



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-STAHL

Kranbahnträger

Oktober 2008

4H-STAHL

Kranbahnträger

Copyright 2005-2008

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

##-STAHL, Kranbahnträger, berechnet einen über maximal neun Felder durchlaufenden Kranbahnträger mit einem Kran. Der Kran kann bis zu neun Achsen aufweisen.

Der Träger besteht aus einem Doppel-T-Querschnitt, der als Standardprofil der Profildatei entnommen oder durch Vorgabe der Geometrie frei beschrieben werden kann.

Die Berechnung erfolgt nach DIN 18800 und DIN 4132 unter Berücksichtigung der Wölbkraft-torsion.

Der Spannungsnachweis, der Betriebsfestigkeitsnachweis, der Nachweis gegen Biegedrillknicken (Berechnung nach Theorie II. Ordnung) und der Beulnachweis werden 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 ##-STAHL 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 ##-STAHL-Dokumentation gehört neben diesem Handbuch das Manual
DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ##-STAHL.

Hannover, im Januar 2005

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

Fangrechteck Ein Fangrechteck 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	Bauteil erzeugen	7
3	Eingabeoberfläche	9
3.1	Festlegung der Kranbahnträgergeometrie	10
3.1.1	Lagerungsbedingungen	10
3.1.2	Feldlängen	10
3.1.3	Vorkrümmung	11
3.1.4	Wölbbehinderung	11
3.1.5	Beulsicherheitsnachweis	12
3.1.6	Trägerquerschnitt	12
3.1.7	Schiene	13
3.2	Auswahl der Stahlgüte	13
3.3	Festlegung der Belastung	14
3.3.1	System und Belastung	14
3.3.2	Achsen	14
3.3.3	Fahrbereich	15
3.3.4	Radlasten	15
3.3.5	Fahrtrichtung	15
3.3.6	Schräglaukraft und Horizontallasten	15
3.3.7	Hubklasse	16
3.3.8	Beanspruchungsgruppe	16
3.4	Berechnung	16
4	Online-Hilfe	18
5	Erstellung des Druckdokumentes	18
5.1	Drucklistenvorschau	19
5.2	Druckfragment Systembeschreibung	20
5.3	Druckfragment Auflagergrößen	21
5.4	Druckfragment Spannungsnachweise	22
5.5	Druckfragment Betriebsfestigkeitsnachweise	22
5.6	Druckfragment Beulnachweise	23
5.7	Druckfragment Grafiken	24
5.8	Ende der Sitzung	24
6	Stichwortartige Erläuterungen	25
6.1	Durchführung der Berechnung	25
6.2	Berechnung nach Theorie II. Ordnung	25
6.2.1	Schräglaukraft und Horizontallasten	25
6.3	Radlasteinleitung	27
6.3.1	Zentrische Radlasteinleitung (B1-B3)	27
6.3.2	Exzentrische Radlasteinleitung (B4-B6)	27
6.4	Schnittgrößenberechnung	28
6.5	Nachweise	28
6.6	Spannungsnachweise	29
6.6.1	Schubspannungen	29
6.6.2	Längsspannungen	29
6.6.3	Vergleichsspannungen	29
6.6.4	Radlasteinleitungsbereich	29
6.7	Sicherheitsbeiwerte	30
6.7.1	Lastkombination H	30
6.7.2	Lastkombination HZ	30
6.8	Betriebsfestigkeitsnachweise	30
6.9	Kerbfälle	31

6.10	Beulsicherheitsnachweise	31
6.11	Puffer	33
7	Literaturverzeichnis	34
8	Index	34

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

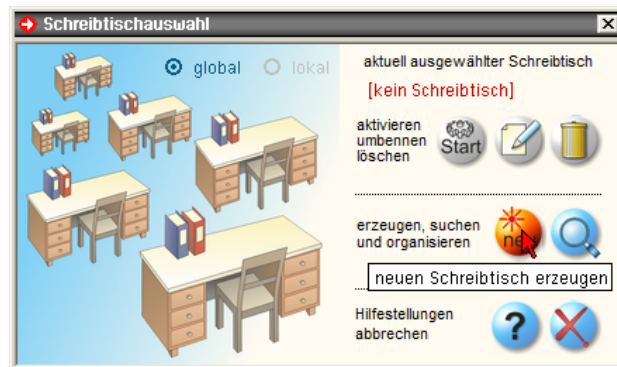
Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-STAHL* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

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

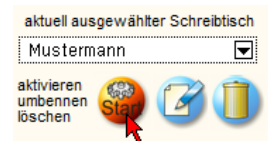
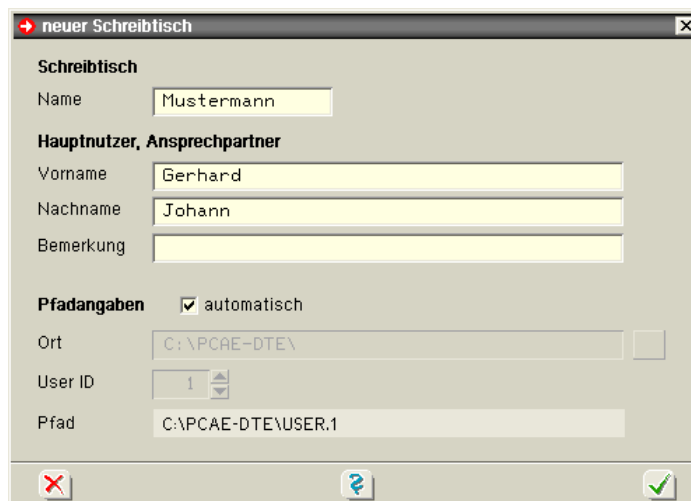


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

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.

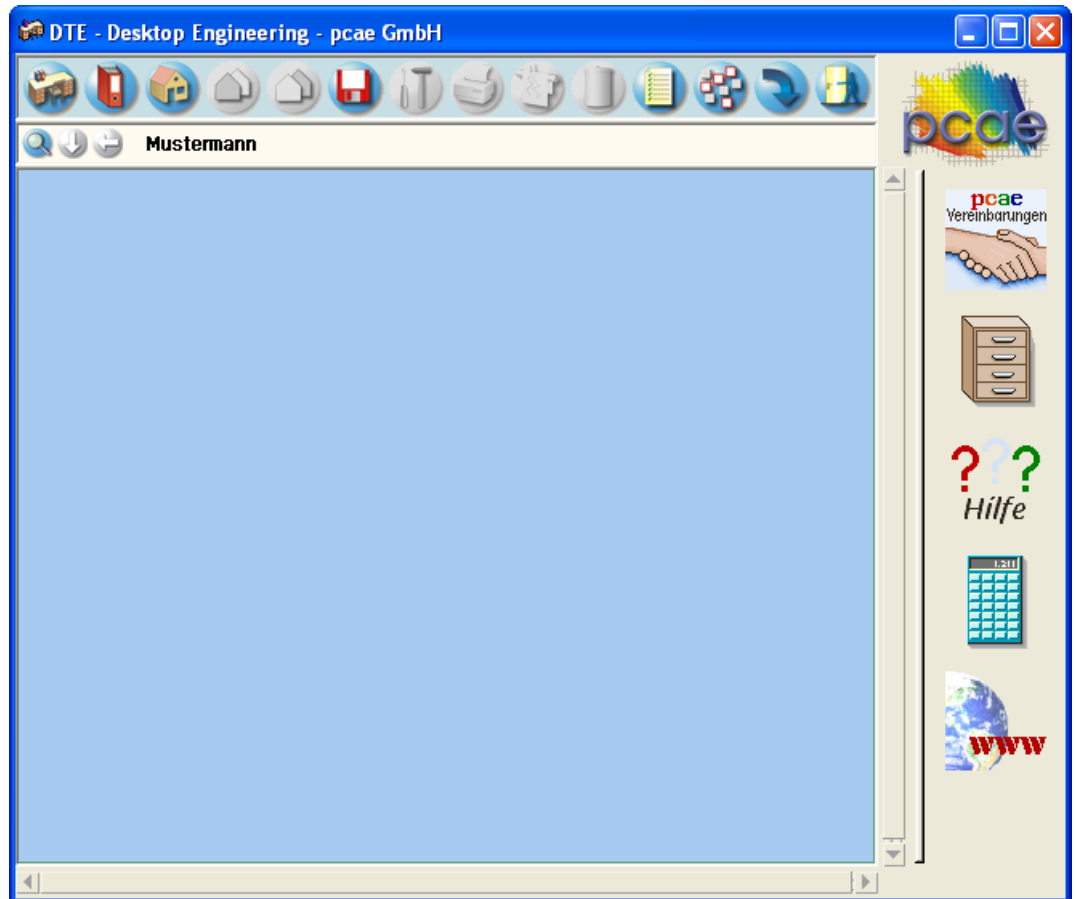


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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.

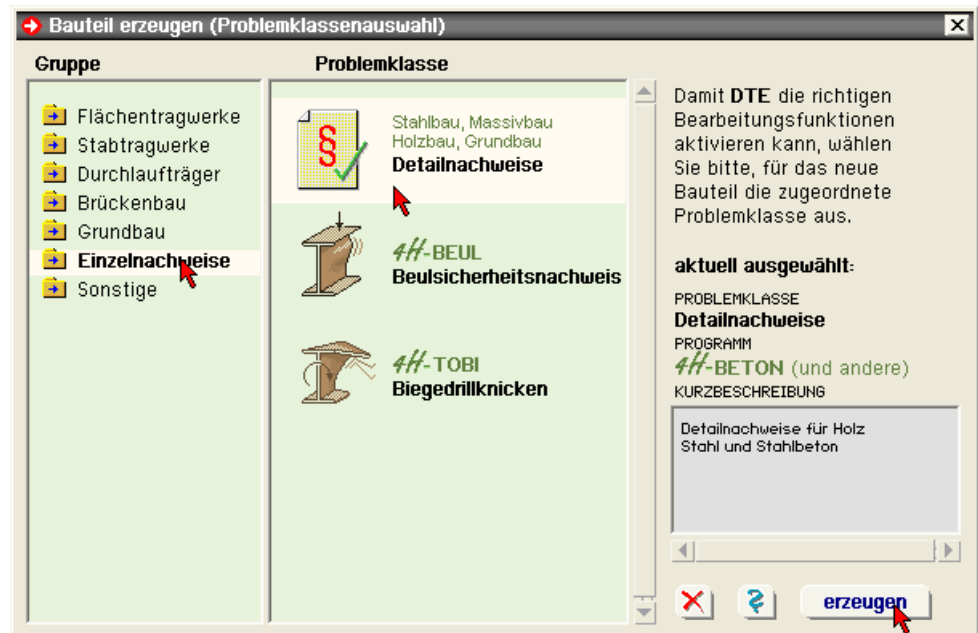
- | | |
|---|---|
|  | Die Buttons bewirken im Einzelnen |
|  | öffnet die Schreibtischauswahl |
|  | legt einen neuen Projektordner an |
|  | erzeugt ein neues Bauteil |
|  | kopiert das aktivierte Bauteil |
|  | fügt die Bauteilkopie ein |
|  | lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der e-Mail-Dienst . |
|  | 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 |

Bauteil erzeugen



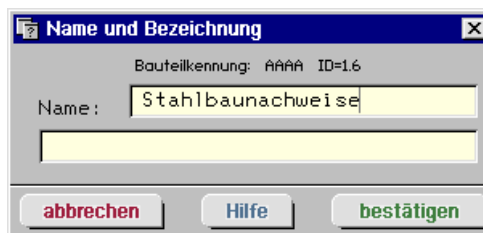
Das Programm *##-STAHL*, Kranbahnträger, befindet sich unter der Problemklasse "Detailnachweise". Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt.

Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt mit der LMT auf den Ordner **Einzelnachweise**, dann auf **Detailnachweise** und auf **erzeugen**.



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 "Detailnachweise" durch einen sinnvollen Text zur Identifikation. Nach Bestätigung ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet.

