

Konstruktionsregeln für Tiefgaragen in Stahlbetonbauweise

Klaus Schöppel, München

Gerhard Stenzel, München

Die Planung und Konstruktion von Tiefgaragen erfordert detaillierte Kenntnisse hinsichtlich der Beanspruchung der einzelnen Bauteile. In diesem Aufsatz werden bewährte Konstruktionsregeln dargestellt, durch die die Anforderungen an Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit erfüllt werden können. Die Konstruktionsmöglichkeiten nach der alten DIN 1045:1988-07 und der neuen DIN 1045:2001-07 werden gegenübergestellt und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauweisen diskutiert.

Rules for Designing Underground Car Parks in Reinforced Concrete

The planning and design of underground car parks requires detailed knowledge concerning the strains to which the individual components will be subjected. This report describes tried and tested design rules enabling the designers and construction companies to fulfil requirements regarding stability, serviceability and durability. The design options provided for in the old DIN 1045:1988-07 and the new DIN 1045:2001-07 are compared, and the advantages and disadvantages of the different construction methods discussed.

1 Allgemeines

In den letzten 25 Jahren traten in Tiefgaragen aus Stahlbeton Schäden auf, die meist eine sehr kostenintensive Instandsetzung erforderten. Aber auch bei Neubauten sind vermehrt Mängel festgestellt worden, die zwar noch nicht zu gravierenden Schäden geführt haben, aber im Rahmen der Gewährleistung unter erheblichem Kostenaufwand instandgesetzt werden mußten. Die Ursachen für diese Mängel sind größtenteils durch eine unvollständige Ausführungsplanung bedingt. Während die statische Berechnung der Tiefgaragen hinsichtlich der Tragfähigkeit i. a. ordnungsgemäß erfolgt, werden häufig die Einflüsse auf die Dauerhaftigkeit von den Objektplanern und den Tragwerksplanern nicht angemessen beachtet. Obwohl entsprechende Maßnahmen zur Sicherung der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonkonstruktionen seit langem in den Normenwerken, Richtlinien und zahlreichen Fachaufsätzen vorgegeben sind, ignorieren Bauherren und Planer die Notwendigkeit von derartigen Maßnahmen. Am Ende wird von den ausführenden Unternehmen verlangt, ein dauerhaftes Bauwerk ohne die hierzu erforderlichen planerischen Vorgaben zu erstellen und auch dafür zu gewährleisten. Die ausführenden Unternehmen sind hiermit häufig überfordert.

Ziel dieses Aufsatzes ist es, die bekannten Konstruktionsregeln von Tiefgaragen in Stahlbetonbauweise für alle am Bau Beteiligten zusammenfassend darzustellen.

2 Anforderungen an Tiefgaragen

An die Gestaltung und Konstruktion von Tiefgaragen werden vielfältige Anforderungen gestellt. So sollen Tiefgara-

gen und deren Zufahrten übersichtlich und gut beleuchtet sein und eine leichte Orientierung ermöglichen [1]. Die Erfüllung dieser Anforderungen obliegt, ebenso wie die Erfüllung der baurechtlichen Anforderungen, im Regelfall dem entwerfenden Objektplaner. Diese baurechtlichen Anforderungen regeln die Länderbauordnungen und die zugehörigen, länderspezifischen Garagenverordnungen, z. B. [2].

Bei der Planung von Tiefgaragen sollten Objekt- und Tragwerksplaner von Anfang an eng zusammen arbeiten.

Hierin werden Anforderungen an die Stellplatzgrößen und -anordnungen, an die Befahrbarkeit der Rampen, an die Feuerwiderstandsdauer der tragenden Bauteile, an die Fluchtwege und die Zuluft- bzw. Entrauchungsöffnungen gestellt. Parallel zur Planungsverantwortung des Objektplaners überprüfen die Bauaufsichtsämter die Erfüllung dieser Anforderungen vor Erteilung der Baugenehmigung. Zu diesen Mindestanforderungen an Tiefgaragen kommen oft noch weitergehende nutzungsbedingte Anforderungen des Bauherrn hinzu. Dies können z. B. vergrößerte lichte Höhen, größere Stellplätze, breitere Fahrgassen oder höhere Verkehrslasten für spätere Nutzungsänderungen sein. Bei Betrachtung der überwiegenden Mehrzahl der Genehmigungsplanungen (Objektplanung § 15 HOAI) stellt man fest, daß diese Anforderungen i. d. R. eingehalten werden. Leider wird der Tragwerksplaner oft erst nach Anfertigung dieser Genehmigungsplanung hinzugezogen. Der Tragwerksplaner hat dann zwar i. d. R. keine Probleme die Standsicherheit „nachzuweisen“, aber zu seinen Aufgaben gehört auch die Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit und Dau-

erhaftigkeit. Die daraus resultierenden Anforderungen sind vor allem:

- ausreichendes Gefälle im Bereich der befahrenen Flächen,
- planmäßige Entwässerung der Tiefgaragen,
- Festlegung der zutreffenden Expositionsklassen gemäß DIN 1045,
- ausreichende Betondeckung,
- Festlegung von Oberflächenschutzsystemen für direkt beaufschlagte Stahlbetonbauteile,
- Vermeidung von Dehnfugen.

Entwässerung und Gefälleausbildung sind bereits in der Entwurfsplanung zu berücksichtigen.

Insbesondere die Forderungen nach ausreichendem Gefälle und planmäßiger Entwässerung erfordern wegen des höheren Planungs- und Baukostenaufwands ein erhebliches Durchsetzungsvermögen des Tragwerksplaners. Deshalb wäre es besonders bei der Planung von Tiefgaragen wünschenswert, daß der Tragwerksplaner, wie auch in der HOAI [3] vorgesehen, bereits bei der Vor- und Entwurfsplanung (Leistungsphasen 2 und 3) mit eingeschaltet wird. Um später eine zielgerechte und dauerhafte Bauausführung zu erreichen, ist es darüber hinaus notwendig, die genannten Anforderungen an die Konstruktion, die Tragwerksplanung, die Betontechnologie, die Bauausführung, die Beschichtung und die Bauüberwachung im Leistungsverzeichnis bzw. in der funktionalen Baubeschreibung (Leistungsphase 6 der HOAI [3]) so darzustellen, daß dem bauausführenden Unternehmen eine zielsichere Preisbildung nach der VOB [4] möglich ist.

3 Schäden in Tiefgaragen

Um die Notwendigkeit von Konstruktionsregeln zu verdeutlichen, werden nachfolgend Beispiele für die häufigsten Schäden und ihre Ursachen aufgezeigt. Die meisten Schäden entstehen infolge von Planungsmängeln [5, 6].

3.1 Mangelhafte Entwässerung

In vielen Tiefgaragen ist keine planmäßige Entwässerung vorhanden [5, 6]. Dies führt dazu, daß das mit den Fahrzeugen eingeschleppte Niederschlagswasser bzw. der eingeschleppte Schnee nach dem Abtauen großflächig Pfützen am Boden bildet oder sich an Stützen- und Wandfüßen sammelt (Bild 1). Dieses tausalzhaltige und damit chloridhaltige Schmelzwasser (vgl. Abschnitt 4.1) wird dann kapillar vom Beton aufgesaugt. Erste Anzeichen für einen Wassertransport innerhalb der Bauteile sind Farbabbblätterungen und Ausblühungen z. B. an den Stützen- und Wandfüßen, da beim Verdunsten des Wassers die transportierten Stoffe (Chloride und Calciumhydroxid) an der Betonoberfläche auskristallisieren. Durch den Volumenbedarf der auskristallisierten Stoffe wird der Farbanstrich von der Betonoberfläche abgedrückt (Bild 1).



Bild 1 Pfützenbildung entlang einer Stirnwand und Farbabbblätterung am Wandfuß

Fig. 1 Formation of puddles along an end wall and peeling of paint at the base of the wall

3.2 Betondeckung und Stahlkorrosion

Stahlkorrosion kann immer dann auftreten, wenn entweder der Beton bis zur Bewehrung carbonatisiert ist (**carbonatisierungsinduzierte Korrosion**), oder wenn tausalzhaltiges Schmelzwasser im Beton bis zur Bewehrung vorgedrungen ist (**chloridinduzierte Korrosion**). Bedingt durch eine zu geringe Betondeckung, durch mangelhafte Nachbehandlung oder durch Fehlstellen (z. B. Kiesnester an Stützenfüßen) wird der Carbonatisierungsfortschritt und/oder der Chloridtransport zur Bewehrung begünstigt.

Bei der carbonatisierungsinduzierten Korrosion wird durch die chemische Reaktion des Kohlendioxids der Luft mit den Hydroxiden des Betons zu Calciumcarbonat der pH-Wert des Betons von ca. 12,5 auf unter 9 abgesenkt. Dabei wird die im alkalischen Milieu vorhandene Passivschicht des Betonstahls aufgelöst. Der Stahl korrodiert flächig, die Korrosionsprodukte sind bräunlich gefärbt. Aufgrund des höheren Volumenbedarfs der Korrosionsprodukte entstehen im Betongefüge Spannungen, die bei geringer Betondeckung zu Rissen und Betonabplatzungen führen können.

