

# Besondere Aspekte bei der Planung und Ausführung von Hohlkörperdecken

**Dr.-Ing. Joachim Göhlmann**  
**Prüfingenieur für Baustatik**

Vortrag am 19.09.2019 / grbv Symposium Hoch- und Industriebau

# Inhalt

---

1. Einleitung
2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken
  - 2.1 Vorgehensweise
  - 2.2 Biegetragfähigkeit
  - 2.3 Querkrafttragfähigkeit
  - 2.4 Schubkraftübertragung in der Verbundfuge
  - 2.5 Durchstanzen
3. Anwendungsbeispiel  
Prüfung IntercityHotel in Hannover

# 1. Einleitung



## Merkmale:

- Leichter Hohlkörper aus Kunststoff
- Einsparung von Beton und Eigengewicht
- Dünnere Decken und größere Spannweiten sind möglich



## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

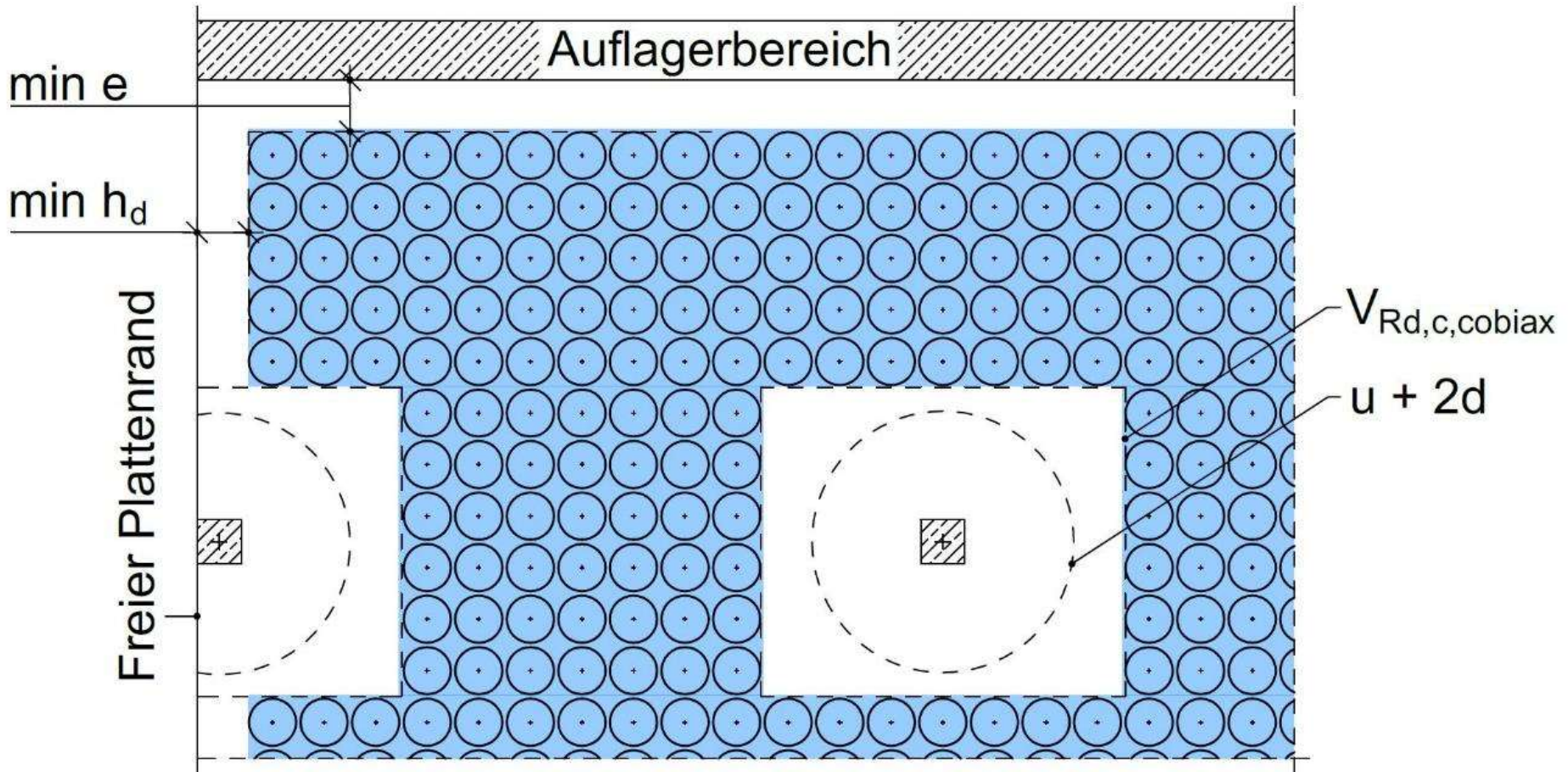
---

### 2.1 Vorgehensweise

- Abschätzung der Deckendicke
- Wahl eines geeigneten Cobiax-Hohlkörpermoduls
- Ermittlung der Cobiax spezifischen Eingangsparameter für die Berechnung:
  - Lastreduktion durch die Hohlkörper
  - Faktor für die Biegesteifigkeit (Steifigkeitsfaktor)  $f_{EI}$
  - Faktor für den Querkraftwiderstand (Querkraftfaktor)  $f_v$
  - bzw. der verminderte Querkraftwiderstand  $V_{Rd,c,cobiax} = f_v \cdot V_{Rd,c}$
- Erster Rechenlauf analog zu einer konventionellen Stahlbetondecke.
- Festlegung der erforderlichen Massivzonen. Bereiche mit  $V_{Ed} > V_{Rd,c,cobiax}$  sind ohne Hohlkörper auszuführen.
- zweiter endgültiger Rechenlauf mit angepasster Eigenlast und Biegesteifigkeit.

