

**Prüfung der Veränderungen im
Schlussentwurf der prEN 1992-1-2
Fassung 12/01 gegenüber der
ENV 1992-1-2 Fassung 1997**

T 3008

T 3008

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6512-2

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail info@irb.fhg.de

URL <http://www.IRBbuch.de>

SCHLUSSBERICHT

**Prüfung der Veränderungen im
Schlussentwurf der prEN 1992-1-2 Fassung 12/01
gegenüber der ENV 1992-1-2 Fassung 1997**

Aktenzeichen P 32-5-4.141-1027/02

Im Auftrag des
Deutschen Instituts für Bautechnik
Kolonnenstr. 30 L, 10829 Berlin

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser
Dr.-Ing. Ekkehard Richter

Dezember 2002

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Vorwort.....	3
2 prEN 1992-1-2.....	3
3 Thermische und Physikalische Eigenschaften von Beton	4
3.1 Grundlagen	4
3.2 Versuchs- und Rechenergebnisse.....	6
3.3 Zusammenfassung.....	9
4 Tabellarische Bemessung von Stützen.....	10
4.1 Grundlagen	10
4.2 Vergleichsrechnungen.....	10
4.3 Zusammenfassung.....	14
5 Hochfester Beton.....	14
5.1 Grundlagen	14
5.2 Zusammenfassung.....	15
6 Vereinfachte Rechenverfahren	15
6.1 Grundlagen	15
6.2 Zusammenfassung.....	15
7	16
7 Literatur.....	16
Anhänge	17
Anhang A Deutsche Stellungnahme zum Schlussentwurf von prEN 1992-1-2	
Anhang B Vergleich berechneter und gemessener Temperaturen	
Anhang C Tabellarische Stützenbemessung nach prEN 1992-1-2, Verfahren B	

1 VORWORT

Im Schlussentwurf der prEN 1992-1-2, Fassung 12/01 wurden umfangreiche substantielle Veränderungen im Vergleich zur ENV-Fassung von 1997 [1] vorgenommen. Die Auswirkungen, die diese Veränderungen hinsichtlich der bisherigen brandschutztechnischen Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken bewirken, müssen qualitativ und quantitativ festgestellt werden. Besondere Aufmerksamkeit muss dabei auf die veränderten thermischen Materialkennwerte für Beton, die vollständig neu entwickelten Tabellen zur brandschutztechnischen Bemessung von Stützen und das neue Kapitel über die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen aus hochfesten Beton gerichtet werden.

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurden die Auswirkungen der Veränderungen anhand von Vergleichsrechnungen und Versuchsergebnissen aus der Literatur verglichen. Aufgrund des engen Zeitrahmens mussten diese Vergleiche auf einige repräsentative Beispiele konzentriert werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden als Grundlage für die deutsche Stellungnahme zum Schlussentwurf der prEN 1992-1-2 (s. Anhang A des vorliegenden Forschungsberichtes) benutzt. Außerdem können die Ergebnisse für die Erarbeitung der deutschen Kommentare und als Hintergrundinformation für die bauaufsichtliche Prüfung des Schlussentwurfs der prEN 1992-1-2 benutzt werden.

Im Jahr 2002 wurde die ursprünglich als Schlussentwurf vorgesehene Fassung von prEN 1992-1-2 noch geringfügig redaktionell überarbeitet. Die endgültig zur Abstimmung über das weitere Vorgehen bei den zuständigen Stellen eingereichte Fassung stammt vom Oktober 2002. Diese Fassung dient als Grundlage für den vorliegenden Forschungsbericht.

2 PREN 1992-1-2

Im Schlussentwurf der prEN 1992-1-2 Fassung Oktober 2002 [2] (im Folgenden als EC 2-1-2 bezeichnet) sind im Vorwort im Abschnitt Nationale Anhänge für EN 1992-1-2 die Kapitel und Abschnitte aufgeführt, für die im Nationalen Anhang des Eurocodes „National festgelegte Parameter“ definiert werden können. Die „National festgelegten Parameter“ treten an die Stelle der „indikativen Zahlenwerte“ („boxed values“) aus der ENV-Fassung des EC 2-1-2. Damit wird der in der Bauproduktenrichtlinie [3] verankerten Bemerkung entsprochen, dass hoheitliche Aufgaben grundsätzlich im Verantwortungsbereich der EU-Mitgliedstaaten ver-

bleiben [4]. Im Nationalen Anhang sind demnach Regelungsgegenstände aufzunehmen, die die bauliche Sicherheit, die Dauerhaftigkeit und die Wirtschaftlichkeit der Bauart betreffen, ebenso Zahlenangaben, die nur für das jeweilige Land gültig sind, Hinweise auf nationale Regelungen (z. B. auf bauaufsichtliche Zulassungen) und Querverweise auf nationale Regelungen. In [4] werden die „National festgelegten Parameter“ und die Struktur eines als EN-Norm auf nationaler Ebene veröffentlichten Eurocodes auf Basis der von der Europäischen Kommission herausgegebenen Richtlinie [5] ausführlich beschrieben.

Im vorliegenden Bericht im Anhang A, Tabelle A.1 sind in Spalte 1 und 2 die im EC 2-1-2 aufgeführten Kapitel und Abschnitte mit den jeweils zu regelnden Parameter zusammengestellt. Spalte 3 gibt die Regelung der Parameter in der Vornorm ENV 1992-1-2 wieder und Spalte 4 enthält Bemerkungen und Hinweise.

Aus Tabelle A.1 ergibt sich, dass hinsichtlich der National festzulegenden Parameter Untersuchungen zur Bestimmung der thermischen Materialkennwerte, zur Anwendung der Tabellen für die Stützenbemessung und zur brandschutztechnischen Bemessung von Bauteilen aus hochfestem Beton erforderlich sind.

3 THERMISCHE UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON BETON

3.1 Grundlagen

Im EC 2-1-2 werden die Rechengrundlagen für die thermischen Eigenschaften von Beton gegenüber den Angaben in der Vornorm ENV 1992-1-2 verändert. Der temperaturabhängige Verlauf für die spezifische Wärme c_p und für die Dichte ρ wird funktional verändert, die Wärmeleitfähigkeit λ wird durch eine obere und untere Grenzfunktion beschrieben, wobei die national anzuwendende Funktion im Bereich der vorgegebenen Grenzen zu definieren und im Nationalen Anhang festzulegen ist. In den Bildern 3.1 bis 3.3 sind die thermischen Materialkennwerte aus der ENV- und der prEN-Fassung des EC 2-1-2 vergleichend gegenübergestellt.

Die Auswirkungen der veränderten thermischen Materialkennwerte auf die berechneten Temperaturen in einem Betonquerschnitt wurden in ersten Vergleichsrechnungen für einseitig brandbeanspruchte Wand- und Deckenquerschnitte sowie dreiseitig brandbeanspruchte balkenförmige Querschnitte überprüft. Als Beurteilungskriterium diente der Vergleich mit Temperaturen, die im Brandversuch gemessen und die mit den thermischen Materialkennwerten aus der Vornorm ENV 1992-1-2 berechnet wurden.

Die berechneten Temperaturen wurden mit dem Programm FIRES-T [6] ermittelt. Als Wärmeübergangsbedingungen wurde mit der Wärmeübergangszahl $\alpha = 25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ gerechnet und der Emissionszahl $\varepsilon = 0,7$ bei Ansatz der Materialkennwerte aus der prEN-Fassung bzw. $\varepsilon = 0,72$ bei Ansatz der Materialkennwerte aus der ENV-Fassung.

Als Brandbeanspruchung lag den Brandversuchen und den Berechnungen die Einheitstemperaturzeitkurve aus [7] zugrunde.

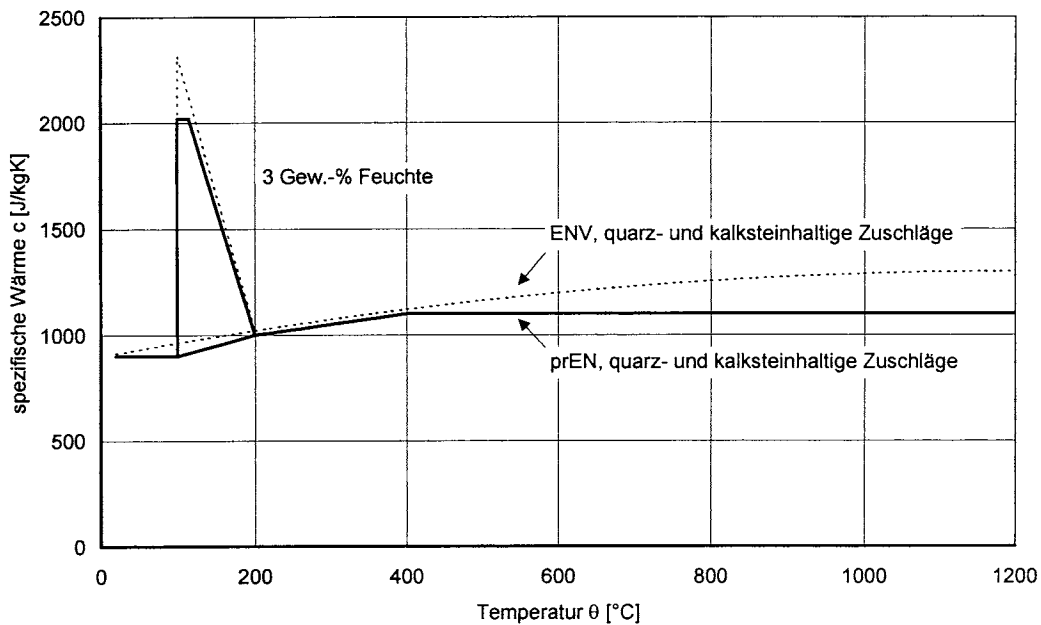


Bild 3.1 Spezifische Wärme von Beton

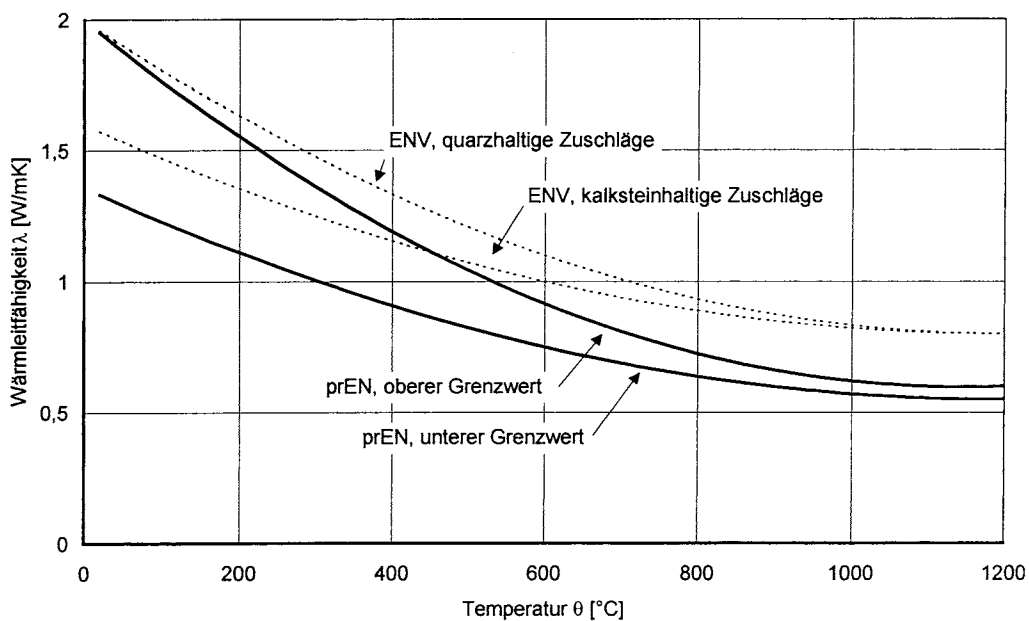


Bild 3.2 Thermische Leitfähigkeit von Beton

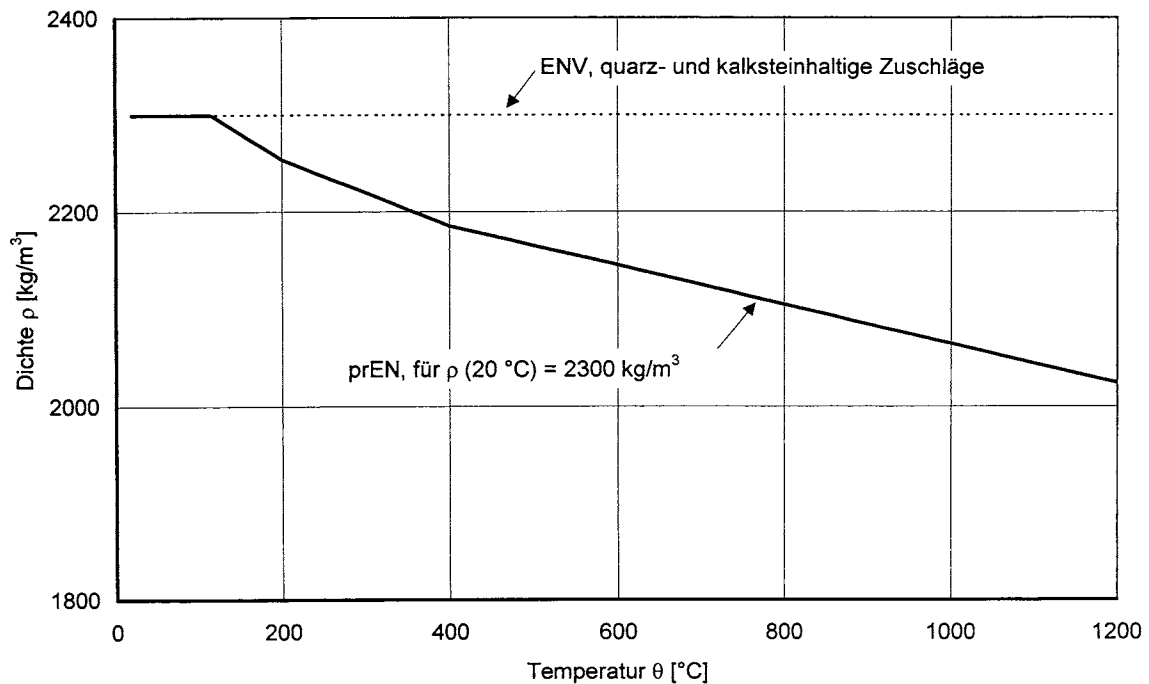


Bild 3.3 Dichte von Beton

3.2 Versuchs- und Rechenergebnisse

Im Folgenden werden für einen balkenförmigen Querschnitt die berechneten Temperaturen mit den thermischen Materialkennwerten aus der prEN- und aus der ENV-Fassung vom EC 2-1-2 den gemessenen Temperaturen aus [8] gegenübergestellt. In dem Balkenquerschnitt mit den Abmessungen $B \times D = 20 \times 40$ cm waren 14 Thermoelemente, schwermäßig in der unteren Querschnittshälfte, nach den Angaben von Bild 3.4 appliziert. Die Temperaturentwicklung wurde über 90 Minuten Branddauer aufgezeichnet. Bild 3.5 und 3.6 zeigen beispielhaft die Temperaturentwicklung an den Messstellen 1 und 5, d. h. nahe der beflamten Oberfläche (Messstelle 1) und annähernd in Querschnittsmitte (Messstelle 5).

In der Berechnung mit den thermischen Materialkennwerten der prEN-Fassung wurde der Wert für die thermische Wärmeleitfähigkeit des Betons λ nach Bild 3.2 solange zwischen oberer und unterer Grenzwertfunktion variiert, bis eine möglichst gute Annäherung zwischen Mess- und Rechenwerten erreicht wurde.

Für die beiden ausgesuchten Messstellen 1 und 5 zeigen die Bilder 3.5 und 3.6, dass die Temperaturen mit den thermischen Materialkennwerten aus der prEN-Fassung näher an den Messwerten liegen als die Temperaturen mit den thermischen Materialkennwerten aus der ENV-Fassung vom EC 2-1-2. An der Messstelle 1 mit dem Achsabstand von 1 cm beträgt die maximale Abweichung zwischen Messwert und prEN-Rechenwert nach ca. 25 Minuten Branddauer annähernd 50 K, nach 90 Minuten Branddauer sind Messwert und prEN-

Rechenwert annähernd identisch. An der Messstelle 5 wird die maximale Abweichung zwischen Messwert und prEN-Rechenwert nach 90 Minuten Branddauer mit ca. 50 K erreicht.

Ähnliche Abweichungen zwischen Mess- und prEN-Rechenwert ergeben sich auch für die anderen Messstellen. Die Temperatur-Zeit-Diagramme aller Messstellen sind im Anhang B des vorliegenden Berichtes zusammengestellt.

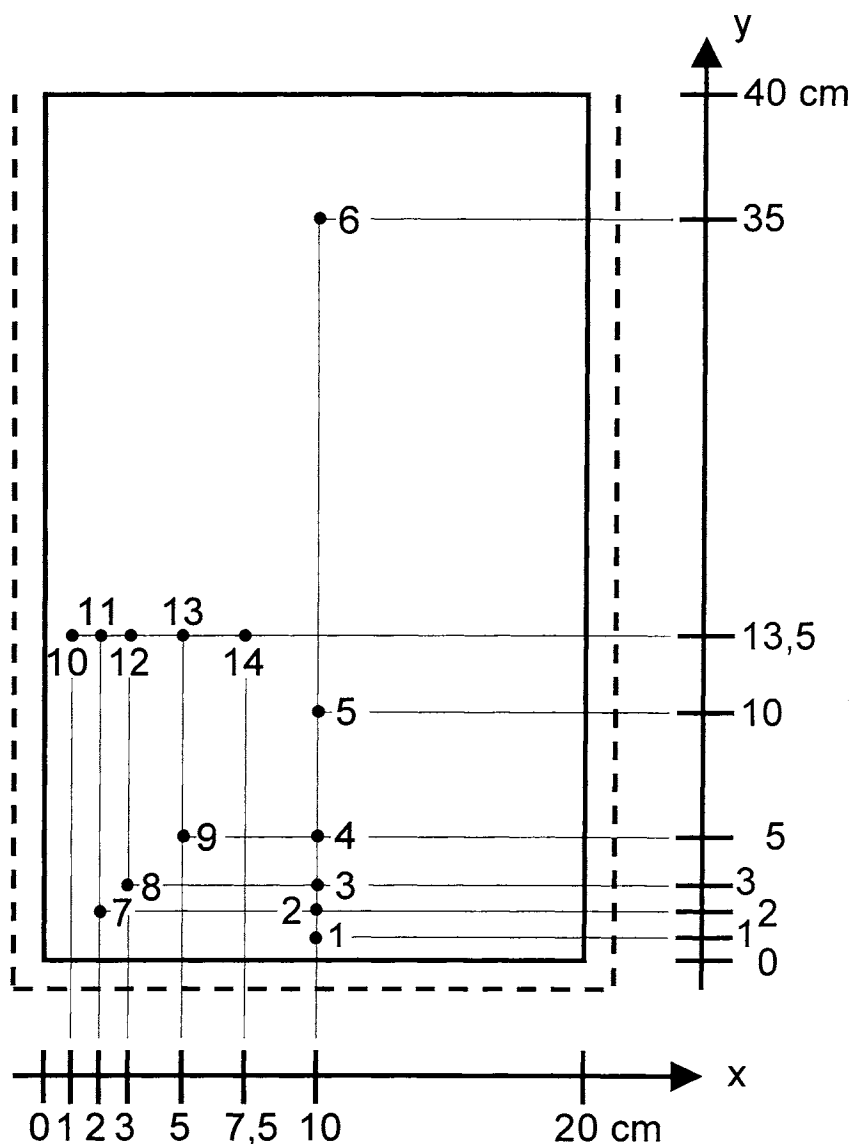


Bild 3.4 Lage der Messstellen

Bei der Bewertung der Abweichungen zwischen Mess- und Rechenwerten müssen mögliche Toleranzen bei den Messungen und rechnerische Vereinfachungen bei der Feuchteverteilung im Beton berücksichtigt werden.

