



FACHEVENT 2015 – IM RAHMEN DES ASCHWANDEN-CAMPUS
Sicheres Bauen mit System

Aschwanden

Mehr Leistung. Mehr Wert.

REFERENTEN

Dr. Stefan Lips, Technischer Leiter F&E, F.J. Aschwanden AG, Lyss
Prof. Dr. Albin Kenel, HSR Hochschule für Technik Rapperswil

REFERATE

- 3 **Wärmedämmende Bewehrungselemente ARBO und neues System ARBO Plus**
Anforderungen an Kragplattenanschlüsse und Erläuterungen zur Bemessung
Dr. Stefan Lips
- 23 **ORSO-V Stahl-/Beton-Verbundstützen**
Hohe Tragfähigkeit und hoher Brandwiderstand
Prof. Dr. Albin Kenel
- 37 **DURA Durchstanzbewehrung**
Anwendung der Norm SIA 262:2013 bei praxisnahen Bemessungssituationen
Dr. Stefan Lips und Prof. Dr. Albin Kenel





Wärmedämmende Bewehrungselemente ARBO und neues System ARBO Plus

Dr. Stefan Lips

Inhalt

Einleitung
Tragsicherheit
Gebrauchstauglichkeit
Wärmedämmung
Zusammenfassung
Kundennutzen

Einleitung – Produktübersicht ARBO-Typen

ARBO-300 Für kleine Auskragungen



ARBO-400

ARBO-400Plus Mit erhöhter Wärmedämmung



ARBO-500

ARBO-500Plus Mit erhöhter Wärmedämmung



Einleitung – Produktübersicht ARBO-Typen

ARBO-600

ARBO-600Plus Mit erhöhter Wärmedämmung



ARBO Silent-700 Mit Trittschalldämmung

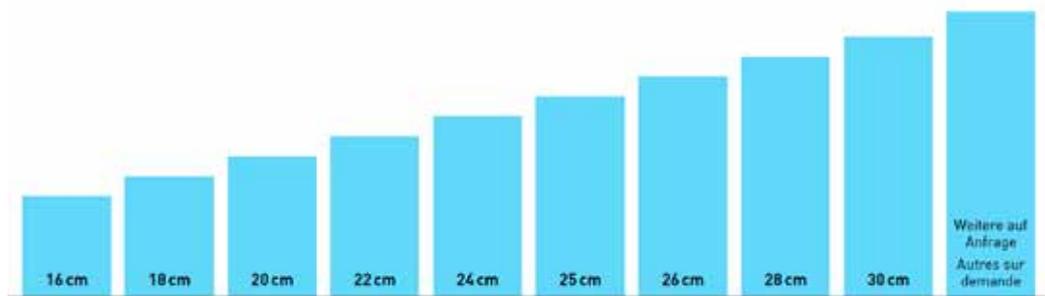


ARBO-800 Bei abgestuften Platten



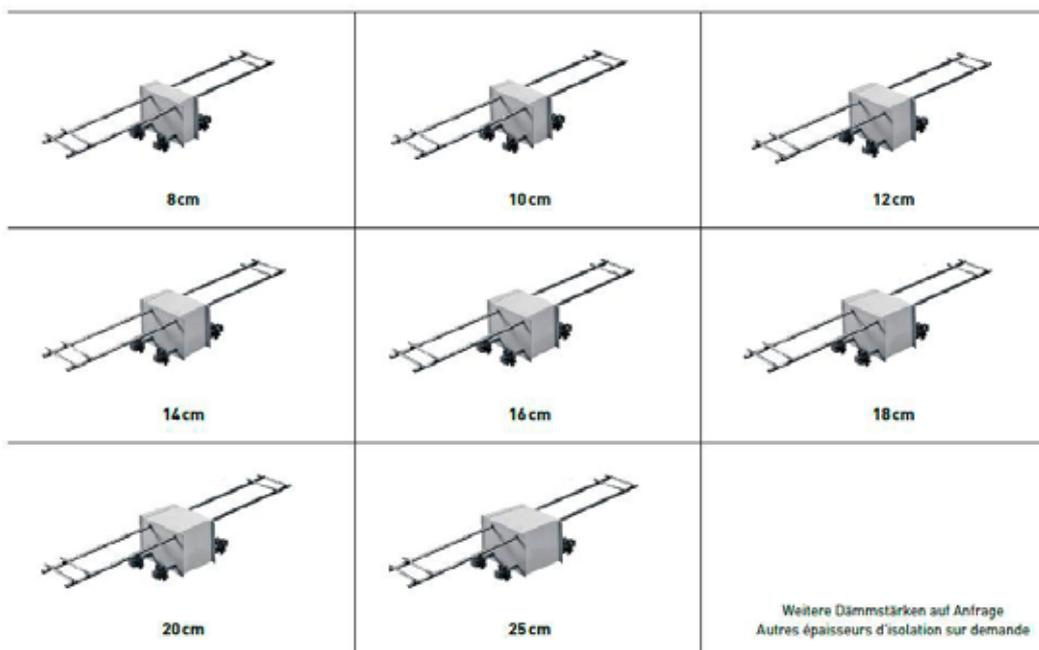
Einleitung – Produktübersicht Elementhöhen

Elementhöhen / Plattenstärken von 16 cm bis 30 cm



Einleitung – Produktübersicht Dämmstärken

Dämmstärken von 8 cm bis 25 cm

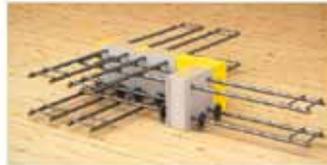


Einleitung – Produktübersicht Spezialanwendungen

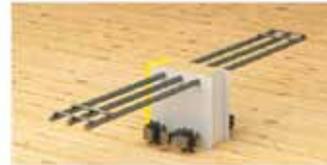
ARBO-400 o+u Z
Oben und unten Zugstäbe



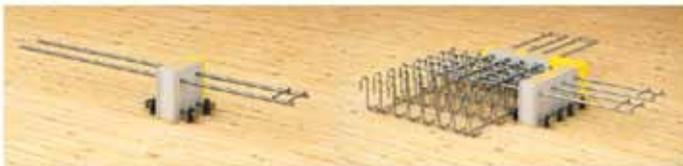
ARBO-400E o+u Z
Eckelement mit oben und unten Zugstäbe



**ARBO-400
Speziallösung**



ARBO-400ED
Eckelement in Kombination mit DURA Korb



ARBO-400C
Querkraft



Einleitung – Übersicht Dokumente Einführung

EINFÜHRUNG / INTRODUCTION **ARBO®**

**Wärmedämmende Bewehrungs-
elemente zum Anschluss
von Stahlbetonbauteilen** **Éléments d'armature thermo-
isolants pour la liaison d'éléments
structuraux en béton armé**

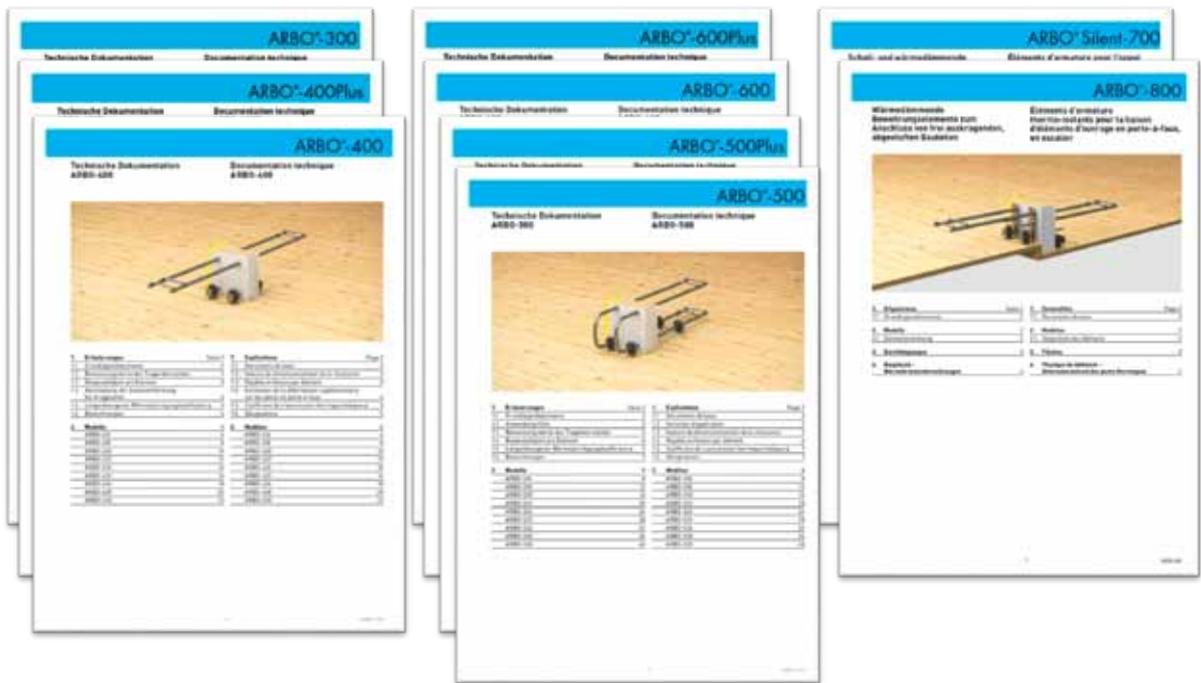
**Einführung in die Projektierung und Bemessung
von Anschlüssen mit ARBO® Bewehrungselementen** **Introduction à la conception et au dimensionnement
des liaisons avec les éléments d'armature ARBO®**

Versio del 4 ARBO® Produktive	Seite 7	Edizione del 4 ARBO® Produktive	Page 7
1. Allgemeines	8	1. General notes	8
2. Produktübersicht und Anwendungen	9	2. Spécifics des produits et de leur utilisation	9
3. Zusatzfunktionen / Spezialanwendungen	21	3. Fonctionnalités complémentaires / Applications spéciales	21
4. Bemessung	27	4. Dimensionnement	27
5. Brandwiderstand bei Kragplattenanschlüssen	37	5. Résistance au feu au niveau des liaisons de dalle et poteau-tout	37
6. Bewehrungen	41	6. Armatures	41
7. Normen	42	7. Normes	42

ARBO® Einführung ARBO® Introduction

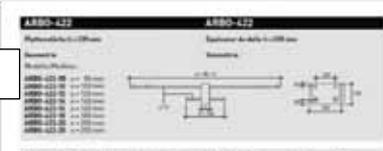
- Allgemeines
- Produktübersicht und Anwendungen
- Zusatzfunktionen / Spezialanwendungen
- Bemessung
- Brandwiderstand bei Kragplattenanschlüssen

Einleitung – Übersicht Dokumente Technische Dokumentation

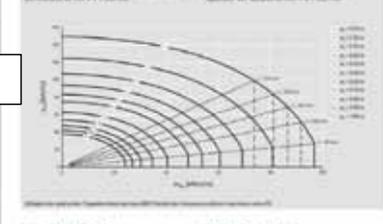


Einleitung – Übersicht Dokumente Technische Dokumentation

Geometrie



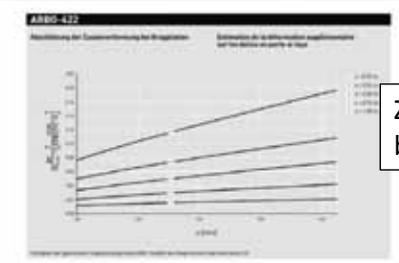
Tragwiderstand



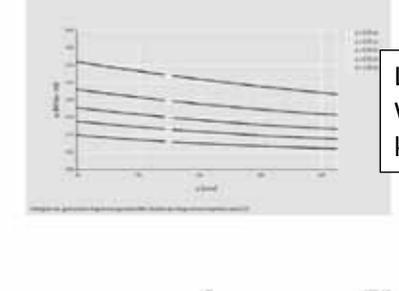
Biegesteifigkeit



Zusatzverformung bei Tragplatten



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient



Einleitung – Übersicht Dokumente

Fachreferat



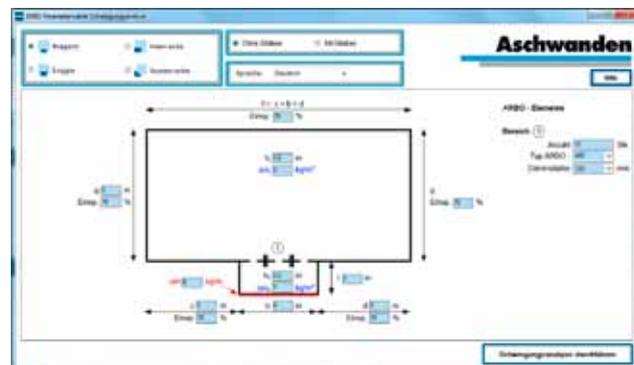
- Einleitung
- Bemessungsunterlagen
- Tragsicherheit
- Gebrauchstauglichkeit
- Wärmedämmung
- Beispiel

(nur als pdf verfügbar)

Einleitung – Übersicht Software

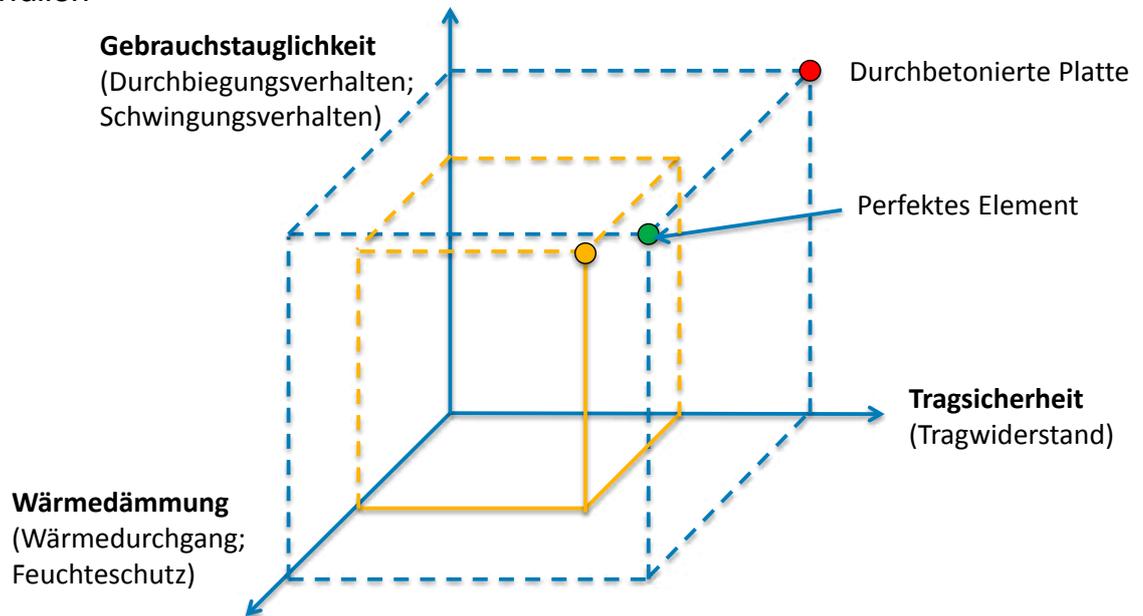
Bemessungssoftware:

- ARBO / CRET Software (Aschwanden Software)
- ARBO / CRET Plug-In für Axis VM
- Schwingungsanalysetool (Aschwanden Software)

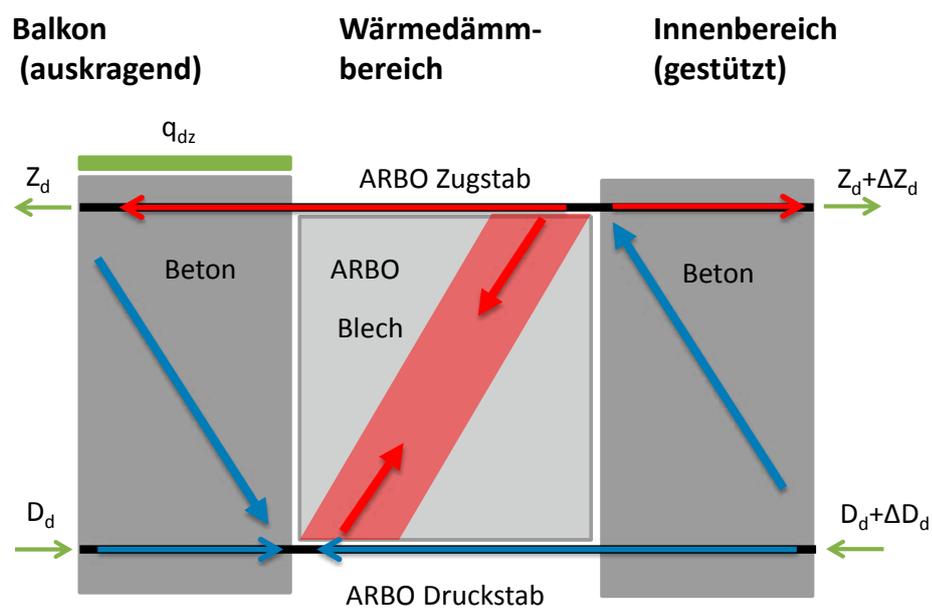


Einleitung – Anforderungen an die Bemessung

Wärmedämmende Elemente haben Anforderungen auf drei Achsen zu erfüllen

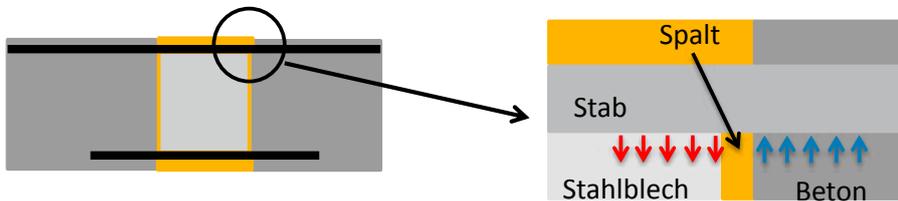


Tragsicherheit – Kraftübertragung



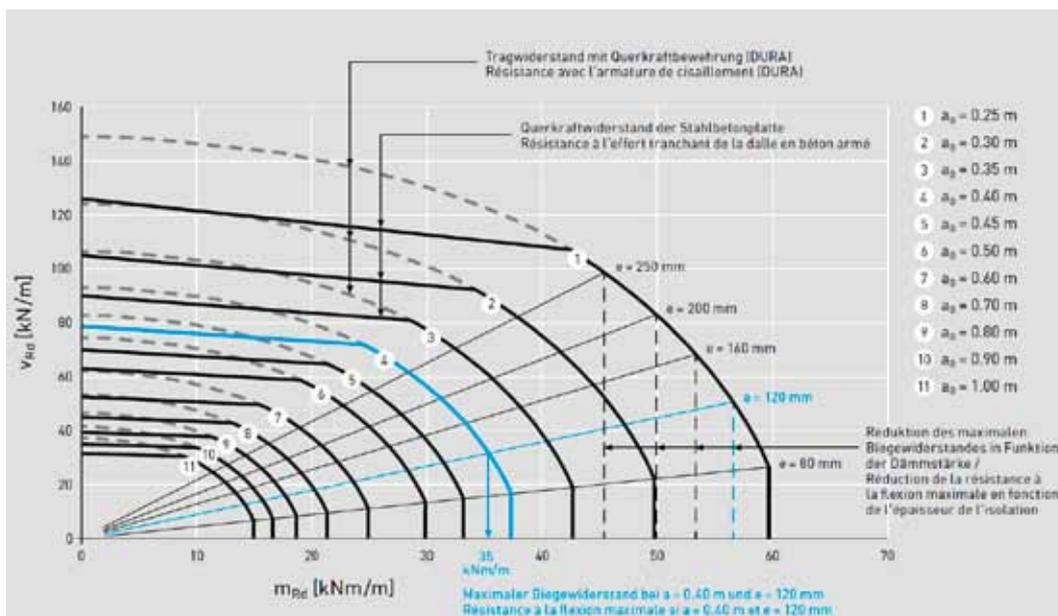
Tragsicherheit – Versagensmechanismen

- Widerstand des Zug-/Druckstabes (N-M-V Interaktion)

