

Die neuen deutschen Betonnormen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 als Grundlage für die Planung dauerhafter Bauwerke

The new German concrete standards DIN EN 206-1 and DIN EN 1045-2 as basis for the design of durable constructions

Übersicht

Als Ergebnis einer rd. zehnjährigen Arbeit wurde im Frühjahr 2000 die europäische Betonnorm EN 206-1 verabschiedet. Zusammen mit den deutschen Anwendungsregeln in DIN 1045-2 liegt damit die neue deutsche Betonnorm vor. Die beabsichtigte Steigerung der Dauerhaftigkeit der Bauwerke kommt durch die Überbrückung der Schnittstellen in der gesamten Normenreihe der DIN 1045 zum Ausdruck, besonders aber auch durch die detaillierte Vorgabe von Expositionsklassen in DIN EN 206/DIN 1045-2. Fast gleichzeitig mit der europäischen Betonnorm wurde auch die europäische Zementnorm EN 197 verabschiedet. Sie enthält 27 verschiedene Zementarten, deren Anwendungsbereiche zur Herstellung von dauerhaften Betonbauwerken und -teilen in Deutschland in DIN 1045-2 festgelegt wurden.

Abstract

As a result of about 10 years' work the European concrete standard EN 206-1 was adopted in spring 2000. This, together with the German application rules in DIN 1045-2, now forms the new German concrete standard. The intended increase in the durability of structures is apparent not only in the bridging of the interfaces throughout the series of DIN 1045 standards but also, in particular, through the detailed specification of the exposure classes in DIN EN 206/DIN 1045-2. The European cement standard EN 197 was adopted at almost the same time as the European concrete standard. It contains 27 different types of cement, for which the areas of application for producing durable concrete structures and components in Germany are laid down in DIN 1045-2.

1 Einleitung

Die neue europäische Betonnorm trägt in mehreren Regelungsbereichen der schon lange in Deutschland diskutierten Absicht Rechnung, die deutsche Betonnorm auf den neuesten technischen Stand zu bringen. Sie enthält ein einheitliches Bemessungskonzept – vom unbewehrten Beton über den schlaff bewehrten Stahlbeton bis zum Spannbeton – und sie gilt auch für Konstruktionsleichtbeton. Sie umfasst außerdem die Anforderungen an die Baustoffe, an die Betonzusammensetzung und -herstellung, an die Bauausführung und die Konformitätsbeurteilung.

Die Einteilung von technischen Anforderungen und technischen Gütern in Klassen stellt eine der Grundlagen für den freien Handel von Dienstleistungen und Gütern über alle Grenzen hinweg dar. Die Planungsgrundlagen sowie die Anforderungen an die

Baustoffe, die Bauausführung und die Konformitätsbeurteilung werden zukünftig für die jeweils gleiche Klasse nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Europa einheitlich sein. Die Vielfalt der architektonischen Entwürfe und die verschiedenen Bauausführungen werden dadurch nicht beeinträchtigt.

2 Struktur der deutschen Betonnorm

Die neue deutsche Normengeneration enthält die Hauptbestandteile der alten DIN 1045 in drei Einzelnormen, siehe Bild 1. Die Regelungen für die Bemessung und Konstruktion von Betonbauwerken sind in DIN 1045-1 [1] enthalten. Dieser Normteil wurde auf der Grundlage der europäischen Norm prEN 1992 erstellt. Die europäische Norm für den Baustoff Beton EN 206-1 [2] wurde im Frühjahr 2000 europäisch verabschiedet. Sie enthält in wesentlichen Bereichen nur Rahmenfestlegungen, wodurch nationale Ergänzungen möglich und für die bauaufsichtliche Einführung der Norm in Deutschland sogar erforderlich wurden. Dies ist gestattet, da EN

1 Introduction

In several parts of the regulations the new European concrete standard takes account of the intention, which had been under discussion in Germany for a long time, of bringing the German concrete standard up to the state of the art. It contains a consistent design strategy – ranging from unreinforced concrete and conventional reinforced concrete to prestressed concrete – and it also applies to structural lightweight concrete. It also covers the specifications for the building materials, the composition and production of the concrete, the execution of the construction work and the assessment of conformity.

The classification of the technical specifications and technical goods into classes represents one of the basic principles for free trade of services and goods across all borders. The basic design principles and the specifications for the building materials, the execution of the construction work and assessment of conformity will in future be consistent for the same classes not only in Germany but over the whole of Europe. This will not have any adverse effect on the diversity of architectural designs and the different ways of executing the construction work.

2 Structure of the German concrete standard

The new generation of German standards contains the main elements of the old DIN 1045 in three individual standards, see Figure 1. The regulations for the dimensioning and design of concrete structures are contained in DIN 1045-1 [1]. This part of the standard was based on the European standard prEN 1992. The European standard for the building material concrete, EN 206-1 [2], was adopted in Europe in spring 2000. In important areas it contained only framework definitions, which meant that national supplements were possible and, for introduction of the standard

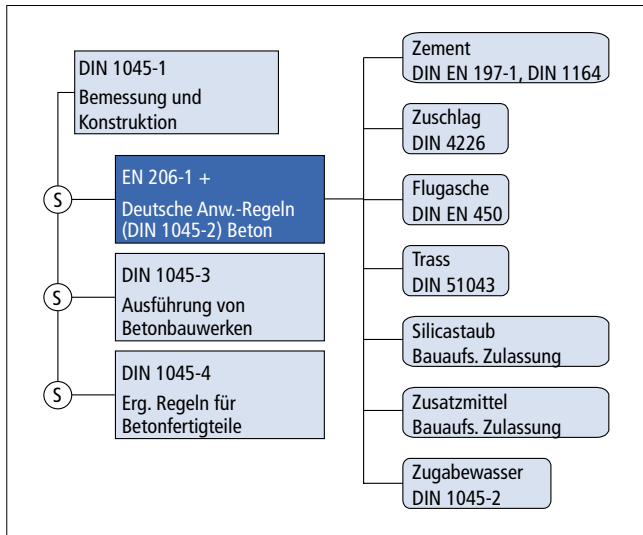


Bild 1: Übersicht über die deutsche Normung für den Betonbau gemäß Stand 2001 (S ≙ „Schnittstelle“)

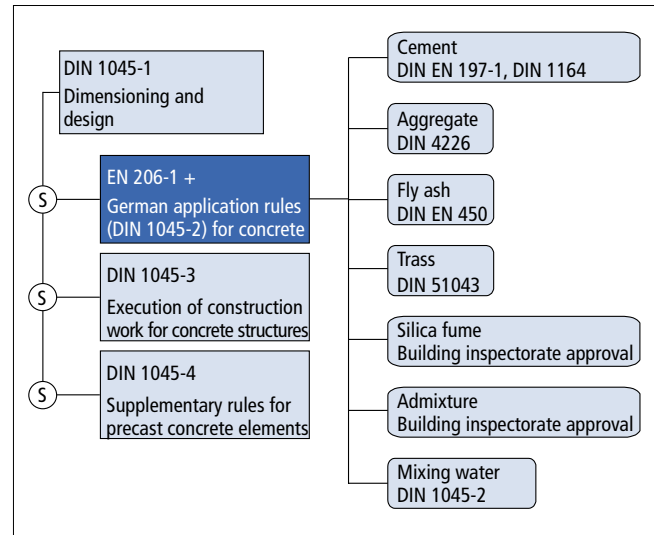


Figure 1: Overview of the German system of standards for concrete construction as at 2001 (S ≙ “interface”)

206 noch nicht den rechtlichen Status einer harmonisierten Norm im Sinne der europäischen Bauproduktenrichtlinie besitzt. Die so genannten Deutschen Anwendungsregeln zu DIN EN 206 werden als DIN 1045-2 [3] veröffentlicht. Um die praktische Arbeit mit den ineinander greifenden Regelungen zu erleichtern, soll aus (DIN EN 206 + DIN 1045-2) ein verwobenes Dokument erstellt werden, das als DIN-Fachbericht veröffentlicht werden soll.

