



Vorspannung im Hochbau

Vorspannung weltweit – Entwicklungen und Eigenheiten

Dr. Hans Rudolf Ganz



Inhaltsverzeichnis:

- Wieso Vorspannung im Hochbau?
- Typische Deckensysteme für Büros und Hotels, Parkhäuser, Einkaufszentren
- Vorspannsysteme im Hochbau
- Bemessung und konstruktive Durchbildung von vorgespannten Decken
- Vorspannung in andern Elementen als Decken

Wieso Vorspannung im Hochbau?



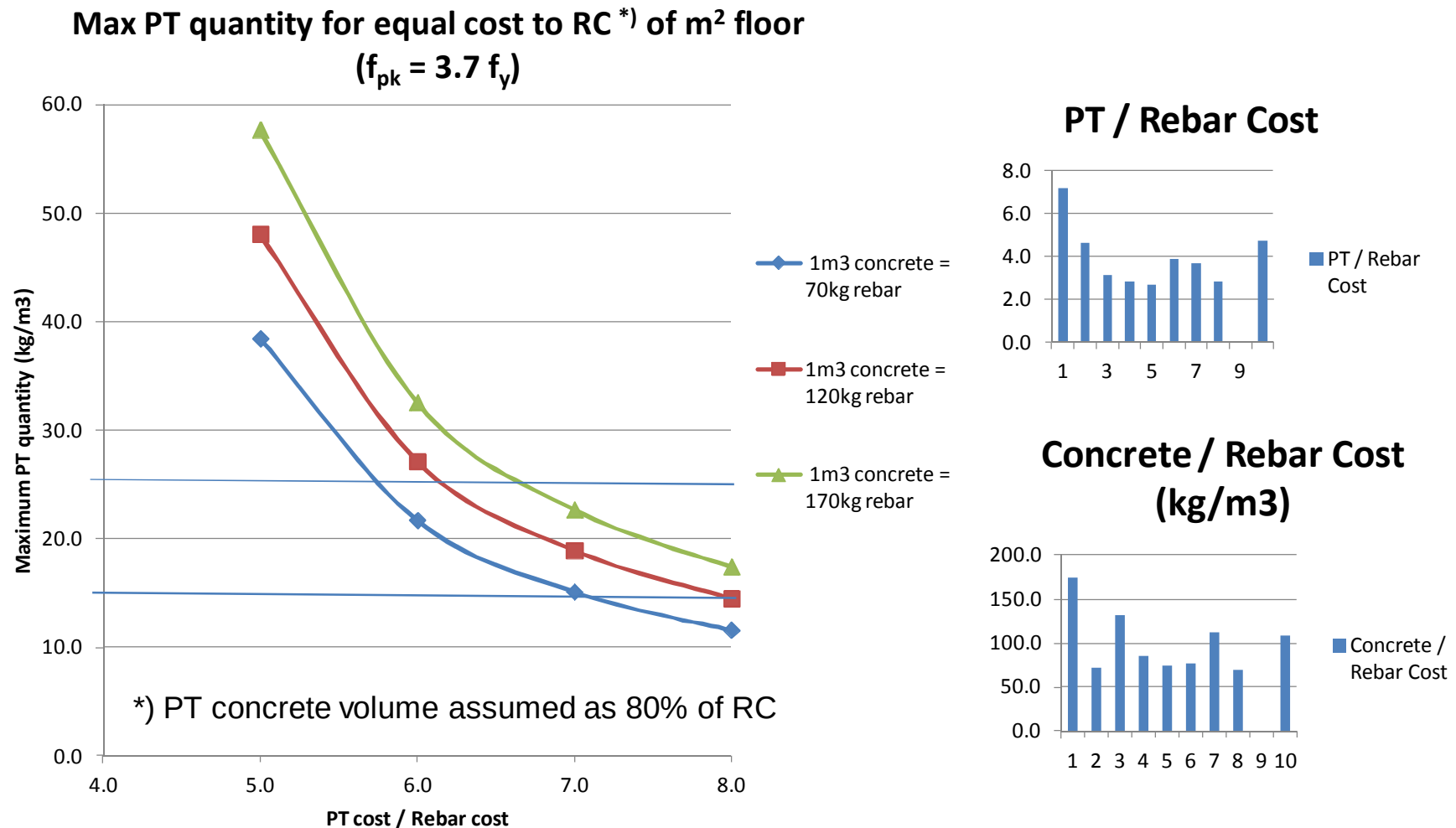
Hong Kong

Vorspannung im Hochbau (primär Decken) ist weltweit eine bewährte und wirtschaftliche Bauweise – für Gebäude mit wenigen Geschossen bis Hochhäuser



Chile

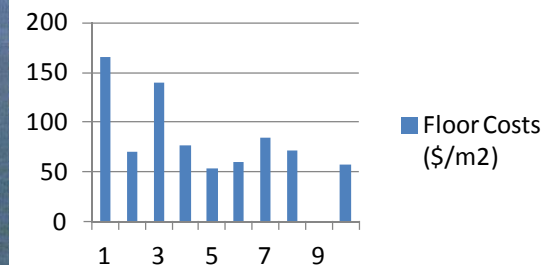
Kosten der eingebauten Materialien für vorgespannte Decken sind günstiger als für bewehrte Decken über weite Bereiche von Parametern in der Praxis



Vorspannung ermöglicht den Bau von weitgespannten Decken mit maximaler nutzbarer Fläche (Wertsteigerung für Besitzer und Mieter)

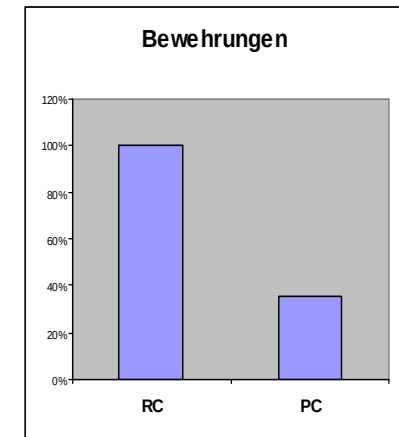
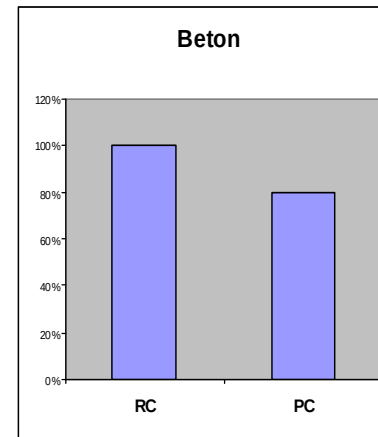
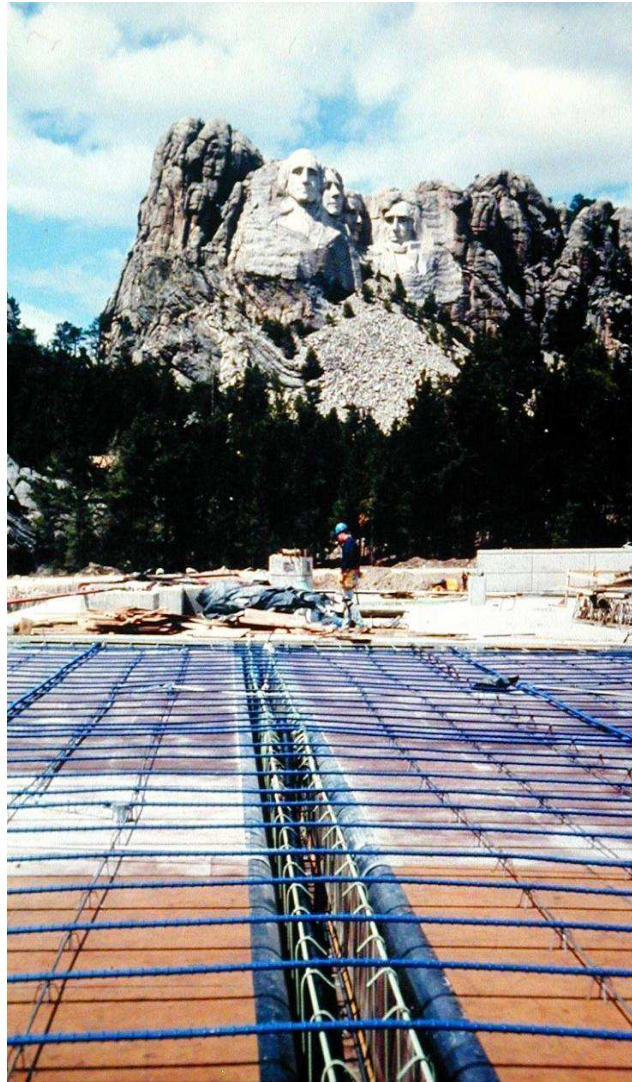


Floor Costs (\$/m²)