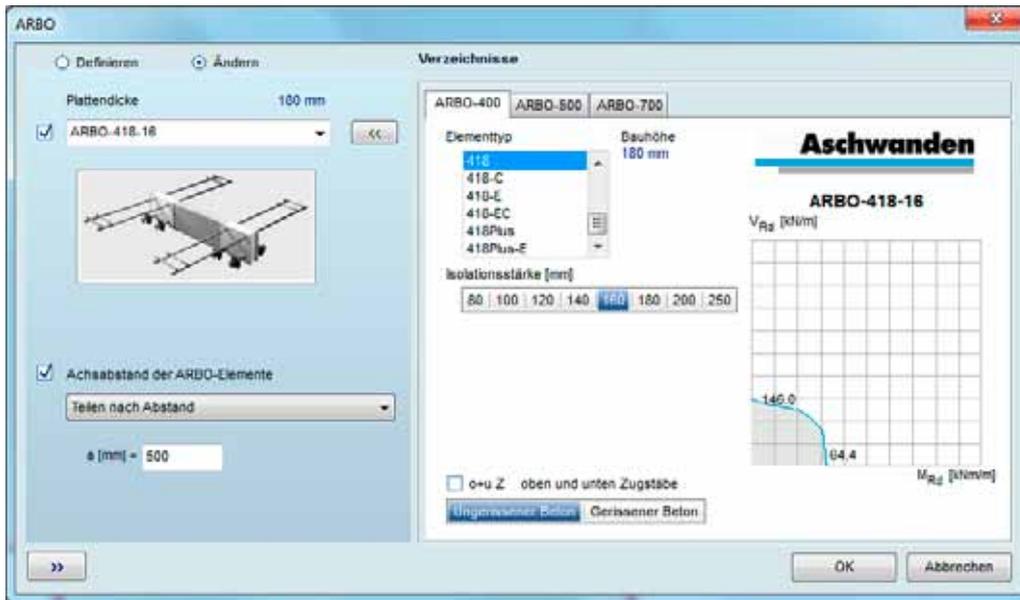


- Knicken des Druckstabes
- Versagen des Schublechs
- Querkrafteinleitung in anschließende Stahlbetonplatte

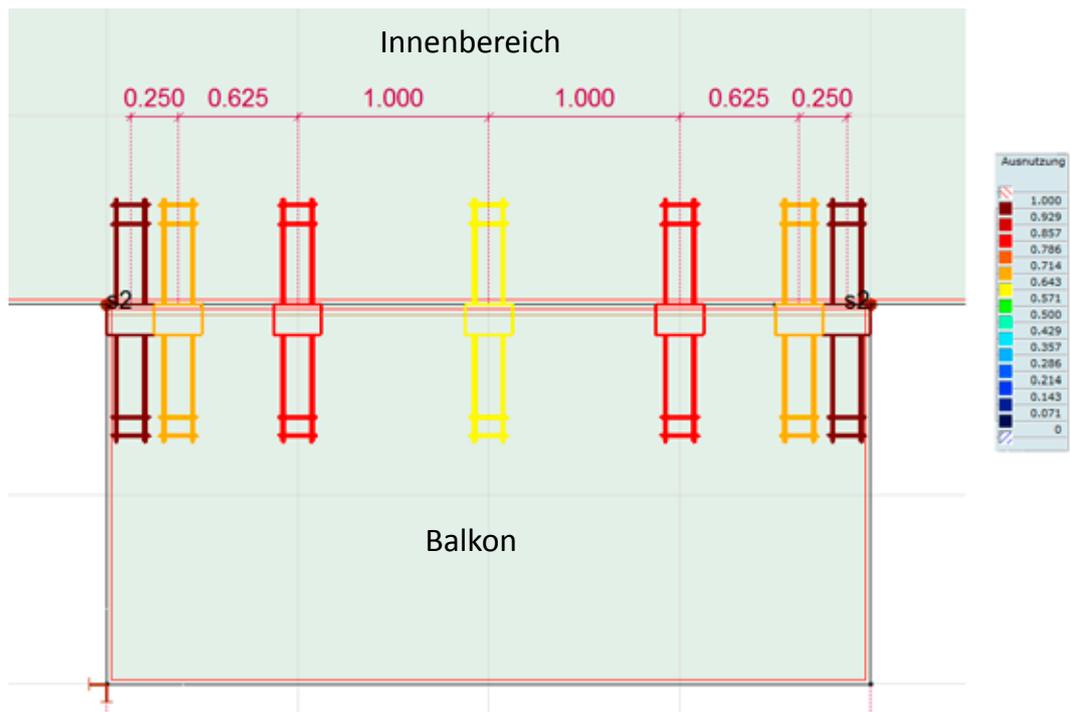
Tragsicherheit – Bemessungsdiagramm



Tragsicherheit – Bemessungssoftware



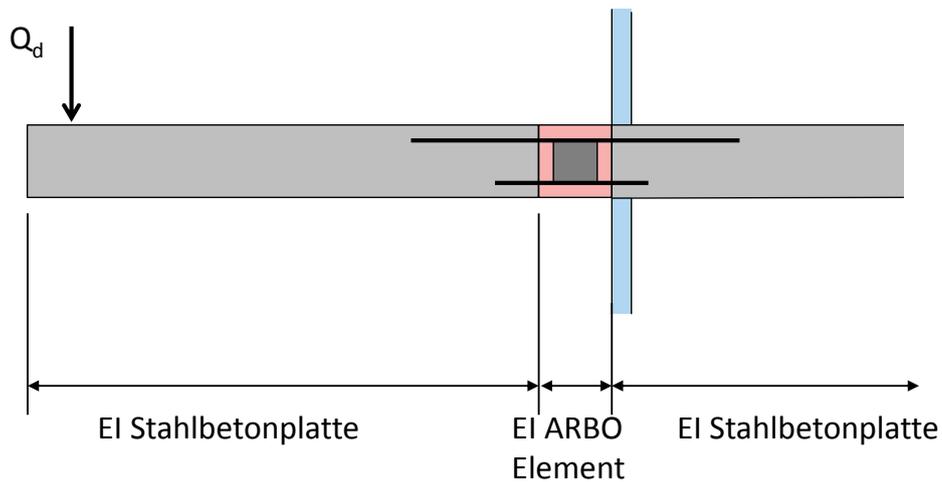
Tragsicherheit – Bemessungssoftware



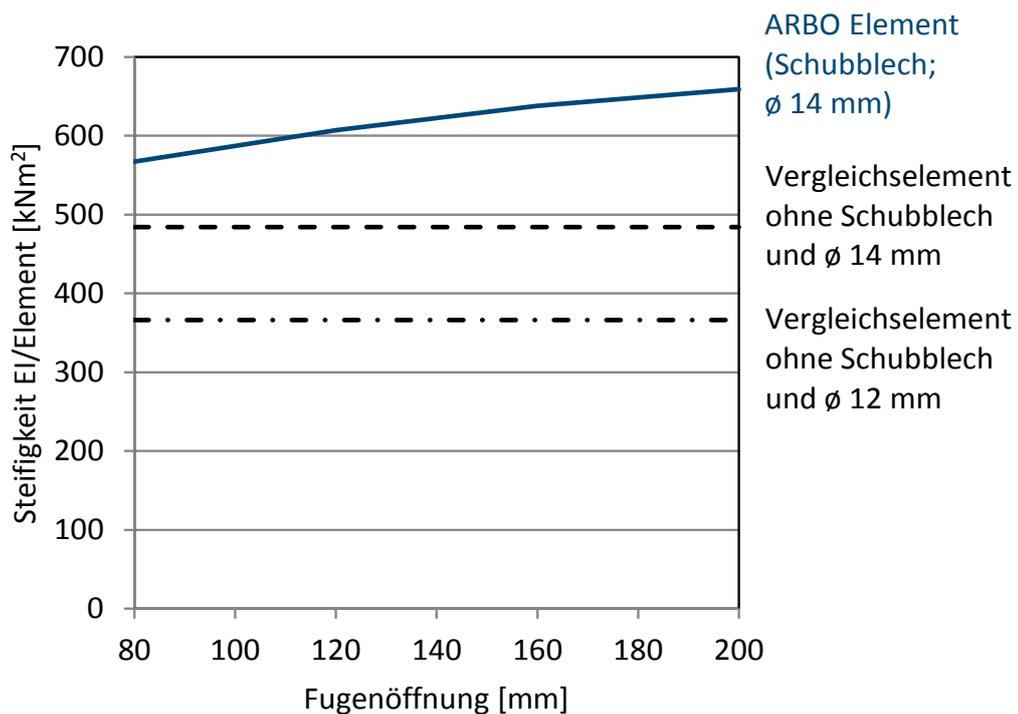
Gebrauchstauglichkeit

Durchbiegungen und Schwingungen

- Steifigkeit der Stahlbetonplatte
- Randbedingungen (Lagerungsbedingungen)
- Steifigkeit ARBO Elemente



Gebrauchstauglichkeit – Biegesteifigkeit



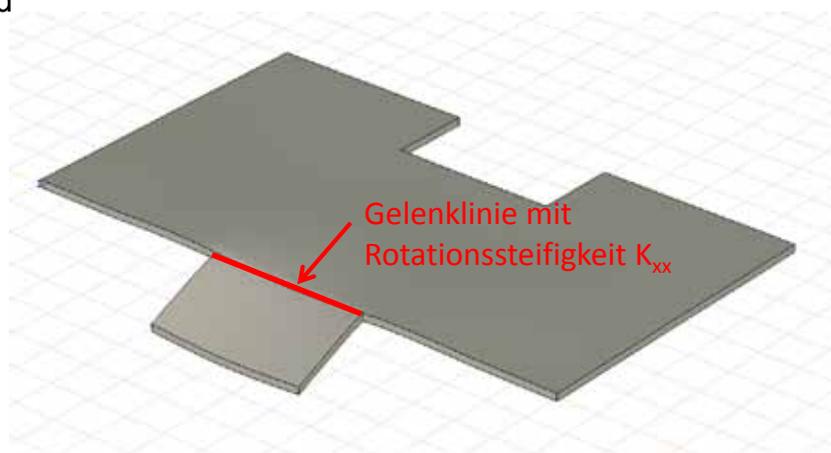
Gebrauchstauglichkeit – Biegesteifigkeit

Rotationssteifigkeit für Gelenklinie:

$$K_{xx} = EI_{EL} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{e}$$

a : Elementabstand

e : Dämmstärke



Gebrauchstauglichkeit – Biegesteifigkeit

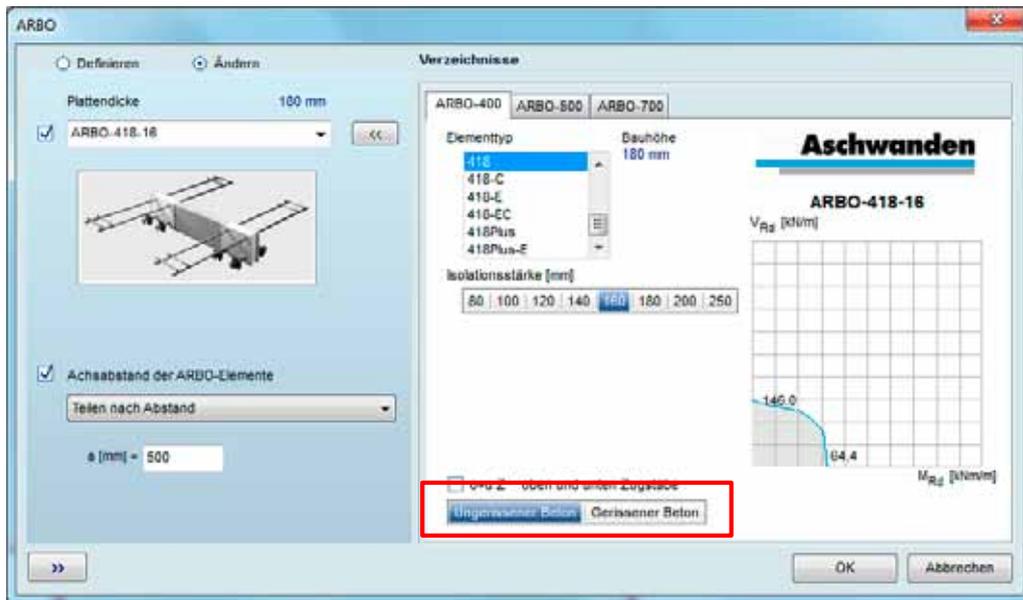
Berechnung der Durchbiegung:

- Lineare Berechnung (Modellierung ungerissener Querschnitt ohne Kriechen)
 - Anschliessende Erhöhung der Durchbiegung
- Nicht-lineare Berechnung (Modellierung gerissener Querschnitt mit Kriechen)
 - Direkte Bestimmung der Durchbiegung (oder Schwingungsanalyse)

Isolationsstärke	Für linear-elastische FEM Berechnung (ungerissen)	Für nichtlineare FEM Berechnung (gerissen)
e = 80 mm	$EI_{EL} = 1125 \text{ kNm}^2$	$EI_{EL} = 275 \text{ kNm}^2$
e = 120 mm	$EI_{EL} = 1175 \text{ kNm}^2$	$EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$
e = 160 mm	$EI_{EL} = 1225 \text{ kNm}^2$	$EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$
e = 200 mm	$EI_{EL} = 1250 \text{ kNm}^2$	$EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$
e = 250 mm	$EI_{EL} = 1250 \text{ kNm}^2$	$EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$

Um bei einer linearen Berechnung die nachträgliche Erhöhung der Durchbiegung zu kompensieren, wurden die Steifigkeitsangabe der ARBO Elemente angepasst.

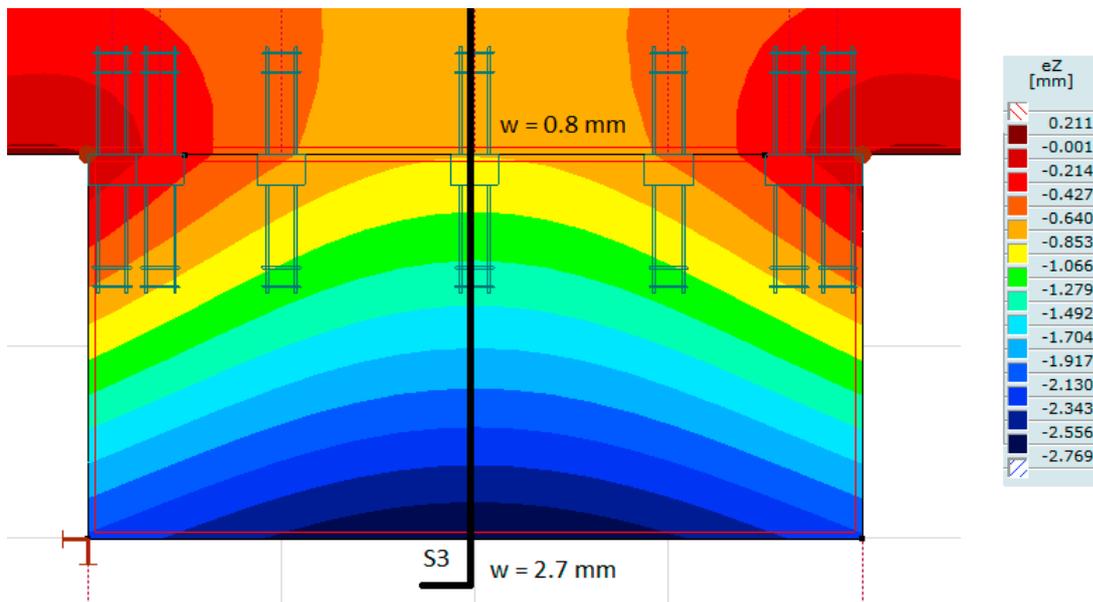
Gebrauchstauglichkeit – Durchbiegung



Stahlbetonplatte modelliert mit $E_c = 30'000 - 35'000 \text{ N/mm}^2$

Gebrauchstauglichkeit – Durchbiegung

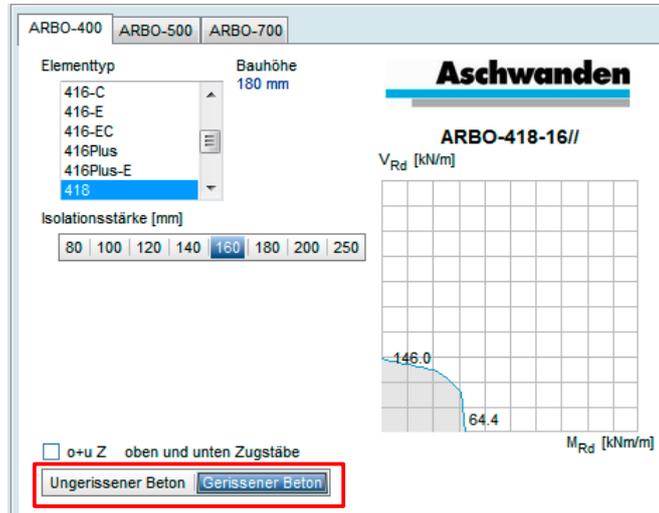
$$w = \frac{1 - 20 \cdot \rho'}{10 \cdot \rho^{0.7}} \cdot (0.75 + 0.1 \cdot \varphi) \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^3 \cdot w_c \quad w_c = 2.7 - 0.8 = 1.8 \text{ mm}$$



