



**4H-** STATIKPROGRAMME  
AUS HANNOVER

**DTE** Desktop<sup>®</sup>  
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet [www.pcae.de](http://www.pcae.de)

Mail [dte@pcae.de](mailto:dte@pcae.de)



**4H-NISI**

Nichtlineare Ebene Stabtragwerke

Beispieleingaben

Januar 2025



# 4H-NISI

## Nichtlineare Ebene Stabtragwerke Beispieleingaben

Copyright 2005-2025

5. aktualisierte Auflage, Januar 2025

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

pcae versichert, dass Handbuch und Programm nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurden. Für absolute Fehlerfreiheit kann jedoch infolge der komplexen Materie keine Gewähr übernommen werden.

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

Korrekturen und Ergänzungen zum vorliegenden Handbuch sind ggf. auf der aktuellen Installations-CD enthalten. Ergeben sich Abweichungen zur Online-Hilfe, ist diese aktualisiert. Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter [www.pcae.de](http://www.pcae.de)**.

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden. S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE<sup>®</sup>-System.



# Produktbeschreibung

##-NISI ist ein Produkt der **pcae** GmbH, Hannover, und berechnet und bemisst ebene Stabtragwerke.

Das Tragwerk kann aus den Materialien Stahl, Stahlbeton und Holz als Mischsystem mit folgendem Normenbezug ausgeführt werden.

- Stahlbeton DIN EN 1992-1-1 (EC 2), DIN 1045-1, DIN 1045 (88),
- Stahl DIN EN 1993-1-1 (EC 3), DIN 18800,
- Holz DIN EN 1995-1-1 (EC 5) und DIN 1052 (2008 u. 88)).

Ferner können Stäbe mit beliebiger Werkstoffgüte in das Tragsystem integriert sein, die jedoch nur mit ihren Steifigkeitswerten berücksichtigt und nicht nachgewiesen werden.

Das Programm hat seinen Schwerpunkt im Bereich der nichtlinearen Berechnungen. Zum einen ist dies die Elastizitätstheorie II. Ord. als geometrische Nichtlinearität.

Ferner werden im Programm als werkstoffliche Nichtlinearitäten die im Stahlbau auf ebene Systeme beschränkte Fließgelenktheorie und im Stahlbetonbau die Berücksichtigung der effektiven Querschnittssteifigkeiten im Zustand 2 unterstützt. Jedoch können in einem Mischsystem beide werkstofflichen Nichtlinearitäten innerhalb eines Nachweises nicht gemeinsam auftreten.

Abschließend werden die Systemnichtlinearitäten infolge Druckstabausfall und Zugfederaus-schaltung gebetteter Systeme untersucht.

Endresultat der Berechnungen mit ##-NISI sind auf der einen Seite Spannungen und daraus resultierende Ausnutzungsgrade und andererseits die erforderliche Armierung für Stahlbetonsysteme.

Die ermittelten Schnitt- und Lagergrößen können über die Definition sog. Kontrollpunkte an **pcae**-Detailnachweisprogramme z.B. zum Nachweis von Anschlüssen oder zur Fundamentbemessung weitergeleitet werden.

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und ##-NISI von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.

Das vorliegende Handbuch gibt eine Anleitung zur Einarbeitung in das Programm ##-NISI an Hand von Eingabebeispielen. Es ermöglicht durch Lernen am Objekt einen unkomplizierten Einstieg in die Eingabephilosophie der ##-Programme.

Ergänzend hierzu steht ein separates Handbuch zur Verfügung, das die Eigenschaftsblätter der grafischen Eingabe und die Ausgabemöglichkeiten der Postprozessoren in chronologischer Reihenfolge beschreibt und eher dem geübten Anwender zur Erläuterung und Vertiefung bereits bekannter Funktionen dient.



Im Sinne eines Leitfadens gedacht, kann das Manual nicht alle Fragen beantworten. Im aktuellen Falle wird dann der Hilfebutton im jeweiligen Eigenschaftsblatt Antwort geben.

Zur ##-NISI-Dokumentation gehören neben diesem Handbuch die Manuals

- ##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung,
- das **pcae**-Nachweiskonzept und
- DTE®-DeskTopEngineering

Alle Handbücher finden Sie als pdf-Dokumente auch im Internet unter [www.pcae.de](http://www.pcae.de).

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ##-NISI.

Hannover, im Januar 2025

# Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende **Abkürzungen** benutzt:

<b>Maustasten</b>	RMT	rechte Maustaste drücken
	LMT	linke Maustaste drücken
	LF	Lastfall
	Nwtyp	Nachweistyp
	GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
	GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

**Buttons** Das Betätigen von Buttons wird durch Setzen des Buttoninhalts in **blaue Farbe** und die Auswahl eines Begriffs in einer Listbox durch diese **Farbe symbolisiert**.



**Rot** markierte Buttons bzw. Mauszeiger kennzeichnen erforderliche Eingaben bzw. anzuklickende Buttons.

**Index** Indexstichworte werden im Text zum schnelleren Auffinden **grün markiert**.

Beim Verweis auf Eigenschaftsblätter wird deren *Bezeichnung kursiv gedruckt*.

**Doppelklick** zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

**blank** Leerzeichen

**Cursor** Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

**icon** oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

**Fangerechteck** Ein Fangerechteck wird durch Drücken der LMT und Ziehen der Maus mit gedrückter LMT aufgespannt. Alle Elemente, die vollständig innerhalb des Rechteckes liegen, werden ausgewählt. Waren Elemente bereits vor dem Aufspannen des Rechteckes ausgewählt und befinden sie sich vollständig in seinem Innenraum, werden sie wieder deaktiviert.

Zur Definition der Begriffe **Lastbild**, **Lastfall**, **Einwirkung**, **Lastkollektiv**, **Imperfektion** und **Extremalbildungsvorschrift** s. Handbuch das **pcae-Nachweiskonzept**, Theoretischer Teil.

Die in der Interaktion mit **pcae**-Programmen stehenden **Buttons** besitzen folgende Funktionen:



bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab



lädt abgespeicherte Werte in das Eigenschaftsblatt bzw. speichert die aktuellen Werte zum späteren Abruf in anderen Eigenschaftsblättern



ruft das Online-Hilfesystem



bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt



Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Wenn der Mauszeiger einen Moment auf einem Button verweilt, erscheint ein Fähnchen, das den zugehörigen Aufruf beschreibt.

Datenzustand  
überprüfen

# Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten .....	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen .....	7
3	Eingabebeispiel .....	9
3.1	Systemabmessungen .....	9
3.2	Geometrieingabe .....	10
3.2.1	Geometrieingabe über Knoten- und Stabtablelle .....	10
3.2.2	Geometrieingabe über Knoten- und manuelle Staberzeugung .....	11
3.2.3	Geometrieingabe durch Linienzugerzeugung .....	12
3.2.4	Geometrieingabe durch orthogonales Raster .....	15
3.2.5	Modellierungen an Linien und Punkten .....	16
3.2.6	Geometrieingabe durch rotationssymmetrisches Raster .....	18
3.2.7	DXF- und Textdateiübernahme .....	18
3.3	statisches System .....	19
3.3.1	Materialangaben .....	19
3.3.2	Erläuterung zur Zuweisung von Eigenschaften .....	23
3.3.3	Lagereigenschaften .....	23
3.3.4	Gelenkbedingungen .....	24
3.4	Darstellungseigenschaften .....	25
3.5	Sichern der Eingaben .....	25
3.6	Belastung .....	26
3.6.1	Assistent zur Laststrukturierung .....	26
3.6.2	Eigengewichtslasten und Aktivierung von Gruppen .....	27
3.6.3	Schneelasten als Linienlasten .....	29
3.6.4	Windlasten als Linienlasten, Modifikation von Linienlastobjekten .....	30
3.6.5	Lastbilder kopieren .....	31
3.6.6	Lastfallcharakteristika .....	31
3.6.7	zusätzliche Einwirkung und Lastfälle erzeugen, Einzellast .....	32
3.6.8	Tabellarische Lastbildbearbeitung .....	34
3.7	Kontextsensitivität .....	34
3.8	Nachweise .....	35
3.9	Nachweis Schnittgrößenermittlung .....	37
3.10	Berechnung des Tragwerks .....	38
3.11	Datenzustandskontrolle .....	39
3.12	Korrektur des Missstands .....	39
3.13	Berechnung und Visualisierung der Ergebnisse .....	40
3.13.1	Ergebnissatz auswählen .....	40
3.13.2	Kürzel in den Auswahllisten der dynamischen Schalttafeln .....	42
3.13.3	Ergebnisse der Bemessungen und Nachweise .....	42
3.13.4	Charakteristisches Niveau im Nachweis Schnittgrößenermittlung .....	43
3.13.5	Grafiken für Statikdokument sichern .....	43
3.14	Zwischenbilanz und Hinweis auf Drucklistengestaltung .....	44
3.15	Nachweis EC 2 Knicksicherheit .....	45
3.15.1	Nachweis Knicksicherheit und Lastkollektiv einrichten .....	45
3.15.2	Stabkennzahl $\varepsilon$ .....	47
3.15.3	effektive Biegesteifigkeit $I_{\text{eff}}$ .....	47
3.15.4	Grundbewehrung $A_{s0}$ .....	47
3.15.5	Liniengrafiken in der Ergebnisvisualisierung .....	50
3.16	DIN 18800 Traglast (Fließgelenke), Theorie II. Ordnung .....	51
3.16.1	Imperfektionen .....	51
3.16.2	Nachweis DIN 18800 Traglast und Lastkollektiv einrichten .....	52
3.16.3	Systemanpassungen .....	54
3.16.4	Druckstabausfall .....	55
3.16.5	Bettungsausfall .....	57
3.16.6	Bettungs- und Druckstabausfall ignorieren .....	60

3.16.7 Zusammenfassung der Ergebnisse eines Nachweises .....	61
4 Imperfektionen .....	63
4.1 Schiefstellung .....	63
4.2 Vorkrümmung .....	64
4.3 Imperfektionen kopieren .....	65
4.4 Zusatzimperfektionen zur Berücksichtigung der Kriechausmitte (Stahlbetonbau) .....	66
4.4.1 Darstellung der Knickfigur .....	67
5 Druckdokument.....	69
6 Index .....	69



# 1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-NISI* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte auf S. 7, Bauteil erzeugen, weiter.

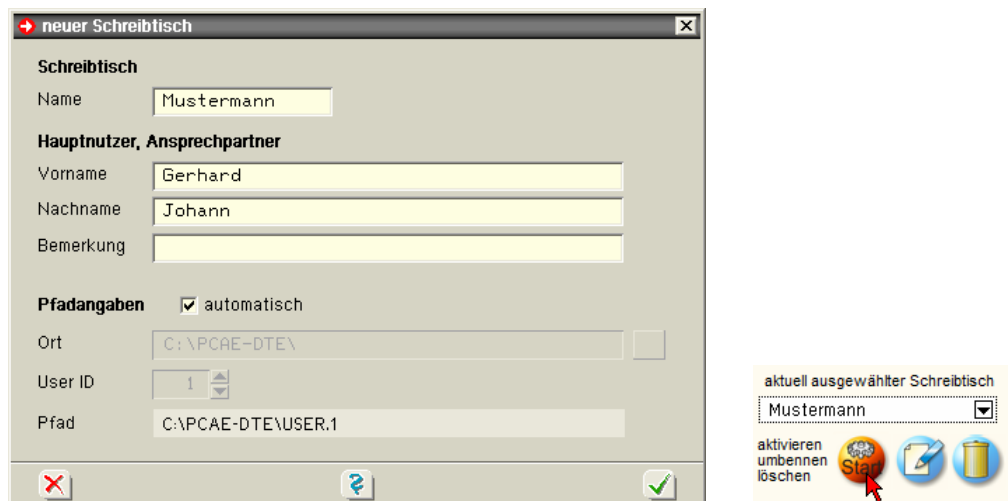


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

Daraufhin erscheint das Eigenschaftsblatt zur **Schreibtischauswahl**. Da noch kein Schreibtisch vorhanden ist, wollen wir einen neuen einrichten. Klicken Sie hierzu bitte auf den Button **neu**.



**Schreibtischname** Dem neuen Schreibtisch kann ein beliebiger Name zur Identifikation zugewiesen werden. Klicken Sie hierzu mit der LMT in das Eingabefeld. Hier ist *Mustermann* gewählt worden.



Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

DTE® steht für *DeskTopEngineering* und stellt das "Betriebssystem" für *pcae*-Programme und die Verwaltungsoberfläche für die mit *pcae*-Programmen berechneten Bauteile dar.



Zur Beschreibung des DTE®-Systems und der zugehörigen Funktionen s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.



## Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

Die Funktion eines Steuerbuttons ergibt sich aus dem Fähnchen, das sich öffnet, wenn sich der Mauscursor über dem Button befindet.

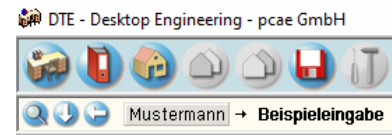
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

- |  |   |
|--|---|
|  | Die Buttons bewirken im Einzelnen   |
|  | öffnet die Schreibtischauswahl  |
|  | legt einen neuen Projektordner an   |
|  | erzeugt ein neues Bauteil   |
|  | kopiert das aktivierte Bauteil  |
|  | fügt die Bauteilkopie ein   |
|  | lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der <b>e-Mail-Dienst</b> . |
|  | menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils                       |
|  | druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils                       |
|  | ruft das Planerstellungsmodule des aktivierten Bauteils                   |
|  | löscht das aktivierte Bauteil/Ordner                                      |
|  | öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste                                  |
|  | öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen   |
|  | eröffnet Verwaltungsfunktionen  |
|  | schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung                   |

## Ordner und Bauteil erzeugen



Durch Erzeugung eines **Ordners** besteht die Möglichkeit, Bauteile einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Ein Ordner wird durch Anklicken des nebenstehenden Symbols erzeugt. Der Ordner erscheint auf dem Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.



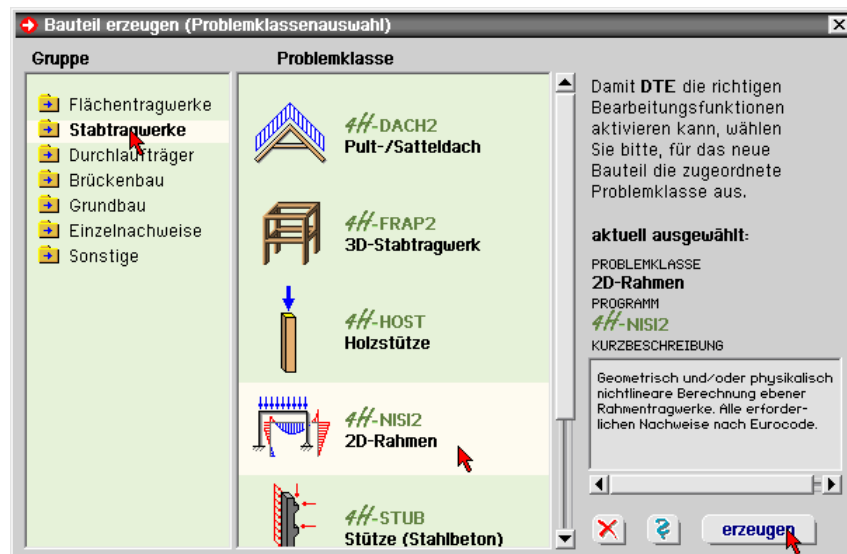
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



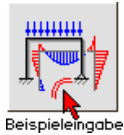
Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Stabtragwerke**, dann auf die Problemklasse **2D-Rahmen** und abschließend auf den **erzeugen-Button**.



Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, wo das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll.

Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.

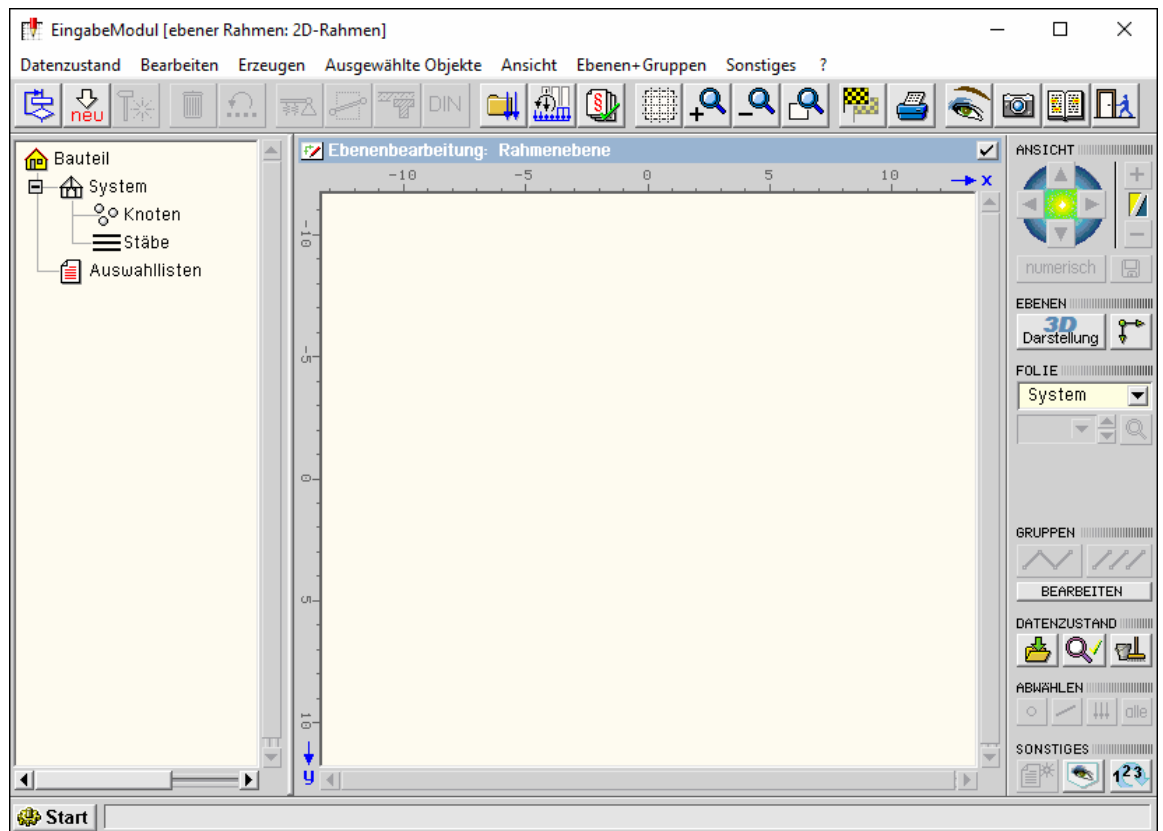




Überschreiben Sie das Wort "2D-Rahmen" durch einen sinnvollen Text zur Identifikation. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet.

Klicken Sie das Bauteil nun mit der LMT doppelt an (Doppelklick). Die grafische Eingabeoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

## Eingabeoberfläche



Am oberen und rechten Rand des Bearbeitungsfensters befinden sich die Steuerbuttons, die wir im Laufe der Bearbeitung kennen lernen werden.

Einige der Steuerbuttons sind abgeblendet und können im gegenwärtigen Bearbeitungszustand nicht aktiviert werden. Hierdurch zeigt sich bereits das kontextsensitive Verhalten des Eingabemoduls (s. S. 34); es werden grundsätzlich nur solche Buttons angeboten, deren Verwendung zum aktuellen Zeitpunkt sinnvoll ist. Modifikationswerkzeuge, Lagerdefinitionen, Querschnittszuweisungen usw. sind zu Beginn nicht möglich, da noch keine Objekte (Punkte oder Linien) vorhanden und aktiviert sind.



Hinweise zu den Funktionen der Steuerbuttons finden Sie im Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*.

### 3

## Eingabebeispiel

Im Folgenden wird die Handhabung des grafischen Eingabemoduls mit den vielfältigen Möglichkeiten der Modellierung an einem kleinen Beispielsystem erläutert.

Es ist für die Einarbeitung nicht erforderlich, eine komplexe Struktur zu erzeugen. Sämtliche Arbeitsabläufe lassen sich auch an einem kleinen System darstellen und werden bei einem großen System lediglich entsprechend häufiger auftreten bzw. öfter durchgeführt werden.

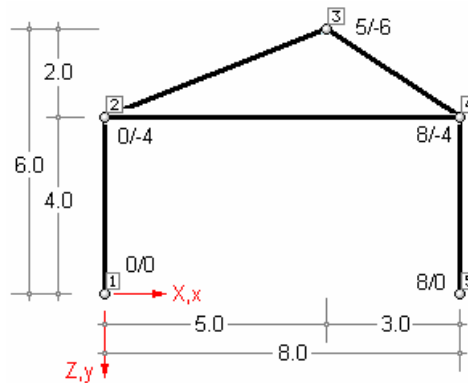
Die Eingabe eines ebenen Rahmens gliedert sich in die Beschreibung des Tragsystems, der Belastung und der erforderlichen Nachweise. Dementsprechend weist das Eingabemodul eine Systemfolie zur Festlegung des Tragsystems und bei  $n$  definierten Lastfällen auch  $n$  Lastfallfolien zur Eingabe der zugehörigen Lastbilder auf. Die Beschreibung der Ersatzimperfektionen erfolgt in den Imperfektionsfolien.

Aus der Darstellung der Eingabeoberfläche auf S. 8 ist unter der Überschrift *Folie* am rechten Rand ersichtlich, dass nach Aufruf des Bauteils gegenwärtig die **Systemfolie** aufgeschlagen ist.

### 3.1

## Systemabmessungen

Das angestrebte System besteht aus fünf Knoten und fünf Stäben. Die Abmessungen und daraus resultierenden Knotenkoordinaten können der folgenden Skizze entnommen werden.



Die **Koordinatenangaben** erfolgen im globalen XZ-System. Für das in den Randlinealen in der Eingabeoberfläche (S. 8) angetragene lokale **Ebenenkoordinatensystem**  $xy$  gilt  $x = X$  und  $y = Z$ .

Im ersten Arbeitsgang werden nun diese Punkte und Linien als geometrische Objekte im Eingabefenster festgelegt. Prinzipiell haben sie damit noch keinerlei Eigenschaften im Sinne eines statischen Systems.

Zur Erzeugung der Strichskizze stehen mehrere Vorgehensweisen zur Verfügung. Welche Eingabeform der Anwender später wählen wird, hängt von der aktuellen Struktur und auch evtl. der persönlichen Vorliebe ab. An unserem Beispiel mag daher mancher der im folgenden gezeigten Wege umständlich erscheinen. Jedoch geht es hier mehr um das Prinzip.

## 3.2 Geometrieeingabe

### 3.2.1 Geometrieeingabe über Knoten- und Stabtablelle



Allen Eingabeformen geht eine gewisse Tipparbeit zur Koordinateneingabe voran. Daran führt kein Weg vorbei.

Klicken Sie bitte die beiden nebenstehenden Buttons an, so dass die folgende Eingabetabelle auf dem Bildschirm erscheint.

Knoten			
	Nr [-]	X [m]	Z [m]
1	1	0.000	0.000
2	2	0.000	-4.000
3	3	5.000	-6.000
4	4	8.000	-4.000
5	5	8.000	0.000
6			
7			
8			
9			

Stäbe			
	Nr [-]	Anf. [-]	Ende [-]
1	1	1	2
2	2	2	3
3	3	3	4
4	4	4	5
5	5	2	4
6			
7			
8			
9			

Hier sind die rot markierten Zahlenwerte einzutragen. Hierbei sind nun natürlich nur die führenden Werte und nicht alle Nachkommastellen mit anzugeben.

Sobald mit der LMT eine **Tabelle** angeklickt wird, öffnet sie sich und der Cursor steht links im Eingabefeld. Eine Eingabe wird wie üblich mit der Eingabetaste bestätigt und der Cursor springt in das nächste Feld.

4	4	8.000	-4.000
5	5	8.00	0.000



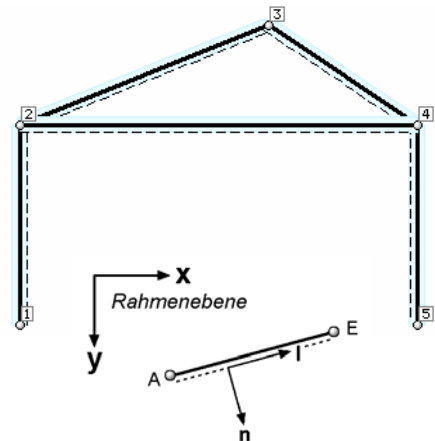
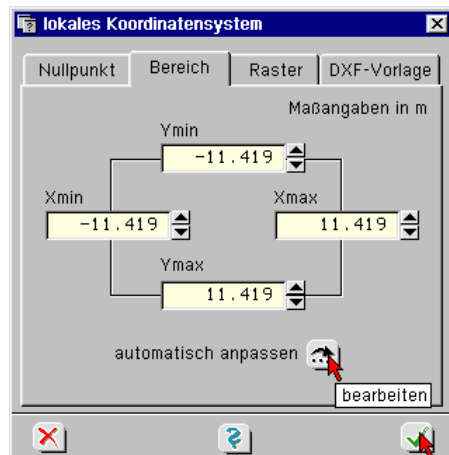
Hier werden wieder die führenden Stellen eingetippt. Alle Stellen, die rechts vom Cursor durch ein blank getrennt stehen, werden bei der Eingabe ignoriert.

Befindet sich der Cursor in einer Eingabezeile und wird die RMT gedrückt, erscheint ein Menü, das weitere **Editorfunktionen** bereitstellt. Z.B. können über die Funktionstaste F7 überzählige **Zeilen gelöscht** werden. Bei Verlassen des Eigenschaftsblatts findet jedoch auch eine Überprüfung auf unzulässige Eingaben mit entsprechenden Meldungen statt.

Führen Sie nun bitte die oben gezeigt Eingaben durch und **bestätigen** das Eigenschaftsblatt.



Damit erscheint das gewünschte System im Eingabefenster. Da es mehr oder weniger klein erscheint, wollen wir den **Darstellungsbereich** auf das System anpassen. Klicken Sie den dargestellten Button an, wechseln auf das Registerblatt **Bereich** und betätigen dort den Button **automatisch anpassen**. Dadurch wird das System mit Randabständen in die Arbeitsfläche eingepasst.



Aus der rechts dargestellten Systemskizze ist erkennbar, dass jedem Stab eine **gestrichelte Linie** zugewiesen wurde, die über das lokale **lmn-Stabkoordinatensystem** informiert. **l** zeigt stets vom Anfangsknoten zum Endknoten. **m** zeigt aus der Ebene heraus in Richtung **Y**. **n** steht senkrecht auf **l** und **m**.



Positive Momente erzeugen auf der positiven **n**-Seite Zug. Die positive **n**-Seite wird im Ebenenbearbeitungsmodus mit einer gestrichelten Linie versehen. Der Stabquerschnitt wird im **m-n**-System beschrieben.

Die folgenden Systemgrafiken sind für dieses Manual verkleinert erstellt worden und erscheinen auf Ihrem Monitor wesentlich größer.

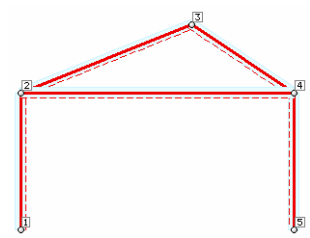
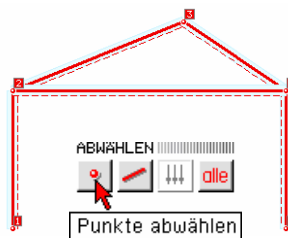
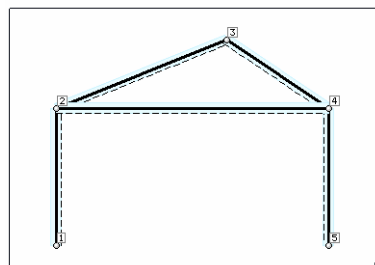
### 3.2.2

### Geometrieingabe über Knoten- und manuelle Staberzeugung

Wir wollen nun so tun als hätten wir in der Tabelleneingabe (S. 10) nur die oberen Knotenkoordinaten und nicht zusätzlich die untere Verknüpfungstabelle gefüllt.

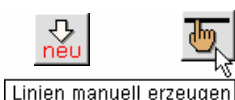
#### löschen

Markieren Sie bitte das gesamte System durch Aufziehen eines Fangrechtecks (S. 2).



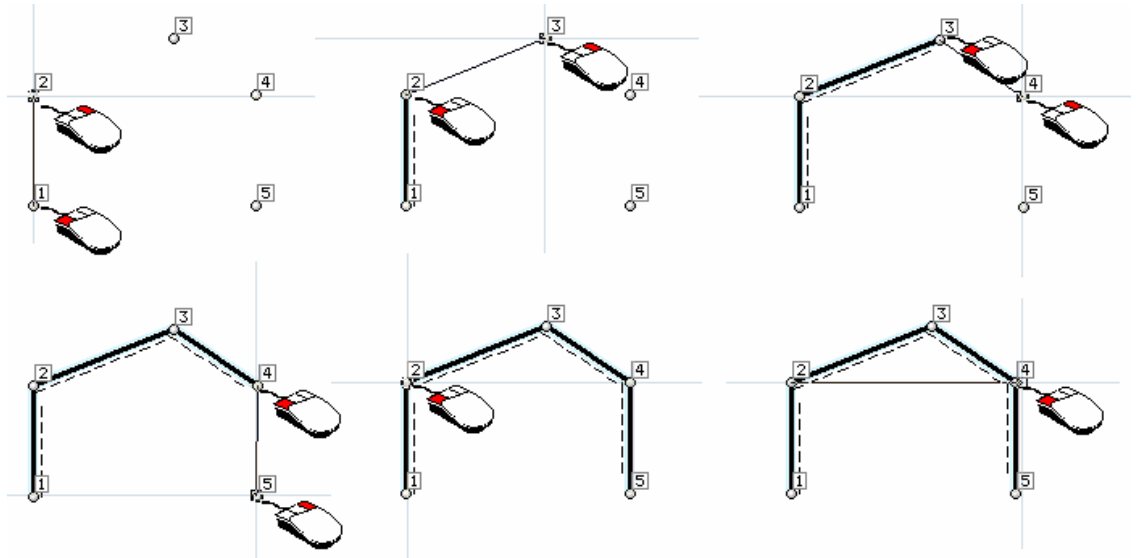
Hierdurch werden alle Punkte und Linien als ausgewählte Objekte rot markiert. Durch Klicken des Buttons **Punkte abwählen** bleiben nur noch die Stäbe markiert.