N.B.: 1\$ = 0.9 CHF

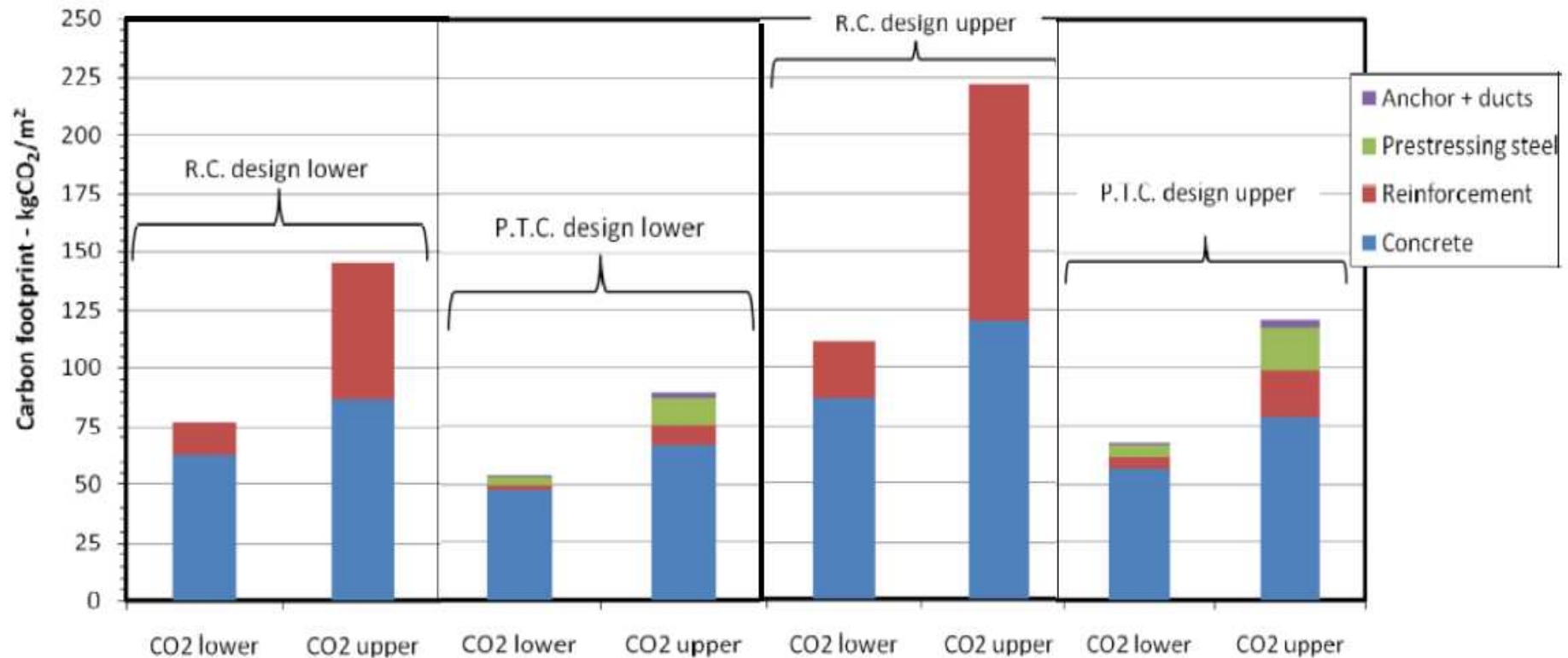
Vorspannung reduziert Materialverbrauch und Arbeitsaufwand



NB: Reduktionen

- Beton: -20%
- Bewehrungen: - 65%
- Arbeit: - 60%

Vorspannung reduziert den „Carbon Footprint“ von Decken und Gebäudestruktur um 30 – 50%



CO₂ lower, upper: CO₂ « footprint » tief oder hoch

Design lower, upper: Bemessung mit Deckenstärke gering / hoch

Vorgespannte Decke hat ca. 30 ÷ 100 kg CO₂/m² weniger als Stahlbeton

**Vorspannung vereinfacht den Einbau von Klimaanlage und
mechanischen / elektrischen Installationen – sie reduziert die Bauhöhe
NB: Effekt auf Kosten der Fassaden**



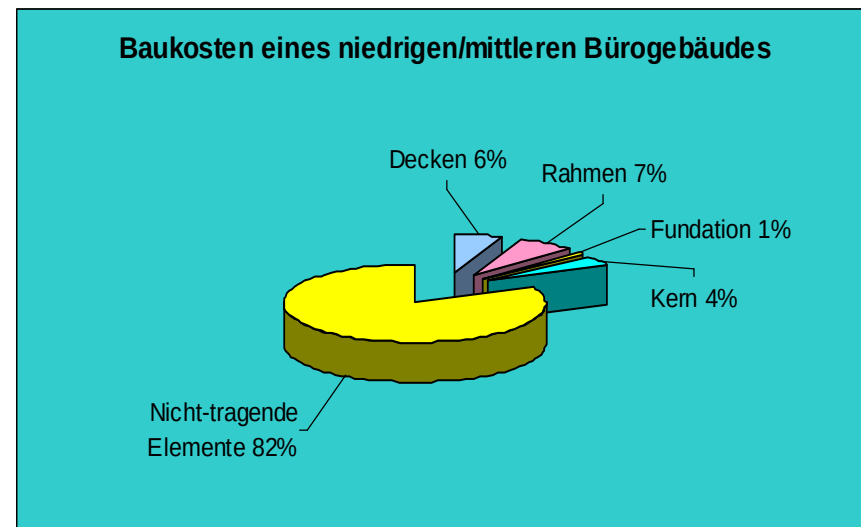
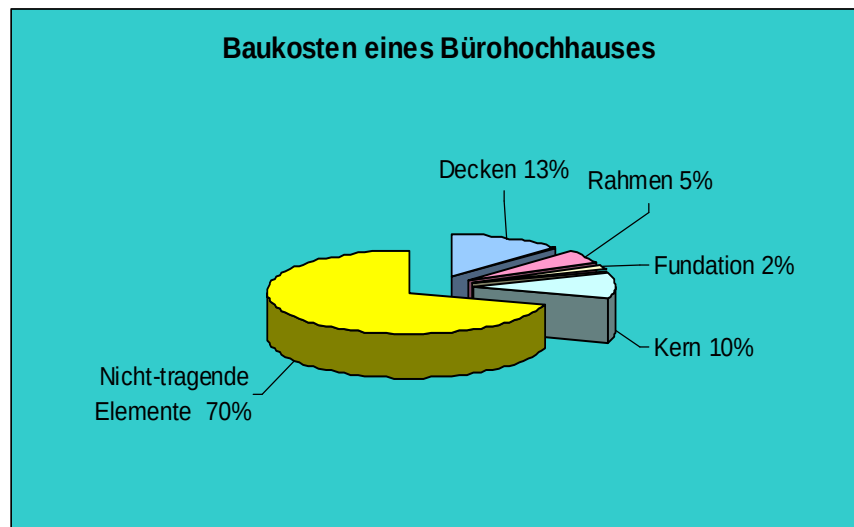
Vorgespannte Decke



Bewehrte Decke oder Verbunddecke

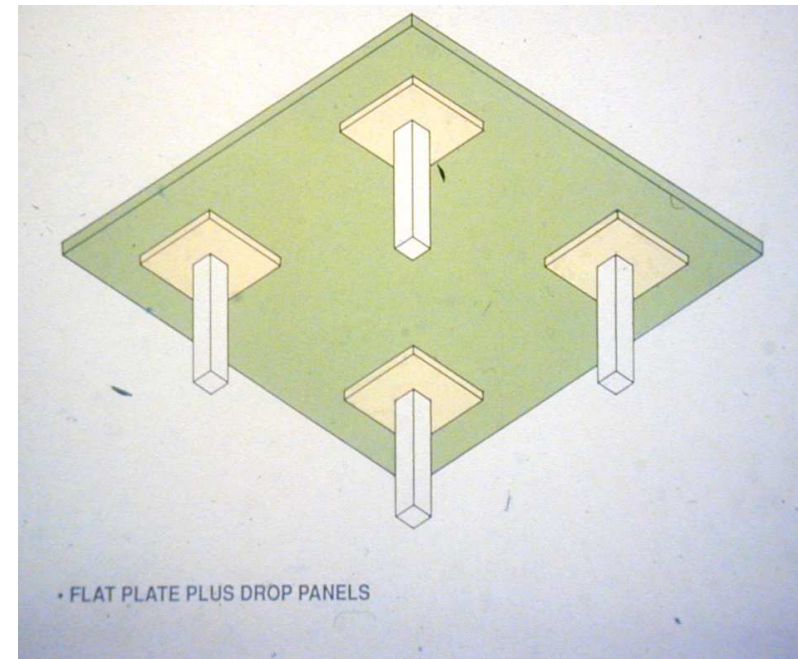
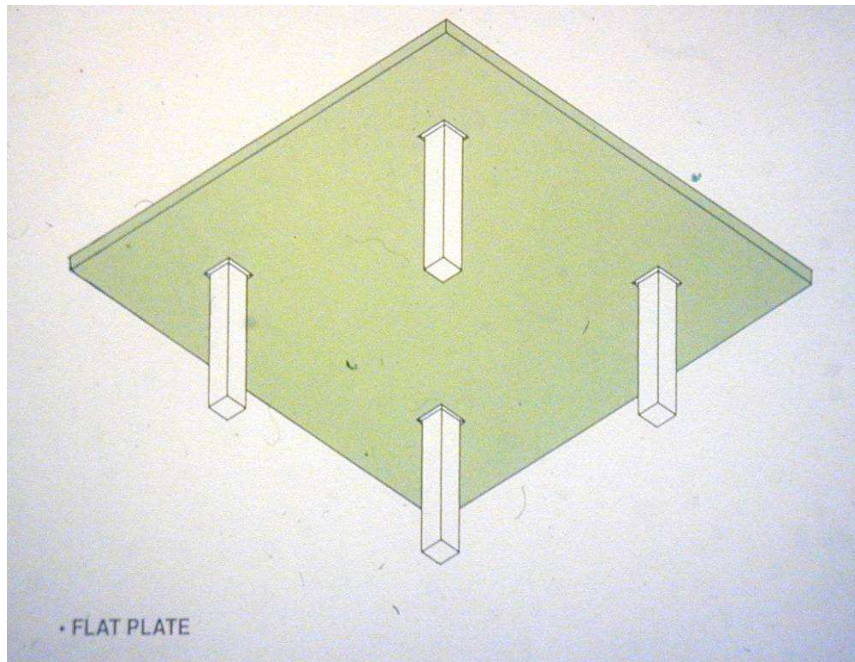
Typische Deckensysteme für Büros und Hotels

