



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop[®]
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-KRAN

Kranbahnträger mit drei unabhängigen Kranen

Dezember 2008

4H-KRAN

Kranbahnträger mit drei unabhängigen Kranen

Copyright 2008

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**.

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden. S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE[®]-System.

Produktbeschreibung

##-KRAN berechnet einen über maximal zehn Felder durchlaufenden Kranbahnträger, auf dem drei Krane unabhängig voneinander fahren können.

Der Kranbahnträger (ein Längsträger der Gesamtkranbahnkonstruktion) kann aus maximal zehn Bereichen bestehen. Ein Bereich kann ein Feld zwischen zwei Lagern sein. Ferner kann die Änderung der Querschnittsgeometrie (Querschnittswechsel, Voutung) die Bereichseinteilung notwendig machen. Ein weiteres Kriterium für die Abschnittsteilung kann die bereichsweise Festhaltung des Obergurtes sein.

Zur Beschreibung der Querschnittsgeometrie werden Querschnittstypen gebildet, die den Bereichsanfängen bzw. -enden in einer Eingabetabelle zugewiesen werden. Bei einer Voutung variieren dann die Querschnittstypen zwischen Bereichsanfang und -ende.

Standard-Doppel-T-Querschnitte (H-, I-, D- oder W-Serie) können aus der Profildatei übernommen werden. Die parametrisierten Querschnitte umfassen doppelt- und einfachsymmetrische Doppel-T-Querschnitte mit Halsverstärkung oder angeschweißten Winkeln und einen Kastenquerschnitt.

Der Trägerquerschnitt kann in der Obergurtebene gegen seitliches Ausweichen gehalten werden.

Lagerfesthaltungen sind in beliebiger Kombination für alle sechs Freiheitsgrade und die Verwölbungsbehinderung möglich.

Die gesamte Trägerlänge kann durch Vorgabe von Quersteifenabständen in Einzelbeulfelder unterteilt werden.

Streckenlasten gliedern sich in das Eigengewicht, das Zusatzeigengewicht und die feldweise Verkehrslast.

Drei Krane mit jeweils maximal neun Achsen können den Kranbahnträger unabhängig voneinander befahren.

Die Schnittgrößenberechnung erfolgt nach Th. II. Ordnung. Hierdurch ist keine gesonderte Betrachtung für den Stabilitätsnachweis gegen Biegedrillknicken erforderlich.

Die Berechnung erfolgt nach DIN 18800 und DIN 4132.

Die Auflagerkräfte werden nach Th. I. Ord. ermittelt und getrennt nach g, p, Krane H und HZ ausgewiesen.

Die extremalen Schnittgrößen werden grafisch dargestellt.

Es werden Spannungs-, Betriebsfestigkeits-, Biegedrillknick- und Beulnachweise automatisch geführt.

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 ##-KRAN von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.

Nach der Installationsanweisung wird eine Übersicht der Funktionalitäten der Steuerbuttons der Eingabeoberfläche gegeben.



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 ##-KRAN-Dokumentation gehört neben diesem Handbuch das Manual

DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ##-KRAN.

Hannover, im Dezember 2008

Abkürzungen und Begriffe

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

Maustasten	RMT	rechte Maustaste drücken
	LMT	linke Maustaste drücken
	LF	Lastfall
	Nwtyp	Nachweistyp
	El.	Element



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** 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.



Datenzustand
überprüfen

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

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen	6
3	Eingabeoberfläche	8
3.1	Festlegung der Kranbahnträgergeometrie	9
3.1.1	Statisches System	9
3.1.2	Querschnitte und Lager	9
3.1.3	Schiene und Beulfelder	9
3.2	Querschnittsgeometrie	10
3.2.1	Querschnittstypen	10
3.2.2	Profildatei	10
3.2.3	Parametrisierte Querschnitte	10
3.2.4	Voutung	10
3.2.5	Obergurtfesthaltung	10
3.2.5.1	Obergurtfesthaltung durch Aussteifungsträger	11
3.2.5.2	Obergurtfesthaltung durch Fachwerkverbände	11
3.3	Lagerung	12
3.4	Wölbbehinderung	13
3.5	Hubklasse	13
3.6	Beanspruchungsgruppe	14
3.7	Nachweis der Beulsicherheit	14
3.8	Belastung	16
3.8.1	Trägerbelastung, Vorverformung und Überlagerungsregeln	16
3.8.1.1	Streckenlasten	16
3.8.1.2	Kranlasten	16
3.8.1.3	Materialsicherheitsbeiwert	17
3.8.1.4	Pufferabstände	17
3.8.1.5	Schrittweite	17
3.8.1.6	Vorkrümmung	17
3.8.1.7	Fahrtrichtung	18
3.8.1.8	Überlagerung der Seitenlasten S/H_S und H_M	18
3.8.2	Kranlasten und Kranklassifizierung	19
3.8.2.1	Kranklassifizierung	19
3.8.2.2	Kranlasten	19
3.8.2.3	Radlasten	21
3.8.2.4	Radlasteinleitung	21
3.8.2.4.1	Zentrische Lasteinleitung (B1-B3)	22
3.8.2.4.2	Exzentrische Lasteinleitung (B4-B6)	22
3.8.2.5	Schräglaukraft	23
3.8.3	Sonderlaststellung	24
3.8.4	Lastgrafik	24
3.9	Durchführung der Berechnung	24
3.9.1	Lagergrößen und Schnittkraftberechnung	25
3.9.2	Nachweise	26
3.9.3	Spannungsnachweise E-E	26
3.9.4	Betriebsfestigkeitsnachweis	26
3.9.5	Beulnachweis	26
3.9.6	Auflagerkräfte	26
3.9.7	Online-Berechnungsprotokoll	27
3.10	Ergebnisse einsehen	27
4	Online-Hilfe	28
5	Erstellung des Druckdokumentes	29
5.1	Druckfragment Systembeschreibung	29
5.2	Druckfragment Auflagergrößen	30

5.3	Druckfragment Spannungsnachweise	31
5.4	Druckfragment Betriebsfestigkeitsnachweise	32
5.5	Druckfragment Beulnachweise.....	33
5.6	Druckfragment Grafiken	33
6	Ende der Sitzung	34
7	Literaturverzeichnis	35
8	Index	36

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

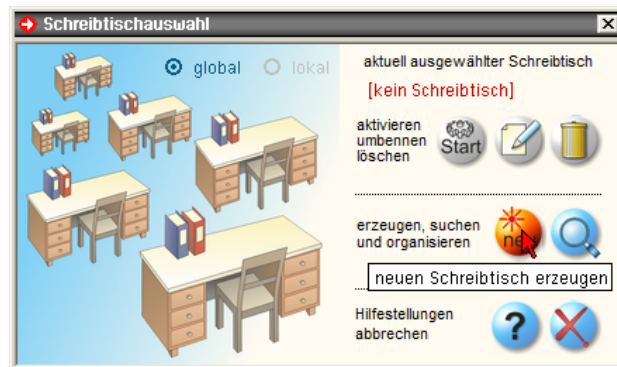
Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##K-RAN* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, können Sie dieses Kapitel überspringen.

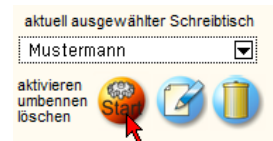
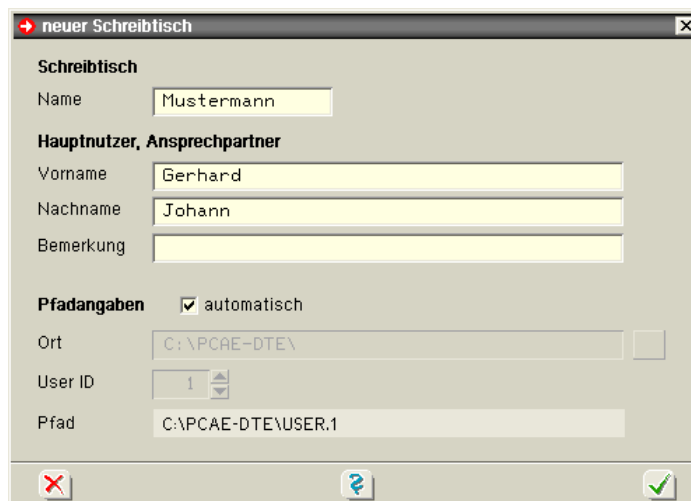


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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.

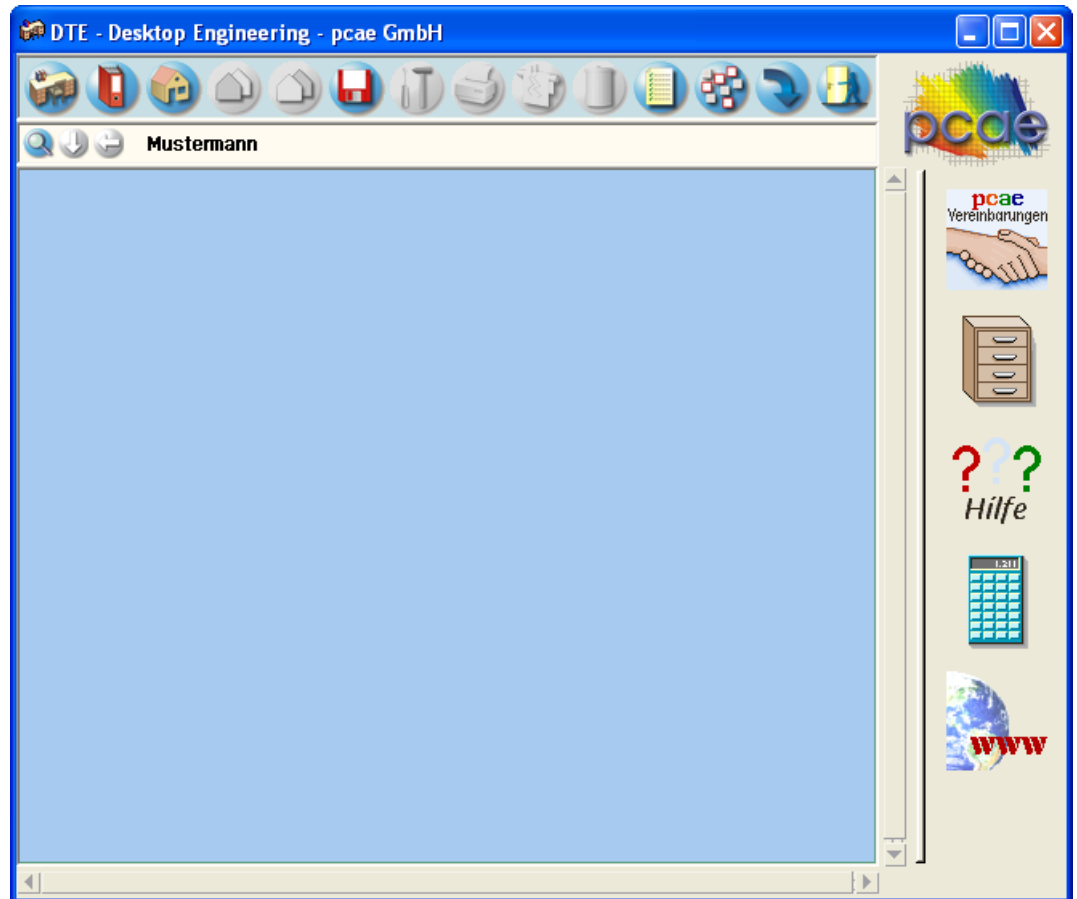


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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 e-Mail-Dienst . |
|  | menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils |
|  | druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils |
|  | ruft das Planerstellungsmodul 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.



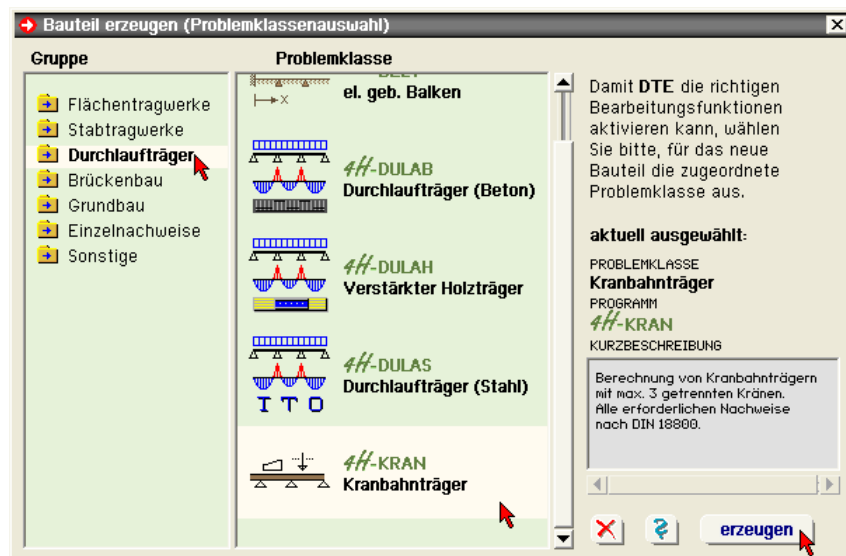
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



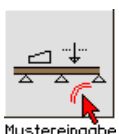
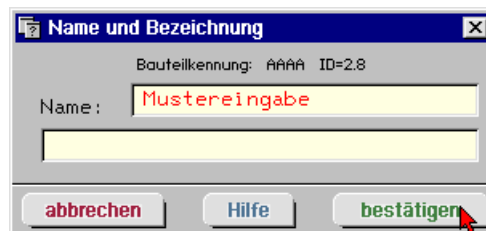
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



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 **Durchlaufträger**, dann auf die Problemklasse **Kranbahnträger** 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, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt **Name und Bezeichnung** erscheint.