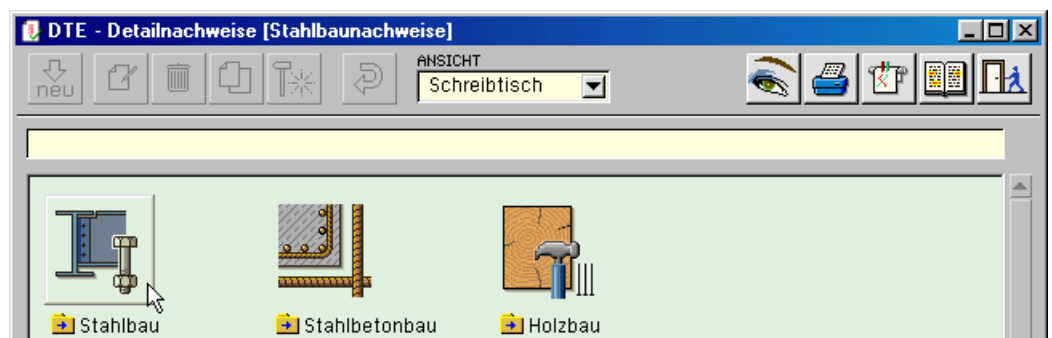


Klicken Sie das Bauteil nun mit der LMT doppelt an (Doppelklick).

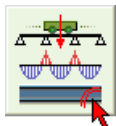
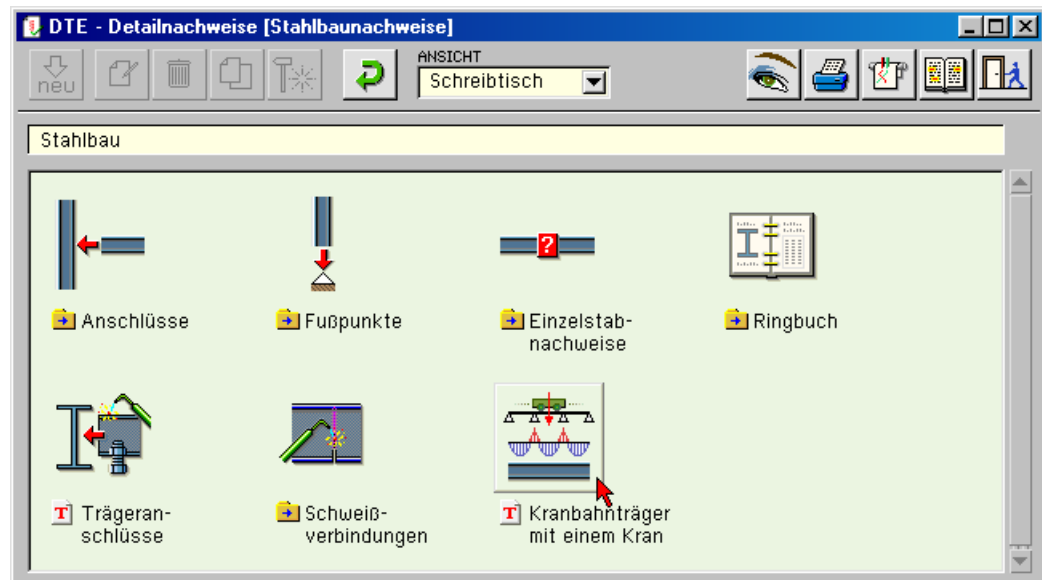
Klicken Sie bitte in den nachfolgend dargestellten Übersichten das jeweils gekennzeichnete Icon mit der LMT an.

Übersicht

Detailnachweise



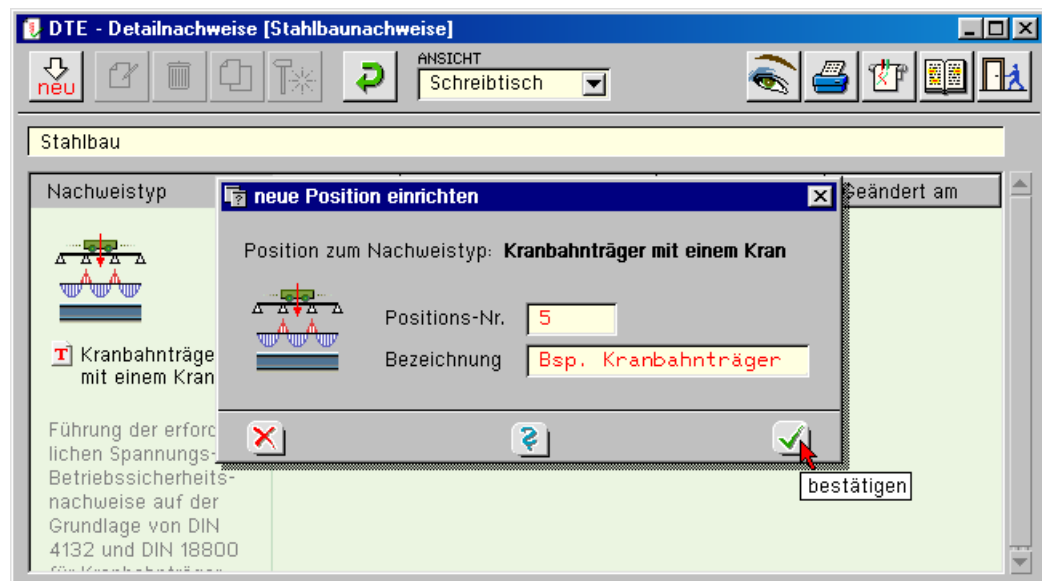
Kranbahnträger



Klicken Sie im folgenden Übersichtsblatt den Nachweistyp mit der LMT doppelt an.

Im Eigenschaftsblatt *neue Position einrichten* kann der Position eine beliebige Nummer und ein kennzeichnender Text zugewiesen werden.

neue Position



Zur übergeordneten Interaktion s. Handbuch DTE® x.x *Die Verwaltung der Detailnachweise* im Kapitel *Handbücher* auf der CD.

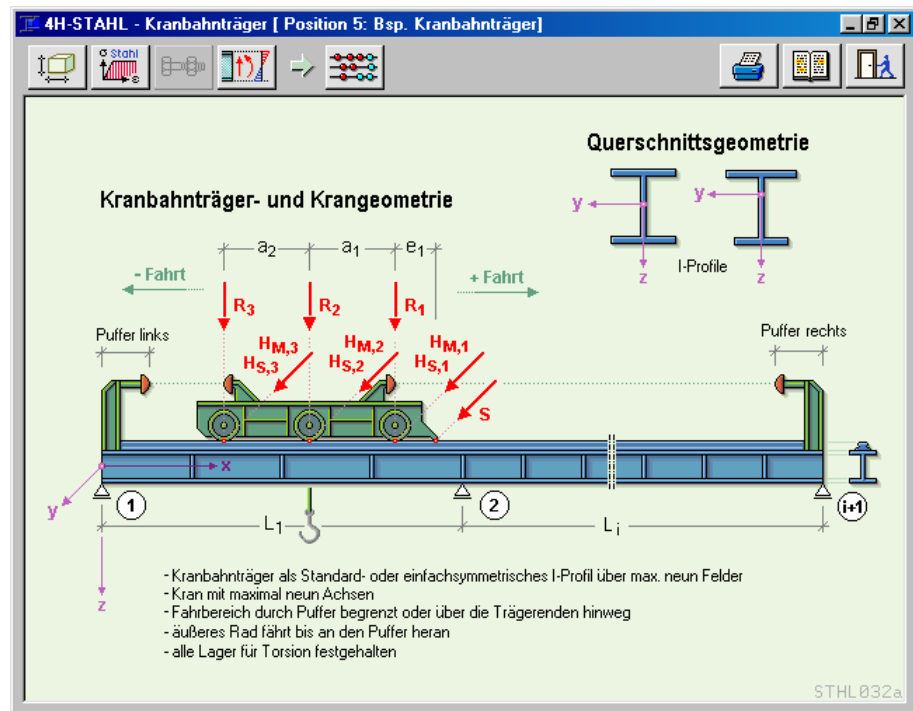


Im rechten Bereich erscheint die neue Position in einem Verzeichnis. Klicken Sie hier bitte doppelt auf den neuen Schriftzug. Daraufhin erscheint die Eingabeoberfläche des Nachweistyps *Kranbahnträger*.

Eingabeoberfläche

Nach Aufruf der Position erscheint die Eingabeoberfläche des Nachweistyps *Kranbahnträger* auf dem Bildschirm.

Die Programmsteuerung erfolgt über Buttons, die im Kopfbereich des Fensters angeordnet sind. Abgedunkelte Buttons besitzen im vorliegenden Programm keine Funktion.



Die Buttonfunktionalitäten werden auf den folgenden Seiten detailliert erläutert.



Beschreibung der Kranbahnträgergeometrie über Feldlängen, Lagerungsbedingungen und Querschnitt (S. 10)



Material auswählen (S. 13)



Beschreibung der Belastung (S. 14)



Berechnung durchführen, Ergebnisse einsehen (S. 16)



Ergebnisse drucken (S. 18)



Aufruf der zugehörigen Online-Hilfe



Ende der Bearbeitung (S. 24)

3.1

Festlegung der Kranbahnträgergeometrie



Der Kranbahnträger kann über maximal neun Felder durchlaufen.

Der Träger wird gem. Bild unter 3.3.1, S. 14, von links nach rechts beschrieben. Feld 1 liegt demnach ganz links und jedes folgende Feld schließt rechts an.

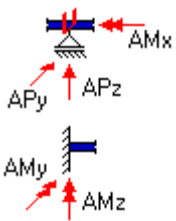
Ferner werden in diesem Eigenschaftsblatt Angaben zu

- Wölbbehinderung, S. 13
- Beulnachweis, S. 14
- Querschnitt des Trägers, S. 15
- Schiene, S. 17
- Vorkrümmung, S. 11

erwartet.

3.1.1

Lagerungsbedingungen



Alle Lager sind für die Kräfte senkrecht zur Stabachse horizontal und vertikal gefesselt. Torsion wird gleichfalls in jedem Lager aufgenommen (**Gabellagerung**).

Bei Einspannungen an den Systemenden werden zudem beide Biegemomente gefesselt.

Für die **Systemenden** können drei Lagerungsformen angegeben werden. Der Trägeranfang entspricht der linken Seite, das Trägerende der rechten Seite.



3.1.2

Feldlängen

Wegen der Annahme von Schneidenlagerungen entsprechen die Stützweiten L_i den Feldlängen.



Tabellenfunktionen Wenn sich der Mauscursor durch Anklicken einer Zeile in einer Tabelle befindet, können Tabellenfunktionen durch Anklicken der RMT aufgerufen werden. Hierüber lassen sich z. B. überzählige **Tabellenzeilen löschen**.



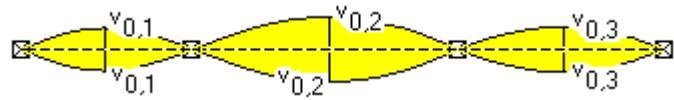
3.1.3

Vorkrümmung

Die Schnittgrößenberechnung erfolgt nach Theorie II. Ord. (s. S. 36). Dadurch ist keine gesonderte Betrachtung für den **Stabilitätsnachweis** gegen **Biegedrillknicken** erforderlich.

Die Änderung der Schnittgrößen entsteht aufgrund von Lastexzentrizitäten, die sich zum einen aus Horizontallasten einstellen. Weiterhin ist nach DIN 18800 eine Vorkrümmung als geometrische Ersatzimperfektion anzusetzen.

$$v_{0,i} = \sin\left(\pi \cdot \frac{x}{l_i}\right) \cdot \frac{l_i}{2 \cdot v_0}$$



Die Vorkrümmung wird sinusförmig für jedes Feld gemäß der jeweiligen Feldlänge ermittelt. Nach DIN 18800, T. 2 (202), genügt für den Biegedrillknicknachweis der Ansatz einer Vorkrümmung mit dem Stich $0.5 \cdot v_0$ nach Tab. 3.

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

3.1.4

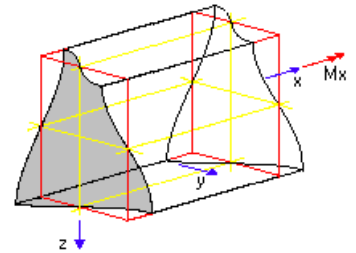
Wölbbehinderung

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.

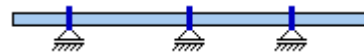
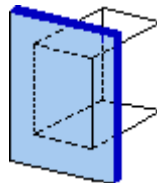
Bei der Wölbkrafttorsion können sich die Querschnitte nicht ungehindert verwölben und es treten zusätzliche Normalspannungen σ_x auf. Die Biegesteifigkeit EI_z des Trägers wird in Anspruch genommen, um einen Teil des Torsionsmomentes M_x aufzunehmen.