Über den **Mülleimer-Button** werden alle markierten Objekte gelöscht.



Klicken Sie nun bitte den Button **Objekte erzeugen** an und in dem dann erscheinenden Untermenü auf den Button **Linien manuell erzeugen**.

Daraufhin erscheint ein Fadenkreuz mit dem Linien durch Anklicken von bereits definierten Punkten oder beliebigen Orten in der Ebene erzeugt werden können. Wenn kein Punkt innerhalb des Fangeabstandes gefunden wird, wird am angeklickten Ort ein neuer Punkt automatisch erzeugt.



Klicken Sie nun Punkt 1 mit der LMT an. Wenn der Punkt gefangen wurde, erfolgt eine Animation in Form eines pumpenden Kreises. Klicken Sie dann Punkt 2 mit der RMT an. Die erste Linie ist damit erzeugt. Klicken Sie nun Punkt 2 mit der LMT an und darauf Punkt 3 wieder mit der RMT. Verfahren Sie dann mit den Punkten 3 und 4 sowie 4 und 5 genauso, immer abwechselnd LMT/RMT. Bei der Erzeugung der letzten Linie klicken Sie bitte sowohl Punkt 2 als auch Punkt 4 mit der LMT an. Dadurch wird der Erzeugemodus beendet.



Durch abwechselndes Betätigen der linken und rechten Maustaste bleibt der Linienerzeugemodus aktiv. Zweimaliges Betätigen der LMT oder Drücken der Esc-Taste beenden die Funktion.

#### undo-Service



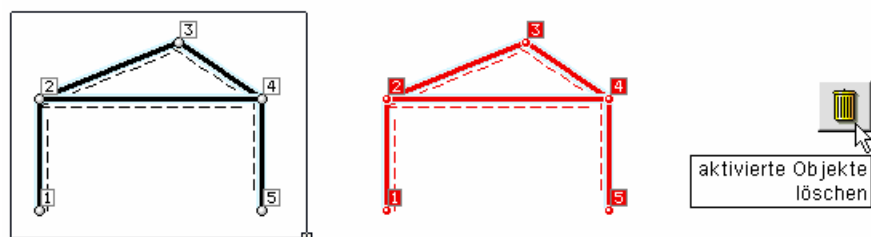
Rückgängig machen  
Wieder herstellen

Sollte bei der Erzeugung ein Fehler unterlaufen sein, hilft die undo-Funktion. Mit ihr können bis zu zehn Arbeitsschritte zurückgenommen bzw. wieder hergestellt werden.

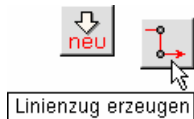
### 3.2.3

#### Geometrieingabe durch Linienzugzeugung

Bitte löschen Sie alle definierten Punkte und Linien. Ziehen Sie hierzu wieder das Fangrechteck auf, lassen alle Punkte und Linien aktiviert und drücken den Button **aktivierte Objekte löschen**.







Betätigen Sie nun bitte wieder den Button **Objekte erzeugen** und im folgenden Menü den Button **Linienzug erzeugen**.

**Linienzug**

Startpunkt des Linienzuges

x<sub>a</sub>  [m]

y<sub>a</sub>  [m]

manuell auswählen

Der Startpunkt des Linienzuges soll im Ursprung bleiben. **Bestätigen** Sie daher bitte das Eigenschaftsblatt.

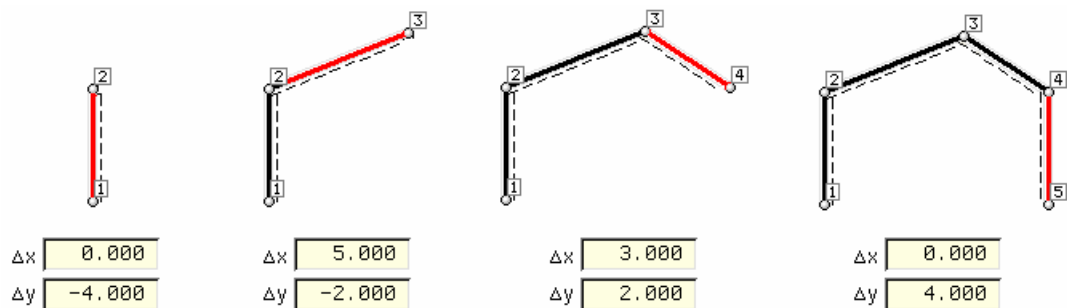


Über den Button **manuell auswählen** kann durch Anklicken mit der LMT ein bereits existierender Punkt zum Startpunkt des Linienzuges deklariert werden.

$\Delta x$   $\Delta y$

Der Punkt 1 wird im Ursprung erzeugt und am rechten Bildschirmrand erscheint ein Menü zur Eingabe von **Differenzkoordinaten** zwischen Anfangs- und Endpunkten der Linien.

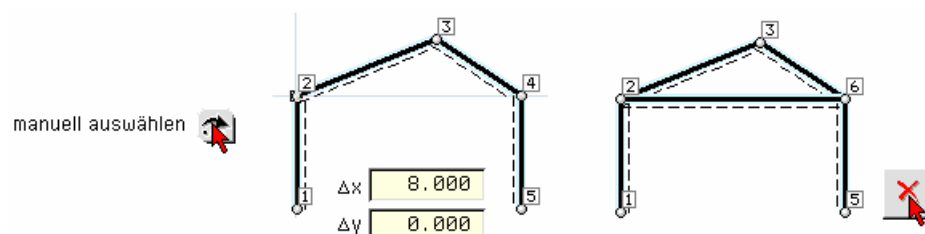
Tragen Sie nun bitte die in der folgenden Grafik eingetragenen Differenzkoordinaten sukzessive ein, so dass sich die dargestellten Teilstrukturen ergeben.



Nach diesen Einträgen müssen die markierten Linien neu erzeugt worden sein. Sollte irgendetwas missglückt sein, hilft der blaue **Pfeil-Button** und in dem dortigen Menü letzte Linie zurück. Ansonsten beenden Sie bitte den Linienzugmodus.



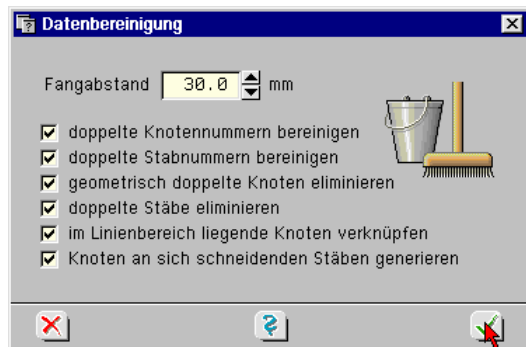
Obwohl die noch fehlende Linie besser im Freihandmodus (s. 3.2.2, S. 11) durch Anklicken erzeugt werden könnte, wollen wir nochmals den Linienzugmodus aufrufen. Klicken Sie diesmal jedoch den Button **manuell auswählen** an.



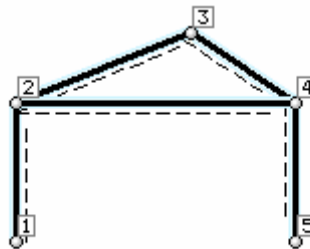
Aktivieren Sie nun mit dem Fadenkreuz Punkt 2 als Startpunkt des Linienzuges, geben die Differenzkoordinaten ein und beenden den Linienzugmodus.

Es fällt auf, dass über dem Punkt 4 mit Erzeugung der letzten Linie der Punkt 6 gelegt wurde. Obwohl beide Punkt an demselben Ort liegen, sind sie doch nicht miteinander verbunden. Der Riegel ist demnach rechts nicht mit dem System verknüpft.

**Datenbereinigung** Diesem Umstand wird mit der Datenbereinigungsfunktion begegnet, die überflüssigen Datenmüll entfernt und für eine eindeutige Beschreibung der Struktur sorgt. Der Button befindet sich am rechten Rand der Eingabeoberfläche.



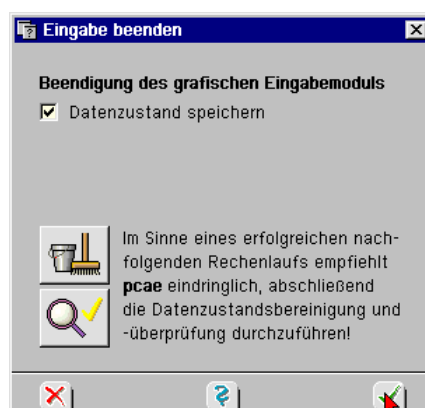
Aus dem Protokoll der Datenbereinigung ist ersichtlich, welche Aktionen stattgefunden haben: In unserem Beispiel die Eliminierung des Punktes 6. Danach sieht unser System wie erwartet aus.



Die drei folgenden Erzeugungsmechanismen sind für das gewählte Beispiel weniger praktikabel und werden eher bei größeren Systemen von Bedeutung sein. Jedoch bietet sich Gelegenheit zur Erläuterung von Modellierungsmöglichkeiten.

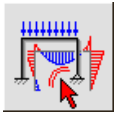


Wir wollen daher die bisher erzeugten Eingaben sichern und ein neues Bauteil einrichten. Verlassen Sie daher bitte das Eingabemodul über den nebenstehenden Button. Im Bauteilicon auf dem DTE®-Schreibtisch erscheint nun zur leichteren Identifikation eine Miniatur des Systems.



### 3.2.4

### Geometrieingabe durch orthogonales Raster



Erzeugen Sie bitte ein neues Bauteil wie auf S. 7 beschrieben und starten die grafische Eingabe durch Doppelklick auf das Bauteilicon.

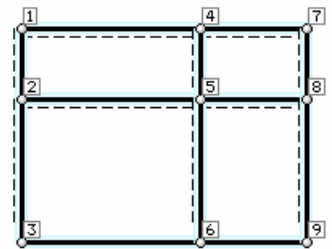


Die Eingabe befindet sich wie bereits erwähnt im Ebenenbearbeitungsmodus. Die gewünschte Funktion *orthogonales Raster* ist jedoch nur im 3D-Modus verfügbar. Wechseln Sie deshalb bitte über den dargestellten Button in den 3D-Modus.



orthogonales  
Raster generieren

Durch Anklicken des Buttons **Objekte erzeugen** erscheint nun gegenüber dem auf S. 11 gezeigten Aufruf in der Ebenenbearbeitung ein modifiziertes Menü, in dem die Rasterfunktionen beheimatet sind. Nach Anklicken des Buttons **orthogonales Raster generieren** erscheint das folgende Eigenschaftsblatt.

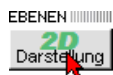


Der Eingabeformalismus wird durch die Skizze im Eigenschaftsblatt erklärt. Entsprechend den gewählten Systemabmessungen tragen Sie bitte die markierten Differenzkoordinaten unter **Punktgenerierung** ein. Der Eintrag der Relativkoordinate  $-6.0$  unter **Montage** bewirkt, dass der linke untere Eckpunkt des Rasters in den Koordinatenursprung fällt. Die nach **Bestätigen** erzeugte Struktur hat das rechts dargestellte Aussehen.

Sollten Sie hier überzählige 0-Zeilen erzeugt haben, klicken Sie bitte die betreffenden Zeilen an und drücken die F7-Taste, die eine ganze Zeile entfernt (s. S. 10).



Der Rastergenerator kann innerhalb eines Bauteils beliebig häufig aufgerufen werden.



Wechseln Sie nun bitte in die 2D-Darstellung, da uns nur dort alle im Folgenden gezeigten Funktionen zur Verfügung stehen.

### 3.2.5

## Modellierungen an Linien und Punkten

Um den gewünschten Endzustand zu erhalten, sind an dem erzeugten Orthoraster einige Nacharbeiten erforderlich. Hierzu werden die nachfolgenden Funktionen vorgestellt.

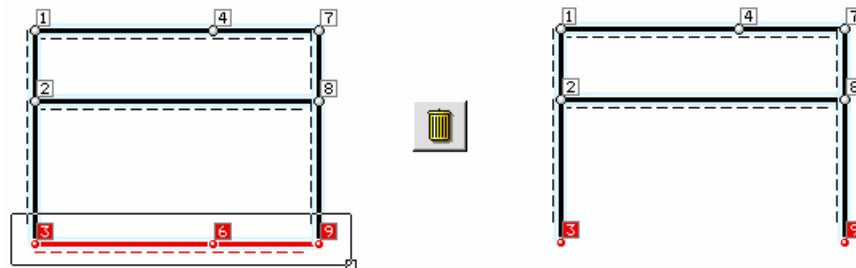
#### 3.2.5.1

### Auswählen und Löschen von Objekten

Wie bereits gezeigt können Objekte durch Umfahren mittels Fangrechteck markiert werden. Eine Alternative ist das Anklicken mit der LMT. Aktivieren Sie bitte derart die markierten zwei Linien und einen Punkt und klicken den Button **aktivierte Objekte löschen**.



Wählen Sie nun durch Anklicken oder Umfahren mittels Fangrechteck die unteren zwei Linien und drei Punkte und versuchen, diese zu löschen.



Wir sehen, dass beide Linien aber nur der Punkt 6 gelöscht wurden. Die Punkte 3 und 9 können auch nicht gelöscht werden, da sie zur Bildung der an sie geknüpften Linien benötigt werden, diese aber nicht markiert waren.

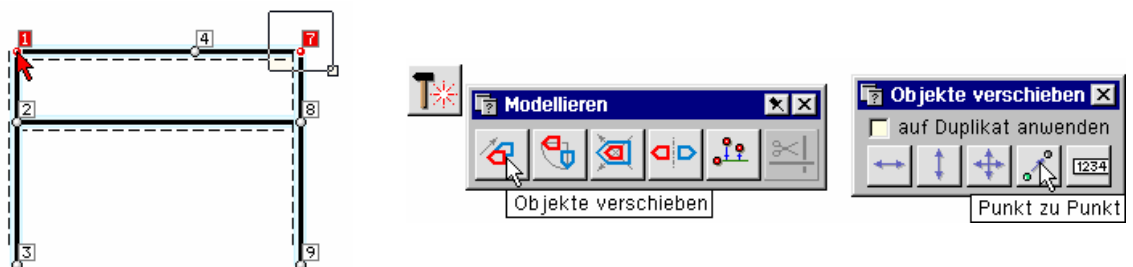
Bei der ersten Aktion konnte Punkt 5 gelöscht werden, da die Verbindung 2-8 als Gerade erkannt und Punkt 5 nicht zwingend zur Bildung von Linien benötigt wurde. Punkt 4 (und 6) wäre auch gelöscht worden, nur den benötigen wir ja noch.

#### 3.2.5.2

### Objekte deaktivieren und verschieben

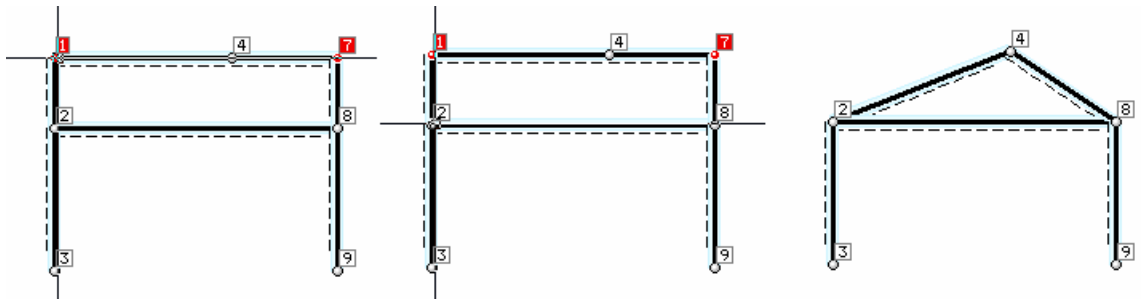


Wählen Sie bitte die noch markierten Punkte ab. Aktivieren Sie dann die oberen beiden Eckpunkte durch Anklicken oder mittels Fangrechteck. Rufen Sie dann über den Button **aktivierte Objekte bearbeiten** die Menüs **Modellieren** und **Objekte verschieben** und klicken dort die Buttons **Objekte verschieben** und **Punkt zu Punkt** an.



Bei dieser Verschiebeaktion ist ein erster Referenzpunkt mit dem Fadenkreuz anzuklicken, der auf den danach anzuklickenden Referenzpunkt 2 verschoben werden soll. Die Differenzkoordinaten dieser beiden Punkte legen die Verschiebungssinkremente für alle aktivierten Objekte fest.

Klicken Sie bitte zuerst Punkt 1 und dann Punkt 2 an. Das Ergebnis ist die gewünschte Figur.



### 3.2.5.3

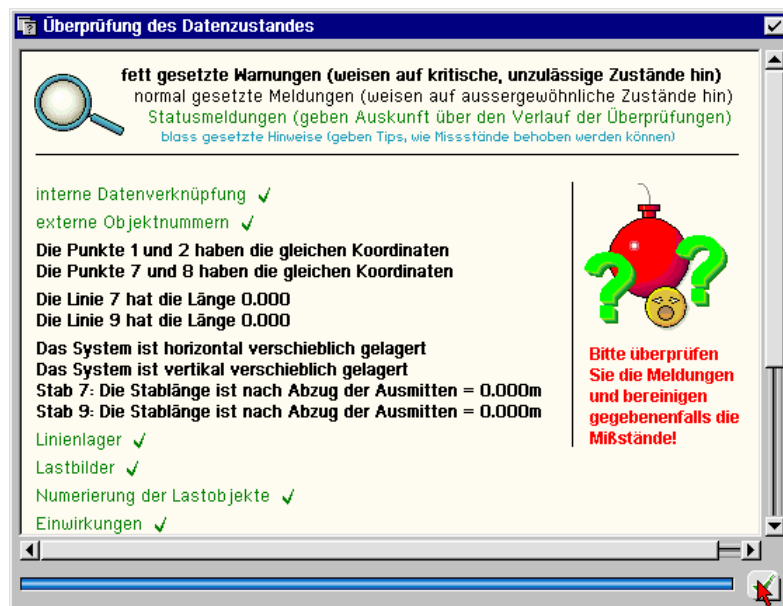
#### Datenzustandskontrolle und Datenbereinigung

Durch die vorherige Aktion liegen, wie bereits auf S. 14 schon gezeigt, Punkte übereinander. Zudem sind die beiden vertikalen Linien auf die Länge Null geschmolzen.



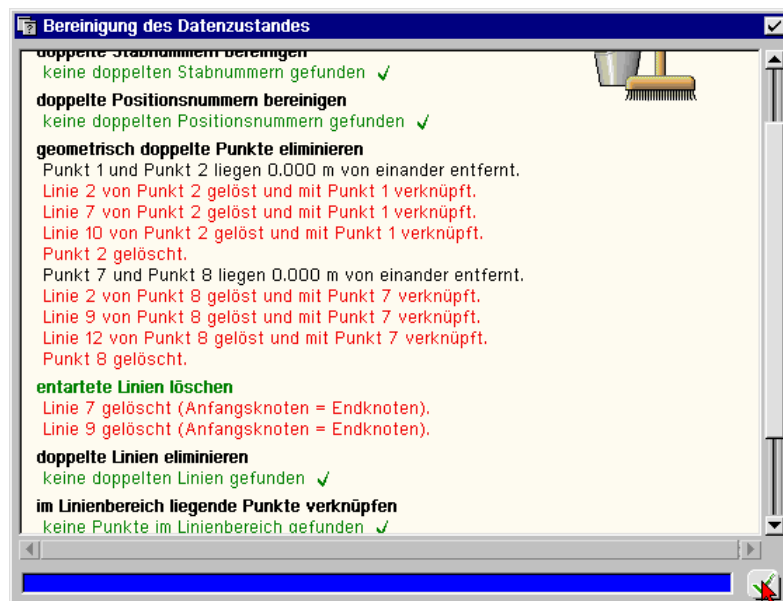
Datenzustand  
überprüfen

Alle diese und viele andere mögliche Unverträglichkeiten protokolliert die Datenzustandskontrolle, die spätestens bei Ende der Eingabesitzung aktiviert werden sollte.



Datenzustand  
bereinigen

Die Datenbereinigungsfunktion beseitigt diese Missstände und sorgt für eine Eindeutigkeit in der Beschreibung.

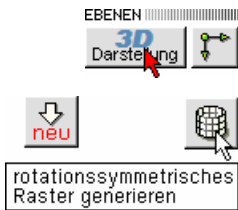


### 3.2.6

## Geometrieingabe durch rotationssymmetrisches Raster

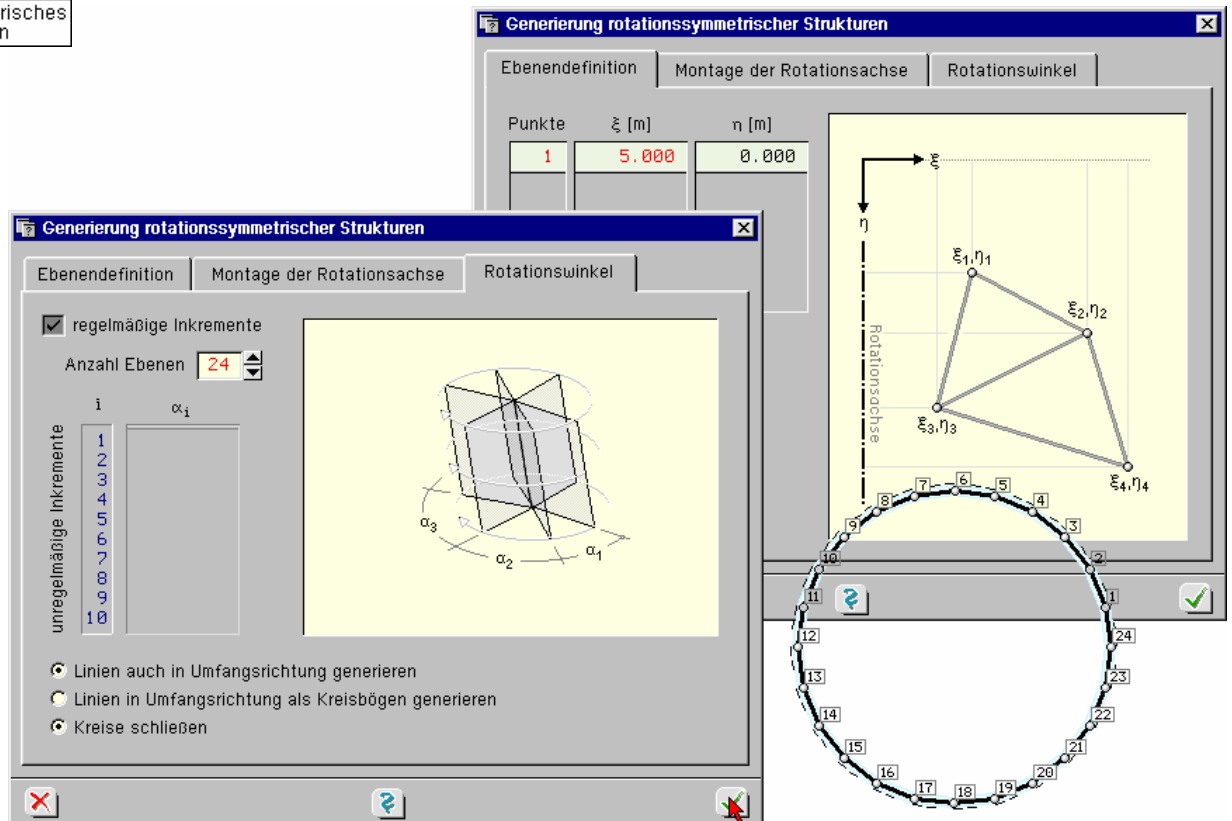
Bei kreisförmig berandeten Strukturen bietet der Generator rotationssymmetrischer Raster Hilfestellung.

Beenden Sie bitte die Eingabe des vorhergehenden Beispiels und erzeugen ein neues Bauteil oder löschen Sie alle Objekt, so dass sie die folgenden Darstellungen nicht stören.



Der angesprochene Generator steht wiederum nur im 3D-Modus zur Verfügung. Wechseln Sie bitte in den 3D-Modus und klicken die nebenstehenden Buttons zu seiner Aktivierung an.

Das Eigenschaftsblatt ist in drei Register unterteilt. Tragen Sie bitte im Register *Ebenendefinition* den Punkt 1 mit einer  $\xi$ -Ordinate ein.



Sollten Sie hier überzählige 0-Zeilen erzeugt haben, klicken Sie bitte die betreffenden Zeilen an und drücken die F7-Taste, die eine ganze Zeile entfernt (s. S. 10).

Im Register 2 *Montage der Rotationsachse* kann die neue Struktur durch Angabe eines Richtungsvektors an einen bestimmten Ort oder in eine bestehende Struktur eingepasst werden.

Das Register 3 *Rotationswinkel* legt die inkrementelle Unterteilung der Rotationsfigur fest.



Der Rotationsgenerator kann innerhalb eines Bauteils beliebig häufig aufgerufen werden.

### 3.2.7

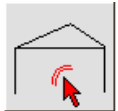
## DXF- und Textdateiübernahme

Zur Übernahme von DXF-Daten stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung. Vor Aufruf der grafischen Eingabe und im 3D-Modus können Daten als fertige Geometrie direkt übernommen werden. Im 3D-Modus können zudem ASCII-Textdateien eingelesen werden. Im Ebenenmodus können Vorlagen aus DXF-Dateien übernommen und quasi wie auf einem Transparent (mit Punktziehung) konstruiert werden.



Innerhalb der grafischen Eingabe können DXF- und Textdatenübernahme beliebig häufig aufgerufen werden. Weitere Informationen zum Thema finden Sie im Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*.

### 3.3 statisches System



Eingabebeispiel



fotorealistische  
Darstellung

Beenden Sie jetzt bitte das Eingabemodul und rufen unser Eingabebeispiel wieder auf. Führen Sie hierzu bitte den Doppelklick auf dem Bauteilicon aus.

Bis zu diesem Zeitpunkt haben wir uns nur mit der Erzeugung von Linien und Punkten beschäftigt. Mit einer Ausnahme hängen diesen geometrischen Objekten keinerlei statische Eigenschaften an. Jedoch hat *##-NISI* den Linien bei ihrer Erzeugung bereits Stabeigenschaften in Form eines Stahlbau-Doppel-T-Profils zugewiesen. Ein Klick auf den Button **fotorealistische Darstellung** zeigt die Konturen der bestehenden Profile.



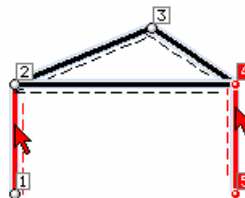
Beenden Sie nun DTE®-Fotoview wieder.

#### 3.3.1 Materialangaben

*##-NISI* ist in der Lage, Mischsysteme aus Stahl, Stahlbeton und Holz zu bemessen bzw. nachzuweisen. Demgemäß wollen wir den beiden Stielen Stahlbeton-, den beiden Sparren Holz- und dem Zugband Stahleigenschaften zuweisen.

##### 3.3.1.1 Stahlbetonquerschnitte, Gruppendefinition und Auswahllisten

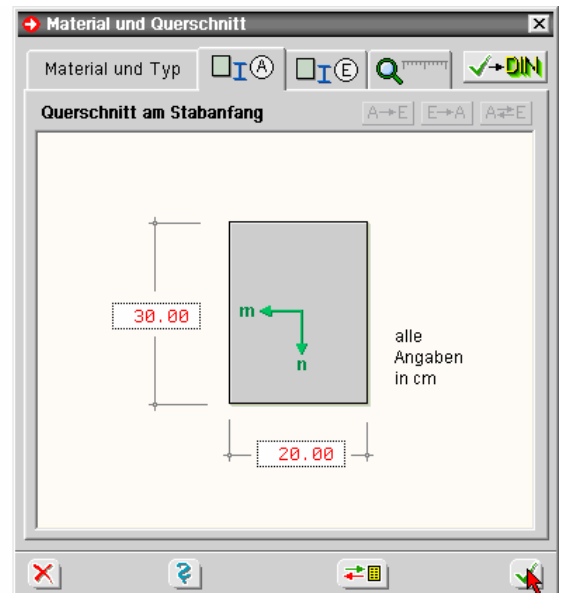
Aktivieren Sie bitte die Stiele durch Anklicken oder Umfahren mit dem Fangrechteck. Hierbei ist es ohne Bedeutung, ob zusätzlich auch Punkte angeklickt werden.



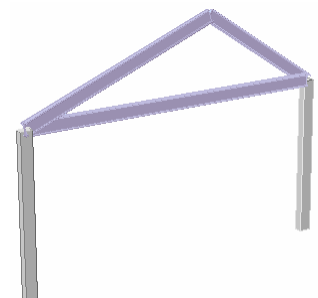
Materialangaben

Klicken Sie nun bitte den Button **Materialangaben** an. Hierauf erscheint ein in vier Register geteiltes Eigenschaftsblatt. Aus dem Register *Material und Typ* geht hervor, dass dem ersten aktivierten Stab (und im vorliegenden Fall auch dem zweiten) automatisch ein aus der Profildatei übernommenes Stahlprofil IPE 300 zugewiesen wurde.

Ändern Sie jetzt bitte die Eingaben wie dargestellt ab und wechseln dann in das zweite Register *Querschnitt am Stabanfang* und tragen die Abmessungen ein.

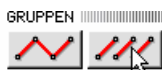


Nach **Bestätigen** ändert sich die Farbe der Querschnittskonturen. Die Höhen können sich nicht ändern, da die Stahlbetonstäbe die gleiche Höhe wie der vorherige Stahlstab besitzen. Ein Blick in die fotorealistische Darstellung zeigt die neuen Querschnitte an.



## Gruppen

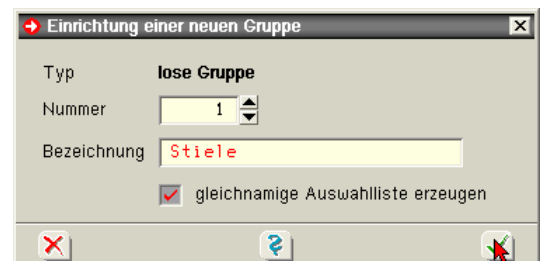
Eine hilfreiche Ergänzung der Eingabe kann die Gruppierung gleichartiger Bauteile sein, um sie bei späteren Arbeitsschritten oder Änderungen schnell aktivieren zu können.



lose Stabgruppe definieren

Nach der Querschnittszuweisung sind beide Stiele noch aktiviert. Klicken Sie bitte den Button **lose Stabgruppe definieren** am rechten Rand des Bearbeitungsfensters an (lose deswegen, weil die Stäbe nicht zusammenhängen). Geben Sie der neuen Stabgruppe eine Bezeichnung und **bestätigen** anschließend.

