

**Fassung
Januar 2011**

Zusatzmodul

RSIMP

**Generierung von Ersatzimperfektionen
und vorverformten Ersatzstrukturen**

Programm- Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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

© Ingenieur-Software Dlubal GmbH
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

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

Inhalt

Inhalt		Seite	Inhalt		Seite
1.	Einleitung	4	3.2.1	Ersatzimperfectionen	16
1.1	Zusatzmodul RSIMP	4	3.2.2	Ersatzstruktur	17
1.2	RSIMP-Team	5	3.3	Export der Imperfectionen	18
1.3	Gebrauch des Handbuchs	5	3.4	Beispiel: Vorverformte Ersatzstruktur	19
1.4	Aufruf des RSIMP-Moduls	6	4.	Allgemeine Funktionen	21
2.	Eingabedaten	7	4.1	RSIMP-Generierungsfälle	21
2.1	Basisangaben	8	4.2	Einheiten und Dezimalstellen	23
2.2	Imperfectionen	10	4.3	Export der Daten	23
3.	Generierung	14	A	Literatur	25
3.1	Start der Generierung	14	B	Index	26
3.2	Generierte Imperfectionen	16			

1. Einleitung

1.1 Zusatzmodul RSIMP

Viele Normen schreiben für die Berechnung nach Theorie II. Ordnung die Berücksichtigung von Imperfektionen vor. Hierfür gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Es werden entweder Ersatzlasten angesetzt, wie dies beispielsweise in DIN 18800 Teil 2, Abschnitt 2 oder EN 1993-1-1, Abschnitt 5.3 geregelt ist. Alternativ kann die Berechnung an einer Ersatzstruktur erfolgen, deren Systemknoten gemäß Normvorgabe verschoben wurden. Im Zusatzmodul RSIMP zum Programmsystem RSTAB stehen beide Optionen zur Verfügung.

Die Vorverformungen sind in die ungünstigen Wirkrichtungen anzusetzen. Dies mag bei kleineren Systemen noch überschaubar sein, sodass die Imperfektionen manuell festgelegt werden können. Bei umfangreicheren Systemen allerdings geht der Überblick verloren. Hier ist RSIMP in der Lage, auf Basis einer Verformungs- oder Knickfigur bzw. Eigenschwingung die maßgebenden Imperfektionen für RSTAB zu generieren.

RSIMP versetzt den Anwender in die Lage, schnell und somit wirtschaftlich verschiedene Generierungsfälle für Imperfektionen zu untersuchen. Damit wird der normgemäße Ansatz in die ungünstigsten Richtungen gewährleistet. Als sehr komfortabel erweist sich darüber hinaus auch die Implementierung der Profil-Knickspannungslinien nach DIN 18800.

Sind die Größen der Schiefstellungen und Vorkrümmungen vorgegeben, erzeugt RSIMP die Imperfektionen in die maßgebenden Richtungen und überträgt sie nach RSTAB. Stäbe und Stabsätze mit Zugkraft bleiben dabei unberücksichtigt. Die Ersatzimperfektionen werden in der Regel in einem eigenen Lastfall abgelegt und können nachfolgend einer Lastfallgruppe hinzugefügt werden.

Die Tabellen können zur weiteren Verarbeitung oder zur Archivierung direkt nach MS Excel oder OpenOffice exportiert werden.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist auch RSIMP vollständig in RSTAB integriert. Das Zusatzmodul präsentiert sich nicht nur optisch als fester Bestandteil des Hauptprogramms: Mit der Zugriffsmöglichkeit auf die Ergebnisse von RSTAB (Verformungen von Lastfällen, Lastfallgruppen und -kombinationen), RSKNICK (Knickfiguren) und DYNAM (Eigenformen) lassen sich alle Ersatzimperfektionen integrativ und komfortabel erzeugen.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RSIMP.

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

1.2 RSIMP-Team

An der Entwicklung von RSIMP waren beteiligt:

Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
 Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

Programmierung

DiS. Jiří Šmerák
 Ing. Roman Svoboda

Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
 MgA. Robert Kolouch
 Ing. Jan Milář

Programmkontrolle

Ing. František Knobloch
 Ctirad Martinec

Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl	Mgr. Michaela Kryšková
Ing. Dmitry Bystrov	Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
Ing. Ladislav Kábrt	Mgr. Petra Pokorná

Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel	Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Dipl.-Ing. (BA) Sandy Baumgärtel	M.Sc. Dipl.-Ing. Frank Lobisch
Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß	Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann	M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
Dipl.-Ing. Frank Faulstich	M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
Dipl.-Ing. (FH) René Flori	M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel	Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich	Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.3 Gebrauch des Handbuchs

Die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck werden im RSTAB-Handbuch ausführlich erläutert, sodass auf deren Beschreibung verzichtet wird. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul ergeben.

Details...

Das Handbuch zu RSIMP orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text werden die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Details]. Zudem sind sie links am Rand abgebildet. Die **Begriffe** der Dialoge, Tabellen und Menüs werden im Text durch *Kursivschrift* hervorgehoben, um so das Nachvollziehen der Erläuterungen zu erleichtern.

Das Handbuch enthält auch ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie trotzdem nicht fündig werden, steht auf unserer Website www.dlubal.de eine Suchfunktion zur Verfügung, mit der Sie in der Liste aller *Fragen und Antworten* nach bestimmten Kriterien filtern können.

1.4 Aufruf des RSIMP-Moduls

Es bestehen in RSTAB folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RSIMP zu starten.

Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RSTAB-Menü

Zusatzmodule → Sonstige → RSIMP.

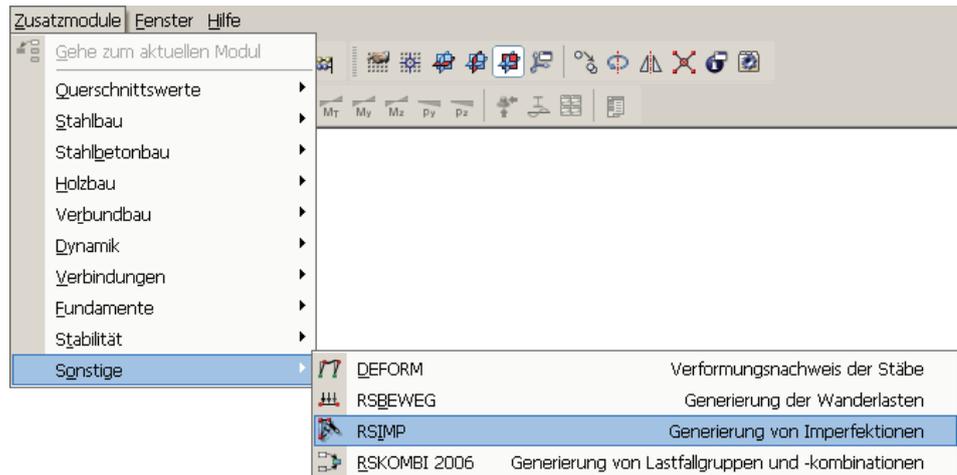


Bild 1.1: Menü: *Zusatzmodule* → *Sonstige* → *RSIMP*

Navigator

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

Zusatzmodule → RSIMP.