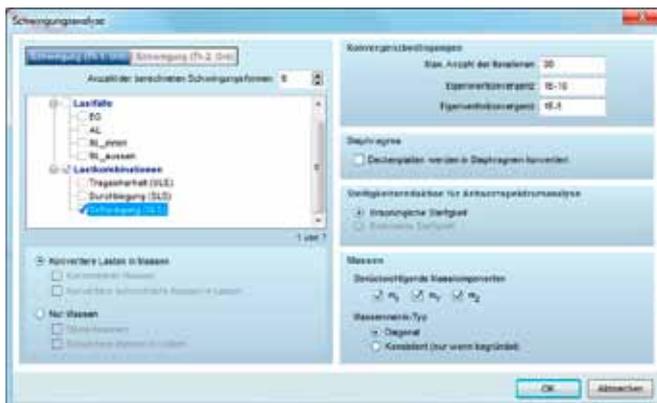
Gebrauchstauglichkeit – Schwingungen

Berücksichtigung der gerissenen Betonplatte

- Reduktion des E-Moduls $E_{modell} = \frac{E_{c0}}{3}$ (Plattenmodellierung)
- Steifigkeit ARBO Elemente für Modellierung mit gerissenen Beton

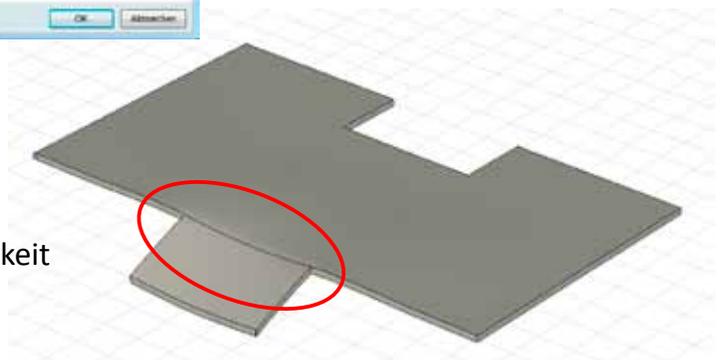


Gebrauchstauglichkeit – Schwingungen



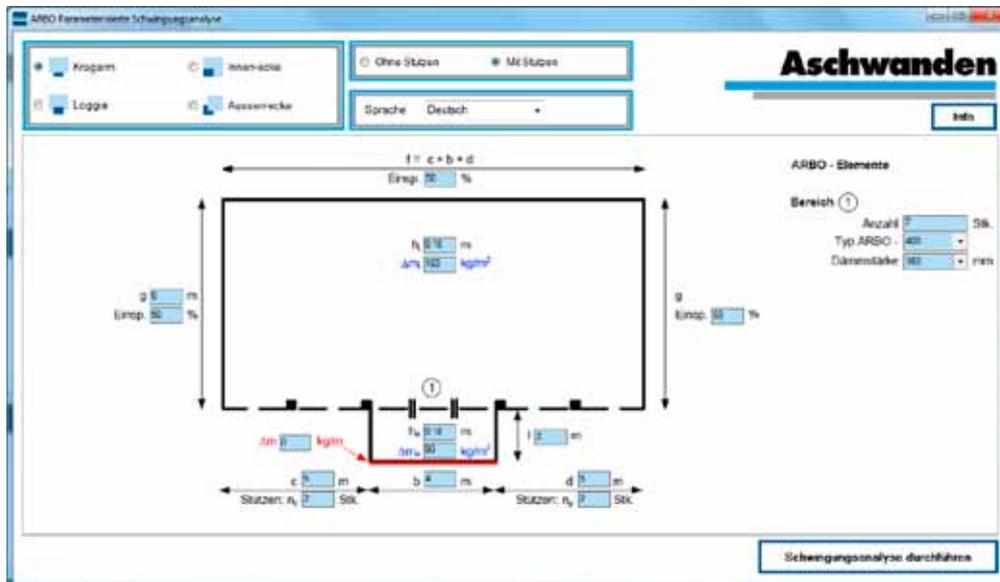
→ Eigenfrequenzen

Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der anschliessenden Platte



Gebrauchstauglichkeit – Schwingungen Parametrisiertes Schwingungsanalysetool

Vereinfachte Berechnung der Eigenfrequenzen durch parametrisierte Eingabe.



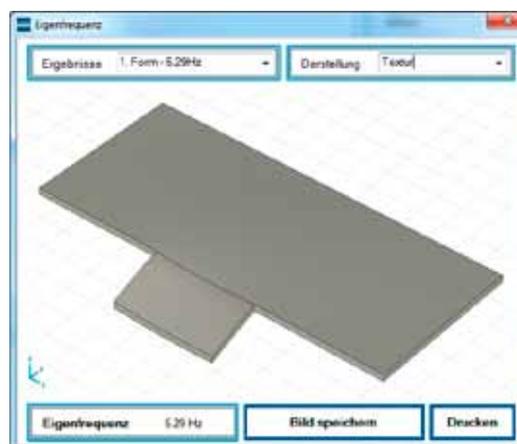
Gebrauchstauglichkeit – Schwingungen Parametrisiertes Schwingungsanalysetool

Die Norm SIA 260 gibt keine Richtwerte für auskragende Strukturen, wie z.B. Balkonplatten an.

Anhaltspunkte:

Fussgängerbrücken : $f > 4.5 \text{ Hz}$ oder $f < 1.6 \text{ Hz}$

Tanzlokale : $f > 7 \text{ Hz}$



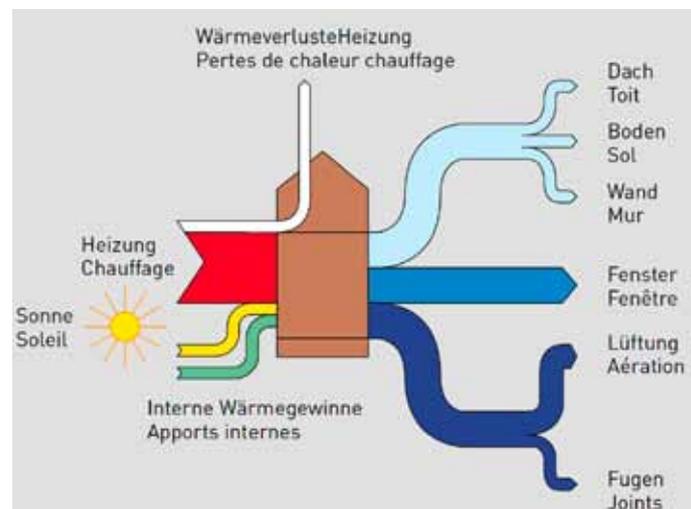
Wärmedämmung

- Energiebilanz
 - SIA 380/1:2009 Thermische Energie im Hochbau
 - Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) 2014
 - (SIA 380/1:2015 Heizwärmebedarf)
- Wärmedurchgang bei Wärmebrücken

- Behaglichkeit
 - SIA 180:2014
 - Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden
- Feuchtebildung bei Wärmebrücken

Wärmedämmung – Thermische Energie Systemnachweis

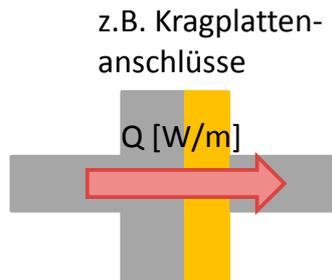
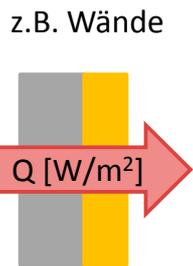
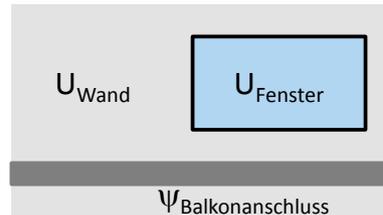
- Systemnachweis
- Betrachtung Heizenergiebedarf des gesamten Gebäudes



Wärmedämmung – Thermische Energie Einzelbauteilnachweis

Einzelbauteilnachweis

- Nachweis des Wärmedurchgangs der einzelnen Bauteile, wie Wände, Fenster, Türen, und bei Wärmebrücken

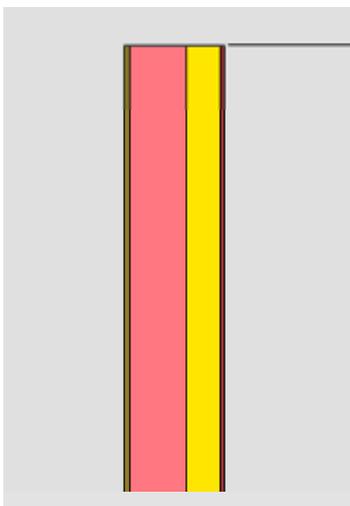


Q = Wärmedurchgang

Wärmedämmung – Thermische Energie Wärmebrückennachweis

Beim Wärmebrückennachweis ist der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient entscheidend.

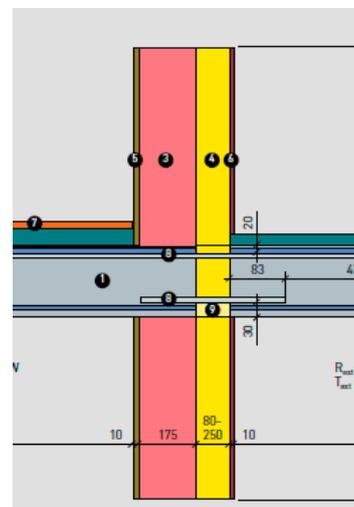
Wärmedurchgang Q_0



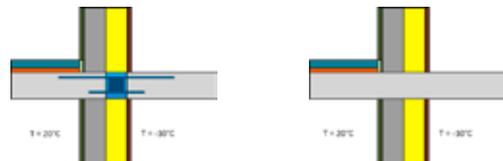
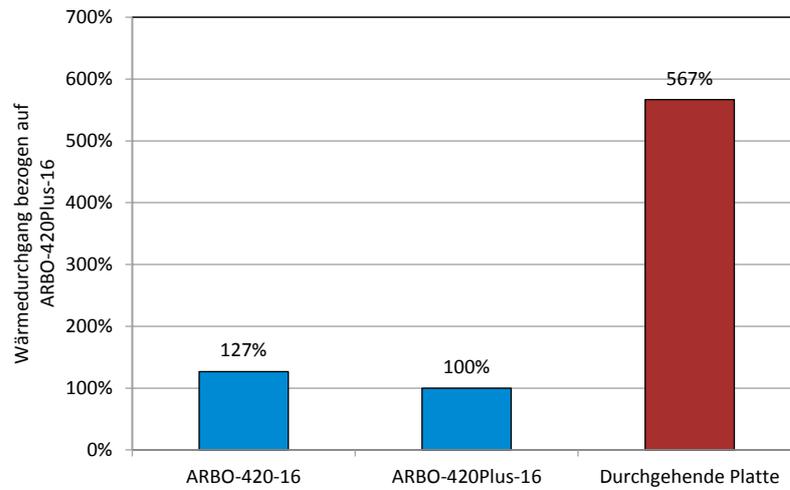
$$\psi = \frac{Q_1 - Q_0}{L \cdot \Delta T}$$

$$\psi [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

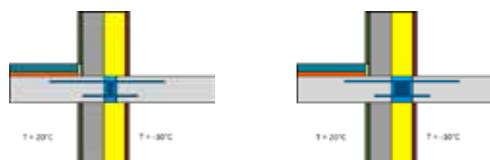
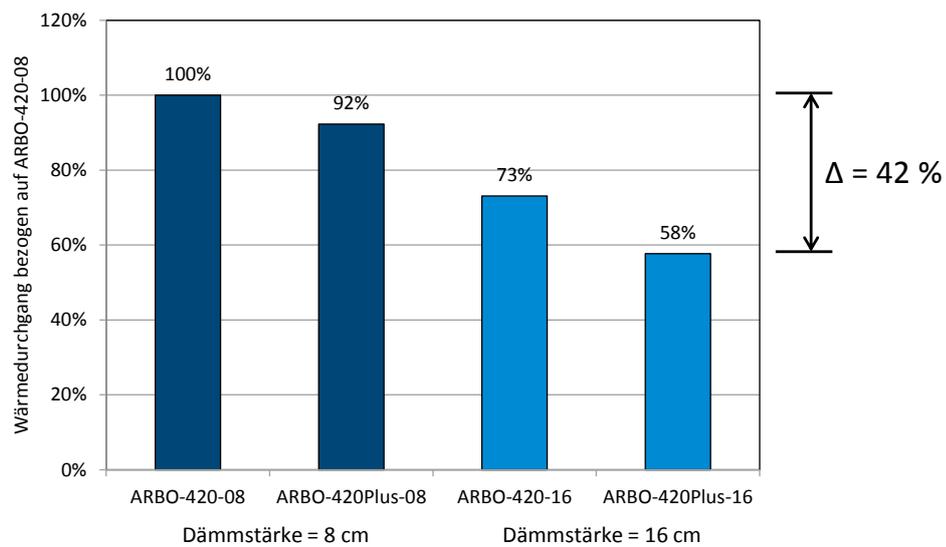
Wärmedurchgang Q_1



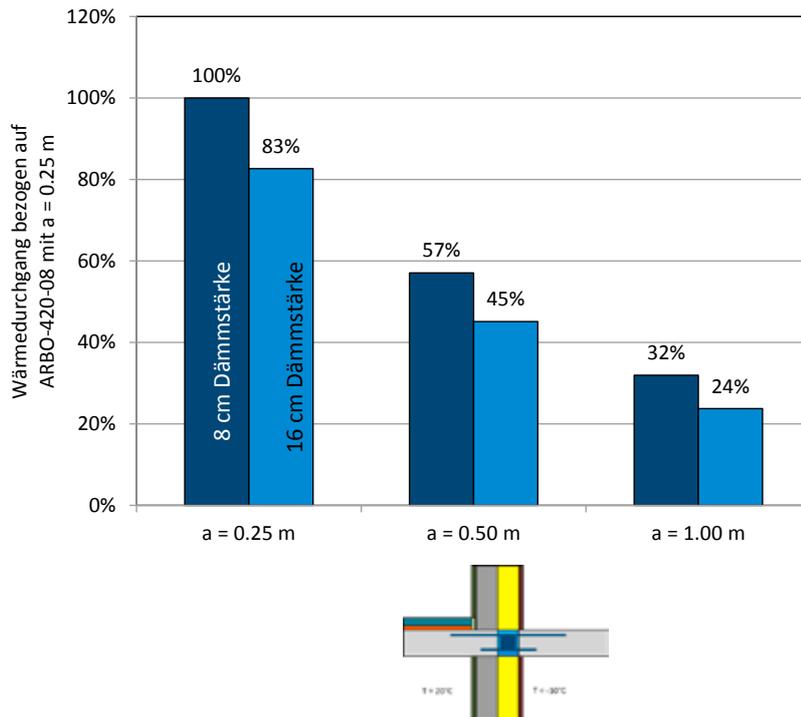
Wärmedämmung – Einfluss ARBO Elemente



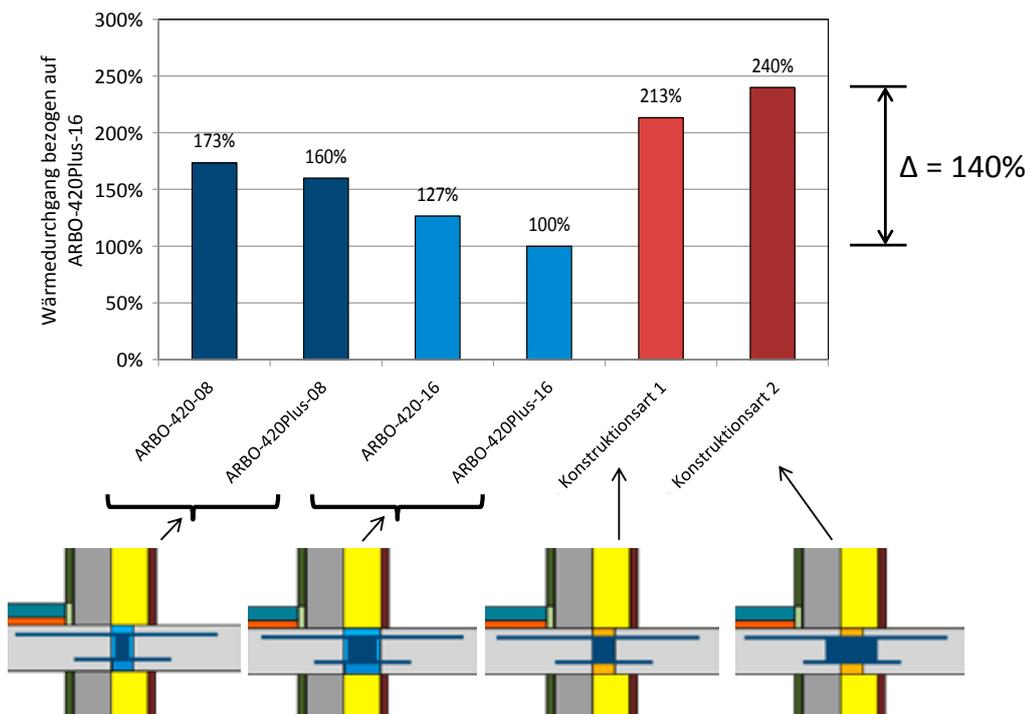
Wärmedämmung – Einfluss Dämmstärke



Wärmedämmung – Einfluss Elementabstand



Wärmedämmung – Einfluss Konstruktionsart



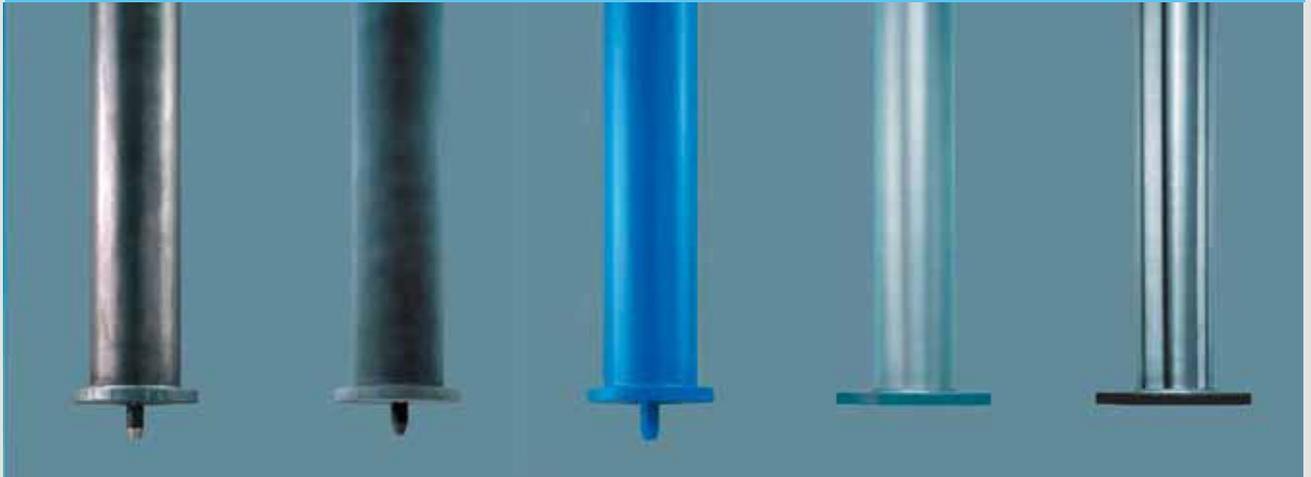
Zusammenfassung

ARBO Elemente sind optimal auf die Anforderungen abgestimmt (Tragsicherheit; Gebrauchstauglichkeit; Wärmedämmung)