Die gravierendsten Schäden in Tiefgaragen wurden und werden durch die chloridinduzierte Korrosion verursacht. Im Gegensatz zu der carbonatisierungsinduzierten Korrosion sind Chloride bereits im hochalkalischen Milieu in der Lage, die vorhandene Passivschicht des Stahls lokal zu durchbrechen und Korrosion zu erzeugen. Typisch ist der stellenweise tiefe, narbenartige Korrosionsabtrag (Lochfraßkorrosion, Bild 2) und die dunkel- bis schwarz-bläuliche Färbung der Korrosionsprodukte. Oft ist in diesem Zustand bereits eine erhebliche Querschnittsminderung der Bewehrung durch Lochfraß vorhanden und somit die Tragfähigkeit der Bewehrung lokal deutlich vermindert. Ist der Beton auch im Bereich der Bewehrung carbonatisiert, wird die Korrosion beschleunigt. Der größere Volumenbedarf der Korrosionsprodukte führt i. a. zu Rissen und Betonabplatzungen. Das zugehörige Schadensbild tritt häufig an Wand- und Stützenfüßen (Bild 3) und an der Oberseite von befahrenen Flächen sowie an der Untersicht von Zwischendecken auf. Die Zwischendecken von mehrgeschossigen Tiefgaragen



Bild 2 Chloridinduzierte Lochfraß-Korrosion an einem Bewehrungsstab

Fig. 2 Chloride-induced pit corrosion in a reinforcing bar



Bild 3 Risse und sich abzeichnende Betonabplatzung an einem Stützenfuß

Fig. 3 Cracks and the first signs of flaking of the concrete at the base of a support



Bild 4 Deckenuntersicht mit großflächiger Betonabplatzung im und neben dem Reißbereich

Fig. 4 View of underside of a ceiling with extensive flaking of the concrete in and around the crack area

sind besonders gefährdet, wenn tausalzhaltiges Wasser von oben durch Trennrisse bis zur Bewehrung vordringt und sich entlang der Unterseite der Bewehrungsstäbe verteilt. Die Unterseite der Bewehrung stellt einen bevorzugten Sickerweg dar, weil u. a. durch „Bluten“ des Betons sowie durch plastisches Schwinden des Betons in frühem Alter ein minimaler Hohlraum unterhalb der Bewehrungsstäbe entsteht. Hierdurch können sogar an Deckenunterseiten großflächige Betonabplatzungen (Bild 4) entstehen. In diesem Fall ist ein Abbruch des betroffenen Bauteils oftmals nicht mehr zu vermeiden.

4 Konstruktionsregeln für Tiefgaragen

4.1 Allgemeines

In Tiefgaragen ist grundsätzlich von einer Tausalzbeanspruchung auszugehen, auch wenn im Bereich der Tiefgarage selbst kein Tausalz eingesetzt wird. Aus Sicherheitsgründen werden z. B. Autobahnen, Busspuren, stark beanspruchte Kreuzungen, Brücken, u.s.w. i. a. durch Tausalz eisfrei gehalten. Im Winter wird das Tausalz mit dem Schnee und Matsch von den Fahrzeugen aufgenommen und sammelt sich in Form von Schnee- und Eisbrocken in den Radkästen. Beim Abstellen der Fahrzeuge in der Tiefgarage schmelzen der Schnee und das Eis. Das anfallende tausalzhaltige Schmelzwasser dringt in die Betonplatte sowie bei entsprechendem Gefälle zu den Wand- und Stützenfüßen auch in diese ein. Auch wenn man davon ausgeht, daß im Bereich von Parkdecks und Tiefgaragen kein Tausalz gestreut wird, so ist die Tausalzbeanspruchung in Tiefgaragen bzw. überdachten Parkdecks i. a. größer als bei freibewitterten Parkdecks, da das tausalzhaltige Schmelzwasser nicht durch Niederschlagswasser bzw. abtauende Schnee- und Eisschichten auf der Parkdeckoberfläche verdünnt wird.

In Tiefgaragen ist immer mit einer Tausalzbeanspruchung zu rechnen.

Bei den nachfolgenden Konstruktionsregeln wird davon ausgegangen, daß die befahrenen Flächen direkt tausalzbeansprucht sind und die angrenzenden Bauteile durch Spritzwasser belastet werden. Eine Belastung der Bauteile in Tiefgaragen durch Sprühnebel hingegen wird von den Autoren als gering und für die Gefährdung der Dauerhaftigkeit als unbedenklich angesehen.

Neben der Tausalzbeanspruchung kann in Tiefgaragen auch eine Frostbeanspruchung auftreten. Sie ist vor allem von der örtlichen Lage der Tiefgarage und eventuell vorhandener Abwärme von angrenzenden Bauteilen abhängig. Frostgefährdet sind hauptsächlich Ein- und Ausfahrten und die angrenzenden Garagenbereiche sowie die Bereiche der Tiefgarage in der Nähe von Zuluftschächten.

Bei der Konstruktion von Tiefgaragen wird nachfolgend unterschieden zwischen

- Stahlbetonbodenplatten, die tragende und aussteifende und/oder abdichtende Funktionen („Weiße Wanne“) erfüllen sollen,

- Betonbodenplatten, die als Fahrbahnbelag ohne weitere konstruktive Funktion dienen,
- Stahlbetonzwischendecken und
- angrenzende aufgehende Stahlbetonbauteile (Wand- und Stützenfüße),
- Konstruktionen nach der alten DIN 1045:1988-07 [7] und
- Konstruktionen nach der neuen DIN 1045-1 bis 4:2001-07 [8], [9], [10], [11].

4.2 Entwässerung

Um eine ausreichende Entwässerung zu gewährleisten, ist für Bodenplatten bzw. für Zwischendecken ein Gefälle von 2 % vorzusehen (mind. 1,5 % bei besonderer Sorgfalt der Ausführung, z. B. gemäß DIN 18202 [12], Tab. 3, Zeile 4). Während Wasserpfützen im Bereich der Fahrgassen in gewissem Umfang toleriert werden können, sind Pfützen im Bereich der Stellplätze in jedem Fall als Mangel anzusehen. Besonders geeignet zur Sicherung einer ausreichenden Entwässerung ist eine flügelgeglättete, oberflächenfertige, dem planmäßigen Gefälle folgende Stahlbetonplatte. Der nachträgliche Einbau eines Gefällebetons ist bei Neubauten weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll.

Um die Stützen herum und entlang der Wände sollte die Betonoberfläche immer keilförmig erhöht werden, damit anfallendes Oberflächenwasser und auch tausalzhaltiges Wasser nicht zu den tragenden Bauteilen fließen können. Falls sogenannte „Verdunstungsrinnen“ (Bild 5) vorgesehen werden, sollten diese nicht im Bereich von aufgehenden Bauteilen liegen, sondern vorzugsweise in der Mitte der Fahrgasse. Verdunstungsrinnen können ohne Längsgefälle hergestellt werden, zu Reinigungszwecken sollten sie in kleine Pumpensümpfe münden. Wegen der Verringerung der Konstruktionsdicke und einer ausreichenden Betondeckung auch im Bereich der Rinne, beschränkt sich ihre Einsatzmöglichkeit i. d. R. auf Bodenplatten. Besser ist die Anordnung von Bodeneinläufen im Abstand von 5,00 m bis 7,50 m entlang einer horizontalen Gefälletiefelinie, wenn die Bodeneinläufe sofort einbetoniert werden und immer dort angeordnet werden, wo die größte Durchbiegung bzw. Setzung zu erwarten ist. Bei Zwischendecken empfiehlt sich immer der Einbau von Bodenabläufen entlang einer horizontalen Gefälletiefelinie. Bei dieser Lösung entsteht durch die Anordnung der Bodenabläufe in Feldmitte infolge der Deckendurchbie-

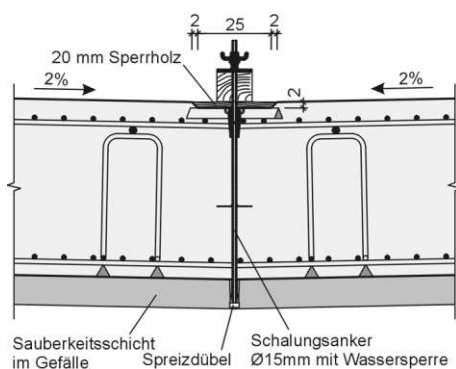


Bild 5 Schalungsmöglichkeit für eine offene Verdunstungsrinne
Fig. 5 Formwork solution for an open evaporation channel

gung naturgemäß ein geringes Gefälle zu den Bodenabläufen hin. Dennoch sind kleine Pfützen in der Tiefelinie nicht gänzlich zu vermeiden. Diese Pfützen in den Fahrgassen stellen – wie oben angeführt – jedoch keinen Mangel dar.

4.3 Fugenausbildung

Dehnfugen sollten grundsätzlich vermieden werden (z. B. gemäß *Pfefferkorn et al.* [13]). Falls dies nicht möglich ist, sind Dehnfugen möglichst geradlinig und mit ausreichendem Abstand zu vertikalen Bauteilen und eventuell vorhandenen Entwässerungseinrichtungen zu planen. Dabei ist detailliert vorzugeben, wie die Dehnfugen von oben her wasserdicht geschlossen werden. Im Bereich von Fahrgassen und Stellplätzen sind wasserdichte, befahrbare Fugenkonstruktionen (Bild 6) erforderlich, die auch an eventuell angrenzenden Bauteilen entsprechend hochgeführt werden müssen.

