

Manfred Curbach  
Hendrik Zaus  
Peter Henke  
Lars Meyer  
Dirk Proske

# Zur Anwendung von Expositionsklassen bei Parkhäusern

Der Beitrag beschreibt die Anwendung der Expositionsklassen von DIN 1045-1 für direkt befahrene Parkdecks und aufgehende Bauteile in Parkhäusern. Die Auswahl der Expositionsklassen für Parkhäuser wurde in den letzten Monaten intensiv in der Fachwelt diskutiert. Als Ergebnis dieser Diskussion wird der DBV in den nächsten Monaten ein Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ veröffentlichen. Neben der genannten Problematik werden auch weiterführende Nachweise der Dauerhaftigkeit erwähnt.

## About the Exposure Classes in Car Parks

*The paper deals with the application of exposure classes in car parks. The choice of exposure classes has been seen as a problem over the last few months and has been intensively discussed among experts. The DBV will soon publish a bulletin not only to deal with this problem but to cover the entire field of multi-storey car parks and underground car parks as well. Additionally other types of proofs of durability are mentioned in this paper.*

## 1 Einleitung

Bauwerke sind technische Erzeugnisse, die im Vergleich zu allen anderen technischen Erzeugnissen die längste

Nutzungsdauer aufweisen. Ein Beispiel für ein Stahlbetonbauwerk mit einer großen Nutzungsdauer ist der 1913 in Dresden errichtete Beyerbau (Bild 1). Dieses Bauwerk wird noch heute genutzt. Ein weiteres Beispiel sind Stahlbetonfreileitungsmasten in Bayern, die in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts errichtet wurden. 60 Jahre nach der Errichtung wiesen diese Masten keine größeren Schäden auf [1].

Auch heute können Bauwerke mit einer großen Nutzungsdauer geplant und errichtet werden, wie Tabelle 1 belegt. Allerdings erreichen nicht alle Stahlbetonbauteile die angestrebte Nutzungsdauer. Im Gegensatz zu dem eben genannten erfolgreichen Einsatz von Stahlbetonmasten wurden in der DDR in den 1970er Jahren zeitweise Spannbetonfreileitungsmasten hergestellt, die bereits nach wenigen Jahren große Schäden aufwiesen (Bild 2). Auch andere Stahl- oder Spannbetonkonstruktionen zeigen Schäden, die das Erreichen der geplanten Nutzungsdauer zweifelhaft erscheinen lassen. So weist die Vereinigung der Prüfen Ingenieure für Bautechnik darauf hin, daß mehr als 50 % der Brücken, die in den Jahren 1960 bis 1975 in Deutschland erbaut wurden, beschädigt sind. Hauptursa-



Bild 1. Außenansicht und Innendetail des Beyerbaus (errichtet 1913 – Photos 2004)

Fig. 1. Exterior view and indoor detail of the Beyerbau (erected 1913 – picture taken 2004)

**Tabelle 1. Entwurfsnutzungsdauer von Bauwerken nach Eurocode 1 [2]**  
**Table 1. Design lifetime of buildings according to the Eurocode 1 [2]**

| Entwurfsnutzungsdauer in Jahren | Beispiele  |
|---------------------------------|--|
| 1 ... 10                        | Tragwerke mit befristeter Standzeit                          |
| 10 ... 25                       | austauschbare Teile, wie Kranbahnträger und Lager            |
| 15 ... 30                       | Landwirtschaftlich genutzte Tragwerke                        |
| 50                              | Hochbauten und andere gebräuchliche Tragwerke                |
| 100                             | monumentale Hochbauten, Brücken und andere Ingenieurbauwerke |

che für Schäden sind hierbei die zu geringe Betondeckung der Betonstahlbewehrung sowie nicht oder nicht ausreichend verpreßte Hüllrohre [3].

Dem Widerspruch zwischen der beobachteten und der geplanten Nutzungsdauer von Stahlbetonbauteilen hat man sich nach umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen (z. B. [4]) verstärkt in der neuen DIN 1045-1 zugewandt. Dies geschieht nicht zuletzt, um dem Baumaterial Stahl- und Spannbeton langfristig eine gute Ausgangsposition im Wettbewerb der Baustoffe zu sichern, da Beton im Vergleich zu anderen Baustoffen i. d. R. eine hohe Dauerhaftigkeit zeigt. Auf der anderen Seite darf die explizite Bewertung der Dauerhaftigkeit nicht zu einer eminenten Erhöhung der Kosten beim Einsatz des Materials führen.

