



Software für Statik und Dynamik

www.dlubal.com



Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold
Organisator

Marketing & Public Relations
Dlubal Software GmbH



Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel
Co-Organisator

Customer Support
Dlubal Software GmbH

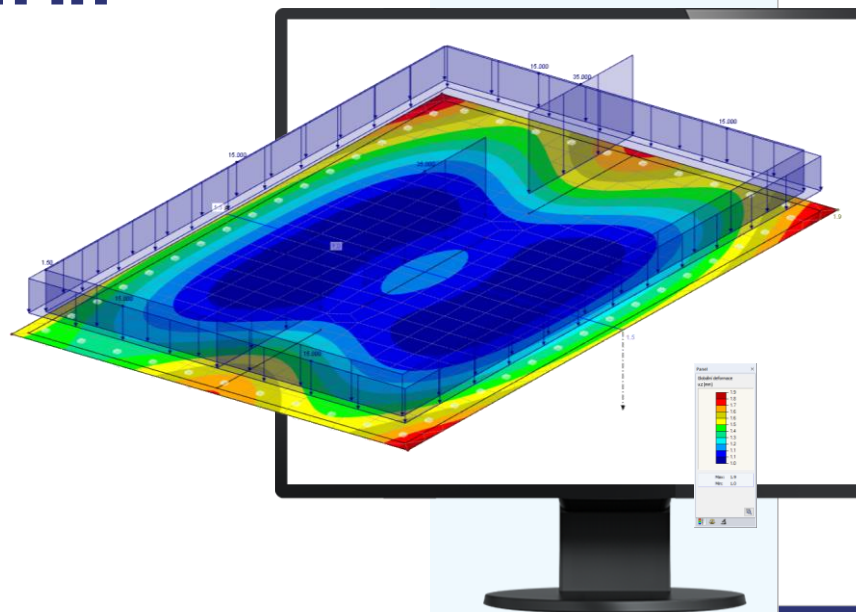


Dipl.-Ing. (FH) Adrian Langhammer
Co-Organisator

Product Engineering & Customer Support
Dlubal Software GmbH

Webinar

Boden-Bauwerk- Interaktion in RFEM



Fragen während der Präsentation



GoToTraining-Bedienpanel Desktop



E-Mail: info@dlubal.com



Bedienpanel ein- oder ausblenden

Audioeinstellungen anpassen

Fragen stellen

Audio

Sound Check ?

Computer-Audio
 Telefonanruf

STUMMGESCHALTET

Mikrofon (Plantronics C310)

Lautsprecher (Plantronics C310)

Sprecher: Andreas Hörold

Fragen

[Frage an Mitarbeiter eingeben]