Vorgespannte Decken müssen für die Gesamtwirtschaftlichkeit der Gebäude optimiert werden – Reduktion der Kosten der nicht-tragenden Elemente und der Bauzeit



NB: Für Bürogebäude sind häufig Flachdecken optimal, obwohl der Materialverbrauch höher ist als für andere Deckensysteme (für grosse Spannweiten auch Pilzdecken)

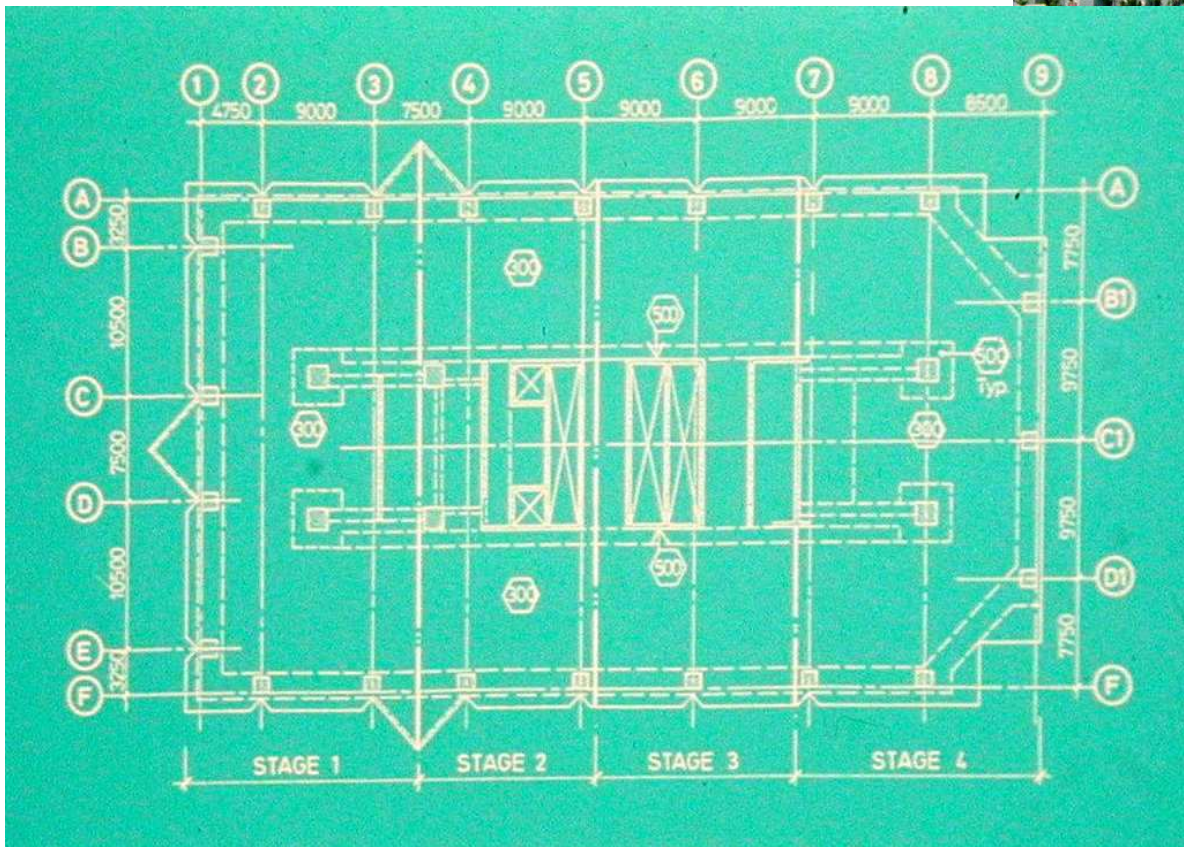
Typisches Tragsystem: Flachdecke und Pilzdecke



Typischer Spannweiten Bereich: 7 - 10 m
Typischer Last Bereich (ohne Decke): 2 - 7 kN/m²
Typische Spannweite/Deckenstärke: 35 - 45

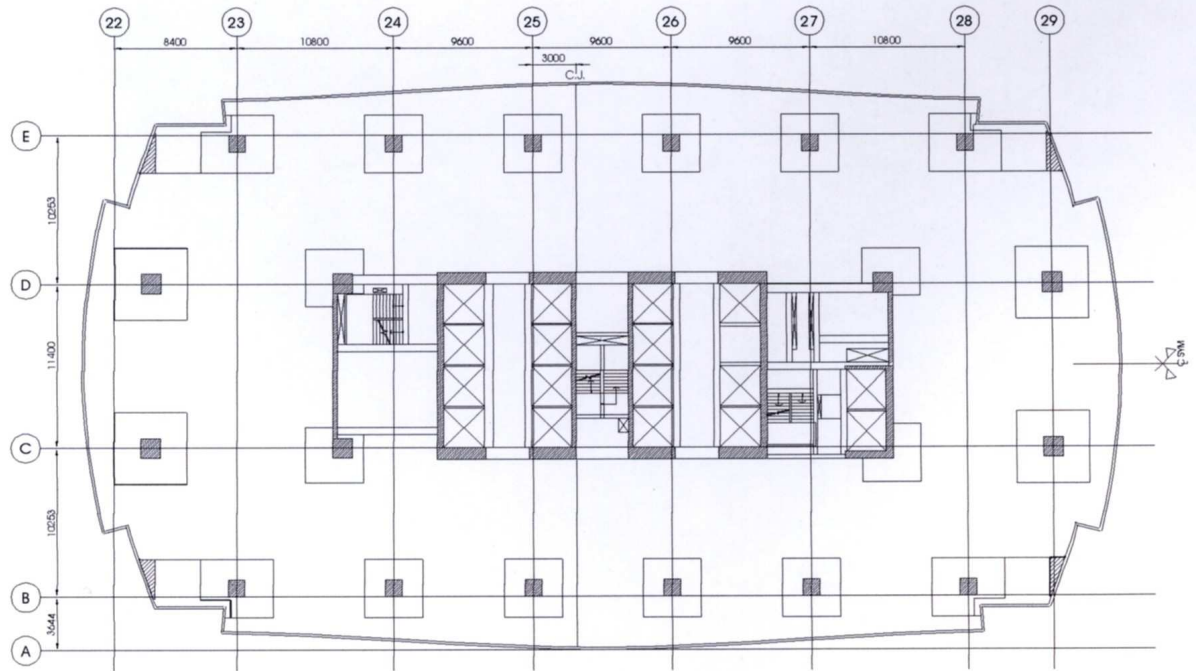
8 - 13 m
2 - 10 kN/m²
35 - 50

Bürogebäude mit Flachdecke



City Plaza HK:
Decken 8~11 m Spannweite
300 mm Deckenstärke
Vorgespannte Flachdecke
ergab ein zusätzliches
Stockwerk innerhalb der
gegebenen Gebäudehöhe