*Beim Nachweis der Dauerhaftigkeit werden alle potentiell dauerhaftigkeitsbegrenzenden Einwirkungen erfaßt.*

Die Betonung der Dauerhaftigkeit bei der Planung und Ausführung von Stahl- und Spannbetonbauwerken zeigt sich in der neuen Norm in der Gleichwertigkeit der Dauerhaftigkeitsanforderungen mit den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit. Die Zeitabhängigkeit ausgewählter

**Tabelle 2. Einwirkungen auf Konstruktionsbeton**  
**Table 2. Types of attacks for concrete**

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| Chemische Einwirkung     | Korrosion des Bewehrungsstahls im Beton | Karbonatisierung<br>Chloridangriff                           |
|                          | Zerstörung der Betonmatrix              | Säureangriff<br>Sulfatangriff<br>Alkalireaktion              |
| Physikalische Einwirkung |   | Frost- und Frost-Tausalzangriff<br>Abrieb<br>Last<br>Anprall |



**Bild 2. Spannbetonmast, erbaut in den 1970er Jahren, Zustand nach wenigen Jahren**

**Fig. 2. Pre-stressed concrete mast, erected during the 1970s, picture taken only a few years after erection**

Materialeigenschaften für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wird aus diesen herausgelöst und gesondert betrachtet. Dies erscheint insofern sinnvoll, da bei der Untersuchung der Dauerhaftigkeit mehr Einwirkungen berücksichtigt werden müssen als bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Vielmehr können die dort berücksichtigten Einwirkungen als ein Sonderfall der dauerhaftigkeitsbegrenzenden Einwirkungen verstanden werden. Beim Nachweis der Dauerhaftigkeit werden alle Einwirkungen auf das Verbundmaterial Stahlbeton erfaßt. Eine mögliche Klassifizierung dieser Einwirkungen gemäß DIN 1045-1 ist in Tabelle 2 dargestellt.

Nur zwei der in Tabelle 2 aufgeführten Einwirkungen, nämlich die Lasteinwirkung und der Anprall als eine Sonderform der Last, werden heute i. d. R. über statische Berechnungen nachgewiesen. Aber auch für die anderen Einwirkungen sind rechnerische Nachweise in Form des Vergleiches von Einwirkung und Widerstand möglich

Tabelle 3. Prinzipielle Darstellung der Formelapparate für die rechnerische Durchführung von Dauerhaftigkeitsnachweisen nach [6] bis [8]

Table 3. Summary of formula's for the numerical proof of durability [6] to [8]

| Einwirkung                      | Nachweisgleichung   |
|---------------------------------|---|
| Sulfatangriff                   | $c \geq x(t) = k \cdot t^a$   |
| Alkali-Silica-Reaktion          | $c \geq x(t) = t_0 + k \cdot t_1^a$   |
| Frost- und Frost-Tausalzangriff | $N_t \geq N = t_0 + k_0 \cdot R$  |
| Karbonatisierung                | $c \geq x_c(t) = \sqrt{2 \cdot k_e \cdot k_c \cdot (k_t \cdot R_{ACC,0}^{-1} + \epsilon_t) \cdot \Delta C_s} \cdot \sqrt{t} \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right)^w$                                       |
| Chloridangriff                  | $t_a \geq t_i = \left[ \left( \frac{2}{x} \operatorname{erf}^{-1} \left( 1 - \frac{C_{cr}}{C_s} \right) \right)^{-2} \frac{1}{D_0 \cdot k_{e,cl} \cdot k_{c,ct} \cdot t_0^n} \right]^{\frac{1}{1-n}}$ |