Senden

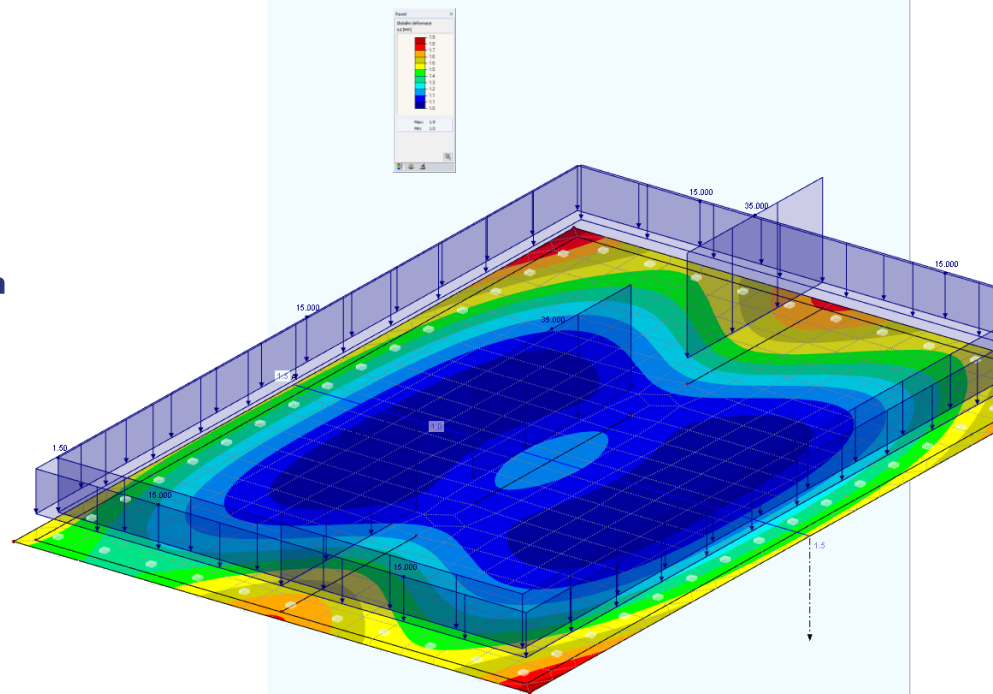
Webinar-ID: 109-458-163

GoToWebinar



INHALT

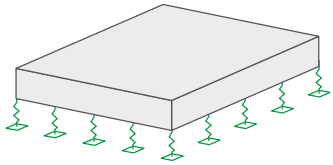
- 01 Vorstellung verschiedener Bodenmodelle
- 02 Anwendung von Bodenmodellen in RFEM
- 03 Bemessung einer Bodenplatte



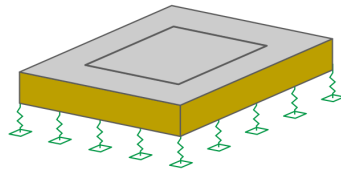


Bodenmodelle

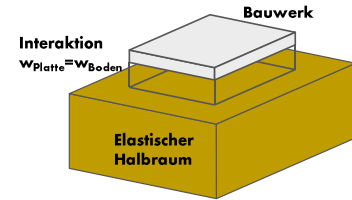
Bettungsmodulverfahren



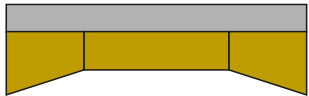
Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Bettungskragern



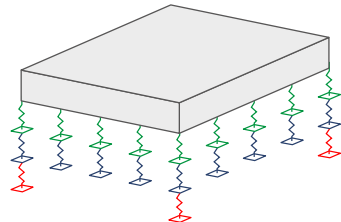
Steifemodulverfahren



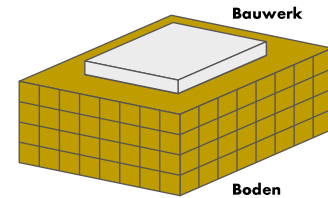
Modifiziertes Bettungsmodulverfahren



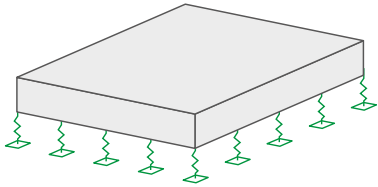
Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Zusatzfedern