Bürogebäude mit Pilzdecke



Gateway II, HK :
Decken 10~12m Spannweite
260 mm Deckenstärke

Vorgespannte Flachdecken sind typisch für Hotels



Hilton Hotel, Buenos Aires



Hilton Hotel, Guam

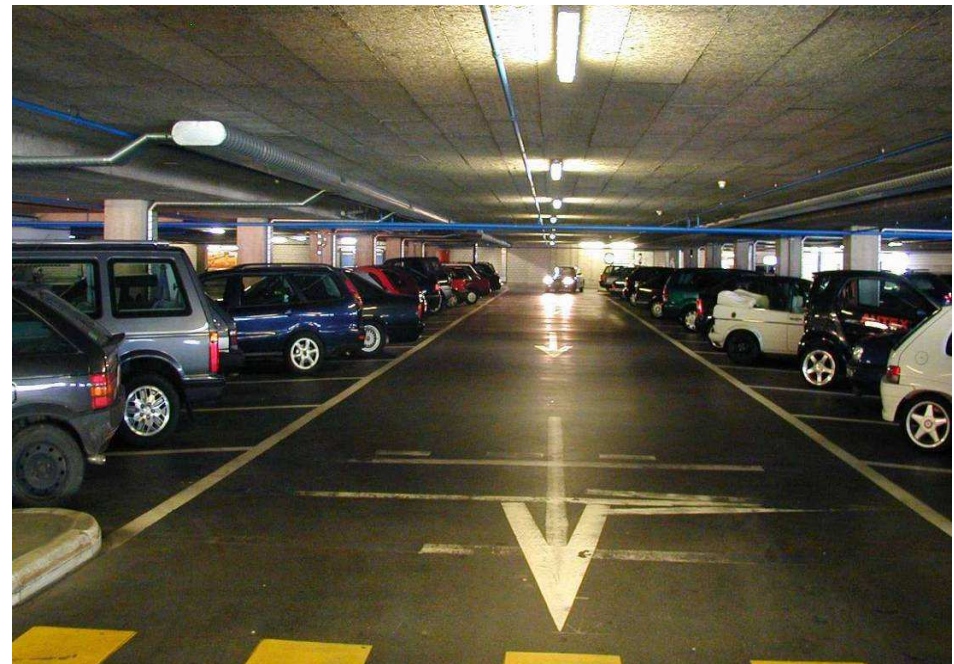
N.B.: Deckenstärken ca. 140-160mm erfordern kleine Spannglieder

Typische Deckensysteme für Parkhäuser

**Vorspannung ermöglicht Parkhäuser ohne Stützen seitlich
der Parkplätze - Verbesserter Zugang und Komfort für
Kunden und grössere Netto-Parkfläche**



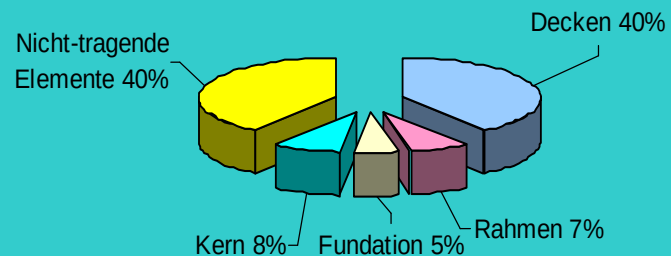
Konventionelles Parkhaus mit engem
Stützenraster



Vorgespanntes Parkhaus mit
grosszügigem Stützenraster

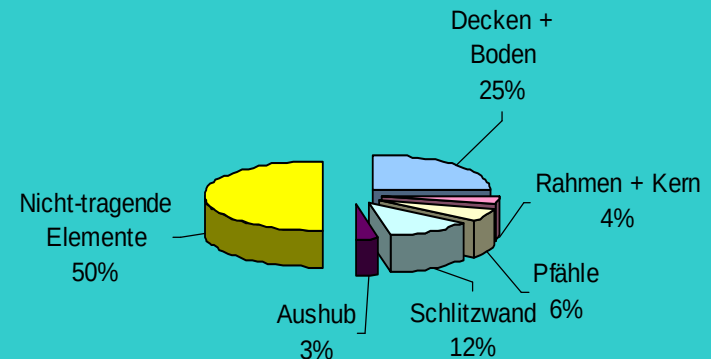
Deckensysteme von Parkhäusern sind auf minimalen Materialverbrauch (über Boden) und minimale Höhe (unterirdisch) optimiert

Baukosten von Parkhäusern über Boden



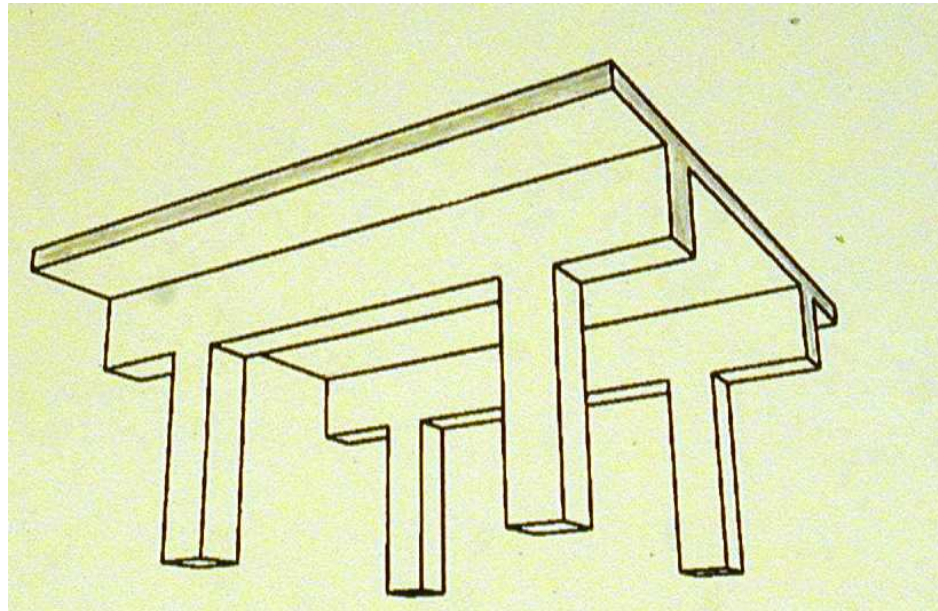
Parkhaus über Boden

Baukosten von unterirdischen Parkhäusern



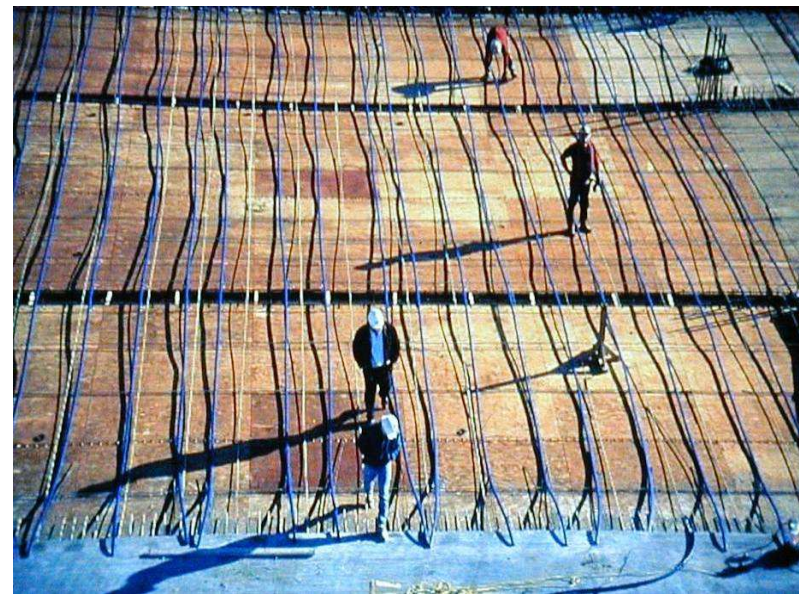
Unterirdisches Parkhaus im Grundwasser

Tragsystem: Schmale Träger und Platte



Typischer Spannweiten Bereich Träger :	12 - 20 m
Typischer Spannweiten Bereich Platte :	5 - 8 m
Typische Spannweite/Trägerstärke :	18 - 24
Typische Spannweite/Plattenstärke :	40 - 45
Typische Breite der Träger:	0.4 - 0.5 m

Typisches Parkhaus in den USA mit schmalen Trägern und Platte



Brücken-Spannglieder in Trägern, kleine Spannglieder in Decke, sehr wenig schlafe Bewehrung

