



Fassung
Februar 2017

Programm

KRANBAHN

Bemessung von Kranbahnträgern nach
EN 1993-6 oder DIN 4132

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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



© Dlubal Software GmbH 2017
Am Zellweg 2
93464 Tiefenbach
Deutschland

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



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	3
1.1	Programm KRANBAHN	3
1.2	KRANBAHN-Team	4
1.3	Gebrauch des Handbuchs	4
2.	Installation	5
2.1	Systemanforderungen	5
2.2	Installationsvorgang	5
2.2.1	Installation von der DVD	5
2.2.2	Installation im Netzwerk	6
2.2.3	Installation von Updates	7
2.2.4	Parallelinstallationen von KRANBAHN	7
3.	Eingabedaten	8
3.1	Basisangaben	9
3.2	Geometrie	12
3.3	Querschnitt	16
3.4	Belastung	26
3.5	Lastkombinationen	31
3.6	Imperfektionen	32
4.	Berechnung	34
4.1	Detaileinstellungen	34
4.1.1	Hauptdetails	34
4.1.2	Ermüdung und Schweißnähte	36
4.1.3	Einwirkungen aus weiteren Kranen	37
4.1.4	Berechnung	38
4.1.5	Verwendete Normen	39
4.2	Start der Berechnung	39
5.	Ergebnisse	40
5.1	Zusammenfassung der Nachweise	41
5.2	Schnittgrößen	42
5.2.1	Schnittgrößen - Tragfähigkeit	42
5.2.2	Schnittgrößen - Ermüdung	43
5.3	Lagerkräfte	44
5.4	Spannungsnachweis	46
5.5	Verformungsnachweis	52
5.6	Ermüdungsnachweis	54
5.7	Beulnachweis	56
5.7.1	Biegespannungen im unteren Flansch	56
5.8	Schweißnähte - Spannungen	57
5.9	Schweißnähte - Ermüdungsnachweis	59
5.10	Kritische Lastfaktoren	60
6.	Ausdruckprotokoll	61
6.1	Ausdruckprotokoll anlegen	61
6.2	Auswahl der Druckdaten	62
6.2.1	Globale Selektion	62
6.2.2	Selektion der Eingabedaten	63
6.2.3	Selektion der Ergebnisse	64



6.3	Ausdruckprotokoll	65
6.4	Protokollkopf	70
6.5	Grafikausdruck	72
6.5.1	Grafische Ergebnisse	72
6.5.2	3D-Rendering der Kranbahn	78
7.	Allgemeine Funktionen	79
7.1	Menüfunktionen	79
7.1.1	Datei	79
7.1.2	Einstellungen	80
7.2	3D-Rendering des Kranbahnträgers	83
7.3	Grafische Ergebnisse im Arbeitsfenster	85
7.4	Ergebnisverläufe	87
8.	Beispiel	89
8.1	Zweifeldrige Kranbahn nach DIN EN 1993-6	89
8.2	Schnittgrößen - Tragfähigkeit	90
8.3	BDK-Nachweis als Spannungsnachweis	90
8.4	Lasteinleitungsspannungen	91
8.5	Beulnachweise des Stegblechs unter Radlast	91
8.6	Ermüdungsnachweise	92
8.7	Durchbiegungen	93
A.	Literatur	94
B.	Index	95

1 Einleitung

1.1 Programm KRANBAHN

Das eigenständig lauffähige Programm KRANBAHN bereichert die Produktpalette der DLUBAL SOFTWARE GMBH um den Bereich der Kranbahnträgerbemessung. Dank der gewohnten Anwenderfreundlichkeit lassen sich die mitunter aufwendigen Nachweise nach EN 1993-6 [1] oder DIN 4132 [2] mit Anpassungsrichtlinie Stahlbau und DIN 18800 [3] [4] einfach und nachvollziehbar führen.

Im Programm sind die Geometrie und Lasten des Kranbahnträgers einzugeben. Aus den Belastungen werden Lastfälle erzeugt, die in Laststellungen zusammengefasst werden. Für jede Laststellung ergeben sich drei Lastkombinationen. Jede Lastkombination wird mit drei Belastungsniveaus berechnet, um die Schnittgrößen für den allgemeinen Spannungsnachweis, den Verformungsnachweis und den Betriebsfestigkeitsnachweis bzw. Ermüdungsnachweis zu bestimmen. Mit diesen nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung ermittelten Schnittgrößen führt KRANBAHN anschließend die Nachweise nach EN 1993-6, DIN 4132 bzw. DIN 18800.

Der Leistungsumfang von KRANBAHN umfasst:

- **Eingabe**

- Übersichtlich gegliederte Eingabe

- Grafische Darstellung und 3D-Visualisierung nahezu aller Eingabedaten

- Übernahme von Profilen aus der umfangreichen Querschnittsbibliothek von RFEM/RSTAB

- Übernahme von Kranen aus der Kranbibliothek oder einer eigendefinierten Krاندatenbank

- Berechnung der Eigenwerte unter Berücksichtigung der Belastung mit automatischer Zuordnung der Eigenwerte als Imperfektionen

- Automatische Festlegung der Spannungspunkte und Zuordnung der Kerbfälle

- Zahlreiche Parameter für Steuerung der Berechnung

- **Ergebnisse**

- Übersichtliche Zusammenfassung aller Ergebnisse

- Ergebnisausgabe in spezifischen Masken für jeden Nachweis (gesamtweise, x-stellenweise, spannungspunktweise)

- Einfache Prüfbarkeit der Ergebnisse anhand detaillierter Zwischenwerte

- Auswertung der Ergebnisse in den Tabellen und Grafiken

- Ausdruckprotokoll mit individuellen Gestaltungsmöglichkeiten

- Übergabe der Grafiken in das Ausdruckprotokoll

Wir hoffen, dass Ihnen das Programm KRANBAHN die Arbeit erleichtern wird. Ihre Verbesserungsvorschläge und Wünsche aus der praktischen Anwendung sind uns für die Weiterentwicklung des Programms immer willkommen.

Viel Freude bei der Arbeit mit KRANBAHN wünscht

Ihr DLUBAL-Team

1.2 KRANBAHN-Team

An der Entwicklung von KRANBAHN waren beteiligt:

Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Ing. Marek Posch

Programmierung

Ing. Marek Posch

Ing. Martin Deyl

Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

MgA. Robert Kolouch

Programmkontrolle

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

Ing. Jakub Harazín

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

Ing. Marek Posch

Handbuch und Übersetzungen

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

Mgr. Petra Pokorná

Melanie Most, MA

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Technische Unterstützung und Endkontrolle

Cosme Asseya, M.Eng.

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel

Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich

Andreas Niemeier, M.Eng.

Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler, M.Eng.

Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel

1.3 Gebrauch des Handbuchs

Allgemeine Themenbereiche wie Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung, Ausdruck und Projektverwaltung sind in den Handbüchern der Programme RFEM und RSTAB erläutert. Sie finden diese auf unserer Website: <https://www.dlubal.com/de/downloads-und-infos/dokumente/handbuecher>. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Programm KRANBAHN ergeben.



Das Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Anwenden]. Zugleich sind sie am linken Rand abgebildet. Die **Begriffe**, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, damit die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dennoch nicht fündig werden, können Sie die Suchfunktion auf unserer Blog-Website <https://www.dlubal.com/blog/de> nutzen, um unter den Beiträgen eine Lösung zu finden.

2 Installation

2.1 Systemanforderungen

Folgende Systemvoraussetzungen sollten für die Nutzung von KRANBAHN erfüllt sein:

- Betriebssystem Windows 7/8/10
- X86-Prozessor mit 2 GHz
- 2 GB RAM
- ggf. DVD-ROM-Laufwerk für die Installation
- 10 GB Gesamtfestplattenkapazität, davon zirka 2 GB für die Installation
- Grafikkarte mit OpenGL Beschleunigung und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel, wobei von Onboard-Lösungen und Shared-Memory-Technologien abgeraten wird



KRANBAHN wird nicht von Windows 95/98/Me/NT/2000/XP, Linux, Mac OS oder Serverbetriebssystemen unterstützt.

Mit Ausnahme des Betriebssystems sprechen wir bewusst keine Produktempfehlungen aus, da KRANBAHN grundsätzlich auf allen Systemen läuft, die die genannten Anforderungen erfüllen.

2.2 Installationsvorgang

Das Programm **KRANBAHN** wird als Installationsdatei zum Download bereitgestellt oder auf einer DVD namens *Stand-Alone Applications* geliefert. Diese DVD enthält die eigenständig lauffähigen Programme KRANBAHN, RX-HOLZ, VERBUND-TR und FE-BEUL.

Ehe Sie KRANBAHN installieren, schließen Sie bitte die im Hintergrund geöffneten Anwendungen.



Für die Installation müssen Sie als Administrator angemeldet sein bzw. über Administratorrechte verfügen. Für die spätere Arbeit mit KRANBAHN sind Benutzerrechte ausreichend. Eine genaue Anleitung finden Sie im [Benutzerrechte-Dokument](#) und im [Benutzerrechte-Video](#) auf unserer Website.

2.2.1 Installation von der DVD

Auf der Rückseite der DVD-Hülle finden Sie eine Installationsanleitung.

- Legen Sie die DVD in Ihr DVD-ROM-Laufwerk.
- Die Installationsroutine startet automatisch. Sollte dies unterbleiben, ist vermutlich die *autorun*-Funktion deaktiviert. Starten Sie dann die Datei **setup.exe** auf der DVD über den Windows-Explorer.
- Wählen Sie im Startdialog die Sprache aus (siehe [Bild 2.1](#)).
- Legen Sie im nächsten Dialog die Programmversion von **KRANBAHN** fest: *64Bit* oder *32Bit*.
- Folgen Sie den Anweisungen des *Installation Wizard*.

Schließen Sie den Dongle erst nach Abschluss der Installation an einer USB-Schnittstelle des Computers an. Der Dongletreiber wird dann automatisch installiert.

Auf der DVD finden Sie auch Installationshinweise im PDF-Format sowie den Acrobat Reader.



Installation auswählen



Bild 2.1: Sprache auswählen

KRANBAHN als Voll- oder Testversion

Wenn Sie nach der erfolgreichen Installation das Programm zum ersten Mal starten, müssen Sie festlegen, ob Sie KRANBAHN als Vollversion oder als 30-tägige Testversion nutzen möchten.

Für die Lauffähigkeit als Vollversion benötigen Sie einen Dongle (Hardlock) und eine Autorisierungsdatei **Author.ini**. Der Dongle ist ein Stecker, der an einem USB-Anschluss des Computers anzubringen ist; die Autorisierungsdatei enthält codierte Informationen für Ihre Lizenz(en). In der Regel senden wir Ihnen die Datei *Author.ini* in einer E-Mail zu. Auch über das Extranet auf <https://www.dlubal.com/de/extranet/login> haben Sie Zugang zu Ihrer Autorisierungsdatei. Speichern Sie diese *Author.ini* auf Ihrem Rechner, einem USB-Stick oder im Netzwerk.

Die Autorisierungsdatei wird für jeden Arbeitsplatz benötigt. Sie können die Datei beliebig oft kopieren. Sollte jedoch der Inhalt geändert werden, wird sie zur Autorisierung unbrauchbar.

Die Vollversion kann als *Softwarelizenz* auch ohne Dongle betrieben werden.

2.2.2 Installation im Netzwerk

Lokale Lizenzen

Die Installation kann von einem beliebigen Laufwerk Ihres Computers oder eines Netzwerkrechners gestartet werden. Kopieren Sie dazu den Inhalt der DVD in den geeigneten Ordner. Starten Sie dann vom Zielrechner aus die Datei **setup.exe**. Im weiteren Ablauf besteht kein Unterschied zur Installation von der DVD.

Netzwerklicenzen

Auch bei Netzwerklicenzen ist das Programm zunächst wie beschrieben auf den Workstations zu installieren. Die Lizenzen werden dann durch den Netzwerkdongle freigegeben. Eine [Anleitung](#) auf unserer Website gibt detaillierte Hinweise zur Installation des Netzwerkdongles.

2.2.3 Installation von Updates

Beim Update innerhalb einer Versionsreihe (z. B. **8.07.xxxx**) werden die alten Programmdateien entfernt und durch neue ersetzt. Ihre Projektdaten bleiben natürlich erhalten! Beim Update auf die nächste Versionsreihe (z. B. **8.08.xxxx**) wird die neue Version parallel installiert (siehe unten).



Wenn Sie eigendefinierte Druckköpfe nutzen, sollten Sie diese vor einem Update sichern. Die Druckköpfe werden in der Datei **Dluba!ProtocolConfigNew.cfg** im allgemeinen Stammdatenordner *C:\ProgramData\Dluba!\Global\General Data* abgelegt. Bei einem Update wird diese Datei nicht überschrieben; eine Sicherungsdatei kann trotzdem von Vorteil sein.

Ebenso sollten Sie vor einem Update Ihre Musterprotokolle sichern. Diese werden in der Datei **RstabProtocolConfig.cfg** im Ordner *C:\ProgramData\Dluba!\CRANEWAY 8.xx\General Data* gespeichert.

Die im Projektmanager verknüpften Projekte werden in der ASCII-Datei **PRO.DLP** verwaltet, die sich standardmäßig im Ordner *C:\ProgramData\Dluba!\Global\Project Manager* befindet. Wenn Sie KRANBAHN vor einem Update deinstallieren möchten, sollten Sie vorher auch diese Datei sichern.

2.2.4 Parallelinstallationen von KRANBAHN

Die Versionsreihen von KRANBAHN 8.xx können parallel auf dem Rechner betrieben werden, da die Programmdateien in verschiedenen Verzeichnissen liegen. Die Standardordner sind bei einem 64-Bit-Betriebssystem:

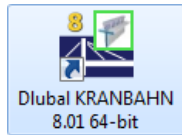
KRANBAHN 8.01: *C:\Programme\Dluba!\CRANEWAY 8.01*

KRANBAHN 8.02: *C:\Programme\Dluba!\CRANEWAY 8.02*

KRANBAHN 8.03: *C:\Programme\Dluba!\CRANEWAY 8.03* etc.

3 Eingabedaten

Programmstart



Icon / Startmenü

Das Programm KRANBAHN kann über das Windows-Startmenü oder das Dlubal-Icon auf dem Desktop gestartet werden.

Navigator von RFEM oder RSTAB

Alternativ lässt sich KRANBAHN auch in RFEM oder RSTAB über den Projekt-Navigator aufrufen: Doppelklicken Sie im *Daten*-Navigator den Eintrag

Einzelprogramme → KRANBAHN 8 - Bemessung von Kranbahnträgern.

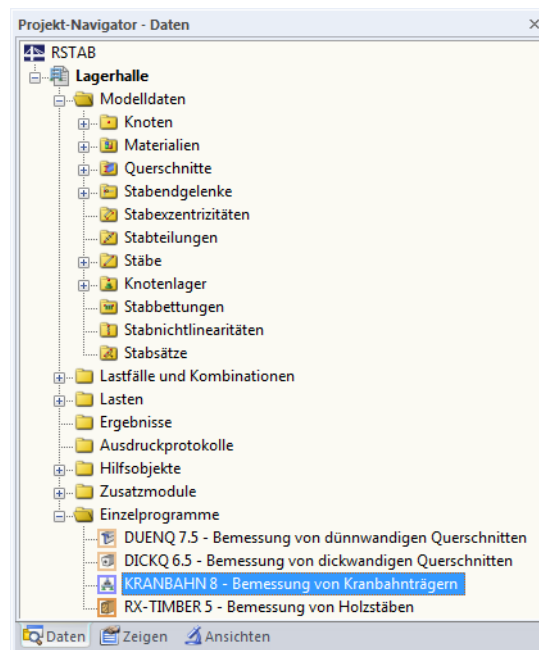


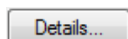
Bild 3.1: Daten-Navigator von RSTAB: Einzelprogramme → KRANBAHN 8 - Bemessung von Kranbahnträgern

Eingabemasken und Schaltflächen

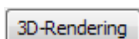
Nach dem Aufruf des Programms erscheint das KRANBAHN-Fenster (siehe Bild 3.2). Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Die für den Nachweis notwendigen Angaben sind in den sechs Eingabemasken des Programms vorzunehmen.



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



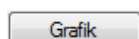
Die Schaltfläche [Details] öffnet den Dialog *Details*, in dem spezifische Vorgaben für die Berechnung getroffen werden können (siehe Kapitel 4.1, Seite 34).



Über die Schaltfläche [3D-Rendering] lassen sich die Eingaben in einer 3D-Grafik darstellen (siehe Kapitel 7.2, Seite 83).



[OK] sichert vor dem Verlassen von KRANBAHN die Eingaben und Ergebnisse. [Abbrechen] beendet das Programm, ohne die Daten zu speichern.



Nach der Berechnung ist die Schaltfläche [Grafik] zugänglich. Sie ermöglicht es, die Schnittgrößen, Verformungen, Spannungen, Ausnutzungen und Eigenformen in einem Arbeitsfenster zu überprüfen, das der grafischen Oberfläche von RSTAB entspricht (siehe Kapitel 7.3, Seite 85).

3.1 Basisangaben

Die Maske *1.1 Basisangaben* verwaltet die allgemeinen Vorgaben zu Material, Bemessungsnorm und Krantyp.

