

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (Hrsg.)

Beispiele zur Bemessung nach Eurocode 2

Band 1: Hochbau

- bewährte Beispielsammlung seit 1972 in zahlreichen Auflagen
- praxisnahe Einarbeitung auch im Studium
- Leitlinien und Prinzipien für die Gestaltung heutiger Brückenbauwerke werden erläutert

Zur Einarbeitung in den Eurocode 2 legt der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein e.V. die bekannte Beispielsammlung mit gängigen Bauteilen im Hochbau in zwölf durchgerechneten Beispielen in 2., aktualisierter Auflage vor. Alle Änderungen sind grau unterlegt hervorgehoben.

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3354



2021 · 350 Seiten ·
357 Abbildungen · 81 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03354-8

€ 59*

ÜBER DAS BUCH

Der Eurocode 2 – DIN EN 1992 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken“ mit seinen vier Teilen und Nationalen Anhängen wird die Tragwerksplanung für Betonbauwerke in Deutschland für die nächsten Jahrzehnte bestimmen und die bisherigen deutschen Regelwerke beginnend im Jahr 2011 ablösen.

Für das Verständnis und die Einarbeitung in den Eurocode 2 legt der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein E. V. eine aktualisierte Beispielsammlung vor. Dieser Band enthält für die typischen Bauteile zwölf vollständig durchgerechnete Beispiele nach Eurocode 2 Teil 1-1 „Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“. Diese Beispiele entsprechen den aus der DBV-Beispielsammlung zu DIN 1045-1 bekannten Beispielen und gestatten somit einen direkten Vergleich der Bemessungsregeln und der Ergebnisse nach beiden Normen. Alle Beispiele sind sehr ausführlich behandelt, um viele Nachweismöglichkeiten vorzuführen. Neu aufgenommen wurden in dieser Beispielsammlung

die brandschutztechnischen Nachweise nach Eurocode 2 Teil 1-2 „Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall“.

Die Sammlung vermittelt Praktikern und Studenten fundierte Kenntnisse der Nachweisführung nach Eurocode 2 und dient als unentbehrliches Hilfsmittel bei der Erstellung prüffähiger statischer Berechnungen im Stahlbeton- und Spannbetonbau.

Die Beispielsammlung berücksichtigt die überarbeitete deutsche Fassung von DIN EN 1992-1-1 DIN und EN 1992-1-2 sowie die endgültigen Fassungen der Nationalen Anhänge.

Für die vorliegende 2., aktualisierte Auflage wurden alle Beispiele überarbeitet und – wo notwendig – korrigiert. Dabei sind die Neufassungen und Änderungen sämtlicher in Bezug genommener Regelwerke eingearbeitet worden. Soweit relevant fanden auch aktuelle DAfStb-Hefte – insbesondere Heft 600, Teil 1 „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“ (Ausgabe 2020) – und neuere DBV-Merkblätter und DBV-Hefte Berücksichtigung.

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03354-8	Beispiele zur Bemessung nach Eurocode 2 [...]	€ 59*

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

108208 Free Shipping

Privat

Geschäftlich

Firma, Abteilung

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Fax

Straße, Nr.

PLZ/Ort/Land

E-Mail

www.ernst-und-sohn.de/3354

Datum/Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

	Seiten
Vorwort.....	VII–IX
Hinweise für die Benutzung.....	X
Beispiele	
Beispiel 1 Vollplatte, einachsig gespannt.....	1-1 bis 1-15
Beispiel 2 Vollplatte, zweiachsig gespannt.....	2-1 bis 2-17
Beispiel 3 Vollplatte mit großer Dicke.....	3-1 bis 3-29
Beispiel 4 Punktförmig gestützte Platte.....	4-1 bis 4-31
Beispiel 5 Einfeldbalken – Fertigteil.....	5-1 bis 5-27
Beispiel 6 Zweifeldriger Durchlaufbalken mit Kragarm.....	6-1 bis 6-35
Beispiel 7 Plattenbalkendecke mit Fertigplatten und statisch mitwirkender Ortbetonschicht.....	7-1 bis 7-36
Beispiel 8 Vorgespannter Dachbinder.....	8-1 bis 8-47
Beispiel 9 Hochbau – Innenstütze.....	9-1 bis 9-16
Beispiel 10 Hochbau – Randstütze.....	10-1 bis 10-28
Beispiel 11 Blockfundament.....	11-1 bis 11-21
Beispiel 12 Köcherfundament.....	12-1 bis 12-19
Anhang	
A1–A2 Stabdurchmessertabellen (Flächen- und Balkenbewehrung).....	A-1
A3 Lieferprogramm für Betonstahl-Lagermatten.....	A-2
Bemessungshilfsmittel	
A4 Bemessungstabelle mit dimensionslosen Beiwerten für den Rechteckquerschnitt.....	A-3
A5 Bemessungstabelle mit dimensionslosen Beiwerten für den Rechteckquerschnitt mit Druckbewehrung	A-4
A6 Interaktionsdiagramm für den symmetrisch bewehrten Rechteckquerschnitt.....	A-5
A7 Interaktionsdiagramm für den Kreisquerschnitt.....	A-6
A8 Allgemeines Bemessungsdiagramm für Rechteckquerschnitte.....	A-7
A9 Geometrische Größen für Rechteck- und Plattenbalkenquerschnitte im Zustand I und II.....	A-8
A10 Erweiterte Grenzdurchmessertabelle ϕ_s^* zur Rissbreitenbegrenzung.....	A-9
A11 Auszug DIN EN 1990/NA: Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte.....	A-10
Schrifttum.....	A-11
Stichwortverzeichnis.....	A-17

Vorwort zur 2. Auflage

Verlag und Herausgeber legen der interessierten Fachöffentlichkeit hiermit die 2. aktualisierte Auflage des Bandes 1: Hochbau der DBV-Beispielsammlung zum Eurocode 2 vor. In dieser wurden alle Beispiele durchgesehen und – wo notwendig – korrigiert und aktualisiert. Dabei sind die Neufassungen und Änderungen der in Bezug genommenen Regelwerke eingearbeitet worden. Soweit relevant fanden auch neuere DAfStb-Hefte – insbesondere Heft 600, Teil 1 „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“ (Ausgabe 2020) sowie die DAfStb-Hefte 630 und 631 – und weitere DBV-Merkblätter und DBV-Hefte Berücksichtigung. Außerdem haben auch die Erfahrungen unserer Leser und die zahlreichen konstruktiven Hinweise aus der Praxis aus der Benutzung der 1. Auflage zur Verbesserung der Beispielsammlung beigetragen.

Die noch aktiven Mitglieder des Arbeitskreises der 1. Auflage haben die überarbeiteten Beispiele durchgesehen. Die Überarbeitung der 2. Auflage durch Herrn Prof. Dr.-Ing. *F. Fingerloos* wurde auch durch neue Arbeitskreismitglieder¹⁾ unterstützt.

Wir gehen davon aus, dass auch die 2. Auflage ein wertvolles Hilfsmittel in der täglichen Tragwerksplanung und im Bauingenieurstudium sein wird und hoffen auf weiterhin freundliche Aufnahme des Werks durch unsere Leser!

Bitte besuchen Sie auch regelmäßig unsere Internetseite: www.betonverein.de.

Berlin, im Februar 2021

Dr.-Ing. Lars Meyer

Prof. Dr.-Ing. Frank Fingerloos

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Geschäftsführung

Vorwort zum Nachdruck der 1. Auflage

Die 1. Auflage der DBV-Beispielsammlung zum Eurocode 2, Band 1, wurde sehr gut in der Praxis angenommen und war nach ungefähr einem Jahr vergriffen. Die Leser nutzten aktiv den Aufruf, uns Meinungen, Kritiken und Hinweise auf Fehler zur Beispielsammlung mitzuteilen. Die Weiterentwicklung dieser Beispielsammlung und somit die Weiterentwicklung der Norm selbst wird so durch die aktive Mitwirkung der Praxis unterstützt.

Die wenigen erforderlichen Berichtigungen zur 1. Auflage und einige redaktionelle Verbesserungen sind in diesem korrigierten Nachdruck enthalten. Um die Aktualität und den Nutzen des Werkes hochzuhalten, stellen wir für alle Auflagen Austauschseiten zur Verfügung, die Normaktualisierungen, Fehlerberichtigungen oder andere wichtige Änderungen enthalten.

Bitte besuchen Sie hierzu regelmäßig unsere Internetseite: www.betonverein.de → **Schriften**.

Berlin, im Mai 2012

Dr.-Ing. Lars Meyer

Dr.-Ing. Frank Fingerloos

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Geschäftsführung

¹⁾ Weitere Arbeitskreismitglieder 2., aktualisierte Auflage Eurocode 2 (2021):

Prof. Dr.-Ing. *Frank Fingerloos* (Gesamtredaktion) Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV);

Dr.-Ing. *Alexander Lindorf* (DBV); Prof. Dr.-Ing. *Walter Pauli*, Hochschule Darmstadt; Ing. *David Krybus* Ph.D., RIB Engineering GmbH

Vorwort zur 1. Auflage

Mit DIN EN 1992 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau und – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall wurde zusammen mit den zugehörigen Nationalen Anhängen im Jahr 2011 eine moderne europäische Bemessungsnorm für den Betonbau vorgelegt, die in allen Mitgliedsländern der Europäischen Normenorganisation CEN (Comité Européen de Normalisation) mit nationalen Anpassungen übernommen wird. Der Eurocode 2 wird in der Bundesrepublik Deutschland ab dem 1. Juli 2012 für die Tragwerksplanung von Neubauten bauaufsichtlich allein verbindlich sein und darf bis dahin alternativ zu der bisherigen nationalen Norm DIN 1045-1 angewendet werden.