3D-Halbraumverfahren



Bettungsmodulverfahren



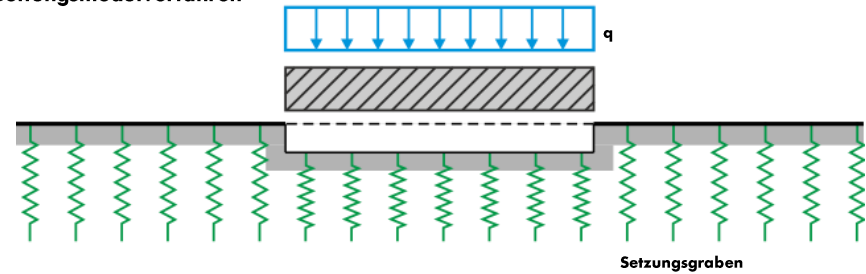
$$k_s = \frac{\sigma_0}{s}$$

k_s Winklersche Bettungszahl

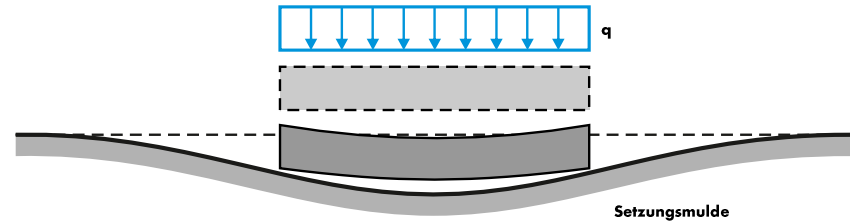
σ_0 Sohlspannungen

s Setzung

Bettungsmodulverfahren



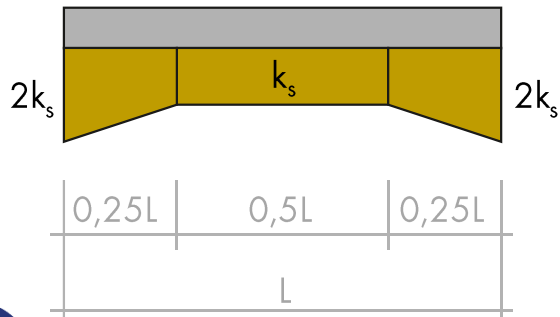
Steifemodulverfahren



Modifiziertes Bettungsmodulverfahren

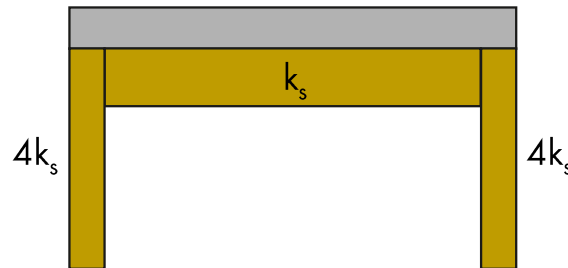
Nach Dörken und Dehne [2]

- Lineare Vergrößerung des Bettungsmoduls im Randbereich



Nach Bellmann und Katz [3]

- Erhöhung des Bettungsmoduls um Faktor 4 im Randbereich (eine FE-Elementreihe)



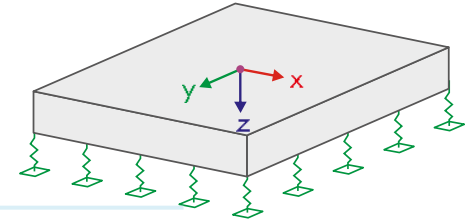
Bewertung Bettungsmodulverfahren

Vorteile

- Einfache Eingabe
- Kurze Rechenzeit (keine iterative Berechnung)
- Erweiterung auf modifiziertes Bettungsmodulverfahren prinzipiell möglich

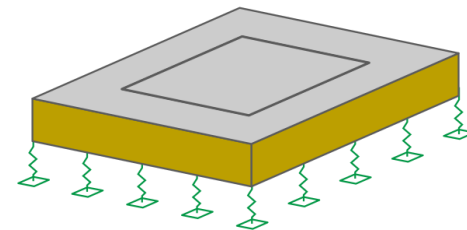
Nachteile

- Unzureichende Bodenmodellierung
- Keine Berücksichtigung angrenzender Bodenbereiche
- Keine Berücksichtigung der Schubtragfähigkeit des Bodens
- Keine Bodenschichtungen erfassbar
- Interaktion zwischen Bauwerken nicht erfassbar
- Wenig realitätsnahe Ergebnisse



Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Bettungskragern

- Bettungskragern sollte so weit reichen, bis die Setzungen am Rand gegen Null gehen
- Bettungskragern mit nur sehr geringer Steifigkeit



Nach Pasternak [5]

Bettungsziffer

$$c_{1,z} = \frac{E_0}{H \cdot (1 - 2 \cdot \mu^2)}$$

Schubtragfähigkeit

$$c_{2,v} = E_0 \cdot \frac{H}{6 \cdot (1 + \mu)}$$

Nach Barwaschow [5]

