



Fassung
Mai 2015

Zusatzmodul

RF-IMP

Generierung geometrischer Ersatz-
imperfectionen und vorverformter
Ersatzmodelle

Programm-Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der DLUBAL SOFTWARE GMBH ist
es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus
auf jedwede Art zu vervielfältigen.



© **Dlubal Software GmbH 2015**
Am Zellweg 2
D-93464 Tiefenbach
Deutschland

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.de



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	2
1.1	Zusatzmodul RF-IMP	2
1.2	Gebrauch des Handbuchs	2
1.3	Aufruf des RF-IMP-Moduls	3
2.	Eingabedaten	4
2.1	Basisangaben	4
2.2	Imperfektionen	7
3.	Generierung	11
3.1	Start der Generierung	11
3.2	Generierte Imperfektionen	14
3.2.1	Ersatzimperfektionen	14
3.2.2	Ersatzmodell	16
3.3	Export der Imperfektionen	17
3.3.1	Ersatzimperfektionen	17
3.3.2	Vorverformtes FE-Netz	18
4.	Allgemeine Funktionen	20
4.1	RF-IMP-Generierungsfälle	20
4.2	Einheiten und Dezimalstellen	22
4.3	Export der Daten	22
5.	Beispiel: Ersatzmodell	24
A.	Literatur	27
B.	Index	28

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-IMP

In vielen Normen findet sich die Vorgabe, dass für die Tragwerksberechnung nach Theorie II. Ordnung die Wirkungen von Imperfektionen berücksichtigt werden müssen. Dabei bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Es werden entweder Ersatzlasten angesetzt, wie dies beispielsweise in DIN 18800 Teil 2 [1], Absatz 2 oder EN 1993-1-1 [2], Absatz 5.3 geregelt ist. Alternativ kann die Berechnung an einem Ersatzmodell erfolgen, dessen FE- bzw. Systemknoten gemäß Vorgabe der Norm verschoben sind. Im Zusatzmodul RF-IMP zum Programmsystem RFEM stehen beide Optionen zur Verfügung.

Die Vorverformungen sind in die ungünstigen Wirkrichtungen anzusetzen. Diese Aufgabe ist bei kleinen Stabsystemen noch in einem überschaubaren Rahmen, sodass die Imperfektionen manuell festgelegt werden können. Bei großen Systemen mit Flächen- und Volumenelementen stößt dieser Ansatz jedoch an seine Grenzen, denn Regeln für die Berechnung von Ersatzlasten existieren nur für Stabelemente. RF-IMP kann hier die maßgebenden Imperfektionen auf Basis der Verformungen, Knickfiguren oder Eigenschwingungen in Form eines Ersatzmodells erzeugen.

Mit RF-IMP lassen sich schnell – und damit wirtschaftlich – verschiedene Generierungsfälle für Imperfektionen untersuchen. Damit ist auch der normgemäße Ansatz in die ungünstigsten Richtungen sichergestellt. Als sehr komfortabel dabei erweist sich auch die Implementierung der Profil-Knickspannungslinien nach DIN 18800 und Eurocode 3.

In den Masken von RF-IMP sind nur wenige Eingaben vorzunehmen. Das Modul erzeugt aus diesen Vorgaben die Imperfektionen in die maßgebenden Richtungen. Ehe die generierten Imperfektionen an RFEM übergeben werden, können sie am RFEM-Modell grafisch überprüft werden. Die Ersatzimperfektionen werden in der Regel in einem eigenen Imperfektionslastfall abgelegt, der dann in den Lastkombinationen entsprechend überlagert werden kann. Wird ein Ersatzmodell generiert, so können die verschobenen FE-Knoten als Parameter zur Berechnung einer Lastkombination angesetzt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Modelldaten nicht verändert werden. Somit lassen sich verschiedene Ersatzmodelle in einem einzigen RFEM-Modell erfassen.

Die RF-IMP-Tabellen lassen sich nach MS Excel oder OpenOffice.org Calc exportieren, um sie dort weiter zu bearbeiten oder zu archivieren.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist RF-IMP vollständig in das Hauptprogramm RFEM integriert: Mit der Zugriffsmöglichkeit auf die Ergebnisse von RFEM (Verformungen von Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen), RF-STABIL (Knickfiguren) und RF-DYNAM (Eigenformen) lassen sich alle Ersatzimperfektionen integrativ und komfortabel erzeugen.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-IMP.

Ihr DLUBAL-Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch ausführlich erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul RF-IMP ergeben.



Dieses Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnis-masken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Alle Stäbe voreinstellen]. Sie sind auch am linken Rand abgebildet. Die **Begriffe**, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, sodass die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie nicht fündig werden, so können Sie die Suchfunktion auf unserer Website www.dlubal.de nutzen, um in der umfangreichen Liste aller *Fragen und Antworten* das Problem nach bestimmten Kriterien einzuzugrenzen.

1.3 Aufruf des RF-IMP-Moduls

Es bestehen in RFEM folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-IMP zu starten.

Menü

Sie können das Zusatzmodul aufrufen mit dem RFEM-Menü

Zusatzmodule → **Sonstige** → **RF-IMP**.

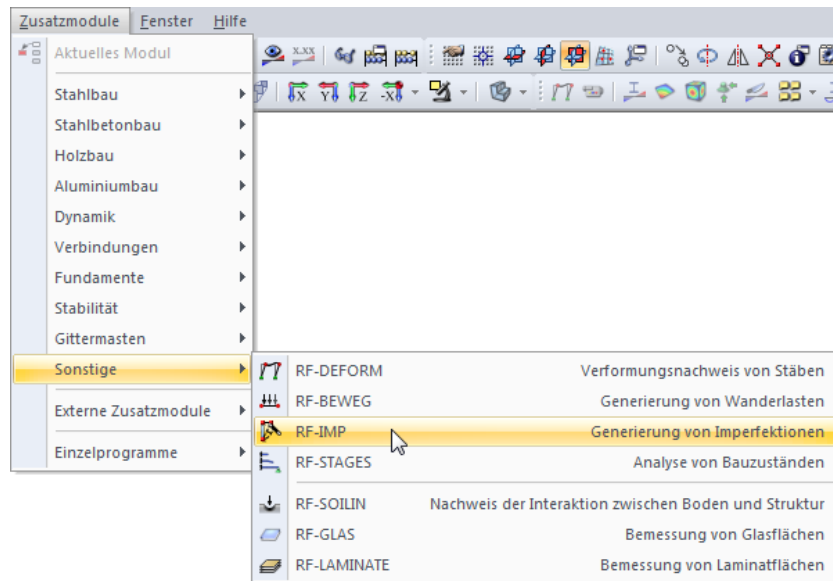


Bild 1.1: Menü: *Zusatzmodule* → *Sonstige* → *RF-IMP*

Navigator

Das Modul RF-IMP kann im *Daten*-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

Zusatzmodule → **RF-IMP**.

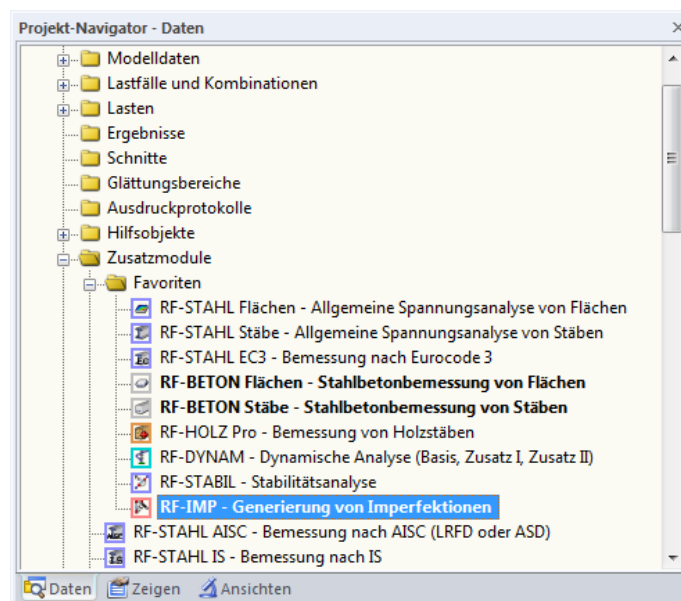


Bild 1.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *RF-IMP*

2 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den Generierungsfällen (siehe [Kapitel 4.1, Seite 20](#)).

Die für die Imperfektionen relevanten Daten sind in zwei Eingabemasken zu definieren. Beim ersten Aufruf von RF-IMP werden folgende Parameter automatisch eingelesen:

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen



Eine Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator aufrufen. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] (vorwärts) und [F3] (rückwärts) möglich.



[OK] sichert die Eingaben. RF-IMP wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

2.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* werden die Grundlagen für die Generierung von Imperfektionen sowie die Art der Generierung bestimmt.

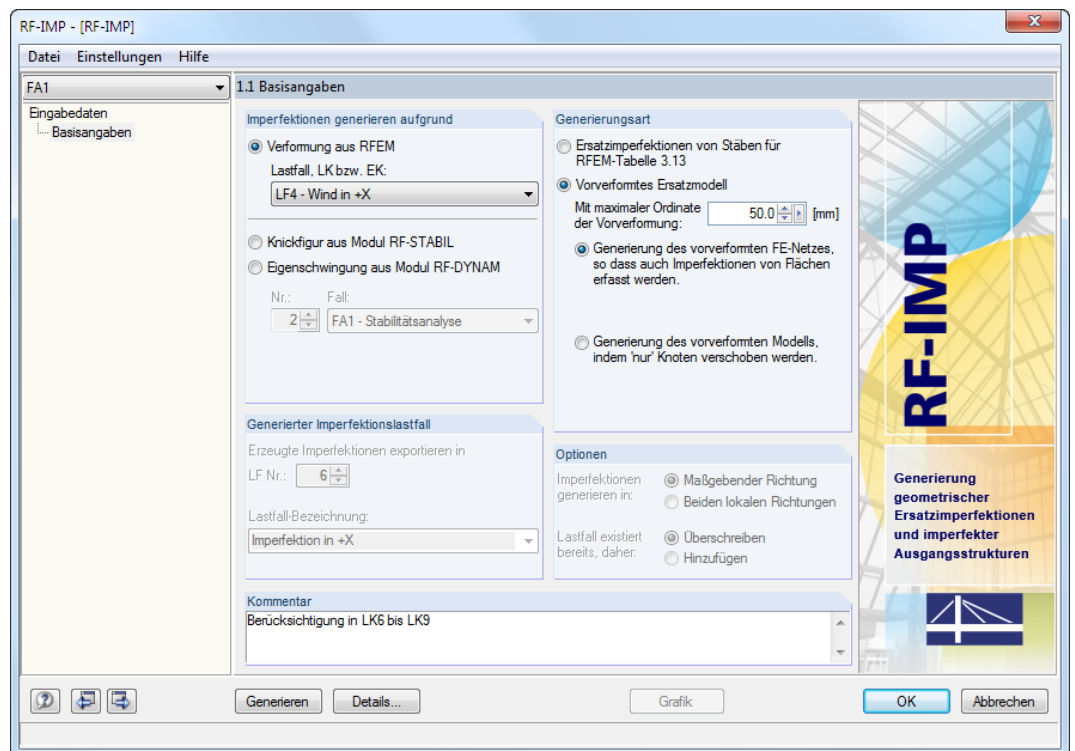
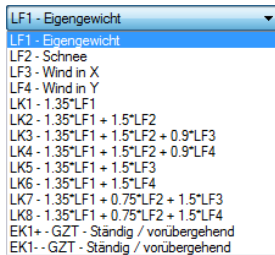


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

Imperfektionen generieren aufgrund

Es ist festzulegen, welche Ergebnisse die Grundlage der Imperfektionen bzw. des Ersatzmodells bilden sollen. Im Dialogabschnitt stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl.