Im Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb) wurde für den Eurocode 2 vereinbart, die Erarbeitung des Nationalen Anhangs und die Einführung des Hauptteils EC2-1-1 in Deutschland unter Einbeziehung von in der Praxis tätigen Ingenieuren zu organisieren. Dies sollte ein mögliches Beispiel für professionelle und praxismgerechte Normung werden. Hierfür haben die Verbände Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik e. V. (BVPI), Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V. (DBV) und Verband Beratender Ingenieure (VBI) mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) ein Forschungsvorhaben „EC2-Pilotprojekte“ durchgeführt, in dem während einer Prüfperiode seit 2007 bis zum Jahresende 2009 der EC2-1-1 mit seinem Nationalen Anhang an typischen Hochbauprojekten ausführlich getestet und unter Einbeziehung von Softwareherstellern erprobt wurde.

Ein Ergebnis dieser pränormativen Arbeiten ist, dass die inhaltliche Übereinstimmung zwischen dem neuen Eurocode 2 und DIN 1045-1 sehr weitgehend ist. Größere Abweichungen ergeben sich beim Durchstanzen und mit der Aufnahme von Gründungsbauteilen. Zur einfacheren praktischen Anwendung geben die beteiligten Verbände eine „Kommentierte und konsolidierte Fassung von DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang“ heraus [1], die nur die in Deutschland maßgebenden Regeln in verwobener Form enthält und dem Anwender gestattet, sich in lesbarer Form auf das Wesentliche zu konzentrieren. Die Erläuterungen spiegeln weitgehend die Anwendungserfahrungen in der Erprobungsphase wider.

Ein weiteres Hilfsmittel bei der Einarbeitung in den neuen Eurocode 2 wird wieder die DBV-Beispielsammlung sein. Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein E. V. hatte im Jahre 2001 den ersten Band: „Hochbau“ mit grundlegenden Bauteilen des üblichen Hochbaus und im Jahre 2003 den zweiten Band: „Ingenieurbau“ der Beispielsammlung zur DIN 1045-1 mit Anwendungsbeispielen vorgelegt, um damit deren Einführung in der Praxis zu unterstützen und zu erleichtern. Die bisher veröffentlichten drei Auflagen haben eine außerordentlich positive Resonanz in der Fachöffentlichkeit gefunden.

Der neue Band 1: „Hochbau“ zum Eurocode 2 enthält wieder für typische Bauteile zwölf vollständig durchgerechnete Beispiele nach DIN EN 1992-1-1 „Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“. Diese entsprechen den in der DBV-Beispielsammlung zu DIN 1045-1 behandelten Beispielen und gestatten somit einen direkten Vergleich der bisher geläufigen und der neuen Bemessungsregeln sowie der Ergebnisse nach beiden Normen. Alle Beispiele können auf andere Bemessungs- und Konstruktionsaufgaben übertragen werden; sie sind sehr ausführlich behandelt, um viele Nachweismöglichkeiten vorzuführen.

Neu aufgenommen wurden in dieser Eurocode 2-Beispielsammlung brandschutztechnische Nachweise nach DIN EN 1992-1-2 „Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall“.

Die Bearbeitung der ursprünglichen Beispielsammlung nach DIN 1045-1 erfolgte in einem Arbeitskreis²⁾ unter ehrenamtlicher Mitarbeit vieler Kollegen aus der Praxis.

²⁾ Arbeitskreismitglieder 3. Auflage DIN 1045-1 (2008): Dr.-Ing. *Fingerloos* (Obmann), Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV); Dr.-Ing. *Bachmann*, Ed. Züblin AG; Dr.-Ing. *Bellmann*, SOFiSTiK AG; Dr.-Ing. *Cheng*, mb Software AG; Dr.-Ing. *Fabritius*, ehem. Institut für Stahlbetonbewehrung e. V.; Dr.-Ing. *Findeisen*, Weihermüller, Vogel, Findeisen und Partner; Dr.-Ing. *Fröhling*, Bauamt Hansestadt Rostock; Dr.-Ing. *Hochreither*, Hochreither + Vorndran Ingenieurgesellschaft mbH; Dipl.-Ing. *Keitel*, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG; Dr.-Ing. *Litzner*, DBV; Dr.-Ing. *Meyer*, HOCHTIEF Construction AG; Dr.-Ing. *Morgen*, WTM Engineers GmbH; Dr.-Ing. *Reinhardt*, Billfinger Berger AG; Dr.-Ing. *Rötzer*, Dywidag International GmbH; Dipl.-Ing. *Schadow*, Essen; Dipl.-Ing. *Schwerm*, ehem. Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e. V.; Dipl.-Ing. *Stöber*, abacus computer GmbH

In dieser Tradition wurde auch diese Neuausgabe der Beispielsammlung zum Eurocode 2 von Praktikern und Softwareingenieuren³⁾ begleitet, die sich im Rahmen des DIBt-Forschungsvorhabens „EC2-Pilotprojekte“ intensiv mit der neuen Norm auseinandergesetzt haben.

Die Überarbeitung der Beispiele auf den Eurocode 2 übernahm Herr Dr.-Ing. *F. Fingerloos*.

Unser Dank gilt weiteren Fachleuten aus Hochschulen und Mitgliedsfirmen des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins E. V., die uns in Einzelfragen mit ihrem Rat zur Seite standen.

Die Mitglieder der Arbeitskreise haben entsprechend ihrem Wissen, ihren Kenntnissen und ihren Erfahrungen zu den einzelnen Beispielen beigetragen. Die Anwendung und Auslegung der Norm sollen daher nicht als dogmatisch vertretene Lehrmeinung verstanden werden.

Die Benutzer des Buches sind deshalb wieder ausdrücklich aufgerufen, dem Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E. V. Meinungen, Kritiken und auch Hinweise auf Fehler zur Beispielsammlung mitzuteilen. Die Weiterentwicklung dieser Beispielsammlung und somit die Weiterentwicklung der Norm selbst kann nur durch die aktive Mitwirkung der Praxis gelingen.

Die Beispielsammlung zum Eurocode 2 wird weiterhin ein erwünschtes Hilfsmittel für die Bemessungs- und Konstruktionsaufgaben in der täglichen Praxis des Stahlbeton- und Spannbetonbaus bleiben. Auch den Studierenden des Bauingenieurwesens soll sie Verständnis für den Ablauf der Nachweise und Anregungen für eigene Übungen vermitteln.

Die vorliegende Fassung möge daher eine ebenso freundliche Aufnahme finden, wie dies bei den bisherigen Ausgaben der Beispielsammlungen der Fall war.

Berlin, im Januar 2011

Dr.-Ing. Lars Meyer
Dr.-Ing. Frank Fingerloos

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Geschäftsführung

³⁾ Arbeitskreismitglieder 1. Auflage Eurocode 2 (2010): Dr.-Ing. *Fingerloos* (Obmann), Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV); Dr.-Ing. *Bellmann*, SOFiSTiK AG; Dr.-Ing. *Eisfeld*, Eisfeld Ingenieure AG; Dipl.-Ing. *Katrin Elsner*, Ingenieurgruppe Bauen; Dr.-Ing. *Hauer*, BfB Büro für Baukonstruktionen GmbH; *Gregor Heinrich*, DICAD Systeme GmbH; Dipl.-Ing. *Held*, RIB Engineering GmbH; Dr.-Ing. *Jahnke*, Ingenieurbüro Dr.-Ing. Jahnke; Dr.-Ing. *Kaiser*, Leonhardt, André und Partner GmbH; Dr.-Ing. *Kasic*, Harrer Ingenieure GmbH; Dipl.-Ing. *Sonja Kraiß*, Leonhardt, André und Partner GmbH; Dipl.-Ing. *Leichter*, Ingenieurbüro Dr.-Ing. Jahnke; Dipl.-Ing. *Lerch*, Ingenieurbüro Dr. Lamm; Dipl.-Ing. *Meierhofer*, Ing.-Software Dlubal GmbH; Dr.-Ing. *Ortlepp*, Jäger Ingenieure GmbH; Dr.-Ing. *Richter*, iBMB Braunschweig; Prof. Dr.-Ing. *Schmidt*, Fachhochschule Erfurt (ehem. Krebs und Kiefer); Dr.-Ing. *Schwabach*, DBV; Dr.-Ing. *Staller*, Suess-Staller-Schmitt Ingenieure GmbH; Dr.-Ing. *Steffens*, WTM Engineers GmbH; Dr.-Ing. *Stegner*, Ingenieurgruppe Bauen; Dipl.-Ing. *Stöber*, Dipl.-Ing. *Ria Tautz*, SOFiSTiK AG; Dipl.-Ing. *Vogelsang*, Vogelsang Systemhaus im Bauwesen; Dipl.-Ing. *Ziems*, Friedrich + Lochner GmbH

Beispiel 4: Punktförmig gestützte Platte

Inhalt

	Seite
Aufgabenstellung.....	4-2
1 System, Bauteilmaße, Betondeckung.....	4-2
1.1 System.....	4-2
1.2 Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung.....	4-3
1.3 Bestimmung der Deckendicke aus der Begrenzung der Verformungen.....	4-3
2 Einwirkungen.....	4-5
2.1 Charakteristische Werte.....	4-5
2.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit.....	4-5
2.3 Repräsentative Werte in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.....	4-6
3 Schnittgrößenermittlung.....	4-6
3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	4-6
3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	4-10
4 Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit.....	4-10
4.1 Bemessungswerte der Baustoffe.....	4-10
4.2 Bemessung für Biegung.....	4-11
4.3 Bemessung für Querkraft.....	4-12
4.3.1 Durchstanzen.....	4-12
4.3.1.1 Aufzunehmende Querkräfte.....	4-13
4.3.1.2 Innenstützen.....	4-14
4.3.1.3 Eck- und Randstützen.....	4-17
4.3.1.4 Wandende.....	4-20
4.3.2 Querkraftbemessung außerhalb der Durchstanzbereiche.....	4-22
4.4 Brandschutztechnischer Nachweis.....	4-23
5 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.....	4-24
5.1 Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen.....	4-24
5.2 Grenzzustände der Rissbildung.....	4-24
5.2.1 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.....	4-24
5.2.2 Begrenzung der Rissbreite für die statisch erforderliche Bewehrung.....	4-25
5.3 Begrenzung der Verformungen.....	4-25
6 Bewehrungsführung, bauliche Durchbildung.....	4-26
6.1 Grundwert der Verankerungslänge.....	4-26
6.2 Verankerung an den Rand- und Eckstützen.....	4-26
6.3 Verankerung an den Innenstützen.....	4-28
6.4 Verankerung außerhalb der Auflager.....	4-28
6.5 Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens.....	4-29
7 Darstellung der Bewehrung.....	4-30

Beispiel 4: Punktförmig gestützte Platte

Aufgabenstellung

Zu bemessen ist die Flachdecke eines Geschossbaus.
 Untersucht werden: Innen-, Rand- und Eckfeld.