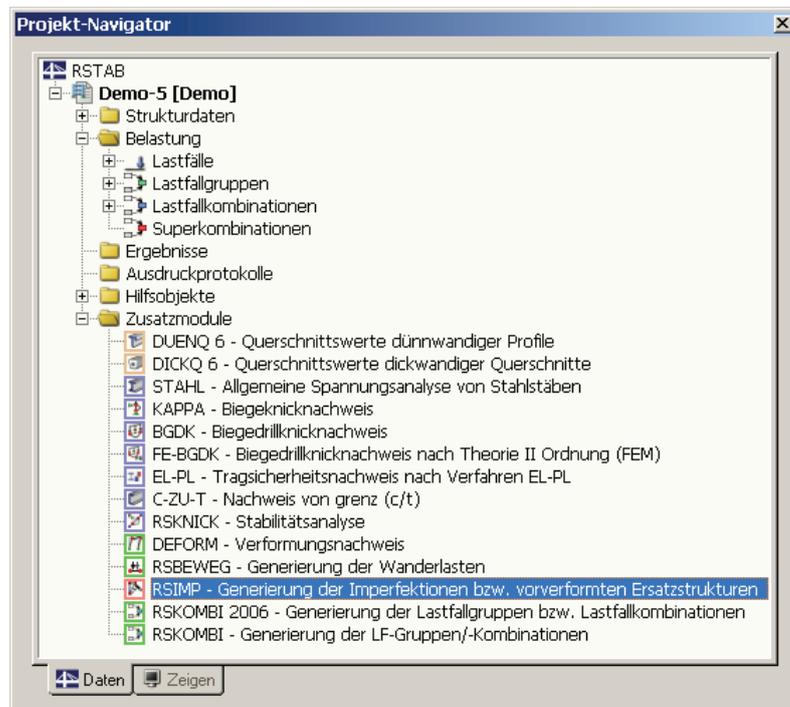


Bild 1.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *RSIMP*

2. Eingabedaten

Die Eingaben der Generierungsparameter erfolgen in Masken. Für Stäbe und Stabsätze wird unterstützend die [Pick]-Funktion zur grafischen Auswahl angeboten.

Nach dem Aufruf von RSIMP wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der die beiden Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den eventuell bereits vorhandenen Generierungsfällen (siehe Kapitel 4.1, Seite 21).

Wird RSIMP zum ersten Mal in einer RSTAB-Position aufgerufen, liest das Zusatzmodul im Hintergrund folgende Eingabedaten automatisch ein:

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Lastfallgruppen und -kombinationen



Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken des entsprechenden Eintrages im Navigator von RSIMP oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenfalls eine Maske vorwärts bzw. zurück.

Mit [OK] werden die getroffenen Eingaben gesichert und das Modul RSIMP verlassen, während [Abbruch] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat.

2.1 Basisangaben

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

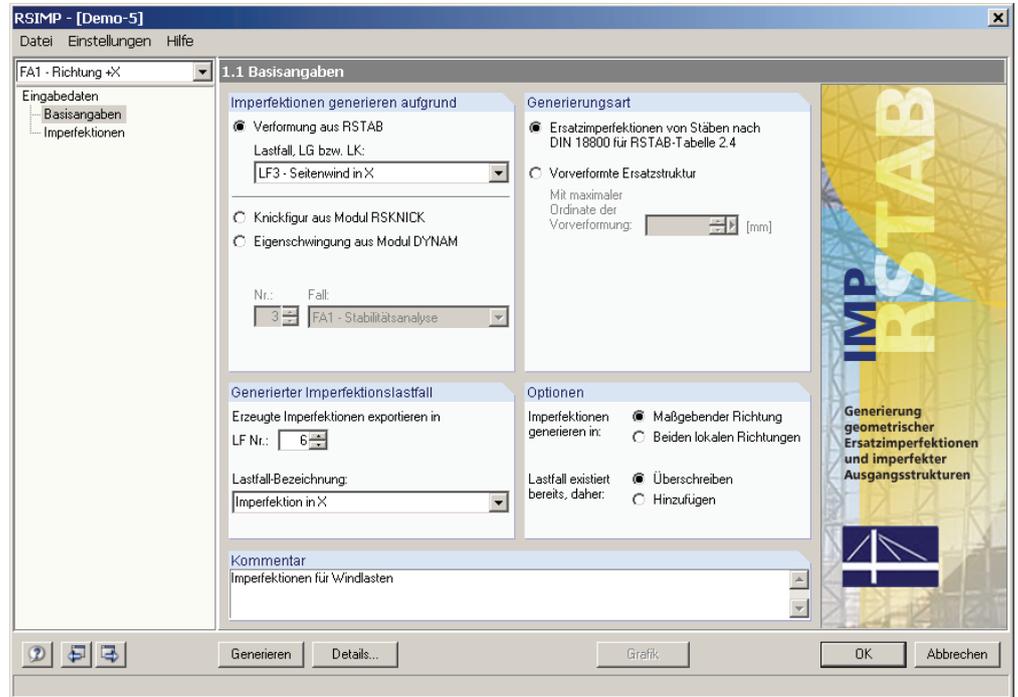


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

Imperfektionen generieren aufgrund

Zunächst ist festzulegen, welche Ergebnisse die Grundlage zur Erzeugung der Imperfektionen bzw. der Ersatzstruktur bilden sollen. Hierzu bestehen drei Möglichkeiten.

Verformung aus RSTAB

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

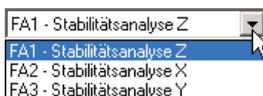
Eine kleine Besonderheit ist bei Lastfallkombinationen zu beachten. In LF-Kombinationen existieren an jeder x-Stelle zwei Ergebnisse – das Maximum und das Minimum der überlagerten Einwirkungen. Deshalb gibt es in der Liste pro LF-Kombination auch zwei Auswahlmöglichkeiten, die als *LK+* (Maximum) und *LK-* (Minimum) gekennzeichnet sind. Diese sind in der links abgebildeten Liste beispielhaft dargestellt.

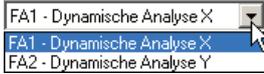
Gemäß DIN 18800 Teil 2, El. (202) sind die geometrischen Ersatzimperfektionen affin zur niedrigsten Knickfigur anzusetzen. Strenggenommen wäre somit für jede Belastung in eine ausgeprägte Richtung mit entsprechender Verformungsfigur ein gesonderter Imperfektionslastfall anzulegen. Die RSIMP-Generierungsfälle (siehe Kapitel 4.1, Seite 21) bieten hier die Möglichkeit, geeignete Imperfektionen auf Grundlage verschiedener Verformungen zu erzeugen.

Knickfigur aus Modul RSKNICK

Imperfektionen können – wie in DIN 18800 Teil 2, El. (202) gefordert – so erzeugt werden, dass sie sich der zum niedrigsten Knickeigenwert gehörenden Verformungsfigur möglichst gut anpassen. Die Übernahmemöglichkeit von Knickfiguren erfordert jedoch, dass das Zusatzmodul RSKNICK lizenziert ist.

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





Eigenschwingung aus Modul DYNAM

Den Imperfektionen bzw. der Ersatzstruktur kann eine Eigenform zugrunde gelegt werden, die mit dem Modul DYNAM ermittelt wurde. Auch hier ist es erforderlich, dass für dieses Zusatzmodul eine Lizenz vorliegt.

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

Falls RSIMP die Imperfektionen nicht ermitteln kann, da noch keine RSTAB-, RSKNICK- bzw. DYNAM-Ergebnisse vorliegen, erfolgt die Berechnung der relevanten Verformungen, Knickfiguren bzw. Eigenschwingungen automatisch im Zuge der RSIMP-Analyse.

Generierungsart

Es gibt zwei Möglichkeiten, Imperfektionen mit RSIMP zu erzeugen. Je nach Auswahl werden bestimmte Bereiche in diesem Abschnitt aktiviert oder deaktiviert.

Ersatzimperfektionen von Stäben

Es wird ein Lastfall mit Ersatzimperfektionen gemäß DIN 18800 für Stäbe oder Stabsätze erzeugt. Dieser Lastfall kann dann in einer Lastfallgruppe weiterverwendet werden.

Wird diese Generierungsart ausgewählt, sind weitere Angaben in den beiden Abschnitten *Generierter Imperfektionslastfall* und *Optionen* sowie in Maske 1.2 *Imperfektionen* erforderlich.

Vorverformte Ersatzstruktur

Bei dieser Generierungsoption werden die normierten Verformungen aus RSTAB, RSKNICK oder DYNAM auf die *maximale Ordinate der Vorverformung* skaliert, die der Anwender als Vorgabe festzulegen hat. Weitere Eingaben sind nicht erforderlich.