In [8] wird für den oberen Temperaturbereich von ca. 700 °C ein mittlerer Fehler $S \approx \pm 20$ K genannt, der sich aus der mittleren Toleranz der eingebauten Thermoelemente, der mittleren

Toleranz des elektrischen Datenerfassungsgeräts, der mittleren Ablesefehler und der mittleren Fehler für die Abweichung des Thermoelementes im Querschnitt vom geplanten Messpunkt ergibt. Der größtmögliche Fehler beträgt ca. 35 – 40 K. Im unteren Temperaturbereich muss infolge der hier etwas größeren Toleranz der Thermoelemente mit geringfügig größeren Werten gerechnet werden.

Die Messwerte für die Feuchte in [8] zeigen, dass bei dem Querschnitt 20/40 cm im Kernbereich rd. 5 Gew.-%, in den Randzonen rd. 3 – 3,5 Gew.-% und in der unmittelbaren oberflächennahen Randzone noch 2 Gew.-% Feuchte auftreten. In der Berechnung wurde für den gesamten Querschnitt einheitlich mit 3 Gew.-% Feuchte gerechnet.

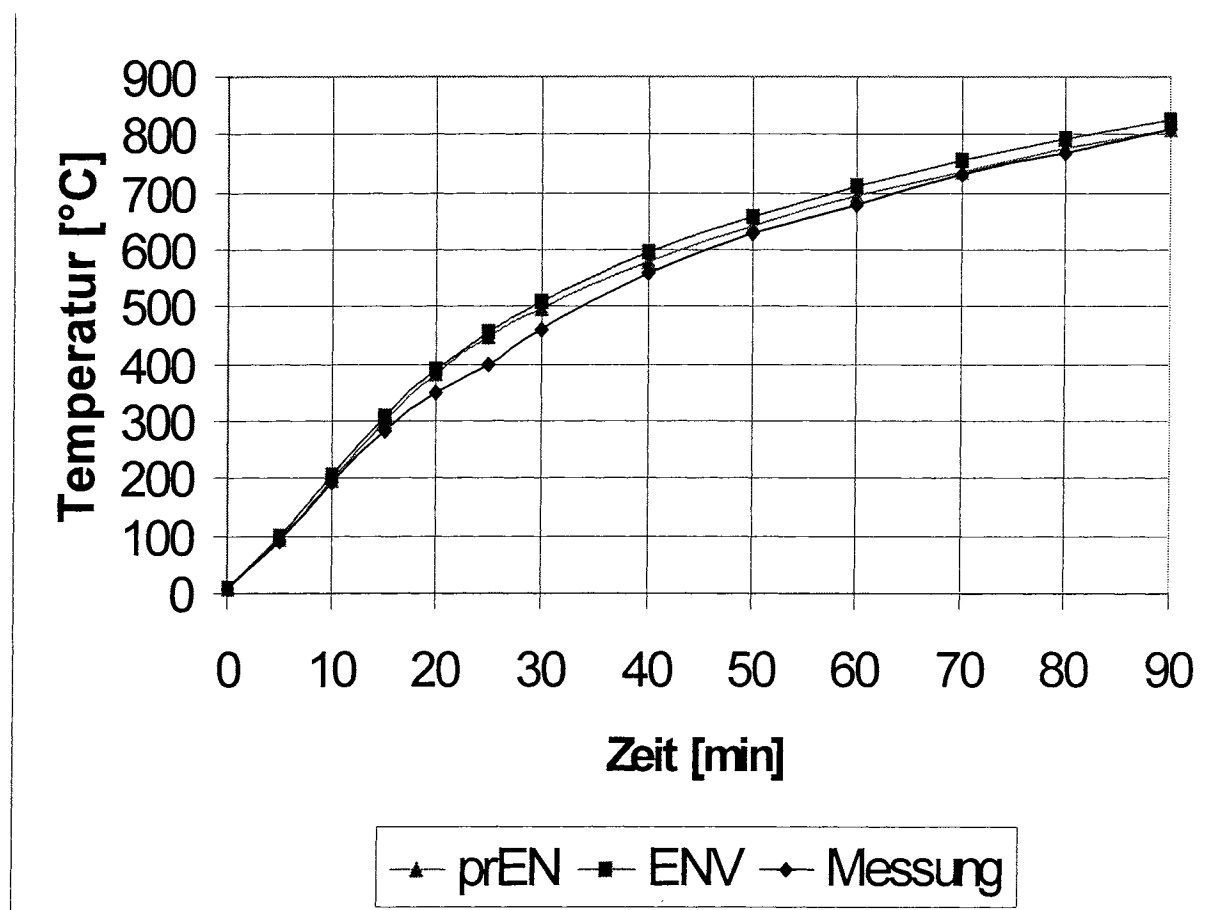


Bild 3.5 Temperaturentwicklung an der Messstelle 1

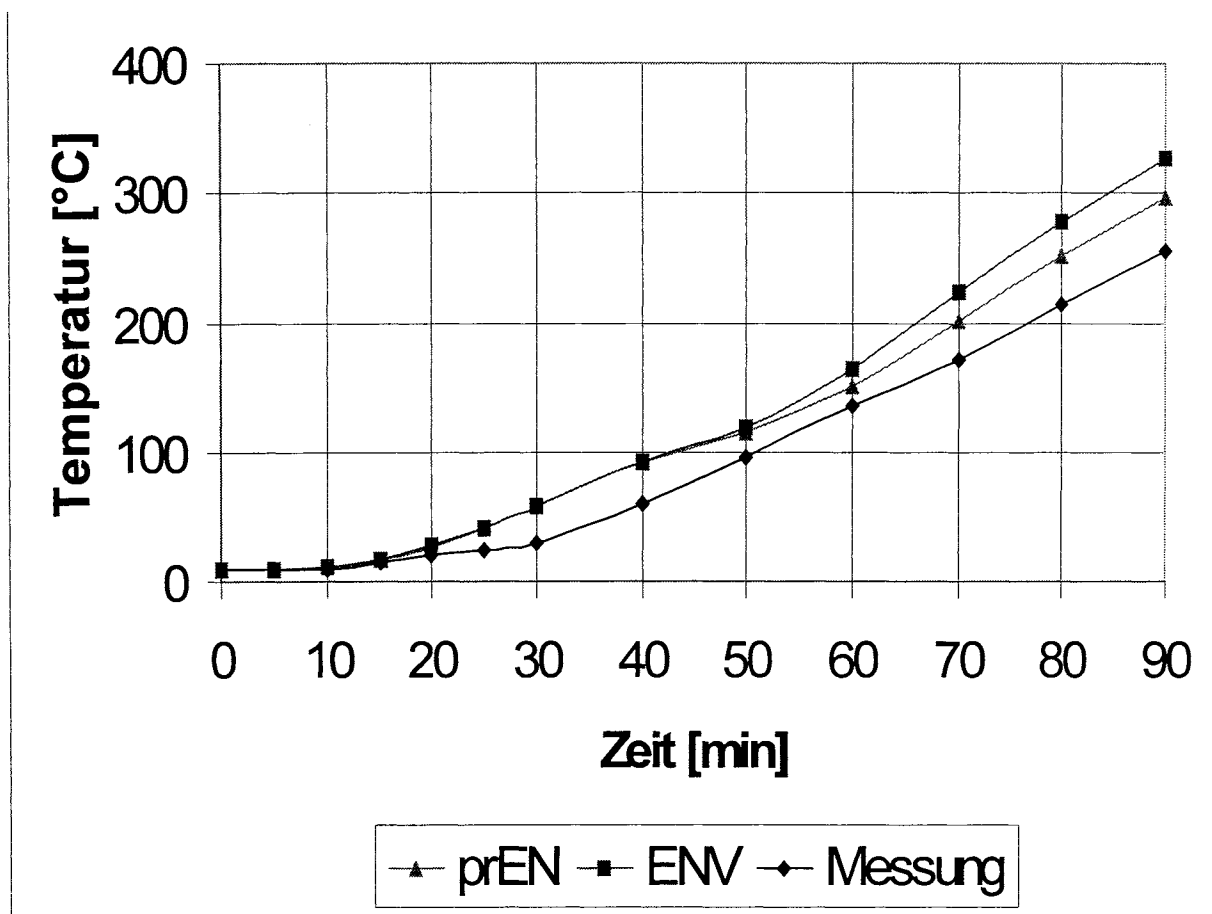


Bild 3.6 Temperaturentwicklung an der Messstellen 5

3.3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: die im EC 2-1-2 enthaltenen temperaturabhängigen Funktionsverläufe für die thermischen Materialkennwerte der spezifischen Wärmekapazität c_p , der Dichte ρ und der Wärmeleitfähigkeit λ lassen sich im Nationalen Anhang so festlegen, dass die damit berechneten Temperaturen bis auf tolerierbare Abweichungen mit gemessenen Temperaturen und mit den Temperaturen übereinstimmen, die mit den thermischen Materialkennwerten aus der Vornorm ENV 1992-1-2 berechnet werden.

4 TABELLARISCHE BEMESSUNG VON STÜTZEN

4.1 Grundlagen

Im EC 2-1-2 Kapitel 5 Tabellarische Daten sind zwei Verfahren zur Berechnung des Feuerwiderstands von Stahlbetonstützen aufgeführt.

Mit dem Verfahren A können Stahlbetonstützen mit Hilfe der Tabelle 5.2a und/oder durch Auswertung der Gl. (5.6) brandschutztechnisch bemessen werden. In Tabelle 5.2a sind die erforderlichen Abmessungen des Betonquerschnitts in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse und vom Lastausnutzungsfaktor $\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$ zusammengestellt. Durch Gl. (5.6) wird ein Wert „R“ in Abhängigkeit vom Achsabstand der Bewehrung, von der Knicklänge, der Querschnittsbreite und des Bewehrungsgrades berechnet. In den Erläuterungen zum Verfahren A fehlt ein Hinweis zur Dimension des Wertes „R“.

Mit dem Verfahren B können Stahlbetonstützen mit Hilfe der Tabelle 5.2b bzw. den Tabellen C1 bis C9 im Anhang C brandschutztechnisch bemessen werden. In Tabelle 5.2b sind die erforderlichen Abmessungen des Betonquerschnitts in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse, des mechanischen Bewehrungsgrades und vom Lastausnutzungsfaktor $n = N_{0Ed,fi} / (0,7 \cdot (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}))$ zusammengestellt; in den Tabellen C1 bis C9 werden als zusätzliche Parameter die Lastausmitte e und die Schlankheit λ berücksichtigt.

4.2 Vergleichsrechnungen

In [9] wird die Innenstütze eines 3-geschossigen Hochbaus für die Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 90 bzw. R 90 nachgewiesen (Bild 4.1). Das Gebäude ist zur Aufnahme von Horizontalkräften hinreichend ausgesteift. Die Belastung ist vorwiegend ruhend. Die Innenstütze ist unbedeckt und wird mehrseitig vom Brand beansprucht. In Tabelle 4.1 sind die Baustoff- und Geometriedaten für die Stahlbetonstütze aufgeführt.

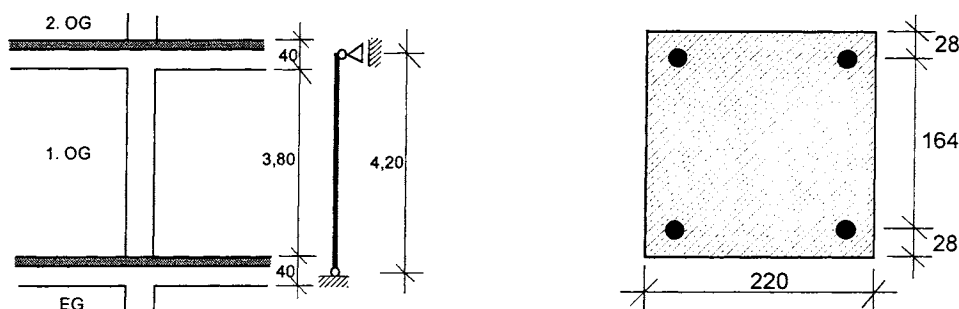


Bild 4.1 Systemskizze und Stützenquerschnitt mit Anordnung der Bewehrung

Tabelle 4.1 Stahlbetonstütze

Baustoff- und Geometriedaten der Stahlbetonstütze		
Beton B 45	β_R	27 N/mm ²
C 35/45	f_{ck}	35 N/mm ²
Betonstahl BSt 500 S	$\beta_S = f_{yk}$	500 N/mm ²
Bewehrung 4 \varnothing 16	vorh tot A_s	8,04 cm ²
Belastung: ständige Lasten	N_G	-274 kN
veränderliche Lasten	N_Q	-130 kN
Stützenlänge	$l_{col} = 3,80 + 2 \cdot 0,40/2$	4,20 m
Knick- bzw. Ersatzlänge	$s_K = l_0 = l_{col}$	4,20 m

Die Feuerwiderstandsdauer der Stahlbetonstütze wird nach prEN 1992-1-2, Tabelle 5.2b bzw. den Tabellen C1 bis C9 im Anhang C nachgewiesen. Die Tabellen gelten nur für Stützen in ausgesteiften Gebäuden, diese Voraussetzung ist erfüllt. Zusätzlich sind die folgenden Randbedingungen einzuhalten:

- Der Lastausnutzungsfaktor n muss nach Gl. (1) ermittelt werden:

$$n = N_{0Ed,fi} / (0,7 \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd})) \quad (1)$$

- Die Ausmitte nach Theorie I. Ordnung im Brand $e_{1,fi}$ ist nach Gl. (2) begrenzt.

$$e_{1,fi} = M_{0Ed,fi} / N_{0Ed,fi} < 100 \text{ mm} \quad (2)$$

mit $e / b \leq 0,25$

- Tabelle 5.2b gilt für Stützen, deren Schlankheit im Brand λ_{fi} nach Gl. (3) begrenzt ist:

$$\lambda_{fi} = l_{0,fi} / i \leq 30 \quad (3)$$

Für die Schlankheit im Brand λ_{fi} darf in allen Fällen die Schlankheit bei Normaltemperatur λ gesetzt werden. Für Stützen mit einer erforderlichen Feuerwiderstandsdauer größer als 30 Minuten darf in ausgesteiften Gebäuden mit Ausnahme des obersten Geschosses für die Ersatzlänge $l_{0,fi} = 0,5 \cdot l$ und im obersten Geschoß $0,5 \cdot l \leq l_{0,fi} \leq 0,7 \cdot l$ angenommen werden. Dabei ist l die Stützenlänge zwischen den Geschossen.

Für die Stahlbetonstütze werden die Randbedingungen zur Anwendung von Tabelle 5.2b des prEN 1992-1-2 in Tabelle 4.2 nachgewiesen.

Tabelle 4.2 Randbedingungen für die Anwendung von Tabelle 5.2b von prEN 1992-1-2

Randbedingungen	
Aufzunehmende Schnittgröße:	
$N_{0Ed} = 1,35 \cdot (-274) + 1,5 \cdot (-130) =$	-565 kN
Schnittgröße im Brandfall:	
Reduktionsfaktor η_{fi} mit $\xi = 0,474$ und $\psi_{1,1} = 0,5$	0,6
$N_{0Ed,fi} = 0,6 \cdot (-565) =$	- 339 kN
$n = -0,339 / (0,7 \cdot (0,22^2 \cdot 35/1,5 + 0,000804 \cdot 500/1,15)) =$	-0,327
Mechanischer Bewehrungsgrad vorh $\omega_{tot} =$	0,31
Ersatzlänge im Brand: $l_{0,fi} = 0,5 \cdot 4,20 =$	2,10 m
Schlankheit im Brand: $\lambda_{fi} = 210 / 22 \cdot (12)^{-1/2}$	33
Ausmitte im Brand: $e_{1,fi} = e_{0,fi} + e_{a,fi} = 0 + 1 / 300 \cdot 210 / 2 =$	0,35 cm
Bez. Ausmitte im Brand: $e / b = 0,35 / 22 =$	0,016

Für die Anwendung von Tabelle 5.2b ist die Voraussetzung $\lambda_{fi} \leq 30$ nicht erfüllt. Der Nachweis der Mindestquerschnittsabmessung b_{min} und des Mindestachsabstandes a muss deshalb mit den Tabellen im Anhang C von prEN 1992-1-2 geführt werden. Diese Tabellen sind für die mechanischen Bewehrungsgrade $\omega = 0,1$, $\omega = 0,5$ und $\omega = 1,0$ aufgestellt, wobei für jeden Bewehrungsgrad eine Tabelle für ein kleines ($e = 0,0025 \cdot b \geq 10$ mm), mittleres ($e = 0,25 \cdot b < 100$ mm) und großes Moment nach Theorie I. Ordnung ($e = 0,5 \cdot b \leq 200$ mm) existiert. Jede Tabelle C1 bis C9 enthält die Mindestquerschnittsabmessung b_{min} und den Mindestachsabstand a für die Feuerwiderstandsklasse R 30 bis R 240 in Abhängigkeit der Schlankheit $\lambda = 30$ bis $\lambda = 80$ und den Lastausnutzungsfaktoren $n = 0,15$, $n = 0,3$, $n = 0,5$ und $n = 0,7$. Die Interpolation zwischen den Tabellen C1 bis C9 ist erlaubt.

Für die zu untersuchende Stütze muss zwischen den Tabellen C2 ($\omega = 0,1$) und C5 ($\omega = 0,5$) im Bereich der Feuerwiderstandsklasse R 90 für die Werte $\omega = 0,33$, $\lambda_{fi} = 33$ und $n = 0,327$ interpoliert werden. Die Interpolation ergibt für den Achsabstand $a = 28$ mm die Mindestquerschnittsabmessung $b_{min} = 400$ mm $>$ vorh $b = 220$ mm. Damit kann die nach prEN 1992-1-2

brandschutztechnisch bemessene Innenstütze nicht in die Feuerwiderstandsklasse R 90 eingestuft werden.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu Ergebnissen in [9]. Dort wurde mit Hilfe der brandschutztechnischen Bemessung nach DIN 4102-4 und ENV 1992-1-2 nachgewiesen, dass die vorhandenen Querschnittsabmessungen ausreichen, um die Innenstütze in die Feuerwiderstandsklasse F 90 bzw. R 90 einstufen zu können. Vergleichsrechnungen mit dem Allgemeinen Rechenverfahren und dem Nachweisverfahren von Anhang B.3.2 des prEN 1992-1-2 ergaben ebenfalls Feuerwiderstandsdauern über 90 Minuten. Im Bild 4.2 ist die Stütztragfähigkeit für 90 Minuten Branddauer als Schnittpunkt der Moment/Krümmungs-Linie mit dem einwirkenden Moment $M_{Ed,fi} = M_{0Ed,fi} + M_{2,fi}$ dargestellt. Die Moment/Krümmungs-Linie wurde programmgesteuert nach [10] mit Berücksichtigung der nichtlinearen Temperaturentwicklung und des nichtlinearen thermo-mechanischen Materialverhaltens von Beton und Betonstahl ermittelt. Der verformungsbeeinflusste Grenzzustand ist im Bild 4.2 durch den Punkt S_U mit dem Moment $M_{U,fi} \approx 30$ kNm und der Krümmung $\kappa_{U,fi} \approx 0,112 \text{ m}^{-1}$ markiert: Dazu gehört das Moment nach Theorie 1. Ordnung $M_{0Ed,fi} \approx 13,7$ kNm mit der Lastausmitte $e_{1,fi} = 0,0405$ m. Für die zu untersuchende Stütze beträgt die Lastausmitte $e_{1,fi} = 0,0035$ m (s. Tabelle 4.2) und damit das Moment nach Theorie 1. Ordnung $M_{0Ed,fi} \approx 1,19$ kNm. Der Gleichgewichtszustand zwischen dem einwirkenden und dem inneren Moment wird am Punkt S_O erreicht, deutlich vor Erreichen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit.

