



# Software für Statik und Dynamik



[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)



Dipl.-Ing. (FH) Andreas  
Hörold  
Organisator

Marketing & Public Relations  
Dlubal Software GmbH

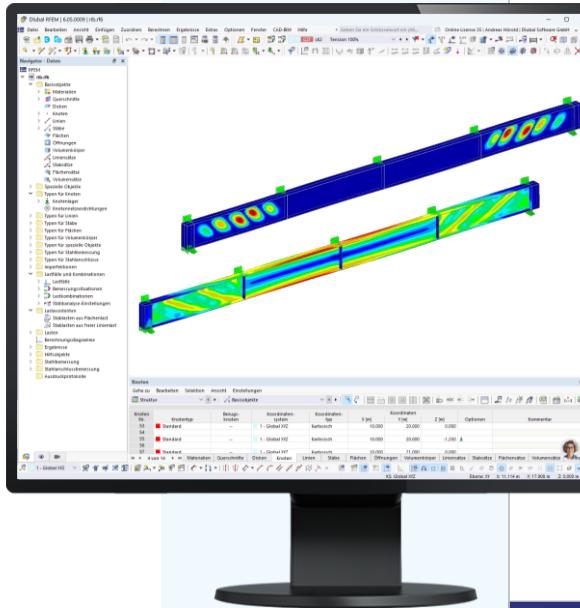


Dr.-Ing. Jonas Bien  
Co-Organisator

Product Engineering & Customer Support  
Dlubal Software GmbH

## Webinar

# So führen Sie die nichtlineare Analyse eines Vollwandträgers mit RFEM 6 durch





# Fragen während der Präsentation



GoToTraining-Bedienpanel  
Desktop



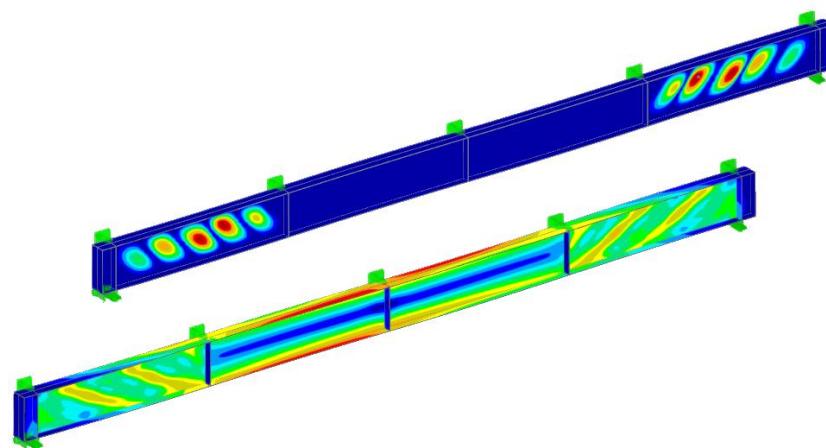
E-Mail: [info@dlubal.com](mailto:info@dlubal.com)



**Fragen stellen**

The screenshot shows the 'Fragen' (Questions) tab of the GoToTraining control panel. At the top, there are icons for users (2), a microphone, a document, and a gear. A blue arrow points from the 'Fragen' tab to a callout box labeled 'Audioeinstellungen anpassen' (Adjust audio settings). Another blue arrow points from the 'Senden' (Send) button at the bottom right to a callout box labeled 'Fragen stellen' (Ask a question). The main area displays the message 'Noch keine Fragen' (No questions yet) and 'Frage von Ihren Teilnehmern werden hier angezeigt.' (Questions from your participants will be displayed here). Below this, there's a form with a question mark icon and the text 'Eine Frage einreichen' (Submit a question) and a text input field 'Geben Sie Ihre Frage ein' (Enter your question). A blue arrow also points from this input field to a callout box labeled 'Fragen stellen'.