Bei unbewehrten Bodenplatten ist vom Tragwerksplaner ein Fugenplan für die Anordnung der **Scheinfugen** zu erstellen. Die einzelnen Plattenfelder sollten z. B. nach *Eisenmann/Westergaard* [14], [15] dimensioniert werden. Zu beachten ist, daß durch Scheinfugen tausalzhaltiges Wasser zum Teil zu tragenden Bauteilen geleitet wird. Kann dies nicht vermieden werden (z. B. im Bereich von Stützen), ist auf eine ausreichende und sorgfältig ausgeführte Schutzmaßnahme im Bereich dieser aufgehenden Bauteile besonders zu achten.

Für **Arbeitsfugen** gilt der Grundsatz: je weniger, desto besser. Die Stirnseiten notwendiger Arbeitsfugen müssen analog zu wasserundurchlässigen Bauteilen möglichst rau hergestellt werden. Auf ein fachgerechtes Anbetonieren und Verdichten des Anschlußbetons ist größter Wert zu legen. Darüber hinaus sollten Arbeitsfugen nicht entlang von Verdunstungsrinnen oder Gefälletiefelinien geführt werden.

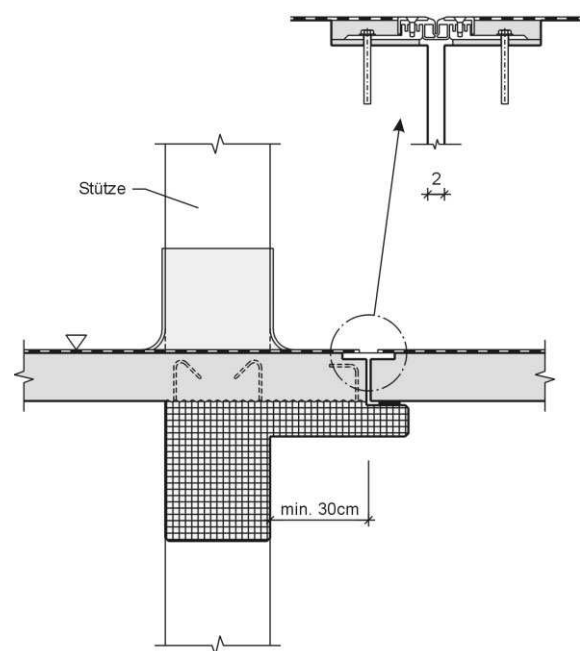


Bild 6 Beispiel einer befahrbaren, wasserdichten Übergangskonstruktion für eine Dehnfuge parallel zu einem Fertigteil-Unterzug
Fig. 6 Example of a traffic-bearing watertight structure for an expansion joint parallel to a prefabricated floor beam

4.4 Betontechnologie

Für die Ausführung von nicht tausalzbeanspruchten Stahlbetonbauteilen für Tiefgaragen (Deckenunterseiten, Wand- und Stützenbereiche oberhalb des Spritzwasserbereichs) ist nach der neuen DIN 1045-1 [8] mindestens ein Beton der Festigkeitsklasse C20/25 (entspricht B25 gemäß der alten DIN 1045 [7]) vorzusehen, der für die Expositionsklasse XC3 geeignet ist. Vorteilhaft ist die Verwendung eines Betons der Festigkeitsklasse C30/37, da die Betondeckung c_{nom} dann von 3,5 cm auf 3,0 cm abgemindert werden kann. Im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit empfiehlt sich Regelkonsistenz KR nach der alten DIN 1045 [7] bzw. F3 nach der neuen DIN 1045-2 [9]. Zur Vermeidung von Kiesnestern ist bei der Betonage von Wänden die Verwendung einer Anschlußmischung sinnvoll. Für die Ausführung von Stützen haben sich in der Praxis Betone mit höherem Zementleimgehalt (i. a. Betone mit höherer Festigkeit, z. B. C35/45), auf jeden Fall aber wegen des häufig hohen Bewehrungsgrades mit einem Größtkorn von höchstens 16 mm bewährt.

Für direkt befahrene Stahlbetonbauteile (Zwischendecken und Bodenplatten) ist nach der neuen DIN 1045-1 unter Berücksichtigung der Expositionsklassen XD3 und XM1 ein Beton C35/45 erforderlich. Trifft die Expositionsklasse XF zusätzlich zu, kann die Betonfestigkeitsklasse auf C30/37 abgemindert werden, wenn Luftporenbeton verwendet wird. Da es sich bei Zwischendecken und Bodenplatten i. a. um zwangsbeanspruchte Bauteile handelt, wäre zur Verminderung der Reißgefährdung im jungen Alter die Verwendung der Betonfestigkeitsklasse C 30/37 geeigneter [16]. Auch der für den Beton C 35/45 maximal zulässige Wasserzementwert von 0,45 für die Expositionsklasse XD3 bewirkt eine erhöhte Reißneigung infolge erhöhten chemischen Schwindens [17]. Daher schlagen die Autoren vor, zu Gunsten einer geringeren Reißneigung auch bei Planung und Ausführung nach der neuen DIN 1045-1 [8] die Betonfestigkeitsklasse C 30/37 zu wählen. Nach der alten DIN 1045 sind neben einer Betonfestigkeit größer/gleich B 25 und den Eigenschaften wasserundurchlässig sowie eventuell hoher Frost- und Tausalzstand keine weiteren Vorgaben zu berücksichtigen.

Wegen des erforderlichen Abriebwiderstands und der erforderlichen Biegezugfestigkeiten sollten bei unbewehrten Betonplatten Betone der Festigkeitsklasse C30/37 (entspricht einem B 35 nach der alten DIN 1045), eventuell mit künstlich eingeführten Luftporen verwendet werden.

Für die direkt befahrenen Stahlbeton- bzw. unbewehrten Betonplatten muß die Betonrezeptur auf die Herstellung einer oberflächenfertigen Fahrbahn abgestimmt sein (Eignungsprüfung erforderlich, bei Bedarf Probeglättung).

Für alle zwangsbeanspruchten Bauteile von Tiefgaragen ist ein Beton mit geringer Reißneigung gemäß *Springenschmid* et al. [16] zu empfehlen. Den geringen Mehrkosten stehen wesentliche Vorteile für die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit gegenüber.

Nach der neuen DIN 1045-3 [10] entsprechen die meisten der für Tiefgaragen geeigneten Betone der Überwachungs-kategorie 2 und müssen somit durch eine anerkannte Überwachungsstelle geprüft werden. Die Betonierarbeiten nach der

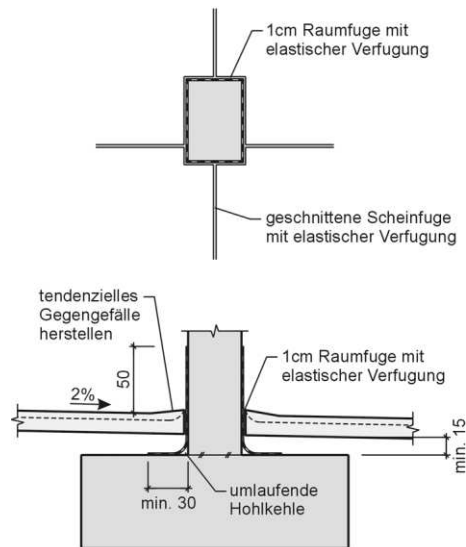


Bild 7 Beispiel einer Fugenausbildung unbewehrter Bodenplatten im Bereich von Stützen

Fig. 7 Sample design of a joint for non-reinforced floor slabs around supports

alten DIN 1045 [7] sollten grundsätzlich als BII-Baustelle ausgeschrieben werden. Die vermeintliche Einsparung der Kosten für die BII-Überwachung führt leider immer wieder zur Anwendung ungeeigneter Betonsorten.

4.5 Betondeckung

Für Tiefgaragen ist gemäß der neuen DIN 1045-1 [8], Tabelle 4 für die Bodenplatte, für die aufgehenden Bauteile und für die direkt mit Tausalz beanspruchten Zwischendecken eine Betondeckung entsprechend Zeile 3 erforderlich (c_{nom} 5,5 cm). Derart große Betondeckungen führen außer bei tragenden Bodenplatten zu unwirtschaftlich großen Konstruktionsdicken.

Nach der alten DIN 1045 [7] Abschnitt 13.3 kann die Betondeckung reduziert werden, wenn geeignete Schutzmaßnahmen ausgeführt werden. Diese Möglichkeit findet sich in der neuen DIN 1045 [8], [9], [10], [11] explizit nicht mehr. In der neuen DIN 1045-1 [8] werden die Expositionsklassen entsprechend dem Angriffsgrad (Bewehrungskorrosion und Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel sowie chemischer Angriff der Umgebung) vorgegeben. Die meisten Angriffe auf die Bewehrung und den Beton sind durch kapillare Wasseraufnahme verbunden mit einem Transport von Schadstoffen („Huckepackeffekt“ [18]) ins Betongefüge bedingt. Wird jedoch die kapillare Wasseraufnahme in das Betongefüge durch geeignete Schutzmaßnahmen dauerhaft unterbunden, so scheidet ein Großteil der Schädigungsmechanismen aus.

Während beim Nachweis der Tragfähigkeit durch Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten versucht wird, die tatsächliche Belastung und die Materialkennwerte wirklichkeitsnaher zu erfassen, wurden bei der Vorgabe der Expositions-klassen bzw. den damit verbundenen Vorgaben für die Betondeckungen die Möglichkeiten und Wirkungen von Schutzmaßnahmen nicht berücksichtigt.