Doppel-T-Profile sind nicht wölbfreie Querschnitte. Die zusätzlichen Beanspruchungen der Querschnitte werden durch Berücksichtigung der Anteile aus Wölbkrafttorsion erfasst. An den Auflagern wird eine **Gabellagerung** vorausgesetzt, durch die die Aufnahme der Torsionsmomente bei gleichzeitiger freier Verwölbung der Endquerschnitte gewährleistet wird. Hierdurch baut sich zwischen den Lagern ein **Wölbmoment** M_ω auf, das zu den Lagern hin auf Null geht.



Eine **Wölbbehinderung** kann für alle Lagerpunkte gemeinsam definiert werden.



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



3.1.5

Beulsicherheitsnachweis

Für den Beulsicherheitsnachweis kann jedes Feld für sich gleichmäßig in Beulfelder geteilt werden.



Dadurch ergeben sich je Feld $n(\text{Feld})$ -Einzelfelder. Die Beulfelder sind demnach nicht ausgesteift.

Zum formelmäßigen Zusammenhang des Beulsicherheitsnachweises s. S. 31.

3.1.6

Trägerquerschnitt

Der Trägerquerschnitt ist konstant über die gesamte Kranbahnträgerlänge. Es sind ausschließlich einfach- und doppelsymmetrische I-Querschnitte zugelassen.

Die Profile können der mitgelieferten Profildatei entnommen oder durch Angabe der Abmessungen parametrisiert angegeben werden.

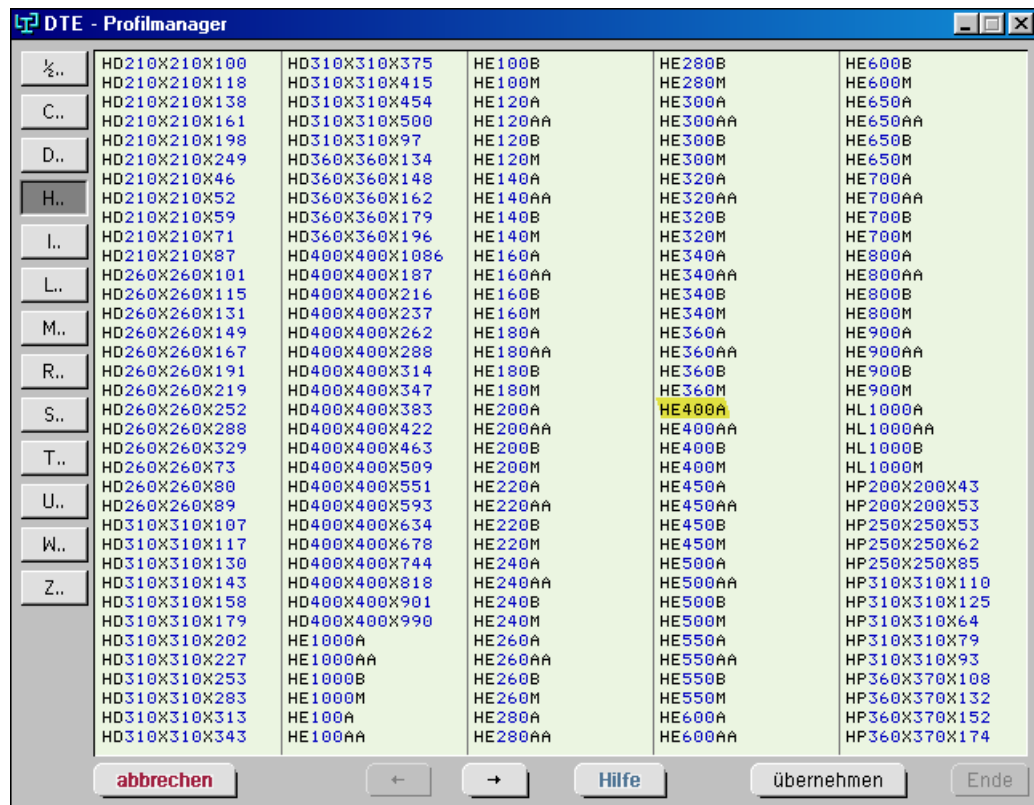
Profildatei



Durch Anklicken der nebenstehenden Buttons wird der Profilmanager aktiviert. Ein Profilname kann markiert und in das Eingabefeld übernommen werden.

Durch Doppelklick auf den Namen werden die zugehörigen Querschnittswerte auf dem Bildschirm angezeigt.

Zugelassen sind Doppel-T-Querschnitte der H-, I-, D- und W-Serien.



Die Bezeichnung des Querschnitts kann auch direkt in das Eingabefeld getragen werden.



Parametrisierte Querschnittseingabe Über den dargestellten Button wird die Geometrieeingabe zur zahlenmäßigen Angabe der Abmessungen zugänglich.



3.1.7

Schiene

Als Schienenprofil kann zwischen den Formen Flachstahl, F und A gewählt werden. Die Flachstahlschiene wird über ihre Abmessungen, die Formen A und F über Auswahllisten definiert.

Die Form der Schiene wird lediglich zur Bestimmung des **exzentrischen Lastangriffs** der Kranlasten und bei der Ermittlung der **Radlasteinleitung** berücksichtigt.



Bei der Berechnung der Querschnittswerte bleibt die Schiene unberücksichtigt!

Kranschienen

Die Torsionsträgheitsmomente der Schienen Form A sind DIN 536, Teil 1, Ausg. Sept. 1991, entnommen.

Die Torsionsträgheitsmomente der Flachstahlschienen und der Schienen Form F werden nach folgender Formel ermittelt, wobei für h die geringere Abmessung einzusetzen ist:

$$I_T = \frac{1}{3} \cdot b \cdot h^3$$

Kurzzeichen	Kopfbreite	Fußbreite	Höhe	Torsionsträgheitsmoment
-	mm	mm	mm	cm ⁴
Form A (mit Fußflansch)				
A 45	45	125	55	39
A 55	55	150	65	88
A 65	65	175	75	173
A 75	75	200	85	311
A 100	100	200	95	666
A 120	120	220	105	1302
Form F (flach)				
F 100	100	100	80	1706
F 120	120	120	80	2048

3.2

Auswahl der Stahlgüte



Material auswählen

In einer Auswahlbox kann eine der gängigen Stahlsorten ST37-2, USt37-2, RSt37-2, St37-3 und St52-3 für den Kranbahnträger ausgewählt werden.

3.3

Festlegung der Belastung



Kranlasten

Kran mit **2** Achsen

Achsabstand **1.60** Beanspruchungsgruppe **B3** Hubklasse **H2** Schwingbeiwert **1.20**

☒ Puffer links **0.10** m ☒ Puffer rechts **0.10** m

Ständige Last g **1.50** kN/m

Fahrt: links nach rechts **1 → r** **Fahrt: rechts nach links** **1 ← r**

Schräglaukraft S **12.00** kN Achse **1** Abstand e **0.20** m

Radlasten in kN: min R **10.00**, max R **75.00** Horizontallasten in kN: H_M **3.00**, H_S **-5.50**

Fahrt: rechts nach links **1 ← r** **Fahrt: links nach rechts** **1 → r**

Schräglaukraft S **12.00** kN Achse **1** Abstand e **0.20** m

Radlasten in kN: min R **10.00**, max R **75.00** Horizontallasten in kN: H_M **3.00**, H_S **-5.50**

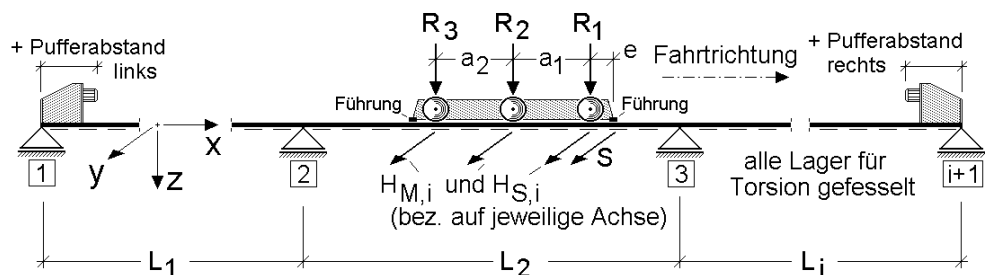
Die Eingabe der Belastung umfasst die ständige Last g des Kranbahnträgers als Linienlast in kN/m und die Beschreibung des Krans:

- Anzahl der Achsen und deren Abstände zueinander
- Hubklasse H1 bis H4
- Beanspruchungsgruppe B1 bis B6
- Schwingbeiwert
- Fahrbereich des Krans durch Angabe der Pufferabstände
- Schräglaukraft S
- Radlasten der einzelnen Achsen
- ggf. Radlasten für Gegenfahrtrichtung

3.3.1

System und Belastung

Das gesamte Kransystem besteht aus der Kranbrücke und den beiden Kranbahnträgern. Bei der Berechnung mit **44-STAHL**, Kranbahnträger, wird **ein** Kranbahnträger betrachtet. Hierbei ist es unerheblich, ob der linke oder rechte Träger gewählt wird.



3.3.2

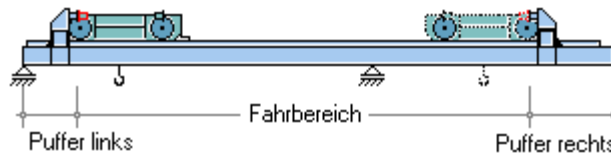
Achsen

Das System wird über die Feldlängen von links nach rechts beschrieben (s. 3.3.1). Gleiches gilt für die Lasten. Die Festlegung der Achsen erfolgt dergestalt, dass Achse 1 als vorderste Last von links nach rechts über das Tragwerk fährt. Die weiteren Achsen schließen nach links an. Die Achsabstände gelten für die Achsen untereinander. Achsabstand 1 ist demnach der Abstand zwischen Achse 1 und 2.

3.3.3

Fahrbereich

Der Fahrbereich des Krans kann nach links und/oder rechts durch **Puffer** (S. 33) begrenzt werden. Die Pufferabstände werden vom linken bzw. rechten Systemende gemessen.



Die vorderste Radlast kann bis direkt an den rechten und die hinterste Radlast an den linken Puffer heranfahren.

Wenn die Puffer deaktiviert sind, kann der Kran nach einer oder beiden Seiten über die Systemenden hinausfahren; der Kranbahnträger ist dann bzgl. der Kranlasten unbelastet.

3.3.4

Radlasten

Die vertikalen Radlasten werden mit einem minimalen und einem maximalen Wert je Achse angegeben. Die Zeilennummerierung entspricht dabei der Achsennummerierung.

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

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

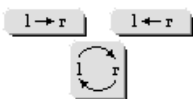
Minimale Radlasten sind für die größten Beanspruchungen des Tragwerkes nicht relevant. Sie werden vom Programm ausschließlich zur Ermittlung der minimalen **Lagergrößen** benötigt, wenn der Kran durch Angabe von Puffern nicht über das Ende des Tragwerks hinausfahren kann.

3.3.5

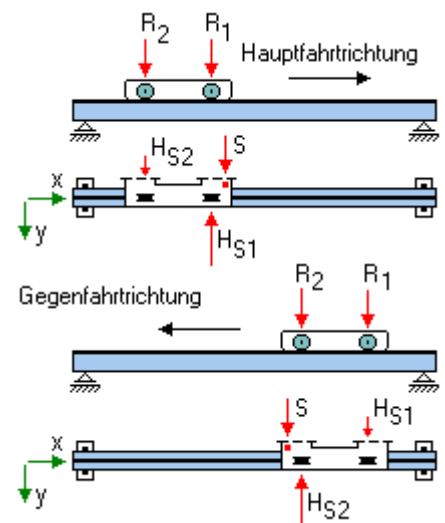
Fahrtrichtung

Die Hauptfahrtrichtung des Krans, in der die Lasten zu beschreiben sind, weist von links nach rechts.

Die Gegenfahrtrichtung von rechts nach links kann zusätzlich untersucht werden. Hierfür werden die evtl. veränderten Lastgeometrien gesondert angegeben. Die Lastbeschreibungsfom ändert sich hierbei nicht. Achse 1 bleibt die am weitesten rechts stehende Achse.



Mit den Buttons in der Mitte zwischen den Lastbildern können die Lasten kopiert und vertauscht werden.