Der Button **gleichnamige Auswahlliste erzeugen** ersetzt die im Folgenden beschriebene Aktion zur Erstellung von Auswahllisten.

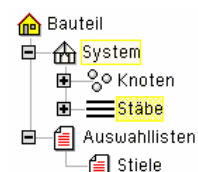
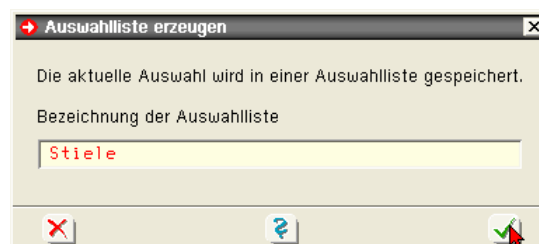


## Auswahllisten

Parallel zur Gruppenbildung besteht die Definition von Auswahllisten, die nicht den Restriktionen der Gruppenzuordnung unterworfen ist.



Die Stiele sollten noch aktiviert sein. Klicken Sie nun auf den Button zur Auswahllistenerzeugung und bilden die Liste **Stiele**, die nach **bestätigen** in den Objektbaum integriert ist.



Durch Anklicken der Einträge im Objektbaum werden diese markiert oder bei Doppelklick die zugehörigen individuellen Eigenschaften aufgerufen.

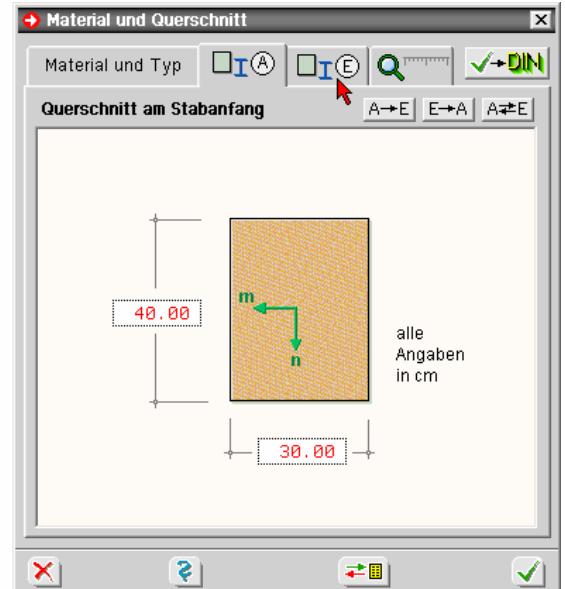
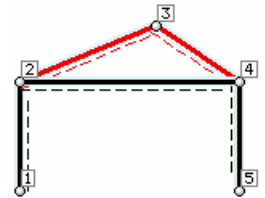


### 3.3.1.2

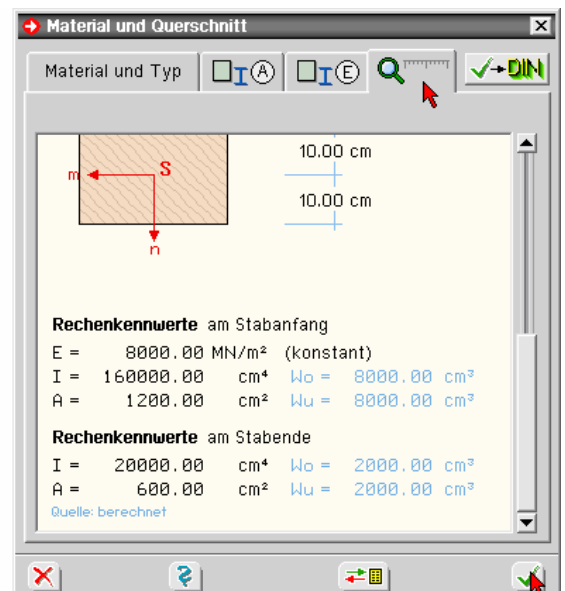
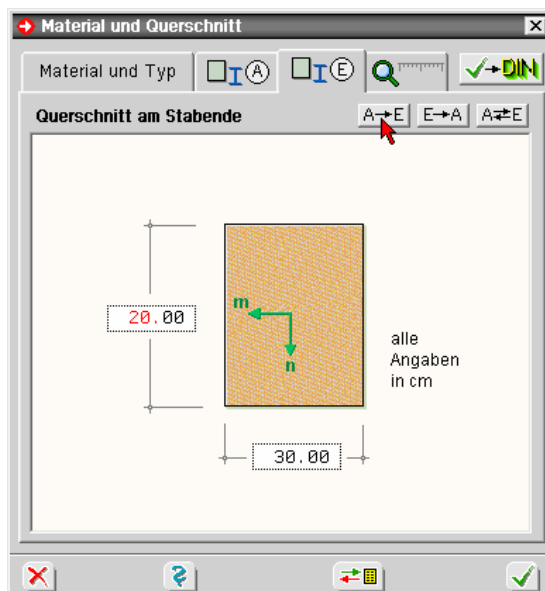
### Holzstäbe, Voutung und individuelle Stabeigenschaften



Wählen Sie nun bitte alle Punkte und Linien ab und aktivieren beide Sparren. Klicken Sie dann wieder den Button **Materialangaben** an.



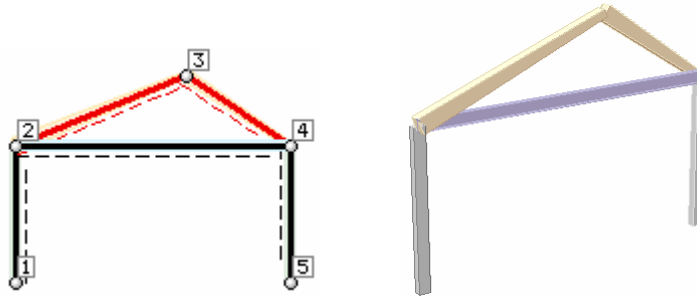
Wechseln Sie im Register *Material und Typ* auf Holzquerschnitte und drücken bitte den Button **gevoutet** ein. Rufen Sie dann das Register *Querschnitt am Stabanfang* und tragen dort die Querschnittsabmessungen ein. Gehen Sie danach in das Register *Querschnitt am Stabende*.



Durch Drücken des Buttons **A – E** werden die Abmessungen des Anfangsquerschnitts in das aktuelle Eigenschaftsblatt übertragen. Reduzieren Sie dann die Höhe. Das vierte Register informiert über die Eingaben und die daraus resultierenden Querschnittswerte. **Bestätigen** Sie dann bitte die Eingaben.

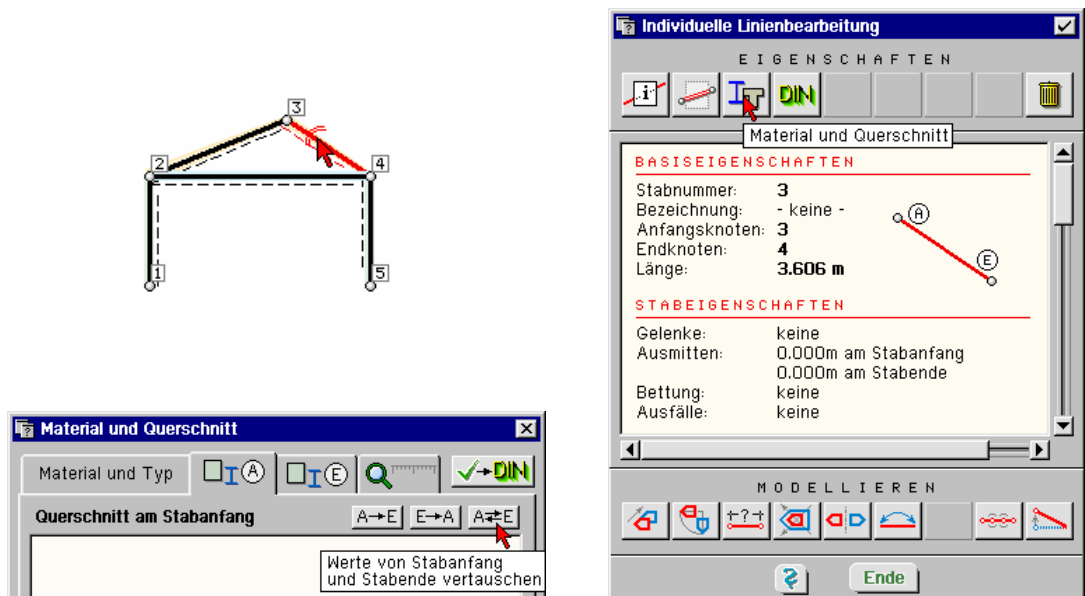


Sowohl die im Bearbeitungsfenster dargestellte Querschnittskontur als auch ein Blick auf die fotorealistische Darstellung zeigen, dass die Voutung des rechten Sparrens umgekehrt werden muss.

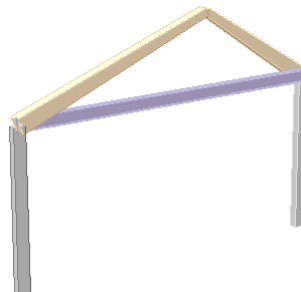


### Individuelle Stabeigenschaften

Führen Sie nun auf dem rechten Sparren einen Doppelklick aus. Hierdurch erscheint das individuelle Eigenschaftsblatt des Stabes.



Klicken Sie dort bitte auf den Button **Material und Querschnitt** und im Register **Querschnitt am Stabanfang** den markierten Button zur **Vertauschung der Querschnittsgeometrien** zwischen Stabanfang und Stabende an. Nach **Bestätigen** der beiden Eigenschaftsblätter hat das System das gewünschte Aussehen.



### 3.3.2

### Erläuterung zur Zuweisung von Eigenschaften

Wie im vorher gehenden Kapitel 3.3.1 gezeigt bestehen zwei Wege zur Vergabe von Eigenschaften an die Objekte.

Bei der Zuweisung der Querschnitte auf S. 19 wurden z.B. beide Stiele durch Anklicken markiert und über die Steuerbuttons im Kopfbereich des Eingabefensters Eigenschaften für alle ausgewählten Objekte festgelegt. Nach Bestätigen haben alle Objekte diese Festlegungen übernommen.

Erfährt ein Objekt im Objektfenster oder im Explorfenster einen **Doppelklick** wie auf S. 22 gezeigt, erscheint sein individuelles Eigenschaftsblatt, von dem aus alle Eigenschaften des Objekts eingesehen und bearbeitet werden können. Die Eigenschaften der auf diesem Wege aufgerufenen Eigenschaftsblätter gelten jedoch unabhängig vom Auswahlzustand anderer Objekte nur für das Objekt, das über den Doppelklick aktiviert wurde.

Die erste Alternative ermöglicht die **Vereinheitlichung** von Eigenschaften. Verfügt ein Objekt bereits über Eigenschaften, die an andere Objekte übertragen werden sollen, so muss nur dafür gesorgt werden, dass das betreffende Objekt zuerst ausgewählt wird. Über den gewünschten Button in der Kopfzeile werden dann die Eigenschaften des zuerst aktivierten Objektes aufgeschlagen. Wird das Eigenschaftsblatt (auch ohne Änderung) bestätigt, werden die Eigenschaften des ersten Objekts an alle anderen ausgewählten Objekte weitergereicht.



Sind mehrere Objekte ausgewählt, werden in dem Eigenschaftsblatt immer die Eigenschaften des zuerst ausgewählten Objektes zur Bearbeitung angeboten.

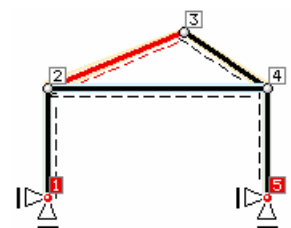
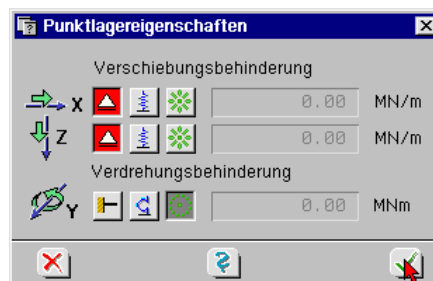
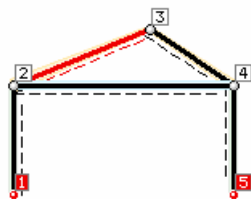
### 3.3.3

### Lagereigenschaften



Lagerangaben

Neben den Linienbettungen von Stäben sind die Einzelfesthaltungen in Knoten die wesentlichen Lagerungsmöglichkeiten. Markieren Sie bitte die beiden Fußpunkte der Stiele und klicken dann den Button **Lagerangaben** an.



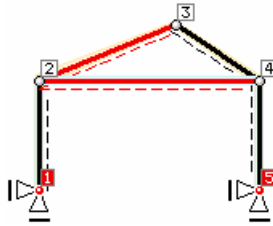
Fesseln Sie dort die beiden Verschiebungen und **bestätigen** das Eigenschaftsblatt. Danach sind die ausgewählten Punkte mit Lagersymbolen gekennzeichnet worden.

### 3.3.4

### Gelenkbedingungen



Markieren Sie jetzt bitte den linken Holzstab und das Stahlzugband, denen Stabendgelenke zugewiesen werden sollen. Klicken Sie dann den Button **allgemeine Stabeigenschaften** an.



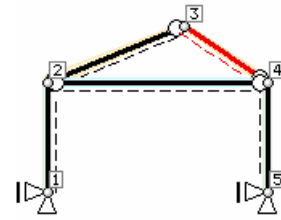
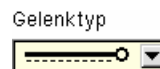
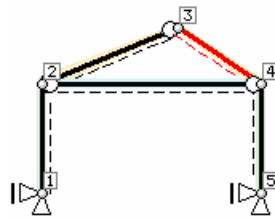
Öffnen Sie bitte die Liste **Gelenktyp** und stellen auf das im obigen Eigenschaftsblatt dargestellte Symbol um. Nach **Bestätigen** werden die ausgewählten Stäbe mit Gelenksymbolen versehen sein.



Dass die beiden Lagerpunkte bei der Zuweisung der Gelenkbedingungen noch markiert waren, ist ohne Bedeutung, da Gelenke nur Stäben (Stabendgelenke) zugewiesen werden können.



Wählen Sie nun bitte alle Punkte und Linien ab und markieren den rechten Sparren. Weisen Sie dem Stab dann bitte wie oben beschrieben ein Stabendgelenk zu.



Möglicherweise hat jetzt bereits mancher geübte Statiker laut aufgeheult. Lassen wir es dabei bewenden; wir sind uns des Problems bewusst und werden später darauf zurückkommen.

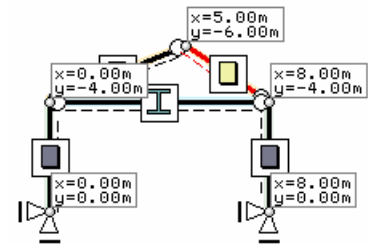
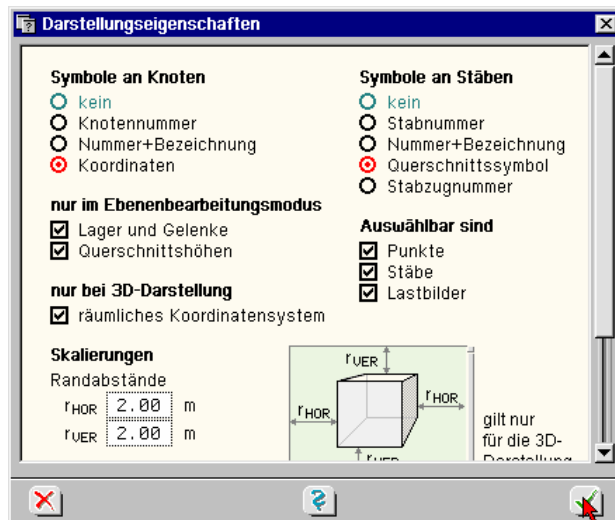
Damit soll die Beschreibung der Systemseite in unserem kleinen Beispiel abgeschlossen sein. Wir kommen damit nach zwei kurzen Einschüben zur Festlegung der Belastung.

### 3.4 Darstellungseigenschaften



Eigenschaften der Darstellung

Über den Button **Eigenschaften der Darstellung** lassen sich diverse Zusatzinformationen in das System einblenden.



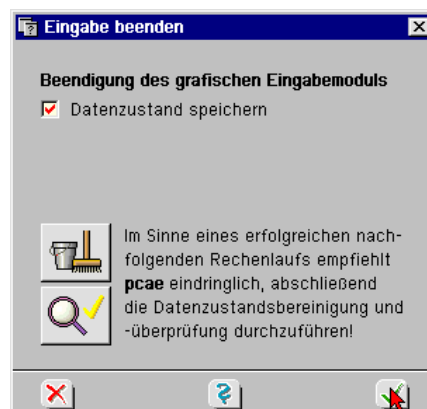
Werden dort z.B. die markierten Buttons aktiviert, erhalten wir die rechts nebenstehende Grafik. Für die folgenden Darstellungen werden diese Eingaben wieder zurückgenommen und nur die Knotennummern angezeigt.

### 3.5 Sichern der Eingaben



Ende

Wenn Sie dieses Beispiel nicht in einer Sitzung bearbeiten können, verlassen Sie die grafische Eingabe über den **Ende-Button** und sichern die bisher eingegebenen Daten auf der Festplatte.



Sie können dann in der Folgesitzung an der entsprechenden Stelle fortfahren.



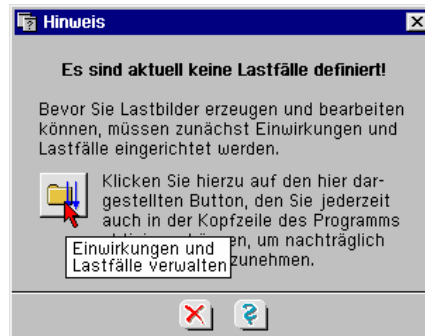
Datenzustand sichern

Da sich während der aktuellen Sitzung alle nach der letzten automatischen Sicherung eingegebenen Daten flüchtig im Arbeitsspeicher befinden, besteht jederzeit die Möglichkeit einer Zwischensicherung über den Button **Datenzustand sichern** am rechten Rand. Da jedoch nach jeder Aktion eine undo/redo-Sicherung erfolgt, wäre der mögliche Datenverlust z.B. durch Ausschalten des Rechners relativ gering.

Alle die Systemseite betreffenden Objekte und Eigenschaften werden in der Systemfolie beschrieben. Bei Start des Eingabemoduls befindet sich die Aktion automatisch in der Systemfolie; das haben wir bisher stillschweigend akzeptiert und nicht beachtet.



Die Eingabe der Belastung erfolgt dementsprechend in der Lastfallfolie. Jedem Lastfall ist eine derartige Lastfallfolie zugeordnet. Wechseln Sie nun bitte über die Listbox am rechten Rand der Arbeitsfläche in eine **Lastfallfolie**. Da bisher noch keine Aussage über Lastfallanzahl, Einwirkungen usw. getroffen wurde, kann dieser Wechsel nicht erfolgen. Das Programm fordert daher zu entsprechenden Angaben auf.

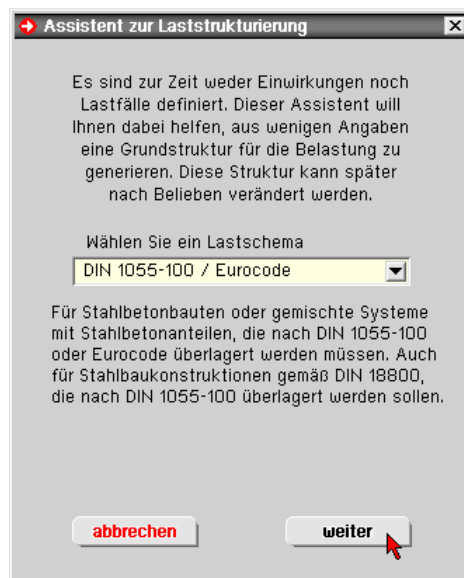


Die Verwaltung der Einwirkungen kann auch über den entsprechenden Button im Kopfbereich der grafischen Eingabe aufgerufen werden.

## 3.6.1

## Assistent zur Laststrukturierung

Vor der Lastbeschreibung ist man sich i.d.R. über die zu berücksichtigenden Einwirkungen und die Anzahl der darunter befindlichen Lastfälle im Klaren. Bei der Einrichtung dieser Laststruktur ist der nun folgende Assistent behilflich.



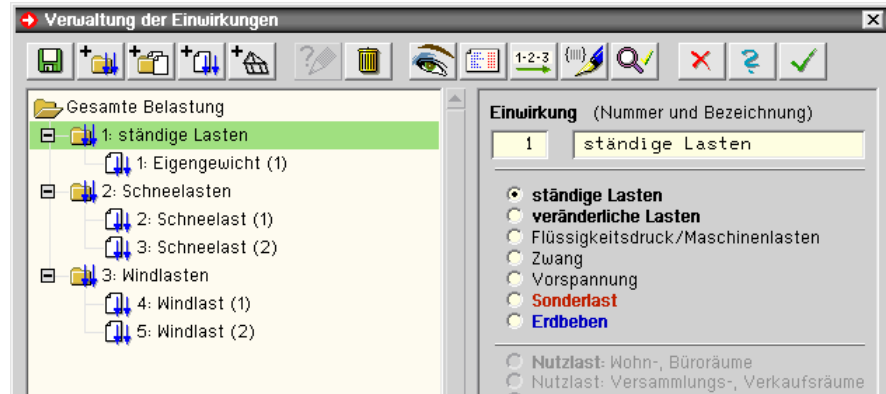
Der Assistent stellt mehrere Lastschemata bereit, deren Charakteristika im Eigenschaftsblatt erläutert werden. Wählen Sie bitte das Lastschema **DIN 1055-100 / Eurocode** aus, da es die Voraussetzungen für unser gemischtes System am besten erfüllt.

Da wir uns hier auf grundlegende Erläuterungen beschränken wollen, soll die Einrichtung von fünf Lastfällen unter drei Einwirkungen genügen. Tragen Sie bitte wie in der rechten Abbildung gezeigt ein, lösen bei den Schneelasten den Button **alternativ** und quittieren die Eingabe.



Die eingerichtete Laststruktur kann jederzeit modifiziert, reduziert und erweitert werden.

Danach wird die erzeugte Laststruktur im Eigenschaftsblatt *Verwaltung der Einwirkungen* in einer Baumansicht aufgezeigt.



Wir sehen hier die **Einwirkung** *ständige Lasten* mit einem Eigengewichtslastfall und die Einwirkungen *Schneelasten* und *Windlasten* mit je zwei **Lastfällen**.



Erläuterungen zur Interaktion im Eigenschaftsblatt *Verwaltung der Einwirkungen* s. Handbuch das *pcae*-Nachweiskonzept.

Nach **Beenden** der Bearbeitung innerhalb der *Verwaltung der Einwirkungen* wird Lastfallfolie 1 geöffnet werden.

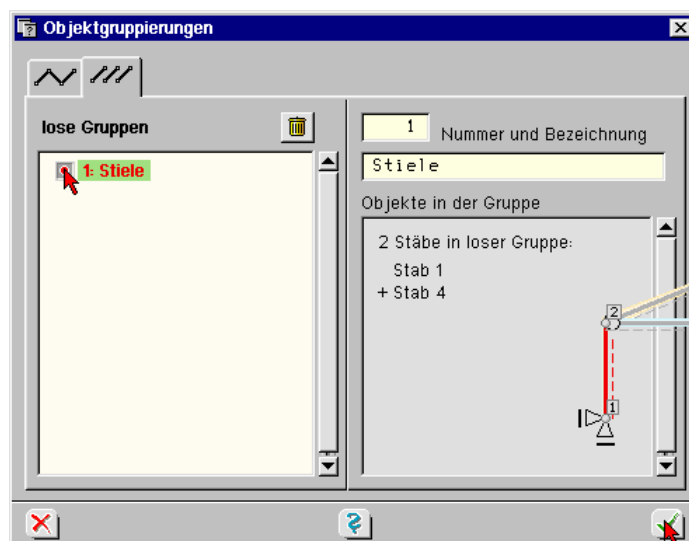
### 3.6.2

#### Eigengewichtslasten und Aktivierung von Gruppen

Wir haben auf S. 20 die Stahlbetonstäbe zu einer Gruppe zusammengefasst. Diese Gruppendefinition kann z.B. jetzt abgerufen werden, um nicht alle Stahlbetonstäbe neuerlich anklicken zu müssen. Obwohl in unserem Beispiel umständlicher, soll der Weg über die Gruppenbearbeitung erwähnt werden.



Klicken Sie bitte auf den Button **Gruppen bearbeiten** und wechseln im Eigenschaftsblatt *Objektgruppierungen* auf das Registerblatt *lose Gruppen*. Drücken Sie dort das kleine Symbol vor der Gruppe 1 ein und **bestätigen** danach.





Den somit markierten Stahlbetonstäben wird nun das **Eigengewicht** von  $25 \text{ kN/m}^3$  zugewiesen.

Eigengewicht und  
Temperaturlasten  
definieren

**Eigengewicht und Temperatur**

☒ **Eigengewicht**

$\gamma$    $\text{kN/m}^3$

☐ **Temperaturbelastung**

to   $^{\circ}\text{K}$

tu   $^{\circ}\text{K}$

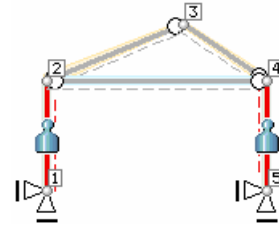
☐ h gemäß Querschnitt

☐ h =  m

☐  $\alpha t$  gemäß Materialangaben

☐  $\alpha t$  =   $10^{-5}/\text{K}$

to, tu = Temperaturdifferenz zur Einbautemperatur



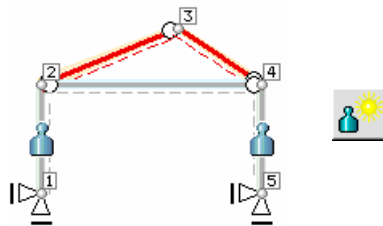
Nach **Bestätigen** der Eingaben erscheinen Gewichtssymbole im Schwerpunkt jedes belasteten Stabes.



Die Lastsymbole haben gleichfalls Objektcharakter und können durch einfaches oder doppeltes Anklicken markiert bzw. aufgerufen werden.



Wählen Sie nun bitte alle aktivierten Stäbe ab. Klicken Sie dann die beiden Sparren an und weisen ihnen ihre Eigengewichtslast zu.



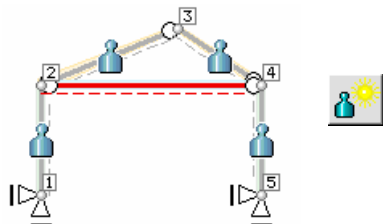
**Eigengewicht und Temperatur**

☒ **Eigengewicht**

$\gamma$    $\text{kN/m}^3$



Wählen Sie nach **Bestätigen** wiederum alle Stäbe ab und klicken auf das Stahlband und weisen ihm sein Eigengewicht zu.



**Eigengewicht und Temperatur**

☒ **Eigengewicht**

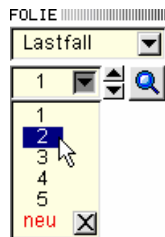
$\gamma$    $\text{kN/m}^3$



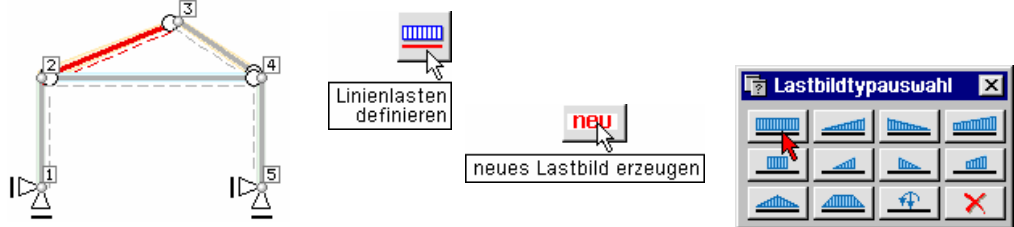
### 3.6.3

### Schneelasten als Linienlasten

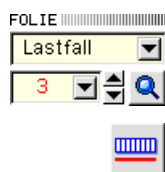
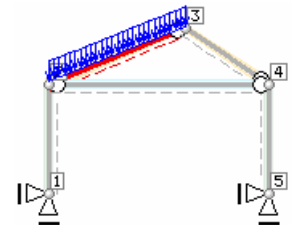
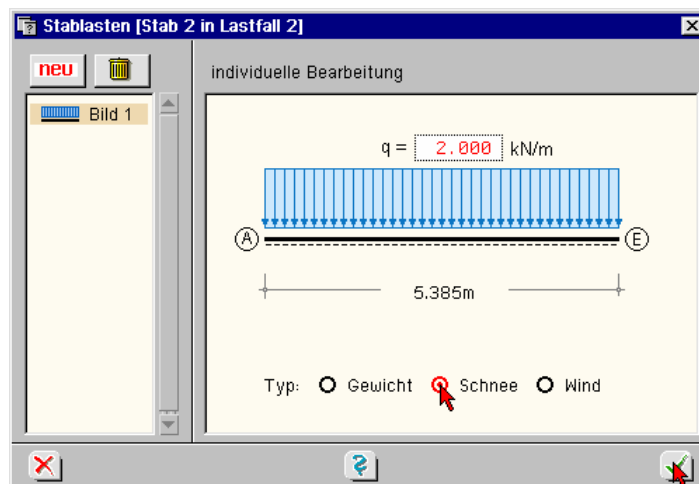
Gemäß der auf S. 27 dargestellten Laststruktur gehören die Lastfälle 2 und 3 zur Einwirkung *Schneelasten*. Im LF 2 sollen die linke Dachhälfte und im LF 3 die rechte Dachhälfte mit jeweils 2.0 kN/m belastet sein.