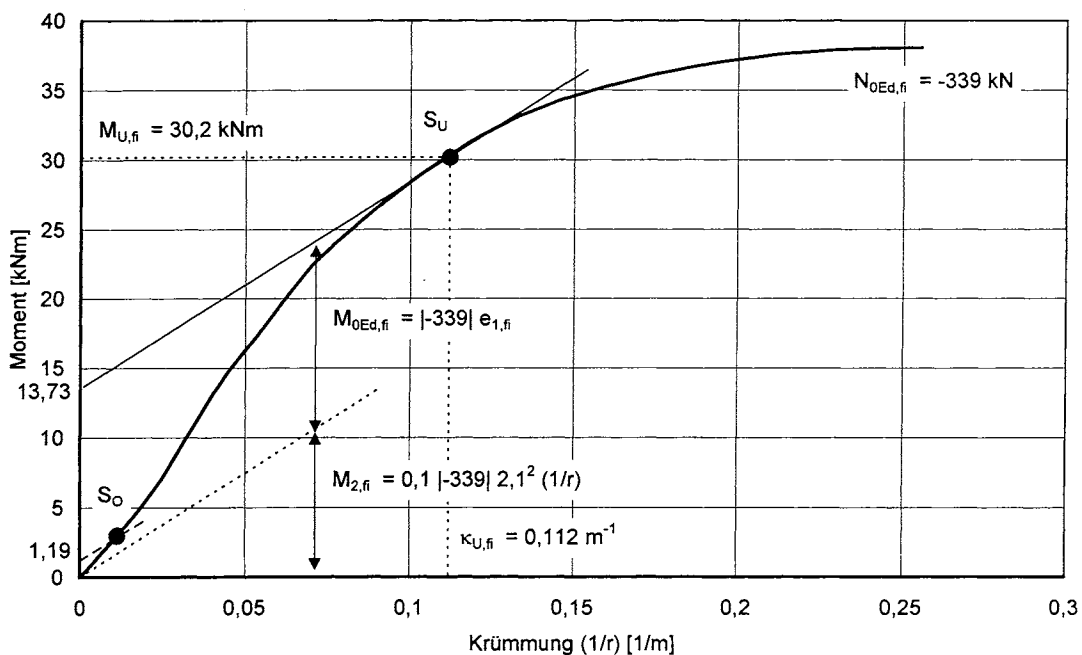


Bild 4.2 Einwirkendes und inneres Moment nach 90 Minuten Branddauer

Eine wesentliche Aufgabe für die anstehende Prüfung des prEN 1992-1-2 wird darin bestehen, die Abweichungen bei der brandschutztechnischen Bemessung von Stützen zu klären, die bei Anwendung der Tabellen von ENV 1992-1-2 und DIN 4102-4 einerseits und der Tabellen von prEN 1992-1-2 andererseits entstehen.

Erste Anwendungsrechnungen mit dem Verfahren B sind in Anhang C des vorliegenden Berichtes zusammengestellt. Sie wurden in Zusammenarbeit mit einem Mitglied aus dem Project Team erstellt, das für die Bearbeitung von prEN 1992-1-2 zuständig ist [11]. Das Verfahren A konnte wegen fehlender Angaben zu den Eingangsparametern nicht untersucht werden.

4.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich für die brandschutztechnische Bemessung von Stützen nach EC 2-1-2 sagen, dass eine abschließende Bewertung der Verfahren A und B erst nach einer detaillierten Prüfung vorgenommen werden kann.

5 HOCHFESTER BETON

5.1 Grundlagen

Im EC 2-1-2 Abschnitt 6 sind Angaben zur brandschutztechnischen Bemessung von hochfesten Beton enthalten. Im wesentlichen werden Angaben zum temperaturabhängigen Festigkeitsabfall, zum Schutz vor Abplatzungen und zur brandschutztechnischen Bemessung mit Hilfe von vereinfachten Berechnungsverfahren und mit Hilfe von Tabellen gemacht.

Vergleichbare Regelungen bestehen in Deutschland bisher nur hinsichtlich des Schutzes vor Abplatzungen. In der DAfStb-Richtlinie für hochfesten Beton [12] wird für Bauteile aus hochfestem Beton ab der Festigkeitsklasse C 55/67 in Abhängigkeit von der Beanspruchung, der Querschnittsdicke sowie der Schlankheit eine engmaschige Schutzbewehrung auf den brandbeanspruchten Querschnittseiten gefordert. Im EC 2-1-2 werden die Schutzmaßnahmen nach Festigkeitsklassen unterschieden: für Beton C 55/67 bis C 80/95 mit Silika Zusatz weniger als 6 % vom Zementgewicht gelten die Regeln für Normalbeton bis zur Festigkeitsklasse C 50/60 (s. Anhang A, 4.5.1 (2)), für Silika Zusatz größer als 6 % vom Zementgewicht und für Beton der Festigkeitsklasse $80/95 < C \leq 90/105$ werden die Methoden „A“ bis „D“ genannt. Dabei entspricht die Methode A annähernd den Maßnahmen, die in der DAfStb-Richtlinie beschrieben werden.

5.2 Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich zum hochfesten Beton sagen, dass die Angaben im EC 2-1-2 zum temperaturabhängigen Festigkeitsabfall, zu der Methode B bis D zum Schutz vor Abplatzungen und zur brandschutztechnischen Bemessung mit Hilfe von vereinfachten Berechnungsverfahren und mit Hilfe von Tabellen einer ausführlichen und detaillierten Prüfung unterzogen werden müssen.

6 VEREINFACHTE RECHENVERFAHREN

6.1 Grundlagen

Im EC 2-1-2 Anhang B sind zwei vereinfachte Rechenverfahren enthalten.

Beim 500°C Isothermen Verfahren wird für den brandschutztechnischen Nachweis ein reduzierter Querschnitt bestimmt, bei dem die Querschnittsbereiche außerhalb der 500 °C Isotherme unberücksichtigt bleiben.

Beim Zonen Verfahren wird der reduzierte Querschnitt in Abhängigkeit von der Beanspruchung berechnet. Das Zonen Verfahren ist in der Vornorm ENV 1992-1-2 enthalten.

6.2 Zusammenfassung

Durch umfangreiche Vergleichsrechnungen an repräsentativen Bauteilen wurde nachgewiesen, dass die Nachweise nach dem Zonen Verfahren und nach DIN 4102-4 in der Regel eine gute Übereinstimmung aufweisen. Diese Nachweise fehlen für das 500 °C Isothermen Verfahren. Sie müssen für die Beurteilung des Verfahren durchgeführt werden.

7 LITERATUR

- [1] DIN V ENV 1992-1-2: 1997-05, Eurocode 2, Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall
DIN Fachbericht 92: Nationales Anwendungsdokument (NAD): Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1992-1-2, Beuth Verlag, Berlin 2000
- [2] prEN 1992-1-2: Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1.1: general rules – Structural fire design. October 2002.
- [3] Der Rat der Europäischen Gemeinschaften: Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (AZ 89/109/EWG9, Fassung 21. Dezember 1988.
- [4] Litzner, H.-U.: Harmonisierung der technischen Regeln in Europa – die Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau. Beton-Kalender 2002.
- [5] European Commission: Draft Guidance Paper „Application and Use of Eurocodes“. Version V 8.4, cleaned Document G5/PB D vom 02.08.2001. Brussels: 2001.
- [6] Becker, J.; Bizri, H.; Bresler, B.: FIRES-T, A Computer Program for the Fire Response of Structures-Thermal. Report No. UCB FRG 74-1, Fire Research Group, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, 1974.
- [7] DIN V ENV 1991-2-2: Eurocode 1 Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 2-2: Einwirkungen auf Tragwerke – Einwirkungen im Brandfall. Deutsche Fassung ENV 1991-2-2: 1995.
Nationales Anwendungsdokument (NAD): Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1991-2-2. DIN-Fachbericht 91, 2000.
- [8] Kordina, K.; Ehm, H.; v. Postel, R.: Erwärmungsvorgänge an balkenartigen Stahlbetonbauteilen unter Brandbeanspruchung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 230. Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin, 1975“
- [9] Richter, E.; Hosser, D.: Brandverhalten von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach deutschen und europäischen Normen. Bauingenieur Band 77, Juli/August 2002.
- [10] Quast, U.; Hass, R.; Rudolph, K.: STABA-F: Berechnung des Trag- und Verformungsverhaltens von einachsig gespannten Bauteilen unter Feuerangriff. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig 1984.
- [11] Izquierdo, J.-M.; Richter, E.: Tabulated Data for Columns - Design Examples. Background Document for prEN 1992-1-2, June 2001 (draft).
- [12] DAfStb-Richtlinie für hochfesten Beton. Ergänzung zu DIN 1045/07.88 für die Festigkeitsklassen B 65 bis B 115. Ausgabe 1995.

ANHÄNGE

Prüfung der Veränderungen im Schlussentwurf der prEN 1992-1-2 Fassung 12/01 gegenüber der Fassung ENV 1992-1-2 Fassung 1997

Inhalt

Anhang A Deutsche Stellungnahme zum Schlussentwurf von prEN 1992-1-2

Anhang B Vergleich berechneter und gemessener Temperaturen

Anhang C Tabellarische Stützenbemessung nach prEN 1992-1-2, Verfahren B

Anhang A**Deutsche Stellungnahme zum Schlussentwurf von prEN 1992-1-2****1 Vorbemerkung**

Grundlage der deutschen Stellungnahme zum Schlussentwurf von prEN 1992-1-2 ist die Ausgabe vom Oktober 2002, im Folgenden als EC 2-1-2 bezeichnet.

2 National festzulegende Parameter

Im EC 2-1-2 sind im Vorwort im Abschnitt Nationale Anhänge für EN 1992-1-2 die Kapitel und Abschnitte aufgeführt, für die im Nationalen Anhang des Eurocodes „National festgelegte Parameter“ definiert werden können. Im Anhang A, Tabelle A.1 sind in Spalte 1 und 2 die im EC 2-1-2 aufgeführten Kapitel und Abschnitte mit den jeweils zu regelnden Parameter zusammengestellt. Spalte 3 gibt die Regelung der Parameter in der Vornorm ENV 1992-1-2 wieder und Spalte 4 enthält Bemerkungen und Hinweise.

Aus der Tabelle A.1 ergibt sich, dass hinsichtlich der National festzulegenden Parameter Untersuchungen zur Bestimmung der thermischen Materialkennwerte, zur Anwendung der Tabellen für die Stützenbemessung und zur brandschutztechnischen Bemessung von Bauteilen aus hochfestem Beton erforderlich sind.

3 Thermische und physikalische Eigenschaften von Beton

Im EC 2-1-2 werden die Rechengrundlagen für die thermischen Eigenschaften von Beton gegenüber den Angaben in der Vornorm ENV 1992-1-2 verändert. Der temperaturabhängige Verlauf für die spezifische Wärmekapazität c_p und für die Dichte ρ wird funktional verändert, die Wärmeleitfähigkeit λ wird durch eine obere und untere Grenzfunktion beschrieben, wobei die national anzuwendende Funktion im Bereich der vorgegebenen Grenzen zu definieren und im Nationalen Anhang festzulegen ist.

Die Auswirkungen der veränderten thermischen Materialkennwerte auf die berechneten Temperaturen in einem Betonquerschnitt wurden in ersten Vergleichsrechnungen für einseitig brandbeanspruchte Querschnitte überprüft. Als Beurteilungskriterium diente der Vergleich mit Temperaturen, die mit den thermischen Materialkennwerten aus der Vornorm ENV 1992-1-2 berechnet wurden.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: die im EC 2-1-2 enthaltenen temperaturabhängigen Funktionsverläufe für die thermischen Materialkennwerte der spezifischen

Wärmekapazität c_p , der Dichte ρ und der Wärmeleitfähigkeit λ lassen sich im Nationalen Anhang so festlegen, dass die damit berechneten Temperaturen bis auf tolerierbare Abweichungen mit den Temperaturen übereinstimmen, die mit den thermischen Materialkennwerten aus der Vornorm ENV 1992-1-2 berechnet werden.

4 Tabellarische Bemessung von Stützen

Im EC 2-1-2 Kapitel 5 Tabellarische Daten sind zwei Verfahren zur Berechnung des Feuerwiderstands von Stahlbetonstützen aufgeführt.

Mit dem Verfahren A können Stahlbetonstützen mit Hilfe der Tabelle 5.2a und/oder durch Auswertung der Gl. (5.6) brandschutztechnisch bemessen werden. In Tabelle 5.2a sind die erforderlichen Abmessungen des Betonquerschnitts in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse und vom Lastausnutzungsfaktor $\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$ zusammengestellt. Durch Gl. (5.6) wird ein Wert „R“ in Abhängigkeit vom Achsabstand der Bewehrung, von der Knicklänge, der Querschnittsbreite und des Bewehrungsgrades berechnet. In den Erläuterungen zum Verfahren A fehlt ein Hinweis zur Dimension des Wertes „R“.

Mit dem Verfahren B können Stahlbetonstützen mit Hilfe der Tabelle 5.2b bzw. den Tabellen C1 bis C9 im Anhang C brandschutztechnisch bemessen werden. In Tabelle 5.2b sind die erforderlichen Abmessungen des Betonquerschnitts in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse, des mechanischen Bewehrungsgrades und vom Lastausnutzungsfaktor $n = N_{0Ed,fi} / (0,7(A_c f_{cd} + A_s f_{yd}))$ zusammengestellt; in den Tabellen C1 bis C9 werden als zusätzliche Parameter die Lastausmitte e und die Schlankheit λ berücksichtigt.

Erste Vergleichsrechnungen zwischen dem Verfahren B und der tabellarischen Bemessung aus der Vornorm ENV 1992-1-2 haben deutlich größere Querschnittsabmessungen nach dem Verfahren B ergeben. Das Verfahren A konnte wegen fehlender Angaben zu den Eingangsparametern nicht untersucht werden.

Zusammenfassend lässt sich für die brandschutztechnische Bemessung von Stützen nach EC 2-1-2 sagen, dass eine Bewertung der Verfahren A und B erst nach einer detaillierten Prüfung vorgenommen werden kann.

5 Hochfester Beton

Im EC 2-1-2 Abschnitt 6 sind Angaben zur brandschutztechnischen Bemessung von hochfesten Beton enthalten. Im wesentlichen werden Angaben zum temperaturabhängigen Festigkeitsabfall, zum Schutz vor Abplatzungen und zur brandschutztechnischen Bemessung mit

Hilfe von vereinfachten Berechnungsverfahren und mit Hilfe von Tabellen gemacht.

Vergleichbare Regelungen bestehen in Deutschland bisher nur hinsichtlich des Schutzes vor Abplatzungen. In der DAfStb-Richtlinie für hochfesten Beton wird für Bauteile aus hochfestem Beton ab der Festigkeitsklasse C 55/67 in Abhängigkeit von der Beanspruchung, der Querschnittsdicke sowie der Schlankheit eine engmaschige Schutzbewehrung auf den brandbeanspruchten Querschnittseiten gefordert. Im EC 2-1-2 werden die Schutzmaßnahmen nach Festigkeitsklassen unterschieden: für Beton C 55/67 bis C 80/95 mit Silika Zusatz weniger als 6 % vom Zementgewicht gelten die Regeln für Normalbeton bis zur Festigkeitsklasse C 50/60 (s. Anhang A, 4.5.1 (2)), für Silika Zusatz größer als 6 % vom Zementgewicht und für Beton der Festigkeitsklasse $80/95 < C \leq 90/105$ werden die Methoden „A“ bis „D“ genannt. Dabei entspricht die Methode A annähernd den Maßnahmen, die in der DAfStb-Richtlinie beschrieben werden.

Zusammenfassend läßt sich zum hochfesten Beton sagen, dass die Angaben im EC 2-1-2 zum temperaturabhängigen Festigkeitsabfall, zu der Methode B bis D zum Schutz vor Abplatzungen und zur brandschutztechnischen Bemessung mit Hilfe von vereinfachten Berechnungsverfahren und mit Hilfe von Tabellen einer ausführlichen und detaillierten Prüfung unterzogen werden müssen.

6 Vereinfachte Rechenverfahren

Im EC 2-1-2 Anhang B sind zwei vereinfachte Rechenverfahren enthalten.

Beim 500°C Isothermen Verfahren wird für den brandschutztechnischen Nachweis ein reduzierter Querschnitt bestimmt, bei dem die Querschnittsbereiche außerhalb der 500 °C Isotherme unberücksichtigt bleiben.

Beim Zonen Verfahren wird der reduzierte Querschnitt in Abhängigkeit von der Beanspruchung berechnet. Das Zonen Verfahren ist in der Vornorm ENV 1992-1-2 enthalten.

Durch umfangreiche Vergleichsrechnungen an repräsentativen Bauteilen wurde nachgewiesen, dass die Nachweise nach dem Zonen Verfahren und nach DIN 4102-4 in der Regel eine gute Übereinstimmung aufweisen. Diese Nachweise fehlen für das 500 °C Isothermen Verfahren. Sie müssen für die Beurteilung des Verfahren durchgeführt werden.

7 Zusammenfassung

Aus den vorstehenden Erläuterungen ergibt sich, dass von deutscher Seite der Annahme des Schlusssentwurfs von prEN 1992-1-2, October 2002 nur unter der Voraussetzung zuge-

stimmt werden kann, dass eine Öffnungsklausel erlaubt, die Abschnitte 5.3 Tabellarische Bemessung von Stützen und 6 Hochfester Beton wegen der umfangreichen Neuerungen in die Liste der „National festzulegenden Parameter“ zu übernehmen. Diese Festlegung geht davon aus, dass der Anhang B wegen seines informativen Charakters, im Nationalen Anhang teilweise außer Kraft gesetzt werden kann. Trifft diese Annahme nicht zu, dann muss auch Anhang B in die Liste der „National festzulegenden Parameter“ übernommen werden.

