

Erdbebensichereres Bauen aus der Sicht des Bauingenieurs

Konzept für die Implementierung sicherer Tragwerke

Grundlage SIA Norm 260

Beziehungen zwischen verschiedenen Projektierungselementen

Umsetzung für das Bauen in aussereuropäischen Ländern

Schwerpunkt Bauten aus Beton und Mauerwerk

Ziel:

Erdbebensichere Bauqualität

Strukturierter Ablauf der Planungsvorgänge und der Entscheide

Akzeptanz auch bei schweizerischen Institutionen

Gliederung	Schwerpunkte		Ziele
Planungsgrundlage	Ressourcen	Bedürfnisse	Planerauftrag
Nutzungsvereinbarung	Entwurf	Konzeptionelle Lösung	Vorprojekt
Projektdefinition	Gefährdungsbilder	Bemessung	Bauprojekt
Konstruktive Lösung	Detailpläne	Kontrollplan	Ausführungsprojekt
Bauleitung	Unternehmer	Baukontrolle	Bauausführung
Baudokumentation	Betriebsanweisung	Unterhaltsplan	Bauwerksübergabe

Thema Planungsgrundlage für Planerauftrag

Situationserfassung

Vorgabe	Erarbeitet von den Programmverantwortlichen Baubedürfnis für die Nutzer Finanzierung
Erfassung	örtliche Ressourcen Planungswesen Bauhandwerk, Technik, Organisationsform Baumaterialien Bewilligungswesen Gefahrenbilder Dringlichkeit
Ziel	Wahl des geeigneten Planungsteams Planungsvorgehen Vorgabe der wichtigen Schutzziele Akzeptierte Risiken klarstellen

Grundlage für Planerauftrag

Pflichtenheft	Randbedingungen für einen Planungsauftrag Ziele Leistungsumfang
Nutzungsvereinbarung	

Thema Vorprojekt

Ziele des Vorprojekts

Konzeptioneller Projektentwurf

Verifizierung der Ideen und Vorschläge des Projektierenden durch den Auftraggeber

Beurteilung des Planers bezüglich Zielerfassung und Auftragsverständnis

Steuerung der wichtigsten Konzeptionen für die Zielerfüllung

Vermeidung von Planungsirrtümern und Projektkorrekturen im fortgeschrittenen Projektstadium

Vermeidung von Verzögerungen im Bewilligungsablauf

Thema Nutzungsvereinbarung

Die Nutzungsvereinbarung ist ein Dokument zwischen Auftraggeber, Nutzern und Planern. Die Erarbeitung erfolgt vor Beginn der Vorprojektarbeiten und wird schrittweise ergänzt. Es zeigt die Anforderung des Auftraggebers an das Bauprojekt.

Inhalt	- Ressourcen - Bewilligungswesen - Gefahrenbilder , z. B Gefahrenzone Erdbeben inkl. vorgegebene Faktoren - Termine - Raumanforderung - Konzeptionelle Lösungsansätze
Ziele	- Vorprojekt mit Potential - für sicheres Tragwerk - für gute Nutzbarkeit - für gute Ausführbarkeit mit vorhandenen Ressourcen - für eine oekonomische Gesamtlösung - Akzeptanz - bei Behörden - Nutzern - Innovatives Beispiel für Handwerker und Unternehmer

Vorprojekt

Thema Gefährdungsbilder

Schutzziele definieren

Risiken benennen, die vom Nutzer akzeptiert werden müssen

Einwirkungen quantifizieren

Wind

Geschwindigkeit
Staudruck

Erdbeben

Gefahrenzone
Bodenbeschleunigung

Schutz vor Einsturz
Erhalt der
Gebrauchstauglichkeit

Wasser

Staudruck
Ueberschwemmung
Fundament - Erosion

Bodenstabilität

Klassifikation für
Erdbebenbemessung
Hangstabilität, Setzungsgefahr



Vorprojekt

Thema Konzept für sicheres Gebäude

Hierarchie der Parameter für ein sicheres Tragwerk

Priorität 1	Priorität 2	Priorität 3
Gebäudekonzeption Grundriss, Struktur	Materialqualität	Dimensionierung des Tragwerks
Detailkonstruktion des Tragwerks	Fundation	Installationen
Ausführungsqualität	Nichttragende Wände	Einbauten der Nutzer

Auswirkungen schlechter Gebäudekonzeptionen

Erdgeschoss für Läden ohne Queraussteifung

Obergeschoss mit Ausmauerungen

Zustand nach Erdbeben $M = 6.5$



Vorprojekt

Thema Gebäudegrundriss

1. Grundsatz Symmetrische Anordnung der Aussteifungen in beiden Richtungen



optimal



gut



genügend



schlecht

2. Grundsatz Kompakte Grundrissform



optimal



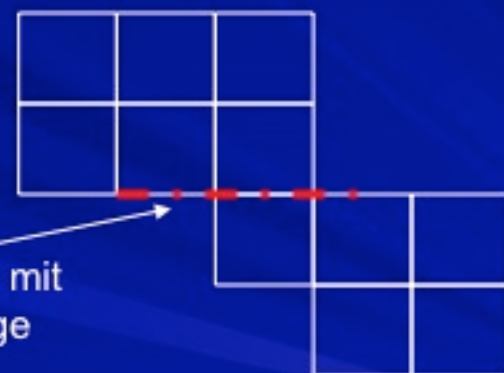
gut bis $L/B = 3$



gut



schlecht



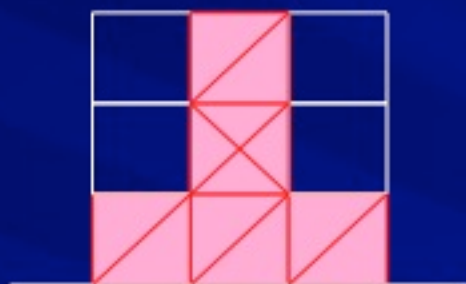
nur mit
Fuge

sehr
schlecht

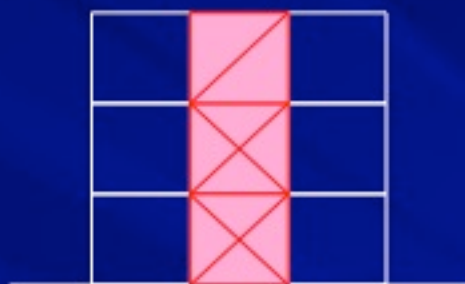
Vorprojekt

Thema Gebäudeaufriss

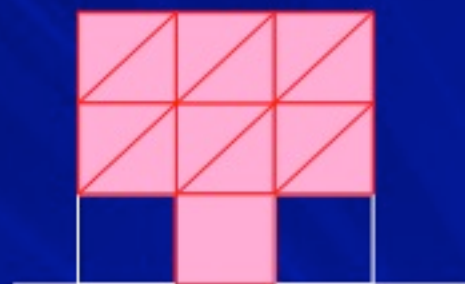
Grundsatz Steifigkeit oben nie grösser als unten



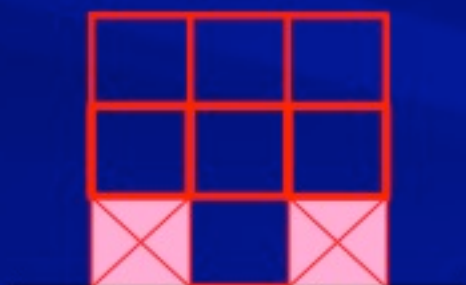
optimal



möglich



schlecht



gut



gut

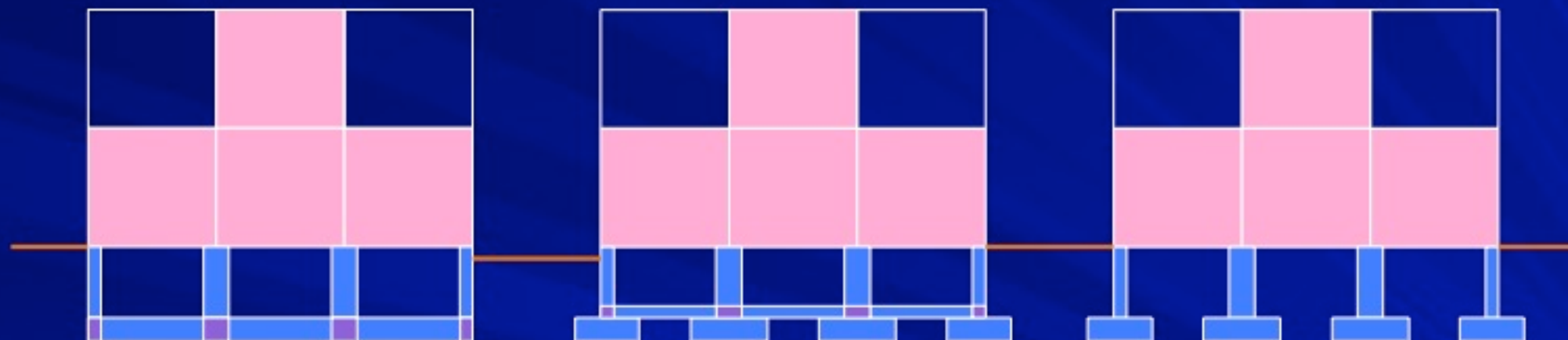


sehr gefährlich

Vorprojekt

Thema Foundation

Grundsatz: Alle Fundamente gegenseitig verbunden



Optimal
Lösung mit
Fundamentriegeln

Möglich
Lösung mit
Einzelfundamenten und
Verbindungsriegeln

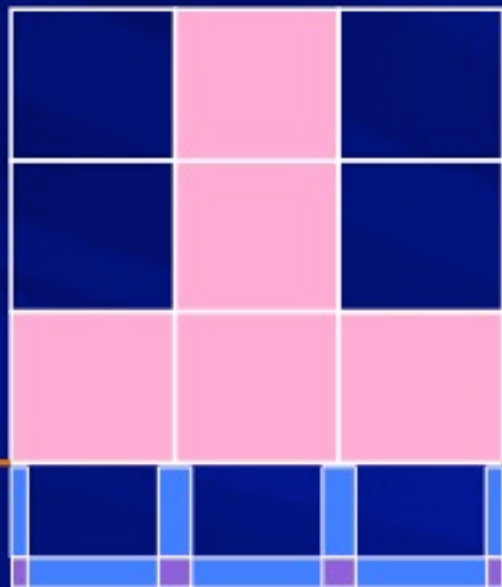
Schlecht
Einzelfundamente ohne
Verbindungen

Vorprojekt

Thema Stabilisierungselemente

Aufgabe der Stabilisierungselemente

Mit Deformationsarbeit die Energie der Erdbebenerschütterung abarbeiten



Schubwände

Beton oder verstärktes Mauerwerk

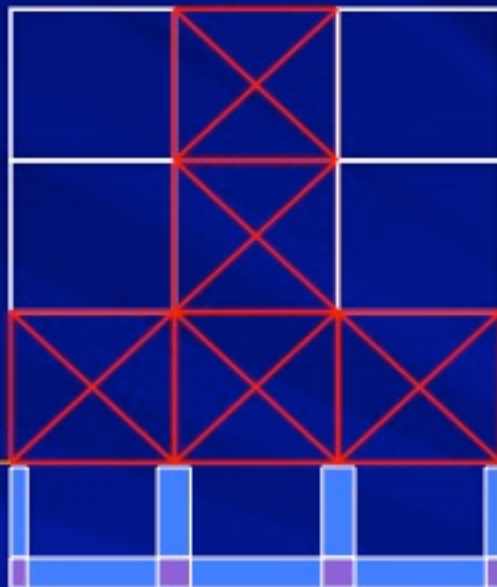
Steife Konstruktion

Merkmale

Wenig Deformation, hohe Kräfte

Anforderung

Unbewehrtes Mauerwerk ist überfordert



Fachwerkverband

Skelett aus Stahl oder Holz

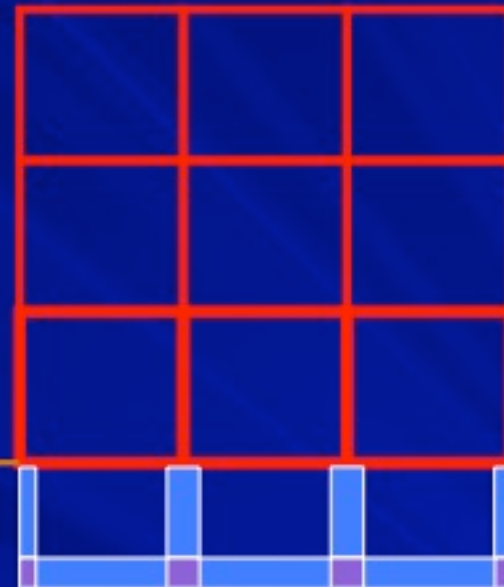
Steife Konstruktion

Merkmale

Wenig Deformation, hohe Kräfte

Anforderung

Eingebautes Mauerwerk muss gut verankert werden



Biegesteife Rahmen

Stahlbeton oder Stahl

Weiche Konstruktion

Merkmale

Grosse Deformation, kleinere Kräfte

Anforderung

Wände müssen die Deformation zulassen Rahmenknoten sind sorgfältig auszuführen

Bauprojekt

Thema Projektbasis

Das Dokument wird vom Projektverfasser ausgearbeitet und muss vom Auftraggeber verifiziert werden.

Es zeigt die Lösungen für die verschiedenen Punkten in der Nutzungsvereinbarung.

Inhalt	Bewirtschaftung der Ressourcen Vorgehen für im Bewilligungswesen Gefahrenbilder mit quantifizierten Einwirkungsgrößen Projekt mit dimensionierten Konstruktionsteilen Terminprogramm Raumprogramm
Ziele	Grundlage für ein detailliertes Ausführungsprojekt für die Erfüllung der Nutzungsvereinbarung für gute Unternehmeraufträge für eine sichere Materialbeschaffung für eine gesicherte Finanzierung

Bauprojekt - Thema Bemessung

Der Einfluss der Dimensionierung des Tragwerks auf den Widerstand bei Erdbeben ist relativ zum Querschnittswiderstand der Bauteile, also mehr Bewehrung im Beton = mehr Widerstand, weniger Bewehrung = weniger Widerstand.

Die Richtigkeit der konstruktiven Ausbildung entscheidet, ob ein Tragwerk die Stabilität verliert und plötzlich zusammenfällt oder die einzelnen Elemente nicht mehr zusammenwirken. Dies ist wesentlicher als die relativ wirkende Bemessung.

In vielen Ländern (vor allem in SE Asien) arbeiten lokale Ingenieurfirmen mit amerikanischen Rechenprogrammen, z.B. ETABS auf der Basis des ACI und UBC-97 Codes für statische Nachweise und CAD Programmen für die Planerstellung. Die verwendeten Programme sind oft in 3D Versionen.