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### Anordnung von erforderlichen Massivzonen

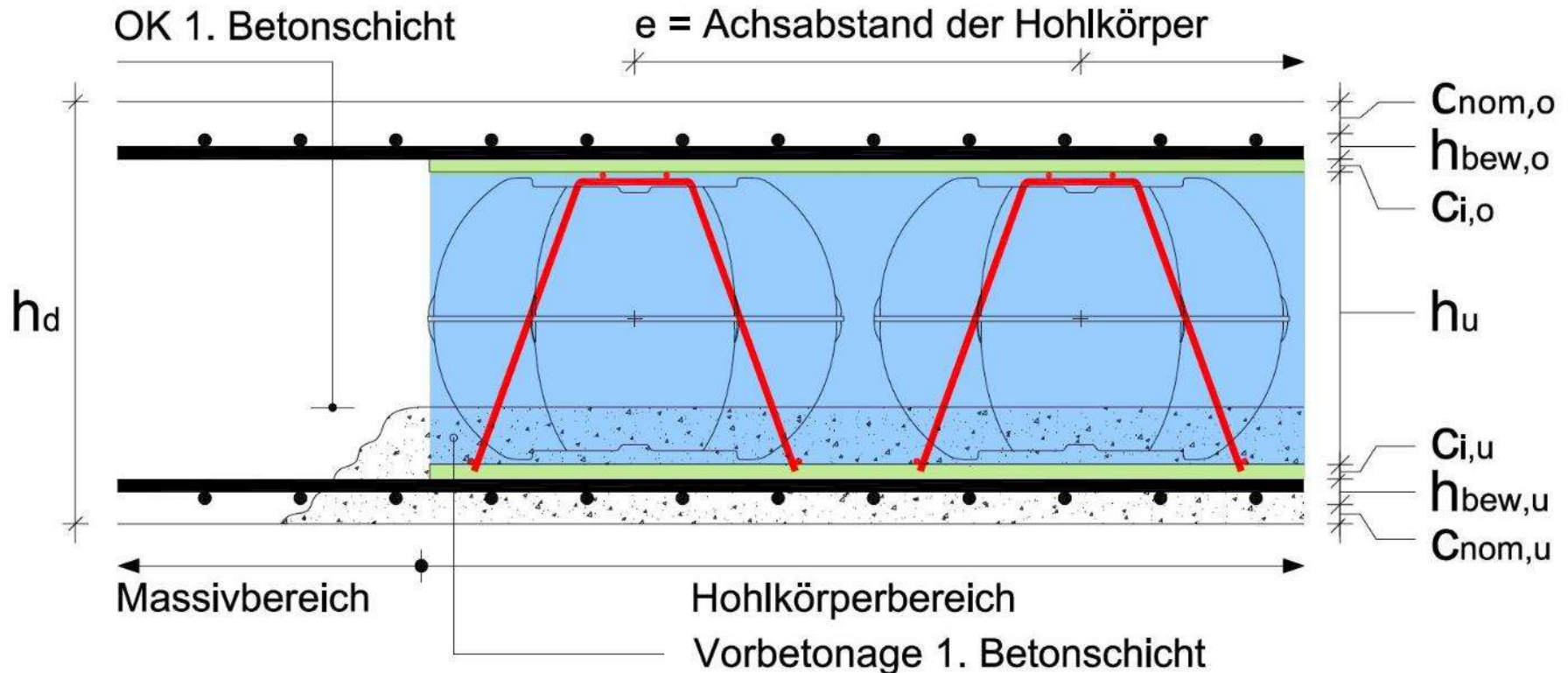


ca. 50 bis 80% der Deckenfläche werden i.d.R. mit Hohlkörpern belegt

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### Ausführung als Ortbetondecke mit konventioneller Schalung

- Wahl eines geeigneten Cobiax-Hohlkörpermoduls wird über die Bestimmung der möglichen Unterstützungshöhe  $h_u$  vorgenommen.
- Herstellung der Decken in zwei Arbeitsgängen

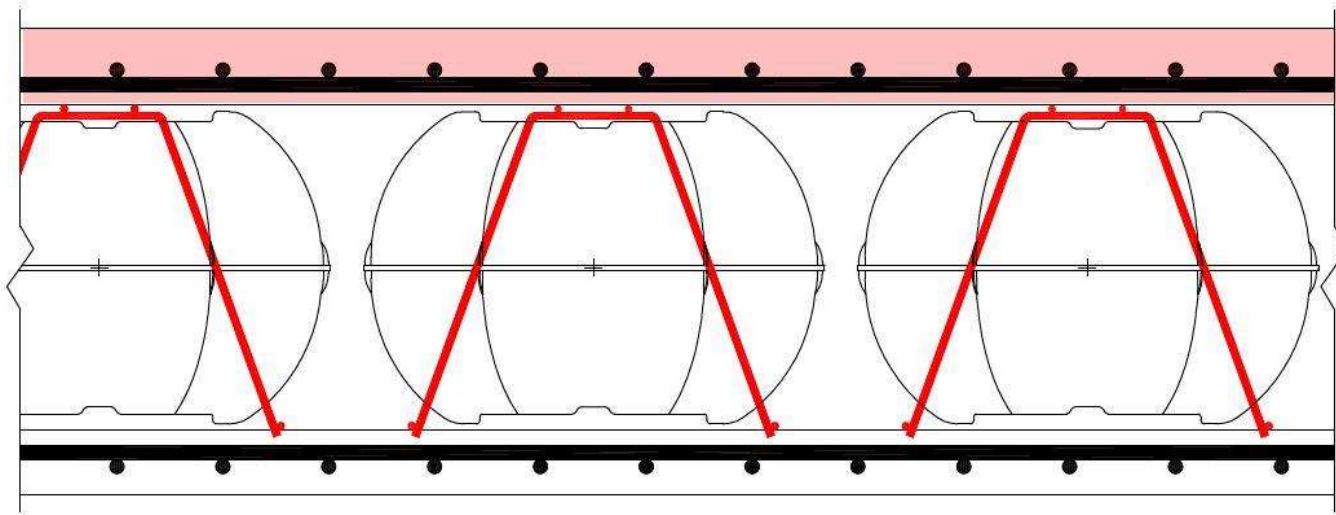


## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### 2.2 Biegetragfähigkeit und Biegesteifigkeit

- Die Bemessung für Biegung wird nach DIN EN 1992-1-1, 6.1 durchgeführt.
- Die Steifigkeitsabminderung durch die Hohlkörper beträgt ca. 5% bis 13% (Steifigkeitsfaktor ca. 0,95 bis 0,87).