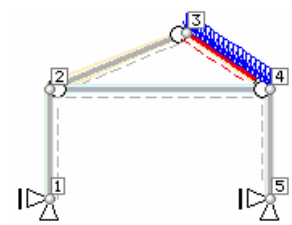
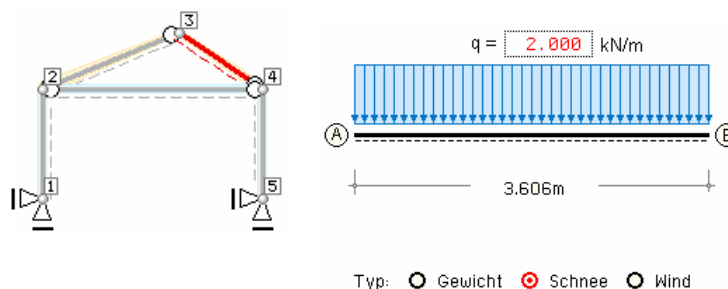
Wechseln Sie bitte auf die Lastfallfolie 2, klicken dann auf den linken Sparren und den Steuerbutton **Linienlasten definieren**, in dem daraufhin erscheinenden Eigenschaftsblatt *Stablasten* auf den **neu-Button** und wählen abschließend im Menü *Lastbildauswahl* die konstante Streckenlast aus.



Legen Sie nun bitte im Eigenschaftsblatt *Stablasten* die gewünschte Lastordinate fest und klicken den **Lasttyp-Schnee** an, um die Last auf die Grundrissprojektion zu beziehen. Nach **Bestätigen** wird auch die Linienlast als Symbol an das System angetragen.



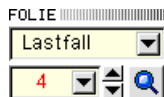
Wechseln Sie nun bitte auf Lastfallfolie 3 und wiederholen die oben gezeigten Arbeitsschritte für die Linienlast auf dem rechten Sparren.



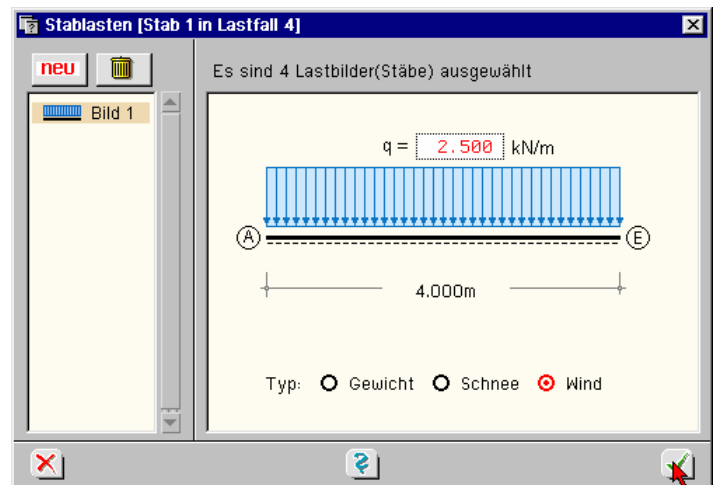
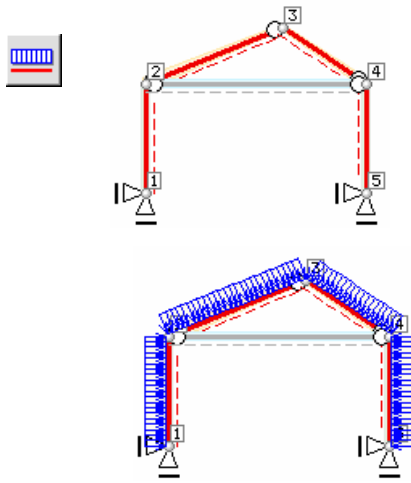
### 3.6.4

### Windlasten als Linienlasten, Modifikation von Linienlastobjekten

In der Laststruktur auf S. 27 sind die Lastfälle 4 und 5 unterhalb der Einwirkung *Windlasten* einsortiert. In LF 4 soll der Wind von links und in LF 5 von rechts auf das Bauwerk einwirken.



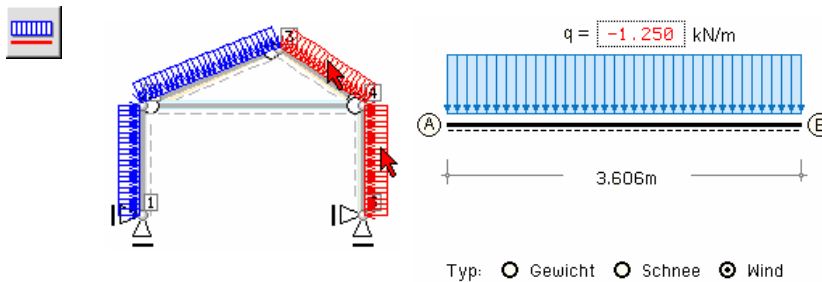
Wechseln Sie bitte auf Lastfallfolie 4. Wählen Sie die im folgenden Bild markierten Stäbe aus und folgen Sie dann wieder dem auf S. 29 beschriebenen Formalismus zur Eingabe der Linienlasten.



Der **Lasttyp Wind** sorgt dafür, dass die Belastung immer senkrecht zur Stabachse wirkt. Gemäß dem auf S. 11 dargestellten Stabkoordinatensystem wirkt eine positive Last in positiver n-Richtung. Wenn der Wind im LF 4 von links anströmen soll, sind die beiden rechten Stablasten vom Vorzeichen her falsch gesetzt.



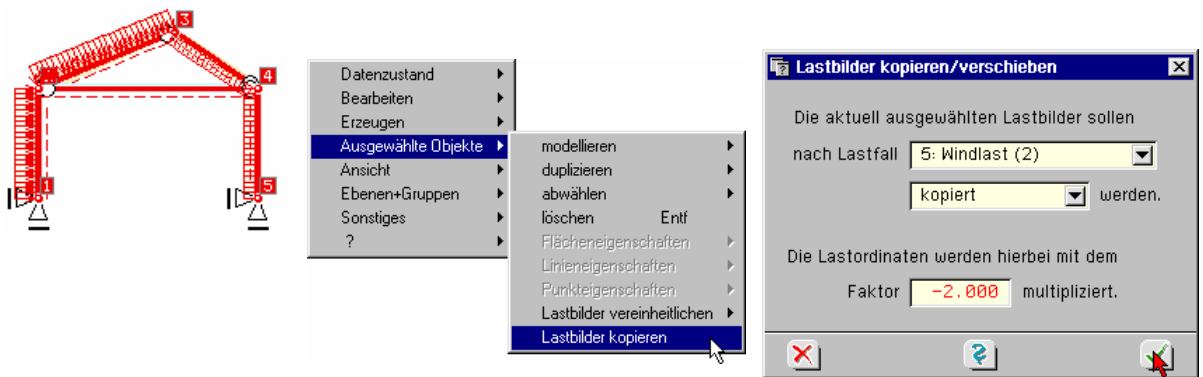
Wählen Sie bitte alle aktivierten Objekte ab und markieren dann die beiden betreffenden Lastbilder, drücken wieder den Button **Linienlasten definieren** und ändern das Lastvorzeichen und ggf. auch die Ordinate.



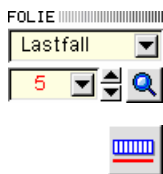
### 3.6.5

#### Lastbilder kopieren

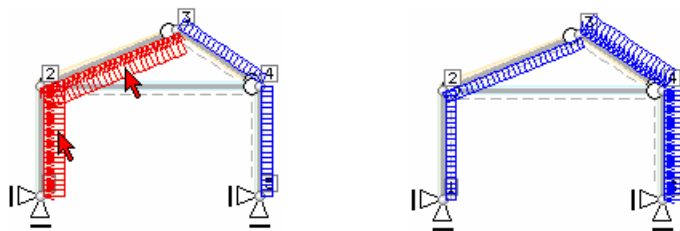
Lastbilder können aus einer Lastfallfolie auf einen anderen Lastfall kopiert oder verschoben werden. Hierzu werden die betreffenden Lastbilder markiert und über die Menüauswahlzeile oder Drücken der RMT die Menüfunktionen aufgerufen.



Über *Ausgewählte Objekte* – *Lastbilder kopieren* wird im dadurch aufgerufenen Eigenschaftsblatt die Aktion eingeleitet. Obwohl nur auf die Hälfte der Lastbilder zutreffend, soll für alle gemeinsam der Faktor -2 benutzt werden.



Wechseln Sie jetzt bitte nach Lastfallfolie 5, aktivieren die beiden linken Lastbilder und reduzieren ihren Wert wie unter 3.6.4 auf S. 30 gezeigt auf -1.25.



Der gleiche Effekt wäre erzielt worden, wenn bei der Kopieraktion nicht alle Lastbilder gleichzeitig behandelt, sondern zwei Schritte mit der entsprechenden Auswahl und zugehörigem Faktor ausgeführt worden wären. Die Modifikation der Lastbilder in Folie 5 hätte sich dann ergeben.

### 3.6.6

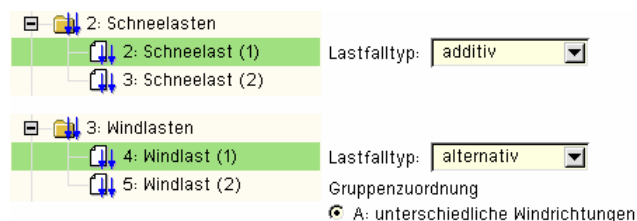
#### Lastfallcharakteristika

Wir haben bei der Erzeugung der Einwirkungen und der darunter befindlichen Lastfälle mittels des Lastfallassistenten auf S. 26 den Button **alternativ** für die Schneelastfälle gelöst und für die Windlastfälle aktiviert gelassen.

2	Schneelasten	<input type="checkbox"/> alternativ
2	Windlasten	<input checked="" type="checkbox"/> alternativ



Ein Klick auf den Button **Verwaltung der Einwirkungen** und dort einmal auf einen Schneelastfall und einen Windlastfall. Unter Lastfalltyp sind dort **additiv** bzw. **alternativ** eingetragen. Für die weiteren Schnee- und Windlastfälle wurden die gleichen Zuordnungen getroffen.



Demnach können alle Schneelastfälle gemeinsam auftreten. Im LF 2 haben wir die linke und im LF 3 die rechte Tragwerkhälfte belastet. Durch den Lastfalltyp **additiv** können beide Lastfälle einzeln aber auch als Vollastfall gemeinsam auftreten, je nach dem wie sich ein (betragsmäßig) größerer Wert einstellt.

Die alternativen Windlastfälle einer Gruppenzuordnung (hier Gruppe A: unterschiedliche Windrichtungen) schließen sich gegenseitig aus; der Wind kann nur von links oder von rechts blasen. Bei der Festlegung der Lastbilder in den Lastfällen 4 und 5 haben wir dem bereits Rechnung getragen.

### 3.6.7

#### zusätzliche Einwirkung und Lastfälle erzeugen, Einzellast

Jetzt fällt uns auf, dass wir eine Belastung aus Dachlasten übersehen haben. Weder Einwirkung noch Lastfall sind hierfür vorhanden. Wie schon auf S. 26 angemerkt, kann die vorhandene Laststruktur jedoch glücklicherweise jederzeit modifiziert werden.



Ausführliche Erläuterungen zur Interaktion im Eigenschaftsblatt *Verwaltung der Einwirkungen* s. Handbuch des **pcae-Nachweiskonzept**.

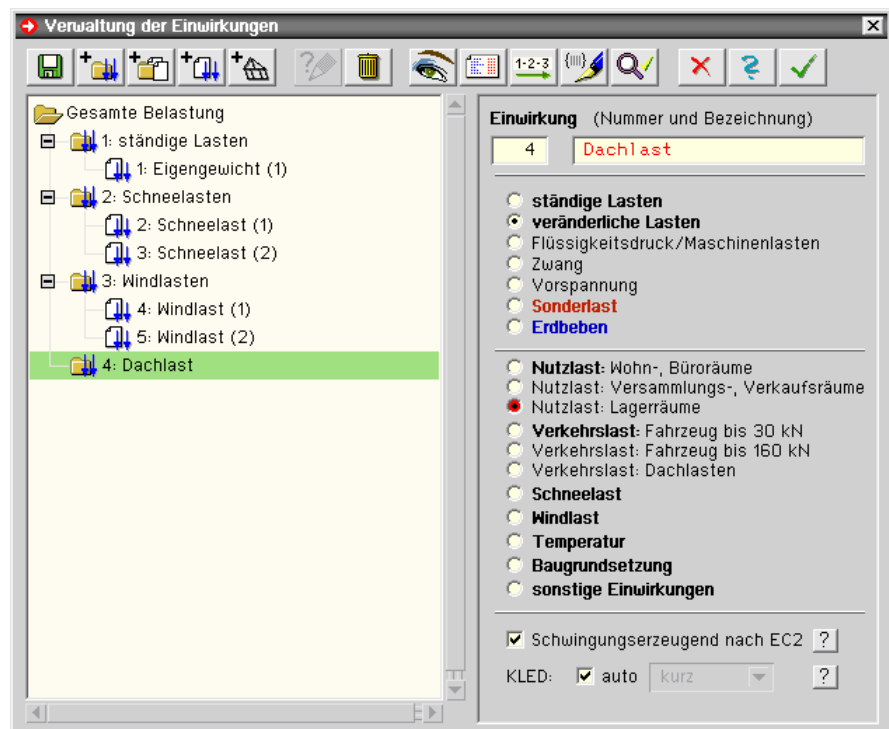


Einwirkungen und Lastfälle verwalten



eine neue Einwirkung hinzufügen

Klicken Sie bitte den Button **Einwirkungen und Lastfälle verwalten** und dort den Button **eine neue Einwirkung hinzufügen** an.

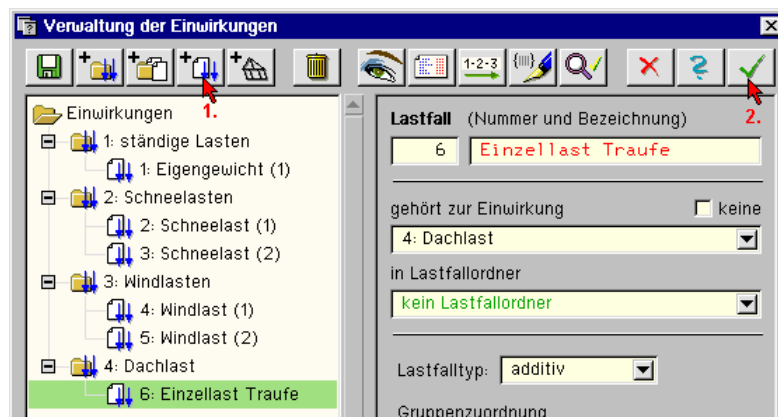


Geben Sie bitte der neuen Einwirkung eine Bezeichnung und drücken den Button **Dachlasten** zur Festlegung der Kombinationsbeiwerte ein.



einen neuen Lastfall hinzufügen

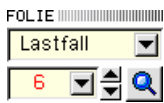
Die neue Einwirkung ist durch einen grünen Balken hinterlegt. Wenn jetzt der Button **einen neuen Lastfall hinzufügen** betätigt wird, wird der neue LF dieser Einwirkung zugeordnet.



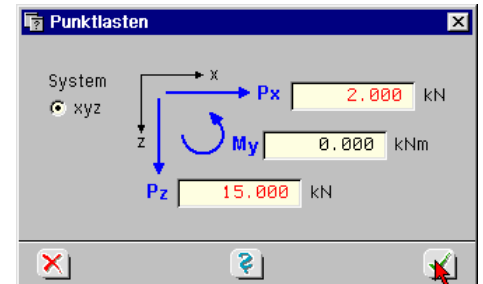
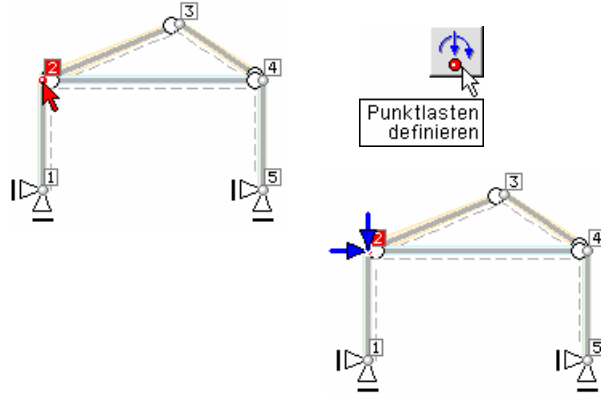
Der hier manuell erzeugte LF 6 hat als Voreinstellung den Lastfalltyp **additiv** zugewiesen bekommen.



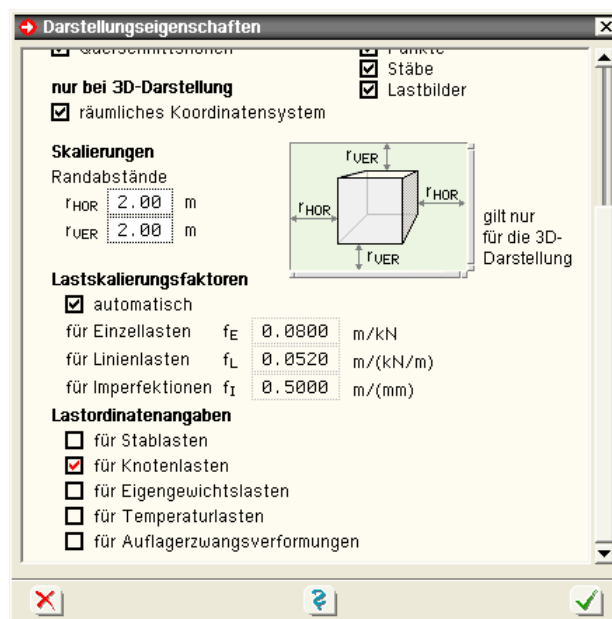
Erläuterungen zu den Lastfalltypen s. Handbuch **das pcae-Nachweiskonzept**.



Nach **Bestätigen** des Eigenschaftsblatts *Verwaltung der Einwirkungen* können wir nun in die Lastfallfolie 6 wechseln. Aktivieren Sie bitte die linke Rahmenecke. Dadurch wird der Button **Punktlasten definieren** freigegeben. Tragen Sie dort bitte die gekennzeichneten Lastwerte ein und **bestätigen** das Eigenschaftsblatt.



Über den Button **Eigenschaften der Darstellung** können die Lastordinaten in die Lastbilder eingeblendet werden.



### 3.6.8

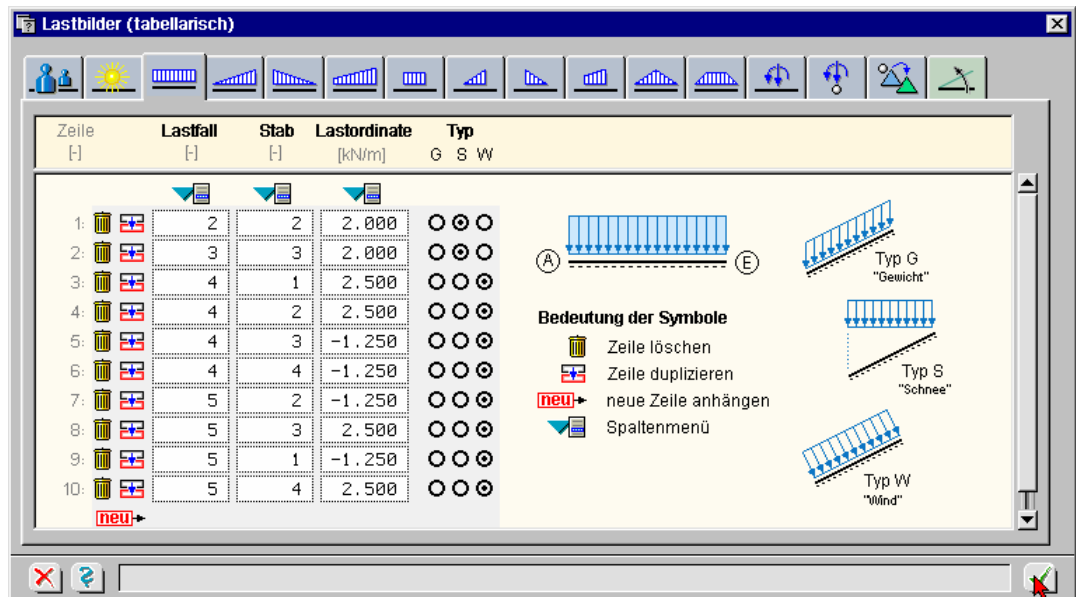
## Tabellarische Lastbildbearbeitung

Wir haben bis hierher Lasten ausschließlich grafisch eingegeben. Dies hat den Vorteil, dass man sofort das Ergebnis der Aktion visuell überprüfen kann. Nichtsdestoweniger kann das Bedürfnis nach einer tabellarischen Beschreibung oder Übersicht der Eingaben bestehen.

Über den Button **Lastbilder tabellarisch bearbeiten** erscheint eine in Register geteilte Tabeleingabe. Jedem verfügbaren Lastbild ist ein spezielles Registerblatt zugeordnet.



Lastbilder tabellarisch bearbeiten



Die Funktionalität wird im Eigenschaftsblatt erläutert. Bitte **bestätigen** Sie.

Wir wollen nun die Lasteingabe abschließen. Im Rahmen dieses Eingabebeispiels können nicht alle Möglichkeiten des Programms *##-NISI* erschöpfend vorgetragen werden. Hier ist einerseits der Benutzer gefragt, selbständig zu erkunden, welche Funktionen sich hinter den nicht direkt angesprochenen Buttons wie z.B. bei der Lastbildtypauswahl auf S. 29 verbergen. Weiterhin gibt das Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*, Erklärungen zu den Eigenschaftsblättern.

### 3.7

## Kontextsensitivität

Hier bietet sich die Gelegenheit für einen Einschub bezüglich der Funktionalität der grafischen Eingabe. Die bereits auf S. 6 angesprochene **Kontextsensitivität** im DTE®-System findet auch hier ihre Fortsetzung und zieht sich durch alle *##-Programme*.

Z.B. besitzt die Steuerbuttonzeile im Kopfbereich der Bearbeitungsoberfläche in der Systemfolie eine Reihe abgedunkelter Buttons solange weder Punkte noch Linien markiert sind.

Systemfolie



Es ergibt auch keinen Sinn oder führt zu Verwirrung, Funktionalitäten für Lagerangaben bereitzustellen, wenn es entweder noch keine Punkte gibt oder keine aktiviert sind. Gleiches gilt für die Zuweisung von Eigenschaften zu Linien. Darüber hinaus wäre es noch weniger sinnvoll, in der Systemfolie Buttons zur Eingabe von Belastungswerten bereitzustellen.

Dementsprechend werden nach Wechsel in eine Lastfallfolie eine Reihe von Buttons ausgewechselt und nun lastbezogene Funktionen zugänglich.

Lastfallfolie



(Beide dargestellte Buttonzeilen zeigen an, dass weder Punkte noch Linien markiert wurden.)

Als letzter Themenbereich der erforderlichen Eingaben stehen nun noch die Nachweisdefinitionen an. Über die Nachweise werden implizit die zu durchlaufenden Rechenmodi gesteuert. Ob nach Elastizitätstheorie II. Ordnung gerechnet wird, effektive Steifigkeiten der Stahlbetonstäbe im Zustand 2 ermittelt oder plastische System- und Querschnittsreserven der Stahlstäbe nach der Fließgelenktheorie erfasst werden, die Steuerung geschieht über die eingerichteten Nachweise.



Ausführliche Erläuterungen zu den Nachweisen und zur Interaktion im *Eigenschaftsblatt Verwaltung der Nachweise* finden Sie im Handbuch *das pcae- Nachweiskonzept*.



Nachweise  
definieren

Der Button **Nachweise definieren** ruft die *Verwaltung der Nachweise* auf.

Es erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem u.A. festgelegt werden kann, welche Extremalbildungsvorschriften aufgrund der in der *Verwaltung der Einwirkungen* festgelegten Lastfallcharakteristika automatisch gebildet werden sollen.

Hier sollen die Voreinstellungen ohne Änderung akzeptiert werden.

Durch Anklicken des Buttons **einen neuen Nachweis erzeugen** wird ein Eigenschaftsblatt mit einem Objektbaum aufgerufen, der alle verfügbaren Nachweise beinhaltet. Im rechten Bereich des Eigenschaftsblatts werden die wesentlichen Merkmale des gewählten Nachweises erläutert.



einen neuen  
Nachweis erzeugen

Nach **Bestätigen** des Nachweises **EC 2 Bemessung** wird dieser in die Liste der zu führenden Nachweise bzw. Bemessungen aufgenommen und automatisch - wie bei allen linearen Nachweisen - eine zugehörige Standardkombination eingerichtet.

Einw.	$\Psi_{dom}$	$\Psi_{sub}$	$\gamma_{Fsup}$	$\gamma_{Finf}$
1	1.00	1.00	1.35	1.00
2	1.00	0.50	1.50	0.00
3	1.00	0.60	1.50	0.00
4	1.00	0.80	1.50	0.00

Wenn diese Standardkombination durch Anklicken mit der LMT markiert wird, erscheint ihre Bildungstabelle mit den zugehörigen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten der auf S. 27 erzeugten Einwirkungen. Der komplexe und komplizierte Überlagerungsmechanismus der Normen wird Ihnen damit von *##-NISI* vollständig abgenommen. Darüber hinaus gibt aber auch der Button **benutzerdefiniert** Eingriffsmöglichkeit in die Tabellenstruktur.

Da in unserem Mischsystem nicht nur Stahlbetonstäbe, sondern auch solche aus Stahl und Holz vorhanden sind, benötigen wir zusätzliche Nachweise für diese Werkstoffe. Richten Sie daher bitte in der beschriebenen Form zusätzlich die Nachweise **EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)**, **EC 5 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)** und **sonstige Nachweise Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)** ein.

Ein Klick auf die Standardkombination des Nachweises **Schnittgrößenermittlung** zeigt, dass die Teilsicherheitsbeiwerte auf **charakteristischem Niveau** formuliert sind. Dieser Nachweis ist daher geeignet zur Ermittlung von Werten zur **Lastweiterleitung** (s. Abs. 3.9, S. 37), der auf Fundamente zu übertragenden Lagerreaktionen, vorhandener Pressungen usw..

Einw.	$\gamma_{Fsup}$	$\gamma_{Finf}$
1	1.00	1.00
2	1.00	0.00
3	1.00	0.00
4	1.00	0.00



Alle innerhalb einer (Standard)Kombination ermittelten Zustands-, Nachweis- und Bemessungsgrößen sind mit den zu dieser Kombination gehörenden Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten versehen. Sie bilden einen konsistenten, in sich geschlossenen Ergebnisblock.

Nach **Bestätigen** der *Verwaltung der Nachweise* sind die Eingaben vollständig, um eine Berechnung des Tragwerks durchführen zu können.



Wie bereits im vorhergehenden Absatz erläutert, dient der Nachweis *Schnittgrößenermittlung* zur Erzeugung von Ergebnissen auf charakteristischem Niveau, um diese ggf. auf andere Bauteile zu übertragen.

Die Sicherheitskonzepte der neueren Normen sind auf Basis von Einwirkungen formuliert. Eine vollständig normenkonforme Übertragung von Ergebnissen auf andere Bauteile hat demnach auf Lastfallbasis zu erfolgen. Diese Vorgehensweise ist allerdings die aufwändigste, da sich die Lastfalleingaben für das unterliegende Bauteil entsprechend vervielfachen. Die hierzu erforderlichen Daten werden vom Programm in der Drucklistengestaltung und der Ergebnisvisualisierung unter dem Ergebnissatz **Lastfall** bereitgestellt.

2. Eine Reduktion des Eingabeaufwandes kann durch Definition von Lastkollektiven erfolgen. Hierbei werden innerhalb einer Einwirkung zusammengehörige Lastfälle zusammengefasst. Eine einwirkungsübergreifende Zusammenfassung verstieße unzulässigerweise gegen das Sicherheitskonzept der Normen, da Lastfälle verschiedener Einordnungen miteinander verknüpft würden. (Ergebnissatz **Lastkollektiv**).

3. Eine andere Möglichkeit der Vereinfachung des Eingabeaufwandes ist die Erzeugung benutzerdefinierter Extremierungsvorschriften. Eine Extremierung darf dabei nur innerhalb einer Einwirkung erfolgen. Eine einwirkungsübergreifende Extremierung ist nach dem Normenverständnis nicht zulässig. Das Programm stellt die Ergebnisse unterhalb der jeweiligen Extremierung bereit. Allerdings werden dort nur die Extremwerte gezeigt. Eine Zusammenstellung mit den zugehörigen Ergebniswerten ist in grafischer Form nicht möglich. Diese Wertekombination stellen einzig die **Detailnachweispunkte** bereit, die gesondert spezifiziert werden müssen (s. hierzu Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*).



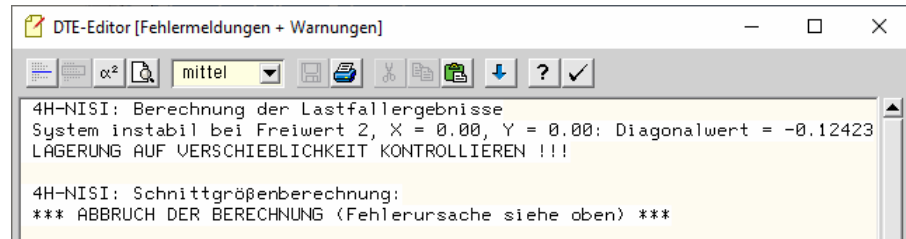
Die unter 2. und 3. formulierten Verfahrensweisen sind Vereinfachungen. Hierbei ist vonseiten des Benutzers sicherzustellen, dass sich die Vorgehensweise auf der sicheren Seite befindet.



Zum Start der Berechnung und der Postprozessoren muss die grafische Eingabe nicht verlassen werden. Klicken Sie bitte den **Start-Button** in der linken unteren Ecke des Arbeitsbereichs an und starten die Berechnung, die von einer Animation mit Angabe des aktuellen Bearbeitungsschritts begleitet wird.



Nach Beendigung der Berechnung klicken Sie bitte den **Start-Button** nochmals an. Da der Rechenlauf nicht korrekt beendet werden konnte, protokolliert der DTE®-Editor entsprechende Fehlermeldungen. Hier wird die bereits auf S. 24 bei Eingabe der Gelenkbedingungen erfolgte Andeutung offenkundig: Das System ist verschieblich.