Die Stützen und die Flachdecke sind monolithisch verbunden.
 Rand- und Eckstützen sind bündig am Deckenrand angeordnet.
 Die Stützenachsen bilden ein quadratisches Raster.

Unverschiebliches System (Gebäude mit Wandscheiben ausgesteift).
 Bürogebäude, 5 Geschosse, Geschosshöhe 3,0 m.
 Umgebungsbedingungen: geschlossene Innenräume.

Vorwiegend ruhende Einwirkungen.

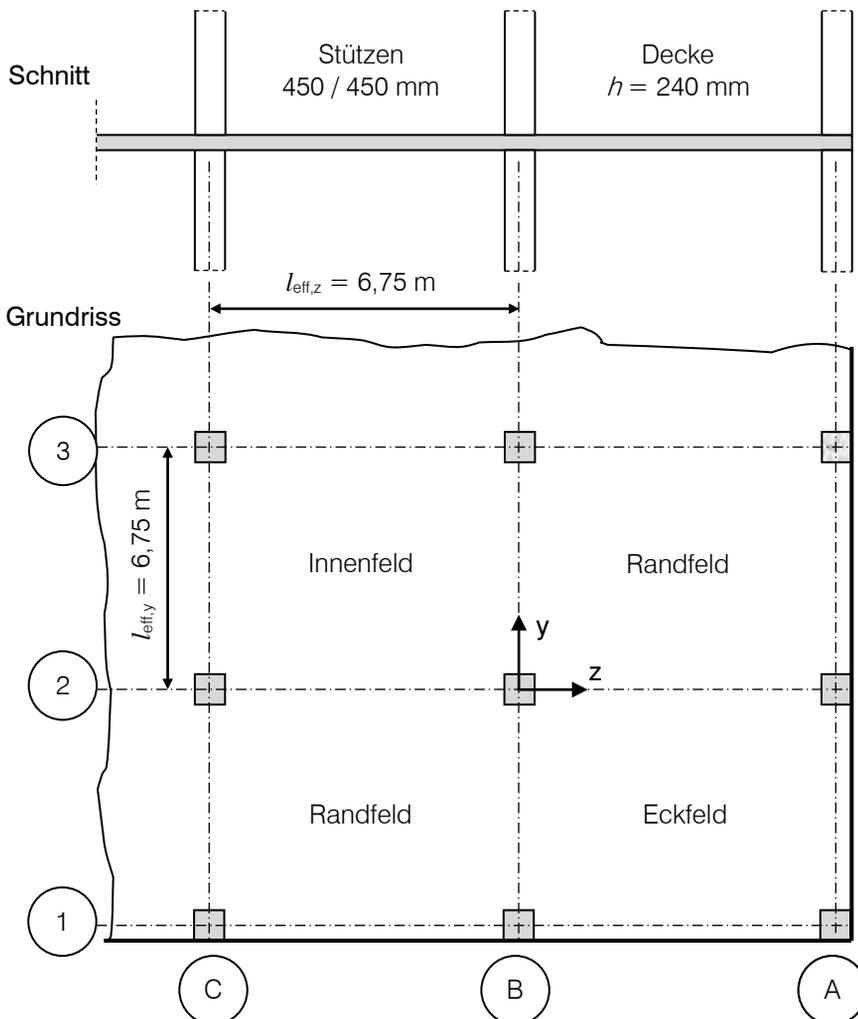
Brandschutztechnische Anforderung: REI 60 (hochfeuerhemmend)

Baustoffe:

- Beton C35/45
- Betonstabstahl B500B (hochduktil)

1 System, Bauteilmaße, Betondeckung

1.1 System



EC2-1-1, NA.1.5.2.5: üblicher Hochbau

EC2-1-1, 5.8.3.3: Kriterien für verschiebliche Systeme

EC2-1-1, NA.1.5.2.6: vorwiegend ruhende Einwirkung

Tragende und raumabschließende Decke in Gebäudeklasse 4 nach MBO [2]

EC2-1-1, 3.1: Beton
 EC2-1-1, 3.2: Betonstahl

Darstellung unmaßstäblich!

EC2-1-1, (NCI) 9.5.1:
 (1) Mindestquerschnitt für Stützen
 200 / 200 mm

Annahme:
 Anzahl der Felder ≥ 4 in beiden Richtungen,
 d. h. die Stütze C/3 ist nur von Innenfeldern
 umgeben.

Darstellung unmaßstäblich

1.2 Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung

Expositionsklasse für Bewehrungskorrosion
 infolge Karbonatisierung: → XC1
 Mindestfestigkeitsklasse Beton → C16/20

Feuchtigkeitsklasse für Betonangriff: → WO

Gewählt: C35/45 XC1, WO

Betondeckung

wegen Expositionsklasse XC1:

→ Mindestbetondeckung $c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$
 + Vorhaltemaß $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$
 → Mindestnenmaß $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Zur Sicherstellung des Verbundes: $c_{min,b} \geq \text{Stabdurchmesser} \geq 10 \text{ mm}$

Bügel $\phi 10$: $c_{min,b} = 10 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ $c_{nom,Bü} = 20 \text{ mm}$

Längsbewehrung $\leq \phi 20$: $c_{min,b} = 20 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ $c_{nom,l} = 30 \text{ mm}$

Daraus ergeben sich als Verlegemaße (Bügel umfassen Längsbewehrung):

Bügel $\phi 10$: $c_{Bü} = c_{v,l} - \phi = 30 - 10 = 20 \text{ mm} \geq c_{nom,Bü}$

Längs $\leq \phi 20$: $c_{v,l} = c_{Bü} + \phi_{Bü} = 20 + 10 = 30 \text{ mm} \geq c_{nom,l}$

Die Längsbewehrung wird mit Abstandhaltern 30 mm unterstützt (auf dem Bewehrungsplan angeben). Die Bügel werden nur im Durchstanzbereich der Platte im Bewehrungskorb integriert (ohne Abstandhalter).

1.3 Bestimmung der Deckendicke aus der Begrenzung der Verformungen

Der Nachweis der Begrenzung der Verformungen nach EC2-1-1 darf vereinfacht durch eine Begrenzung der Biegeschlankheit geführt werden. Über diesen Nachweis lässt sich die erforderliche Mindestdeckendicke abschätzen.

Im Folgenden werden **zwei Varianten** untersucht:

- EC2-1-1, 7.4.1 (5): Verformungsbegrenzung zur Vermeidung von Schäden an angrenzenden Bauteilen (Durchbiegung unter quasi-ständiger Einwirkungskombination nach Einbau dieser Bauteile $\leq l / 500$)
- EC2-1-1, 7.4.1 (4): Verformungsbegrenzung für Erscheinungsbild und Gebrauchstauglichkeit (Durchhang unter quasi-ständiger Einwirkungskombination $\leq l / 250$)

Variante a): Durchbiegung $\leq l / 500$

Oberer Grenzwert der Biegeschlankheit für Deckenplatte mit höheren Anforderungen:

$$l / d \leq K^2 \cdot 150 / l = 1,2^2 \cdot 150 / 6,75 = 32$$

Zu diesem Wert gehört ein Grenzbewehrungsgrad, bei dessen Überschreitung geringere Biegeschlankheiten erforderlich werden. Es wird zunächst angenommen, dass der später erforderliche Bewehrungsgrad im GZT geringer sein wird.

EC2-1-1, 4: Dauerhaftigkeit und Betondeckung

EC2-1-1, Tab. 4.1: Expositionsklassen XC1 trocken (Bauteile in Innenräumen)
 Annahme: Plattenrand im Innenbereich
 EC2-1-1, Anhang E, Tab. E.1.DE: Mindestdruckfestigkeitsklasse WO – ohne Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion (Innenbauteile des üblichen Hochbaus)

Die höhere Betonfestigkeitsklasse wird im Hinblick auf die Bemessung gewählt.

EC2-1-1, (NDP) Tab. 4.4DE: Mindestbetondeckung $c_{min,dur}$
 EC2-1-1, (NDP) 4.4.1.3: (1) Vorhaltemaß Δc_{dev}
 EC2-1-1, 4.4.1.1: (2), Gl. (4.1) Nennmaß c_{nom}
 Keine Abminderung von $c_{min,dur}$ um 5 mm gemäß Tab. 4.3DE zulässig, da Expositionsklasse XC1.