Vorverformte Ersatzstrukturen eignen sich insbesondere für große schalenartige Strukturen, für die in DIN 18800 keine Ansätze vorgesehen sind. Bei der Ersatzstruktur werden die Knotenkoordinaten der RSTAB-Maske 1.1 entsprechend der definierten Verformung verschoben.



Bei dieser Generierungsart lässt sich für jede Struktur nur eine einzige Imperfektionsform berücksichtigen, da die Knoten ja nur einmal verschoben werden können.

Generierter Imperfektionslastfall

Dieser Abschnitt ist nur für die Generierungsart *Ersatzimperfektionen* aktiv.

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

Nach der Generierung erfolgt noch eine Abfrage vor der endgültigen Übergabe nach RSTAB.

Optionen

Auch dieser Abschnitt ist nur für die Generierungsart *Ersatzimperfektionen* aktiv.

Die Imperfektionen können in *Maßgebender Richtung* oder in *Beiden lokalen Richtungen* generiert werden. Wird die erste Option (Standardeinstellung) gewählt, so setzt RSIMP eine Imperfektion nur in einer Richtung an, also entweder in Richtung der lokalen Achse *y* oder *z* eines Stabes. Wann eine Verformung bzw. Auslenkung einer Eigenform „maßgebend“ wird, entscheidet die Toleranz (vgl. Kapitel 3.1, Seite 14). Die vorgegebene Toleranz wird auch berücksichtigt, wenn die Imperfektionen in beide lokale Richtungen generiert werden sollen.

Falls im Abschnitt *Generierter Imperfektionslastfall* die Nummer eines bereits existierenden Lastfalls vorgegeben wurde, werden zwei zusätzliche Kontrollfelder zugänglich. Damit lässt sich steuern, ob RSIMP den bereits vorhandenen Lastfall *Überschreiben* oder aber die generierten Ersatzimperfektionen *Hinzufügen* soll.

Details...

Kommentar

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

Über die Schaltfläche [Details] können die Toleranzvorgaben für RSIMP kontrolliert werden. Es wird der Dialog *RSIMP - Details* aufgerufen, der im Kapitel 3.1 auf Seite 14 erläutert ist.

2.2 Imperfektionen

Die zweite Eingabemaske des Moduls steht nur dann zur Verfügung, wenn in Maske 1.1 die Generierung von *Ersatzimperfektionen für Stäbe* vorgegeben wurde.

Die Maske 1.2 *Imperfektionen* ist zweiteilig aufgebaut: Der obere Abschnitt 1.2.1 *Ersatzimperfektionen generieren von Stäben* behandelt die für die Generierung relevanten Stäbe, der untere Abschnitt 1.2.2 *Ersatzimperfektionen generieren von Stabsätzen* die zu berücksichtigenden Stabzüge (Stabgruppen sind für Imperfektionen in der Regel ungeeignet).

Die beiden Teile dieser Maske bieten die gleichen Eingabemöglichkeiten. Der einzige Unterschied besteht darin, dass sich alle Angaben in Maske 1.2.1 nur auf Einzelstäbe beziehen, während die Parameter der Maske 1.2.2 für Stabsätze gelten. Da die beiden Teilbereiche bis auf diesen Unterschied identisch sind, werden sie im Folgenden gemeinsam beschrieben.

Die Eingaben können mit den üblichen Tastaturfunktionen editiert werden, z. B. Löschen der aktuellen Zeile mit [Strg]+[Y] (siehe RSTAB-Handbuch, Kapitel 4.4.8).

Die Einheiten und Nachkommastellen der Längen und Lasten lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe Kapitel 4.2, Seite 23).

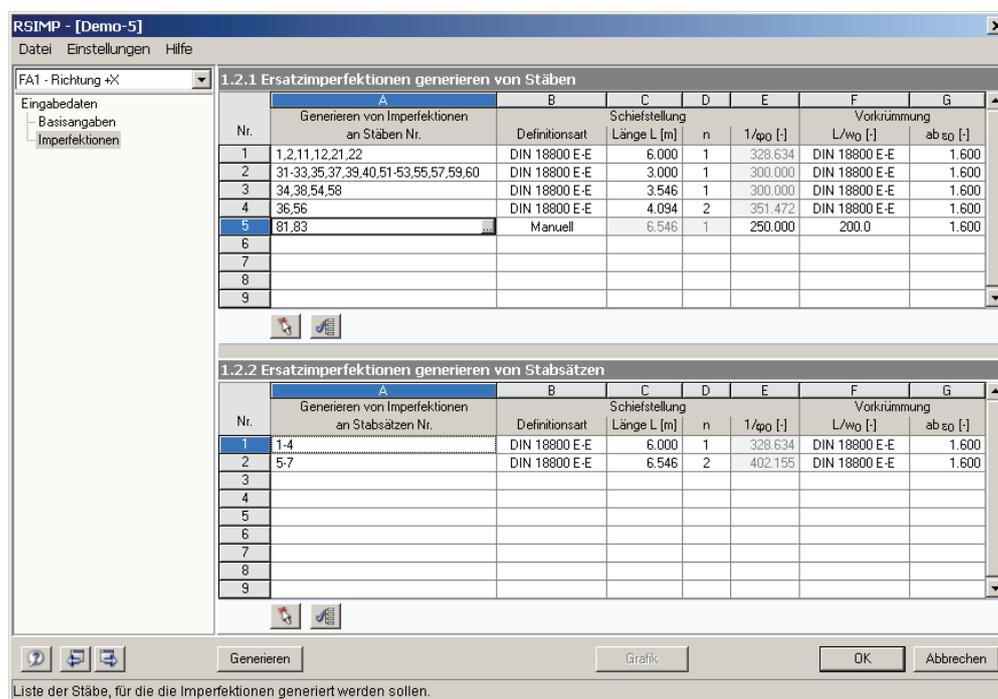


Bild 2.2: Maske 1.2 *Imperfektionen*

Generieren von Imperfektionen an Stäben / Stabsätzen

In Spalte A werden die Stab- bzw. Stabsatznummern festgelegt.



Bitte beachten Sie, dass Stabsätze in RSTAB definiert sein müssen, um sie im Modul RSIMP auszuwählen. Das Anlegen von Stabsätzen in RSIMP ist nicht möglich.



Mit den [Pick]-Schaltflächen können Stäbe bzw. Stabsätze grafisch im RSTAB-Arbeitsfenster ausgewählt werden. Alternativ wird mit einem Klick in das Eingabefeld die Schaltfläche [...] zugänglich, die dann ebenfalls die Grafik aufruft.

Durch Anklicken der Stäbe bzw. Stabsätze im RSTAB-Arbeitsfenster werden deren Nummern in den Dialog *Mehrfachauswahl* übernommen. Dieser Dialog ermöglicht auch die Rückkehr zu RSIMP. Die entsprechenden Nummern werden dann in die Maske eingetragen.



Mit den Schaltflächen [Alle] werden jeweils alle Stäbe bzw. Stabsätze für die Generierung ausgewählt und in eine Zeile eingetragen.



Bei Stabsätzen spielen die Nummerierungen und Richtungen der enthaltenen Stäbe keine Rolle. Es müssen jedoch alle Stäbe im Stabsatz 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 10445-1: 2001-07
- DIN 1052: 2004-08
- Manuell

Definitionsart

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

Bei den Definitionsarten nach den DIN- oder Eurocode-Normen wird der Wert der Schiefstellung $1/\varphi_0$ automatisch in Spalte E eingetragen.

Länge L

Die Länge L stellt die Systemlänge des imperfekten Stabes dar. Diese findet in Gleichung 2.1 Berücksichtigung (s. unten).