3.3.6

Schräglaukraft und Horizontallasten

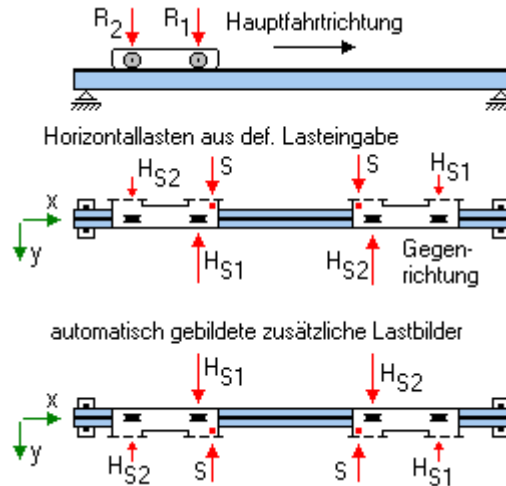
Die Schräglaukraft aus einem Führungselement wird einer Achse zugewiesen. Sofern die Kraft nicht direkt im Achsenaufstandspunkt wirkt, kann zusätzlich ein Abstand bzgl. der gewählten Achse angegeben werden.

Die übrigen Horizontallasten aus **Massenkräften** (H_{Mi}) und Schräglau (H_{Si}) werden unter den achsbezogenen Lasten eingegeben. Alle spezifizierten Horizontallasten werden gleichzeitig angesetzt.

Alle auftretenden Horizontallasten sind vom Benutzer anzugeben. Eine Ermittlung durch das Programm erfolgt nicht.

Nach DIN 4132 kann das gleichzeitige Auftreten von H_M und H_S durch einen 10%-igen Aufschlag auf H_S berücksichtigt werden. Diese Alternative ist vom Benutzer bereits unter der Lasteingabe zu wählen. Eine alternative Untersuchung durch das Programm findet nicht statt.

Alle Horizontallasten sind vorzeichenrichtig einzugeben. Positive Lasten wirken in positiver y-Richtung (s. 3.3.1). Dies entspricht einer Wirkung aus dem Monitor heraus.



Weitere Erläuterungen zu den Lasten aus Schräglauf s. S. 25.

3.3.7 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.

3.3.8 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 Nennt Tragfähigkeit beansprucht wird.

In DIN 4132, Abs. 6.3, sind die zulässigen Spannungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis in Abhängigkeit von der Stahlsorte zusammengestellt. Die Tab. 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. 27) am Obergurt zu führen.

3.4 Berechnung



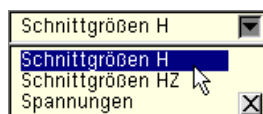
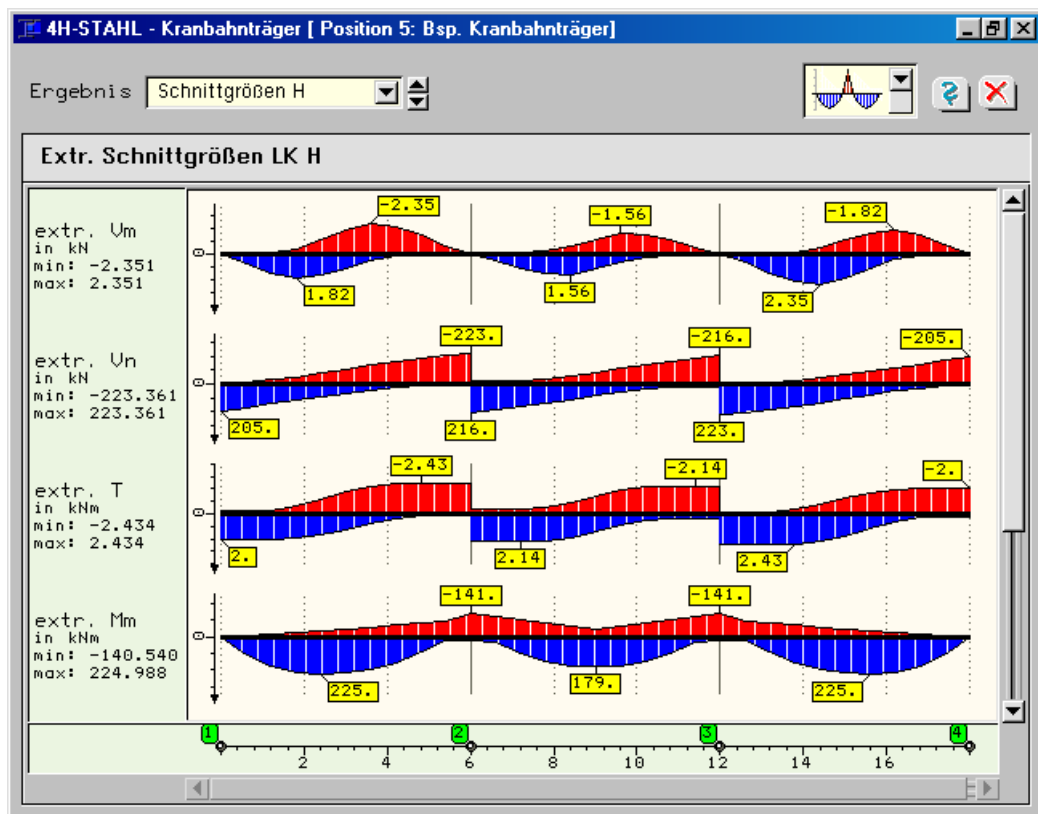
Berechnung durchführen
Ergebnisse einsehen

Über den nebenstehenden Button wird die Berechnung des Kranbahnträgers angeregt.

Während der Laufzeit des Programms erscheinen Angaben über die ausgewerteten Laststellungen bzgl. der Ermittlung der Auflagergrößen, der Spannungen und des Betriebsfestigkeitsnachweises.



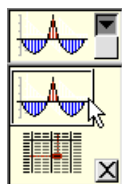
Monitorprotokoll Nach der Berechnung können die Ergebnisse am Bildschirm in tabellarischer Form oder als Liniengrafiken durch Anklicken des entsprechenden Buttons eingesehen werden.



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



4H-STAHL - Kranbahnträger [Position 5: Bsp. Kranbahnträger]

Ergebnis: **Tabellen**

Feld 2:

Maximale Spannungen LF H und LF HZ 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
LK H σ_x	-10.50	-8.79	-7.24	-11.07	-13.43	-13.66	-13.43	-11.07	-7.24	-8.79
LK H τ_{xz}	8.27	8.00	7.44	6.56	5.40	4.09	-5.40	-6.56	-7.44	-8.00
LK H σ_y	16.46	15.16	14.45	13.68	14.07	14.01	14.07	13.68	14.45	15.16
LK HZ σ_x	12.54	10.18	8.19	-12.06	-15.73	-17.52	-16.88	-13.78	-8.95	9.98
LK HZ τ_{xz}	8.81	8.49	7.85	6.86	5.56	4.12	-5.46	-6.81	-7.89	-8.62
LK HZ σ_y	17.32	16.08	15.16	14.01	16.23	17.54	16.89	15.05	15.22	16.46

Max. Verformungen (LK H, yF -fach): $v_y = 0.00$ mm; $v_z = 9.71$ mm; $\delta_x = 14.44$ %

Max. Verformungen (LK HZ, yF -fach): $v_y = 2.08$ mm; $v_z = 8.75$ mm; $\delta_x = -24.94$ %

Betriebsfestigkeit: 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
min σ_u	1.00	1.15	3.89	-3.29	-2.58	-1.90	-2.58	-3.29	3.89	1.15
max σ_o	-5.62	-4.81	-4.03	5.89	6.98	7.12	6.98	5.89	-4.03	-4.81
σ_o	-0.18	-0.24	-0.97	-0.56	-0.37	-0.27	-0.37	-0.56	-0.97	-0.24
Kerbfall M0	24.00	24.00	20.47	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	20.47	24.00
Kerbfall M1	24.00	23.21	16.37	20.70	23.56	24.00	23.56	20.70	16.37	23.21
Kerbfall M2	23.98	20.32	14.33	18.12	20.63	22.30	20.63	18.12	14.33	20.32
Kerbfall K0	24.00	24.00	20.47	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	20.47	24.00
Kerbfall K1	24.00	24.00	20.47	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	20.47	24.00
Kerbfall K2	24.00	24.00	18.07	22.86	24.00	24.00	24.00	22.86	18.07	24.00
Kerbfall K3	21.61	18.31	12.91	16.33	18.59	20.09	18.59	16.33	12.91	18.31
Kerbfall K4	12.97	10.99	7.75	9.80	11.15	12.06	11.15	9.80	7.75	10.99
min τ_u	-0.49	-0.52	-0.55	-0.83	-1.41	2.03	1.41	0.83	0.55	0.52
max τ_o	5.07	4.54	3.95	3.32	2.67	-2.03	-2.67	-3.32	-3.95	-4.54
τ_o	-0.10	-0.12	-0.14	-0.25	-0.53	-1.00	-0.53	-0.25	-0.14	-0.12
τ Bauteil	13.86	13.86	13.86	13.86	13.86	11.65	13.86	13.86	13.86	13.86
τ Naht	16.97	16.97	16.97	16.97	16.97	14.27	16.97	16.97	16.97	16.97
max σ	5.62	4.81	4.03	5.89	6.98	7.12	6.98	5.89	4.03	4.81
max τ	5.07	4.54	3.95	3.32	2.67	2.03	2.67	3.32	3.95	4.54

Online-Hilfe



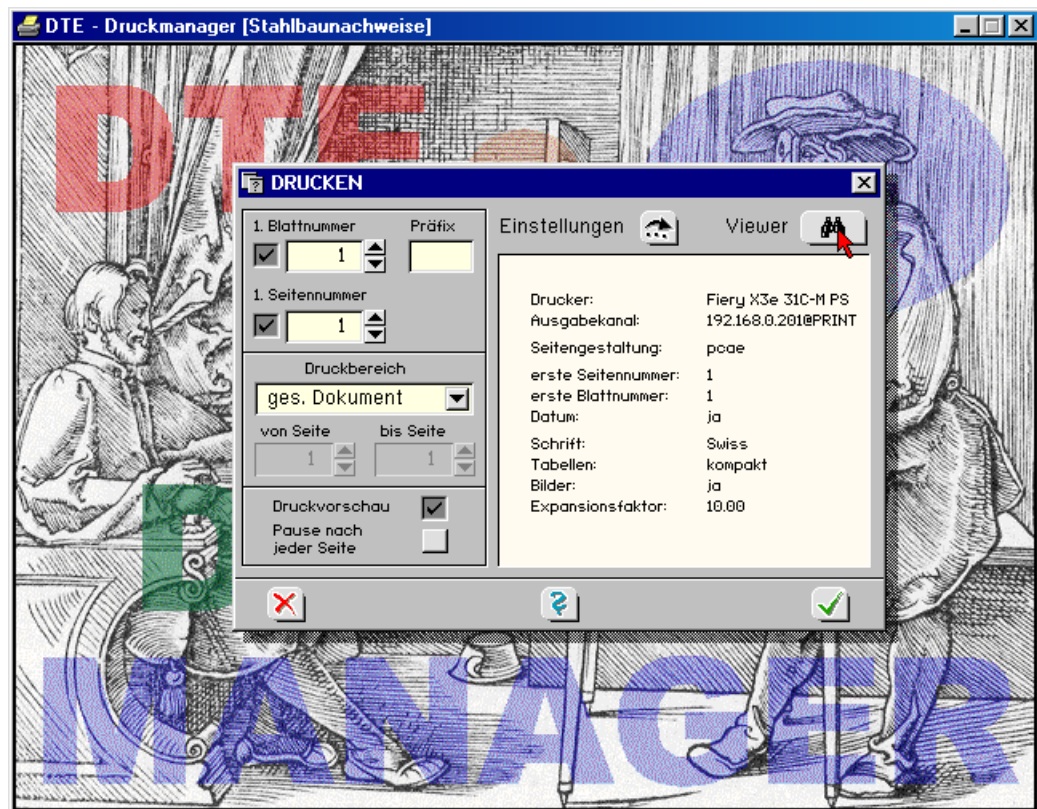
Der nebenstehend dargestellte Button ruft die Online-Hilfe zum Programm auf. Die in diesem Handbuch abgedruckten Informationen sind darüber - in anderem Satz - abrufbar.

Erstellung des Druckdokumentes



Über den nebenstehenden Button wird die Ausgabe des Druckdokumentes auf einen der angeschlossenen Drucker angestoßen.

