zwar kein Wärmedämmstoff; da aber

für eine nennenswerte zusätzliche Feuchteaufnahme im Porenraum kein Platz ist, kann selbst bei rechnerischer Taupunktunterschreitung im Beton oder bei Befeuchtung von außen keine wesentliche Erhöhung des Feuchtegehalts des Betons eintreten - und damit auch keine (sonst für Dämmstoffe gravierende) Minderung seines Ausgangs-Wärmedämmvermögens.

- c) Gleiches gilt für die im Hinblick auf den sommerlichen bzw. den instationären Wärmeschutz und für die Eignung von Betonbauteilen als Sonnenkollektoren bedeutsamen Eigenschaften "Wärmespeichervermögen" und "Temperaturamplitudendämpfungsvermögen". Dabei ist zu beachten, daß diese beiden Eigenschaften zu den ausgesprochenen Vorzügen des Materials Beton zählen.

### 3.8 Können sich die akustischen Eigenschaften von Betonbauteilen mit der Zeit ungünstig verändern ?

- a) Was die akustischen Eigenschaften von Betonbauteilen angeht, ist nach den sehr unterschiedlichen Anforderungen des Lärm- und Luftschallschutzes, den Anforderungen des Körperschall- und Trittschallschutzes und den Anforderungen aus der Raumakustik zu differenzieren. Erläuternd sei hinzugefügt, daß die fachlich teilweise benachbarten Fragen der Baudynamik und des Schwingungs- bzw. Erschütterungsschutzes hier nicht behandelt werden, wobei ausdrücklich vermerkt sei, daß damit kein hinsichtlich der einschlägigen Eigenschaften von Betonbauteilen problematischer Bereich ausgespart ist.
- b) Das Luftschalldämm-Maß einschaliger Bauteile hängt praktisch ausschließlich, dasjenige zweischaliger Bauteile immerhin noch oberhalb ihrer Resonanzfrequenz vom vorhandenen Flächengewicht des Gesamtbauteils ab. In bezug auf die Anforderungen für den Schutz vor luftübertragenem Schall sind daher zumindest für einschalige Bauweise Stahlbetonbauteile wegen ihres großen spezifischen Gewichts als Trenn- wie als Flankenbauteile vorteilhaft.
- c) Wegen des mit hoher Festigkeit und großer Biegesteifigkeit einhergehenden, relativ geringen inneren Dämpfungsvermögens von Beton
  - ändert sich zwar nichts daran, daß der Körperschalldurchgang durch einschalige Betonbauteile mit zunehmender Weglänge (Bauteildicke) ebenfalls abnimmt,
  - halten sich aber die erreichbaren Körperschalldämm-Maße (z. B. das äquivalente Trittschallschutz-Maß einer Rohdecke aus Beton) in Grenzen, sodaß Verbesserungen (z. B. durch

Unterdecken und/oder durch schwimmende Estriche) erforderlich werden können.

Eine Veränderung des vom Betonbauteil beige-  
steuerten Teil-Dämm-Maßes mit der Zeit kann  
aber nicht auftreten.

- d) Wie alle Baustoffe mit harter und praktisch kaum  
strukturierter Oberfläche ist ein Betonbauteil aus  
raumakustischer Sicht eher als Schallreflektor  
denn als schallschluckendes Element zu beurtei-  
len und einsetzbar:

Aus den nun bereits mehrfach aufgeführten Grün-  
den ist jedoch weder für seine Reflektoreigen-  
schaften noch für sein sehr geringes Absorptions-  
vermögen eine Veränderung über bautechnisch  
relevante Zeiträume zu erwarten.

#### 4. Zusammenfassung

Einflüsse auf die Beurteilungskriterien bzw. Beurtei-  
lungswege für das baustoffspezifische Werterhal-  
tungsrisiko alternder oder gealterter Gebäude soll-

ten generell vorgestellt und dann in ihrer Anwen-  
dung auf die Betonbauweise bzw. auf Beton-  
bauteile erläutert werden.

Die Entscheidung darüber, wie der als Beispiel her-  
angezogene Baustoff dabei abgeschnitten hat, sei  
dem Leser überlassen.

#### 5. Literatur

[1] Lukas, W.; Kusterle, W.:

Großflächige Betoninstandsetzung von frost-tau-  
salzgeschädigten Betonen durch dünne Spritz-  
betonschichten. Baustofftechnische Einflüsse auf  
Konstruktionen (Hilsdorf-Ferstschrift), S. 641 -  
656, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1990.

[2] Kusterle, W.; Lukas, W.:

Sanierung großflächig geschädigter Betonober-  
flächen mit Spritzbeton. Betonwerk + Fertigteil-  
Technik 55 (1987/9), Heft 8, S. 46 - 53.