- **Tragsicherheit**
 - Fachwerkmodell zur Kraftübertragung
 - Berücksichtigung des Knicken
 - Berücksichtigung der Querkrafteinleitung in anschliessende Stahlbetonplatte
- **Gebrauchstauglichkeit**
 - Biegesteifigkeit (Elemente und Stahlbetonplatte) ist für Durchbiegungs- und Schwingungsverhalten entscheidend
 - Nachgiebigkeit der anschliessenden Stahlbetonplatte ist zu berücksichtigen
 - Stabdurchmesser und Anzahl Schubleche beeinflussen die Biegesteifigkeit der Anschlusselemente stark
- **Wärmedämmung**
 - Grössere Dämmstärke erhöht die Wärmedämmung
 - Grösserer Elementabstand erhöht die Wärmedämmung
 - ARBO Plus Elemente bieten zusätzliche Wärmedämmung

Kundennutzen

- Standard-Dämmstärken von 8 cm bis 25 cm
- Standard-Elementhöhen von 16 cm bis 30 cm
- Projektspezifische Dämmstärken und Elementhöhen auf Kundenwunsch
- **ARBO Plus Elemente mit erhöhter Wärmedämmung**
- Direkter Lastabtrag dank optimierter Elementanordnung
- Standardprodukte für einfache Baukontrolle
- Berechnete bauphysikalische Werte
- Ausführungen in nichtrostendem Stahl
- Übersichtliche technische Dokumentation
- Überzeugende Bemessungssoftware
- **Schwingungsanalysetool**
- Unterstützung bei der Bemessung individueller Speziallösungen durch unsere Engineering Services



ORSO-V Stahl-/Beton-Verbundstützen: Hohe Tragfähigkeit und hoher Brandwiderstand

Prof. Dr. Albin Kenel

Übersicht

- **Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall**
- **Bemessung «kalt» und «warm»**
- **Vordimensionierung mit der App**
- **Kundennutzen**

Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall

Hauptproblematik von Stahlbetonstützen:

Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall

→ SIA 262:2013 Ziffer 4.3.10.5.2
Durch dieses Nachweisverfahren nicht abgedeckte Versagensarten, wie **Abplatzen des Überdeckungsbetons**, Verbundversagen oder Ausknicken der Druckbewehrung, sind mit konstruktiven Massnahmen zu verhindern.



Bild: V.K.R. Kodur, L. Phanb; Critical factors governing the fire performance of high strength concrete systems; Fire Safety Journal 42 (2007) 482–488

Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall

Gründung der Arbeitsgruppe «Brand» der NK SIA 262

Aufgrund von aktuellen Diskussionen hat die NK SIA 262 der AG «Brand» zudem den Auftrag erteilt, in einem **Dokument** den heutigen **Stand des Wissens** zusammenzufassen und die wichtigsten Ziele für das weitere Vorgehen der NK SIA 262 aufzuzeigen. Das Dokument wurde von der AG «Brand» und von der NK SIA 262 in mehreren Sitzungen diskutiert und am 11.04.2014 zur Publikation freigegeben. Es steht unter

www.sia.ch/korrigenda > SIA 262

zur Verfügung und wird nach Bedarf aktualisiert.

Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall

Abplatzen

SIA 262 verlangt generell einen Nachweis für das Vermeiden von Abplatzen von Beton.

- EC2** gibt Methoden an, wie Abplatzen verhindert werden kann:
- A zusätzliches Bewehrungsnetz,
 - B geprüfter Beton, welcher erwiesenermassen kein Abplatzen zeigt (Versuche, Erfahrung),
 - C zusätzliche Brandschutzschicht und
 - D Betonmischung mit mehr als 2 kg/m^3 PP-Fasern

Für hochfesten Beton gemäss SN EN 1992-1-2 (ab C 55/67) sind nur die **Methoden B und C sicher**.

Für die **Methoden A und D ist der Weg über Versuche** oder detailliertere Nachweise zu wählen.

Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall

Abplatzen: Zitate aus der Dokumentation der AG Brand

«Es ist **heute noch nicht möglich**, allgemein gültige, zuverlässige quantitative Regeln anzugeben, wie **Abplatzen nachweislich verhindert werden kann**.»

«Ist das **Abplatzen nachweislich verhindert**, so sind **rechnerische Feuerwiderstandsnachweise mit Ingenieurmodellen oder FEM möglich**. Die verwendeten Materialgesetze müssen auf gesicherten Grundlagen basieren. Alternativ anerkennen die Behörden **versuchsbasierte Anerkennungen für den direkten Anwendungsbereich**. Der direkte Anwendungsbereich umfasst z.B. Stützen mit gleichem Querschnitt, gleicher oder kleinerer Last und gleicher oder geringerer Stützenlänge als geprüft.»

Abplatzen des Überdeckungsbetons im Brandfall

Der Beton der ORSO-B Stahlbetonstützen:

- ist selbstverdichtend und hochfest
- hat eine Festigkeitsklasse C80/95
- ist eine patentierte Mischung
- platzt im Brandfall nicht ab
- wurde anhand von Brandversuchen entwickelt und getestet (MFPA, Leipzig, 2013; BAM, Berlin, 2013)

Die offerierten Leistungen verschiedener Anbieter müssen vergleichbar sein.

Bei einer Ausschreibung von R90 kann die Offerte nicht **«Brandschutz bauseits»** beinhalten!

Grundlagen der Stützenbemessung ORSO-V

- **Kaltbemessung nach SIA 264:2014**
 - Nachweis für annähernd zentrisch belastete Stützen
 - Nachweis für Druck mit Biegung
 - Anprall
- **Warmbemessung nach SN EN 1994-1-2:2005**
 - Nachweis für annähernd zentrisch belastete Stützen
 - Nachweis für Druck mit Biegung

Kaltbemessung

Tragsicherheitsnachweis:

$$|N_d| \leq |N_{Rd}|$$

Nachweis für annähernd zentrisch belastete Stützen
(SIA 264:2014 Ziffer 5.3.2)

$$N_{Rd} = \chi_K \cdot N_{pl,Rd}$$

χ_K : Abminderungsfaktor für Knicken gemäss Norm SIA 263:2013

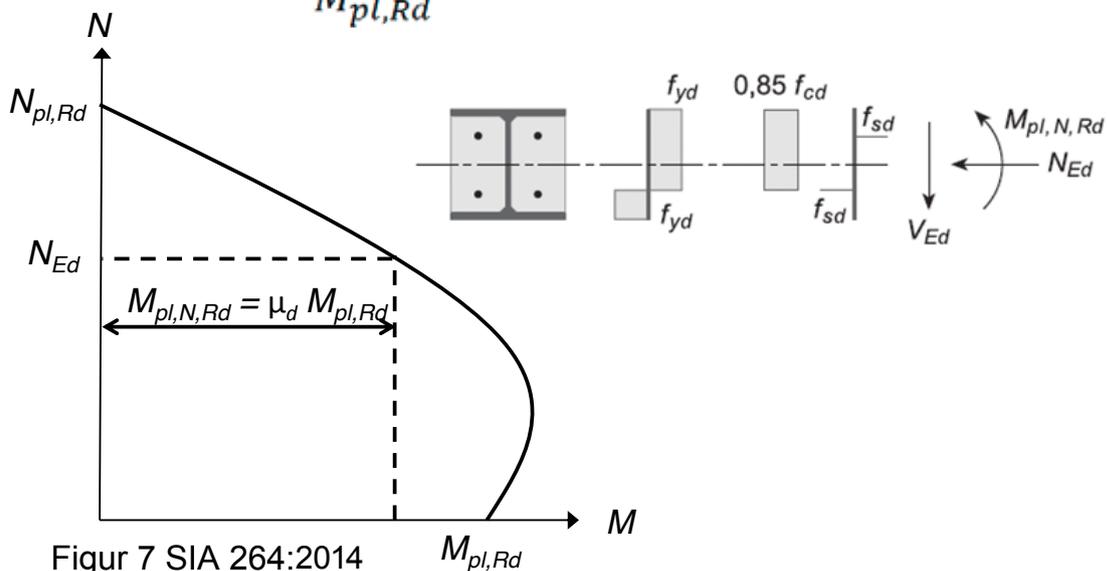
$N_{pl,Rd}$: Bemessungswert des plastischen Normalkraftwiderstandes

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} + A_c \cdot \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \cdot \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

Kaltbemessung

Nachweis für Druck mit Biegung $M_{Ed,II} \leq 0.9 \cdot \mu_d \cdot M_{pl,Rd}$

$$\mu_d = \frac{M_{pl,N,Rd}}{M_{pl,Rd}} \rightarrow \text{M-N Interaktionsdiagramm}$$

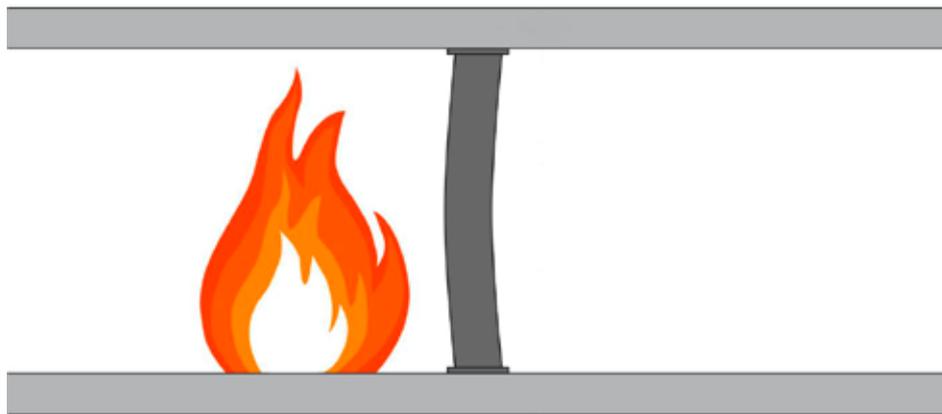


Figur 7 SIA 264:2014

Warmbemessung

– Bemessungssituation Brand

- Bemessung bis Feuerwiderstandsklasse R240
- Brandschutzzulassung der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen VKF



Warmbemessung

Tragsicherheitsnachweis:

$$|N_{fi,d}| \leq |N_{fi,Rd}|$$

Nachweis für annähernd zentrisch belastete Stützen (SN EN-1994-1-2:2005 Ziffer 4.3.5.1)

$$N_{fi,Rd} = \chi \cdot N_{fi,pl,Rd}$$

χ : Abminderungsfaktor für Knicken gemäss EN-1993-1-1 Ziffer 6.3.1

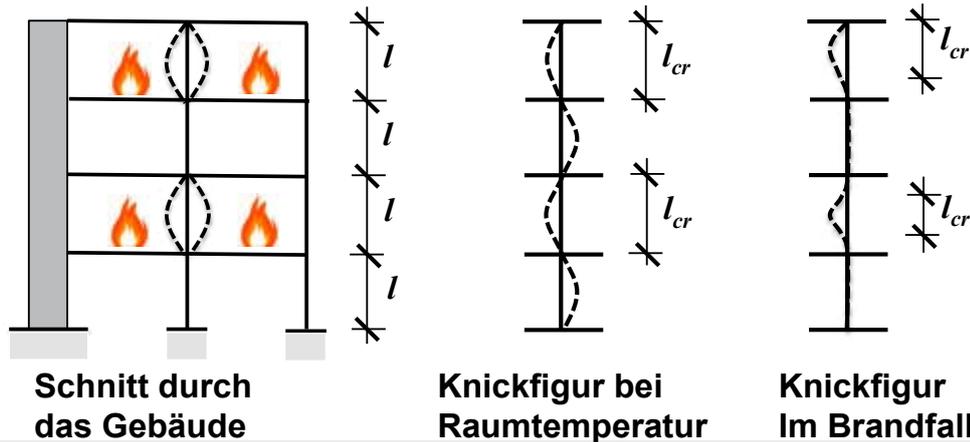
$N_{fi,pl,Rd}$: Bemessungswert des plastischen Normalkraftwiderstandes

$$N_{fi,pl,Rd} = \sum_j A_{a,\theta,j} \cdot \frac{f_{ay,\theta,j}}{\gamma_{M,fi,a}} + \sum_k A_{s,\theta,k} \cdot \frac{f_{sy,\theta,k}}{\gamma_{M,fi,s}} + \sum_m A_{c,\theta,m} \cdot \frac{f_{c,\theta,m}}{\gamma_{M,fi,c}}$$

Warmbemessung

Knicklängen bei Feuereinwirkung (SN EN-1994-1-2:2005)

- $l_{cr} = 0.5 \cdot l$ bei Innenstützen
- $l_{cr} = 0.7 \cdot l$ bei Innenstützen im obersten Stockwerk
- $l_{cr} = 0.7 \cdot l$ bei Randstützen
- $l_{cr} = 1.0 \cdot l$ bei grossvolumigen Konstruktionen (z.B Atriumsgebäude) in denen sich der Brand ungehindert über mehrere Stockwerke ausbreiten kann



Warmbemessung

Nachweis für Druck mit Biegung

SN EN-1994-1-2:2005 Anhang G:
Berechnungsverfahren für den Feuerwiderstand kammerbetonierter Verbundstützen bei Biegeknicken um die schwache Achse und allseitiger Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve

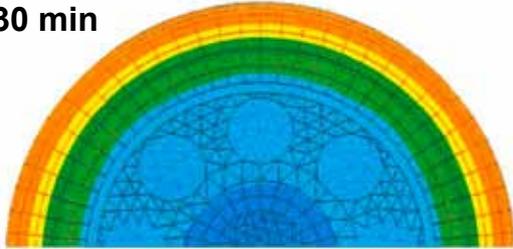
$$|N_{equ}| \leq |N_{fi,Rd}|$$

N_{equ} : äquivalente, vergrösserte Bemessungsnormalkraft

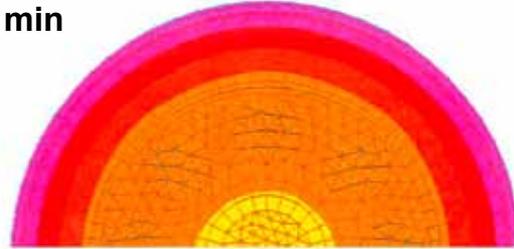
Warmbemessung

Berücksichtigung der Temperatureinflüsse durch ausführliche numerische Untersuchungen (instationäre Wärmerechnung) für jeden Querschnitt