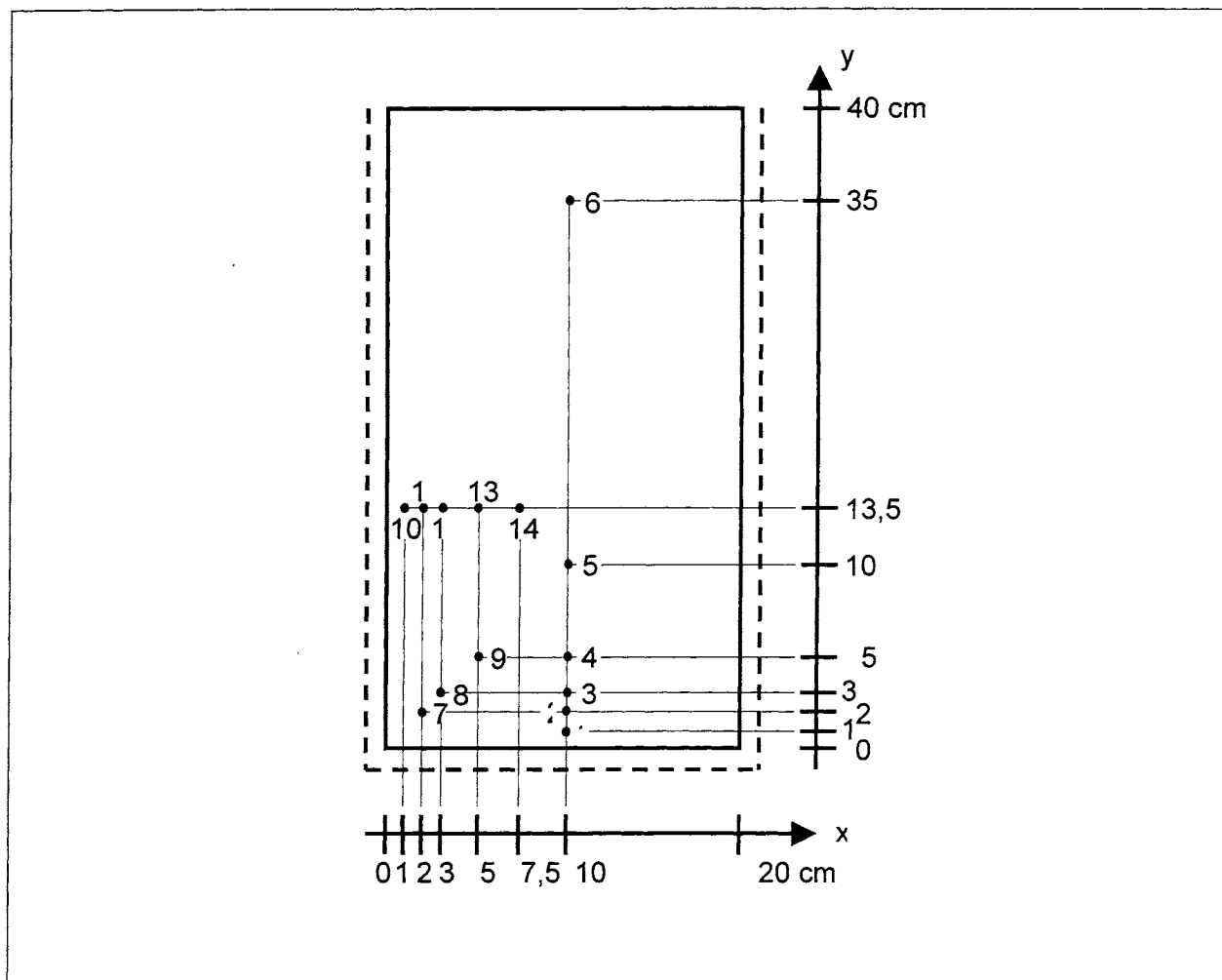
Anhang A

Tabelle A.1 National festzulegende Parameter

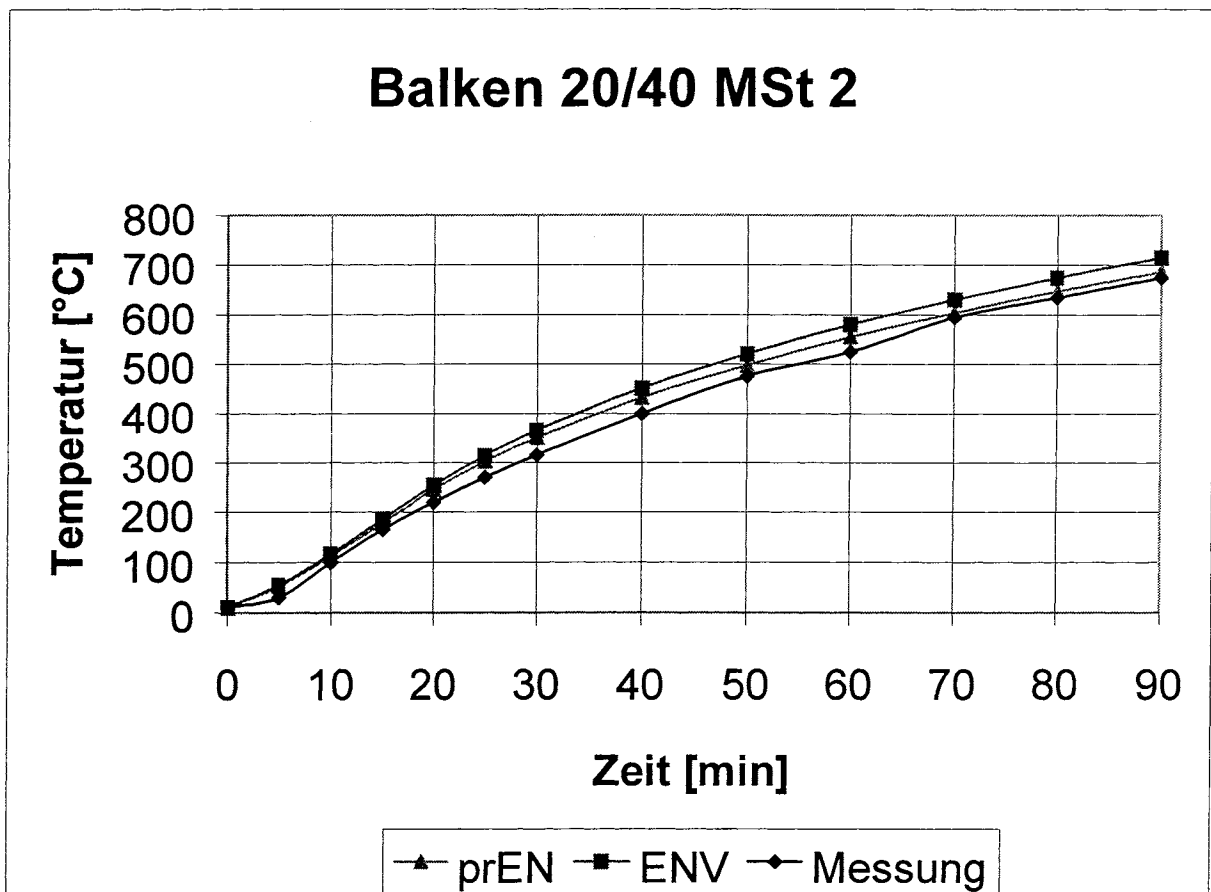
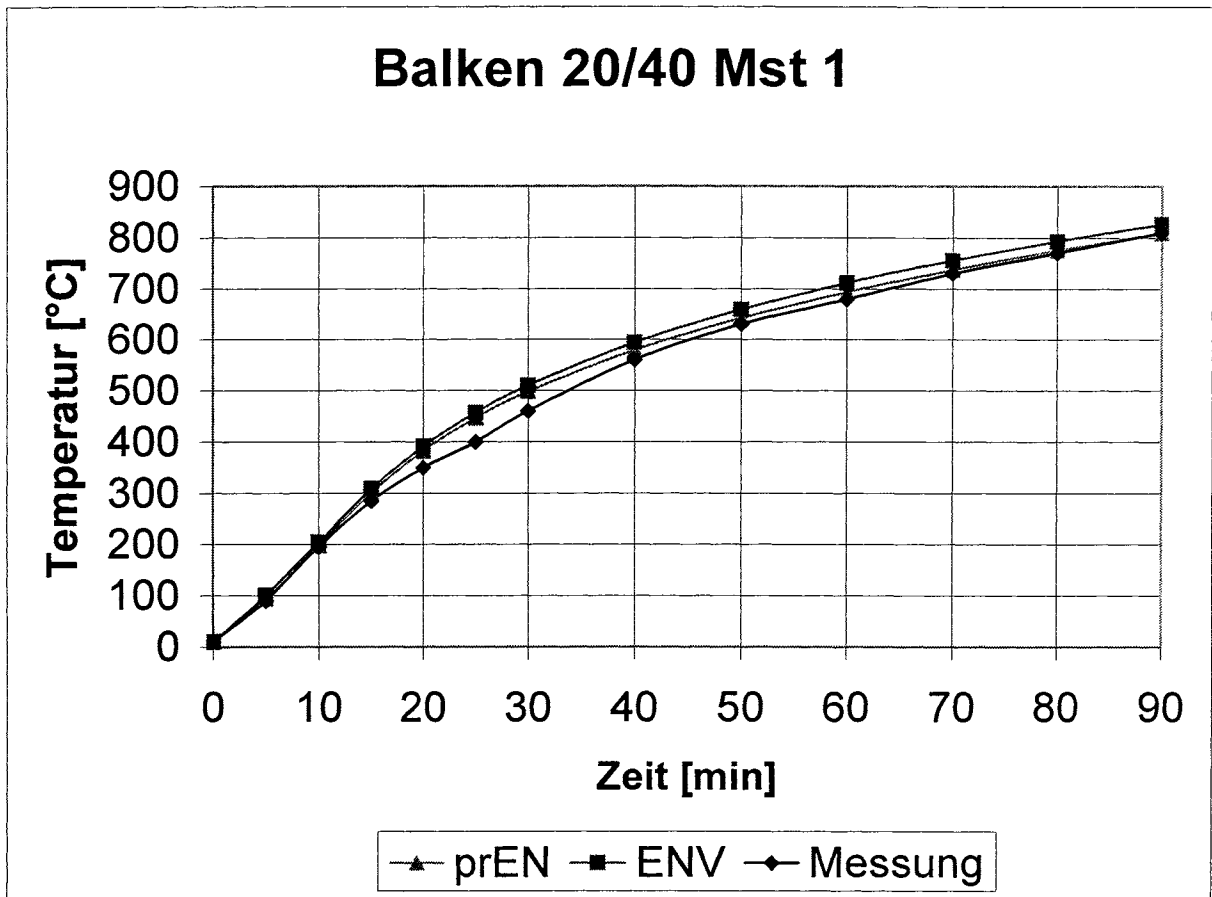
Kapitel / Abschnitt	Parameter	Regelung in ENV 1992-1-2	Bemerkung
1	2	3	4
2.3 (3)P	statt 2.3 (3)P lese 2.3 (2)P Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,fi}$ zur Bestimmung der Bemessungswerte für die mechanischen und thermischen Materialeigenschaften $X_{d,fi}$ Empfohlener Wert $\gamma_{M,fi} = 1.0$	$\gamma_{M,fi} = 1.0$	Redaktionelle Überarbeitung von EC 2-1-2 erforderlich
3.2.3 (5)	Parameter zur Beschreibung der temperaturabhängigen mechanischen Eigenschaften von Betonstahl nach „Class N“ und/oder „Class X“ Empfohlen: „Class N“	Class N	
3.3.2.1 (1)P	statt 3.3.2.1 (1)P lese 3.3.3 (1) Bestimmung der temperaturabhängigen Funktion zur Beschreibung der thermischen Leitfähigkeit λ_c		a) Redaktionelle Überarbeitung von EC 2-1-2 erforderlich b) s. Abschn. 3 der Stellungnahme
4.5.1 (2)	Faktor k in Gew.-%, bis zu dem nicht mit explosionsartigen Abplatzungen zu rechnen ist. Empfohlener Wert $k = 3$.		DIBt-Richtlinie: $k = 4$
5.2 (3)	Lastfaktor für Tabellen η_{fi} Verwendeter Wert $\eta_{fi} = 0,7$.	$\eta_{fi} = 0,7$	
5.3.2 (2)	Lastausmitte e_{max} , die die Gültigkeit der Tabelle 5.2a für die brandschutztechnische Bemessung von Stützen begrenzt. Empfohlener Wert $e_{max} = 0,15h$ (oder b)		a) Tab. 5.2a in Vornorm ENV 1992-1-2 nicht enthalten b) s. Abschn.4 der Stellungnahme
5.6.1 (1)	Erforderliche Stegdicke b_w nach „Class WA“, „Class WB“ oder „Class WC“ in den Tabellen 5.5 Statisch bestimmt gelagerte Balken, 5.6 Durchlaufbalken und 5.7 Durchlaufbalken mit Betondruck oder Schubbruchversagen	Class WC	
5.7.3 (2)	Zusätzliche Regeln zur Sicherstellung von ausreichender Rotationskapazität von durchlaufenden Balken und Platten über den Auflagern		In der Vornorm ENV 1992-1-2 nicht enthalten
6.1 (5)	Temperaturabhängiger Festigkeitsabfall für hochfesten Beton $f_{c,e} / f_{ck}$		In der Vornorm ENV 1992-1-2 ist kein Kapitel über hochfesten Beton enthalten
6.2 (2)	Auswahl und Festlegung der Methoden zur Vermeidung von Abplatzungen bei Bauteilen aus hochfestem Beton		
6.3.1 (1)P	Thermische Leitfähigkeit für hochfesten Beton		
6.4.2.1 (3)	Faktor k zur Bestimmung des Restquerschnitts für Bauteile aus hochfestem Beton		
6.4.2.2 (2)	Faktor k_m zur Bestimmung der Momententragfähigkeit für Bauteile aus hochfestem Beton		

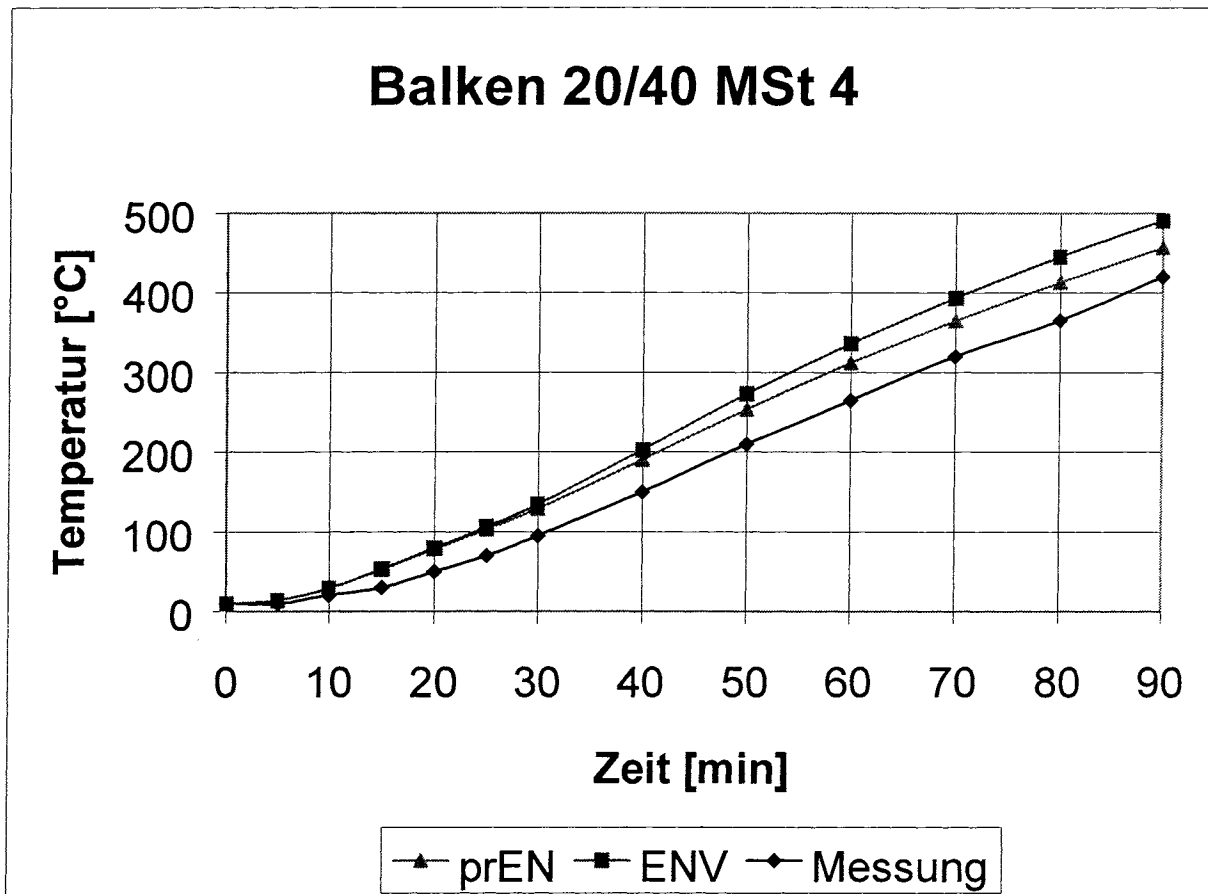
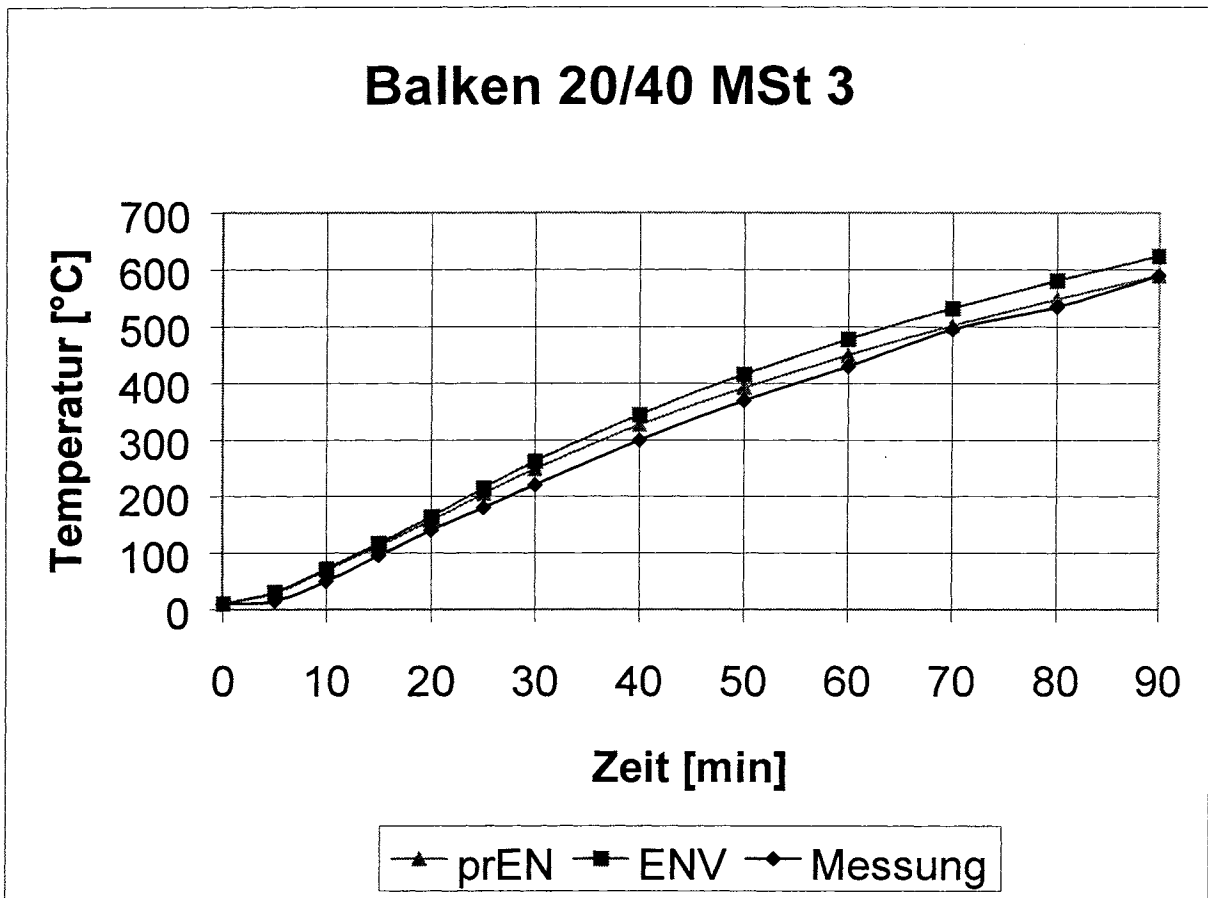
Anhang B

