

Dauerhafte Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauwerke

Wichtige Neuerungen in DIN 1045 (07/2001) und DIN EN 206-1

Einleitung

In der Vergangenheit konnten an zahlreichen Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerken zum Teil erhebliche Schäden aufgrund von zu geringer Betondeckung, falscher Betonzusammensetzung oder fehlender Nachbehandlung festgestellt werden. Mit der nun vorliegenden neuen Normengeneration für Betonbauwerke (DIN 1045, Teile 1-4 und DIN EN 206-1 [1] – [4]) wird den Nachweisen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und den Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Tragwerken deutlich größere Bedeutung eingeräumt.

Dadurch soll sichergestellt werden, dass Tragwerke bzw. Bauteile aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton – bei einer ausreichenden Wartung und Instandhaltung – über die vorgesehene Nutzungsdauer allen möglichen Einwirkungen aus Lasten, Zwangsbeanspruchungen oder Umwelteinflüssen genügend standhalten.

Um die Dauerhaftigkeit eines Tragwerks sicherzustellen, sind folgende Punkte zu beachten:

1. Bemessung erfolgt gemäß den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (DIN 1045-1, Abschnitt 10) und den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (DIN 1045-1, Abschnitt 11)

2. Konstruktive Durchbildung der Bauteile nach DIN 1045-1, Abschnitt 12 und 13 unter Beachtung einer ausreichenden Betondeckung gemäß den Anforderungen für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit nach DIN 1045-1, Abschnitt 6
3. Zusammensetzung der Betone sowie Beachtung weiterer betontechnologischer Maßnahmen gemäß DIN 1045-2 bzw. DIN EN 206-1
4. Bauausführung und Bauüberwachung gemäß DIN 1045-3 (z. B. Hinweise zum Betonieren, Nachbehandlung usw.)

Werden die zuvor genannten Aspekte eingehalten, so kann man nach heutigem Wissen davon ausgehen, dass bei einem üblichen Wartungsintervall Bauteile mindestens 50 Jahre dauerhaft sind [5].

Umweltbedingungen und Expositionsklassen

In insgesamt sieben Expositionsklassen werden verschiedene Umweltbedingungen eingeordnet, die für die Dauerhaftigkeit von Bauteilen aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton relevant sind. Hierbei wird zwischen Umweltbedingungen (Expositionsklassen) unterschieden, die

- eine Bewehrungskorrosion oder
- einen Betonangriff auslösen können.

Die einzelnen Expositionsklassen werden zusätzlich entsprechend dem Grad des Angriffs mit 1 (geringer Angriff) bis maximal 4 (starker Angriff) abgestuft.

Expositionsklassen hinsichtlich der Korrosion der Betonstahlbewehrung

Die beiden häufigsten Korrosionsprobleme der Betonstahlbewehrung in Betonbauteilen sind:

- Korrosion in Folge von Carbonatisierung des Betons (Expositionsklasse XC)
- Korrosion durch erhöhte Chloridgehalte (Expositionsklassen XD und XS)

Junger Beton bildet während der Hydratation Calciumhydroxid ($Ca(OH)_2$) mit einem pH-Wert von über 12,5. In dieser stark alkalischen Umgebung wird die Oberfläche des Betonstahls passiviert und hiermit gegen Korrosion geschützt. Kommt es zum Eintritt von Kohlendioxid CO_2 in den oberflächennahen Beton, so führt dies zur Carbonatisierung unter Bildung von Calciumcarbonat $CaCO_3$ und Wasser.