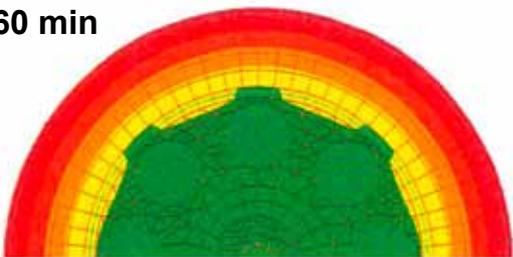
30 min



90 min



60 min

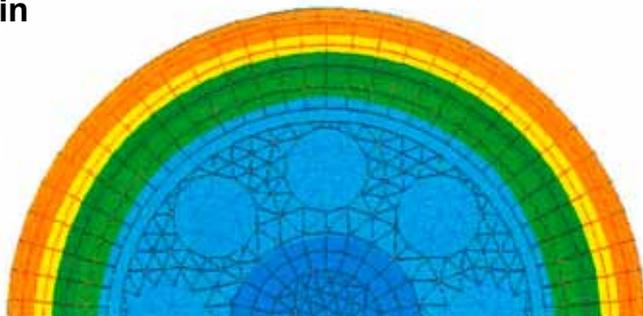


150 min

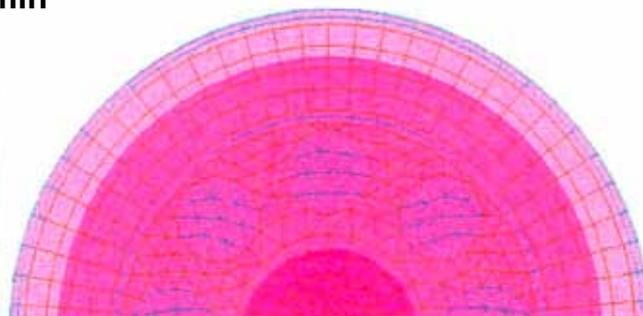


Warmbemessung

30 min



240 min



1200° C

ΔT = 100° C

0° C

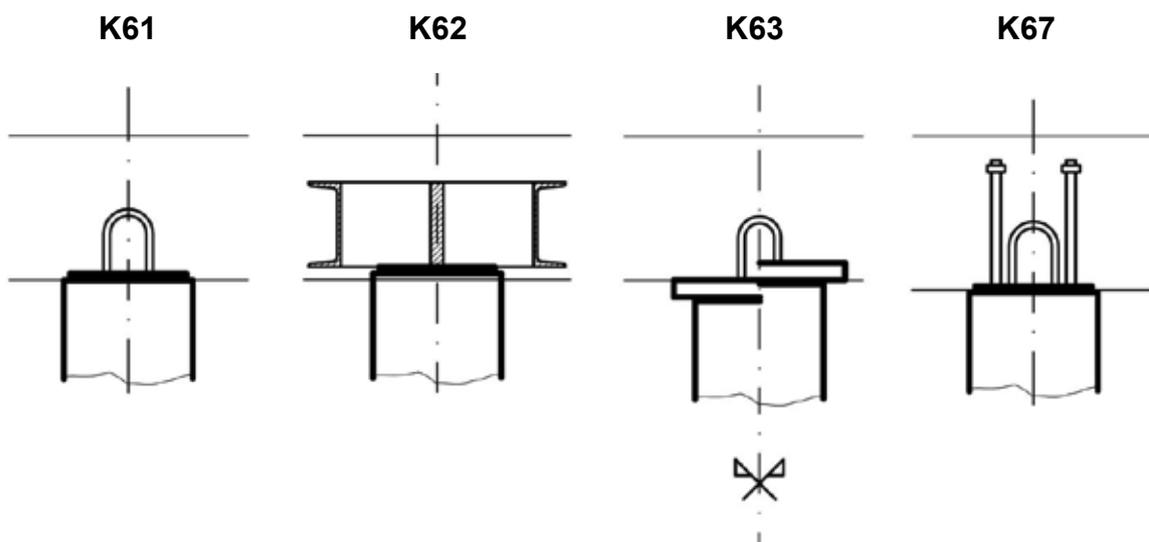


Kopf- und Fussdetail

Bei der Wahl der Kopf- und Fussdetails sind insbesondere folgende Gegebenheiten zu berücksichtigen:

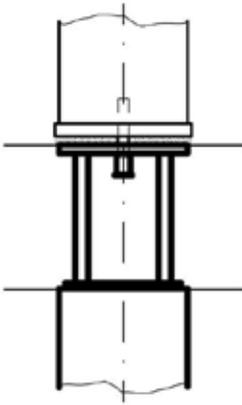
- gewähltes Stützenmodell
- Positionierung der Stütze (Innen-, Rand-, oder Eckstütze mit Berücksichtigung des Deckenrandüberstandes)
- Dicke und Betonsorte der Decken- und Bodenplatte
- allfällige erforderliche Kraftdurchleitung im Deckenbereich
- falls geplant: Stahlpilz zur Durchstanzsicherung

Kopf- und Fussdetail

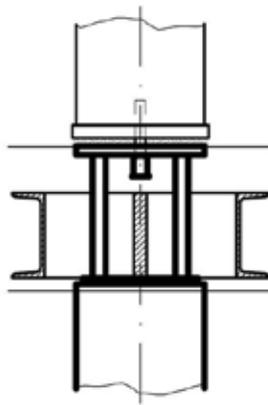


Kopf- und Fussdetail

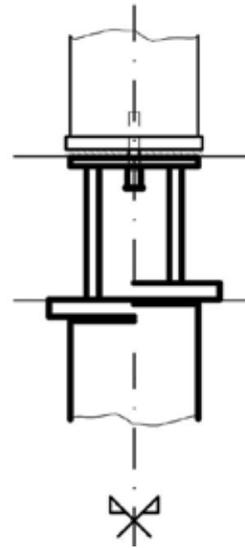
K64



K65

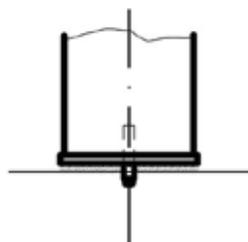


K66

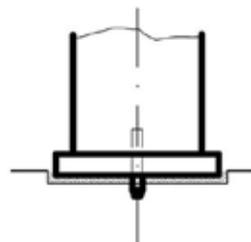


Kopf- und Fussdetail

F61

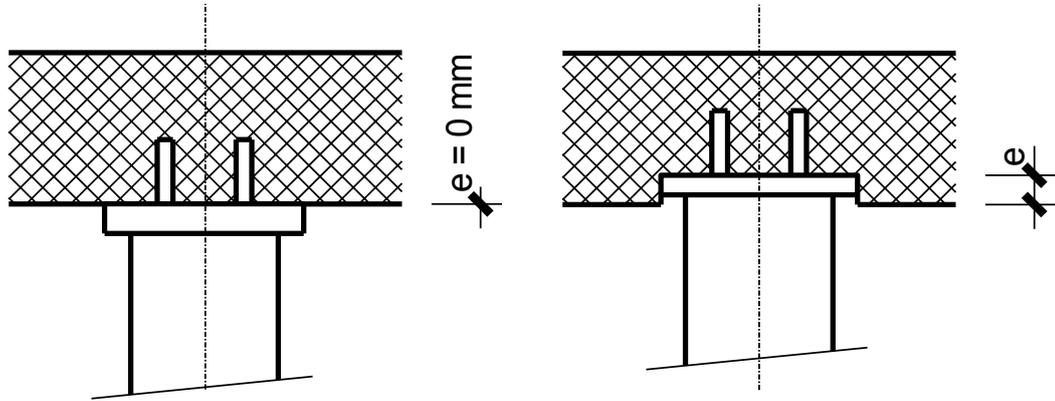


F62



Kopf- und Fussdetail

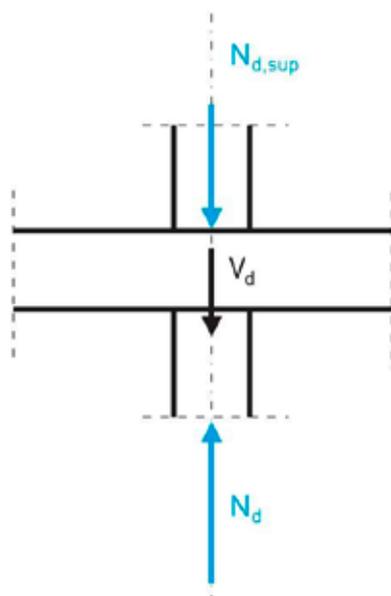
Einsenkung bei Kopf- und Fussdetail
→ Konsequenzen für den Durchstanzwiderstand



Kopf- und Fussdetail

Zusätzliche Angaben bei Lastdurchleitung:

- Durchzuleitende Kraft
- Form und Abmessung der Lagerplatte der darüberstehenden Stütze

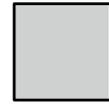


$$|N_{d,sup}| + V_d = |N_d|$$

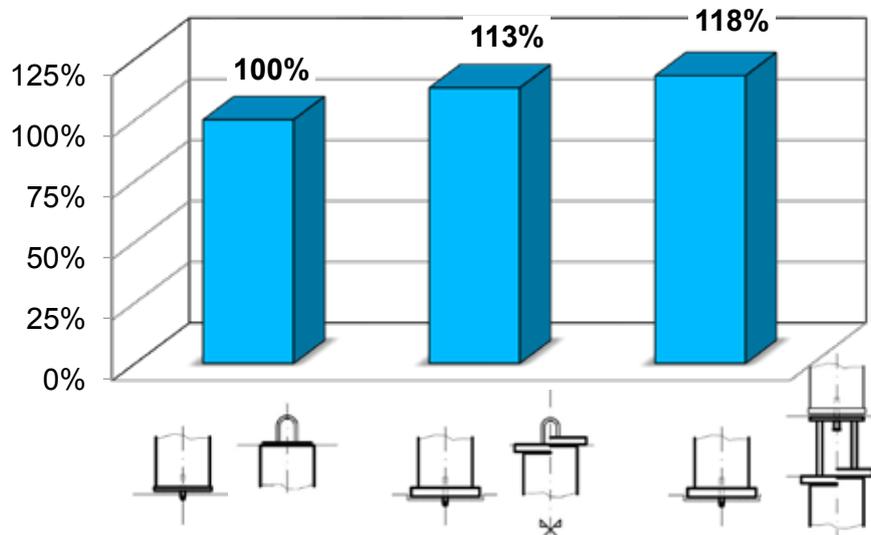
Kopf- und Fussdetail

Kostenvergleich

- Fall 1: Stütze & Detail K61 und F61 (Basispreis 100%)
- Fall 2: Stütze & Detail K63 und F62
- Fall 3: Stütze & Detail K66 und F62



300 x 300 mm



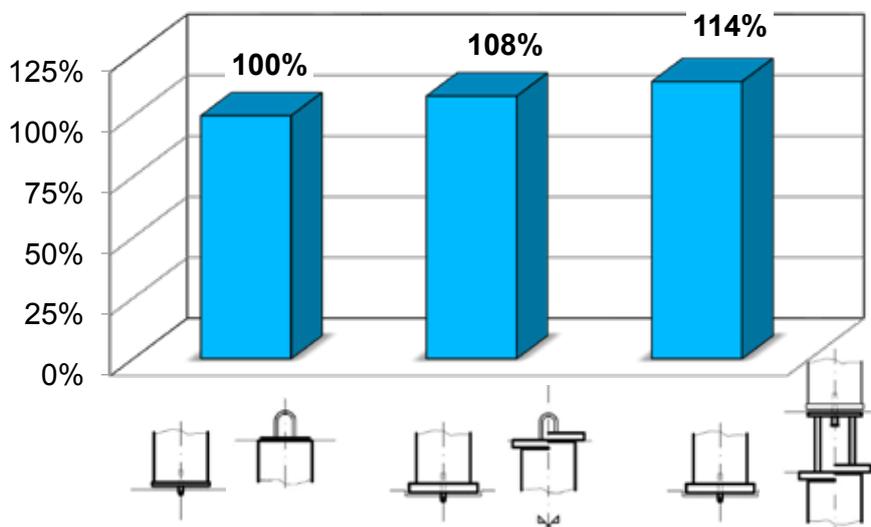
Kopf- und Fussdetail

Kostenvergleich

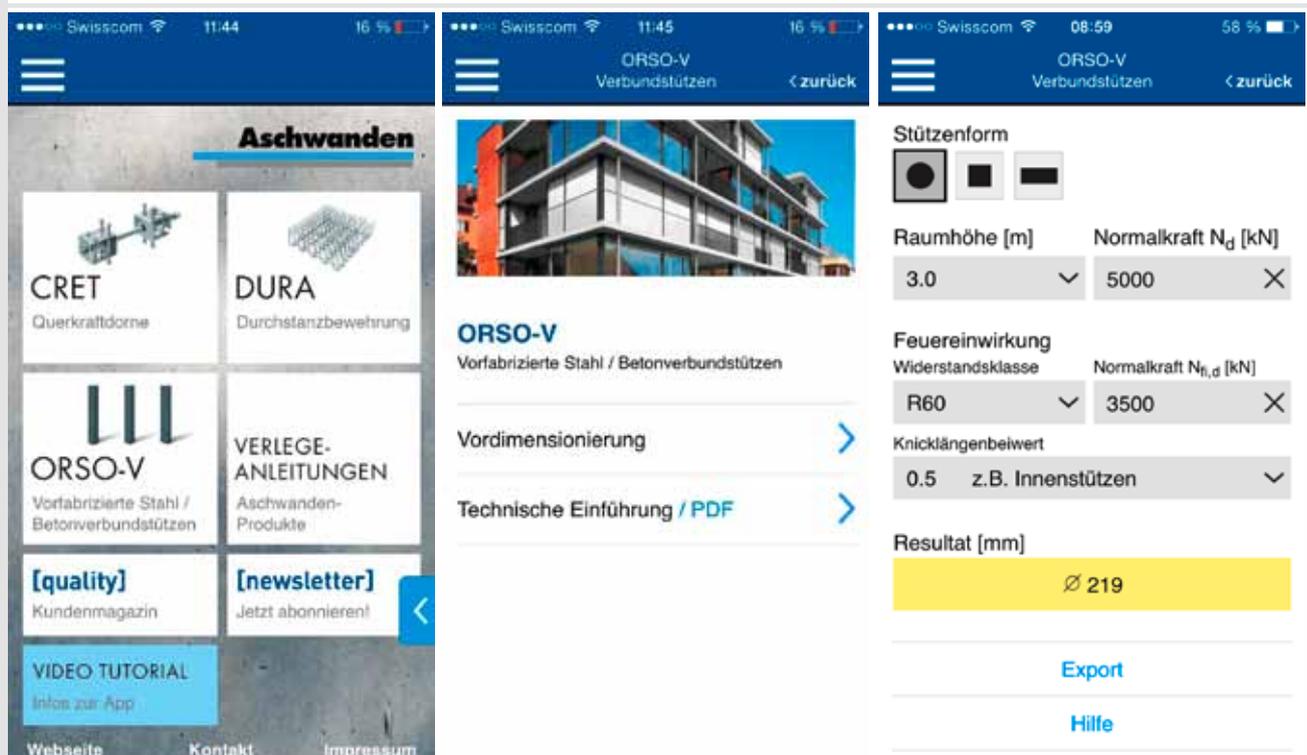
- Fall 1: Stütze & Detail K61 und F61 (Basispreis 100%)
- Fall 2: Stütze & Detail K63 und F62
- Fall 3: Stütze & Detail K66 und F62



Ø244.5 mm



Vordimensionierung mit App



Zusammenfassung

- **Bemessungssituation Brand**
 - Bemessung erfolgt auf Basis der SIA Normen und des Eurocodes
 - Bemessungsansatz ist von der VKF zertifiziert
 - Bemessung basiert auf ausführlich numerischen Untersuchungen
- **Bemessungshilfsmittel von Aschwanden**
 - Knickdiagramme
 - **Aschwanden-App**
 - Bemessungssoftware
- **Kopf-/Fussdetail**
 - Die Lasteinleitung ist ein wesentliches „Detail“
 - **Kopf- und Fussdetails sind kostenrelevant und sind Teil des Angebots**

Kundennutzen mit ORSO-V-Stützen

- Hochbelastbare und schlanke Stützen und damit ästhetisch ansprechende Lösung
- Bessere Leistung gegenüber den Konkurrenzsystemen von bis zu 20%
- Brandschutzzulassung nach VKF
- Kombinierbar mit DURA®-Durchstanzsystem- und RINO® -Exo
- Versetzbereite Stütze ausbetoniert mit Fuss- und Kopfplatten (Herstellungsqualität im Werk ist grösser als in situ betoniert)
- Einfache Bemessung dank prozessunterstützender Software
- Die Stützen sind in verschiedenen Oberflächen ausführbar



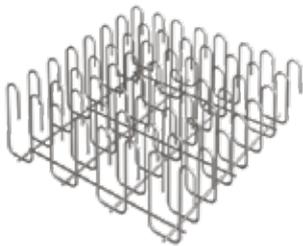
Anwendung der Norm SIA 262:2013 bei praxisnahen Bemessungssituationen

Prof. Dr. Albin Kenel und Dr. Stefan Lips

Übersicht

- **Übersicht DURA**
- **Bemessungssituation «Wanddecke»**
- **Dokumentation «Einführung in die Bemessungssoftware»**
- **Vordimensionierung**
- **App**
- **Kundennutzen**