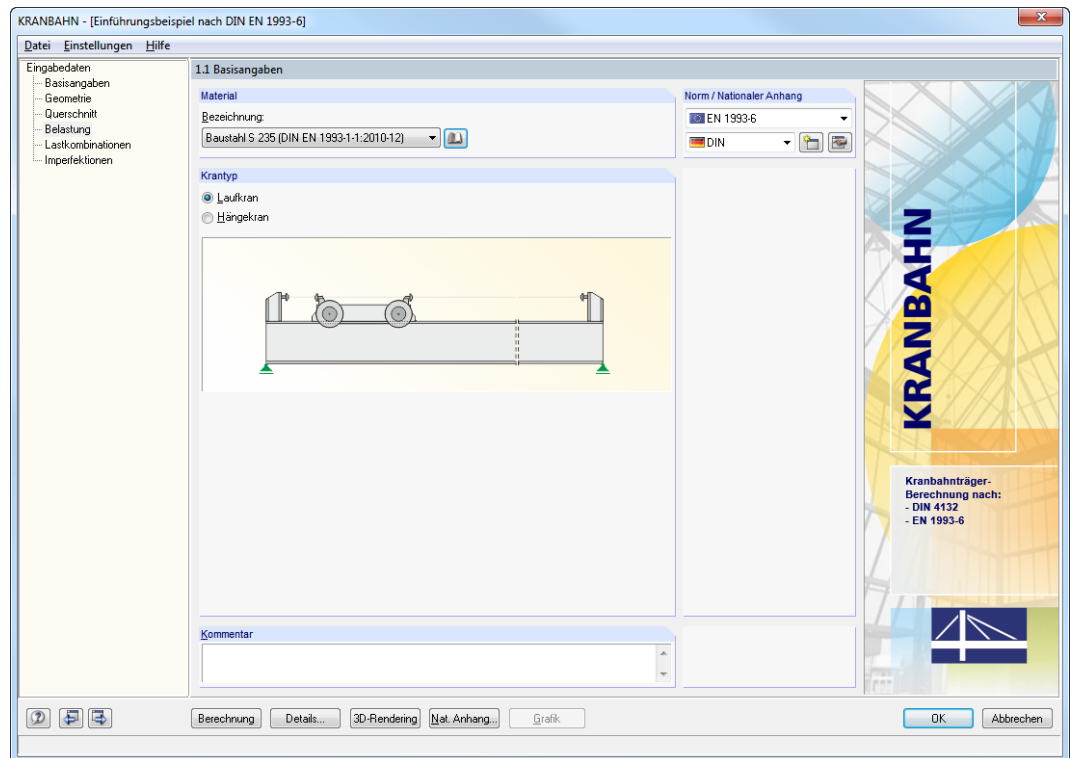


Bild 3.2: Maske 1.1 Basisangaben

Material

Baustahl S 235 (EN 10025-2:2004-11) ▼

In der *Bezeichnung*-Liste kann eines der im Programm hinterlegten Materialien ausgewählt werden. Die verfügbaren Stahlsorten hängen von der gewählten Norm ab.



Die Kennwerte der Stahlsorten sind in einer [Bibliothek] hinterlegt (siehe Bild 3.3), die über die entsprechende Schaltfläche zugänglich ist.

OK

In der Bibliothek kann ein anderes Material ausgewählt werden. Mit [OK] oder [↵] wird es dann in die Maske 1.1 übergeben.



Bei der Berechnung nach DIN 4132 [2] ist es nicht gestattet, eine neue Stahlsorte in der Bibliothek zu definieren: Nach dieser Norm dürfen nur Materialien mit definierten zulässigen Spannungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis verwendet werden. Bei einer Berechnung nach EN 1993-6 [1] hingegen ist es möglich, eigene Materialien zu definieren. Dabei ist zu beachten, dass alle für die Bemessung erforderlichen Kennwerte festgelegt werden.

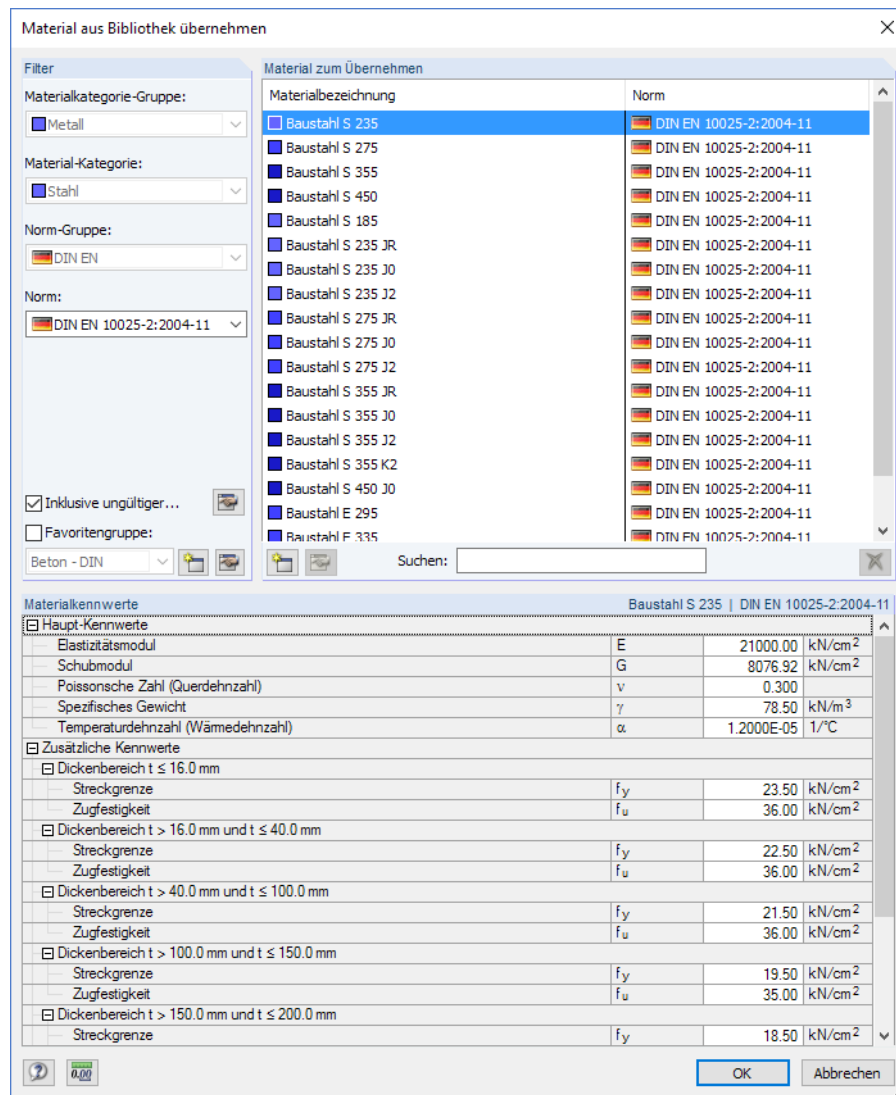
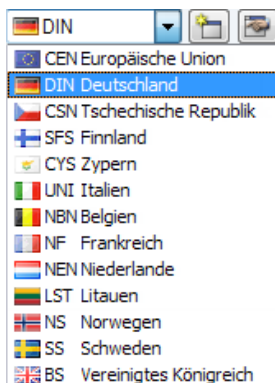


Bild 3.3: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*


Norm / Nationaler Anhang


In den Auswahlfeldern dieses Abschnitts ist die Norm anzugeben, die für die Bemessung verwendet wird:

- DIN 4132 [2]
- EN 1993-6 [1]



Bei der Bemessung nach EN 1993-6 kann der nationale Anhang ausgewählt werden, dessen Parameter für die Bemessung anzusetzen sind. Die Liste der nationalen Anwendungsdokumente wird im Zuge der Entwicklung des Programms laufend erweitert.

Über die Schaltfläche  lassen sich die voreingestellten Parameter des aktuellen nationalen Anhangs bzw. der Norm überprüfen und bei Bedarf anpassen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte für die Kombinatorik.

Mit der Schaltfläche  kann ein eigendefinierter nationaler Anhang erstellt werden. Im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* sind die Parameter des aktuellen nationalen Anhangs voreingestellt; sie lassen sich dort entsprechend anpassen (siehe Bild 3.4).

Parameter des Nationalen Anhangs - DIN* - Deutschland

Ursprünglicher Anhang	Bezeichnung
DIN*	Deutschland - modifiziert

Beiwerte

Teilsicherheitsbeiwerte für

- Beanspruchbarkeit von Querschnitten γ_{M0} : 1.00
- Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen (Bauteilnachweise), sowie für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Stabilitätsversagen (Querschnittsnachweise nach Theorie II. Ordnung) γ_{M1} : 1.10
- Nahtbeanspruchbarkeit γ_{Mw} : 1.25
- Ermüdungssteifigkeit $\gamma_{M,F}$: 1.35
- Ständige Einwirkungen γ_G : 1.35
- Veränd. Einwirkungen Kran γ_Q : 1.35
- Veränd. Einwirkungen sonst. γ_{Qo} : 1.50
- Ermüdungseinwirkungen $\gamma_{F,F}$: 1.00

Kombinationsfaktor ψ : 1.00

Beiwert für Schubbeanspruchbarkeit η : 1.20

OK Abbrechen

Bild 3.4: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*

Krantyp

Es können Krane des Typs *Laufkran* und *Hängekran* untersucht werden. Die Vorgabe erfolgt über die Auswahlfelder dieses Abschnitts. Die Grafik wird automatisch an den Krantyp angepasst.

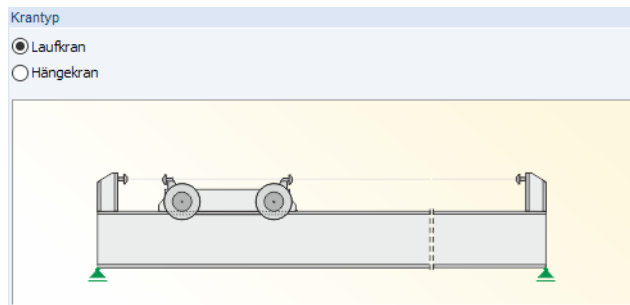


Bild 3.5: Krantyp *Laufkran*

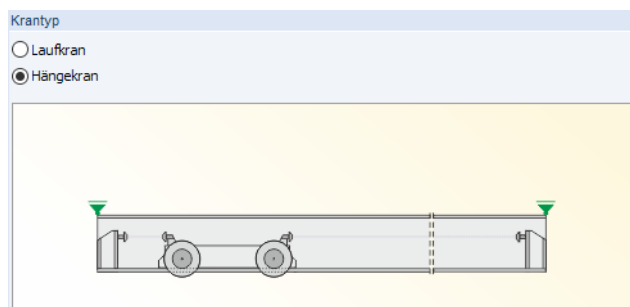


Bild 3.6: Krantyp *Hängekran*



Bei der Bemessung nach DIN 4132 ist nur die Option *Laufkran* verfügbar.

Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung.

3.2 Geometrie

1.2 Geometrie

Gesamtlänge des Trägers:
L: 10.000 [m]

Lagerung | Feder-Konstanten | Gelenke | Steifen

Lager Nr.	A Stelle x [m]	B Lagertyp	C Verschiebung in			D Verschiebung in			E Verdrehung um			F X	G Y	H Z	I Wölbung	J Gelenk	K Stärke	L Breite a [mm]
			X	Y	Z	X	Y	Z										
1	0.000	Gelenkig	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Starre	
2	2.000	Frei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verformbare	
3	4.000	Nur seitlich OK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Keine	200.0
4	6.000	Nur seitlich UK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verformbare	
5	8.000	Benutzerdefiniert	<input type="checkbox"/>	Feder...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Keine	200.0
6	10.000	Gelenkig verschiebl.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Starre	
7																		

Bild 3.7: Maske 1.2 Geometrie

Gesamtlänge des Trägers

Zunächst ist die *Gesamtlänge* des Einfeld- oder Durchlaufträgers festzulegen. Sollten im Register *Lagerung* bereits Einträge für die Stellen x der Auflager vorliegen, darf die Gesamtlänge nicht kleiner als der maximale Abstand der x-Stelle vom Trägeranfang sein. Ansonsten wird der maximale Abstand x automatisch auf die Gesamtlänge verkürzt.

Lagerung

In diesem Register sind die Auflagerstellen und die Lager-Freiheitsgrade festzulegen. Nach dem Platzieren des Cursors in einer bestimmten Zeile kann die *Stelle x* des Lagers angegeben werden.

Lagerung | Feder-Konstanten | Gelenke | Steifen

Lager Nr.	A Stelle x [m]	B Lagertyp	C Verschiebung in			D Verschiebung in			E Verdrehung um			F X	G Y	H Z	I Wölbung	J Gelenk	K Stärke	L Breite a [mm]
			X	Y	Z	X	Y	Z										
1	0.000	Gelenkig	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Starre	
2	2.000	Frei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verformbare	
3	4.000	Nur seitlich OK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Keine	200.0
4	6.000	Nur seitlich UK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verformbare	
5	8.000	Benutzerdefiniert	<input type="checkbox"/>	Feder...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Keine	200.0
6	10.000	Gelenkig verschiebl.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Starre	
7																		

Bild 3.8: Maske 1.2 Geometrie, Register Lagerung

Lagertyp

Gelenkig

Gelenkig verschiebl.

Eingespant

Frei

Nur seitlich OK

Benutzerdefiniert

Jedem Lager ist ein *Lagertyp* zuzuweisen. In der Liste stehen folgende Typen zur Auswahl:

- Gelenkig
- Gelenkig verschieblich
- Frei
- Nur seitlich OK
- Nur seitlich UK
- Benutzerdefiniert

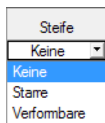
Die Typen *Gelenkig* und *Gelenkig verschieblich* lassen keine Änderung in Bezug auf die zugehörigen Stützungen bzw. Einspannungen (Spalten C bis H) zu.

Eine seitliche Federstützung am Ober- bzw. Untergurt des Trägerquerschnitts kann über die Typen *Nur seitlich OK* und *Nur seitlich UK* zugewiesen werden. Die zugehörige Federkonstante ist dann im Register *Feder-Konstanten* zu definieren (siehe Bild 3.9).



Wird die Stützung, Einspannung und Wölbungsbehinderung eines Lagers *Benutzerdefiniert* festgelegt, so kann in den Spalten C bis I über die Listen eine feste Stützung bzw. Einspannung oder auch eine Feder zugeordnet werden. Auf diese Weise lassen sich elastische Stützungen bzw. Einspannungen und Verwölbungen modellieren.

Die Spalte J ermöglicht es, an einem Lager ein *Gelenk* anzuordnen. Die Gelenkeigenschaften sind dann im Register *Gelenke* zu definieren (siehe Bild 3.11). Damit ließe sich beispielsweise eine Kette von Einfeldträgern erzeugen.



Für jedes Lager kann angegeben werden, ob eine Auflagersteife vorhanden ist. In der Liste stehen die Optionen *Keine*, *Starre Auflagersteife* und *Verformbare Auflagersteife* zu Auswahl. Die Art der Steife wirkt sich auf Beulnachweis des Trägers aus, da dadurch die Schubbeanspruchbarkeit des Steges beeinflusst wird.

Bei einem Hängekran sind Steifen nur an den beiden Enden des Trägers möglich.

Wenn *Keine* Auflagersteife definiert wird, muss die *Breite a* des Lagers angegeben werden, damit die Spannungs-, Ermüdungs- und Beulnachweise korrekt geführt werden können.

Feder-Konstanten

Das zweite Register ist zugänglich, wenn im Register *Lagerung* eine Feder definiert wurde (siehe beispielsweise Lager 5 in Bild 3.8).

Lagerung Feder-Konstanten Gelenke Steifen										
Lager Nr.	A Stelle x [m]	B C _{u,X}	C Wegfeder [kN/m] C _{u,Y}	D C _{u,Z}	E C _{φ,X}	F Drehfeder [kNm/rad] C _{φ,Y}	G C _{φ,Z}	H Wölbfeder C _ω [kNm ³]	I Flanschfeder [kN/m] C _{u,Y} oben	J C _{u,Y} unten
3	4.000								50.000	
4	6.000							0.001	25.000	25.000
5	8.000		7.500						15.000	15.000

Bild 3.9: Maske 1.2 Geometrie, Register Feder-Konstanten

Nach dem Platzieren des Cursors in der gewünschten Zeile können die Konstanten der Weg-, Dreh- und Wölbfedern eingegeben werden.

Die Steifigkeit der *Wölbfeder* ist von der Art der Wölbungseinspannung abhängig. Diese Berechnung kann in KRBANBAHN automatisch erfolgen: Nach einem Klick in das Feld in Spalte H erscheint dort die Schaltfläche (siehe Bild 3.9). Der Klick auf diese Schaltfläche öffnet den Dialog *Wölbfeder ermitteln* (siehe Bild 3.10).

Die Eingabemöglichkeiten variieren je nach Art der Wölbfeder (Stirnplatte, U-Profil, Winkel etc.). Wenn der Federtyp festgelegt ist, können die Parameter entsprechend definiert werden. Die Schaltfläche [OK] übergibt die *Resultierende Wölbfeder* C_ω dann in die Maske 1.2.