Bettungsziffer

$$c_{1,z} = \frac{E_0}{H \cdot (1 - \mu^2)}$$

Schubtragfähigkeit

$$c_{2,v} = E_0 \cdot \frac{H}{20 \cdot (1 - \mu^2)}$$

$$E_0 \quad \text{Elastizitätsmodul} = E_S \cdot \frac{1 - \mu - 2 \cdot \mu^2}{1 - \mu}$$

H Bettungsdicke

μ Querdehnzahl

Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Zusatzfedern

Verfahren des "Effektiven Baugrundes" nach Kolar und Nemec [4]

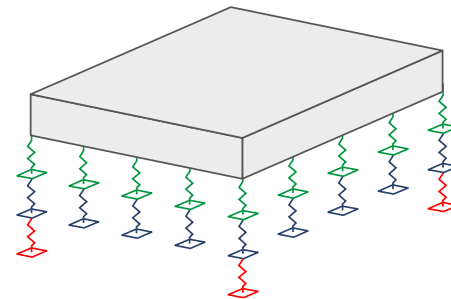
Im Allgemeinen gilt: $c_2 = c_{2,x} = c_{2,y}$

Schubtragfähigkeit

$$c_{2,v} = c_{1,z} \cdot s^2$$

$$s = \frac{s_0}{4 \text{ bis } 5}$$

s_0 Reichweite der Setzungsmulde
(Abstand vom Plattenrand, bei dem die Setzungen unter 1% der Fundamentrandwerte absinken)



Anhaltswerte für $c_{2,v}$

$$0,1 \cdot c_{1,z} < c_{2,v} < 1,0 \cdot c_{1,z}$$

lockerer Sand: $c_{2,v}$ gegen 0

festes Gestein: $c_{2,v}$ gegen 1

mittlere Schubtragwirkung: $c_{2,v} = 0,5 \cdot c_{1,z}$

Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Zusatzfedern

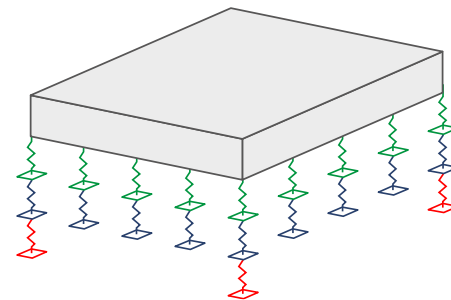
Verfahren des "Effektiven Baugrundes" nach Kolar und Nemec [4]

Linienfedern

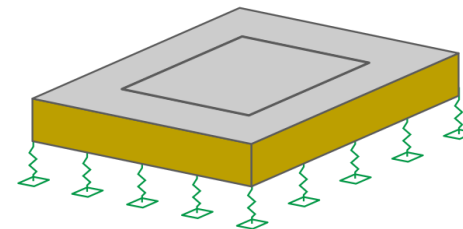
$$k = \sqrt{c_{1,z} \cdot c_{2,v}}$$

Einzelfedern in den äußeren Ecken

$$K = \frac{c_{2,v}}{2}$$



Bewertung modifizierte zweiparametrische Bodenmodelle



Vorteile

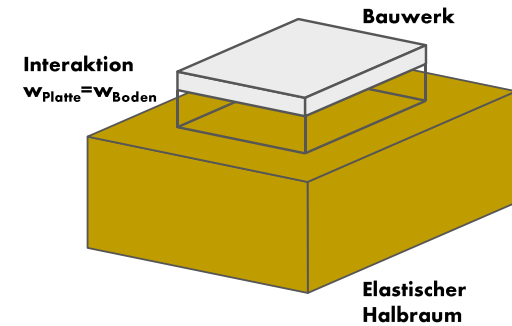
- Bei richtigem Einsatz realitätsnahe Ergebnisse
- Berücksichtigung angrenzender Bodenbereiche
- Schubtragfähigkeit des Bodens wird berücksichtigt
- Kurze Rechenzeit (keine iterative Berechnung)
- Interaktion zwischen Bauwerken beim Bodenmodell mit Bettungskragern erfassbar