DURA System – Übersicht



DURA Körbe



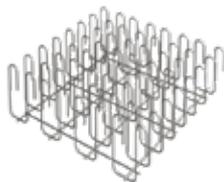
DURA S-Element



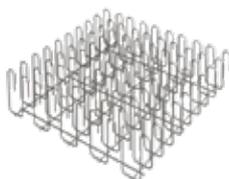
DURA Stahlpilz

DURA System – Körbe

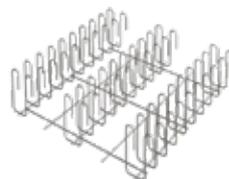
s = 100 mm



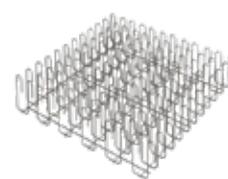
DURA-70



DURA-90



DURA-90L



DURA-110

s = 150 mm



DURA-45



DURA-45L



DURA-75

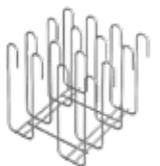


DURA-75L

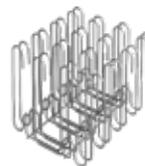
s = 200 mm



DURA-60



DURA-60L

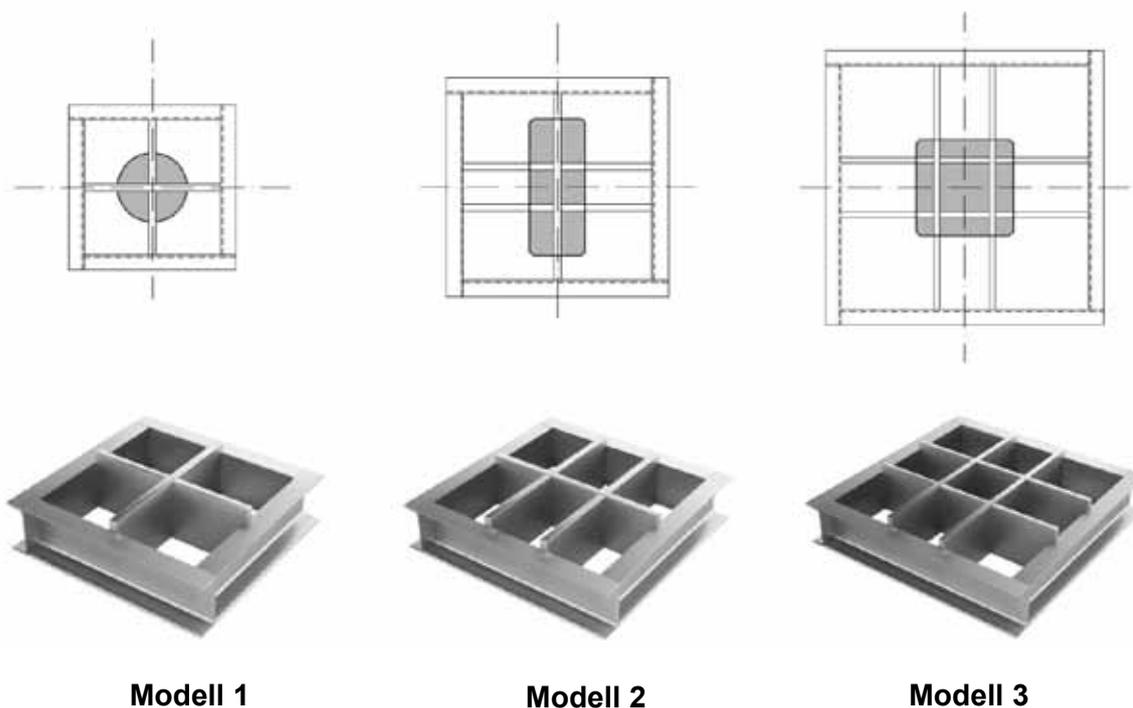


DURA-60F

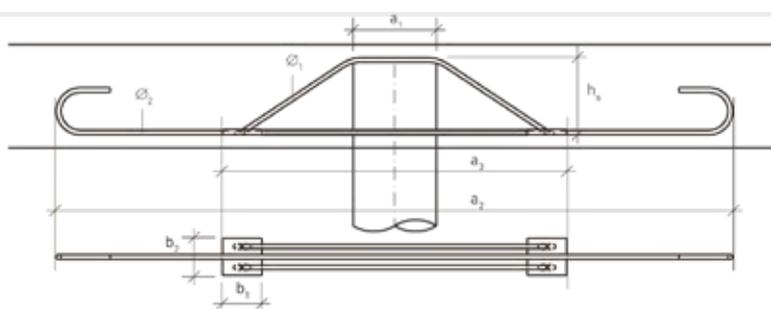


DURA-60FL

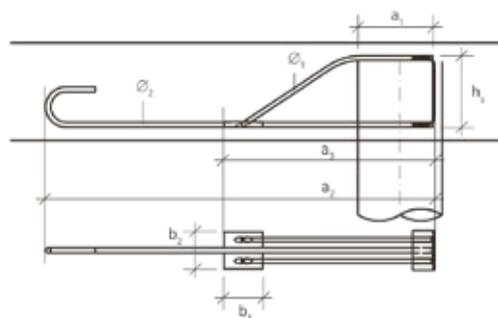
DURA System – Pilze



DURA System – S-Elemente



DURA S-Element



DURA SR-Element

Bemessungssituation «Wandecke»

- Häufige Fragestellung in der Bemessungspraxis
- Einige Anbieter von Durchstanzbewehrung offerieren eine Bemessung nach Näherungsstufe 2
- Vernehmlassung SIA 262:2013 / Kommentar Aschwanden AG:
«Einspringende Ecken kommen in der Bemessungspraxis häufig vor. In der Aufzählung sollte für diese Bemessungssituation eine näherungsweise Berechnung der mittleren Momente m_{sd} in den Stützstreifen angegeben werden.

$$\text{Vorschlag: } m_{sd} = V_d \cdot \left(\frac{1}{6} + \frac{e_{u,i}}{b_s} \right)$$

- Antwort der Normkommission SIA 262:
«Pour ces cas il est raisonnable d'utiliser la méthode préconisé par le chiffre 4.3.6.4.8»
→ **Näherungsstufe 3 anwenden!**
→ **Vorschlag Aschwanden nicht in jedem Fall anwendbar**

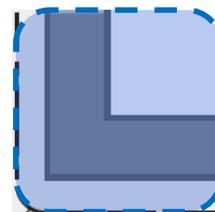
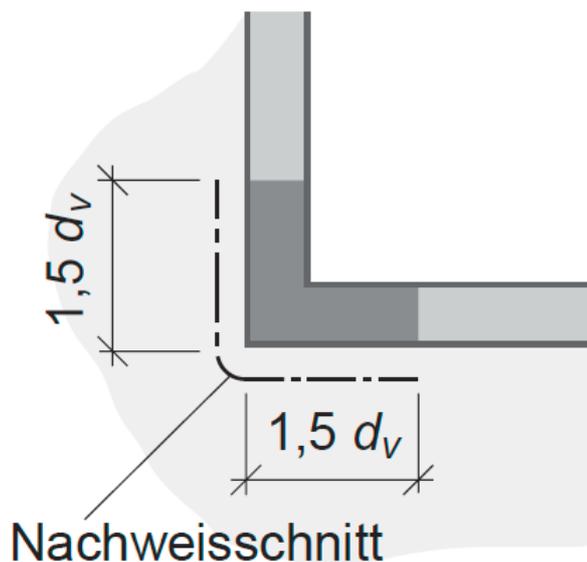
Wandecke – Beispiel



Plattenstärke: $h = 0.30$ m,
mit Wänden monolithisch verbunden
Statische Höhe: $d \approx 0.25$ m
Wandstärke: $t = 0.20$ m
Fiktive Stützengrösse: $1.5 \times 0.25 = 0.375$ m

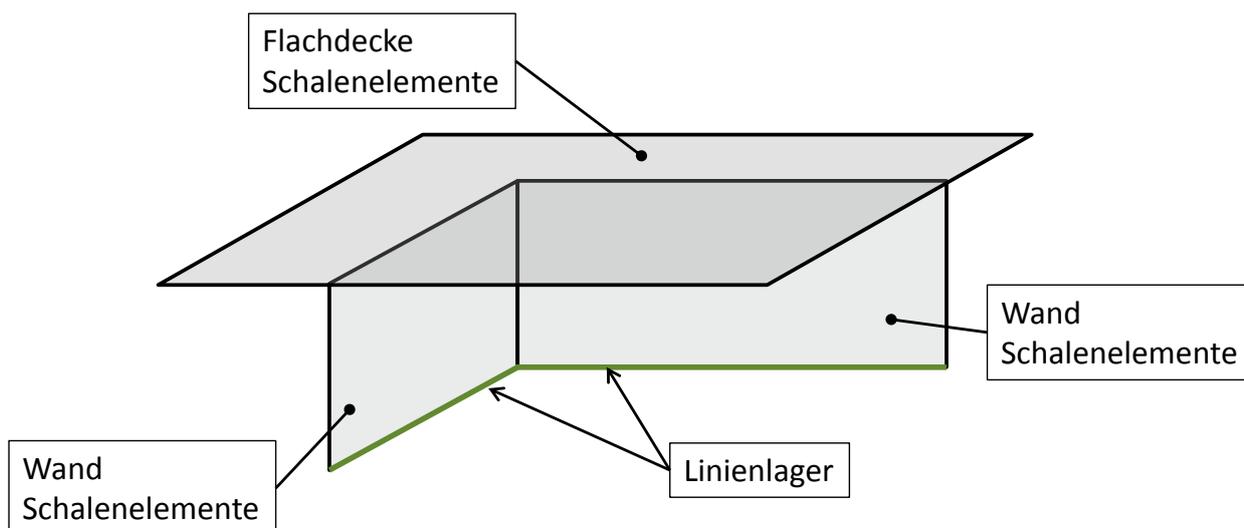


Wanddecke – Durchmesser b (Nachweisschnitt)

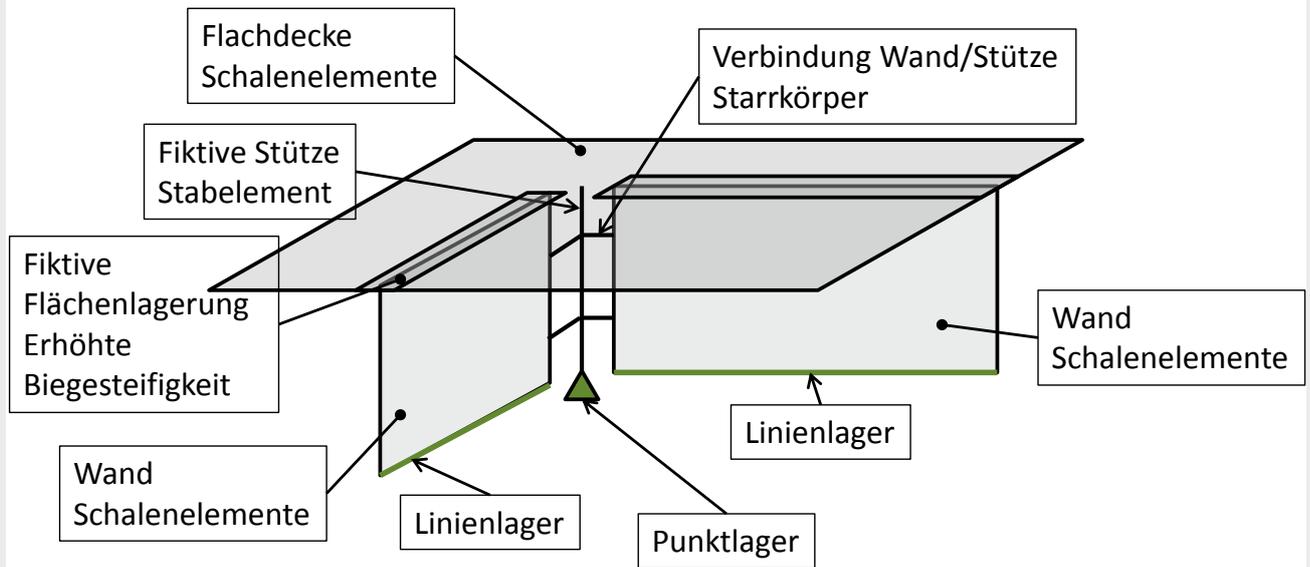


$$b = d_v \cdot \sqrt{\frac{60 + \pi}{4 \cdot \pi}} \approx 2.24 \cdot d_v$$

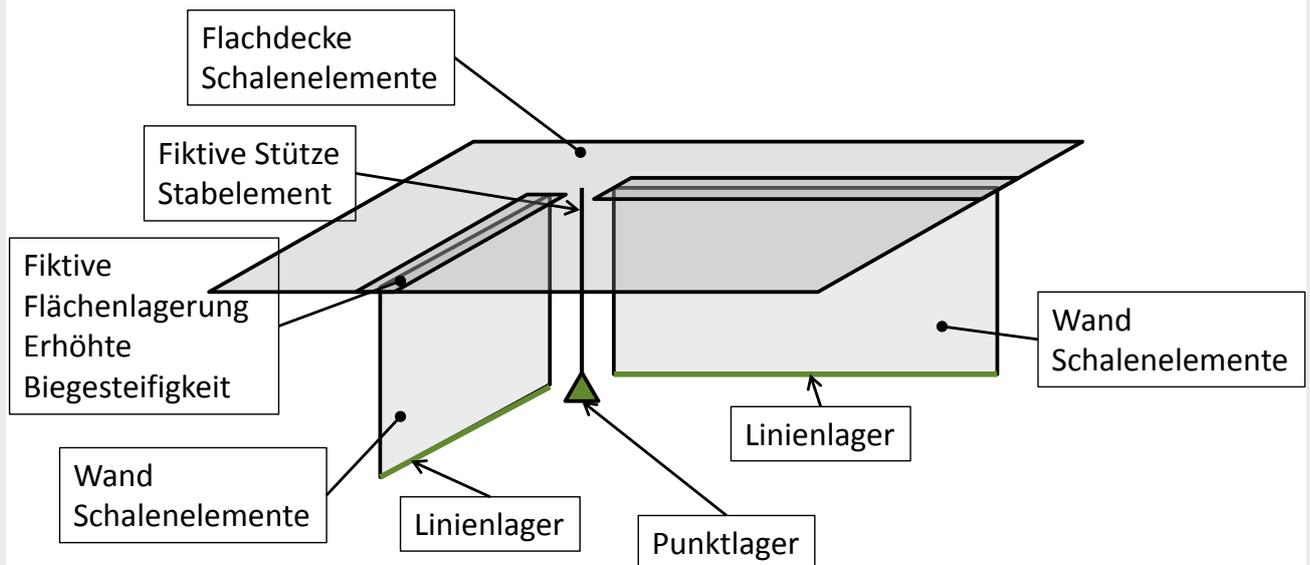
Modellierung mit Wänden (a)



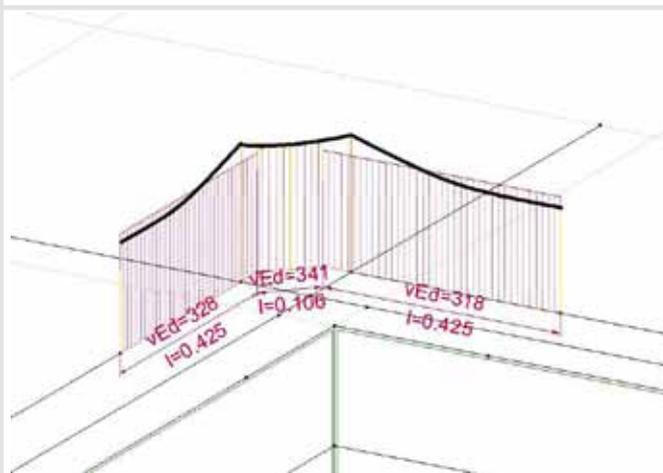
Modellierung mit Stützen und Starrkörper (b)



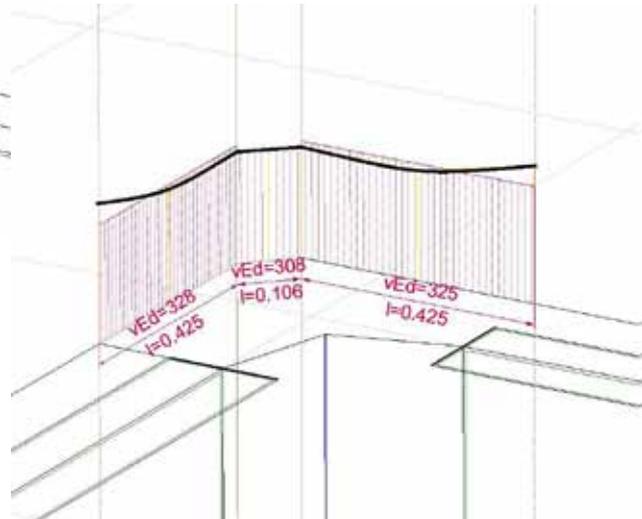
Modellierung mit Stützen (c)



Querkraftverlauf im Nachweisschnitt



Modellierung als Wand (a)
 $\rightarrow V_d$ aus Summe $v_{Ed} \cdot \text{Länge}$



Modellierung als Stütze (b)
 $\rightarrow V_d$ aus Stützenkraft

FEM-Resultate Model (a) Wände

$$r_{sx} = 1.57 \text{ m}$$

$$V_d = 310 \text{ kN}$$

$$r_{sy} = 1.17 \text{ m}$$

$$v_{d,max} = 372 \text{ kN/m}$$

$$b_s = 1.5 \sqrt{1.57 \cdot 1.17} = 2.0 \text{ m}$$

$$v_{d,mittel} = 325 \text{ kN/m}$$

$$m_{sdx} = 134 \text{ kNm/m}$$

$$k_e = \frac{v_{d,mittel}}{v_{d,max}} = \frac{325}{372} = 0.87$$

$$m_{sdy} = 105 \text{ kNm/m}$$

FEM-Resultate für die Berechnung nach Näherungsstufe 3:

Distanz zum Momenten-Nullpunkt und Biegemomente im Stützstreifen ändern für die übrigen Modelle nur unwesentlich.

FEM-Resultate: Überblick

Modell	(a)	(b)	(c)
Querkraft V_d	310 kN	332 kN	254 kN
M_{xd}	-	27 kNm	16 kNm
M_{yd}	-	39 kNm	24 kNm
k_e	0.87	0.86	0.83

Das Modell (c) liefert eine kleinere Bemessungsquerkraft V_d , da die Stütze nachgiebiger ist als die Wanddecke (Lastausbreitung).

Software-Vergleich: Überblick

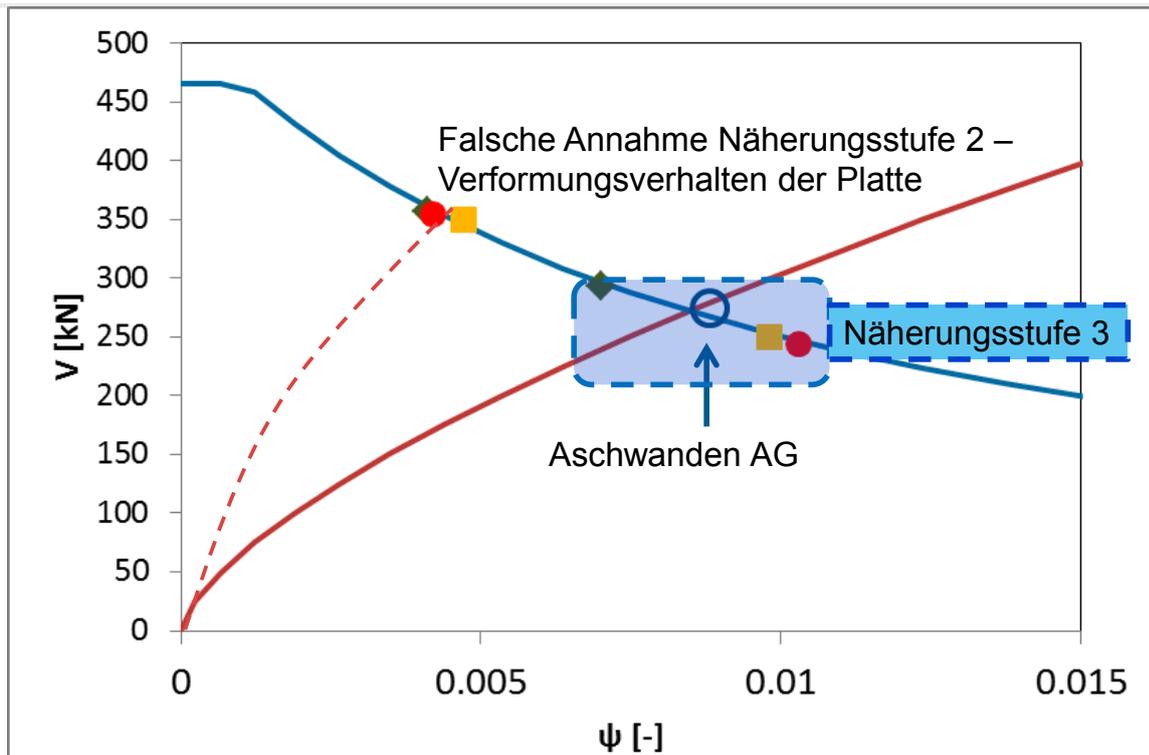
Eingabewerte für jede Näherungsstufe identisch!