# INHALT



**01** Grundlagen

**02** Modellierung

**03** Imperfektionen

**04** Bemessung



# Was zeichnet eine GMNIA aus?

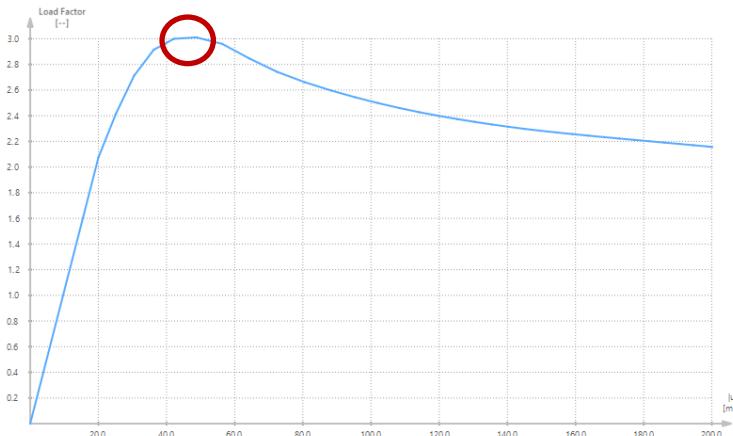
Berechnungsart	Verformungen	Materialgesetz	Geometrie
Lineare elastische Berechnung ( <b>LA</b> )	linear	linear elastisch	perfekt
Lineare Berechnung des Verzweigungszustandes ( <b>LBA</b> )	Eigenform	linear elastisch	perfekt
Materiell nichtlineare Berechnung ( <b>MNA</b> )	linear	elastisch-plastisch	perfekt
Geometrisch nichtlineare Berechnung ( <b>GNA</b> )	nichtlinear	linear elastisch	perfekt
Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung ( <b>GMNA</b> )	nichtlinear	nichtlinear	perfekt
Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung mit Imperfektionen ( <b>GNIA</b> )	nichtlinear	linear elastisch	imperfekt
Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung mit Imperfektionen ( <b>GMNIA</b> )	nichtlinear	nichtlinear	imperfekt