Nachteile

- Zusätzliche Überlegungen und Eingaben sind notwendig
- Interaktion zwischen Bauwerken beim Bodenmodell mit Zusatzfedern nicht erfassbar
- Bodenschichtungen nur näherungsweise erfassbar

Steifemodulverfahren

- Bei FE-Lösung wird eine auf die Kontaktfläche zwischen Bauwerk und Boden bezogene Steifigkeitsmatrix der Bodenoberfläche aufgebaut
- Diskrete Knotenpunkte treten in dieser Kontaktfläche als Referenzpunkte auf
- FE-Programm ermittelt die auf die Auflagersenkungen bezogene Systemsteifigkeit in diesen Referenzpunkten
- Auflagersenkungen des Plattenmodells und Oberflächensetzungen des Bodens werden auf iterativem Weg in Einklang gebracht ($w_{\text{Platte}} = w_{\text{Boden}}$)
- Steifigkeit des statischen Systems und als elastischer Halbraum modellierter Boden stellen damit eine Einheit dar



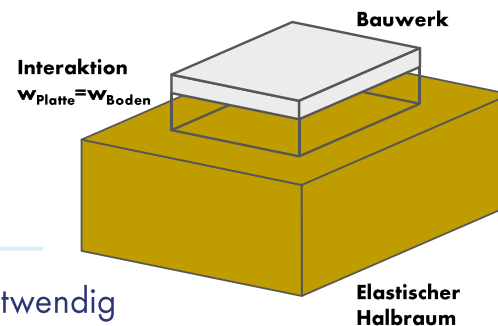
Bewertung Steifemodulverfahren

Vorteile

- In der Regel realitätsnahe Ergebnisse
- Wirklichkeitsnahe Bodenmodellierung
- Berücksichtigung angrenzender Bodenbereiche
- Bodenschichtungen und Interaktion zwischen Bauwerken erfassbar

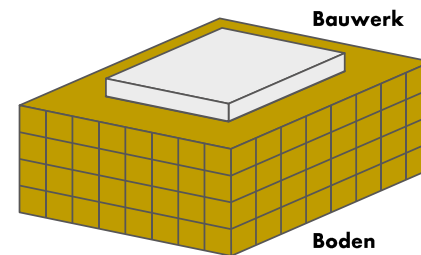
Nachteile

- Iterative Berechnung notwendig und Superpositions-gesetz gilt nicht mehr (nichtlineare Berechnung)
- Erhöhte Rechenzeit durch iterative Berechnung



3D-Halbraumverfahren

- Elastischer Halbraum des Bodens wird durch Abbildung der Bodenschichten als 3D-Modell mit FE-Volumenelementen modelliert
- Dadurch gute Verbindung zwischen Baugrund und Bauwerk
- Bodenmodellierung bis zum Abklingbereich der Setzung
- 3D-Halbraumverfahren bildet die komplexe Modellierung des Boden-Bauwerk-Systems am direktesten ab



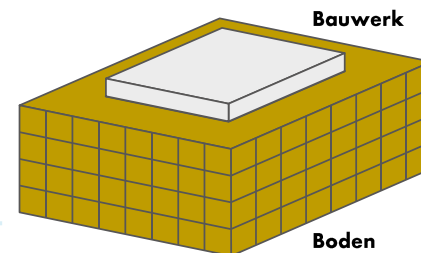
Bewertung 3D-Halbraumverfahren

Vorteile

- Sehr realitätsnahe Bodenmodellierung
- Berücksichtigung angrenzender Bodenbereiche
- Bodenschichtungen und Interaktion zwischen Bauwerken sehr gut erfassbar
- Keine iterative Berechnung

Nachteile

- Hoher Generierungsaufwand und erhöhter Aufwand bei Ergebnisauswertung
- Das Softwaresystem muss über 3D-Volumenelemente verfügen
- Durch 3D-Modellierung des Bodens mitunter sehr große Systemmatrizen und damit hoher Speicherplatzbedarf und lange Rechenzeiten (erhöhte Systemvoraussetzungen für Rechner)