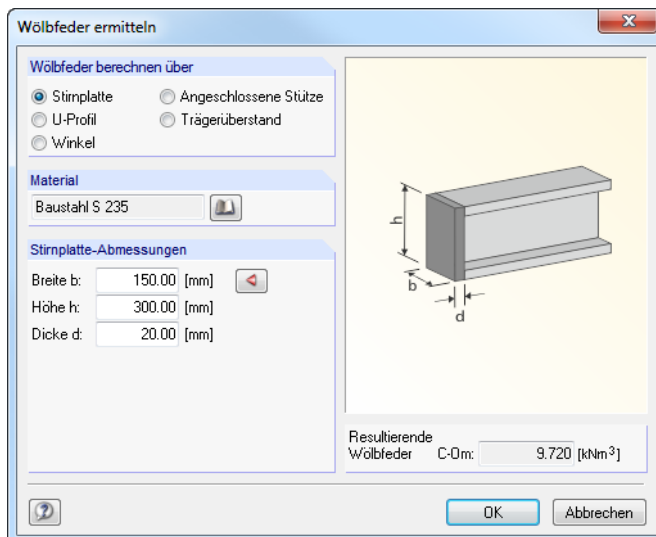


Bild 3.10: Dialog *Wölbfeder ermitteln*

Gelenke

Das dritte Register ist zugänglich, wenn im Register *Lagerung* ein Gelenk definiert wurde.

Lagerung	Feder-Konstanten	Gelenke	Steifen
Lager Nr.	A Stelle x [m]	B N	C N-/V-Gelenk V _y
3	4.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	8.000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Bild 3.11: Maske 1.2 *Geometrie*, Register *Gelenke*

Hier können die Freiheitsgrade festgelegt werden, die an den jeweiligen x-Stellen vorliegen. Das gewünschte Gelenk lässt sich anhand der Kontrollfelder erzeugen.

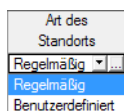
Steifen

Im letzten Register kann die Anzahl und die Aufteilung der Steifen in den Feldern festgelegt werden. Steifen wirken sich auf den Beulnachweis aus.


Lagerung	Feder-Konstanten	Gelenke	Steifen
Feld Nr.	A Länge L [m]	B Anzahl Innenfelder	C Art des Standorts
1	2.000	3	Regelmäßig
2	2.000	4	Benutzerdefiniert
3	2.000	1	Benutzerdefiniert
4	2.000	3	Regelmäßig
5	2.000	3	Benutzerdefiniert

Bild 3.12: Maske 1.2 *Geometrie*, Register *Steifen* für Laufkran

Durch die definierten Auflager wird der Träger in *Innenfelder* unterteilt. Die Anordnung der Steifen in diesen Feldern kann nun durch eine Erhöhung der *Anzahl* weiter verfeinert sowie individuell angepasst werden. Die Spalte C bietet zwei Optionen zur Anordnung der Steifen.



Mit der Option *Regelmäßig* wird eine gleichmäßige Aufteilung über die Anzahl der Innenfelder generiert. Mit der minimalen Teilung von 1 werden die Steifen am Auflager angeordnet. Bei einer Teilung von 2 wird eine zusätzliche Steife in Feldmitte berücksichtigt; entsprechend werden bei einer Teilung von 3 jeweils Steifen in den Drittelpunkten des Feldes angeordnet. In der Grafik des Trägers werden Änderungen dynamisch visualisiert.

Unterschiedliche Steifenabstände im Feld lassen sich auch *Benutzerdefiniert* modellieren: Nach einem Klick in das Feld in Spalte C wird dort die Schaltfläche  angezeigt. Sie ruft den Dialog *Position der Steifen* auf, in dem die Steifenpositionen im aktuellen Feld festgelegt werden können.

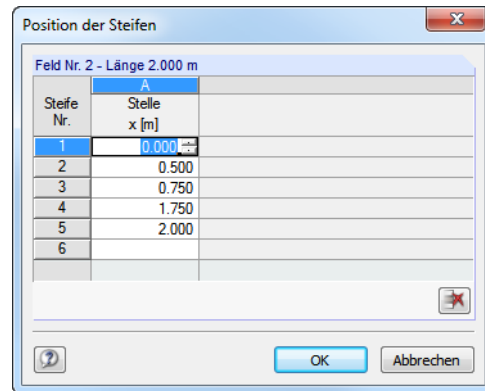


Bild 3.13: Dialog *Position der Steifen*

Der Abschnitt *Option* im Register *Steifen* bietet eine zusätzliche Möglichkeit zur Positionierung von Steifen: Das Anhängen des Kontrollfeldes bewirkt, dass die Steifen gleichmäßig nur zwischen Auflagern aufgeteilt werden, die in Z-Richtung gehalten sind. Die Teilung erfolgt auf Basis der gewählten Anzahl der Innenfelder. Bild 3.14 stellt diese Möglichkeit beispielhaft dar.

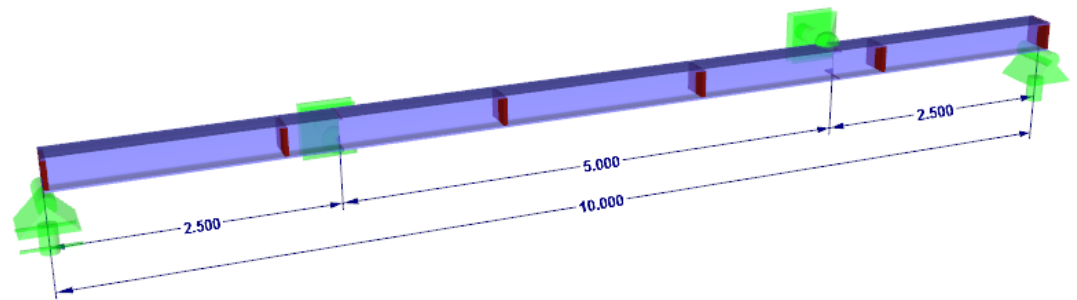


Bild 3.14: Regelmäßige Positionierung von Steifen nur zwischen Auflagern in Z-Richtung

3.3 Querschnitt

In dieser Maske sind die Querschnittsparameter auszuwählen, die Schienen zu definieren und die Vorgaben für den Ermüdungsnachweis bzw. Betriebsfestigkeitsnachweis und die Nachweise der Schweißnähte zu treffen.

Bild 3.15: Maske 1.3 Querschnitt

Träger

In diesem Abschnitt ist der Querschnitt des Kranbahnträgers zu definieren.


Bild 3.16: Abschnitt Träger

Es stehen folgende Profiltypen zur Auswahl:

- Gewalzter Querschnitt
- Geschweißter Querschnitt



Bei Walzprofilen besteht Zugriff auf die umfangreiche [Bibliothek] der I-förmigen Walzprofile, die über die entsprechende Schaltfläche zugänglich ist. In einem neuen Dialog ist zunächst die I-Profilreihe (I, IPE, IPEa, IPEo, IPEv, HE-B, HE-A, HE-M, HE-AA usw.) anzugeben. Danach kann das gewünschte Walzprofil in der Profilvereihe ausgewählt werden (siehe Bild 3.17).

Über die Schaltfläche  sind detaillierte Informationen über den selektierten Querschnitt aufrufbar (siehe Bild 3.23).

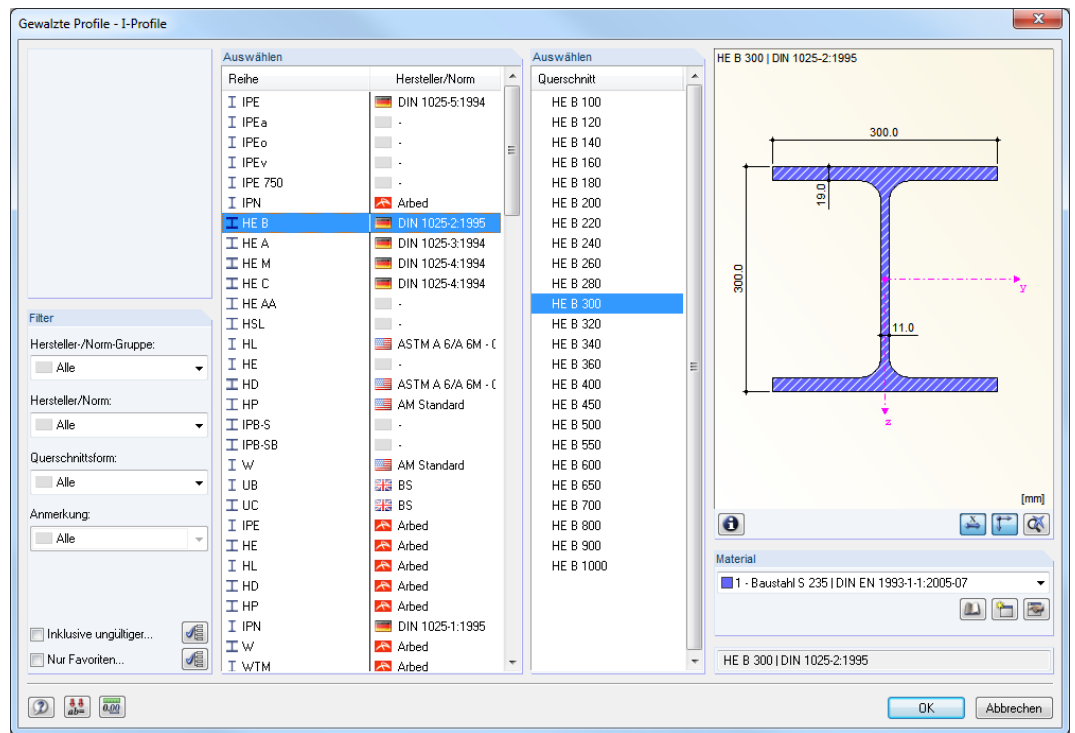



Bild 3.17: Querschnittbibliothek für *Gewalzte Profile*

Liegt ein *Geschweißter Querschnitt* vor, können über die Schaltfläche  I-förmige, einachsige symmetrische Profile definiert werden.

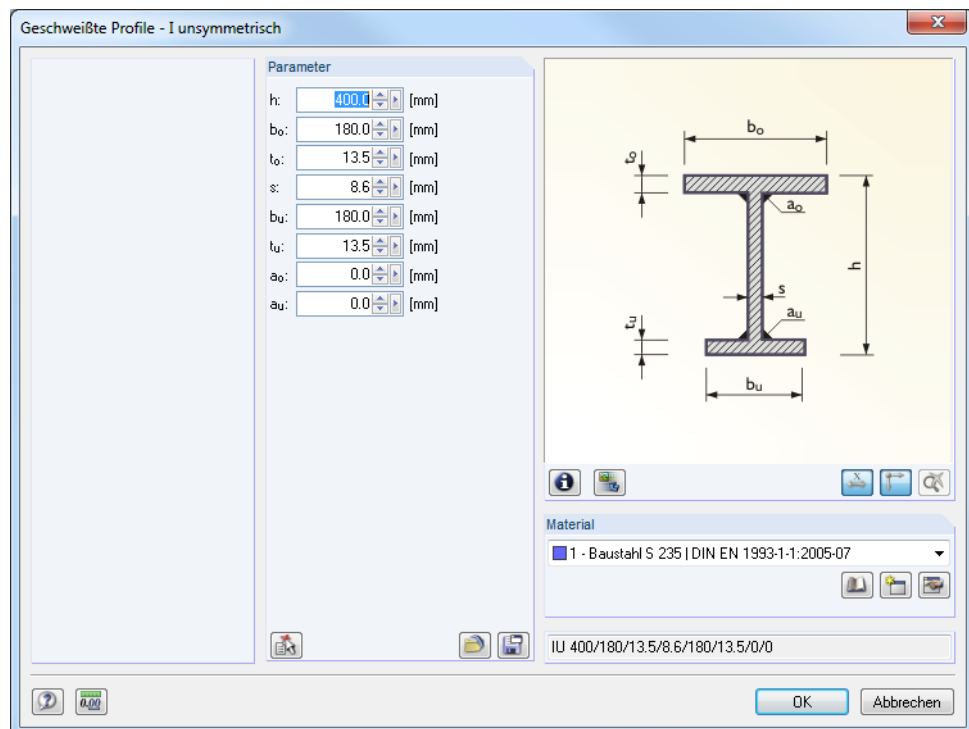





Bild 3.18: Parametrische Eingabe für *Geschweißte Profile*

Die Abmessungen sind manuell einzugeben, können aber über die Schaltfläche  auch von I-Walzprofilen übernommen werden.

Um die Eingaben zu sichern, kann der Querschnitt mit der Schaltfläche  in der Benutzer-Profilbibliothek abgelegt werden. Gespeicherte Profile lassen sich mit der Schaltfläche  wieder aus dieser Bibliothek einlesen.

Schienenquerschnitt

Bei einem Laufkran kann in diesem Abschnitt die Kranschiene festgelegt werden.



Bild 3.19: Abschnitt *Schienenquerschnitt*



Gewalzte Schienen lassen sich ebenfalls in der [Bibliothek] auswählen.

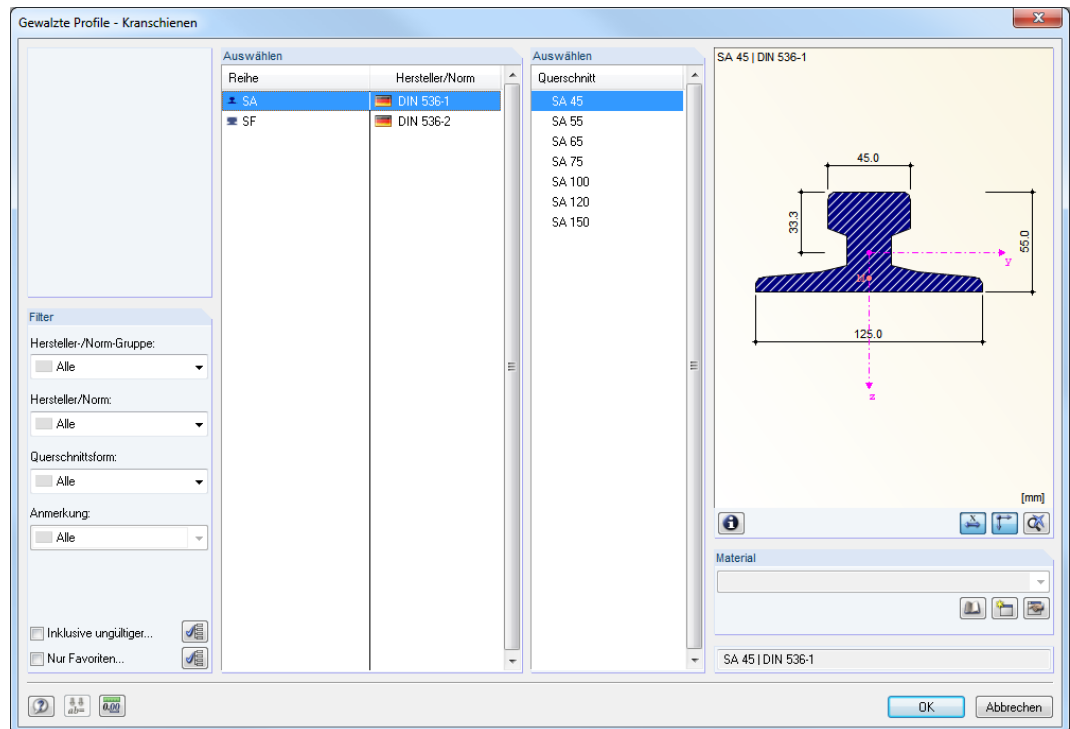


Bild 3.20: Querschnittbibliothek für *Gewalzte Profile - Kranschinen*

Bei einer *Lasche* ist die Breite *a* und die Höhe *b* festzulegen.

Trägerquerschnitte aus Walz- oder Schweißprofilen können beliebig mit einer Schiene oder Lasche kombiniert werden. Falls das Schienenprofil zu groß bzw. das Trägerprofil zu klein gewählt wird, kann die Eingabe erst mit einem plausiblen Kranbahnträgerprofil fortgesetzt werden.

Zusätzlicher Querschnitt

Bei einem Laufkran können Zusatzprofile am Kranbahnträger angeordnet werden.

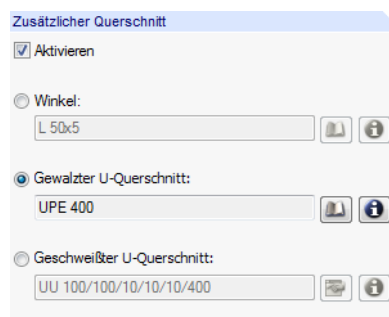


Bild 3.21: Abschnitt *Zusätzlicher Querschnitt*



Als Zusatzprofile sind *Winkel*- und *U-Querschnitte* möglich. Sie lassen sich – wie die Querschnitte der Träger – in der [Bibliothek] auswählen oder mit der Schaltfläche definieren.