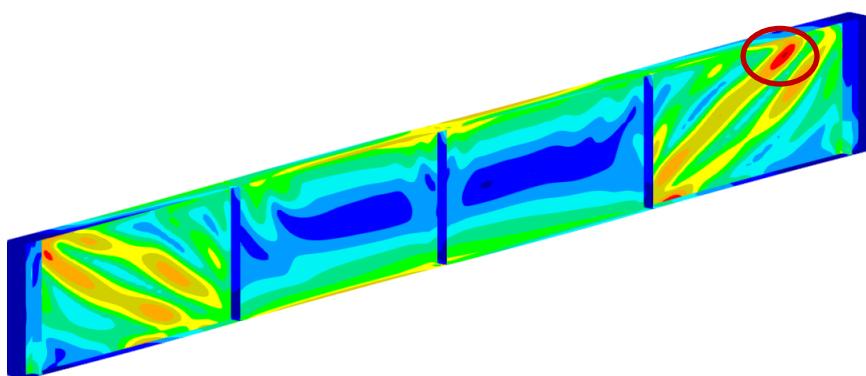


# Grenzzustände und Nachweisformat

Erreichen des Maximums der Last-  
Verformungskurve  $\alpha_{u,1}$



Erreichen eines Maximalwertes (5%) der  
Hauptmembrandehnung  $\alpha_{u,2}$



$$\min(\alpha_{u,1}, \alpha_{u,2}) = \alpha_u > \alpha_1 \alpha_2$$

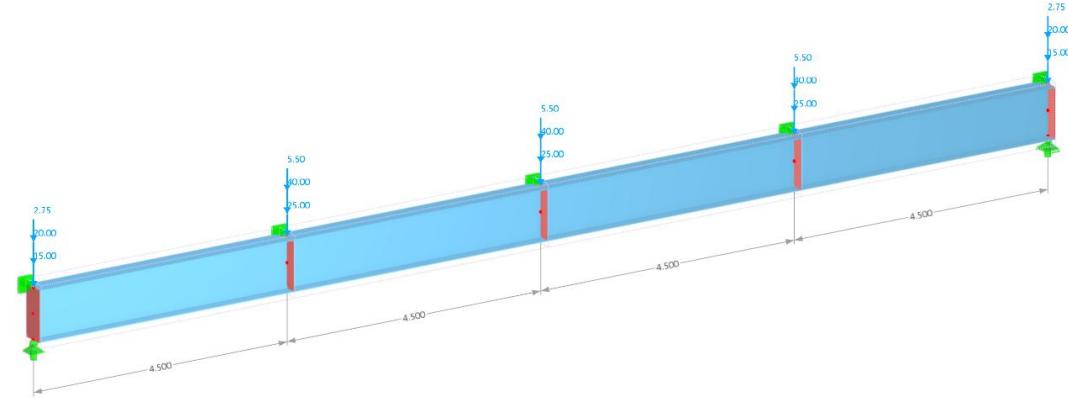
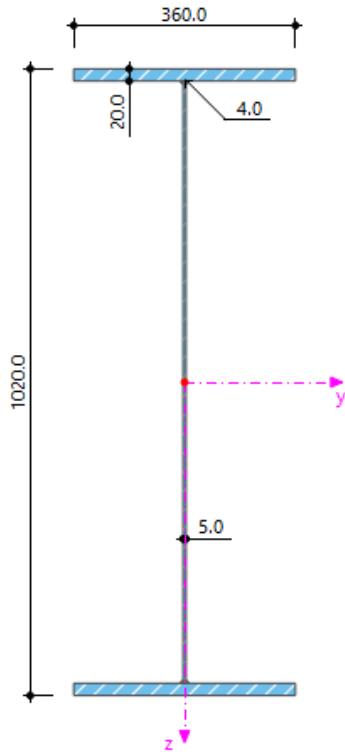
→ Ungenauigkeiten des Belastungs- und des Widerstandsmodells:  
Empfehlung:  $\gamma_{M1}$  wenn Stabilität bzw.  $\gamma_{M2}$  wenn Werkstoffversagen maßgebend

Modellunsicherheit

Empfehlung NA:  $\alpha_1 = 1,05$



# Aufgabenstellung



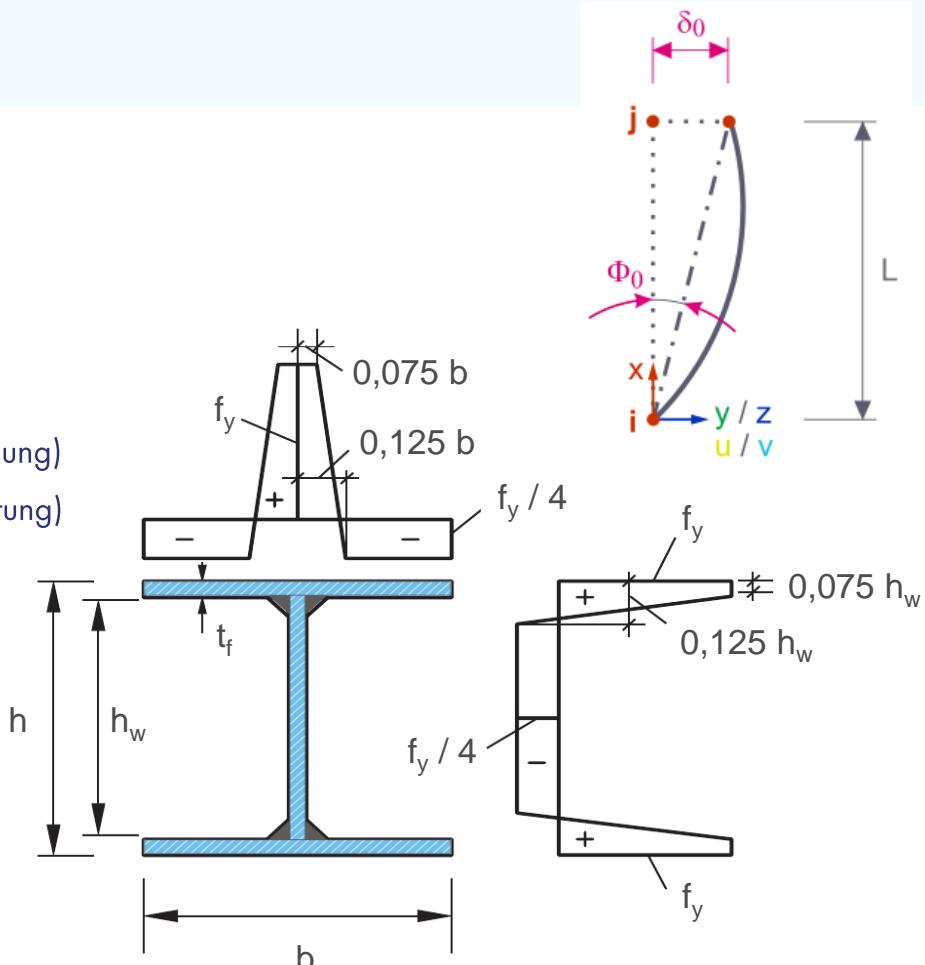
- $L = 4 \times 4.5 \text{ m} = 18 \text{ m}$
- Gelenkige Lagerung, seitliche Abstützung in Viertelpunkten
- Vertikale Einzellasten in Viertelpunkten (EG/Schnee/Wind)
- Stegsteifen in Viertelpunkten, starre Auflagersteifen ( $t = 12 \text{ mm}$ )
- Querschnitt gemäß Darstellung
- Material S 235