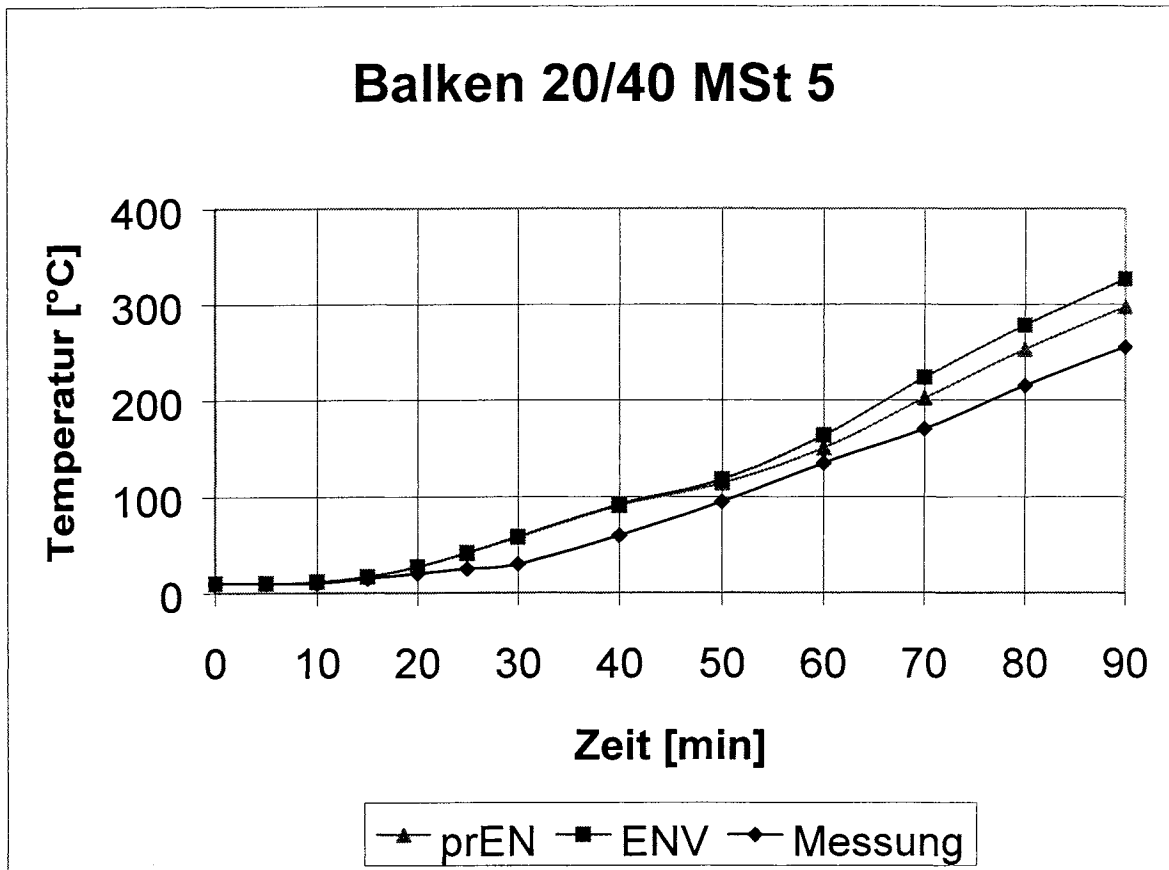
Vergleich berechneter und gemessener Temperaturen

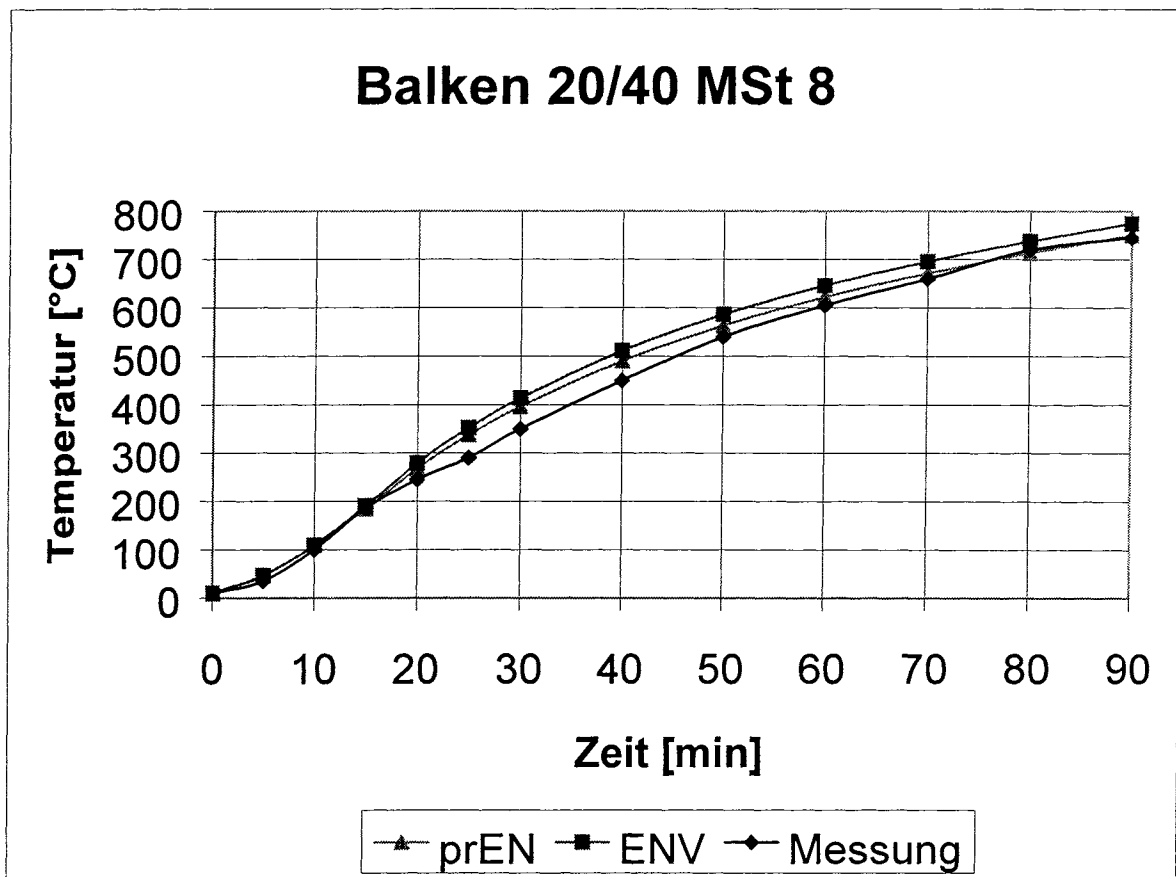
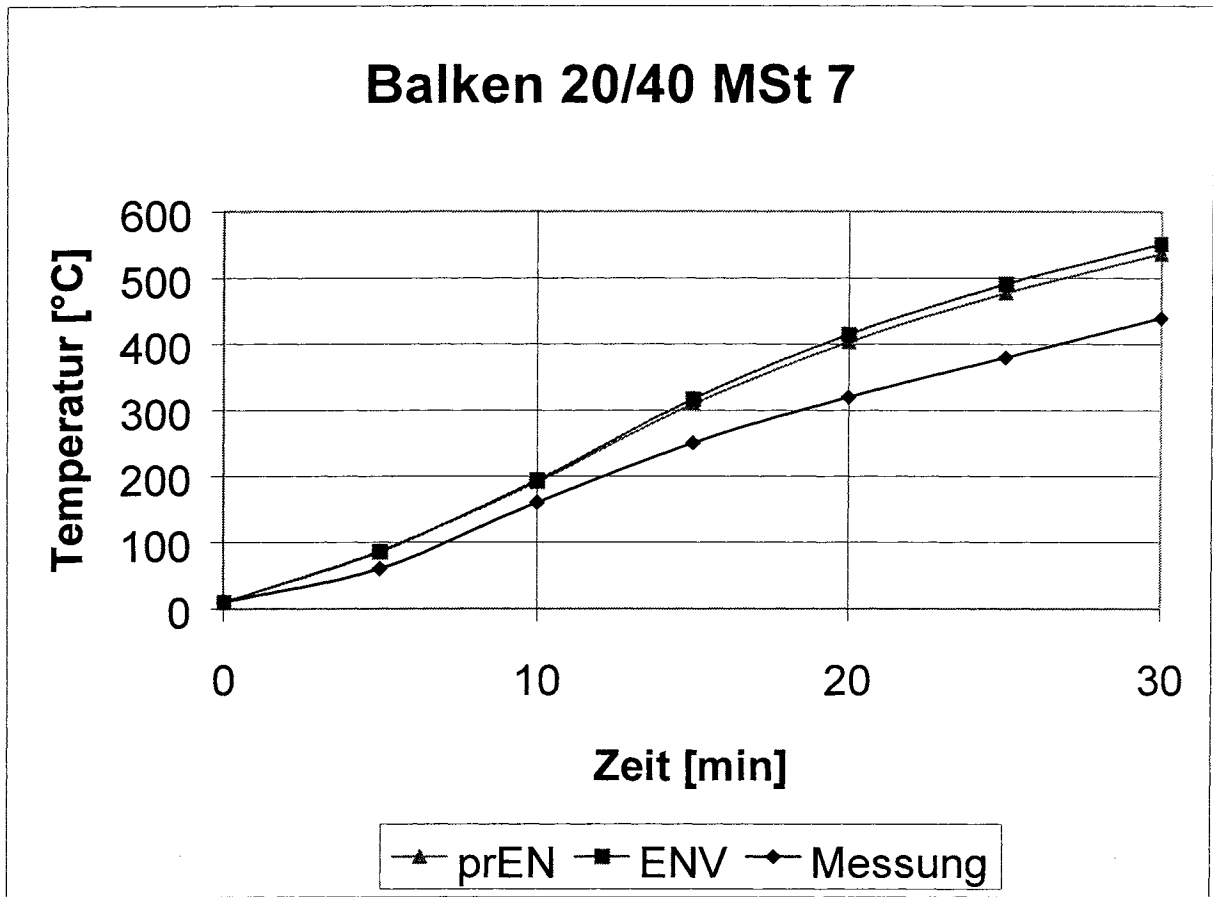


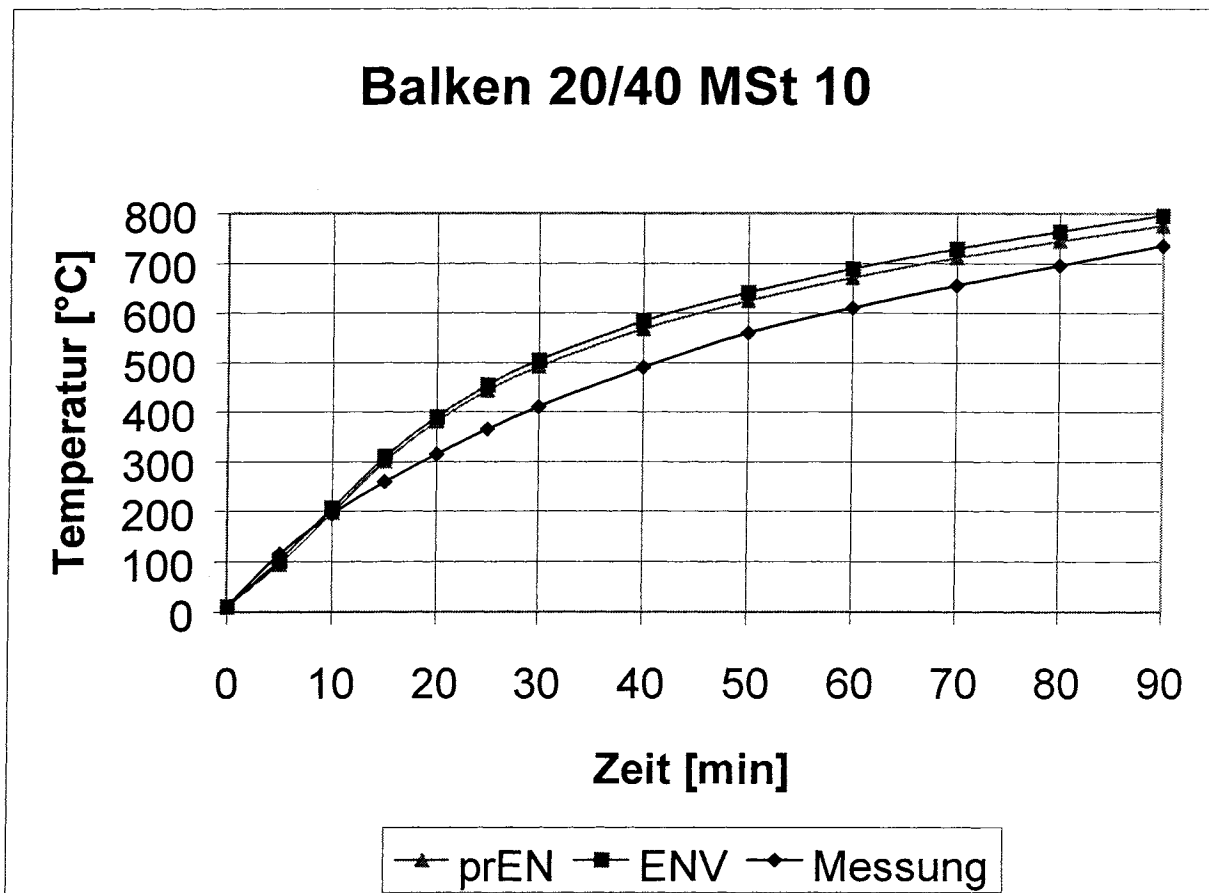
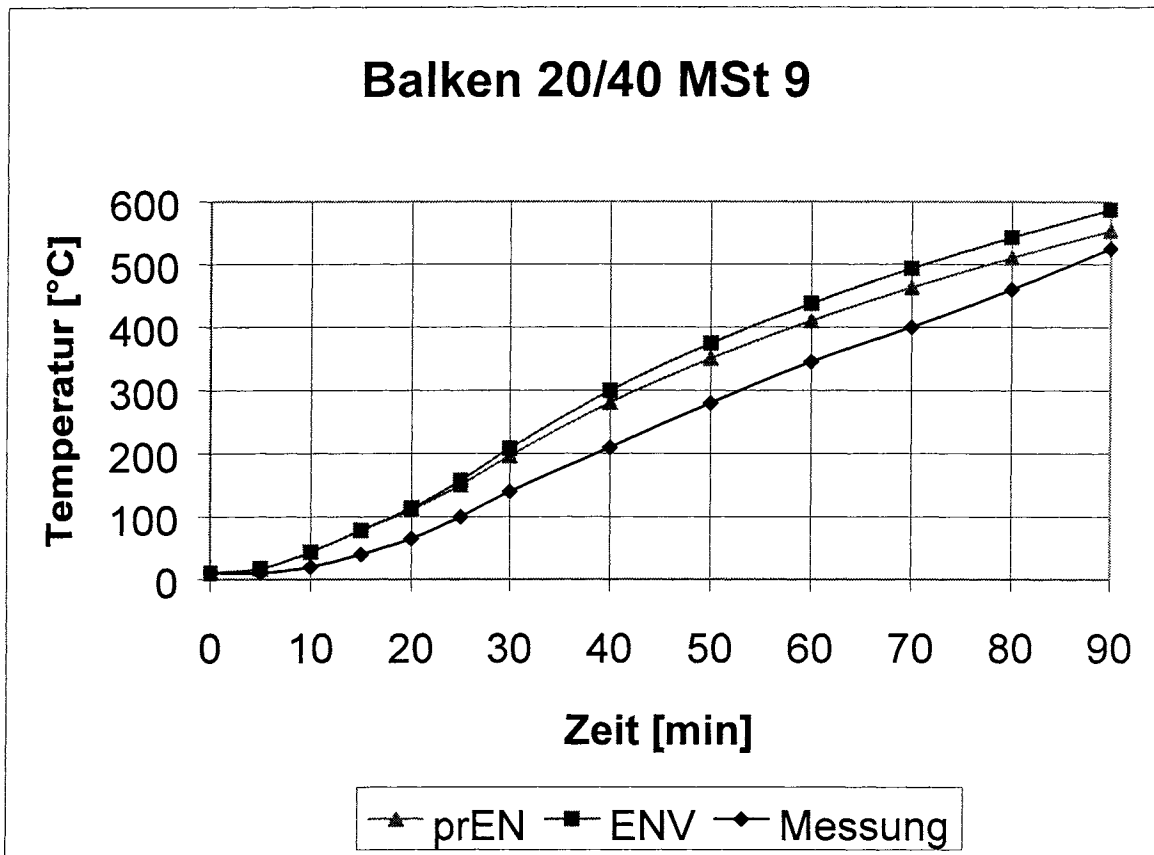
Lage der Messstellen (nicht massstäblich)

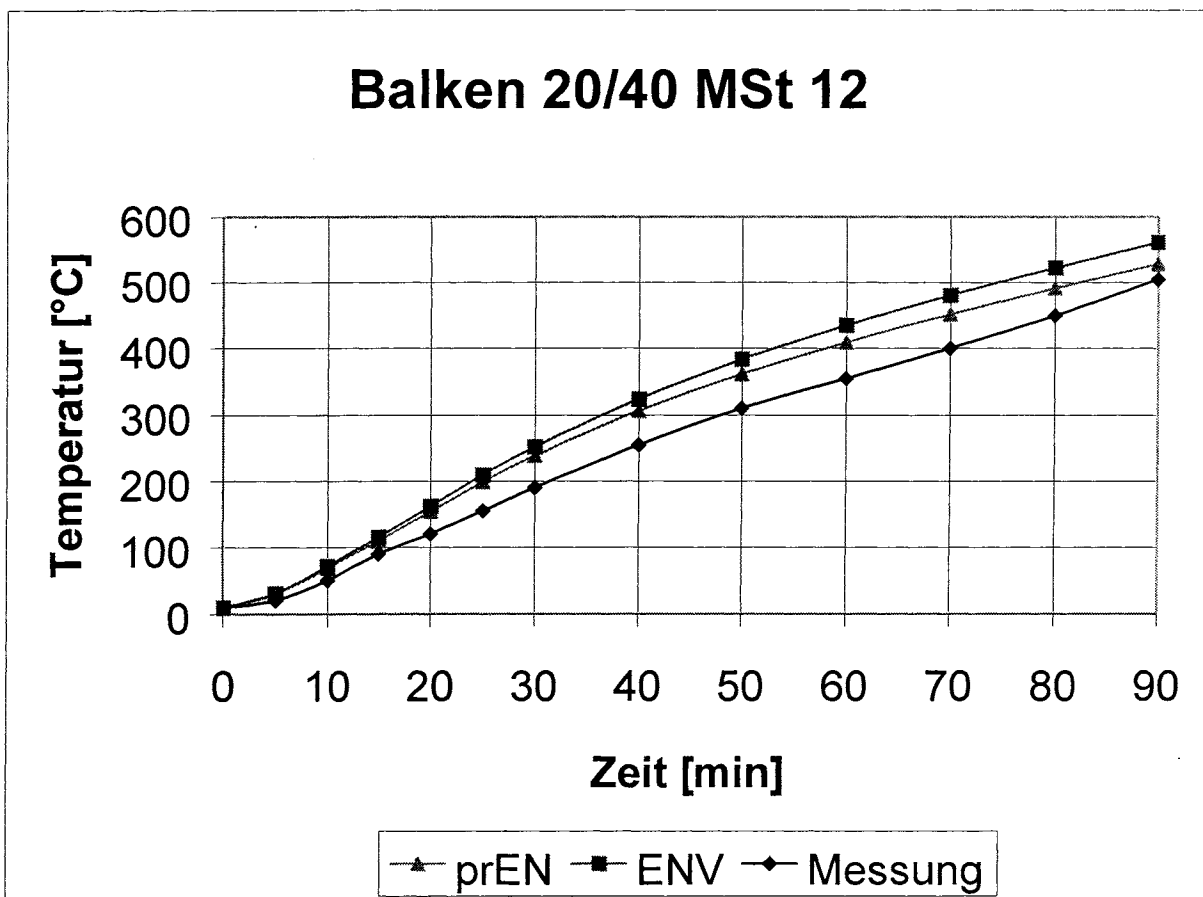
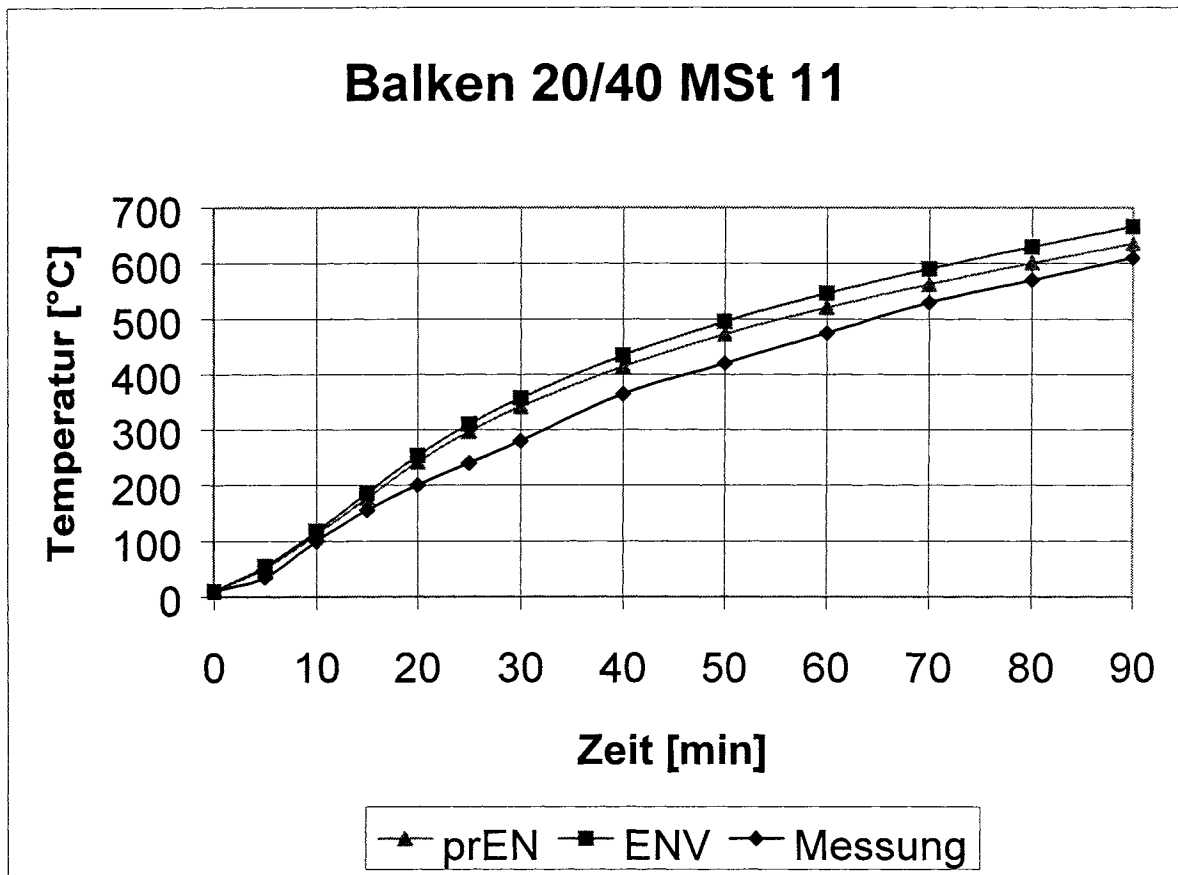