Software der Firma	Aschwanden AG	A	B	C
Näherungsstufe 2				
Tragwiderstand V_{Rdc}	-	350 kN	357 kN	354 kN
Rotation ψ	-	0.0047	0.0041	0.0042
Näherungsstufe 3				
Tragwiderstand V_{Rdc}	274 kN	250 kN	293 kN	244 kN
Rotation ψ	0.0087	?	0.0070	0.0103

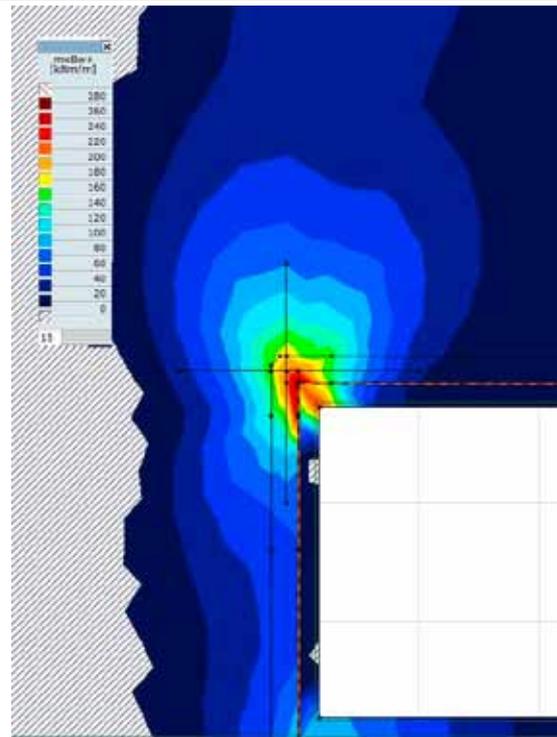
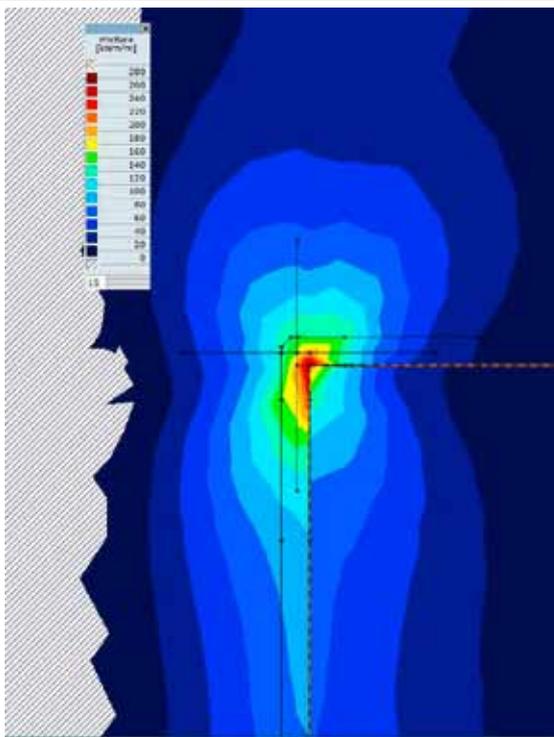
Die nach der Näherungsstufe 2 berechneten Tragwiderstände V_{Rdc} werden deutlich überschätzt! Vermutlich werden die Vergleichsmomente m_{sd} im Stützstreifen zu tief abgeschätzt.

Die Resultat-Unterschiede sind trotz identischer Eingabewerte beträchtlich!

Software-Vergleich: Überblick



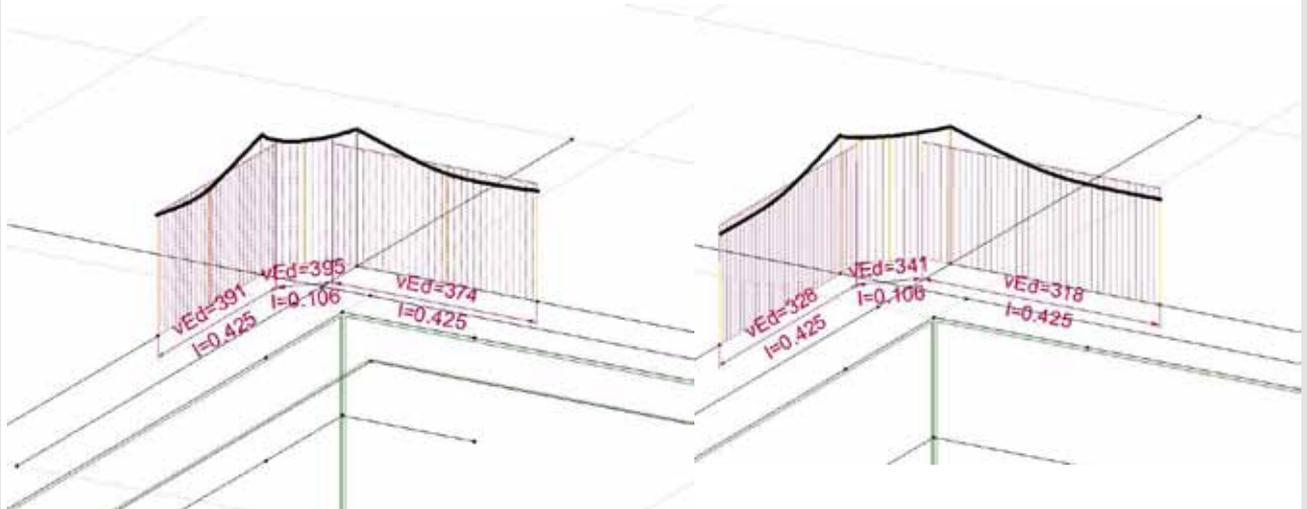
Momentenverlauf / mit und ohne Aussparung



Querkraftverlauf / Aussparung

Mit Aussparung (v_d +15 bis 20%)

Ohne Aussparung



Hinweis : Aussparung bei der Wanddecke und/oder gelenkiger Wandanschluss

- Infolge der reduzierten Einspannung (Aussparung oder gelenkiger Wandanschluss) werden die Momente über der Wanddecke konzentriert
- Die Querkraft wird entsprechend dem Momentenverlauf im Nachweisschnitt konzentriert
- Die Deckenlasten werden insgesamt weniger zu den anschliessenden Wandabschnitten geleitet
- Das Verformungsverhalten der Wanddecke nähert sich mit abnehmenden Einspannungen (in Wände oder weiterspannende Decken) dem einer Eckstütze an.

Schlussfolgerungen zum Beispiel «Wandecke»

- Eine zutreffende Aussage über der Verformungsverhalten der Platte bei Wandecken ist ohne aufwändigere Untersuchung unmöglich. D.h., für eine sichere Bemessung sollte, wie die SIA Norm 262:2013 verlangt, eine Bemessung auf Näherungsstufe 3 durchgeführt werden.
- Für die Modellbildung wird die Modellvariante (a) mit Schalenelementen als Wände empfohlen. Allerdings kann in anderen Fällen eine andere Modellbildung angebracht sein. Es obliegt in der Verantwortung des Ingenieurs für die entsprechende Bemessungssituation ein verlässliches FE-Modell zur Bestimmung der Eingabeparameter zu erarbeiten.
- Eine Analyse der Ergebnisse liefert folgende Abschätzung von m_{sd} :

$$m_{sd} = V_d \cdot \left(\frac{1}{2...4} + \frac{e_{u,i}}{b_s} \right)$$

Dokumentation «Einführung in die Bemessungssoftware»

DURA®

DURA Durchstanzen
Einführung in die Bemessungssoftware

Dr. Stefan Lips,
Projektleiter F&E, F.J. Aschwanden AG, Lys

Prof. Dr. Albin Kenel,
Professor für Baustatik und Konstruktion, HSR Hochschule für Technik Rapperswil



Inhalt

Einleitung	3
Prozesse DURA Bemessungssoftware	5
Programmanwendung	7
Beispiele: Grundlagen	27
Beispiel 1: Rechteckige Innenstütze	27
Beispiel 2: Quadratische Randstütze	49
Bezeichnungen	63
Anhang A: Diagramme zur Traglastabschätzung	67
Anhang B: Hilfstabellen zur Bestimmung von k_e	76
Anhang C: FEM-Datenblatt	81
Anhang D: Bedingungen ans Verformungsverhalten	83

Inhalt

Einleitung	3
Prozesse DURA Bemessungssoftware	5
Programmanwendung	7
Beispiele: Grundlagen	27
Beispiel 1: Rechteckige Innenstütze	27
Beispiel 2: Quadratische Randstütze	49
Bezeichnungen	63
Anhang A: Diagramme zur Traglastabschätzung	67
Anhang B: Hilfstabellen zur Bestimmung von k_e	76
Anhang C: FEM-Datenblatt	81
Anhang D: Bedingungen ans Verformungsverhalten	83

Dokumentation «Einführung in die Bemessungssoftware»

DURA®

Programmanwendung

Die Eingabeparameter sind in der nachfolgenden Übersicht Schritt für Schritt erklärt.

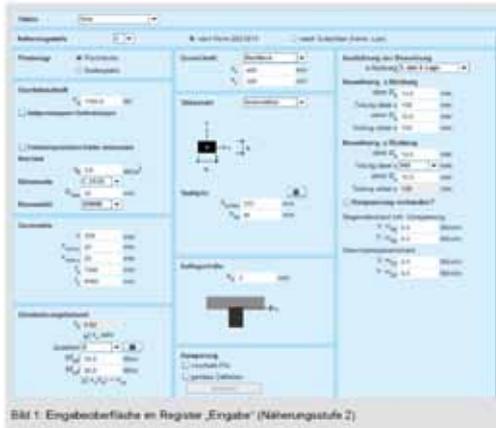


Bild 1: Eingabefläche im Register „Eingabe“ (Näherungsstufe 2)

Eingabeparameter	Wert	Erläuterung
Näherungsstufe	1, 2, 3	Als erstes wird die Näherungsstufe der Bemessung bestimmt.
Bemessungsgrundlage	Norm / Gutachten	Der Anwender hat die Möglichkeit zu wählen, ob die Bemessung nach Norm SIA 262:2013 oder gemäss DURA Gutachten durchgeführt werden soll.
Plattentyp	Flachdecke / Bodenplatte	Es wird festgelegt, ob es sich um eine Flachdecke oder Bodenplatte handelt. Je nach Auswahl gilt es bei der Bewehrungseingabe zu beachten, dass die

Die Eingabewerte werden Schritt für Schritt und für jede Näherungsstufe erläutert.

Dokumentation «Einführung in die Bemessungssoftware»

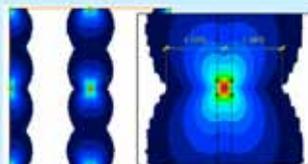
DURA®

Exkurs: Bestimmung von Eingabewerten für Näherungsstufe 3

Für die Berechnung nach Näherungsstufe 3 sind ergänzende Parameter einzugeben. Bei den Eingabeparametern handelt es sich um die Spannweite L (Abstand von Stützenachse zu Stützenachse), den radialen Abstand zwischen Stützenachse und Nullpunkt des Bemessungsmoments in radialer Richtung r , und die Mittelwerte der Bemessungsmomente in den Stützstellen m_{01} . Die Bemessungsmomente sind jeweils die Kombination aus den Biegemomenten und den Drillmomenten (SIA 262, 4.3.2.6).



Der Nullpunkt des Bemessungsmoments in radialer Richtung r , lässt sich in der Regel in den FEM-Programmen relativ einfach darstellen. Die Bestimmung erfolgt mit einer linear-elastischen Berechnung. Am besten eignet sich eine Darstellung mit isolierten der Bemessungsmomente (Kombination Biege- und Drillmomente). Dabei kann der Abstand von der Stützenachse zum Momentennullpunkt direkt gemessen werden. Es gilt jedoch darauf hinzuweisen, dass die Genauigkeit stark von der Elementgröße abhängig ist. Durch die unterschiedlichen Elementtypen und Berechnungsalgorithmen der verschiedenen FEM-Programme kann keine generelle Empfehlung für die Elementgröße gemacht werden. Allerdings sollte im Bereich der zu erwartenden Nullstelle – eventuell ist eine lokale Verfeinerung erforderlich – die Elementgröße nicht mehr als 5% der Spannweite betragen.



In Exkursen werden verschiedene Themen speziell erläutert:

- Bestimmung von Eingabewerten für Näherungsstufe 3
- Bestimmung von Stützeinspannmomenten
- Beziehung Stützeinspannmomente/ke-Wert
- Was ist die beste Lösung?
- Bruchwiderstand und Bruchrotation
- Was ist der k_{sys} -Wert? / Berechnung nach Gutachten
- Wissenswertes über Bodenplatten / Einzelfundamente

Weitere werden folgen.....

Dokumentation «Einführung in die Bemessungssoftware»

DURA®

Handüberprüfung der Lösung

Für eine sichere Bemessung ist es zwingend erforderlich, die von der Software berechneten Resultate anhand von einfachen Handrechnungen auf deren Plausibilität zu überprüfen. Dabei ist keine komplette Nachrechnung notwendig. Allerdings ist durch die Komplexität der Norm bereits eine Handüberprüfung mit wesentlichem Aufwand verbunden.

Material	$f_{td} = 16,7 \text{ N/mm}^2$	$f_{td} = 24 \text{ N/mm}^2$	Bewehrungsfläche	$A_{s1} = 1537 \text{ mm}^2/\text{m}$
	$f_{td} = 1,6 \text{ N/mm}^2$	$f_{td} = 433 \text{ N/mm}^2$		$A_{s2} = 1579 \text{ mm}^2/\text{m}$
Stützsohle Höhe	$d_x = 310 - 10 - \frac{14}{2} = 323 \text{ mm}$	Bewehrungsgehalt	$\rho_y = 6,47\%$	
	$d_y = 323 - 14 = 309 \text{ mm}$		$\rho_x = 6,56\%$	
	$d = 316 \text{ mm}$			
	$d_c = 316 \text{ mm}$			

Überprüfung k_x -Wert

Als erstes wird der k_x -Wert überprüft. Bei einer Innenstütze ohne Aussparungen (d. h., der Schwerpunkt des Nachweisschnittes befindet sich im Stützzenrtum) ergibt sich die Exzentrizität e_x anhand der Stützspannungsmomente und der dazugehörigen Einwirkung V_d :

$$e_x = \frac{\sqrt{M_{dx}^2 + M_{dy}^2}}{V_d} = \frac{\sqrt{307^2 + (-107)^2}}{1191} = 61,6 \text{ mm}$$

Der Durchmesser einer in einen flächengleichen Kreis umgewandelten Fläche innerhalb des Nachweisschnittes ergibt sich bei einer Innenstütze als:

$$b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \left[(a_x + d_c) \cdot (a_y + d_c) - d_c^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]}$$

$$b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \left[(400 + 316) \cdot (200 + 316) - 316^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]} = 666 \text{ mm}$$

Mithilfe von b und e_x lässt sich der Wert k_x bestimmen:

$$k_x = \frac{1}{1 + \frac{e_x}{b}} = \frac{1}{1 + \frac{61,6}{666}} = 0,92$$

Es zeigt sich, dass der von Hand berechnete k_x -Wert mit dem k_x -Wert der Software übereinstimmt.

Für eine sichere Bemessung ist es zwingend erforderlich, die von der Software berechneten Resultate anhand von einfachen Handrechnungen auf deren Plausibilität zu überprüfen. Dabei ist keine komplette Nachrechnung notwendig. Allerdings ist durch die Komplexität der Norm bereits eine Handüberprüfung mit wesentlichem Aufwand verbunden.

Anhand einiger Beispiele wird die Anwendung der Norm und der Bemessungssoftware erläutert.