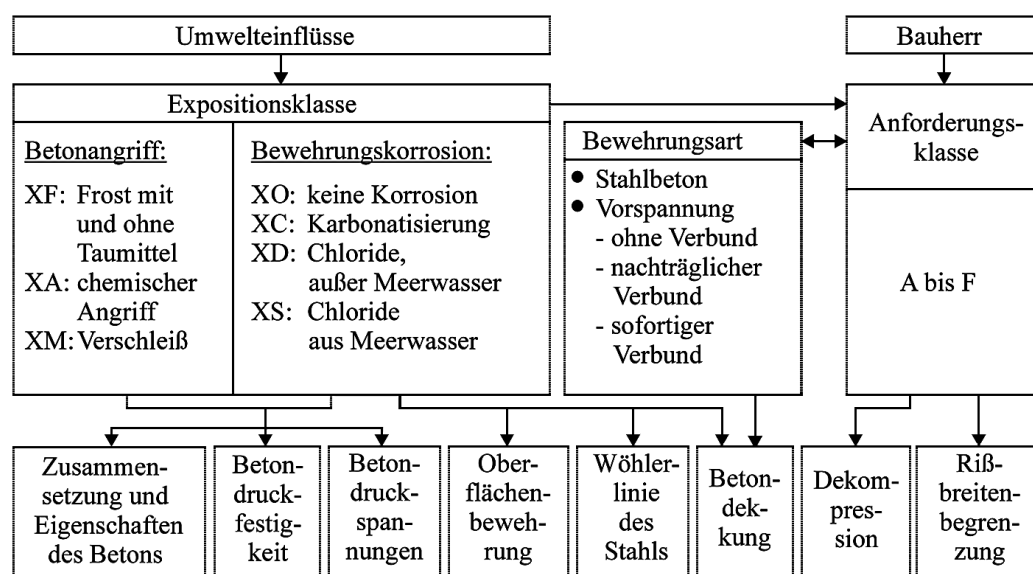


Bild 3. Nachweiskonzept der DIN 1045-1 für die Dauerhaftigkeit

Fig. 3. Concept of proof of durability according to the DIN 1045-1

(Tabelle 3) [5], [6]. Für einige dieser Nachweise existieren semi-probabilistische Sicherheitskonzepte mit charakteristischen Werten und Teilsicherheitsfaktoren entsprechend der neuen Normengeneration [7], [8].

Das mit der DIN 1045-1 für den Betonbau eingeführte semi-probabilistische Normenkonzept für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurde aber nicht für Nachweise der Dauerhaftigkeit übernommen. Stattdessen wurde ein sogenanntes deskriptives Konzept eingeführt. Dieses Konzept beinhaltet die Regelung maßgebender konstruktiver Größen des Stahlbetonbauteiles, die die Dauerhaftigkeit des Bauteiles sicherstellen sollen. Unter einem dauerhaften Tragwerk versteht man gemäß DIN 1045-1 [11] ein Tragwerk, das „während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften bei einem angemessenen Instandhaltungsaufwand erfüllt“. Ein rechnerischer Nachweis wird umgangen. Die Regelung maßgebender

konstruktiver Größen erfolgt über die Festlegung von Expositionsklassen und Anforderungsklassen, die die dauerhaftigkeitsbeschränkenden Einwirkungen erfassen. Bild 3 faßt die Vorgehensweise zusammen. Die Idee der Expositionsklassen findet sich auch in früheren Vorschriftenwerken, wie z. B. dem Einheitlichen Technischen Regelwerk Beton (ETV Beton [12]), das in den 1980er Jahren in der DDR eingeführt wurde. Dort wurden für verschiedene dauerhaftigkeitsrelevante Einwirkungen sogenannte Beanspruchungsklassen verwendet. Es sei erwähnt, daß die Dauer dieser Einwirkungen bereits rudimentär bei den Beanspruchungsklassen berücksichtigt werden konnte.

So einfach sich die Anwendung der Expositionsklassen und der Anforderungsklassen in der Theorie gestaltet, so schwierig gestaltet sich die Auswahl für den planenden Ingenieur im Detail. Insbesondere bei Bauwerken mit besonders hohen Dauerhaftigkeitsanforderungen, wie z. B. bei Parkhäusern, führt die Anwendung der Expositionsklassen zu Schwierigkeiten. Dies äußert sich schon allein im umfangreichen Schriftwerk zu diesem Thema. Ne-



ben dem Deutschen Ausschuß für Stahlbeton, der innerhalb der Hefte 525 mit Erläuterungen zur DIN 1045-1 [13] und 526 mit Erläuterungen zur DIN 1045-2 [14] auf die Wahl der Expositionsklassen für Parkhäuser eingegangen ist, erarbeitet auch der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein E.V. ein Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [15], das den planenden Ingenieur bei der Auswahl der Expositionsklassen bei Parkhäusern unterstützen soll. Auf die Auswahl von Expositionsklassen für ausgewählte Bauteile aus Stahl- oder Spannbeton in Parkhäusern wird im folgenden näher eingegangen. Dabei treten vier dauerhaftigkeitsbegrenzende Einwirkungen auf: karbonatisierungsinduzierte Korrosion, chloridinduzierte Korrosion, Frost-Tausalzbeanspruchung und Abrieb.