Diese Reaktion führt zu einer starken Reduzierung des pH-Wertes und somit zu einer Neutralisierung des Betons im Bereich der oberflä-

BEWEHRUNGSKORROSION		BETONANGRIFF	
XC	Carbonatisierung (C arbonation)	XF	Frost- und Frost-Tausalz (F reezing)
XD	Chloride (D eicing salt)	XA	Chemischer Angriff (Chemical A ttack)
XS	Chloride aus Meerwasser (S seawater)	XM	Verschleiß (M echanical Abrasion)
KEIN ANGRIFFSRISIKO			
XO		Kein Angriffsrisiko	

Tabelle 1: Expositionsklassen



Abbildung 1: Typischer Carbonatisierungsschaden

chennahen Bewehrung. Sinkt der pH-Wert unter ca. 9,5 ab, so wird die passivierende Schutzschicht der Betonstahloberfläche aufgehoben und es kann zur Korrosion der Bewehrung kommen (dazu Abbildung 1), sofern Sauerstoff und Feuchtigkeit bis zum Stahl vordringen können.

Eine Korrosion von Bewehrungsstahl in Betonbauteilen ist nur dann möglich, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Die Passivität des Betonstahls ist aufgehoben.
2. Es ist ein elektrischer Potentialunterschied vorhanden.
3. Der Bewehrungsstahl ist von einem Elektrolyt umgeben.
4. Der Sauerstoff hat zum Betonstahl Zutritt.

Ist im Beton eine ausreichende Menge an Chloriden vorhanden, so verläuft die Korrosion gegenüber der zuvor beschriebenen Korrosion in carbonatisiertem Beton anders ab. Gebundene Chloride bis etwa 0,4 % der Zementmasse sind in der Regel nicht schädlich. Bei höheren Chloridgehalten sind ausreichend viele Chloride gelöst. Diese können die Passivschicht des Betonstahls durchdringen und flächenhaft Rost verursachen. Hierfür müssen jedoch zusätzlich die zuvor genannten Bedingungen 2 bis 4 der Korrosion durch carbonatisierten Beton vorliegen.

Wegen der beschriebenen Gefahren für die Korrosion der Betonstahlbewehrung durch Carbonatisierung des Betons und Einwirkung von Chloriden müssen die einzelnen Bauteile in die entsprechenden Expositionsklassen der Tabelle 2 eingeteilt werden.

Einzelne Bauteile können auch mehreren Expositionsklassen zugeordnet werden. Aufgrund der Festlegung der entsprechenden Expositionsklassen müssen dann die entsprechenden Mindestbetonfestigkeitsklassen (dazu Tabelle 2) und Betondeckungen (dazu Abschnitt 5) beachtet werden.

Expositionsklassen hinsichtlich des Betonangriffs

Der Betonangriff wird im Rahmen der DIN EN 206-1 und DIN 1045-1 durch drei unterschiedliche Angriffsarten berücksichtigt:

- Angriff durch Frost- oder Frost-Tausalz-Beanspruchung (Expositionsklasse XF)
- Chemischer Angriff (Expositionsklasse XA)
- Beanspruchung durch mechanischen Verschleiß (Expositionsklasse XM)

Frost- und Frost-Tausalz-Schäden an Betonbauteilen treten in erster Linie aufgrund der Volumenzunahme von ca. 10 Vol-% beim Phasenübergang von Wasser zu Eis auf. Wenn kein Expansionsraum zur Verfügung steht, so entsteht ein Innendruck im Bauteil, der bei Überschreitung der Betonzugfestigkeit zu Abplatzungen und somit zu typischen Frostschäden führt. Die schädigende Wirkung des Frostes wird durch gleichzeitigen Einsatz von Taumittel noch verstärkt. In DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 wird bei der Festlegung der Expositionsklassen zwischen vier Angriffsstufen

Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion			Beispiele	Mindestfestigkeitsklasse
Kein Angriffsrisiko	X 0	Kein Angriffsrisiko	Unbewehrte Bauteile	C 12/15
Carbonatisierungsinduzierte Korrosion ^{a)}	XC 1	Trocken oder ständig nass	Innenbauteile, Bauteile unter Wasser	C 16/20
	XC 2	Nass, selten trocken	Wasserbehälter, Gründungsbauteile	C 16/20
	XC 3	Mäßige Feuchte	Außenbauteile, Feuchträume	C 20/25
	XC 4	Wechselnd nass und trocken	Wechselwasserzonen, Bauteile mit direkter Beregnung	C 25/30
Chloridinduzierte Korrosion	XD 1	Mäßige Feuchte	Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen	C 30/37 ^{c)}
	XD 2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken	C 35/45 ^{c)}
	XD 3	Wechselnd nass und trocken	Spritzwasserbereich, Parkdecks ^{b)}	C 35/45 ^{c)}
Chloridinduzierte Korrosion aus Meerwasser	XS 1	Salzhaltige Luft	Außenbauteile in Küstennähe	C 30/37 ^{c)}
	XS 2	Unter Wasser	Hafenbecken	C 35/45 ^{c)}
	XS 3	Gezeiten, Spritzwasser- und Sprühnebelbereich	Kaimauer	C 35/45 ^{c)}

a) b) c) Fußnoten siehe Tabelle 3

Tabelle 2: Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion

des Frost- bzw. Frost-Tausalz-Angriffs auf den Beton (Angriffsgrad XF 1 bis XF 4) unterschieden.

Betonkonstruktionen können durch die Einwirkung von Säuren, Salzen, Sulfaten usw. chemisch angegriffen werden. Je nach Wirkungsweise der angreifenden Stoffe wird zwischen lösenden Angriffen (Säuren, salzhaltige Verbindungen und Laugen) und treibender Angriffen (Sulfate) unterschieden.

DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 unterscheiden bei der Festlegung der Expositionsklassen zwischen drei Stu-

fen des chemischen Angriffs auf den Beton (Angriffsgrad XA 1 bis XA 3).

Bei Verschleißbeanspruchungen von Betonkonstruktionen wird zwischen schleifender oder rollender Beanspruchung durch Verkehr (z. B. Hallenböden oder Fahrbahnen), rutschender Beanspruchung durch Schüttgut (z. B. Lagerflächen) und stoßartiger bzw. schlagender Beanspruchung (z. B. in Werkstätten) unterschieden.

DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 unterscheiden drei Angriffsstufen durch Verschleißbeanspruchung des Betons (Angriffsgrad XM 1 bis XM 3).

Betondeckung

Eine Mindestbetondeckung c_{min} der Bewehrung muss vorhanden sein, um Folgendes sicherzustellen:

- Schutz der Bewehrung gegen Korrosion
- Sichere Übertragung von Verbundkräften

Besondere Anforderungen zur Sicherstellung eines ausreichenden Feuerwiderstands der Bauteile sind der Norm DIN 4102 [6] zu entnehmen.

Die Mindestbetondeckung c_{min} darf zum Schutz gegen Korrosion in Ab-

Expositionsklassen für Betonangriff			Beispiele	Mindestfestigkeitsklasse
Frost-Tausalz-Angriff	XF 1	Mäßige Wassersättigung ohne Taumittel	Außenbauteile	C 25/30
	XF 2	Mäßige Wassersättigung mit Taumittel oder Meerwasser	Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen	C 25/30 ^{e)} C 35/45
	XF 3	Hohe Wassersättigung ohne Taumittel	Wasserbehälter, Wasserwechselzonen (Süßwasser)	C 25/30 ^{e)} C 35/45
	XF 4	Hohe Wassersättigung mit Taumittel oder Meerwasser	Tausalzbehandelte Flächen, Spritzwasserbereich, Parkdecks ^{b)}	C 30/37 ^{e) f)} C 40/50 ^{h)}
Chemisch angreifende Umgebung	XA 1	Schwach angreifend	Behälter an Kläranlagen	C 25/30
	XA 2	Mäßig angreifend	Betonangreifende Böden	C 35/45
	XA 3	Stark angreifend	Stark angreifende Abwässer	C 35/45
Verschleißbeanspruchung	XM 1	Mäßiger Verschleiß	Verkehrsflächen	C 30/37 ^{c)}
	XM 2	Schwerer Verschleiß	Gabelstaplerverkehr	C 30/37 ^{c) g)} C 35/45 ^{c)}
	XM 3	Extremer Verschleiß	Verkehr mit Kettenfahrzeugen	C 35/45 ^{c)}