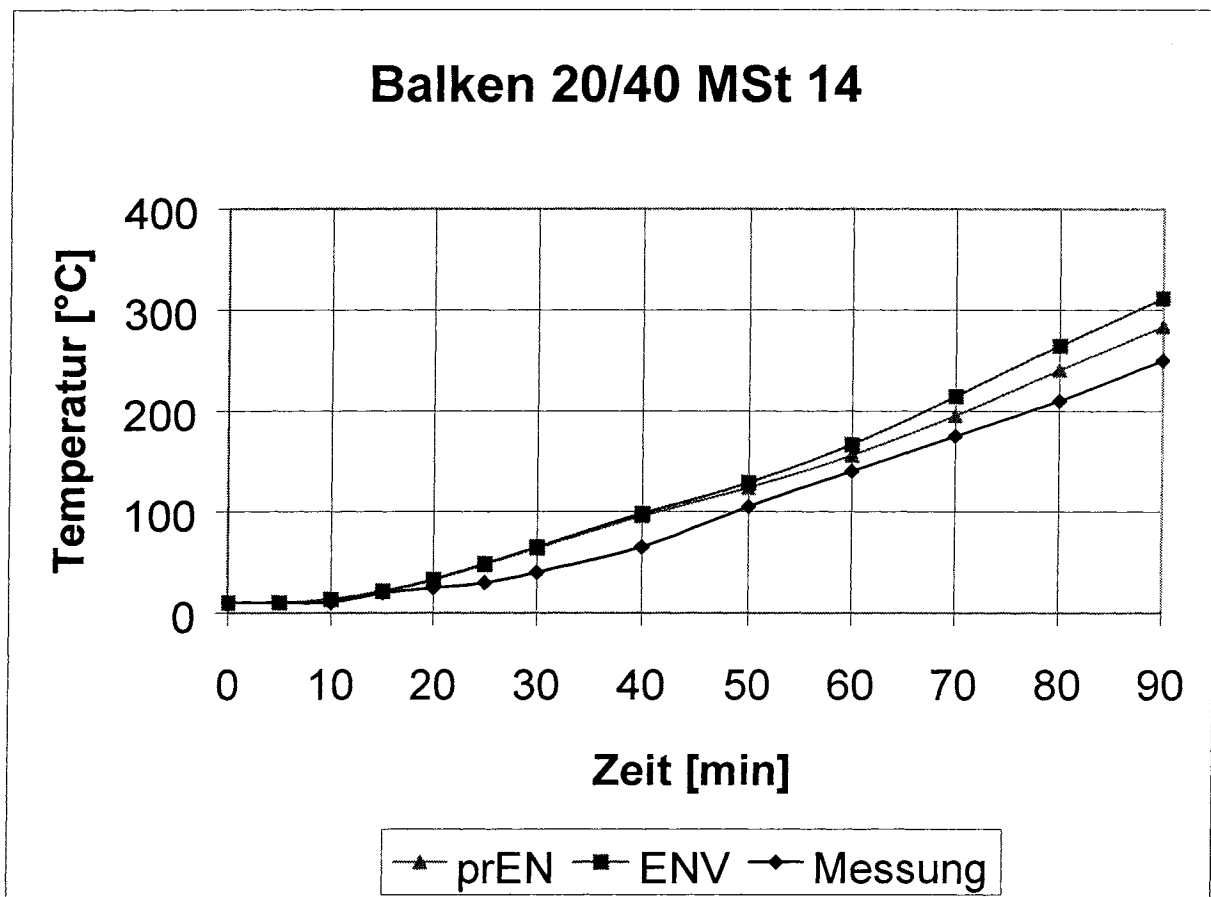
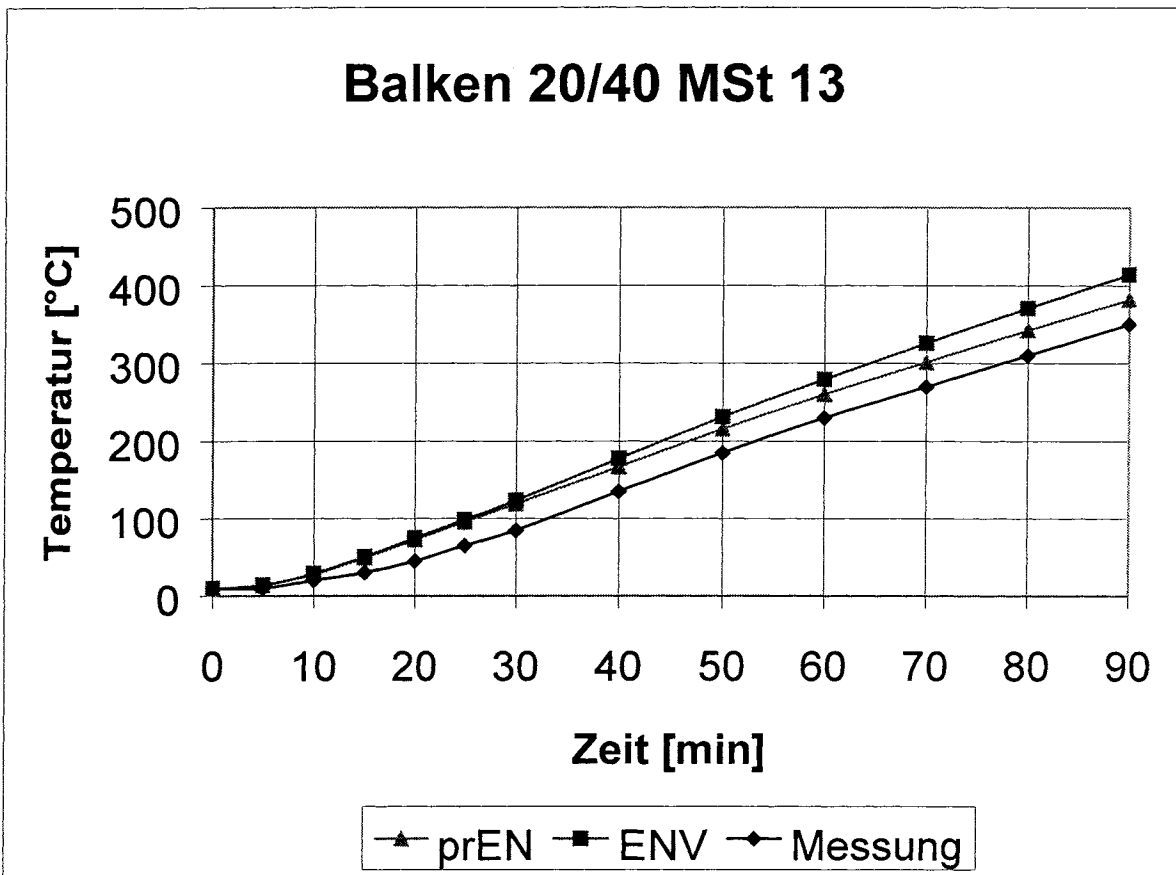


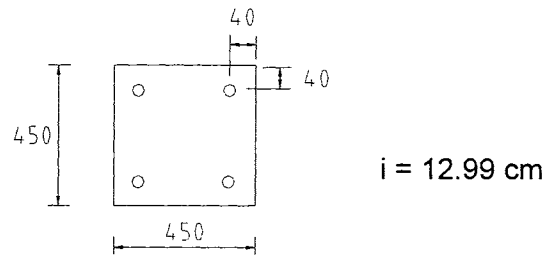
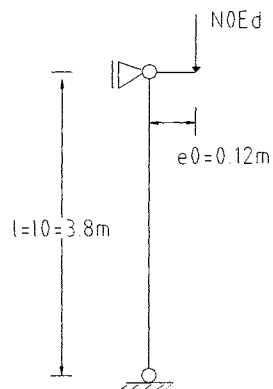










Anhang C**Tabellarische Stützenbemessung nach prEN 1992-1-2, Verfahren B****Example 1**

$$\lambda = l_0 / i = 380 / 12.99 = 29.25$$

Static system at normal temperature

[both ends with hinges]

$$C\ 30/37 : f_{cd} = 20\ \text{N/mm}^2$$

$$BSt\ 500 : f_{yd} = 435\ \text{N/mm}^2$$

$$4\ \varnothing\ 20 : A_s = 12.57\ \text{cm}^2$$

$$N_{0Ed} = 1200\ \text{kN}$$

$$M_{0Ed} = e_0 \cdot N_{0Ed} = 0.10 \cdot 1200 = 120\ \text{kN m}$$

Fire design:

$$N_{0Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{0Ed} \quad \text{with } \eta_{fi} = 0.7$$

$$N_{0Ed,fi} = 0.7 \cdot 1200 = 840\ \text{kN}$$

$$M_{0Ed,fi} = e_0 \cdot N_{0Ed,fi} = 84.0\ \text{kN m}$$

[Load level at normal temperature conditions n:]

$$n = N_{0Ed} / (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}) \quad (5.7\ a)$$

$$= 1200 / (45^2 \cdot 2 + 12.57 \cdot 43.5) = 0.26$$

Reinforcement capacity ratio ω :

$$\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd} = 0.135$$

Case A:

Required fire resistance R 60: [$\lambda_{fi} = \lambda = 29.25$ at normal temperature]

For $\lambda_{fi} = 29.25 \leq 30$
 $e_0 / b \leq 0.25$ with $e_{max} = 100 \text{ mm}$ (5.7 b)
 $e_0 = 100 \text{ mm} \leq 0.25 b = 112.5 \text{ mm}$
 $\leq 100 \text{ mm} = e_{max}$

[Use table 5.2b]

$$\omega = 0.135 > \omega = 0.100$$

$$< \omega = 0.500$$

Linear interpolation between $\omega = 0.100$ and $\omega = 0.500$.

In order to simplify it was not interpolated and the one smaller ω -value was assumed.

For $\omega = 0.100$; $n = 0.30$; R 60 the following values are given in table 5.2b: 200/40 : 300/25

For $\omega = 0.100$; $n = 0.15$; R 60 the following values are given in table 5.2b: 150/30 : 200/25

$b_{min} \leq 300 \text{ mm} < \text{existing } b = 450 \text{ mm}$

required axis distance for $b = 450 \text{ mm}$: $a = 25 \text{ mm} < \text{existing } a = 40 \text{ mm}$

The column can be classified as R 60 .

Case B:

Required fire resistance R 90:

Standard fire exposure is higher than 60 min $\rightarrow [\lambda_{fi} \neq \lambda \text{ at normal temperature }]$

For intermediate floors $l_0 = 3.80 \text{ m}$ with both edges pinned is equivalent to a 7.6 m high column

for upper floor $l_0 = 3.80 \text{ m}$ with both edges pinned is equivalent to a 5.4 m high column

Table 5.2b has to be used, as $\lambda_{fi} \leq 30$.

For $\omega = 0.100$; $n = 0.30$; R 90 following values are given in table 5.2b: 300/40 : 400/25

For $\omega = 0.100$; $n = 0.15$; R 90 following values are given in table 5.2b: 200/40 : 250/25

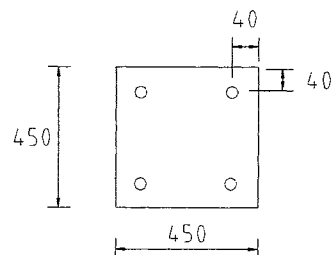
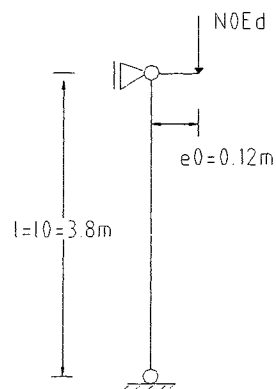
$b_{min} = 400 \text{ mm} < \text{existing } b = 450 \text{ mm}$

required axis distance for $b = 450 \text{ mm}$: $a = 25 \text{ mm}$ < existing $a = 40 \text{ mm}$

The column can be classified as R 90 .

Comments:

For R90, the temperature at the reinforcement bars is about $600 \text{ }^\circ\text{C}$, so $f_{y,\theta} = 0,47 f_{yk}$. Nevertheless, the column is highly over-dimensioned at normal temperature conditions and can resist perfectly 90 minutes of standard fire exposure.

Example 2

$$i = 12.99 \text{ cm}$$

$$\lambda = l_0 / i = 380 / 12.99 = 29,25$$

Static system at normal temperature

[both ends with hinges]

$$C 30/37 : f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$BSt 500 : f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \text{ } \varnothing 20 : A_s = 12.57 \text{ cm}^2$$

$$N_{0Ed} = 2000 \text{ kN}$$

$$M_{0Ed} = e_0 * N_{0Ed} = 0.10 * 2000 = 200 \text{ kN m}$$

Required fire resistance R 60 (case A) and R 90 (case B)

Fire design:

$$N_{0Ed,fi} = \eta_{fi} * N_{0Ed} \quad \text{with } \eta_{fi} = 0.7$$

$$N_{0Ed,fi} = 0.7 * 2000 = 1400 \text{ kN}$$

$$M_{0Ed,fi} = e_0 * N_{0Ed,fi} = 140 \text{ kN m}$$

[Load level at normal temperature conditions:]

$$n = N_{0Ed} / (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}) \quad (5.7 \text{ a})$$

$$= 2000 / (45^2 * 2 + 12.57 * 43.5)$$

$$n = 0.44$$

Reinforcement capacity ratio ω :

$$\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd} = 0.135$$

Case A:

Required fire resistance R 60: [$\lambda_{fi} = \lambda = 29.25$ at normal temperature]

For $\lambda_{fi} = 29.25 \leq 30$

$$e_0 / b \leq 0.25 \quad \text{with } e_{\max} = 100 \text{ mm} \quad (5.7 \text{ b})$$

$$e_0 = 100 \text{ mm} \leq 0.25 b = 112.5 \text{ mm} \\ \leq 100 \text{ mm} = e_{\max}$$

[Use table 5.2b]

$$\omega = 0.135 > \omega = 0.100$$

$$< \omega = 0.500$$

Linear interpolation between $\omega = 0.100$ and $\omega = 0.500$.

And between $n = 0.30$ and $n = 0.50$

a) Check for b_{\min}

$b = b_{\min}$	$n = 0.30$	$n = 0.44$	$n = 0.50$
$\omega = 0.100$	200 →	270 ↓	← 300
$\omega = 0.135$		266	
$\omega = 0.500$	150 →	220 ↑	← 250

$b_{\min} = 266 \text{ mm} < \text{existing } b = 450 \text{ mm}$

b) Check for a

$b = 450 \text{ mm}$	$n = 0.30$	$n = 0.44$	$n = 0.50$
$\omega = 0.100$	25 →	30.2 ↓	← 32.5
$\omega = 0.135$		29.8	
$\omega = 0.500$	25 →	25 ↑	← 25

$a_{\min} = 29.8 \text{ mm} < \text{existing } a = 40 \text{ mm}$

The column can be classified as R 60 .

Case B:

Required fire resistance R 90:

Standard fire exposure is higher than 60 min → [$\lambda_{fi} \neq \lambda$ at normal temperature]

Table 5.2b can be used, as $\lambda_{fi} \leq 30$.

a) Check for b_{min}

$b = b_{min}$	$n = 0.30$	$n = 0.44$	$n = 0.50$
$\omega = 0.100$	300 →	440 ↓	← 500 ↓
$\omega = 0.135$		425.1	482.5
$\omega = 0.500$	200 →	270 ↑	← 300 ↑

$b_{min} = 425 \text{ mm} < \text{existing } b = 450 \text{ mm}$

b) Check for a. As the b_{min} value for $N = 0.50$ and $\omega = 0.100$ is 500, it is not possible a simple linear interpolation.