In dieser Spalte sind die Stablängen voreingestellt, die jedoch bei Bedarf angepasst werden können. Mit einem Klick in das Eingabefeld wird die Schaltfläche [...] zugänglich, die dann den Wechsel in die RSTAB-Arbeitsfläche 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 in DIN 18800 Teil 2, Abschnitt 2.3 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:

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

Gleichung 2.1: Schiefstellung φ_0 gemäß DIN 18800 Teil 2, Gl. (1)



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

$$r_1 = \sqrt{\frac{5}{l}}$$

mit l : Systemlänge des Stabes bzw. Stabsatzes

Gleichung 2.2: Reduktionsfaktor r_1

Die Gleichung 2.2 gilt nur für Längen ≥ 5.00 m. Für $l < 5.00$ m wird r_1 zu eins gesetzt.

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

mit n : Anzahl der voneinander unabhängigen Ursachen für Schiefstellungen

Gleichung 2.3: Reduktionsfaktor r_2

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 STAHL auf Basis des Verfahrens *Elastisch-Elastisch* geführt wird, darf die Vordrehung gemäß DIN 18800 Teil 2, El. (201) auf $\frac{2}{3}$ des Grundwertes abgemindert werden (also $\varphi_0 = \frac{1}{300}$). Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die plastische Querschnittsreserve nicht ausgenutzt wird.

In RSIMP wird diese Abminderung als Standard voreingestellt, da das Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* die mit den Dlubal-Programmen übliche Berechnungsmethode darstellt.

Vorkrümmung

In den Spalten F und G werden die Parameter für die Eingabe der Vorkrümmung festgelegt. Es sind folgende Definitionsarten möglich:

- DIN 18800 E-E nach KSL (Knickspannungslinie)
- DIN 18800 E-P nach KSL
- Auswahl der Vorkrümmung L/w_0

L/w_0

In Spalte F kann eine der oben genannten Definitionsarten ausgewählt werden. Mit einem Klick in das Eingabefeld wird die Schaltfläche [▼] zugänglich, über die dann die passende Vorgabe aus der Liste gewählt werden kann. Die Funktionstaste [F7] ruft ebenfalls die Liste 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 Ermittlung der Vorkrümmung nach der Knickspannungslinie ist in DIN 18800 Teil 2, Abschnitt 2.2 beschrieben. Dabei wird der Stich der Vorkrümmung für einteilige Stäbe mit Tabelle 3 ermittelt.



KSL	Stich w_0 der Vorkrümmung
a	L/300
b	L/250
c	L/200
d	L/150

Tabelle 2.1: Stich der Vorkrümmung nach DIN 18800 Teil 2, Tabelle 3

Die Zuordnung der Knickspannungslinien *a* bis *d* zu den Querschnittstypen erfolgt gemäß DIN 18800 Teil 2, Tabelle 5.

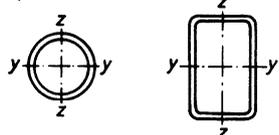
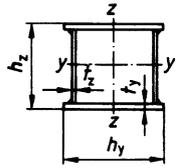
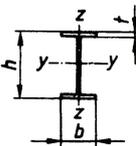
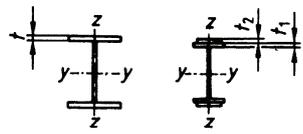
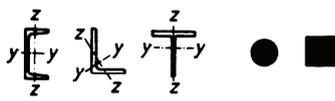
	1	2	3	
	Querschnitt	Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knickspannungslinie	
1	Hohlprofile 	warm gefertigt	y - y z - z	a
		kalt gefertigt	y - y z - z	b
2	geschweißte Kastenquerschnitte 		y - y z - z	b
		dicke Schweißnaht und $h_y/t_y < 30$ $h_z/t_z < 30$	y - y z - z	c
3	gewalzte I-Profile 	$h/b > 1,2; t \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	a b
		$h/b > 1,2; 40 < t \leq 80 \text{ mm}$	y - y	b
		$h/b \leq 1,2; t \leq 80 \text{ mm}$	z - z	c
		$t > 80 \text{ mm}$	y - y z - z	d
4	geschweißte I-Querschnitte 	$t_i \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
		$t_i > 40 \text{ mm}$	y - y z - z	c d
5	U-, L-, T- und Vollquerschnitte  und mehrteilige Stäbe nach Abschnitt 4.4		y - y z - z	c
6	Hier nicht aufgeführte Profile sind sinngemäß einzuordnen. Die Einordnung soll dabei nach den möglichen Eigenspannungen und Blechdicken erfolgen.			

Bild 2.3: Zuordnung der Querschnitte zu Knickspannungslinien nach DIN 18800 Teil 2, Tabelle 5

ab ϵ_0



In der letzten Spalte ist der Wert der Stabkennzahl ϵ anzugeben, ab der die Vorkrümmung gleichzeitig mit der Schiefstellung berücksichtigt werden soll. Nach DIN 18800 Teil 2, El. (207) beträgt der hier voreinstellte Wert $\epsilon_0 = 1.6$, denn erst ab diesem Wert wird die zusätzliche Vorkrümmung relevant. Es sind jedoch auch benutzerdefinierte Angaben oder die Auswahl über die Schaltfläche [▼] in diesem Eingabefeld möglich.

Die Stabkennzahlen der diversen Stäbe bzw. Stabsätze werden erst in der RSTAB-Berechnung nach Theorie II. Ordnung ermittelt und dann mit der Grenzstabkennzahl verglichen. Falls erforderlich, werden die Vorkrümmungen für die weitere Berechnung berücksichtigt.

3. Generierung

Dieses Kapitel beschreibt, wie die Imperfektionen als Ersatzlasten bzw. als vorverformte Ersatzstruktur erzeugt und wie diese Ergebnisse für RSTAB bereitgestellt werden können.

3.1 Start der Generierung

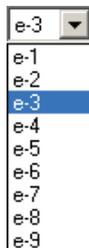
Vor der Generierung empfiehlt es sich, die Toleranzvorgaben für RSIMP zu kontrollieren. Diese sind in Maske 1.1 *Basisangaben* über die Schaltfläche [Details] zugänglich, die den folgenden Dialog aufruft:

Details...



Bild 3.1: Dialog *RSIMP - Details*

Über die *Toleranz* lässt sich steuern, ab welcher Ordinate der gewählten Verformung oder Knickfigur Imperfektionen erzeugt werden. Es werden also sehr kleine Ausschläge in der Verformungs- oder Knickfigur nicht berücksichtigt, wenn sie unter dem eingestellten Wert liegen. Auf Stäbe und Stabsätze mit Ausschlägen unterhalb dieser Schranke werden dann keine Imperfektionen gesetzt.



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, während mit der Einstellung e-9 neun Nachkommastellen berücksichtigt werden.

RSIMP untersucht die normierten Knotenwerte einer Verformungs- bzw. Knickfigur. Die Maximalwerte werden dabei auf ,1' normiert. Würde beispielsweise die maximale Verformung einer Struktur 10 cm betragen und diese dem normierten Wert 1 entsprechen, so ergäbe eine Auslenkung von 0,08 cm den normierten Wert von 0,008. Bei einer Toleranzvorgabe von e-3 (Rundungslimit von drei Nachkommastellen: 0,005) würde RSIMP 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, denn dessen normierte Verformung ist kleiner als die Toleranz mit zwei Nachkommastellen von 0,05.

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

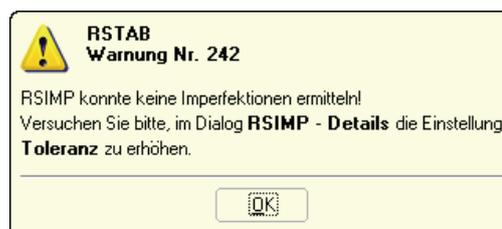


Bild 3.2: Warnung bei zu geringer Toleranz

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

Auf die Generierung von vorverformten Ersatzstrukturen hat dieser Dialog keinen Einfluss.

Generieren

In jeder der beiden RSIMP-Masken steht die Schaltfläche [Generieren] zur Verfügung, um die Lastfalldaten bzw. die Ersatzstruktur für RSTAB zu erzeugen.