- a) Die Feuchteangaben beziehen sich auf den Zustand innerhalb der Betondeckung der Bewehrung. Im Allgemeinen kann angenommen werden, dass die Bedingungen in der Betondeckung den Umgebungsbedingungen des Bauteils entsprechen. Dies braucht nicht der Fall zu sein, wenn sich zwischen dem Beton und seiner Umgebung eine Sperrschicht befindet.
- b) Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z. B. rissüberbrückende Beschichtung)
- c) Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger; dazu auch Fußnote e)
- d) Grenzwerte für Expositionsklassen bei chemischem Angriff entsprechend DIN EN 206-1 und DIN 1045-2
- e) Diese Mindestbetonfestigkeitsklassen gelten für Luftporenbeton mit Mindestanforderungen an den mittleren Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau nach DIN 1045-2
- f) Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0,40$ auch ohne Luftporen
- g) Diese Mindestbetonfestigkeitsklasse erfordert eine Oberflächenbehandlung des Betons nach DIN 1045-2, z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons
- h) Bei Räumlerlaufbahnen ohne Luftporen

Tabelle 3: Expositionsklassen für Betonangriffe

hängigkeit von der maßgebenden Expositionsklasse nach Tabelle 2 nicht kleiner als der entsprechende Wert nach Tabelle 4 sein. Für Bauteiloberflächen mit mehreren zutreffenden Umgebungsbedingungen ist die Expositionsklasse mit den höchsten Anforderungen maßgebend.

Die Betondeckung ergibt sich zu:

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c \quad (2)$$

mit

c_{nom} Nennmaß der Betondeckung

c_{min} Mindestmaß der Betondeckung gemäß Tabelle 4

Δc Vorhaltemaß gemäß Tabelle 4

Um dem in der Praxis tätigen Ingenieur die Einteilung der Bauteile in einzelne Expositionsklassen zu erleichtern, wurde von der Bauberatung Zement eine Planungshilfe herausgegeben. Diese Planungshilfe enthält die in der Praxis häufig vorkommenden Bauteile mit deren entsprechenden Expositionsklassen und gibt die erforderliche Mindestbetondeckung, Betonfestigkeitsklasse und Überwachungsklasse an [7].

Beispiel für die Anwendung der Expositionsklassen

Das folgende Beispiel soll die Anwendung der zuvor erläuterten Umgebungsbedingungen und die daraus folgenden Expositionsklassen zeigen. Mit Hilfe der entsprechenden Expositionsklassen werden die Mindestbetondruckfestigkeitsklasse und die erforderliche Betondeckung für unterschiedliche Bauteile festgelegt. Als Beispielprojekt wird ein zweigeschossiges Bürogebäude mit Tiefgarage dargestellt. (Dazu Abbildung 2 und Tabelle 5).



© Architekt.Buchmann
@t-online.de



© planbuch@gmx.net



© T-Ludwig@web.de

www.firstaec.de



First AEC

Software & Consulting
für Architekten und Ingenieure

VisualCosting

NEU! & ArCon Kalkulation

- Professionelles Konstruieren und Planen
- Individuelles Beraten und effektvolles Präsentieren
- Schnelles Ermitteln des Preises für jedes Gewerk und jede Ausbaustufe
- Automatisches Erstellen der Bau- und Leistungsbeschreibungen sowie der Vertragsunterlagen



Die direkte Verbindung zwischen Konstruktion & Kalkulation

Softwarepaket für Bauträger und Komplettanbieter

Greifen Sie zu jedem Zeitpunkt der Planung auf eine fundierte Kalkulation zurück. Kalkulation und Konstruktion spielen dabei perfekt zusammen.