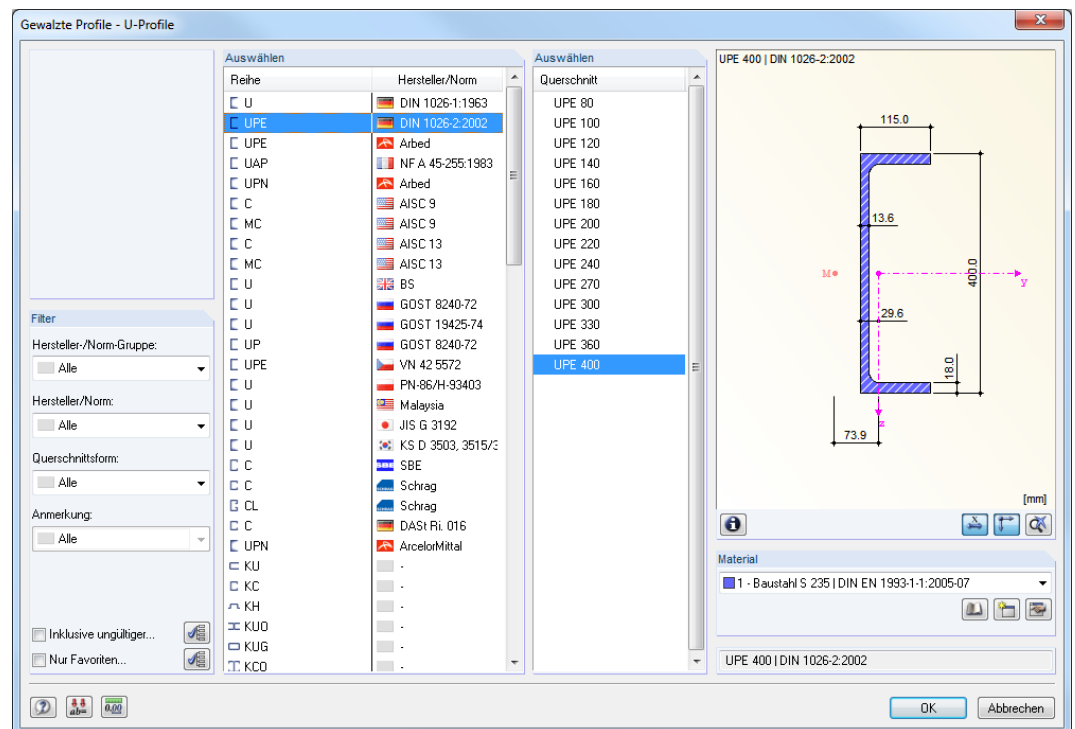


Bild 3.22: Querschnittbibliothek für *Gewaltete Profile - U-Profil*

Bei den Eingabefeldern der Zusatzprofile, in der Bibliothek sowie beim Gesamtquerschnitt steht die Schaltfläche zur Verfügung. Sie ruft den Dialog *Info über Querschnitt* mit den Kennwerten des aktuellen Querschnitts auf.

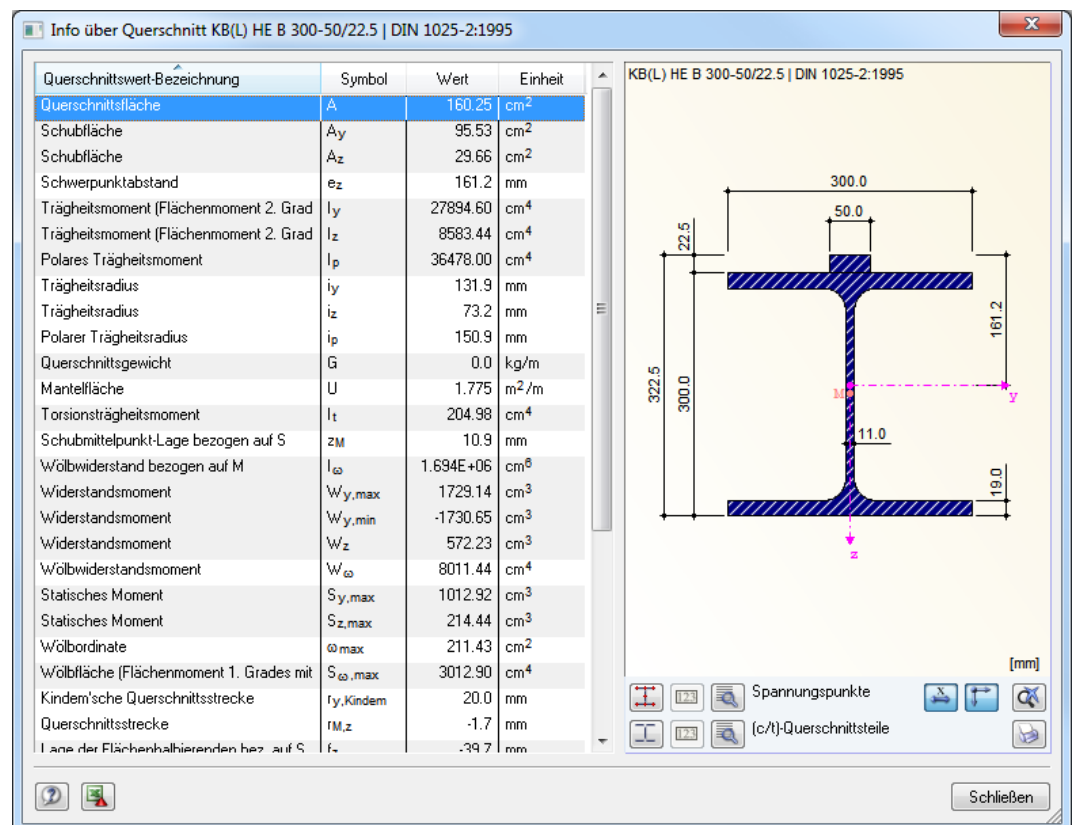


Bild 3.23: Dialog *Info über Querschnitt*

Der *Info*-Dialog gibt auch Aufschluss über Spannungspunkte und c/t-Querschnittsteile. Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blendet die Spannungspunkte ein oder aus (siehe Bild 3.24)
	Blendet die c/t-Querschnittsteile ein oder aus (siehe Bild 3.25)
	Blendet die Nummern der Spannungspunkte bzw. c/t-Teile ein oder aus
	Zeigt die Details der Spannungspunkte bzw. c/t-Teile an
	Schaltet die Bemaßung des Querschnitts ein oder aus
	Schaltet die Hauptachsen des Querschnitts ein oder aus
	Stellt die Gesamtansicht des Querschnitts wieder her

Tabelle 3.1: Schaltflächen im Dialog *Info über Querschnitt*



Mit dem Aktivieren der Schaltflächen [Spannungspunkte] und [Nummerierung] werden die automatisch angelegten Spannungspunkte in der Profilgrafik dargestellt.



Über die Schaltfläche [Details] sind die Koordinaten, statischen Momente, Dicken und Wölbordinaten der Spannungspunkte in einem neuen Dialog einsehbar.

Spannungspunkte von KB(L) HE B 300-50/22.5 | DIN 1025-2:1995

Spann- P Nr.	A Koordinaten		B Statische Momente		C Dicke t [mm]	D Wölbung	
	y [mm]	z [mm]	S _y [cm ³]	S _z [cm ³]		ω [cm ²]	A _ω [cm ⁴]
1	-25.0	-161.2	0.00	0.00	22.5	40.20	0.00
2	0.0	-161.2	-84.30	-7.03	22.5	0.00	-113.06
3	25.0	-161.2	0.00	0.00	22.5	-40.20	0.00
4	-150.0	-138.7	0.00	0.00	19.0	210.07	0.00
5	-32.5	-138.7	-287.97	-203.68	19.0	45.51	-2852.95
6	-32.5	-138.7	-287.97	-203.68	19.0	45.51	-2852.95
7	0.0	-138.7	-370.47	-214.44	19.0	0.00	-2993.48
8	32.5	-138.7	-287.97	203.68	19.0	-45.51	2852.95
9	32.5	-138.7	-287.97	203.68	19.0	-45.51	2852.95
10	150.0	-138.7	0.00	0.00	19.0	-210.07	0.00
11	0.0	-92.7	-961.62	0.00	11.0	0.00	0.00
12	0.0	115.3	-917.30	0.00	11.0	0.00	0.00
13	0.0	0.0	-1012.86	0.00	11.0	0.00	0.00
14	-150.0	161.3	0.00	0.00	19.0	-211.43	0.00
15	-32.5	161.3	-339.09	203.68	19.0	-45.81	-2871.46
16	0.0	161.3	-435.90	214.44	19.0	0.00	-3012.90
17	32.5	161.3	-339.09	-203.68	19.0	45.81	2871.46
18	150.0	161.3	0.00	0.00	19.0	211.43	0.00

KB(L)

Schließen

Bild 3.24: Dialog *Spannungspunkte*



Nach dem Aktivieren der Schaltflächen [c/t-Querschnittsteile] und [Nummerierung] werden die c/t-Teile des Querschnitts in der Profilgrafik dargestellt.



Die c/t-Verhältnisse der einzelnen Querschnittsteile lassen sich über die Schaltfläche [Details] in tabellarischer Form überprüfen (siehe Bild 3.25).

(c/t)-Querschnittsteile von KB(L) HE B 300-50/22.5 | DIN 1025-2:1995

(c/t)-Teil Nr.	A Gelagert Form	B c [mm]	C t [mm]	D c/t [-]	E Koordinaten Anfang y [mm]	F z [mm]	G Koordinaten Ende y [mm]	H z [mm]	I Mittlere statische Momente S _y [cm ³]	J S _z [cm ³]
1	Einseitig	117.5	19.0	6.18	-32.5	-138.7	-150.0	-138.7	143.99	123.71
2	Einseitig	117.5	19.0	6.18	32.5	-138.7	150.0	-138.7	143.99	123.71
3	Einseitig	117.5	19.0	6.18	-32.5	161.3	-150.0	161.3	169.55	123.71
4	Einseitig	117.5	19.0	6.18	32.5	161.3	150.0	161.3	169.55	123.71
5	Beidseitig	208.0	11.0	18.91	0.0	-92.7	0.0	115.3	987.98	0.00

KB(L)

Schließen

Bild 3.25: Dialog (c/t)-Querschnittsteile

Zusätzliche Nachweise

Ermüdungsnachweis durchführen

Zusätzlich kann ein Ermüdungsnachweis (Betriebsfestigkeitsnachweis) geführt werden.

Zusätzliche Nachweise

☒ Ermüdungsnachweis durchführen

Kerbfälle...

☒ Nachweis der Schweißnähte durchführen

Dicke der Schweißnähte zwischen

☒ - Schiene und Flansch

a: 6.0 [mm]

- Flansch oben und Steg

a_o: 0.0 [mm]

Schweißnahttyp:

☐ Doppelkehlnaht

☒ Stumpfnah

- Flansch unten und Steg

a_u: 0.0 [mm]

Schweißnahttyp:

☐ Doppelkehlnaht

☒ Stumpfnah

☐ Unterbrochene Schweißnähte zwischen Schiene und Flansch:

- Schweißnahtlänge

L_W: 100.0 [mm]

- Unterbrechungslänge

L_I: 250.0 [mm]

Bild 3.26: Abschnitt *Zusätzliche Nachweise* für EN 1993-6

Kerbfälle...

Beim Anhängen des Kontrollfeldes *Ermüdungsnachweis durchführen* wird die Schaltfläche [Kerbfälle] zugänglich. Sie ermöglicht den Zugang zum Dialog *Kerbfälle bearbeiten* (siehe Bild 3.27), in dem die Vorgaben für die relevanten Spannungspunkte zu treffen sind.

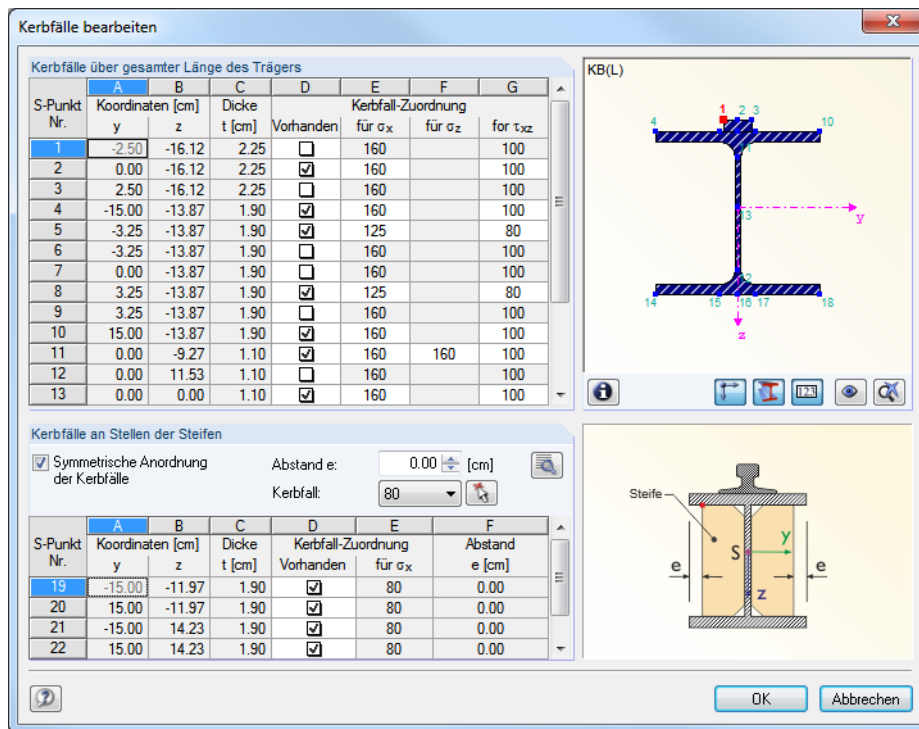


Bild 3.27: Dialog Kerbfälle bearbeiten

In der oberen Tabelle sind die Profil-Spannungspunkte einschließlich der automatischen Zuordnung zu Kerbfällen aufgelistet, für die ein Ermüdungsnachweis erfolgt. Nach dem Anhängen eines Spannungspunkts in Spalte D *Vorhanden* kann der zugehörige Kerbfall zugeordnet werden.



Im Stegansatz zum oberen Flansch muss aufgrund der großen Zusatznormalspannungen σ_z auch ein Kerbfall für Beanspruchung in z-Richtung eingeben werden.

Wenn in Spalte E oder F zur Eingabe des Kerbfalls in eine Zelle geklickt wird, erscheinen dort zwei Schaltflächen. Die Schaltfläche öffnet eine Liste, in der der relevante Kerbfall ausgewählt werden kann. Mit dem Klick auf erscheint ein Dialog mit einem Auszug aus EN 1993-1-9 [5] bzw. DIN 4132 [2]. Auch dort kann der geeignete Kerbfall mit [Anwenden] ausgewählt werden.

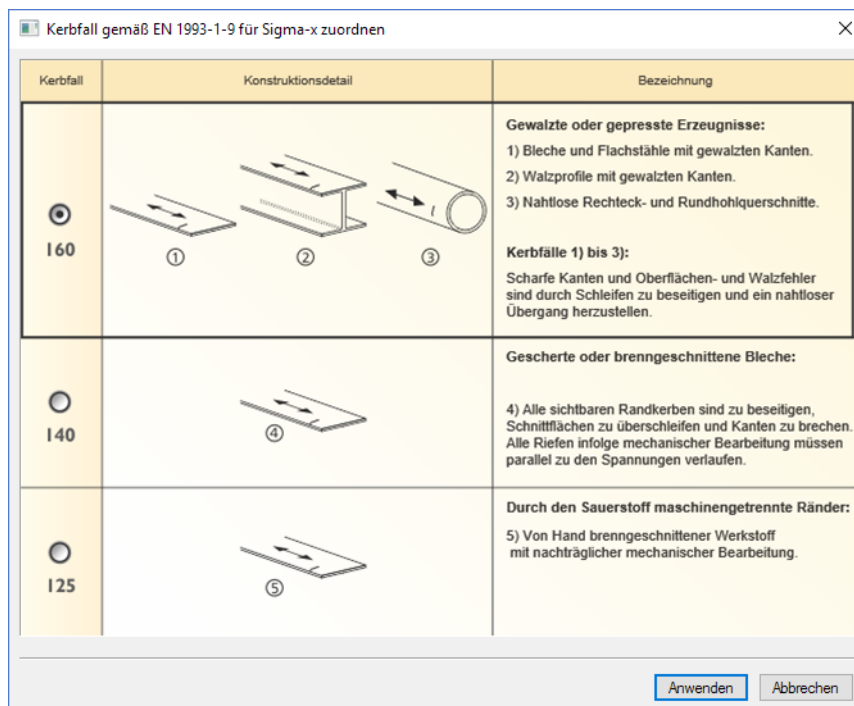
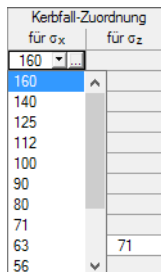


Bild 3.28: Dialog Kerbfall gemäß EN 1993-1-9

In der unteren Tabelle des Dialogs *Kerbfälle bearbeiten* (siehe Bild 3.27) können die Spannungspunkte für die Berechnung der Ermüdung (Betriebsfestigkeit) für Quersteifen mit den zugehörigen Kerbfällen definiert werden. Diese Spannungspunkte werden nur an den x-Stellen berücksichtigt, an denen sich Quersteifen befinden. Auch diesen Spannungspunkten muss der entsprechende Kerbfall zugeordnet werden. Über die Schaltfläche [...] ist wieder der *Kerbfall*-Dialog zugänglich (siehe Bild 3.28), der die Auswahl erleichtert.

Für die Steifen sind Spannungspunkte und Kerbfälle voreingestellt. Die Koordinaten und zugeordneten Kerbfälle können bei Bedarf angepasst werden. Ist das Kontrollfeld *Symmetrische Anordnung der Kerbfälle* aktiviert, so werden die Angaben für den Abstand und den Kerbfall für alle Steifen-Spannungspunkte einheitlich geändert. Die Anpassungen sind über die *Kerbfall*-Liste und das Eingabefeld *Abstand e* möglich.