Beispiel: Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Bettungskragern

Eingabewerte

Elastizitätsmodul $E_0 = 10000 \text{ kN/m}^2$

Bettungsdicke $H = 5 \text{ m}$

Querdehnzahl $\mu = 0,2$

Bodenparameter

(nach Barwaschow [5])

Bettungsziffer

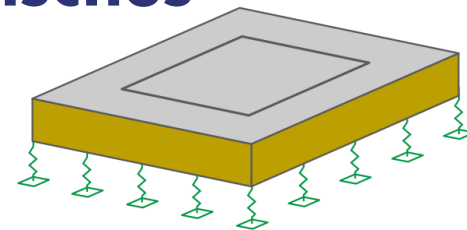
$$c_{1,z} = \frac{E_0}{H \cdot (1 - \mu^2)}$$

$$c_{1,z} = 2083,33 \text{ kN/m}^3$$

Schubtragfähigkeit

$$c_{2,v} = E_0 \cdot \frac{H}{20 \cdot (1 - \mu^2)}$$

$$c_{2,v} = 2604,17 \text{ kN/m}$$



Beispiel: Modifiziertes zweiparametrisches Bodenmodell mit Zusatzfedern

Bodenparameter

Bettungsziffer

$$c_{1,z} = 2083,33 \text{ kN/m}^3$$

Schubtragfähigkeit

Annahme: mittlere Schubtragwirkung

$$c_{2,v} = 0,5 \cdot c_{1,z}$$

$$c_{2,v} = 1041,67 \text{ kN/m}$$

Zusatzfedern

Linienfedern

$$k = \sqrt{c_{1,z} \cdot c_{2,v}}$$

$$k = \sqrt{2083,33 \cdot 1041,67}$$

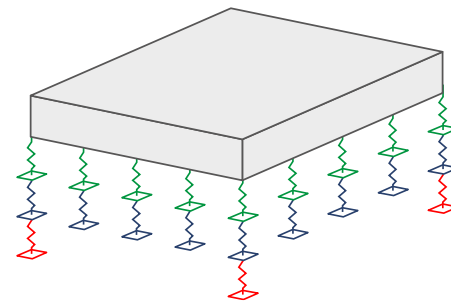
$$k = 1473,14 \text{ kN/m}^2$$

Einzelfedern in den äußeren Ecken

$$K = \frac{c_{2,v}}{2}$$

$$K = \frac{1041,67 \text{ kN/m}}{2}$$

$$K = 520,84 \text{ kN/m}$$



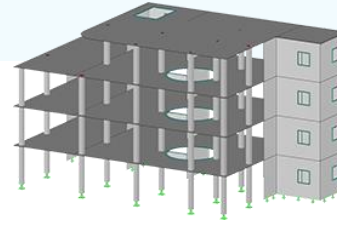


Literaturverzeichnis

- [1] Barth, C.; Rustler, W.: Finite Elemente in der Baustatik-Praxis, 2. Auflage. Berlin: Beuth, 2013
- [2] Dörken, W.; Dehne, E.: Grundbau in Beispielen Teil 2. Nach neuer DIN 1054:2005, 4. Auflage. Köln: Werner, 2007
- [3] Bellmann, J.; Katz, C.: Bauwerk-Boden Wechselwirkungen, 3. FEM-Tagung Darmstadt, TH Darmstadt, 1994
- [4] Kolar, V.; Nemeč, I.: Modelling of Soil-Structure Interaction. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1989
- [5] Barwaschow, W. A.: Setzungenberechnungen von unterschiedlichen Modellen, Osnowania, fundamenti i mechanika gruntow, Heft 4/77, Moskau 1977 (russisch)