Auch aus der RSTAB-Oberfläche kann die RSIMP-Generierung initiiert werden. RSIMP wird im Dialog *Zu berechnen* als Zusatzmodul wie ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe aufgelistet. Dieser Dialog kann in RSTAB aufgerufen werden über Menü

Berechnung → Zu berechnen.

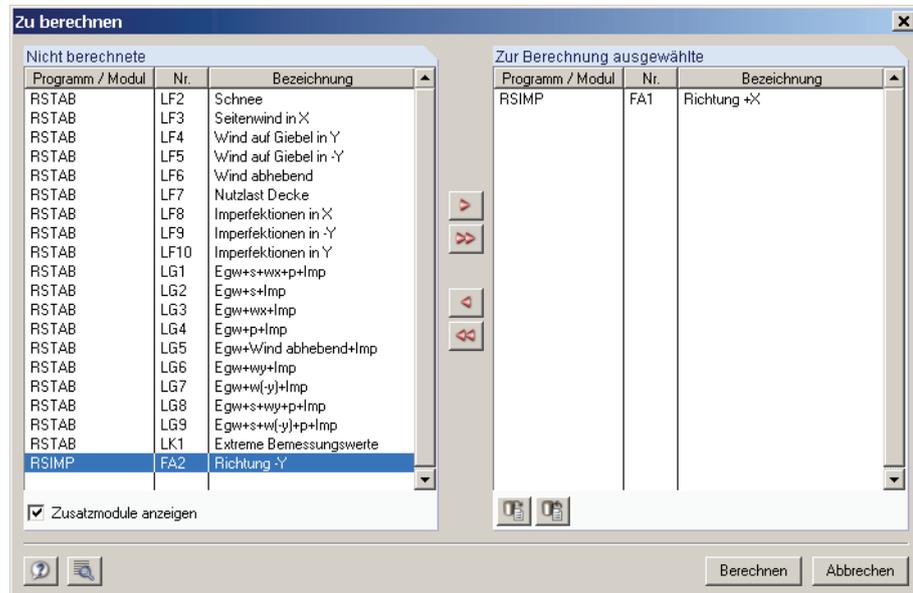


Bild 3.3: Dialog *Zu berechnen*

Sollten die RSIMP-Generierungsfälle in der Liste *Nicht berechnet* fehlen, muss das Kontrollfeld *Zusatzmodule anzeigen* aktiviert werden.

Mit der Schaltfläche [►] werden die selektierten RSIMP-Fälle in die rechte Liste übergeben. Die Berechnung wird dann mit der entsprechenden Schaltfläche gestartet.

Auch über die Liste der Symbolleiste kann ein bestimmter Generierungsfall direkt berechnet werden. Stellen Sie den gewünschten RSIMP-Fall ein und klicken dann auf die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus].



Bild 3.4: Direkte Berechnung eines RSIMP-Generierungsfalls in RSTAB

Falls eine Ersatzstruktur auf Basis bereits berechneter Verformungen gebildet werden soll, erfolgt vor der Generierung eine Abfrage, ob die Ergebnisse gelöscht werden sollen.

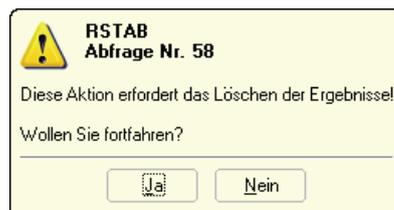


Bild 3.5: Abfrage vor Löschen der Ergebnisse

Wird diese Abfrage bejaht, erzeugt RSIMP die veränderte Ausgangsstruktur. Die zuvor berechneten Verformungen wären dann natürlich nicht mehr korrekt.

Die Ermittlung der Imperfektionen bzw. der Ersatzstruktur vollzieht sich – abhängig von den Modelldaten – innerhalb kurzer Zeit. Nach der erfolgreichen Generierung erscheint dann die im Bild 3.7 dargestellte Maske 2.1 *Ersatzimperfektionen* mit den Imperfektionen der Stäbe und Stabsätze bzw. die Meldung, dass die Ersatzstruktur erzeugt wurde.



Bild 3.6: Meldung nach Generierung der Ersatzstruktur

Die Generierung der Imperfektionen bzw. der Ersatzstruktur ist damit abgeschlossen. Falls mehrere RSIMP-Fälle definiert wurden, ist die Generierung für jeden RSIMP-Fall gesondert durchzuführen.



Bei der Berechnung in einem Rechenlauf, der über Menü

Berechnung → Alles berechnen

gestartet wird, werden alle RSTAB-Lastfälle und auch alle Zusatzmodul-Fälle berechnet. Ist ein RSIMP-Fall mit der Generierungsart *Ersatzimperfektionen von Stäben* vorhanden, wird dieser ebenfalls mitberechnet. Die generierten Imperfektionen werden jedoch nicht automatisch als Lastfall nach RSTAB exportiert. Dies hat im Modul RSIMP dann manuell zu erfolgen. Bei der Generierungsart *Vorverformte Ersatzstruktur* wird der RSIMP-Fall von der Gesamtberechnung ausgeklammert. Es müssten ja alle Ergebnisse wieder gelöscht werden, da eine veränderte Ausgangsstruktur vorliegt – die Berechnung wäre kurzgeschlossen.

3.2 Generierte Imperfektionen

Die Ausgabe der Generierungsergebnisse vollzieht sich in unterschiedlicher Form für die generierten *Ersatzimperfektionen* und die erzeugten *Ersatzstrukturen*.

3.2.1 Ersatzimperfektionen

2.1.1 Ersatzimperfektionen - Stäbe							
Nr.	A		B	C	D		E
	Stäbe Nr.	Richtung	Schiefstellung 1/φ ₀ [°]	Vorkrümmung L/w ₀ [°]	ab s ₀ [°]		
1	1	z	328.634	450.0	1.600		
2	2	z	328.634	450.0	1.600		
3	11	z	328.634	450.0	1.600		
4	12	z	328.634	450.0	1.600		
5	21	z	328.634	450.0	1.600		
6	22	z	328.634	450.0	1.600		
7	31	z	300.000	0.0	1.600		
8	32	z	300.000	450.0	1.600		
9	33	y	300.000	300.0	1.600		
10	35	y	300.000	300.0	1.600		
11	37	y	300.000	300.0	1.600		

2.1.2 Ersatzimperfektionen - Stabsätze							
Nr.	A		B	C	D		E
	Stäbe Nr.	Richtung	Schiefstellung 1/φ ₀ [°]	Vorkrümmung L/w ₀ [°]	ab s ₀ [°]		
1	39,40	z	328.634	450.0	1.600		
2	59,60	z	328.634	-375.0	1.600		
3	31,32	z	328.634	450.0	1.600		
4	51,52	z	328.634	-375.0	1.600		
5	33,34	y	402.155	300.0	1.600		
6	53,54	y	402.155	-300.0	1.600		
7	37,38	y	402.155	300.0	1.600		
8	55,56	y	418.650	-300.0	1.600		
9	35,36	y	418.650	300.0	1.600		

Bild 3.7: Maske 2.1 *Ersatzimperfektionen*

Nach der Generierung erscheint die zweigeteilte Maske 2.1 *Ersatzimperfectionen*. In den beiden Tabellen sind die einzelnen *Stäbe* bzw. *Stabsätze* mit den generierten Imperfectionen aufgelistet. Die angegebene *Richtung* bezieht sich auf die lokalen Stabachsen y oder z, in deren Richtung die Schiefstellungen und Vorkrümmungen wirken.

Es ist in dieser Maske nicht möglich, die generierten Imperfectionen zu editieren.

Grafik

Über die Schaltfläche [Grafik] werden die erzeugten Imperfectionen grafisch im RSTAB-Arbeitsfenster dargestellt. Es kann kontrolliert werden, ob auch an allen knickgefährdeten Stäben und Stabsätzen Imperfectionen angelegt wurden.