Verformung aus RFEM

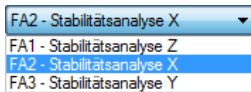


Die maßgebende Einwirkung kann in der Liste *Lastfall, LK* bzw. *EK* ausgewählt werden.

Bei Ergebniskombinationen liegen an jeder x-Stelle zwei Ergebniswerte vor – das Maximum und das Minimum der überlagerten Werte. Deshalb sind für eine Ergebniskombination in der Liste die beiden Einträge *EK+* (Maximum) und *EK-* (Minimum) enthalten, wie im Bild links gezeigt.

Nach DIN 18800 Teil 2 [1], El. (202) sind die geometrischen Ersatzimperfektionen affin zur niedrigsten Knickfigur anzusetzen. Für jede Belastung in eine markante Richtung mit entsprechender Verformung sollte daher ein separater Imperfektionslastfall angelegt werden. Die Generierungsfälle von RF-IMP (siehe [Kapitel 4.1, Seite 20](#)) bieten die Möglichkeit, Imperfektionen unter Berücksichtigung verschiedener Verformungsrichtungen zu erzeugen.

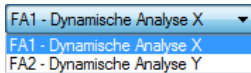
Knickfigur aus Modul RF-STABIL



Imperfektionen können so erzeugt werden, dass sie sich möglichst gut an die Verformungsfigur anpassen, die zum niedrigsten Knickeigenwert gehört. Die Nutzung von Knick- oder Beulfiguren ist jedoch an die Voraussetzung gebunden, dass das Zusatzmodul RF-STABIL lizenziert ist.

In der Liste *Nr.* kann die Nummer der relevanten Knickfigur ausgewählt werden, in der Liste *Fall* der maßgebende Generierungsfall von RF-STABIL.

Eigenschwingung aus Modul RF-DYNAM



Die Imperfektionen bzw. das Ersatzmodell können auch auf Basis einer Eigenform gebildet werden, die mit dem Modul RF-DYNAM ermittelt wurde. Die Nutzung von Eigenschwingungen ist jedoch an die Voraussetzung gebunden, dass das Modul RF-DYNAM Basis lizenziert ist.

In der Liste *Fall* ist der maßgebende RF-DYNAM-Analysefall festzulegen. Welche Eigenschwingung zur Erzeugung der Imperfektionen herangezogen werden soll, kann dann im Eingabefeld *Nr.* eingestellt werden.



Falls die RFEM-, RF-STABIL- oder RF-DYNAM-Ergebnisse noch nicht vorliegen, berechnet RF-IMP die relevanten Verformungen, Knick- und Beulfiguren oder Eigenschwingungen automatisch bei der Generierung der Imperfektionen.

Generierungsart

Die Imperfektionen lassen sich auf zwei völlig verschiedene Arten erzeugen. Je nach Auswahl werden bestimmte Bereiche in Maske 1.1 *Basisangaben* aktiviert.

Ersatzimperfektionen von Stäben für RFEM-Tabelle 3.13

Es werden Ersatzimperfektionen für Stäbe oder Stabsätze gemäß DIN 18800 oder Eurocode erzeugt, die einem Lastfall zuzuordnen sind. Dieser Lastfall kann dann in einer Lastkombination berücksichtigt werden.

Bei dieser Generierungsart sind weitere Angaben in den Abschnitten *Generierter Imperfektionslastfall* und *Optionen* sowie in Maske 1.2 *Imperfektionen* erforderlich.

Vorverformtes Ersatzmodell

Alternativ werden die normierten Verformungen aus RFEM, RF-STABIL oder RF-DYNAM auf die *maximale Ordinate der Vorverformung* skaliert, die im Eingabefeld festzulegen ist. Damit sind keine weiteren Eingaben erforderlich. Es stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl:

- **Generierung des vorverformten FE-Netzes**

Für jeden FE-Knoten wird eine Verformung ermittelt, die zwischen null und der maximalen Ordinate liegt. In RFEM kann dann bei den Berechnungsparametern einer Lastkombination ein RF-IMP-Fall zugeordnet werden (siehe [Kapitel 3.3.2, Seite 18](#)). Bei der Berechnung dieser Lastkombination nach Theorie II. oder III. Ordnung wird das FE-Netz dem RF-IMP-Fall entsprechend verformt. Die Modelldaten von RFEM (Knotenkoordinaten) bleiben unverändert.

- **Generierung der vorverformten Modells durch Verschieben von Knoten**

Die Knotenkoordinaten der RFEM-Tabelle 1.1 werden entsprechend der vorgegebenen Verformung verschoben. Bei dieser Generierungsart kann für jedes Modell nur eine einzige Imperfektionsform berücksichtigt werden: Die Knoten lassen sich nur ein einziges Mal verschieben.



Vorverformte Ersatzmodelle eignen sich vor allem für Flächen- und Schalenstrukturen.

Generierter Imperfektionslastfall

Dieser Abschnitt ist nur bei der Generierungsart *Ersatzimperfektionen von Stäben* zugänglich.

Die *LF Nr.* legt fest, in welchen Lastfall die Imperfektionen nach der Generierung exportiert werden. Die erste freie Lastfallnummer ist voreingestellt. Die *Lastfall-Bezeichnung* kann direkt eingetragen oder aus der Liste ausgewählt werden.

Der Export des Lastfalls nach RFEM ist durch eine separate Abfrage geregelt (siehe [Kapitel 3.3, Seite 17](#)).

Optionen

Dieser Abschnitt ist nur bei der Generierungsart *Ersatzimperfektionen von Stäben* zugänglich.

Die Imperfektionen können in *Maßgebender Richtung* oder in *Beiden lokalen Richtungen* berechnet werden. Bei der ersten Option (Standard) setzt RF-IMP die Imperfektion nur in einer Richtung an – also entweder in Richtung der lokalen Stabachse *y* oder *z*. Die Toleranz (siehe [Kapitel 3.1, Seite 11](#)) entscheidet, wann eine Verformung bzw. Auslenkung einer Eigenform „maßgebend“ wird.

Details...

Über die Schaltfläche [Details] können die Toleranzvorgaben überprüft werden, die auch bei der Generierung für beide lokale Richtungen gültig sind.

Wird im Abschnitt *Generierter Imperfektionslastfall* die Nummer eines bereits vorhandenen Lastfalls eingestellt, so werden zwei zusätzliche Kontrollfelder zugänglich. Damit lässt sich steuern, ob RF-IMP den vorhandenen Lastfall *Überschreiben* oder die generierten Imperfektionen zu den bestehenden Lasten *Hinzufügen* soll.

Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, die z. B. die im aktuellen RF-IMP-Generierungsfall angesetzten Parameter erläuternd beschreibt.

2.2 Imperfektionen

Die zweite Eingabemaske wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* die Generierung von *Ersatzimperfektionen von Stäben für RFEM-Tabelle 3.13* vorgegeben wurde.

Die Maske besteht aus zwei Tabellen: Die obere Tabelle 1.2.1 *Ersatzimperfektionen generieren von Stäben* verwaltet die für die Generierung relevanten Stäbe, die untere Tabelle 1.2.2 *Ersatzimperfektionen generieren von Stabsätzen* die zu berücksichtigenden Stabszüge (Stabgruppen sind für Imperfektionen nicht geeignet).

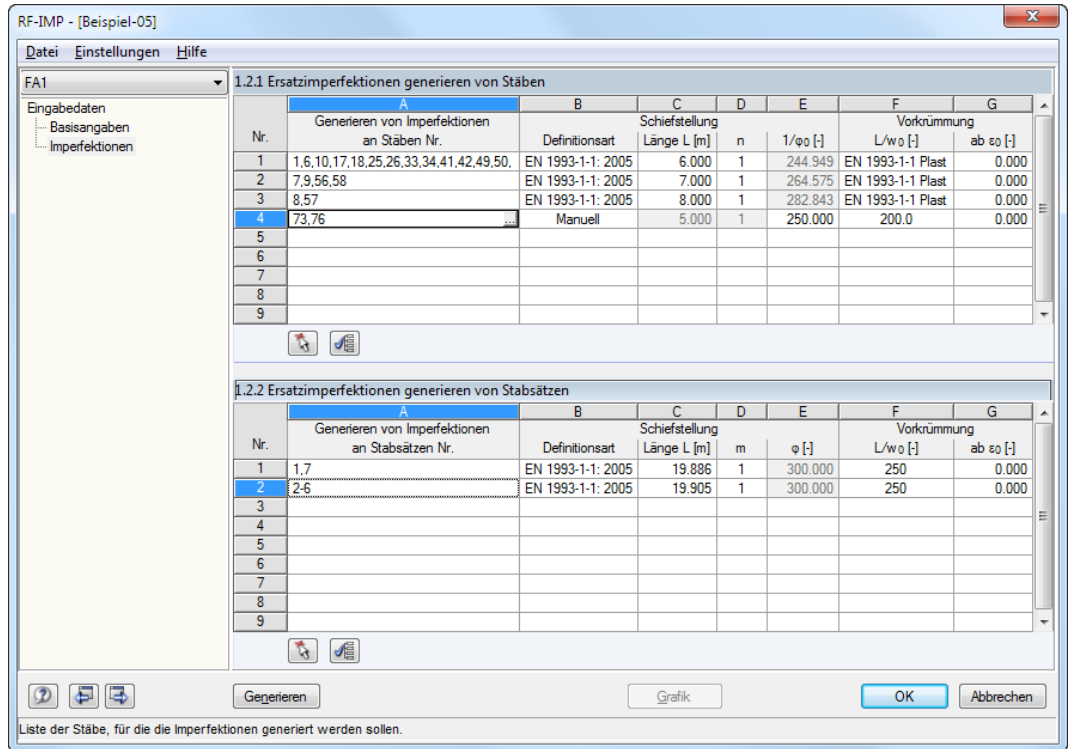


Bild 2.2: Maske 1.2 Imperfektionen

Beide Tabellen bieten die gleichen Eingabemöglichkeiten. Die Angaben in Maske 1.2.1 gelten für Einzelstäbe, die der Maske 1.2.2 für Stabsätze. Sie werden hier gemeinsam beschrieben.

Die Eingaben können über die üblichen Tastaturfunktionen editiert werden, z. B. Löschen der aktuellen Zeile mit [Strg]+[Y] (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 3.4.8). Auch das Kontextmenü, das mit einem Rechtsklick in eine Zeile aufgerufen werden kann, bietet wichtige Bearbeitungsfunktionen (siehe Bild links).

Die Einheiten und Nachkommastellen der Längen und Lasten lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe Kapitel 4.2, Seite 22).

Ersatzimperfektionen generieren von Stäben / Stabsätzen

In Spalte A sind die Nummern der relevanten Stäbe bzw. Stabsätze anzugeben.