Die Regelungen der DIN 1045-3 [4] für die Bauausführung wurden auf der Grundlage des europäischen Normentwurfs EN V 13670 erstellt.

In Deutschland wird noch ein Teil DIN 1045-4 [5], Überwachung von Betonfertigteilen, ergänzt, vornehmlich um diese international nicht behandelten Fragen analog zu DIN 1084-3 national zu regeln.

An die Betonnorm (DIN EN 206-1 + DIN 1045-2) sind die Stoffnormen für die Ausgangsstoffe Zement, Zuschlag, Betonzusatzstoffe, hier Flugasche, Silicastaub und Trass, weiterhin Zusatzmittel und Zugabewasser angegliedert. Als harmonisierte Norm wurde bisher nur DIN EN 197 für Zement verabschiedet. Weitere europäische Stoffnormen sind in Bearbeitung und werden zu gegebener Zeit die deutschen Regelungen ablösen.

Eine wesentliche Neuerung der neuen Normenreihe DIN 1045 besteht darin, dass die Normteile 1 bis 3 durch entsprechende Bezüge enger miteinander verbunden sind als die entsprechenden Abschnitte in der alten DIN 1045. Diese Überbrückung der Schnittstellen ist auf Bild 1 durch das eingezeichnete (S) anschaulich dargestellt. So wird bereits zu Beginn der DIN 1045-1 gefordert, dass neben den konstruktiven auch betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen in die Planung einbezogen und weiterverfolgt werden müssen. Damit ist eine erste Voraussetzung geschaffen, ein folgerichtig aufgebautes Dauerhaftigkeitskonzept für die herzustellenden Betonbauwerke zu verfolgen.

3 Regeln für die Planung dauerhafter Betonbauwerke 3.1 Definition der Dauerhaftigkeit und Dauerhaftigkeitskonzepte

Die zweite wesentliche Neuerung der europäischen und deutschen Betonnormung ist die direkte Forderung nach Dauerhaftigkeit der Bauwerke. Sie ist Bestandteil aller Grundlagendokumente der europäischen Bauproduktenrichtlinie. Im deutschen Bauproduktengesetz und in den Landesbauordnungen hat die Dauerhaftigkeit nun den Rang einer gesetzlichen Anforderung, wie die Standsicherheit. Dauerhaftigkeit ist eine Eigenschaft, die durch sachgerechte Planung, Konstruktion und Bemessung sowie Baustoffauswahl und Bauausführung erzeugt werden muss.

Als dauerhaft werden Bauwerke bezeichnet, wenn sie die verlangten Gebrauchseigenschaften, unter den planmäßigen Beanspruchungen, über die projektierte Nutzungsdauer, bei geringen Instandhaltungskosten aufweisen.

in Germany by the building inspectorate, even necessary. This is permissible as EN 206 does not yet have the legal status of a harmonized standard for the purposes of the European Building Products Directive. The German application rules for DIN EN 206 have been published as DIN 1045-2 [3]. A composite document is to be compiled from (DIN EN 206 + DIN 1045-2) which is to be published as a DIN technical report in order to assist practical work with the interconnected regulations.

The regulations in DIN 1045-3 [4] for execution of the building work were compiled on the basis of the European draft standard EN V 13670.

One section (DIN 1045-4 [5], Monitoring Precast Concrete Elements) is still being completed in Germany, mainly so that those questions which are not dealt with internationally can be controlled nationally, as with DIN 1084-3.

The material standards for the starting materials, namely cement, aggregate, concrete additions, and in this case fly ash, silica fume and trass as well as admixtures and mixing water, are incorporated in the concrete standard (DIN EN 206-1 + DIN 1045-2). So far only DIN EN 197 for cement has been adopted as a harmonized standard. Further European material standards are in preparation and will replace the German regulations at the stated time.

One important innovation of the new DIN 1045 series of standards is that the sections 1 to 3 of the standard are linked more closely with one another, through appropriate references, than were the corresponding sections in the old DIN 1045. This bridging of the interfaces is indicated in Figure 1 by the inscription (S). Right at the beginning of DIN 1045-1, for example, there is the requirement that not only the design procedures, but also the concrete technology and construction technology procedures, must be incorporated and pursued further in the planning stage. This creates a basic initial requirement to follow a logically constructed durability strategy for the concrete structures to be produced.

3 Rules for planning durable concrete structures 3.1 Definition of durability and durability strategies

The second important innovation for European and German concrete standardization is the direct requirement for durability of the structures. It is a constituent part of all the foundation documents of the European Building Products Directive. In German building products law and in the state building codes durability, like stability, now has the status of a legal requirement. Durability is a property which must be created by correct planning, design and dimensioning as well as choice of building materials and execution of the building work.

Structures are designated durable if they exhibit the required service properties under the planned service conditions over the projected service life with low maintenance costs.

Tafel 1: Bemessungskonzepte für die Dauerhaftigkeit

| Bemessungskonzept | Kriterien |
|----------------------|---|
| Deskriptives Konzept | <ul style="list-style-type: none"> - Mittlere Lebens- oder Nutzungsdauer stehen fest - Einwirkungen stehen fest (Expositionsklassen) - Üblicher Aufwand für Instandhaltung - Betonzusammensetzung und Ausführungsregeln werden durch das technische Regelwerk vorgeschrieben |
| Performance-Konzept | <ul style="list-style-type: none"> - Lebens- oder Nutzungsdauer $t_{N(soll)}$ werden nach den Erfordernissen gewählt - Instandhaltungsaufwand wird gewählt - Zeitliche Entwicklung von Angriff und Widerstand werden rechnerisch erfasst - Anhand des Verlaufs von Angriff und Widerstand wird die rechnerische Lebensdauer $t_{N(cal)}$ ermittelt und durch Versagenswahrscheinlichkeiten näher definiert - Nachweis $t_{N(cal)} \geq t_{N(soll)}$ |

Alle genannten Kriterien gehören bereits zum Planungskonzept für ein Bauwerk. Der Planer und Konstrukteur muss anhand der planmäßigen Beanspruchungen (Spannungen, Witterungsbedingungen usw.) die notwendigen Gebrauchseigenschaften (Festigkeit, Frostwiderstand usw.) festlegen. Damit die Beanspruchungen unter den gegebenen Einwirkungen („Angriffen“) nicht vorzeitig und unplanmäßig zur Erschöpfung der Tragfähigkeit und der Gebrauchseigenschaften (des „Widerstands“) führen, braucht man ein Bemessungskonzept für die Dauerhaftigkeit. Unterschieden werden das „deskriptive Konzept“ und das so genannte „Performance-Konzept“, siehe Tafel 1.