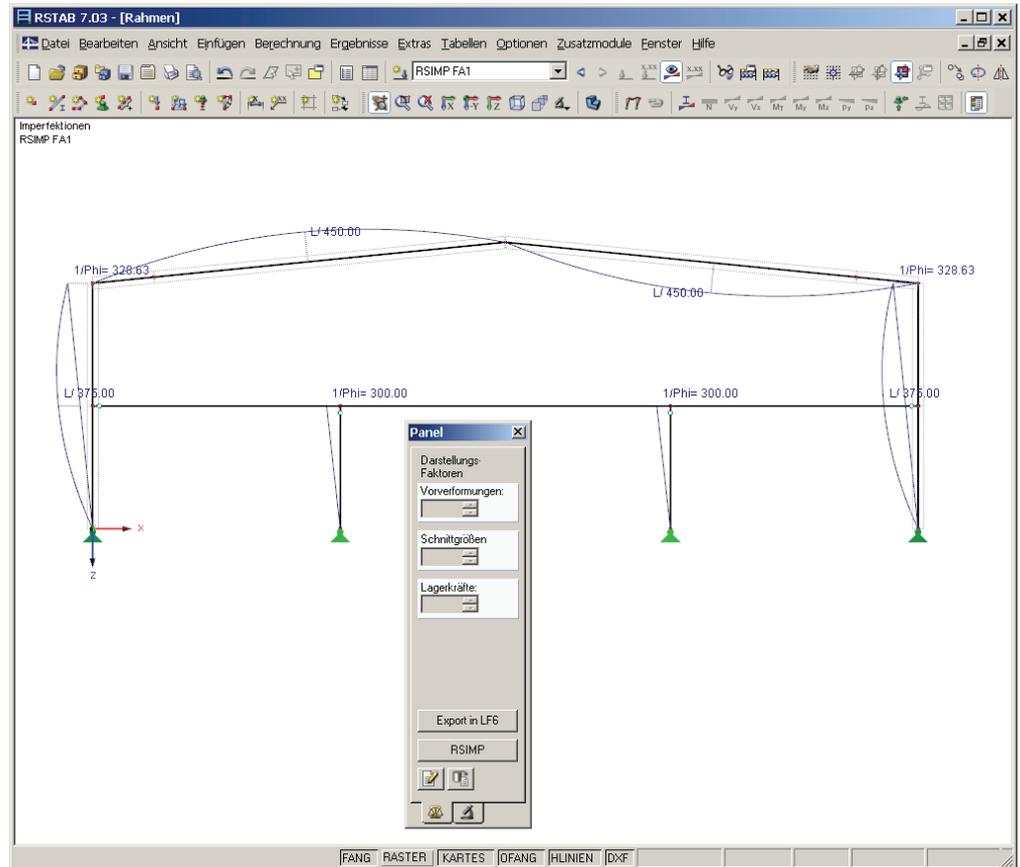


Bild 3.8: Grafik der generierten Ersatzimperfectionen

RSIMP

Über die Schaltfläche [RSIMP] im Panel erfolgt die Rückkehr ins Modul RSIMP, um ggf. die Eingaben in RSIMP zu ändern und einen neuen Generierungslauf zu starten.

3.2.2 Ersatzstruktur

Nach der Generierung der vorverformten Ersatzstruktur erscheint die im Bild 3.6 dargestellte Meldung. Dies bedeutet, dass die Erzeugung des veränderten Ausgangssystems sofort umgesetzt wird. Die Generierung ist damit abgeschlossen.

OK

Abbrechen

In der veränderten Ersatzstruktur werden die Knotenkoordinaten angepasst. Um diese beispielsweise in der RSTAB-Maske 1.1 *Knoten* zu kontrollieren, kann mit den Schaltflächen [OK] oder [Abbrechen] das Modul RSIMP beendet werden. Bitte bedenken Sie, dass in den Stabmitten keine Anpassungen vorgenommen werden, da ja nur die Knotenkoordinaten verändert werden.

Im Kapitel 3.4 auf Seite 19 wird ein kleines Beispiel mit der Erzeugung einer Ersatzstruktur vorgestellt.

3.3 Export der Imperfektionen

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die generierten *Imperfektionen* als Lastfall nach RSTAB exportiert werden können. Die *Ersatzstruktur* hingegen erzeugt RSIMP automatisch für RSTAB.

Mit [OK] können die generierten Ersatzimperfektionen aus jeder RSIMP-Maske nach RSTAB exportiert werden. Es erscheint folgender Dialog:



Bild 3.9: Abfrage vor Export der Lastfalldaten

Export in LF7

Wie im Bild 3.8 gezeigt, besteht auch in der grafischen RSTAB-Oberfläche eine Übergabemöglichkeit. Im Panel wird die Schaltfläche [Export in LF..] angeboten, die gleichfalls den oben dargestellten Dialog aktiviert.



Bild 3.10: Panel mit *Export*-Schaltfläche

Die Imperfektionen werden nach der Übernahme in die RSTAB-Tabelle 2.4 eingetragen und können dann dort ggf. noch angepasst oder ergänzt werden.

3.4 Beispiel: Vorverformte Ersatzstruktur

In diesem Beispiel sollen für eine in RSTAB konstruierte Kuppel Imperfektionen in Form einer vorverformten Ersatzstruktur generiert werden. Diese Generierungsoption eignet sich insbesondere für komplexere Strukturen, über die in der DIN 18800 keine Ansätze gegeben sind.

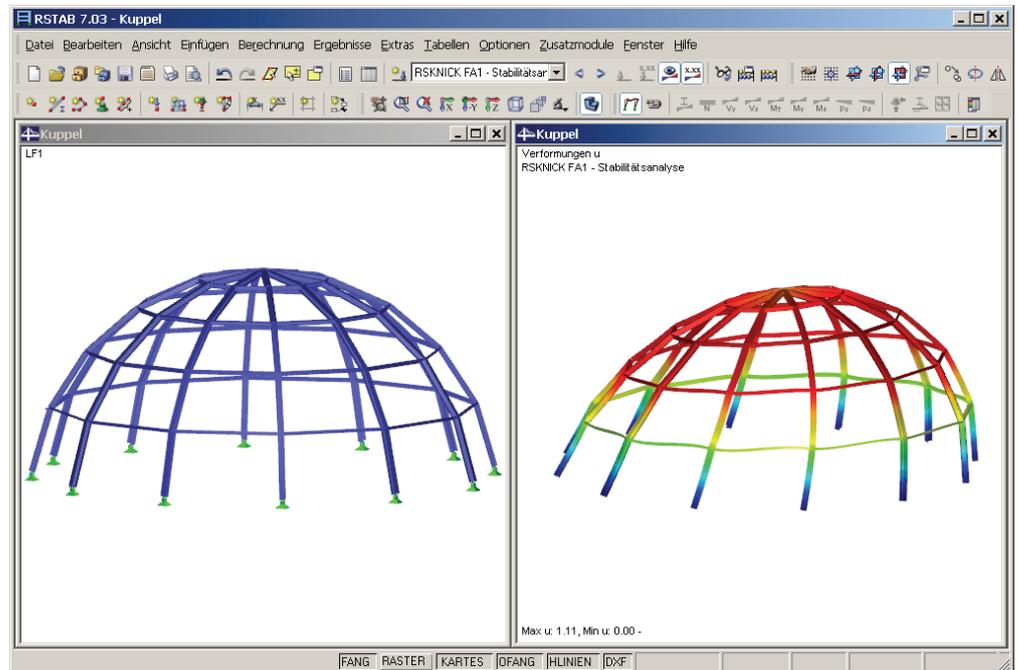


Bild 3.11: Kuppelmodell und Knickfigur

Im Modul RSKNICK sind die Knickfiguren infolge Eigengewichts berechnet.