Dies ist nicht verständlich, da in der neuen Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen [19], in der ein Großteil der geeigneten Schutzmaßnahmen reglementiert sind, im Gegensatz zur früheren Ausgabe [20] auch ein Instandhaltungsplan ausgearbeitet und dem Bauherren übergeben werden muß. Das bedeutet, daß nunmehr durch regelmäßige Inspektionen des Bauwerks Mängel wie z. B. Undichtigkeiten im Oberflächenschutzsystem schnell erkannt und überarbeitet werden müßten. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß z. B. durch die Grundierung der Betonoberfläche die kapillare Wasseraufnahme und somit auch die Chloridaufnahme in der Fläche deutlich reduziert wird. Wasser und somit auch Tausalz dringen bei Stahlbetonkonstruktionen meist über Risse tief in den Beton ein. Die rißbreitenbeschränkende Wirkung der Bewehrung wird jedoch durch eine große Betondeckung vermindert. Es muß daher deutlich mehr rißbreitenbeschränkende Bewehrung eingelegt werden, um rechnerisch die gleiche rißbreitenbeschränkende Wirkung bei einer Betondeckung von c_{nom} von 5,5 cm zu erzielen wie bei einer Betondeckung c_{nom} von 3,0 cm. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß sich durch die großen Betondeckungen auch die Bauteildicken und somit auch die Betontemperatur infolge der Hydratationswärme des Betons erhöhen. Dies führt wiederum zu einer erhöhten Rißgefahr in jungem Alter. Zudem ist die rißbreitenbeschränkende Wirkung der Bewehrung im jungen Alter reduziert [17]. Neben den betontechnologischen Problemen ist die Verwendung von großen Betonstahlmengen auch als unwirtschaftlich anzusehen.

Im Hinblick auf ein kostengünstiges Bauen sollte deshalb die Möglichkeit der Reduzierung der Betondeckung bei der Expositionsklasse XD durch geeignete Schutzmaßnahmen in der neuen DIN 1045-1:2001-07 berücksichtigt werden, wobei die Dauerhaftigkeit der Schutzmaßnahmen durch entsprechende Instandhaltungskonzepte und Dokumentierung der Instandhaltungsmaßnahmen gewährleistet sein muß, um die Funktionsfähigkeit des Oberflächenschutzes dauerhaft zu sichern. Unter Abwägung der vorgenannten Schadensmechanismen bei Chlorideinwirkung wäre es daher nach Meinung der Autoren sinnvoll, bei Anwendung einer geeigneten Schutzmaßnahme (z. B. Oberflächenschutzsysteme entsprechend der Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des deutschen Ausschusses für Stahlbeton [19]) die Expositionsklasse auf XC zu reduzieren. Das bedeutet, daß bei Verwendung eines Betons C 20/25 eine Betondeckung c_{nom} von 3,5 cm und bei einem Beton C 30/37 eine Betondeckung von $c_{nom} = 3$ cm vorzugeben wäre, wobei vorzugsweise ein Beton C 30/37 eingesetzt werden sollte.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist es aus wirtschaftlichen und z.T. auch betontechnologischen Gründen günstiger, Tiefgaragen nach der alten DIN 1045 [7] zu planen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ein Wechsel zwischen der alten und neuen Norm innerhalb eines Bauwerks sowohl hinsichtlich der Planung als auch der Ausführung nicht möglich ist. Wird nach der alten DIN 1045 [7] geplant und gebaut, so ist dies mit dem Bauherrn abzusprechen, die Vor- und Nachteile dieser Bauart sind dem Bauherrn eindeutig darzulegen und entsprechend zu dokumentieren [21]. Allerdings sollte dann

nach Meinung der Autoren die um 0,5 cm größere Betondeckung der neuen DIN 1045-1 [8] eingeplant werden. Weiterhin ist auch zu berücksichtigen, daß die Abnahme des Gesamtbauwerks eventuell in einen Zeitraum fällt, in dem die alte DIN 1045 [7] keine Gültigkeit mehr besitzt. In diesem Fall ist es erforderlich, daß sich die am Projekt Beteiligten entsprechend rechtlich absichern.

4.6 Bemessung

Neben der notwendigen Bemessung für Eigengewicht, Erd- und Wasserdruck und Verkehrslasten kommt der zutreffenden Berücksichtigung von Zwangsbeanspruchungen die größte Bedeutung zu (siehe auch [22]).

Dabei muß die sich aus Last- und Zwangsspannungen ergebende rechnerische Rißbreite auf 0,30 mm beschränkt werden. Eine weitergehende Forderung besteht für Bauteile mit Trennrißbildung, bei denen aus Gründen der Querkrafttragfähigkeit die rechnerische Rißbreite auf 0,25 mm zu beschränken ist (siehe u.a. [13]). Bei der Anordnung von rißüberbrückenden Oberflächenschutzsystemen ist die maximale Rißbreite auf das gewählte System abzustimmen (i. d. R. 0,20 mm).

Die schärfste Forderung besteht für unbeschichtete, tragende Bodenplatten. Hierfür werden in der Mitteilung Nr. C25/1996 des Koordinierungsausschusses der Prüfümter und Prüfügenieure [23] 0,10 mm als rechnerische Rißbreite angegeben. Nach den Untersuchungen von Lunk et al. [24] dringt chloridhaltiges Wasser auch in Risse mit Rißbreiten von 0,1 mm ein und führt im Bereich der Bewehrung zu Chloridanreicherungen, die i. a. als korrosionsauslösend angesehen werden. Eine Korrosion der Bewehrung war bei diesen Rißbreiten jedoch nicht feststellbar. Dies wird nach Lunk et al. [24] u. a. darauf zurückgeführt, daß bei Rissen mit einer Rißbreite von 0,1 mm während der Trocknungsperiode das Wasser nicht vollständig aus dem Riß entweicht und der für die Korrosion der Bewehrung notwendige Sauerstoff keinen Zutritt findet. Zudem kann eine Selbstheilung des Risses mit zunehmender Zeit zu einem Schließen des Risses führen. Ab Rißbreiten von 0,2 mm hingegen wurde Korrosion an der Bewehrung festgestellt. Bei zahlreichen Untersuchungen verschiedener Institutionen wurde jedoch auch festgestellt, daß die Rißbreiten keinen oder nur einen untergeordneten Einfluß auf die chloridinduzierte Korrosion der Bewehrung besitzen, sondern die Dicke und Güte der Betondeckung den maßgebenden Einflußfaktor hinsichtlich der Korrosion darstellt. Bei einem Teil dieser Untersuchungen wurde auch bei Rißbreiten von 0,1 mm Korrosion der Bewehrung festgestellt. Die verschiedenen Untersuchungen sind von Gehlen et al. in [25] zusammengefaßt. Die Frage hinsichtlich der Korrosionsgefährdung in Rißbereichen ist demnach noch nicht eindeutig geklärt. Wer dieses Korrosionsrisiko vermeiden möchte, müßte bewehrte Bodenplatten grundsätzlich mit einer geeigneten Schutzmaßnahme versehen. Geht man davon aus, daß der in der neuen DIN 1045-1 verwendete Begriff „direkt befahrene Parkdecks“ auch Bodenplatten mit einschließt, wären alle bewehrten Bodenplatten nach dieser Norm mit einem Oberflächenschutzsystem zu versehen. Nach den Erfahrungen der Autoren, die auf zahlreichen

Untersuchungen von Tiefgaragen in den letzten 18 Jahren basieren, war eine deutliche Schädigung von Bodenplatten unter Chloridbeanspruchung nur dann vorhanden, wenn die Betondeckung zu gering war. Auch eine mangelhafte Betonqualität und Risse mit größeren Rißbreiten führten zu deutlichen Korrosionsschäden der Bewehrung. Diese Praxiserfahrungen bestätigen einerseits die Untersuchungsergebnisse von Lunk et al. [24] und stimmen andererseits mit den Vorgaben der Mitteilung Nr. C25/1996 des Koordinierungsausschusses der Prüfmäster und Prüflingenieure [23] für unbeschichtete befahrene Bodenplatten überein. Daher haben die Autoren keine Bedenken, unter gewissen Randbedingungen auch tragende Bodenplatten unbeschichtet auszuführen.

Bei Zwischendecken ist i. d. R. Zwang in spätem Alter zu berücksichtigen.

Für Bodenplatten und erdberührende Außenwände mit Ausnahme der Flächen im Bereich der Rampen und der Zuluftschächte genügt i. d. R. eine Bemessung für zentrischen Zwang infolge abfließender Hydratationswärme ($k_{z,t} = 0,5$). Die Verwendung von Beton mit geringer Reißneigung [16] kann zwar die Zwangsbeanspruchung infolge abfließender Hydratationswärme reduzieren, es kann jedoch nicht gewährleistet werden, daß keine Zwangsspannungsrisse entstehen. Deshalb ist immer eine vernünftige Mindestbewehrung erforderlich. Bild 8 zeigt beispielhaft mögliche zentrische Temperaturbeanspruchungen beim Herstellen von Ort betonbauteilen. Bemerkenswert ist der große Einfluß der Frischbetontemperatur auf die Zwangsspannungen. So ist die zentrische Temperaturbeanspruchung z. B. bei einer mit 30°C Frischbetontemperatur betonierten 0,75 m dicken Bodenplatte etwa doppelt so groß wie bei einer Frischbetontemperatur von 10°C. Weiterhin sind hinsichtlich der Zwangsbeanspruchungen auch die Schwindverformungen zu berücksichtigen. So entspricht die Schwindbeanspruchung ungefähr einer zusätzlichen Temperaturdifferenz von 20 K (feuchte Umgebung) bis 40 K (bei vollständiger Austrocknung).