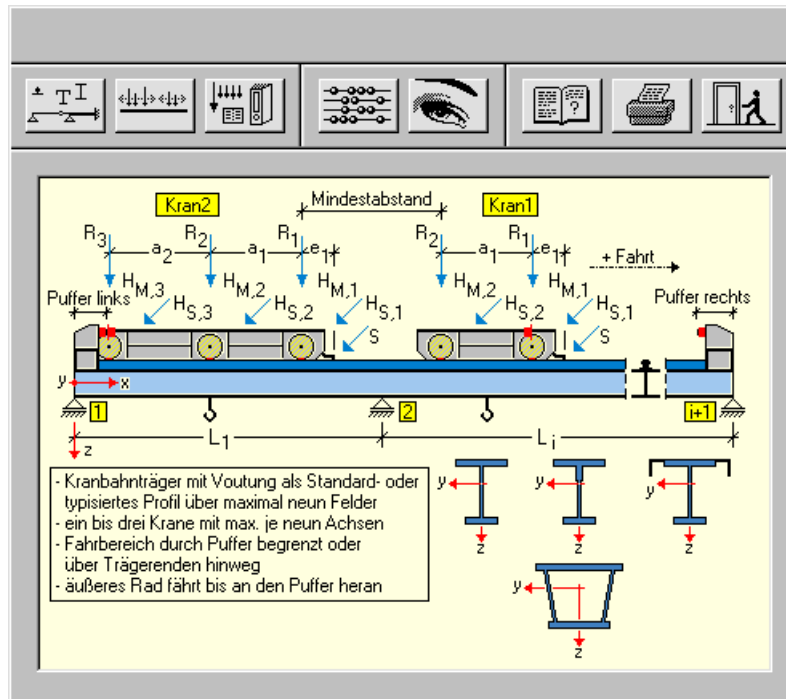


Überschreiben Sie die Worte "Kranbahnträger" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet. Durch Doppelklick auf dem neuen Symbol wird das Bauteil geöffnet und die Eingabeoberfläche von **##-KRAN** erscheint.

Eingabeoberfläche

Nach Aufruf der Position erscheint die Eingabeoberfläche auf dem Bildschirm.

Die Programmsteuerung erfolgt über Buttons, die im Kopfbereich des Fensters angeordnet sind.



Die Buttonfunktionalitäten werden auf den folgenden Seiten erläutert.



Beschreibung der Kranbahnträgergeometrie über Feldlängen, Lagerungsbedingungen und Querschnitt (s. Abs. 3.1, S. 9)



Beschreibung der Belastung (s. Abs. 3.8, S. 16)



Lastgrafik (s. Abs. 3.8.4, S. 24)



Berechnung durchführen, Ergebnisse tabellarisch einsehen (s. Abs. 3.9, S. 24)



Ergebnisse grafisch und tabellarisch einsehen (s. Abs. 3.10, S. 27)



Aufruf der zugehörigen Online-Hilfe



Ergebnisse drucken (s. Abs. 5, S. 29)



Ende der Bearbeitung

3.1 Festlegung der Kranbahnträgergeometrie



Das Eigenschaftsblatt zur **Trägerbeschreibung** ist horizontal in zwei Eingabekomplexe zur Beschreibung der Trägerbereiche und der verschiedenen Typen (Querschnitte, Lager usw.) gegliedert.

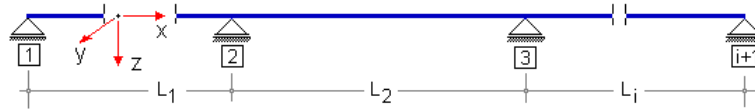
Bereich	Länge m	Querschnittsnr. Anfang	Querschnittsnr. Ende	Lager am Ende
1	8.000	1	1	0
2	10.000	1	1	0
3	6.000	1	1	0
4				
5				
6				

Vorbelegung: Lagertyp -1: frei, Lagertyp 0: für Kräfte unverschieblich

3.1.1 Statisches System

Der Kranbahnträger (ein Längsträger der Gesamtkranbahnkonstruktion) kann aus maximal zehn Bereichen bestehen.

Der Kranbahnträger wird von links nach rechts beschrieben. Somit weist seine Stabachse x nach rechts, die z -Achse nach unten und entsprechend die y -Achse aus der Bildebene heraus (s. auch Systemskizze Abs. 3, S. 8).



Ein Bereich ($L > 0$) kann ein Feld zwischen zwei Lagern sein. Ferner kann die Änderung der Querschnittsgeometrie (Querschnittswechsel, Voutung) die Bereichseinteilung notwendig machen.

Die Bereiche sind demnach nur Teillängen, die (einzeln oder mehrere zusammen) erst durch die Lagerungsbedingungen zu Feldern werden.

3.1.2 Querschnitte und Lager

Zur Beschreibung der **Querschnittsgeometrie** und der Lagerfesthaltungen werden Querschnitts- (s. Abs. 3.2.1, S. 10) und Lagertypen (s. Abs. 3.3, S. 12) gebildet, die den Bereichsanfängen bzw. -enden in der Eingabetabelle zugewiesen werden.

Bei einer Voutung variieren dann die Querschnittstypen zwischen Bereichsanfang und -ende.



Eine Voutung ist nur bei parametrisierter Querschnittsbeschreibung möglich. Bei Standardprofilen aus der Profildatei ist keine Voutung möglich!

3.1.3 Schiene und Beulfelder

Die Beschreibung der Trägergeometrie wird durch die Angaben zur **Schiene** und die Beulfeld-einteilung (s. Abs. 3.1.3, S. 9) komplettiert.

3.2.1 Querschnittstypen

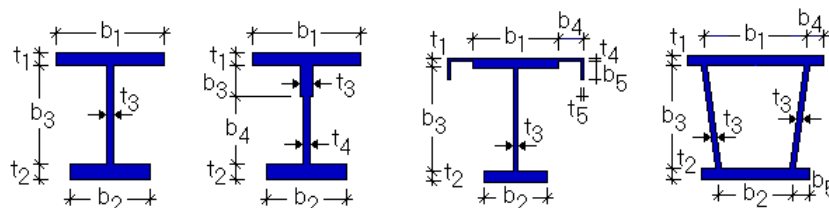
Bis zu zehn Querschnitte können für die Berechnung benutzt werden. Die Querschnittsnummer entspricht dem Querschnittstyp, der in der Trägerbeschreibung einem Bereichsanfang und/oder Bereichsende zugewiesen werden kann.

3.2.2 Profildatei

Standard-Doppel-T-Querschnitte (H-, I-, D- oder W-Serie) können aus der **Profildatei** übernommen werden.

3.2.3 Parametrisierte Querschnitte

Die parametrisierte Querschnittsbeschreibung umfasst doppelt- und einfachsymmetrische Doppel-T-Querschnitte und einen Kastenquerschnitt.



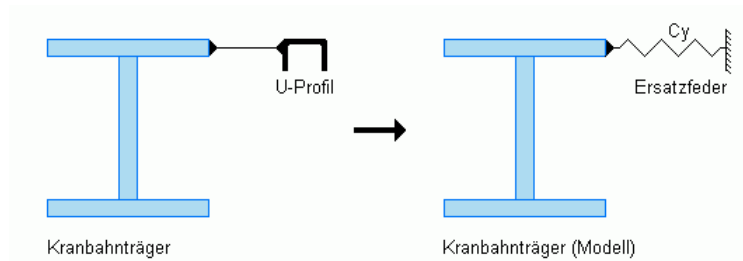
3.2.4 Voutung

Eine Voutung ist nur bei parametrisierter Querschnittsbeschreibung möglich. Bei Standardprofilen aus der Profildatei ist keine Voutung möglich!

3.2.5 Obergurtfesthaltung

Der Trägerquerschnitt kann in der Obergurtebene gegen seitliches Ausweichen mit einer Bettungsziffer c_y in kN/m^2 gehalten werden.

Durch Betätigen der Schaltfläche **Obergurt gehalten/nicht gehalten** hat der Programmanwender die Möglichkeit, eine horizontale Abstützung des Kranbahnträgers zu definieren. Diese Abstützung wird in **##-KRAN** als Linienfeder in Höhe des oberen Flansches des Kranbahnträgers modelliert. In der Praxis besteht die horizontale Halterung aus Fachwerkverbänden oder seitlich angeordneten, vollwandigen Aussteifungsträgern.



3.2.5.1

Obergurtfesthaltung durch Aussteifungsträger

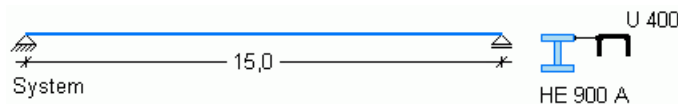
Der Anwender von $\#$ -KRAM muss hier für die vorgesehene Aussteifungskonstruktion eine Ersatzfedersteifigkeit berechnen. Es ist wichtig, diesen Wert möglichst genau zu ermitteln, damit die zu erzielende Stützwirkung nicht überschätzt wird. Für die Aussteifung des Kranbahnträgers durch einen seitlich angeordneten Aussteifungsträger (z.B. liegendes U-Profil), kann die Federsteifigkeit nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$c_y = \left(\frac{\pi}{l} \right) \cdot E \cdot I$$

Diese Gleichung lässt sich durch Gleichsetzen der Verschiebungspotenziale von U-Profil und Linienfeder herleiten [14]. Die Größe l ist hier die Stützweite des Aussteifungsträgers, E der Elastizitätsmodul und I das Trägheitsmoment um die Achse des Aussteifungsträgers, um die die Beanspruchung aus der Kippbewegung des Kranbahnträgers erfolgt. Für den Fall des oben dargestellten, liegenden U-Profils als Aussteifungsträger ist also für l das Trägheitsmoment um die starke Achse des U-Profils einzusetzen.

Beispiel:

Ein 15 m langer Träger (HE900A) wird seitlich durch ein Profil U400 abgestützt. Für das U-Profil soll nach der oben angegebenen Formel die Ersatzfedersteifigkeit C_y berechnet werden.



Aussteifungsträger U 400

$$l = 15,0 \text{ m} \quad I_y = 20.350 \text{ cm}^4 \quad E = 21.000 \text{ kN/cm}^2$$

$$c_y = \left(\frac{\pi}{15 \cdot 100} \right)^4 \cdot 21.000 \cdot 20.350 \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$c_y = 0,00822 \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right] = 82,2 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

3.2.5.2

Obergurtfesthaltung durch Fachwerkverbände

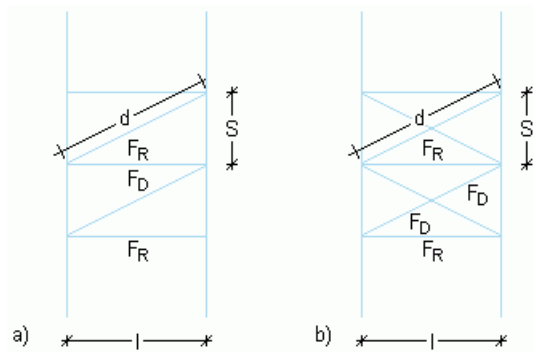
Die Federsteifigkeit für Fachwerkverbände kann mit Hilfe der Gleichung

$$c_y = S_{id} \cdot \left(\frac{\pi}{l} \right)^2$$

errechnet werden. Die Größe S_{id} bezeichnet die Schubsteifigkeit des Fachwerkes und l dessen Stützweite. Die Herleitung der Gleichung kann wiederum der Literaturquelle [14] entnommen werden.

Hier werden auch die Formeln für die Berechnung der Schubsteifigkeit S_{id} hergeleitet. Die Größe der Schubsteifigkeit ist abhängig von der Form des Fachwerkverbandes.

Fachwerkformen



Für die oben dargestellten Fachwerkformen ergeben sich folgende Berechnungsgleichungen:

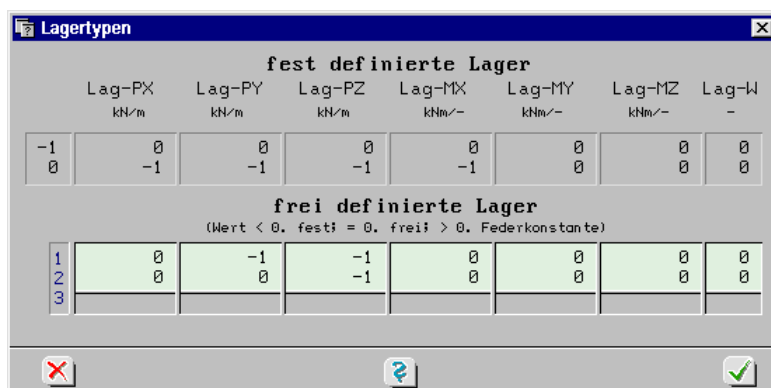
$$S_{id} = \frac{l^2 \cdot s \cdot E}{d^3 + \frac{l^3}{F_D}} \quad \text{bzw.} \quad S_{id} = \frac{l^2 \cdot s \cdot E}{\frac{d^3}{2 \cdot F_D} + \frac{l^3}{F_R}} \quad \text{mit}$$

- d Diagonalstablänge
- l Vertikalstablänge
- E Elastizitätsmodul
- F_D Querschnittsfläche Diagonalstab
- F_R Querschnittsfläche Vertikalstab
- s Gurtstablänge

3.3

Lagerung

Zur Lagerbeschreibung stehen drei Verformungs- und drei Verdrehungsfreiheitsgrade sowie die (nicht darstellbare) Wölbbehinderung (s. Abs. 3.4, S. 13) zur Verfügung.



Die Kombination der an einem Ort gefesselten Freiheitsgrade erfolgt über Definition von Lagertypen, die in der Tabelle der Trägerbeschreibung (s. Abs. 3.1.2, S. 9) den Bereichsanfängen bzw. -enden zugewiesen werden.

Es bestehen zwei vordefinierte Standardlagertypen, die die Regelfälle abdecken:

- Typ -1 stellt freie Verformbarkeit für alle Freiheitsgrade sicher
- Typ 0 fesselt als festes Lager die drei Verschiebungsfreiheitsgrade und nimmt zusätzlich Torsion auf

In der Tabelle können fünf weitere Lagertypen zusammengestellt werden. Die Größe des eingegebenen Wertes legt die letztendliche Lagerungsart fest:

- Wert < 0 starres Lager
- Wert = 0 freie Verformbarkeit
- Wert > 0 Federkonstante

Die Abkürzungen im Tabellenkopf haben folgende Bedeutungen:

- Lag-PX Lagerung in Kranträgerlängsrichtung
- Lag-PY in Kranträgerhorizontalrichtung
- Lag-PZ in Kranträgervertikalrichtung
- Lag-MX für Torsion
- Lag-MY horizontale Verdrehung
- Lag-MZ für vertikale Verdrehung
- Lag-W für Wölbbehinderung (s. Abs. 3.4, S. 13)

3.4

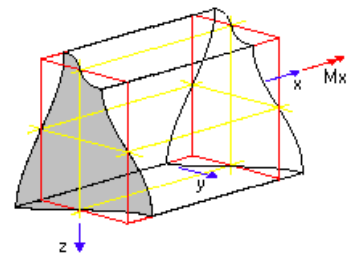
Wölbbehinderung

Torsion - die Verdrehung des Stabes um seine Längsachse - tritt auf, wenn die Wirkungslinie der Belastung nicht durch den **Schubmittelpunkt** M des Querschnitts verläuft. Die Gesamttorsion setzt sich aus der **St. Venant-Torsion** und der **Wölbkrafttorsion** zusammen.