EC2-1-1, 4.4.1.2: (3)

EC2-1-1, (NCI) 4.4.1.1: (2)P
 Das Verlegemaß c_v ergibt sich aus der Bewehrungskonstruktion unter Beachtung der nur in 5 mm-Stufen lieferbaren Abstandhalter.

EC2-1-1, (NCI) 9.4.3: (1) max $\phi_{Bü}$ der Durchstanzbewehrung
 Die Annahme, dass die Bügel der Querkraftbewehrung die äußere Längsbewehrungslage umschließen, liegt für die Ermittlung der Nutzhöhe immer auf der sicheren Seite.
 Hinweise zum Brandschutz siehe 4.4

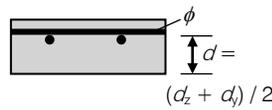
Der vereinfachte Durchbiegungsnachweis über Biegeschlankheiten ist nur eine Näherung. Bei durchbiegungsempfindlichen Bauteilen wie dünnen Flachdecken sollte eine realistischere Durchbiegungsberechnung unter Berücksichtigung der Lasten, der Lagerungsbedingungen und der Bewehrung durchgeführt werden.
 Hinweis: Der zu erwartende Durchhang darf auch durch Schalungsüberhöhungen teilweise oder ganz ausgeglichen werden, siehe EC2-1-1, 7.4.1: (4)

EC2-1-1, (NCI) Zu 7.4.2: (2)
 Die Biegeschlankheiten sollten jedoch bei Bauteilen, die verformungsempfindliche Ausbauelemente beeinträchtigen können, auf $l / d \leq K^2 \cdot 150 / l$ begrenzt werden.

EC2-1-1, 7.4.2: (2), Tab. 7.4N: $K = 1,2$
 Flachdecke, die ohne Unterzüge auf Stützen gelagert ist (mit der größeren Spannweite)

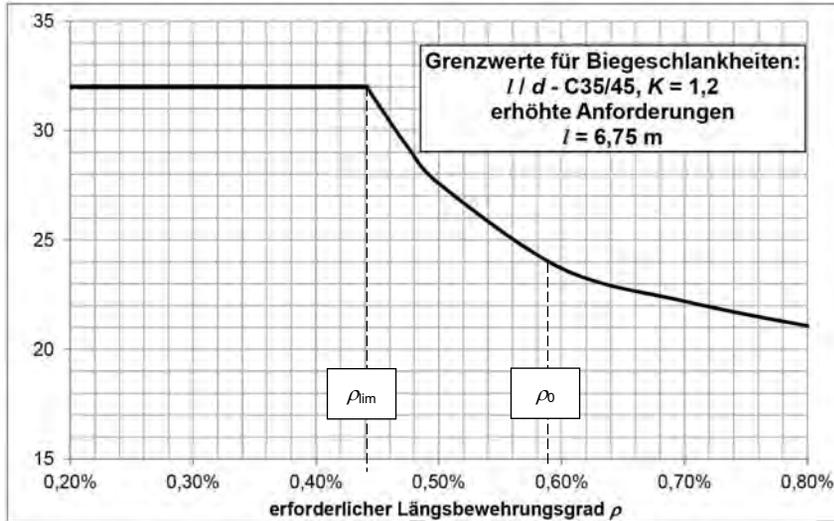
→ $\rho \leq \rho_{lim} = 0,442\%$ (siehe Grafik)

→ erf $d \geq l / 32 \geq 6750 / 32 = 211\text{ mm}$



im Feld: $h \geq \text{erf } d + \phi + c_v \rightarrow$ beide Bewehrungslagen
 $= 211 + 20 + 30 = 261\text{ mm}$

gewählt $h = 260\text{ mm} \approx \text{erf } h = 261\text{ mm} > \text{min } h = 200\text{ mm}$



Die Unterschreitung des angenommenen Grenzbewehrungsgrades wäre in der Bemessung auf Biegung im GZT zu überprüfen.

Variante b): Durchhang $\leq l / 250$

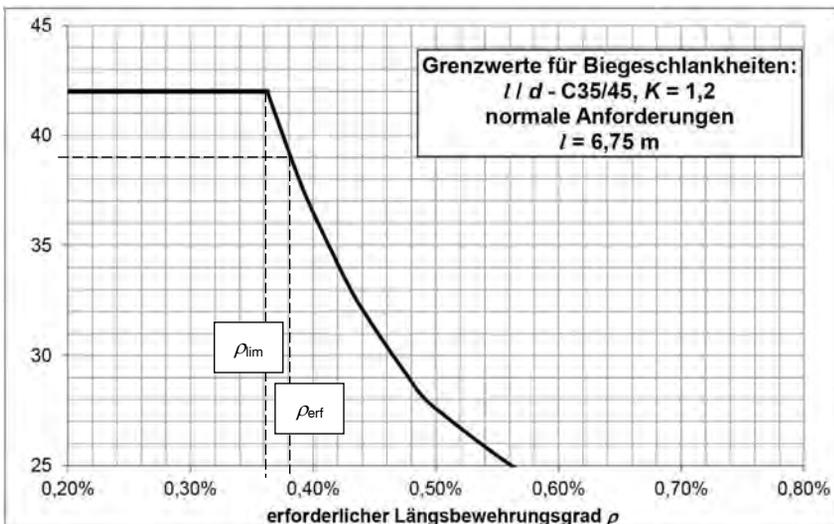
Oberer Grenzwert der Biegeschlankheit für Deckenplatte mit normalen Anforderungen:

$$l / d \leq K \cdot 35 = 1,2 \cdot 35 = 42$$

→ erf $d \geq l / 42 \geq 6750 / 42 = 160\text{ mm}$

Zu diesem Wert gehört ein Grenzbewehrungsgrad, bei dessen Überschreitung geringere Biegeschlankheiten erforderlich werden. Es wird zunächst angenommen, dass der später erforderliche Bewehrungsgrad im GZT geringer sein wird.

→ $\rho \leq \rho_{lim} = 0,363\%$ (siehe Grafik)



Bei Flachdecken mit Stützweiten über 8,5 m, die leichte Trennwände tragen, die durch übermäßige Durchbiegung beschädigt werden könnten, sind in der Regel die Werte l / d nach Gleichung (7.16) mit dem Faktor $8,5 / l_{eff}$ [m] zu multiplizieren → hier wegen 6,75 m nicht erforderlich.

Annahme: $\phi \leq 20\text{ mm}$

EC2-1-1, (NCI) 9.3.2: (1) Mindestdicke für Platten mit Durchstanzbewehrung
 min $h = 200\text{ mm}$

EC2-1-1, 7.4.2: (2)

Referenzbewehrungsgrad für C35/45

$$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{35} = 0,0059 = 0,59\%$$

→ grafische Auswertung der Gleichung (7.16a)

für $\rho \leq \rho_0$

$$\frac{l}{d} = K \cdot \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Verformungsgrenzwerte EC2-1-1, 7.4.1:

(5) Verformungen, die angrenzende Bauteile des Tragwerks beschädigen könnten, sind in der Regel zu begrenzen. Für die Durchbiegung unter quasi-ständiger Einwirkungskombination nach Einbau dieser Bauteile darf als Richtwert für die Begrenzung $1/500$ der Stützweite angenommen werden....

EC2-1-1, (NCI) Zu 7.4.2: (2)

Die Biegeschlankheiten sollten jedoch allgemein auf die Maximalwerte $l / d \leq K \cdot 35$ begrenzt werden.

durch Einsetzen in EC2-1-1, Gleichung (7.16a)
 → vgl. auch [1], Kommentarteil zu 7.4

im Feld: $h \geq \text{erf } d + \phi + c_v \rightarrow \text{beide Bewehrungslagen}$
 $= 160 + 20 + 30 = 210 \text{ mm}$

gewählt $h = 240 \text{ mm} > \text{erf } h = 210 \text{ mm} > \text{min } h = 200 \text{ mm}$

Aus der Biegebemessung nach 4.2 ergibt sich mit dieser Deckendicke ein erforderlicher Bewehrungsgrad im Feldbereich:

$$a_{s,m,F} = (0,6 \cdot 6,72 + 0,4 \cdot 7,85) = 7,17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho = 7,17 \text{ cm}^2 / 19 = 0,38 \% > \rho_{\text{lim}} = 0,363 \% (= \text{angenommen})$$

\rightarrow Nachweis **nicht** erfüllt!

Die Biegeschlankheit muss daher reduziert werden. Für $\rho_{\text{erf}} = 0,38 \%$ ergibt sich eine zulässige Biegeschlankheit von $l/d \leq 39$ (siehe auch Grafik).

$\rightarrow \text{erf } d \geq l / 42 \geq 6750 / 39 = 173 \text{ mm}$

im Feld: $h \geq \text{erf } d + \phi + c_v \rightarrow \text{beide Bewehrungslagen}$
 $= 173 + 20 + 30 = 223 \text{ mm}$

gewählt $h = 240 \text{ mm} > \text{erf } h = 223 \text{ mm} > \text{min } h = 200 \text{ mm}$

Der vereinfachte Nachweis der Begrenzung der Durchbiegung nach EC2-1-1 für die Deckenplatte des üblichen Hochbaues gilt damit als erbracht.

Um den direkten Vergleich mit dem Beispiel 4 aus der DBV-Beispielsammlung [10] nach DIN 1045-1 zu erleichtern, wird im Folgenden mit Variante b): normale Anforderungen an die Durchhangbegrenzung mit einer Deckendicke von **240 mm** weitergerechnet.