Die Eingabe der Lastmodelle, statischen Systeme, Einflussfaktoren für die Erdbebenbemessung, Materialkennwerte etc. ist häufig unübersichtlich. Die Belege können auch auf spezielles Verlangen nicht immer gezeigt werden, da einige Einflussfaktoren bereits mit Voreinstellungen aktiviert sind und daher nicht mehr zwingend erscheinen. Oft kennen die örtlichen Ingenieure diese Eingaben gar nicht.

Wenn die Dimensionen vernünftig scheinen kann eine Kontrolle der Berechnungen unterlassen werden. Aussagekräftiger ist die Angabe der eingesetzten Werte für Bodenbeschleunigung, Baugrundklasse und Bauwerksklasse, sowie der Verhaltensbeiwert für die Konstruktion und der Faktor für die Bemessung.

Die Kontrolle der Konstruktionszeichnungen für das Einhalten der Grundsätze für eine materialgerechte Funktion und eine ausführbare Verarbeitung ist viel wichtiger.§

Thema Bemessung - Wesentliche Faktoren

Auf der Grundlage der SIA Normen 261 können die verschiedenen Faktoren für die Erdbebenwirkung und die Bemessung erfasst werden. Zusätzlich sind die Normen 262 (Stahlbeton), 263 (Stahlbau), 265 (Holzbau), 266 (Mauerwerk) dienlich. Sie sind auch in Englisch verfügbar.

Vorgegebene Faktoren:

Bodenbeschleunigung a_{gd}
Ground acceleration

in m/s^2

Abhängig von der Gefährdungszone, in der Schweiz 0.6 -1.6 m/s^2
In gefährdeten Ländern oft 2.0 bis 6.0 m/s^2 (entspricht 0.2 bis 6.0 g)

Baugrundklasse A - F
Ground class

Massgebend für den Erhöhungsfaktor in Kombination mit der Schwingzeit T_1

Grundschwingzeit T_1
fundamental period of vibration

T in Sekunden (reziprok zur Eigenfrequenz des Bauwerks)

Beschleunigungsfaktor S_e
elastic response factor

Massgebender Faktor für die horizontale Beschleunigung in Relation zu g, ermittelt mit der Baugrundklasse und der Schwingzeit T_1 , aufgerechnet mit der Bodenbeschleunigung a_{gd} .

Der Wert S_e liegt meistens zwischen 2 bis $3.5 \times a_{gd} / g$.

Thema Bemessung - Wesentliche Faktoren

Faktoren die nach gewählten Kriterien zu bestimmen sind:

Bauwerksklasse I, II, III
Construction works class

Bedeutungsfaktor $\gamma_f = 1.0$ (Wohnhäuser), 1.2 (Wichtige Infrastruktur)
importance factor 1,4 (Live-Line Gebäude)

Verhaltensbeiwert q
structural response factor

Er gibt das unterschiedliche Verhalten infolge der Duktilität wieder. Mit der Duktilität ist das Arbeitsvermögen bei einer Verformung erfasst - des Baumaterials, des Tragsystems und der konstruktiven Ausbildung.

bis 2.0

Spröde Konstruktionen haben einen kleinen q -Wert 1.5
Plastisch verformbare Konstruktionen haben einen höheren q -Wert 3.0 bis 4.0

Bemessungsfaktor S_d
design factor

Massgebender Faktor für die horizontale Beschleunigung in Relation zu g ergänzt durch den Bedeutungsfaktor und den Verhaltensbeiwert. Für Wohnhäuser liegt der Wert S_d meistens zwischen $1.5 \text{ und } 2.0 \times a_{gd} / g$ für spröde Konstruktionen (mit Mauerwerk)
zwischen $0.8 \text{ und } 1.0 \times a_{gd} / g$ für duktile Konstruktionen

Horizontalkraft
horizontal force

Die horizontale Ersatzkraft ist das Produkt der Gebäudemasse und des einzusetzenden horizontalen Wirkungsfaktors S_d .

Ausführungsprojekt - Thema Konstruktion

Lernen aus Schäden

**Am Besten zeigen beschädigte Gebäude in den von Erdbeben betroffenen Gebieten die Schwachpunkte der Konstruktionen auf.
Die Mechanik ist visuell nachvollziehbar, wenn ein Gebäude noch nicht eingestürzt ist.**

Beispiel eingeschossige Bauten aus Mauerwerk

Baustandard mit Betonriegeln und Backsteinen

Schadenbilder in der Umgebung von Yogyakarta nach Erdbeben $m = 6.5$, 28. Mai 2006



Bei fehlenden Verankerungen sind die Aussenwände heraus gefallen. Viele Gebäude sind total eingestürzt.

Baustandard mit Betonriegeln und Backsteinen

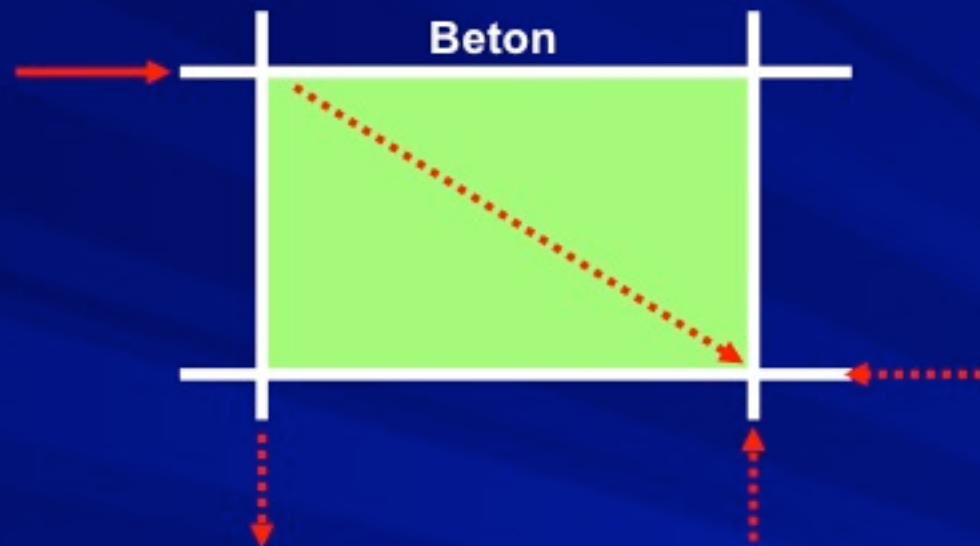
Schadenbilder in der Umgebung von Yogyakarta nach Erdbeben $m = 6.5$, 28. Mai 2006



Innenwände fielen oft
heraus, da die
Verankerungen
ungenügend waren

Ausführungsprojekt - Thema Konstruktion

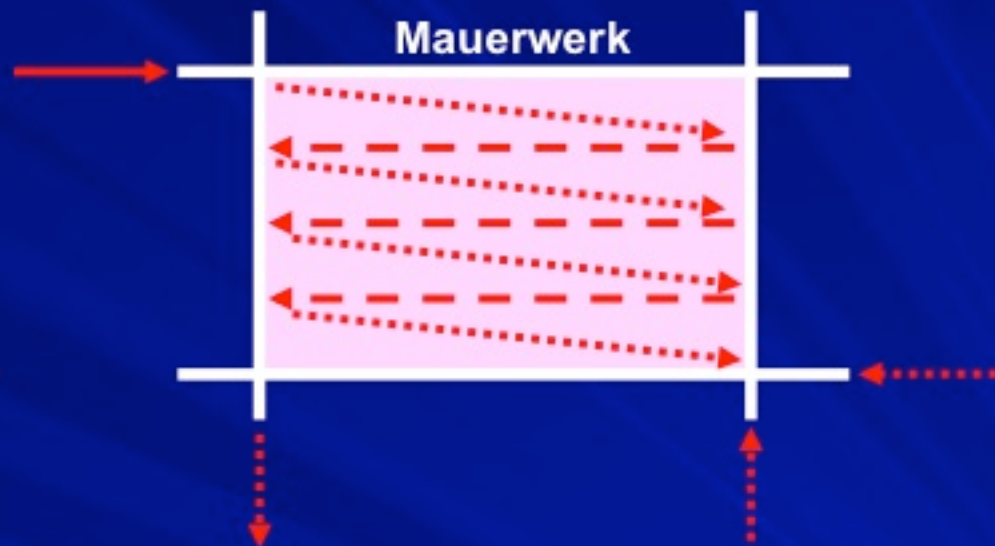
Schubwände



Für die Übertragung vom oberen zum unteren Stockwerk wirkt eine Druckdiagonale.

Betonwände können mit eingelegter Bewehrung die Schubkräfte übernehmen, wenn eine Verankerung zu den Stützen und Decken eingelegt ist.

Dasselbe ist auch mit bewehrtem Mauerwerk, z.B. Murfor RE, möglich, wenn die Steine für einen guten Verbund mit dem Fugenmörtel konzipiert sind.

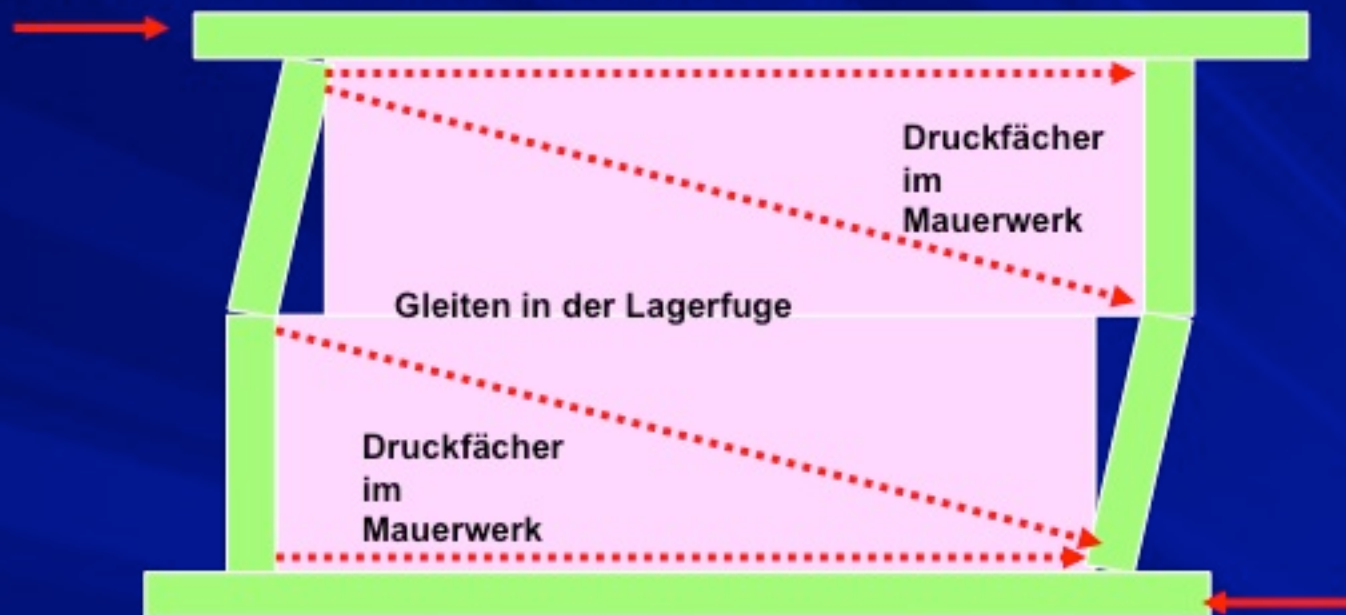


Bei Mauerwerk ohne Ausbildung für einen Fugenverbund und engen Bewehrungen in horizontaler und vertikaler Richtung braucht es spezielle Massnahmen für die Übertragung vom oberen zum unteren Stockwerk.

Der Stand der Forschung für geeignete Techniken ist noch lückenhaft und von den zuständigen Fachinstanzen der Länder auf unterschiedliche Weise anerkannt.

Ausführungsprojekt - Thema Konstruktion

Problem der gemauerten Schubwände



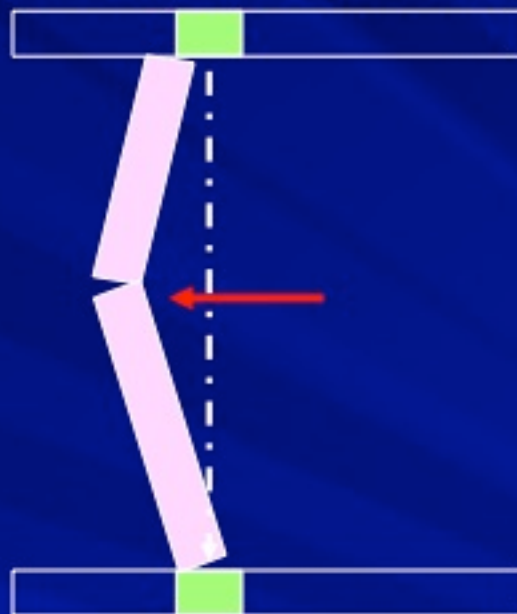
Bei Kräften in der Wandebene

- Schubfestigkeit der Lagerfugen ist zu gering
- Das Mauerwerk löst sich vom Betonrahmen
- Der Betonrahmen kann die Biegebelastung nicht aufnehmen
- Die Lastwechsel links/rechts führen zu vielen Gleitlinien im Mauerwerk
- In den Betonriegeln bilden sich beidseitig mehrere Gelenkpunkte

Fazit: Die Schubwand verliert ihre Funktionsfähigkeit

Ausführungsprojekt - Thema Konstruktion

Problem der gemauerten Schubwände



Bei Kräften quer zur Wandfläche

- Keine Querkraftübertragung zwischen Wand und oberem Betonriegel
- Das Mauerwerk verschiebt sich seitlich unter dem Riegel
- Die aufgebrochenen Mörtelfugen können keine Zugkräfte übertragen
- Die Lastwechsel links/rechts führen zu wachsenden Ausbauchungen
- Die Drucklinie liegt ausserhalb des Mauerquerschnitts

Fazit: Die Wand fällt seitlich um

Baustandard mit Betonriegeln und Backsteinen

Schadenbilder in der Umgebung von Yogyakarta nach Erdbeben $m = 6.5$, 28. Mai 2006

Innenwände bauchten
aus trotz Verankerung in
den Betonstützen



Baustandard mit Betonriegeln und Backsteinen

Schadenbilder in der Umgebung von Yogyakarta nach Erdbeben = 6.5, 28. Mai 2006



Anschlüsse an die Ringbalken
ohne Verankerungen
schützten nicht vor
Verschiebungen

Ausführungsprojekt - Thema Konstruktion

Möglichkeiten für Verbesserungen bei gemauerten Schubwänden

Kleine Wandflächen zwischen den Betonriegeln

Schubfeste Verbindungen vom Mauerwerk zu den Betonriegeln

Betonpfeiler mit zugfesten Verbindungen untereinander

Zugfeste Verbindung zwischen Mauerwerk und Betonpfeiler

Mauersteine mit strukturierten Oberflächen für die Lagerfugen

Betonpfeiler mit ausreichender Biege-Bewehrung

Betonriegel mit zugfesten verankerten Bewehrungen an den Enden

Bewehrung der Lagerfugen

Beidseitiger Verputz mit zugfesten Einlagen

Mauerstärke t_w im Verhältnis zur Wandhöhe $h < 17t_w$ wählen

Diese Aufzählung ist nicht abschliessend.