Eine **Verschieblichkeit** kann darin begründet sein, dass das System nicht ausreichend gefesselt ist oder überzählige Gelenkbedingungen aufweist. Die Größe des **Diagonalwertes** von  $\approx 0$  gibt hier eine Verschieblichkeit an. Im oben dargestellten Eigenschaftsblatt ist nicht zu erkennen, dass sich hinter der -0.38 noch eine  $10^{-8}$  befindet.

Eine Verschieblichkeit kann auch dadurch eintreten, dass sich bei Druckstabausfall eine **kinematische Kette** bildet.

Eine **Systeminstabilität** wird durch einen Diagonalwert  $< 0$  angezeigt. In diesem Fall ist die Knicklast überschritten. Zur Ermittlung des betreffenden Stabes sind die Lastfaktoren des betreffenden Lastkollektivs zu reduzieren und die Berechnung neuerlich durchzuführen. Ein weiteres Hilfsmittel steht hierbei mit der Definition von Imperfektionen aus Eigenwerten zur Verfügung (s. S. 66).



Gemäß den drei Freiheitsgraden eines ebenen Rahmens ist Freiwert 1 die Verschiebung in X-Richtung, Freiwert 2 die Verdrehung um die Y-Achse und Freiwert 3 die Verschiebung in Z-Richtung.



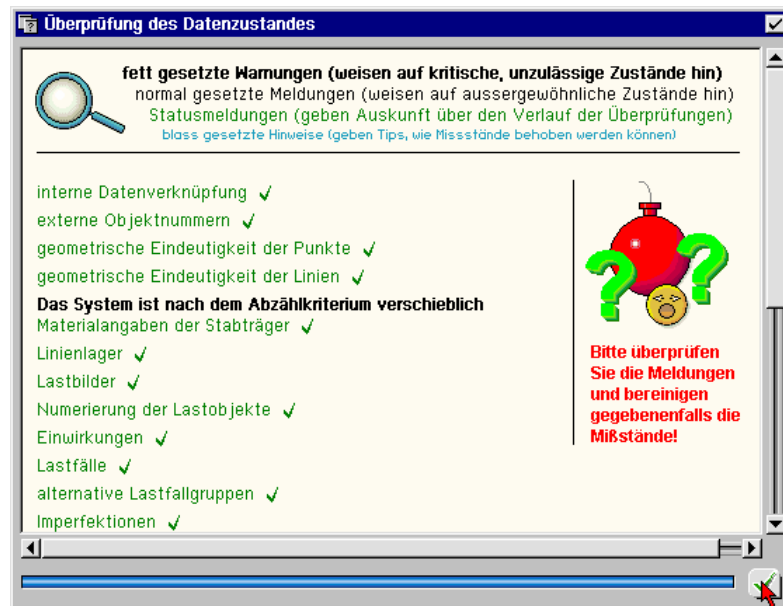
Eine weitere Form der Verschieblichkeit ist die Verdrehungsmöglichkeit einzelner Knoten durch Definition von überzähligen Gelenkbedingungen, wie dies die nebenstehende Abbildung zeigt. Der Knoten 2 kann um sich selbst rotieren. Zulässig ist hier die Angabe nur eines Gelenkes. Beide Stäbe sind damit trotzdem gelenkig miteinander verbunden. Der genannte Umstand wird von der Datenzustandskontrolle ermittelt und protokolliert.

### 3.11

## Datenzustandskontrolle



Aus den genannten Gründen und überhaupt sollte spätestens vor der Berechnung die Datenzustandskontrolle aufgerufen werden.



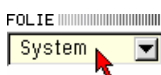
An Hand des **Abzählkriteriums**, das eine notwendige aber nicht hinreichende Bedingung zur Unverschieblichkeit des Systems darstellt, wird hier bereits der Missstand ausgewiesen.

**Fehlermeldungen** weisen auf Datenzustände hin, die eine Berechnung unmöglich machen werden. **Warnungen** hingegen werden i.d.R. einen Rechenlauf nicht verhindern, sondern geben Hinweise auf formale Unzulänglichkeiten.

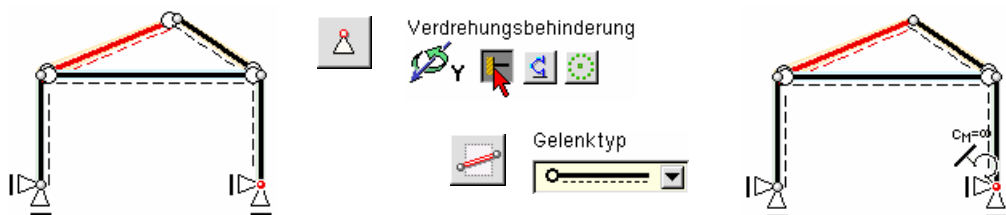
### 3.12

## Korrektur des Missstands

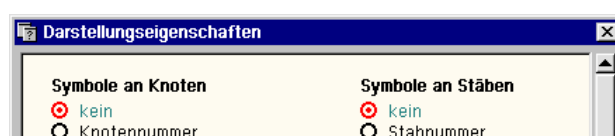
Wir wollen im Hinblick auf weitere, später anzusprechende Rechenoperationen zwei Änderungen am System vornehmen, obwohl für die gegenwärtigen Bedürfnisse eine zusätzliche Fesselung ausreichend wäre.



Wechseln Sie bitte in die Systemfolie, geben dem rechten Fußpunkt eine zusätzliche Einspannung und entfernen zusätzlich beim linken Sparren das Firstgelenk.



Anmerkung: In den Systemübersichten sind die Darstellungseigenschaften für Knoten und Stäbe auf **kein** gesetzt worden.

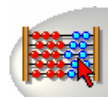


### 3.13

## Berechnung und Visualisierung der Ergebnisse



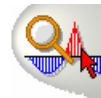
Starten Sie bitte neuerlich die Berechnung, die nun ohne Meldungen durchgeführt wird, und danach die Ergebnisvisualisierung.



Datenzustand sichern  
und Rechenmodul starten



Start

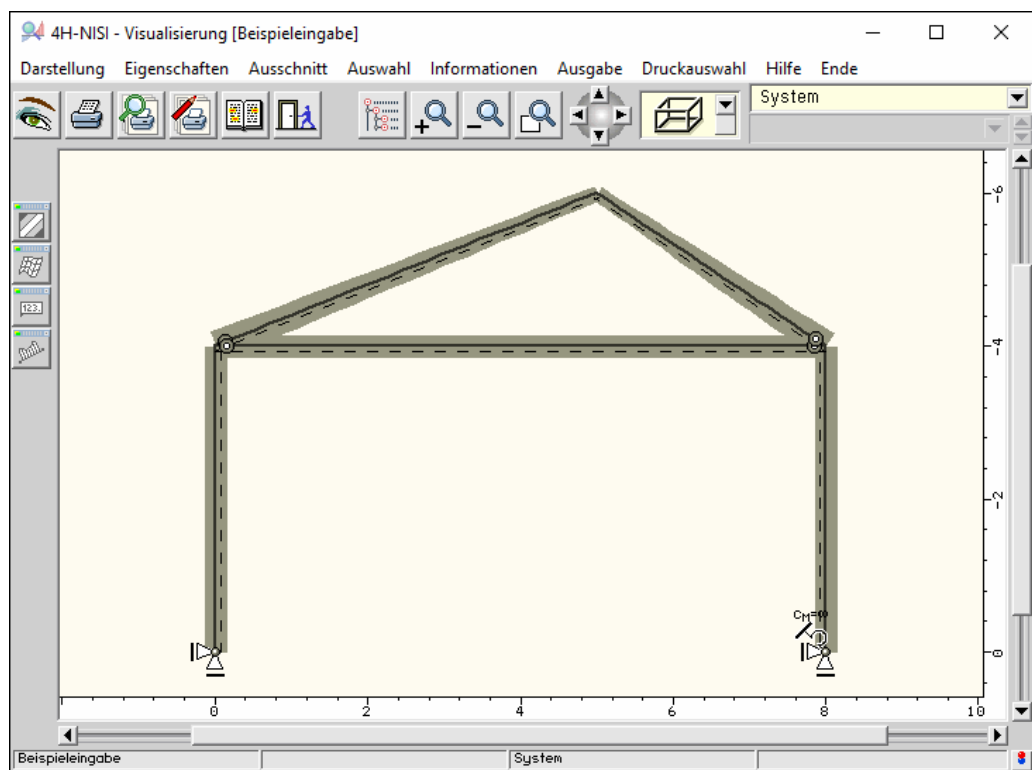


Ergebnisse der Berechnung  
am Sichtgerät einsehen

Sowohl die grafische Eingabe als auch die Ergebnisvisualisierung sind nun geöffnet und können über die Windows-Taskleiste aktiviert werden. So können Eingabe- und Ergebniswerte wechselseitig eingesehen werden.



Das Darstellungsfenster der Ergebnisvisualisierung erscheint in einem Grundzustand, der das System zeigt.

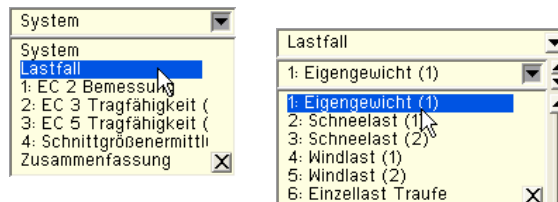


Eingehende Erklärungen zur Ergebnisvisualisierung finden Sie im Handbuch *4H-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*.

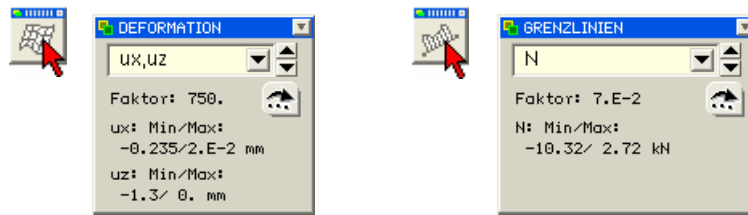
#### 3.13.1

### Ergebnissatz auswählen

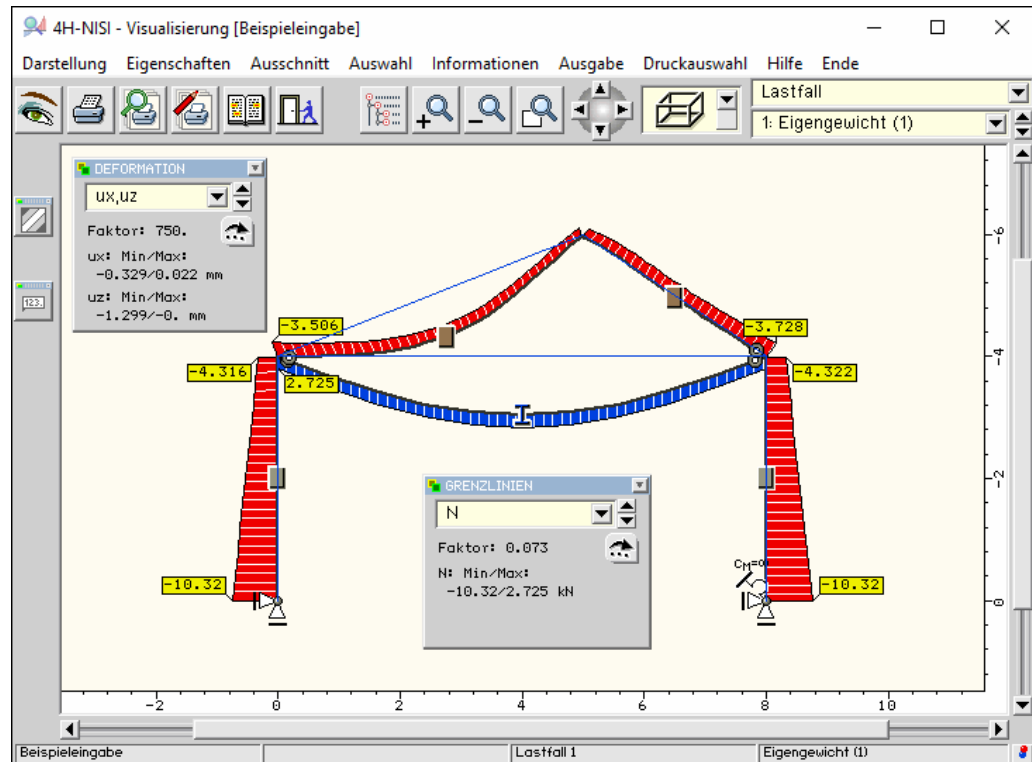
In der rechten oberen Ecke des Darstellungsfensters befinden sich Listboxen zur Auswahl des Ergebnissatzes. Durch Anklicken einer Zeile öffnet sich die Liste. Klicken Sie bitte auf das Wort **System** und wechseln auf **Lastfall**. Es erscheint eine Liste mit den sechs berechneten Lastfällen. Wählen Sie dort den LF **Eigengewicht** aus.



Klicken Sie nun auf den Button **Deformation** am linken Rand. Die dadurch geöffnete zugehörige **dynamische Schalttafel** enthält eine Liste der darstellbaren Ergebnisse. Klicken Sie bitte hier das Wort **kein** an und wechseln auf **ux,uz**. Wiederholen Sie dann den Vorgang mit Anklicken des Buttons **Grenzlinien** und Wechsel in der zugehörigen Schalttafel auf **N**.

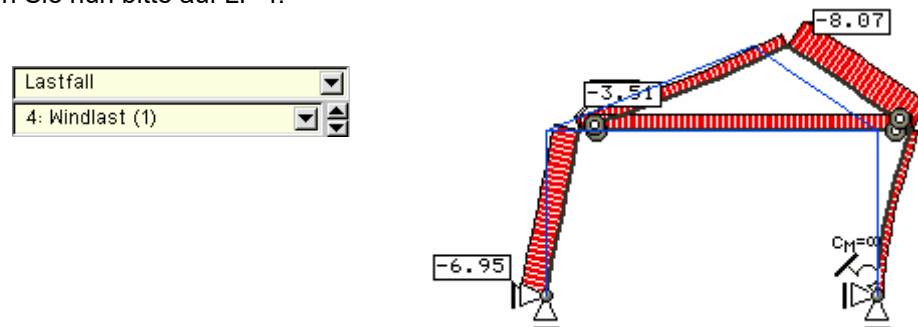


Das folgende Bild zeigt das Ergebnis dieser Einstellungen. Auf dem deformierten System des Lastfalls 1 sind die Grenzlinienverläufe der zugehörigen Normalkraft aufgetragen.



Die Sicht versperrende dynamische Schalttafeln (Moving-Windows) können durch Anklicken bei gedrückt gehaltener LMT verschoben oder durch Doppelklick geschlossen werden.

Da wir zu einem späteren Zeitpunkt auf die Normalkraft im LF 4 zu sprechen kommen werden, wechseln Sie nun bitte auf LF 4.

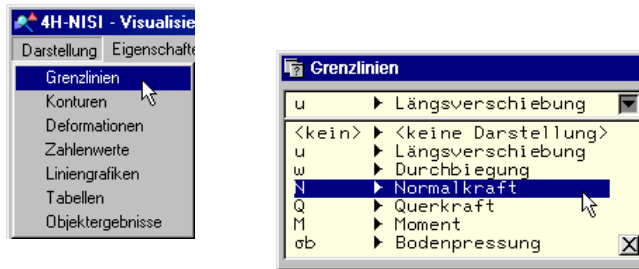


Aus der Grafik geht hervor, dass alle Stäbe Drucknormalkräfte aufweisen. Rote Färbung der Grenzlinien steht wie üblich für negative und blaue Färbung für positive Werte.

### 3.13.2

## Kürzel in den Auswahllisten der dynamischen Schalttafeln

Die Darstellungen können auch über die **Menüauswahlzeile** und die jeweiligen Auswahllisten abgerufen werden. In den Auswahllisten finden sich Erläuterungen zu den Kürzeln.

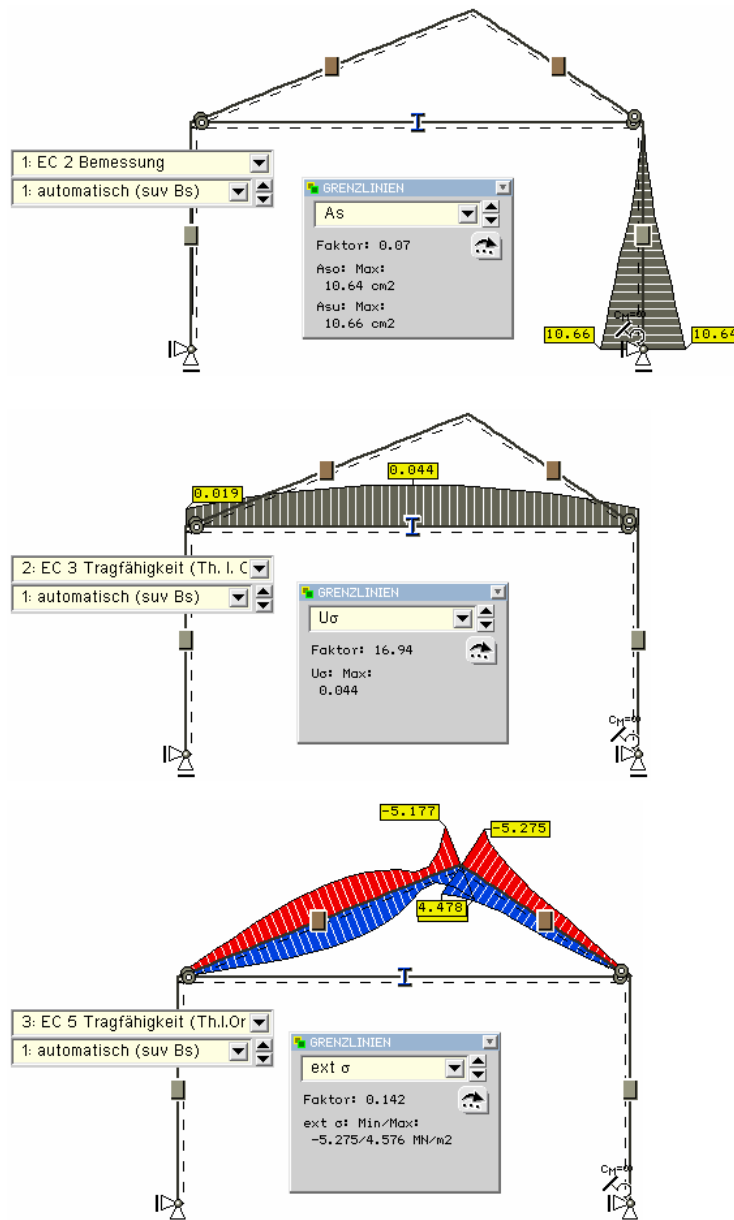


### 3.13.3

## Ergebnisse der Bemessungen und Nachweise

Die letztendlich angestrebten Ergebnisse der Stahlbetonbemessungen und der Spannungsnachweise der Stahl- und Holzquerschnitte sind analog zur Verwaltung der Nachweise auf S. 36 unter den Kombinationen der eingerichteten Nachweise abgelegt.

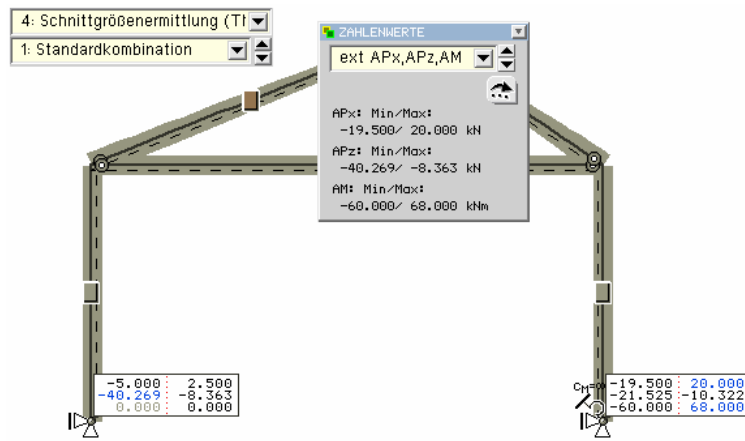
Die folgende Grafik zeigt den jeweils einzustellenden Ergebnissatz und das Kürzel der Grenzliniendarstellungen, um (von oben nach unten) die Bewehrung **A<sub>s</sub>** der Stahlbetonstäbe, die Spannungsausnutzung **U<sub>σ</sub>** (Stahl) und die Randspannungen **ext σ** (Holz) dargestellt zu bekommen.



### 3.13.4

## Charakteristisches Niveau im Nachweis Schnittgrößenermittlung

Die, wie auf S. 36 gezeigt, auf 1.0-fachem Niveau kombinierten Werte befinden sich unter dem Nachweis **Schnittgrößenermittlung**. Die Grafik zeigt die extremierten Lagerreaktionen.



In den Grafiken werden **Extremwerte** dargestellt. Die diesen Werten zugehörigen Größen können grafisch nicht präsentiert werden. Dies geschieht in der obigen Grafik weder am Lagerknoten selbst, noch, was noch viel aufwändiger wäre, lagerknotenübergreifend.

Die einander **zugeordneten Größen** an einem Knoten können über die Definition eines **Detailnachweispunktes** abgerufen werden. S. hierzu Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*.

Die den Werten an einem Lagerknoten zugeordneten Werte am zweiten Lagerknoten erhält man nur durch Berechnung von Lastkollektiven.

### 3.13.5

## Grafiken für Statikdokument sichern



Alle in der Ergebnisvisualisierung erstellten Grafiken können entweder direkt auf dem Drucker ausgegeben oder für das Druckdokument gesichert und später gemeinsam gedruckt werden.

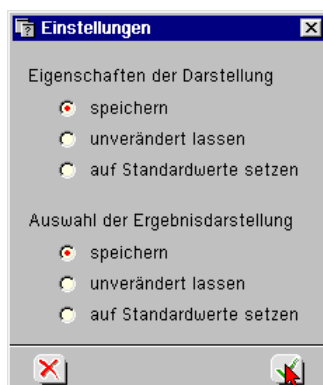


Erläuterungen zur Verwaltung der gespeicherten Grafiken und den Einstellungen der Druckausgabe s. Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*.

Brechen Sie die Druckausgabe ab oder besser noch probieren Sie selbständig die Funktionen in der Ergebnisvisualisierung aus; Schaden können Sie nicht anrichten.



Nach Beendigung Ihrer Rundreise verlassen Sie bitte die Ergebnisvisualisierung über den dargestellten Button. Im letzten Eigenschaftsblatt können die aktuellen Einstellungen mit den markierten Buttons gespeichert werden. Bei neuerlichem Aufruf der Ergebnisvisualisierung setzt das Programm an exakt der letzten Stelle wieder auf.



Nach **Bestätigen** befindet sich die Aktion dann wieder im Eingabemodul.

### 3.14

## Zwischenbilanz und Hinweis auf Drucklistengestaltung

Wir haben nun prinzipiell den handwerklichen Teil dieser Beispieleingabe abgeschlossen. Die System- und Lastbeschreibung werden sich bei größeren Systemen mit den gezeigten Hilfsmitteln meistern lassen und lediglich aufwändiger als beim gezeigten Beispiel gestalten.

Die wahrscheinlichkeitstheoretischen Betrachtungsformen in den neuen Normen verlieren durch die Verwaltungen der Einwirkungen und Nachweise mit ihren Automatismen nahezu vollständig ihre Schrecken.

Abschließend wurde die Ergebnisvisualisierung vorgestellt, die einerseits zur Sichtung und Bewertung der Ergebnisse dient, aber ihre Grafiken auch dem Druckdokument übergibt.

Für die eigentliche Erstellung des Druckdokumentes ist die Drucklistengestaltung zuständig. Hier können die angebotenen Tabellen und Grafiken für das Statikdokument zusammengestellt werden.

Der Aufruf erfolgt über die dargestellten Buttons.



Die Erläuterungen zur Drucklistengestaltung und zum Export der Grafiken aus der Ergebnisvisualisierung finden Sie im Handbuch *##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*. Auf eine Wiederholung der dortigen Texte wird hier verzichtet.

Abschließend wollen wir nun weitere nichtlineare Nachweise einrichten und wegen Ihrer Bedeutung hier eingehend erläutern. Wir verlassen damit den eigentlichen praktischen Teil und ergänzen ihn durch Hintergrundinformationen.



### 3.15

## Nachweis EC 2 Knicksicherheit

Der Nachweis *EC 2 Knicksicherheit* stellt sicher, dass die sich aus der Berechnung nach Zustand 2 ergebenden Schnittgrößen vom System aufgenommen werden können und sich ein Gleichgewichtszustand je Lastkollektiv einstellt. Hierbei wird die sich auf Grund des gerissenen Betonquerschnitts einstellenden effektiven Biegesteifigkeiten und die sich aus allen Tragfähigkeits- und Gebrauchsfähigkeitsnachweisen (inkl. **Grundbewehrung**) ergebende Bewehrung berücksichtigt.

Der Nachweis läuft nach dem folgenden Procedere ab. Jeder Stab wird in hinreichend viele Abschnitte unterteilt ( $> 4$ ), innerhalb derer die ermittelten **effektiven Biegesteifigkeiten** konstant angesetzt werden. Zur Ermittlung der eff. B. wird das Stoffgesetz nach Zustand 2 in den 10-tels-Punkten der Teilstäbe ausgewertet. In diesen 10-tels-Punkten wird überprüft, ob der Querschnitt die Schnittgrößen mit der vorhandenen Bewehrung aufnehmen kann (zul. Dehnungszustand n. Zustand 2). Sollte die vorhandene Bewehrung nicht ausreichen, erhöht #NISI, wenn möglich, die erforderliche Bewehrung, um einen Gleichgewichtszustand herzustellen.

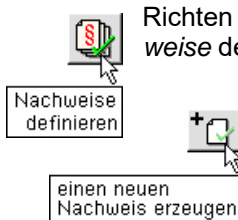
Innerhalb dieses nichtlinearen Nachweises können **Umlagerungen** am Gesamtsystem entsprechend der gewählten Grundbewehrung überraschende Resultate zeitigen. Eine Erhöhung der Bewehrung sollte sich daher in diesem Nachweis letztendlich nicht mehr ergeben. Tritt der Fall ein, sollte i.d.R. ein Mittelwert der ausgewiesenen Zusatzbewehrung den betreffenden Stahlbetonstäben unter der individuellen Grundbewehrung zugewiesen werden. Dieser Vorgang wird ggf. wiederholt und die Grundbewehrung der endgültig gewählten Bewehrung angepasst bis sich auch im Nachweis *Knicksicherheit* keine Änderungen der erf. Bewehrung ergeben. Dieser manuell iterative Prozess kann durch frühzeitiges Einlegen der konstruktiv erforderlichen Bewehrung (Grundbewehrung) beschleunigt werden. Abschließend wird dieser Zustand durch den Nachweis *Knicksicherheit* überprüft.



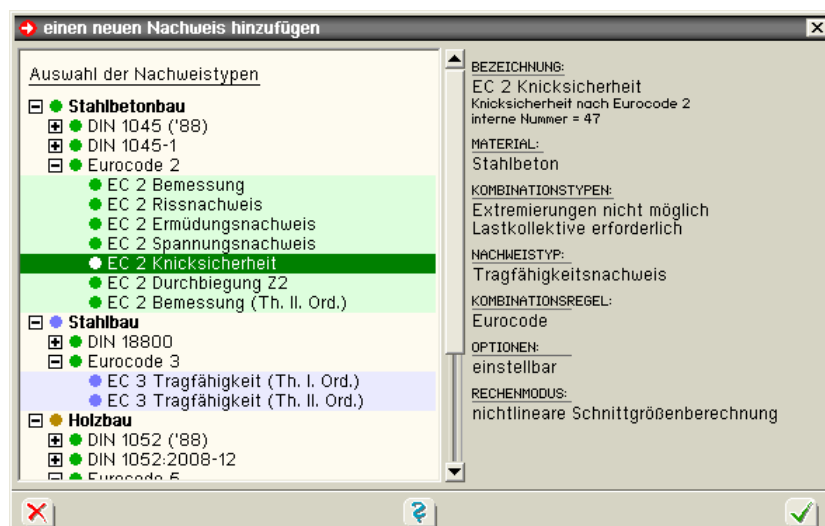
Nochmals: Der Nachweis stellt einen **Gleichgewichtszustand** im gerissenen Zustand sicher und die ggf. ausgewiesene Zusatzbewehrung gibt Hinweise, wo evtl. Handlungsbedarf für eine manuelle Bewehrungserhöhung der Grundbewehrung besteht. Diese dann durchgeführten Erhöhungen können auf Grund der angesprochenen Systemumlagerungen zu (bei empfindlichen Systemen gänzlich) anderen Ergebnissen führen. Erst wenn der Nachweis keine Bewehrungserhöhung ergibt, gilt das vorhandene statische System als nachgewiesen.

### 3.15.1

## Nachweis Knicksicherheit und Lastkollektiv einrichten



Richten Sie nun nach der bereits beschriebenen Vorgehensweise in der *Verwaltung der Nachweise* den Nachweis **DIN 1045-1 Knicksicherheit** ein.





Der Nachweis beruht auf einer nichtlinearen Schnittgrößenermittlung. Hierbei gilt das **Superpositionsgesetz** nicht; daher sind Lastfallkollektive zu bilden. Nach Anklicken des Buttons erscheint ein Eigenschaftsblatt, innerhalb dessen dem neuen Lastkollektiv eine **Bezeichnung** zugewiesen werden kann.



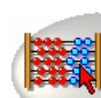
Die Möglichkeit einer spezifischen Bezeichnung bietet sich auch in der Verwaltung der Einwirkungen (S. 26) für die dortigen Lastfälle.

Dies hat auch in dem nach **Bestätigen** folgenden Eigenschaftsblatt den Vorteil der leichten Identifizierung der Lastfälle.

Erklären Sie bitte die Einwirkung **Windlasten** als führend. Nehmen Sie dann das Eigengewicht als günstig wirkend an und den Lastfall 4 in das Lastkollektiv auf, das nach Drücken des **bestätigen-Buttons** eingerichtet wird. **Bestätigen** Sie auch die Verwaltung der Nachweise.



Starten Sie nun bitte neuerlich die Berechnung und danach die **Ergebnisvisualisierung**.