Kerbfälle an Stellen der Steifen

S-Punkt Nr.	A Koordinate y [cm]	B Koordinate z [cm]	C Dicke t [cm]	D Kerbfall-Zuordnung Vorhanden	E für σ_x	F Abstand e [cm]
20	-15.00	-14.95	2.30	<input checked="" type="checkbox"/>	80	0.00
21	15.00	-14.95	2.30	<input checked="" type="checkbox"/>	80	0.00
22	-15.00	29.45	2.30	<input checked="" type="checkbox"/>	80	0.00
23	15.00	29.45	2.30	<input checked="" type="checkbox"/>	80	0.00

☒ Symmetrische Anordnung der Kerbfälle

Abstand e : [cm]

Kerbfall:

Bild 3.29: Abschnitt *Kerbfälle an Stellen der Steifen*

Nach dem Deaktivieren des Kontrollfeldes *Symmetrische Anordnung der Kerbfälle* sind die Spalten E und F für individuelle Anpassungen zugänglich.



Die Schaltfläche [Details] neben dem Eingabefeld für *e* ruft einen Dialog mit den tabellarisch geordneten Koordinaten und den statischen Kennwerten dieser Spannungspunkte auf.

Spannungspunkte an Stellen der Steifen

S-Punkt Nr.	A Koordinate y [cm]	B Koordinate z [cm]	C Statische Momente [cm ³] S _y S _z	D Dicke t [cm]	E Wölbordinate ω [cm ²]	F Wölbfläche A _ω [cm ⁴]	G
20	-15.00	-14.95	0.00 0.00	2.30	64.85	0.00	
21	15.00	-14.95	0.00 0.00	2.30	-64.85	0.00	
22	-15.00	29.45	0.00 0.00	2.30	-635.65	0.00	
23	15.00	29.45	0.00 0.00	2.30	635.65	0.00	

Steife

OK Abbrechen

Bild 3.30: Dialog *Spannungspunkte an Stellen der Steifen*

Nachweis der Schweißnähte durchführen

Nach dem Anhängen des Kontrollfeldes *Nachweis der Schweißnähte durchführen* kann die Dicke der Schweißnaht zwischen Schiene und Flansch festgelegt werden. Bei einem geschweißten Querschnitt lassen sich zusätzlich die Schweißnaht-Parameter für die Verbindung von Flansch und Steg vorgeben.

Bild 3.31: Abschnitt *Zusätzliche Nachweise*

Für den *Schweißnahttyp* stehen folgende Optionen zur Auswahl:

- Doppelkehlnaht
- Stumpfnäht

Über die Schaltfläche sind Informationen zu den einzelnen Nahttypen aufrufbar.

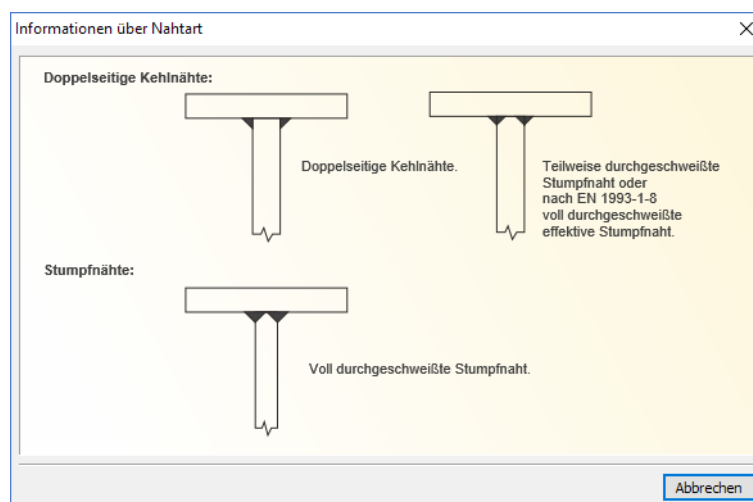



Bild 3.32: Dialog *Informationen über Nahtart*

Liegt eine Doppelkehlnaht vor, so ist die Dicke a der Schweißnaht anzugeben.

Die Option *Unterbrochene Schweißnähte* eignet sich für Fälle, bei denen Schweißnaht zwischen Kranschiene und Flansch keinen kontinuierlichen Verlauf aufweist. Dabei wird eine gegenüberliegende Anordnung angenommen. Nach dem Anhaken des Kontrollfeldes können die Längen der Schweißnaht und der Unterbrechung eingegeben werden. Diese Vorgaben werden dann bei der Bemessung berücksichtigt.

Auch hier bietet die Schaltfläche  eine Hilfestellung für die Eingabe der Parameter.

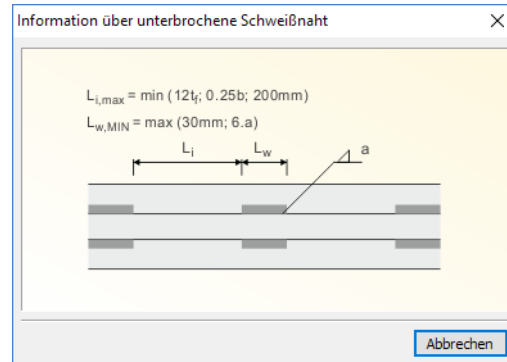


Bild 3.33: Dialog Informationen über unterbrochene Schweißnaht

Extras

In diesem Abschnitt stehen zwei Kontrollfelder zur Verfügung, die für die Schienenquerschnitte relevant sind.

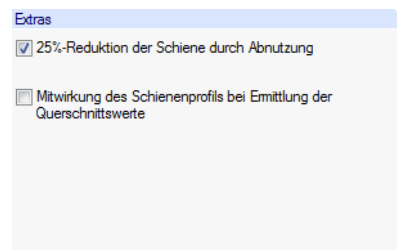


Bild 3.34: Abschnitt Extras

Bei der *25%-Reduktion der Schiene durch Abnutzung* wird für die Schiene oder Lasche ein reduziertes Profil berücksichtigt. Damit wird z. B. bei einer Schiene SA 45 nur noch das Profil SA 45 (Kopfabnutzung) oder bei einer Lasche 50/40 nur eine Lasche 50/30 angesetzt.



Im Falle einer *Mitwirkung des Schienenprofils bei Ermittlung der Querschnittswerte* werden die erhöhten Querschnittswerte für die Berechnung der Schnittgrößen und Verformungen verwendet. Die Kranlasten werden jedoch immer auf die Schienenoberkante bezogen in der Berechnung angesetzt.

3.4 Belastung

In Maske 1.4 sind die Belastungen des Kranbahnträgers einzugeben.

1.4 Belastung

Anzahl Krane: **Trägerpuffer**
☒ Links: b_L : [m]
☒ Rechts: b_R : [m]

Zusatzlasten
 Ständig vertikal: g : [kN/m]
 Veränderlich seitlich: w : [kN/m]

Kranlasten an:
☐ Beide Träger (R_{max} und R_{min})
☒ Nur Träger mit R_{max}

Kran Nr. 1

Kranparameter
 Kranbezeichnung:
 S-Klasse:
 Anzahl Kranachsen:
 Dynamische Beiwerte ϕ ...
 Kranpuffer
 Links: a_L : [m]
 Rechts: a_R : [m]
 Radabstand: n : [mm]

Achsenabstände:

i	a_i [m]
1	1.060
2	4.516
3	1.060
4	
5	
6	
7	

Kranlasten
 Träger i = 1 (R-max)

Achse j	Vertikale Radlasten		Horizontale Radlasten		Längsbelastung H_L [kN]
	$Q_{C,i,j}$ [kN]	$Q_{H,i,j}$ [kN]	$H_{T,i,j}$ [kN]	$H_{S,i,j}$ [kN]	
1	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
2	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
3	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
4	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
5					
6					
7					
8					
9					

Schräglaukraft S: [kN] Abstand e / von Achse j: [m] 1
 Pufferkraft H_B : [kN]

Schrittweite
 Schrittweite der Laststellungen: [m]
 Anzahl der zu erzeugenden:
 - Kran-Laststellungen:
 - Lastkombinationen:
 - Pufferlast-Kombinationen:

Bild 3.35: Maske 1.4 Belastung

Über die Liste *Anzahl Krane* ist festzulegen, wie viele Krane zusammen über den Kranbahnträger fahren können. Es sind bis zu drei Krane möglich. Die Eingaben für jeden Kran können dann in separaten Registern der Maske vorgenommen werden.

Sind *Trägerpuffer* vorhanden, die das Hinausfahren des Krans am linken und/oder rechten Ende verhindern, so können in den beiden Eingabefeldern die Abstände b_L und b_R angegeben werden. Damit verringert sich auch die Anzahl der generierten Lastkombinationen. Eine exzentrische Anordnung der Puffer kann über die Schaltfläche in einem Dialog beschrieben werden.

Exzentrizitäten der Puffer


Exzentrizitäten der Puffer
☒ Exzentrizitäten definieren

Puffer links: e_L : [m] Puffer rechts: e_R : [m]

OK Abbrechen

Bild 3.36: Dialog Exzentrizitäten der Puffer

Zu den Belastungen aus dem Kranbetrieb können noch *Zusatzlasten* eingegeben werden – die ständige Last g und die seitliche Last w (Wind). Das Eigengewicht braucht nicht als ständige Last eingegeben werden, da es automatisch berücksichtigt wird. Die Zusatzlasten werden als ständige bzw. veränderliche Linienlasten angesetzt.

Falls die Zusatzlasten nicht im Schwerpunkt des Trägers wirken, können die Exzentrizitäten über die Schaltfläche  in einem Dialog definiert werden.

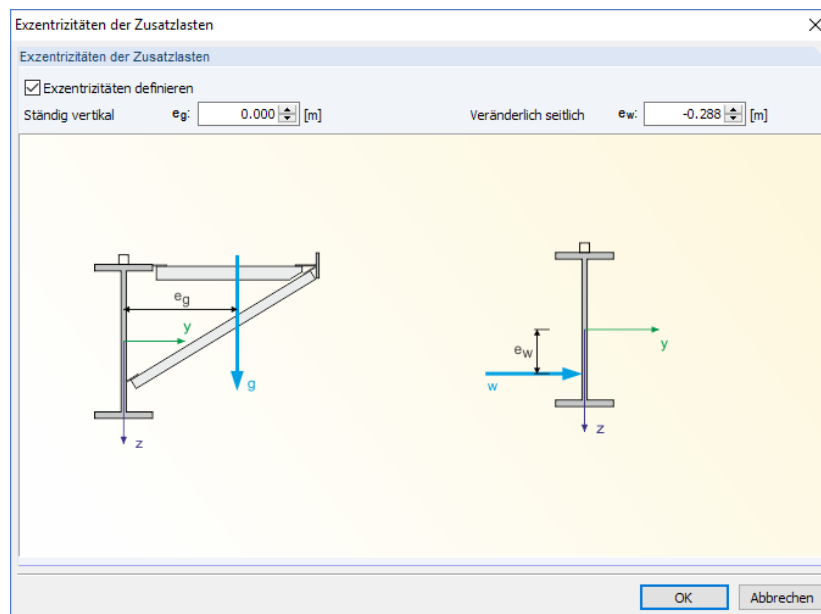


Bild 3.37: Dialog *Exzentrizitäten der Zusatzlasten*

Kranlasten an:
☐ Beide Träger (R_{\max} und R_{\min})
☒ Nur Träger mit R_{\max}

Die beiden Auswahlfelder für *Kranlasten an* ermöglichen es, die Bemessung der Lasten zu steuern: Wenn der Nachweis des Kranbahnträgers mit den maximalen Radlasten ausreicht, kann die Option *Nur Träger mit R_{\max}* gewählt werden. Steht jedoch nicht eindeutig fest, welche Lasten maßgebend sind, sollte sicherheitshalber die Option *Beide Träger (R_{\max} und R_{\min})* aktiviert werden. Damit erhöht sich zwangsläufig auch die Anzahl der Lastkombinationen.

Kranparameter

Der mittlere Bereich der Maske 1.4 besteht aus zwei Abschnitten, in denen die *Kranparameter* und *Kranlasten* für jeden Kran definiert werden können.

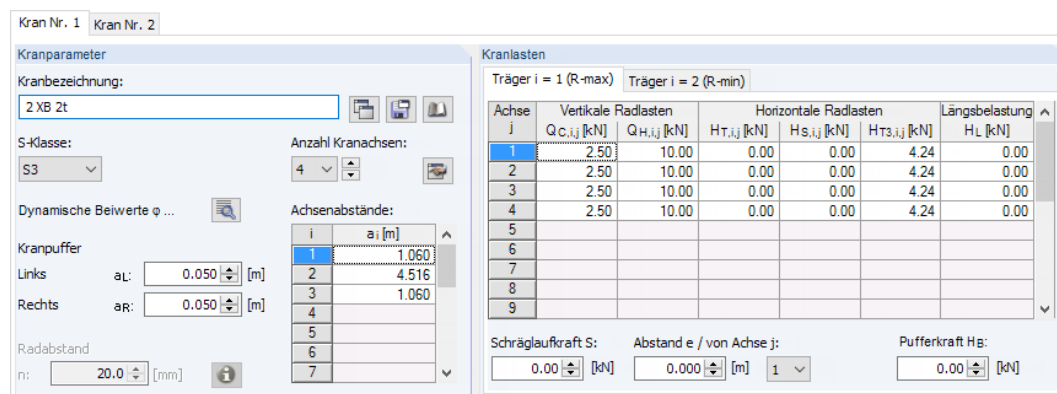
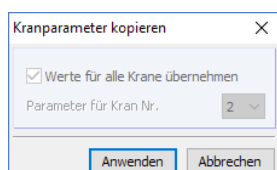



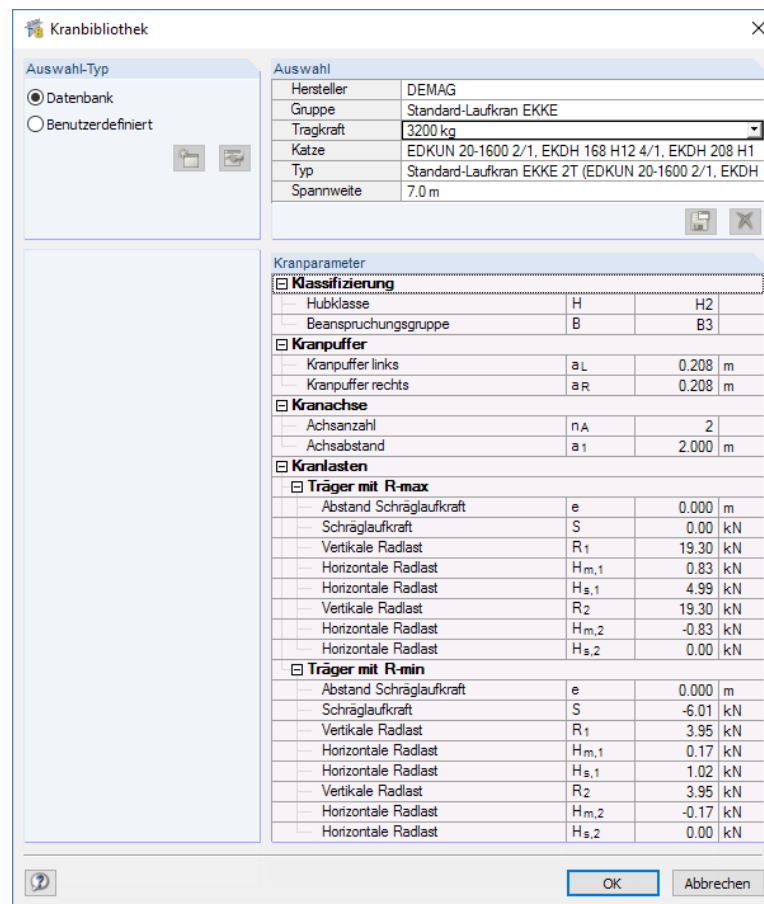


Bild 3.38: Abschnitte *Kranparameter* und *Kranlasten*



Mit der Schaltfläche  können die Eingaben des Kran Nr. 1 auf den zweiten und ggf. dritten Kran übertragen werden. Die Schaltfläche  sichert die aktuellen Eingaben als benutzerdefinierten Eintrag in der Kranbibliothek (siehe Bild 3.39).

Die Auswahl eines Krans ist über die Schaltfläche  in der Bibliothek möglich. Für DIN 4132 steht eine *Datenbank* mit Kranen der Hersteller DEMAG und KÜHNEZUG zur Verfügung.



Kranbibliothek

Auswahl-Typ

☒ Datenbank
☐ Benutzerdefiniert

Auswahl

Hersteller	DEMAG
Gruppe	Standard-Laufkran EKKE
Tragkraft	3200 kg
Katze	EDKUN 20-1600 2/1, EKD H 168 H12 4/1, EKD H 208 H1
Typ	Standard-Laufkran EKKE 2T (EDKUN 20-1600 2/1, EKD H
Spannweite	7.0 m

Kranparameter

☒ **Klassifizierung**

Hubklasse	H	H2
Beanspruchungsgruppe	B	B3

☒ **Kranpuffer**

Kranpuffer links	aL	0.208 m
Kranpuffer rechts	aR	0.208 m

☒ **Kranachse**

Achsanzahl	nA	2
Achsabstand	a1	2.000 m

☒ **Kranlasten**

☒ **Träger mit R-max**

Abstand Schräglauflast	e	0.000 m
Schräglauflast	S	0.00 kN
Vertikale Radlast	R ₁	19.30 kN
Horizontale Radlast	H _{m,1}	0.83 kN
Horizontale Radlast	H _{s,1}	4.99 kN
Vertikale Radlast	R ₂	19.30 kN
Horizontale Radlast	H _{m,2}	-0.83 kN
Horizontale Radlast	H _{s,2}	0.00 kN

☒ **Träger mit R-min**

Abstand Schräglauflast	e	0.000 m
Schräglauflast	S	-6.01 kN
Vertikale Radlast	R ₁	3.95 kN
Horizontale Radlast	H _{m,1}	0.17 kN
Horizontale Radlast	H _{s,1}	1.02 kN
Vertikale Radlast	R ₂	3.95 kN
Horizontale Radlast	H _{m,2}	-0.17 kN
Horizontale Radlast	H _{s,2}	0.00 kN

OK Abbrechen

Bild 3.39: Kranbibliothek für DIN 4132


Die Eingabefelder des Abschnitts *Kranparameter* (siehe Bild 3.38) hängen von der gewählten Norm ab. Im Folgenden sind die Parameter für **EN 1993-6** vorgestellt.

