



OPTIMIERUNG VON VERANKERUNGEN IM SCHWEREN STAHLBAU MIT CBFEM

Webinar – 20.04.2021



AGENDA

Einleitung

Warum ist eine biegesteife Ankerplatte wichtig

Stellschrauben zur Optimierung einer biegesteifen Ankerplatte

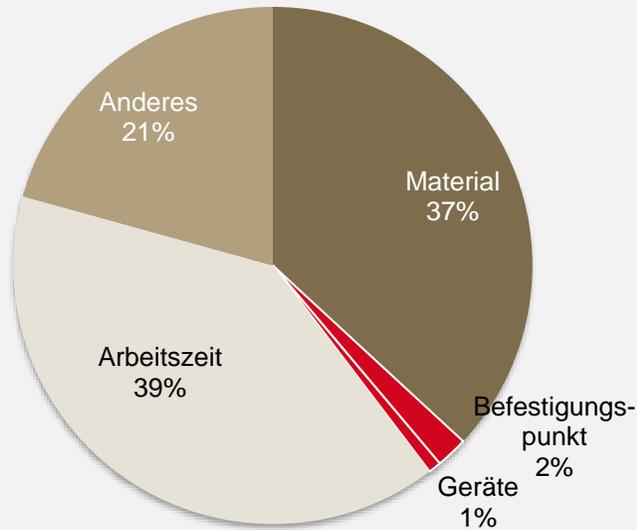
Was ist CBFEM?

Beispiel Bemessung in der Software PROFIS Engineering

BEIM BAU SIND PROFITABILITÄT, INFORMATIONS-VERLUST & RECHTLICHE VORSCHRIFTEN HERAUSFORDERND

Profitabilität

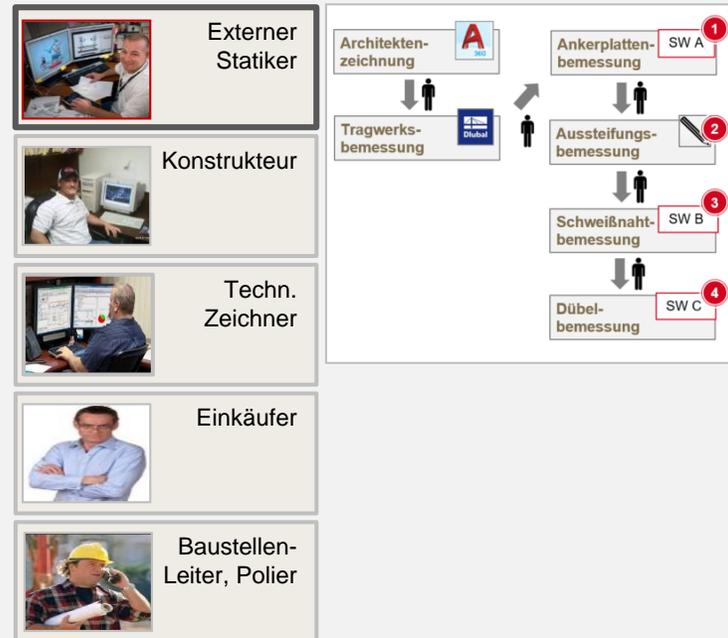
Geringe Margen (<4%) und hoher Optimierungsdruck bei Material & Arbeit