# Imperfektionen

## Zu berücksichtigende Imperfektionen

- Strukturelle Imperfektionen (Eigenspannungen aus Fertigung)
- Geometrische Imperfektionen (z.B. aus Fertigung/Errichtung)





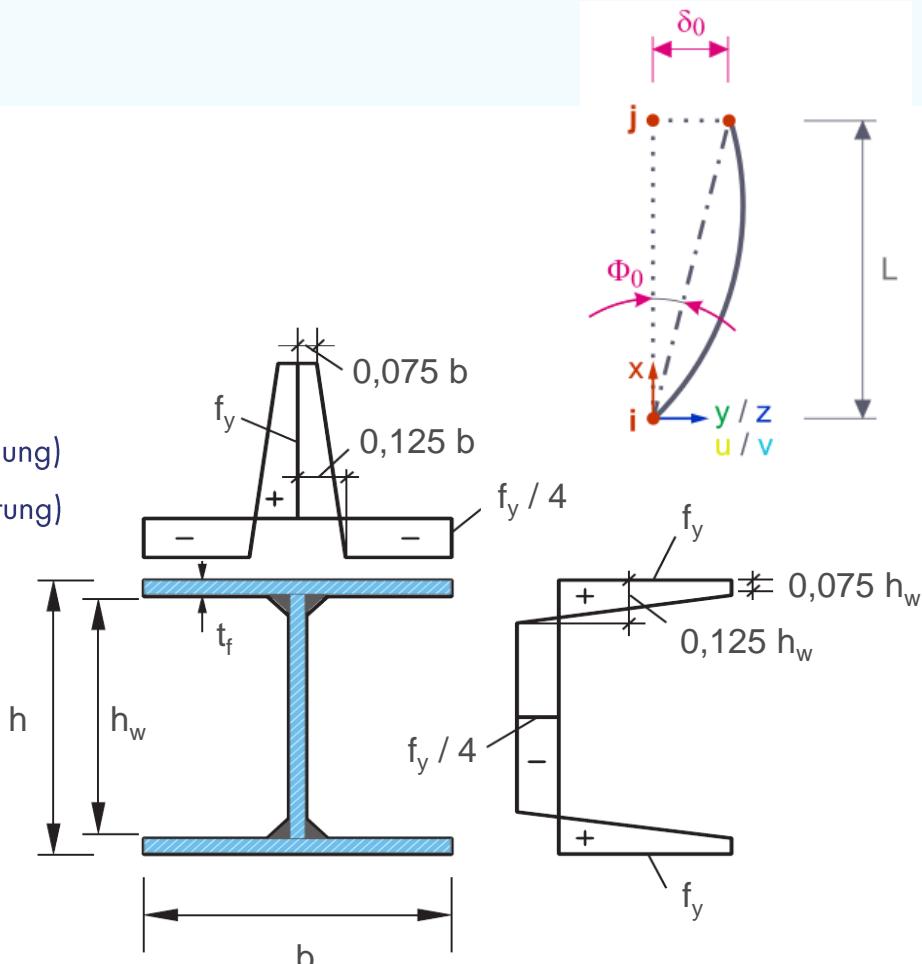
# Imperfektionen

## Zu berücksichtigende Imperfektionen

- Strukturelle Imperfektionen (Eigenspannungen aus Fertigung)
- Geometrische Imperfektionen (z.B. aus Fertigung/Errichtung)