In RFEM müssen bereits Stabsätze definiert sein; in RF-IMP lassen sich keine Stabsätze erstellen.

Mit den -Schaltflächen können Stäbe und Stabsätze grafisch im RFEM-Arbeitsfenster ausgewählt werden. Alternativ klicken Sie in das Eingabefeld, um die Schaltfläche zu aktivieren (siehe Bild 2.2), die ebenfalls den Wechsel in die Grafik ermöglicht.

Nach dem Anklicken von Stäben oder Stabsätzen im RFEM-Arbeitsfenster werden deren Nummern in den Dialog *Mehrfachauswahl* übernommen. Ein versehentlich ausgewählter Stab lässt sich durch erneutes Anklicken wieder aus der Liste entfernen. Mit [OK] erfolgt die Rückkehr zu RF-IMP. Dabei werden die Nummern der ausgewählten Objekte übernommen.

	Rückgängig	Strg+Z
	Ausschneiden	Strg+X
	Kopieren	Strg+C
	Einfügen	Strg+V
	Zeile kopieren	Strg+2
	Zeile leeren	Strg+Y
	Auswählen...	F7



Mit den Schaltflächen [Alle voreinstellen] lassen sich alle Stäbe bzw. Stabsätze für die Generierung auswählen und deren Nummern und Längen in die Tabellen übernehmen.



Bei Stabsätzen spielen die Nummerierungen und Richtungen der enthaltenen Stäbe keine Rolle. Alle Stäbe im Stabsatz müssen jedoch die gleiche Stabdrehung aufweisen.

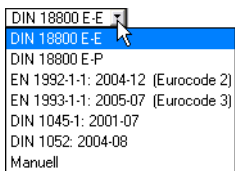
Schiefstellung

In den Spalten B bis E sind die Parameter für die Eingabe der Schiefstellung anzugeben. Es sind folgende Definitionsarten möglich:

- DIN 18800 E-E (Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch)
- DIN 18800 E-P (Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch)
- EN 1992-1-1: 2004-12 (Eurocode 2)
- EN 1993-1-1: 2005-07 (Eurocode 3)
- DIN 1045-1: 2001-07
- DIN 1052: 2004-08
- Manuell

Definitionsart

Spalte B bietet die Möglichkeit, eine der oben genannten Normen auszuwählen. Mit einem Klick in das Eingabefeld wird die Schaltfläche zugänglich, über die die geeignete Vorgabe in der Liste ausgewählt werden kann. Die Funktionstaste [F7] ruft die Liste ebenfalls auf.



Bei DIN- und Eurocode-Normen wird die Schiefstellung $1/\varphi_0$ automatisch in Spalte E eingetragen.

Länge L

Die Länge L stellt die Systemlänge des imperfekten Stabes dar. Diese wird in [Gleichung 2](#) berücksichtigt (siehe unten).

In Spalte C sind die Stablängen voreingestellt. Sie können bei Bedarf angepasst werden. Mit einem Klick in das Eingabefeld wird die Schaltfläche zugänglich, die einen Wechsel in das RFEM-Arbeitsfenster zur grafischen Bestimmung der Länge ermöglicht.

n bzw. m

n bzw. m repräsentiert die Anzahl der zu berücksichtigenden voneinander unabhängigen Ursachen für die Schiefstellungen von Stäben bzw. Stabsätzen. Zur Veranschaulichung sei auf Bild 5.2 in EN 1993-1-1, Absatz 5.3.2 verwiesen. In der Regel darf für n die Anzahl der Stiele des Rahmens je Stockwerk in der betrachteten Rahmenebene eingesetzt werden.

$1/\varphi_0$ bzw. φ

Falls in Spalte B die Definitionsart *Manuell* gewählt wurde, kann hier der Wert der Schiefstellung direkt eingetragen werden. Die beiden Spalten *Länge L* und n sind dann inaktiv.

Wird die Vorverdrehung (Schiefstellung) automatisch nach einer der beiden Definitionsarten gemäß **DIN 18800** ermittelt, beträgt diese in der Regel für einteilige Stäbe:

$$\varphi_0 = \frac{1}{200} \cdot r_1 \cdot r_2 \tag{1}$$

Die Grundlage dieses Ansatzes stellt das Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch* dar. Die beiden Reduktionsfaktoren r_1 und r_2 ermitteln sich wie folgt.

$$r_1 = \sqrt{\frac{5}{L}} \tag{2}$$

mit L : Systemlänge des Stabes bzw. Stabsatzes

Gleichung 2 gilt nur für Längen $\geq 5,00$ m. Für $L < 5,00$ m wird r_1 zu eins gesetzt.

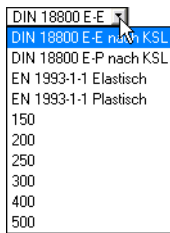
$$r_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \right) \quad (3)$$

mit n : Anzahl der voneinander unabhängigen Ursachen für Schiefstellungen

Wird das Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* gewählt, so verläuft die Ermittlung der Schiefstellungen nach dem gleichen Schema. Da der Spannungsnachweis jedoch wie z. B. im Modul RF-STAHL auf Basis des Verfahrens *Elastisch-Elastisch* geführt wird, darf die Vorverdrehung gemäß DIN 18800 Teil 2, El. (201) auf 2/3 des Grundwertes abgemindert werden (also $\varphi_0 = 1/300$). Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die plastische Querschnittsreserve nicht ausgenutzt wird.

Vorkrümmung L/w_0

In den Spalten F und G sind die Parameter für die Eingabe der Vorkrümmung festzulegen. Es sind mehrere Definitionsarten nach DIN 18800 und Eurocode möglich. Mit einem Klick in das Eingabefeld wird die Schaltfläche zugänglich, über die dann die geeignete Vorgabe ausgewählt werden kann. Die Funktionstaste [F7] ruft die Liste ebenfalls auf.



Die Liste enthält die nach den Normen üblichen Werte der Vorkrümmung sowie jeweils zwei Optionen für *DIN 18800 nach KSL* (Knickspannungslinie) und *EN 1993-1-1*. Die Vorkrümmungen je nach Knickspannungslinie sind in DIN 18800 Teil 2, Absatz 2.2 beschrieben. Nach EN 1993-1-1 ermittelt sich die Vorkrümmung nach Absatz 5.3.2(3), Tabelle 5.1 ebenfalls in Abhängigkeit von der Knicklinie des Querschnitts.

Knicklinie	Vorkrümmung $e_{0,d}/L$	Vorkrümmung $e_{0,d}/L$
a_0	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100

Tabelle 2.1: Empfohlene Werte der Vorkrümmung $e_{0,d}/L$ nach EN 1993-1-1, Tabelle 5.1

Die Zuordnung der Knicklinien a_0 bis d zu den Querschnittstypen erfolgt gemäß EN 1993-1-1, Tabelle 6.2.

Querschnitt	Begrenzungen	Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knicklinie	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
gewalzte I-Querschnitte 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y	a
			z-z	a ₀
	$h/b \leq 1,2$	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y	b
			z-z	a
	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y	b	
		z-z	a	
	$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y	d	
		z-z	c	
Geschweißte I-Querschnitte 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y	b	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	z-z	c	
Hohlquerschnitte 	warmgefertigte	jede	a	
	kaltgefertigte	jede	c	
Geschweißte Kastenquerschnitte 	allgemein (außer den Fällen der nächsten Zeile)	jede	b	
	dicke Schweißnähte: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	jede	c	
U-, T- und Vollquerschnitte 		jede	c	
L-Querschnitte 		jede	b	

Bild 2.3: Zuordnung der Querschnitte zu Knicklinien nach EN 1993-1-1, Tabelle 6.2

ab ϵ_0

In der letzten Spalte ist der Wert der Stabkennzahl ϵ anzugeben, ab der die Vorkrümmung zusätzlich zur Schiefstellung berücksichtigt werden soll. Nach DIN 18800 Teil 2, El. (207) ist die Vorkrümmung erst ab einer Stabkennzahl $\epsilon_0 = 1,6$ relevant. In EN 1993-1-1, Absatz 5.3.2(6) ist diese Vorgabe in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ geregelt. Es sind auch benutzerdefinierte Einträge oder die Auswahl über die Schaltfläche im Eingabefeld möglich.

Die Stabkennzahlen der Stäbe und Stabsätze werden zunächst in der RFEM-Berechnung nach Theorie II. Ordnung ermittelt. Sind sie größer als die in Spalte G festgelegten Werte ϵ_0 , dann werden die Vorkrümmungen bei der Generierung der Imperfektionen berücksichtigt.

3 Generierung

Dieses Kapitel beschreibt, wie die Imperfektionen als Ersatzlasten bzw. als vorverformtes Ersatzmodell erzeugt und wie diese Ergebnisse für RFEM bereitgestellt werden können.

3.1 Start der Generierung

Details...

Vor der Generierung von Ersatzimperfektionen empfiehlt es sich, die Toleranzvorgaben für RF-IMP zu überprüfen. Diese sind in Maske 1.1 *Basisangaben* über die Schaltfläche [Details] zugänglich, die den folgenden Dialog aufruft:

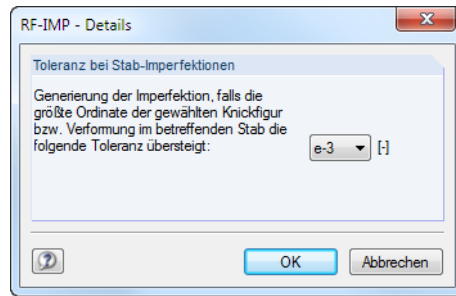
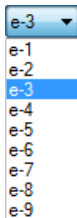


Bild 3.1: Dialog RF-IMP - Details



Auf die Generierung vorverformter Ersatzmodelle hat dieser Dialog keinen Einfluss.

Über die *Toleranz* lässt sich steuern, ab welcher Ordinate der gewählten Verformung oder Knickfigur Imperfektionen erzeugt werden: Sehr kleine Ausschläge in der Verformungs- oder Knickfigur werden nicht berücksichtigt, wenn sie unter dem eingestellten Wert liegen. Stäbe und Stabsätze mit Ordinaten unterhalb dieser Toleranz erhalten dann keine Imperfektionen.



Der Wert der Toleranz lässt sich über die Schaltfläche in der Liste festlegen. Es sind Werte von *e-1* bis *e-9* möglich. Hierbei entspricht *e-1* einer Rundung auf eine Nachkommastelle; mit der Einstellung *e-9* werden neun Nachkommastellen berücksichtigt.

RF-IMP untersucht die normierten Knotenwerte der Verformungs- bzw. Knickfigur. Die Maximalwerte werden dabei auf ,1' normiert. Würde z. B. die maximale Verformung eines Modells 10 cm betragen und diese so dem normierten Wert 1 entsprechen, ergäbe eine Auslenkung von 0,08 cm den normierten Wert von 0,008. Bei einer Toleranz von *e-3* (damit Rundungslimit von drei Nachkommastellen: 0,005) würde RF-IMP eine Ersatzimperfektion für diesen Stab ansetzen, da der normierte Wert über der Schranke liegt. Bei einer Toleranz von *e-2* bliebe die Imperfektion für diesen Stab unberücksichtigt, da dessen normierte Verformung kleiner wäre als die Toleranz mit zwei Nachkommastellen von 0,05.