First AEC GmbH, HefeHof 7, 31785 Hameln
Telefon: 0 51 51 / 9 00 - 0, Fax: 0 51 51 / 9 00 - 1 90
E-Mail: info@firstaec.de

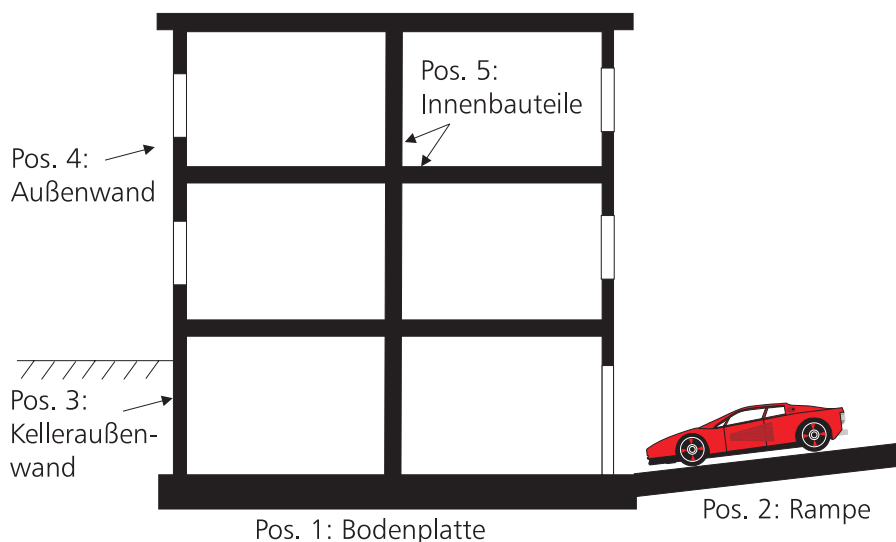


Abbildung 2: Bürogebäude mit Tiefgarage

Fazit

Die Anwendung der neuen Normengeneration DIN 1045 (07/2001) bzw. DIN EN 206-1 führt im Hinblick auf die Qualität von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton zu einer deutlichen Verbesserung der Dauerhaftigkeit. Besonders bei hoch beanspruchten Bauwerken (z. B. Parkdecks) sind gegenüber der alten

DIN 1045 (88) deutlich höhere Anforderungen zu beachten. Hinsichtlich einer möglichst langen und mangelfreien Nutzung von Ingenieurbauwerken ist es daher unbedingt notwendig, die erhöhten Anforderungen der neuen DIN 1045 (07/01) an die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit zu beachten.

Expositions-klasse	Mindestbetondeckung c_{min} [mm] ^{a) b)}		Vorhaltemaß Δc [mm]
	Betonstahl	Spannglieder ^{c)}	
XC 1	10	20	10
XC 2	20	30	
XC 3	20	30	
XC 4	25	35	
XD 1	40	50	15
XD 2			
XD 3 ^{d)}			
XS 1	40	50	
XS 2			
XS 3			

- a) Die Werte dürfen für Bauteile, deren Betonfestigkeit um 2 Festigkeitsklassen höher liegt, als nach Tabelle 3 mindestens erforderlich ist, um 5 mm vermindert werden. Für Bauteile der Expositions-klasse XC 1 ist diese Abminderung nicht zulässig.
- b) Wird Ortbeton kraftschlüssig mit einem Fertigteil verbunden, dürfen die Werte an den der Fuge zugewandten Rändern auf 5 mm im Fertigteil und auf 10 mm im Ortbeton verringert werden. Die Bedingungen zur Sicherstellung des Verbundes nach Absatz (4) müssen jedoch eingehalten werden, sofern die Bewehrung im Bauzustand ausgenutzt wird.
- c) Die Mindestbetondeckung bezieht sich bei Spanngliedern im nachträglichen Verbund auf die Oberfläche des Hüllrohres.
- d) Im Einzelfall können besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung nötig sein.