Quelle: Interviews

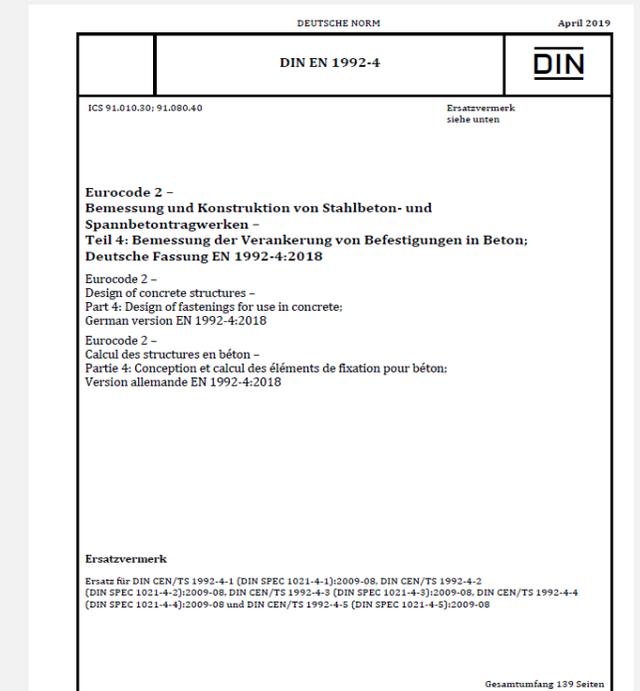
Kommunikation & Schnittstellen

Informationsverlust zwischen verschiedenen Interessengruppen und Programmen



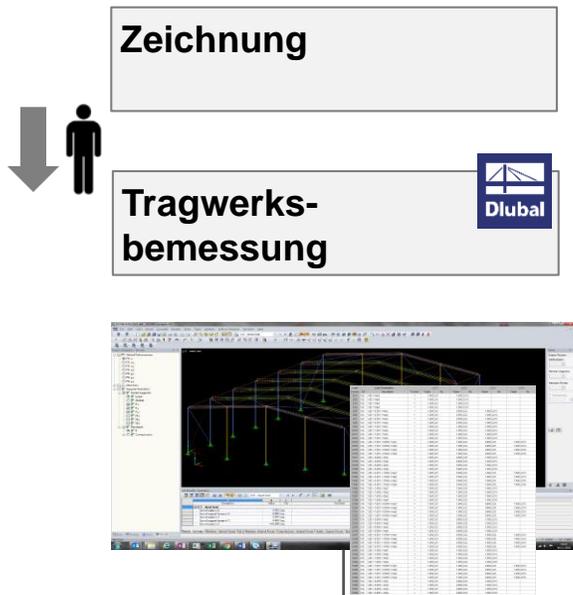
Hohe regulatorische Anforderungen

Berücksichtigung von EN 1992-4 bei der Dübelbemessung

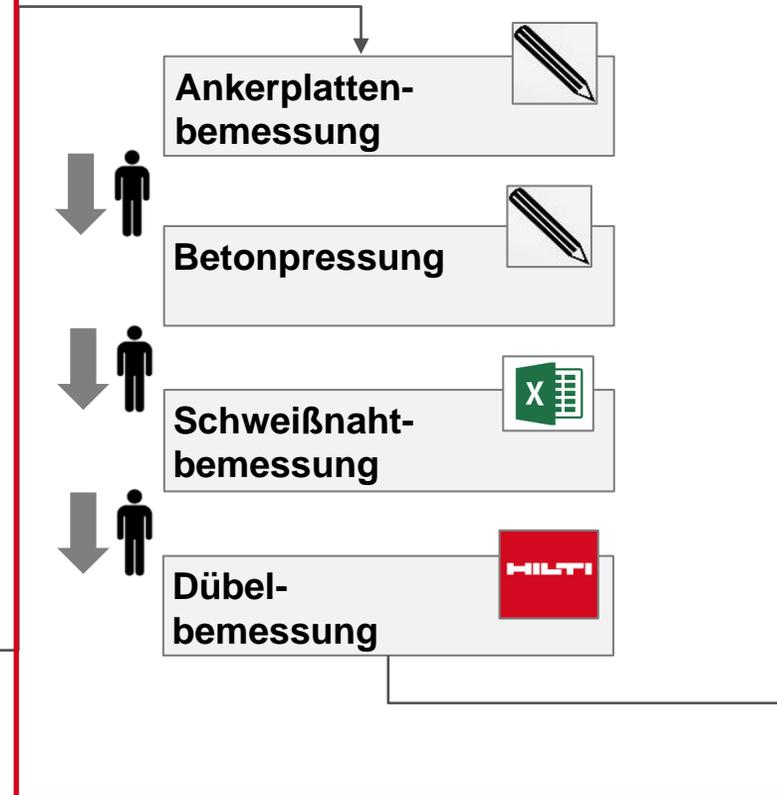


PROFIS ENGINEERING ANKERPLATTENMODUL – MEHR ALS NUR DIE BEMESSUNG DES DÜBELS

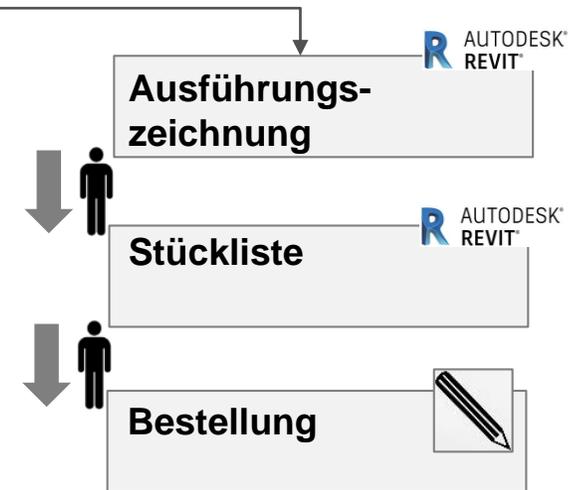
Auswahl der relevanten Lastfälle



Berechnung Befestigungspunkt

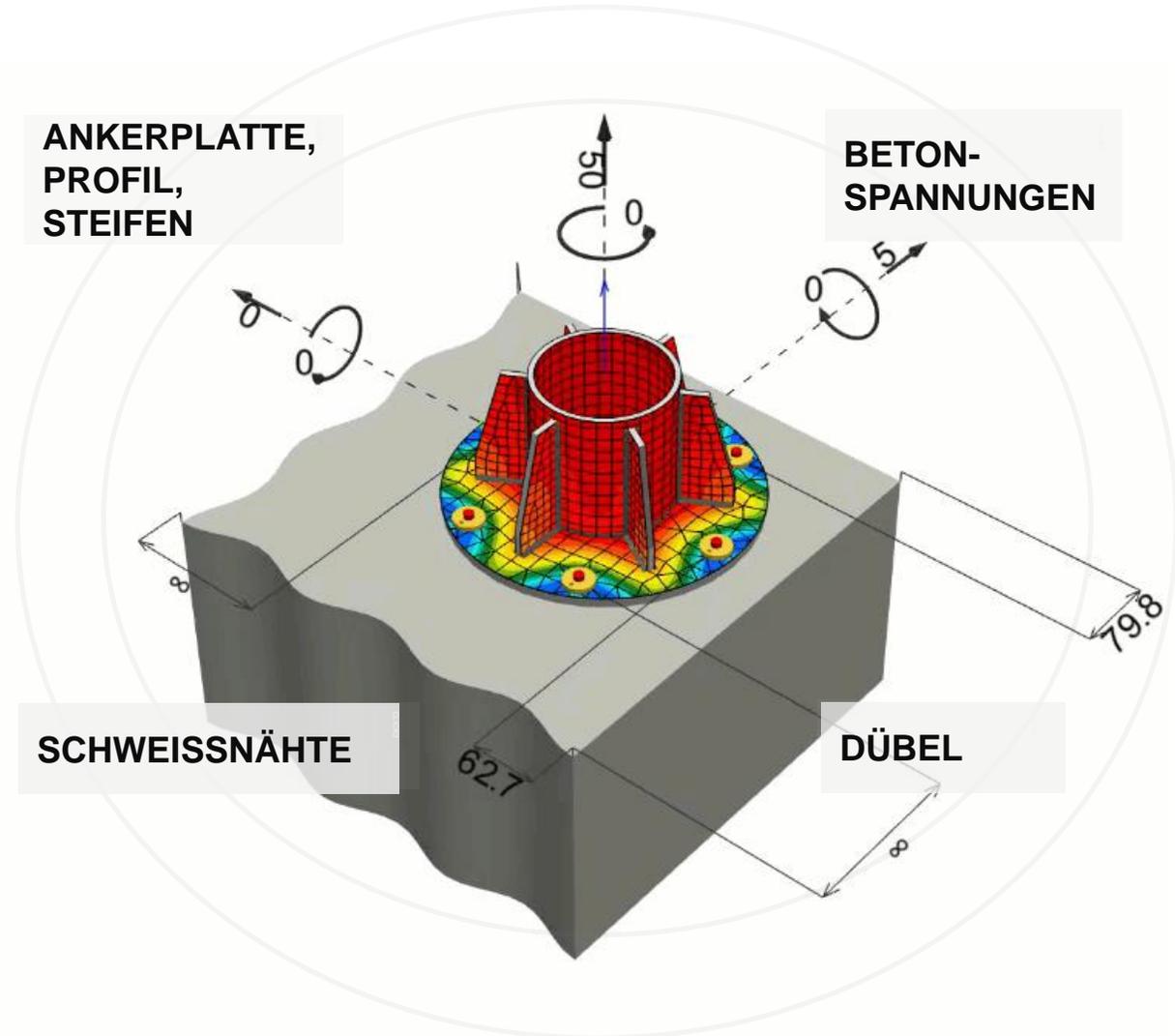
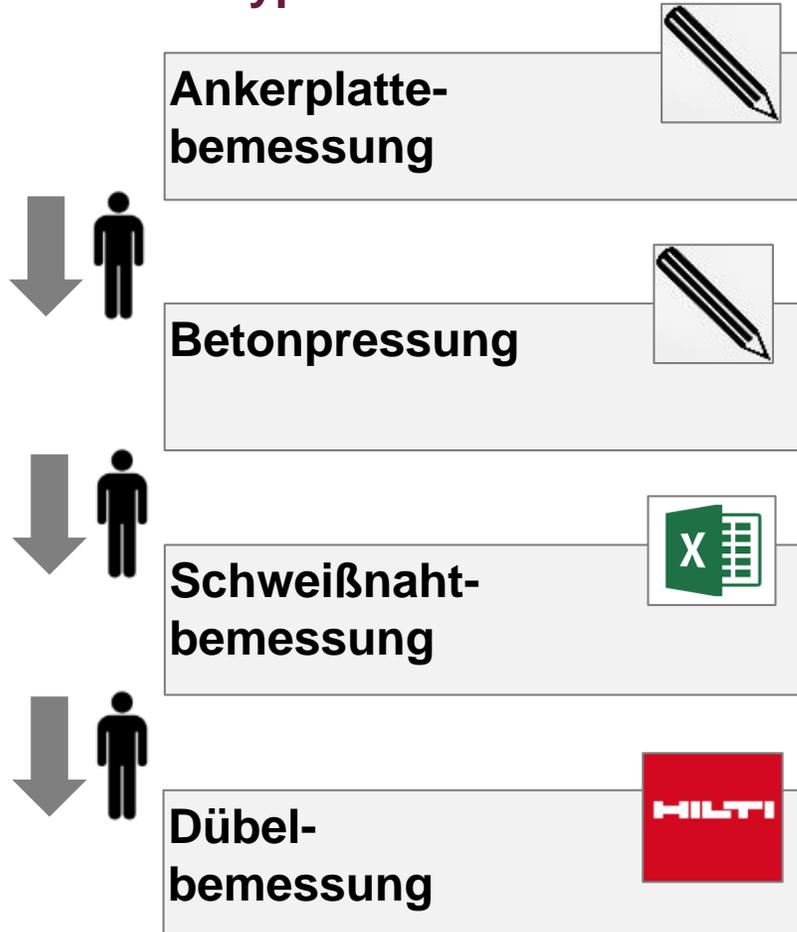