Die rechnerische Voraussage der Dauerhaftigkeit nach einem Performance-Konzept ist derzeit nur für wenige Einwirkungen, z.B. Säureangriff oder Chlorideinwirkung und Stahlkorrosion mit erheblichem Aufwand möglich. Deshalb erfolgt die Dauerhaftigkeitsbemessung in der neuen europäischen und deutschen Betonnorm nach dem deskriptiven Konzept. Es basiert auf Klasseneinteilungen für die Einwirkungen (Expositionsklassen) und auf zugeordneten Maßnahmen, wie Betonzusammensetzung, Betondeckung der Bewehrung, Nachbehandlung. Der Widerstand des Betons ist charakterisiert durch den maximalen Wasserzementwert, die Mindestbetonfestigkeitsklasse, den Mindestzementgehalt, ggf. den Luftporengehalt, Anrechnungsregeln für Betonzusatzstoffe und, in einzelnen Fällen, durch Eingrenzung der verwendbaren Zemente.

Wie Tafel 1 zeigt, liegt dem deskriptiven Bemessungskonzept für die Dauerhaftigkeit eine Annahme für die erwartete mittlere Lebens- oder Nutzungsdauer zugrunde. Diese wird in der neuen europäischen und deutschen Betonnorm erstmalig beziffert und beträgt 50 Jahre. Die Zahl hat mit Gewährleistung nichts zu tun. Sie vermittelt aber einen Anhaltswert für die Basis, auf der die Anforderungen an Planung, Konstruktion, Betontechnik und Ausführung in der neuen Normgeneration gestellt werden.

4 Regeln für die Planung dauerhafter Betonbauwerke

4.1 Expositionsklassen

Um die Dauerhaftigkeit von Bauwerken zutreffend planen zu können, muss man vorausdenken. Dazu sind zum jeweiligen Planungszeitpunkt Annahmen für die zu erwartenden Umwelteinwirkungen oder „Angriffe“ zu treffen. Sie werden in (DIN EN 206-1 + DIN 1045-2) „Expositionsklassen“ genannt. Um dem Planer und Konstrukteur eine schnell nutzbare und europaweit vergleichbare Basis zu geben, werden ihm in der Betonnorm entsprechend dem „deskriptiven Konzept“, siehe Bild 2, sieben Expositionsklassen angeboten, die jeweils in bis zu vier Intensitätsstufen eingeteilt sind. Er

Table 1: Design strategies for durability

| Design strategy | Criteria |
|----------------------|---|
| Descriptive strategy | <ul style="list-style-type: none"> - average service life is defined - effects are defined (exposure classes) - normal expenditure on maintenance - concrete composition and execution rules are laid down by the technical regulations |
| Performance strategy | <ul style="list-style-type: none"> - service life $t_{N(soll)}$ is chosen to suit the requirements - maintenance costs are chosen - development with time of the attack and resistance are calculated - the calculated service life $t_{N(cal)}$ is determined on the basis of the behaviour pattern of the attack and resistance and defined more accurately by failure probabilities - verification $t_{N(cal)} \geq t_{N(soll)}$ |

All the criteria mentioned already form part of the design strategy for a structure. The planning engineer and design engineer must specify the necessary service properties (strength, freeze-thaw resistance, etc.) on the basis of the planned service conditions (stresses, weather conditions, etc.). A dimensioning strategy for the durability is required so that under the given effects (“attacks”) the service conditions do not lead to premature and unplanned depletion of the loadbearing capacity and the service properties (the “resistance”). A distinction is made between the “descriptive strategy” and the “performance strategy”, see Table 1.

Calculated prediction of the durability on the basis of a performance strategy is currently possible for only a few effects, e.g. acid attack or chloride action and steel corrosion, and at considerable expense. The durability dimensioning in the new European and German concrete standard is therefore carried out on the basis of the descriptive strategy. It is based on classification of the effects (exposure classes) and associated measures, such as concrete composition, concrete cover on the reinforcement and curing. The resistance of the concrete is characterized by the maximum water/cement ratio, the minimum concrete strength class, the minimum cement content, and possibly the air void content, the rules for taking account of concrete additions and, in individual cases, by restricting the cements which can be used.

Table 1 shows that the descriptive dimensioning strategy for durability is based on acceptance of the anticipated average service life. This is estimated numerically for the first time in the new European and German concrete standard and amounts to 50 years. The figure has nothing to do with the warranty. However, it does provide a reference value on which the requirements for planning, design, concrete technology and execution of the construction work are based in the new generation of standards.

4 Rules for designing durable concrete structures

4.1 Exposure classes

In order to be able to plan the durability of structures successfully it is necessary to think ahead. Assumptions about the expected environmental effects or “attacks” have to be made when the structure is being designed. They are listed in the “exposure classes” in (DIN EN 206-1 + DIN 1045-2). In order to give the planner and designer a rapidly usable basis which is comparable throughout Europe the concrete standard offers them seven exposure classes, each subdivided into up to four intensity stages corresponding to the “descriptive strategy”, see Figure 2. These stresses resulting from the exposure classes have to be taken into account in the same way as the stresses caused by external loads.

hat diese Beanspruchungen durch Expositionsklassen analog zu den Beanspruchungen durch äußere Lasten zu berücksichtigen.

Drei der Expositionsklassen betreffen die Dauerhaftigkeit der Bewehrung im Beton, vier die Dauerhaftigkeit des Betons selbst. Expositionsklasse X0 betrifft den Beton unbewehrter Bauteile in Innenräumen oder im Boden ohne Frost.

XC1 bezieht sich auf die korrosionsfördernde Wirkung für den Bewehrungsstahl in trockenen Innenräumen, XC2 in Bauteilen in nicht angreifendem Wasser, XC3 in Feuchträumen wie Hallenbädern und XC4 in direkt beregneten Außenbauteilen. Bauteile in den Expositionsklassen XD und XS sind Chlorideinwirkung durch Streusalz (XD) bzw. Meerwasser (XS) ausgesetzt, und zwar durch Sprühnebel (XD1 / XS1), in ständigem Kontakt mit salzhaltigem Wasser (XD2 / XS2) und wechselndem Kontakt mit Salzlösung und Austrocknung (XD3 / XS3). Weitere Einwirkungen auf den Beton selbst betreffen Bauteile unter Frosteinwirkung (XF1 – XF4) bei mäßiger und hoher Wassersättigung sowie mit und ohne Salzbeaufschlagung. Die Einstufung der Angriffsgrade bei Betonkorrosion durch chemischen Angriff (XA1 – XA3) erfolgt in Anlehnung an die Festlegungen in DIN 4030. In Deutschland gibt es zusätzlich die Expositionsklasse Verschleiß, durch die eine mäßige (XM1), starke (XM2) und sehr starke (XM3) Beanspruchung tragender oder aussteiferender Industrieböden geregelt ist.

Die Herstellung eines planmäßigen Widerstands der Betonbauteile ist gleichbedeutend mit ihrer Bemessung bezüglich Dauerhaftigkeit. Diese Bemessung erfolgt in der neuen europäischen Norm in Abhängigkeit von den o.g. verschiedenen Stufen der Expositionsklassen, indem im Wesentlichen drei Anforderungen erfüllt werden (siehe Bild 2). Sie betreffen

- den maximalen Wasserzementwert,
- den Mindestzementgehalt und
- die Mindestdruckfestigkeitsklasse des Betons.