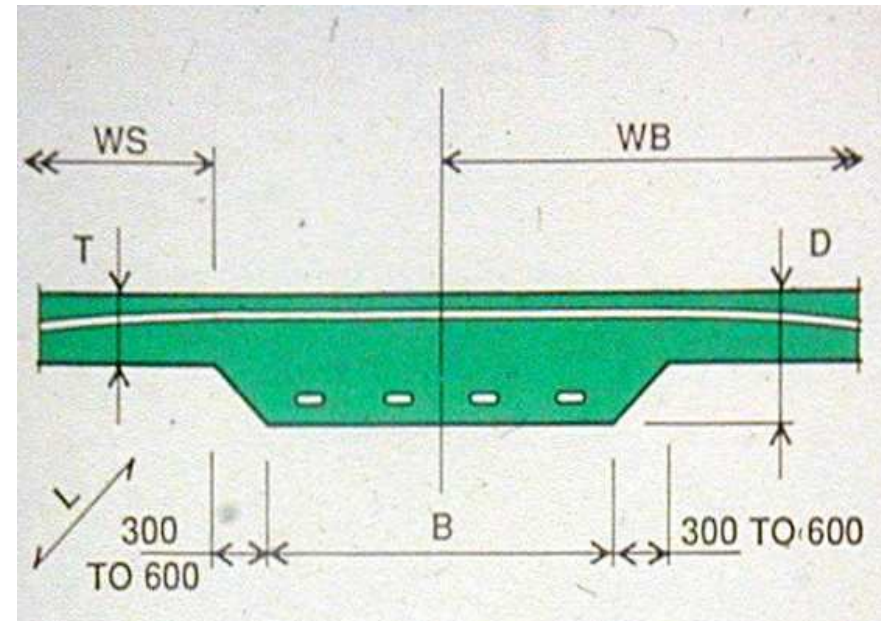
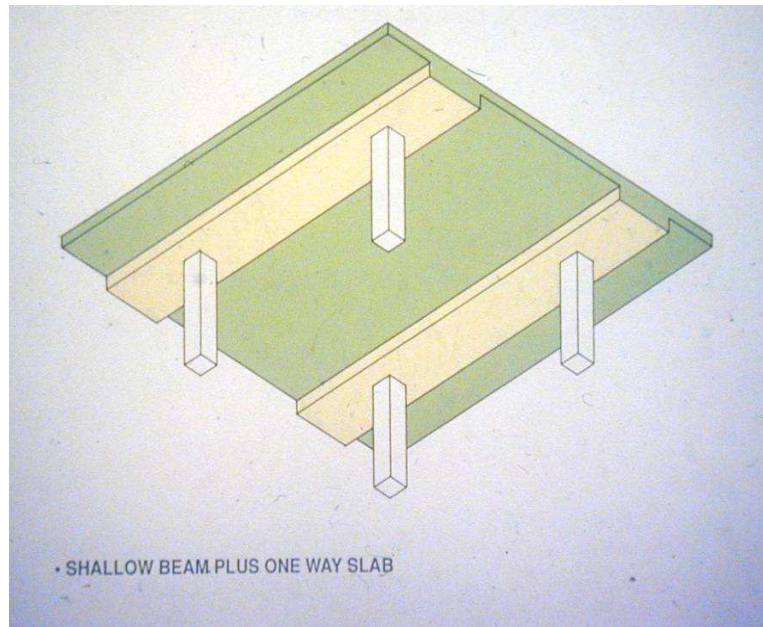
fib-CH Forum 2011 – Vorspannung weltweit / Dr. H.R. Ganz

Typisches Parkhaus in den USA mit schmalen Trägern mit 18m Spannweite und Platte



NB: Träger als einfache Balken

Tragsystem: Breite flache Träger und Platte



Typischer Spannweiten Bereich Träger :	10 - 20 m
Typischer Spannweiten Bereich Platte :	5 - 8 m
Typische Spannweite/Trägerstärke L/D:	25 - 30
Typische Spannweite/Plattenstärke WS/T:	35 - 45
Typische Breite der Träger WB/B:	5 - 6

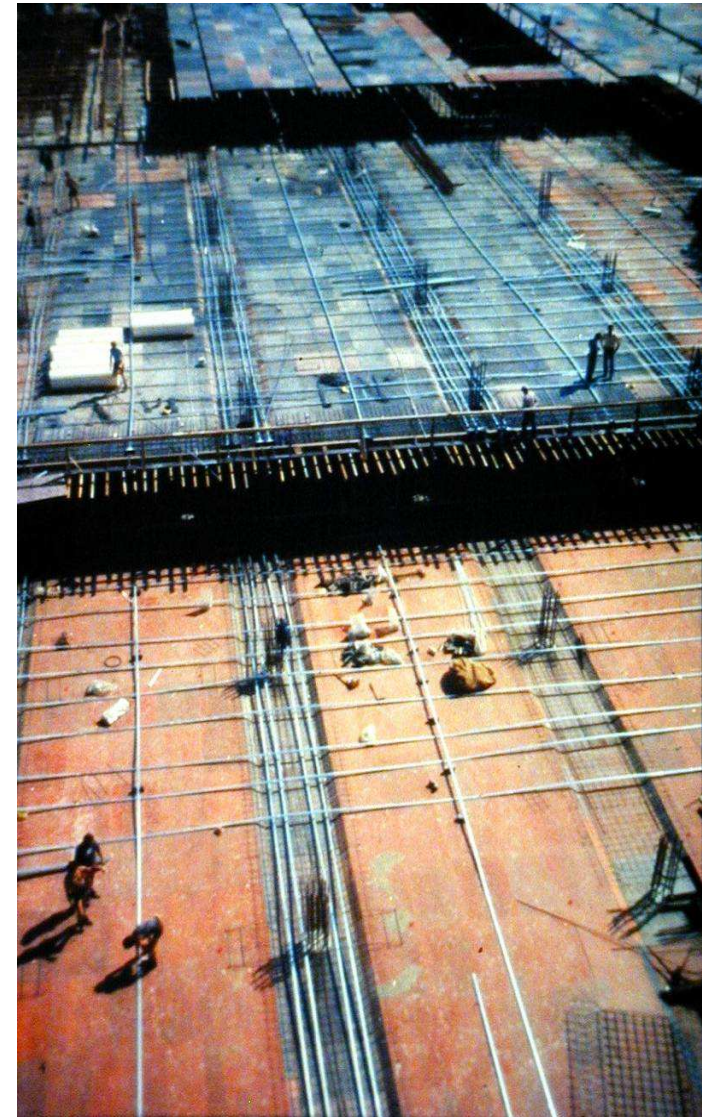
Typisches Parkhaus in Australien mit breiten flachen Trägern



Sehr wenig schlaffe Bewehrung, keine Bügel in flachen Trägern (gelten als Platte)

Typische Deckensysteme für Einkaufszentren

**Typische Tragsysteme für
Einkaufszentren sind:
Flachdecken, Pilzdecken und breite
flache Träger mit Platte**

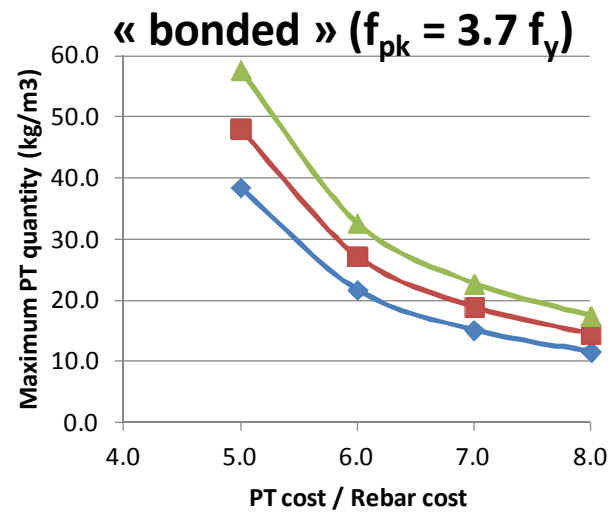


Vorspannsysteme im Hochbau

Vorspannsysteme - Spannstahl - Typen:

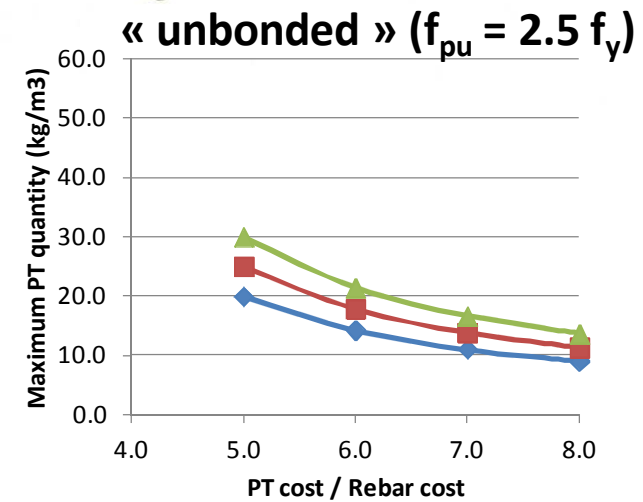
7-drähtige Litze (blank)

→ Mit Verbund



Gefettete, PE-umhüllte Litze (Monolitze)

→ Ohne Verbund



Vorspannsysteme – Spannverfahren/Verankerungen:

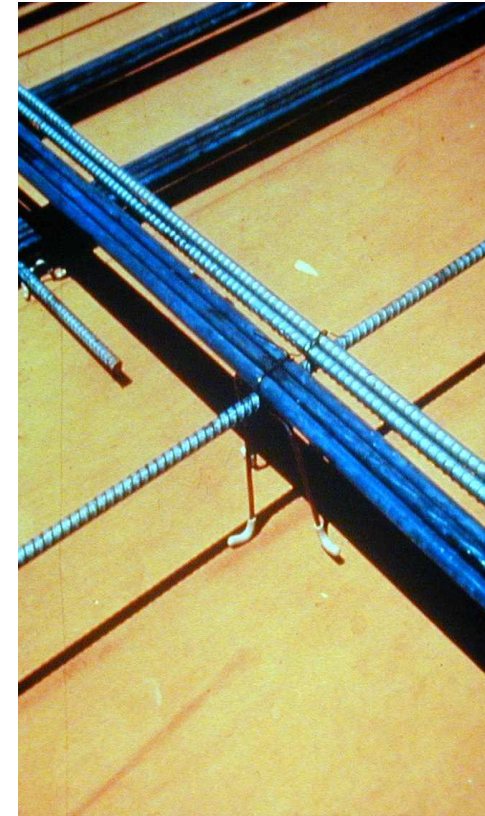
Interne Spannglieder ohne Verbund: Typisch für Nordamerika und Teile von Europa



Vorspannsystem ohne Verbund 0.6"
(Monolitzen-Spannverfahren):