Tabelle 4: Betondeckung nach DIN 1045-1

Literatur

- [1] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Bemessung und Konstruktion, Ausgabe Juli 2001
- [2] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN 1045-2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Ausgabe Juli 2001
- [3] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN 1045-3: Bauausführung, Ausgabe Juli 2001
- [4] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN EN 206-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Ausgabe Juli 2001
- [5] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Heft 526, Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226, Beuth Verlag, Berlin 2003
- [6] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN 4102 (Teile 1 – 11): Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- [7] Bauteilkatalog „Planungshilfe für dauerhafte Betonbauteile nach der neuen Normengeneration“, Bauberatung Zement, 2002

Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert
 Fachhochschule Gießen-Friedberg
 jens.minnert@bau.fh-giessen.de

Pos.	Bauteil	Expositions- klasse	Beschreibung	Mindestbeton- festigkeits- klasse	Mindest- beton- deckung
1	Bodenplatte der Tiefgarage	XC 3 (oben) XD 3 (oben) XM 1 (oben) XC 2 (unten)	Mäßige Feuchte Chloridangriff durch Taumittel Mäßige Verschleißbeanspruchung Gründungsbauteil, nass, selten trocken	C 35/45	40 mm
2	Rampe zur Tiefgarage	XC 4 (oben) XD 3 (oben) XF 4 (oben) XM 1 (oben) XC 2 (unten)	Wechselnd nass und trocken Wechselnd nass und trocken Hohe Wassersättigung mit Taumittel Mäßiger Verschleiß Gründungsbauteil, nass, selten trocken	C 35/45	40 mm
3	Kelleraußenwand	XC 2	Gründungsbauteile	C 16/20	20 mm
4	Außenwand	XC 4 XF 1	Direkt beregnetes Außenbauteil Außenbauteil	C 25/30	25 mm
5	Innenbauteile	XC 1	Innenbauteile mit normaler Luftfeuchte	C 16/20	10 mm

Tabelle 5: Anforderungen an die Bauteile des Beispiels

Neue Seminare: Einführung in die DIN-1045-1

Die First AEC GmbH, die mb AEC Software GmbH und hochkarätige Referenten laden zu Einführungsseminaren zur neuen DIN 1045-1 ein. Mit den Seminaren soll der mit Entwurf, Bemessung und Konstruktion von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton befasste

Ingenieur mit den Regelungen der neuen DIN vertraut gemacht werden. Die Teilnehmer lernen die DIN 1045-1 und die DIN 1055-100 in Theorie und Praxis kennen. Anhand der aktuellen Programmsysteme BauStatik und MicroFe werden der praxisorientierte Umgang mit der neuen Norm bei

der Anwendung von Tragwerksplanungssoftware aufgezeigt und die Vorteile des aktuellen Ing⁺-Systems erläutert.

Nach erfolgreichen Veranstaltungen 2003 gibt es weitere Seminare an folgenden Terminen:

Termine April bis Juni 2004

02.04.	Osnabrück	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
06.04.	Kaiserslautern	Referent: Prof. Dr.-Ing. Peter Steidle (FH Stuttgart)
23.04.	Leipzig	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
27.04.	Düsseldorf	Referent: Prof. Dr.-Ing. Peter Steidle (FH Stuttgart)
30.04.	Friedberg	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
04.05.	Nürnberg	Referent: Prof. Dr.-Ing. Peter Steidle (FH Stuttgart)
07.05.	Hamburg	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
11.05.	Karlsruhe	Referent: Prof. Dr.-Ing. Peter Steidle (FH Stuttgart)
14.05.	Hameln	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
04.06.	Dortmund	Referent: Prof. Dr.-Ing. Helmut Geistefeldt (FH Bielefeld)
11.06.	Dresden	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
18.06.	Berlin	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)
25.06.	Bremen	Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert (FH Gießen-Friedberg)

Weitere Informationen und Anmeldungen über

First AEC Software & Consulting für Architekten und Ingenieure GmbH, HefeHof 7, 31785 Hameln, Telefon: 0 51 51 / 9 00-0, Fax: 0 51 51 / 9 00-1 90,

Internet: www.firstaec.de/news/seminar_din1045_1.htm, E-Mail: info@firstaec.de