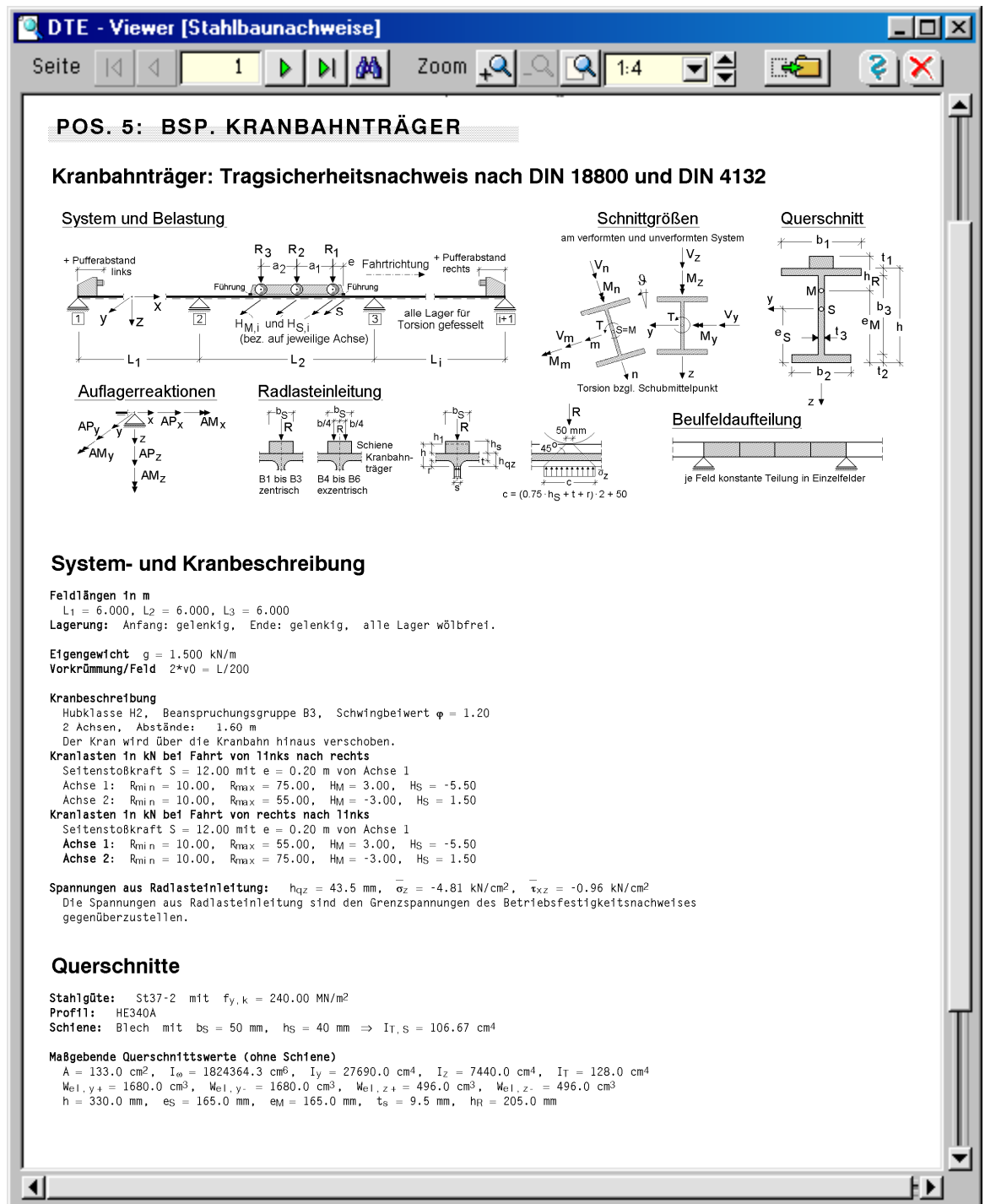
Nachdem das Windows-Menü *Drucker einrichten* mit **OK** bestätigt wurde, erscheint der DTE®-Druckmanager.



Die Erläuterungen zu den Einstellungsmöglichkeiten finden Sie im *DTE®-Handbuch* bzw. in dem Manual *Änderungen und Ergänzungen zum DTE®-Handbuch* auf der Installations-CD.



Letzteres enthält auch die Erklärungen zur **Drucklistenvorschau** über den **DTE®-Viewer**. Nach Anklicken des Buttons wird die Druckliste gescannt und die einzelnen Seiten zur Einsichtnahme dargestellt.

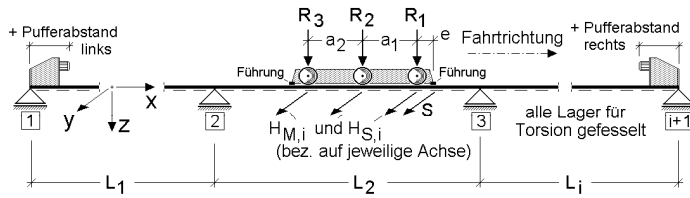


Druckfragment Systembeschreibung

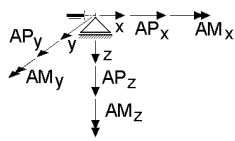
POS. 5: BSP. KRANBAHNTRÄGER

Kranbahnträger: Tragsicherheitsnachweis nach DIN 18800 und DIN 4132

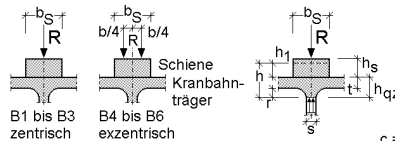
System und Belastung



Auflagerreaktionen

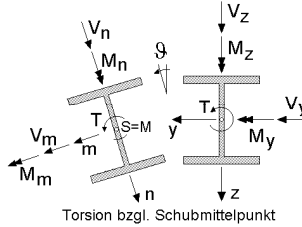


Radlasteinleitung

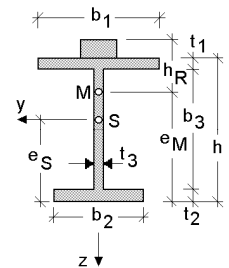


Schnittgrößen

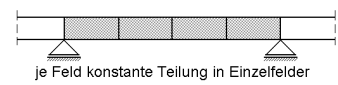
am verformten und unverformten System



Querschnitt



Beulfeldaufteilung



System- und Kranbeschreibung

Feldlängen in m

$$L_1 = 6.000, L_2 = 6.000, L_3 = 6.000$$

Lagerung: Anfang: gelenkig, Ende: gelenkig, alle Lager wölbfrei.

Eigengewicht $g = 1.500 \text{ kN/m}$

Vorkrümmung/Feld $2 \cdot v_0 = L/200$

Kranbeschreibung

Hubklasse H2, Beanspruchungsgruppe B3, Schwingbeiwert $\phi = 1.20$

2 Achsen, Abstände: 1.60 m

Der Kran wird über die Kranbahn hinaus verschoben.

Kranlasten in kN bei Fahrt von links nach rechts

Seitenstoßkraft $S = 12.00$ mit $e = 0.20$ m von Achse 1

Achse 1: $R_{\min} = 10.00$, $R_{\max} = 75.00$, $H_M = 3.00$, $H_S = -5.50$

Achse 2: $R_{\min} = 10.00$, $R_{\max} = 55.00$, $H_M = -3.00$, $H_S = 1.50$

Kranlasten in kN bei Fahrt von rechts nach links

Seitenstoßkraft $S = 12.00$ mit $e = 0.20$ m von Achse 1

Achse 1: $R_{\min} = 10.00$, $R_{\max} = 55.00$, $H_M = 3.00$, $H_S = -5.50$

Achse 2: $R_{min} = 10.00$, $R_{max} = 75.00$, $H_M = -3.00$, $H_S = 1.50$

Spannungen aus Radlasteinleitung: $h_{qz} = 43.5 \text{ mm}$, $\bar{\sigma}_z = -4.81 \text{ kN/cm}^2$, $\bar{\tau}_{xz} = -0.96 \text{ kN/cm}^2$

Die Spannungen aus Radlasteinleitung sind den Grenzspannungen des Betriebsfestigkeitsnachweises gegenüberzustellen.

Querschnitte

Stahlgüte: St37-2 mit $f_{y,k} = 240.00 \text{ MN/m}^2$

Prof11: HE340A

Schiene: Blech mit $b_S = 50 \text{ mm}$, $h_S = 40 \text{ mm} \Rightarrow I_{T,S} = 106.67 \text{ cm}^4$

Maßgebende Querschnittswerte (ohne Schiene)

$$A = 133.0 \text{ cm}^2, \quad I_{\omega} = 1824364.3 \text{ cm}^6, \quad I_y = 27690.0 \text{ cm}^4, \quad I_z = 7440.0 \text{ cm}^4, \quad I_T = 128.0 \text{ cm}^4$$
$$W_{el,y+} = 1680.0 \text{ cm}^3, \quad W_{el,y-} = 1680.0 \text{ cm}^3, \quad W_{el,z+} = 496.0 \text{ cm}^3, \quad W_{el,z-} = 496.0 \text{ cm}^3$$
$$h = 330.0 \text{ mm}, \quad e_S = 165.0 \text{ mm}, \quad e_M = 165.0 \text{ mm}, \quad t_S = 9.5 \text{ mm}, \quad h_R = 205.0 \text{ mm}$$

Extremale Auflagergrößen (ohne Sicherheitsbeiwerte)Lastkombinationen: ständig: g H: $\varphi \cdot p$ HZ: $\varphi \cdot p + S$

Bezeichnung	APy kN	APz kN	AMx kNm	AMy kNm	AMz kNm	Kranstellung x in m
Knoten 1:						
ständige Last	0.0	-3.6	0.0	0.0	0.0	----
H						
max APy	0.0	-90.0	0.0	0.0	0.0	0.00
min APy	0.0	-90.0	0.0	0.0	0.0	0.00
max APz	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	9.42
min APz	0.0	-133.4	0.0	0.0	0.0	1.62
max AMx	0.0	-90.0	0.0	0.0	0.0	0.00
min AMx	0.0	-90.0	0.0	0.0	0.0	0.00
HZ						
max APy	9.0	-90.0	1.9	0.0	0.0	0.00
min APy	-9.0	-90.0	-1.9	0.0	0.0	0.00
max APz	0.5	11.4	0.1	0.0	0.0	9.42
min APz	-5.3	-133.4	-1.1	0.0	0.0	1.62
max AMx	9.0	-90.0	1.9	0.0	0.0	0.00
min AMx	-9.0	-90.0	-1.9	0.0	0.0	0.00
Knoten 2:						
ständige Last	0.0	-9.9	0.0	0.0	0.0	----
H						
max APy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
min APy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
max APz	0.0	22.2	0.0	0.0	0.0	15.58
min APz	0.0	-152.3	0.0	0.0	0.0	6.20
max AMx	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
min AMx	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
HZ						
max APy	8.3	-144.7	1.7	0.0	0.0	5.22
min APy	-8.3	-144.7	-1.7	0.0	0.0	5.22
max APz	1.0	22.2	0.1	0.0	0.0	15.58
min APz	-7.7	-152.3	-1.6	0.0	0.0	6.20
max AMx	8.3	-146.8	1.7	0.0	0.0	5.38
min AMx	-8.3	-146.8	-1.7	0.0	0.0	5.38

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. Bei den Kranlasten wird die Stellung der vorderen Radlast R1 bezogen auf das linke Tragwerksende ausgewiesen.

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. 33) 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, der Kran kann den Träger nicht verlassen und es sind demnach mindestens die minimalen Radlasten auf dem Träger platziert.

5.4

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 Kolumne weist den im betrachteten Feld auftretenden maximalen **Ausnutzungsgrad** max U des Wertes aus.

Erläuterungen zu den Spannungsnachweisen s. S. 29.