The existing reinforcement ratio is $\omega = 0.135$. We will perform a table for interpolating at this reinforcement ratio.

values for b

let us assume for $n = 0.5$ the value of $b = b_{min} (\omega = 0.135) = 482.5 \text{ mm}$ (see check for b_{min}).

for $n = 0.44$ we have $b = \text{existing } b = 450 \text{ mm}$.

for $n = 0.30 \rightarrow b_{int} = 482.5 + (450 - 482.5) (0.3 - 0.5) / (0.44 - 0.5) = 374.2 \text{ mm}$

values for a

$n = 0.3$: values of a for $b = b_{int}$

a for $(\omega = 0.100 ; b = 374.2 \text{ mm}) = 40 + (25 - 40) (374.2 - 300) / (400 - 300) = 28.9 \text{ mm}$

a for $(\omega = 0.500 ; b = 374.2 \text{ mm}) = 25 \text{ mm}$

a for $(\omega = 0.135 ; b = 374.2 \text{ mm}) = 28.9 + (25 - 28.9) (0.135 - 0.100) / (0.500 - 0.100) = 28.5 \text{ mm}$

$n = 0.5$: values of a for $b = b_{min}$

a for $(\omega = 0.100 ; b = b_{min} = 500 \text{ mm}) = 50 \text{ mm}$

a for $(\omega = 0.500 ; b = b_{min} = 300 \text{ mm}) = 45 \text{ mm}$

a for $(\omega = 0.135 ; b = b_{min} = 482.5 \text{ mm}) = 55 + (45 - 55) (0.135 - 0.100) / (0.500 - 0.100) = 54.1 \text{ mm}$

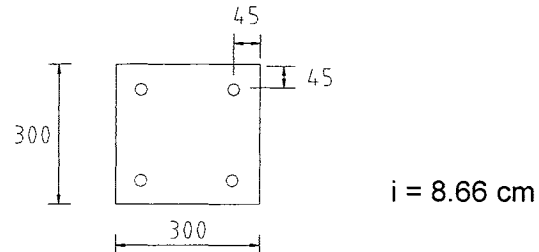
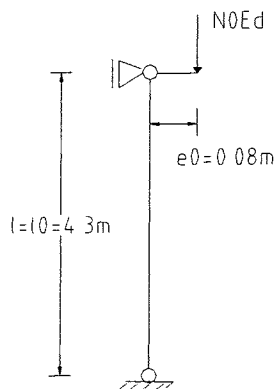
$n = 0.44$

$a = 28.5 + (54.1 - 28.5) (0.44 - 0.3) / (0.5 - 0.3) = 46.4 \text{ mm} > \text{existing } a = 40 \text{ mm}$.

The column can not be classified as R 90. The reinforcement needs an additional cover of about 6 mm.

Comments:

For R90, the temperature at the reinforcement bars is about 600 °C, so $f_{y,\theta} = 0,47 f_{yk}$. The column is over-dimensioned at normal temperature conditions, but under fire conditions the reinforcement needs a slightly higher protection for resisting 90 minutes of standard fire exposure.

Example 3

$$\lambda = l_0 / i = 430 / 8.66 = 49.65 \approx 50$$

Static system at normal temperature

[both ends with hinges]

$$C\ 30/37 : f_{cd} = 20\ \text{N/mm}^2$$

$$BSt\ 500 : f_{yd} = 435\ \text{N/mm}^2$$

$$4\ \varnothing\ 25 : A_s = 19.64\ \text{cm}^2$$

$$N_{0Ed} = 1325\ \text{kN}$$

$$M_{0Ed} = e_0 * N_{0Ed} = 0.07 * 1325 = 92.8\ \text{kN m}$$

Fire design:

$$N_{0Ed,fi} = \eta_{fi} * N_{0Ed}$$

$$\text{with } \eta_{fi} = 0.7$$

$$N_{0Ed,fi} = 0.7 * 1325 = 927.5\ \text{kN}$$

$$M_{0Ed,fi} = e_0 * N_{0Ed,fi} = 64.9\ \text{kN m}$$

[Load level at normal temperature conditions n:]

$$n = N_{0Ed} / (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}) \quad (5.7\ a)$$

$$= 1325 / (30^2 * 2 + 19.64 * 43.5)$$

$$n = 0.50$$

Reinforcement capacity ratio ω :

$$\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd} = 0.558$$

Required fire resistance R 60: [$\lambda_{fi} = \lambda = 50$ at normal temperature]

Use tables in Annex C, not table 5.2b because of $\lambda > 30$]

$$\text{For } \lambda_{fi} = \lambda = 50 > 30$$

$$e_0 = 75 \text{ mm} \leq 0.25 b = 75 \text{ mm} \\ < 100 \text{ mm}$$

with $\omega = 0.558 > \omega = 0.500$
 $< \omega = 1.00$

Linear interpolation between the tables C.5 and C.8 .

Tables C.5 and C.8 are valid for $[e_0 \leq 0.25 b < 100 \text{ mm}]$

a) Check for b_{\min}

b_{\min} for $\omega = 0.500$ (Table C.5) ; $n = 0.50$; R 60 ; $\lambda_{fi} = 50 \rightarrow 300 \text{ mm}$

b_{\min} for $\omega = 1.00$ (Table C.8) ; $n = 0.50$; R 60 ; $\lambda_{fi} = 50 \rightarrow 300 \text{ mm}$

$$b_{\min} = 300 \text{ mm} = \text{existing } b = 300 \text{ mm}$$

b) Check for a

for R 60 ; $\lambda_{fi} = 50$

$b = 300 \text{ mm}$	$n = 0.50$
$\omega = 0.500$ (Table C.5)	45 ↓
$\omega = 0.558$	44.4
$\omega = 1.00$ (Table C.8)	40 ↑

$$a_{\min} = 44.4 \text{ mm} < \text{existing } a = 45 \text{ mm}$$

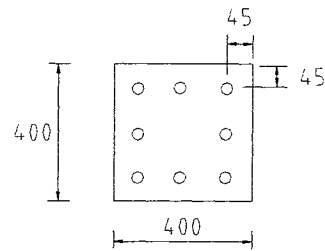
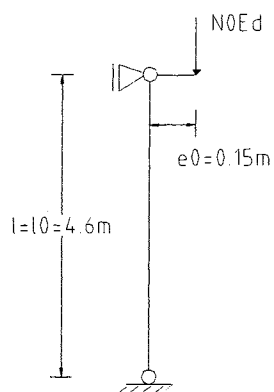
The column can be classified as R 60.

Comments:

For R60, the temperature at the reinforcement bars is about 380 °C and $f_{y,\theta} = 1,00 f_{yk}$, but $E_{s\theta} \approx 0.72 E_y$. On the other hand the area inside the 500 °C isotherm is about 61% of the total section.

The deflexion of the column is higher than at normal temperature conditions due to the changes produced by high temperatures on stress – strain diagrams of the concrete. Note that for a temperature of 300 °C, $f_{c,\theta}$ is 0.85 f_{ck} but $\epsilon_{c1,\theta}$ is 0.007, double than maximum elongation at normal temperature design, and about 50% of the total section is heater than 300 °C after 60 min of standard fire exposure.

A worse behaviour of the column is expected when taking into account second order effects. The limit of $\lambda \leq 25 \cdot (2 - M_{01}/M_{02})$ given by prEN 1992-1 for neglecting second orders effects can be then unsafe for fire conditions. Anyway, in the example the cover is sufficient for reaching R60.

Example 4

$$i = 11.547 \text{ cm}$$

$$\lambda = l_0 / i = 460 / 11.547 = 39.84 \approx 40$$

Static system at normal temperature

[both ends with hinges]

$$C 30/37 : f_{cd} = 20 \text{ kN/mm}^2$$

$$BSt 500 : f_{yd} = 435 \text{ kN/mm}^2$$

$$8 \text{ } \varnothing 25 : A_s = 39.27 \text{ cm}^2 \geq 0.02 A_c = 32 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{distribution of the bars along the sides of the cross-section is necessary for } R > 90$$

Required fire resistance R 60 (case A) and R 90 (case B)

$$N_{0Ed} = 2000 \text{ kN}$$

$$M_{0Ed} = e_0 * N_{0Ed} = 0.15 * 2000 = 300 \text{ kN m}$$

Fire design:

$$N_{0Ed,fi} = \eta_{fi} * N_{0Ed} \quad \text{with } \eta_{fi} = 0.7$$

$$N_{0Ed,fi} = 0.7 * 2000 = 1400 \text{ kN}$$

$$M_{0Ed,fi} = e_0 * N_{0Ed,fi} = 210 \text{ kN m}$$

[Load level at normal temperature conditions n]

$$n = N_{0Ed} / (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}) \quad (5.7 \text{ a})$$

$$= 2000 / (40^2 * 2.0 + 39.27 * 43.5)$$

$$n = 0.408$$

Reinforcement capacity ratio ω :

$$\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd} = 0.534$$

Case A:

Required fire resistance R 60: [$\lambda_{fi} = \lambda = 40$ at normal temperature]

For $\lambda_{fi} = 40 > 30$
 $e_0 = 150 \text{ mm} > 0.25 b = 100 \text{ mm}$
 $> 100 \text{ mm}$

[Use tables in Annex C]

with $e_0 = 150 \text{ mm} \leq 0.5 b = 200 \text{ mm}$
 $< 200 \text{ mm}$
 and $\omega = 0.534 > \omega = 0.500$
 $< \omega = 1.00$

Linear interpolation between tables C.6 and C.9.

Tables C.6 and C.9 are valid for [$e_0 \leq 0.5 b < 200 \text{ mm}$]

In order to simplify it is not interpolated and table C.6 is used with the one smaller reinforcement capacity ratio $\omega = 0.500$.

For $\omega = 0.500$; $n = 0.41$; $\lambda_{fi} = 40$; R 60 the following values are given in table C.6:

For $n = 0.3$: 250/40 : 500/25

For $n = 0.5$: 500/40 : 550/35

Linear interpolation for $n = 0.408$: 384.3/40 : 526.8/30.4

Further interpolation results : 400/38.9

$b_{\min} = 384.3 \text{ mm} < \text{existing } b = 400 \text{ mm}$

required axis distance for $b = 400 \text{ mm}$: $a = 38.9 \text{ mm} < \text{existing } a = 45 \text{ mm}$

The column can be classified as R 60 .

Case B:

Required fire resistance R 90:

Standard fire exposure is higher than 60 min → [$\lambda_{fi} \neq \lambda$ at normal temperature for a truss]

Linear interpolation between tables C.6 and C.9.

Tables C.6 and C.9 are valid for [$e_0 \leq 0.5 b < 200 \text{ mm}$]

from Table C.6:

For $\omega = 0.500$; $n = 0.408$; $\lambda_{fi} = 30$; R 90 the following values are given in table C.6:

For $n = 0.3$: 300/50 : 500/25

For $n = 0.5$: 500/55 : 600/40

Linear interpolation for $n = 0.408$: 407.5/52.7 : 553.7/33.1

For $\omega = 1.00$; $n = 0.408$; $\lambda_{fi} = 30$; R 90 the following values are given in table C.9:

For $n = 0.3$: 250/50 : 550/25

For $n = 0.5$: 500/50 : 600/40

Linear interpolation for $n = 0.408$: 384.3/50 : 576.9/33.1

For $\omega = 0.534$; $n = 0.408$; $\lambda_{fi} = 30$; R 90

For $\omega = 0.500$: 407.5/52.7 : 553.7/33.1

For $\omega = 1.00$: 384.3/50 : 576.9/33.1

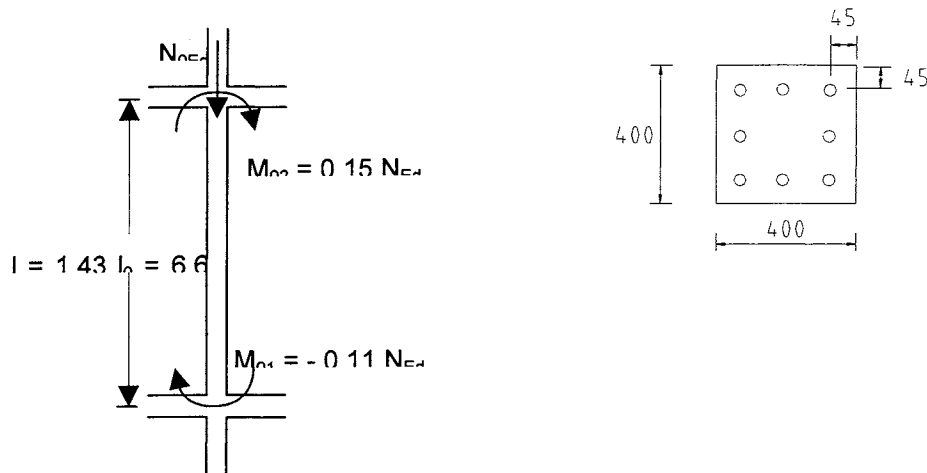
Linear interpolation for $\omega = 0.534$: 405.9/52.5 : 555.3/33.1

$b_{\min} = 406 \text{ mm}$ > existing $b = 400 \text{ mm}$

$a = 52.5 \text{ mm}$ > existing $a = 45 \text{ mm}$

The column cannot be classified as R 90 strictly. Anyway, the difference on b is so slight that the column can be considered technically admissible for R 90 by increasing the cover on $\approx 8 \text{ mm}$.

Example 5



$$i = 11.547 \text{ cm}$$

$$\lambda = l_0 / i \approx 0.7 \cdot 660 / 11.547 = 40.01 \approx 40$$

Static system at normal temperature

[column on a braced frame. $l_0 = 0.7 l$]

$$C 30/37 : f_{cd} = 20 \text{ kN/mm}^2$$

$$BSt 500 : f_{yd} = 435 \text{ kN/mm}^2$$

$$8 \text{ } \varnothing 25 : A_s = 39.27 \text{ cm}^2 > 0.02 A_c = 32 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{distribution of the bars along the sides of the cross-section for R120 and higher}$$

Required fire resistance R 60 (case A) and R 90 (case B)

$$N_{0Ed} = 2600 \text{ kN}$$

$$M_{01} = 0.15 N_{0Ed} = 390 \text{ kN m}$$

$$M_{02} = -0.11 N_{0Ed} = -286 \text{ kN m}$$

$$M_{0Ed} = M_{0e} \geq 0.6 M_{02} + 0.4 M_{01} = 119.6 \text{ kN m} = 0.046 N_{Ed} \text{ (see prEN 1992-1 cl. 5.8.8.2)}$$

$$\geq 0.4 M_{02} = 0.06 N_{Ed}$$

$$\text{We adopt } M_{0Ed} = 0.06 N_{Ed} = 156 \text{ kN m} \rightarrow e_0 = 60 \text{ mm} = 0.15 b$$

Fire design:

$$N_{0Ed,fi} = \eta_{fi} * N_{0Ed} \quad \text{with } \eta_{fi} = 0.7$$

$$N_{0Ed,fi} = 0.7 * 2600 = 1820 \text{ kN}$$

$$M_{0ed,fi} = e_0 * N_{0Ed,fi} = 109.2 \text{ kN m}$$

[Load level at normal temperature conditions n:]

$$n = N_{0Ed} / (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}) \quad (5.7a)$$

$$= 2600 / (40^2 * 2.0 + 39.27 * 43.5)$$

$$n = 0.53$$

Reinforcement capacity ratio ω :

$$\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd} = 0.534$$

Case A:

Required fire resistance R 60: [$\lambda_{fi} = \lambda = 40$ at normal temperature]

[Use tables in Annex C]

For $\lambda_{fi} = 40 > 30$

$$e_0 = 60 \text{ mm} > 0.025 b = 10 \text{ mm}$$

$$< 0.25 b = 100 \text{ mm}$$

and $\omega = 0.533 > \omega = 0.500$

$$< \omega = 1.00$$

Linear interpolation between tables C.4, C5, C7 and C.8.

Tables C.4 and C.7 are valid for [$e_0 \leq 0.025 b \geq 10 \text{ mm}$]

Tables C.5 and C.8 are valid for [$e_0 \leq 0.25 b \leq 100 \text{ mm}$]

In order to simplify we use the values for $e_0 \leq 0.25 b$ on the safe side (Tables C5 and C.8)

a) Check for b_{min}

b_{min} for $e_0 = 0.25 b$	$n = 0.50$	$n = 0.53$	$n = 0.70$
$\omega = 0.50$ (Table C.5)	300 →	322.5 ↓	← 450 ↓
$\omega = 0.534$		319.1	446.6
$\omega = 1.00$ (Table C.8)	250 →	272.5 ↑	← 400 ↑

$$b_{min} = 319 \text{ mm} < \text{existing } b = 400 \text{ mm}$$

b) Check for a

As on example 2, case B, no values for a where $b = 400$ mm are given on table C.5 for R60, $\lambda = 40$ and $n = 0.7$. We can use the procedures explained on example 2:

The existing reinforcement ratio is $\omega = 0.534$. We will perform a table for interpolating at this reinforcement ratio.

values for b

Let us assume for $n = 0.70$ the value of $b = b_{\min} (\omega=0.534) = 446.6$ mm (see check for b_{\min}).

for $n = 0.53$ we have $b = \text{existing } b = 400$ mm.

for $n = 0.50 \rightarrow b_{\text{int}} = 446.6 + (400 - 446.6) (0.5 - 0.7) / (0.53 - 0.7) = 391.8$ mm

values for a

$n = 0.50$: values of a for $b = b_{\text{int}}$

From table C.5: a for ($\omega = 0.500$; $b = 391.8$ mm) = $35 + (25 - 35) (391.8 - 300) / (500 - 300) = 30.4$ mm

From table C.8: a for ($\omega = 1.00$; $b = 391.8$ mm) = $40 + (25 - 40) (391.8 - 250) / (500 - 250) = 31.5$ mm

a for ($\omega = 0.534$; $b = 391.8$ mm) = $30.4 + (31.5 - 30.4) (0.534 - 0.500) / (1.00 - 0.500) = 30.5$ mm

$n = 0.7$: values of a for $b = b_{\min}$

From table C.5: a for ($\omega = 0.500$; $b = b_{\min} = 450$ mm) = 50 mm

From table C.8: a for ($\omega = 1.00$; $b = b_{\min} = 400$ mm) = 50 mm

a for ($\omega = 0.534$; $b = b_{\min} = 446.6$ mm) = 50 mm

$n = 0.53$

$a \leq 30.5 + (50 - 30.5) (0.53 - 0.5) / (0.7 - 0.5) = 33.4$ mm < existing a = 45 mm.

The column can be classified as R 60

Case B:

Required fire resistance R 90:

Standard fire exposure is higher than 60 min → [$\lambda_{fi} \neq \lambda$ at normal temperature]

For intermediate floors: $l_0 = 0.5 l = 0.5 \cdot 6.60 = 3.30$ m $\lambda_{fi} = 330 / 11.547 = 28.6 < 30$

For upper floor : $l_0 = 0.7 l = 0.7 \cdot 6.60 = 4.62$ m $\lambda_{fi} = 462 / 11.547 = 40.1 \approx 40$

1) Intermediate floor

For intermediate floor, Table 5.2b can be used, but as we have a small first order moment we use tables on Annex C for better accuracy.

In order to simplify we use the values for $e_0 \leq 0.25 b$ on the safe side (Tables C5 and C.8)

a) Check for b_{min}

From values on tables C.5 and C.8 ; R 90 ; $\lambda = 30$; $e_0 = 0.25 b = 10$ mm

b_{min} for $e_0 = 0.25 b$	$n = 0.50$	$n = 0.53$	$n = 0.70$
$\omega = 0.500$ (Table C.5)	↓ 300 →	330 ↓	← 500 ↓
$\omega = 0.534$	296.6	327.1	500
$\omega = 1.00$ (Table C.8)	↑ 250 →	287.5 ↑	← 500 ↑

$b_{min} \leq 327.1$ mm < existing $b = 400$ mm

b) Check for a

As on a), no values for a where $b = 400$ mm are given neither on table C.5 nor on table C.8 for R90, $\lambda = 30$ and $n = 0.7$.