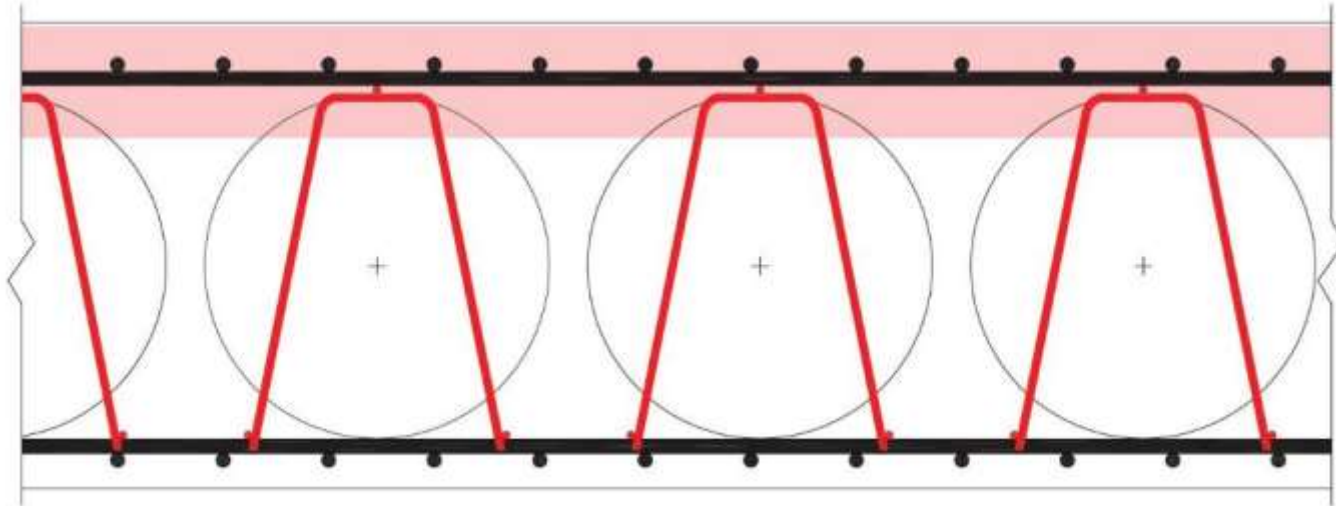
Fall 1: Die Druckzone verbleibt oberhalb der Hohlkörper (Eco-Line und Slim-Line)



$$x = \xi \cdot d \leq c_{\text{nom}} + h_{\text{bew}} + c_i + 0,5 \text{ [cm]}$$

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

Fall 2: Die Druckzone ragt in die Hohlkörperzone hinein.



Grenzwertbedingung:  $\mu_{Eds} = m_{Ed} \cdot D_{cx} \cdot 1,96 / (d^3 \cdot f_{ck}) \leq 0,2$

$\mu_{Eds}$  bezogenes Biegemoment im Hohlkörperbereich [-]

$m_{Ed}$  max. Biegemoment [MNm/m]

$D_{cx}$  Hohlkörperhöhe [m]; (ADB, Zeile 2)

$d$  statische Höhe [m]

$f_{ck}$  charakteristische Betondruckfestigkeit [MN/m<sup>2</sup>]



## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### 2.3 Querkrafttragfähigkeit

#### Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

- Es gilt DIN EN 1992-1-1, 6.2.2 mit folgender angepasster Gleichung:

$$V_{Rd,c,co\text{bia}x} = f_v \cdot \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \kappa (100\rho_l f_{ck})^{1/3} \right] bd$$

$f_v$  Faktor zur Berücksichtigung der verminderten Querkrafttragfähigkeit infolge der Hohlkörper; (ADB, Zeile 26)

$\gamma_c$  Teilsicherheitsbeiwert für bewehrten Beton nach DIN EN 1992-1-1, 2.4.2.4, Tabelle NA 2.1

$\kappa$  Maßstabsfaktor mit  $\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$