Beim St. Venant-Anteil können sich alle Querschnitte des Stabes ungehindert verwölben. Es treten nur Schubspannungen τ und keine Normalspannungen σ_x auf.

Als Verwölbung wird eine Verschiebung u senkrecht zur Querschnittsebene in Richtung der Stabachse bezeichnet.

Bei der Wölbkrafttorsion können sich die Querschnitte nicht ungehindert verwölben und es treten zusätzliche Normalspannungen σ_x auf. Die Biegesteifigkeit EI_z des Trägers wird in Anspruch genommen, um einen Teil des Torsionsmomentes M_x aufzunehmen.

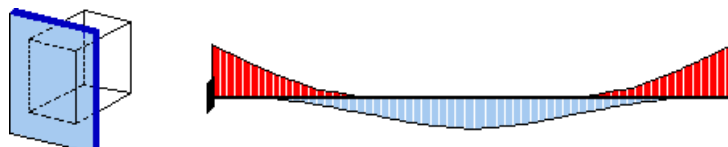


Doppel-T-Profile sind nicht wölbfreie Querschnitte. Die zusätzlichen Beanspruchungen der Querschnitte werden durch Berücksichtigung der Anteile aus Wölbkrafttorsion erfasst.

Wird wie im folgenden System an den Auflagern eine **Gabellagerung** vorausgesetzt, durch die die Aufnahme der Torsionsmomente bei gleichzeitiger freier Verwölbung der Endquerschnitte gewährleistet wird, baut sich nur zwischen den Lagern ein **Wölbmoment** M_ω auf, das zu den Lagern hin auf Null geht.



Bei zusätzlicher Wölbbehinderung in den Lagerpunkten entsteht ein Wölbmomentenverlauf bis über die Lagerpunkte.



3.5

Hubklasse

Krananlagen werden in die Hubklassen H1 bis H4 eingeteilt. Anhand der festgelegten Hubklasse werden Beiwerte ermittelt, mit denen die Lasten bzw. die Schnittkräfte oder die Spannungen multipliziert werden. Die so ermittelten Spannungen werden den zulässigen Spannungen gegenübergestellt.

3.6 Beanspruchungsgruppe

Kranbahnen werden für den Betriebsfestigkeitsnachweis in die Beanspruchungsgruppen B1 bis B6 eingeteilt. Die Einteilung ist abhängig von den zu erwartenden Spannungsspielen und wie häufig die Krananlage mit ihrer Nenntragfähigkeit beansprucht wird.

In DIN 4132, Abs. 6.3, sind die zulässigen Spannungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis in Abhängigkeit von der Stahlsorte zusammengestellt. Die Tabellen 7 bis 12 gelten für St 37, Tab. 13 bis 18 für St 52.

Für die Beanspruchungsgruppen B4 bis B6 ist der Nachweis der Spannungen bei exzentrischer Radlasteinleitung (s. Abs. 3.8.2.4, S. 21) am Obergurt zu führen.

3.7 Nachweis der Beulsicherheit

Bei Kranbahnen wird die Beulsicherheit maßgeblich von den konzentriert eingeleiteten Radlasten beeinflusst. In den Beulsicherheitsnachweis gehen hier deshalb neben den Biegenormalspannungen und Schubspannungen zusätzlich σ_{xz} -Spannungen an der Oberseite eines Beulfeldes ein.

In #K-RAN wird der Ablauf des Beulnachweises über den Schalter **Querstreifen** (s. Bild Abs. 3.1, S. 9) gesteuert.

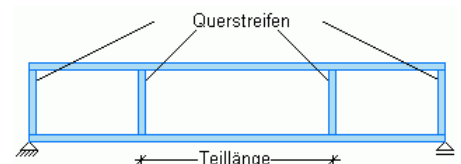
Nach Betätigen des Schalters erscheint eine Eingabemaske für die Eingabe von Querstreifenabständen.

Durch Eingabe von einzelnen Teillängen können hier Beulfeldlängen definiert werden.

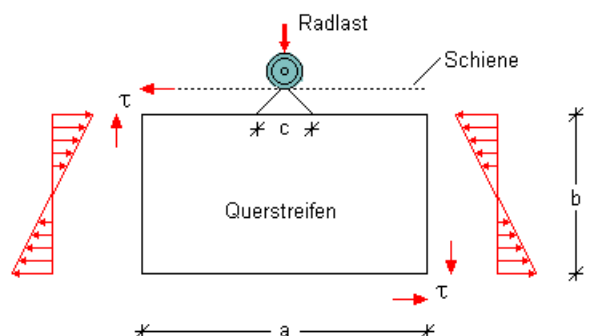


Wenn keine Teillänge eingegeben wird, führt #K-RAN keinen Beulsicherheitsnachweis durch! Bei Kranbahnträgern sollte jedoch die Beulsicherheit immer überprüft werden. D. h. man muss hier mindestens eine Teilfeldlänge eingeben (Trägerlänge).

Teillänge = Querstreifenabstand = Beulfeldlänge



- a Beulfeldlänge
- b Beulfeldbreite
- c Länge der Lasteinleitungsstrecke für Radlasten



Der Nachweis der Beulsicherheit des Kranbahnträgers erfolgt gemäß DIN 18800, Teil 3. Zentrale Werte des Verfahrens sind die Beulwerte $K_{\sigma x}$, $K_{\sigma z}$ und K_{τ} . Die Beulwerte $K_{\sigma x}$ und K_{τ} sind abhängig vom Seitenverhältnis des Beulfeldes (α) und dem Randspannungsverhältnis ψ bzw. der Beanspruchungsart.

$$\alpha = \frac{a}{b} \quad \text{und} \quad \psi = \frac{\sigma_u}{\sigma_o}$$

Für die Beulfelder des Kranbahnträgers ist ψ immer gleich (-1), da das Beulfeld nur durch Bie-

genormalspannungen beansprucht wird. In diesem Fall errechnet sich der Beulwert $K_{\sigma x}$ zu:

$$\alpha \geq \frac{2}{3} \quad K_{\sigma x} = 23.9$$

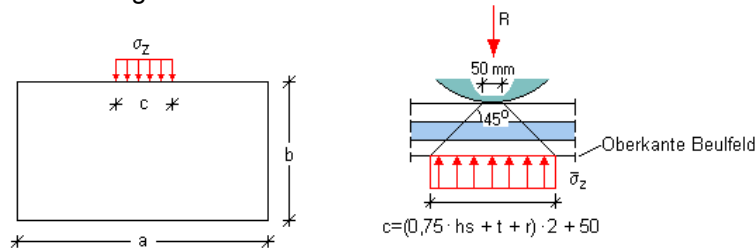
$$\alpha < \frac{2}{3} \quad K_{\sigma x} = 15.87 + \frac{1.87}{\alpha^2} + 8.6 \cdot \alpha^2$$

Der Beulwert K_τ kann nach folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$\alpha \geq 1 \quad K_\tau = 5.34 + \frac{4.0}{\alpha^2}$$

$$\alpha < 1 \quad K_\tau = 4.0 + \frac{5.34}{\alpha^2}$$

Nun muss noch der Beulwert $K_{\sigma z}$ bestimmt werden. Er ist abhängig vom Seitenverhältnis α und der Länge der Lasteinleitungsstrecke c .



Für die Ermittlung von $K_{\sigma z}$ gibt es in der Literatur Nomogramme [9,10]. Die entsprechenden Kurven sind in *4H-KRAN* integriert. Die Länge der Lasteinleitungsstrecke c ergibt sich gemäß obiger Skizze.

Die Größe von c ist also abhängig von der Höhe der Kranbahnschiene, der Dicke des Trägerflansches und dem Ausrundungsradius r . Für die Schienenhöhe h_s muss eine Abnutzung von 25% in Rechnung gestellt werden. Mit den Beulwerten $K_{\sigma x}$, $K_{\sigma z}$ und K_τ können nun im weiteren Verlauf des Beulnachweises die idealen Beulspannungen σ_{xPi} , σ_{zPi} und τ_{Pi} berechnet werden.

$$\sigma_{xPi} = K_{\sigma x} \cdot \sigma_e, \quad \sigma_{zPi} = K_{\sigma z} \cdot \sigma_e \quad \text{und} \quad \tau_{Pi} = K_\tau \cdot \sigma_e$$

Die Gleichungen gelten für die jeweils alleinige Wirkung der entsprechenden Spannung. Die Bezugsspannung (Eulerspannung) σ_e wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left[\frac{t}{b} \right]^2$$

Im weiteren Verlauf des Beulnachweises ist nun der Plattenschlankheitsgrad λ_P zu ermitteln.

$$\lambda_{P\sigma x} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{xPi}}}, \quad \lambda_{P\sigma z} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{zPi}}}, \quad \lambda_{P\tau} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$$

Mit Hilfe des Berechnungsschlankheitsgrades λ_a kann nun der bezogene Plattenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$ berechnet werden.

$$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}}, \quad \bar{\lambda}_{P\sigma x} = \frac{\lambda_{P\sigma x}}{\lambda_a}, \quad \bar{\lambda}_{P\sigma z} = \frac{\lambda_{P\sigma z}}{\lambda_a}, \quad \bar{\lambda}_{P\tau} = \frac{\lambda_{P\tau}}{\lambda_a}$$

Die bezogenen Plattenschlankheitsgrade $\bar{\lambda}_P$ sind nun Grundlage für die Ermittlung der Abminderungsfaktoren κ nach Tab. 1, DIN 18800, T. 3. Maßgebend für die Berechnung von κ und κ_τ sind die Zeilen 3 und 6. Es ergibt sich:

$$\chi_x = 1.25 \cdot \left(\frac{1}{\bar{\lambda}_{P\sigma x}} - \frac{0.22}{\bar{\lambda}_{P\sigma x}} \right) \leq 1, \quad \chi_\tau = \frac{0.84}{\bar{\lambda}_{P\tau}} \leq 1$$

Mit den Abminderungsfaktoren κ können nun die Grenzbeulspannungen berechnet werden.

$$\sigma_{xP,R,d} = \chi_x \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M}, \quad \sigma_{zP,R,d} = \chi_z \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M}, \quad \tau_{P,R,d} = \chi_\tau \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

Die Auswirkung für den Beulnachweis ergibt sich nun für die einzelnen Spannungskomponenten bei jeweils alleiniger Wirkung derselben zu:

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_{xP,R,d}} \leq 1, \quad \frac{\sigma_z}{\sigma_{zP,R,d}} \leq 1, \quad \frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \leq 1$$

Wenn mehrere der obigen Spannungen gemeinsam auftreten, ist ein Interaktionsnachweis gemäß nachfolgender Gleichung zu führen.

$$\left(\frac{|\sigma_x|}{\sigma_{xP,R,d}} \right)^{e_1} + \left(\frac{|\sigma_z|}{\sigma_{zP,R,d}} \right)^{e_2} - V \cdot \left[\frac{|\sigma_x \cdot \sigma_z|}{\sigma_{xP,R,d} \cdot \sigma_{zP,R,d}} \right] + \left(\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \right)^{e_3} \leq 1$$

$$e_1 = \chi_x^4, \quad e_2 = 1 + \chi_x^4, \quad e_3 = 1 + \chi_x \cdot \chi_z \cdot \chi_\tau^2, \quad V = (\chi_x \cdot \chi_z)^6$$

3.8

Belastung

3.8.1

Trägerbelastung, Vorverformung und Überlagerungsregeln



Belastung und Kräne

Eigengewicht γ kN/m³

Zusatzeigengewicht Δg kN/m

Verkehrslast Δp feldweise kN/m

Kran 1 Mindestabstand

Kran 2 zu Kran 1 m

Kran 3 zu Kran 2 m

Sicherheitsbeiwert γ_M -

Pufferabstände Anfang Ende

Schrittweite D_s m

Vorkrümmung / Feld $v_{i0} = L_i /$

Abminderung von v_{i0}

Fahrt auch von rechts nach links

3.8.1.1

Streckenlasten

Die Streckenlasten gliedern sich in die Eingabe der Eigengewichtslasten, des Zusatzeigengewichtes Δg und der Verkehrslast Δp .

Das Eigengewicht wird als Raumgewicht γ angegeben. Das Programm multipliziert diesen Wert automatisch mit der örtlichen Trägerfläche. Der Querschnitt der Schiene wird hierbei nicht erfasst.

Unter dem Zusatzeigengewicht Δg können weitere ständige Lasten der Konstruktion wie z. B. die Kranschiene erfasst werden.

3.8.1.2

Kranlasten

Die Festlegung der Kranlasten (s. Abs. 3.8.1.2, S. 16) für maximal drei mögliche Krane erfolgt getrennt in weiteren Eigenschaftsblättern, die für alle Krane gleiches Aussehen besitzen.

Bei Angabe von mehr als einem Kran ist Kran 1 derjenige, der von links kommend (in positiver x-Richtung fahrend) als erster vor dem Kranbahnträger steht. Kran 2 und Kran 3 stehen mit einem jeweiligen Mindestabstand voneinander hinter Kran 1 (s. auch Übersichtsbild Abs. 3, S. 8).

Der Mindestabstand wird gemessen zwischen dem letzten Rad des vorderen Krans und dem ersten Rad des folgenden Krans.

3.8.1.3

Materialsicherheitsbeiwert

Zur Ermittlung der Schnittgrößen wird der Elastizitätsmodul durch den Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand dividiert.