## 2 Expositionsklassen für Parkhäuser

Zunächst erfolgt eine Unterscheidung zwischen direkt befahrenen Bauteilen und nicht direkt befahrenen Bauteilen, wie z. B. Stützen und Wände (Bild 4). Diese Unterscheidung ist für die Wahl der jeweiligen Expositionsklasse notwendig, um die Beaufschlagung der Bauteile mit dauerhaftigkeitsbegrenzenden Einwirkungen qualitativ zu erfassen. Im weiteren erfolgt eine Beurteilung der Zutrittsmöglichkeiten von Feuchtigkeit zum Bauteil. Der Zugang der Feuchtigkeit beschreibt implizit auch den Zugang anderer dauerhaftigkeitsbeschränkender Einwirkungen, wie z. B. der Chloridmigration und die damit verbundene Bewehrungskorrosion. Für den Zugang der Feuchtigkeit werden fünf verschiedene Fälle unterschieden (Tabelle 4). Fall ① beschreibt den ungehinderten Zutritt von Feuchtigkeit über Risse zur Bewehrung. Dieser Fall wird in der DIN 1045-1, Tabelle 3 durch die Fußnote b für direkt befahrene Parkdecks ausgeschlossen. Im Gegensatz zu Heft 525 wird hier die Verwendung von nichtrostender Bewehrung als ein Sonderfall des Falls ① angesehen. Fall ② beschreibt ein an der befahrenen Oberfläche ungerissenes Betonbauteil. Diese Lösung erscheint nach DIN 1045-1, Tabelle 3, Fußnote b zunächst nicht möglich. Heft 525 gestattet jedoch den Fall des ungerissenen Betons für die Oberseite von direkt befahrenen Parkdecks in den Erläuterungen zur Fußnote b. Die Rißfreiheit auf der befahrenen Seite des Parkdecks kann z. B. über die Wahl eines

statisch bestimmten Systems oder über den Eintrag zusätzlicher rißvermeidender Kräfte in Form von Vorspannung erfolgen. Im üblichen Hochbau, insbesondere bei Parkdecks, führt dies i. a. nicht zu praxisgerechten Lösungen. Die Forderung der Rißfreiheit entspricht damit z. B. dem Nachweis der Rißfreiheit bei der Prüfung der Undurchlässigkeit von Fu-Beton [16]. Auch dort wird zwischen gerissenem und ungerissenem Beton unterschieden, wobei keine konstruktiven Empfehlungen wie in der DIN 1045-1 bzw. im Heft 525 ausgesprochen werden. Allerdings weist Heft 525 auch darauf hin, daß es sich nicht im eigentlichen Sinne um den Nachweis der Rißfreiheit, als vielmehr um ein Anforderungspaket handelt, das z. B. auch die Anwendung hochdichter Betone und die regelmäßige Überwachung umfaßt.

*Für den Zugang der Feuchtigkeit werden fünf verschiedene Fälle unterschieden.*

Um diese weiteren Anforderungen zu verringern, darf gemäß Fußnote b eine rißüberbrückende Beschichtung aufgebracht werden, die den Feuchtigkeit Zutritt und damit die Chloridmigration zur Bewehrung maßgeblich erschwert (Fall ② a). Angaben zur Auswahl von jeweiligen Beschichtungen sind im Betonkalender 2004 [17] zu finden. Eine Zusammenstellung möglicher Schutzmaßnahmen wird außerdem im DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [15] zu finden sein.

Da aber die Lebensdauer der Beschichtungen in Parkhäusern nur ca. 1/10 bis 1/5 der planmäßigen Nutzungsdauer des Parkhauses beträgt, schlagen sich die Vorteile der eingeschränkten Chloridmigration bei beschichteten Parkdecks nur dann in den Expositionsklassen nieder, wenn diese Beschichtungen gewartet und instandgehalten werden (Fall ③). Die Wartung und Instandhaltung ist gemäß Heft 525 [13] zu planen und hat mit der notwendigen Sorgfalt zu erfolgen.