Falls RF-IMP aufgrund der Toleranzvorgabe keine Stabimperfektionen bilden kann, wird bei der Generierung eine entsprechende Meldung ausgegeben.

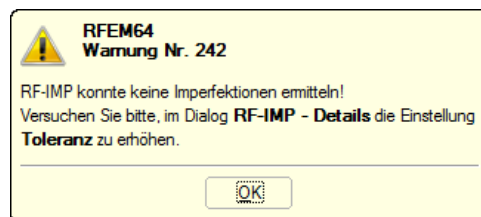


Bild 3.2: Warnung bei zu geringer Toleranz

Die *Toleranz* lässt sich – wie oben beschrieben – durch die Berücksichtigung mehrerer Nachkommastellen erhöhen.

Generieren

In jeder der beiden RF-IMP-Masken steht die Schaltfläche [Generieren] zur Verfügung, mit der die Lastfalldaten bzw. das Ersatzmodell für RFEM erzeugt werden können.

Die Generierung kann auch in der RFEM-Oberfläche gestartet werden. Im Dialog *Zu berechnen* (Menü *Berechnung* → *Zu berechnen*) sind die Generierungsfälle der Zusatzmodule wie Lastfälle oder Lastkombinationen aufgelistet.

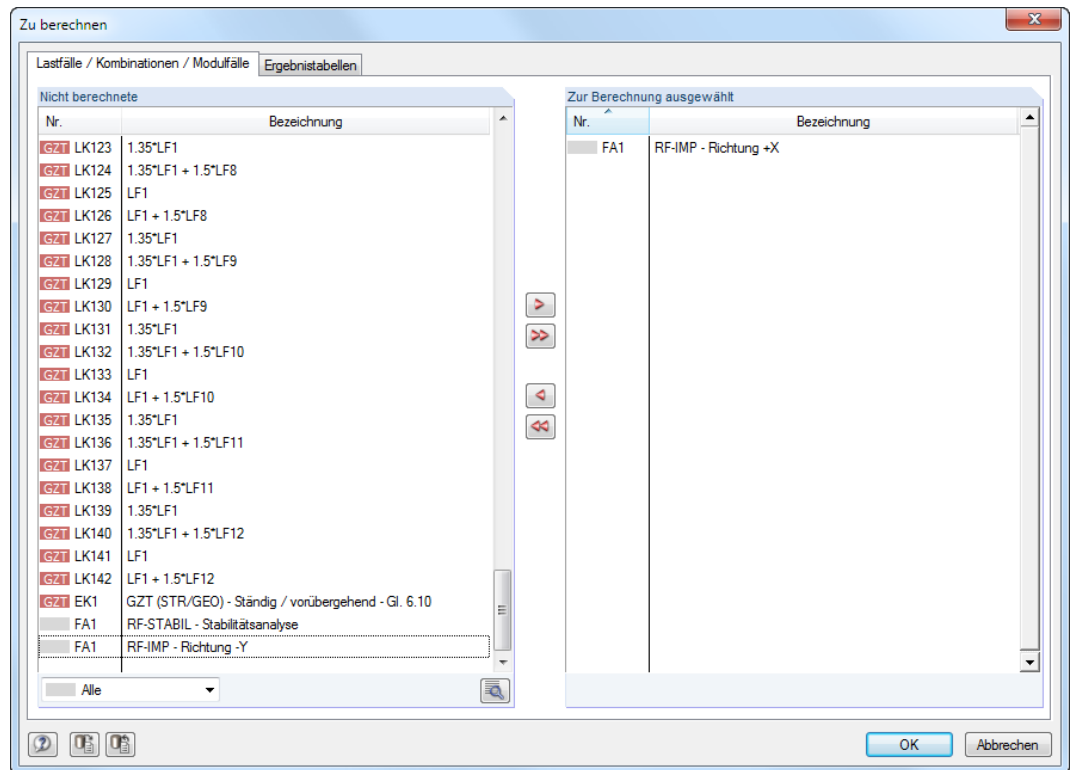
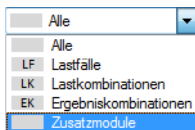


Bild 3.3: Dialog *Zu berechnen*



Falls die RF-IMP-Generierungsfälle in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, ist die Selektion am Ende der Liste auf *Alle* oder *Zusatzmodule* zu ändern.

Mit der Schaltfläche werden die selektierten RF-IMP-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.



Ein Bemessungsfall kann auch über die Liste der Symbolleiste direkt berechnet werden: Stellen Sie den RF-IMP-Fall ein und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse anzeigen] an.



Bild 3.4: Direkte Berechnung eines RF-IMP-Generierungsfalls in RFEM

Nach der erfolgreichen Generierung erscheint die im Bild 3.7 dargestellte Maske 2.1 *Ersatzimperfektionen* mit den Imperfektionen der Stäbe und Stabsätze bzw. die im Bild 3.10 gezeigte Maske 2.1 *Vorverformtes Ersatzmodell* mit den verschobenen FE-Netzknoten.

Beim Generieren des Ersatzmodells durch Verschieben der RFEM-Knoten erscheint in der Regel folgende Meldung:

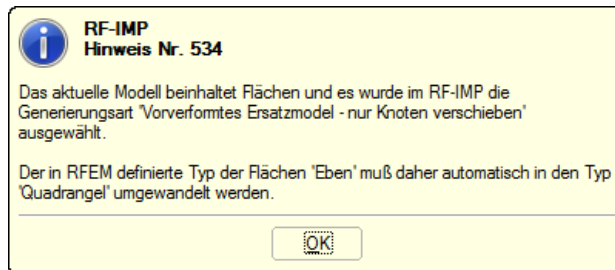


Bild 3.5: Hinweis bei ebenen Flächen im Modell

Die ebenen Flächen müssen in Quadrangelflächen umgewandelt werden, damit die Begrenzungslinien der Flächen an den Verlauf der Verformungs- oder Knickfigur angepasst werden können. Nach [OK] führt RFEM die Transformation durch und erzeugt das Ersatzmodell.

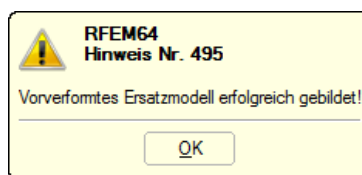


Bild 3.6: Meldung nach Generierung des Ersatzmodells durch Verschieben von Knoten

Die Generierung der Imperfektionen bzw. des Ersatzmodells ist damit abgeschlossen. Falls mehrere RF-IMP-Fälle definiert wurden, ist die Generierung für jeden RF-IMP-Fall gesondert durchzuführen.

Beim Erzeugen eines Ersatzmodells auf Basis bereits berechneter Verformungen werden die Ergebnisse gelöscht, da die Verformungen nicht mehr für das Ersatzmodell gültig sind.



Bei der Berechnung über das RFEM-Menü *Berechnung* → *Alles berechnen* werden auch alle RF-IMP-Fälle mit den Generierungsarten *Ersatzimperfektionen von Stäben für RFEM-Tabelle 3.13* und *Ersatzmodell durch Generierung des vorverformten FE-Netzes* berechnet. Die erzeugten Imperfektionen werden aber nicht automatisch als Lastfälle nach RFEM exportiert: Dieser Schritt muss im Modul RF-IMP manuell erfolgen (siehe [Kapitel 3.3](#)). RF-IMP-Fälle mit der Generierungsart *Ersatzmodell durch Verschieben von Knoten* werden bei der Gesamtberechnung ausgeklammert: Es müssten alle Ergebnisse wieder gelöscht werden, da ja RF-IMP ein verändertes Ausgangsmodell erzeugt – die Berechnung wäre kurzgeschlossen.

3.2 Generierte Imperfektionen

Die Ausgabe der Generierungsergebnisse erfolgt in unterschiedlicher Form für die generierten *Ersatzimperfektionen* und die erzeugten *Ersatzmodelle*.

3.2.1 Ersatzimperfektionen

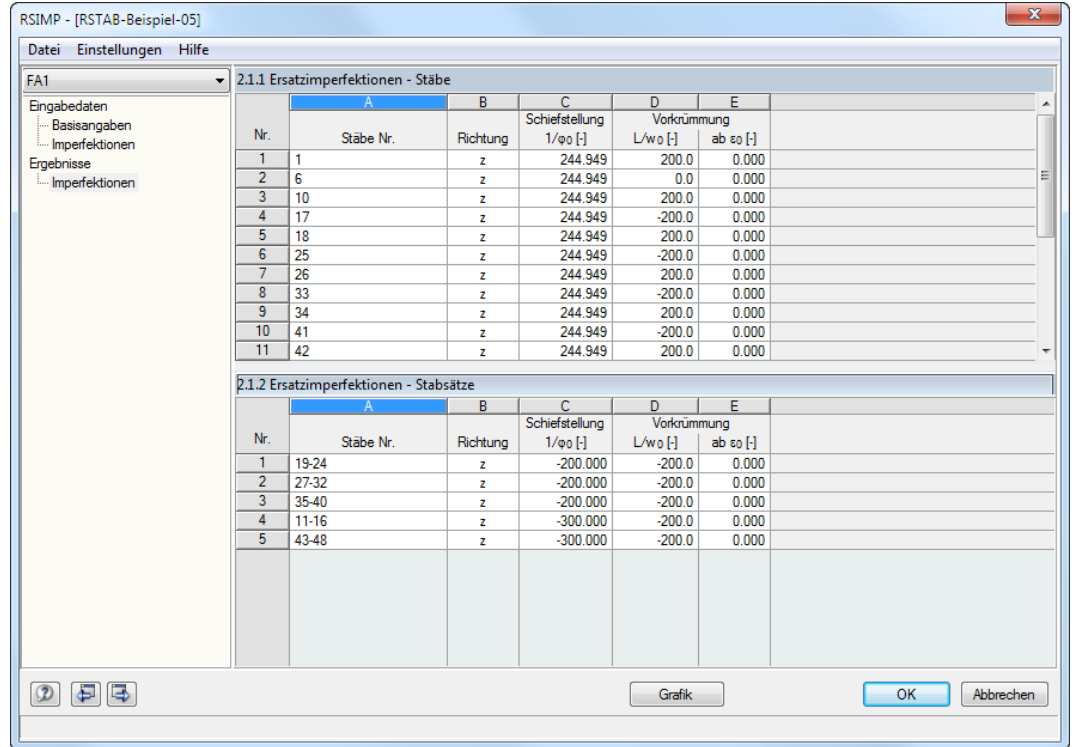


Bild 3.7: Maske 2.1 Ersatzimperfektionen

Nach der Generierung erscheint die zweigeteilte Maske 2.1 *Ersatzimperfektionen*. In den beiden Tabellen sind die *Stäbe* und *Stabsätze* mit den generierten Imperfektionen aufgelistet. Die *Richtung* bezieht sich jeweils auf die lokalen Stabachsen y oder z, für die die Schiefstellungen und Vorkrümmungen gelten.

Grafik

Über die Schaltfläche [Grafik] können die Imperfektionen grafisch im RFEM-Arbeitsfenster überprüft werden. Die Grafik zeigt, ob an allen knickgefährdeten Stäben und Stabsätzen Imperfektionen erzeugt wurden (siehe Bild 3.8).