$\rho_l$  Längsbewehrungsgrad mit  $\rho_l = A_{sl} / (bd) \leq 0,02$

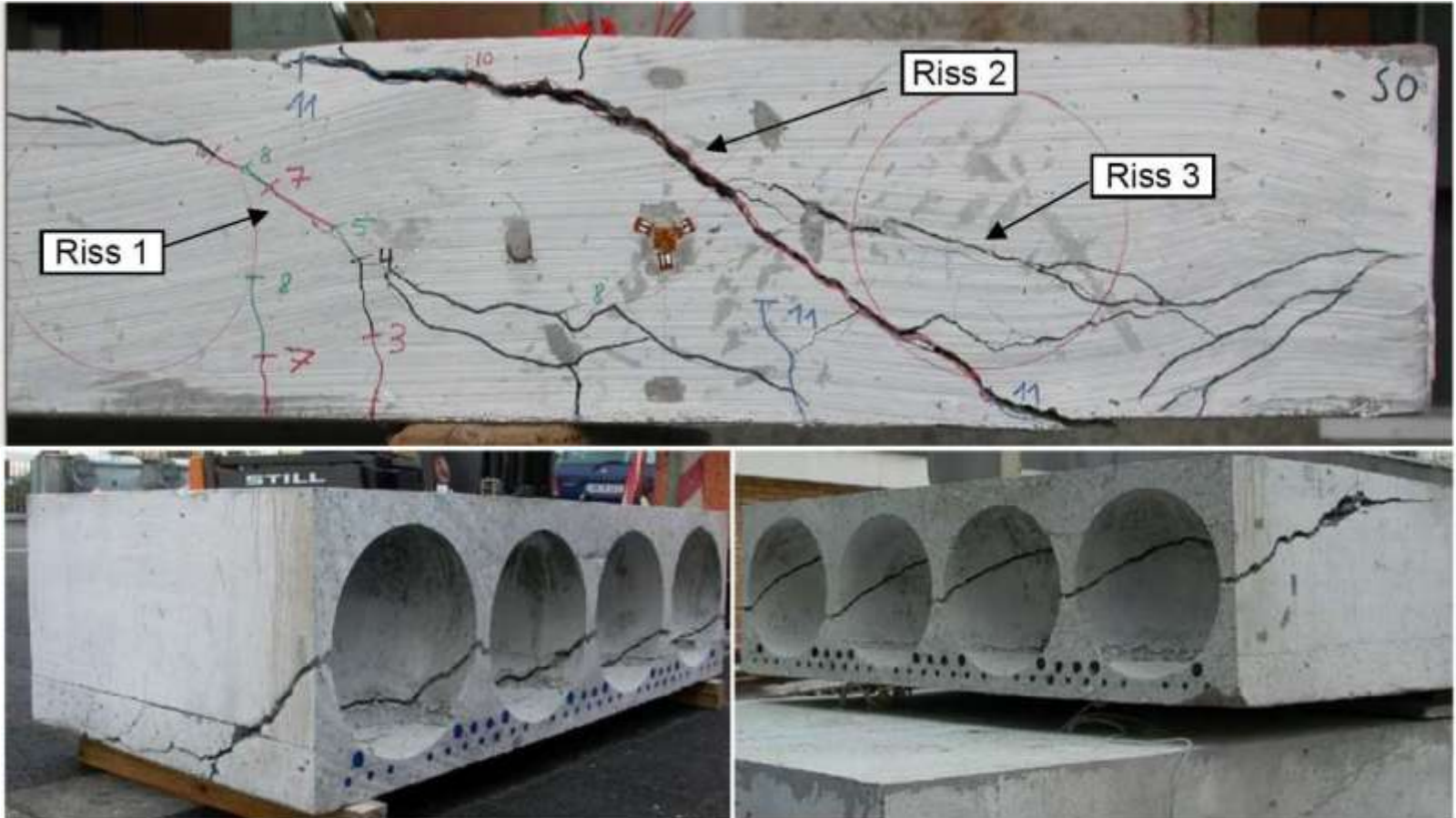
$A_{sl}$  Fläche der tatsächlich vorhandenen Zugbewehrung in der jeweiligen Tragrichtung, die mindestens um das Maß  $d$  über den betrachteten Querschnitt hinausgeführt und dort wirksam verankert wird

$b$  Querschnittsbreite

$d$  statische Nutzhöhe der Biegebewehrung im betrachteten Querschnitt

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### Versuche zum Querkrafttragverhalten mit zweiachsiger Lastabtragung an der Universität Duisburg-Essen

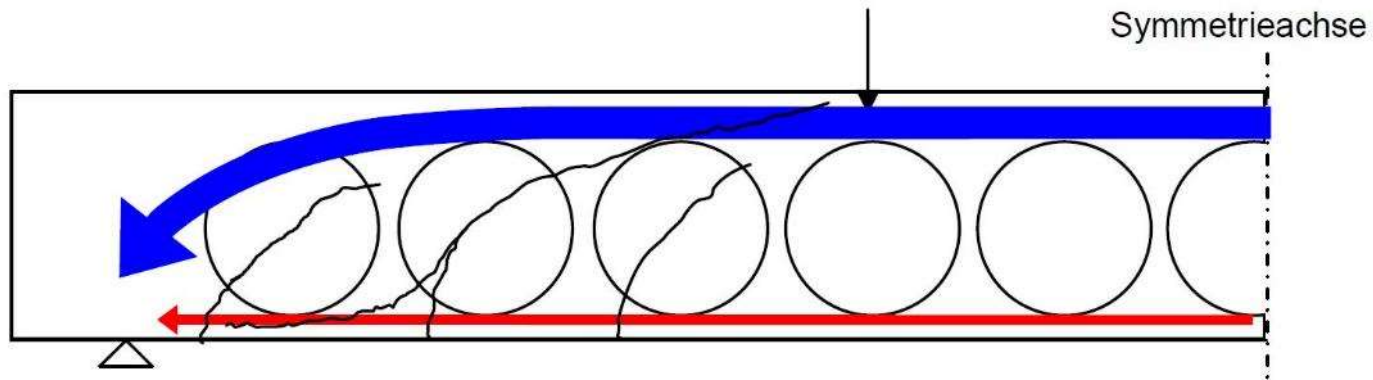
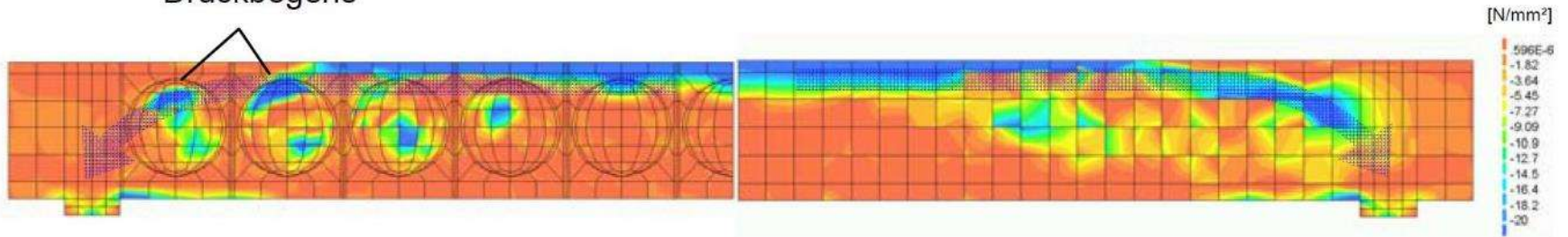


© Dr.-Ing. Markus Aldejohann

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### Versuche zum Querkrafttragverhalten mit zweiachsiger Lastabtragung an der Universität Duisburg-Essen