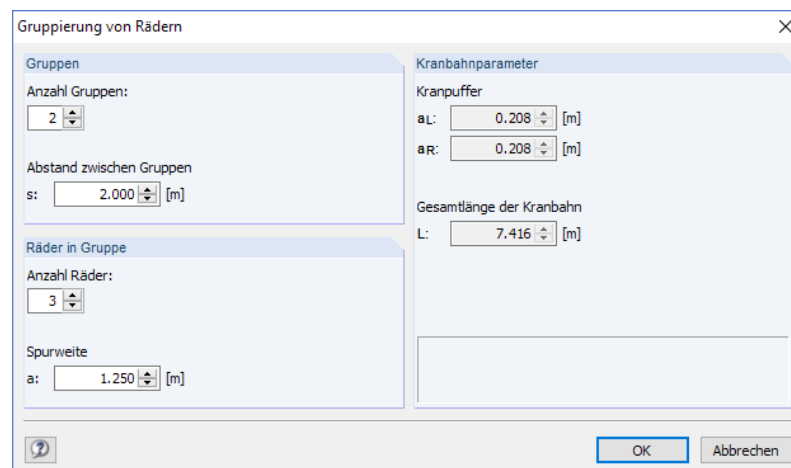
S-Klasse:

- S2
- S0
- S1
- S2
- S3
- S4
- S5
- S6
- S7
- S8
- S9

In der Liste der *S-Klasse* kann die relevante Beanspruchungsklasse ausgewählt werden. Bei den Klassen S4 bis S9 berücksichtigt KRANBAHN den exzentrischen Lastangriff von $\frac{1}{4}$ der Schienenkopfbreite gemäß [6] und [7].

Für jeden Kran können bis zu 20 *Kranachsen* definiert werden. Die jeweiligen *Achsenabstände* und Abstände der *Kranpuffer* sind in der Tabelle bzw. den entsprechenden Eingabefeldern einzutragen.

Über die Schaltfläche  ist es möglich, Räder von Achsen in Gruppen zusammenzufassen.



Gruppierung von Rädern

Gruppen

Anzahl Gruppen: 2

Abstand zwischen Gruppen s: 2.000 [m]

Räder in Gruppe

Anzahl Räder: 3

Spurweite a: 1.250 [m]

Kranbahnparameter

Kranpuffer

aL: 0.208 [m]

aR: 0.208 [m]

Gesamtlänge der Kranbahn L: 7.416 [m]

OK Abbrechen

Bild 3.40: Dialog Gruppierung von Rädern

Zunächst ist die Anzahl der *Gruppen* und der Abstand zwischen den Gruppen anzugeben. Die *Räder in Gruppe* und deren Spurweite (Achsabstand der Träger) können im Abschnitt unterhalb festgelegt werden. Zur Kontrolle wird die aus den Kranpuffern resultierende Kranlänge angezeigt.



Die Schaltfläche [Dynamische Beiwerte bearbeiten] im Abschnitt *Kranparameter* (siehe Bild 3.38) ruft einen Dialog auf, in dem die Schwingbeiwerte φ des Kranbahnträgers nach [6] festgelegt werden können.

Bild 3.41: Dialog *Dynamische Beiwerte*

Bei einem Hängekran sind über die Schaltfläche  Informationen zum *Radabstand n* abrufbar.

Bild 3.42: Dialog *Info über Radabstand*

Kranlasten

Achse j	Vertikale Radlasten		Horizontale Radlasten		Längsbelastungen H _L [kN]
	Q _{C,i,j} [kN]	Q _{H,i,j} [kN]	H _{T,i,j} [kN]	H _{S,i,j} [kN]	
1	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
2	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
3	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
4	2.50	10.00	0.00	0.00	4.24
5					
6					
7					
8					
9					

Bild 3.43: Abschnitt *Kranlasten*

In dieser Tabelle sind die maximalen *Vertikalen Radlasten* Q_c (infolge Kraneigengewicht) und Q_H (infolge Hublast), die zugehörigen *Horizontalen Radlasten* H_T (infolge Anfahren/Bremsen der Kranbrücke), H_S (Schräglaufräfte infolge Anfahren/Bremsen eines Krans) und H_{T3} (infolge Anfahren/Bremsen von Laufkatze oder Hubwerk) sowie die zugehörigen *Längsbelastungen* H_L (infolge Anfahren/Bremsen eines Krans) einzutragen.

Falls zusätzlich eine *Schräglaufrkraft* wirksam ist, kann sie unterhalb der Tabelle angegeben werden.

Alle Lasten wirken an der Schienenoberkante. Falls die Schräglaufrkraft unabhängig von den anderen Lasten (z. B. bei Führungsrollen) mit einem anderen Abstand von der Achse ansetzt, kann der *Abstand e* des Lastangriffspunkts von S zu einer bestimmten *Achse* des Krans festgelegt werden.

Zusätzlich ist es möglich, eine *Pufferkraft* H_B zu definieren.



Falls ein *Hängekran* untersucht wird, sind die vertikalen Radlasten vielmehr als vertikale Achslasten anzusehen. Aus den Eingaben ergibt sich die im [Bild 3.42](#) dargestellte Aufteilung der Lasten.

Beim Aktivieren des Auswahlfeldes *Beide Träger* (R_{\max} und R_{\min}) im Abschnitt oberhalb erscheint ein zweites Register. Dort können die minimalen *Vertikalen Radlasten* sowie die zugehörigen *Horizontalen Radlasten* und *Längsbelastungen* angegeben werden.

Kranlasten an:
☒ Beide Träger (R_{\max} und R_{\min})
☐ Nur Träger mit R_{\max}

Achse j	Vertikale Radlasten		Horizontale Radlasten			Längsbelastungen H_L [kN]
	$Q_{c,i,j}$ [kN]	$Q_{H,i,j}$ [kN]	$H_{T,i,j}$ [kN]	$H_{S,i,j}$ [kN]	$H_{T3,i,j}$ [kN]	
1	1.00	2.50	0.00	0.00	1.75	0.00
2	1.00	2.50	0.00	0.00	1.75	0.00
3	1.00	2.50	0.00	0.00	1.75	0.00
4	1.00	2.50	0.00	0.00	1.75	0.00
5						
6						
7						
8						
9						

Schräglaufrkraft S: 0.00 [kN] Abstand e / von Achse j: 0.000 [m] 1 Pufferkraft H_g : 0.00 [kN]

Bild 3.44: Abschnitt *Kranlasten* für Option *Beide Träger* (R_{\max} und R_{\min})

Schrittweite

Dieser Abschnitt steuert das Intervall der zu untersuchenden Kranlaststellungen.

Schrittweite der Laststellungen: 0.500 [m]

Anzahl der zu erzeugenden

- Kran-Laststellungen: 22
- Lastkombinationen: 111
- Pufferlast-Kombinationen: 2

Bild 3.45: Abschnitt *Schrittweite*

Es ist ein Abstand von 50 cm voreingestellt. Bei der Vorgabe der Schrittweite ist zu bedenken, dass alle erzeugten Lastkombinationen berechnet werden müssen.

Die Anzahl der generierten *Kran-Laststellungen*, *Lastkombinationen* und *Pufferlast-Kombinationen* hängt von der Geometrie des Kranbahnträgers, den angesetzten Lasten und der Schrittweite ab.

3.5 Lastkombinationen

Die Maske 1.5 Lastkombinationen mit der dynamischen Grafik bietet einen Überblick über die Einwirkungssituationen mit allen Lasten und Lastkombinationen.

1.5 Lastkombinationen

A	B	C	D	E	F
LK Nr.	Träger	Ort des ersten Kranrads [m]	Kran 1	Kran 2	Kran 3
LK58	Max	5.100			$\gamma_G (LF1 + LF91) + \gamma_Q LF96 + \gamma_{Q0} LF2$
LK59	Max	5.100			$\gamma_G (LF1 + LF93) + \gamma_Q (LF95 + LF96) + \gamma_{Q0} LF2$
LK60	Max	5.100			$\gamma_G (LF1 + LF93) + \gamma_Q (LF95 + LF97) + \gamma_{Q0} LF2$
LK61	Max	5.100			$\gamma_G (LF1 + LF93) + \gamma_Q (LF95 + LF98)$
LK62	Max	5.600			$\gamma_G (LF1 + LF100) + \gamma_Q (LF102 + LF104) + \gamma_{Q0} LF2$
LK63	Max	5.600			$\gamma_G (LF1 + LF99) + \gamma_Q LF104 + \gamma_{Q0} LF2$
LK64	Max	5.600			$\gamma_G (LF1 + LF101) + \gamma_Q (LF103 + LF104) + \gamma_{Q0} LF2$
LK65	Max	5.600			$\gamma_G (LF1 + LF101) + \gamma_Q (LF103 + LF105) + \gamma_{Q0} LF2$
LK66	Max	5.600			$\gamma_G (LF1 + LF101) + \gamma_Q (LF103 + LF106)$
LK67	Max	6.100			$\gamma_G (LF1 + LF108) + \gamma_Q (LF110 + LF112) + \gamma_{Q0} LF2$
LK68	Max	6.100			$\gamma_G (LF1 + LF107) + \gamma_Q LF112 + \gamma_{Q0} LF2$

Für: Tragfähigkeit

LF Nr.	Bezeichnung
LF1	Eigenlast + ständige Last
LF2	Zusatzlasten Seitlich
LF99	$Q_{0\phi1}$
LF100	$Q_{0\phi4}$
LF101	$Q_{0\phi4}$
LF102	$Q_{h\max}(\phi2, \phi3)$
LF103	$Q_{h\phi4}$
LF104	$H_T \phi5$
LF105	$(H_s + S)$
LF106	H_{T3}

Details LK66

☐ Teilsicherheitsbeiwerte

Ständige Einwirkungen	γ_G	1.350
Veränderliche Einwirkungen - Kran	γ_Q	1.350
Veränderliche Einwirkungen - Son	γ_{Q0}	1.500
Kombinationsfaktor	ψ	1.000
Zusatzlasten Ständig	g	0.00 kN/m
Zusatzlasten Seitlich	w	0.00 kN/m

☐ Kran Nr. 1

Schwingbeiwert	ϕ_4	1.000
----------------	----------	-------

☐ Rad Nr.1

Lage	x_1	5.600 m
$Q_{0\phi4}$	LF101	18.00 kN
$Q_{h\phi4}$	LF103	57.00 kN
H_{T3}	LF106	0.00 kN

☐ Rad Nr.2

Lage	x_2	2.000 m
$Q_{0\phi4}$	LF101	18.00 kN
$Q_{h\phi4}$	LF103	57.00 kN
H_{T3}	LF106	0.00 kN

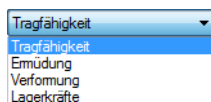
LK66: $1.35 \cdot LF1 + 1.35 \cdot LF101 + 1.35 \cdot LF103$
Belastung [kNm], [kN]

Bild 3.46: Maske 1.5 Lastkombinationen

Lastkombinationen

Die in dieser Tabelle markierte Zeile steuert alle übrigen Abschnitte. In diesen wird die jeweilige Kombinatorik mit den entsprechenden Lastfällen, Details und Lastbildern dynamisch angezeigt.

In der Liste unterhalb der Tabelle kann die Bemessungssituation ausgewählt werden, deren Lastkombinationen angezeigt werden sollen: *Tragfähigkeit*, *Ermüdung* (EN 1993-6) bzw. *Betriebsfestigkeit* (DIN 4132), *Verformung* und *Lagerkräfte*.



Lastfälle

Hier sind alle Lastfälle aufgelistet, die in der aktuellen Lastkombination (d. h. markierte Zeile in Tabelle links) verwendet werden.

Details

Es werden die Teilsicherheits- und Schwingbeiwerte sowie die Lasten der aktuellen Lastkombination angegeben. Wird eine andere Lastkombination oder Bemessungssituation eingestellt, aktualisiert sich die Anzeige.

Vorschaufenster

In der Grafik wird die aktuelle Bemessungssituation im 3D-Rendering dargestellt.



Die Lastbilder und Lastwerte können mit den Schaltflächen [Lasten] und [Werte] ein- und ausgeblendet werden.



Durch Drehen des Scrollrades lässt sich die aktuelle Darstellung vergrößern bzw. verkleinern. Als Zentrum des Zoombereichs wird immer die Position des Mauszeigers angenommen.



Mit gedrücktem Scrollrad kann das Modell direkt verschoben werden, d. h. ohne vorher die Schaltfläche [Ansicht verschieben] zu aktivieren. Wird dabei zusätzlich die [Strg]-Taste gedrückt, kann das Modell gedreht werden. Das Rotieren des Modells ist auch mit dem Scrollrad und gedrückter rechter Maustaste möglich. Die am Mauszeiger angezeigten Symbole verdeutlichen die gewählte Funktion.

3.6 Imperfektionen

In dieser Maske können Vorverformungen des Trägers gemäß EN 1993-1-1 [8] oder DIN 18800 Teil 2 [4] definiert werden, um die Nachweise nach Biegetorsionstheorie II. Ordnung zu führen. Die Imperfektionen werden aus Vorkrümmungen gebildet.

1.6 Imperfektionen

Definitionsart

☐ Automatisch ermitteln nach Eigenwertmethode Knicklinie

☒ Manuell definieren Ksl:

Imperfektionsparameter

LK Nr.	A Eigenform Nr.	B Bezugslänge L [m]	C Stichmaß w ₀ [cm]
LK1*	2	6.000	0.800
LK2*	1	5.000	0.000
LK3*	1	5.000	0.000
LK4*	1	5.000	0.000
LK5*	1	5.000	0.000
LK6*	1	5.000	0.000
LK7*	1	5.000	0.000
LK8*	1	5.000	0.000
LK9*	1	5.000	0.000
LK10*	1	5.000	0.000
LK11*	1	5.000	0.000
LK12*	1	5.000	0.000
LK13*	1	5.000	0.000
LK14*	1	5.000	0.000
LK15*	1	5.000	0.000
LK16*	1	5.000	0.000
LK17*	1	5.000	0.000
LK18*	1	5.000	0.000
LK19*	1	5.000	0.000
LK20*	1	5.000	0.000
LK21*	1	5.000	0.000
LK22*	1	5.000	0.000
LK23*	1	5.000	0.000
LK24*	1	5.000	0.000
LK25*	1	5.000	0.000
LK26*	1	5.000	0.000
LK27*	1	5.000	0.000

Stich der Vorkrümmung

	Knickspannungslinie	Stich w ₀
1	θ_0	L/350
2	a	L/300
3	b	L/250
4	c	L/200
5	d	L/150

nach EN 1993-1-1, Tabelle 5.1

Äquivalente Vorkrümmungen

Querschnitt	Abmessungen	Knickspannungslinie	Stich(k e ₀) w ₀
gewalzte I Profile	$h/b \leq 2$	b	1 / 500
	$h/b > 2$	c	1 / 400
geschweißte I Profile	$h/b \leq 2$	c	1 / 400
	$h/b > 2$	d	1 / 300

nach EN 1993-1-1, Tabelle 6.5

Bild 3.47: Maske 1.6 Imperfektionen

Definitionsart

Bei der Option *Automatisch ermitteln nach Eigenwertmethode* bestimmt KRANBAHN für jede Lastkombination die zugehörige Imperfektion (Form, Stichmaß und Richtung). Sie wird dann bei der Berechnung nach Theorie II. Ordnung berücksichtigt, wobei stets die erste Eigenform angesetzt wird.

Nach dem Aktivieren des Auswahlfeldes *Manuell definieren* ist zunächst zu entscheiden, ob die Imperfektionen zuvor automatisch bestimmt werden sollen.

KRANBAHN

Abfrage:
Sollen die Imperfektionen zunächst automatisch berechnet und voreingestellt werden?

Bild 3.48: Abfrage bei Option *Manuell definieren*

Danach können die Parameter der Imperfektionen selbst definiert bzw. angepasst werden.

Die *Knicklinie* K_{sl_z} wird immer automatisch voreingestellt. Sie ist abhängig vom gewählten Querschnitt unter Berücksichtigung des Schienenprofils. Die Schaltfläche öffnet den Dialog *Info über Querschnitt*, in dem auch die Knicklinie des Profils angegeben ist (siehe Bild 3.23, Seite 19).

Imperfektionsparameter

Die Tabelle verwaltet die Imperfektionen der Lastkombinationen.

Berechnung

Bei der Definitionsart *Automatisch ermitteln nach Eigenwertmethode* ist die Tabelle ausgegraut und mit Fragezeichen gefüllt. Nach der [Berechnung] werden die Fragezeichen durch die ermittelten Imperfektionsparameter ersetzt.

Bei der Option *Manuell definieren* sind die Imperfektionsparameter zugänglich, sodass höhere Eigenformen verwendet werden können. Zur Auswahl der Eigenform kann eine Liste genutzt werden, die sich über aufrufen lässt.