RF-IMP FA1

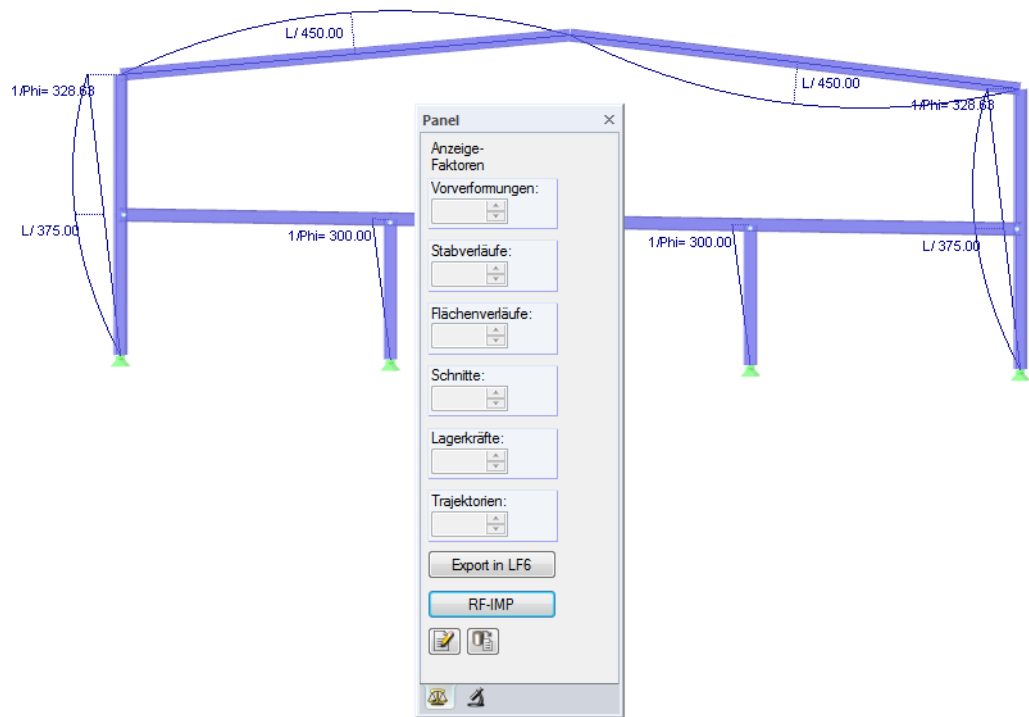


Bild 3.8: RFEM-Grafik der generierten Ersatzimperfectionen

Die lokalen Stabachsen lassen sich über das Stab-Kontextmenü oder im *Zeigen-Navigator* einblenden.

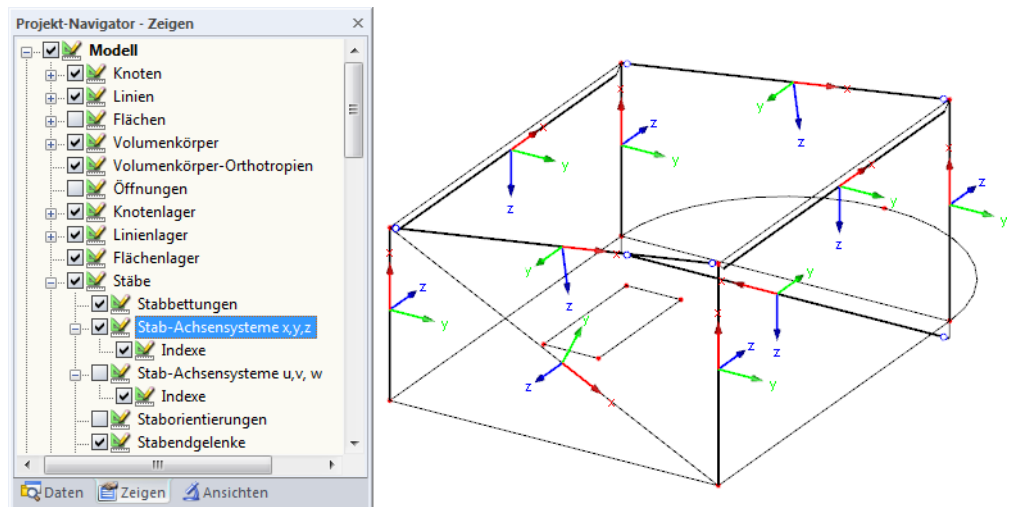


Bild 3.9: Aktivieren der Stabachsensysteme im Zeigen-Navigator

RF-IMP

Über die Schaltfläche [RF-IMP] im Panel erfolgt die Rückkehr ins Modul RF-IMP. Dort können ggf. die Eingaben geändert werden, um eine neue Generierung zu starten.

3.2.2 Ersatzmodell

Vorverformtes FE-Netz

Bei der Option *Generierung des vorverformten FE-Netzes* erscheint nach der Generierung die zweiteilige Maske 2.1 *Vorverformtes Ersatzmodell*. In den beiden Tabellen sind die Verschiebungen der FE-Knoten für die einzelnen *Flächen* und *Stäbe* aufgelistet. Die *Vorverformungen* beziehen sich auf das globale XYZ-Koordinatensystem.

Fläche Nr.	FE-Netz Punkt	FE-Netz-Punkt-Koordinaten [m]			Ersatzstruktur-Vorverformungen [mm]		
		X	Y	Z	v _x	v _y	v _z
1	1	-22.680	13.750	0.000	0.0	-9.1	-1.4
	4	-17.500	13.750	0.000	0.0	-9.4	-0.9
	16	7.500	13.750	-3.700	-0.1	-22.4	-0.3
	17	-17.500	13.750	-3.700	0.2	-15.9	-0.9
	19	-17.500	13.750	-1.850	0.1	-12.2	-0.9
	20	-22.680	13.750	-3.700	0.2	-9.5	-1.3
	21	22.680	13.750	-3.700	-0.2	-9.5	-1.3
	22	22.680	13.750	0.000	0.0	-9.1	-1.4
	73	-12.500	13.750	-3.700	0.2	-20.0	-0.6
	110	-12.500	13.750	0.000	0.0	-9.7	-0.6
	124	-7.500	13.750	-3.700	0.1	-22.4	-0.3

Stab Nr.	Stelle x [m]	Ersatzstruktur-Vorverformungen [mm]		
		v _x	v _y	v _z
4	0.000	0.1	-32.6	-0.9
	2.750	0.0	-32.6	-0.7
5	0.000	0.0	-32.6	-0.7
	2.750	0.0	-32.6	-0.5
6	0.000	0.0	-32.6	-0.5
	1.375	0.0	-32.6	-0.4
	2.750	0.0	-32.6	-0.3
7	0.000	0.0	-32.6	-0.3
	2.750	0.0	-32.6	-0.1
8	0.000	0.0	-32.6	-0.1
	2.750	0.0	-32.6	0.0

Bild 3.10: Maske 2.1 *Vorverformtes Ersatzmodell*

Im [Kapitel 5](#) auf [Seite 24](#) ist ein Beispiel mit der Erzeugung eines Ersatzmodells vorgestellt.

Vorverformtes Modell

Nach der Generierung des vorverformten Ersatzmodells erscheint meist die im [Bild 3.5](#) dargestellte Meldung. Nach [OK] wandelt RFEM die ebenen Flächen in Quadrangelflächen um und erzeugt das Ersatzmodell. Damit ist Generierung abgeschlossen.

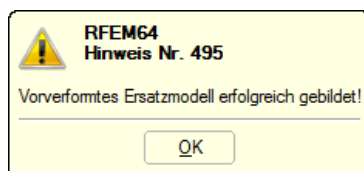


Bild 3.11: Meldung nach Generierung des Ersatzmodells durch Verschieben von Knoten



Im Ersatzmodell werden die Knotenkoordinaten angepasst. Um dies z. B. in RFEM-Maske 1.1 *Knoten* zu überprüfen, ist das Modul RF-IMP mit [OK] oder [Abbrechen] zu beenden.

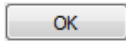


In den Stab- und Flächenmitten werden keine Anpassungen vorgenommen, da nur die Koordinaten der RFEM-Knoten geändert werden.

3.3 Export der Imperfektionen

Dieses Kapitel beschreibt, wie die generierten *Ersatzimperfektionen von Stäben* als Lastfall nach RFEM exportiert werden können und wie sich die *Generierung des vorverformten FE-Netzes* in den RFEM-Lastkombinationen nutzen lässt.

3.3.1 Ersatzimperfektionen



Klicken Sie [OK], um die generierten Imperfektionen nach RFEM zu übergeben. Es erscheint folgender Dialog:

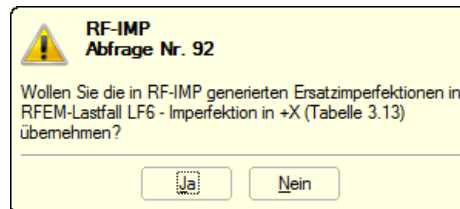
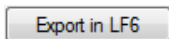


Bild 3.12: Abfrage vor Export der Lastfalldaten



Wie das [Bild 3.8](#) zeigt, besteht auch in der grafischen Oberfläche von RFEM eine Exportmöglichkeit. Die Panel-Schaltfläche [Export in LF] aktiviert ebenfalls den oben dargestellten Dialog.

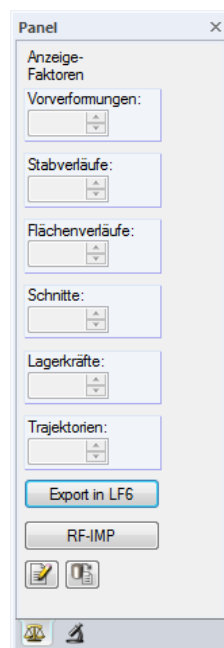


Bild 3.13: Panel mit *Export*-Schaltfläche

Die Imperfektionen werden nach der Übergabe in die RFEM-Tabelle 3.13 eingetragen. Sie können dort bei Bedarf angepasst oder ergänzt werden.

3.3.2 Vorverformtes FE-Netz

Die Verschiebungen der FE-Knoten werden intern abgespeichert. Sie brauchen daher nicht exportiert werden.

Das vorverformte FE-Netz kann in RFEM für die Berechnung einer Lastkombination angesetzt werden: Rufen Sie in RFEM den Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* auf und wählen im Register *Lastkombinationen* die relevante(n) Lastkombination(en) aus. Im Unter-Register *Berechnungsparameter* haken Sie dann das Kontrollfeld **Zusatzoptionen** an.