Übertragen in BIM/CAD Modelle



PROFIS ENGINEERING ANKERPLATTENMODUL – MEHR ALS NUR DIE BEMESSUNG DES DÜBELS

Typischer Arbeitsablauf



AGENDA

Einleitung

Warum ist eine biegesteife Ankerplatte wichtig

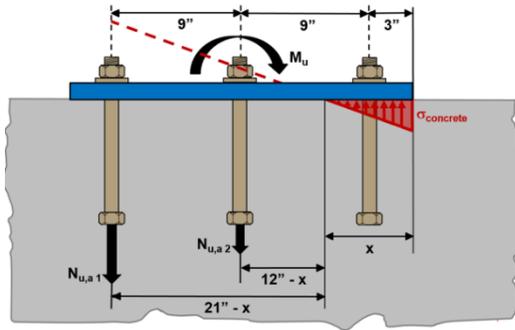
Stellschrauben zur Optimierung einer biegesteifen Ankerplatte

Was ist CBFEM?

Beispiel Bemessung in der Software PROFIS Engineering

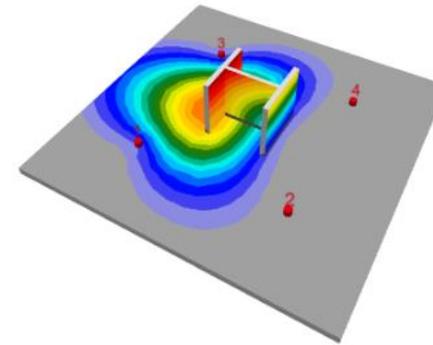
ANKERPLATTENANALYSE UND METHODEN ZUR LASTVERTEILUNG

Starre Bemessung - Methode der Dehnungskompatibilität



- ✓ Dübelkräfte basierend auf starrer Annahme
- ✓ Ankerplatte (idealisiert als starre Platte)
- ✗ Profilschweißnähte & Versteifungen
- ✗ Betonpressung

CBFEM – wirklichkeitsnahe Bemessung



- ✓ Tatsächlichen Dübelkräfte
- ✓ Tatsächliche Ankerplatte
- ✓ Profilschweißnähte & Versteifungen
- ✓ Betonpressung

AB WANN IST EINE ANKERPLATTE AUSREICHEND BIEGESTEIF?



DIE BEMESSUNG NACH EN1992-4 BASIERT SICH AUF DIE ANNAHME EINER BIEGESTEIFEN ANKERPLATTE

EN1992-4 geht von einem starren Befestigungspunkt und einer biegesteifen Ankerplatte aus:

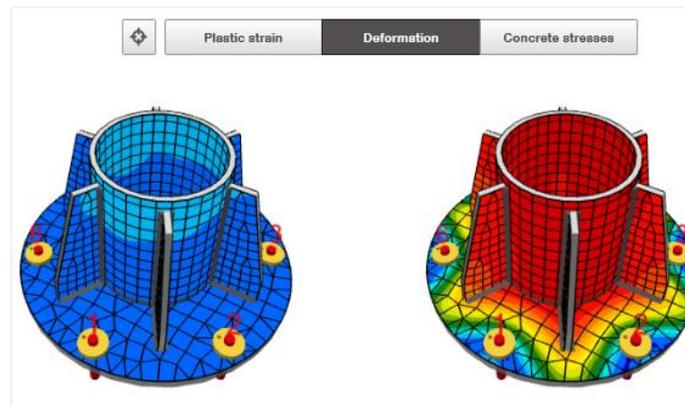
- a) Das Anbauteil ist ausreichend steif, so dass eine lineare Dehnungsverteilung gilt (analog zur Bernoulli-hypothese).
- b) Die axiale Steifigkeit aller Befestigungselemente ist gleich. Die Steifigkeit sollte auf Grundlage der elastischen Dehnungen des Stahls im Befestigungselement bestimmt werden.

Hilti bietet 3 Möglichkeiten nachzuvollziehen ob Ihre bemessene Ankerplatte biegesteif ist:

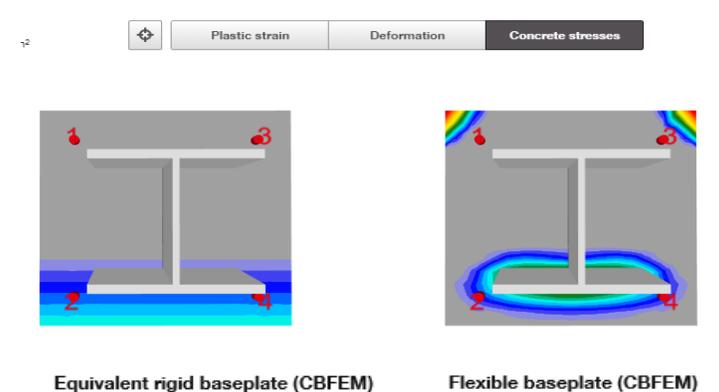
1) Verteilung der Lasten auf den Dübel (<10%)

	Equivalent rigid baseplate (CBFEM)	Flexible baseplate (CBFEM)
Anchor tension forces		
Anchor 1	5.8 kN	6.4 kN (10%)
Anchor 2	5.8 kN	6.4 kN (10%)
Anchor 3	5.8 kN	6.4 kN (10%)
Anchor 4	5.8 kN	6.4 kN (10%)
Anchor 5	5.8 kN	6.4 kN (10%)
Anchor 6	5.8 kN	6.4 kN (10%)
Baseplate plastic strain (max)	None	0%
Baseplate deformation (max)	0 mm	0.1 mm