Nach dem Öffnen von RSIMP erscheint die Maske 1.1 *Basisangaben*. Hier werden folgende Eingaben getätigt:

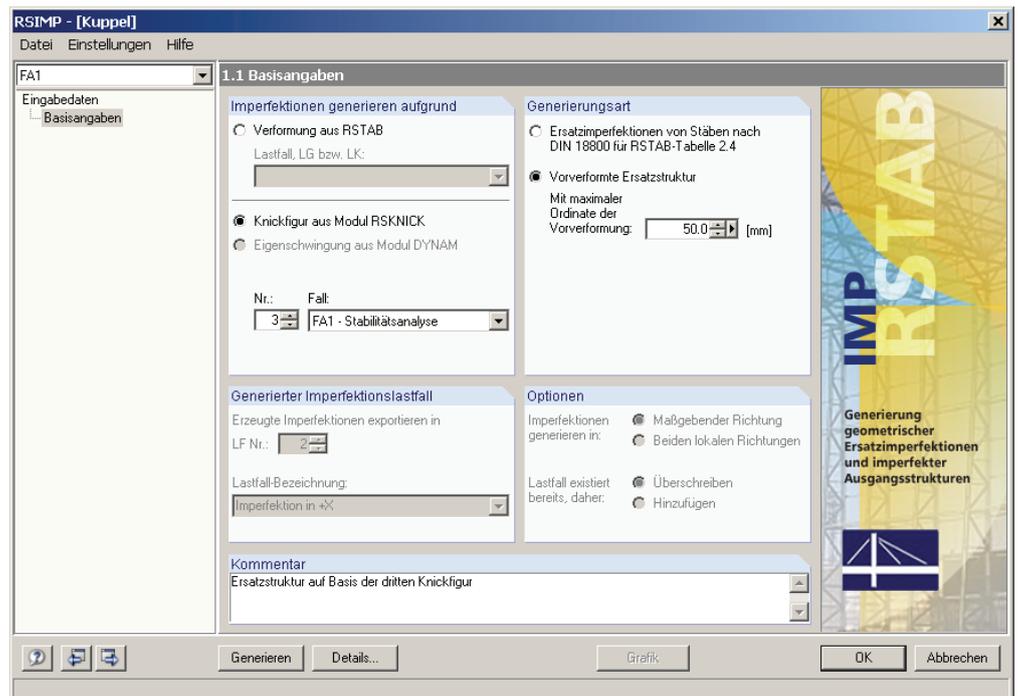


Bild 3.12: RSIMP-Maske 1.1 *Basisangaben*

Generieren

Als maßgebend wird im Eingabefeld *Nr.* die **dritte Knickfigur** vorgegeben. Die *Ordinate der Vorverformung* wird mit maximal **50 mm** angenommen, d. h. es werden die normierten Verformungen zu den Knotenkoordinaten addiert. Die Eingabe ist damit vollständig.

Nach dem [Generieren] der Ersatzstruktur und [OK] zeigt die RSTAB-Grafik folgendes Bild:

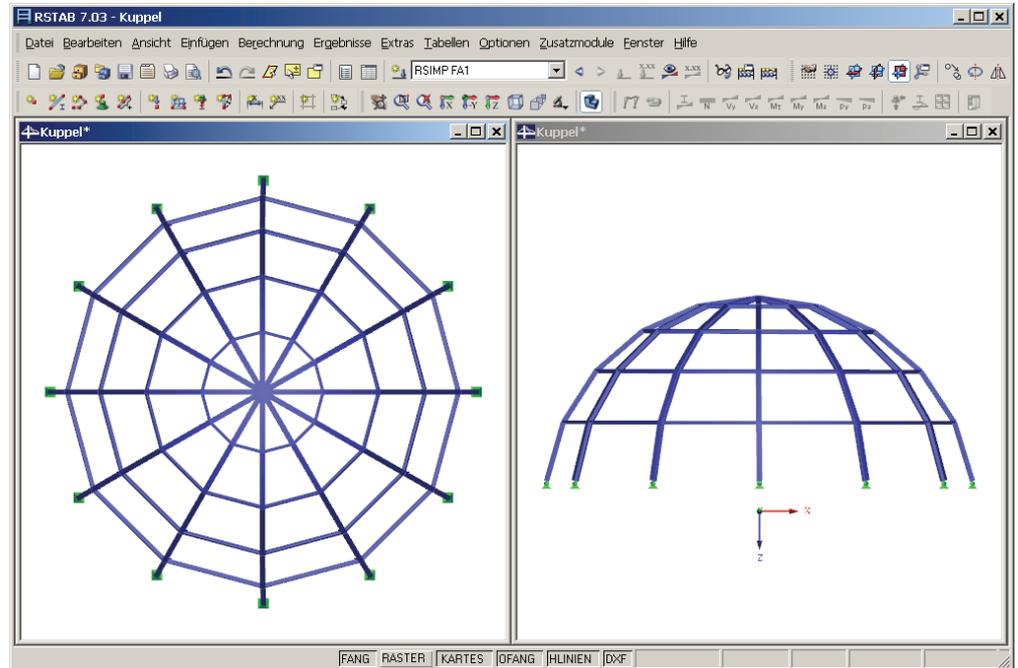


Bild 3.13: Generierte Ersatzstruktur in Z- und Y-Ansicht

Wegen der relativ kleinen Ordinate der Vorverformung sind die verschobenen Knotenkoordinaten bei dem Kuppelradius von 10 m nicht unmittelbar erkennbar. Die Kontrolle kann beispielsweise in der RSTAB-Tabelle 1.1 *Knoten* oder in den Bearbeitungsdialogen erfolgen.

4. Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel stellt abschließend einige Menüfunktionen sowie Exportmöglichkeiten der Generierungsfälle vor.

4.1 RSIMP-Generierungsfälle

Es besteht die Möglichkeit, Generierungsparameter oder Stäbe und Stabsätze in separaten Generierungsfällen zu gruppieren. Damit können in verschiedenen RSIMP-Fällen beispielsweise bestimmte Stäbe, Belastungen oder Knickfiguren zur Generierung der Imperfektionen herangezogen werden. Es ist möglich, dass für gewisse Stäbe im System die Imperfektionen aufgrund verschiedener Knickfiguren maßgeblich werden. Gemäß derzeitigem Stand der Technik sind diese dann auch getrennt in Form verschiedener Einzellastfälle entsprechend zu berücksichtigen.

Wenn Sie unterschiedliche Generierungsfälle nutzen, richten Sie bitte Ihre Aufmerksamkeit auf die jeweils vergebenen Startnummern der Lastfälle und die zugehörigen Generierungsoptionen, um ein unbeabsichtigtes Überschreiben auszuschließen.

Neuen RSIMP-Fall anlegen

Ein neuer Generierungsfall wird angelegt über das RSIMP-Menü

Datei → **Neuer Fall**.

Es erscheint folgender Dialog.



Bild 4.1: Dialog *Neuer RSIMP - Fall*

In diesem Dialog sind eine (noch nicht belegte) *Nummer* sowie eine *Bezeichnung* für den neuen Generierungsfall anzugeben. Nach [OK] wird die RSIMP-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Festlegung der neuen Parameter angezeigt.

RSIMP-Fall umbenennen

Die Bezeichnung eines Generierungsfalls kann geändert werden über das RSIMP-Menü

Datei → **Fall umbenennen**.

Es erscheint der Dialog *RSIMP-Fall umbenennen*.



Bild 4.2: Dialog *RSIMP-Fall umbenennen*

RSIMP-Fall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Generierungsfalls werden kopiert über das RSIMP-Menü

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint der Dialog *RSIMP-Fall kopieren*, in dem die Nummer und Bezeichnung des neuen Falls festzulegen sind.



Bild 4.3: Dialog *RSIMP-Fall kopieren*

RSIMP-Fall löschen

Es besteht die Möglichkeit, Bemessungsfälle zu löschen über das RSIMP-Menü

Datei → **Fall löschen**.

Im Dialog *RSIMP-Fall löschen* wird in der Liste *Vorhandene Fälle* der gewünschte Bemessungsfall ausgewählt und dann mit [OK] gelöscht.