Spannungs- und Betriebsfestigkeitsnachweise

LK H:	Lastkombinationen:	$g^*\gamma_{F,G} + \phi^*p^*\psi^*\gamma_{F,Q}$
	Spannungen:	$\gamma_{F,G} = 1.35, \psi^*\gamma_{F,Q} = 1.5, \gamma_M = 1.10$ $\sigma_{R,d} = 21.82 \text{ kN/cm}^2, \tau_{R,d} = 12.60 \text{ kN/cm}^2, \sigma_{v,R,d} = 24.00 \text{ kN/cm}^2$
	Betriebsfestigkeit:	$\gamma_{F,G} = \psi^*\gamma_{F,Q} = \gamma_M = 1.0$
LK HZ:	Lastkombinationen:	$g^*\gamma_{F,G} + (\phi^*p + S)^*\psi^*\gamma_{F,Q}$
	Spannungen:	$\gamma_{F,G} = 1.35, \psi^*\gamma_{F,Q} = 0.9 \cdot 1.5 = 1.35$ $\sigma_{R,d} = 21.82 \text{ kN/cm}^2, \tau_{R,d} = 12.60 \text{ kN/cm}^2, \sigma_{v,R,d} = 24.00 \text{ kN/cm}^2$

Feld 1:

Maximale Spannungen LF H und LF HZ 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 U
LK H σ_x	0.00	-7.12	-12.69	-16.21	-17.28	-16.63	-15.25	-11.67	-6.65	-7.01	-10.50	0.792 < 1
LK H τ_{xz}	7.83	7.28	6.55	5.60	4.47	-5.17	-6.48	-7.51	-8.18	-8.51	-8.61	0.684 < 1
LK H σ_v	14.97	14.22	14.27	16.80	17.70	17.09	16.05	15.18	15.57	16.01	17.71	0.738 < 1
LK HZ σ_x	0.00	-7.98	-14.10	-17.77	-20.34	-21.10	-18.94	-14.45	-8.60	7.94	12.54	0.967 < 1
LK HZ τ_{xz}	8.34	7.79	7.01	5.94	4.66	-5.16	-6.67	-7.91	-8.77	-9.24	-9.40	0.746 < 1
LK HZ σ_v	15.91	15.07	15.83	18.98	20.46	21.11	19.05	16.32	16.59	17.50	18.88	0.879 < 1

Max. Verformungen (LK H, γ_F -fach): $v_y = 0.00 \text{ mm}, v_z = 12.84 \text{ mm}, \vartheta_x = 18.61 \%$

Max. Verformungen (LK HZ, γ_F -fach): $v_y = -2.65 \text{ mm}, v_z = 11.59 \text{ mm}, \vartheta_x = 32.06 \%$

5.5

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: 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
min σ_u	0.00	-0.30	-0.62	-0.98	-1.38	-1.80	-2.26	-2.75	-3.27	1.05	1.00
max σ_o	0.00	4.20	7.03	8.58	8.96	8.66	7.90	6.19	3.71	-3.82	-5.62
κ_σ	1.00	-0.07	-0.09	-0.11	-0.15	-0.21	-0.29	-0.44	-0.88	-0.27	-0.18
Kerbfall W0	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	21.46	24.00	24.00
Kerbfall W1	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	22.35	17.17	22.75	24.00
Kerbfall W2	24.00	24.00	22.23	24.00	24.00	23.39	21.98	19.57	15.03	19.92	23.98
Kerbfall K0	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	21.46	24.00	24.00
Kerbfall K1	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	21.46	24.00	24.00
Kerbfall K2	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	18.95	24.00	24.00
Kerbfall K3	24.00	23.78	20.03	22.84	22.07	21.07	19.80	17.63	13.54	17.94	21.61
Kerbfall K4	24.00	14.27	12.02	13.71	13.25	12.65	11.88	10.58	8.13	10.77	12.97
min τ_u	-0.27	-0.31	-0.72	-1.22	-1.92	1.56	1.04	0.58	0.19	-0.03	-0.06
max τ_o	4.81	4.10	3.42	2.76	2.14	-2.58	-3.22	-3.81	-4.35	-4.83	-5.25
κ_τ	-0.06	-0.07	-0.21	-0.44	-0.90	-0.60	-0.32	-0.15	-0.04	0.01	0.01
τ_{Bauteil}	13.86	13.86	13.86	13.86	12.16	13.84	13.86	13.86	13.86	13.86	13.86
τ_{Naht}	16.97	16.97	16.97	16.97	14.89	16.96	16.97	16.97	16.97	16.97	16.97
max σ	0.00	4.20	7.03	8.58	8.96	8.66	7.90	6.19	3.71	3.82	5.62
max τ	4.81	4.10	3.42	2.76	2.14	2.58	3.22	3.81	4.35	4.83	5.25

Die Spannungen max σ/τ sind gemäß der Kerbfalleinordnung den zulässigen Spannungen gegenüberzustellen.

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. τ_{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.

Erläuterungen zum Betriebsfestigkeitsnachweis s. S. 30.

5.6

Druckfragment Beulnachweise

Entsprechend der im Eigenschaftsblatt *Systembeschreibung Kranbahnträger* (S. 10) feldweise gewählten Beulfeldeinteilung wird eine entsprechende Anzahl Beulnachweise durchgeführt.

Erläuterungen zum Beulnachweis s. S. 31.

Beulnachweise LK H (Druckspannungen positiv)

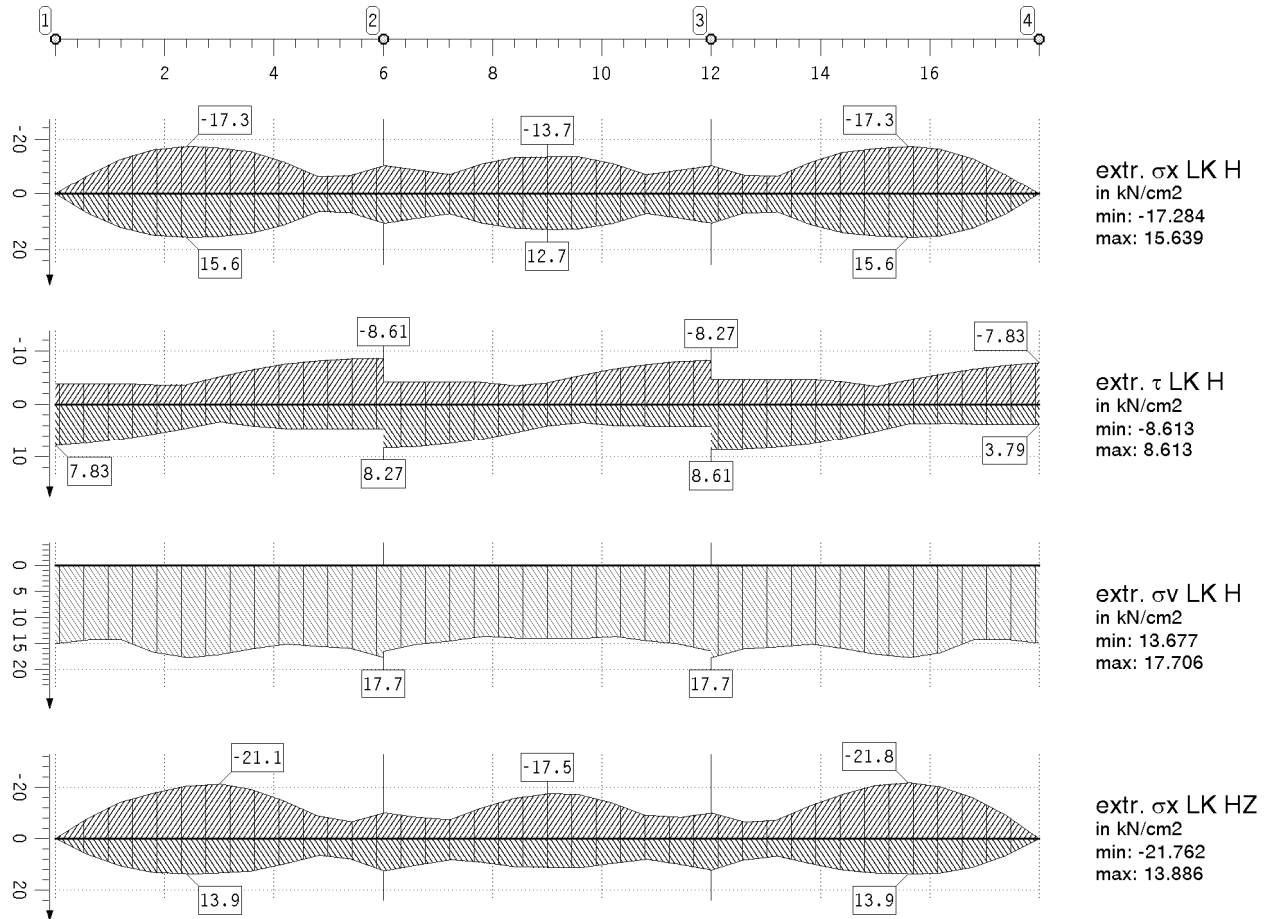
Feld 1, Teilfeld 1: $x_a = 0.00 \text{ m}$, $x_e = 0.60 \text{ m}$
 Beulfeldgeometrie: $a = 600 \text{ mm}$, $b = 297 \text{ mm}$, $t = 9.5 \text{ mm}$, $c = 197 \text{ mm}$
 Eulerspannung: $\sigma_e = 19.42 \text{ kN/cm}^2$, $\alpha = a/b = 2.02$
 Maßgebende Spannungen für Kranstellung $x = 1.62 \text{ m}$:
 $\sigma_o = 0.00 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_u = 0.00 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_z = 7.21 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 7.20 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \psi = -1.00$
 Beulwerte, Grenzbeulspannungen in kN/cm^2 und Abminderungsfaktoren κ :
 $k_{\sigma x} = 23.84 \Rightarrow \sigma_{x, Pi} = 462.95$, $k_{\sigma z} = 4.19 \Rightarrow \sigma_{z, Pi} = 81.36$, $k_{\tau} = 6.32 \Rightarrow \tau_{Pi} = 122.73$
 $\lambda_{P\sigma x} = 0.228 \Rightarrow \kappa_x = 1.000$, $\lambda_{P\sigma z} = 0.543 \Rightarrow \kappa_z = 1.000$, $\lambda_{P\tau} = 0.336 \Rightarrow \kappa_{\tau} = 1.000$
 Kein knickstabähnliches Verhalten, da $\rho = -95.30 < 0$
 $\sigma_{xP, R, d} = \kappa_x * 21.82 = 21.82$, $\sigma_{zP, R, d} = \kappa_z * 21.82 = 21.82$, $\tau_{P, R, d} = \kappa_{\tau} * 12.60 = 12.60$
 Ausnutzungen aus σ_x , σ_z und τ :
 $\sigma_x / \sigma_{xP, R, d} = 0.000 < 1$, $\sigma_z / \sigma_{zP, R, d} = 0.331 < 1$, $\tau / \tau_{P, R, d} = 0.571 < 1$
 Ausnutzung aus σ_x, σ_z, τ mit $e_1 = 2.00$, $e_2 = 2.00$, $e_3 = 2.00$:
 $(\sigma_x / \sigma_{xP, R, d})^{e_1} + (\sigma_z / \sigma_{zP, R, d})^{e_2} - V^* + (\tau / \tau_{P, R, d})^{e_3} = 0.000 + 0.109 - 0.000 + 0.326 = 0.436 < 1$

5.7

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



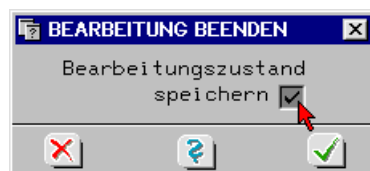
5.8

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. 8 beschrieben fortgesetzt werden.

6 Stichwortartige Erläuterungen

6.1 Durchführung der Berechnung

Die Berechnung erfolgt nach DIN 18800 und DIN 4132 und gliedert sich in den Tragsicherheits- und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

Zum **Tragsicherheitsnachweis** gehört der **Spannungsnachweis**, der nach dem Verfahren elastisch-elastisch geführt wird. Der **Biegedrillknicknachweis** wird über die Berechnung nach Elastizitätstheorie II. Ordnung geführt.

Der **Betriebsfestigkeitsnachweis** erfolgt nach DIN 4132.

Abschließend ist der **Beulsicherheitsnachweis** des Stegbleches zu führen.

Der Nachweis der **Gebrauchstauglichkeit** gliedert sich in den Nachweis der horizontalen und vertikalen **Durchbiegung** und die Ermittlung der niedrigsten **Eigenfrequenz** der Krananlage.

Vom Programm werden die extremalen Durchbiegungen aus den Lastkombinationen H und HZ ausgewiesen. Diese sind mit den zugehörigen Sicherheitsbeiwerten behaftet.

Eine Ermittlung der Eigenfrequenz kann nicht erbracht werden, da der Kranbahnträger ein Einzelbauteil der gesamten Krananlage darstellt.