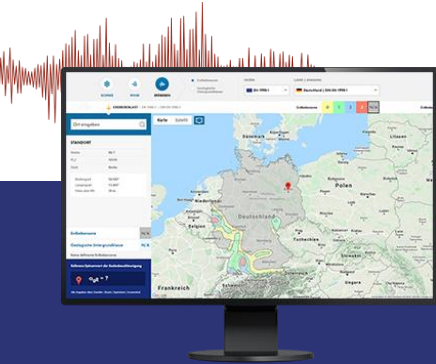


Kostenlose Online-Dienste



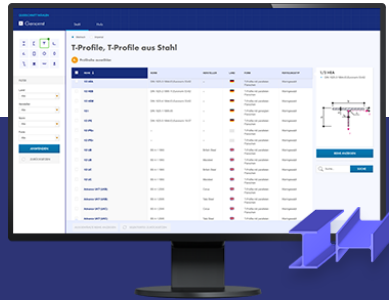
Geo-Zonen-Tool

Dlubal Software bietet ein Online-Tool zur Ermittlung der charakteristischen Lastwerte der entsprechenden Lastzone an.



Querschnittswerte

Das kostenfreie Online-Tool ermöglicht, aus einer umfangreichen Profildatenbank Standardprofile auszuwählen oder parametrisierte Querschnitte zu definieren und deren Querschnittswerte zu berechnen.



FAQs & Knowledge Base

Schauen Sie sich die häufig gestellten Fragen an unser Support-Team sowie die hilfreichen Tipps und Tricks in unseren Fachbeiträgen an, um Ihre Arbeit effizienter zu gestalten.



Modelle zum Herunterladen

Hier finden Sie eine Vielzahl an Beispieldateien, die Sie beim Einstieg in die Dlubal-Programme bzw. bei deren Anwendung unterstützen.





Kostenlose Online-Dienste

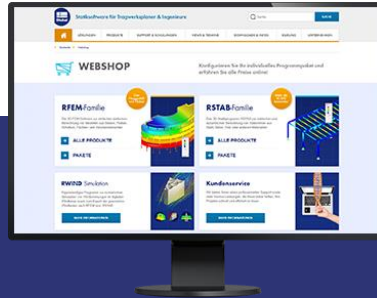
Youtube-Kanal - Webinare, Videos

Sehen Sie sich die Videos und Webinare zur Statiksoftware von Dlubal an.



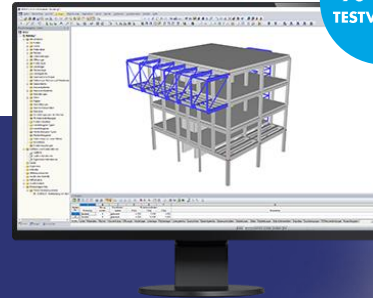
Webshop mit Preisen

Erstellen Sie Ihr individuelles Softwarepaket und sehen Sie alle Preise online!



Testversionen

Sie lernen am besten, wie Sie mit unseren Programmen umgehen, indem Sie sie einfach selbst testen. Laden Sie sich die 90-Tage-Testversion unserer Statikprogramme herunter.



90-TAGE-
TESTVERSION

Kostenloser Support per E-Mail und Live-Chat



Hier finden Sie weitere Informationen zu Dlubal Software



Besuchen Sie unsere
Webseite

www.dlubal.com

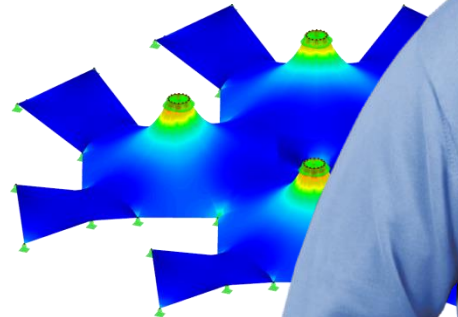
- Videos und aufgezeichnete Webinare
- Newsletter
- Veranstaltungen und Messen/Seminare
- Knowledge Base-Artikel



Sehen Sie den
Einsatz von
Dlubal Software
in einem
Webinar



Kostenlose
Testversion
herunterladen



Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2, 93464 Tiefenbach
Germany

Telefon: +49 9673 9203-0
E-Mail: info@dlubal.com



www.dlubal.com