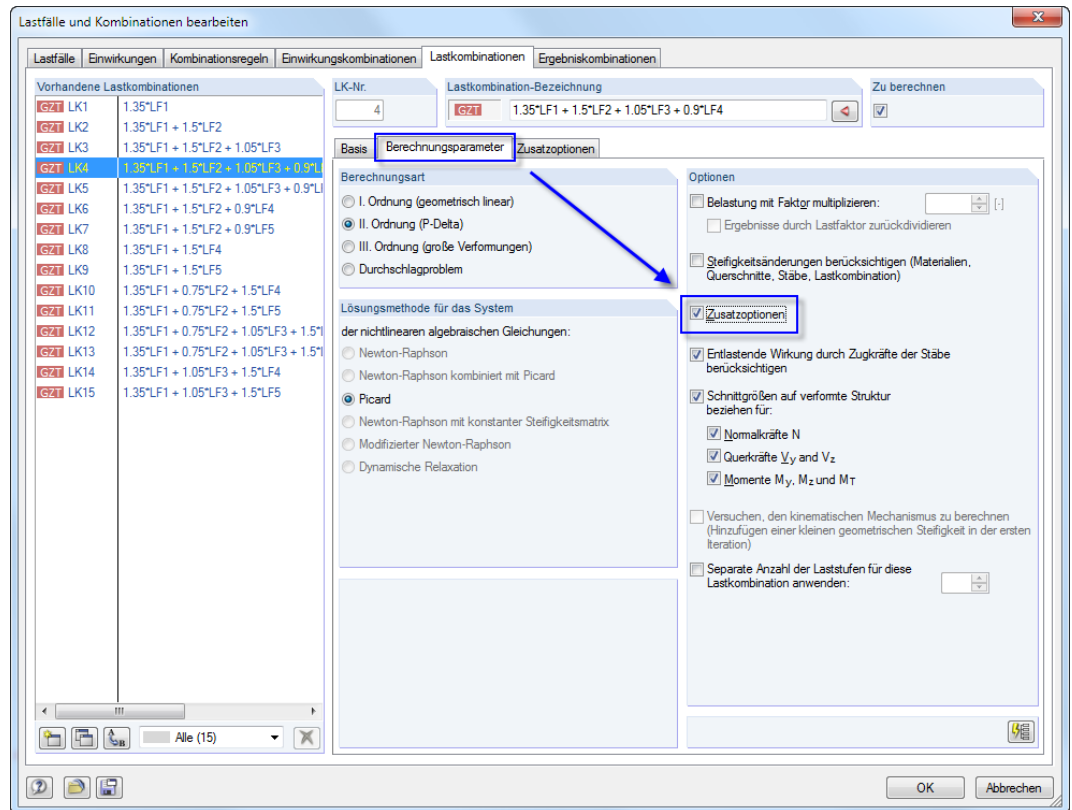


Bild 3.14: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Berechnungsparameter*

Damit wird das Register *Zusatzoptionen* zugänglich. Haken Sie dort das Kontrollfeld **Generierte Imperfektionen aus dem Zusatzmodul RF-IMP aktivieren** an. In der Liste können Sie dann den maßgebenden RF-IMP-Fall auswählen (siehe Bild 3.15).

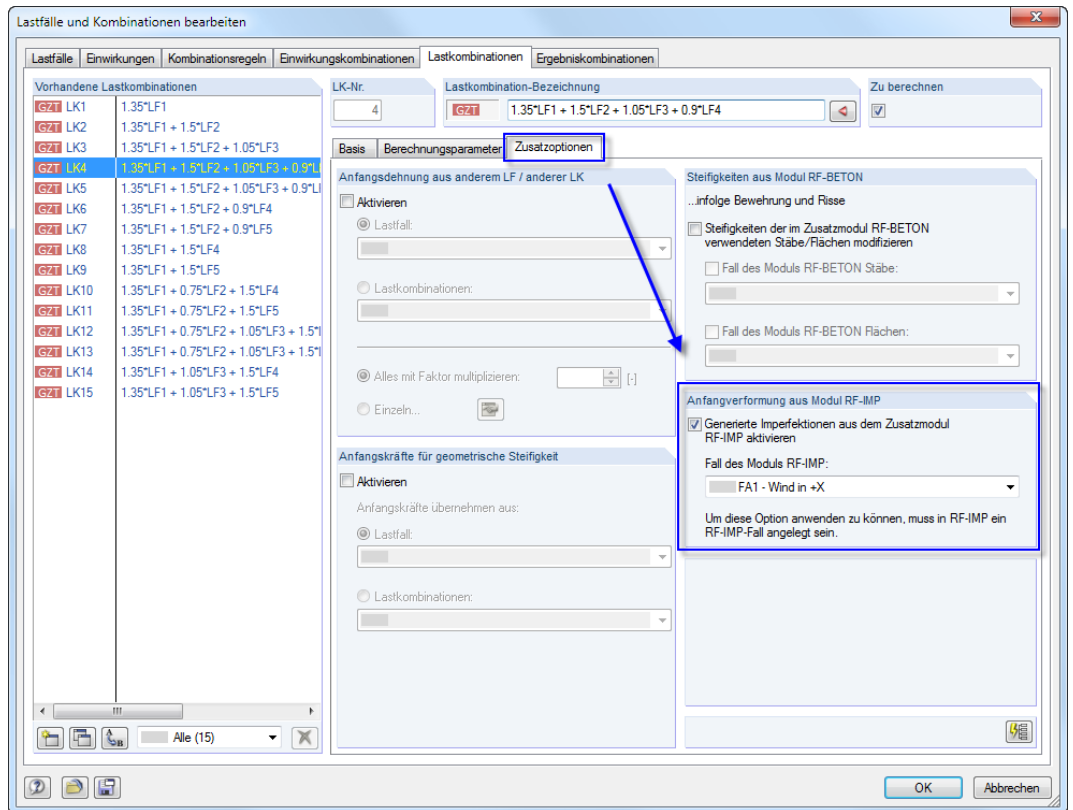


Bild 3.15: Zuordnen eines RF-IMP-Falls im Register *Zusatzoptionen*

So lassen sich die Vorverformungen von RF-IMP-Fällen bestimmten Lastkombinationen zuweisen. Dies hat den Vorteil, dass die Modelldaten nicht verändert werden. Damit können verschiedene Ersatzmodelle in einem einzigen RFEM-Modell erfasst werden.



Im Kapitel 7.3.1.3 des RFEM-Handbuchs ist das Dialogregister *Zusatzoptionen* ausführlich beschrieben.

Das Beispiel im [Kapitel 5](#) zeigt, wie das verformte FE-Netz eines Ersatzmodells bei einer Lastkombination in RFEM berücksichtigt wird.

4 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel stellt die Menüfunktionen und weitere Exportmöglichkeiten für die Generierungsfälle vor.

4.1 RF-IMP-Generierungsfälle

Generierungsfälle ermöglichen es, die Generierungsparameter oder Stäbe und Stabsätze nach bestimmten Vorgaben zu organisieren. Damit können bestimmte Stäbe, Lastfälle oder Knickfiguren in verschiedenen RF-IMP-Fällen gruppiert werden, um spezifische Imperfektionen zu erzeugen. Für manche Stäbe und Flächen können Imperfektionen maßgebend sein, die von bestimmten Belastungen oder Knick- bzw. Beulfiguren abhängen. Gemäß Stand der Technik sind diese Imperfektionen auch in separaten Lastfällen zu berücksichtigen.



Bei mehreren Generierungsfällen sollten Sie auf die Nummern der Ziel-Lastfälle achten, damit bestehende Lastfälle nicht versehentlich überschrieben werden.

Neuen RF-IMP-Fall anlegen

Ein neuer Generierungsfall wird angelegt über das RF-IMP-Menü

Datei → **Neuer Fall**.

Es erscheint folgender Dialog.

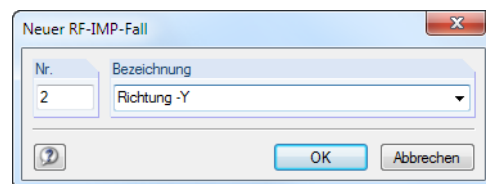


Bild 4.1: Dialog *Neuer RF-IMP - Fall*

In diesem Dialog ist eine (noch freie) *Nummer* für den neuen Generierungsfall anzugeben. Die *Bezeichnung* erleichtert die Auswahl in der Lastfall-Liste.

Nach [OK] erscheint die RF-IMP-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der Parameter.

RF-IMP-Fall umbenennen

Die Bezeichnung eines Generierungsfalls wird geändert über das RF-IMP-Menü

Datei → **Fall umbenennen**.

Es erscheint folgender Dialog.

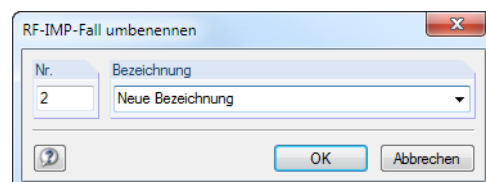


Bild 4.2: Dialog *RF-IMP-Fall umbenennen*

Hier kann nicht nur eine andere *Bezeichnung*, sondern auch eine andere *Nummer* für den Generierungsfall festgelegt werden.

RF-IMP-Fall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Generierungsfalls werden kopiert über das RF-IMP-Menü

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

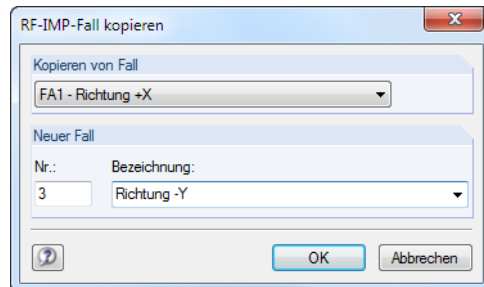


Bild 4.3: Dialog *RF-IMP-Fall kopieren*

Es ist die *Nummer* und ggf. eine *Bezeichnung* für den neuen Generierungsfall festzulegen.

RF-IMP-Fall löschen

Generierungsfälle lassen sich wieder löschen über das RF-IMP-Menü

Datei → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

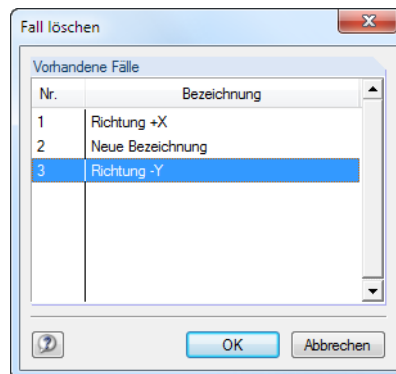


Bild 4.4: Dialog *Fall löschen*

Der Generierungsfall kann in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Mit [OK] erfolgt der Löschvorgang.

4.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-IMP ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über Menü

Einstellungen → **Einheiten und Dezimalstellen**.

Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist RF-IMP voreingestellt.