Es ist bereits Aufgabe des Planers, diejenige Expositionsklasse im jeweiligen Bauteil zu berücksichtigen, die den größten Widerstand verlangt in Form des niedrigsten Wasserzementwerts, gepaart mit dem höchsten Mindestzementgehalt und der höchsten Betonfestigkeitsklasse. Dies wird auf Bild 3 durch verschiedene Expositionsklassen an einzelnen Bauteilen dargestellt. Die maßgebende Einwirkung ist schwarz, die übrigen Einwirkungen sind hellblau angegeben. Außerdem hat der Planer die Betondeckung der Bewehrung entsprechend den Expositionsklassen gemäß DIN 1045-1 auszuwählen.

Für X0 bestehen keine Anforderungen an den w/z-Wert und den Mindestzementgehalt, siehe Bild 2. Die Mindestdruckfestigkeitsklasse ist C8/10. Die erste Zahl ist die Mindestzylinderdruckfestigkeit, die zweite die Mindestwürfeldruckfestigkeit im Alter von 28 Tagen.

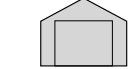
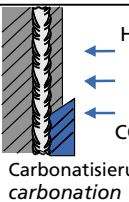
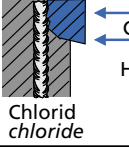
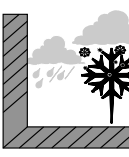
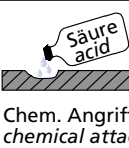

| Expositionsklassen (Umwelteinwirkungen, „Angriffe“) Exposure classes (environmental effects, „attacks“) | | | Betontechnische Maßnahmen („Widerstände“) Concrete technology measures („resistances“) | | | |
|--|--|--|---|---|--------------------------------|--------|
| Klassenbez. class designation | Einwirkung effect und and | Beanspruchung stress | Max. w/z max. w/c | Min. z min. c | f_{ck} cube f_{cd} cube | |
| XO |  kein Angriff no attack | kein Betonangriff no concrete attack | keine Anforderung no requirement | keine Anforderung no requirement | C8/10 C8/10 | |
| XC |  | 1 trocken dry | 0,75 | 240 | C16/20 | |
| | | 2 ständig nass constantly wet | 0,75 | 240 | C16/20 | |
| | | 3 mäßig feucht moderately moist | 0,65 | 260 | C20/25 | |
| | | 4 Carbonatisierung carbonation nass / trocken wet / dry | 0,60 | 280 | C25/30 | |
| XD/ XS |  | 1 mäßig feucht moderately moist | 0,55 | 300 | C30/37 | |
| | | 2 ständig nass constantly wet | 0,50 | 320 | C35/45 | |
| | | 3 Chlorid chloride nass / trocken wet / dry | 0,45 | 320 | C35/45 | |
| XF |  | 1 mäßige Wassers. o. T. moderate water saturation (o.T.) | 0,60 | 280 | C25/30 | |
| | | 2 mäßige Wassers. m. T. moderate water saturation (m.T.) | 0,55 | + LP | 300 | C25/30 |
| | | | 0,50 | | 320 | C35/45 |
| | | 3 hohe Wassers. o. T. high water saturation (o.T.) | 0,55 | + LP | 300 | C25/30 |
| 0,50 | | | 320 | C35/45 | | |
| 4 hohe Wassers. m. T. high water saturation (m.T.) | 0,50 | + LP | 320 | C30/37 | | |
| | | | | | | |
| XA |  | 1 schwach angreifend weakly corrosive | 0,60 | 280 | C25/30 | |
| | | 2 mäßig angreifend moderately corrosive | 0,50 | 320 | C35/45 | |
| | | 3 Chem. Angriff chemical attack stark angreifend strongly corrosive | 0,45 | 320 | C35/45 | |
| XM |  | 1 mäßiger Verschleiß moderate wear | 0,55 | 300 | C30/37 | |
| | | 2 starker Verschleiß severe wear | 0,45 | 320 | C35/45 | |
| | | 3 sehr starker Verschleiß very severe wear | 0,45 | 320 | C35/45 | |

Bild 2: Expositionsklassen (Umwelteinwirkungen, „Angriffe“) und betontechnische Maßnahmen („Widerstände“) (Abkürzungen: m. = mit; o = ohne; T = Tausalz)

Figure 2: Exposure classes (environmental effects, „attacks“) and concrete technology measures („resistances“) (abbreviations: m. = with; o = without; T = de-icing salt)

Three of the exposure classes relate to the durability of the reinforcement in the concrete, and four relate to the durability of the concrete itself. The exposure class X0 relates to the concrete for unreinforced components in interior spaces or in the earth without exposure to frost.

XC1 relates to the corrosion-promoting action for reinforcing steel in dry interior spaces, XC2 in components in non-corrosive water, XC3 in moist spaces like indoor swimming pools and XC4 in external components directly exposed to rain. Components in the XD and XS exposure classes are exposed to the action of chloride through de-icing salt (XD) or seawater (XS), specifically from spray (XD1 / XS1), in continuous contact with salt-containing water (XD2 / XS2) and alternating contact with salt solution and drying out (XD3 / XS3). Further effects on the concrete itself relate to components exposed to freeze-thaw (XF1 – XF4) with moderate and high water saturation and with and without de-icing salt. The grade of attack during concrete corrosion by chemical attack (XA1 – XA3) is classified in accordance with the definitions in DIN 4030. In Germany there is also the wear exposure class which regulates moderate (XM1), strong (XM2) and very strong (XM3)

Für XC wird ein maximaler Wasserzementwert zwischen 0,75 und 0,60 verlangt, ein Mindestzementgehalt zwischen 240 kg/m³ und 280 kg/m³ und Festigkeitsklassen zwischen C16/20 und C25/30. Natürlich werden hier auch steigende Maße c für die Betondeckung der Bewehrung verlangt, damit eine Korrosion der Bewehrung vermieden wird.

Für die beiden Expositionsklassen mit Chloridbeanspruchung XD und XS werden wegen des Korrosionsschutzes der Bewehrung noch dichtere Betone verlangt, erzielt durch Wasserzementwerte zwischen 0,55 und 0,45, Zementgehalte zwischen 300 kg/m³ und 320 kg/m³ und Festigkeitsklassen zwischen C30/37 und C35/45. Entsprechende Anforderungen gelten auch für die Expositionsklassen XF, XA und XM, um die Dauerhaftigkeit des Betons allein oder der Bewehrung im Beton sicherzustellen. Durch eine Fülle von Fußnoten werden besondere Anwendungsfälle in diesen Tabellen geregelt, z.B. auch die Verwendung von Zementen mit hohem Sulfatwiderstand.

Die nach (DIN EN 206-1 + DIN 1045-2) zu beachtenden Mindestzementgehalte sind unabhängig von der verwendeten Zementart. Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 und andere entsprechend bauaufsichtlich zugelassene Flugaschen sowie bauaufsichtlich zugelassene Silicastaube dürfen unabhängig von der verwendeten Zementart dem Beton als Betonzusatzstoff zugegeben werden. Der in DIN 1045-2 geforderte Mindestzementgehalt darf dabei nur auf die festgelegten niedrigeren Werte abgemindert werden, wenn Portlandzemente CEM I, Portlandkompositzemente CEM II/S, CEM II/T und CEM II/A-L sowie Hochofenzemente CEM III/A oder CEM III/B verwendet werden. Für Hochofenzemente CEM III/B gilt dies nur bei einem nachgewiesenen Hüttensandgehalt von bis zu 70 M.-%.