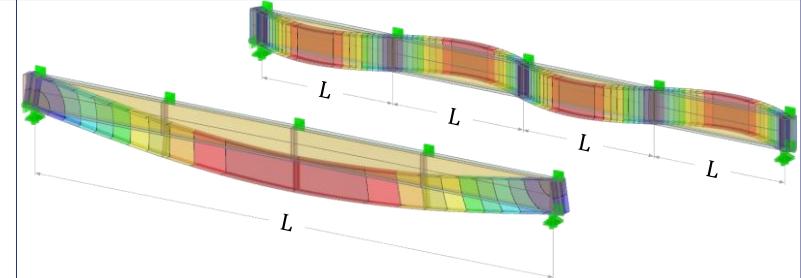
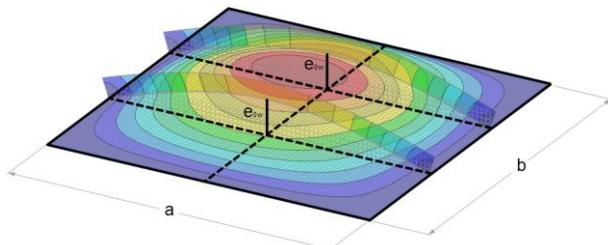
## Vereinfachte Berücksichtigung durch

- Geometrische Ersatzimperfektion gemäß EN 1993-1-5
- Überlagerung 100% Leitimperfektion, 80% Begleitimp.





# Geometrische Imperfektion

Imperfektionsansatz	Bauteil	Form	Amplitude Ersatzimp.
global Bauteil der Länge L		Bogen	gemäß EN 1993-1-1
global Längssteife der Länge a		Bogen	$\min(a, b) / 400$



# Geometrische Imperfektion

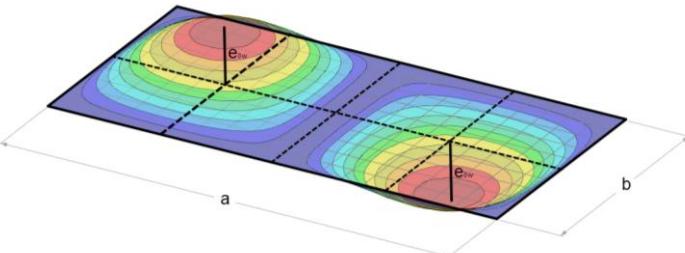
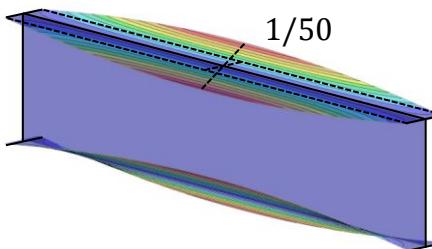
Imperfektionsansatz	Bauteil	Form	Amplitude Ersatzimp.
global Bauteil der Länge L		Bogen	gemäß EN 1993-1-1

## Bestimmung der Ersatzamplitude für Biegendrillknicken nach EN 1993-1-1

- Tabelle 6.2: Geschweißtes I-Profil | Flanschdicke < 40 mm → **Knickspannungslinie c** für Knicken um Achse z-z
- Tabelle 5.1: Plastische QS-Bemessung | KSL c →  $e_{0,d} / L = 1/150$  für Knicken um Achse z-z  
 $k * e_{0,d} / L = 1/300$  für Biegendrillknicken

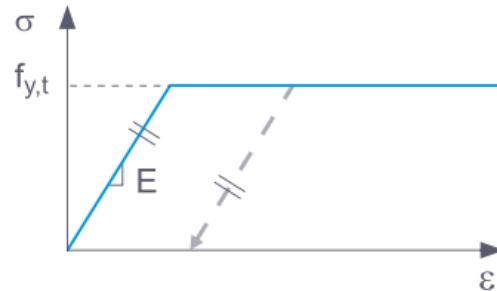


# Geometrische Imperfektion

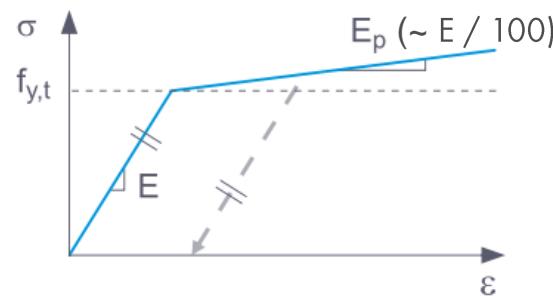
Imperfektionsansatz	Bauteil	Form	Amplitude Ersatzimp.
lokal Teil-/Einzelfeld		Beulform	$\min(a, b) / 200$
lokal Verdrehung von Flanschen		Bogen	1 / 50