Die Notwendigkeit für diese Maßnahmen kann durch den Einbau einer nachhaltigen Abdichtung, z. B. im Sinne der ZTV-ING, umgangen werden (Fall ④). Dann kann davon ausgegangen werden, daß die Lebensdauer der Abdichtung etwa der geplanten Lebensdauer des Parkdecks entspricht und in der Tat der Feuchtigkeit Zutritt und damit die Chloridmigration anhaltend behindert werden. Es dürfen dann die entsprechenden Expositionsklassen ohne die dauerhaftigkeitsbegrenzenden Einwirkungen gewählt werden. I. d. R. ergeben sich damit die Expositionsklassen aus den Einwirkungen der Bauteil-Unterseite.

Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, dauerhaftigkeitsbeschränkenden Einwirkungen den Zugang zu den Bauteilen anderweitig zu verschließen. Dies kann z. B. durch eine vorgeschaltete Waschanlage für die das Parkhaus befahrenden Fahrzeuge erfolgen und wäre als Fall ⑤ anzusehen. Der Beweis der Praxistauglichkeit dieser Lösung wäre noch zu erbringen. Es handelt sich dann auch nicht mehr um eine parkhauspezifische Dauerhaftigkeitsbelastung.

Für die endgültige Auswahl der Expositionsklassen ist nur noch zu entscheiden, ob die Bauteile bewittert oder

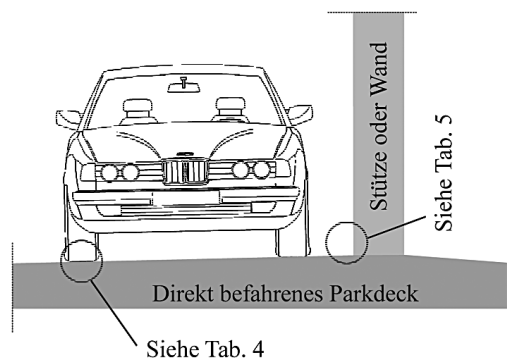
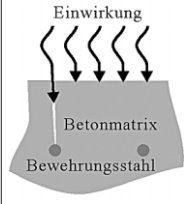
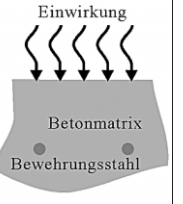
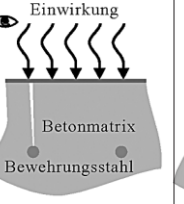
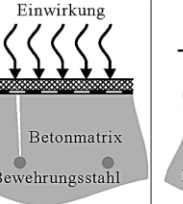
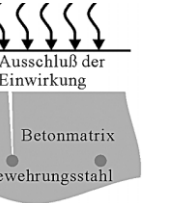
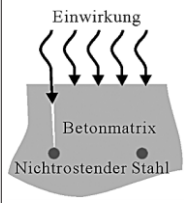
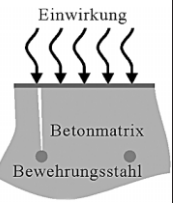
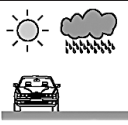
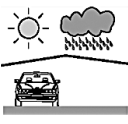


Bild 4. Einteilung direkt befahrenes Parkdeck sowie Stütze und Wände

Fig. 4. Distinction between park slab with traffic contact and column or wall

Tabelle 4. Expositionsklassen für verschiedene Lösungen der Oberflächenausbildung direkt befahrener Parkdecks  
Table 4. Exposure classes for different types of technical surface solution for park slabs with traffic contact

| Oberflächenausbildungen für direkt befahrene Parkdecks |  |   | Parkhaustypische Fälle   |  |  |   |  |
|--|--|---|--|--|--|---|--|
|  |  |   | Fall ①:<br>Risse möglich<br>– nicht zulässig<br>für direkt<br>befahrene<br>Parkdecks | Fall ②:<br>besondere<br>Maßnahmen<br>zum Schutz des<br>Bauteils durch<br>den Nachweis<br>der Rißfreiheit | Fall ③:<br>rißüberbrückende<br>Beschichtung mit<br>regelmäßiger<br>Überwachung<br>und Erneuerung | Fall ④:<br>Abdichtung<br>in Anlehnung<br>an ZTV-ING                                 | Fall ⑤:<br>Ausschluß der<br>maßgebenden<br>dauerhaftigkeits-<br>beschränkenden<br>Einwirkung |
|  |  |   |     |                         |                |  |           |
|  |  |   | Fall ① a:<br>Einbau<br>nichtrostenden<br>Stahls                                      | Fall ② a:<br>rißüber-<br>brückende<br>Beschichtung   |  |   |  |
|  |  |   |    |                        |  |   |  |
| Expositionsklassen                                     | karbonatisierungs-<br>induzierte<br>Bewehrungskorrosion  |   |  | XC4  | XC3<br>(von Bauteil-<br>unterseite)  | XC3<br>(von Bauteil-<br>unterseite)   | XC3<br>(von Bauteil<br>unterseite)   |
|  | chloridinduzierte<br>Bewehrungskorrosion,<br>ausgenommen<br>Meerwasser   |   |  | XD3  | XD1  |   |  |
|  | Betonangriff durch<br>Frost mit Taumittel<br> |   | XF4  | XF4  | kein relevanter Frostangriff wegen fehlender<br>Durchfeuchtung des Betonporenvolumens            |   |  |
|  |  |  | XF2  | XF2  | kein relevanter Frostangriff wegen fehlender<br>Durchfeuchtung des Betonporenvolumens            |   |  |
|  | Betonangriff<br>durch Verschleiß-<br>beanspruchung   |   |  | eventuell XM1  |  |   |  |