2 Einwirkungen

2.1 Charakteristische Werte

Bezeichnung der Einwirkungen	Charakteristischer Wert (kN/m ²)
Ständig (Eigenlasten):	
- 240 mm Stahlbetonvollplatte: $0,24 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3$	6,00
- Belag und abgehängte Decke	1,25
Summe:	$g_k = 7,25$
Veränderlich:	
- Nutzlast	2,00
- Trennwandzuschlag	1,25
Summe:	$q_{k,1} = 3,25$

2.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Teilsicherheitsbeiwerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit:

Einwirkungen:	günstig	ungünstig
• ständige	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$
• veränderliche	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 7,25 = 9,79 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d,1} = \gamma_Q \cdot q_{k,1} = 1,50 \cdot 3,25 = 4,88 \text{ kN/m}^2$$

$$e_d = 14,67 \text{ kN/m}^2$$

EC2-1-1, (NCI) 9.3.2: (1) Mindestdicke für Platten mit Durchstanzbewehrung: $\text{min } h = 200 \text{ mm}$

siehe auch 3.1: aus den Gurt- und Feldstreifen gewichtet
 $(d_z + d_f) / 2 = 0,19 \text{ m}$

EC2-1-1, Gleichung (7.16a) für $\rho \leq \rho_0$

$$\frac{l}{d} = 1,2 \cdot \left[11 + 1,5 \sqrt{35} \frac{0,59}{0,38} + 3,2 \sqrt{35} \left(\frac{0,59}{0,38} - 1 \right)^{3/2} \right] = 39$$

Wird bei der Bemessung im GZT der Schätzwert ρ unterschritten, ist der Verformungsnachweis mit dem oberen Grenzwert der Biegeschlankheit l/d erbracht. Anderenfalls sind die Deckendicke zu vergrößern bzw. der Nachweis genauer zu führen \rightarrow hier nicht erforderlich.

Zur Erfüllung der erhöhten Anforderungen an die Durchbiegungsbegrenzung nach EC2-1-1, 7.4.1 (5) wäre eine Vergrößerung der Deckendicke auf 260 mm erforderlich (siehe Variante a).

Hinweis: Mindestbauteildicke für Feuerwiderstand gemäß EC2-1-2 zusätzlich beachten (siehe 4.4)

Index k = charakteristisch
 Fassadenlasten (horizontal und vertikal) werden in diesem Beispiel nicht behandelt.

EC1-1-1, Tab. A.1: Stahlbeton

Annahme

EC1-1-1, (NDP) Tab. 6.1DE, Kategorie B1
 Büroflächen ohne besondere Anforderungen einschließlich der Flure mit $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ und Trennwandzuschlag $\Delta q_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$
 EC1-1-1, (NCI) 6.3.1.2: (8)
 für Trennwände mit Eigenlasten (inkl. Putz) von $3 \text{ kN/m} < q_k \leq 5 \text{ kN/m}$
 \rightarrow Zuschlag $\Delta q_k \geq 1,2 \text{ kN/m}^2$

EC0, (NDP) A.1.3.1 (4), Tab. NA.1.2 (B):

Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen ungünstig bzw. günstig
 Die günstige Auswirkung der veränderlichen Einwirkung ist durch feldweise Lastanordnung zu berücksichtigen (entspricht $\gamma_Q = 0$).

EC2-1-1, 2.4.3: (2) Für die Eigenlast darf durchgängig entweder der untere oder der obere Bemessungswert innerhalb eines Tragwerks verwendet werden, je nachdem, welcher Wert ungünstiger wirkt.

2.3 Repräsentative Werte in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Kombinationsbeiwert für veränderliche Einwirkungen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit:

- quasi ständige Einwirkungskombination: $\psi_{2,1} = 0,30$

Der Trennwandzuschlag zur Nutzlast $\Delta q_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$ sollte in Bezug auf seinen Dauerlastanteil nicht mit ψ_2 abgemindert werden.

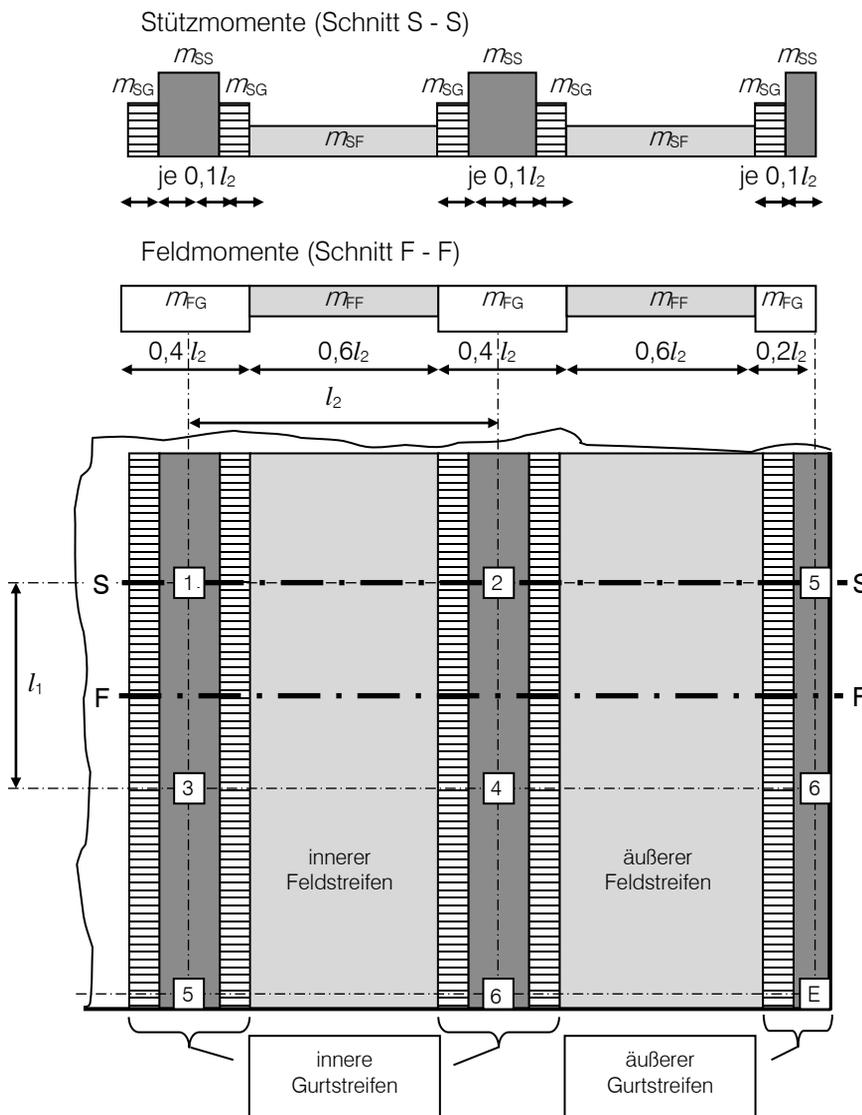
$$\begin{aligned} g_k &= 7,25 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta q_k &= 1,25 \text{ kN/m}^2 \\ \psi_{2,1} \cdot q_k &= 0,3 \cdot 2,00 = 0,60 \text{ kN/m}^2 \\ e_{\text{perm}} &= 9,10 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3 Schnittgrößenermittlung

3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit

Näherungsverfahren zur Ermittlung der Momente in Flachdecken nach der Plattentheorie:

Verteilung der Momente **rechtwinklig** zur betrachteten Tragrichtung **1**:



EC0, 3.4: Kombinationsregeln für Einwirkungen

EC0, (NDP) A.1.2.2, Tab. NA.1.1:
Nutzlasten Kategorie B: Büros
→ siehe auch Anlage A11

Empfehlung

Für den Nachweis der Begrenzung der Rissbreiten nach EC2-1-1, 7.3 (siehe 5.2.2).

DAfStb-Heft [631]: Hilfsmittel zur Schnittgrößenermittlung und zu besonderen Detailnachweisen bei Stahlbetontragwerken Abschnitt 3.1.2.2: Näherungsverfahren zur Ermittlung der Momente nach der Plattentheorie

Das Näherungsverfahren ist zulässig, da $\varepsilon = l_1 / l_2 = 1,0$ in den Einzelfeldern und im Verhältnis der Nachbarfelder stets $0,67 \leq l_1 / l_2 \leq 1,50$ ist.

Auf eine mögliche Umlagerung der Stützmomente nach EC2-1-1, 5.5 aus der linear-elastischen Näherungsberechnung wird im Rahmen dieses Beispiels aus Vereinfachungsgründen verzichtet. Eine größere Menge der Längsbewehrung über den Stützen erhöht maßgeblich die Querkrafttragfähigkeit der Flachdecken gegenüber Durchstanzen.