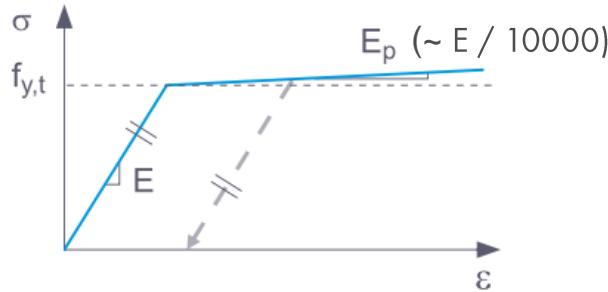
# Nichtlineare Materialmodelle



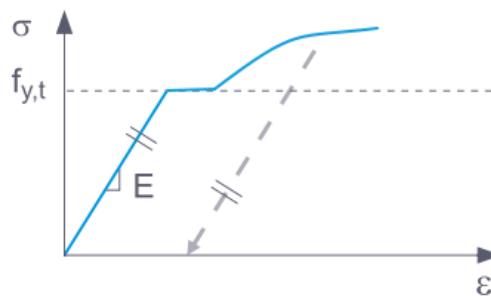
a) Ideal elastisch-plastisch



c) Elastisch-plastisch mit linearer Verfestigung



b) Elastisch-plastisch mit Pseudoverfestigung

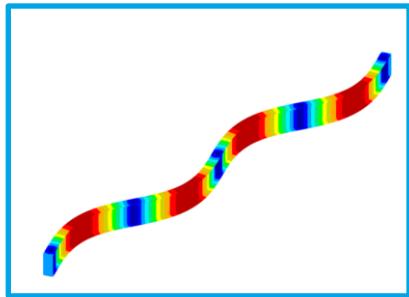


d) Wahre Spannungs-Dehnungs-Kurve

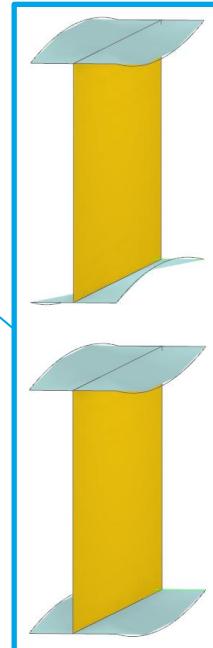


# Einfluss der Imperfektionen

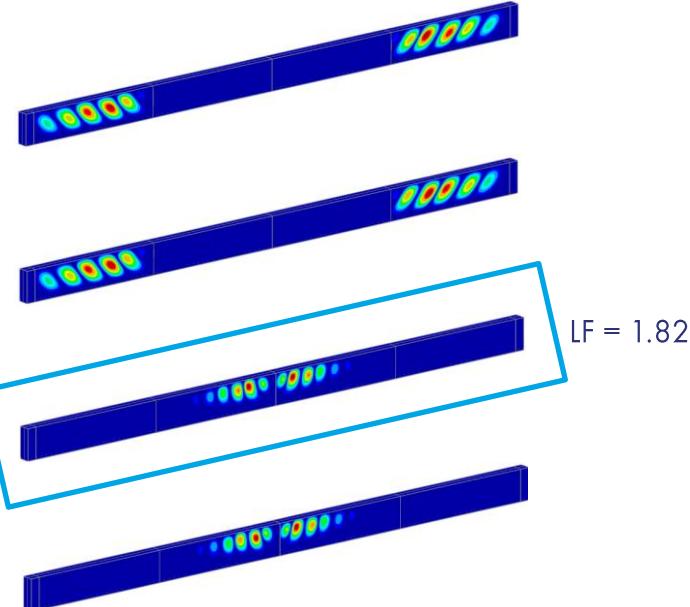
Vorkrümmung



Flanschverdrehung



Lokale Beulfeldimperfektion





# Zusammenfassung

- RFEM 6 eignet sich auch für die nichtlineare Analyse komplexer Bauteile
- Modellierung mit Flächenelementen anfällig für Singularitäten und Zwängungen
- Flächenimperfektionen können auf verschiedene Art und Weise erzeugt werden (verformungsaffin, eigenformaffin, imperfekte Ausgangsgeometrie)
- Auch strukturelle Imperfektion können über eingeprägte Dehnungen oder Temperaturbeanspruchung definiert werden
- Ermittlung und Kombination der maßgebenden Imperfektionen nicht trivial
- Sensitivitätsstudie zur Vernetzung ist immer empfehlenswert
- Die nichtlineare Analyse ermöglicht guten Einblick in relevante Versagensarten



# Online-Kurse

## RFEM 6 Masterclass

Alles, was Sie für den Einstieg wissen müssen!



[ZUM RFEM-KURS](#)

## Eurocode 2 Masterclass

Vertiefung in die Stahlbetonbemessung mit RFEM 6!



[ZUM EC-2-KURS](#)

## Eurocode 3 Masterclass

Vertiefung in die Stahlbemessung mit RFEM 6!



[ZUM EC-3-KURS](#)



# Online-Kurse

## Eurocode 5 Masterclass

Vertiefung in die Holzbemessung mit  
RFEM 6!



[ZUM EC-5-KURS](#)

## Online-Kurspaket #1

Masterclass: Eurocode 2 - Eurocode 3  
- Eurocode 5



[ZUM KURSPAET #1](#)

## Online-Kurspaket #2

Masterclass: RFEM 6 - Eurocode 2 -  
Eurocode 3 - Eurocode 5



[ZUM KURSPAET #2](#)



# Kostenlose Online-Dienste

## Geo-Zonen-Tool

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

A screenshot of the Geo-Zonen-Tool interface. It features a map of Europe with a red dot indicating a specific location. Below the map is a graph showing a red waveform, likely representing seismic or wind data. The main interface has several tabs at the top and a search bar. The 'STANDORT' tab is active, showing a detailed view of the selected location's geographical and administrative details.