Bild 4.4: Dialog *RSIMP-Fall löschen*

4.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RSTAB sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. In RSIMP ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

Einstellungen → Einheiten und Dezimalstellen.

Es wird der aus RSTAB bekannte Dialog aufgerufen, das Modul RSIMP ist voreingestellt.



Bild 4.5: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden. Die Beschreibung dieser Funktionen finden Sie im Kapitel 11.6.2 des RSTAB-Handbuchs auf Seite 334.

4.3 Export der Daten

Der Datenexport der generierten Ersatzimperfectionen vollzieht sich primär in Richtung des Hauptprogramms RSTAB: Dort wird ein Imperfectionslastfall erzeugt, der ggf. angepasst oder ergänzt werden kann. Die Übergabe der Ersatzlasten nach RSTAB ist im Kapitel 3.3 auf Seite 18 ausführlich beschrieben. Mit Einschränkungen lassen sich die RSIMP-Daten auch direkt für andere Programme bereitstellen.

Zwischenablage

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

Ausdruckprotokoll

Die RSIMP-Daten lassen sich nicht direkt in das Ausdruckprotokoll integrieren. Es können jedoch die in den RSTAB-Lastfällen erzeugten Imperfektionen exportiert werden über Menü

Datei → Export in RTF-Datei bzw. BauText.

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RSTAB-Handbuchs auf Seite 238 beschrieben.

Excel / OpenOffice

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

Datei → Tabellen exportieren.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

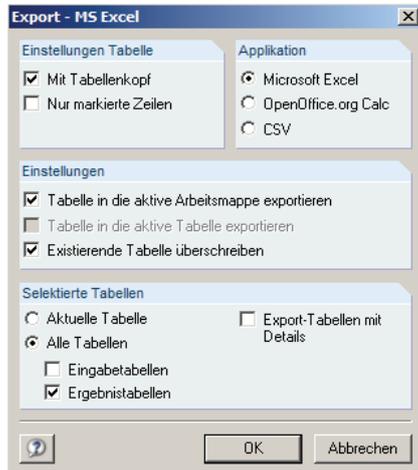
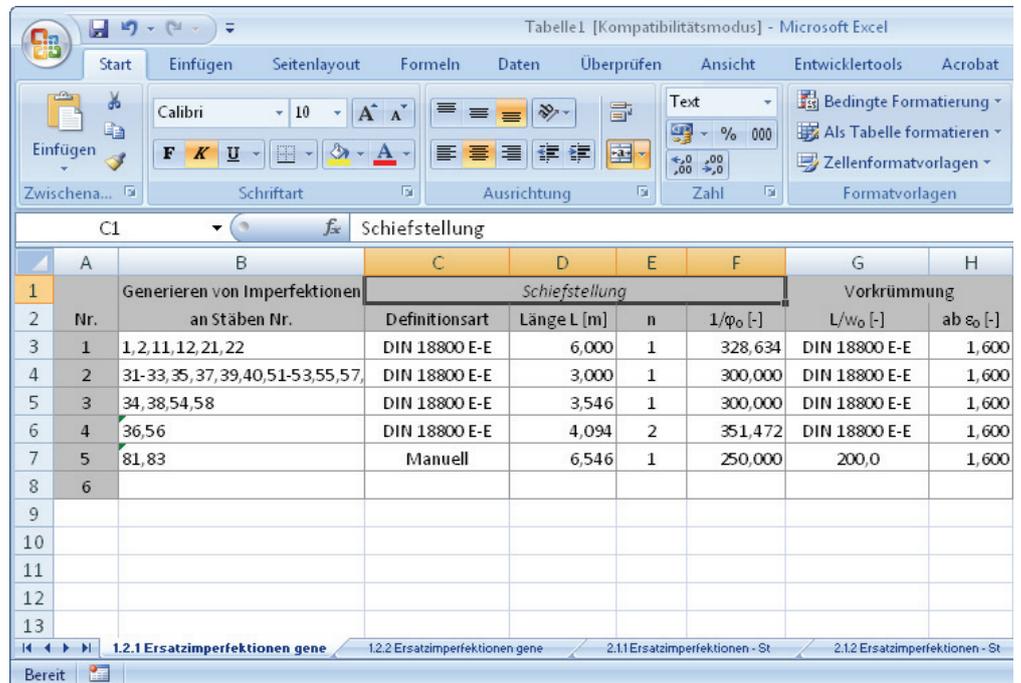


Bild 4.6: Dialog *Export - MS Excel*

Für den Datenexport kommen konzeptgemäß nur die beiden Tabellen 1.2 *Imperfektionen* und 2.1 *Generierte Imperfektionen* infrage. Mit [OK] wird der Datenexport gestartet. Excel wird automatisch aufgerufen, es braucht nicht im Hintergrund geöffnet sein.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Generieren von Imperfektionen	Schiefstellung			Vorkrümmung		
2	Nr.	an Stäben Nr.	Definitionsart	Länge L [m]	n	1/φ₀ [-]	L/w₀ [-]	ab ε₀ [-]
3	1	1, 2, 11, 12, 21, 22	DIN 18800 E-E	6,000	1	328,634	DIN 18800 E-E	1,600
4	2	31-33,35,37,39,40,51-53,55,57,	DIN 18800 E-E	3,000	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600
5	3	34, 38,54,58	DIN 18800 E-E	3,546	1	300,000	DIN 18800 E-E	1,600
6	4	36,56	DIN 18800 E-E	4,094	2	351,472	DIN 18800 E-E	1,600
7	5	81,83	Manuell	6,546	1	250,000	200,0	1,600
8	6							
9								
10								
11								
12								
13								

Bild 4.7: Ergebnis in *MS Excel*

A Literatur

- [1] DIN 18800 (11.90) Teil 1: Stahlbauten - Bemessung und Konstruktion, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 1992
- [2] DIN 18800 (11.90) Teil 2: Stahlbauten - Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 1992
- [3] DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2): Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, 2004
- [4] DIN EN 1993-1-1 (Eurocode 3): Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, 2005

B Index

A		Kommentar	10
Auslenkung.....	9	KSL	12
B		L	
Basisangaben.....	8	Länge	11
Beenden von RSIMP.....	7	Lastfall.....	9
Benutzerprofil.....	23	Lastfallkombination.....	8
Blättern in Masken.....	7	M	
C		Manuell	11
CSV-Export.....	24	Masken.....	7
D		Maßgebende Richtung.....	9
Datenexport.....	23	N	
Definitionsart.....	11, 12	n Ursachen	11
Details.....	10, 14	Navigator	7
Dezimalstellen	10, 23	O	
DYNAM.....	9	OpenOffice.....	24
E		Optionen	9
Eigenschwingung	9	Ordinate der Vorverformung.....	9
Einheiten	10, 23	P	
Elastisch-Elastisch	11, 12	Programmaufruf	6
Elastisch-Plastisch	11, 12	R	
Epsilon ϵ_0	13	Reduktionsfaktor.....	12
Ersatzimperfection.....	9, 16	RSIMP-Fall	16, 21
Ersatzstruktur	9, 14, 17, 19	RSKNICK.....	8, 19
Excel	24	S	
Export	18, 23	Schiefstellung.....	11
G		Stabdrehung	11
Generierung starten.....	14	Stäbe.....	9, 10, 17
Generierungsart.....	9	Stabkennzahl.....	13
Generierungsfall	21, 22	Stabsätze.....	10, 17
Grafik.....	17, 18	Starten von RSIMP.....	6
H		Stich der Vorkrümmung.....	12
Hinzufügen	9	Systemlänge	12
I		T	
Imperfektionen	10, 16	Toleranz	10, 14
Imperfektionslastfall	9	U	
Installation.....	5	Überschreiben	9
K		V	
Knickfigur	8, 20	Verformung.....	8
Knickspannungslinie	12, 13	Vorkrümmung.....	12