Druckspannungszuwachs  
infolge Ausbildung eines  
Druckbogens



© Dr.-Ing. Markus Aldejohann

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

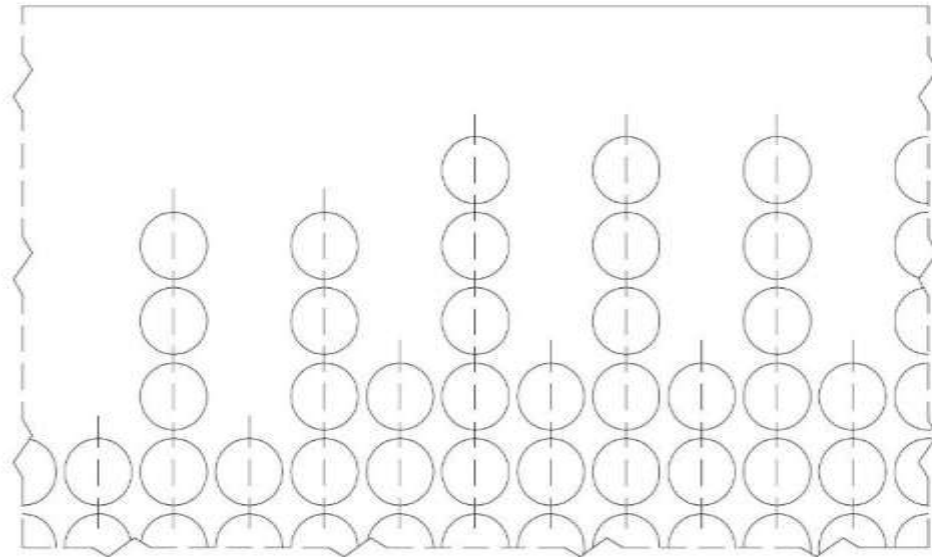
### Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

- Die Hohlkörperdecke ist wie eine Rippendecke mit Querkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1, 5.3.1 nachzuweisen.

### Hinweise zur Optimierung des Hohlkörperflächenanteils

- „kammartige Verlegung“

$$V_{Rd,c,cobiax,kammartig} = 0,5 \cdot V_{Rd,c,cobiax} + 0,5 \cdot V_{Rd,c,masiv}$$



## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### 2.4 Schubkraftübertragung in der Verbundfuge

#### Bemessungswert der Schubkraft

$$V_{Edi} = V_{Ed} / z$$

$V_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Querkraft (max. =  $V_{Rd,c,cofi}$ )

$z$  Hebelarm des zusammengesetzten Querschnitts

#### Bemessungswert der Schubtragfähigkeit in der Fuge

$$V_{Rdi,cofi} = A_{i,red}/A_i \cdot c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (1,2\mu \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot A_{i,red}/A_i$$

Fuge	c	$\mu$	v
glatt	0,2	0,6	0,2

$f_{ctd}$  Bemessungswert der Betonzugfestigkeit

$\sigma_n$  Spannung infolge Normalkraft (Druck positiv,  $\sigma_n < 0,6 f_{cd}$ , bei Zug  $c \cdot f_{ctd} = 0$ )

$\rho = A_s / A_i$

$A_s$  Querschnittsfläche der die Fuge kreuzenden Verbundbewehrung mit ausreichender Verankerung auf beiden Seiten

$\alpha$  Neigungswinkel der Verbundbewehrung

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

### Ermittlung der Nettfläche der Arbeitsfuge

$$A_{i,\text{red}} = A_i - A_{\text{HK}}$$

$A_{i,\text{red}}$  verbleibende Nettfläche der Verbundfuge

$A_i$  Verbundfugenfläche ohne Abzug

$A_{\text{HK}}$  Abzugsfläche aufgrund der Hohlkörper in Abhängigkeit zur Ausführungsvariante

Ausführungsvariante	Eco-Line	Slim-Line
Hohlkörpermodule in Ortbetondecke mit konventioneller Schalung	Berechnung in Abhängigkeit der Einbindetiefe Hohlkörper + 15 mm Toleranzmaß <sup>1)</sup>	0,7 $A_i$

1) Es wird die Verwendung des Softwaretools quick & light empfohlen

### Erforderliche Verbundbewehrung

Umgestellt und für  $v_{\text{Rdi},\text{cobiax}} = v_{\text{Edi}}$  ergibt sich aus der Gleichung zur Berechnung von  $v_{\text{Rdi},\text{cobiax}}$  die erforderliche Verbundbewehrung:

$$A_{\text{s,erf}} = (v_{\text{Edi}} - A_{i,\text{red}}/A_i \cdot c \cdot f_{\text{ctd}} - \mu \cdot \sigma_n) \cdot A_i / (f_{\text{yd}} (1,2\mu \cdot \sin\alpha + \cos\alpha))$$

- Fixierungselemente können als Verbundbewehrung berücksichtigt werden.

## 2. Planung und Bemessung von Hohlkörperdecken

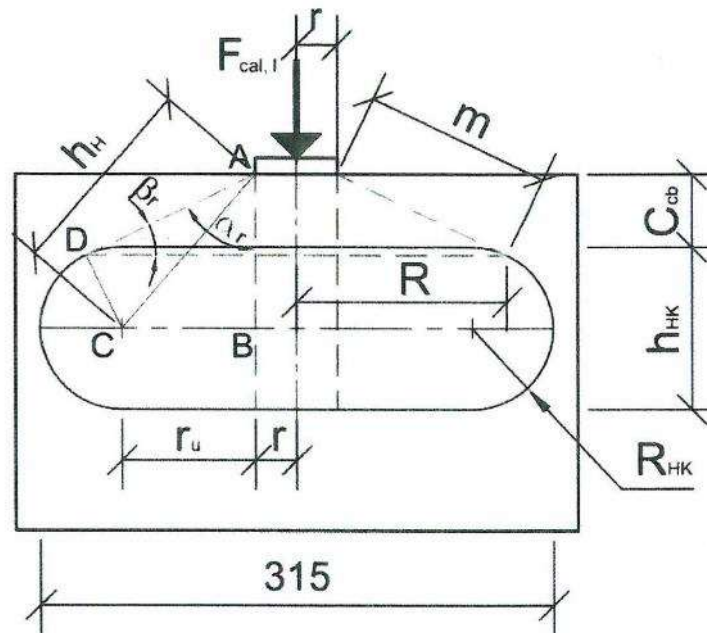
### 2.5 Durchstanzen

#### Globales Durchstanzen

- **Bereiche ohne erforderliche Durchstanzbewehrung:** Überprüfung ob der gewählte Massivbereich mindestens um das Maß  $2d$  über den kritischen Rundschnitt hinausreicht. Ansonsten sind die Massivbereiche entsprechend zu vergrößern.
- **Bereiche mit erforderlicher Durchstanzbewehrung:** Überprüfung ob der gewählte Massivbereich mindestens um das Maß  $2d$  über die letzte Bewehrungsreihe hinausreicht. Ansonsten sind die Massivbereiche entsprechend zu vergrößern.