Bei langen Innenwänden und insbesondere bei Zwischendecken von Tiefgaragen sowie eventuell bei den Boden- und Wandflächen im Bereich der Rampen und Zuluftschächte tritt die größte Zwangsbeanspruchung immer erst in spätem Alter ($k_{z,t} = 1,0$) auf.

Um die sich aus der Bemessung ergebende Betonstahlbewehrung zu optimieren, empfiehlt sich die Wahl von kleinen Stabdurchmessern. Betonstahl-Lagermatten sind wegen des notwendigen Gefälles und der Zwei-Ebenen-Stöße ungeeignet (vergleiche auch [8], Abschnitt 11.2.1., Absatz 13). Sinnvoll ist eine Verwendung von Rundstahlbewehrung $\varnothing 12$ mm bis $\varnothing 20$ mm oder Einachs-Listematten mit einem konstruktiven Querstababstand von 60 cm. Um die erforderliche Betondeckung im Stoßbereich und die Rißbreitenbeschränkung zielsicher einhalten zu können, ist für Zwischendecken in Tiefgaragen eine Ausführung mit Elementdeckenplatten und Ortbetonergänzung i. a. nicht empfehlenswert.

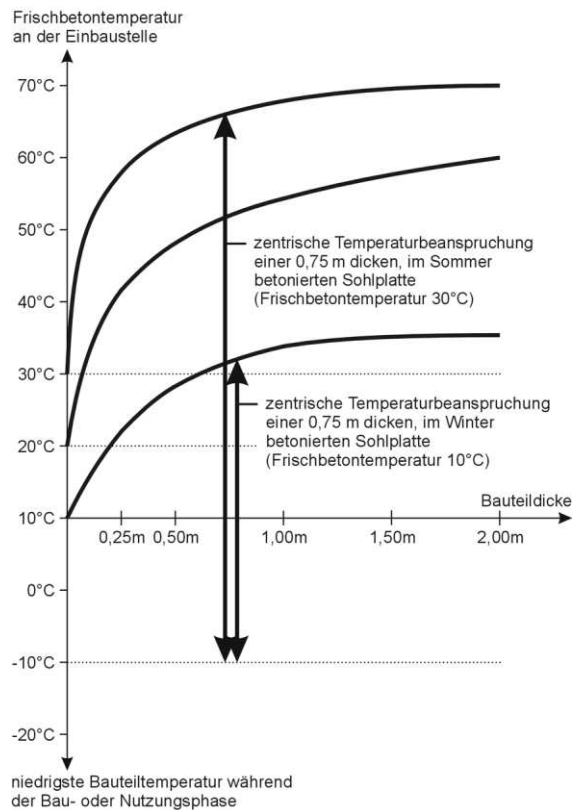


Bild 8 Zentrische Temperaturbeanspruchung von Ort betonbauteilen in Abhängigkeit von der Frischbetontemperatur – maximale Bauteiltemperatur 24 Stunden nach dem Betonieren (qualitativ nach Basalla [29])

Fig. 8 Centric thermal stress on cast-in-situ concrete components as a function of the temperature of the fresh concrete – maximum component temperature 24 hours after concreting (derived from Basalla [29]).

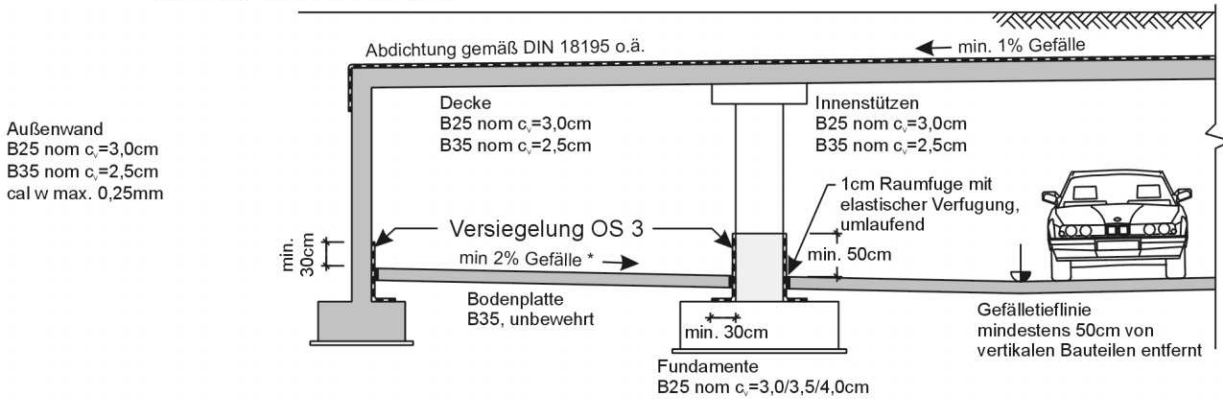
4.7 Bauausführung

Da die Qualifikation des ausführenden Personals in den letzten Jahren trotz Qualitätssicherungssystemen nicht sehr hoch war und vermutlich auch nicht besser werden wird, sollte bereits bei der Planung ein möglichst einfacher Aufbau der Bauteile gewählt werden. Die Machbarkeit der Konstruktion und die Kontrollmöglichkeiten bei der Ausführung sind daher sorgfältig zu durchdenken. Insbesondere die Anforderungen an eine funktionierende Entwässerung stellt wegen der Gefälleausbildung hohe Ansprüche an die handwerklichen Fähigkeiten des Ausführungspersonals. Eine herausragende Bedeutung kommt dabei der ausreichenden Dicke und Dichtigkeit der Betondeckung zu [26]. Als Mindestanforderung an die Nachbehandlung ist die Einhaltung

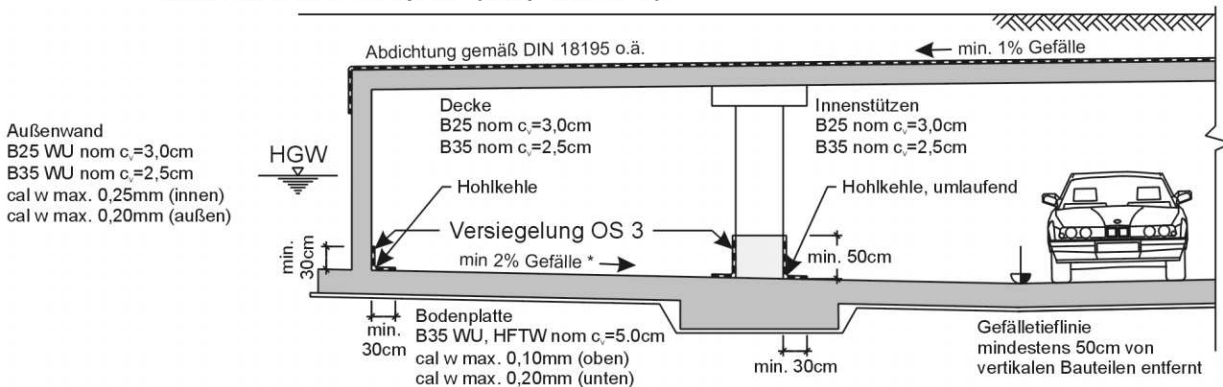
Bild 9 Ausführungsbeispiele gemäß DIN 1045: 1988-07 [7] und Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen: 1990-08 bis 1992-11 [20]. a = alte DIN 1045 [7]; * in Sonderfällen 1,5% ausreichend (Ebenheit DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 4)

Fig. 9 Examples of execution in accordance with DIN 1045: 1988-07 [7] and the German guideline on protecting and repairing concrete components: 1990-08 to 1992-11 [20]. a = old DIN 1045 [7]; *in special cases 1.5% is sufficient (evenness DIN 18202, Table 3, Line 4)

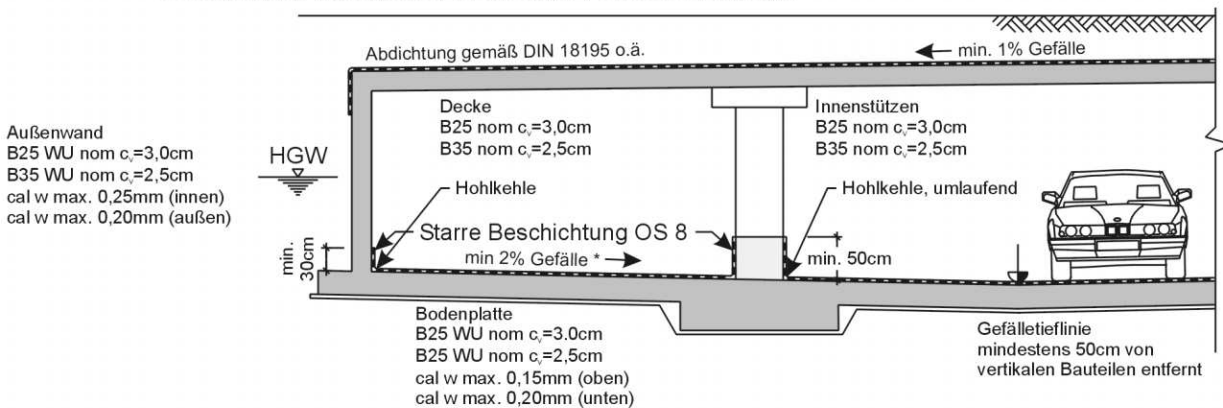
**Beispiel 1a Eingeschossige Tiefgarage ohne Grundwassereinfluß
Nichttragende Bodenplatte**