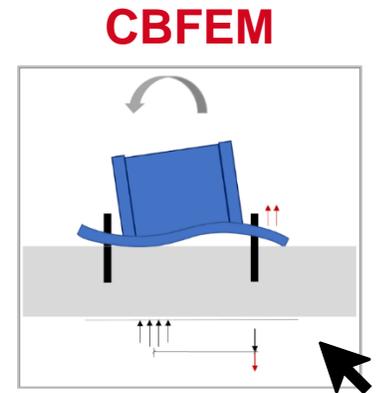
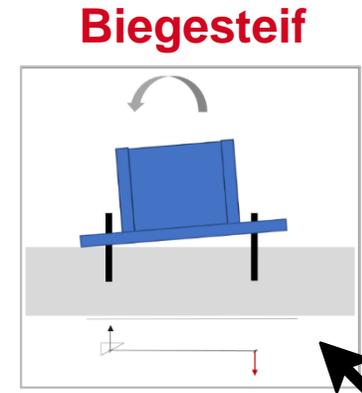
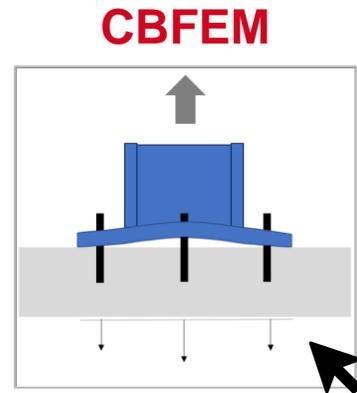
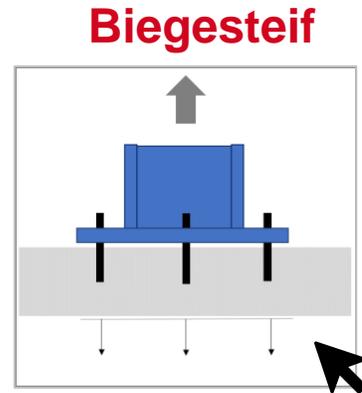
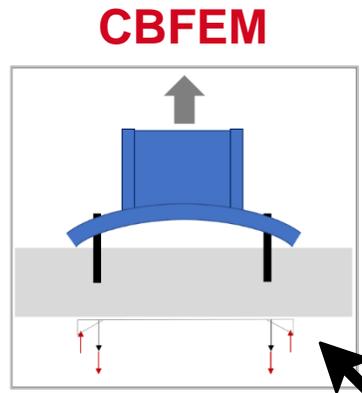
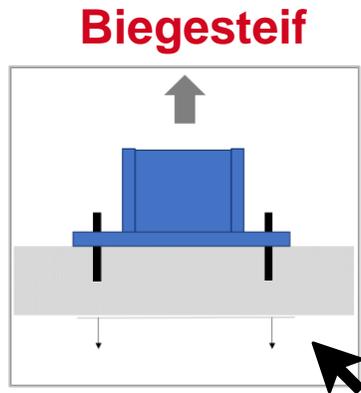
2) Deformationen des Fußpunktes



3) Abstützeffekte



UNTERSCHIEDLICHE LASTVERTEILUNG: BIEGESTEIFE ANKERPLATTEN VS. CBFEM BETRACHTUNG



Abstützeffekte durch Plattenverformung

Abstützeffekte der Platte führen unter Umständen zu **höheren Dübelkräften**.

Umverteilung der Lasten bei Dübelgruppen $n > 4$

Dübelkräfte folgen den Steifigkeitsverhältnissen → höhere Dübelkräfte in mittigen Dübeln

Reduktion des inneren Hebelarms

Verformung der Platte, geringerer Hebelarm → **höhere Dübelkräfte**

AGENDA

Einleitung

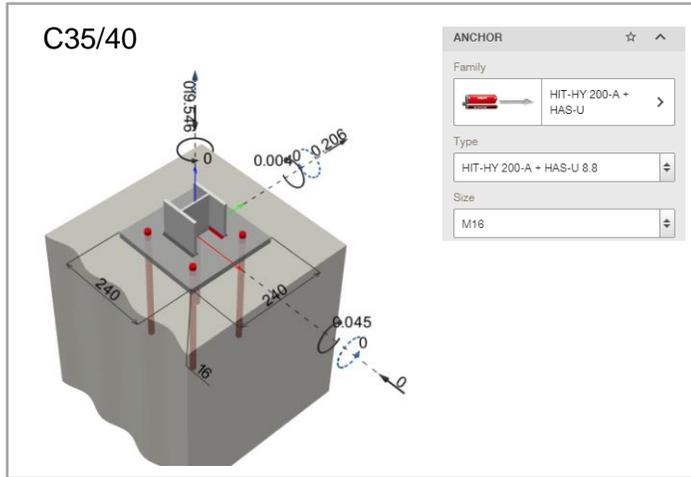
Warum ist eine biegesteife Ankerplatte wichtig

Stellschrauben zur Optimierung einer biegesteifen Ankerplatte

Was ist CBFEM?

Beispiel Bemessung in der Software PROFIS Engineering

BEISPIEL 1 – OPTIMIERUNG DER ANKERPLATTE

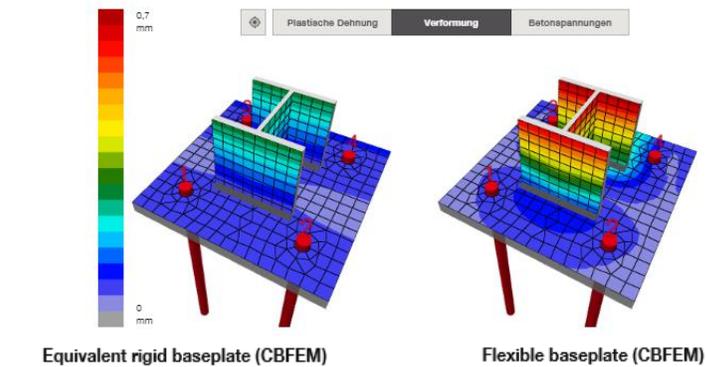


- Lastunterschied spezifizierte Ankerplatte / starre Ankerplatte → +36%
- **Anderes Verformungsbild**
- **Unterschiedliche Druckzonen Verteilung und Abstützeffekte**

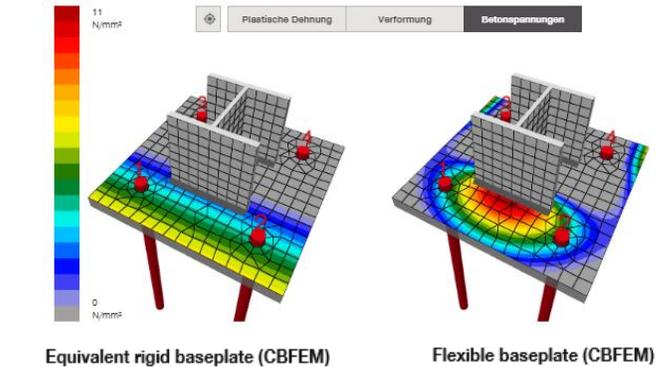
1) Dübelkraftabweichung +36%

	starr	CBFEM
Dübelkräfte		
Dübel 1	0 kN	0 kN (-0%)
Dübel 2	0 kN	0 kN (-0%)
Dübel 3	30,1 kN	40,9 kN (36%)
Dübel 4	30,1 kN	40,9 kN (36%)
Plastische Dehnung (max.)	Keine	0%
Verformung (max.)	0 mm	0 mm