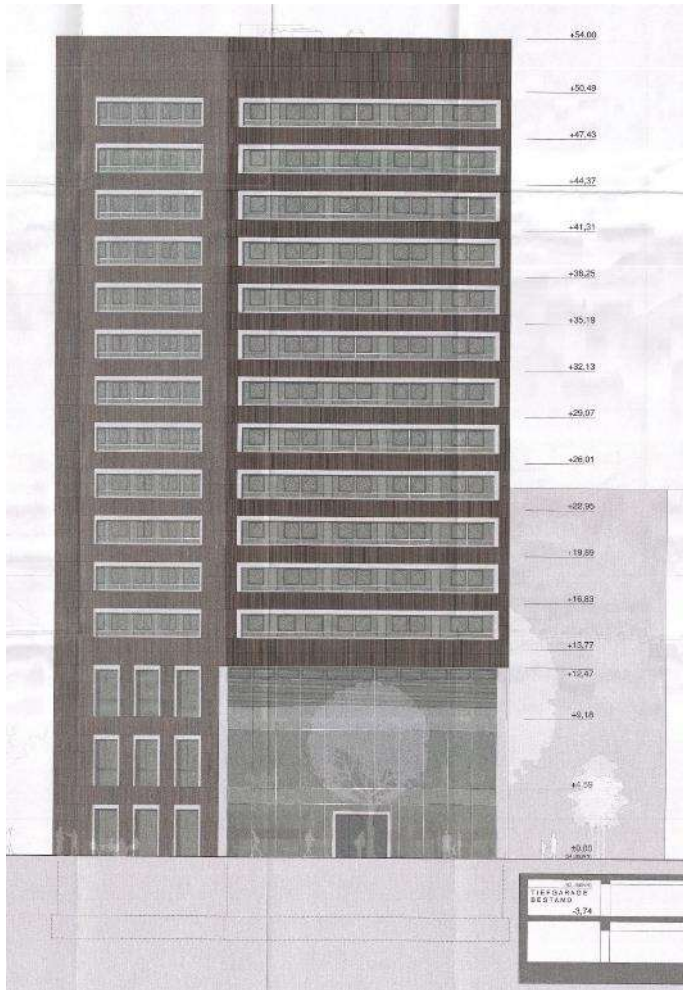
#### Lokales Durchstanzen

- Obergrenze  $F_{Rd} = 50 \text{ KN}$

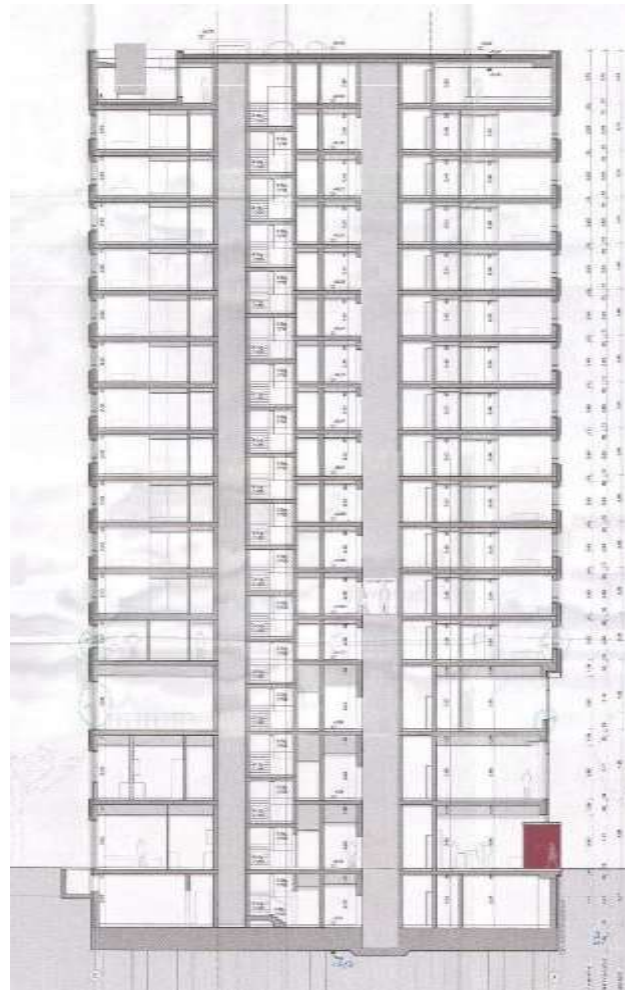


### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover

Ansicht West



Schnitt



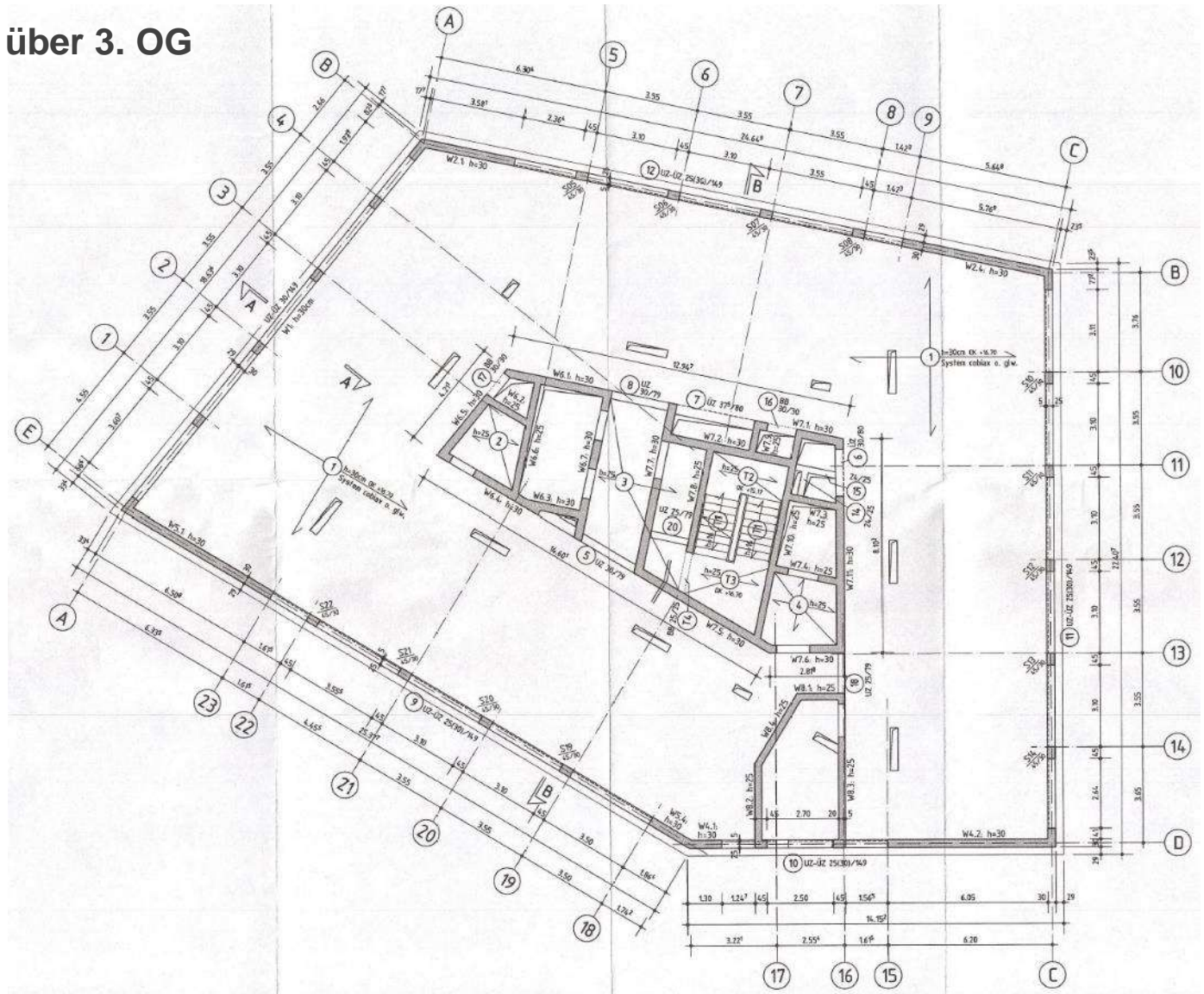
Visualisierung