Die meisten Länder haben in ihren Bauvorschriften Angaben über die konstruktive Ausbildung und die Bemessung für erdbebensicheres Bauen. Es kommt jedoch vor, dass die Vorschriften bei Planern und Bauausführenden nicht bekannt sind. Auch das Überarbeiten nach den neueren Erkenntnissen liegt manchmal weit zurück.

Thema Konstruktion

Stockwerkrahmen aus Stahlbeton

Kritische Punkte für die Funktionsfähigkeit

Problem der Planung und Anleitung

Problem der Ausführbarkeit

Thema Konstruktion

Stockwerksrahmen aus Stahlbeton

Kritische Punkte für die Funktionsfähigkeit bei Erdbeben: Der Knoten

Einwirkung Eigenlast und Nutzlast



Biegemomente aus
Nutz- und Eigenlast



Verformung infolge
Nutz- und Eigenlast

Einwirkung Erdbeben
Wechselweise von rechts (+ links)



Biegemomente aus
Erdbeben



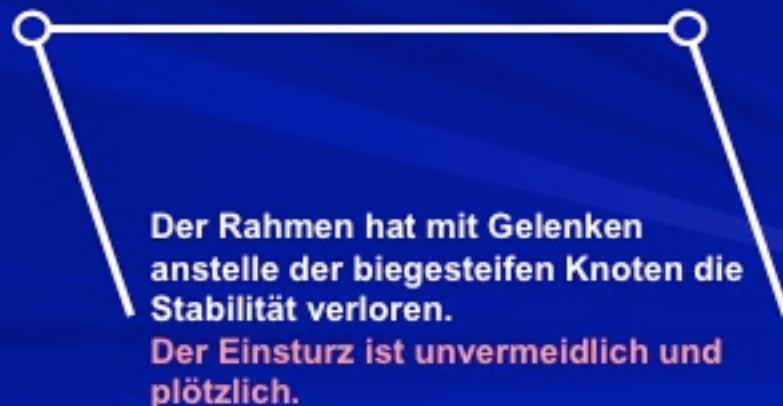
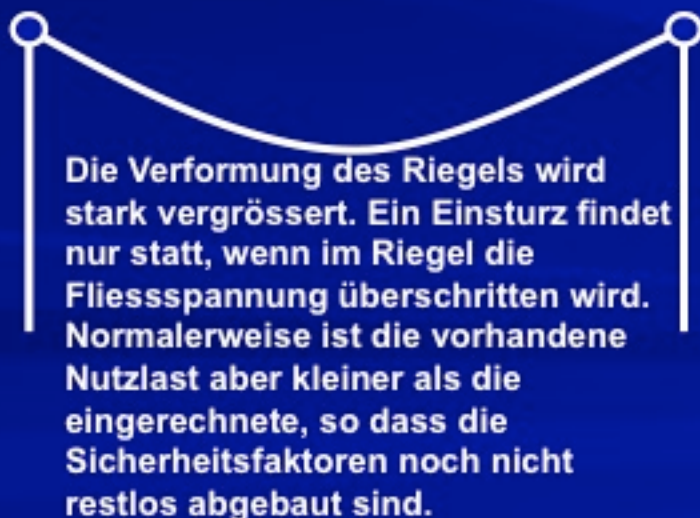
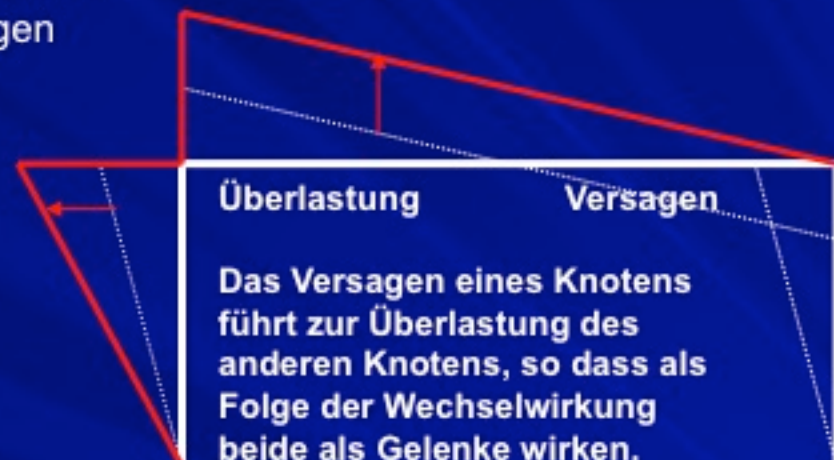
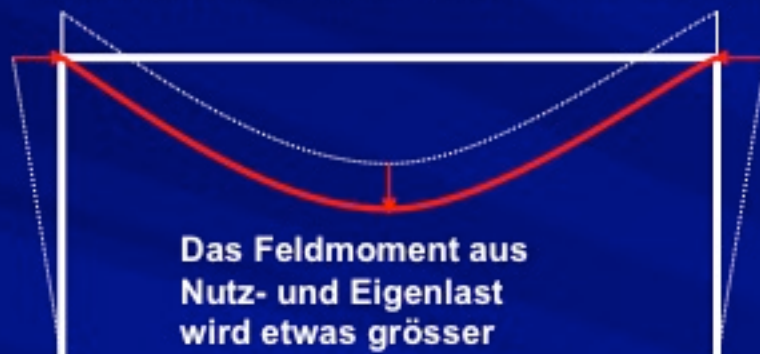
Verformung infolge
Erdbeben

Thema Konstruktion

Stockwerksrahmen aus Stahlbeton

Auswirkungen bei Versagen eines Knotenanschlusses:

- Es werden keine Biegemomente mehr übertragen
- Die zerstörten Knoten wirken wie Gelenke



Thema Konstruktion

Knoten bei Stahlbetonrahmen

Verankerungslänge bei Rahmenecken



Die erforderliche Länge der Verankerung hängt von der Betonqualität ab. Bei Beton C 25/30 und geripptem Stahl beträgt die Länge $50 \varnothing$.

Bei $\varnothing 12\text{mm}$ $l = 60\text{ cm}$

Bei $\varnothing 20\text{mm}$ $l = 100\text{ cm}$

Bei kleinen Abmessungen der Stützen und Träger besteht Platzmangel:

Bei $\varnothing 12\text{mm}$ wenn die Betonstärken kleiner 350 mm sind

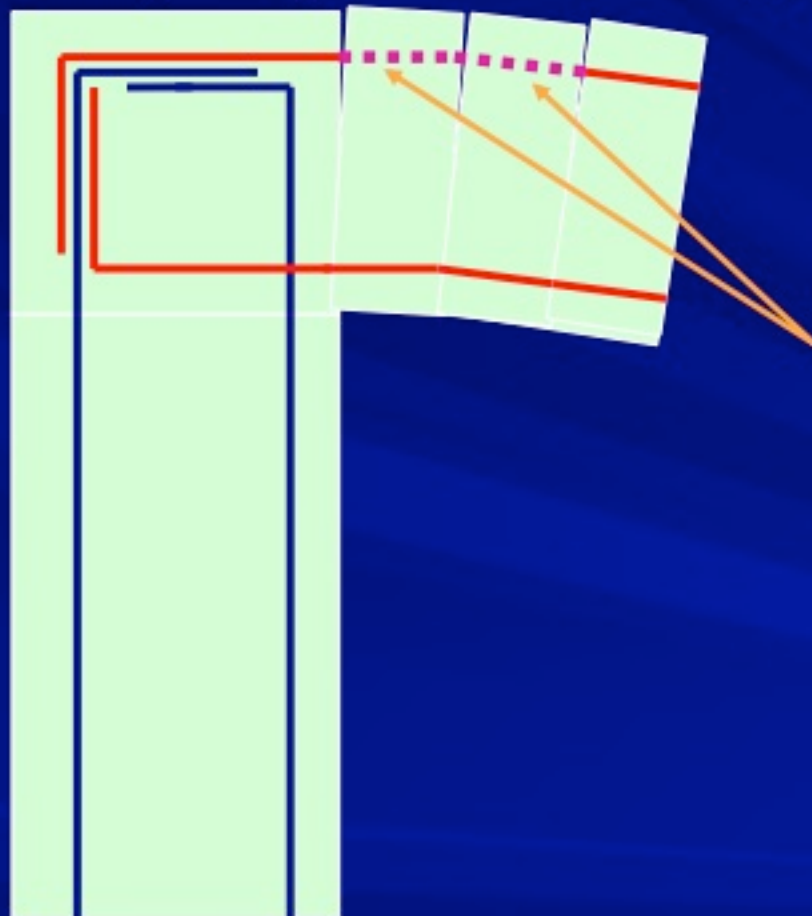
Bei $\varnothing 20\text{mm}$ wenn die Betonstärken kleiner 550 mm sind

Die vielen Stahlstäbe bilden beim Betonieren ein Hindernis für die Verdichtung des Betons, speziell bei Eckstützen.

Thema Konstruktion

Knoten bei Stahlbetonrahmen

Wirkung bei guter Verankerung in der Rahmenecke



Bei einer Überlastung haben die Bewehrungsstäbe im Riegel die grösste Beanspruchung neben der Stütze.

Beim Erreichen der Fließspannung bildet sich eine Vielzahl von Rissen, die eine Verdrehung des Knotenwinkels ermöglichen.

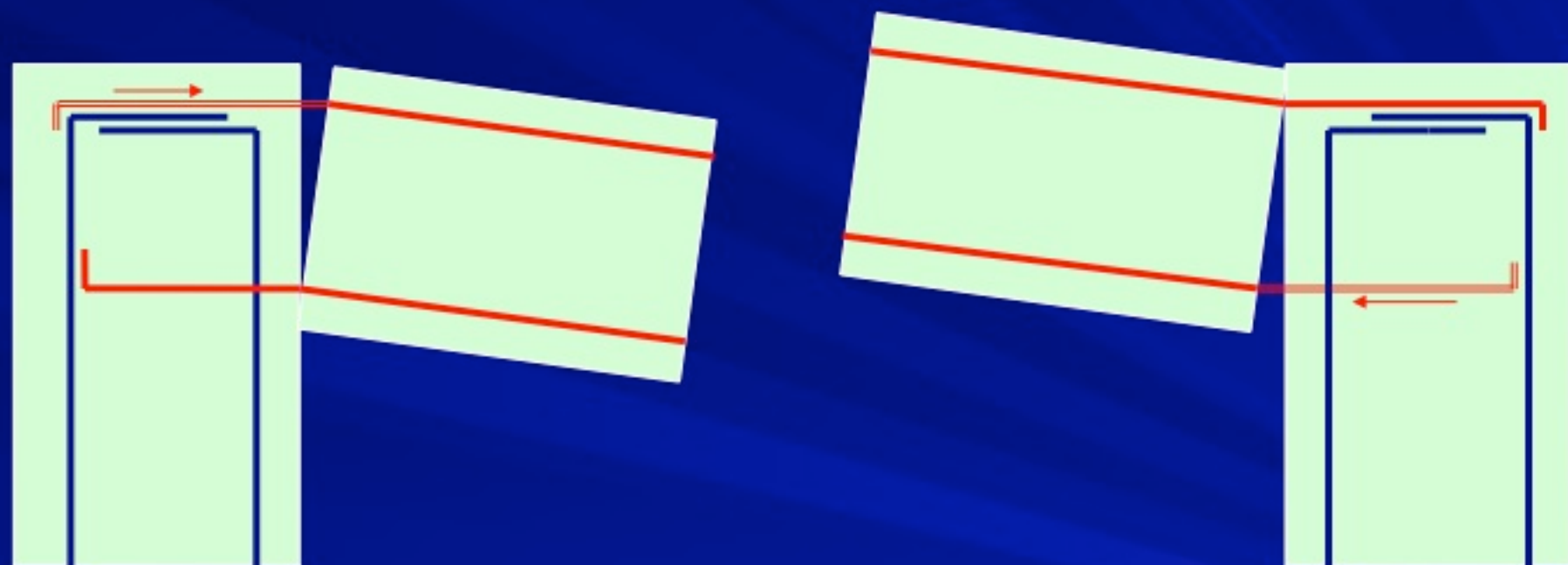
Gleichzeitig absorbiert der Stahl mit dem Streckvorgang beim Fließen viel Energie.

Dieser Arbeitsprozess neutralisiert die eingetragene Energie des Erdbebenstosses.

Thema Konstruktion

Knoten bei Stahlbetonrahmen

Folge von ungenügenden Verankerungslängen bei Rahmenecken



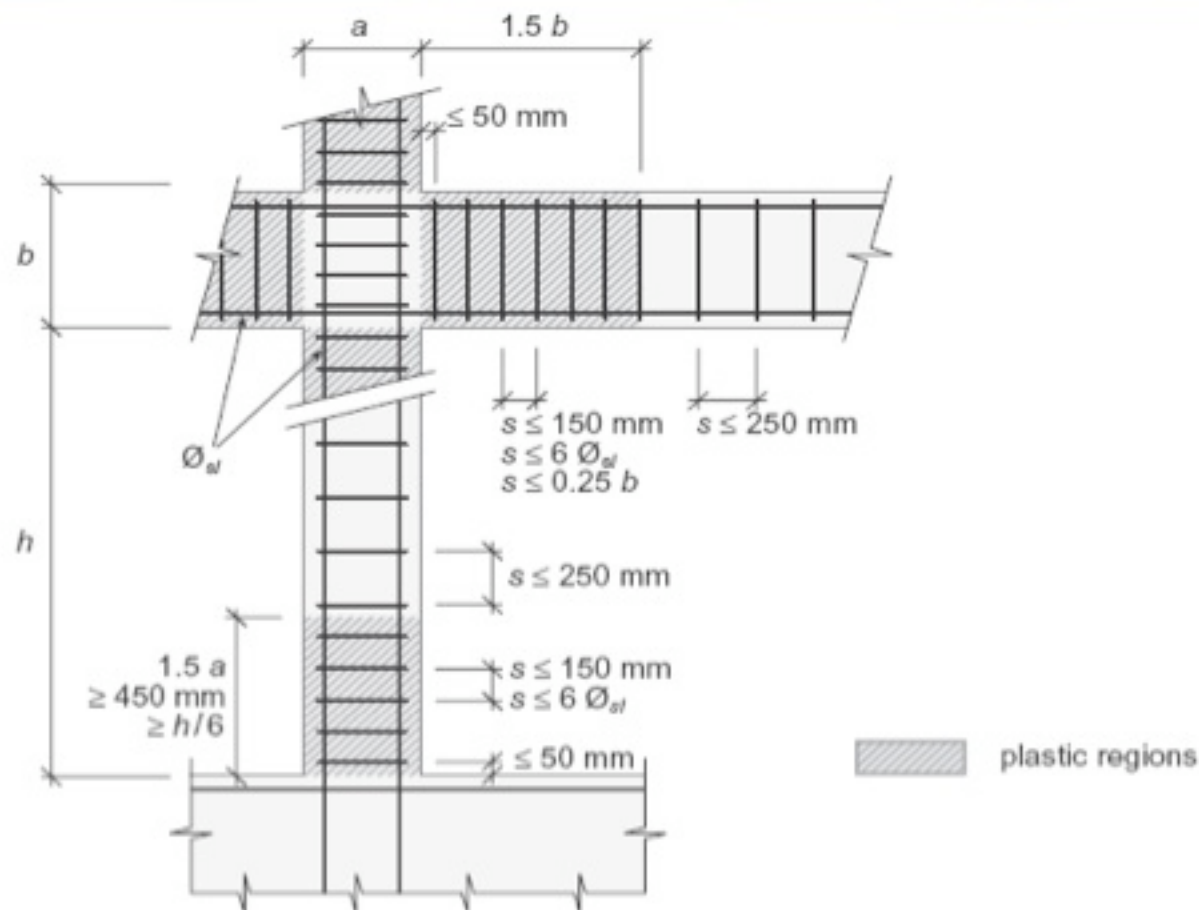
Die ungenügend verankerten Bewehrungsstäbe werden vor dem Erreichen der Fließspannung aus dem Knoten gezogen.