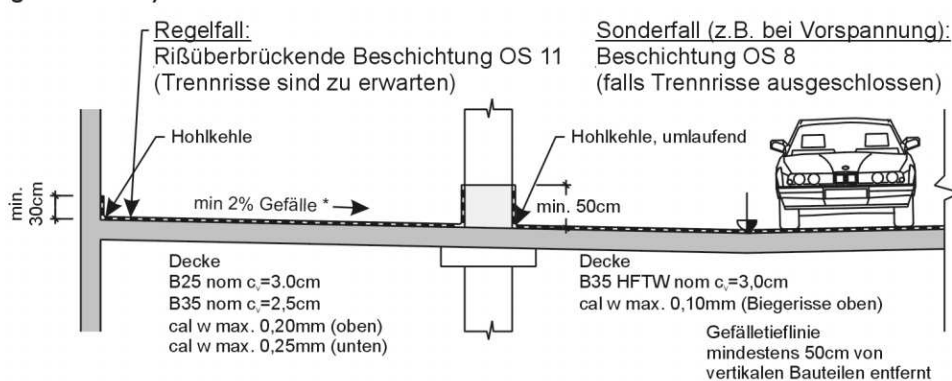
**Beispiel 2a Eingeschossige Tiefgarage im Grundwasser
Unbeschichtete Bodenplatte (Luftporenbeton)**



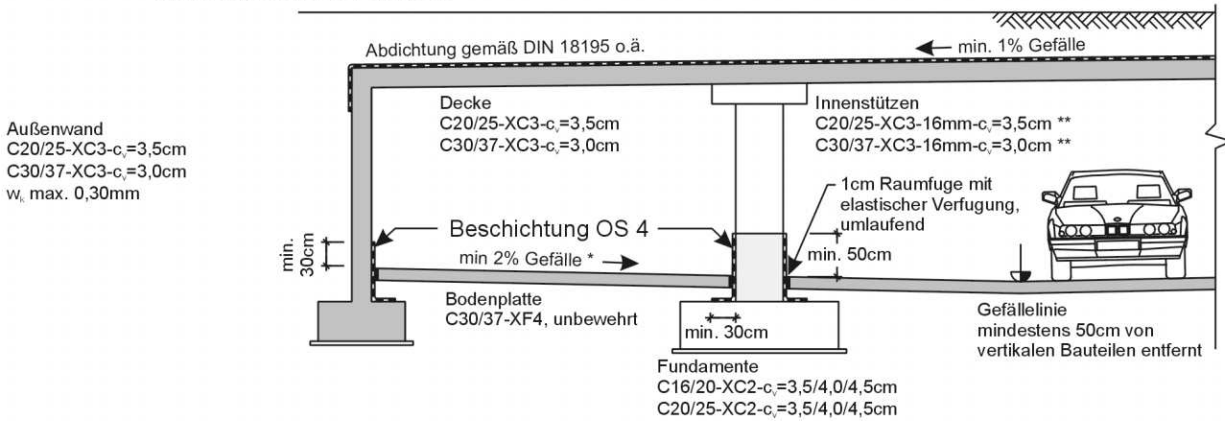
**Beispiel 3a Eingeschossige Tiefgarage im Grundwasser
Starr beschichtete Bodenplatte
Beschichtung geeignet für rückseitige Feuchteinwirkung**



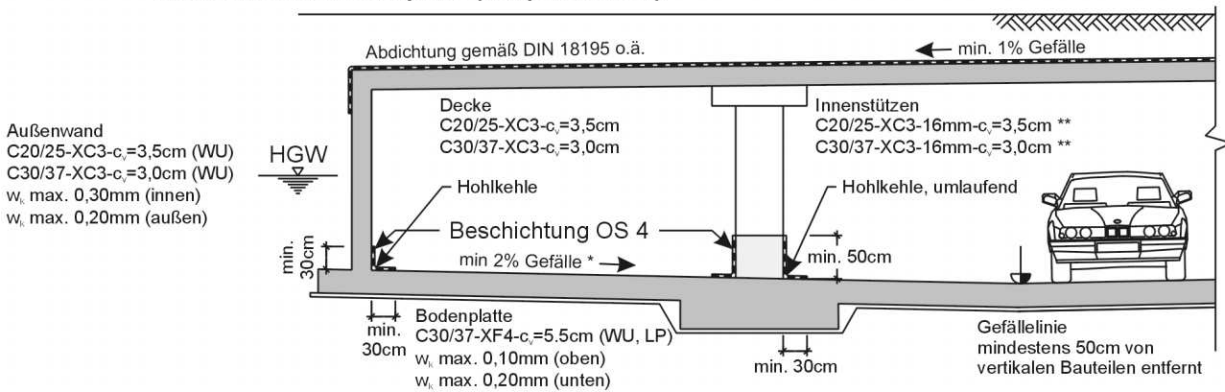
**Beispiel 4a Zwischendecke einer mehrgeschossigen Tiefgarage bzw. Parkgarage
(offen oder geschlossen)**



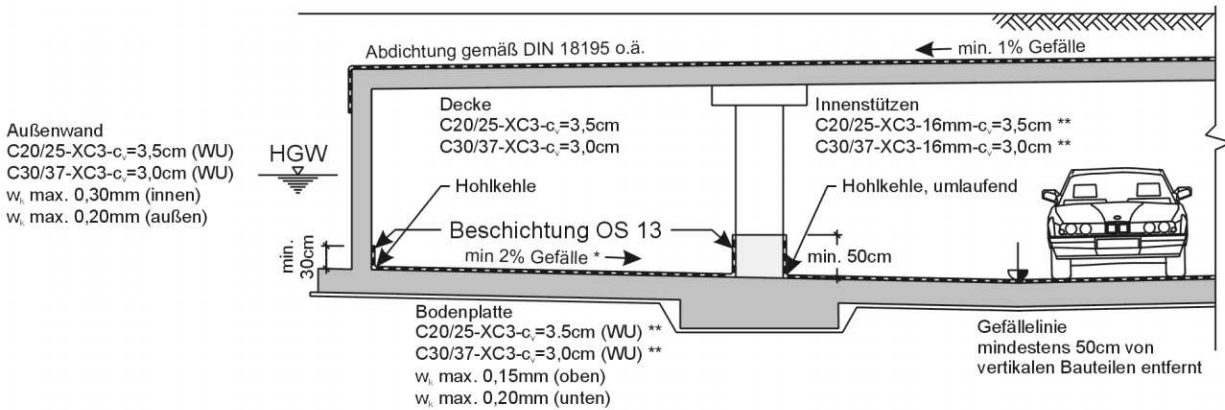
**Beispiel 1n Eingeschossige Tiefgarage ohne Grundwassereinfluß
Nichttragende Bodenplatte**



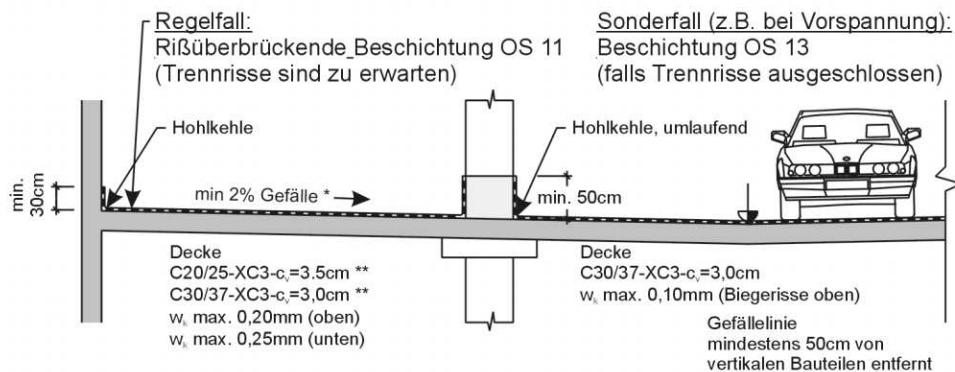
**Beispiel 2n Eingeschossige Tiefgarage im Grundwasser
Unbeschichtete Bodenplatte (Luftporenbeton)**



**Beispiel 3n Eingeschossige Tiefgarage im Grundwasser
Bedingt rißüberbrückend beschichtete Bodenplatte
Beschichtung geeignet für rückseitige Feuchteinwirkung**



**Beispiel 4n Zwischendecke einer mehrgeschossigen Tiefgarage bzw. Parkgarage
(offen oder geschlossen)**



des DBV-Merkblattes zu sehen [27]. Für zwangsbeanspruchte Bauteile ist zur Verringerung der Reißneigung auch ein auf das Bauteil abgestimmtes Nachbehandlungskonzept auszuarbeiten und auszuführen. Darüber hinaus ist es sinnvoll, weitergehende Maßnahmen auszuschreiben, z. B. Belassen der Vertikalbauteile für 3 Tage in der Schalung oder Feuchthalten der Oberfläche von Fahrbahnflächen für 5 Tage. Bei zwangsbeanspruchten Bauteilen sollten nach Erreichen des Temperaturmaximums die Bauteile mit Wärmedämmmatten abgedeckt werden, um die Abkühlung der Bauteile zu verlangsamen und somit die Reißneigung zu minimieren.