Die Berechnung des Kranbahnträgers mit #- STAHL umfasst folgende Teilberechnungen:

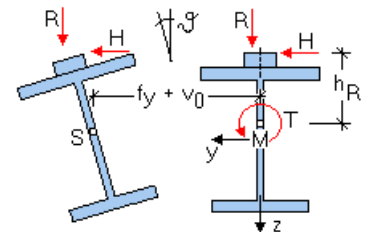
- Extremale Auflagergrößen, S. 21
- Schnittgrößenberechnung, S. 25
- Nachweise, S. 28
- Sicherheitsbeiwerte, S. 30
- Spannungsnachweise, S. 29
- Betriebsfestigkeitsnachweis, S. 30
- Beulsicherheitsnachweis, S. 31

6.2 Berechnung nach Theorie II. Ordnung

Die **Schnittgrößenberechnung** erfolgt iterativ nach Theorie II. Ordnung.

Die vertikalen Radlasten greifen in Schienenoberkante an. Sie besitzen demnach eine **Ausmitte** bzgl. des **Schubmittelpunktes** M und bewirken eine Torsionsbeanspruchung des Querschnittes.

In den **Beanspruchungsgruppen** B3 bis B6 ist zusätzlich für die vertikalen Radlasten eine Ausmitte von 1/4 der Schienenkopfbreite anzunehmen.



Weiterhin bewirken die Horizontallasten Verformungen in y-Richtung, was zusammen mit der **Vorkrümmung** zu zusätzlichen Ausmitten der Vertikallasten führt.

Aus den genannten Torsionsbeanspruchungen resultiert eine Querschnittsverdrillung ϑ , die wiederum die Hebelarme der angreifenden Lasten beeinflusst und eine Veränderung des **Torsionsmomentes** herbeiführt.

$$\delta M_T = R \cdot (v_0 + f_y + \sin \vartheta \cdot h_R)$$

Der Iterationsprozess erfolgt über die Verdrillung ϑ und ist beendet, wenn sich die in Promille angegebene Verdrillung nur noch um 1/1000 ändert.

6.2.1 Schräglaukraft und Horizontallasten

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

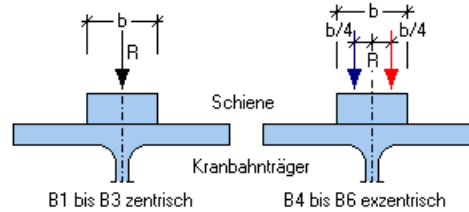
Das Zusammenspiel der Tragglieder der Gesamtkonstruktion ist äußerst kompliziert. Die Regelwerke treffen daher **vereinfachende Annahmen**, um die möglichen Einwirkungen zu erfassen.

6.3

Radlasteinleitung

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



6.3.1

Zentrische Radlasteinleitung (B1-B3)

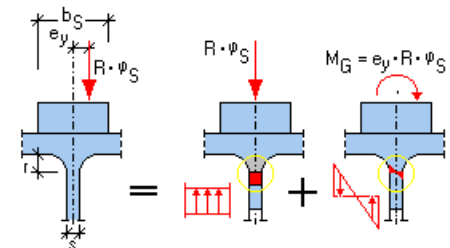
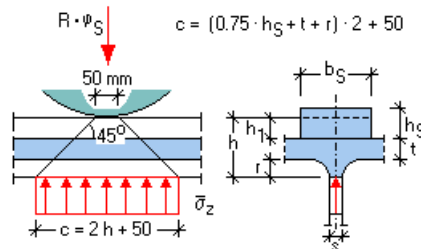
Die Spannungen in Richtung der z-Achse und die zugehörigen Schubspannungen ergeben sich zu:

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

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: $r = 0.5 \cdot t_3$



6.3.2

Exzentrische Radlasteinleitung (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 zentrischen 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 *Systembeschreibung Kranbahnträger* (S. 10) 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.

6.4 Schnittgrößenberechnung

Die maßgebenden Schnittgrößen werden in den Zehntelpunkten jedes Feldes des Trägers ermittelt.

Der Elastizitätsmodul wird hierbei durch den **Teilsicherheitsbeiwert** für den Widerstand dividiert.

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

Die Radlasten werden in konstanten Schrittweiten, die sich aus den Feldlängen ergeben, über den Träger verschoben. Trägerbeginn und -ende, die Bereiche der Lager und Feldmitten werden zudem gesondert untersucht.

Die **Hauptfahrtrichtung** des Kran weist von links nach rechts.

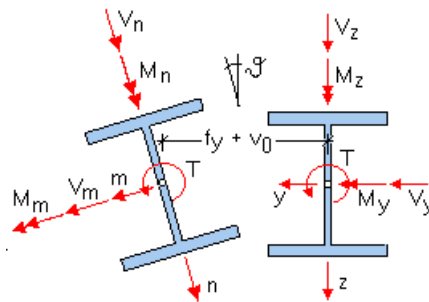
Wegen der nicht vorwiegend ruhenden Belastung ist das **Nachweisverfahren** "elastisch-elastisch".

Die Schnittgrößen werden mit der vorgegebenen **Vorkrümmung** am verformten System berechnet. Dadurch kann der gesonderte **Biegedrillknicknachweis** entfallen.

Die ständige Last des Kranbahnträgers und die veränderlichen lotrechten Einwirkungen der Kranräder bilden die Lastkombination H.

In der Lastkombination HZ werden zusätzlich die veränderlichen Einwirkungen quer zur Fahrbahn erfasst. Lasten quer zur Fahrbahn resultieren aus Massenkraften beim Beschleunigen und Verzögern der Kranbrücke und aufgrund der Führungskräfte beim Schräglauf.

Die Schnittgrößen werden auf das **verformte System** l-m-n bezogen ausgewiesen.



6.5 Nachweise

Die **extremalen Schnittgrößen** werden für die Lastkombinationen H und HZ grafisch dargestellt.

Die Spannungsnachweise für die Lastkombinationen H und HZ sowie der Betriebsfestigkeitsnachweis werden automatisch geführt.

Bei Definition von Beulsteifen im Eigenschaftsblatt *Systembeschreibung Kranbahnträger* (S. 10) werden auch Beulnachweise in den sich ergebenden Einzelfeldern geführt.

Bei den Nachweisen ist den unterschiedlichen Sicherheitskonzepten der beiden maßgebenden Vorschriften DIN 18000 und DIN 4132 Rechnung zu tragen.

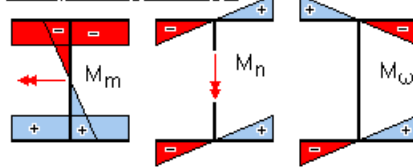
6.6

Spannungsnachweise

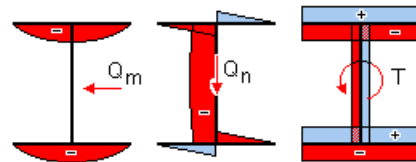
Die Längsspannungen setzen sich aus den Anteilen der beiden Biegemomente und des **Wölbmomentes** zusammen.

Die Überlagerung dieser Anteile führt bei geeigneten Schnittkraftkombinationen dazu, dass auch bei symmetrischen Profilen die Grenzlinien der minimalen und maximalen Spannungen betragsmäßig unterschiedliche Werte annehmen.

σ_x -Spannungen infolge

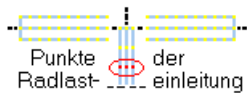


Schubspannungen τ infolge



Die **Schubspannungen** setzen sich aus den Anteilen der beiden Querkräfte und des Torsionsmomentes zusammen.

Die Längs-, Schub- und Vergleichsspannungen werden über die gesamte Querschnittskontur ermittelt und extremiert.



Die **Radlasteinleitung** (S. 27) wird zudem in bestimmten Punkten in den Vergleichsspannungsnachweis mit einbezogen. In der Regel sind hier jedoch die Längsspannungen bereits dermaßen abgeklungen, dass die Vergleichsspannungen dieser Orte nicht maßgebend werden.

Die maximalen Spannungen werden feldweise in den Zehntelpunkten berechnet und für die Lastkombinationen H und HZ grafisch und tabellarisch dargestellt.

In Bereichen, in denen die Längsspannungen σ_x gegen 0 gehen, wird die Vergleichsspannung von den Spannungen der Radlasteinleitung bestimmt. Wie dort ausgeführt wird die maßgebende Höhe bei Standardprofilen und expliziter Geometrievorgabe unterschiedlich ermittelt. Einmal geht der in der Profildatei vorliegende exakte **Ausrundungsradius** ein. Im zweiten Fall wird die halbe Stegdicke als Radius gesetzt. Hierdurch ergeben sich verschiedene Höhen für die Spannungen aus Radlasteinleitung. Wird nun ein Standardprofil aus der Profildatei einer äquivalenten, parametrisiert beschriebenen Geometrie gegenübergestellt, werden sich an Orten mit σ_x gegen 0 leicht unterschiedliche Vergleichsspannungen ergeben.

6.6.1

Schubspannungen

$$\tau_{Qn} = \frac{Q_n \cdot S_y}{I_y \cdot s} \quad \tau_{Qm} = \frac{Q_m \cdot S_z}{I_z \cdot t} \quad \tau_T = \frac{T \cdot s \text{ bzw. } t}{I_T}$$

$$\tau = \tau_{Qn} + \tau_{Qm} + \tau_T$$

6.6.2

Längsspannungen

$$\sigma_x = \frac{M_m}{W_y} + \frac{M_n}{W_z} + \frac{M_w \cdot \alpha_M}{I_w}$$

6.6.3

Vergleichsspannungen

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

6.6.4

Radlasteinleitungsbereich

$$\tau = \tau_{Qn} + \tau_{Qm} + \tau_T + \bar{\tau}_{xz}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_x^2 + \bar{\sigma}_z^2 - \sigma_x \cdot \bar{\sigma}_z + 3 \cdot \tau^2}$$

6.7

Sicherheitsbeiwerte

γ	Sicherheitsbeiwert
ψ	Lastkombinationsbeiwert
ϕ	Schwingbeiwert

6.7.1

Lastkombination H

Die ständige Last des Kranbahnträgers und die veränderlichen lotrechten Einwirkungen der Laufräder bilden die Lastkombination H.

Material	$\gamma_M = 1.1$
ständige Lasten	$\gamma_{F,G} = 1.35$
veränderliche Lasten	$\psi \cdot \gamma_{F,Q} = 1.5$
Spannungen mit	$g \cdot \gamma_{F,G} + \phi \cdot p \cdot \psi \cdot \gamma_{F,Q}$

6.7.2

Lastkombination HZ

In der Lastkombination HZ werden zusätzlich die veränderlichen Einwirkungen quer zur Fahrbahn erfasst.

Material	$\gamma_M = 1.1$
ständige Lasten	$\gamma_{F,G} = 1.35$
veränderliche Lasten	$\psi \cdot \gamma_{F,Q} = 0.9 \cdot 1.5 = 1.35$
Spannungen mit	$g \cdot \gamma_{F,G} + (\phi \cdot p + S) \cdot \psi \cdot \gamma_{F,Q}$

6.8

Betriebsfestigkeitsnachweise

Häufige Lastwechsel führen schon bei niedrigeren Spannungen als bei einmaliger hoher Belastung zum Bruch. Der Werkstoff des durch häufige Lastwechsel beanspruchten Bauteils ermüdet und führt zum Dauerbruch. Hier ist die Schwingbreite der Spannungen von besonderer Bedeutung.

Allgemein ist die Betriebsfestigkeit eines Bauteils abhängig von

- Schwingbreite
- Spannungsverhältnis
- Anzahl der Beanspruchungen
- Kerbwirkung
- Stahlsorte (mit geringem Einfluss)

Im Betriebsfestigkeitsnachweis gelten gegenüber den Spannungsnachweisen geänderte **Sicherheitsbeiwerte**:

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

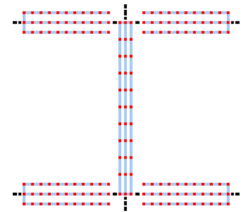
Der Betriebsfestigkeitsnachweis wird nur für die Lastkombination H geführt. Horizontallastwirkungen werden demnach nicht betrachtet.

Die zulässigen Grenzspannungen 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.

Das Spannungsverhältnis κ ist das Verhältnis der Unterspannung σ_u bzw. τ_u zur Oberspannung $\max \sigma_o$ bzw. $\max \tau$. Die Oberspannung ist die dem Betrag nach größte Spannung. Als Unterspannung ist der Wert einzusetzen, der das algebraisch kleinste κ ergibt.