- 1 – Innenstütze
- 2 + 3 – erste Innenstütze
- 4 – innere Eckstütze
- 5 – Randstütze
- 6 – erste Randstütze
- E – Eckstütze

Gleichungen:

Stützmomente:

(3.1) $m_{SS} = (k_{SS}^g \cdot g + k_{SS}^q \cdot q) \cdot c \cdot l_{m1}^2$
 (3.2) $m_{SS} = (M_{Su} - M_{So}) / [d_s \cdot (2,2 + 8d_s / l)]$
 (3.3) $m_{SS} = (M_{Su} - M_{So}) / 1,5d_s$
 (3.4) $m_{SG} = 0,7 \cdot m_{SS}$
 (3.5) $m_{SF} = (k_{SF}^g \cdot g + k_{SF}^q \cdot q) \cdot l_{m1}^2$

Feldmomente:

(3.6) $m_{FG} = (k_{FG}^g \cdot g + k_{FG}^q \cdot q) \cdot l_1^2$
 (3.7) $m_{FF} = (k_{FF}^g \cdot g + k_{FF}^q \cdot q) \cdot l_1^2$

Kopf- und Fußmomente:

(3.9) $M_{So} = M_R^{(0)} \cdot c_o / (1 + c_o + c_u)$
 (3.10) $M_{Su} = M_R^{(0)} \cdot c_u / (1 + c_o + c_u)$
 (3.13) $M_R^{(0)} = -\psi \cdot (g + q) \cdot b_L \cdot l_1^2 / 12$

DAfStb-Heft [631]: Abschnitt 3.1.2.2

- 3.1 Gurtstreifen über der Stütze
- 3.2 Randstützenanschnitt rechth. zum Rand
- 3.3 Eckstützenanschnitt rechtwinklig zum Rand
- 3.4 im restlichen Gurtstreifen
- 3.5 im Feldstreifen
- 3.6 im Gurtstreifen
- 3.7 im Feldstreifen

l_{m1} mittlere Stützweite benachbarter Felder der betrachteten Richtung

l_{m2} mittlere Stützweite benachbarter Felder rechtwinklig zur betrachteten Richtung

l_1 Stützweite der betrachteten Richtung

l_2 Stützweite rechtwinklig zur betrachteten Richtung

$\min l_1$ kleinere Stützweite der betrachteten Richtung

d_s Kantenlänge Quadratstütze = 0,45 m

c Korrekturfaktor abhängig von d_s und ε

DAfStb-Heft [631]: Abschnitt 3.1.2.3

ψ Korrekturbeiwert nach Bild 3.3

b_L Lasteinzugsbreite rechtwinklig zur betrachteten Richtung

Innenfeld in z- und y-Richtung									
		l_1 (m) = 6,75 m		l_2 (m) = 6,75					
		$\varepsilon = 1,0$		$d_s / \min l_1 = 0,067$		Tab. 3.4:		$c = 1,00$	
		g [kN/m ²] = 9,79		q [kN/m ²] = 4,88					
Tab.: Streifen:	Feldmomente		Stützmomente						
	3.1 Feld	3.1 Gurt	3.1 Feld	(1) Innenstütze		(2) 1. Innenstütze		(4) Innere Eckstütze	
	k_{FF}	k_{FG}	k_{SF}	k_{SS}		k_{SS}		k_{SS}	
Lastfall	0,041	0,052	-0,030	-0,203		-0,247		-0,273	
g	0,083	0,089							
max q									
min q									
Gl.:	3.7	3.6	3.5	3.4	3.1	3.4	3.1	3.4	3.1
Lastfall	m_{FF}	m_{FG}	m_{SF}	m_{SG}	m_{SS}	m_{SG}	m_{SS}	m_{SG}	m_{SS}
g	18,29	23,19	-13,38	-63,38	-90,55	-77,1	-110,18	-85,24	-121,77
max q	18,45	19,79							
min q			-11,12	-43,11	-61,59	-46,1	-65,81	-47,16	-67,37
Summe m:	36,74	42,98	-24,50	-106,50	-152,14	-123,2	-175,99	-132,40	-189,14

DAfStb-Heft [631]:
Abschnitt 3.1.2.2

ε = Stützweitenverhältnis = 1

siehe 2.2: $g + \bar{q} = e_d$

Randfeld in Richtung des freien Randes									
		l_1 (m) = 6,75		l_2 (m) = 6,75					
		$\varepsilon = 1,0$		$d_s / \min l_1 = 0,067$		Tab. 3.4:		$c = 1,00$	
		g (kN/m ²) = 9,79		q (kN/m ²) = 4,88					
Tab.: Streifen:	Feldmomente			Stützmomente					
	3.2 äußerer Gurt	3.2 Feld	3.2 innerer Gurt	3.2 Feld	(5) Randstütze		(6) 1. Randstütze		
	k_{FG}	k_{FF}	k_{FG}	k_{SF}	k_{SS}		k_{SS}		k_{SS}
Lastfall	0,063	0,045	0,055	-0,033	-0,165		-0,198		
g	0,097	0,086	0,090						
max q									
min q				-0,045	-0,211		-0,225		
Formel:	3.6	3.7	3.6	3.5	3.4	3.1	3.4	3.1	
Lastfall	m_{FG}	m_{FF}	m_{FG}	m_{SF}	m_{SG}	m_{SS}	m_{SG}	m_{SS}	
g	28,10	20,07	24,53	-14,72	-51,52	-73,60	-61,82	-88,32	
max q	21,57	19,12	20,01						
min q				-10,01	-32,84	-46,91	-35,02	-50,03	
Summe m:	49,67	39,19	44,54	-24,73	-84,36	-120,51	-96,84	-138,35	

DAfStb-Heft [631]:
Abschnitt 3.1.2.2

ε = Stützweitenverhältnis = 1

parallel zum freien Rand!

siehe 2.2: $g + \bar{q} = e_d$

Randfeld rechteckig zum freien Rand						Für Randstützen		
$l_1 (m) = 6,75$ $l_2 (m) = 6,75$ $\varepsilon = 1,0$ $d_s / \min l_i = 0,067$ Tab. 3.4: $c = 1,00$ $g (kN/m^2) = 9,79$ $q (kN/m^2) = 4,88$						Ersatzrahmen Abschnitt 3.1.2.2:		
						Bild 3.3: $\psi = 0,701$ $\lambda = 0,468$		
						Gl. 3.8: $b_m(m) = 3,16$		
						$I_{So}(m^4) = 0,00342$ $I_{Su}(m^4) = 0,00342$ $I_R(m^4) = 0,00363$		
						$h_o = 3 m$ $c_o = 2,12$ $h_u = 3 m$ $c_u = 2,12$		
		Feldmomente		Stützmomente				
Tab.:	3.2	3.2	3.2	(5) + (6)				
Streifen:	Feld	Gurt	Feld	Randstützen				
				3.5				
				Gurt	Gurt			
Lastfall	k_{FF}	k_{FG}	k_{SF}					
g	0,069	0,080	-0,047					
max q	0,095	0,104						
min q			-0,058					
Gl.:	3.7	3.6	3.5	3.4	3.2	3.13	3.9	3.10
Lastfall	m_{FF}	m_{FG}	m_{SF}	m_{SG}	m_{SS}	$M_R^{(0)}$	M_{So}	M_{Su}
g	30,78	35,68	-20,96					
max q	21,12	23,12	0,00					
min q	0,00	0,00	-12,90					
Summe m:	51,90	58,81	-33,86	-121,35	-173,35	-263,56	106,61	-106,61

DAfStb-Heft [631]:
 Abschnitt 3.1.2.2
 Momente in den Rand- und Eckstützen von Flachdecken
 $\varepsilon =$ Stützweitenverhältnis = 1
 $\psi = 0,5 + 3 \cdot (d_s / \min l_2)$
 $\lambda = 0,2 + 4 \cdot (d_s / \min l_2)$
 für $0,4 \leq \lambda \leq 1,0$
 $b_m = \lambda \cdot \min l_2$
 siehe 2.2: $g + q = e_d$

Trägheitsmomente
 Ersatzrahmen:
 $I_{So} = I_{Su} = 0,45^4 / 12$
 $I_R = b_m \cdot 0,24^3 / 12$
 $c_o = l_1 \cdot I_{So} / (h_o \cdot I_R)$ Gl. (3.11)
 $c_u = l_1 \cdot I_{Su} / (h_u \cdot I_R)$ Gl. (3.12)

Lasteinzugsbreite:
 $b_L = 6,75 m$

Eckfeld in z- und y-Richtung							Für Eckstützen		
$l_1 (m) = 6,75$ $l_2 (m) = 6,75$ $\varepsilon = 1,0$ $d_s / \min l_i = 0,067$ Taf. 3.4: $c = 1,00$ $g (kN/m^2) = 9,79$ $q (kN/m^2) = 4,88$							Ersatzrahmen Abschnitt 3.1.2.2:		
							Bild 3.3: $\psi = 0,900$ $\lambda = 0,733$		
							$\min l_2(m) = 3,375$ $d_s / \min l_2 = 0,133$ Gl. 3.8: $b_m(m) = 2,48$		
							$I_{So}(m^4) = 0,00342$ $I_{Su}(m^4) = 0,00342$ $I_R(m^4) = 0,00284$		
							$h_o = 3 m$ $c_o = 2,70$ $h_u = 3 m$ $c_u = 2,70$		
		Feldmomente			Stützmomente				
Tab.:	3.3	3.3	3.3	3.2	(E) Eckstütze				
Streifen:	äußerer	Feld	innerer	Feld	Gurt	Gurt			
Lastfall	k_{FG}	k_{FF}	k_{FG}	k_{SF}					
g	0,085	0,070	0,082	-0,042					
max q	0,105	0,094	0,102						
min q				-0,049					
Gl.:	3.6	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.13	3.9	3.10
Lastfall	m_{FG}	m_{FF}	m_{FG}	m_{SF}	m_{SG}	m_{SS}	$M_R^{(0)}$	M_{So}	M_{Su}
g	37,91	31,22	36,58	-18,73					
max q	23,35	20,90	22,68	0,00					
min q	0,00	0,00	0,00	-10,89					
Summe m:	61,26	52,12	59,26	-29,63	-148,07	-211,53	-169,19	71,39	-71,39

DAfStb-Heft [631]:
 Abschnitt 3.1.2.2
 Momente in den Rand- und Eckstützen von Flachdecken
 $\varepsilon =$ Stützweitenverhältnis = 1
 $\psi = 0,5 + 3 \cdot (d_s / \min l_2)$
 $\lambda = 0,2 + 4 \cdot (d_s / \min l_2)$
 für $0,4 \leq \lambda \leq 1,0$
 $b_m = \lambda \cdot \min l_2$
 siehe 2.2: $g + q = e_d$

Trägheitsmomente
 Ersatzrahmen:
 $I_S = 0,45^4 / 12$
 $I_R = b_m \cdot 0,24^3 / 12$
 Lasteinzugsbreite:
 $b_L = 6,75 / 2 m$

Die Erfahrungen mit dem hier angewandten Näherungsverfahren nach DAfStb-Heft [631] zeigen, dass die an einem Ersatzrahmen ermittelten Einspannmomente der Rand- und Eckstützen rechteckig zum Plattenrand oft sehr weit auf der sicheren Seite liegen. Wesentliche Ursache hierfür ist die zu hoch angesetzte mitwirkende Plattenbreite für den Riegel des Ersatzrahmens. Weiterhin werden diese zu hohen Momente aus den Stützen bei der Bemessung der angrenzenden Plattenbereiche noch einmal mit einem Erhöhungsfaktor belegt. Es ergibt sich eine unwirtschaftliche Lösung für die Rand- und Eckstützen sowie für die angrenzenden Plattenbereiche.