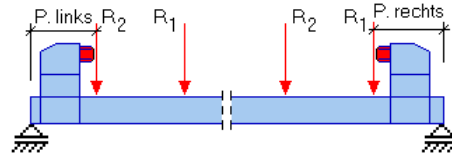
$$\frac{E}{\gamma_M}$$

3.8.1.4

Pufferabstände

Pufferabstände werden vom linken bzw. rechten Trägerende aus gemessen. Die Puffer begrenzen den Bereich, den die Kranlasten bestreichen können.

Die hinterste (zuletzt eingegebene) Radlast steht äußerstenfalls direkt am linken Puffer; die vorderste (zuerst eingegebene) Radlast steht am rechten Puffer.



Sofern keine Angaben zu Pufferabständen vorliegen, fahren die Krane von links kommend auf den Kranbahnträger und nach rechts vollständig über das Trägerende hinaus.

3.8.1.5

Schrittweite

Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt durch Auswertung von Einflusslinien. Die Schrittweite legt das Verschiebungsinkrement der einzelnen Lastgruppen fest. Große Schrittweiten liefern demnach ein schnelleres aber ungenaueres Ergebnis als kleine Schrittweiten.

Die Animation der Lastgrafik (s. Abs. 3.8.4, S. 24), die nur darstellenden Charakter besitzt und für eine sinnvolle Berechnung nicht durchlaufen zu werden braucht, gibt einen Überblick über die mit der gewählten Schrittweite bestimmten Laststellungen und Krankombinationen.

3.8.1.6

Vorkrümmung

Die Schnittgrößenberechnung erfolgt in *HH-KRAN* nach der Biegetorsionstheorie II. Ordnung. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass mit dem Nachweis der Einhaltung der Grenzspannungen $\sigma_{R,d}$ und $\tau_{R,d}$ der Biegedrillknicknachweis automatisch mit erfüllt ist. Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist aber die korrekte Berücksichtigung von Imperfektionen gemäß DIN 18800. Das heißt, es müssen hier Vorkrümmungen gemäß nachfolgender Abbildung, die das System in der Draufsicht zeigt, auf den Kranbahnträger aufgebracht werden.

$$\bar{v}_{0,i} = \sin\left(\pi \cdot \frac{x}{l_i}\right) \cdot \frac{l_i}{v_0} \cdot 0.5 \cdot \frac{2}{3}$$

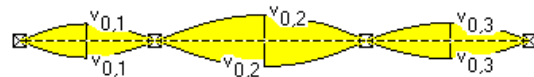


Tabelle 3: Stich der Vorkrümmung		
	Stabart	Stich w_0, v_0 der Vorkrümmung
1	Einteilige Stäbe mit Querschnitten, denen nach Tabelle 5 folgende Knickspannungslinie zugeordnet ist.	
2	a	$l/300$
3	b	$l/250$
4	c	$l/200$
5	d	$l/150$
5	Mehrteilige Stäbe , wenn der Nachweis nach Abschnitt 4.3 erfolgt	$l/500$

Die Vorkrümmung wird sinusförmig für die Felder gemäß der jeweiligen Feldlänge ermittelt. Nach DIN 18800, T. 2 (202), genügt für den Biegedrillknicknachweis der Ansatz einer Vorkrümmung mit dem Stich $0.5 \cdot v_0$ n. Tab. 3. Im Eingabefeld wird der Tabellenwert angegeben. Außerdem kann die Vorkrümmung nach DIN 18800 nach dem o.g. Element 202 noch um den Faktor 2/3 vermindert werden, weil der Nachweis elastisch-elastisch erfolgt.

Die Vorkrümmung wird ungünstig entsprechend der sich jeweils einstellenden Grundverformung zum Ansatz gebracht.

3.8.1.7

Fahrtrichtung

Durch die Option **Fahrt auch von rechts nach links** kann gesteuert werden, ob die Beanspruchung des Kranbahnträgers durch eine Kranfahrt von "rechts nach links" mit untersucht werden soll. Dies bedeutet eine Vergrößerung des Rechenaufwands, ist aber in einigen Fällen erforderlich, um die maximale Beanspruchung des ersten Trägerfeldes zu ermitteln. Hierfür werden vom Programm die Angriffspunkte der S- und H_S -Lasten geändert, da S immer an einem Rad der vordersten Achse auftritt.

Für einen Kran mit 2 Achsen bedeutet dies, dass bei der Fahrt von "links nach rechts" S und H_{S1} an Achse 1 auftreten und bei der Fahrt von "rechts nach links" an Achse 2. Damit kann die Wirkung der Schräglaufkraft S bis an das linke Ende des Kranbahnträgers untersucht werden.

3.8.1.8

Überlagerung der Seitenlasten S/H_S und H_M

S- und H_S -Lasten sind Horizontallasten, die durch Schräglauf des Krans entstehen. S ist die Aktionskraft am Führungselement (Radkranz, Seitenführungsrolle), und die $H_{S,i}$ -Lasten sind die Reaktionskräfte an der Kontaktstelle Rad/Schiene. Die H_M -Lasten sind Massenkkräfte, die beim Anfahren und Bremsen des Krans aus der Exzentrizität der Resultierenden der Antriebs-/Bremskräfte zum Massenschwerpunkt der Kranbrücke entstehen.

Bei der Zusammenstellung der Belastung für den Kranbahnträger stellt sich die Frage, ob S/H_S - und H_M -Lasten gleichzeitig auftreten können, also vom Programm überlagert werden müssen.

Im Beiblatt 1 zur DIN 4132 [2] wird dazu ausgeführt: *Die Untersuchungen über das mögliche Ausmaß der Überlagerung von Seitenlasten infolge der "Massenkräfte aus Antrieben" und infolge des Schräglaufs sind noch nicht abgeschlossen. Zur näherungsweisen Berücksichtigung dieser Überlagerung wird daher zunächst ein Zuschlag von 10 % zu den Seitenlasten S und H_S gefordert. Diese erhöhten Seitenlasten aus Schräglauf sind häufig ungünstiger als Seitenlasten H_M und werden dann als Zusatzlasten (Z) quer zur Fahrbahn maßgebend.*

##-KRAN bietet dem Anwender zur Berücksichtigung der S/H_S - und H_M -Lasten folgende Möglichkeiten:

- S/H_S - und H_M -Lasten wirken zusammen - Schalterstellung **ja**: Alle in der Eingabemaske für die Kranlasten vorhandenen Horizontallasten S/H_S und H_M werden mit ihrem Vorzeichen berücksichtigt und additiv überlagert.
- S/H_S - und H_M -Lasten wirken zusammen - Schalterstellung **nein**: Es wirken entweder die S/H_S -Lasten oder die H_M -Lasten. Das Programm berücksichtigt die jeweils ungünstigsten Lasten. Zur Berücksichtigung einer Überlagerung von S/H_S -Lasten und H_M -Lasten bietet ##-KRAN die Möglichkeit, für die S/H_S -Lasten einen Erhöhungsfaktor einzugeben. Gemäß Beiblatt 1 zur DIN 4132 [2] beträgt dieser Zuschlag 10%. Wenn die H_M -Lasten eine ungünstigere Wirkung auf den Kranbahnträger haben als die 1,1-fachen S/H_S -Lasten, wird dies von ##-KRAN berücksichtigt.



Bei der Vorgabe des Erhöhungsfaktors für die S/H_S -Lasten ist zu beachten, dass in den Datenblättern der Krananbieter dieser Faktor manchmal schon in die ausgewiesenen S/H_S -Werte eingerechnet ist.

3.8.2 Kranlasten und Kranklassifizierung

Kran 1
✕

Einstufung

Hubklasse H2

Beanspruchungsgruppe B3

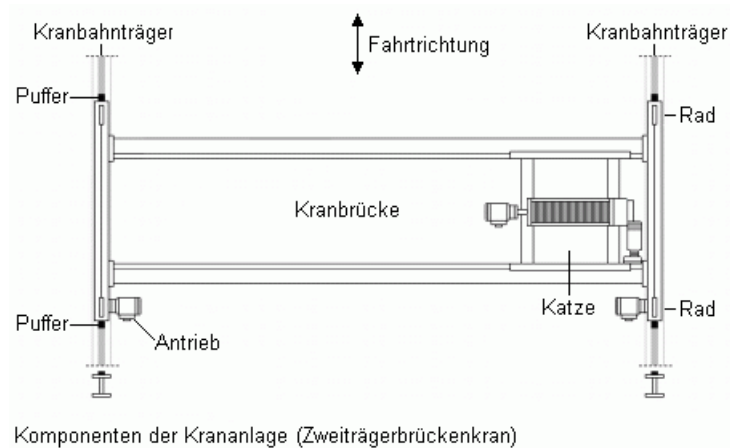
Schwingbeiwert φ 1.20 -

	Lasten in kN	vertikale Lasten	Abstand zu Rad _{i+1}	Horizontallasten		
				$\pm S$	$\pm H_{M,i}$	$\pm H_{S,i}$
	$R_{i,min}$	$R_{i,max}$	a_i	$\pm S$	$\pm H_{M,i}$	$\pm H_{S,i}$
1	10.00	75.00	1.60	12.00	3.00	-5.50
2	10.00	55.00	0.00		-3.00	1.50
3						
4						
5						
6						

✕
?
✓

3.8.2.1 Kranklassifizierung

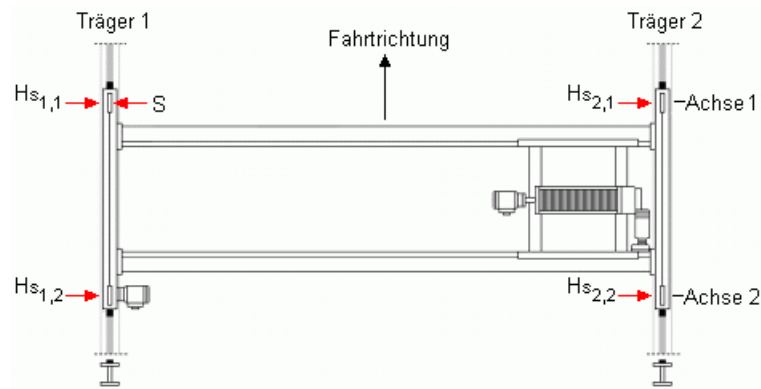
Eine Krananlage besteht aus mehreren Komponenten. In **///KRAM** werden nur die Kranbahnträger bearbeitet. Die Bemessung der Kranbrücke und aller weiteren Komponenten ist Aufgabe des Kranherstellers.



Die Klassifizierung des Krans erfolgt durch Angabe der Hubklasse (s. Abs. 3.5, S. 13) und der Beanspruchungsgruppe (s. Abs. 3.6, S. 14). Der Schwingbeiwert φ ist von der Hubklasse des Krans abhängig. Er kann Tab. 1 der DIN 4132 [1] entnommen werden.

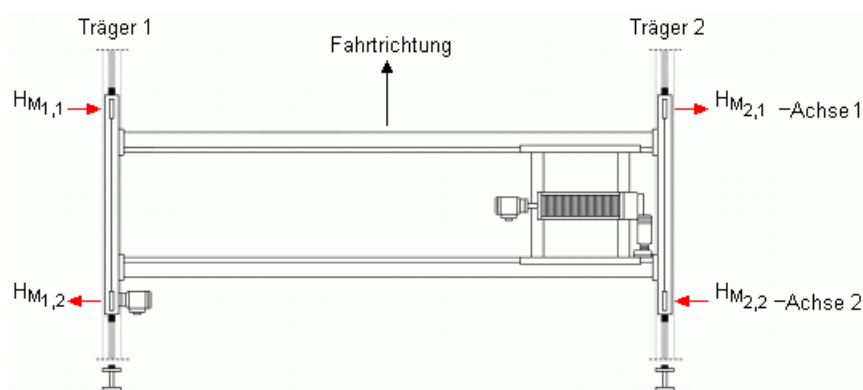
3.8.2.2 Kranlasten

Ein Kranbahnträger wird durch die minimalen und maximalen vertikalen Radlasten R und die Horizontallasten S , H_S und H_M belastet. Die Größe dieser Lasten kann i. d. R. den Datenblättern der Kranhersteller entnommen werden. In diesen Unterlagen werden die Kranlasten häufig an einer Draufsicht der Krananlage dargestellt. Nachstehend sind drei solcher Darstellungen für einen Zweit rgerbr ckenkran angegeben.

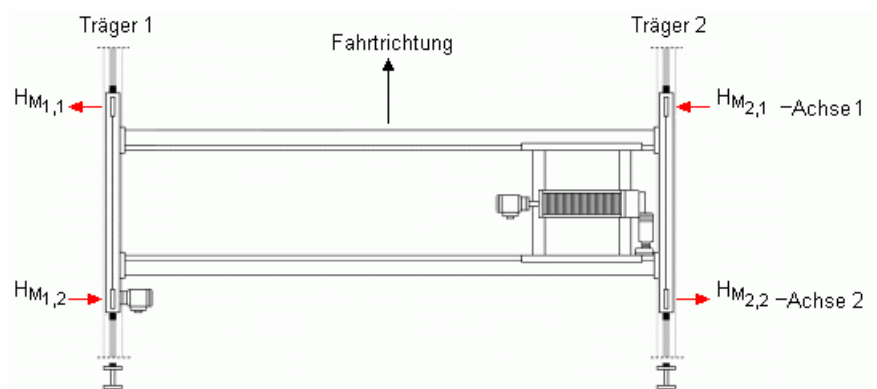


Schräglaufräfte am Kranbahnträger, Katzstellung rechts, Führung links

Die Schräglaufrkraft S wirkt am in Fahrtrichtung vordersten Führungsmittel (Spurkranz oder Seitenführungsrolle). Die H_S -Lasten sind Reaktionskräfte zur Kraft S . Sie treten in den Aufstandsflächen der Laufräder auf und stehen mit S im Gleichgewicht. Als weitere Horizontallasten treten die Massenkkräfte H_M auf. Dies sind Kräfte, die beim Anfahren und Bremsen des Krans aus der Exzentrizität der Resultierenden der Antriebs-/Bremskräfte zum Massenschwerpunkt der Kranbrücke entstehen.



Massenkkräfte am Kranbahnträger, Katzstellung rechts, beschleunigen



Massenkkräfte am Kranbahnträger, Katzstellung rechts, bremsen

Die minimalen und maximalen Radlasten R_i sind in den Spalten 1 und 2 der Eingabetabelle für alle Achsen des betrachteten Krans einzugeben. In der Spalte a_i wird der Abstand der jeweiligen Achsen angegeben. Demnach ist dieser Wert bei der letzten Achse $= 0$.