NB: Variation der Vorspannkraft in der Decke durch Wahl der Bündelgrösse und des Kabelabstandes (Spannen der Litzen auf 75-85% f_{pk})

fib-CH Forum 2011 – Vorspannung weltweit / Dr. H.R. Ganz

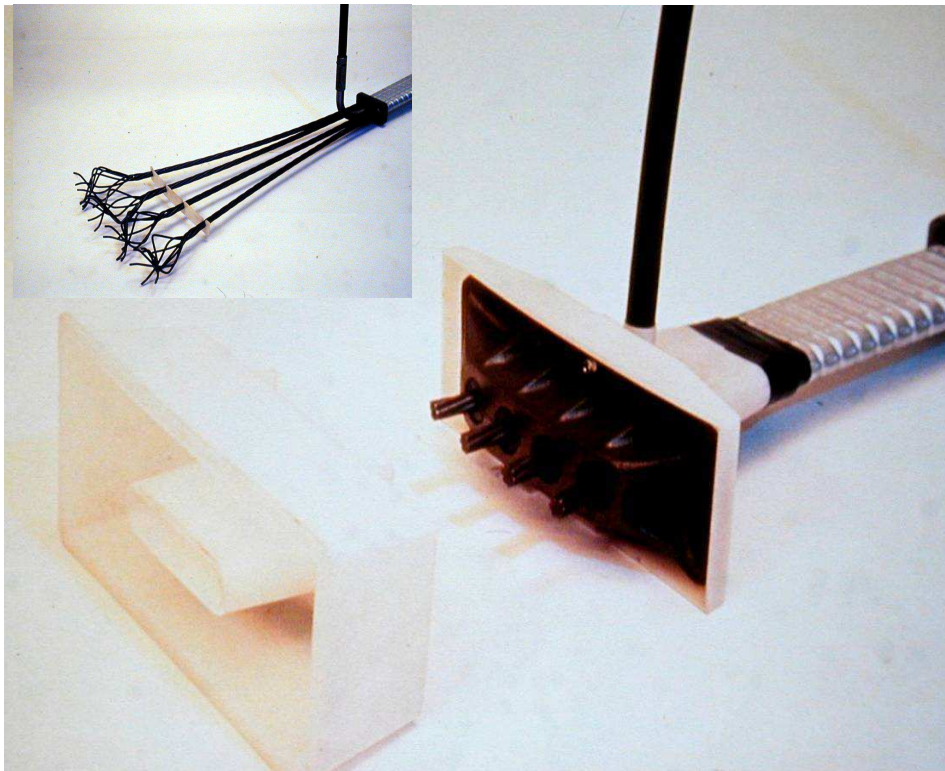


Monolitzen werden in Bündel von bis zu 4 Litzen verlegt, z.T. ab Werk in Bänder gefertigt

Vorspannsysteme – Spannverfahren/Verankerungen:

Interne Spannglieder im Verbund:

Typisch für Teile von Europa und Asien / Australien



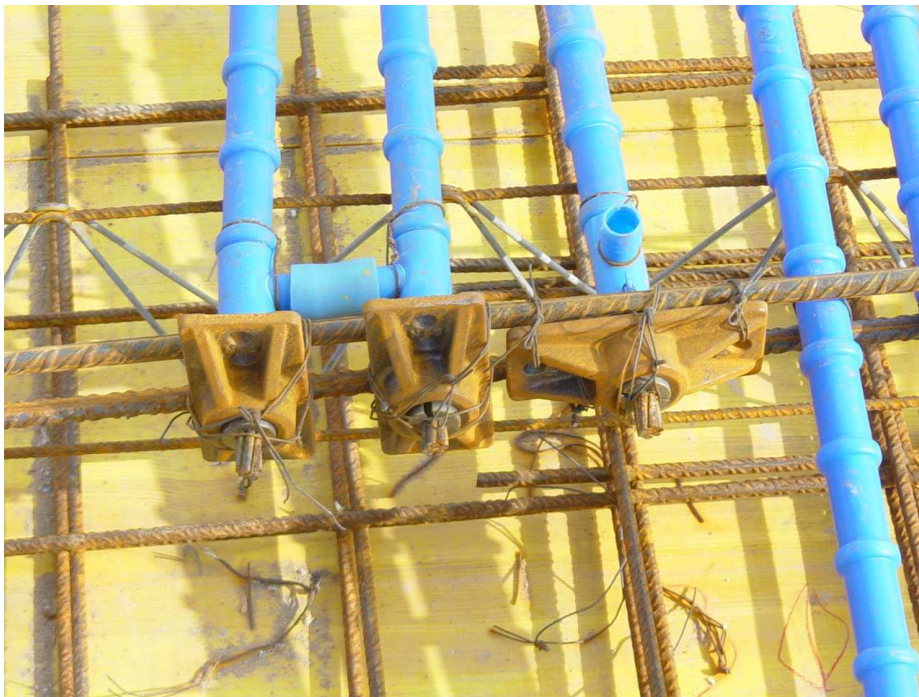
Vorspannsystem mit Verbund in flachen Hüllrohren mit 2 bis 5 Litzen 0.5" / 0.6" für Decken (Metall- oder Kunststoff-Hüllrohr)

NB: Variation der Vorspannkraft in der Decke durch Wahl des Kabelabstandes
(Spannen der Litzen auf 75-85% f_{pk})

Vorspannsysteme – Spannverfahren/Verankerungen:

Interne Mono-Spannglieder im Verbund:

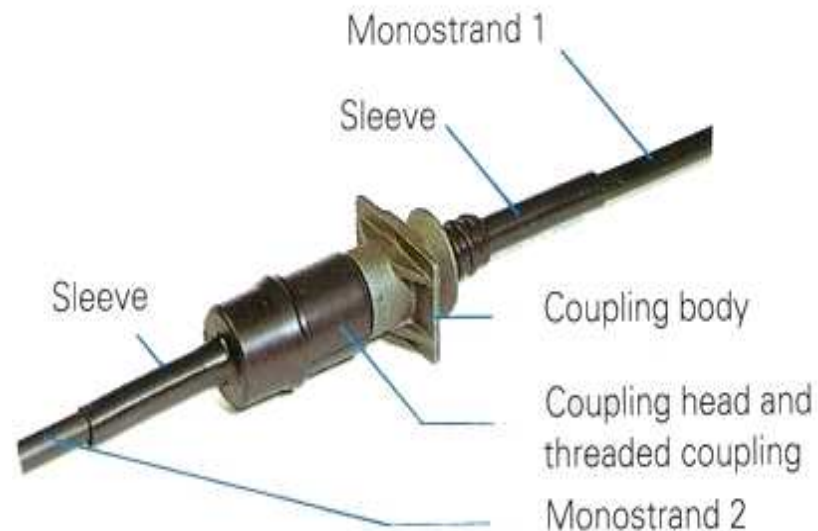
Typisch für Teile von Europa und Südamerika, verbindet Vorteile der Vorspannung im Verbund mit Flexibilität der Monolitze



NB: Variation der Vorspannkraft in der Decke durch Wahl des Kabelabstandes
(Spannen der Litzen auf 75-85% f_{pk})

Vorspannsysteme – Spannverfahren/Verankerungen:

Kupplungen für Deckenspannglieder:



Kupplung für Monolitzen-System

N.B.: Kupplungen sind teure Komponenten – Wenn immer möglich Alternativen suchen

Bemessung und konstruktive Durchbildung von vorgespannten Decken

Bemessung von vorgespannten Decken:

- Berechnung an stellvertretenden Rahmen und FE Platten-Software
- Berücksichtigung der Deckeneinspannung in Stützen und Kernwände
- Bemessung auf Biegung, Durchstanzen
- Kontrolle der Durchbiegung im Gebrauch (Vorspannung, evtl. Schalung in Feldmitte um ca. 20mm überhöhen)
- Bruchnachweis für Bewehrung und Vorspannung (Ausnutzen des Vorspannstahls auf f_{pk})

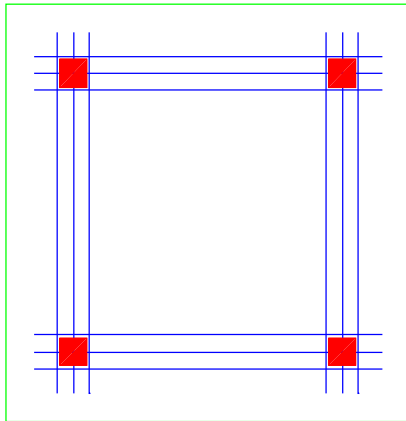
⇒ Für übliche Bürogebäude und Parkhäuser resultieren schlanke Platten mit ca. 5kg/m² Vorspannung und wenig schlaffer Bewehrung (häufig keine untere Bewehrung in Innenfeldern)

N.B.: Spannglieder durch Stützen sind effizient, um Durchstanzwiderstand zu erhöhen und progressiven Kollaps im Falle von Durchstanzen zu vermeiden

Konstruktive Ausbildung / Details:

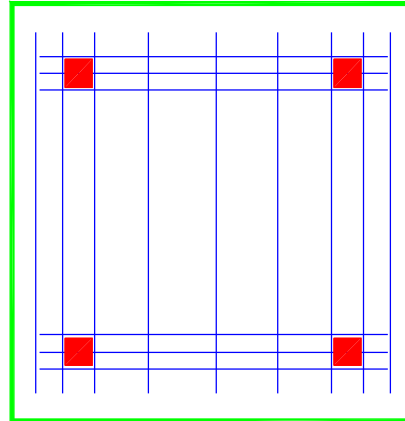
Typische Kabelanordnung:

CASE 1



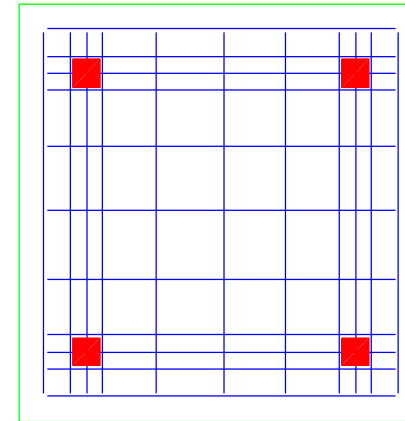
Two-way banded

CASE 2



One-way banded
One-way distributed

CASE 3



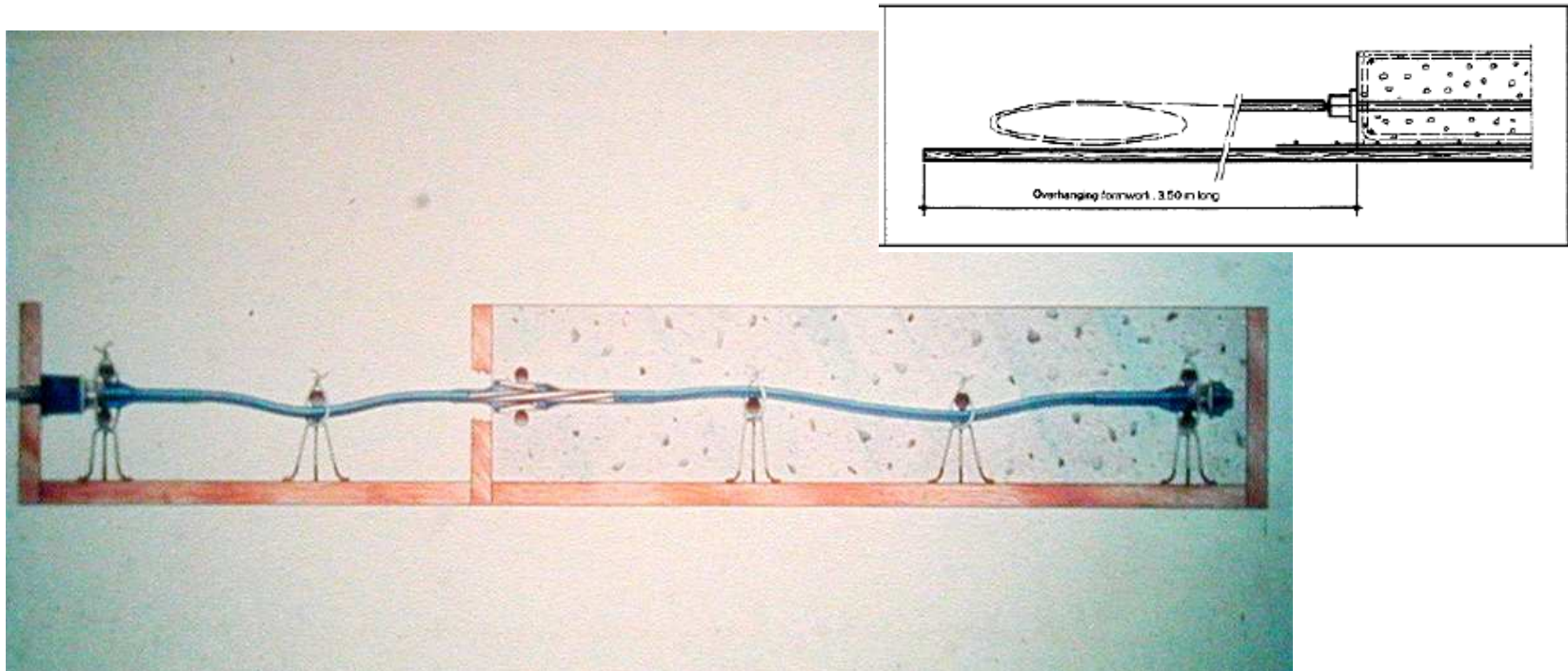
Two-way distributed

NB:

- Case 2 gilt auch für Träger und Platte
 - Erforderlicher Aufwand an schlaffer Bewehrung (inkl. Minimal-Bewehrung) nimmt von Case 1 zu Case 3 ab
 - Aufwand für Verlegen der Kabel nimmt von Case 1 zu Case 3 zu
- P.S.: Kabel durch Stützen verhindern progressiven Kollaps
P.S.: Freie Spanngliedlage in Oesterreich

Konstruktive Ausbildung / Details:

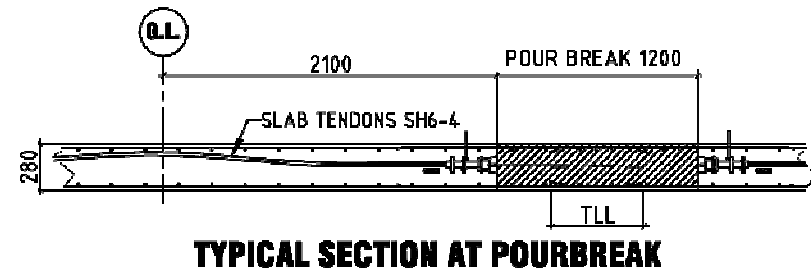
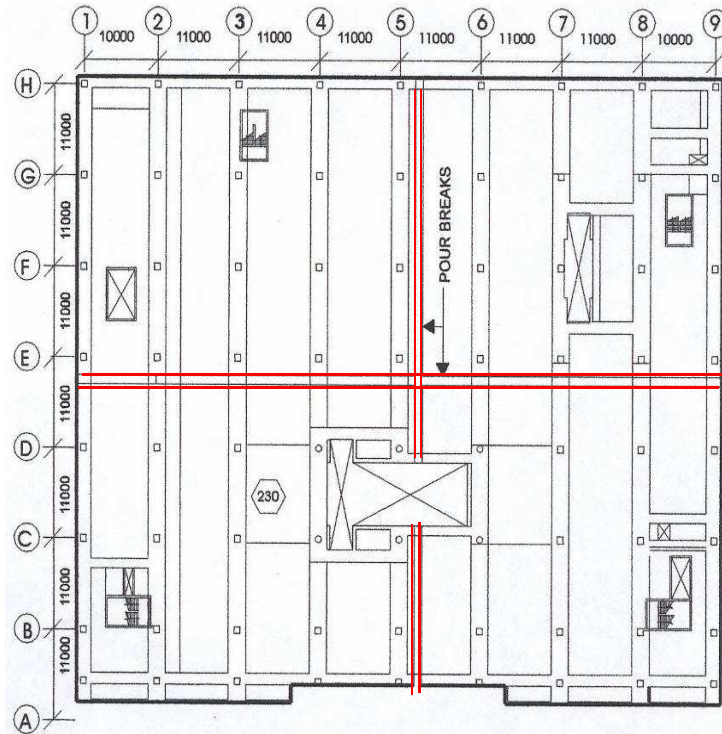
Konstruktionsfugen (falls Decke nicht in einem Guss hergestellt werden kann) :



- Kontinuierliches Spannglied mit Zwischenverankerung (Spannen bei Fuge, Kabel für 2. Deckenabschnitt muss aufgerollt werden → Monolitzen)
- Anordnung von Verankerungen beidseits der Fuge, schlaaffe Bewehrung durch Fuge
- Anordnung von Verankerung und Kupplung (teuer!)