Am Knotenrand bildet sich ein klaffender Riss.

Die Bewehrungen im Riegel können keine Deformationsarbeit zum Abarbeiten der Energie der Erdbebenerschütterung mehr leisten.

Thema Konstruktion

Knoten bei Stahlbetonrahmen, Auszug aus SIA 262 e, Kap. 5.7



- 5.7.2.3 If a frame system is braced by masonry, the total length of the braced columns shall be regarded as a plastic region.
- 5.7.2.4 The horizontal confining reinforcement in beam-column nodes shall at least correspond to that in the plastic regions of the columns.

Ausführungsprojekt

Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Ansichten



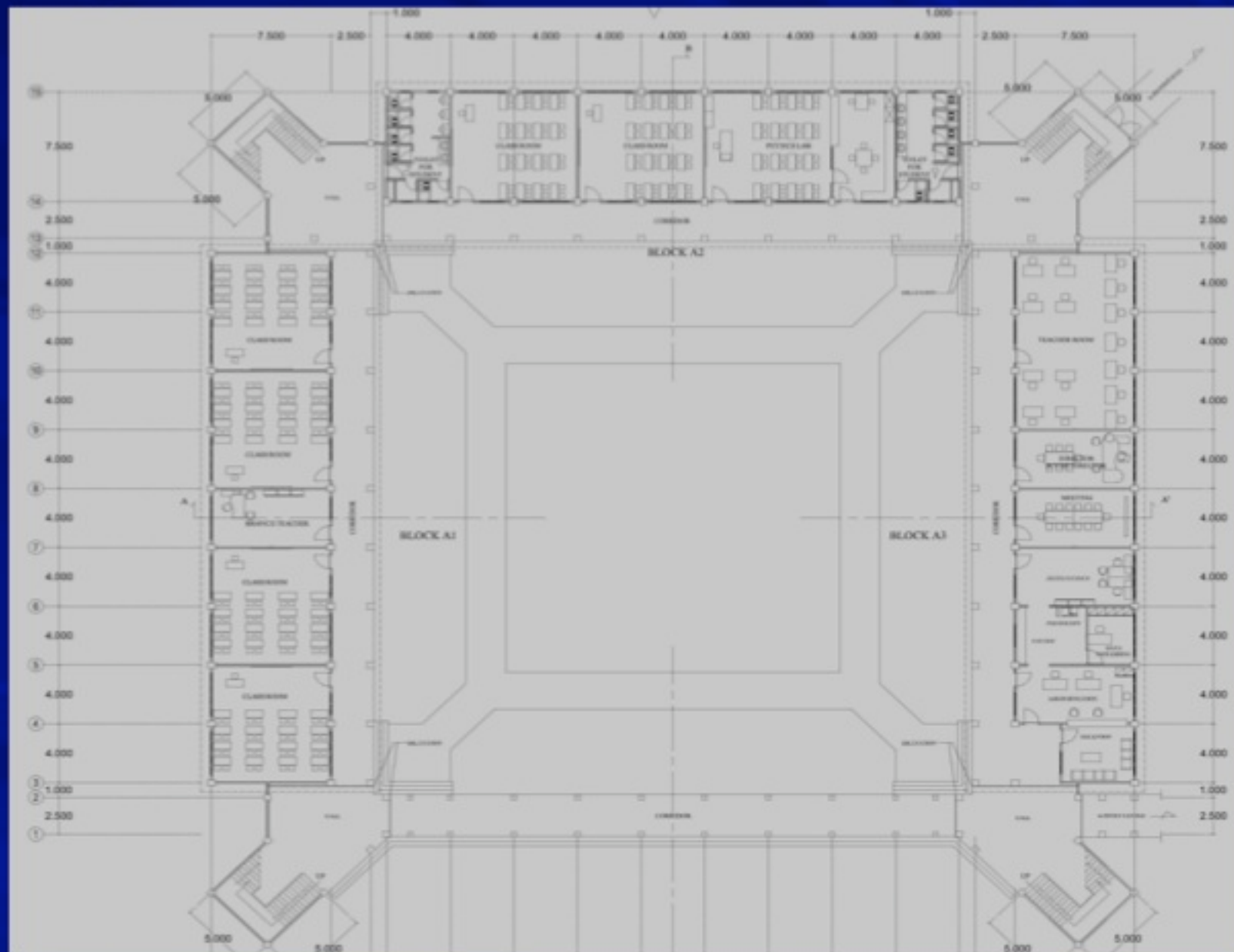
ELEVATION - A
Scale 1 : 200
(JUNIOR HIGH SCHOOL)



ELEVATION - B
Scale 1 : 200
(JUNIOR HIGH SCHOOL)

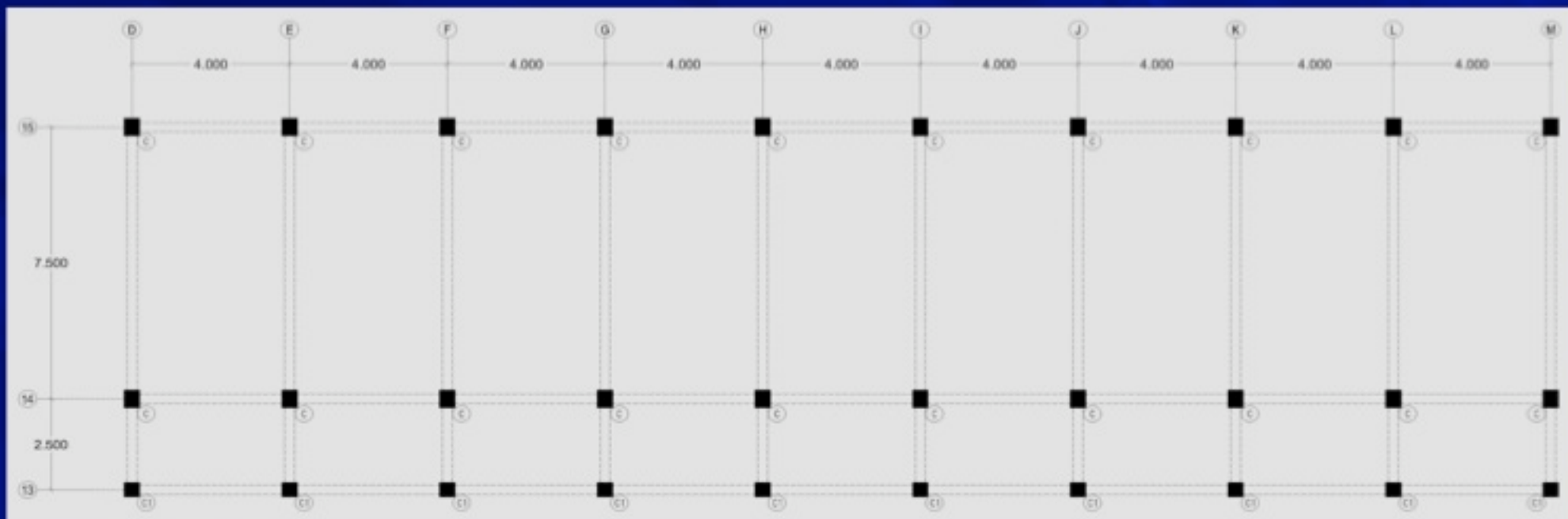
Ausführungsprojekt

Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Layout



Ausführungsprojekt

Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Grundriss eines Flügels

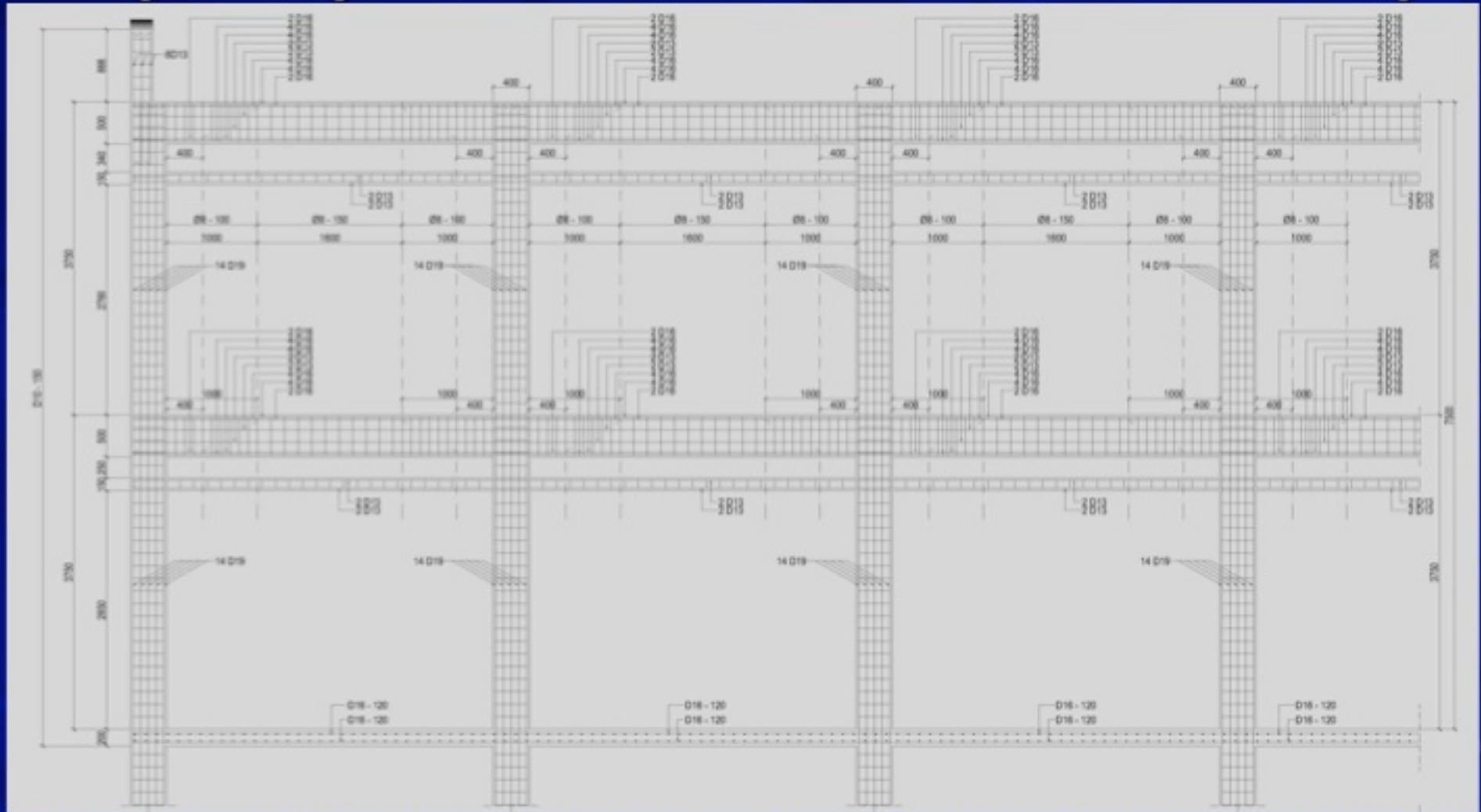


In der Längsrichtung sind die Stützen in ein kontinuierliches Rahmensystem eingebunden. Es wirken vor allem die mittleren Stützen. Die Randstützen haben eine untergeordnete Funktion.

In der Querrichtung muss die horizontale Stabilität durch die einzelnen, einfeldrigen Querrahmen zwischen Axe 14 und 15 erbracht werden. In der Querrichtung sind dies alle Randstützen, die die ganze Arbeit übernehmen müssen.

Ausführungsprojekt

Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Rahmenansicht längs



Die Darstellung gibt keine Hinweise über die Ausbildung der verschiedenen Knoten Stützen / Träger. Die konstruktive Lösung wird dem Handwerker überlassen.

Bei den mittleren Stützen sind Lösungen zu finden. Bei den Endstützen ist dies schwieriger.