The existing reinforcement ratio is $\omega = 0.534$. We will perform a new table for interpolating at this reinforcement ratio.

values for b

Let us assume for $n = 0.70$ the value of $b = b_{min} (\omega=0.534) = 500$ mm (see check for b_{min}).

for $n = 0.53$ we have $b = \text{existing } b = 400 \text{ mm}$.

for $n = 0.50 \rightarrow b_{\text{int}} = 500 + (400 - 500) (0.5 - 0.7) / (0.53 - 0.7) = 382.4 \text{ mm}$

values for a

$n = 0.50$: values of a for $b = b_{\text{int}}$

From table C.5: a for ($\omega = 0.500$; $b = 382.4 \text{ mm}$) = $45 + (25 - 45) (382.4 - 300) / (550 - 300) = 36.8 \text{ mm}$

From table C.8: a for ($\omega = 1.00$; $b = 382.4 \text{ mm}$) = $40 + (25 - 40) (382.4 - 250) / (550 - 250) = 33.4 \text{ mm}$

a for ($\omega = 0.534$; $b = 391.8 \text{ mm}$) = $36.8 + (33.4 - 36.8) (0.534 - 0.500) / (1.00 - 0.500) = 36.6 \text{ mm}$

$n = 0.7$: values of a for $b = b_{\text{min}}$

From table C.5: a for ($\omega = 0.500$; $b = b_{\text{min}} = 500 \text{ mm}$) = 50 mm

From table C.8: a for ($\omega = 1.00$; $b = b_{\text{min}} = 500 \text{ mm}$) = 50 mm

a for ($\omega = 0.534$; $b = b_{\text{min}} = 500 \text{ mm}$) = 50 mm

$n = 0.53$

$a = 36.6 + (50 - 36.6) (0.53 - 0.5) / (0.7 - 0.5) = 38.6 \text{ mm} < \text{existing } a = 45 \text{ mm}$.

The column can be classified as R 90

2) Upper floor

In order to simplify we use the values for $e_0 \leq 0.25 b$ on the safe side (Tables C5 and C.8)

For upper floor $\lambda = 40$. Use tables on Annex C.

a) Check for b_{min}

From values on tables C.5 and C.8 ; R 90 ; $\lambda = 40$

for R 90 ; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $n = 0.53$; $e_0 = 0.25 b = 10 \text{ mm}$:

b_{min} for $e_0 = 0.25 b$	$n = 0.50$	$n = 0.53$	$n = 0.70$
$\omega = 0.500$ (Table C.5)	350 →	380 ↓	← 550 ↓
$\omega = 0.534$		376.6	546.6

$\omega = 1.00$ (Table C.8)	300 →	330 ↑	← 500 ↑
-----------------------------	-------	-------	---------

$$b_{\min} \leq 376.6 \text{ mm} < \text{existing } b = 400 \text{ mm}$$

b) Check for a

We use the same procedure explained for intermediate floor.

values for b

Let us assume for $n = 0.70$ the value of $b = b_{\min} (\omega=0.534) = 546.6 \text{ mm}$ (see check for b_{\min}).

for $n = 0.53$ we have $b = \text{existing } b = 400 \text{ mm}$.

$$\text{for } n = 0.50 \rightarrow b_{\text{int}} = 546.6 + (400 - 546.6) (0.5 - 0.7) / (0.53 - 0.7) = 374.1 \text{ mm}$$

values for a

$n = 0.50$: values of a for $b = b_{\text{int}}$

From table C.5: a for ($\omega = 0.500$; $b = 374.1 \text{ mm}$) = $50 + (25 - 50) (382.4 - 350) / (600 - 350) = 46.8 \text{ mm}$

From table C.8: a for ($\omega = 1.00$; $b = 374.1 \text{ mm}$) = $50 + (35 - 50) (382.4 - 300) / (600 - 300) = 45.9 \text{ mm}$

$$a \text{ for } (\omega = 0.534 ; b = 374.1 \text{ mm}) = 46.8 + (45.9 - 46.8) (0.534 - 0.500) / (1.00 - 0.500) = 46.7 \text{ mm}$$

$n = 0.7$: values of a for $b = b_{\min}$

From table C.5: a for ($\omega = 0.500$; $b = b_{\min} = 550 \text{ mm}$) = 50 mm

From table C.8: a for ($\omega = 1.00$; $b = b_{\min} = 500 \text{ mm}$) = 60 mm

$$a \text{ for } (\omega = 0.534 ; b = b_{\min} = 500 \text{ mm}) = 50 + (60 - 50) (0.534 - 0.500) / (1.00 - 0.500) = 50.7 \text{ mm}$$

$n = 0.53$

$$a = 46.7 + (50.7 - 46.7) (0.53 - 0.5) / (0.7 - 0.5) = 47.3 \text{ mm} > \text{existing } a = 45 \text{ mm}.$$

The difference is slight (2.3 mm), so, as we used unfavourable tables, the column can be classified as R 90.

Comments:

The influence of the higher slenderness due to the different restraining capacity at the edges on an intermediate floor and on the upper floor produces a higher exigency of reinforcement protection at the column on upper floor. Using the conservative tables we employed on the example, a minimum dimension 50 mm wider and a cover 9 mm higher is needed at the upper floor.

For calculating the actual minimum dimensions at this floor we can complete the assessment by using tables C.4 and C.7.

c) Check for b_{\min}

From values on tables C.4 and C.7 ; R 90 ; $\lambda = 40$

for R 90 ; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $n = 0.53$; $e_0 = 0.025 b = 1.0$ mm:

b_{\min} for $e_0 = 0.3 b$	$n = 0.50$	$n = 0.53$	$n = 0.70$
$\omega = 0.500$ (Table C.4)	250 →	257.5 ↓	← 300
$\omega = 0.534$		257.5	
$\omega = 1.00$ (Table C.7)	250 →	257.5 ↑	← 300

as b_{\min} for R 90 ; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $n = 0.53$; $e_0 = 0.25 b = 10$ mm was 376.6 mm

b_{\min} for R 90 ; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $n = 0.53$; $e_0 = 0.15 b = 6.0$ mm

$b_{\min} = 257.5 + (376.6 - 257.5) (6.0 - 1.0) / (10 - 1.0) = 323.7$ mm < existing $b = 400$ mm.

d) Check for a

$n = 0.50$: values of a for $b = 400$ mm ; $\lambda = 40$

From table C.4: a (for $\omega = 0.500$) = 25 mm

From table C.7: a (for $\omega = 1.00$) = 25 mm

a (for $\omega = 0.534$) = 25 mm

$n = 0.7$: values of a for $b = b_{\min}$

From table C.4: a (for $\omega = 0.500$) = 25 mm

From table C.7: a (for $\omega = 1.00$) = $45 + (30 - 45) (400 - 300) / (600 - 300) = 40$ mm

a (for $\omega = 0.534$) = $25 + (40 - 25) (0.534 - 0.500) / (1.00 - 0.500) = 26.0$ mm

$n = 0.53$; a (for R 90 ; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $e_0 = 0.025 b = 1.0$ mm)

$$a = 25 + (26 - 25)(0.53 - 0.5) / (0.7 - 0.5) = 25.2 \text{ mm.}$$

as a (for R 90 ; $n = 0.53$; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $e_0 = 0.25$ b = 10 mm) was 47.3 mm

a (for R 90 ; $n = 0.53$; $\lambda = 40$; $\omega = 0.534$; $e_0 = 0.15$ b = 6.0 mm)

$$a = 25.2 + (47.3 - 25.2) (6.0 - 1.0) / (10 - 1.0) = 37.5 \text{ mm} < \text{existing } a = 45 \text{ mm}$$

and the column can be classified as R 90 as we did.

Bauforschung für die Praxis

- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
Karl Deters
Band 59, 2001, 245 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4258-0
€ 50,- | sFr 86,-
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
R. Weeber, G. Wölfle, V. Rösner
Band 58, 2001, 175 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4257-2
€ 46,- | sFr 79,-
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
Band 57, 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., kart., ISBN 3-8167-4256-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Vergabeverfahren und Baukosten**
Hannes Weeber, Simone Bosch
Band 56, 2001, 192 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4255-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
Ralf Spilker, Rainer Oswald
Band 55, 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., kart., ISBN 3-8167-4254-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten**
Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
Band 54, 2000, 173 S., 123 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4253-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen - untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
Band 53, 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4252-1
€ 37,- | sFr 63,-
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
Band 52, 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
€ 25,- | sFr 44,-
- Balkone, kostengünstig und funktionsgerecht**
Hannes Weeber, Margit Lindner
Band 51, 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., kart., ISBN 3-8167-4250-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 50, 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., kart., ISBN 3-8167-4249-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Eigenleistung beim Bauen**
Wie Eigentümer und Mieter sich am Bau ihrer Wohnung beteiligen können
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, H. Gerth, W. Pohrt
Band 49, 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab.,
ISBN 3-8167-4248-3
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 48, 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab.,
ISBN 3-8167-4247-5
€ 37,- | sFr 64,-
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 47, 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4246-7
€ 15,- | sFr 26,-
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, R. Spilker, K. Wilmes
Band 46, 1998, 100 S., 57 Abb., kart.
ISBN 3-8167-4245-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
Horst Schulze
Band 45, 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4244-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 44, 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4243-2
€ 15,- | sFr 26,-
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
Karl Deters, Joachim Arlt
Band 43, 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., kart., ISBN 3-8167-4242-4
€ 22,- | sFr 39,50
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
Dieter Arlt, Rainer Weltring
Band 42, 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., kart., ISBN 3-8167-4241-6
€ 20,- | sFr 35,-
- Ausschreibungshilfen für recyclinggerechte Wohnbauten**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 41, 1998, 172 S., 28 Abb., kart.
ISBN 3-8167-4240-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
Band 40, 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4239-4
€ 19,- | sFr 34,-
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
Band 39, 1997, 194 S., 230 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4238-6
€ 25,- | sFr 44,-
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
Wilfried Jank
Band 37, 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., 13 Tafeln, kart., ISBN 3-8167-4236-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36, 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- | sFr 26,-
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an aufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35, 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab., kart., ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- | sFr 70,-
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34, 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32, 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab., kart., ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- | sFr 51,50

BESTELLSCHEIN

Titel ankreuzen und im Umschlag oder
 per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
 senden an:
Fraunhofer IRB Verlag
 Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB
 Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
 Telefon (07 11) 970 - 25 00
 E-Mail: info@irb.fhg.de
 URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

 Straße/PF
 PLZ/Ort
 Datum
 Unterschrift

02/2002 [BfP-alle|Titel-Anzeige.qxd]

- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1, Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlußsituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2, Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31, 1997, 294 S., 169 Abb., kart., ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- | sFr 25,-
- Fenster - Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30, 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab., kart., ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- | sFr 35,-
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauff, u. a.
Band 29, 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab., kart., ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**
Hannes Weeber, Rotraut Weeber
Band 28, 1997, 156 S., 60 Abb., 28 Tab., kart., ISBN 3-8167-4227-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Möglichkeiten der Einsparung von Wohnkosten durch Mieterbeteiligung**
M. Elff, K. Goldt, B. Harms, u. a.
Band 27, 1997, 157 S., 3 Abb., 8 Tab., kart., ISBN 3-8167-4226-2
€ 22,- | sFr 39,50
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26, 1996, 380 S., 196 Tab., kart., zweibändig, ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- | sFr 83,50
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25, 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab., kart., ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24, 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- | sFr 35,-
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23, 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4222-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22, 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab., kart., ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- | sFr 30,50
- Standisicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21, 1996, 226 S., 71 Abb., kart., ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20, 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab., kart., ISBN 3-8167 4219-X
€ 12,- | sFr 21,50
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19, 1996, 204 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- | sFr 47,50
- Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 18, 1996, 237 S., 116 Abb., 23 Tab., kart., ISBN 3-8167-4217-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17, 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab., kart., ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, S. Al Bosta, u. a.
Band 15, 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab., kart., ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosten und Techniken für das "Überwintern" erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- | sFr 44,-
- Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung**
Erhard Mayer (Hrsg.)
Band 13, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4212-2
€ 25,- | sFr 44,-
- Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten**
Typenserie P2
P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzgig, T. Spengler
Band 12, 1995, 118 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4211-4
€ 20,- | sFr 35,-
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11, 1995, 76 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9, 1995, 210 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- | sFr 44,-
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8, 1995, 418 S., 114 Abb., kart., ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Wohnhochhäuser heute**
H. Weeber, R. Weeber, M. Hasenmaier, u. a.
Band 7, 1995, 165 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4206-8
€ 25,- | sFr 44,-
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6, 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab., kart., ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Barrierefreie Erschließungssysteme von Wohngebäuden**
R. Weeber, M. Rees, H. Weeber
Band 5, 1994, 64 S., 52 Abb., 6 Tab., kart., ISBN 3-8167-4204-1
€ 12,- | sFr 21,50
- Die Ausführung des Umkehrdaches bei erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 4, 1994, 80 S., zahlreiche Abb. und Tab., kart., ISBN 3-8167-4203-3
€ 20,- | sFr 35,-
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3, 1994, 56 S., 48 Abb., kart., ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- | sFr 21,50
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauff, R. Lamers, u. a.
Band 2, 1995, 333 S., 515 Abb., kart., ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- | sFr 69,50
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1, 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- | sFr 44,-
- Informieren Sie mich bitte laufend über neue **Fachbücher**

BESTELLSCHEIN

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 2508 oder -2507 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

Telefon (07 11) 970 - 25 00

E-Mail: info@irb.fhg.de

URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

 Straße/PF

 PLZ/Ort

 Datum

 Unterschrift

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann

- Schadenfreies Bauen**
Gesamtausgabe Bände 1 – 26
2002, alle Bände mit festem Einband
ISBN 3-8167-5796-0
€ 1037,- | sFr 1744,-
Bei Abnahme der Gesamtausgabe sparen Sie € 115,-
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
Robert Engelfried
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
ISBN 3-8167-5795-2
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
Günter Zimmermann
Band 25: 2001, 200 S., 175 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-5791-X
€ 48,- | sFr 82,50
- Schäden an Installationsanlagen**
Heizungs- und Raumluftechnische Anlagen,
Trinkwasser-, Abwasser- und Gasinstallationsanlagen
Heinz Wirth, Stefan Wirth
Band 24: 2001, 270 S., 114 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-5790-1
€ 57,- | sFr 96,-
- Schäden an Türen und Toren**
Ralf Schumacher
Band 23: 2001, 372 S., 291 Abb., 32 Tab.,
ISBN 3-8167-4169-X
€ 71,- | sFr 118,-
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
Hans-Joachim Scheewe
Band 22: 2001, 232 S., 80 überw. farb. Abb.,
50 Tab.,
ISBN 3-8167-4168-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
Band 21: 2000, 132 S., 106 z.T. farb. Abb.,
6 Tab.,
ISBN 3-8167-4165-7
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktionsskizzen,
28 Tab. u. Diagramme, 98 Fotos,
ISBN 3-8167-4164-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**
Ralf Ruhnau, Nabil Fouad
Band 19: 1998, 104 S., 61 Abb.; 7 Tab.,
ISBN 3-8167-4160-6
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken**
Hubert Satzger
Band 18: 1998, 78 S., 59 Abb., 5 Tab.,
ISBN 3-8167-4159-2
€ 23,- | sFr 40,50
- Schäden an Dränanlagen**
Wilfried Muth
Band 17: 1997, 114 S., 128 Abb., 10 Tab.,
ISBN 3-8167-4154-1
€ 35,- | sFr 60,50
- Tauwasserschäden**
Richard Jenisch
Band 16: 2. überarb. Aufl., 2001, 129 S.,
66 Abb., 6 Tab., ISBN 3-8167-5792-8
€ 37,- | sFr 62,50
- Schäden an Estrichen**
Klaus G. Aurnhammer
Band 15: 2., erg. Aufl., 1999, 216 S., 44 Abb.;
17 Tab.,
ISBN 3-8167-4162-2
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
Bernhard Brand, Gerhard Glatz
Band 14: 1996, 217 S., 129 Abb., 24 Tab.,
ISBN 3-8167-4153-3
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
Helmut Klaas, Erich Schulz
Band 13: 1995, 224 S., 162 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-4152-5
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u. a.
Band 12: 2. erw. Aufl., 2001, 415 S., 303
Abb., 22 Tab.,
ISBN 3-8167-4166-5
€ 76,- | sFr 127,-
- Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein**
Martin Sauder, Renate Schloenbach
Band 11: 1995, 274 S., 95 Abb., 31 Tab.,
ISBN 3-8167-4150-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten**
Klaus W. Liersch
Band 10: 1995, 146 S., 86 Abb., 20 Tab.,
ISBN 3-8167-4149-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Fassadenputzen**
Helmut Künzel
Band 9: 2. erw. Aufl., 2000, 142 S., mit zahlr.
Abb. und Tab.,
ISBN 3-8167-4167-3
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
Erich Cziesielski, Michael Bonk
Band 8: 1994, 112 S., 55 Abb., 4 Tab.,
ISBN 3-8167-4147-9
€ 33,- | sFr 57,-
- Rissschäden an Mauerwerk**
Ursachen erkennen - Rißschäden vermeiden.
Werner Pfefferkorn
Band 7: 3. überarb. Aufl., 2002, 292 S.,
290 Abb., 18 Tab.,
ISBN 3-8167-5793-6
€ 53,- | sFr 89,-
- Schäden an Fenstern**
Wolfgang Klein
Band 6: 1994, 154 S., 92 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4145-2
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart**
Horst Schulze
Band 5: 1993, 158 S., 140 Abb.,
ISBN 3-8167-4144-4
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Industrieböden**
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
Band 4: 2., erw. Aufl., 1999, 169 S., 69 Abb.,
33 Tab.,
ISBN 3-8167-4163-0
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Sichtbetonflächen**
Heinz Klopfer
Band 3: 1993, 123 S., 77 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4142-8
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Flachdächern und Wannenaus wasserundurchlässigem Beton**
Gottfried C.O. Lohmeyer
Band 2: 3. neu bearb. Aufl., 2001, 272 S.,
171 Abb., 28 Tab.,
ISBN 3-8167-5794-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**
Ralf Ruhnau
Band 1: 1992, 132 S., 87 Abb.,
ISBN 3-8167-4140-1
€ 35,- | sFr 60,50

BESTELLSCHEIN

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:
 Fraunhofer IRB Verlag
 Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB
 Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
 Telefon (07 11) 970 - 25 00
 E-Mail: info@irb.fhg.de
 URL: http://www.IRBbuch.de

Absender

 Straße/PF

 PLZ/Ort

 Datum

 Unterschrift

02/2002 [sFBalle Titel-AnzeigeA4.qxd

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

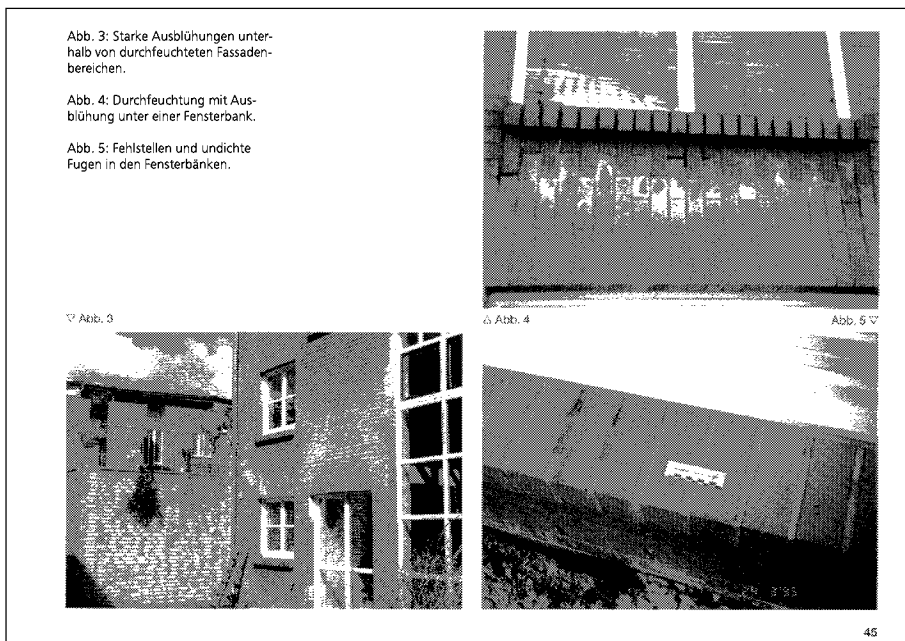


Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchfeuchteten Fassadenbereichen.

Abb. 4: Durchfeuchtung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und undichte Fugen in den Fensterbänken.

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5