Konstruktive Ausbildung / Details:

Temporäre Dilatationsfugen (Pour Strips):

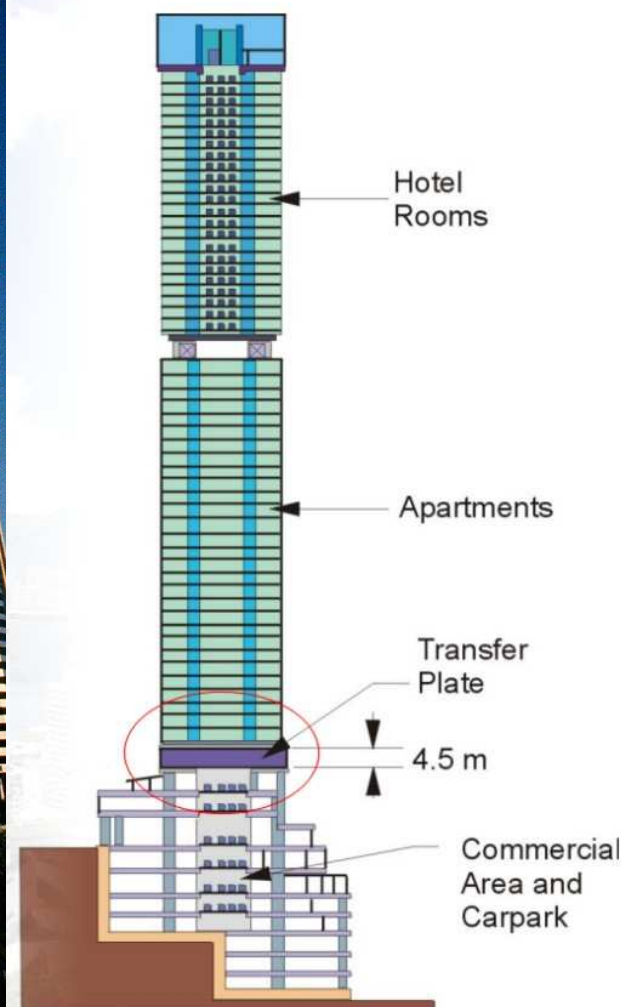


- Anordnung von temporären Dilatationsfugen zur Verminderung von Zwängungen in der Deckenebene mit ca. 1m breiten Streifen, die für 1-2 Monate offen gehalten werden
 - Verankern der Spannglieder an Rändern der Fugen, Abstützen der Deckenabschnitte, Schliessen der Fugen mit schlaffer Bewehrung nach Abklingen der Verformungen
- NB: Permanente Dilatationsfugen bei sehr langen Decken (Verformung der Stützen)

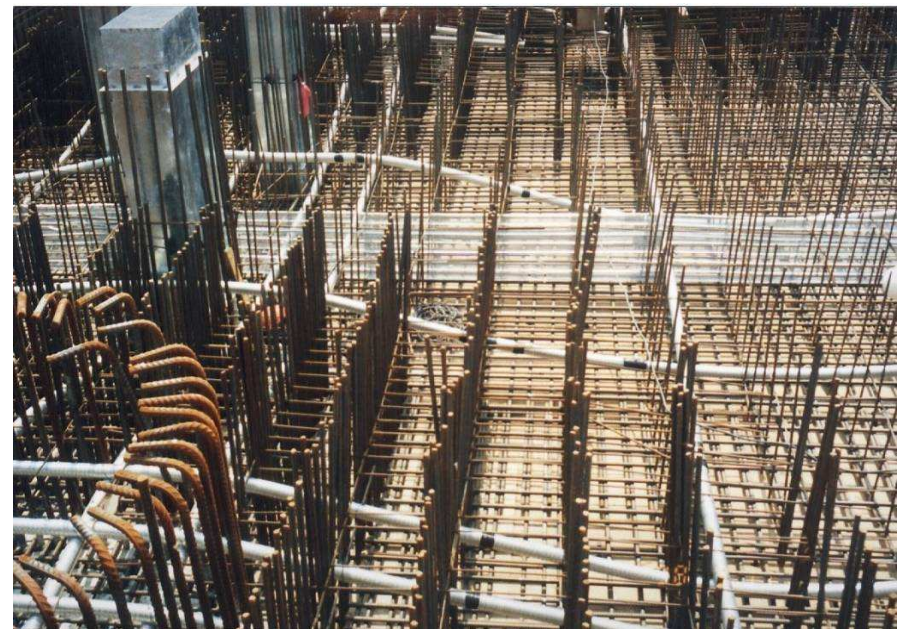
Vorspannung in andern Elementen als Decken

Abfangdecken ermöglichen den Wechsel von Stützen- und Wand-Anordnung in Gebäuden mit Mehrfach-Nutzung

Pacific Place Abfangdecken
4.5 m Abfangdecke wurde in
3 Lagen zu 1.5m hergestellt,
Reduktion in Schalung und
Gerüsten



Abfangdecken mit Rand-/Oberflächen-Bewehrung und Schubbewehrung



Typische Abfangdecken in Hong Kong

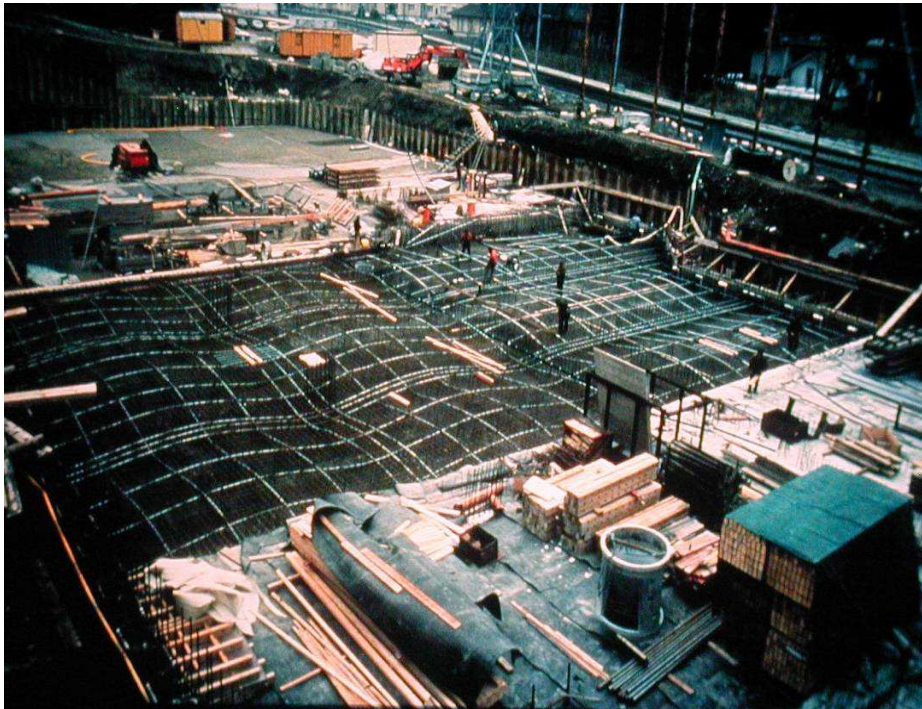


Belcher Garden, Pokfulam



Robinson Road, Mid Levels

Vorgespannte Bodenplatten für Lastabtragung in weichen Untergrund und Dichtigkeit im Grundwasser



Lagerhaus, Schweiz



Raffle City, Singapur

Vorspannung reduziert Material und Arbeit, und verbessert Ausführbarkeit in 5 m dicker Bodenplatte



10,000 m² Bur-Juman Bodenplatte, Dubai

NB: Schlaff bewehrte Bodenplatte hatte bis zu 5 Lagen Ø50 mm Bewehrungsstäbe in jeder Richtung. Die vorgespannte Variante hatte typisch 2 Lagen Ø40 mm, und 21 kg/m³ Spannkabel im Verbund

Vorgespannte Industrieböden sind die bevorzugte Lösung für Container Terminals, Lagerhäuser und Verteilzentren



Australien



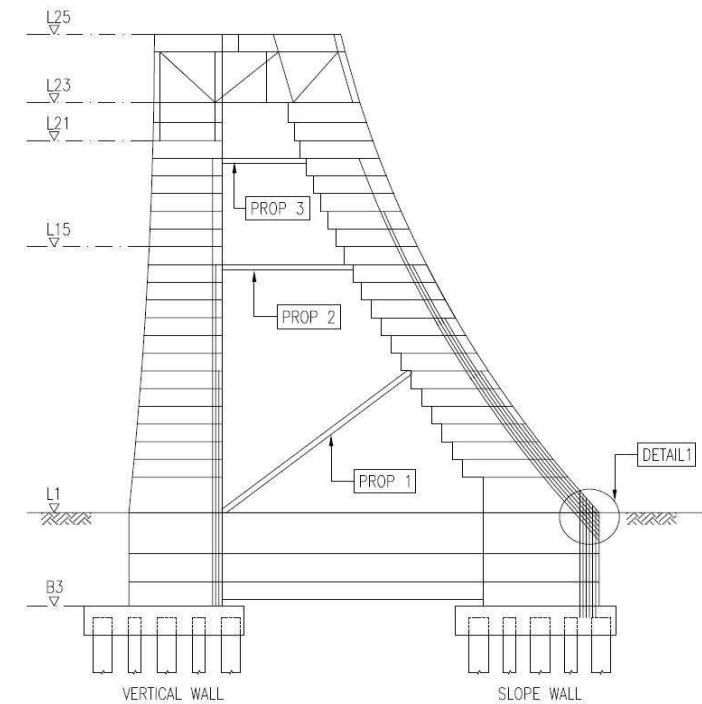
Rouen, Frankreich

N.B.: Wirtschaftlichkeit auf Basis von Life Cycle Costing

Vertikale Vorspannung von Gebäudekernen



Marina Bay Sands IR, Singapore



Vertikale Vorspannung von Gebäudekernen
Um 18 Grad geneigtes Gebäude, vertikale Spannglieder zur Kontrolle der
Verformungen



Capital Gate Tower, Abu Dhabi

**Vorspannung im Hochbau hat sich weltweit bewährt.
Vorspannung bietet Qualität, Dauerhaftigkeit, Wirtschaftlichkeit und
grossen Benutzerkomfort für Ihr Bauvorhaben**

-

**Um Potenzial auszuschöpfen, sollte Vorspannung bereits im Konzept
des Gebäudes berücksichtigt werden**