Ausführungsprojekt

Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Trägerquerschnitte

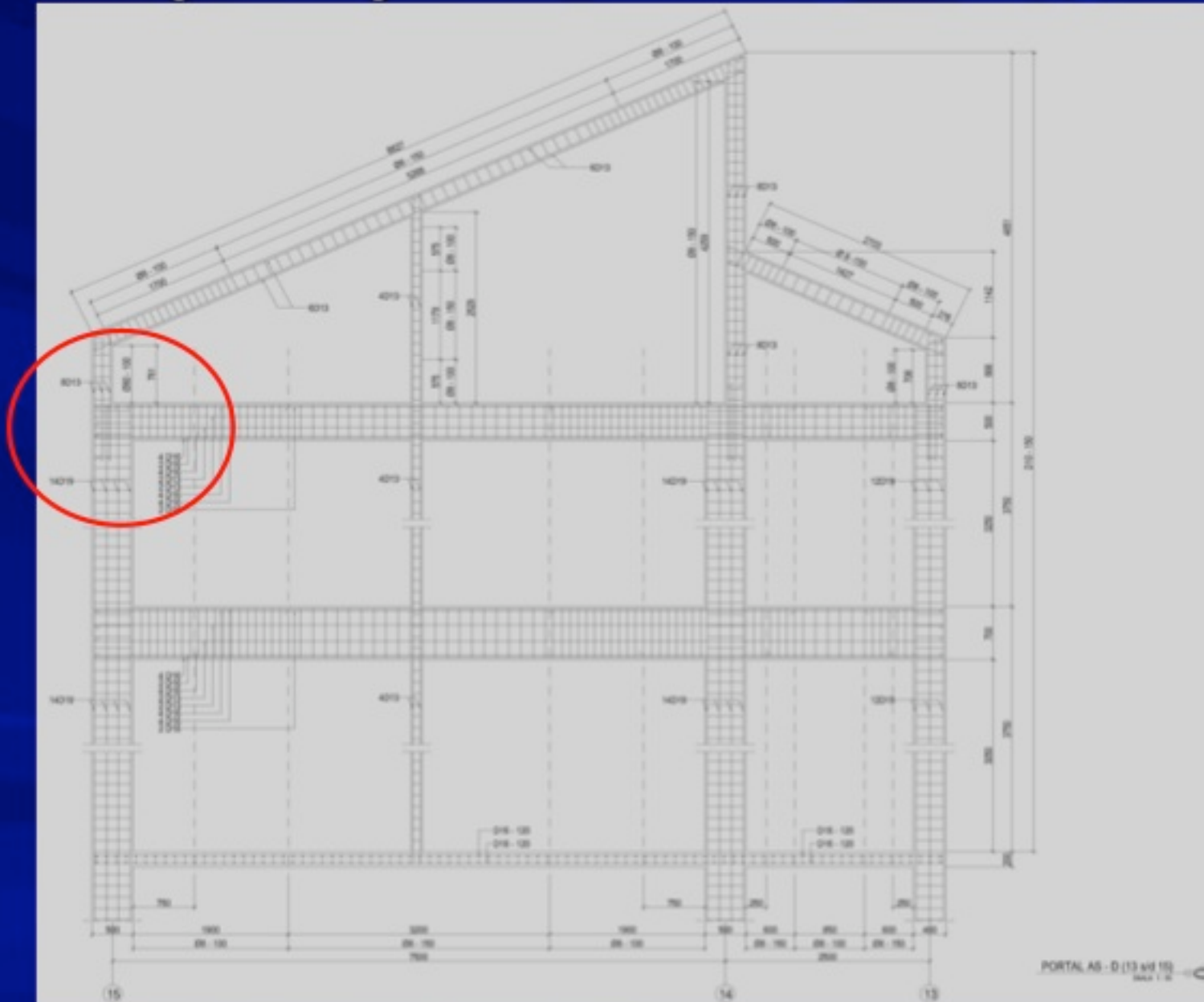
DESCRIPTION	GIRDER & BEAM SCHEDULE					
MARK	G		B1		B2	
	BOTH END	CENTER	BOTH END	CENTER	BOTH END	CENTER
2nd FLOOR SECTION						
STIRRUPS	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150
QUALITY OF CONCRETE	K - 250 / $f_y = 300$ Mpa		K - 250 / $f_y = 300$ Mpa		K - 250 / $f_y = 300$ Mpa	

DESCRIPTION	GIRDER & BEAM SCHEDULE					
MARK	B3		B4	B5		B LATEI
	BOTH END	CENTER		BOTH END	CENTER	
2nd FLOOR SECTION						
STIRRUPS	D10 - 100	D10 - 150	D8 - 100	D8 - 100	D8 - 150	D8 - 150
QUALITY OF CONCRETE	K - 250 / $f_y = 300$ Mpa		K - 250 / $f_y = 300$ Mpa	K - 250 / $f_y = 300$ Mpa		K - 250 / $f_y = 300$ Mpa

Die Darstellung gibt keine Hinweise über die Ausbildung der verschiedenen Knoten Stützen / Träger

Ausführungsprojekt

Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Rahmenansicht quer



Die Darstellung gibt keine Hinweise über die Ausbildung der verschiedenen Knoten Stützen / Träger.

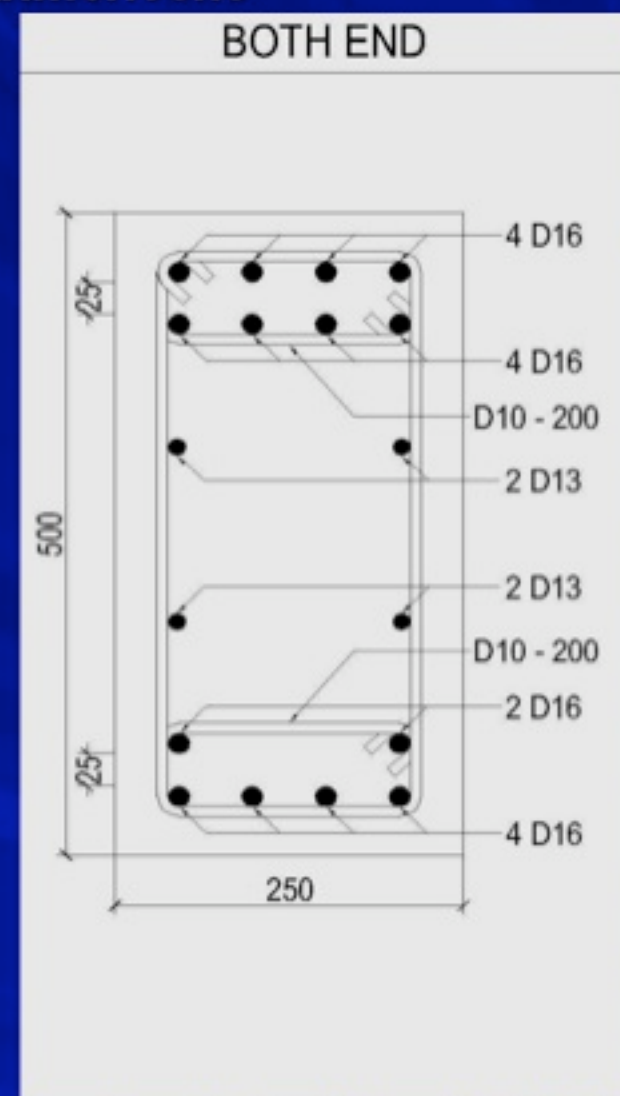
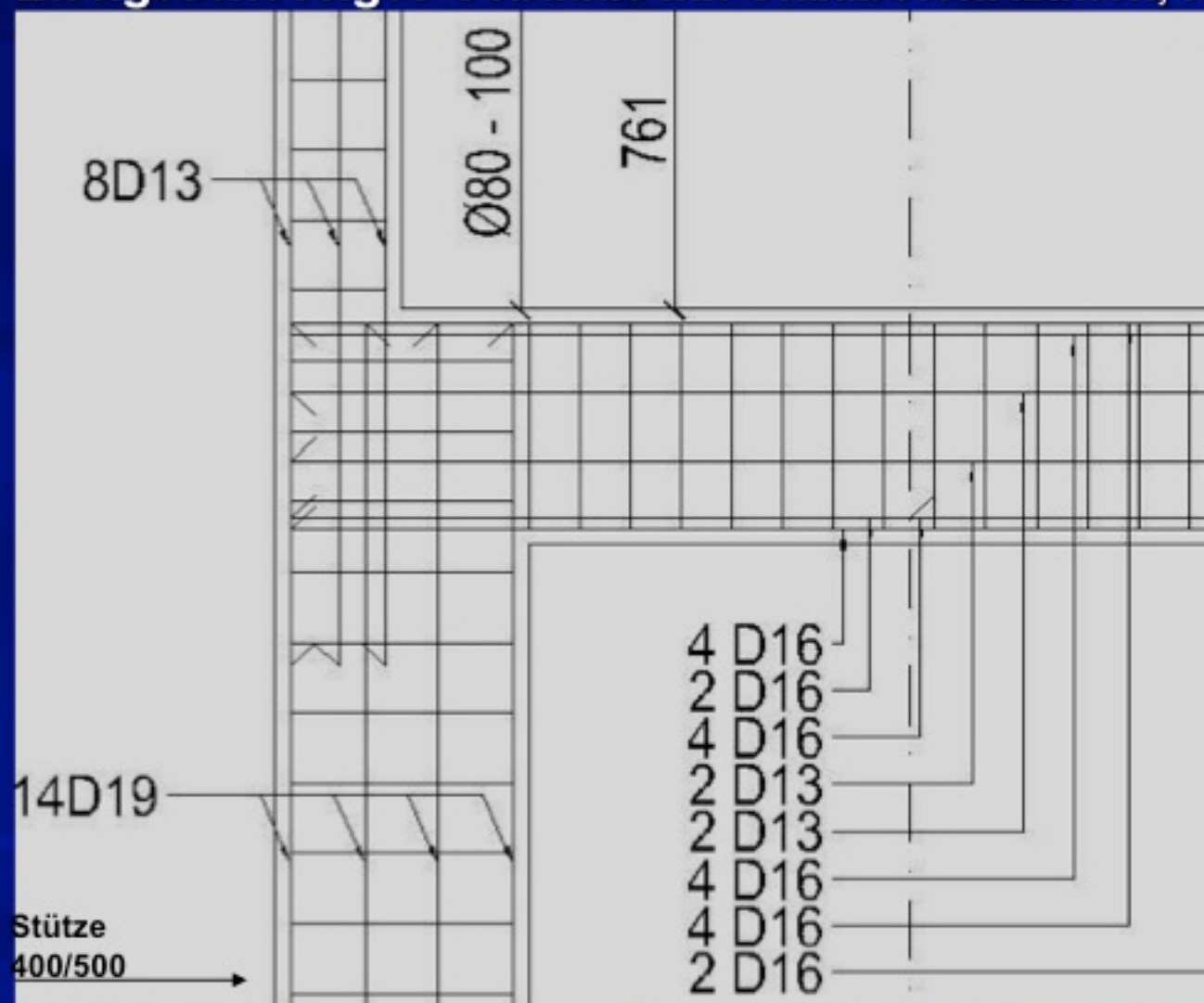
Es ist auch nicht gezeigt, dass an den einzelnen Knoten in beiden Richtungen eine biegesteife Verbindung zwischen Stützen und Träger erstellt werden muss.

Bei den mittleren Stützen ist eine gut ausführbare Lösung ohne grosse Probleme denkbar.

Bei den Randstützen in Axe 15 ist jedoch eine richtige Instruktion notwendig.

Ausführungsprojekt

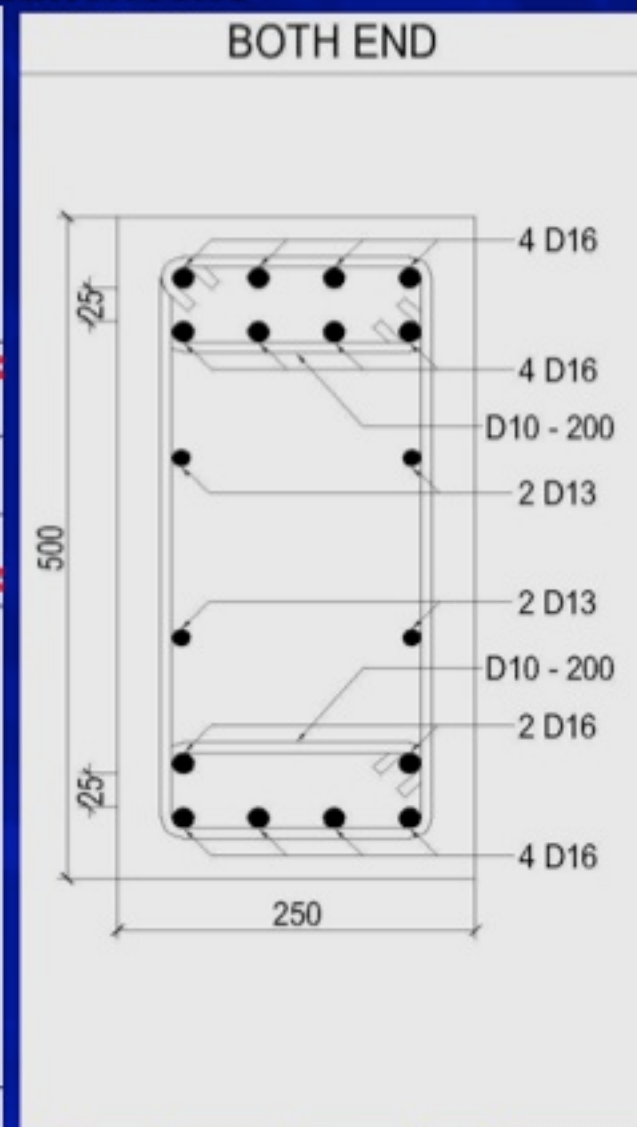
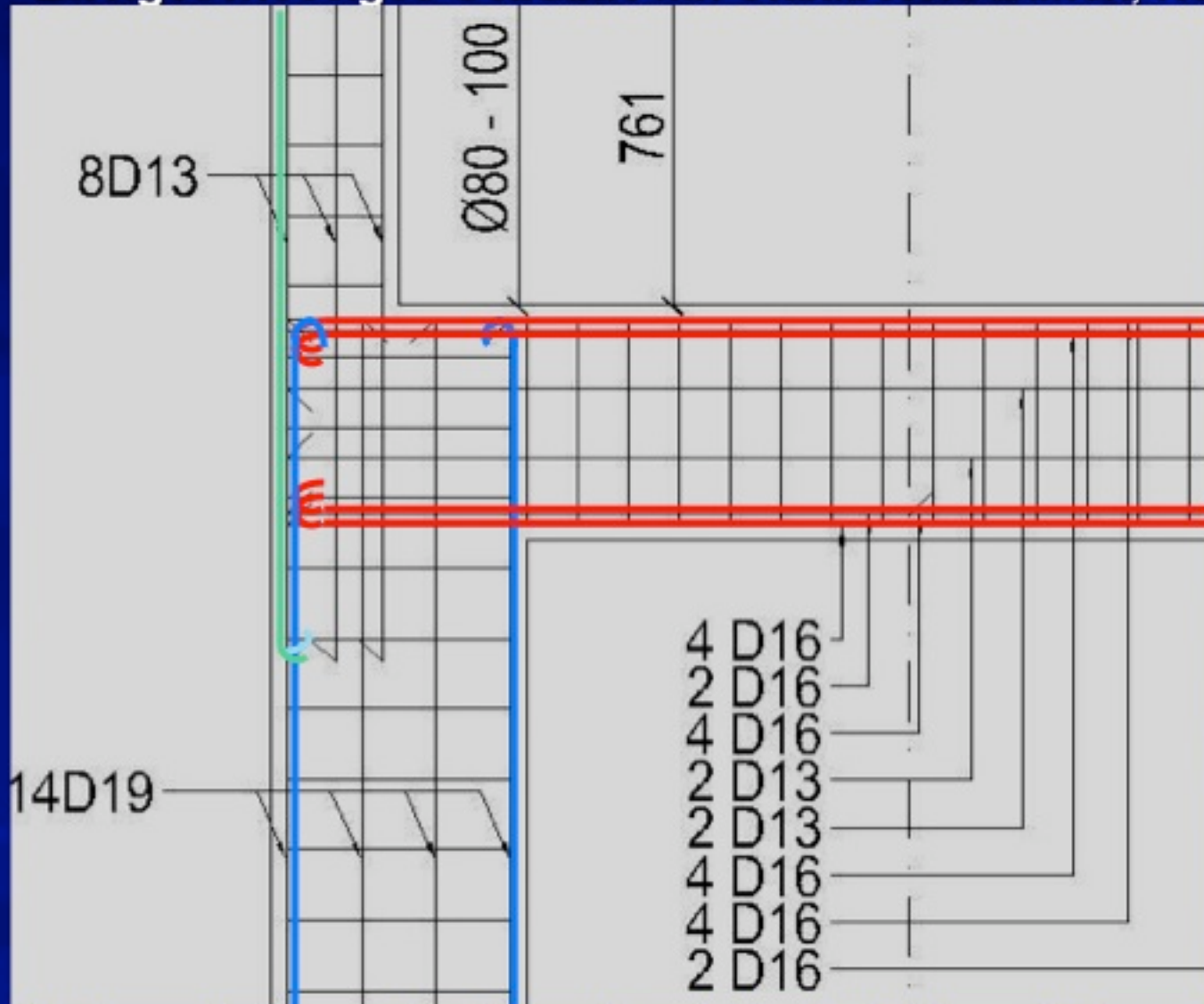
Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Rahmenecke



Die Enden der Bewehrungsstäbe sind angegeben. Sie ergeben eine ungenügende Funktionsfähigkeit.
Die Lage der querenden Bewehrung der Längsträger fehlt.
Die Lösung des Problems wird dem Handwerker überlassen.