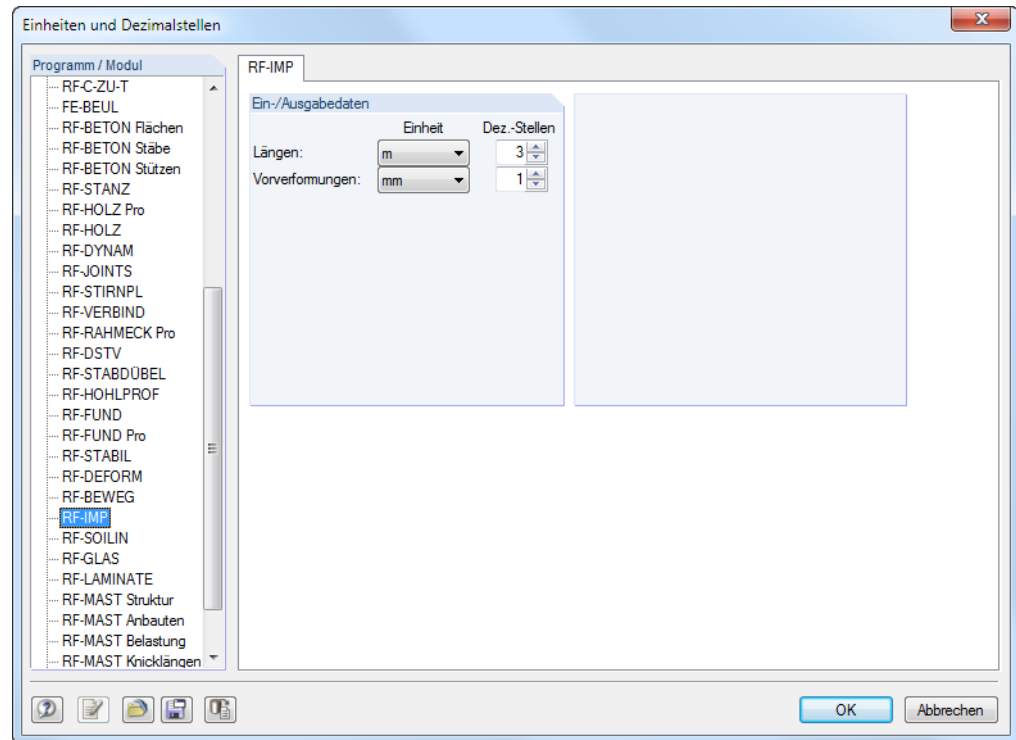


Bild 4.5: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

4.3 Export der Daten

Der Datenexport der generierten Ersatzimperfectionen vollzieht sich primär in Richtung des Hauptprogramms RFEM: Dort wird ein Imperfectionslastfall erzeugt, der bei Bedarf angepasst oder ergänzt werden kann (siehe [Kapitel 3.3, Seite 17](#)). Mit Einschränkungen lassen sich die Daten von RF-IMP auch für andere Programme aufbereiten.

Zwischenablage

Markierte Zellen der Masken 1.2 *Imperfektionen* und 2.1 *Generierte Imperfektionen* können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und dann mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten bleiben unberücksichtigt.

Ausdruckprotokoll

Die RF-IMP-Daten lassen sich nicht direkt in das Ausdruckprotokoll integrieren. Es können dort aber die in den RFEM-Lastfällen erzeugten Imperfektionen exportiert werden über Menü

Datei → **Export in RTF**.

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

Excel / OpenOffice

RF-IMP ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel, OpenOffice.org Calc oder in das CSV-Format. Diese Funktion wird aufgerufen über das Menü

Datei → **Tabellen exportieren**.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

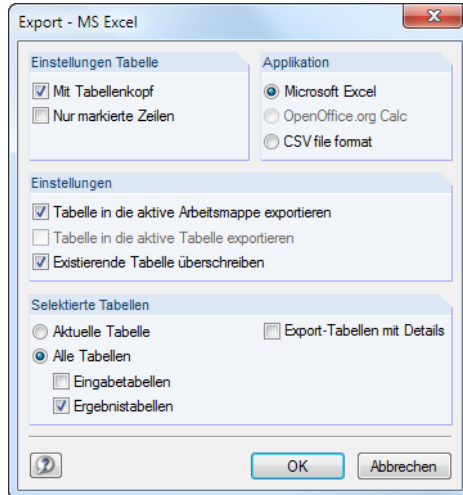


Bild 4.6: Dialog *Export - MS Excel*

Für den Export kommen konzeptgemäß nur die Tabellen 1.2 *Imperfektionen* und 2.1 *Generierte Imperfektionen bzw. Vorverformtes Ersatzmodell* infrage.

[OK] startet den Exportvorgang. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen, d. h. die Programme brauchen nicht zuvor geöffnet werden.

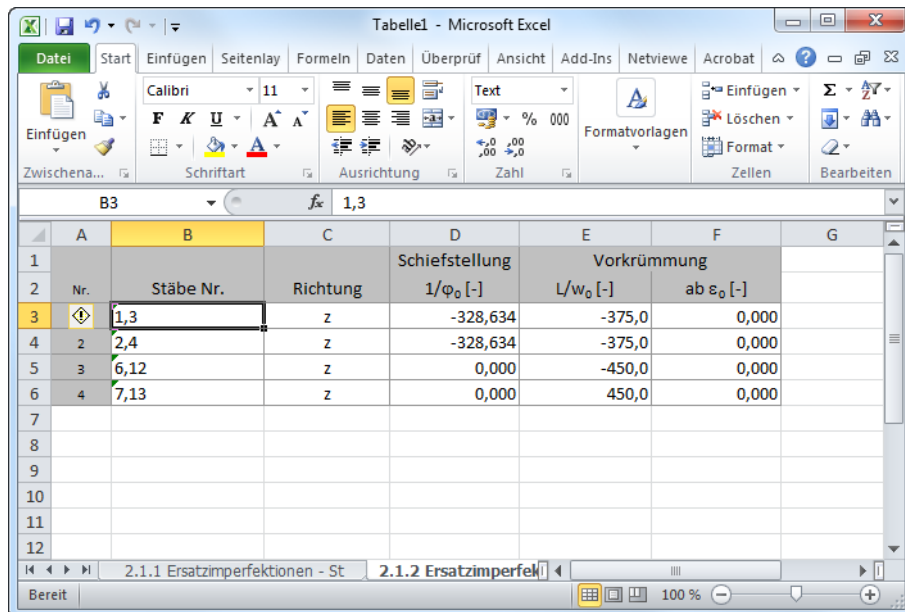


Bild 4.7: Ergebnis in MS Excel

5 Beispiel: Ersatzmodell

In RFEM wurde ein gevouteter Kragträger mit Öffnungen modelliert. Für dieses System sollen Imperfektionen in Form eines vorverformten Ersatzmodells generiert werden.

Zunächst werden mit dem Modul RF-STABIL die Beulfiguren für den Lastfall „Nutzlast“ ermittelt.

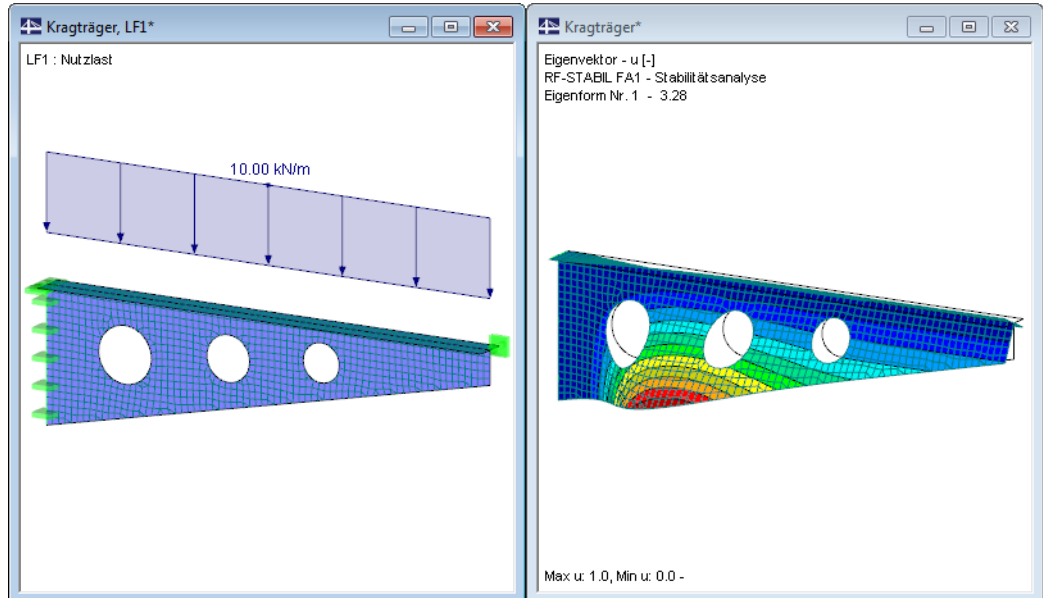


Bild 5.1: Kragträger mit Nutzlast und Beulfigur (Eigenform 1)

Danach sind in RF-IMP folgende Eingaben vorzunehmen:

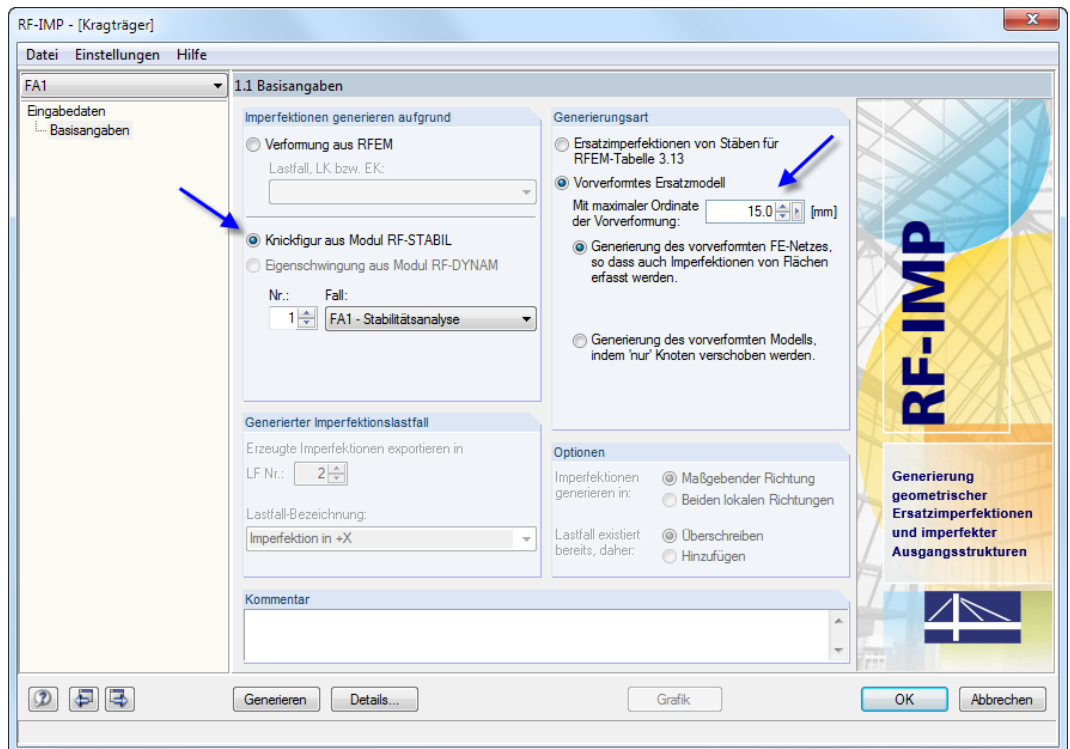


Bild 5.2: RF-IMP-Maske 1.1 Basisangaben

Die Imperfektion sollen auf Basis der RF-STABIL-Eigenform Nr. 1 erzeugt werden. Die maximale Ordinate der Vorverformung wird mit 15 mm vorgegeben. Damit ist die Eingabe ist vollständig.

Generieren

Nach dem [Generieren] des Ersatzmodells werden in Maske 2.1.1 *Vorverformtes Ersatzmodell* die verschobenen FE-Knoten der Flächen ausgegeben.