Die Horizontallasten S , H_S und H_M sind mit dem zugehörigen Vorzeichen in die entsprechenden Spalten der Eingabetabelle zu übertragen. Die positiven Lastrichtungen sind im Übersichtsbild (s. Abs. 3, S. 8) dargestellt.



Es ist zu beachten, dass immer nur Lasten für einen Träger einzugeben sind! Das heißt, zu einer Last S dürfen immer nur die am selben Träger wirkenden zugehörigen H_S - und H_M -Werte eingegeben werden.

Das Maß $e_{S,i}$ bezeichnet den Abstand zwischen der Radachse und dem Führungsmittel. Wenn der Kran durch Radkränze geführt wird, sind $e_{S,i} = 0$. Bei neueren Kranen wird die Führung häufig durch Seitenführungsrollen bewerkstelligt. Dann hat $e_{S,i}$ in der Regel einen Wert $\neq 0$. Wenn die Führungsrolle in Fahrtrichtung vor der Radachse liegt, hat $e_{S,i}$ einen positiven Wert; andernfalls ist $e_{S,i}$ negativ. Durch e_i wird dem Programm auch mitgeteilt, wo die Seitenführungskraft S anzusetzen ist. Das heißt, S wird an der Achse eingeleitet, an der $e_{S,i} \neq 0$ ist. Wenn alle $e_{S,i} = 0$ sind, wird S immer an der in Fahrtrichtung ersten Achse eingeleitet.

##KRAM bietet die Möglichkeit zu wählen, ob die H_S und H_M -Lasten überlagert werden sollen. S. hierzu Überlagerungsregeln Abs. 3.8.1.8, S. 18.

Bei der Entnahme der Radlasten aus dem Krantatenblatt ist immer darauf zu achten, wo die Krankatze steht, damit auch die maßgebenden Lasten angesetzt werden. In den obigen Abbildungen steht die Katze auf der rechten Seite der Kranbahn. Das bedeutet, dass an Träger 2 die maximalen Radlasten R und auch die maximalen Horizontallasten H_S und H_M auftreten. Die Seitenführungskraft S tritt hier nicht auf, sie hat also den Wert 0. In die Eingabemaske für die Kranlasten müssen hier demnach die Werte für $H_{S2,1}$ und $H_{S2,2}$ sowie $H_{M2,1}$ und $H_{M2,2}$ eingetragen werden. Bei Kranen mit Spurkanzführung $e_{S,i} = 0$ sind die Kräfte $H_{S1,2}$ und $H_{S2,2} = 0$, da in diesem Fall die Gleitpolachse in Höhe der Radachse liegt. Bei Kranen mit $e_{S,i} \neq 0$ haben die Kräfte $H_{S2,1}$ und $H_{S2,2}$ ein unterschiedliches Vorzeichen, wenn die Führungsrolle in Fahrtrichtung vor der Radachse liegt. S. hierzu auch Kapitel Schräglaufkraft Abs. 3.8.2.5, S. 23.

Wenn bei der Bearbeitung der Kranlasten nicht klar wird, welche Lastkonstellation für die Bemessung maßgebend ist, müssen mehrere Rechenläufe mit unterschiedlichen Lasten durchgeführt werden.

3.8.2.3 Radlasten

Die vertikalen Radlasten werden mit einem minimalen und einem maximalen Wert je Achse angegeben.

Die Radlasten sind i. A. den Angaben des Kranherstellers zu entnehmen.

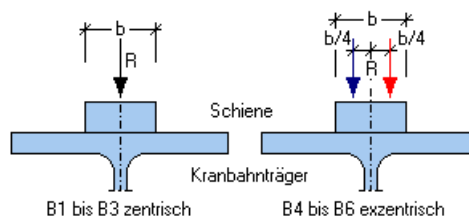
Die maximale Last entspricht der Laufkatzenstellung nahe dem betrachteten Träger, die minimale Last entsprechend der abgewandten Stellung bzw. dem Zustand ohne Hebelast.

Minimale Radlasten sind für die größten Beanspruchungen des Tragwerkes nicht relevant. Sie werden vom Programm ausschließlich zur Ermittlung der minimalen Lagergrößen benötigt, wenn der Kran durch Angabe von Puffern (s. Abs. 3.8.1.4, S. 17) nicht über das Tragwerksende hinausfahren kann.

3.8.2.4 Radlasteinleitung

Die Spannungen aus Radlasteinleitung werden für den Nachweis der lokalen Spannungen am Obergurt, für den Vergleichsspannungsnachweis und als Querspannungen für den Beulsicherheitsnachweis benötigt.

Für die Beanspruchungsgruppen B1 bis B3 kann eine zentrische Radlasteinleitung angenommen werden. Für die Beanspruchungsgruppen B4 bis B6 ist eine Exzentrizität von $1/4$ der Schienenkopfbreite anzunehmen.



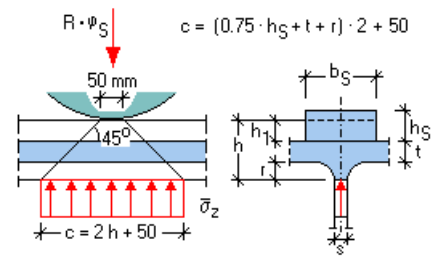
3.8.2.4.1

Zentrische Lasteinleitung (B1-B3)

Die Spannungen in Richtung der z-Achse und die zugehörigen Schubspannungen ergeben sich zu:

$$\bar{\sigma}_z = \frac{\varphi_s \cdot R}{(2 \cdot h + 5) \cdot s} \quad \tau_{z,y} = 0.2 \cdot \bar{\sigma}_z$$

Die Lastausbreitung c wird gemäß DIN 4132 wie dargestellt angenommen und berechnet.



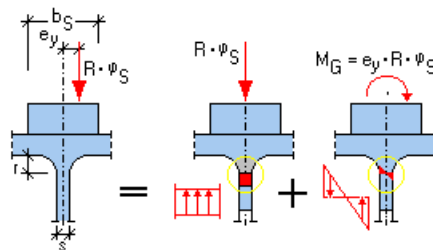
Bei Standardquerschnitten aus der Profildatei wird für r der tatsächliche **Ausrundungsradius** eingesetzt.

Beim typisierten Querschnitt wird angenommen: $r = 0.5 \cdot t_3$

3.8.2.4.2

Exzentrische Lasteinleitung (B4-B6)

Für die Beanspruchungsgruppen B4 bis B6 ist eine Exzentrizität von 1/4 der Schienenkopfbreite anzunehmen.



Die Spannungen setzen sich aus dem Anteil der zentralen Radlasteinleitung und den Spannungen aus dem **Gurttorsionsmoment** M_G zusammen.

$$\text{ges } \bar{\sigma}_z = \bar{\sigma}_z + \bar{\sigma}_{z,b}$$

Die Biegespannung ermittelt sich nach:

$$\bar{\sigma}_{z,b} = \frac{6}{s^2} \cdot M_G \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot \tanh\left(\frac{\lambda \cdot a_s}{2}\right), \quad \lambda = \sqrt{\frac{m_d}{G \cdot I_T}} \quad m_d = 1.15 \cdot \frac{E \cdot s^3}{a_s} \cdot \frac{\left[\sinh\left(\frac{\pi \cdot b}{a_s}\right)\right]^2}{\sinh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot b}{a_s}\right) - \frac{2 \cdot \pi \cdot b}{a_s}}$$

mit

s	Stegdicke
G	Schubmodul
E	Elastizitätsmodul
a_s	Quersteifenabstand
I_T	Torsionsflächenmoment (St. Venant) des Obergurtes inkl. Schiene
b	Quersteifenhöhe

Als **Quersteifenabstand** a_s wird der größte sich aus den Eingaben für den Beulnachweis im Eigenschaftsblatt Beulfelder (Abs. 3.8, S. 14) ergebende Beulsteifenabstand eingesetzt.

Das Torsionsflächenmoment I_T des Obergurtes wird nach folgender Formel ermittelt:

$$I_T = \frac{1}{3} \cdot t^3 \cdot b + 0.78 \cdot I_{TS}$$

Die Quersteifenhöhe b wird näherungsweise gleich der Gesamtquerschnittshöhe gesetzt.

Gleisfahrzeuge bewegen sich nie ideal in Richtung der Fahrbahnachse und verursachen durch ihren Schräglauflast in den Radaufstandsflächen Kräfte quer zur Fahrbahn.

Das Zusammenspiel der Tragglieder der Gesamtkonstruktion ist äußerst kompliziert. Die Regelwerke treffen daher vereinfachende Annahmen, um die möglichen Einwirkungen zu erfassen.

Für die Krananlage wird eine Starrkörperbewegung mit "hinterer Freilaufstellung" angenommen. Der Kran wird damit nur durch das in Fahrtrichtung vorderste Führungsmittel (Spurkranz oder Führungsrolle) geführt, während alle anderen Räder frei laufen.

Die Führungs- oder Schräglauflast wirkt waagrecht und rechtwinklig zur Kranbahnachse. Sie erzeugt in den Radaufstandsflächen die Reaktionskräfte $H_{S,k,i}$ (mit k = Kranbahnachse und i = Radpaarachse).

Die Summe der horizontalen Kräfte H_S aller Räder ist demnach gleich der Schräglauflast S . Die Kräfte H_S werden durch die Schräglauflast S erzeugt. S und alle H_S wirken daher miteinander und gleichzeitig. Durch die Kraft S am Führungselement wird der Kran in seine Bahn zurückgedrückt.

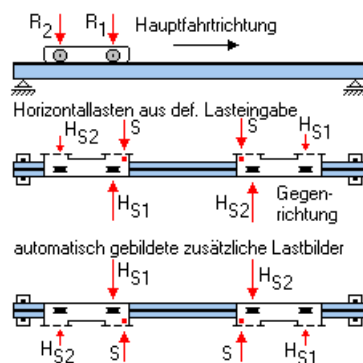
Der Angriffspunkt der Schräglauflast S wird über die Angabe der zugehörigen Achse und den Wert e_i bestimmt. e_i kann hierbei positive und negative Werte annehmen oder $= 0$ sein. Durch $e_i > 0$ wirkt S vor der Achse (nach rechts), andernfalls hinter der Achse.

Die Wirkungsrichtung der Horizontallasten aus Schräglauflast und Massenkraften ist positiv in y -Richtung; anschaulich aus dem Monitor heraus dem Betrachter entgegen.

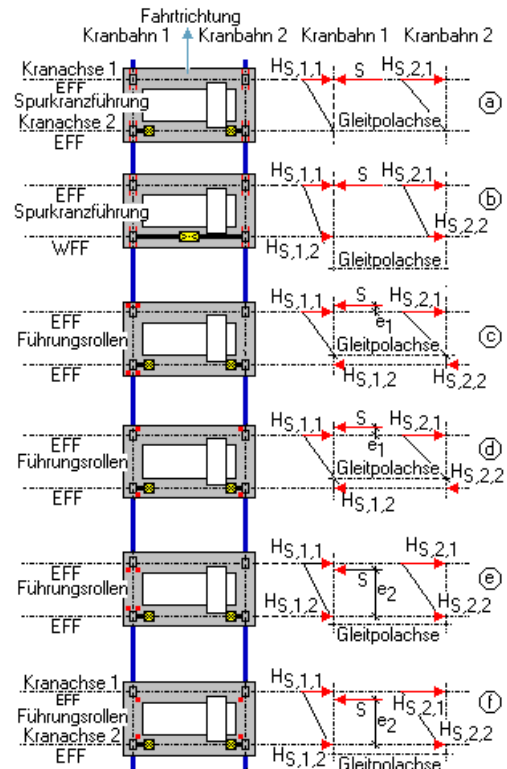
Horizontallasten werden nur im LK HZ berücksichtigt.

Innerhalb der Berechnung werden die Lastgruppen für Fahrt von links nach rechts und ggf. Fahrt von rechts nach links wie im Eigenschaftsblatt der Lasteingabe aufgebracht.

Beispielhafte Horizontallastwirkungen



Schräglauflast S und Horizontallasten H_S Quelle: DIN 4132 Bbl. Bild 5



Das Bild rechts erläutert die besprochenen Annahmen und zeigt zudem die Eingabe der e_i .

In den Fällen a und b kann S der Achse 1 zugewiesen oder alternativ unter H_S gleich die Lastsumme aus S und $H_{S,1,1}$ eingegeben werden.

In den Fällen e und f ist die Horizontallast der Achse 2 zugeordnet, kann aber über ein negatives e_i auch Achse 1 angeheftet werden.

3.8.3

Sonderlaststellung

Sonderlaststellungen					
	Stellung			H=0	I=0
	Kran 1	Kran 2	Kran 3	HZ=1	n1=1
1	3.000	0.000	0.000	0	0
2	4.000	0.000	0.000	0	0
3					
4					
5					
6					

Buttons: [X] [?] [✓]

Die Angabe in diesem Eigenschaftsblatt erbringt ein zusätzliches Druckprotokoll für die angegebenen Laststellungen. Zusätzlich kann angegeben werden, ob Lastkollektiv H (nur Vertikallasten) oder Lastkollektiv HZ (Vertikal- und Horizontallasten) für diese Laststellungen angesetzt werden sollen.

Die Angaben in der letzten Spalte legen fest, ob die Berechnung linear oder nichtlinear (Theorie II. Ordnung) durchgeführt werden soll.

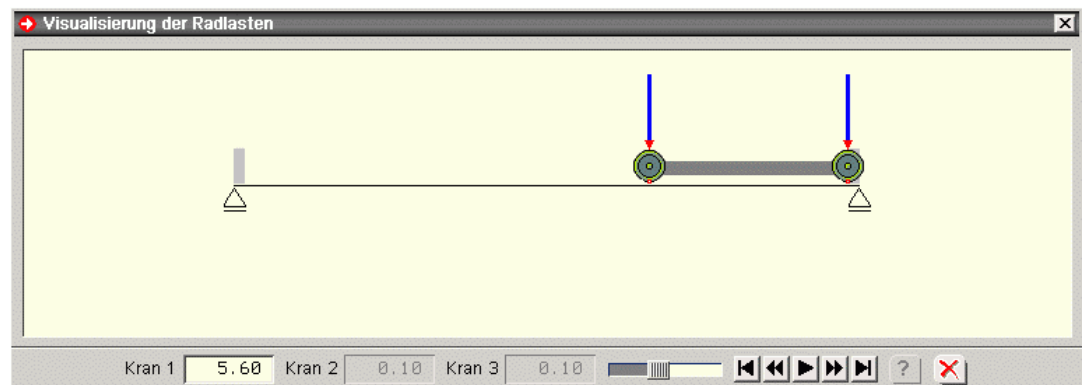
Im Falle einer nichtlinearen Berechnung wird das Eigengewicht mit berücksichtigt.