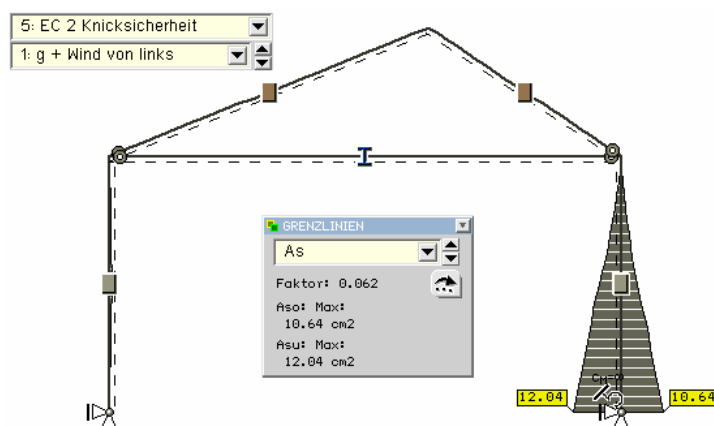


Datenzustand sichern  
und Rechenmodul starten



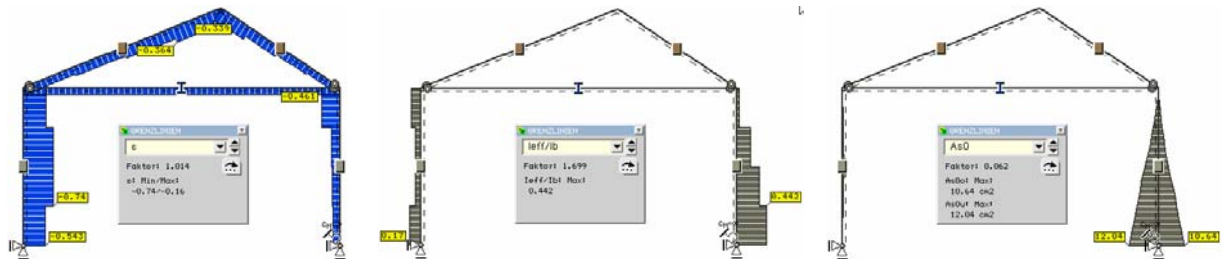
Ergebnisse der Berechnung  
am Sichtgerät einsehen

Wechseln Sie dort auf den Ergebnissatz des neuen Nachweises und des darunter befindlichen Lastkollektivs. Rufen Sie dann bitte den Grenzlinienverlauf der **Bewehrung  $A_s$**  auf.



Die Gegenüberstellung zur  $A_s$ -Grafik der Regelbemessung auf S. 42 zeigt erhöhte Werte an der Einspannstelle. Wir haben es hier also mit der auf S. 45 angesprochenen Erhöhung der Längsbewehrung im Nachweis *Knicksicherheit* zu tun.

Wir wollen nun weitere Grenzliniendarstellungen des Nachweises betrachten. Von Interesse sind die **Stabkennzahl  $\varepsilon$** , der Verlauf der **effektiven Steifigkeit  $I_{eff}/I_b$**  und die **Grundbewehrung des Nachweises  $A_{s0}$** .



### 3.15.2 Stabkennzahl $\varepsilon$

Die Größe der Stabkennzahl  $\varepsilon$  nach folgender Formel

$$\varepsilon = \text{sign}(N) \cdot l \cdot \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot I}}$$

gilt als Abgrenzungskriterium für die **Knickgefährdung** und Erfordernis einer Berechnung nach Theorie II. Ordnung. Die Stabkennzahl wird vom Programm mit der lokalen Stablänge ermittelt und ist somit als Anhaltswert zu verstehen. Zur exakten Ermittlung von  $\varepsilon$  müsste der Knicklängenbeiwert  $\beta$  der Gesamtknickfigur bekannt sein, der in üblichen Rahmensystemen nicht formulierbar ist.

### 3.15.3 effektive Biegesteifigkeit $I_{eff}$

Durch Berücksichtigung der jeweils gültigen  $M$ - $\kappa$ -Beziehung (Momenten-Krümmungs-Bez.) wird für jeden Stab eine wirksame Biegesteifigkeit  $I_{eff}$  für die weitere Berechnung ermittelt:

$$I_{eff} = \frac{\int_0^l M \cdot \kappa \, dl}{E_b \int_0^l \kappa \cdot \kappa \, dl}$$

$E_b$  ist dabei der E-Modul des Betons für die Berechnung n. Zustand 1. Die eff. B. wird je Stab für  $\geq 4$  Teilabschnitte ermittelt. Auch eine weitere Unterteilung der Stäbe hat zumeist keinen wesentlichen Einfluss auf die Größe der Endergebnisse.

Der Wert der eff. B. ergibt sich als integraler Wert über den Teilabschnitt in Abhängigkeit von dem im Zähler stehenden Biegemoment. Daher nimmt auch eff. B. im Bereich kleiner Momente stark ab, wie die oben dargestellten Kurven  $I_{eff}/I_b$  zeigen.

### 3.15.4 Grundbewehrung $A_{s0}$

Als Grundbewehrung der nichtlinearen Schnittgrößenermittlung werden die eingegebene Grundbewehrung und die erforderliche Bewehrung aus den vorgeschalteten Tragfähigkeits- und Gebrauchsfähigkeitsnachweisen nach Zustand 1 zugrunde gelegt.

Wie aus der Grafik auf S. 47 zu ersehen ist, entspricht die Grundbewehrung der Biegebewehrung von S. 42. Dies ist erklärlich, da in unserem Beispiel keine weiteren Nachweise nach Zustand 1 eingerichtet wurden und wir noch keinerlei Angaben zu einer Grundbewehrung vorgenommen haben.

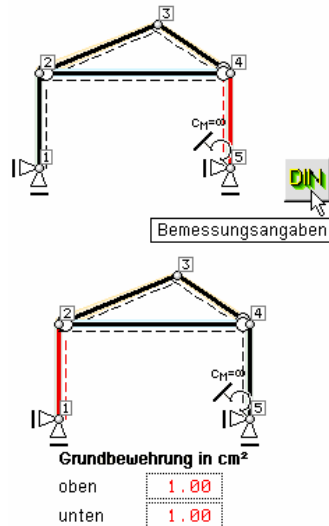
Wie auf S. 45 ausführlich erläutert, sollte sich im Nachweis der Knicksicherheit keine Erhöhung der Biegebewehrung ergeben. Daher ist die Vorgabe einer Grundbewehrung erforderlich.

Ein weiteres Argument für die Angabe einer Grundbewehrung besteht darin, dass durch Umla-

gerungen bei Berechnung nach Theorie II. Ordnung oder im Zustand 2 Verformungszustände eintreten können, die Zug in Stabbereichen erzeugen, für die sich in den Nachweisen nach Zustand 1 keine Bewehrung ergab. Hier kann wegen der nun fehlenden Armierung für den Querschnitt kein sinnvoller Dehnungszustand ermittelt werden, da der Querschnitt komplett aufreißen kann. Die Berechnung wird dann nicht durchgeführt werden können.



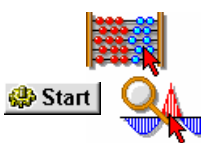
Verlassen Sie nun bitte die Ergebnisvisualisierung und markieren in der Systemfolie der grafischen Eingabe den rechten Stiel, klicken dann auf den Button **Bemessungsangaben** und tragen im ersten Registerblatt die Werte für die Grundbewehrung ein.



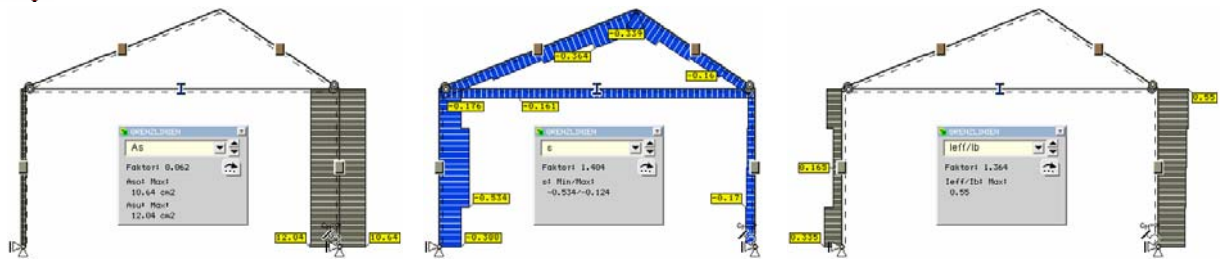
Der aus der vorhergehenden Berechnung resultierende Wert von  $11.8 \text{ cm}^2$  bleibt hierbei unterschritten. Weisen Sie bitte dem linken Stiel eine Grundbewehrung von  $1.0 \text{ cm}^2$  je Seite zu.



Soll eine Staffelung der Bewehrung über die Höhe des Stiels durchgeführt werden, ist er in weitere Teilstäbe zu zerlegen, denen dann individuell eine Grundbewehrung zugewiesen wird.

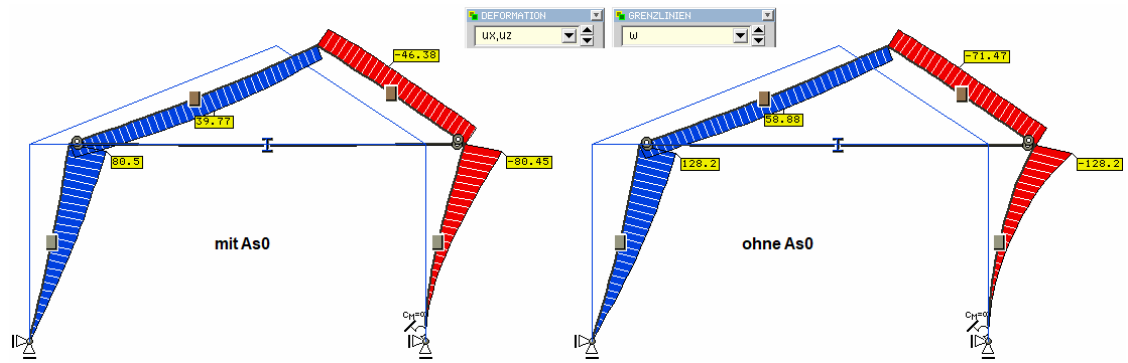


Führen Sie nun bitte wieder die Berechnung durch und rufen anschließend die Ergebnisvisualisierung auf. Wenn Sie den Auswahlzustand beim vorherigen Verlassen der Ergebnisvisualisierung gespeichert haben, befinden wir uns noch im richtigen Nachweis und müssen ggf. nur die Grenzliniendarstellung der Bewehrung  $A_s$  auswählen.



Durch die eingelegte Grundbewehrung haben sich erhebliche Änderungen der effektiven Biegesteifigkeiten und damit auch andere Verformungen gegenüber dem Rechenlauf ohne die Grundbewehrung ergeben.

Die folgende Grafik stellt die Deformationsfigur und die Grenzlinien der lokalen Durchbiegungen mit und ohne Grundbewehrung gegenüber.



Hierdurch hat sich ein ausgewogenerer Verlauf der Stabkennzahlen gegenüber der Darstellung auf S. 47 ergeben.



Für alle Stahlbetonstäbe ist eine (individuelle) Grundbewehrung für die Nachweise *Knicksicherheit EC 2/DIN 1045-1/DIN 1045* zu wählen und ggf. so lange anzupassen, bis der Nachweis keine automatische Erhöhung der Bewehrung mehr ergibt.

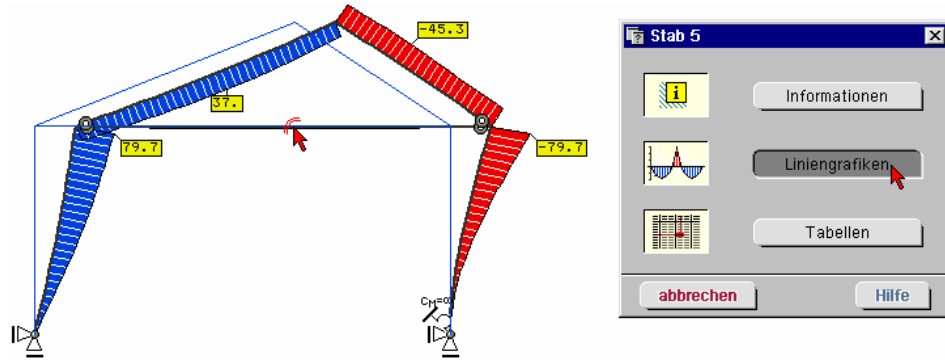
Die Vorgabe einer dem konstruktiven Endergebnis entsprechenden Grundbewehrung ist für alle anderen Nachweise prinzipiell genauso sinnvoll, da die Grundbewehrung den Dehnungszustand der geführten Nachweise beeinflusst bzw. bei der Schubbemessung in den  $V_{Rd,ct}$ -Wert eingeht. Die Riss-, Ermüdungs-(Schwing-) und Spannungsnachweise liefern ggf. genauso wie der Knicksicherheitsnachweis eine Zusatzbewehrung.

I.d.R. ist die wirtschaftlichste Bewehrungsführung erreicht, wenn auch die genannten Nachweise keinerlei Zusatzbewehrung ergeben.

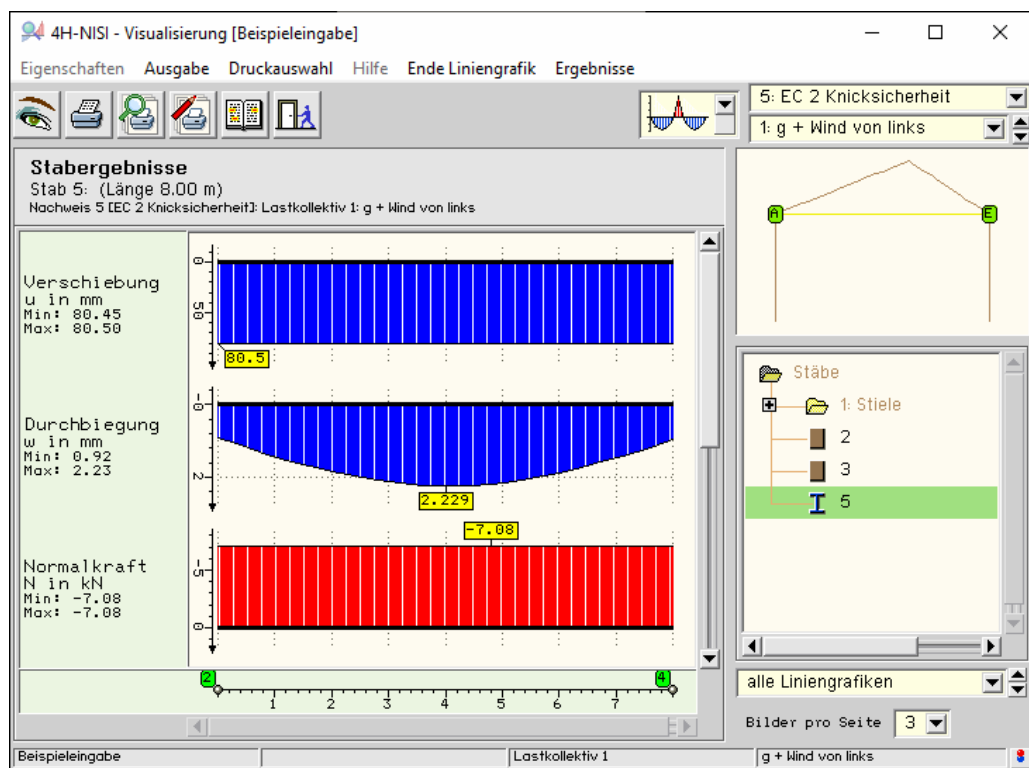
### 3.15.5

## Liniengrafiken in der Ergebnisvisualisierung

Führen Sie nun bitte einen Doppelklick auf dem Stahlriegel aus und wählen **Liniengrafiken** an.



Jetzt erfolgt die Darstellung nicht mehr am Gesamtsystem, sondern an Einzelstäben oder an den definierten Stabzügen (s. Gruppenbildung S. 20).



In diesem Darstellungsfenster können über die Auswahlliste unten rechts verschiedene Kombinationen von Liniengrafiken abgerufen werden. In der gegenwärtigen Einstellung sind die Längsverschiebung, die Durchbiegung und die Normalkraft des Riegels im Lastkollektiv **g + Wind von links** dargestellt.



Der Nachweis **EC 2/DIN 1045-1 Knicksicherheit** berücksichtigt neben den effektiven Steifigkeiten der Stahlbetonstäbe sowohl die Elastizitätstheorie II. Ordnung als auch Systemnichtlinearitäten in Form von Druckstab- und Bettungsausfall. Die Werkstoffnichtlinearität von Stahlstäben (Fließgelenktheorie, S. 51) wird in diesem Nachweis nicht berücksichtigt. Die entsprechenden Stäbe werden bei der Berechnung als voll elastisch angesetzt.

Die Berechnung der Schnittgrößen n. Theorie II. Ord. der dem Nachweis zugeordneten Lastkollektive erfolgt geometrisch nichtlinear (Berücksichtigung der Zustandsgrößenänderung auf Grund der vorgegebenen Imperfektionen und der sich einstellenden Verformungen).

Zusätzlich wird das System nach der **Fließgelenktheorie** physikalisch nichtlinear berechnet.

Innerhalb der Berechnung nach der Fließgelenktheorie werden die plastischen Querschnitts- und Systemtragreserven berücksichtigt. Ergebnis der Berechnung ist ein möglicher Gleichgewichtszustand oder der Hinweis auf ein Teil- oder Gesamtsystemversagen durch Bildung einer kinematischen Kette. Die Ausweisung einer verbleibenden Systemtragreserve gegen eine Einwirkungskombination erfolgt hierbei nicht.

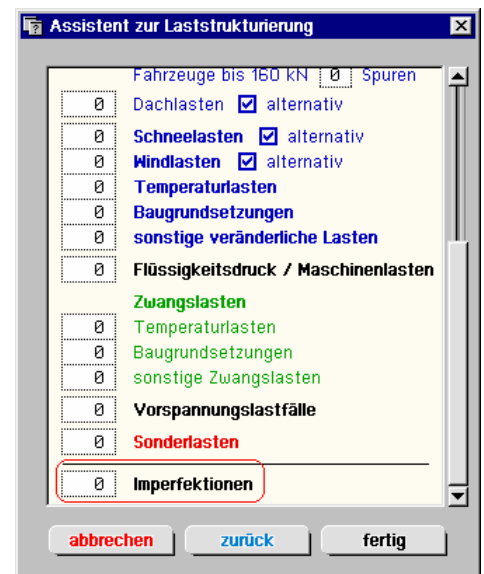
##-NISI ermittelt die sich evtl. einstellenden Fließgelenke selbsttätig. Vonseiten des Benutzers sind bei der Systembeschreibung keinerlei Vorbereitungen in dieser Richtung erforderlich. Auch die Lage möglicher Fließgelenke innerhalb der Stäbe wird iterativ ermittelt, ohne dort vorher Knoten festlegen zu müssen. Innerhalb des Iterationsprozesses ist ##-NISI in der Lage, Fließgelenke auch wieder zu schließen, wenn die Systemumlagerungen dies ergeben.

## 3.16.1

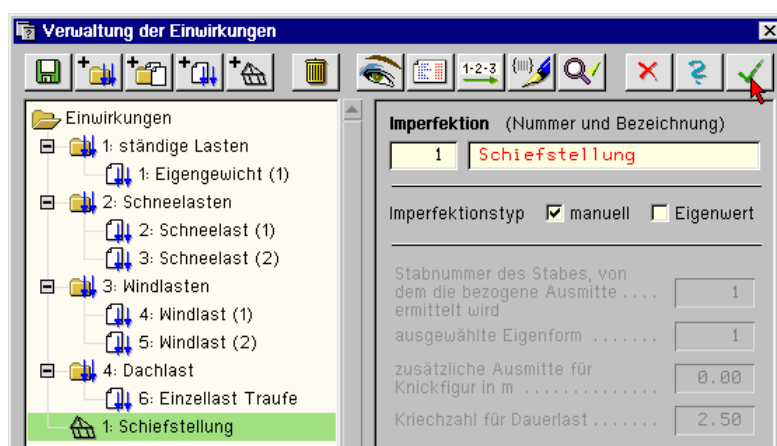
## Imperfektionen

Gemäß den Normenwerken sind die Auswirkungen von Imperfektionen im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu berücksichtigen. Da wir hierüber bisher kein Wort verloren haben, wollen wir dies nun nachholen und die Eingabe der geometrischen Ersatzimperfektionen in Form von **Stabschiefstellung** und **Stabvorkrümmung** durchführen.

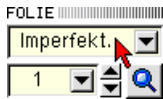
Bereits bei der Vorstellung des Assistenten zur Laststrukturierung auf S. 26 hätten wir Imperfektionen einrichten können. Durch Scrollen kann der Auswahlbereich nach ganz unten eingesehen werden. Dort hätte die Anzahl der einzurichtenden Imperfektionsfolien eingetragen werden können.



Klicken Sie nun nach Verlassen der Ergebnisvisualisierung in der grafischen Eingabe bitte auf den Button **Einwirkungen und Lastfälle verwalten** und dort auf **eine neue Imperfektion hinzufügen**.

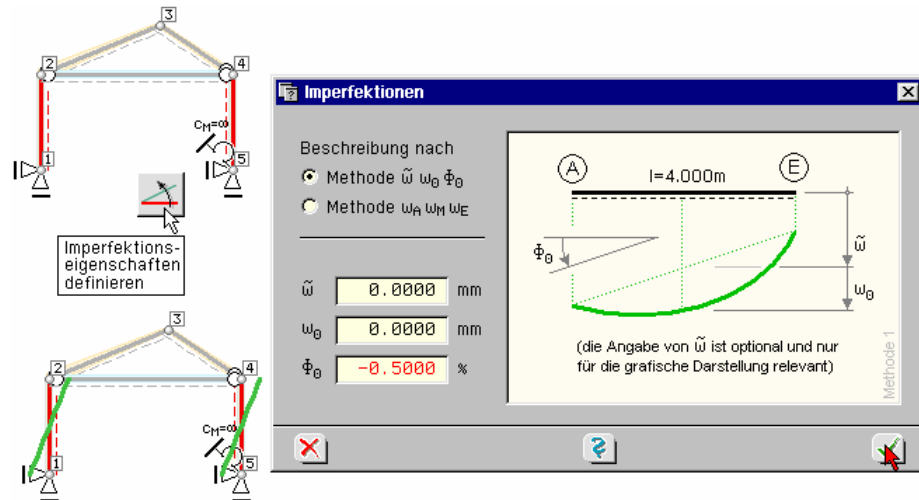






Hierdurch wird eine Imperfektionsfolie eingerichtet, die bezeichnet und nach **Bestätigen** des Eigenschaftsblatts genauso wie eine Lastfallfolie aufgeblättert werden kann.

Wählen Sie nun bitte in der Imperfektionsfolie die beiden Stiele aus und klicken auf den Button **Imperfektionseigenschaften definieren**.



Der Eingabewert für die Schiefstellung  $\Phi_0$  ist in % anzugeben. Hierdurch ist der Eingabewert von der Stablänge unabhängig und das Lastbild muss bei einer Systemänderung nicht angepasst werden.

Für eine Schiefstellung von  $\frac{l}{200}$  ist  $\Phi_0 \cdot l = \frac{l}{200} \cdot 100 = 0.5\% \cdot l$  einzugeben.

Das negative Vorzeichen ergibt sich aus der gewünschten Auslenkungsrichtung auf Grund der jeweiligen gestrichelten Zone des Stabes, die hier für beide Stäbe gleich ist.

Das Lastbild wird im Schwerpunkt des Stabes angetragen.

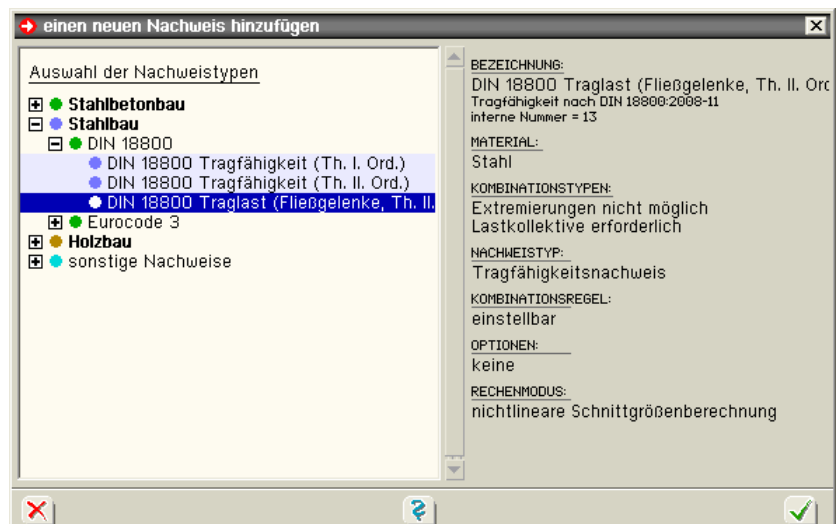
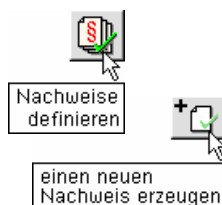


Weitere Hinweise zu Imperfektionen s. S. 63.

### 3.16.2

### Nachweis DIN 18800 Traglast und Lastkollektiv einrichten

Richten Sie nun nach der bereits mehrfach beschriebenen Vorgehensweise in der *Verwaltung der Nachweise* den Nachweis **DIN 18800 Traglast (Fließgelenke), Th. II. Ordnung** ein.







Wie aus dem Eigenschaftsblatt hervorgeht, ist auch hier die Definition von Lastkollektiven erforderlich. Klicken Sie daher bitte, wie bereits auf S. 46 beschrieben, den Button **ein neues Lastkollektiv hinzufügen** an.

**ein neues Lastkollektiv hinzufügen**

Nummer: 1 Bezeichnung: g+ W links + Trauflast

für den Nachweis: DIN 18800 Traglast (Fließgelenke, Th. II)

**Programmgestützte Erzeugung von Lastkollektiv-Tabellen**

Überlagerungsregel: DIN 18800

führende Einwirkung:

Nachweistyp:

Kombinationstyp: Hauptkombination

Grundeinstellungen auf Standard setzen

Auswahl der am Lastkollektiv beteiligten Lastfälle

- ☒ 1: Eigengewicht (1)
- ☒ 2: Schneelast (1)
- ☒ 3: Schneelast (2)
- ☒ 4: Windlast (1)
- ☒ 5: Windlast (2)
- ☒ 6: Einzellast Traufe

Imperfektionen:

- ☒ -1: Schiefstellung

Das Symbol hinter den Eigengewichtslastfällen bedeutet:

- ☒ ungünstig wirkend
- ☒ günstig wirkend

Sie können den aktuellen Zustand des Symbols durch Anklicken verändern.

Führen Sie dort bitte die markierten Klicks aus, wobei bis auf den letzten Klick die Reihenfolge natürlich unerheblich ist. Nach **Bestätigen** ist das neue Lastkollektiv unterhalb des neuen Nachweises in die Verwaltung der Nachweise eingegliedert.

**Verwaltung der Nachweise**

Nachweise

- 1: EC 2 Bemessung
  - 1: Standardkombination
- 2: EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)
  - 1: Standardkombination
- 3: EC 5 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)
  - 1: Standardkombination
- 4: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)
  - 1: Standardkombination
- 5: EC 2 Knicksicherheit
  - 1: g + Wind von links
- 6: DIN 18800 Traglast (Fließgelenke, Th. II.)
  - 1: g+ W links + Trauflast

Lastkollektiv (Nummer und Bezeichnung)

1 g+ W links + Trauflast

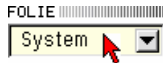
zum Nachweis: DIN 18800 Traglast (Fließgelenke, Th. II.)

Lastf.	$\Psi$	$\gamma_F$	Faktor
1	1.000	1.350	= 1.350
4	0.900	1.500	= 1.350
6	0.900	1.500	= 1.350
-1	1.000	1.000	= 1.000

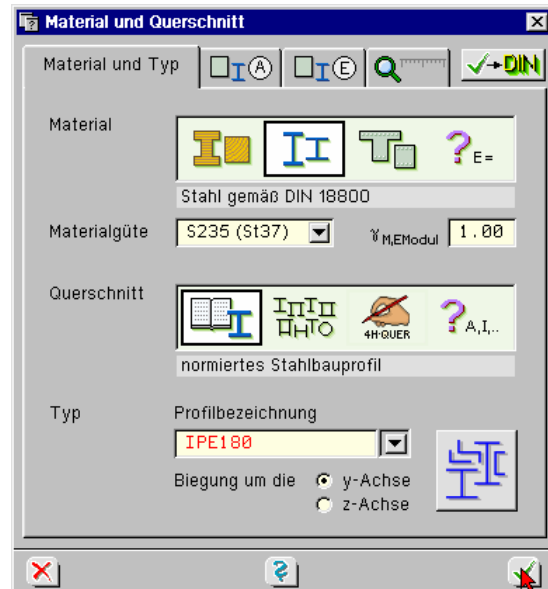
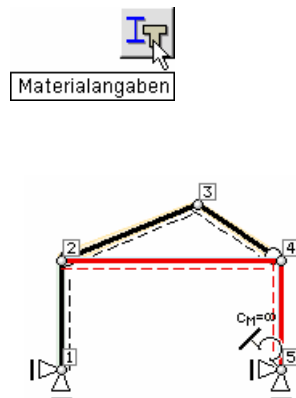
In der rechts protokollierten Überlagerungstabelle sind die Bildungslastfälle und die Imperfektion mit den zugehörigen Sicherheitsbeiwerten zusammengestellt. Imperfektionen werden zur Unterscheidung von den Lastfällen durch ein negatives Vorzeichen kenntlich gemacht.

### 3.16.3

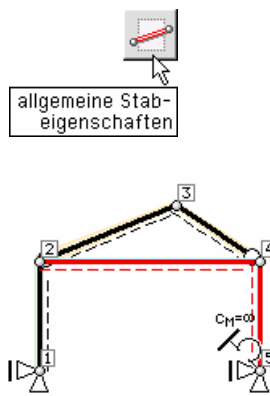
### Systemanpassungen



Wechseln Sie bitte wieder zurück in die **Systemfolie** und wählen die beiden markierten Stäbe durch Anklicken aus. Klicken Sie bitte den Stahlriegel zuerst an. Wegen der auf S. 23 beschriebenen Auswahlreihenfolge werden bei Anklicken des Buttons **Materialangaben** die Eigenschaften des zuerst markierten Stabes angeboten.