## Querschnittswerte

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

A screenshot of the Querschnittswerte tool. It shows a list of 'T-Profil, T-Profil aus Stahl' with various filter options like 'Material', 'Basisprofil', and 'Auswahl'. Below the list is a detailed view of a single profile with dimensions and a 3D model of a U-shaped steel section.

## FAQs & Knowledge Base

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

A screenshot showing two stacked web pages from the Dlubal website. The top page is titled 'Häufig gestellte Fragen (FAQs)' and contains several questions and answers. The bottom page is titled 'Fachbeiträge' and shows a grid of small images representing different technical articles. A 3D model of a structural component is visible in the background of the bottom page.

## Modelle zum Herunterladen

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

A screenshot of a download page featuring a large 3D model of a multi-story building frame. Below it are several smaller 3D models of various engineering components like pipes, beams, and structural frames. Each model has a download button next to it.



# Kostenlose Online-Dienste

## Youtube-Kanal - Webinare, Videos

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



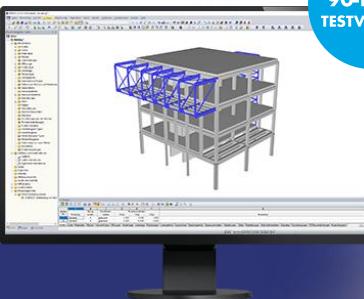
## Webshop mit Preisen

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.



## Kostenloser Support per E-Mail und Live-Chat



# Hier finden Sie weitere Informationen zu Dlubal Software



Besuchen Sie unsere  
Webseite

[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)

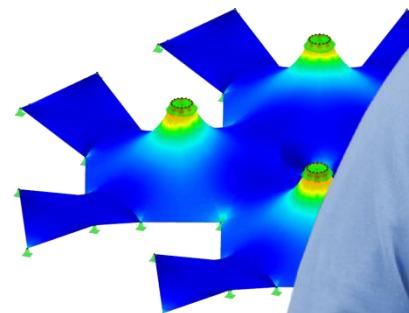
- Videos und aufgezeichnete Webinare
- Newsletter
- Veranstaltungen und Messen/Seminare
- Knowledge Base-Artikel



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](mailto:info@dlubal.com)



[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)