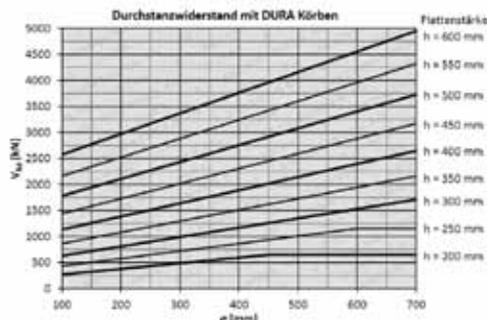
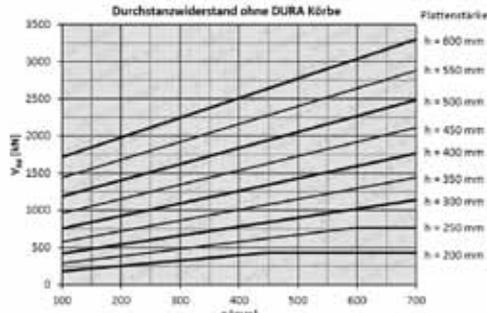
Dokumentation «Einführung in die Bemessungssoftware»

DURA®

Rechteckige Innenstützen

Quadratstütze: $a = a_x = a_y$

Rechteckstütze: $a = (a_x + a_y)/2$



DURA®

Wandende

$$e_{x,z} = \frac{M_{x,z}}{V} = \frac{d_x^2 + (a_x + d_x) \cdot \left(\frac{d_x}{4}\right)}{3d_x + a_x}$$

$$e_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{V}$$

$$e_x = \sqrt{e_{x,z}^2 + e_{x,y}^2}$$

$$b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \left[2d_x \cdot (a_x + d_x) - \frac{d_x^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]}$$

Wanddecke

$$e_{x,z} = \frac{M_{x,z}}{V} - \left(\frac{3d_x}{4} - a_x\right)$$

$$e_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{V} + \left(\frac{3d_x}{4} - a_x\right)$$

$$e_x = \frac{(1,5d_x - a_x) \cdot (1,5d_x - a_x) \cdot \frac{d_x}{4}}{(1,5d_x)^2 - (1,5d_x - a_x) \cdot (1,5d_x - a_x)}$$

$$e_y = \frac{(1,5d_x - a_x) \cdot (1,5d_x - a_x) \cdot \frac{d_x}{4}}{(1,5d_x)^2 - (1,5d_x - a_x) \cdot (1,5d_x - a_x)}$$

$$e_x = \sqrt{e_{x,z}^2 + e_{x,y}^2}$$

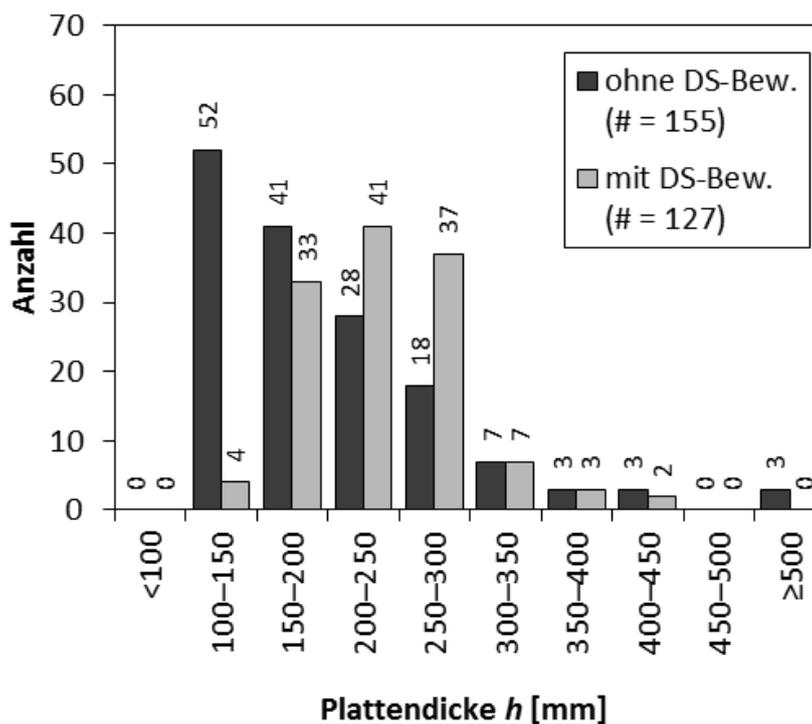
$$b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \left[4d_x^2 - \frac{d_x^2}{4} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]}$$

Vordimensionierungs-Diagramme und Formeln zur Bestimmung der Exzentrizität

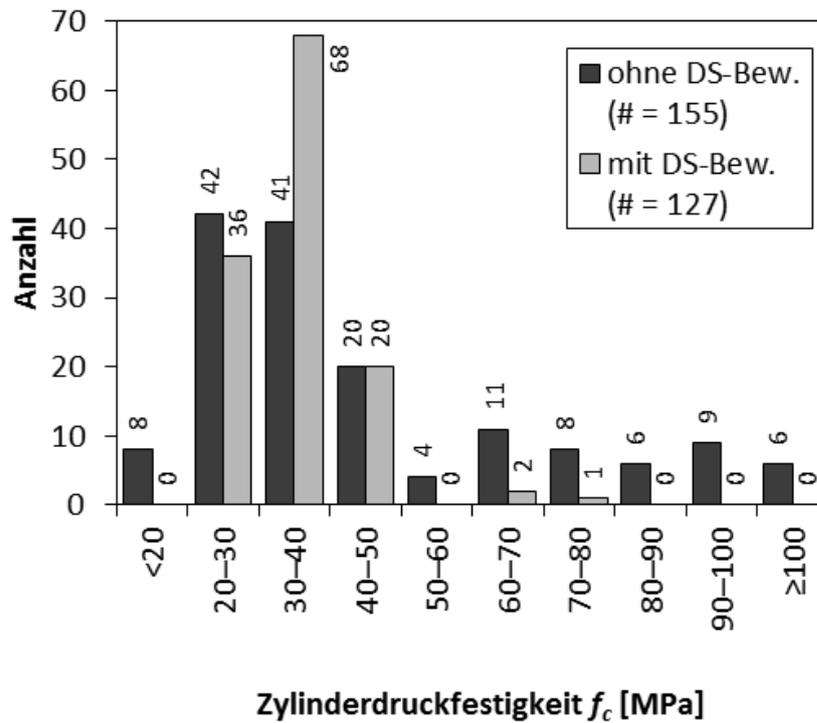
Vordimensionierung – Grundlagen

- Systematische Auswertung von Durchstanzversuchen seit 1956
 - 155 Durchstanzversuche **ohne** Durchstanzbewehrung
 - 127 Durchstanzversuche **mit** Durchstanzbewehrung
- Vereinfachte Modellbildung in Anlehnung an SIA 162:1993 / ACI 318
 - Vergleich $V_{R,exp} / V_{R,mod}$ im Mittel 1.03 (mit Streuung bzw. COV=0.18)
- Bemessung mit Durchstanzbewehrung nach «modernen» Modellen, d.h. additiv
- Berücksichtigung des Betondruckbruchversagens

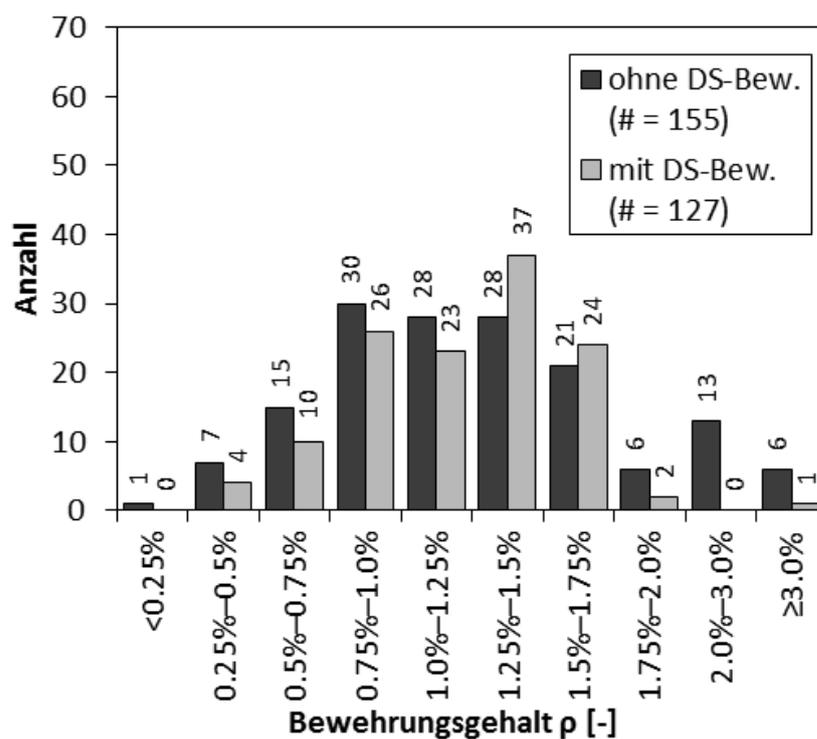
Vordimensionierung – Grundlagen



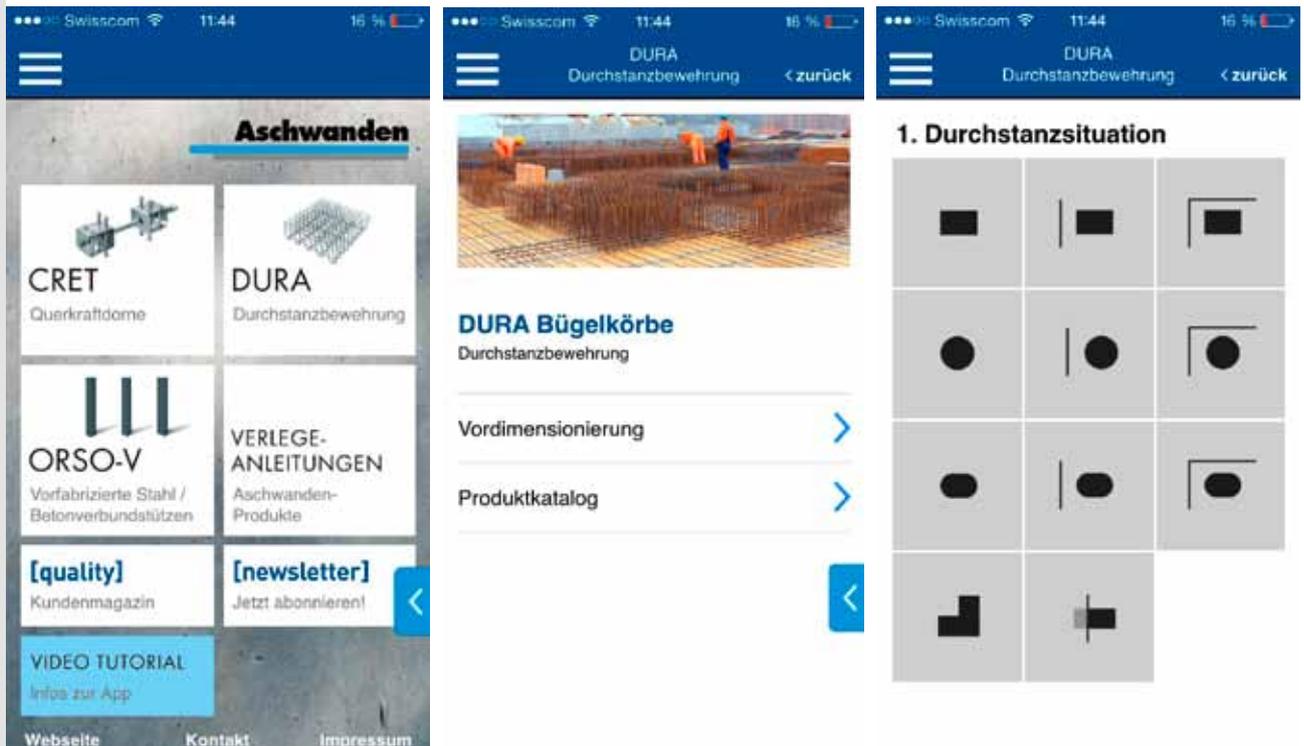
Vordimensionierung – Grundlagen



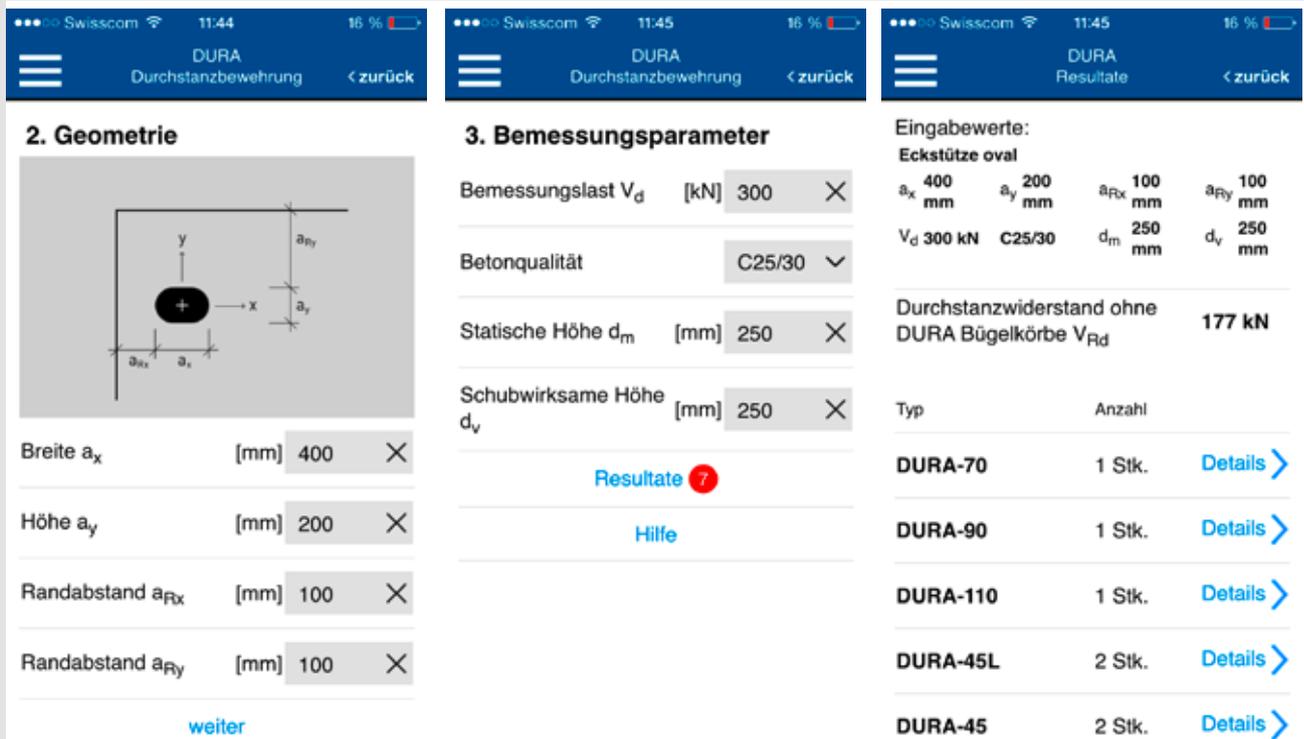
Vordimensionierung – Grundlagen



Vordimensionierung – App

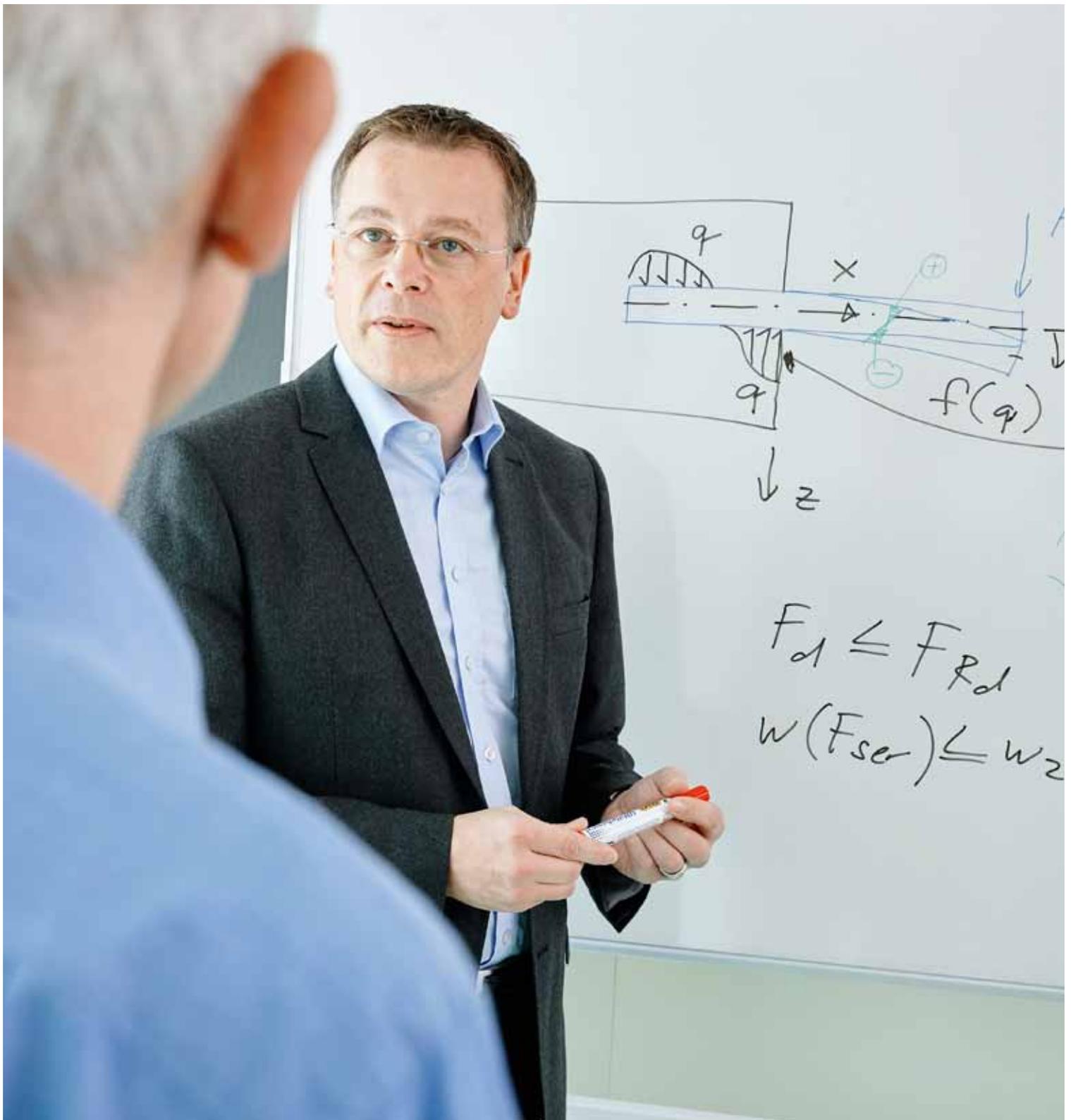


Vordimensionierung – App



Kundennutzen des DURA-Systems

- Optimale und wirtschaftliche Lösungen dank hoher Systemflexibilität
- Bemessung normenkonform nach SIA 262 oder nach Gutachten von Prof. Dr. A. Kenel / Dr. S. Lips
- In 24 aktuellen Versuchen geprüft und wissenschaftlich ausgewertet
- Übersichtliche und transparente Dokumentation im Internet und in Ordnern
- **Einführungsdokument mit Anwendungshilfen und Vordimensionierungs-Diagrammen**
- Einzigartige, effiziente Planungs-Software
- **App zur Vordimensionierung**
- Das DURA-System bildet in Kombination mit der Bewehrung ein stabiles Paket beim Verlegen – und damit ein baustellentaugliches Durchstanzsystem
- Spezialausführungen nach Bedarf
- Keine verschärften Versetzvorschriften
- Grosse Zeiteinsparung bei der Baukontrolle



F.J. Aschwanden AG
Grenzstrasse 24 CH-3250 Lyss
T +41 (0)32 387 95 95 F +41 (0)32 387 95 99
info@aschwanden.com
www.aschwanden.com



RINO® SILENT ORSO® DURA® CRET® RIBA® ARBO®