unbewittert sind. Mit dieser Entscheidung erfolgt die Festlegung der Expositionsklasse für den Frost- bzw. Frost-Taumittelangriff. Damit können die Expositionsklassen für die genannten dauerhaftigkeitsbeschränkenden Einwirkungen in Abhängigkeit von der Oberflächenausbildung des befahrenen Parkdecks ausgewählt werden (Tabelle 4).

Nach der Diskussion der Expositionsklassen für die Oberseite der direkt befahrenen horizontalen Parkdecks muß eine Festlegung der Expositionsklassen für die aufgehenden Bauteile erfolgen. Im Gegensatz zu Fahrzeugver-

kehr auf Brücken mit hohen Geschwindigkeiten weisen die Fahrzeuge in Parkhäusern nur eine geringe Geschwindigkeit auf. Dies ergibt sich aus dem Nebeneinander von Fahrzeugen und Fußgängern, aber auch administrativ durch die Festlegung von Geschwindigkeitsbegrenzungen in den Parkhäusern.

Aufgrund der hohen Geschwindigkeit der Fahrzeuge auf Brücken befinden sich große Teile des Überbaus im chloridhaltigen Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich. Aufgehenden Bauteilen direkt am Fahrbahnrand wird an Fernstraßen die Expositionsklasse XD3 und nicht direkt

Tabelle 5. Expositionsklassen für Brücken und für Innenstützen und Innenwände in Parkhäusern nach [13], [17]

Table 5. Exposure classes vertical structural elements for bridges and exposure classes for indoor columns or indoor walls for car parks [13], [17]

|                            | Brücken   |   | Parkhäuser  |
|----------------------------|---|---|---|
|                            | lotrechtes Bauteil ausschließlich im Sprühnebelbereich (Überbauten) | lotrechtes Bauteil im Spritzwasserbereich (Widerlager, Pfeiler) | kein Spritzwasser, kein Sprühnebel, aber stehendes chloridhaltiges Wasser möglich |
| Brücken                    | XC4, XD1, XF2   | XC4, XD2, XF2   |   |
| Bauteil am Hochpunkt       |   |   | XC3, XF2  |
| Bauteil nicht am Hochpunkt |   |   | XC4, XD3, XF2   |

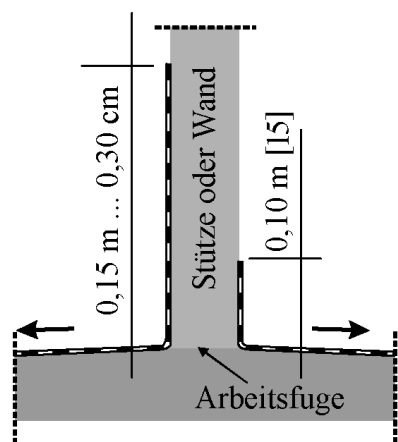


Bild 5. Aufkantungshöhe von Beschichtungen an lotrechten Bauteilen

Fig. 5. Upstand for coating of columns or walls in car parks

am Fahrbahnrand befindlichen Bauteilen die Expositionsklasse XD2 zugeordnet [18]. Weitere Angaben werden z. B. in [19] diskutiert (Tabelle 5).