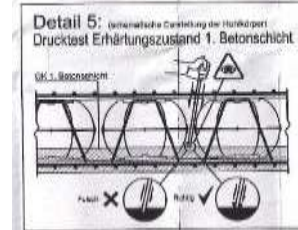
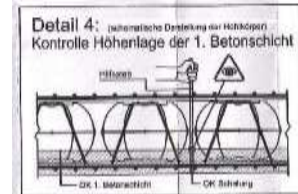
# 3. Prüfung IntercityHotel Hannover

## Positionsplan Decke über 3. OG



# 3. Prüfung IntercityHotel Hannover

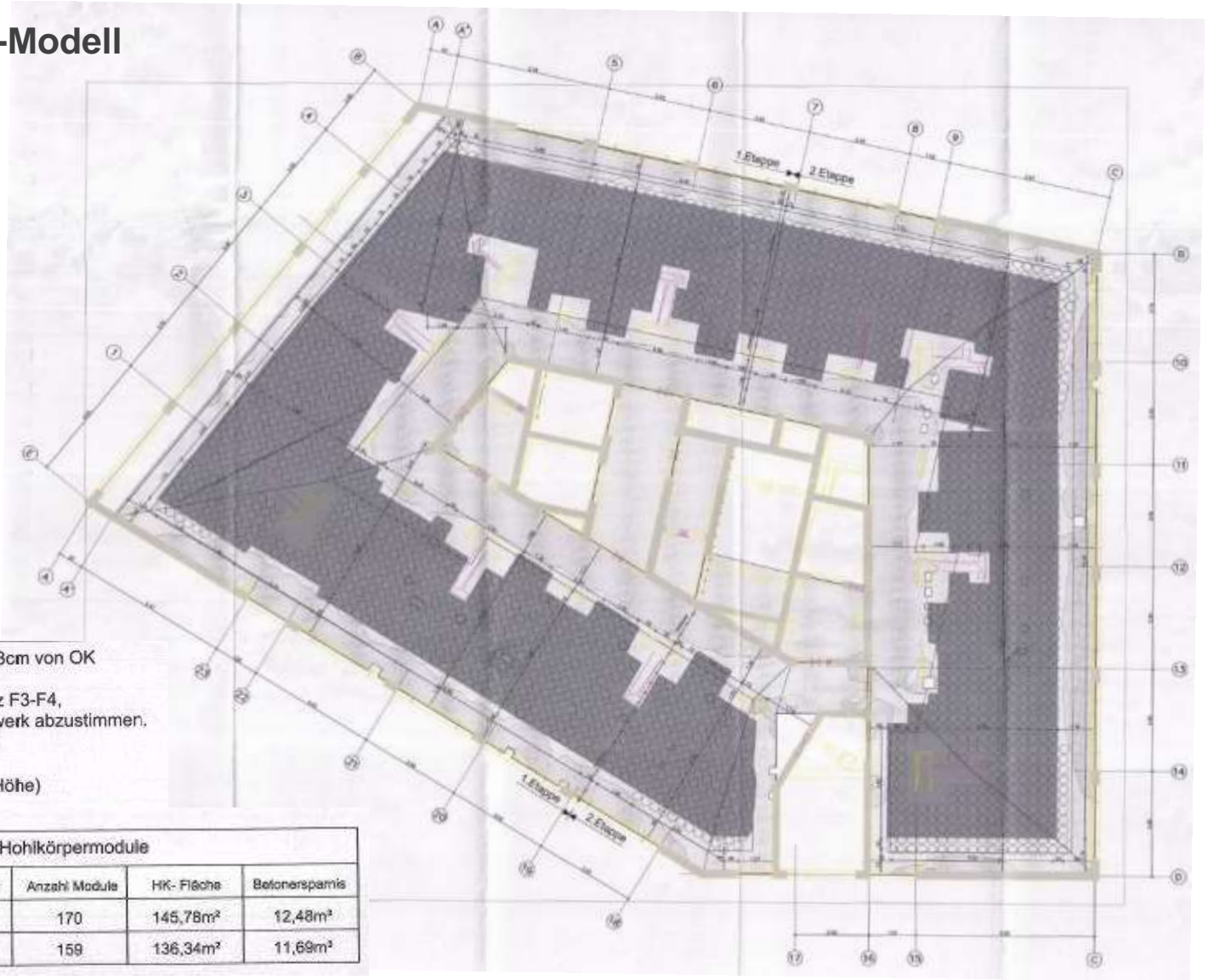
## Verlegeplan Cobiax-Modell Decke über 3. OG