Die Regeln für die Anrechnung von Flugasche und Silicastaub auf den wirksamen Wasserzementwert gelten unabhängig von der verwendeten Zementart. Bei gleichzeitiger Verwendung von Flugasche und Silicastaub als Betonzusatzstoff muss entsprechend DIN 1045-2 die Höchstmenge der in der Betonzusammensetzung zulässigen Flugaschenmenge bei Portlandkomposit- (CEM II) und Hochofenzementen (CEM III) stärker begrenzt werden als bei Portlandzementen (CEM I). Dabei ist eine gleichzeitige Verwendung von Flugasche und Silicastaub bei flugaschenhaltigen Portlandkompositzementen (CEM II/V bzw. CEM II/SV), bei Portlandpuzzolanzementen (CEM II/P) und bei Hochofenzementen (CEM III/B) nicht zulässig.

4.2 Anwendungsregeln für Zemente gemäß DIN EN 197-1 und DIN 1164

Allgemein sind zur Herstellung von Beton nach DIN EN 206-1 und den deutschen Anwendungsregeln DIN 1045-2 alle Zemente nach DIN EN 197-1 und DIN 1164 geeignet. Im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit der mit diesen Zementen hergestellten Betone sind jedoch je nach Anwendungsbereich u.U. zementartabhängige Unterschiede zu beachten. Diese Regelungen sind in DIN 1045-2 in Abhängigkeit von den Expositionsklassen, denen ein Bauteil zuzuordnen ist, getroffen worden. Durch die hohe Grundleistungsfähigkeit aller bisher in DIN 1164 genormten Zementarten mussten für diese Zemente kaum Einschränkungen bei der baupraktischen Anwendung vorgenommen werden. Die wenigen Einschränkungen bezogen sich lediglich auf Betone, die einem Frostangriff mit Taumitteln ausgesetzt sind. Die nun in ganz Europa gültige EN 197 enthält 27 verschiedene Zementarten gegenüber den 12 Zementarten der alten DIN 1164. Die Erweiterung betrifft fast ausschließlich Portlandkompositzemente mit höheren Anteilen puzzolanischer oder inerter Hauptbestandteile bzw. Puzzolan- und Kompositzemente mit geringeren Klinkeranteilen. EN 197 erhält damit zahlreiche Zementarten, mit denen in Deutschland bezüglich der Dauerhaftigkeit der damit hergestellten Betone keine Erfahrungen vorliegen. Deshalb war es erforderlich, hier neue Anwendungsregeln festzulegen.

Für übliche Bauteile und Bauwerke des Hoch- und Ingenieurbaus zeigt die Tafel 2 die deutschen Anwendungsregeln für die gesamte Bandbreite der 27 Zementarten der EN 197. Dabei wurden für die bereits in der Vorgängernorm DIN 1164 genormten Zemente die bislang gültigen Regeln fortgeschrieben. Die Tafel 2

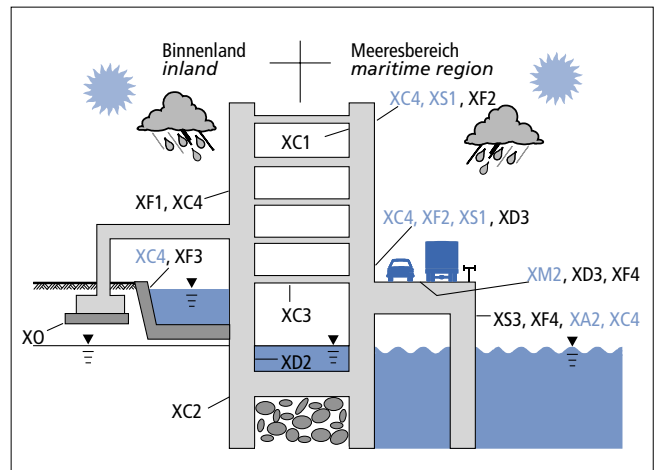


Bild 3: Beispiele für gemeinsam einwirkende Expositionsklassen an Musterbauteilen (schwarze Schrift bedeutet: maßgebend für Dauerhaftigkeitsbemessung)

Figure 3: Examples of exposure classes acting jointly on typical components (black type indicates determining factor for durability design)

stressing of load-bearing or stiffening industrial floors.

Producing concrete components with a planned resistance is the same as dimensioning them with respect to durability. This dimensioning is carried out in the new European standard as a function of the above-mentioned different stages of the exposure classes, essentially by fulfilling three requirements (see Figure 2). They relate to

- the maximum water/cement ratio,
- the minimum cement content, and
- the minimum compressive strength class of the concrete.

It is the task of the designer to take account of that exposure class in each component which requires the greatest resistance in the form of the lowest water/cement ratio coupled with the highest minimum cement content and the highest concrete strength class. This is shown in Figure 3 by different exposure classes for individual components. The determining effect is shown in black, and the other effects are shown in light-blue. The designer also has to choose the concrete cover for the reinforcement to suit the exposure class in accordance with DIN 1045-1.

For X0 there are no requirements for the w/c ratio or the minimum cement content, see Figure 2. The minimum compressive strength class is C8/10. The first figure is the minimum cylinder compressive strength and the second one is the minimum cube compressive strength at 28 days.

A maximum water/cement ratio between 0.75 and 0.60 is required for XC, with a minimum cement content between 240 kg/m³ and 280 kg/m³ and strength classes between C16/20 and C25/30. An increased value c for the concrete cover on the reinforcement is naturally also required here to avoid corrosion of the reinforcement.

Even denser concretes are required to protect the reinforcement from corrosion for the two exposure classes XD and XS with exposure to chloride. This is achieved by water/cement ratios between 0.55 and 0.45, cement contents between 300 kg/m³ and 320 kg/m³ and strength classes between C30/37 and C35/45. Corresponding requirements also applied to exposure classes XF, XA and XM to ensure the durability either of the concrete alone or of the reinforcement in the concrete. Special applications are regulated in these tables by an abundance of footnotes, e.g. the use of highly sulfate resisting cements.