Für die Schulung der Betoniermannschaft ist es empfehlenswert, an untergeordneten Bauteilen (z. B. großen Einzelfundamenten oder Fußböden von Lagerräumen) eine Probeglättung durchführen zu lassen. Während Außenrampen häufig mit einer Fischgrätprofilierung ausgeführt werden, sollte bei Innenrampen die erforderliche Griffigkeit über eine Quarzeinstreuung der Beschichtungs Oberfläche erreicht werden.

Auch in Zukunft wird das Bauen unter freiem Himmel stattfinden. Entsprechende witterungsbedingte Unwägbarkeiten sind sowohl in der Ausschreibung als auch im Terminplan zu berücksichtigen. In Frage kommt das Vorhalten von provisorischen Überdachungen in regenreichen Monaten und in Sommermonaten die Begrenzung der Frischbetontemperatur auf max. 20° C sowie das Berücksichtigen von Schlechtwettertagen im Terminplan. Auch die vor allem in Verbindung mit Weißen Wannen sinnvolle Verwendung von Beton mit geringer Reißneigung nach *Springenschmid* et al. [16] sollte eindeutig ausgeschrieben sein. Derartiger Beton wird fälschlicherweise häufig als schwindarmer Beton bezeichnet.

4.8 Oberflächenschutzsysteme

Um Stahlbetonbauteile vor dem Angriff von chloridhaltigem Tausalzwasser zu schützen, können Oberflächenschutzsysteme (Beschichtungen) erforderlich sein.

Auf eine Schutzmaßnahme bei einer direkt befahrenen Bodenplatte kann nur verzichtet werden, wenn es sich um Stahlbetonplatten handelt, die rissefrei sind und gleichzeitig genügend dichte und dicke Betondeckungen aufweisen, oder die Bodenplatten nicht bewehrt sind. Nach Meinung der Autoren kann bei Bodenplatten mit einer Rißbreitenbeschränkung von 0,1 mm und einer Betongüte C 30/37 bzw. B 35 wie bisher auf eine Beschichtung verzichtet werden. Alternativ können Bodenplatten mit einer bedingt rißüberbrückenden Beschichtung OS 13 beschichtet werden. Bei

Bodenplatten sollten, wenn Beschichtungen verwendet werden, diese für rückseitige Feuchteeinwirkung geeignet sein, da sonst mit Blasenbildung und Ablösungen zu rechnen ist.

Zwischendecken sind i. d. R. mit einer OS 11 zu beschichten.

Für die Oberfläche von direkt befahrenen Zwischendecken von mehrgeschossigen Parkhäusern oder Tiefgaragen ist in jedem Fall eine rißüberbrückende Beschichtung OS 11 oder eine Abdichtung in Anlehnung an die ZTV-Bel B [28] erforderlich. Eine bedingt rißüberbrückende Beschichtung OS 13 ist für Zwischendecken i. a. nicht geeignet, da bei Zwischendecken mit durchgehenden Trennrissen zu rechnen ist. Entsprechend den Anwendungsgebieten in der neuen Richtlinie des DAfStb [19] ist die Beschichtung OS 13 bei Parkgaragen und Tiefgaragen nur im Fall von oberflächennahen Rissen einsetzbar. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, daß die Rißgefährdung einer Zwischendecke einer natürlich belüfteten Tiefgarage i. a. größer ist als bei offenen Parkhäusern, deren Konstruktionen meist geringere Steifigkeiten und somit höhere Verformungsmöglichkeiten aufweisen als Tiefgaragen.

Für Wand- und Stützenfüße genügt eine Beschichtung, die die Wasseraufnahme und das Eindringen beton- und stahlangreifender Stoffe reduziert, z. B. mit OS 4 oder OS 5 gemäß der Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen [19]. Bei Zwischendecken und bei beschichteten Bodenplatten ist es sinnvoll, die gewählte Beschichtung der Fahrbahn an den angrenzenden Wand- und Stützenfüßen hoch zu ziehen.

Die Ausführung von Oberflächenschutzsystemen erfordert eine entsprechende Vorbereitung des Untergrundes (i. d. R. Kugelstrahlen) und eine sorgfältige Ausführung gemäß Herstellerbeschreibung. Auch bei sachgemäßer Ausführung setzen Oberflächenschutzsysteme einen pfleglichen Umgang des Nutzers und eine entsprechende, regelmäßige Prüfung der Funktionsfähigkeit voraus. Der laufende Unterhalt (Wartung) von Beschichtungen erfordert Nachbeschichtungen von Bereichen mit hohem Abrieb (z. B. Kurven, Rampen) und das Neubeschichten von evtl. durchschlagenden Rissen. Für diese Wartungsmaßnahmen muß vom Objektplaner ein Instandhaltungsplan gemäß Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen [19] aufgestellt und dem Bauherrn übergeben werden.

5 Ausführungsbeispiele

Die in den Bildern 9 und 10 zusammengefaßten Ausführungsbeispiele sollen dem entwerfenden Ingenieur als praktisches Hilfsmittel für die Wahl der Konstruktions- und Bemessungsparameter dienen. Beim Vergleich zwischen Bild 9 (DIN 1045: 1988-07) und Bild 10 (DIN 1045: 2001-07) fällt vor allem das generell um 0,5 cm größere Verlegemaß der Bewehrung auf. Weiterhin kann nach der neuen DIN 1045 die rechnerische Rißbreite von 0,25 mm auf 0,30 mm vergrößert werden. Dies gilt nicht, wenn durchgehende

◀ **Bild 10** Ausführungsbeispiele in Anlehnung an DIN 1045: 2001-07 [8], [9], [10] und gemäß Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen: 2001-10 [19]. n = neue DIN 1045 [8], [9], [10]; *in Sonderfällen 1,5% ausreichend (Ebenheit DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 4); ** vgl. Abschnitt 4.4 bis 4.6.

Fig. 10 Examples of execution based on DIN 1045: 2001-07 [8], [9], [10] and in accordance with the German guideline on protecting and repairing concrete components 2001-10 [19]. n = new DIN 1045 [8], [9], [10]; *in special cases 1.5% is sufficient (evenness DIN 18202, Table 3, Line 4); ** cf. Sections 4.4 to 4.6

Trennrisse zu erwarten sind und gleichzeitig Querkräfte übertragen werden müssen und wird auch nicht empfohlen (vgl. Abschnitt 4.6). Die Rißbreite sollte 0,2 mm bei Beschichtung (Zwischendecken) bzw. 0,1 mm ohne Beschichtung (Sohlplatten) nicht überschreiten. Bei den Beispielen wurde die Wirkung von Schutzmaßnahmen auf die Betondeckung und Betongüte auch bei der Ausführung in Anlehnung an die neue DIN 1045-1:2001-07 [8] berücksichtigt. Derartige Abweichungen von der Norm sind mit dem Bauherren zu besprechen und die Vorteile sowie Nachteile der Bauweise eindeutig in schriftlicher Form darzulegen. In Bild 9 sind Schutzmaßnahmen gemäß der alten Richtlinie für Schutz und Instandsetzung [20] angeführt. Die in Bild 10 dargestellten Schutzmaßnahmen der neuen Richtlinie für Schutz und Instandsetzung [19] können bei einer Bauweise nach der alten DIN 1045 [7] sinngemäß verwendet werden. Auch sollte bei der Bauweise nach der alten DIN 1045 [7] nach Meinung der Autoren das Verlegemaß um 0,5 cm erhöht werden.

Das **Beispiel 1** stellt eine **eingeschossige Tiefgarage ohne Grundwassereinfluß mit einer nichttragenden Bodenplatte** dar. Entscheidend bei dieser Bauweise ist eine Beschichtung der Wand- und Stützenfüße. Dabei ist die Beschichtung an den Wand- und Stützenfüßen von der horizontalen Fläche des Fundaments über eine Hohlkehle bis in eine Höhe von 50 cm im Bereich der Fahrgassen und 30 cm im Bereich der Stellplätze über OK Bodenplatte hochzuziehen. Ein Hochziehen der Beschichtung um nur 15 cm wie in der Flachdachrichtlinie angeführt, ist für die Spritzwasserbeanspruchung nicht ausreichend. Die in der Mitteilung C 25 des Koordinierungsausschusses der Prüfämter und Prüfindgenieure [23] angegebene Höhe der durch tausalzhaltiges Spritzwasser beaufschlagten Zone von 1 m erscheint für Tiefgaragen zu hoch. Für unbewehrte Bodenplatten ist mindestens ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 (B35) erforderlich, um den Abriebwiderstand zu gewährleisten. Für die hier anzuwendende Expositionsklasse XF4 wäre eigentlich die Zugabe von Luftporenbildnern erforderlich; in der Praxis haben sich diese unbewehrten Bodenplatten mit geschnittenen Fugen auch ohne Zugabe von Luftporenbildnern bewährt. Für die Abdichtung der Tiefgaragendecke gegen das Erdreich wird eine vollflächig verklebte bituminöse Abdichtung gemäß DIN 18195 empfohlen. Eine alternative Herstellung als sogenannte „Weiße Decke“ in WU-Beton sollte auf Sonderfälle beschränkt bleiben. Insbesondere bei befahrenen Tiefgaragendecken (z. B. oberirdische Stellplätze in überschütteten Bereichen) ist mit Tausalzbelastung zu rechnen. Deshalb ist eine Abdichtung notwendig. Ein Ausweichen auf ein Oberflächenschutzsystem in überschütteten Bereichen scheidet wegen der fehlenden Kontrollmöglichkeiten aus.