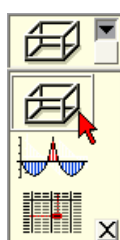
Klicken Sie danach bitte auf den Button **allgemeine Stabeigenschaften** und entfernen Sie die Gelenke.



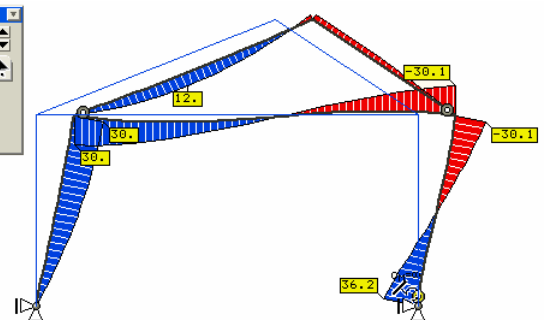
Vor jedem Rechenlauf sollte die Datenzustandskontrolle aufgerufen werden, die im vorliegenden Falle keine Fehler feststellt.



Führen Sie dann bitte die Berechnung durch und rufen anschließend die Ergebnisvisualisierung auf. Wechseln Sie dort zum Lastkollektiv **1:g+ W ...** im Nachweis **DIN 18800 Traglast ..** und rufen die Grenzliniendarstellung für das **Moment M** ab.

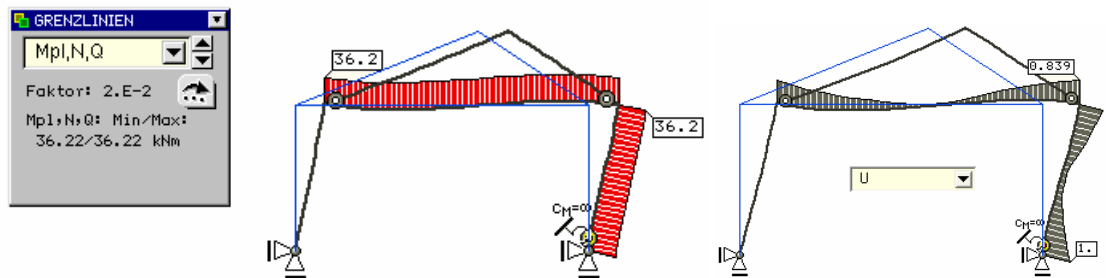


6: DIN 18800 Traglast (Fließregel)  
1: g+ W links + TrauflastLas



In den Momentenverlauf ist am rechten Stiel an der Einspannstelle ein zusätzliches, gelb eingefärbtes Gelenksymbol eingetragen. Hier stellt sich ein Fließgelenk ein. Der dynamischen Schalttafel *Grenzlinien* sind die minimal und maximal auftretenden Momente zu entnehmen. An der Einspannstelle tritt das maximale Moment vom 36.22 kNm auf.

Die gleichfalls als Grenzlinien abzurufenden Größen des **aufnehmbaren Momentes**  $M_{pl,N,Q}$  für die Stahlträger zeigen, dass dieses genau den Wert 36.22 kNm für einen IPE 180 annimmt.



Der Grenzlinienverlauf der **Ausnutzung**  $U$  zeigt am rechten Fußpunkt den Wert 1.0.



Der Nachweis DIN 18800 Traglast berücksichtigt neben der Fließgelenktheorie sowohl die Elastizitätstheorie II. Ordnung als auch Systemnichtlinearitäten in Form von Druckstab- und Bettungsausfall. Die Werkstoffnichtlinearität von Stahlbetonstäben (effektive Steifigkeiten, S. 45) wird in diesem Nachweis nicht berücksichtigt. Die entsprechenden Stäbe werden bei der Berechnung als voll elastisch angesetzt.

### 3.16.4

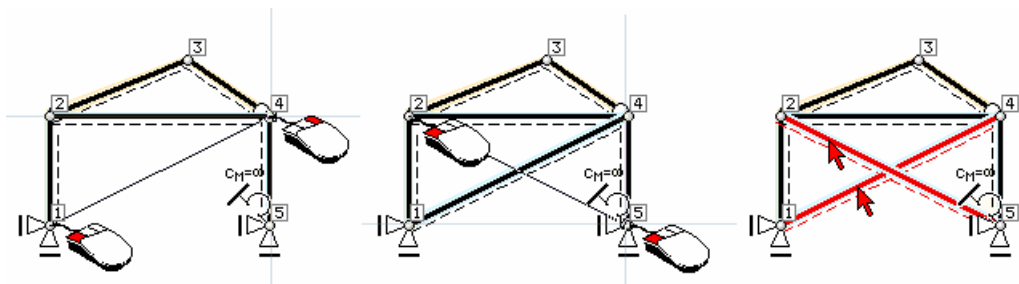
#### Druckstabausfall

Neben den bereits angesprochenen werkstofflichen Nichtlinearitäten im Stahlbeton- und Stahlbau und der gewöhnlichen Elastizitätstheorie II. Ordnung können Systemnichtlinearitäten in Form von Druckstab- und Bettungsausfall in den nichtlinearen Nachweistypen erfasst werden.

Wir wollen unser System zur Erläuterung des Druckstabausfalls durch zwei Diagonale auskreuzen.



Klicken Sie bitte nach Verlassen der Ergebnisvisualisierung in der grafischen Eingabe wieder auf den Button **Objekte erzeugen** und in dem folgenden Menü auf **Linien manuell erzeugen**.



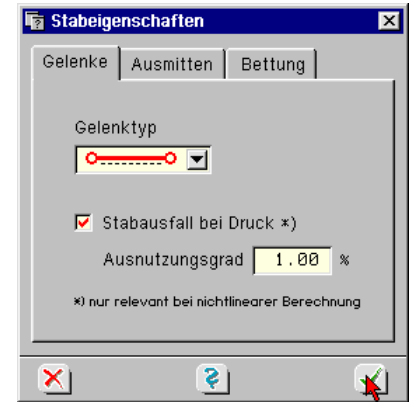
Klicken Sie bitte den Punkt 1 mit der LMT an, dann Punkt 4 mit der RMT; und für die zweite Diagonale Punkt 2 mit LMT und Punkt 5 wieder mit der LMT. Damit ist der Erzeugemodus beendet. Sollten Sie zuletzt die falsche Maustaste benutzt haben, hilft die Esc-Taste.



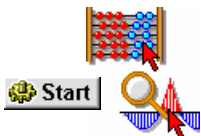
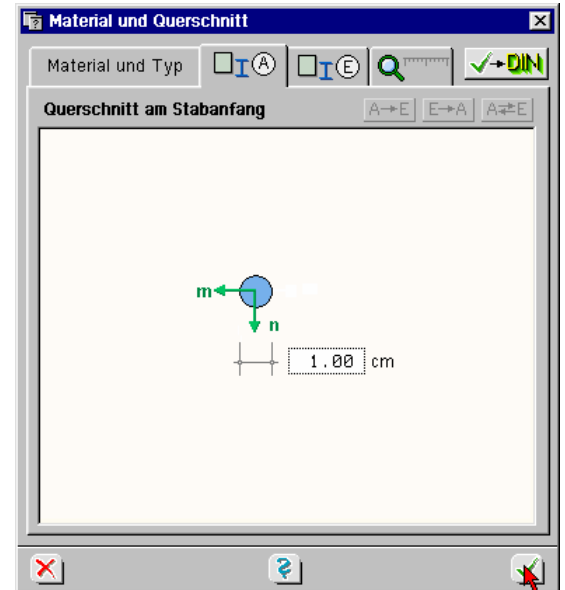
Beachten Sie bitte wieder bereits die auf S. 11 beschriebene Reihenfolge der Mausklicks!



Markieren Sie dann bitte die beiden Diagonalen und klicken auf den Button **allgemeine Stabeigenschaften**. Ändern Sie hier bitte den Gelenktyp und aktivieren den Button **Stabausfall bei Druck**.

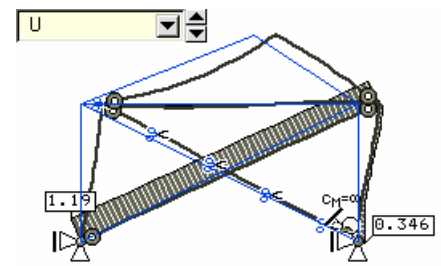


Klicken Sie nach **Bestätigen** dann auf den Button **Materialangaben**. Wählen Sie dort bitte den **typisierten Querschnitt** an und unter **Typ** den Kreisquerschnitt. Zur Information: Im zweiten Register wird der voreingestellte Durchmesser 1.0 cm protokolliert und **bestätigt**.

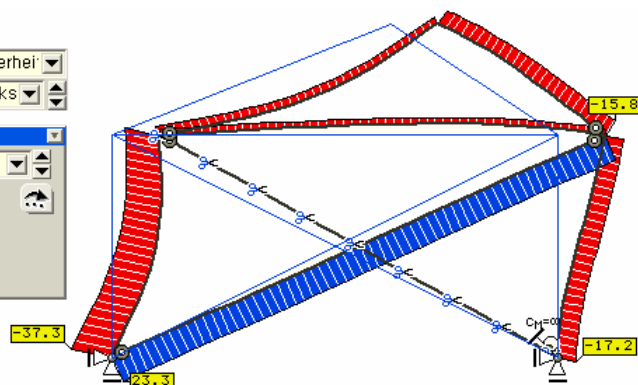


Führen Sie jetzt bitte wieder die Berechnung durch und starten dann die Ergebnisvisualisierung. Wenn Sie beim vorherigen Verlassen der Ergebnisvisualisierung die letzte Einstellung gespeichert haben, müsste jetzt die Ausnutzung im Nachweis DIN 18800 Traglast auf dem Bildschirm erscheinen.

Die fallende Diagonale ist aus dem System herausgeschnitten, was durch die kleinen Scherensymbole kenntlich gemacht ist. Der Ausnutzungsgrad der steigenden Diagonalen ist deutlich größer als 1.0.

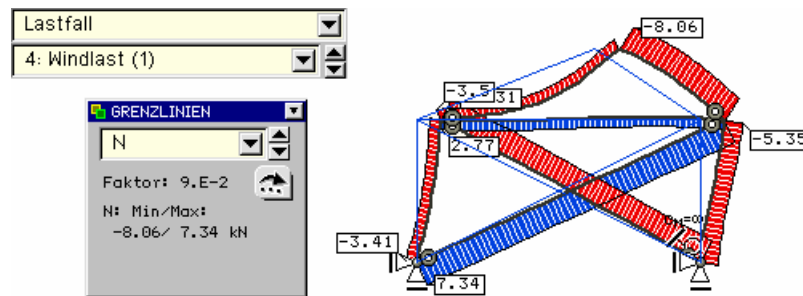


Die Grenzliniendarstellung der Normalkräfte im Nachweis DIN 1045-1 Knicksicherheit zeigt gleichfalls, dass die fallende Diagonale auf Druck ausfällt.



Dies bestätigt die auf den Seiten 50 und 55 gegebenen Hinweise zur Kombinierbarkeit der Nichtlinearitäten.

Die Darstellung des Normalkraftverlaufs im Lastfall 4 zeigt, dass hier kein Druckstabausfall erfolgt, da Lastfälle linear berechnet werden.



Der Druckstabausfall ist als Materialeigenschaft für die Gesamtsystemstabilität relevant und kommt deshalb nur in den Nachweisen nach Theorie II. Ordnung zum Tragen. Stäben, die auf Druck ausfallen sollen, darf auf ihrer Längsausdehnung keine Belastung zugewiesen werden!

### 3.16.5

#### Bettungsausfall

Bettungsausfall als zweite mögliche Systemnichtlinearität wird grundsätzlich anders aufgefasst als der im vorhergehenden Absatz beschriebene Druckstabausfall. Während Letzterer stabilitätsrelevant nur in den nichtlinearen Nachweisen nach Theorie II. Ordnung berücksichtigt wird, wird der Bettungsausfall auch in den linearen Nachweisen (für die definierten Lastkollektive) erfasst, da der anstehende Boden grundsätzlich nicht in der Lage ist, Zugspannungen zu übertragen.



Der Bettungsausfall wird im Gegensatz zum Druckstabausfall nicht als Stabilitätsmerkmal aufgefasst. Weil der anstehende Boden per se nicht in der Lage ist, Zugkräfte aufzunehmen, wird die Zugfederausschaltung auch bei den Nachweisen nach Theorie I. Ord. berücksichtigt.

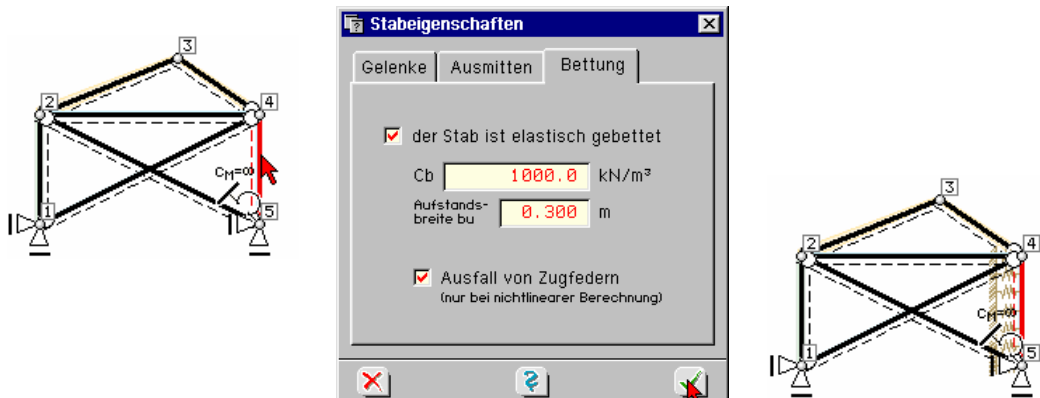
Hierzu sind bei den entsprechenden Nachweisen wiederum Lastkollektive zu beschreiben. Die lineare Berechnung von Lastfällen ist nicht sinnvoll; man bedenke hierbei das alleinige Auftreten von Auftriebskräften, die das System unendlich weit anheben würden.

#### 3.16.5.1

##### Stabeigenschaften festlegen



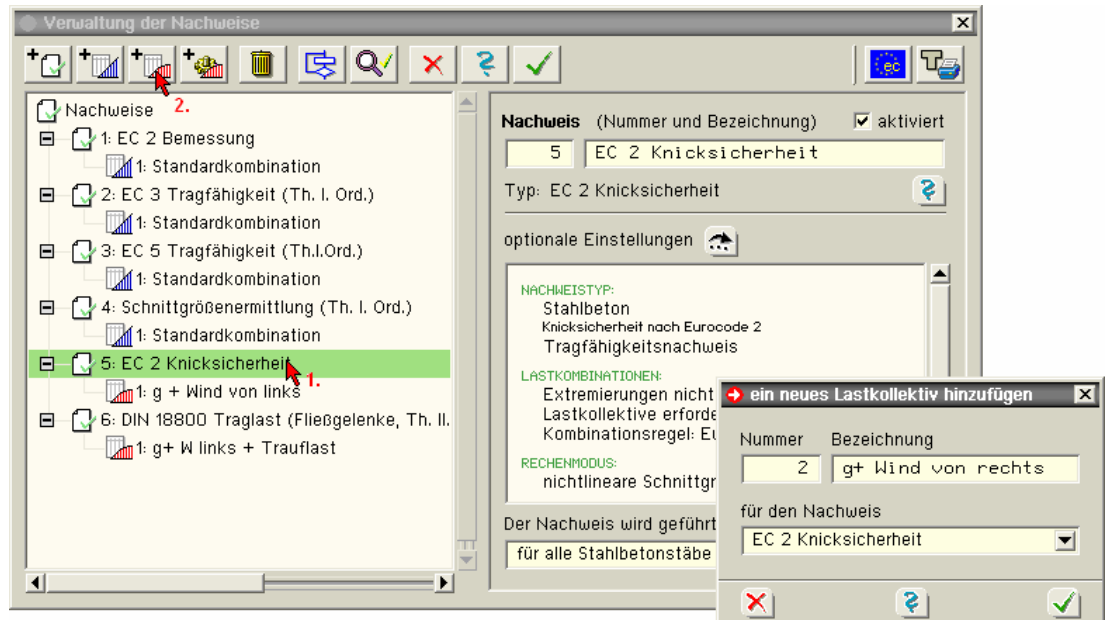
Obwohl es anschaulich wenig sinnvoll ist, eine elastische Linienbettung in unser System einzubauen, soll der rechte Stiel dennoch eine Linienfeder zugewiesen bekommen. Markieren Sie ihn hierzu bitte und klicken dann den Button **allgemeine Stabeigenschaften** an.



Wechseln Sie im Eigenschaftsblatt *Stabeigenschaften* bitte auf das Registerblatt *Bettung*. Durch Aktivieren des Buttons **der Stab ist elastisch gebettet** werden weitere Eingabefelder geöffnet. Die Bettungsziffer  $C_b$  ist in  $\text{kN/m}^3$  anzugeben. Sie ergibt durch Multiplikation mit der gleichfalls anzugebenden Stabaufstandsbreite  $b_u$  eine Linienfeder für den Stab. Zusätzlich wird der Button **Ausfall von Zugfedern** aktiviert, der sich, wie dort vermerkt, nur bei nichtlinearer Berechnung auswirkt. **Quittieren** Sie das Eigenschaftsblatt.



Rufen Sie nun bitte wieder die *Verwaltung der Nachweise*, markieren dort den *EC 2 Knicksicherheit* und klicken dann auf den Button **ein neues Lastkollektiv hinzufügen**. Geben Sie dem neuen Lastkollektiv in dem folgenden Eigenschaftsblatt eine Bezeichnung.

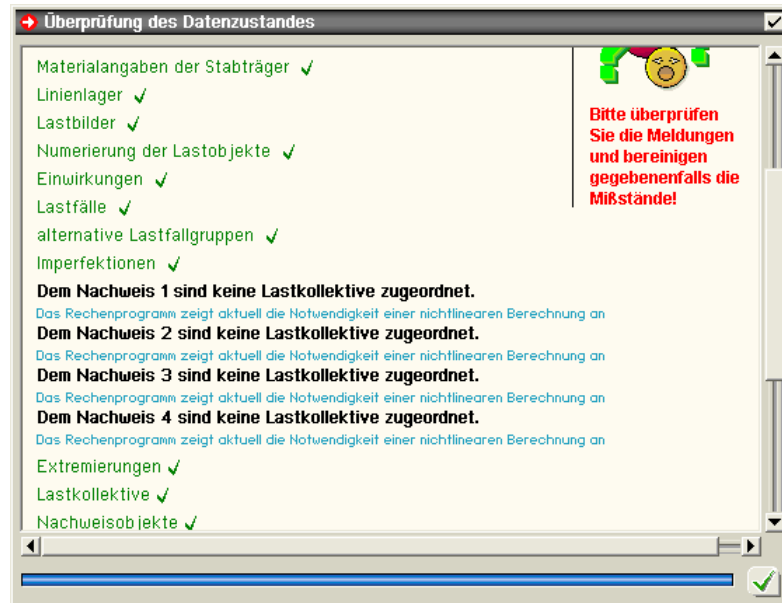


Markieren Sie nun bitte die Bildungslastfälle, wählen als führende Einwirkung **Windlasten** und **bestätigen** dann.





Danach ist das neue Lastkollektiv unter dem Nachweis *EC 2 Knicksicherheit* eingeordnet. Nach **Bestätigen** der Verwaltung der Nachweise wollen wir nun nochmals die **Datenzustandskontrolle** aufrufen.

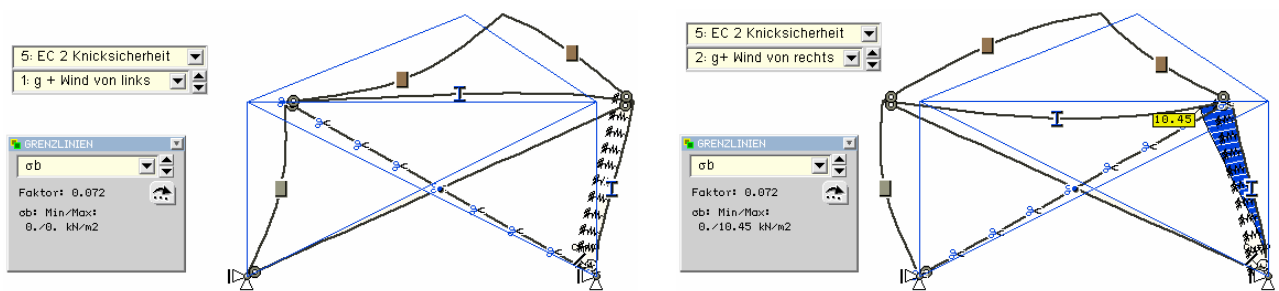


Wie bereits eingangs des Kapitels 3.16.5 erläutert, weist uns die Datenzustandskontrolle wegen der gewünschten Zugfederausschaltung auf die Notwendigkeit einer nichtlinearen Berechnung hin, für die auch in den linearen Nachweisen Lastkollektive zu beschreiben sind. Für die Nachweise 1 bis 4 erfolgt daher eine entsprechende Meldung.



Nach **Bestätigen** der Datenzustandskontrolle können die Berechnung durchgeführt und die Ergebnisvisualisierung aufgerufen werden.

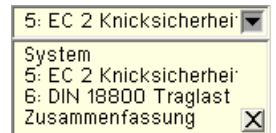
Aus den Grenzliniendarstellungen der **Bodenpressungen**  $\sigma_b$  der beiden Lastkollektive unter dem Nachweis *EC 2 Knicksicherheit* sind die Auswirkungen der bisher vorgenommenen Eingaben zu erkennen.



Im Lastkollektiv 1 mit Auslenkung des Systems nach rechts ist die Bettung des rechten Stiels nicht aktiv und aufgrund des aktivierten Druckstabausfalls die fallende Diagonale aus dem System entfernt. Im Lastkollektiv 2 mit Auslenkung nach links ist die Bettung voll aktiviert und die steigende Diagonale im System nicht mehr vorhanden.

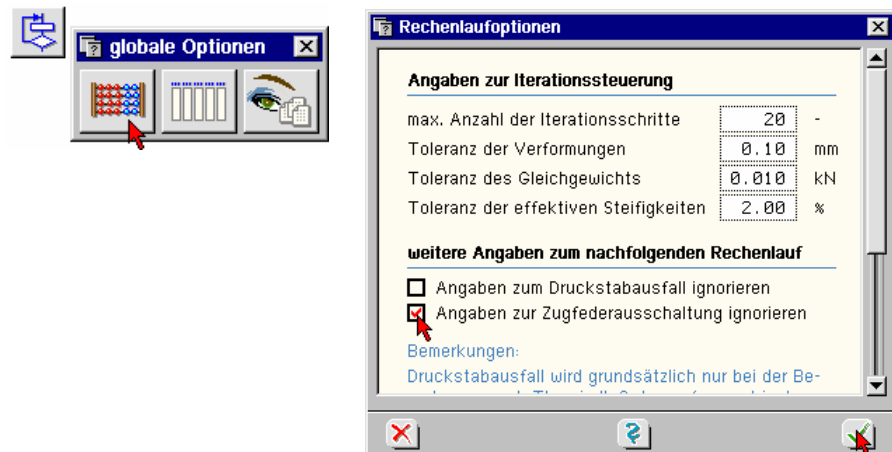
## Bettungs- und Druckstabausfall ignorieren

Wenn Sie jetzt die Auswahlliste der bereit stehenden Ergebnissätze öffnen, werden nur die linearen Nachweise mit definierten Lastkollektiven und die per se nichtlinearen Nachweise zur Auswahl angeboten. Lastfälle und lineare Nachweise mit ausschließlich Standardkombinationen und/oder Extremierungen wurden nicht berechnet und werden deshalb auch nicht bevorratet.



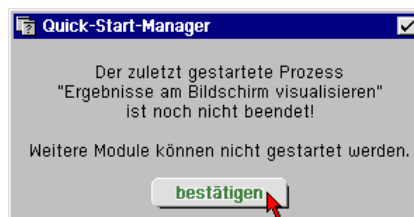
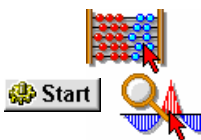
Dennoch können die linearen Ergebnisse ohne Bettungs-/Druckstabausfall für Zwischenbetrachtungen interessant sein. Um nun nicht jede einzelne Stabzuweisung zurücknehmen zu müssen, gibt es für die beiden Systemnichtlinearitäten globale Schalter zu Aktivierung bzw. Deaktivierung.

Klicken Sie bitte hierzu in der grafischen Eingabe den Button **globale Einstellungen** und in dem dann erscheinenden Menü den Button **allgemeine Rechenlaufeigenschaften** an.



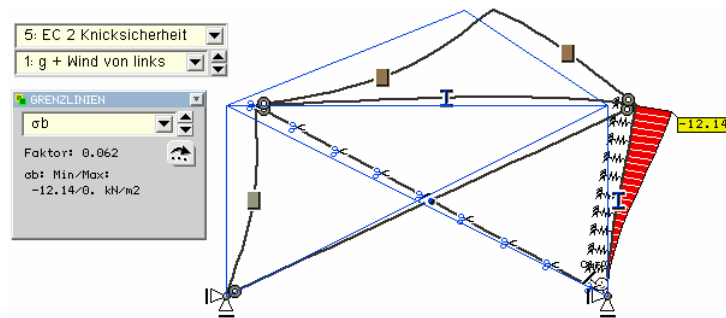
Deaktivieren Sie bitte nur die Zugfederausschaltung. Bei gleichzeitiger Unwirksamkeit des Druckstabausfalls wären unter den gegenwärtig gewählten Querschnitten und Belastungen die Knicklasten der Diagonalen überschritten und das System damit (lokal) instabil.

Wenn Sie jetzt nach **Bestätigen** der *Rechenlaufoptionen* die Berechnung starten wollen und die folgende Meldung erscheint auf dem Bildschirm, müssen Sie zuerst die Ergebnisvisualisierung schließen.

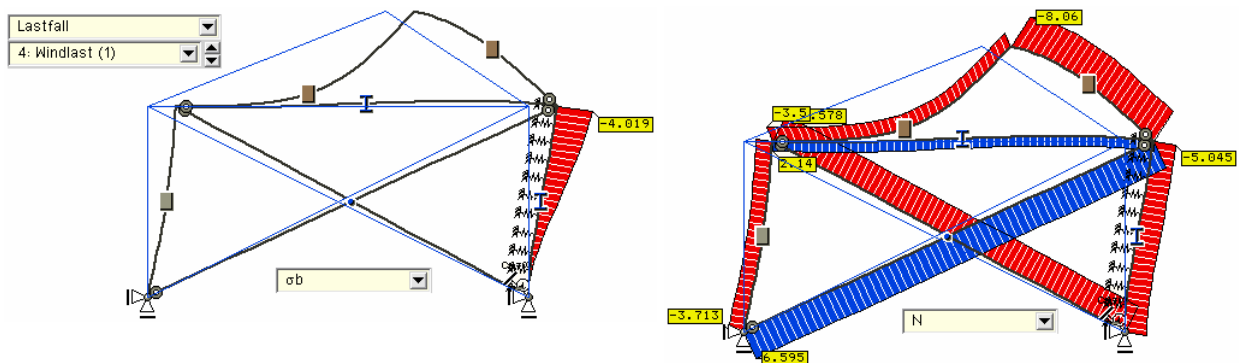




Die Grenzliniendarstellung der Bodenpressung im Lastkollektiv 1 des Nachweises *EC 2 Knicksicherheit* zeigt nun, dass hier auch negative Pressungen auftreten und der Boden somit Zugspannungen aufnehmen müsste. Der Druckstabausfall bleibt weiterhin aktiv.

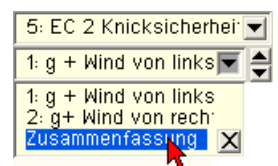


Nun stehen auch Grafiken der linear berechneten Lastfälle zur Verfügung. Der Normalkraftverlauf zeigt in der fallenden Diagonale eine Druckkraft.

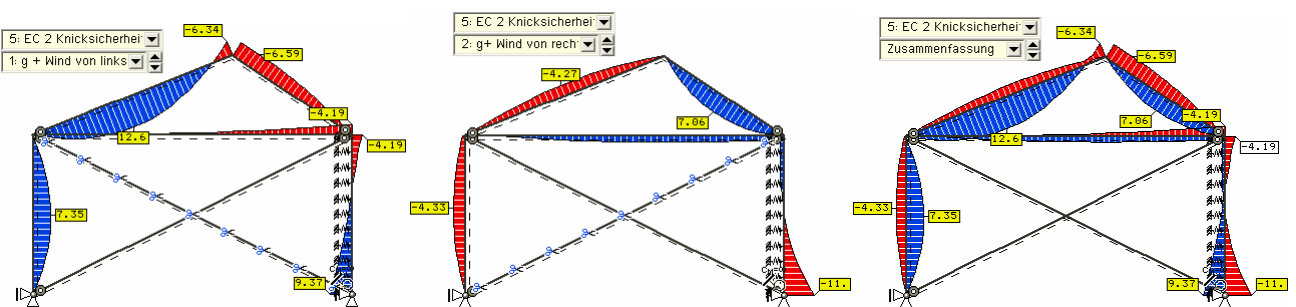


### 3.16.7 Zusammenfassung der Ergebnisse eines Nachweises

Jeder Nachweis besitzt einen Ergebnissatz **Zusammenfassung**, der sowohl in der Ergebnisvisualisierung als auch in der Drucklistengestaltung zur Verfügung steht. Dieser Ergebnissatz ist die Quintessenz aller unter diesem Nachweis berechneten Extremierungen bzw. Lastkollektive.



Der Nachweis *EC 2 Knicksicherheit* ist in unserem Beispiel aktuell der einzige Nachweis, für den dieser Sachverhalt veranschaulicht werden kann. Wir wollen die Momentengrenzlinien betrachten und schalten hierzu die Deformationen auf **kein**.



Die Umhüllenden der Momentlinien der Lastkollektive 1 und 2 bilden die extremalen Momentenlinien unter dem Ergebnissatz **Zusammenfassung**.