The minimum cement contents to be observed in accordance with (DIN EN 206-1 + DIN 1045-2) are independent of the type of cement used. Coal fly ash complying with DIN EN 450 and other fly ash with appropriate building inspectorate approval and silica fume with building inspectorate approval may be added to the concrete as concrete additions regardless of the type of cement

Tafel 2: Anwendungsregeln für Zemente nach DIN EN 197-1 und DIN 1164
Table 2: Application rules for cements complying to DIN EN 197-1 and DIN 1164

| ✖ gültiger Anwendungsbereich / valid area of application ○ nach DIN 1045-2 nicht anwendbar / cannot be used in accordance with DIN 1045-2 | | Zemente nach / cements complying with DIN EN 197-1 und / and DIN 1164 | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---------------------------|------------|---------|------------------|---------|---------|---------|
| | | CEM I | CEM II | | | | CEM III | | CEM IV | CEM V |
| Bauteil / Bauwerk component / structure | Bemessungsrelevante Expositionsklassen exposure classes relevant to the design | S T D A-LL | V ⁵⁾ A-L ⁶⁾ P/Q | B-LL B-L A-M A-W | B-M B-W | A/B | C ²⁾ | A/B | A/B | |
| Unbewehrter Beton unreinforced concrete | X0 | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ |
| Frostgeschützte Bauteile (innen oder im Wasser) components protected from frost (interior or in water) | XC1-XC4 | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ○ 1) | ✖ | ○ 1) | ○ 1) | ○ 1) |
| Außenbauteile, Wasserbauwerke exterior components, hydraulic engineering structures | XC, XF1, XF3 | ✖ | ✖ | ✖ | ○ | ○ | ✖ | ○ | ○ | ○ |
| Außenbauteile unter Taumittelinwirkung exterior components exposed to de-icing agents | XC, XD, XF2, XF4 | ✖ | ✖ | ○ | ○ | ○ | ✖ 3) 4) | ○ | ○ | ○ |
| Meeresbauwerke maritime structures | XC, XS, XF2, XF4 | ✖ | ✖ | ○ | ○ | ○ | ✖ 3) 4) | ○ | ○ | ○ |
| Chemischer Angriff ⁷⁾ chemical attack ⁷⁾ | XA | ✖ | ✖ | ✖ | ○ | ○ | ✖ | ○ | ○ | ○ |
| Verkehrsflächen traffic surfaces | XF4, XM | ✖ 9) | ✖ 8) 9) | ○ | ○ | ○ | ✖ 3) 4) 8) 9) | ○ | ○ | ○ |
| Verschleiß ohne Frost wear without frost | XM | ✖ | ✖ | ✖ | ○ | ○ | ✖ | ○ | ○ | ○ |

- 1) Verwendung bei Expositionsklasse XC2 erlaubt
 2) Verwendung bei Expositionsklasse XD2 und XS2 erlaubt
 3) bei Expositionsklasse XF4: Nur CEM III/A der Festigkeitsklasse $\geq 42,5$ oder $\geq 32,5$ R mit einem Hüttensandanteil ≤ 50 M.-%
 4) bei Expositionsklasse XF4: CEM III/B darf nur für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden:
 a) Meerwasserbauteile: $w/c \leq 0,45$; Mindestfestigkeitsklasse C35/45 und $z \geq 340$ kg/m³
 b) Räumlerlaufbahnen $w/c \leq 0,35$; Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und $z \geq 360$ kg/m³; Beachtung von DIN 19569
 Auf Luftporen kann in beiden Fällen verzichtet werden.
 5) CEM II/B – V für Verwendung bei Expositionsklasse XF3 nicht erlaubt
 6) Verwendung bei Expositionsklasse XF1 und XF3 nicht erlaubt
 7) Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) verwendet werden. Zur Herstellung von sulfatwiderstandsfähigem Beton darf bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wassers von $SO_4^{2-} \leq 1500$ mg/l anstelle von HS-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden.
 8) Für Betonfahrbahndecken nach ZTV Beton-StB in Abstimmung mit dem Auftraggeber (Hochofenzement nur CEM III/A mindestens der Festigkeitsklasse 42,5)
 9) Für Betonfahrbahndecken nach ZTV Beton-StB Gesamtalkaligehalt Na_2O -Äquivalent $\leq 1,0$ M.-%

- 1) Use for exposure class XC2 permitted
 2) Use for exposure classes XD2 and XS2 permitted
 3) For exposure class XF4: only CEM III/A of the strength classes $\geq 42,5$ or $\geq 32,5$ R containing ≤ 50 % by mass blastfurnace slag
 4) For exposure class XF4: CEM III/B may only be used for the following applications:
 a) Sea water components: $w/c \leq 0,45$; minimum strength class C35/45 and $c \geq 340$ kg/m³
 b) Track for rotating scraper bridge, $w/c \leq 0,35$; minimum strength class C40/50 and $c \geq 360$ kg/m³; note DIN 19569
 Air voids can be dispensed with in both cases.
 5) CEM 11/B-V not permitted for use with exposure class XF3
 6) Use not permitted for exposure classes XF1 and XF3
 7) For chemical attack by sulfate (except in sea water) highly sulfate resisting cement must be used above exposure class XA 1. A mixture of cement and fly ash may be used instead of highly sulfate resisting cement for producing sulfate resisting concrete where the corrosive water has a sulfate content of $SO_4^{2-} \leq 1500$ mg/l
 8) For concrete carriageway surfaces complying with ZTV Beton-StB with the agreement of the client (only CEM III/A blastfurnace cement at least of 42,5 strength class)
 9) For concrete carriageway surfaces complying with ZTV Beton-StB, total alkali content Na_2O -equivalent ≤ 1.0 % by mass

zeigt, dass Einschränkungen in der Verwendbarkeit der Zemente besonders für Kompositzemente CEM V, Puzzolanzemente CEM IV sowie für Hochofenzemente CEM III-C bestehen. Das Gleiche gilt für fast alle bislang nicht genormten CEM II-M-Zemente. Die Einschränkungen betreffen besonders die Verwendung für frostbeanspruchte sowie chloridbeaufschlagte Bauteile. Für Portlandkompositzemente CEM II-M mit drei Hauptbestandteilen konnten für bestimmte Kombinationen der Hauptbestandteile erweiterte Anwendungsmöglichkeiten festgelegt werden (Tafel 3). Betroffen sind Zemente mit Hauptbestandteilen, die bereits in DIN 1164 genormt waren. Dies sind Kalksteinmehl unter 20 M.-%, Hüttensand, Silicastaub, gebrannter Schiefer, kieseläurereiche Flugaschen und natürliche Puzzolane als zweiter bzw. dritter Hauptbestandteil. Für Komposit- und Puzzolanzemente mit Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil wurden die bislang in bauaufsichtlichen Zulassungen festgelegten Anwendungsbereiche in die Norm übernommen.

used. The minimum cement content required in DIN 1045-2 shall only be reduced to the specified lower values if CEM I Portland cements, CEM II/S, CEM II/T and CEM II/A-L Portland composite cements or CEM III/A or CEM III/B blastfurnace cements are used. For the CEM III/B blastfurnace cements this only applies for a proven blastfurnace slag content of up to 70 % by mass.

The rules for calculating the allowance to be made for fly ash and silica fume in the effective water/cement ratio apply regardless of the type of cement used. With simultaneous use of fly ash and silica fume as concrete additions the maximum quantity of fly ash permissible in the concrete composition for Portland composite (CEM II) and blastfurnace cements (CEM III) must, according to DIN 1045-2, be more severely limited than in Portland cements (CEM I). Simultaneous use of fly ash and silica fume is not permissible in Portland composite cements containing fly ash (CEM II/V or CEM II/SV), in Portland pozzolanic cements (CEM II/P) or in blastfurnace cements (CEM III/B).