3.8.4

Lastgrafik



Die Animation *Lastgrafik* besitzt nur darstellenden Charakter und braucht für eine sinnvolle Berechnung nicht durchlaufen zu werden. Sie gibt einen Überblick über die mit der gewählten Schrittweite bestimmten Laststellungen und Krankombinationen.



3.9

Durchführung der Berechnung



Berechnung	
Laststellungen berechnen	
Auflagereaktionen	
Spannungsnachweise	
Betriebsfestigkeit	
Beulnachweise	
Sonderlaststellungen	
ALLE Berechnungsschritte	
Hilfe	ENDE

Die Auswahl der Berechnungsschritte erfolgt im gezeigten Eigenschaftsblatt. Grün markierte Berechnungen sind bereits durchgeführt worden; blaue Berechnungen sind mit den bereits in vorhergehenden Berechnungsschritten ermittelten Zwischenergebnissen möglich; abgeblendete Berechnungsschritte erfordern noch vorhergehende Berechnungen (s. auch Sonderlaststellungen Abs. 3.8.3, S. 24)

Die Berechnung erfolgt nach DIN 18800 und DIN 4132.

3.9.1

Lagergrößen und Schnittkraftberechnung

Vor der eigentlichen Schnittkraftberechnung werden in den Zehntelpunkten jedes Bereiches die ungünstigsten Laststellungen für max./min. M_y und max./min. Q_z mit Hilfe von Einflusslinien ermittelt. Dabei werden alle Krane als unabhängig voneinander betrachtet. Mindest- und Pufferabstände werden jedoch berücksichtigt.

Die maßgebenden Schnittgrößen werden daran anschließend durch die verschiedenen Laststellungen in den Zehntelpunkten jedes Feldes ermittelt. Die Ermittlung der Auflagergrößen erfolgt analog.

Die Auflagerkräfte werden nach Th. I. Ord. ermittelt und getrennt nach g, p, Krane H und HZ ausgewiesen.

Die Schnittgrößenermittlung erfolgt nach Th. II. Ord. als Lastkollektiv "g + p + Krane + Vorverformungen ungünstig".

Hierbei werden folgende Lastkombinationen berechnet:

- min. Radlasten
- max. Radlasten

S/ H_S -Lasten wirken zusammen; Schalterstellung **nein**:

- max. Radl. + $(S + H_S) \cdot Fak$
- max. Radl. - $(S + H_S) \cdot Fak$
- max. Radl. + H_M
- max. Radl. - H_M

S/ H_S -Lasten wirken zusammen; Schalterstellung **ja**:

- max. Radl. + $S + H_S + H_M$
- max. Radl. - $S - H_S - H_M$

Fak = Erhöhungsfaktor für die S/ H_S -Lasten zur Berücksichtigung einer Überlagerung von S-/ H_S - und H_M -Lasten. Nach Beiblatt 1, DIN 4132 wird ein Zuschlag von 10 % zu den S/ H_S -Lasten gefordert (Fak = 1.1).

Wenn auch die Gegenfahrtrichtung untersucht werden soll, werden o.a. Kombinationen mit vertauschten Lasten zusätzlich berechnet.

Die extremalen Schnittgrößen werden grafisch dargestellt.

3.9.2 Nachweise

Spannungs-, Betriebsfestigkeits-, Biegedrillknick- und Beulnachweise werden automatisch geführt. Dabei ist insbesondere den unterschiedlichen Sicherheitskonzepten der beiden maßgebenden Vorschriften Rechnung zu tragen.

3.9.3 Spannungsnachweise E-E

Das Nachweisverfahren ist wegen der nicht vorwiegend ruhenden Belastung Elastisch-Elastisch, wobei Beanspruchungen nach Theorie II. Ord. berechnet werden. Hiermit ist der **Biegedrillknicknachweis** implizit geführt.

Sicherheitsbeiwerte LK H:

$$\gamma_M = 1.1 \quad \gamma_{F,G} = 1.35 \quad \psi \cdot \gamma_{F,Q} = 1.5$$

Spannungen mit $g \cdot \gamma_{F,G} + \varphi \cdot p \cdot \psi \cdot \gamma_{F,Q}$

Sicherheitsbeiwerte LK HZ:

$$\gamma_M = 1.0 \quad \gamma_{F,G} = 1.35 \quad \psi \cdot \gamma_{F,Q} = 0.9 \cdot 1.5 = 1.35$$

Spannungen mit $g \cdot \gamma_{F,G} + (\varphi \cdot p + S) \cdot \psi \cdot \gamma_{F,Q}$

Um einen Überblick über die Ausnutzung zu erhalten, werden für die LK H + HZ die max. Spannungen berechnet und in den Zehntelpunkten feldweise ausgedruckt und grafisch dargestellt.

Dabei werden die Wölbnormalspannungen und σ_z mit berücksichtigt.

3.9.4 Betriebsfestigkeitsnachweis

Es sind die geänderten Sicherheitsbeiwerte zu beachten:

$$\gamma_{F,G} = \psi \cdot \gamma_{F,Q} = \gamma_M = 1.0$$

Der Nachweis wird nur für die Lastkombination H geführt.

Um einen Überblick über die zulässigen Grenzspannungen zu erhalten, werden diese für alle Kerbfälle W0-W2, K0-K4 entsprechend des Spannungsverhältnisses κ berechnet und feldweise in den Zehntelpunkten ausgedruckt.

Desgleichen werden auch die Grenzspannungen für das Bauteil bzw. die Nähte ausgewiesen.

3.9.5 Beulnachweis

Der Beulnachweis ist nur für das LK H nach Theorie I. Ord. zu führen. Es werden dabei die einzelnen definierten Beulfelder betrachtet. Dabei wird der entsprechende Einfluss aus der Radlast mit berücksichtigt (auch Zusatzbeanspruchung bei Beanspruchungsgruppe > B3).

3.9.6 Auflagerkräfte

Die extremalen Auflagerkräfte werden getrennt nach

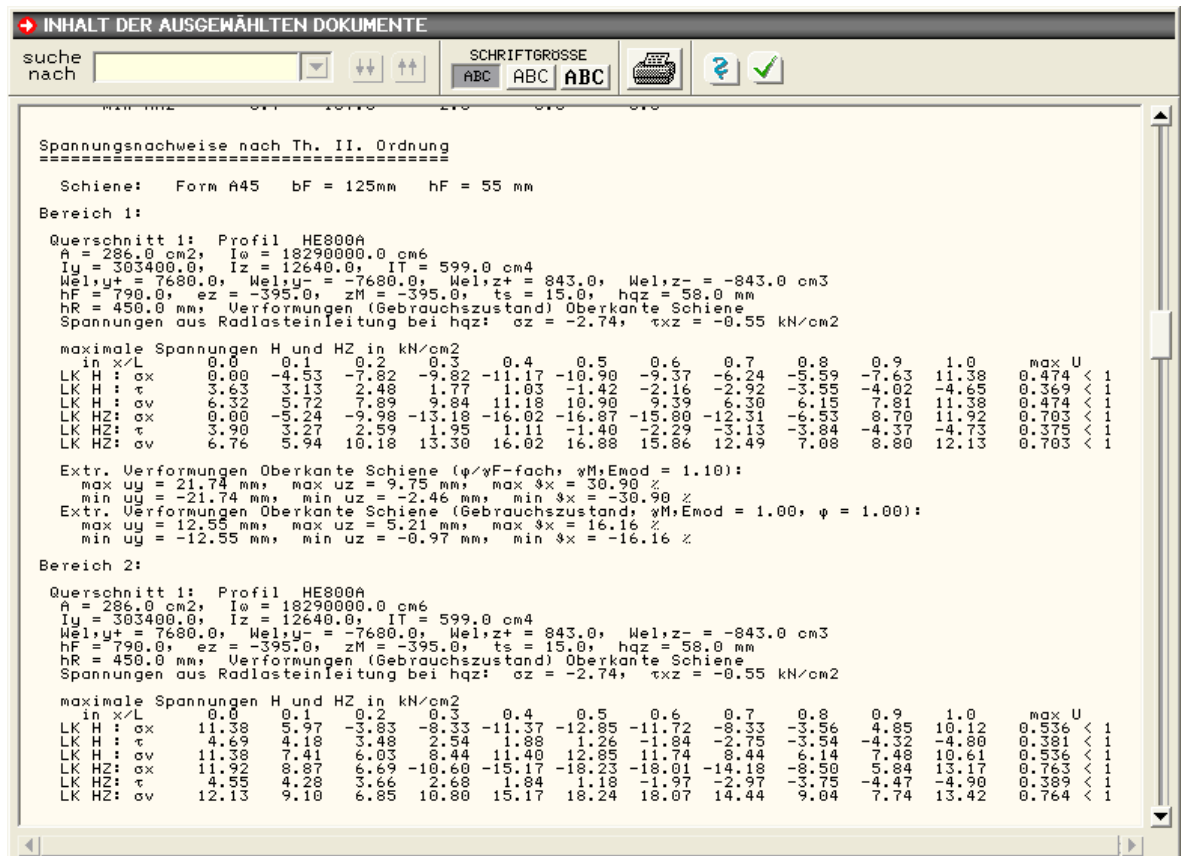
- ständiger Last
- Verkehrslast Δp
- Kran H mit Schwingbeiwert
- Kran HZ mit Schwingbeiwert und Horizontallast.

berechnet und ausgedruckt.

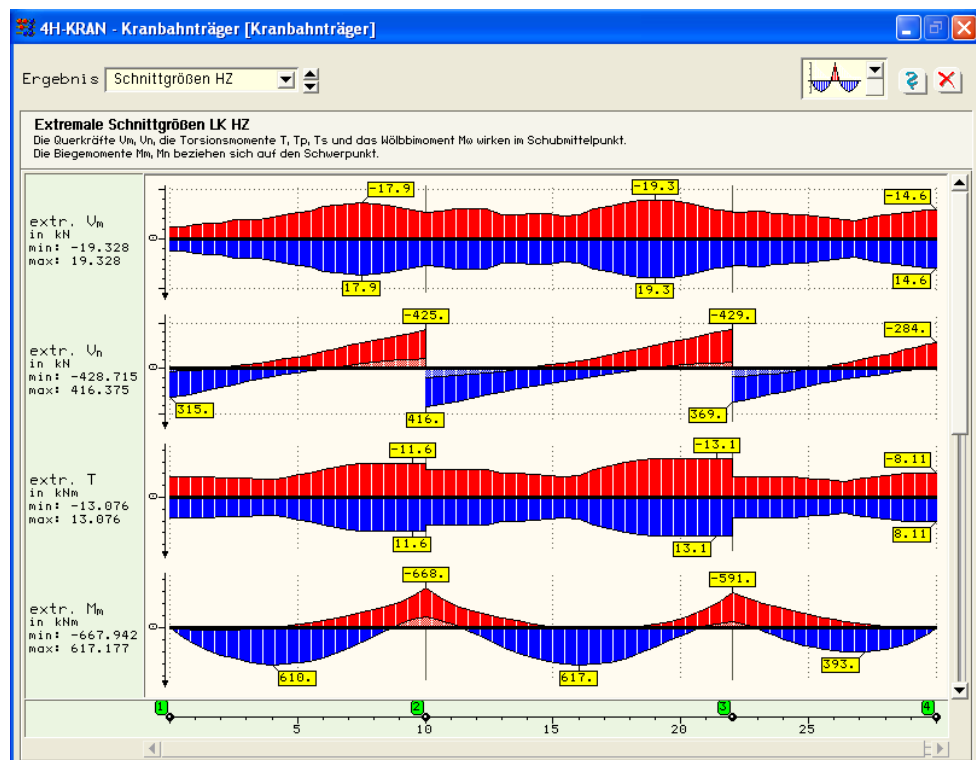


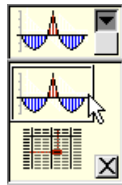
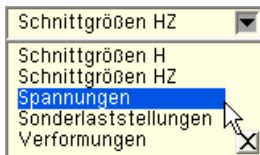
Beachte: bei mehreren Kranen werden die Horizontallasten von maximal zwei Kranen berücksichtigt! Diese aber jeweils ungünstig!

Nach abgeschlossener Berechnung werden die erzielten Ergebnisse tabellarisch protokolliert.



Über den dargestellten Button können die Ergebnisse am Bildschirm in tabellarischer Form oder als Liniengrafiken eingesehen werden.

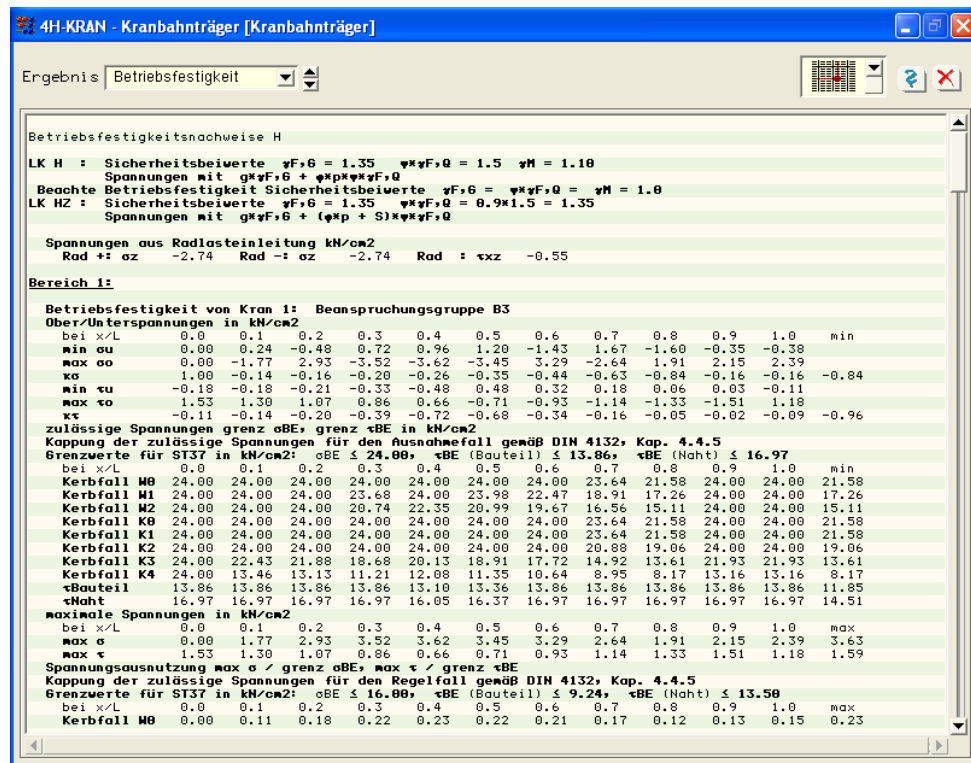




Über die linke Auswahlliste im Kopfbereich des Fensters werden die grafischen Ausgaben der Schnittgrößen für die Lastkombinationen H und HZ sowie der Spannungen, Sonderlaststellungen und Verformungen angesteuert.