In Parkhäusern weisen dagegen die Fahrzeuge eine deutlich geringere Geschwindigkeit auf. Deshalb muß in Parkhäusern nicht mit dem Auftreten von chloridhaltigem Sprühnebel gerechnet werden. Des weiteren wird davon ausgegangen, daß in Parkhäusern planmäßig kein Spritzwasser auftritt, wenn die Ebenheits- und Gefälleanforderungen erfüllt werden. Damit existiert für aufgehende Bauteile keine Chloridbelastung. Es ist dennoch notwendig, lokale Bereiche von aufgehenden Bauteilen zu schützen, in die chloridhaltiges Wasser eindringen kann. Dies sind im Regelfall Bereiche, in denen durch Pfützenbildung über längere Zeit relevante Wassermengen auftreten können. Nach [15] wird deshalb prinzipiell empfohlen, eine auf dem horizontalen Bauteil aufgetragene Schutzmaßnahme über eine Hohlkehle am aufgehenden Bauteil bis auf eine Höhe von mindestens 0,10 m zu führen (Bild 5). Teilweise wird auch eine Aufkantungshöhe von 0,15 bis 0,30 m empfohlen. Da die Aufkantungsanforderungen von 0,30 m für Außenbauteile gelten, kann sicherlich in Parkhäusern eine Verringerung erfolgen. Bei der Ausbildung der Aufkantung ist darauf zu achten, daß eine Hohlkehle ausgebildet wird.

Die Expositionsklassen für die Stützen ergeben sich genau wie beim Parkdeck wieder aus den Zutrittsmöglichkeiten des Wassers. Für die Unterseite der Parkdecks kann der Zutritt von Wasser ausgeschlossen werden. Es ist deshalb dort die Expositionsklasse XC3 anzusetzen.

Die Reißbreite als Widerstandsgröße der Dauerhaftigkeit von Betonbauten wird in diesem Beitrag nicht diskutiert, da der DBV auch dazu ein Merkblatt vorbereitet.

### 3 Fazit

Auch wenn sich die Umsetzung des deskriptiven Dauerhaftigkeitskonzeptes gelegentlich in der Praxis schwieriger gestaltet als erwartet, so darf die stärkere Wahrnehmung der Dauerhaftigkeit der Stahlbetonkonstruktionen in der neuen Norm insgesamt als eine Stärkung des Baustoffes angesehen werden.

Die erhöhten Anforderungen an die Dauerhaftigkeit des Betons zeigen sich besonders im Vergleich zu den historischen Normen [20]. So sind die Betondeckungen nach dem Einheitlichen Technischen Vorschriftenwerk Beton durchgehend um 5 bis 10 mm geringer als das Mindestmaß der Betondeckung nach der DIN 1045-1 [21]. Auch die Entscheidung für das einfachere deskriptive Konzept anstelle der rechnerischen Nachweise, die sicherlich in speziellen Fällen angewendet werden können, erscheint aus heutiger Sicht korrekt. Noch sind nicht alle Fragen bezüglich der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonkonstruktionen geklärt. Erwähnt sei hier nur die Entdeckung der Mikro-Eislinsenpumpe durch Setzer [22] vor wenigen Jahren. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Problematik der Dauerhaftigkeit von Bauwerken erkannt und zahlreiche Forschungsprojekte, wie z. B. das Schwerpunktprogramm 1122 mit dem Titel „Vorhersage des zeitlichen Verlaufs von physikalisch-technischen Schädigungsprozessen an mineralischen Werkstoffen“ oder den Sonderforschungsbereich 398 „Lebensdauerorientierte Entwurfskonzepte unter Schädigungs- und Deteriorationsaspekten“ ins Leben gerufen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden sicherlich zu einer verbesserten numerischen Simulation der dauerhaftigkeitsbeschränkten Prozesse beim Konstruktionsbeton führen und die Grundlage für die zusätzlich möglichen numerischen



Nachweise der Dauerhaftigkeit im Stahlbetonbau in zukünftigen Normen legen.