Tafel 3: Anwendungsregeln für CEM II-, CEM IV- und CEM V-Zemente mit bis zu drei Hauptbestandteilen nach DIN EN 197-1
 Table 3: Application rules for CEM II, CEM IV and CEM V cements with up to three main constituents complying with DIN EN 197-1

| * gültiger Anwendungsbereich / valid area of application ○ nach DIN 1045-2 nicht anwendbar / cannot be used in accordance with DIN 1045-2 | | Zemente nach / cements complying with DIN EN 197-1 und / and DIN 1164 | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|--------------------------|--------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| | | CEM II-M | | | | | | CEM IV | CEM V | | |
| Bauteil / Bauwerk component / structure | Bemessungsrelevante Expositionsklassen exposure classes relevant to the design | A | S-D S-T S-LL D-T D-LL T-LL | A | S-P S-V D-P D-V P-V P-T P-LL V-T V-LL | B | S-V D-V P-V V-T | B | S-LL D-LL P-LL V-LL T-LL | B-P ⁵⁾ | A/B -(S-P) ⁶⁾ |
| | | B | S-D S-T D-T | B | S-P D-P P-T | | | | | | |
| Unbewehrter Beton unreinforced concrete | X0 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Frostgeschützte Bauteile (innen oder im Wasser) components protected from frost (interior or in water) | XC1-XC4 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Außenbauteile, Wasserbauwerke exterior components, hydraulic engineering structures | XC, XF1, XF3 | * | * | * | ○ ¹⁾ | ○ | ○ | ○ | ○ | * | ○ |
| Außenbauteile mit Taumittleinwirkung exterior components exposed to de-icing agents | XC, XD, XF2, XF4 | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Meeresbauwerke maritime structures | XC, XS, XF2, XF4 | * | * | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Chemischer Angriff ²⁾ chemical attack ²⁾ | XA | * | * | * | * | * | * | ○ | ○ | * | ○ |
| Verkehrsflächen traffic surfaces | XF4, XM | * ³⁾ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Verschleiß ohne Frost wear without frost | XM | * | * | * | * | * | * | ○ | ○ | ○ | ○ ⁴⁾ |

¹⁾ Verwendung bei Expositionsklasse XF1 erlaubt
²⁾ Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1-Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) verwendet werden. Zur Herstellung von sulfatwiderstandsfähigem Beton darf bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wassers von $SO_4^{2-} \leq 1500$ mg/l anstelle von HS-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden.
³⁾ Für Betonfahrbahndecken nach ZTV Beton-StB nicht erlaubt
⁴⁾ Verwendung bei Expositionsklasse XM1 erlaubt
⁵⁾ gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil bis maximal 40 % (Massenanteil).
⁶⁾ gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil.
¹⁾ Use for exposure class XF 1 permitted
²⁾ For chemical attack by sulfate (except in sea water) highly sulfate resisting cement must be used above exposure class XA1. A mixture of cement and fly ash may be used instead of highly sulfate resisting cement for producing sulfate resisting concrete where the corrosive water has a sulfate content of $SO_4^{2-} \leq 1500$ mg/l
³⁾ Not permitted for concrete carriageway surfaces complying with ZTV Beton-StB
⁴⁾ Use for exposure class XM 1 permitted
⁵⁾ Only applies for trass complying with DIN 51043 as a main constituent up to a maximum of 40 % by mass
⁶⁾ Only applies for trass complying with DIN 51043 as a main constituent.

4.3 Nachbehandlung

Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton werden zukünftig in DIN 1045-3 festgelegt. Geregelt werden z.B. Anforderungen an die Dokumentation der Ausführung, an Gerüste und Schalungen, Bewehren, Vorspannen, Betonieren, Bauen mit Fertigteilen sowie an Toleranzen und Überwachung. Als Schutz des frisch eingebauten Betons vor Austrocknung, Gefrieren usw. stellt eine ausreichende Nachbehandlung eine unverzichtbare Maßnahme dar, um die planmäßige Dauerhaftigkeit eines Bauteils zu erreichen. Mit DIN 1045-3 wird u.a. die frühere DAfStb-, Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ durch eine europäische Regelung abgelöst. Das Prinzip des europäischen Entwurfs basiert darauf, dass mindestens so lange nachbehandelt werden muss, bis im Bauteil 50 % der charakteristischen Festigkeit f_{ck} erreicht sind.

Zur Planung und Festlegung der erforderlichen Nachbehandlungsdauer auf der Baustelle wird vom Betonhersteller eine Angabe zur Festigkeitsentwicklung des jeweiligen Betons verlangt. Die Angabe basiert auf dem Verhältnis der mittleren 2-Tage- zur 28-

4.2 Application rules for cements complying with DIN EN 197-1 and DIN 1164

In general, all cements complying with DIN EN 197-1 and DIN 1164 are suitable for producing concrete complying with DIN EN 206-1 and the German application rules DIN 1045-2. However, it is necessary under some circumstances and depending on the area of application to pay attention to differences caused by the type of cement with respect to the durability of the concretes produced with these cements. These regulations are given in DIN 1045-2 as a function of the exposure classes to which a component is assigned. Due to the high basic capabilities of all the types of cements so far standardized in DIN 1164 hardly any restrictions had to be made for these cements in practical building application. The few restrictions relate only to concretes which are exposed to freeze-thaw attack with de-icing agents. EN 197, which now applies throughout Europe, contains 27 different types of cement compared with the 12 types of cement in the old DIN 1164. The expansion relates almost entirely to Portland composite cements with higher pro-

Tafel 4: Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton nach DIN 1045-3 für alle Expositionsklassen mit Ausnahme von X0 und X1

Table 4: Minimum curing time for concrete complying with DIN 1045-3 for all exposure classes with the exception of X0 and X1

| Festigkeitsentwicklung des Betons ¹⁾ Strength development of the concrete ¹⁾ | schnell rapid | mittel average | langsam slow | sehr langsam very slow |
|---|--|-------------------|-----------------|---------------------------|
| $r = f_{cm2} / f_{cm28}^{2)}$ | $r \geq 0,50$ | $r \geq 0,30$ | $r \geq 0,15$ | $r \leq 0,15$ |
| Oberflächentemperatur surface temperature ϑ in °C | Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ³⁾ minimum curing time in days ³⁾ | | | |
| $\vartheta \geq 25$ | 1 | 2 | 2 | 3 |
| $25 > \vartheta \geq 15$ | 1 | 2 | 4 | 5 |
| $15 > \vartheta \geq 10$ | 2 | 4 | 7 | 10 |
| $10 > \vartheta \geq 5^{4)}$ | 3 | 6 | 10 | 15 |

- ¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung beschreibt das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeit nach 2 und 28 Tagen (nach DIN 1048-5, aus Eignungsprüfung der Betone vergleichbarer Zusammensetzung).
- ²⁾ Lineare Interpolation zwischen den r-Werten ist zulässig.
- ³⁾ Zu verlängern um die Zeit, die die Verarbeitbarkeit um 5 Std. überschreitet.
- ⁴⁾ Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Dauer um die Zeit zu verlängern, in der die Temperatur Werte unter 5 °C aufweist.
- ¹⁾ The strength development describes the ratio of the average values of the compressive strengths after 2 and 28 days (in accordance with DIN 1048-5, from compliance testing of concretes of comparable composition).
- ²⁾ Linear interpolation between the r values is permissible.
- ³⁾ To be extended by the time by which the workability exceeds 5 hours
- ⁴⁾ For temperatures below 5 °C the time must be extended by the time for which the temperature is less than 5 °C.