Die Auswahlliste auf der rechten Seite ermöglicht das Umschalten zwischen grafischer und tabellarischer Ausgabe.

Über dieses Hilfsmittel können die Ergebnisse schnell und hinreichend bewertet werden.



4

Online-Hilfe



Der nebenstehend dargestellte Button ruft die Online-Hilfe zum Programm auf. Die in diesem Handbuch abgedruckten Informationen sind darüber - in anderem Satz - abrufbar.



Über den nebenstehenden Button wird die Ausgabe des Druckdokumentes angestoßen.

Informationen zur Funktionalität bzgl. Ausgabe und Einsichtnahme der Drucklisten finden Sie im Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.

5.1

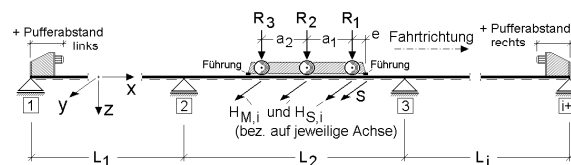
Druckfragment Systembeschreibung

KRANBAHNTRÄGER mit max. 3 unabhängigen Kränen

Bemessung nach DIN 18800 Element 314, 320 (T.2) und DIN 4132

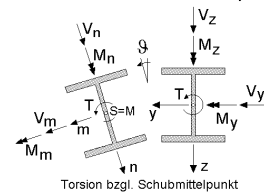
Geometrie, Belastung und Materialkennwerte (Prinzipiskizze)

System und Belastung



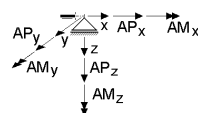
Schnittgrößen

am verformten und unverformten System

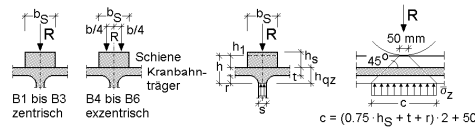


Torsion bzgl. Schubmittelpunkt

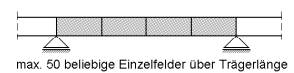
Auflagerreaktionen



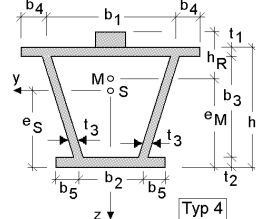
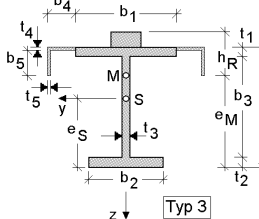
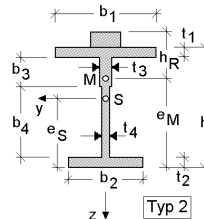
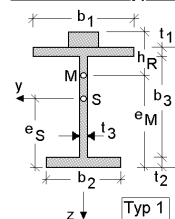
Radlasteinleitung



Beulfeldaufteilung



Querschnittstypen



$$\gamma_M = 1.10$$

Systembeschreibung

Bereichsbeschreibung

Bereich	Länge m	Lag-typ Anfang	Q-typ Anfang	Q-typ Ende	Lag-typ Ende
1:	10.000	0	1	1	0
2:	12.000	0	1	1	0
3:	8.000	0	1	1	0

Lagerungstypen

Typ 0: alle Verschiebungen und Torsionsverdrehung behindert, wölbfrei

vorgegebene Querschnitte in mm:

Nr 1: HE800A aus St37

b1 t1 b2 t2 b3 t3 b4 t4 b5 t5 **Obergurt
nicht gehalten**

Schiene: Form A45 bF = 125mm hF = 55 mm

Die Querschnittswerte der Schiene werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Grundbelastung

Eigengewicht $\gamma = 80.00 \text{ kN/m}^3$, Zusatzeigengewicht $\Delta g = 4.00 \text{ kN/m}$, Verkehrslast/Feld $p = 7.50 \text{ kN/m}$

Vorkrümmung/Feld $v_1 = 0.5 * 0.67 * v_{10} = 0.33 * L_1 / 200 = L_1 / 600$

Kranlasten in kN

Kran 1: Hubklasse H2 Beanspruchungsgruppe B3 Schwingbeiwert $\phi = 1.20$ (für Auflagergrößen 1.10)

Seitenstoßkraft $S = 12.00 \text{ kN}$ (Angriffspunkt s. unter e_1)

Achse 1 $R_{min} = 50.00$ $R_{max} = 85.00$ $a = 3.50$ $H_{M,1} = 2.40$ $H_{S,1} = -3.20$ $e = 0.00$

Achse 2 $R_{min} = 50.00$ $R_{max} = 85.00$ $a = 0.00$ $H_{M,1} = -2.40$ $H_{S,1} = -8.80$ $e = 0.00$

Mindestabstand zum nächsten Kran 2.00 m

Kran 2: Hubklasse H2 Beanspruchungsgruppe B3 Schwingbeiwert $\phi = 1.20$ (für Auflagergrößen 1.10)

Seitenstoßkraft $S = 6.00 \text{ kN}$ (Angriffspunkt s. unter e_1)

Achse 1 $R_{min} = 25.00$ $R_{max} = 65.00$ $a = 2.80$ $H_{M,1} = -1.20$ $H_{S,1} = -2.00$ $e = 0.00$

extremale Auflagergrößen (ohne Sicherheitsbeiwerte)

Bezeichnung	APy kN	APz kN	AMx kNm	AMy kNm	AMz kNm
Knoten 1 bei 0.00 m					
ständige Last	0.0	-23.4	0.0	0.0	0.0
P					
max APy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
min APy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
max APz	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0
min APz	0.0	-33.6	0.0	0.0	0.0
max AMx	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
min AMx	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
max AMy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
min AMy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
max AMz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
min AMz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H					
max APy	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
min APy	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
max APz	0.0	23.1	0.0	0.0	0.0
min APz	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
max AMx	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
min AMx	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
max AMy	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
min AMy	0.0	-161.2	0.0	0.0	0.0
max AMz	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
min AMz	0.0	-167.1	0.0	0.0	0.0
HZ					
max APy	7.1	-167.1	3.2	0.0	0.0
min APy	-7.1	-167.1	-3.2	0.0	0.0
max APz	-0.1	23.1	0.0	0.0	0.0
min APz	0.9	-167.1	0.4	0.0	0.0
max AMx	7.1	-167.1	3.2	0.0	0.0
min AMx	-7.1	-167.1	-3.2	0.0	0.0
max AMy	0.9	-167.1	0.4	0.0	0.0
min AMy	0.8	-161.2	0.4	0.0	0.0
max AMz	5.7	-104.2	2.7	0.0	0.0
min AMz	-5.7	-104.2	-2.7	0.0	0.0

Die **Lagerknoten** werden von links mit 1 beginnend durchnummeriert.

Die **extremalen Auflagergrößen** werden mit den Zugehörigen für die einzelnen Lagerpunkte getrennt nach ständiger Last und Kranlasten protokolliert.

Die Auflagergrößen werden für die mit dem **Schwingbeiwert** faktorisierten Lasten ermittelt. Weitere Sicherheitsbeiwerte γ gehen in ihre Berechnung nicht ein.

Der Maximalwert ist die mathematisch größte auftretende Auflagergröße, der Minimalwert entsprechend die kleinste Größe.

Bei der Berechnung der Auflagergrößen spielt die Anordnung von **Puffern** eine entscheidende Rolle. Sofern keine Puffer (s. Abs. 3.8.1.4, S. 17) vorhanden sind, kann der Kran über die Trägerenden hinausfahren. Das Tragwerk ist dann bzgl. der Radlasten unbelastet und es treten keine hieraus resultierenden Lagerreaktionen auf. Sofern keine abhebenden Lagerlasten mit positiven Lagerreaktionen auftreten, wird die maximale Auflagergröße = 0 auftreten.

Durch Anordnung von Puffern wird der Fahrbereich eingeschränkt, die Krane können den Träger nicht verlassen und es sind demnach mindestens die minimalen Radlasten auf dem Träger platziert.

Druckfragment Spannungsnachweise

Die am Querschnitt auftretenden Maximalwerte der **Längsspannungen** σ_x , der **Schubspannungen** τ_{xz} und der **Vergleichsspannungen** σ_v werden in den Zehntelpunkten der Felder protokolliert. Sofern die zulässigen Spannungen überschritten werden, wird der Wert grau hinterlegt.

Die letzte Spalte weist den im betrachteten Feld auftretenden maximalen **Ausnutzungsgrad** max U des Wertes aus.

Spannungsnachweise nach Th. II. Ordnung

Schiene: Form A45 $b_F = 125\text{ mm}$ $h_F = 55\text{ mm}$

Bereich 1:

Querschnitt 1: Profil HE800A

$A = 286.0\text{ cm}^2$, $I_{\omega} = 18290000.0\text{ cm}^6$

$I_y = 303400.0$, $I_z = 12640.0$, $I_T = 599.0\text{ cm}^4$

$W_{el,y+} = 7680.0$, $W_{el,y-} = -7680.0$, $W_{el,z+} = 843.0$, $W_{el,z-} = -843.0\text{ cm}^3$

$h_F = 790.0$, $e_z = -395.0$, $z_M = -395.0$, $t_s = 15.0$, $h_{qz} = 58.0\text{ mm}$

$h_R = 450.0\text{ mm}$, Verformungen (Gebrauchszustand) Oberkante Schiene

Spannungen aus Radlasteinleitung bei h_{qz} : $\sigma_z = -2.74$, $\tau_{xz} = -0.55\text{ kN/cm}^2$

maximale Spannungen H und HZ in kN/cm^2

in x/L	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	max U
LK H : σ_x	0.00	-4.53	-7.82	-9.82	-11.17	-10.90	-9.37	-6.24	-5.59	-7.63	11.38	0.474 < 1
LK H : τ	3.63	3.13	2.48	1.77	1.03	-1.42	-2.16	-2.92	-3.55	-4.02	-4.65	0.369 < 1
LK H : σ_v	6.32	5.72	7.89	9.84	11.18	10.90	9.39	6.30	6.15	7.81	11.38	0.474 < 1
LK HZ: σ_x	0.00	-5.24	-9.98	-13.18	-16.02	-16.87	-15.80	-12.31	-6.53	8.70	11.92	0.703 < 1
LK HZ: τ	3.90	3.27	2.59	1.95	1.11	-1.40	-2.29	-3.13	-3.84	-4.37	-4.73	0.375 < 1
LK HZ: σ_v	6.76	5.94	10.18	13.30	16.02	16.88	15.86	12.49	7.08	8.80	12.13	0.703 < 1

Extr. Verformungen Oberkante Schiene (φ/γ_F -fach, $\gamma_{M,Ed} = 1.10$):

max $u_y = 21.74\text{ mm}$, max $u_z = 9.75\text{ mm}$, max $\vartheta_x = 30.90\text{ ‰}$

min $u_y = -21.74\text{ mm}$, min $u_z = -2.46\text{ mm}$, min $\vartheta_x = -30.90\text{ ‰}$

Extr. Verformungen Oberkante Schiene (Gebrauchszustand, $\gamma_{M,Ed} = 1.00$, $\varphi = 1.00$):

max $u_y = 12.55\text{ mm}$, max $u_z = 5.21\text{ mm}$, max $\vartheta_x = 16.16\text{ ‰}$

min $u_y = -12.55\text{ mm}$, min $u_z = -0.97\text{ mm}$, min $\vartheta_x = -16.16\text{ ‰}$

Druckfragment Betriebsfestigkeitsnachweise

Die zulässigen Grenzspannungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis werden in Abhängigkeit von der **Beanspruchungsgruppe** (B1 bis B6) für alle **Kerbfälle** W0-W2 und K0-K4 entsprechend des Spannungsverhältnisses κ berechnet und feldweise in den Zehntelpunkten ausgedruckt. Zudem werden die zul. **Schubspannungen** für das Bauteil und die Nähte ausgewiesen.