Beispiel 2 zeigt eine **eingeschossige Tiefgarage im Grundwasserbereich mit einer unbeschichteten Sohlplatte**. Diese Bauweise mit großer Betondeckung ist besonders wartungsarm. Analog zum Beispiel 1 werden auch hier nur die Wand- und Stützenfüße beschichtet. Der erforderliche Abriebwiderstand wird durch die Verwendung eines Betons C30/37 erreicht. Die Zugabe von Luftporenbildnern ist dann erforderlich, wenn Frostbeanspruchungen nicht ausge-

schlossen werden können, z. B. im Bereich von Ein- und Ausfahrten sowie Zuluftschächten, bzw. auch z.T., wenn der mittlere Grundwasserstand unterhalb der Sohlplatte liegt. Die im Bild 10 gezeigte Konstruktion der unbeschichteten Bodenplatte entspricht nicht den Vorgaben der neuen DIN 1045-1 [8]. Sie stellt nach Meinung der Autoren jedoch eine sinnvolle, dauerhafte sowie wartungsarme Lösung dar.

Falls der Bauherr aus optischen Gründen eine Beschichtung der wasserundurchlässigen Bodenplatte wünscht, kann nach Auffassung der Autoren die Anforderung an die Stahlbetonkonstruktion entsprechend reduziert werden.

Beispiel 3 zeigt die wesentlichen Anforderungen an eine **eingeschossige Tiefgarage im Grundwasser, deren Bodenplatte beschichtet** wird. Die Beschichtung muß für eine rückseitige Feuchteinwirkung nach der DAfStb-Richtlinie [19] geeignet sein. Allerdings sind für Beschichtungen regelmäßige Inspektionen und Wartungsmaßnahmen erforderlich, um ein Eindringen von Wasser und Schadstoffen in die Bodenplatte dauerhaft zu verhindern.

Beispiel 4 zeigt die Vorgaben für eine **befahrene Zwischendecke** in einer mehrgeschossigen Tiefgarage. Neben den Wand- und Stützenfüßen besteht das größte Schadenspotential für Zwischendecken mehrgeschossiger Park- oder Tiefgaragen. Dies liegt daran, daß im Regelfall durchgehende Trennrisse in den Zwischendecken infolge der hohen Verformungsbehinderung unvermeidlich sind. Bei Eindringen von Tausalzwasser führt dies zu einer deutlichen Korrosionsgefährdung der Bewehrung und kann zudem auch Lackschäden an den im darunter liegenden Geschoß abgestellten Kraftfahrzeugen verursachen. Deshalb ist zum Schutz der Stahlbetonbauteile vor Tausalzangriff immer eine Beschichtung erforderlich (im Regelfall OS 11 – vgl. Abschnitt 4.8).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Schäden und Mängel in Tiefgaragen sind v. a. durch unvollständige Ausführungsplanungen bedingt. Es werden häufig die Einflüsse auf die Dauerhaftigkeit des Stahlbetons nicht ausreichend berücksichtigt. Die in diesem Aufsatz beschriebenen und abgebildeten Konstruktionsregeln zu Planung und Bau von Tiefgaragen zeigen, wie die Anforderungen an Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zielsicher erfüllt werden können.

Literatur

- [1] Parkhäuser – aber richtig. Ein Leitfaden für Bauherren, Architekten und Ingenieure. Hrsg. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie Düsseldorf. Beton-Verlag, 2000 (2. Auflage).
- [2] Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (GaV) vom 30. November 1993 (GVBI S. 901 bei Bay. RS-1-4-I), geändert durch § 3 der Verordnung vom 08.12.1997 (GVBI S. 827).
- [3] HOAI-Textausgabe. Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und der Ingenieure in der Fassung der fünften Änderungsverordnung; Inkrafttreten 1. Januar 1996. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH 1995.

- [4] VOB (Verdingungsordnung für Bauleistungen), Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen. DIN 1961 – Ausgabe Dezember 2000. Im Auftrage des Deutschen Vergabe- und Vertragsausschusses für Bauleistungen herausgegeben vom DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Berlin; Wien; Zürich: Beuth Verlag GmbH 2000.
- [5] *Schöppel, K.*: Schäden in Tiefgaragen und deren Instandsetzung. In: Beton und Stahlbetonbau 98. Heft: 1, S. 13–24.
- [6] *Henke, P., Linse, D. und Schöppel, K.*: Tiefgaragen: Aus Erfahrung lernen. Schadensbilder – Sanierung – Neuplanung. Seminardokumentation vom 23.10.2000 in München. Ingenieurakademie Bayern Günter-Scholz-Fortbildungswerk e. V. der Bayerischen Ingenieurkammer-Bau.
- [7] DIN 1045/7.88 – Beton und Stahlbeton. Bemessung und Ausführung. Berlin, Beuth Verlag GmbH 1988.
- [8] DIN 1045-1: 2001-07: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Berlin, Beuth Verlag GmbH 1989.
- [9] DIN 1045-2: 2001-07: Tragwerke aus Beton Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- [10] DIN 1045-3: 2001-07: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 3: Bauausführung. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- [11] DIN 1045-4: 2001-07: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- [12] DIN 18202: 1997-04: Toleranzen im Hochbau. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- [13] *Pfefferkorn, W. und Steinhilber, H.*: Ausgedehnte fugenlose Stahlbetonbauten. Entwurf und Bemessung der Tragkonstruktion. Union Beratender Ingenieure e. V. – U.B.I.-D. Düsseldorf: Beton-Verlag 1990.
- [14] *Eisenmann, J.*: Betonfahrbahnen. Berlin: Verlag Ernst und Sohn; 1975.
- [15] *Lohmeyer, G.*: Betonböden im Industriebau. Schriftenreihe der Bauberatung Zement, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie. Köln, Düsseldorf, Beton-Verlag GmbH 1996 (5. Auflage).
- [16] *Springenschmid, R. und Breitenbücher, R.*: Beurteilung der Reißneigung anhand der Reißtemperatur von jungem Beton bei Zwang. In: Beton- und Stahlbetonbau 85 (1990), H. 2, S. 29–33.
- [17] *Plannerer, M.*: Temperaturspannungen in Betonbauteilen während der Erhärtung. Dissertation an der TU München 1998.
- [18] *Beddoe, P.*: Transport von Wasser und Chlorid in Beton. Neue Erkenntnis zu Transportmechanismen und Selbstabdichtungseffekte. Vortrag am 11. Münchener Baustoffseminar – Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen am 28. November 2002; Baustoffinstitut der TU München.
- [19] Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teil 1 bis 4: 2001-10. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, Beuth Verlag GmbH, 2001.
- [20] Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teil 1 bis 4: 1990-08 bis 1992-11. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, Beuth Verlag GmbH, 1990, 1992.
- [21] *Motzke, G., Litzner, H.-G. und Meyer, L.*: DIN 1045 und DIN EN 206-1. Planung und Ausführung von Betonbauwerken – nach alter oder neuer Norm? In: Beton 7+8 (2002), S. 368 – 372.
- [22] *Grasser, E. und Luy, H.*: Zur Berechnung, Bemessung und Konstruktion von Tiefgaragen. Berlin, Ernst & Sohn. Beton- und Stahlbetonbau 93 (1998), Heft 9, Seiten 258 – 263.
- [23] Mitteilung Nr. C25/1996, Koordinierungsausschuß der Prüfümter und Prüfüngenieur für Baustatik in Bayern.
- [24] *Lunk, P., Müller, T. und Wittmann, F. H.*: Feuchtigkeits- und Ionentransport in gerissenen Stahlbetonbauteilen: 1998-10 Forschungsauftrag 85/90 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung. Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- [25] *Gehlen, C. und Pabsch, G.*: Influence of Cracks Upon Corrosion. DARTS – Durable an Reliable Tunnel Structures, European Commission, Growth 2000, Contract G1RD-CT-2000-00467, Project GrD1-25633, 2002.
- [26] *Gräf, H. und Grube, H.*: Einfluß der Zusammensetzung und der Nachbehandlung des Betons auf seine Gasdurchlässigkeit. Beton 36 (1986) H. 11, S. 426/429 und H. 12, S. 473/476; ebenso Betontechnische Berichte 1986/88, S. 79/99, Düsseldorf: Beton Verlag 1989.
- [27] Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton: 1984-02. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin, Beuth Verlag GmbH, 1984.
- [28] Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Beton, Teil 3: Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff (ZTV-BEL-B 3/95). Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau 1995.
- [29] *Basalla, A.*: Wärmeentwicklung im Beton. Zement-Taschenbuch: 1964/65. Verein Deutscher Zementwerke: Bauverlag, 1963, S. 275 – 304.

Schlüsselwörter:

Planung von Tiefgaragen – Bemessung von Tiefgaragen – Beschichtung von Tiefgaragen – Betontechnologie bei Tiefgaragen



Dr.-Ing. Klaus Schöppel
ö.b.u.v. Sachverständiger
Beratender Ingenieur (BYIK-Bau)
Reutterstraße 23
80687 München



Dr.-Ing. Gerhard Stenzel
WALTER BAU-AG
Zentrale Technik
Postfach 81 02 80
Dywidagstraße 1
81902 München