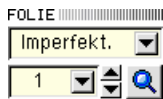
Damit ist die Beispieleingabe abgeschlossen. Im Sinne eines Einstiegs gedacht, wurde hier ein Überblick über die Eingabe- und Darstellungsformalismen des Programms *##-NISI* gegeben. Der Aufbau des Beispiels war so gewählt, dass mit möglichst wenigen Eingaben ein Maximum an Informationen erzielt wurde. Dass dabei nicht jeder einzelne Button angesprochen werden konnte, versteht sich von selbst. Hier kann der Benutzer sich durch Probieren und dann evtl. Nutzen der Undo-Funktion, durch Aufruf der Online-Hilfe und auch über das *Handbuch ##-NISI, Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*, Einblick verschaffen.

Abschließend folgen Kapitel, die - unabhängig von dem Eingabebeispiel - die Imperfektionen erläutern und auf die Drucklistengestaltung hinweisen.

## 4

## Imperfektionen

An einem Rahmensystem sollen Imperfektionen in Form von Schiefstellungen und Vorkrümmungen vorgegeben werden.



Hierzu ist in die entsprechende Imperfektionsfolie zu wechseln. Zur Einrichtung von Imperfektionen s. S. 51 ff.

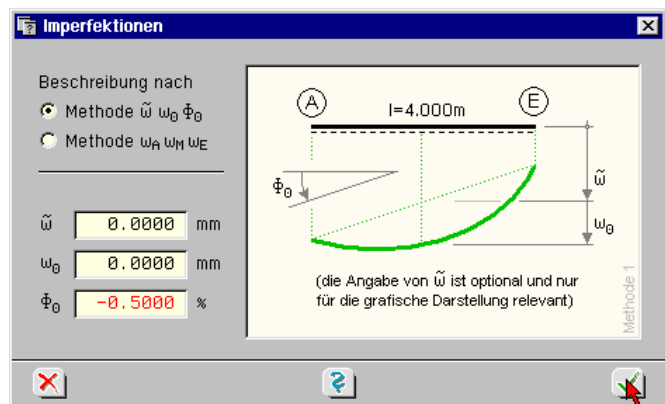
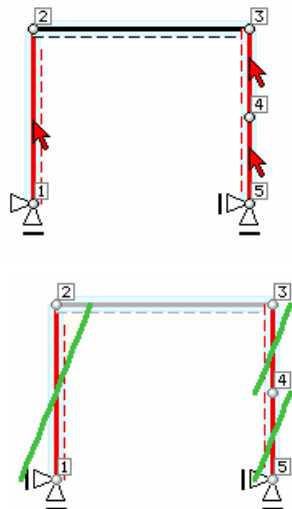
In unserem Beispiel besteht der linke Stiel aus einem Stab und der rechte Stiel ist in der Mitte in zwei Stäbe unterteilt. Wenn Stäbe markiert sind, können ihnen Imperfektionen über den Button **Imperfektionseigenschaften definieren** zugewiesen werden.

### 4.1

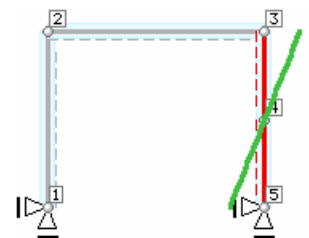
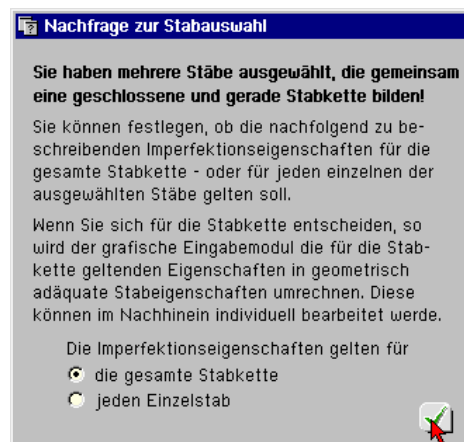
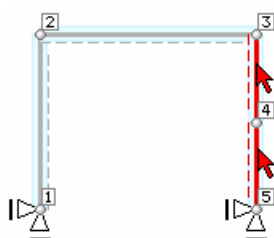
### Schiefstellung



Im folgenden Fall sind drei Stäbe markiert, die nicht zusammenhängen. Über die Zuweisung einer Schiefstellung bekommen alle drei Stäbe das gleiche Lastbild, das im Schwerpunkt jedes Stabes angetragen wird.



Wird hingegen ein zusammenhängender Stabzug ausgewählt wie im folgenden Beispiel, erfolgt nach Anklicken des Buttons **Imperfektionseigenschaften definieren** eine Abfrage, ob die Imperfektionseigenschaften **für die gesamte Stabkette** oder **jeden Einzelstab** für sich gelten sollen.



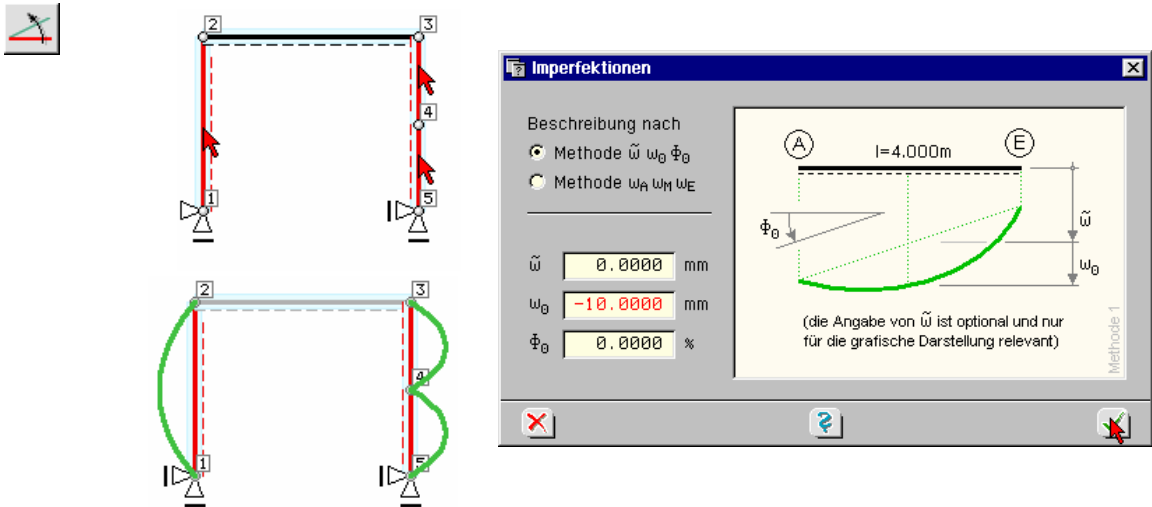
Nun wird das Lastbild im Schwerpunkt der Stabkette angetragen. Vom Verhalten her sind jedoch beide Eingaben äquivalent.

## 4.2

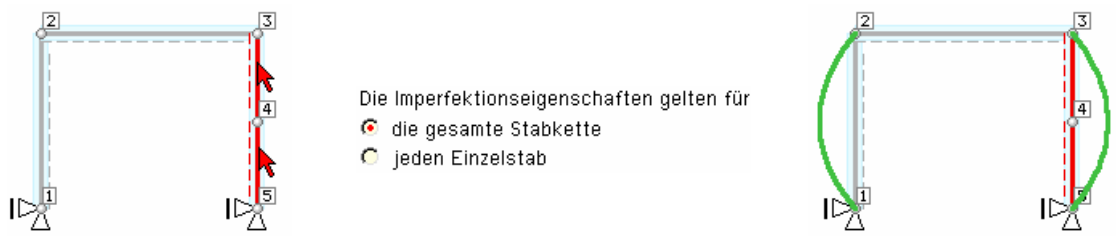
### Vorkrümmung

Jetzt wollen wir das Verhalten der beiden unter dem Kapitel Schiefstellung gezeigten Varianten bei der Eingabe von Vorkrümmungen betrachten.

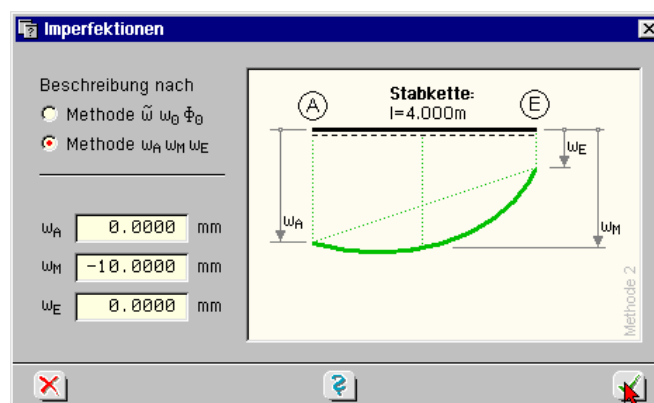
Werden wieder mehrere nicht zusammenhängende Stäbe ausgewählt oder im Eigenschaftsblatt *Nachfrage zur Stabauswahl* der Button für **jeden Einzelstab** gedrückt, entsteht für den rechten Stiel eine Girlandenfigur für den Vorkrümmungsverlauf.



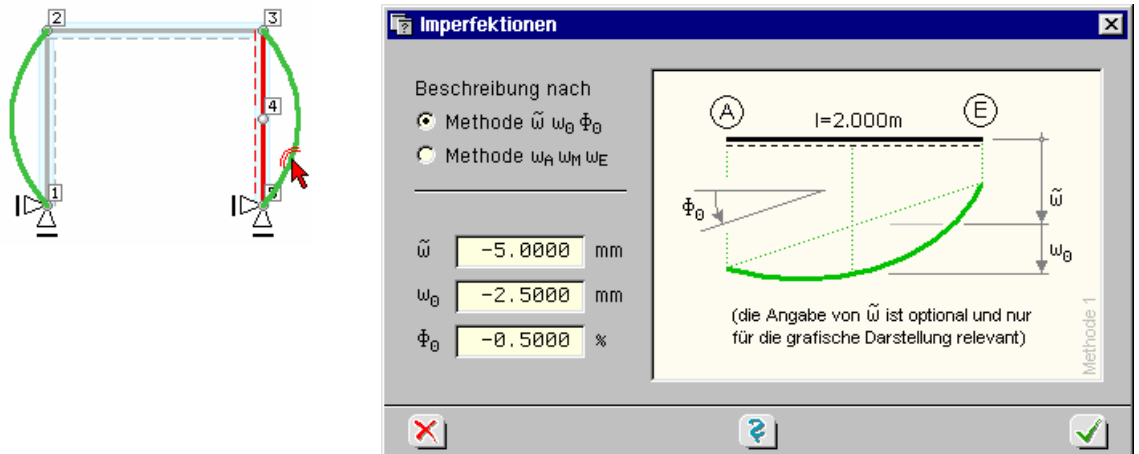
Die zweite Variante liefert das gewünschte Äquivalent zur Vorkrümmung des linken Stiels. Es wird nur der rechte Stiel markiert, **die gesamte Stabkette** angeklickt und bei gleichen Eingaben im Eigenschaftsblatt *Imperfektionen* entsteht eine andere Figur als für die Einzelstäbe. Die Auswirkungen der Figuren für die Einzelstäbe bzw. die Stabkette sind voneinander verschieden.



Die beiden angebotenen Methoden zur Beschreibung der Imperfektionen unterscheiden sich lediglich im Hinblick auf die vorzugebenden Verschiebungs- bzw. Verdrehungsparameter.

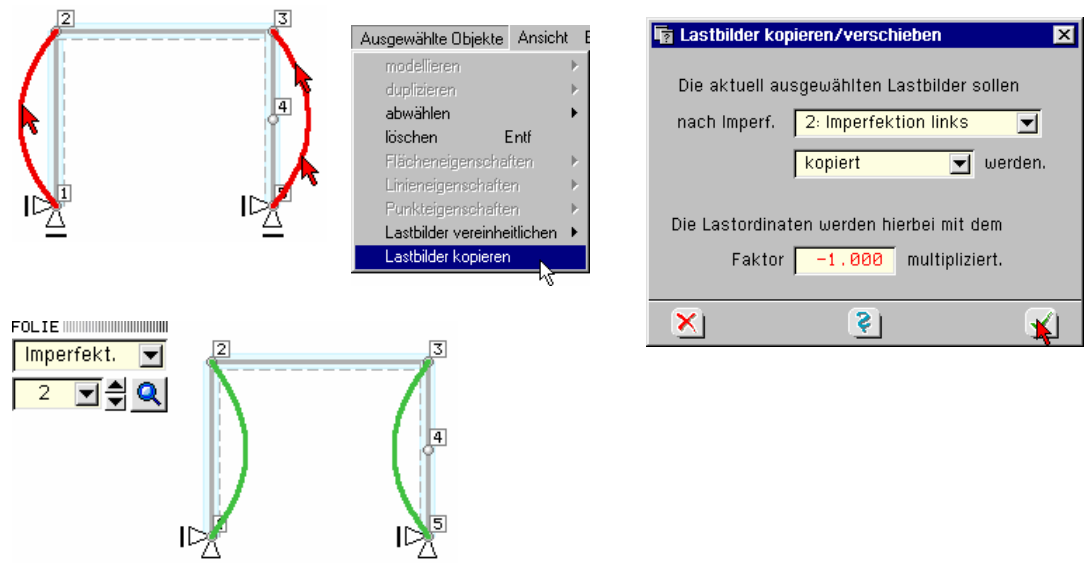


Nach **Bestätigen** des Eigenschaftsblatts *Imperfektionen* werden die Imperfektionslastbilder auf die Einzelstäbe umgerechnet. Der Doppelklick auf ein Teillastbild der Stabkette zeigt die zugehörigen neuen Parameter.



### 4.3 Imperfektionen kopieren

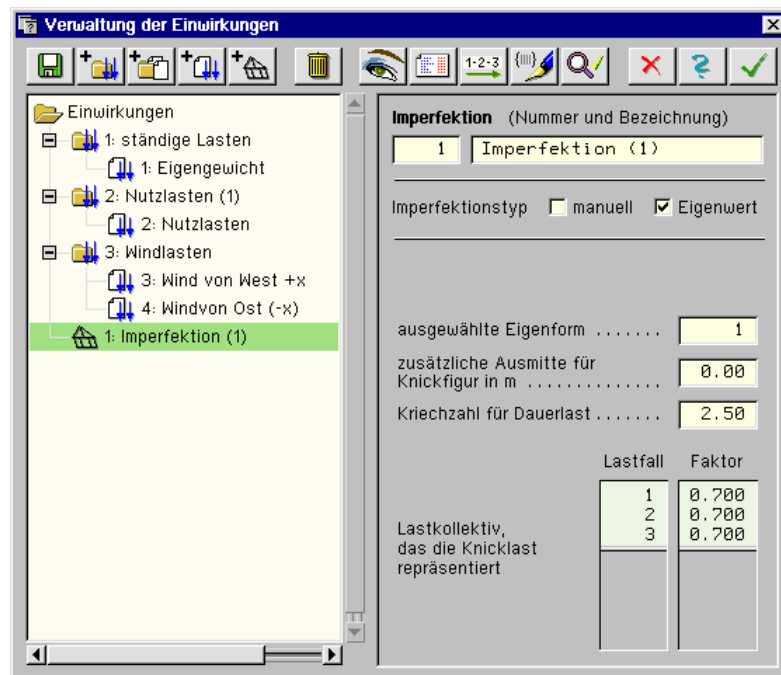
Imperfektionslastbilder können - wie alle anderen Lastbilder in Lastfallfolien auch - in andere Imperfektionsfolien kopiert oder verschoben werden. Markieren Sie hierzu die betreffenden Imperfektionen und rufen über die RMT oder die Menüauswahlzeile das dargestellte Menü und bestimmen den neuen Ort der Lastbilder.



## Zusatzimperfectionen zur Berücksichtigung der Kriechausmitte (Stahlbetonbau)



Bei Einrichten einer neuen Imperfektion im Eigenschaftsblatt *Verwaltung der Einwirkungen* kann der Imperfektionstyp auf **Eigenwert** umgestellt werden. Dies bewirkt, dass die zu einem bestimmten vorzugebenden Lastkollektiv gehörende Knickfigur als Vorverformung gewählt wird.



Mit diesem Imperfektionsansatz können Kriechverformungen bei Knickuntersuchungen von Stahlbetonrahmen berücksichtigt werden. Dazu ist wie folgt vorzugehen:

In der unteren Tabelle ist ein Lastkollektiv für die kriecherzeugende Dauerlast aus den ständigen bzw. quasi-ständigen Lasten zusammenzustellen. Für diese Last wird dann die gewünschte Eigenform (i.d.R. die erste) ermittelt. Aus dieser wird der qualitative Verlauf der Verformung übernommen. Die absolute Größe ergibt sich, indem an der Stelle der größten Verschiebung die Kriechausmitte  $e_k$  angenommen wird.

Die Kriechausmitte ermittelt sich zu:

$$e_k \cong (e_\varphi + e_v + e_z) \cdot \left[ 2.718^{\frac{0.8 \cdot \varphi}{v-1}} - 1 \right]$$

mit:

$e_\varphi$  planmäßige Ausmitte aus kriecherzeugender Dauerlast im maßgebenden Punkt

$e_v = s_k / 300$  ungewollte Ausmitte

$e_z$  zusätzlich (über die Anforderungen der Norm hinaus) zu berücksichtigende Ausmitte

$v = N_E / N_\varphi$  Knicksicherheit, bezogen auf die Euler-Knicklast  $N_E$

$$N_E = E \cdot I \cdot \frac{\pi^2}{s_k^2} \quad \text{Euler-Knicklast des Stabes im maßgebenden Punkt}$$

$N_\varphi$  Normalkraft aus kriecherzeugender Dauerlast im maßgebenden Punkt

$\varphi$  Kriechzahl für Dauerlast  $\approx 2.5$  für  $t_\infty$



Die so ermittelte Kriechausmitte  $e_k$  enthält nicht die ungewollte bzw. die zusätzliche Ausmitte. Die Kriechausmitte ist aber abhängig von der Größe dieser Ausmitten.

Hinweis: Im Standardfall ist keine zusätzliche Ausmitte zu berücksichtigen, und die Betrachtung erfolgt i.d.R. für den Zeitpunkt  $t = \infty$ . Für diesen Fall können die Voreinstellungen für Eigenform, zusätzliche Ausmitte und Kriechzahl beibehalten werden (erste Eigenform, keine zus. Ausmitte und Kriechzahl = 2.5). Es muss lediglich das Lastkollektiv für die kriecherzeugende Dauerlast

zusammengestellt werden.

Diese Vorgehensweise entspricht der Übertragung des im Heft 220 des DAfStb, Abschn. 4.2.2, beschriebenen Ansatzes für Einzeldruckglieder auf eine Rahmenkonstruktion.

Bei Imperfektionen vom Typ *Eigenwert* werden alle Angaben zur Beschreibung der Imperfektion im Eigenschaftsblatt der Verwaltung der Einwirkungen festgelegt. Wird die entsprechende Imperfektionsfolie angewählt, so erscheint die dargestellte Meldung mit dem Hinweis, dass keine weiteren Interaktionen an dieser Stelle erforderlich sind.

### Imperfektion vom Typ "Eigenwert"

Die Imperfektion ergibt sich aus der Knickfigur eines Eigenwertproblems!

Zur Bearbeitung der hierzu gehörenden Angaben klicken Sie auf den Button "Einwirkungen und Lastfälle verwalten" und dort auf die Imperfektion.

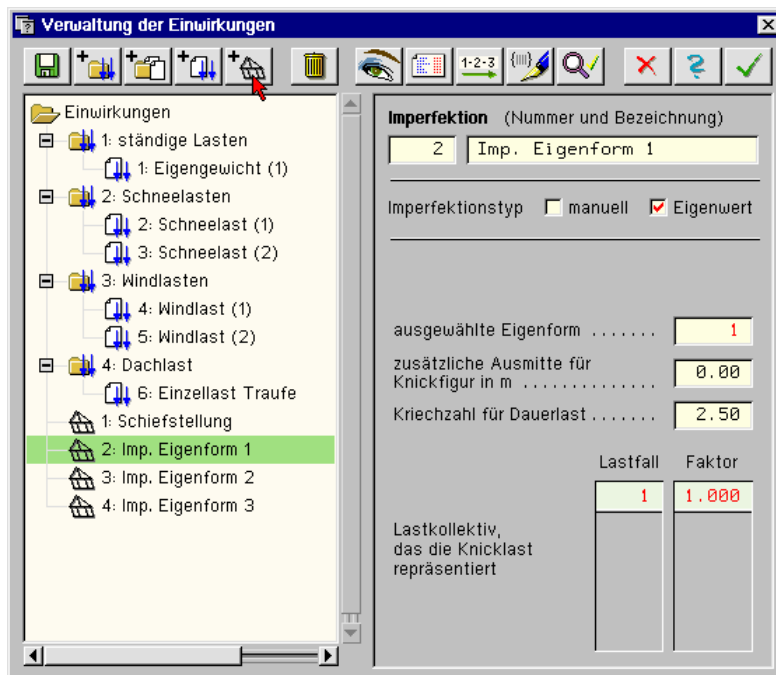
#### 4.4.1

#### Darstellung der Knickfigur

Im auf S. 66 dargestellten Eigenschaftsblatt wird der Imperfektion eine *Eigenform* als Knickfigur zugewiesen. Die zur Eigenform gehörende Verformungsfigur kann berechnet und dargestellt werden. Hierdurch wird einerseits sichergestellt, dass zur Berechnung der Kriechausmitte die richtige Wahl getroffen wurde. Andererseits kann hierdurch die auf S. 38 angesprochene Überprüfung des Knickversagens bei Auftreten von Systeminstabilitäten erfolgen.

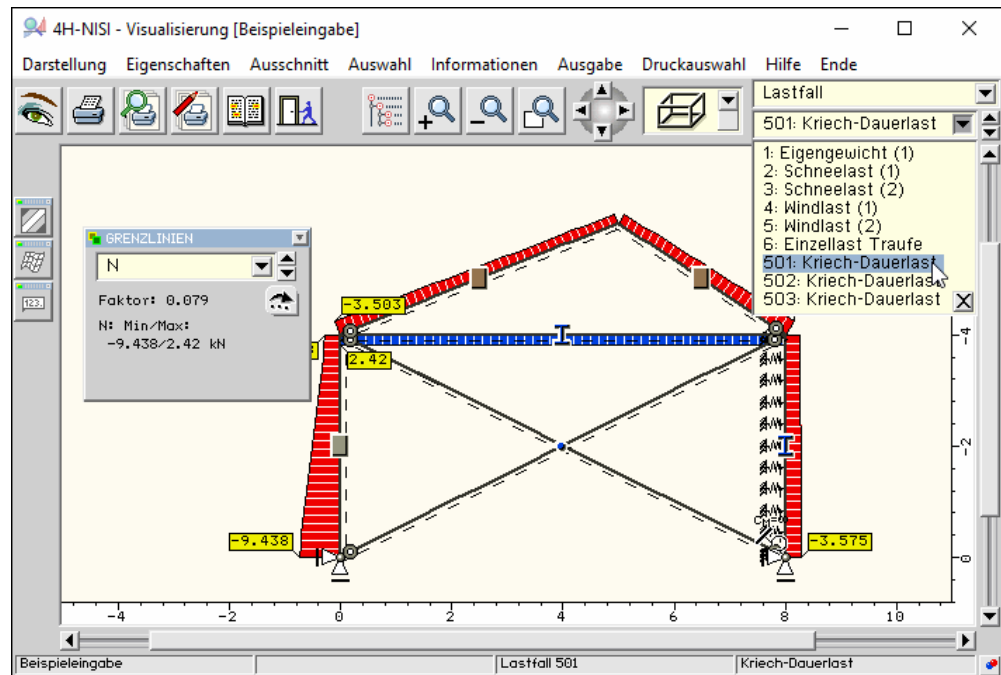
Hierzu werden so viele Imperfektionen vom Typ *Eigenwert* eingerichtet, wie Eigenformen dargestellt werden sollen. Nach der Berechnung können die zugehörigen Deformationsfiguren in der Ergebnisvisualisierung eingesehen werden.

Unser kleines Beispiel wurde um drei Imperfektionen vom Typ *Eigenwert* erweitert und die ausgewählte Eigenform jeweils um 1 hoch gezählt. Das knicklastrepräsentierende Lastkollektiv wird hier allein durch den Lastfall 1, Eigengewicht, gebildet. (Bei Zugabe einer Horizontallast würde die Druckdiagonale sofort ausfallen und alle Eigenformen bestimmen).

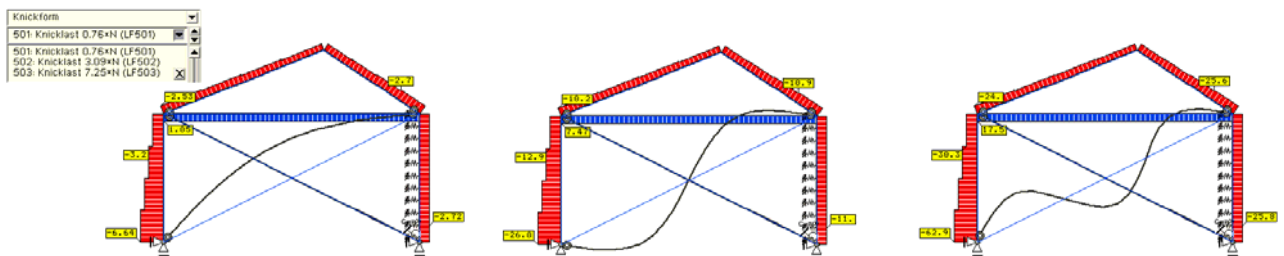




Nach der Berechnung stehen die Ergebnisse der einzelnen Kriechdauerlastkollektive, die ja im vorliegenden Fall alle gleich sind, unter dem Ergebnissatz **Lastfall** zur Einsichtnahme bereit. Gezeigt wird hier die Deformationsfigur mit darüber gelegtem Normalkraftverlauf.



Im Ergebnissatz **Knickform** werden die zugehörigen Knickfiguren dargestellt. In der Auswahlliste wird der jeweilige affine Laststeigerungsfaktor für das zugehörige Knicklastkollektiv angegeben. Die Größe des Laststeigerungsfaktors zeigt, wie weit das System von der Knicklast entfernt ist.





## 5 Druckdokument

Die Grafiken der Ergebnisvisualisierung können entweder direkt ausgedruckt oder unter der Datenkategorie *Ausgewählte Grafiken* für den späteren Ausdruck gespeichert werden.

Die vom Programm #NISI automatisch bereitgestellten Grafiken und Tabellen werden in der Drucklistengestaltung zusammengestellt.



Erläuterungen zu den beiden genannten Interaktionen finden Sie im Handbuch #NISI, *Allgemeine Erläuterungen zur Bedienung*.

## 6 Index

- Abkürzungen 2
- Abzählkriterium 39
- additiv 31
- alternativ 31
- Assistent Laststruktur 26
- Ausmitte planmäßige 66
- Auswahlliste 20
- Bauteil erzeugen 7
- Belastung 26
- Bereinigung 17
- Bettungsausfall 57
- Bezeichnung 8, 46
- Biegesteifigkeit effektive 45, 47
- blank 2
- Bodenpressung 59
- Buttons 2
- charakteristische Werte 36
- Cursor 2
- Darstellung fotorealistische 19
- Darstellungsbereich 11
- Darstellungseigenschaften 25
- Datenbereinigung 14, 17
- Datenzustandskontrolle 17, 39
- Detailnachweispunkt 37, 43
- Diagonalwert 38
- Differenzkoordinaten 13
- Doppelklick 23
- Druckdokument 69
- Drucklistengestaltung 44
- Druckstabausfall 55
- Ebenenkoordinatensystem 9
- Editorfunktionen 10
- effektive Biegesteifigkeit 45, 47
- Eigenform 67
- Eigengewicht 28
- Eigenschaften individuelle 23
- Eingaben sichern 25
- Einwirkung 2, 27
- Einwirkung erzeugen 32
- Einzellager 23
- Einzellast 33
- e-Mail 6
- Ergebnisvisualisierung 40, 46
- Ersatzimperfectionen 51
- erzeugen 12
- Extremalbildungsvorschrift 2
- Extremwerte 43
- Fangrechteck 2
- Fehlermeldungen 39
- Fließgelenktheorie 51
- fotorealistische Darstellung 19
- Freiwert 38
- Gelenk 24
- Gleichgewichtszustand 45
- Größen zugeordnete 43
- Grundbewehrung 45, 47
- Gruppe 20
- Gruppe aktivieren 27
- Gruppenzuordnung 31
- Holzquerschnitt 21
- Imperfektion 2, 51, 63
- Installation 5
- Kette kinematische 38
- Knickfigur 67
- Knickgefährdung 47
- Knicksicherheit 45
- Kontextsensitivität 6, 34
- Koordinatensystem globales 9
- kopieren 31, 65
- Kriechausmitte 66
- Kürzel 42
- Lager 23
- Lastbild 2
- Lastfall 2, 27
- Lastfall erzeugen 32
- Lastfallcharakteristika 31
- Lastfallgruppe 31
- Lastfalltyp 31
- Lastkollektiv 2, 46
- Laststruktur 26

Lasttyp 29, 30	Stabendgelenk 24
Lastweiterleitung 36	Stabkennzahl 47
Linie gestrichelte 11	Stabkoordinatensystem 11
Linien manuell erzeugen 12	Stabschiefstellung 51
Liniengrafik 50	Stabvorkrümmung 51
Linienlast 29	Stahlbetonquerschnitt 19
Linienzugerzeugung 13	Startsymbol 5
löschen 11, 16	Steuerbutton 6
Menüauswahlzeile 42	Superpositionsgesetz 46
Name 8	Systeminstabilität 38
Ordner 7	Tabelleneingabe 10
orthogonales Raster 15	Taskleiste 40
Plausibilitätskontrolle 17	Traglastverfahren 51
Punktlast 33	Umlagerungen 45
Raster orthogonales 15	undo 12
Raster rotationssymmetrisches 18	vereinheitlichen 23
rotationssymmetrisches Raster 18	verschieben 16, 31
Schalttafel dynamische 41	Verschieblichkeit 38
Schiefstellung 51, 63	Vorkrümmung 51, 64
Schneelast 29	Voutung 21
Schreibtisch 6	Warnungen 39
Schreibtischauswahl 5	Windows-Taskleiste 40
sichern 25	Zeile löschen 10