2) Verformungen der Platte



3) Abstützeffekte



ES GIBT VERSCHIEDENE STELLSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

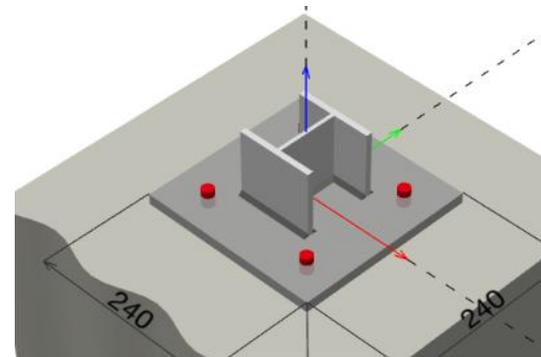


ES GIBT VERSCHIEDENE STELSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

INITIATIVEN

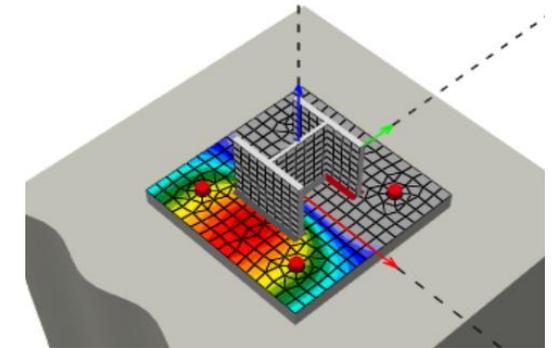


1. Erhöhen Sie die Dicke der Ankerplatte



Ankerplattendicke= 16mm

36% **Dübelkraftabweichung**



Ankerplattendicke= 26mm

10% **Dübelkraftabweichung**

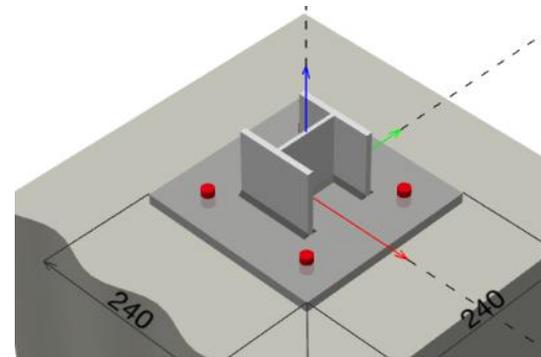
Dünne Platten sind typischerweise flexibel. Das Erhöhen der Plattendicke ist ein einfacher und effektiver Weg, um die Steifigkeit zu erhöhen.

ES GIBT VERSCHIEDENE STELSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

INITIATIVEN

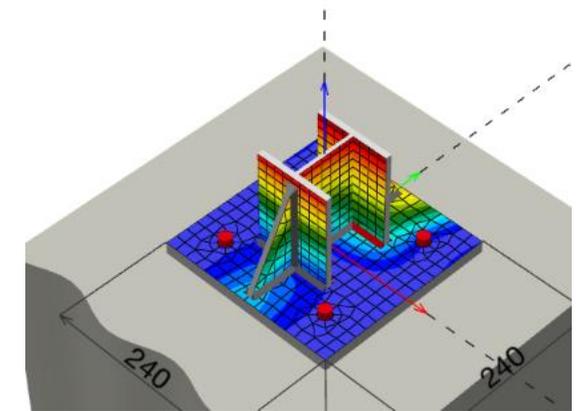


2. Hinzufügen von Versteifungen



Keine Steifen

36% **Dübelkraftabweichung**



Steifen – 6mm

18% **Dübelkraftabweichung**

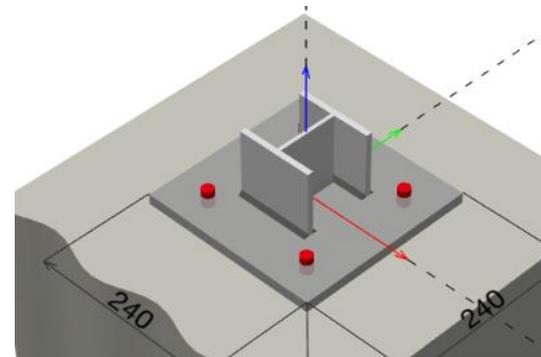
PROFIS Engineering bietet standardmäßige und nutzerdefinierte Versteifungslayouts für eine Vielzahl von Profilen an, mit denen die Verformungen von Ankerplatten verhindert werden können.

ES GIBT VERSCHIEDENE STELSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

INITIATIVEN

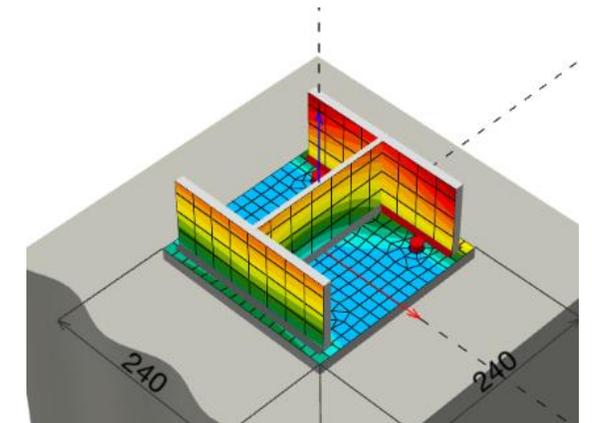


3. Verbessern der Ankerplatten/Profil Ratio



IPBI-100

36% **Dübelkraftabweichung**



IPBI-220

-4% **Dübelkraftabweichung**

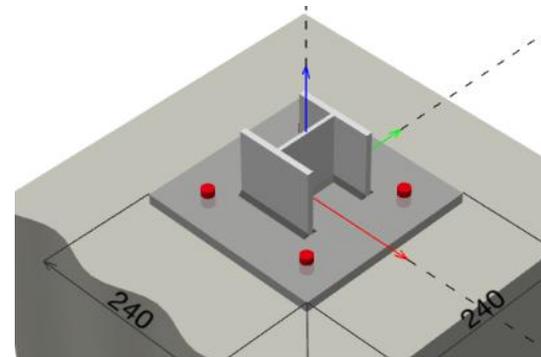
Die Größe des Profils im Verhältnis zur Größe der Ankerplatte hat einen großen Einfluss auf die Gesamtsteifigkeit der gesamten Verbindung.