Ausführungsprojekt

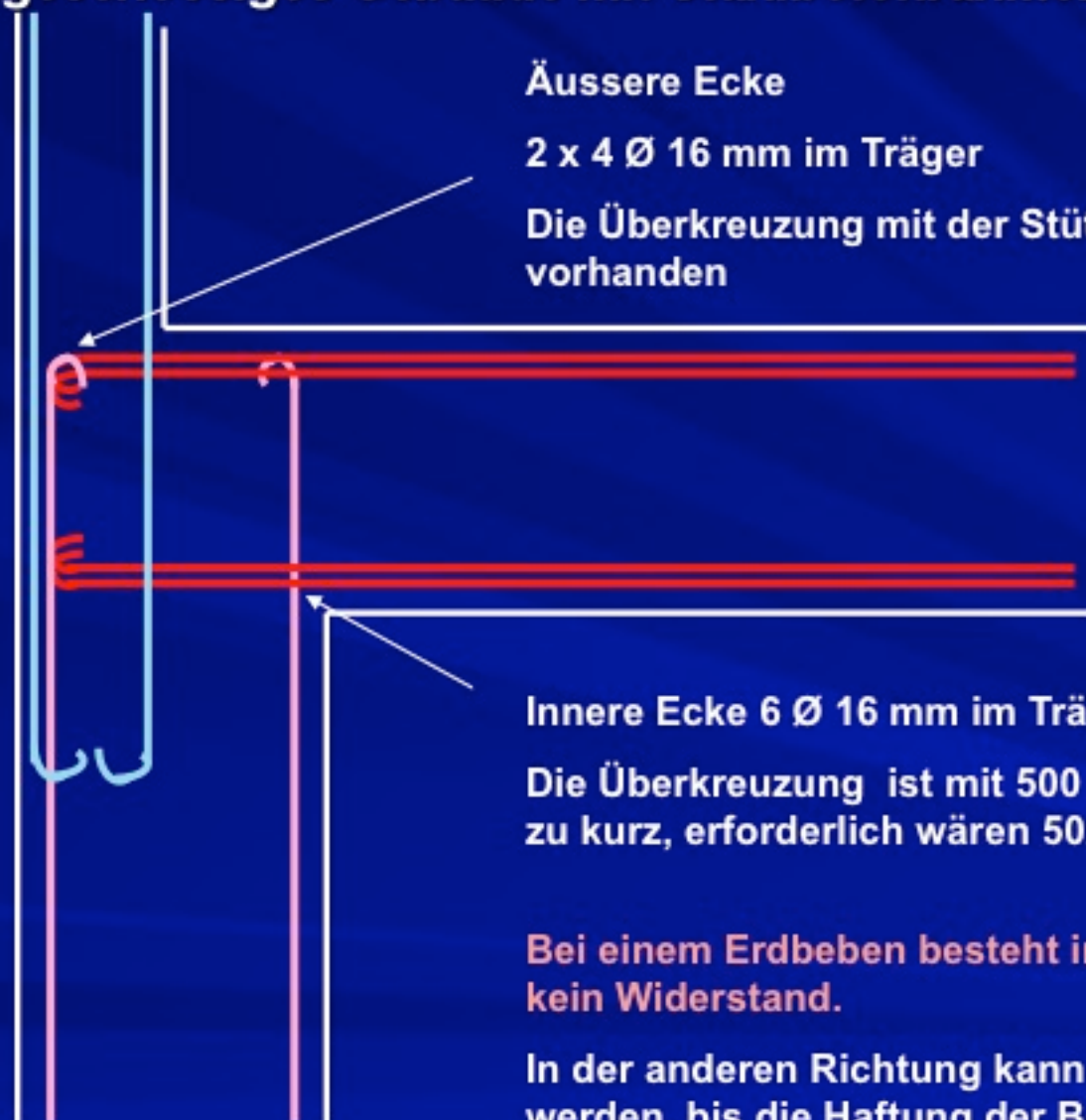
Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Rahmenecke



Die obere Bewehrung des Trägers kann keine Zugkräfte an die äussere Stützenbewehrung übertragen.
Die Rahmenecke kann in dieser Richtung keine Biegemomente aufnehmen.
Bei Erdbeben besteht keine Stabilität.

Bei

Ausführungsprojekt Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen, Rahmenecke



Äussere Ecke

2 x 4 Ø 16 mm im Träger

Die Überkreuzung mit der Stützenbewehrung ist nicht vorhanden

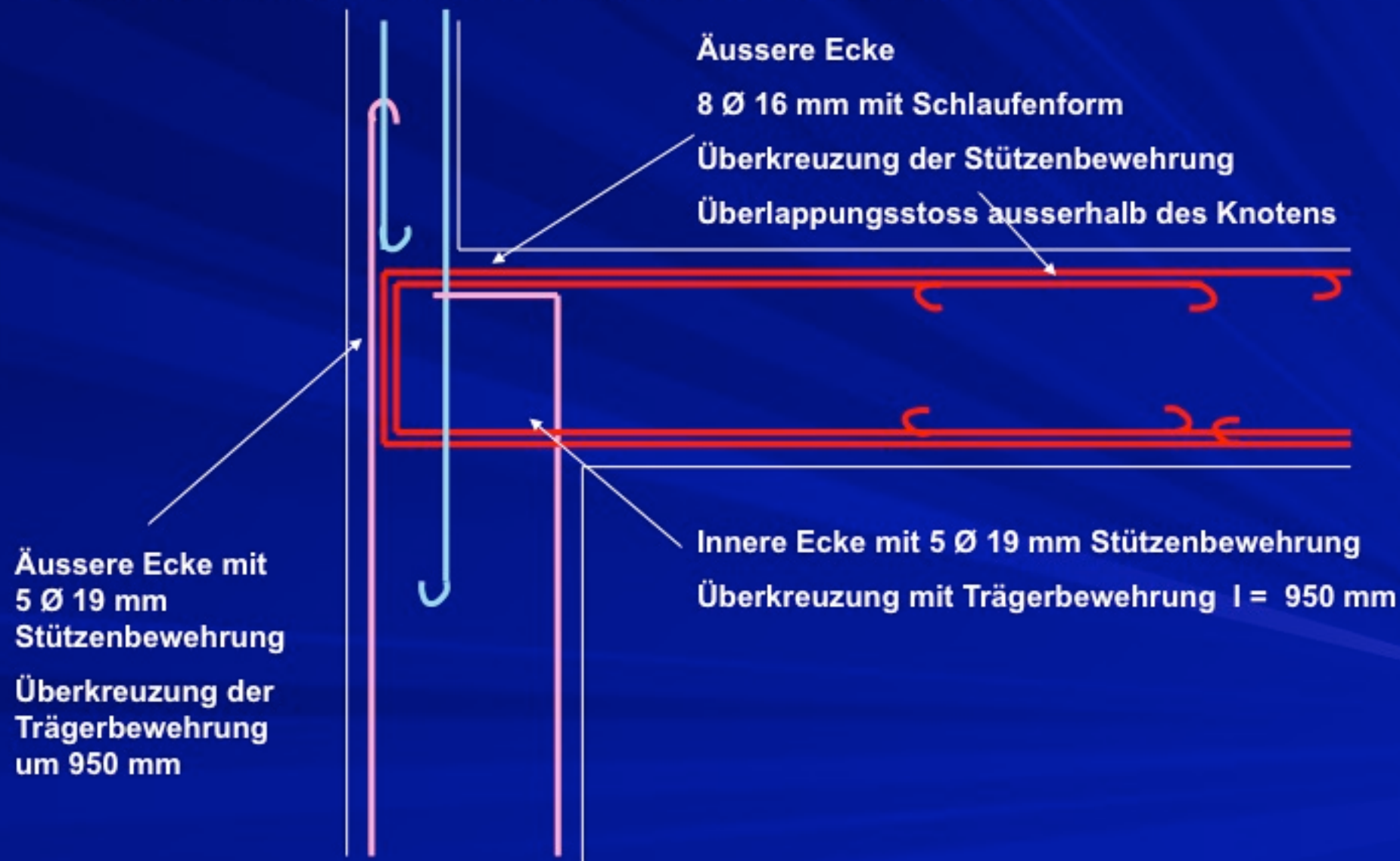
Innere Ecke 6 Ø 16 mm im Träger, 5 Ø 19 in der Stütze

Die Überkreuzung ist mit 500 mm resp. 400mm etwas zu kurz, erforderlich wären $50 \times 16 = 800 \text{ mm}$

Bei einem Erdbeben besteht in der einen Richtung überhaupt kein Widerstand.

In der anderen Richtung kann nur ein Widerstand aufgebaut werden, bis die Haftung der Bewehrung erschöpft ist und die Stäbe aus der Verankerung gezogen werden.

Ausführungsprojekt
Zweigeschossiges Gebäude mit Stahlbetonrahmen
Beispiel für mögliche Bewehrung in den Rahmenecken



Beispiel aus amerikanischen Empfehlungen

NIST GCR 8-917-1

**Seismic Design of
Reinforced Concrete
Special Moment Frames:
A Guide for Practicing Engineers**

Prepared for
*U.S. Department of Commerce
Building and Fire Research Laboratory
National Institute of Standards and Technology
Gaithersburg, MD 20899-8600*

<http://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr8-917-1.pdf>

Beispiel für grössere Bauteile

NIST GCR 8-917-1

Seismic Design of
Reinforced Concrete
Special Moment Frames:
A Guide for Practicing Engineers



Figure 7-3 – Beam-column joint having multiple layers of beam reinforcement hooked at back side of joint. Note the upturned beam (the slab is cast at the bottom face of the moment frame beam).

Seismic Design of
Reinforced Concrete
Special Moment Frames:
A Guide for Practicing Engineers

Empfehlung Strong column – weak beam

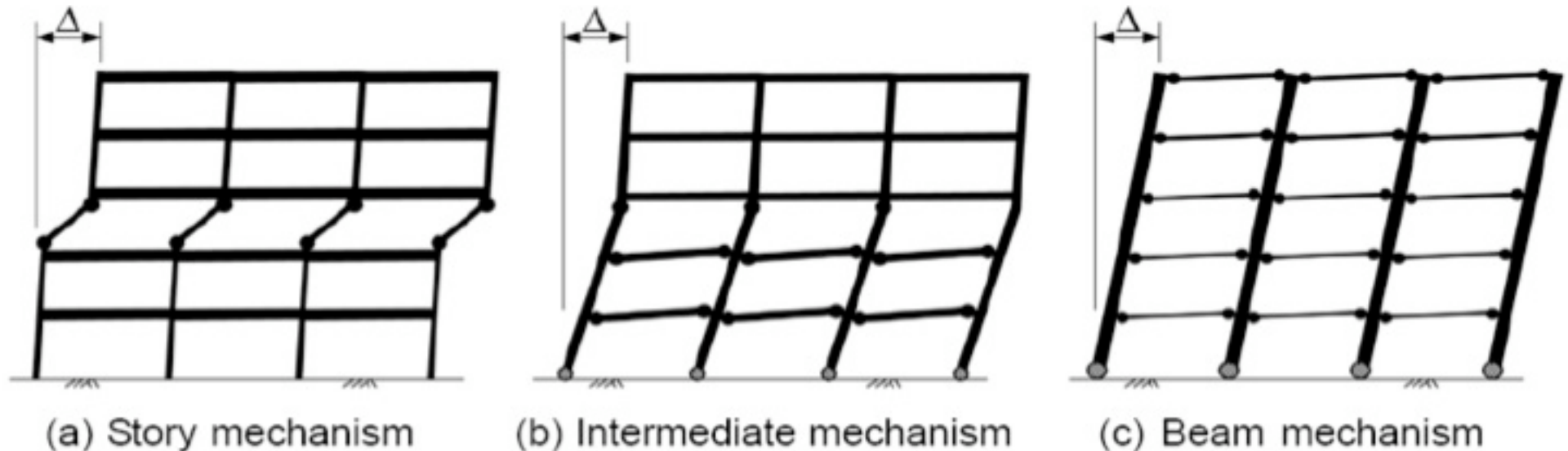


Figure 3-1 - Design of special moment frames aims to avoid the story mechanism (a) and instead achieve either an intermediate mechanism (b) or a beam mechanism (c).