LK Nr.	Eigenform Nr.	Bezugslänge L [m]	Stichmaß w_0 [cm]
LK1*	1	6.000	0.800
LK2*	1	5.000	0.000
LK3*	2	5.000	0.000
LK4*	3	5.000	0.000
LK5*	4	5.000	0.000
LK6*	5	5.000	0.000
LK7*	6	5.000	0.000
LK8*	7	5.000	0.000
LK9*	8	5.000	0.000
LK10*	9	5.000	0.000
LK11*	10	5.000	0.000
LK12*	1	5.000	0.000
LK13*	1	5.000	0.000
LK14*	1	5.000	0.000
LK15*	1	5.000	0.000
LK16*	1	5.000	0.000
LK17*	1	5.000	0.000
LK18*	1	5.000	0.000

Bild 3.49: Auswahl der *Eigenform*

Auch bei der manuellen Eingabe kann das Stichmaß gemäß [8] oder [4] ermittelt werden: Der Klick auf die Schaltfläche in der Zelle des Stichmaßes oder die Schaltfläche am Tabellenende ruft folgenden Dialog auf.

Vorkrümmungstich der Imperfektion ermitteln

Imperfektionsparameter

Stich der Vorkrümmung:

☐ Definieren w_0 : 0.800 [cm]

☒ Ermitteln gemäß EN 1993-1-1

Bezugslänge bzw. Feldlänge L: 6.000 [m]

Knickspannungslinie des Querschnitts K_{sl_z} : b

Stich der Vorkrümmung nach EN 1993-1-1 Tabelle 5.1: L/250

Resultierendes Stich der Vorkrümmung w_0 : 0.800 [cm]

OK Abbrechen

Bild 3.50: Dialog *Vorkrümmungstich der Imperfektion ermitteln*



Wird der Dialog mit aus einer *Stichmaß*-Zelle geöffnet, so wird der ermittelte Wert nur für die aktuelle Lastkombination übernommen. Wenn dieser Dialog mit der Schaltfläche am Tabellenende aufgerufen wird, wird der Wert jeder Lastkombination zugewiesen.

4 Berechnung

4.1 Detailsinstellungen

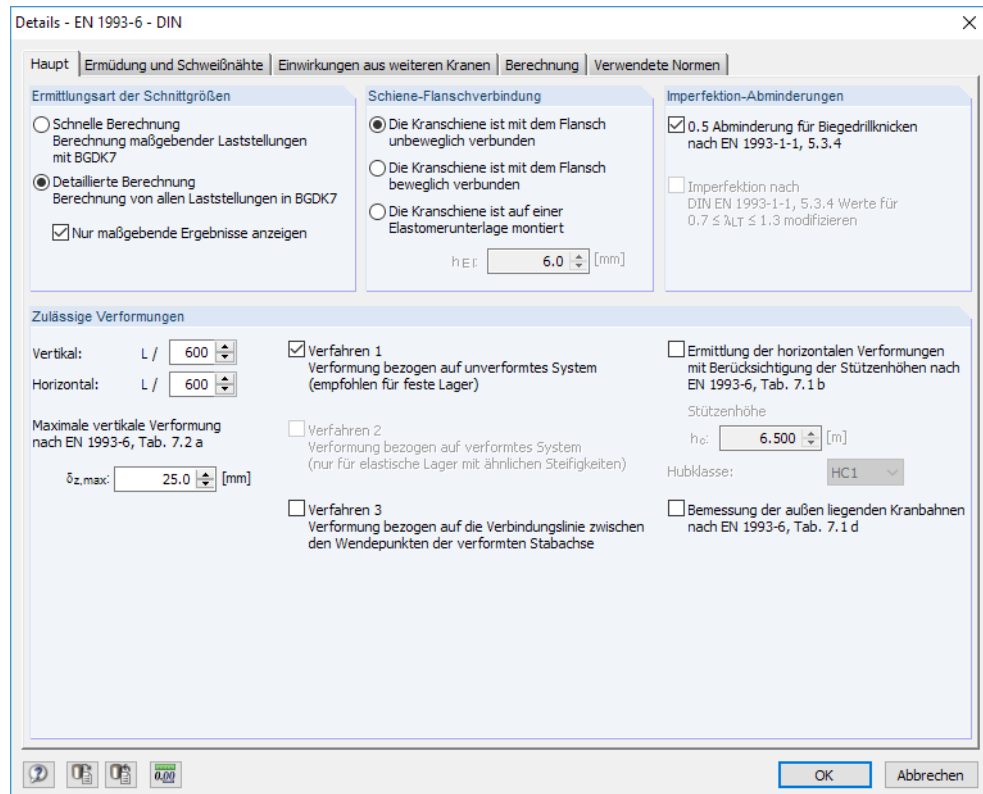
Details...

Vor dem Start der Berechnung sollten weitere Einstellungen der Bemessung überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Maske über die Schaltfläche [Details] zugänglich.

Die Inhalte dieses Dialogs sind von der Norm abhängig, die für die Bemessung eingestellt wurde. Für EN 1993-6 besteht der *Details*-Dialog aus fünf Registern.

- Haupt
- Ermüdung und Schweißnähte
- Einwirkungen aus weiteren Kranen
- Berechnung
- Verwendete Normen

4.1.1 Hauptdetails



The screenshot shows the 'Details - EN 1993-6 - DIN' dialog box with the 'Haupt' register selected. The dialog is divided into several sections:

- Ermittlungsart der Schnittgrößen:**
 - ☐ Schnelle Berechnung: Berechnung maßgebender Laststellungen mit BGDK7
 - ☒ Detaillierte Berechnung: Berechnung von allen Laststellungen in BGDK7
 - ☒ Nur maßgebende Ergebnisse anzeigen
- Schiene-Flanschverbindung:**
 - ☒ Die Kranschiene ist mit dem Flansch unbeweglich verbunden
 - ☐ Die Kranschiene ist mit dem Flansch beweglich verbunden
 - ☐ Die Kranschiene ist auf einer Elastomerunterlage montiert
 - h_{EF}: 6.0 [mm]
- Imperfektion-Abminderungen:**
 - ☒ 0.5 Abminderung für Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 5.3.4
 - ☐ Imperfektion nach DIN EN 1993-1-1, 5.3.4 Werte für 0.7 ≤ λ_{LT} ≤ 1.3 modifizieren
- Zulässige Verformungen:**
 - Vertikal: L / 600
 - Horizontal: L / 600
 - Maximale vertikale Verformung nach EN 1993-6, Tab. 7.2 a: δ_{z,max}: 25.0 [mm]
 - ☒ Verfahren 1: Verformung bezogen auf unverformtes System (empfohlen für feste Lager)
 - ☐ Verfahren 2: Verformung bezogen auf verformtes System (nur für elastische Lager mit ähnlichen Steifigkeiten)
 - ☐ Verfahren 3: Verformung bezogen auf die Verbindungslinie zwischen den Wendepunkten der verformten Stabachse
 - ☐ Ermittlung der horizontalen Verformungen mit Berücksichtigung der Stützenhöhen nach EN 1993-6, Tab. 7.1 b:
 - Stützenhöhe h₀: 6.500 [m]
 - Hubklasse: HC1
 - ☐ Bemessung der außen liegenden Kranbahnen nach EN 1993-6, Tab. 7.1 d

At the bottom, there are icons for help, print, save, and a status bar showing '0.00'. Buttons for 'OK' and 'Abbrechen' are also present.

Bild 4.1: Dialog *Details*, Register *Haupt* für EN 1993-6

Ermittlungsart der Schnittgrößen

Es stehen zwei Berechnungsarten zur Auswahl: Die *Schnelle Berechnung* untersucht alle Lastkombinationen nach Theorie I. Ordnung. Aus diesen Ergebnissen werden die maßgebenden Lastkombinationen gefiltert und anschließend nach Wölbkrafttortionstheorie II. Ordnung berechnet.

Die *Detaillierte Berechnung* untersucht alle Lastkombinationen von vornherein nach Wölbkrafttortionstheorie II. Ordnung.

Schiene-Flanschverbindung

Die Einstellungen in diesem Abschnitt regeln die effektive Lastausbreitungslänge infolge Radlasten auf dem Oberflansch gemäß [1] Abschnitt 5.7. Die Gleichungen, die für die drei Möglichkeiten gelten, sind in [1] Tabelle 5.1 dargestellt.

Imperfektion-Abminderungen

Nach [8] Abschnitt 5.3.4 darf beim Biegedrillknicknachweis das Stichmaß der Vorkrümmung um die schwache Bauteilachse mit dem Beiwert k abgemindert werden. Der empfohlene Wert beträgt 0,5.

Zulässige Verformungen

Die auf die Systemlänge bezogenen Grenzwerte der Verformungen sind gemäß [1] Tabelle 7.1 voreingestellt. Bei Bedarf können die Werte für die *Vertikale* oder *Horizontale* Richtung angepasst werden.

Der absolute Grenzwert der vertikalen Durchbiegung $\delta_{z,\max}$ ist in [1] Tabelle 7.2 geregelt. Dieser Wert ist ebenfalls für Änderungen zugänglich.

Für die Ermittlung der Verformungsgrenzwerte stehen drei Verfahren zur Auswahl:

- Beim *Verfahren 1* werden die zulässigen Verformungen auf das unverformte System und seine Stabachsen bezogen. Dieser Ansatz eignet sich bei festen Lagern, da an den Lagerknoten die Verschiebungen in Z null sind.
- Beim *Verfahren 2* werden die Grenzverformungen auf das verformte System bezogen ermittelt. Das Kontrollfeld kann nur aktiviert werden, wenn Federkonstanten für die Lager definiert wurden.
- Beim *Verfahren 3* werden die Wendepunkte der Biegelinie berechnet und die zulässigen Verformungen auf die entsprechenden Längen bezogen.

Die zulässigen Horizontalverformungen können zudem mit Berücksichtigung der *Stützenhöhe* h_c ermittelt werden (siehe [1] Tabelle 7.1). Optional können auch die Verformungsberechnungen von *außen liegenden Kranbahnen* gemäß [1] Tabelle 7.1 erfolgen.

4.1.2 Ermüdung und Schweißnähte

Details - EN 1993-6 - CEN

Haupt | Ermüdung und Schweißnähte | Einwirkungen aus weiteren Kranen | Berechnung | Verwendete Normen

Schweißnähte

☒ Beim Ermüdungsnachweis die Interaktion der Schub- und Normalspannungen berücksichtigen

☒ Berücksichtigung der Exzentrizität der Radlast $e=0,25 b_r$ nach EN 1991-3, Kap. 2.5.2.1 für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

Ermüdung EN 1991-3

Schadensäquivalenzfaktoren λ_{Sd} nach EN 1991-3 Kap. 2.12, Tab. 2.12

Kategorie S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
Normalspannung	0.198	0.250	0.315	0.397	0.500	0.630	0.794	1.000	1.260	1.587
Schubspannung	0.379	0.436	0.500	0.575	0.660	0.758	0.871	1.000	1.149	1.320

☐ Schadensäquivalenzfaktoren λ_{Sd} berechnet nach EN 1991-3 Kap. 2.12, Tab. 2.11 für ($k_Q = 1$)

Kategorie S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
Kran Nr. 1	16000	31500	63000	125000	250000	500000	1000000	2000000	4000000	8000000
Kran Nr. 2	16000	31500	63000	125000	250000	500000	1000000	2000000	4000000	8000000

OK Abbrechen

Bild 4.2: Dialog *Details*, Register *Ermüdung und Schweißnähte* für EN 1993-6

Schweißnähte

Die beiden Kontrollfelder dieses Abschnitts sind zugänglich, wenn in Maske *1.3 Querschnitt* die Berechnung der Schweißnähte aktiviert wurde (siehe [Kapitel 3.3](#), [Seite 24](#)). Damit lässt sich steuern, ob beim Ermüdungsnachweis die *Interaktion der Schub- und Normalspannung* berücksichtigt wird. Ebenso kann festgelegt werden, ob die Exzentrizität der Radlast beim Tragfähigkeitsnachweis gemäß [9] Abschnitt 2.5.2.1 angesetzt werden soll.

Ermüdung EN 1991-3

Die *Schadensäquivalenzfaktoren* λ_i werden zur Berechnung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite beim Ermüdungsnachweis benötigt. Sie sind [6] Tabelle 2.12 zu entnehmen. Bei Bedarf können die voreingestellten Faktoren für die *Normalspannung* und die *Schubspannung* entsprechend der Kranklassifizierung angepasst werden.

Alternativ können die Schadensäquivalenzfaktoren nach [6] Tabelle 2.11 angesetzt werden.

4.1.3 Einwirkungen aus weiteren Kranen

Dieses Register ist zugänglich, wenn in Maske *1.4 Belastung* ein zweiter oder dritter Kran für die Untersuchung vorgegeben wurde (siehe [Kapitel 3.4, Seite 26](#)).

Details - EN 1993-6 - CEN

Haupt | Ermüdung und Schweißnähte | Einwirkungen aus weiteren Kranen | Berechnung | Verwendete Normen

Berichtigung der Norm EN 1991-3:2006/AC:2012-12, Artikel 2.5.3 (Einwirkungen aus weiteren Kranen), Tabelle 2.3

☐ Auswahl von maßgebenden Kranen für horizontale Belastung ermöglichen

Kran Nr.	A	B	C	D	E
	Summe der horizontalen Kraneinwirkungen auf Träger R_{max} [kN]	Berücksichtigen	R_{min} [kN]	Berücksichtigen	Hinweis
1	16.96	<input checked="" type="checkbox"/>	4.00	<input checked="" type="checkbox"/>	Horizontale Kraneinwirkungen 1. werden in der Berechnung berücksichtigt: R_{max}
2	16.96	<input checked="" type="checkbox"/>	6.00	<input checked="" type="checkbox"/>	Horizontale Kraneinwirkungen 2. werden in der Berechnung berücksichtigt: R_{max}

OK Abbrechen

Bild 4.3: Dialog *Details*, Register *Einwirkungen aus weiteren Kranen* für EN 1993-6

Generell sollten Krane, die überwiegend zusammenarbeiten, als ein Kran betrachtet werden. Wirken mehrere Krane unabhängig voneinander, so finden sich in [9] Tabelle 2.3 Empfehlungen im Hinblick auf die zu berücksichtigende Anzahl der Krane für die horizontale Belastung.

Nach dem Anhängen des Kontrollfeldes *Auswahl von maßgebenden Kranen für horizontale Belastung ermöglichen* wird die Tabelle zugänglich. Dort kann im Einzelnen festgelegt werden, welcher Kran für die Berechnung der horizontalen Verformungen berücksichtigt werden sollen.

Alternativ kann auch definiert werden, ob die entsprechenden Lasten ebenfalls für die Berechnung beider Kranbahnträger (R_{max} und/oder R_{min}) berücksichtigt werden sollen.

4.1.4 Berechnung

Das vorletzte Register des Dialogs *Details* verwaltet die Parameter, die für die Berechnung des Trägers nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung von Bedeutung sind.

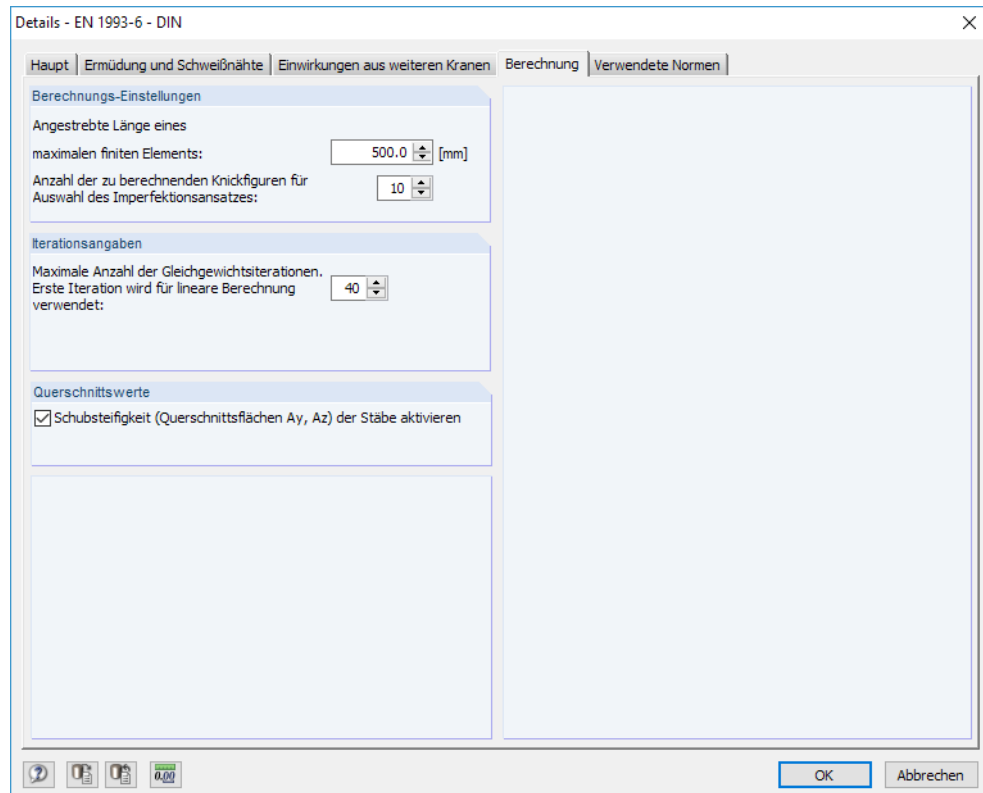


Bild 4.4: Dialog *Details*, Register *Berechnung* für EN 1993-6



Die theoretische Hintergründe des FE-Rechenkerns finden Sie in den Handbüchern der Module [FE-BGDK](#) und [RF-FE-BGDK](#) beschrieben, die Sie von unserer Website herunterladen können.