ES GIBT VERSCHIEDENE STELSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

INITIATIVEN

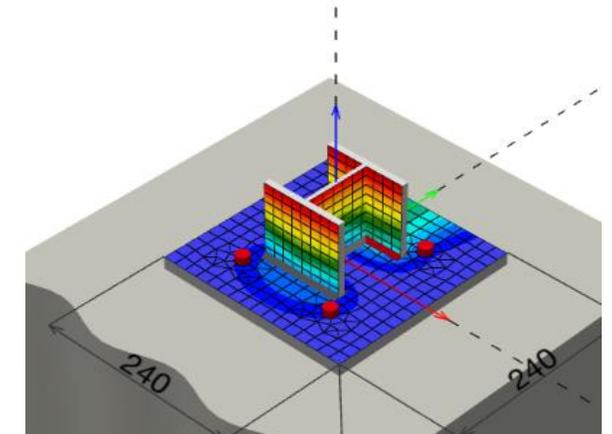


4. Reduzierung des Abstandes zwischen Anker und Profil



Abstand Profil - Dübel

36% **Dübelkraftabweichung**



Abstand Profil - Dübel

34 % **Dübelkraftabweichung**

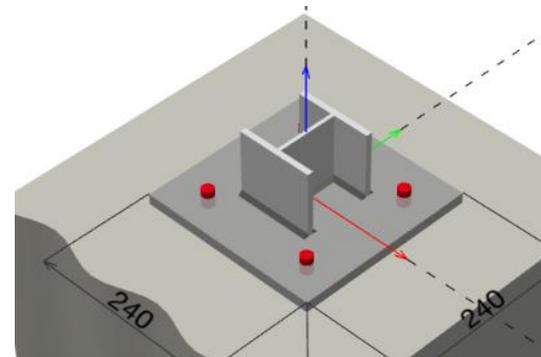
Die Lasten werden über das Profil auf die Dübel übertragen. Je kürzer der Abstand zwischen Dübel und Profil ist, desto besser ist die Lastübertragung. Dies verringert auch die Möglichkeit der Verformung der Ankerplatte.

ES GIBT VERSCHIEDENE STELSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

INITIATIVEN

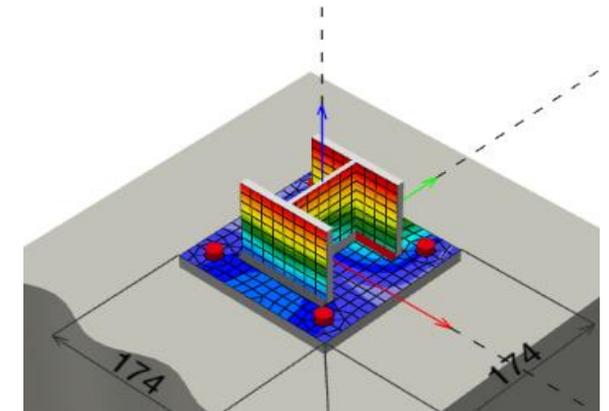


5. Reduktion Abstand Dübel und Ankerplatterand



Abstand Dübel-Rand: 45mm
Ankerplattengr. 240x240

36% Dübelkraftabweichung



Abstand Dübel-Rand = 22mm
Ankerplattengr. 174x174mm

4 % Dübelkraftabweichung

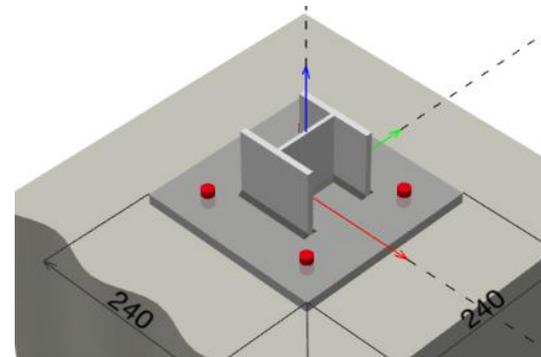
Größere Abstände zwischen den Ankern und den Kanten der Ankerplatte führen zu höheren Verformungen und Hebelkräften. Das Reduzieren des Plattenabstands im Verhältnis zu den Dübeln kann bei der Konstruktion hilfreich sein.

ES GIBT VERSCHIEDENE STELSCHRAUBEN UM DIE ANKERPLATTE ZU OPTIMIEREN UND AUSZUSTEIFEN

INITIATIVEN

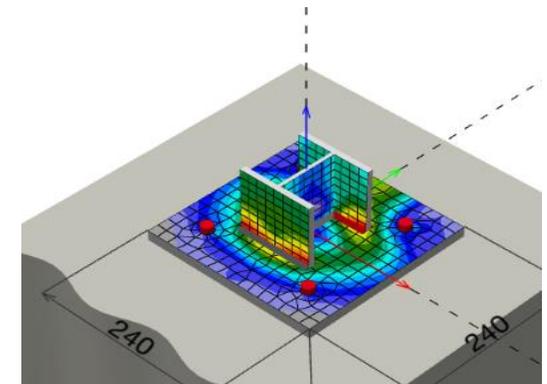


6. Änderung des Dübeltypes/ Dübelgröße



HY 200-A + HAS-U M16 hef:
320mm

36% Dübelkraftabweichung

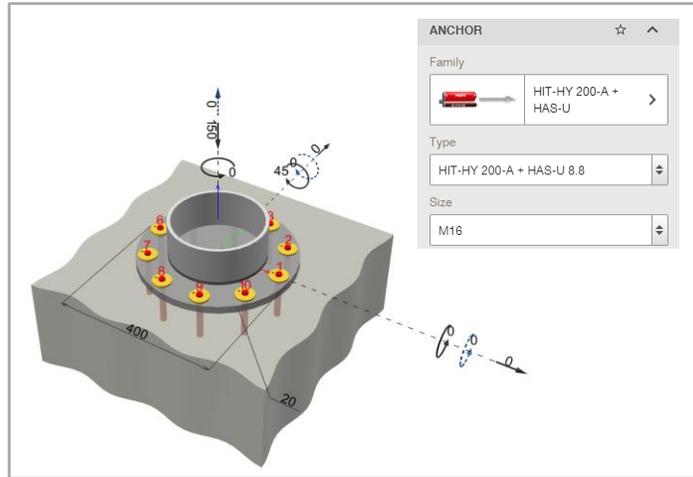


HVU2+HAS-U – M16
hef: 190mm

29 % Dübelkraftabweichung

Hilti hat diverse Tests bezüglich der Dübel Federsteifigkeit durchgeführt die bei der CBFEM Modellierung in PROFIS Engineering angesetzt werden. Jeder Dübel hat eine andere Steifigkeit, die je nach wirkender Belastung und Ankerplattengeometrie Vor- oder Nachteile haben kann.

BEISPIEL 2 – OPTIMIERUNG DER ANKERPLATTE



HIT-HY 200-A +
HAS-U

Option 1: HY200 + HAS-U M16
10% **Dübelkraftabweichung**



HUS3-H

Option 2: HUS3 M14
16% **Dübelkraftabweichung**



HVU2 + HAS-U

Option 3: HVU2 + HAS-U M16
22% **Dübelkraftabweichung**



HST3

Option 4: HST3 M16
37% **Dübelkraftabweichung**



HIT-RE 500 V3
+ HAS-U

Option 5: RE500v3 M16
19% **Dübelkraftabweichung**

Ein einfacher Austausch von Dübel A durch Dübel B auf der Baustelle ist nicht möglich.