Der Wertebereich für κ liegt zwischen $-1 < \kappa < 1$. Für Werte $\kappa \geq 0$ ist die Spannung schwellend, für $\kappa < 0$ wechselnd. Da wechselnde Spannungen die stärkste Beanspruchung liefern, wird nach dem κ gesucht, das am nächsten an -1 liegt. Hierfür werden Spannungen über die gesamte Kontur des Stahlquerschnittes und das algebraisch kleinste κ ermittelt.

Beim Doppel-T-Querschnitt werden hierzu seine fünf dünnwandigen Querschnittsteile (vier Flanschelemente und der Steg) in den jeweiligen 10-tels-Punkten am linken und rechten Rand sowie in der Mittellinie untersucht.



Damit ergeben sich in an einem Querschnitt 165 Punkte, für die Spannungen ermittelt werden. Diese Untersuchungen werden in jedem Zehntelpunkt jedes Feldes durchgeführt.

Die auftretenden zugeordneten Längs- und Schubspannungen werden für jeden Querschnittspunkt hinsichtlich κ extremiert.

Hierbei ist die Belastungsgeometrie von Bedeutung. Sofern der Kran über die Tragwerksenden hinausfahren kann, kann auch das Trägereigengewicht eine Spannungsgrenze liefern.

Trotz differenzierter Betrachtung des Querschnitts in der Spannungsermittlung wird er hinsichtlich der Betriebsfestigkeitsspannungen als eine Einheit betrachtet. Ein an beliebiger Stelle des Querschnitts ermitteltes ungünstigstes Spannungsverhältnis κ führt zu zulässigen Spannungen. Diesen wird die im untersuchten Zehntelpunkt maximal auftretende Spannung gegenübergestellt, auch wenn sie an anderer Stelle des Querschnitts auftritt.

Auf S. 22 ist ein Fragment des Ausdrucks für den Betriebsfestigkeitsnachweis dargestellt.

Die Spannungen für die kleinsten ermittelten κ_σ und κ_τ werden als $\min \sigma_u$ und $\max \sigma_o$ bzw. $\min \tau_u$ und $\max \tau_o$ in den Zehntelpunkten der Felder protokolliert und die Tabellen der zulässigen Spannungen für die vorhandene Beanspruchungsgruppe ausgeworfen.

Die Grenzspannungen σ und τ werden für alle **Kerbfälle** W0 bis W2 und K0 bis K4 ermittelt.

Vom Programm werden zusätzlich die am Querschnitt auftretenden Spannungen $\max \sigma$ und $\max \tau$ protokolliert. Diese Spannungen können von den Spannungen abweichen, die zu den ungünstigsten Verhältniswerten κ_σ und κ_τ geführt haben. Eine Überschreitung der zulässigen Spannungen innerhalb der Kerbfälle wird durch Hinterlegung der Werte kenntlich gemacht.



Die Beurteilung und Einordnung in den am Querschnitt vorliegenden Kerbfall hat der Anwender vorzunehmen.

Das gilt auch für die Spannungen aus Radlasteinleitung.

$$\frac{\bar{\sigma}_z}{\text{grenz } \sigma_{Be}} \leq 1, \quad \frac{(\bar{\sigma}_z + \bar{\sigma}_{z,B})}{\text{grenz } \sigma_{Be}} \leq 1 \quad \text{und} \quad \frac{(\bar{\tau}_{xz} + \bar{\tau}_{xz})}{\text{grenz } \tau_{Be}} \leq 1$$



Der Nachweis der Grenzspannungen für örtliche Radlasteinleitung wird vom Programm nicht durchgeführt. Die Überprüfung ist anhand der ausgewiesenen Spannungen vom Anwender durchzuführen.

6.9

Kerbfälle

Die in Kranbahnen gebräuchlichen Bauformen werden in acht Kerbfälle eingeordnet.

Die Kerbfälle W0 bis W2 gelten für Teile mit oder ohne Ausschnitte und gelochte Teile bei ein- oder zweischnittigen Schraubenverbindungen.

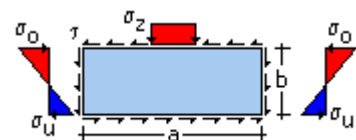
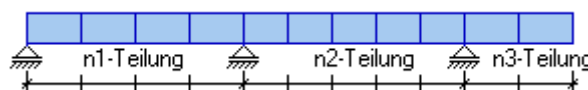
Die Kerbfälle K0 bis K4 gelten für geschweißte Bauteile.

DIN 4132 beinhaltet in den Tab. 5 und 6 Anleitungen zur Einordnung der Bauteile und Schweißnähte in die Kerbfälle.

6.10

Beulsicherheitsnachweise

Für den Beulsicherheitsnachweis kann jedes Feld für sich gleichmäßig in Beulfelder geteilt werden.



Dadurch ergeben sich je Feld $n_{(\text{Feld})}$ -Einzelfelder. Die Beulfelder sind demnach nicht ausgesteift. Der Beulnachweis ist für die Lastkombination H zu führen. Dabei wird der entsprechende Einfluss aus der Radlasteinleitung berücksichtigt.

Der formelmäßige Zusammenhang für den Beulsicherheitsnachweis eines unversteiften Feldes ergibt sich wie folgt.

Spannungsverhältnis $\psi = \frac{\sigma_{x2}}{\sigma_{x1}} \leq 1$

Seitenverhältnis $\alpha = \frac{a}{b}$

Beulwerte $k_{\sigma x}$ und k_{τ}

$$0 \leq \psi \leq 1: \quad k_{\sigma x} = \frac{8.2}{\psi + 1.05}$$

$$-1 < \psi < 0: \quad k_{\sigma x} = 7.81 - 6.25 \cdot \psi + 9.78 \cdot \psi^2$$

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

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

Bezugsspannung $\sigma_e = 18980 \cdot \left[\frac{t}{b} \right]^2 \quad \text{in } \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Ideale Beulspannungen $\sigma_{xPi} = k_{\sigma x} \cdot \sigma_e$ und $\tau_{Pi} = k_{\tau} \cdot \sigma_e$

bezogene Schlankheitsgrade und Abminderungsfaktoren

$$\bar{\lambda}_{P\sigma} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{xPi}}}$$

$$c = 1.25 - 0.25 \cdot \psi \leq 1.25$$

$$\kappa_x = c \cdot \left[\frac{1}{\bar{\lambda}_{P\sigma}^2} - \frac{0.22}{\bar{\lambda}_{P\sigma}^2} \right] \leq 1$$

$$\bar{\lambda}_{P\tau} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$$

$$\kappa_{\tau} = \frac{0.84}{\bar{\lambda}_{P\tau}^2} \leq 1$$

Knickstabähnliches Verhalten

$$\Lambda = \bar{\lambda}_{P\sigma}^2 + 0.5$$

$$2 \leq \Lambda \leq 4$$

$$\rho = \frac{\Lambda - k_{\sigma x} \cdot \alpha^2}{\Lambda - 1} < 0$$

$\rho < 0$ kein knickstabähnliches Verhalten $\kappa_K = 1$

$\rho > 0$ Berücksichtigung knickstabähnlichen Verhaltens n. DIN 18800, T. 3, EI. 603

$$\kappa_{PK} = (1 - \rho^2) \cdot \kappa_x \cdot \rho^2 \cdot \kappa_K$$

κ_K Abminderungsfaktor DIN 18800, T. 2, Knickspannungslinie b

Grenzbeulspannungen

$$\sigma_{xP,R,d} = \kappa_K \cdot \kappa_x \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$$

$$\tau_{P,R,d} = \kappa_\tau \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_{xP,R,d}} \leq 1$$

$$\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \leq 1$$

Nachweis mit Spannungen σ_z analog zu σ_x .

Gleichzeitige Wirkung von σ_x , σ_z und τ .

$$e_1 = 1 + \kappa_x^4$$

$$e_2 = 1 + \kappa_z^4$$

$$e_3 = 1 + \kappa_x \cdot \kappa_z \cdot \kappa_\tau^6$$

$$V^* = (\kappa_x \cdot \kappa_z)^6 \cdot \left(\frac{|\sigma_x \cdot \sigma_z|}{\sigma_{xP,R,d} \cdot \sigma_{zP,R,d}} \right)$$

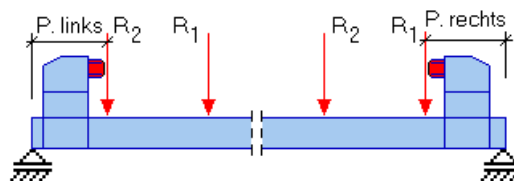
$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xP,R,d}} \right)^{e_1} + \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_{zP,R,d}} \right)^{e_2} + V^* + \left(\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \right)^{e_3} \leq 1$$

6.11

Puffer

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. Bei Beschreibung der Gegenfahrtrichtung gilt diese Aussage gleichfalls.



7

Literaturverzeichnis

- /1/ von Berg: Krane und Kranbahnen,
Teubner Verlag, Stuttgart, 2. Auflage 1989
- /2/ Thiele/Lohse: Stahlbau T. 2,
Teubner Verlag, Stuttgart, 18. Auflage 1997
- /3/ Petersen Stahlbau,
Vieweg Verlag, 2. Auflage 1990
- /4/ Stahlbau Handbuch T. 2,
Stahlbau Verlagsges. mbH, 2. Auflage 1985
- /5/ DIN 4132 Kranbahnen
- /6/ DIN 18800 Stahlbauten
- /7/ DIN 15018 Krane

8

Index

- Abkürzungen 2
- Achsen 14
- Annahmen, vereinfachende 25
- Ausmitte 25
- Ausnutzungsgrad 22
- Ausrundungsradius 27, 29
- Bauteil erzeugen 7
- Beanspruchungsgruppe 16, 22, 25, 27
- Belastung 14
- Berechnung 16
- Betriebsfestigkeitsnachweis 22, 25, 30
- Beulsicherheitsnachweis 12, 23, 25, 31
- Biegedrillknicken 11
- Biegedrillknicknachweis 25, 28
- blank 2
- Buttons 2
- Cursor 2
- Druckdokument 18
- Drucklistenvorschau 18
- DTE-Viewer 18
- Durchbiegungsnachweis 25
- Eigenfrequenz 25
- Einwirkung 2
- e-Mail 6
- Extremalbildungsvorschrift 2
- Exzentrizität 27
- Fahrbereich 15
- Fahrtrichtung 15
- Fangrechteck 2
- Feldlängen 10
- Gabellagerung 10, 11
- Gebrauchstauglichkeitsnachweis 25
- Gurttorsionsmoment 27
- Hauptfahrtrichtung 28
- Hilfe 18
- Horizontallast 15, 25
- Hubklasse 16
- Installation 5
- Kerbfall 22, 31
- Kerbfalleinordnung 23
- Kontextsensitivität 6
- Kranbahnträgergeometrie 10
- Kransystem 14
- Lager 10
- Lagergröße, extreme 21
- Lagergrößen 15
- Lagerknoten 21
- Längsspannung 22
- Lastangriff, exzentrischer 13
- Lastbild 2
- Lastfall 2
- Lastkollektiv 2
- Lastkombinationsbeiwert 30
- Lastwirkungsrichtung 16
- Massenkraft 15
- Nachweisverfahren 28
- Normen 28
- Profildatei 12
- Puffer 15, 21, 33
- Querschnittsgeometrie 13
- Querspannung 27
- Quersteifenabstand 28
- Radlasteinleitung 13, 16, 27, 29
- Radlasten 15
- Rand, freier 10
- Schiene 13
- Schnittgrößen 28
- Schnittgrößen, extreme 28
- Schnittgrößenberechnung 25
- Schräglaufkraft 15, 25
- Schreibtisch 6
- Schreibtischauswahl 5
- Schubmittelpunkt 11, 25
- Schubspannung 22, 29
- Schwingbeiwert 21, 30
- Sicherheitsbeiwert 30
- Spannungsnachweis 25, 29
- speichern 24
- St. Venant 11
- Stabilitätsnachweis 11
- Stahlsorte 13
- Startsymbol 5
- Steuerbutton 6
- System 14

System, verformtes 28
Systembeschreibung 10
Systemenden 10
Tabellenfunktionen 10
Teilsicherheitsbeiwert 28
Torsion 11
Torsionsmoment 25
Trägerquerschnitt 12

Tragsicherheitsnachweis 25
Vergleichspannung 22
Vorkrümmung 11, 25, 28
Wirkungsrichtung 26
Wölbbehinderung 11
Wölbkrafttorsion 11
Wölbmoment 11, 29
Zeile löschen 10