RF-IMP - [Kragträger]

2.1.1 Vorverformtes Ersatzmodell - Flächen

Fläche Nr.	FE-Netz Punkt	FE-Netz-Punkt-Koordinaten [m]			Ersatzstruktur-Vorverformungen [mm]		
		X	Y	Z	vx	vy	vz
1	1	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
2	2	2.800	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
3	3	0.000	0.100	0.000	0.0	0.0	0.0
4	4	2.800	0.100	0.000	0.0	0.0	-1.4
21	2.400	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
22	2.400	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
23	2.360	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
24	2.360	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
25	2.320	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
26	2.320	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
27	2.280	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
28	2.280	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
29	2.240	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
30	2.240	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
31	2.200	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
32	2.200	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
33	2.160	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
34	2.160	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
35	2.120	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
36	2.120	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
37	2.080	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
38	2.080	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
39	2.040	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
40	2.040	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
41	2.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
42	2.000	0.033	0.000	0.000	0.0	0.0	-0.5
43	1.960	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0

Bild 5.3: RF-IMP-Maske 2.1.1 *Vorverformtes Ersatzmodell - Flächen*

Wird RF-IMP mit [OK] beendet, stellt die RFEM-Grafik das vorverformte FE-Netz dar:

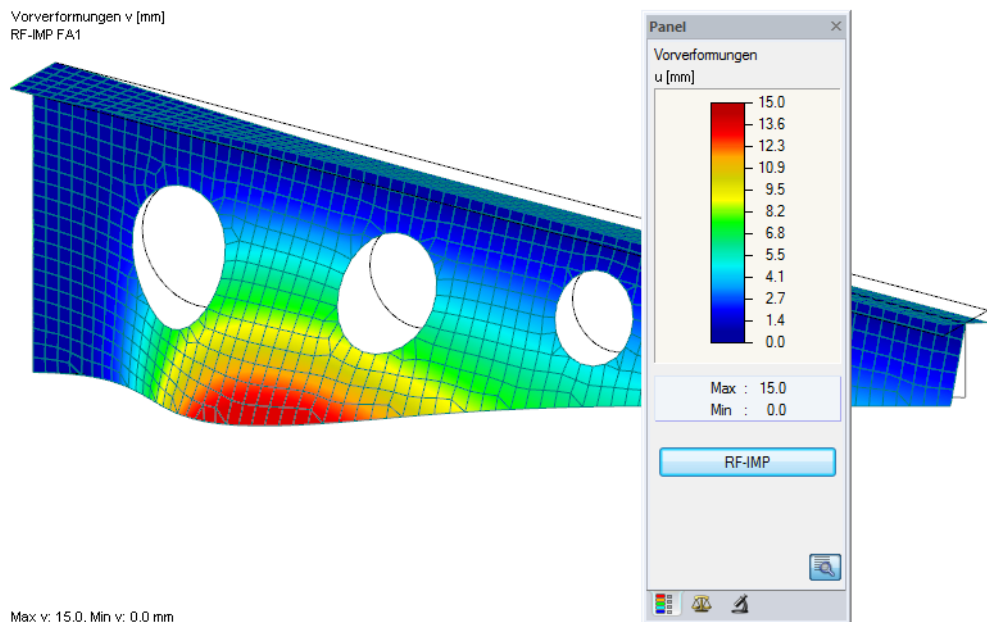


Bild 5.4: Vorverformtes FE-Netz

Um das vorverformte FE-Netz bei der Berechnung einer RFEM-Lastkombination zu berücksichtigen, ist im Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* zunächst im Register *Berechnungsparameter* das Kontrollfeld **Zusatzoptionen** anzuhaken.

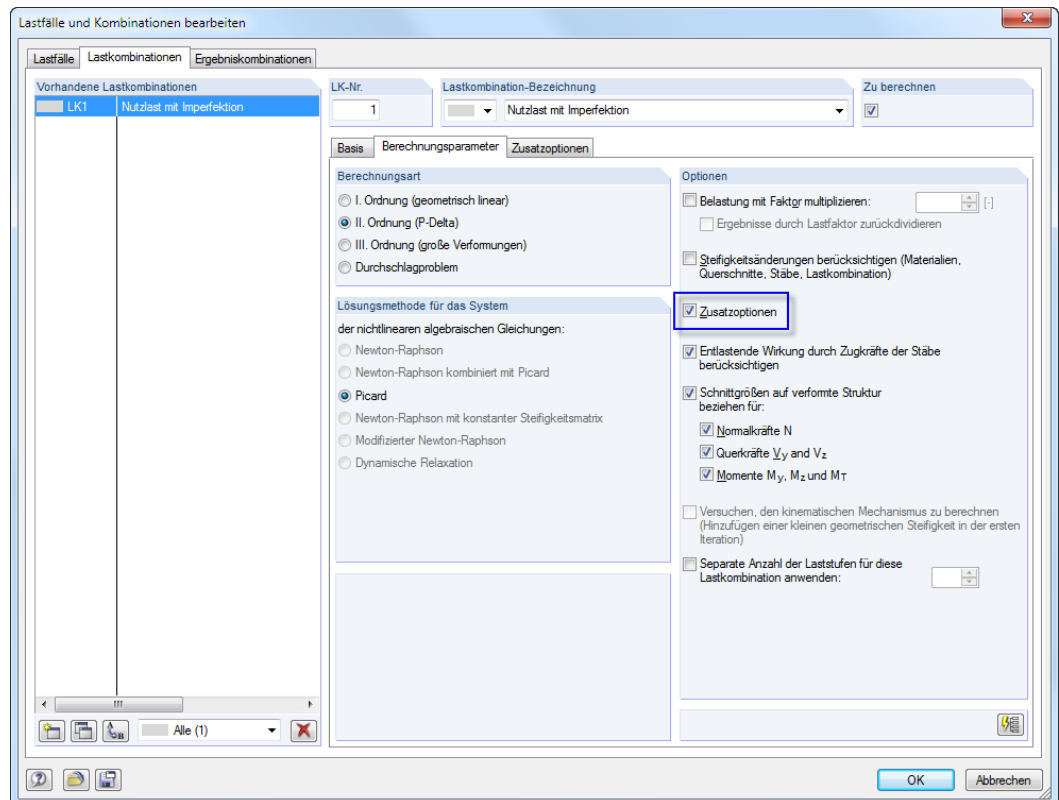


Bild 5.5: RFEM-Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Berechnungsparameter*

Im Register *Zusatzoptionen* können dann die RF-IMP-Anfangsverformungen aktiviert werden.

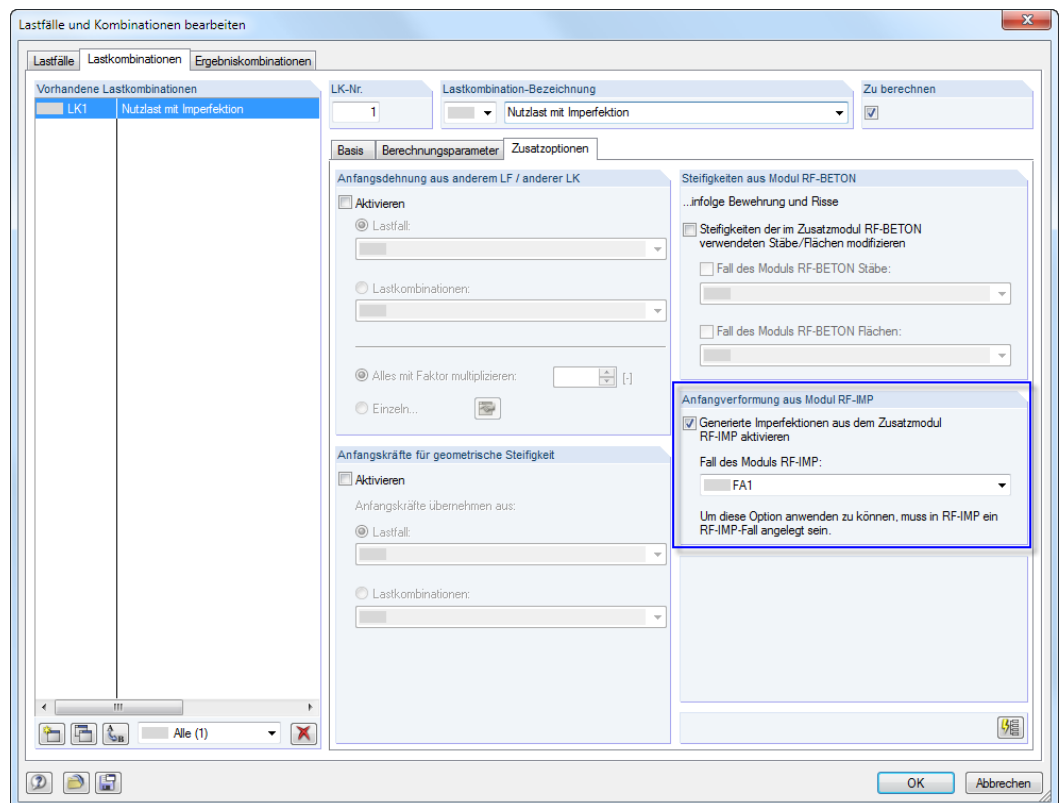


Bild 5.6: RFEM-Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Zusatzoptionen*

Literatur

- [1] *DIN 18800 (11.90) Teil 2: Stahlbauten - Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1992.
- [2] *EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [3] *DIN 18800 (11.90) Teil 1: Stahlbauten - Bemessung und Konstruktion*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1992.
- [4] *DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Teil 1-1: Bemessung und Konstruktion*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2001.
- [5] *DIN 1052:2008-12: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008.
- [6] *EN 1992-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2004.

Index

B		L	
Basisangaben	4	Länge	8
Beenden von RF-IMP	4	Lastkombination	6, 18
Beulfigur	5, 24		
		N	
C		n-Ursachen	8
CSV-Export	23		
		M	
D		Manuell	8
Definitionsart	8, 9	Maßgebende Richtung	6
Details	6, 11	Masken	4
Dezimalstellen	7, 22		
DIN	8	N	
		Navigator	3
E			
Eigenschwingung	5	O	
Einheiten	7, 22	OpenOffice	23
Elastische Berechnung	8, 9	Optionen	6
Epsilon ϵ_0	10	Ordinate der Vorverformung	6
Ergebniskombination	5		
Ersatzimperfection	5, 14	P	
Ersatzmodell	6, 11, 13, 16, 24	Plastische Berechnung	8, 9
Eurocode	8		
Excel	23	R	
Export	17, 22	Reduktionsfaktoren	8
		RF-DYNAM	5
F		RF-IMP-Fall	6, 13, 18, 20
FE-Knoten	6, 16, 18	RF-STABIL	5, 24
G		S	
Generierung starten	11	Schiefstellung	8
Generierungsart	5	Stabdrehung	8
Generierungsfall	20, 21	Stabkennzahl	10
Grafik	14, 17	Stabsätze	7, 14
		Stäbe	5, 7, 14
H		Starten von RF-IMP	3
Hinzufügen	6	Systemlänge	8
I		T	
Imperfektionen	7, 14	Toleranz	6, 11
Imperfektionslastfall	6		
Installation	2	U	
		Überschreiben	6
K			
Knickfigur	5	V	
Knicklinie	9	Verformung	5
Kommentar	6	Verschieben von Knoten	6
KSL	9	Vorverformtes FE-Netz	6, 16