Darstellung der plastisch beanspruchten Zonen

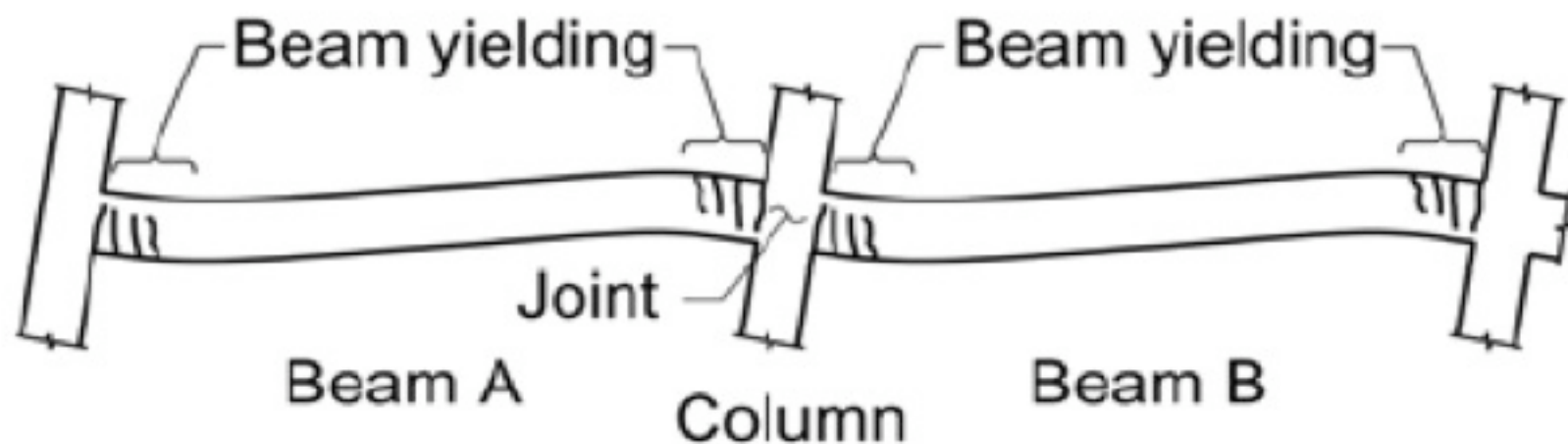


Figure 5-3 – The frame yielding mechanism determines the forces acting on the column and beam-column joint.

Seismic Design of
Reinforced Concrete
Special Moment Frames:
A Guide for Practicing Engineers

Empfehlung für Bewehrungsstoss in Trägermitte

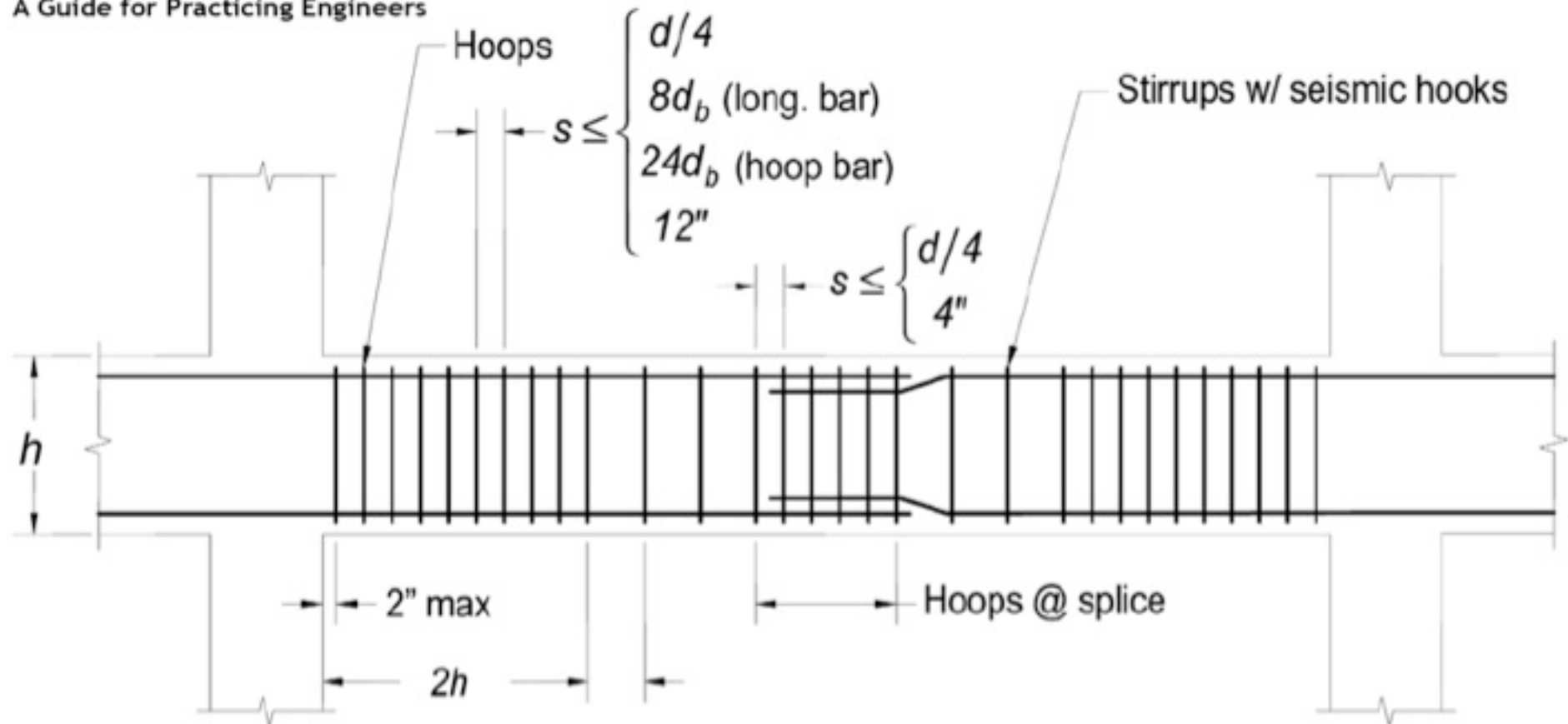


Figure 5-11 - Hoop and stirrup location and spacing requirements.

**Seismic Design of
Reinforced Concrete
Special Moment Frames:**
A Guide for Practicing Engineers



Figure 3-2 - Shear failure can lead to a story mechanism and axial collapse.

Thema Konstruktion

Einbauten bei Stahlbetonrahmen

Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten –
Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren
und Behörden

Hugo Bachmann

Richtlinien des BWG – Directives de l'OFEG – Direttive dell'UFAEG



Das Mauerwerk wirkt als Druckfächer. Die Stützen haben keine Deformationsmöglichkeit. Sie werden abgeschert.

Andere Konstruktionsmaterialien

**Beispiel:
Mehrgeschossiger Bau aus Stahlfachwerken mit Mauerwerk**



4 geschossiges Gebäude Stahlfachwerk mit Ausmauerung

Zustand nach Erdbeben $M = 6.5$

**Die ungenügend verankerten
Mauerwerkfüllungen fallen
heraus**

Der Projektverfasser muss der Bauleitung für die qualitative Überwachung aufzeigen, welche Punkte speziell zu beachten und zu kontrollieren sind. Das Werkzeug für diese Aufgabe ist der Kontrollplan.

Inhalt unter anderem:

Qualitative Anforderung an die Materialien

Qualitative Anforderungen an die Verarbeitung

Wichtige Detailausbildungen. Darunter fallen auch die speziell zu beachtenden Konditionen für das Verlegen der Bewehrungsstähe.

Die Ausbildung der Verankerungen und Verbindungen bei zusammengebauten Teilen.

Anforderungen an den Baugrund

Die Planunterlagen des Projektverfassers müssen die konstruktiven Lösungen klar und eindeutig aufzeigen.

Die Bauleitung muss in der Lage sein, auf Grund der erhaltenen Unterlagen die Checklisten für die Baukontrolle auszuarbeiten. **Sie muss sich auch vergewissern, ob die erhaltenen Projektangaben ausführbar sind.**

Thema Kontrolle der Bauausführung

Die Qualität eines Bauwerks ist beeinflusst durch eine Kontrolle durch die Bauleitung.

Sie muss dem Handwerker die qualitativen Anforderungen erklären können und eine korrekte Ausführung durchsetzen.

Eine Konstruktion mit besserem Verhalten bei Erdbeben erfordert oft Lösungen, die den Handwerkern noch nicht vertraut sind. Zur Vermittlung der Kenntnisse und des Verständnisses sind spezielle zeichnerische Darstellungen und Modelle hilfreich.

Gut bewährt haben sich tragbare Modelle von Detailausbildungen, die den Handwerkern vor Ort für einige Zeit hingestellt werden.

Bei grösseren Serien von ähnlichen Bauten ist es hilfreich, vorgängig ein Pilotgebäude zu erstellen, das die korrekte Ausführung aufzeigt.

Thema Instruktion



Armierungsmodelle zur Instruktion an der technischen Universität von Yogyakarta

Tragbare Modelle zeigen die verschiedenen Rahmenknoten, so wie diese in den indonesischen Baunormen postuliert sind. Die Ausführung ist aber sehr kompliziert. Die Art der Instruktion ist jedoch sehr zu empfehlen.



Thema Bauausführung häufige Mängel



Zweckmässiger Betonriegel mit Ausmauerungen nach indonesischer Norm

Baustandard mit Betonrahmen und Backstein in der Umgebung von Yogyakarta

Die Betonriegel sind leicht armiert, mit wenigen Bügeln. Die Armierung ist in den Ecken kaum verankert.



Thema Bauausführung, häufige Mängel



Problem Mauerwerkverankerung zu kurz, keine richtigen Haken

Thema Bauausführung, häufige Mängel



**Problem Riegelbewehrung um innere Ecke
bei einer Zugbelastung wird der Beton abgesprengt**

Thema Bauausführung, häufige Mängel



**Problem zum Betonieren und Verdichten
Riegelbewehrung um innere Ecke**

Thema Bauausführung

Häufige Mängel

Bügel mit der abgebildeten Form entsprechen den Anforderungen nicht.

Auszug aus SIA Norm 262 Art.5.7.3



Verankerung und Stösse

In plastischen Bereichen von Tragwänden, Stützen und Riegeln sind folgende Bestimmungen einzuhalten:

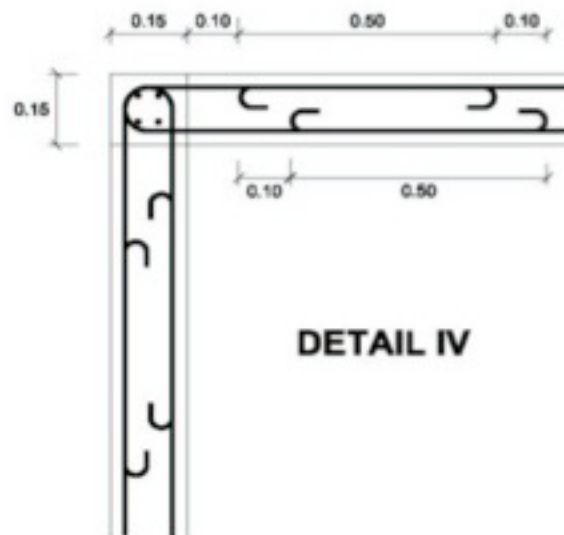
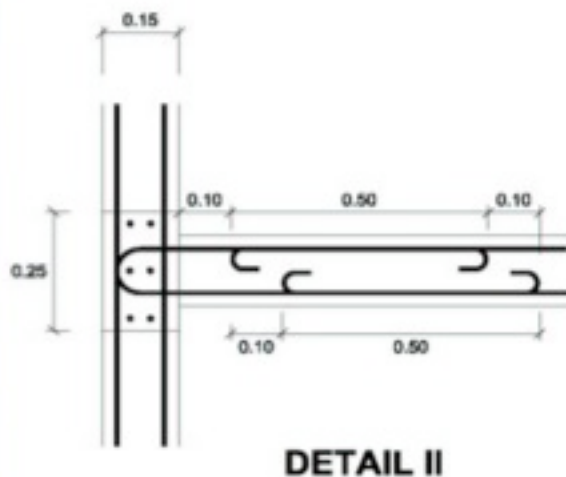
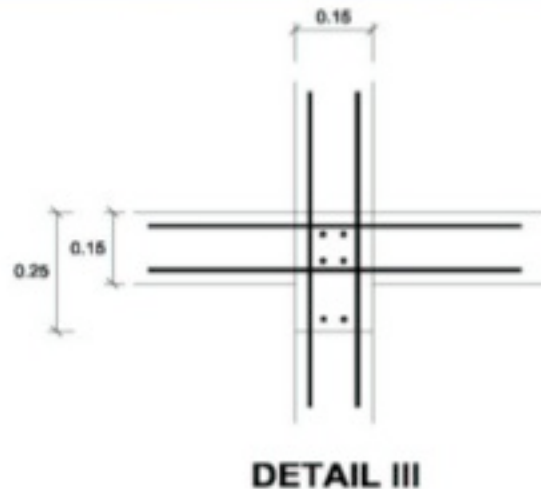
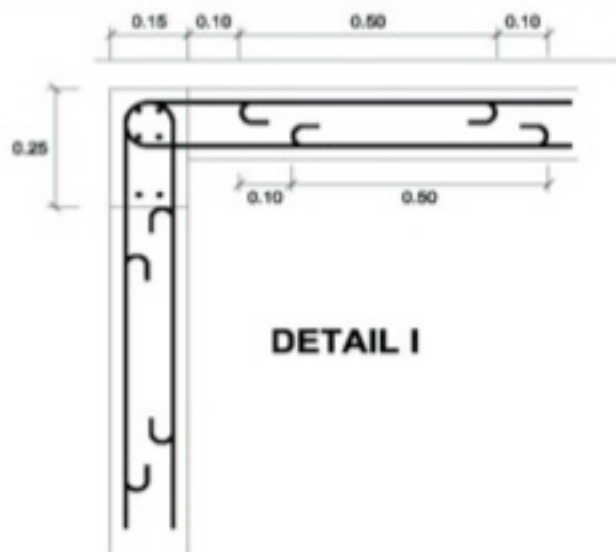
- Umschnürringbügel sollen zwei Endhaken (135°-Abbiegungen) mit Mindestlängen von $10\varnothing$ aufweisen.
- Übergreifungsstösse sind zu vermeiden oder gegebenenfalls im dem Knoten abgewandten Drittel der plastischen Bereiche anzuordnen.
- Mechanische Stabverbindungen dürfen nur eingesetzt werden, wenn mit entsprechenden Prüfungen eine ausreichende Duktilität nachgewiesen wird.

Thema Bauausführung, häufige Mängel



Problem zum Betonieren
Zuviele Eisen oder zu kleiner Betonquerschnitt
Ungünstige Bewehrungsführung

Thema Bauausführung, Wandriegel mit kleinen Abmessungen



Bei Wandriegeln mit kleinen Abmessungen können die Bewehrungsstäbe nicht in den Knotenpunkten gestossen werden. Mit einem U-förmigen Bügel können die Längseisen der Pfosten umfasst werden. Der Stoss liegt ausserhalb des Knotens im Riegel.