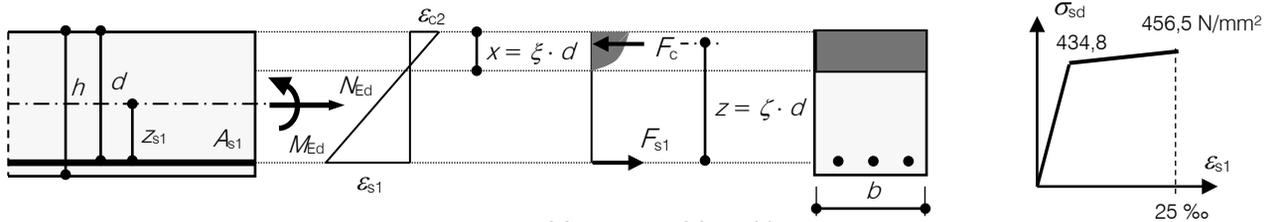
Diskretisierungsverfahren (z. B. die FEM) für die Schnittgrößenermittlung erfassen die Steifigkeitsverhältnisse insgesamt besser und können realistischere Bemessungsergebnisse liefern.

Auf eine im Allgemeinen zu empfehlendere detailliertere Untersuchung der Einspannmomente an den Rand- und Eckstützen wird im Rahmen dieses Beispiels verzichtet, da die prinzipiellen Nachweisabläufe des EC2-1-1 im Vordergrund stehen sollen.

Zweckmäßigerweise können die effektiven Biegesteifigkeiten der Stützen auch mit gegenüber Zustand I reduzierten Werten angesetzt werden. Dann werden geringere Endmomente an den Rand- und Eckstützen angezogen, die realistischer sind.

Anhang Bemessungstabeln Biegung mit Längskraft

A4 ω -Tafel, ohne Druckbewehrung, für Beton bis C50/60, B500, σ_{sd} ansteigend bis $f_{td,cal}$



bezogenes Moment:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c} \quad (\text{Druckkraft negativ})$$

erforderliche Biegezugbewehrung:

$$A_{s1} = \frac{\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_{Ed}}{\sigma_{sd}}$$

μ_{Eds}	ω_1	$\xi = x/d$	$\zeta = z/d$	ϵ_{c2} ‰	ϵ_{s1} ‰	σ_{sd} N/mm ²
0,01	0,0101	0,030	0,990	-0,77	25,00	456,5
0,02	0,0203	0,044	0,985	-1,15	25,00	456,5
0,03	0,0306	0,055	0,980	-1,46	25,00	456,5
0,04	0,0410	0,066	0,976	-1,76	25,00	456,5
0,05	0,0515	0,076	0,971	-2,06	25,00	456,5
0,06	0,0621	0,086	0,967	-2,37	25,00	456,5
0,07	0,0728	0,097	0,962	-2,68	25,00	456,5
0,08	0,0836	0,107	0,956	-3,01	25,00	456,5
0,09	0,0946	0,118	0,951	-3,35	25,00	456,5
0,10	0,1058	0,131	0,946	-3,50	23,29	454,9
0,11	0,1170	0,145	0,940	-3,50	20,71	452,4
0,12	0,1285	0,159	0,934	-3,50	18,55	450,4
0,13	0,1401	0,173	0,928	-3,50	16,73	448,6
0,14	0,1519	0,188	0,922	-3,50	15,16	447,1
0,15	0,1638	0,202	0,916	-3,50	13,80	445,9
0,16	0,1759	0,217	0,910	-3,50	12,61	444,7
0,17	0,1882	0,232	0,903	-3,50	11,55	443,7
0,18	0,2007	0,248	0,897	-3,50	10,62	442,8
0,19	0,2134	0,264	0,890	-3,50	9,78	442,0
0,20	0,2263	0,280	0,884	-3,50	9,02	441,3
0,21	0,2395	0,296	0,877	-3,50	8,33	440,6
0,22	0,2529	0,312	0,870	-3,50	7,71	440,1
0,23	0,2665	0,329	0,863	-3,50	7,13	439,5
0,24	0,2804	0,346	0,856	-3,50	6,60	439,0
0,25	0,2946	0,364	0,849	-3,50	6,12	438,5
0,26	0,3091	0,382	0,841	-3,50	5,67	438,1
0,27	0,3239	0,400	0,834	-3,50	5,25	437,7
0,28	0,3391	0,419	0,826	-3,50	4,86	437,3
0,29	0,3546	0,438	0,818	-3,50	4,49	437,0

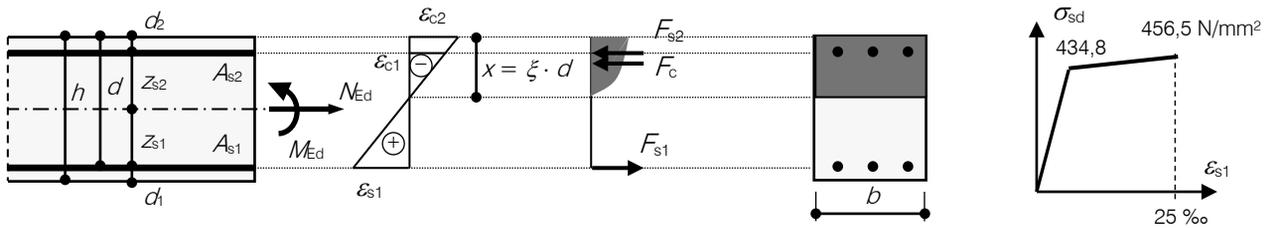
5.4 (NA.5): Linear-elastische Berechnung Biegebauteile $\xi > 0,45 \rightarrow$ Druckbewehrung empfehlenswert \rightarrow A5

0,30	0,3706	0,458	0,810	-3,50	4,15	436,7
0,31	0,3869	0,478	0,801	-3,50	3,82	436,4
0,32	0,4038	0,499	0,793	-3,50	3,52	436,1
0,33	0,4211	0,520	0,784	-3,50	3,23	435,8
0,34	0,4391	0,542	0,774	-3,50	2,95	435,5
0,35	0,4576	0,565	0,765	-3,50	2,69	435,3
0,36	0,4768	0,589	0,755	-3,50	2,44	435,0
0,37	0,4968	0,614	0,745	-3,50	2,20	434,8

Bemessungswert der Fließgrenze des Betonstahls wird unterschritten \rightarrow Druckbewehrung empfehlenswert \rightarrow A5

Anhang Bemessungstabeln Biegung mit Längskraft

A5 ω -Tafel, mit Druckbewehrung, für $\xi_{lim} = 0,45$, für Beton bis C50/60, B500, σ_{sd} ansteigend bis $f_{td,cal}$



bezogenes Moment:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c} \quad (\text{Druckkraft negativ})$$

erforderliche Biegezugbewehrung:

$$A_{s1} = \frac{\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_{Ed}}{\sigma_{s1d}}$$