Tage Druckfestigkeit bei 20 °C und führt zu einer Einteilung in die Bereiche schnelle, mittlere, langsame und sehr langsame Festigkeitsentwicklung. Die Mindestdauer der Nachbehandlung, die nach DIN 1045-3 vorgeschrieben wird, orientiert sich an diesen Bereichen der Festigkeitsentwicklung. In Tafel 4 ist die Mindestdauer der Nachbehandlung in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung des Betons und der Oberflächentemperatur zusammengestellt. Die Festigkeitsentwicklung bzw. die daraus abgeleitete erforderliche Nachbehandlungsdauer wird damit auch zu einem Merkmal der Sortenkennzeichnung von Transportbeton. Im Einzelfall erlaubt DIN 1045-3 ausdrücklich auch den genauen Nachweis der Festigkeitsentwicklung. Dies wird in der Regel dann angewandt, wenn durch die Bauweise bzw. den Bautakt eine Unterschreitung der Vorgaben zur Mindestnachbehandlungsdauer notwendig bzw. sinnvoll ist.

5 Zusammenfassung

- Die neue deutsche Betonnorm DIN 1045 besteht aus vier Teilen
 - Bemessung und Konstruktion (DIN 1045-1),
 - Beton (DIN EN 206 + DIN 1045-2),
 - Bauausführung (DIN 1045-3),
 - Überwachung von Betonfertigteilen (DIN 1045-4).
- Zur Förderung der Dauerhaftigkeit werden die verschiedenen Normteile so mit Verweisen versehen, dass die Schnittstellen zwischen Konstruktion, Baustoffen und Bauausführung überbrückt werden.
- Die Bemessung bezüglich der Dauerhaftigkeit hat den gleichen Rang erhalten wie die Bemessung bezüglich der Tragfähigkeit.
- Das in der Norm enthaltene Konzept für die Dauerhaftigkeitsbemessung ist deskriptiv. Die Einwirkungen werden durch sieben Expositionsklassen definiert, die jeweils bis zu vier Intensitätsstufen aufweisen. Einwirkungen auf den Beton und auf den Bewehrungsstahl werden gesondert betrachtet.
- Die Dauerhaftigkeit des Betons wird im Wesentlichen durch die Kriterien maximaler Wasserzementwert, Mindestzementgehalt und Mindestdruckfestigkeitsklasse beschrieben.
- Die neue Zementnorm DIN EN 197 enthält Zementarten, für deren Dauerhaftigkeit im Beton bisher in Deutschland noch keine Erfahrungen vorliegen. Deshalb war es erforderlich, in DIN 1045-2 Anwendungsregeln für Zemente anzugeben.

portions of pozzolanic or inert main constituents, or to pozzolanic and composite cements with lower proportions of clinker. EN 197 therefore contains a number of types of cement for which there is no experience in Germany with respect to the durability of the concretes produced with them. In these cases it was therefore necessary to specify new application rules.

Table 2 shows the German application rules for the entire range of the 27 types of cement in EN 197 for the usual components and structures used in building construction and civil engineering. The rules used to apply for the cements already standardized in the previous standard DIN 1164 have been updated. Table 2 shows that there are restrictions on the usability of the cements, especially for composite cements CEM V, pozzolanic cements CEM IV and blastfurnace cements CEM III-C. The same applies to almost all the CEM II-M cements which were not previously covered by the standards. The restrictions relate in particular to use for components exposed to freeze-thaw and chloride attack. For CEM II-M Portland composite cements with three main components it was possible to specify extended possible applications for certain combinations of the main constituents (Table 3). This affects cements with main constituents which were already standardized in DIN 1164. These are limestone meal below 20 % by mass, granulated blastfurnace slag, silica fume, burnt shale, siliceous fly ash and natural pozzolans as the second or third main constituents. For composite and pozzolanic cements with trass complying with DIN 51043 as a main constituent the areas of application previously specified in building inspectorate approvals have been adopted in the standard.

4.3 Curing

Specifications for the construction of load-bearing structures made of concrete, reinforced concrete and prestressed concrete will in future be laid down in DIN 1045-3. The regulations will, for example, cover specifications for documentation of the construction, for scaffolding and formwork, reinforcement, prestressing, concreting, building with precast elements and for tolerances and monitoring. Adequate curing is an essential measure for achieving the planned durability of a component by protecting the freshly placed concrete from drying out, freezing etc. DIN 1045-3 will, among other things, replace the earlier DAfStB “Guidelines for curing of concrete” by a European regulation. The basic principle of the European draft is that curing must be at least long enough for the component to reach 50 % of its characteristic strength f_{ck} .

The concrete producer is required to provide information on the strength development of the particular concrete for planning and specifying the necessary length of curing on the building site. The information is based on the ratio of the average 2 day to 28 day compressive strengths at 20 °C, and leads to classification into the ranges of rapid, average, slow and very slow strength development. The minimum duration of curing which is specified in DIN 1045-3 is directed towards these ranges of strength development. The minimum curing time is listed in Table 4 as a function of the strength development of the concrete and of the surface temperature. The strength development and the requisite curing time derived from it therefore also become characteristics of the type designation of ready-mixed concretes. In individual cases DIN 1045-3 also expressly permits accurate verification of the strength development. As a rule this is applied if, due to the mode of construction or the construction completion cycle, it is necessary or logical to use values lower than those specified for the minimum curing time.

5 Summary

- The new concrete standard DIN 1045 consists of four parts
 - Design (DIN 1045-1)
 - Concrete (DIN EN 206 + DIN 1045-2)
 - Execution (DIN 1045-3)
 - Conformity control of precast concrete elements (DIN 1045-4)
- To improve the durability the different parts of the standard contain references for bridging the interfaces between design, building materials and execution of the construction work.
- The design relating to durability has been given the same status as the design relating to loadbearing capacity.

- Anwendungseinschränkungen für Zemente betreffen vor allem Kompositzemente CEM V, Puzzolanzemente CEM IV, Hochofenzemente CEM III-C sowie bislang nicht genormte CEM II-M-Zemente – und zwar in der Regel bezüglich frostbeanspruchter und chloridbeaufschlagter Bauteile.
- Durch eine neue Nachbehandlungsregelung in DIN 1045-3 soll bewirkt werden, dass die in der Betonzusammensetzung angelegten Eigenschaften auch im oberflächennahen Bereich der Bauteile erreicht werden.

Literatur / Literature

- [1] DIN 1045-1 (2001): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Bemessung und Konstruktion
- [2] DIN EN 206-1 (2000): Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [3] DIN 1045-2 (2001): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Deutsche Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 Beton
- [4] DIN 1045-3 (2001): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Bauausführung
- [5] DIN 1045-4 (2001): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Ergänzende Regeln für die Herstellung und Überwachung von Fertigteilen

- The strategy for durability-related design in the standard is a descriptive one. The effects are defined by 7 exposure classes which are each sub-divided into up to 4 stages of intensity. The effects on the concrete and on the reinforcing steel are evaluated separately.
- The durability of the concrete is essentially described by the following criteria: maximum water/cement ratio, minimum cement content and minimum compressive strength class.
- The new cement standard DIN EN 197 covers types of cement for which no practical experience exists in Germany as yet regarding their durability in concrete. It was therefore necessary to specify application rules for cements in DIN 1045-2.
- Application restrictions for cements refer mainly to CEM V composite cements, CEM IV pozzolanic cements, CEM III-C blastfurnace cements and CEM II-M cements not previously covered by the standards. These restrictions refer usually to structures exposed to freez-thaw or chloride.
- A new curing regulation in DIN 1045-3 should ensure that the properties obtained through the concrete mix design are also achieved in the parts of the component close to the surface.