■ Beton 1. Schicht (Ankerschicht: h=13cm von OK Schalung oder gem. Detail 3).  
Größtkorn dmax. 16mm, Konsistenz F3-F4,  
Die Sieblinie ist: bauseits mit Betonwerk abzustimmen.  
Erforderliche Betonmenge ca. 30m<sup>3</sup>

□ zweiter Betonnageabschnitt (volle Höhe)

Angaben für die Cobiax Hohlkörpermodule				
HK-Typ	Anzahl HK	Anzahl Module	HK- Fläche	Betonersparnis
Etappe 1 M-S160-180c2	1188	170	145,78m <sup>2</sup>	12,48m <sup>3</sup>
Etappe 2 M-S160-180c2	1113	159	136,34m <sup>2</sup>	11,69m <sup>3</sup>



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



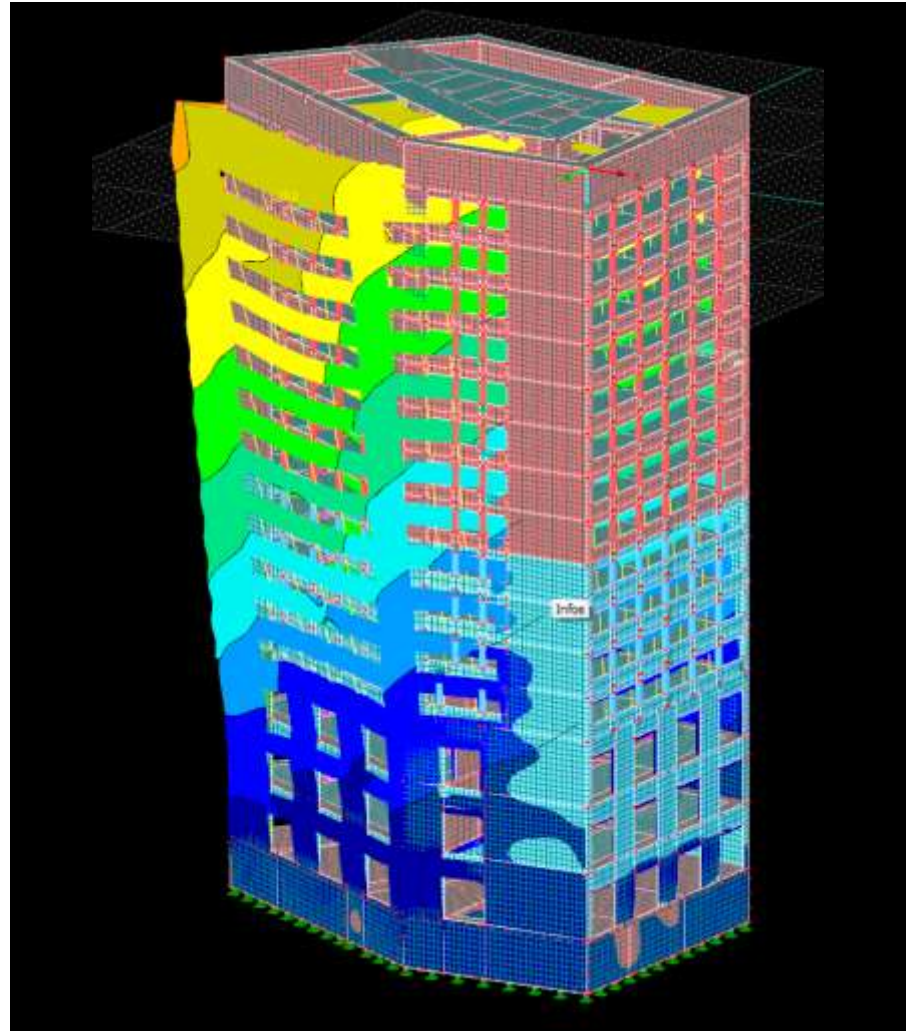


### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover

#### Prüfseitige Vergleichsrechnung



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover

#### Aushub der Baugrube und Bohrpfahlherstellung

- „Mixed-in-Place“ als Baugrubenumschließung und Dichtwand,  $l = 12 \text{ m}$
- 107 Bohrpfähle,  $\varnothing 88 \text{ cm}$ ,  $l = 17,10 \text{ m}$



### 3. Prüfung IntercityHotel Hannover

## Bauzeitliche Abfangung der tragenden Fassade





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.