Thema häufige Mängel

Materialqualität Beton

Betonfestigkeit

Die Festigkeit ist abhängig von

- A der Materialzusammensetzung (Zement, Wasseranteil, Kies/Sand, Verunreinigung)
- B der Mischungsintensität
- C der Verdichtung nach dem Einbringen
- D der Nachbehandlung (Schützen vor Austrocknung oder Frost)

Prüfung der Festigkeit

Massgebend ist die Festigkeit des Betons im Bauteil. Eine Prüfung von Probewürfel etc. gibt keine Aussage über den Beton im Bauteil. Die Festigkeit am Bauteil kann jederzeit mit dem Prellhammer überprüft werden.

Häufigste Ursache der Mängel

Sehr oft sind Mängel beim Einbringen und Verdichten des Betons festzustellen. Die Ursachen sind zu kleine Bauteilabmessungen und Bewehrungseisen, die das Einbringen und Verdichten verunmöglichen, oder ungenügende Werkzeuge (keine Vibratoren).

Sehr oft ist auch der Beton mit viel zu viel Wasser angemacht, damit das Einbringen besser geht. Eine weitere häufige Ursache ist eine mangelhafte Qualität des Zements.

Empfehlung

Die Projektleitung muss bereits beim Vorprojekt überprüfen, ob der Projektverfasser für das Bauprojekt eine Betonqualität voraussetzt, die an Ort realisiert werden kann.

Thema häufige Mängel

Materialqualität Bewehrungsstahl

Anforderungen

Die Qualität ist vorallem abhängig von

- A der Festigkeit (Fließgrenze)
- B der Oberflächenbeschaffenheit für den Verbund mit dem Beton
- C dem Dehnungsvermögen (massgebend für die Arbeitsfähigkeit bei Erdbeben, Duktilitätsklasse)

Prüfung

Die Fließgrenze kann nur in einem Labor getestet werden. Der Lieferant muss die Materialeigenschaften angeben.

Die Duktilitätsklasse muss ebenfalls dokumentiert sein. Biegeversuche auf der Baustelle können eine mangelhafte Duktilität anzeigen, wenn der Stahl spröde bricht.

Häufigste Mängel

Sehr oft werden Stähle ohne Profilierung geliefert obwohl der Projektverfasser profilierten Stahl angenommen hat. Dies bedingt grössere Verankerungslängen.

Oft entspricht auch die Festigkeit des Stahls (vor allem dem nicht profilierten) nicht den Vorgaben des Projektverfassers.

Empfehlung

Die Projektleitung muss bereits beim Vorprojekt überprüfen, ob der Projektverfasser für das Bauprojekt eine Stahlqualität voraussetzt, die an Ort erhältlich ist.

Thema häufige Mängel

Einbau des Bewehrungsstahls

Anforderungen

Die Anordnung der Bewehrungsstähe muss den konstruktiven Regeln folgen

- A den Dokumentationen der nationalen Baunormen oder den Normen des SIA, allenfalls auch den massgebenden US oder EURO Normen.
- B die eingebaute Bewehrung muss genügend Raum zum Einbringen und Verdichten des Betons lassen.
- C die Formgebung der Bewehrungsstähe muss den konstruktiven Anforderungen für erdbebensichere Bauweise entsprechen.

Prüfung

Die eingebaute Bewehrung muss von der Bauleitung abgenommen werden bevor alle abdeckenden Verschalungen montiert sind. Die Abnahme sollte nachvollziehbar festgehalten werden.

Häufigste Mängel

Zu wenig Raum zum Einbringen des Betons

Zu kurze Überlappungsstösse

Zu wenig gebogene und zu kurze Haken

Abgebogene Bewehrung nicht auf der Gegenseite des Bauteils verankert

Bewehrung um eine innere Ecke gebogen

Empfehlung

Die Bauleitung muss vor der Wahl des Unternehmers prüfen, ob genügend Personal mit fachlichem Wissen vorhanden ist. Sie muss auch prüfen, ob die Unterlagen des Projektverfassers eine ausreichende und ausführbare Detaillierung enthalten.

Holz, ein anderes Konstruktionsmaterial

Holz hat grosse Vorteile in Erdbebengebieten:

Leichte Bauweise = Weniger Horizontalkraft

Hohe Elastizität = Gutes Arbeitsvermögen

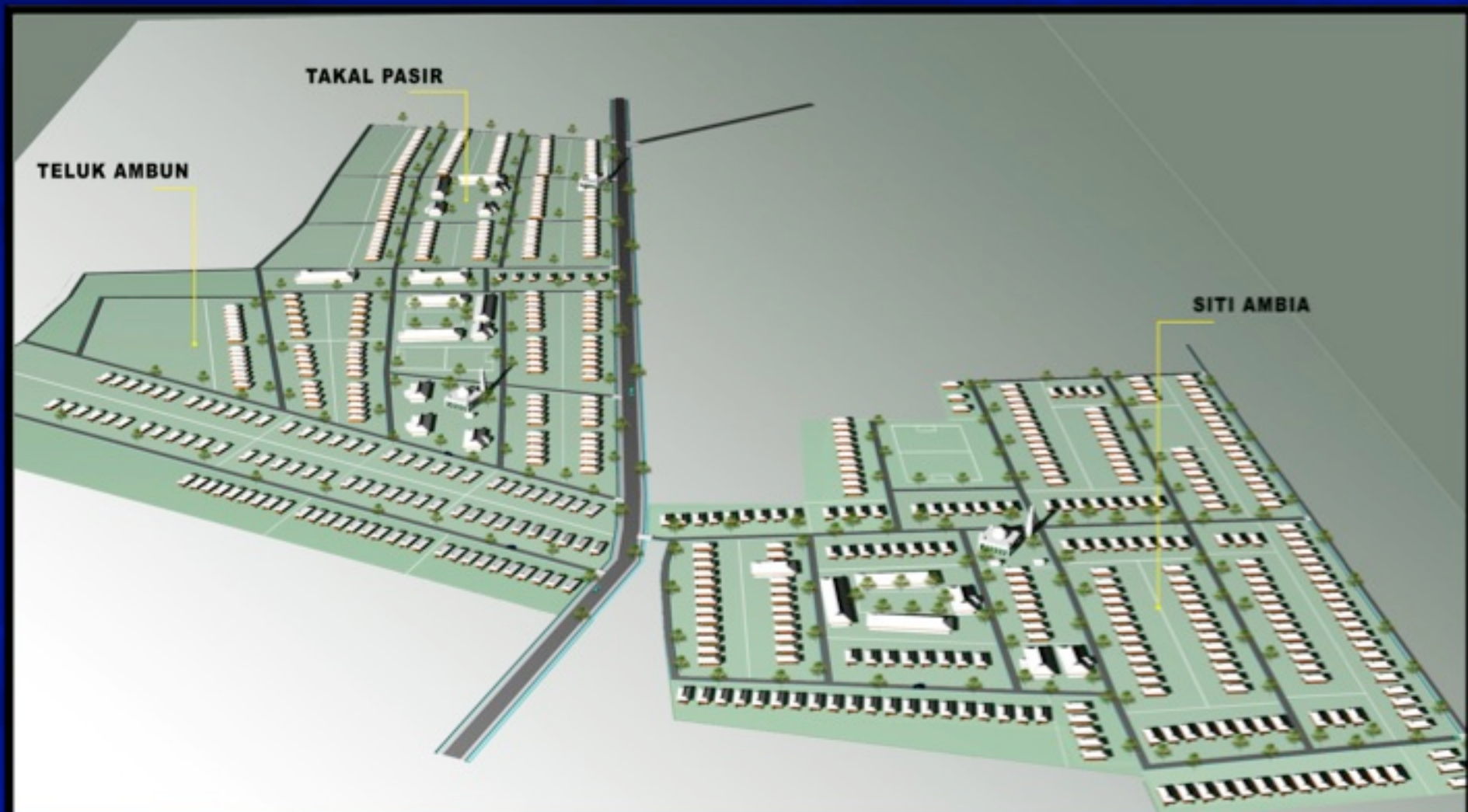
Gute Eignung für Selbstbau

Thema Tragwerke aus Holz



Thema Bauausführung im Selbstbau

600 Holzhäuser in einem Moorbodengebiet



Thema Konstruktion Tragwerke aus Holz

Anstelle von ausführenden Unternehmungen leisteten die zukünftigen Bewohner die handwerkliche Arbeit selbst.

Die Projektleitung erarbeitete eine detaillierte Anleitung für den Selbstbau.

Für die Kommunikation der zum Teil neuen Techniken wurden transportierbare Modelle im Massstab 1:1 erstellt.

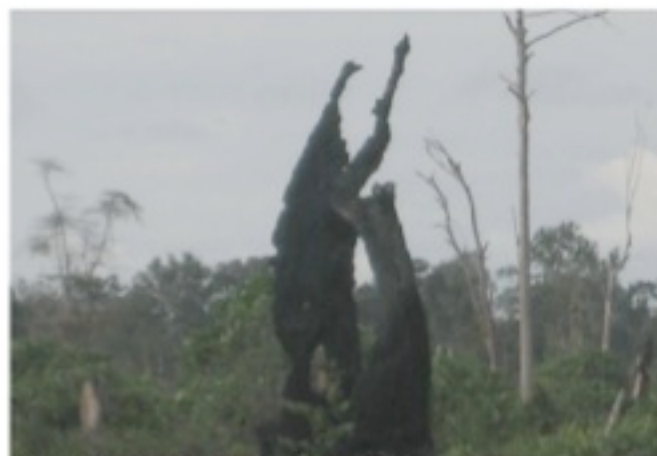
KONSTRUKSI BANGUNAN RUMAH KAYU

1 Konstruksi rumah

1.1 Tiang Utama

1.1.1 Pembersihan Lahan

Memindahkan dan membersihkan sisa-sisa sampah lahan (akar2 pohon) dari lokasi bangunan sehingga lokasi / kavling tersebut layak dan siap untuk dibangun. Pekerjaan ini dilaksanakan setelah pembagian kavling, oleh beneficiary atau tukang yang akan mengerjakan pembangunan rumah di lokasi tersebut, alat yang digunakan parang, kampak, gergaji dan cangkul.



Gambar 1. Lahan yang belum dibersihkan

Thema Konstruktion

Anleitung für Pfahlgründung

Konstruksi Bangunan Rumah Kayu



Gambar.13. Proses pemancangan tiang menggunakan Pompa air (water pressure)



1.1.5 Penimbunan kembali pada tiang

Penimbunan / Pemadatan kembali tanah pada sekitar tiang pondasi rumah.

Untuk memastikan bahwa tiang tersebut sudah benar-benar masuk dalam pasir, lakukan penghentakan kembali beberapa kali ketukan terhadap tiang-tiang tersebut hingga mentok dan tidak amblas lagi (gunakan potongan damli local sebagai alat penghentak).

untuk menimbun lobang galian sebaiknya gunakan pasir urugan, isi pasir tersebut untuk mengurug disekitar tiang (damli), padatkan pasir itu supaya permukaan tanah disekitar tiang-tiang tersebut stabil.



Halaman 8 dari 137

Created by: Construction Team

Konstruksi Bangunan

Gambar.14. Proses penghentakan tiang



Gambar.15. Pengukuran ketinggian tiang



Gambar.16. Patokan ketinggian takikan

Thema Konstruktion Tragwerke aus Holz

Konstruksi Bangunan Rumah Kayu



Gambar.22. Tiang yang sudah ditakik

1.2.2 Control ketinggian balok bantalan

Pasang Balok Bantalan (strongclasswood 4/15cm) pada Tiang yang telah ditakik dengan posisi berbaring tegak dengan cara penyambungan selang seling supaya tiap titik sambungan tidak berada pada satu garis. (gambar bantalan).



Gambar.23. Balok bantalan utama

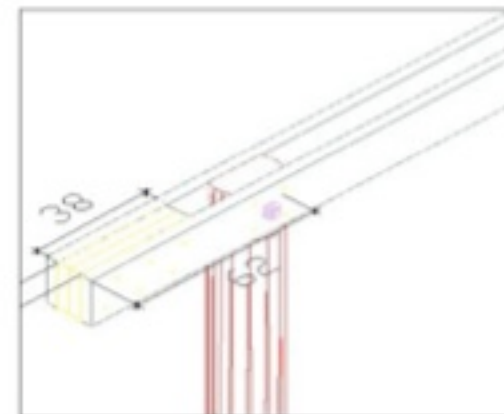
Halaman 13 dari 137

Created by: Construction Team

Konstruksi Bangunan Rumah Kayu



Gambar.24. Sambungan ujung bantalan utama



KONSTRUKSI 1 DETAIL 1.2

Gambar 25. Detail isian bantalan

Mengontrol ketinggian sisi atas bantalan jepit dan mengaturnya sehingga posisi atasnya rata dan datar, rekatkan balok-balok tersebut dengan menggunakan paku 4inch masing-masing 4 pcs tiap sambungan, untuk menokok paku gunakan palu yang besar, perhatikan pada titik tengah jangan dikasih paku kerana disitu untuk pemasangan baut-mur. Gunakan benang kecil untuk mengontrol kembali kedataran dan kesamaan tinggi dari permukaan antar balok bantalan tersebut.

Halaman 14 dari 137

Created by: Construction Team

Thema Instruktion neuer Verbindungsmittel



Thema Konstruktion

Gebaute Muster - Tragwerke aus Holz

Konstruksi Bangunan Rumah Kayu



Gambar.44. Balok lantai tengah dan plat B



Gambar.45. Pemasangan balok lantai tengah

Thema
Zufriedene Nutzer sind
stolz auf IHRE Leistung



Gambar.151. Pintu dan Jendela



Gambar.152. Konstruksi Rumah yang sedah selesai

Thema Tragwerke aus Holz



Konzept für die Implementierung sicherer Tragwerke

Zusammenfassung bezogen auf die Projektphasen

Planerauftrag	Pflichtenheft mit Zielen und Randbedingungen, Rahmenbudget Leistungsumfang, Ablauf für Projektierung und Genehmigung Nutzungsvereinbarung mit wichtigen Schutzzielen und akzeptierten Risiken
Vorprojekt	Beurteilung der Gefahrenbilder entsprechend der Nutzungsvereinbarung Beurteilung des Potentials des Konzepts für die technische Zielerfüllung Klärung der Ausführbarkeit mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen Mit der Genehmigung des Vorprojekts werden die wichtigsten Entscheide getroffen
Bauprojekt Erdbeben	Projektdefinition für quantifizierte Gefährdungsbilder, bez. Bodenbeschleunigung, Baugrund, Verhaltens- und Bemessung Detaillösungen für Schlüsselprobleme der Konstruktion
Ausführungsprojekt	Systematische Detaillierung der Konstruktion für die Ausführung Kontrollplan mit den notwendigen Details für die Überwachung der Ausführung Anforderungen und Prüfkonditionen für Baumaterialien und Baugrund
Baukontrolle	Verifizieren der Unterlagen für die richtige handwerkliche Ausführung Nachvollziehbare Kontrolle der Schlüsselpunkte der Konstruktion Sicherstellung der Materialqualität und der handwerklichen Instruktionen