Betriebsfestigkeit

Spannungen aus Radlasteinleitung kN/cm²

Rad +: σ_z -2.74 Rad -: σ_z -2.74 Rad : τ_{xz} -0.55

Bereich 1:

Betriebsfestigkeit von Kran 1: Beanspruchungsgruppe B3

Ober/Unterspannungen in kN/cm²

bei x/L	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	min
min σ_u	0.00	0.24	-0.48	0.72	0.96	1.20	-1.43	1.67	-1.60	-0.35	-0.38	
max σ_o	0.00	-1.77	2.93	-3.52	-3.62	-3.45	3.29	-2.64	1.91	2.15	2.39	
κ_σ	1.00	-0.14	-0.16	-0.20	-0.26	-0.35	-0.44	-0.63	-0.84	-0.16	-0.16	-0.84
min τ_u	-0.18	-0.18	-0.21	-0.33	-0.48	0.48	0.32	0.18	0.06	0.03	-0.11	
max τ_o	1.53	1.30	1.07	0.86	0.66	-0.71	-0.93	-1.14	-1.33	-1.51	1.18	
κ_τ	-0.11	-0.14	-0.20	-0.39	-0.72	-0.68	-0.34	-0.16	-0.05	-0.02	-0.09	-0.96

zulässige Spannungen grenz σ_{BE} , grenz τ_{BE} in kN/cm²

Kappung der zulässige Spannungen für den Ausnahmefall gemäß DIN 4132, Kap. 4.4.5

Grenzwerte für ST37 in kN/cm²: $\sigma_{BE} \leq 24.00$, τ_{BE} (Bauteil) ≤ 13.86 , τ_{BE} (Naht) ≤ 16.97

bei x/L	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	min
Kerbfall W0	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	23.64	21.58	24.00	24.00	21.58
Kerbfall W1	24.00	24.00	24.00	23.68	24.00	23.98	22.47	18.91	17.26	24.00	24.00	17.26
Kerbfall W2	24.00	24.00	24.00	20.74	22.35	20.99	19.67	16.56	15.11	24.00	24.00	15.11
Kerbfall K0	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	23.64	21.58	24.00	24.00	21.58
Kerbfall K1	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	23.64	21.58	24.00	24.00	21.58
Kerbfall K2	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	20.88	19.06	24.00	24.00	19.06
Kerbfall K3	24.00	22.43	21.88	18.68	20.13	18.91	17.72	14.92	13.61	21.93	21.93	13.61
Kerbfall K4	24.00	13.46	13.13	11.21	12.08	11.35	10.64	8.95	8.17	13.16	13.16	8.17
$\tau_{Bauteil}$	13.86	13.86	13.86	13.86	13.10	13.36	13.86	13.86	13.86	13.86	13.86	11.85
τ_{Naht}	16.97	16.97	16.97	16.97	16.05	16.37	16.97	16.97	16.97	16.97	16.97	14.51

maximale Spannungen in kN/cm²

bei x/L	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	max
max σ	0.00	1.77	2.93	3.52	3.62	3.45	3.29	2.64	1.91	2.15	2.39	3.63
max τ	1.53	1.30	1.07	0.86	0.66	0.71	0.93	1.14	1.33	1.51	1.18	1.59

Spannungsausnutzung max σ / grenz σ_{BE} , max τ / grenz τ_{BE}

Kappung der zulässige Spannungen für den Regelfall gemäß DIN 4132, Kap. 4.4.5

min σ_u und max σ_o bilden den ungünstigsten Verhältniswert κ_σ , für den die Grenzspannungen σ entsprechend der angegebenen Beanspruchungsgruppe ausgewiesen werden. Für min τ_u , max τ_o und κ_τ gilt das Gleiche. $\tau_{Bauteil}$ und τ_{Naht} sind die zulässigen Schubspannungen.

max σ und max τ sind die am Querschnitt auftretenden Maximalspannungen. Deren Überschreitung durch die ermittelten Grenzspannungen wird durch Hinterlegung der Werte signalisiert.



Die Kerbfalleinordnung und damit die Gegenüberstellung mit den zulässigen Spannungen ist vom Anwender durchzuführen.

5.5

Druckfragment Beulnachweise

Entsprechend der im Eigenschaftsblatt *Systembeschreibung Kranbahnträger* (S. 9) feldweise gewählten Beulfeldeinteilung wird eine entsprechende Anzahl Beulnachweise durchgeführt.

Erläuterungen zum Beulnachweis s. Abs. 3.7, S. 14.

Beulnachweise

Beulfeld 2 (von $x_a = 2.00$ m bis $x_e = 4.00$ m): Beulnachweis LK H (Druckspannungen positiv in kN/cm^2)

Beulfeld $a = 2000$ $b = 734$ $t = 15.0$ $c = 249$ mm Eulerspannung $\sigma_e = 7.93$ $\alpha = a/b = 2.72$

Maßgebende Spannungen $\sigma_o = 7.86$ $\sigma_u = -7.86 \Rightarrow \psi = -1.00$ $\sigma_z = 4.10$ $\tau = 2.76$

Beulwerte, Grenzbeulspannungen und Abminderungsfaktoren κ :

$k_{\sigma x} = 23.84 \Rightarrow \sigma_{x,p1} = 188.97$ $k_{\sigma z} = 0.90 * a/c = 7.25 \Rightarrow \sigma_{z,p1} = 57.47$ $k_{\tau} = 5.88 \Rightarrow \tau_{p1} = 46.60$

$\lambda_{\rho \sigma x} = 0.324 \Rightarrow \kappa_x = 1.000$ $\lambda_{\rho \sigma z} = 0.587 \Rightarrow \kappa_z = 1.000$ $\lambda_{\rho \tau} = 0.496 \Rightarrow \kappa_{\tau} = 1.000$

kein knickstabähnliches Verhalten, da $\rho = -175.00 < 0$

Ausnutzung mit $\sigma_{xP,R,d} = \kappa_x * 19.83 = 21.82$ $\sigma_{zP,R,d} = \kappa_z * 19.83 = 21.82$ $\tau_{P,R,d} = \kappa_{\tau} * 11.45 = 12.60$

aus σ_x : $\sigma_x / \sigma_{xP,R,d} = 0.360 < 1$ aus σ_z : $\sigma_z / \sigma_{zP,R,d} = 0.188 < 1$ aus τ : $\tau / \tau_{P,R,d} = 0.219 < 1$

aus σ_x, σ_z, τ : $(\sigma_x / \sigma_{xP,R,d})^{e_1} + (\sigma_z / \sigma_{zP,R,d})^{e_2} - V + (\tau / \tau_{P,R,d})^{e_3}$

(mit $e_1 = 2.000$, $e_2 = 2.000$, $e_3 = 2.000$) = $0.130 + 0.035 - 0.068 + 0.048 = 0.145 < 1$

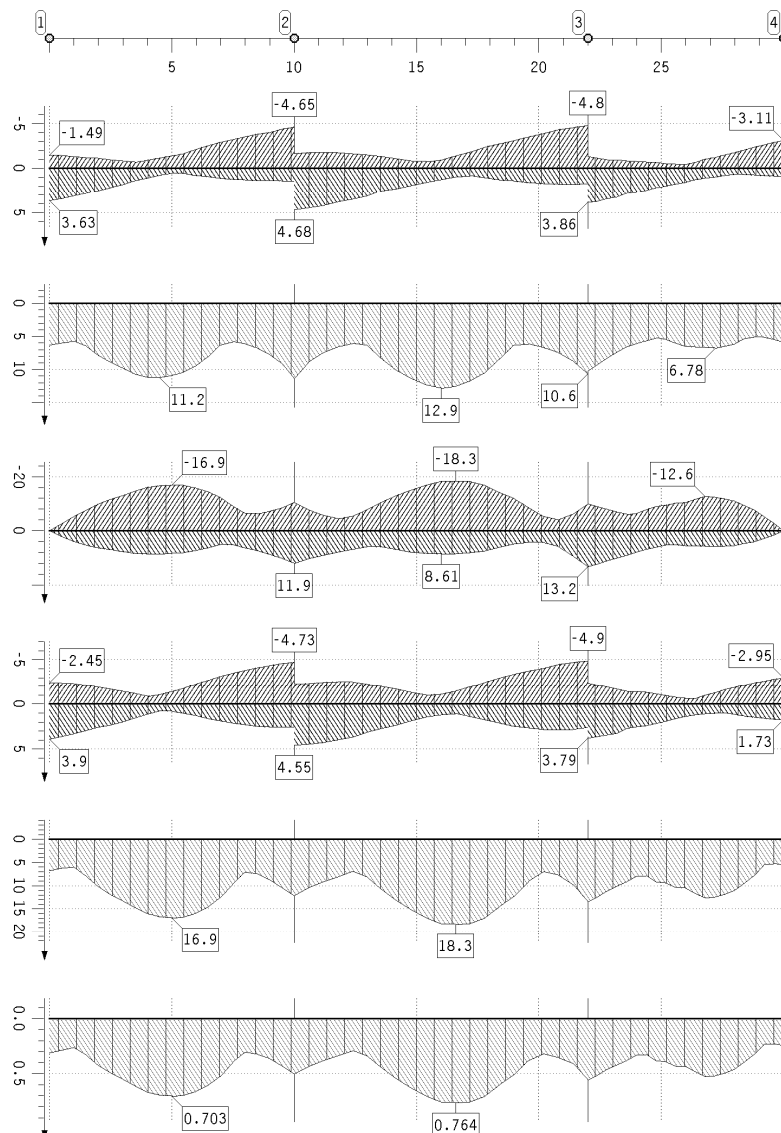
Maximale Ausnutzung: $0.360 < 1$

5.6

Druckfragment Grafiken

Das Druckdokument enthält über die bisher zusammengestellten Fragmente hinaus auch die grafischen Darstellungen der Schnittgrößen für die Lastkombinationen H und HZ sowie die daraus resultierenden Spannungen und Ausnutzungsgrade.

Extremale Spannungen und Ausnutzung



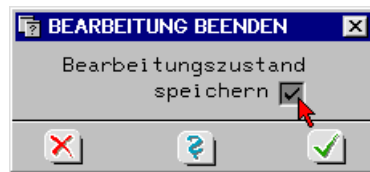
6

Ende der Sitzung



Nach Beendigung der Eingabe wird das Bauteil geschlossen.

Durch Deaktivierung des **Haken-Buttons** wird das **Speichern** der Änderungen verhindert.



Die Bearbeitung kann nun wie auf S. 6 beschrieben fortgesetzt werden.

- /1/ DIN 4132, Kranbahnen, Stahltragwerke, Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung, Februar 1981
- /2/ DIN 4132, Beiblatt 1, Erläuterungen zur DIN 4132, Februar 1981
- /3/ DIN 15018, Krane, Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung, November 1984
- /4/ DIN 18800, Stahlbauten, Teil 1 - 3, November 1990
- /5/ Anpassungsrichtlinie Stahlbau, Mitteilungen Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin 1996
- /6/ Beuth-Kommentare, Stahlbau, Erläuterungen zu DIN 18800, Teil 1-4, Beuth Verlag, Berlin, 3. Auflage 1998
- /7/ DIN V ENV 1993-6, Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 6 Kranbahnen, Februar 2001
- /8/ Berg, Dietrich von: Krane und Kranbahnen, Berechnung, Konstruktion, Ausführung, Teubner Verlag, Stuttgart, 2. Auflage 1989
- /9/ Bitzner, H. A.: Entwurf und Berechnung von Kranbahnen nach DIN 4132, Merkblatt 154 der Beratungsstelle für Stahlanwendung, Düsseldorf, 1985
- /10/ Hannover, H. D.: Fahrverhalten von Kranen, Ein ABC der Spurführungsmechanik, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1974
- /11/ Kindmann, R. / Frickel, J.: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002
- /12/ Klöppel K. / Scheer, J.: Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1960
- /13/ Krüger, U.: Stahlbau, Teil 2, Kapitel Kranbahnen, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 3. Auflage 2004
- /14/ Kuhlmann, U. / Dürr, A. / Günther, H. P.: Kranbahnen und Betriebsfestigkeit, Stahlbaukalender 2003, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2003
- /15/ Osterrieder P. / Richter, S.: Kranbahnträger aus Walzprofilen, Nachweise und Bemessungsdiagramme, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 1999
- /16/ Petersen, Ch.: Statik und Stabilität von Baukonstruktionen, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2., durchgesehene Auflage 1982
- /17/ Petersen, Ch.: Stahlbau, Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage 1993
- /18/ Protte, W.: Zum Scheiben- und Beulproblem längsversteifter Stegblechfelder bei örtlicher Lasteinleitung, Der Stahlbau 45, 1976
- /19/ Roik, K. / Carl, J. / Lindner, J.: Biegetorsionsprobleme gerader, dünnwandiger Stäbe, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1972
- /20/ Seeßelberg, Ch.: Kranbahnen, Bemessung und konstruktive Gestaltung, Bauwerk Verlag, Berlin 2005
- /21/ Staller, A.: Zur Beanspruchung stabilisierender Verbände im Stahlbau, Der Stahlbau 2/1979, S. 45 - 50
- /22/ Thiele, A. / Lohse, W.: Stahlbau, Teil 2, Kapitel Kranbahnen, Teubner Verlag, Stuttgart, 19. Auflage 2000
- /23/ Wendehorst: Bautechnische Zahlentafeln, Abschnitt Stahlbau/Kranbahnen, Teubner Verlag, Stuttgart, 31. Auflage 2005

8 Index

Abkürzungen 2
Auflagerkräfte 26
Ausnutzungsgrad 31
Ausrundungsradius 22
Aussteifungsträger 11
Bauteil erzeugen 7
Beanspruchungsgruppe 14, 32
Belastung 16
Berechnung 25
Betriebsfestigkeitsnachweis 26, 32
Beulnachweis 26
Beulsicherheit 14
Beulsicherheitsnachweis 33
Biegedrillknicknachweis 26
blank 2
Buttons 2
Cursor 2
Druckdokument 29
Einwirkung 2
e-Mail 6
Extremalbildungsvorschrift 2
Fachwerkverband 11
Fahrtrichtung 18
Fangerechteck 2
Gabellagerung 13
Gurttorsionsmoment 22
Hilfe 28
Horizontallasten 18
Hubklasse 13
Imperfektion 17
Installation 5
Kerbfall 32
Kerbfalleinordnung 32
Kontextsensitivität 6
Kranklassifizierung 19
Kranschiene 9
Lagergröße, extreme 30
Lagerknoten 30
Lagerung 12
Längsspannung 31
Lastbild 2
Lastfall 2
Lastgrafik 24
Lastkollektiv 2
Materialsicherheitsbeiwert 17
Nachweise 26
Obergurtfesthaltung 10
Ordner 7
Profildatei 10
Puffer 17, 30
Querschnitt parametrisierter 10
Querschnittsgeometrie 9
Quersteifenabstand 22
Radlasteinleitung 21
Radlasten 19
Schräglaufrkraft 23
Schreibtisch 6
Schreibtischauswahl 5
Schrittweite 17
Schubmittelpunkt 13
Schubspannung 31, 32
Schwingbeiwert 30
Sonderlaststellung 24
Spannungsnachweis 26
speichern 34
St. Venant 13
Startsymbol 5
Steuerbutton 6
Torsion 13
Trägerbeschreibung 9
Vergleichspannung 31
Vorkrümmung 17
Voutung 10
Wölbbehinderung 13
Wölbkrafttorsion 13
Wölbmoment 13