## Literatur

- [1] Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke – VDEW – E.V.: Der Schleuderbetonmast im Freileitungsbau. Bericht über Betriebserfahrung, Ursachen und Erscheinungsformen von Schäden, Verfahren für deren Behandlung sowie Folgerung für Bemessung und Fertigung. Frankfurt am Main: VDEW-Verlag, 1989.
- [2] Entwurf prEN 1990 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung. Europäisches Komitee für Normung CEN, Brüssel, Januar 2001.
- [3] Der Prüfeningenieur: Nachrichten. April 2004, Seite 7.
- [4] Nürnberger, U. et al.: Korrosion von Stahl in Beton (einschließlich Spannbeton). Heft 393 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Berlin, Köln: Beuth Verlag GmbH 1988.
- [5] Schießl, P.: Bemessung auf Dauerhaftigkeit – Brauchen wir neue Konzepte? Vorträge Betontag 1997, Deutscher Beton-Verein E.V., Wiesbaden 1997, Seite 210–221.
- [6] Schießl, P., Hergenröder, M., Künzel, H. M., Möller, J. S., Nilsson, L. O. and Siemes, T.: New Approach to Durability Design. An example for carbonation induced corrosion. CEB Bulletin d'Information 238, May 1997, Comité Euro-International du Béton Lausanne 1997.
- [7] Curbach, M., Müller, H. und Proske, D.: Kritische Betrachtung des Vorschlages der Teilsicherheitsfaktoren für den Nachweis der Dauerhaftigkeit von Beton bei Chloridangriff. Jahresmitteilungen 2000, Schriftenreihe des Institutes für Tragwerke und Baustoffe. Heft 12, Technische Universität Dresden, Seite 66–79.
- [8] Gehlen, C.: Probabilistischer Ansatz zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von bestehenden Stahlbetonbauten. Heft 510 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Beuth Verlag, Berlin 2000.
- [9] Enright, M. P., Frangopol, D. M. and Gharaibeh, E. S.: Reliability of Bridges under Aggressive Conditions. Application of Statistics and Probability (ICASP 8), Sydney, 1999, Band 1, Seite 323–330.
- [10] Comité Euro-International du Béton Bulletin 238: New Approach to Durability Design, An example for carbonation induced corrosion. May 1997.
- [11] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Ausgabe Juli 2001.
- [12] Drigert, K.-A. und Gerstner, H.: Erläuterungen zum ETV Beton. VEB Verlag für Bauwesen Berlin, Berlin 1983.
- [13] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Erläuterungen zu DIN 1045-1. Heft 525, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003.
- [14] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226. Heft 526, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003.
- [15] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen. In Vorbereitung.
- [16] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton im DIN: Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. – Ausgabe September 1996, Berlin, Köln: Beuth Verlag GmbH, 1996.
- [17] Curbach, M., Ehmann, J., Köster, T., Proske, D., Schmohl, L. und Taferner, J.: Parkhäuser. Betonkalender 2004, Seite 1–154.
- [18] Reinhardt, H.-W.: Beitrag 1-1 – Expositionsclassen und Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Erläuterungen

zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226, Heft 526, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003, Seite 59–67.

- [19] Wiens, U.: Konzept der Dauerhaftigkeit von Beton. Einführung in die DIN-Fachberichte, Teil 1: Beton. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit und Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Massivbau, Dresden 2002.
- [20] Litzner, H.-U. und Meyer, L.: Betonbau – nur eine Symbiose aus Bemessung/Konstruktion und Baustofftechnologie? – In: Schießl, P., Heinz, D. (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Peter Schießl. Schriftenreihe Baustoffe des Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der Technischen Universität München, Heft 2/2003, ISSN 0940-886X, S. 113–124.
- [21] Bordewil, A.: Ein Vergleich zwischen dem Einheitlichen Vorschriftenwerk (ETV) Beton und der DIN 1045-1 unter Berücksichtigung der DIN 1055-100 (Lastannahmen). Juli 2004, Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Massivbau.
- [22] Setzer, M. J.: Frostschaden – Grundlagen und Prüfung, Beton- und Stahlbetonbau (2002), 97. Jg., H. 7, S. 350–359.



Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach  
Technische Universität Dresden  
Institut für Massivbau  
01062 Dresden  
Manfred.Curbach@mailbox.tu-dresden.de



Dipl.-Ing. Hendrik Zaus  
Bautest GmbH  
Mühlmähdweg 25a  
86167 Augsburg  
zaus@bautest.de



Dr.-Ing. Peter Henke  
henke + rapolder  
Ingenieurgesellschaft mbH  
Isabellastraße 16  
80798 München  
ph@hera-ing.de



Dipl.-Ing. Lars Meyer  
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.  
Kurfürstenstraße 129  
10785 Berlin  
meyer@betonverein.de



Dr.-Ing. Dirk Proske  
Technische Universität Dresden  
Institut für Massivbau  
01062 Dresden  
Dirk.Proske@mailbox.tu-dresden.de