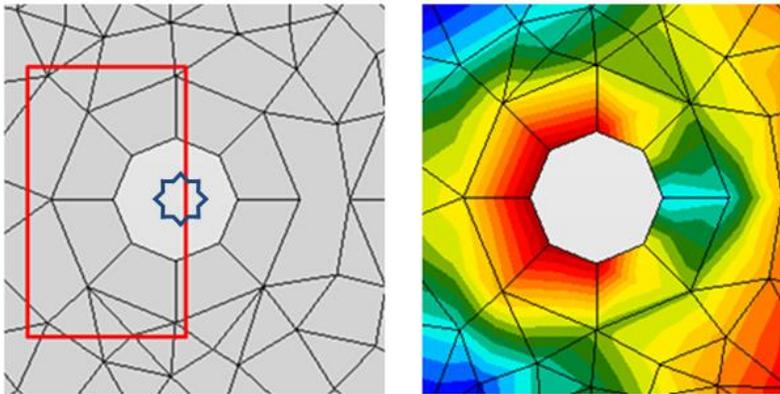
Neuberechnungen der Anwendung durch den Ingenieur sind erforderlich.

DÜBEL MODEL



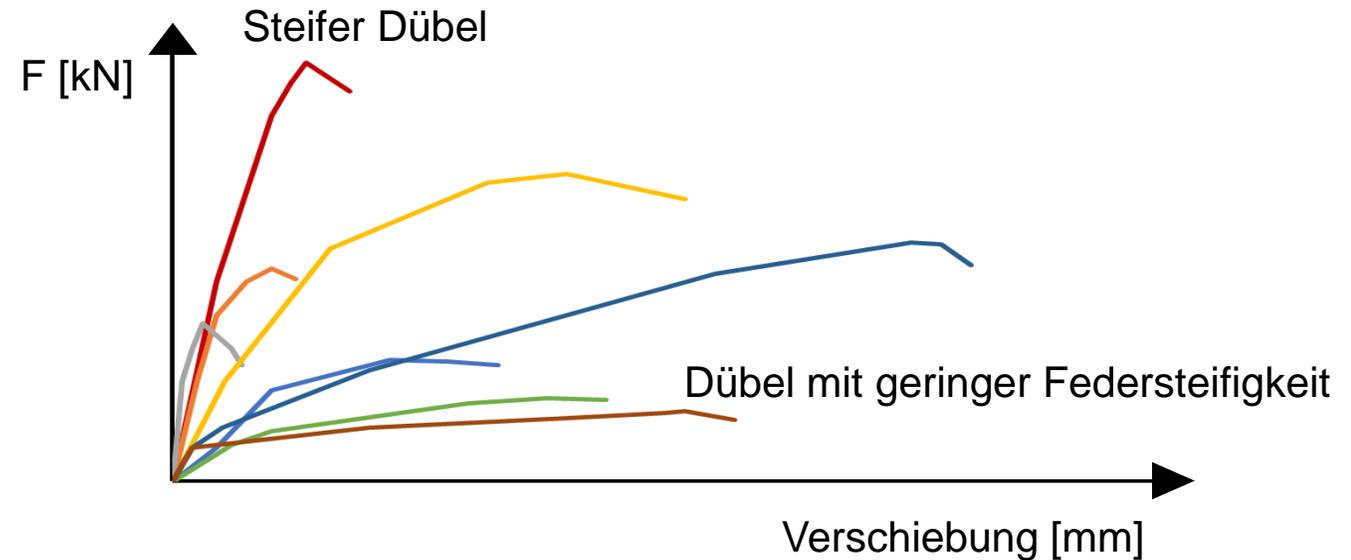
Querbelastung

Dübel werden als nicht lineare Zugfedern modelliert.



Zugbelastung

Steifigkeit verschiedener Befestigungssysteme



Die Eigenschaften des Ankermaterials basieren auf experimenteller Hilti-Forschung für die Produktbeurteilungen.

Die Ankersteifigkeit ist eine produktspezifische Eigenschaft

...UND DIE ANKERSTEIFIGKEIT HAT EINEN GROSSEN EINFLUSS AUF DIE ERGEBNISSE...



hoch

Federsteifigkeit

niedrig

AGENDA

Einleitung

Warum ist eine biegesteife Ankerplatte wichtig

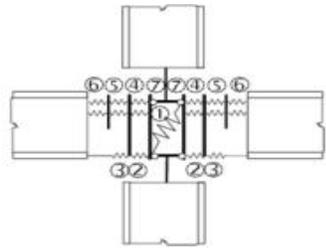
Stellschrauben zur Optimierung einer biegesteifen Ankerplatte

Was ist CBFEM?

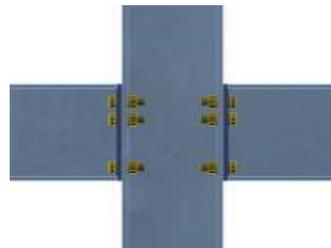
Beispiel Bemessung in der Software PROFIS Engineering

WAS IST CBFEM UND WIE WIRD ES ANGESETZT?

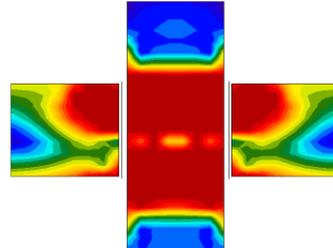
CBFEM ist eine Synergie aus der Komponentenmethode and FE Analyse.



Komponentenmodell



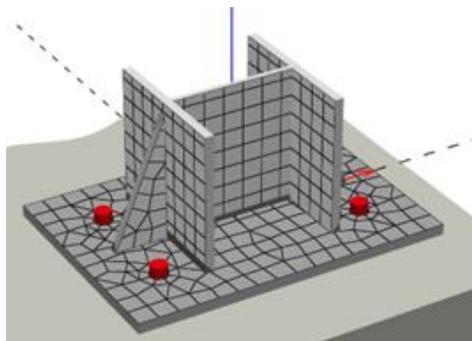
Verschraubte
Verbindung



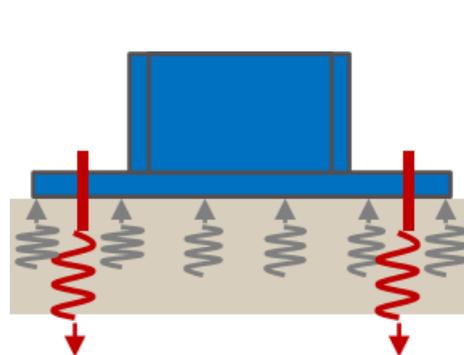
CBFEM Model



Finite-Elemente-Netz



Modellierung von Randbedingungen



Beton mit Druckfeder modelliert

Anker mit Zugfeder modelliert

Stahl mit Schalenelementen definiert

ES WIRD DER VOLLSTÄNDIGE FUßPUNKT BEMESSEN, INKLUSIVE BETONPRESSUNG, SCHWEIßNÄHTE UND STEIFEN

CBFEM basierte Bemessung des kompletten Fußpunktes

Beurteilen Sie direkt, wie Ihr Fußpunkt sich im Vergleich zu einer biegesteifen Befestigung verhält.