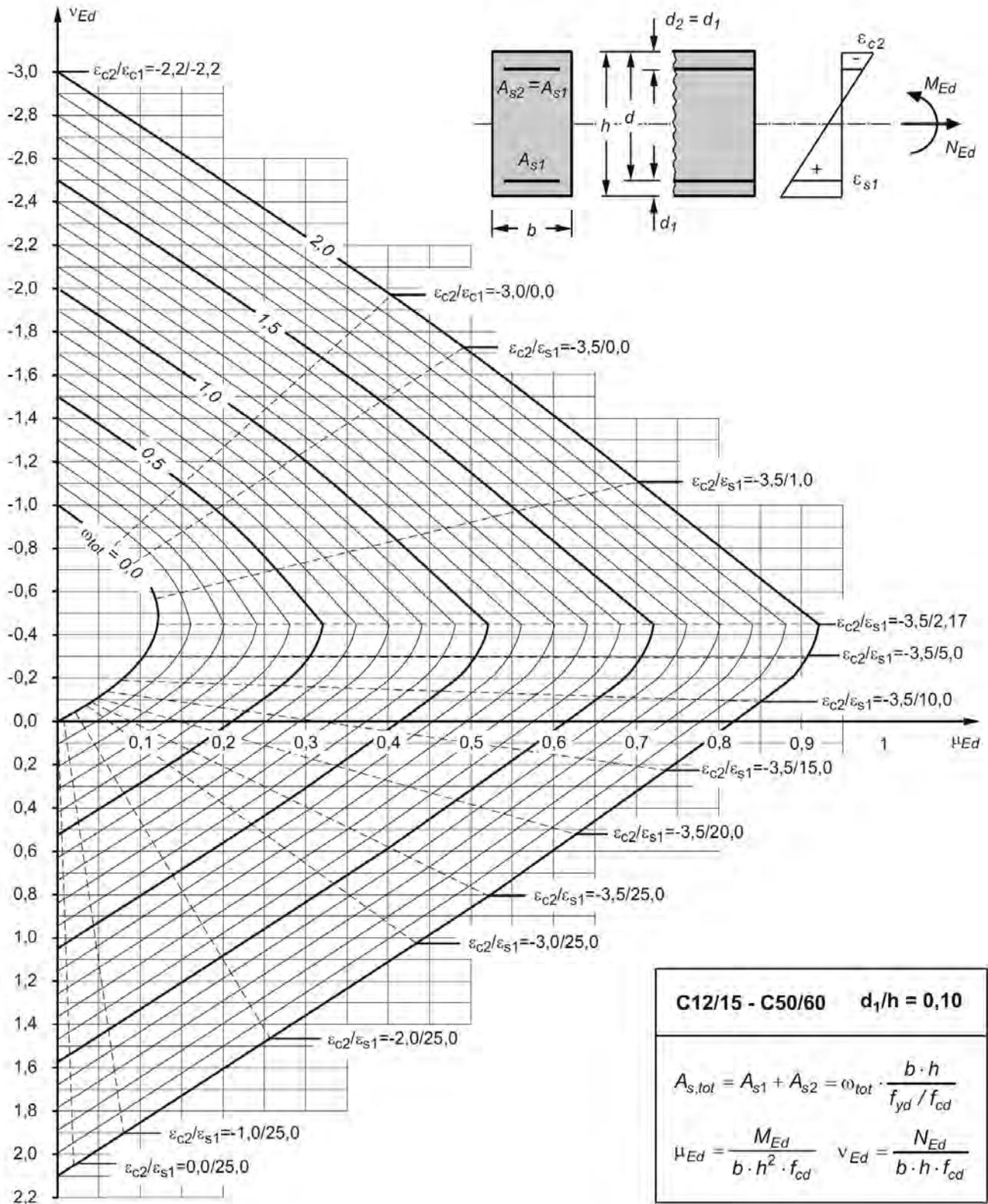
erforderliche Druckbewehrung:

$$A_{s2} = \frac{\omega_2 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{\sigma_{s2d}}$$

μ_{Eds}	$\sigma_{s1d} = 436,8 \text{ N/mm}^2$							
	$d_2 / d = 0,05$		$d_2 / d = 0,10$		$d_2 / d = 0,15$		$d_2 / d = 0,20$	
	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2
0,30	0,3684	0,0041	0,3686	0,0043	0,3689	0,0046	0,3692	0,0049
0,31	0,3789	0,0146	0,3797	0,0155	0,3806	0,0164	0,3817	0,0174
0,32	0,3895	0,0252	0,3908	0,0266	0,3924	0,0281	0,3942	0,0299
0,33	0,4000	0,0357	0,4020	0,0377	0,4042	0,0399	0,4067	0,0424
0,34	0,4105	0,0462	0,4131	0,0488	0,4159	0,0517	0,4192	0,0549
0,35	0,4210	0,0567	0,4242	0,0599	0,4277	0,0634	0,4317	0,0674
0,36	0,4316	0,0673	0,4353	0,0710	0,4395	0,0752	0,4442	0,0799
0,37	0,4421	0,0778	0,4464	0,0821	0,4512	0,0869	0,4567	0,0924
0,38	0,4526	0,0883	0,4575	0,0932	0,4630	0,0987	0,4692	0,1049
0,39	0,4631	0,0989	0,4686	0,1043	0,4748	0,1105	0,4817	0,1174
0,40	0,4737	0,1094	0,4797	0,1155	0,4865	0,1222	0,4942	0,1299
0,41	0,4842	0,1199	0,4908	0,1266	0,4983	0,1340	0,5067	0,1424
0,42	0,4947	0,1304	0,5020	0,1377	0,5101	0,1458	0,5192	0,1549
0,43	0,5052	0,1410	0,5131	0,1488	0,5218	0,1575	0,5317	0,1674
0,44	0,5158	0,1515	0,5242	0,1599	0,5336	0,1693	0,5442	0,1799
0,45	0,5263	0,1620	0,5353	0,1710	0,5454	0,1811	0,5567	0,1924
0,46	0,5368	0,1725	0,5464	0,1821	0,5571	0,1928	0,5692	0,2049
0,47	0,5473	0,1831	0,5575	0,1932	0,5689	0,2046	0,5817	0,2174
0,48	0,5579	0,1936	0,5686	0,2043	0,5806	0,2164	0,5942	0,2299
0,49	0,5684	0,2041	0,5797	0,2155	0,5924	0,2281	0,6067	0,2424
0,50	0,5789	0,2146	0,5908	0,2266	0,6042	0,2399	0,6192	0,2549
0,51	0,5895	0,2252	0,6020	0,2377	0,6159	0,2517	0,6317	0,2674
0,52	0,6000	0,2357	0,6131	0,2488	0,6277	0,2634	0,6442	0,2799
0,53	0,6105	0,2462	0,6242	0,2599	0,6395	0,2752	0,6567	0,2924
0,54	0,6210	0,2567	0,6353	0,2710	0,6512	0,2869	0,6692	0,3049
0,55	0,6316	0,2673	0,6464	0,2821	0,6630	0,2987	0,6817	0,3174

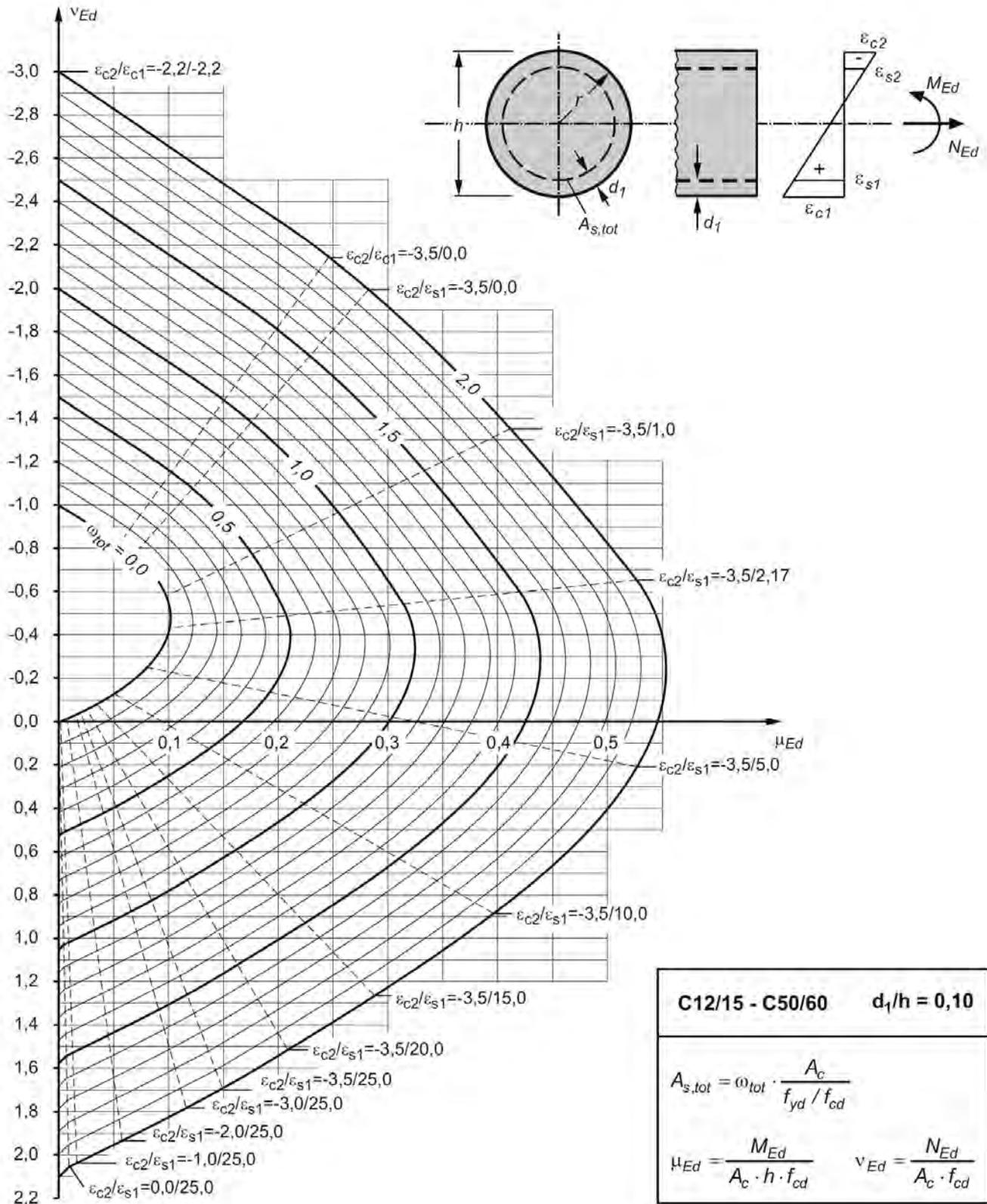
Anhang Bemessungstabeln Biegung mit Längskraft

A6 Interaktionsdiagramm für den symmetrisch bewehrten Rechteckquerschnitt (C12/15 bis C50/60; $d_1 / h = 0,10$; B500; $\gamma_s = 1,15$) [12]



Anhang Bemessungstabeln Biegung mit Längskraft

A7 Interaktionsdiagramm für Kreisquerschnitt
(C12/15 bis C50/60; $d_1 / h = 0,10$; B500; $\gamma_s = 1,15$) [12]



Anhang Bemessungstabeln Biegung mit Längskraft

A8 Allgemeines Bemessungsdiagramm für Rechteckquerschnitte (C12/15 bis C50/60) [12]