Auswahl & Bemessung der Schweißnähte

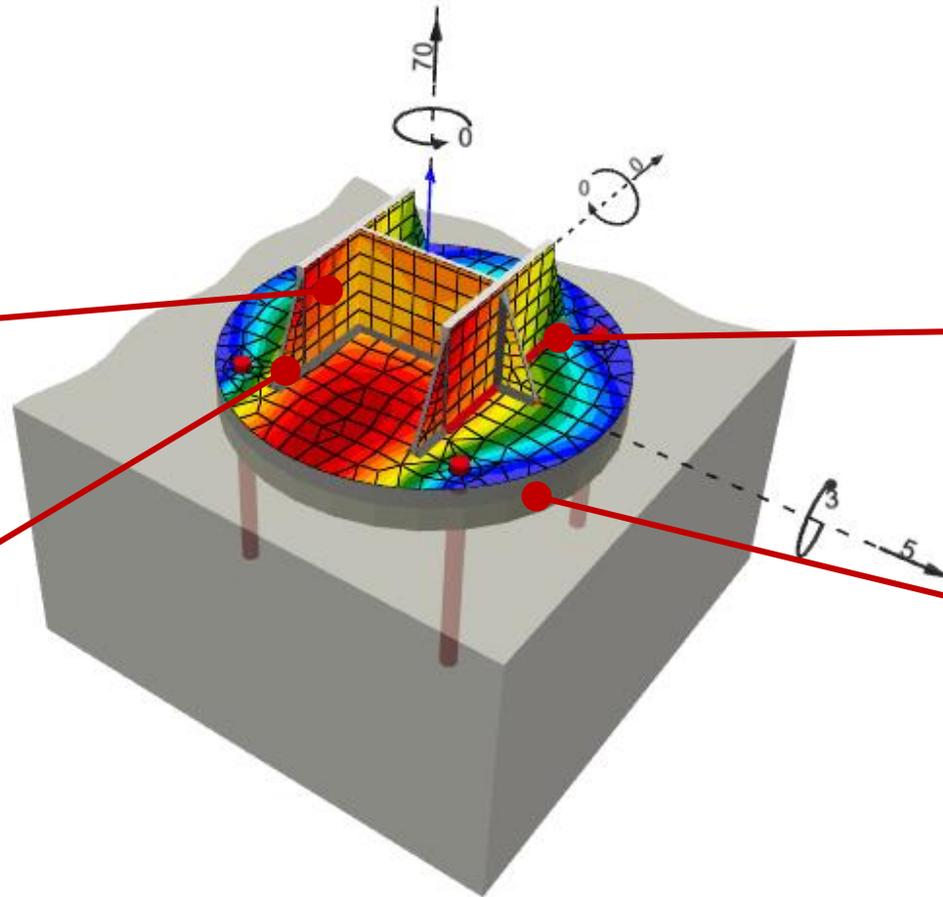
Führen Sie schnelle und einfache Schweißnahtberechnung durch.

Hinzufügen & Bemessung von Steifen

Fügen Sie Steifen hinzu und optimieren Sie schnell Ihre Ankerplatte.

Überprüfung & Nachweis der Betonpressung

Prüfen Sie Eurocode-konform nach, welchen Einwirkungen Ihr Beton ausgesetzt ist.



AGENDA

Einleitung

Warum ist eine biegesteife Ankerplatte wichtig

Stellschrauben zur Optimierung einer biegesteifen Ankerplatte

Was ist CBFEM?

Beispiel Bemessung in der Software PROFIS Engineering

BEISPIEL 3 - EINSPARUNGEN

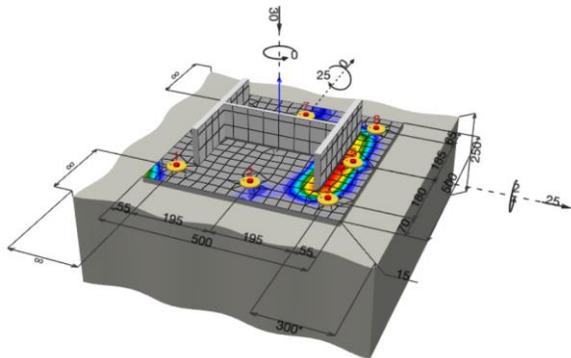
Ausgangssituation:

FIX:

- Betongüte: C35/40
- Profil: IBPI 340
- Dübelrandabstand-Kante: 300mm

Variabel:

- AP Größe: 500x500mm
- 8 Dübel
- Achsabstände: 195mm
- Dübel Hit-Z M16 – hef: 115mm



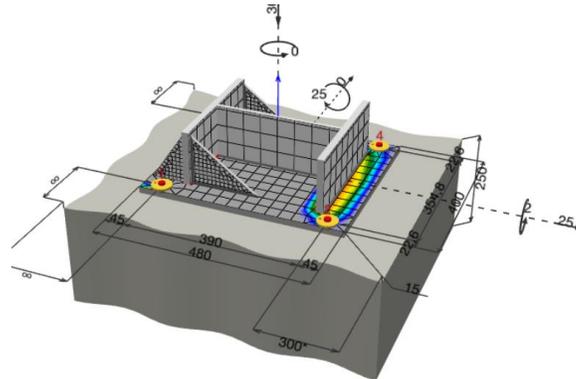
Max. Dübelkraftabweichung: 102%

1- Lösung

FIX:

Variabel:

- AP Größe: 400x480mm
- 4 Dübel
- Achsabstände: 390mm
- Dübel Hit-Z M16 – hef: 115mm
- Steifen



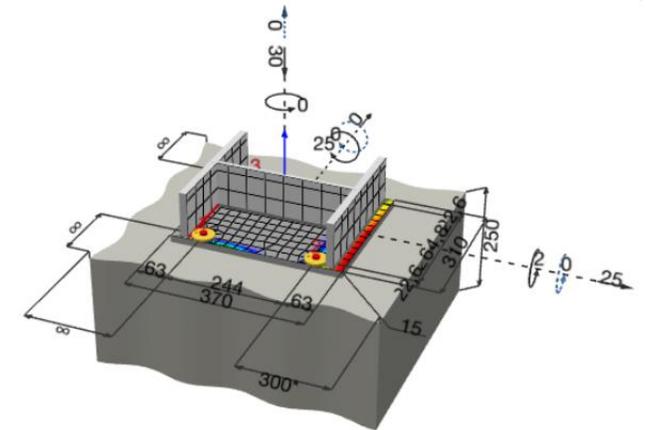
Max. Dübelkraftabweichung: 14%

2- Lösung

FIX:

Variabel:

- AP Größe: 370x310mm
- 4 Dübel
- Achsabstände: 244mm
- Dübel HAS-U M16 – hef: 200mm



Max. Dübelkraftabweichung: 2%

DANKE