Berechnungs-Einstellungen

Die *Angestrebte Länge eines finiten Elements* steuert, in wie viele finite Elemente der Kranbahnträger für die Berechnung geteilt wird. Die Länge eines Elements sollte nicht größer als $\frac{1}{8}$ der Feldlänge sein: In der Regel genügen acht Elemente je Trägerfeld, um die Verformungen mit einer Abweichung von weniger als 5 % bezogen auf die genaue Lösung zu berechnen.

Die *Anzahl der zu berechnenden Knickfiguren* steuert, wie viele Eigenformen für die Imperfektionen der Lastkombinationen ermittelt werden. Diese stehen dann in Maske *1.6 Imperfektionen* in der Liste zur Auswahl (siehe [Bild 3.49](#), [Seite 33](#)).

Iterationsangaben

Dieser Abschnitt steuert, wann die iterative Ermittlung der Verformungen endet: Dies ist dann der Fall, wenn das Verhältnis von Verschiebungsdifferenz zu ermittelter Verschiebung in einer Iteration kleiner ist als eine programminterne Abbruchschränke. Die Berechnung endet jedoch spätestens, wenn die *Maximale Anzahl der Gleichgewichtsiterationen* erreicht ist und gibt das Ergebnis aus.

Die voreingestellte Schranke von 40 Iterationen sollte in den meisten Fällen ausreichend sein.

Querschnittswerte

Das Kontrollfeld *Schubsteifigkeit (Querschnittsflächen A_y , A_z) der Stäbe aktivieren* ermöglicht es, die Schubsteifigkeiten des Profils bei der Verformungsberechnung zu berücksichtigen. Bei den relativ dünnwandigen Walz- und Schweißprofilen eines Kranbahnträgers spielt die Schubverformung infolge der Querkkräfte meist nur eine untergeordnete Rolle.

4.1.5 Verwendete Normen

Das letzte Dialogregister bietet eine Übersicht über die bemessungsrelevanten Normen.

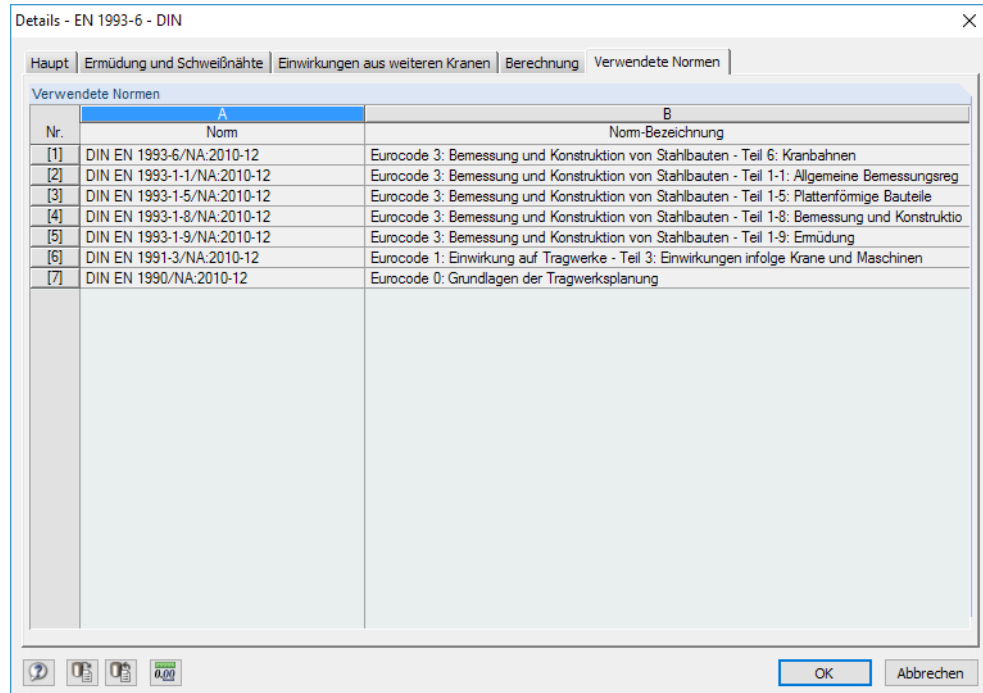


Bild 4.5: Dialog *Details*, Register *Verwendete Normen* für EN 1993-6 mit deutschem Anhang

4.2 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske von KRANBAHN kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden. Der Ablauf der Berechnung kann anschließend in einem Dialog verfolgt werden.

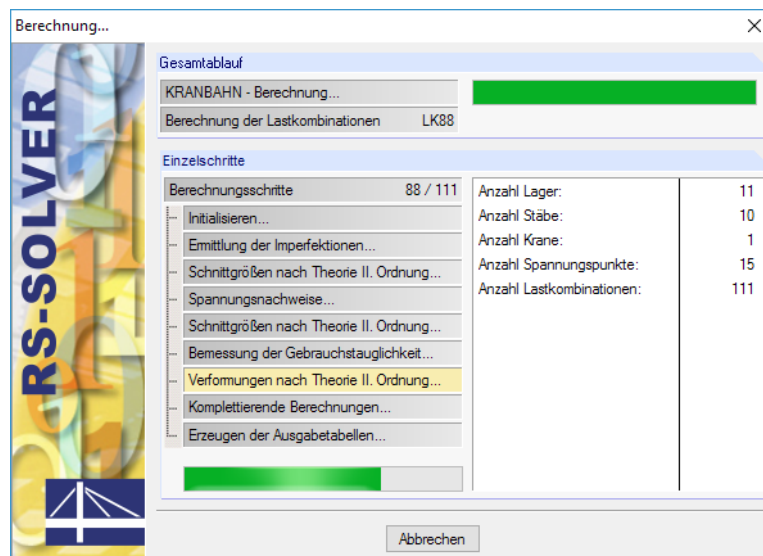


Bild 4.6: Dialog *Berechnung*

5 Ergebnisse

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 Zusammenfassung der Nachweise.

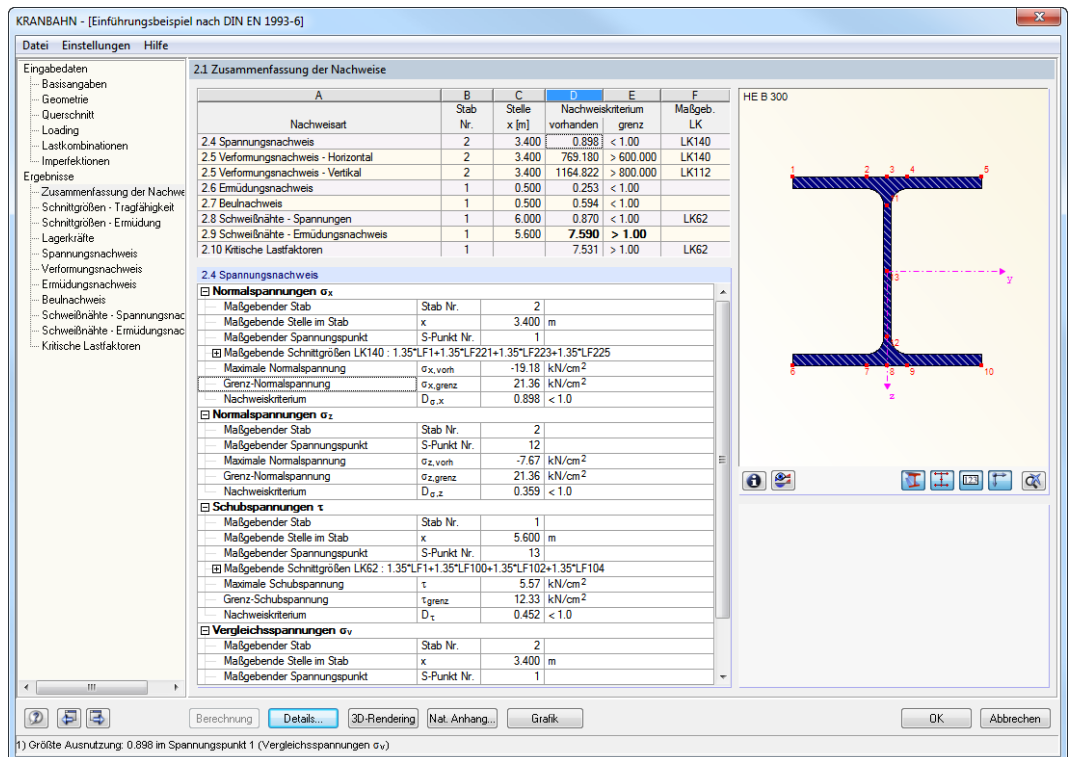


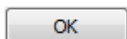
Bild 5.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Ergebnisdetails

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.10 nach verschiedenen Kriterien sortiert.



Jede Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator direkt ansteuern. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] und [F3] möglich.

Dieses Kapitel stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Beschreibungen beziehen sich auf die Nachweise nach **EN 1993-6**.



[OK] sichert die Ergebnisse und beendet das KRBABAHN-Programm.

5.1 Zusammenfassung der Nachweise

Der obere Teil dieser Maske bietet eine nach den maßgebenden Kriterien geordnete Zusammenfassung der Nachweise und ermöglicht so einen Überblick über sämtliche Nachweise. Es ist sofort ersichtlich, welche Nachweise erbracht oder nicht eingehalten wurden.

Der untere Teil enthält detaillierte Angaben zu den Spannungen, Verformungen, Schweißnähten etc. des Nachweises, der im oberen Teil markiert ist.

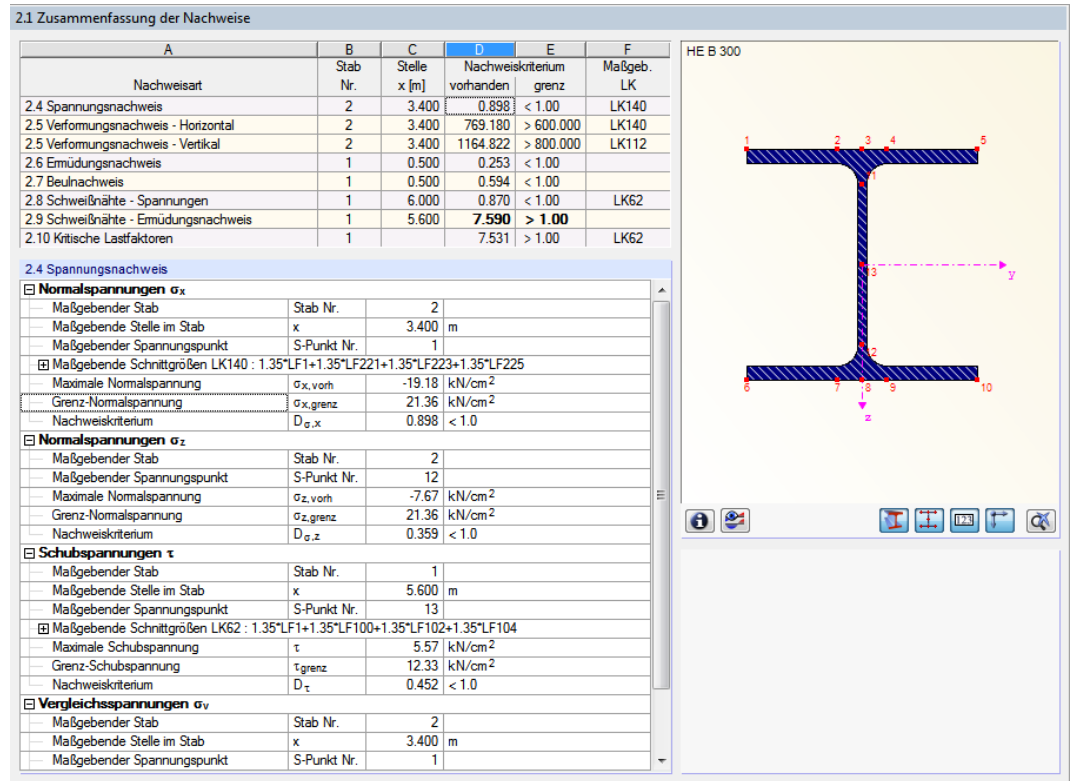


Bild 5.2: Maske 2.1 Zusammenfassung der Nachweise

Nachweisart

Diese Spalte beschreibt, welcher Nachweis jeweils vorliegt.

Stab Nr.

Es wird jeweils die Nummer des Stabes mit dem größten Nachweiskriterium angegeben.

Stelle x

An dieser x-Stelle des Stabes – bezogen auf den Stabanfang – liegt jeweils das Maximum vor.

Nachweiskriterium

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen gemäß Norm ausgegeben. Wenn das Nachweiskriterium nicht erfüllt ist, werden die vorhandenen Werte **fett** dargestellt.

Maßgebende LK

Die letzte Spalte gibt Aufschluss über die Lastkombinationen, deren Schnittgrößen bei den einzelnen Nachweisen relevant sind.

5.2 Schnittgrößen

Zusätzliche Nachweise

☒ Ermüdungsnachweis durchführen

Kerbfälle...

Die Schnittgrößen werden nach Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweisen (sofern in Maske 1.3 Querschnitte aktiviert) sortiert in zwei Masken ausgewiesen.

5.2.1 Schnittgrößen - Tragfähigkeit

In dieser Maske sind die Schnittgrößen der berechneten Lastkombinationen (Laststellungen) angegeben, die für die Nachweise der Tragfähigkeit ermittelt wurden.

2.2.1 Schnittgrößen - Tragfähigkeit

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Stab Nr.	Stelle x [m]	Maßgeb. LK	Kräfte [kN]		Momente [kNm]			Momente [kNm ² , kNm]		
			V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	M _ω	M _{T, pri}	M _{T, sek}
1	0.000	LK1	0.00	4.03	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01
		LK47	11.71	131.50	2.68	0.01	0.00	0.00	0.26	2.42
		LK57	10.45	92.98	1.70	0.01	0.00	0.00	0.67	1.03
		LK62	9.63	75.56	1.68	0.01	0.00	0.00	0.93	0.75
		LK70	13.32	53.58	2.70	0.01	0.01	0.00	1.76	0.94
		LK75	10.88	40.87	2.24	0.01	0.01	0.00	1.59	0.65
		LK82	5.65	21.80	1.06	0.00	0.00	0.00	0.86	0.21
		LK85	6.47	19.85	1.34	0.00	0.00	0.00	1.06	0.28
		LK107	0.67	-8.22	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01
		LK112	-0.13	-9.48	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.01
		LK122	-1.40	-8.38	-0.21	0.00	0.00	0.00	-0.18	-0.03
		LK140	-2.51	-4.85	-0.33	0.00	0.00	0.00	-0.27	-0.05
	0.500 l	LK1	0.00	3.13	-0.03	1.79	0.00	-0.01	-0.02	-0.01
		LK47	11.80	130.60	2.67	65.55	-5.90	1.23	0.13	2.54
		LK57	10.64	92.06	1.70	46.26	-5.32	0.53	0.61	1.09
		LK62	9.86	74.64	1.68	37.55	-4.93	0.38	0.89	0.79
		LK70	13.62	52.61	2.70	26.54	-6.81	0.48	1.71	0.99
		LK75	11.09	39.91	2.24	20.19	-5.54	0.33	1.56	0.68
		LK82	5.71	20.89	1.06	10.67	-2.86	0.11	0.85	0.22
		LK85	6.53	18.93	1.34	9.69	-3.26	0.14	1.04	0.30
		LK107	0.67	-9.12	0.05	-4.34	-0.33	0.00	0.04	0.01
		LK112	-0.12	-10.37	-0.06	-4.96	0.06	0.00	-0.05	-0.01
		LK122	-1.39	-9.27	-0.21	-4.41	0.70	-0.02	-0.18	-0.03
		LK140	-2.50	-5.74	-0.33	-2.65	1.25	-0.03	-0.27	-0.05
	0.500 r	LK1	0.00	3.13	-0.03	1.79	0.00	-0.01	-0.02	-0.01
		LK47	-5.70	16.97	-0.65	65.54	-5.90	1.23	0.13	-0.78
		LK57	10.64	92.06	1.70	46.26	-5.32	0.53	0.61	1.09
		LK62	9.86	74.64	1.68	37.55	-4.93	0.38	0.89	0.79
		LK70	13.62	52.61	2.70	26.54	-6.81	0.48	1.71	0.99
		LK75	11.09	39.91	2.24	20.19	-5.54	0.33	1.56	0.68
		LK82	5.71	20.89	1.06	10.67	-2.86	0.11	0.85	0.22
		LK85	6.53	18.93	1.34	9.69	-3.26	0.14	1.04	0.30
		LK107	0.67	-9.12	0.05	-4.34	-0.33	0.00	0.04	0.01
		LK112	-0.12	-10.37	-0.06	-4.96	0.06	0.00	-0.05	-0.01

Anzeigen: ☒ Sämtliche ☐ Nur max/min

Bild 5.3: Maske 2.2.1 Schnittgrößen - Tragfähigkeit mit Anzeigeeption Sämtliche Schnittgrößen

Die hier ausgewiesenen Schnittgrößen stellen Bemessungswerte dar, d. h. bei der Ermittlung der Schnittgrößen wurden alle relevanten Sicherheits-, Schwing- und Kombinationsbeiwerte berücksichtigt. Diese Schnittgrößen werden für den Spannungsnachweis, den Beulnachweis und die Berechnung des kritischen Lastfaktors benutzt.

☐ Sämtliche ☒ Nur max/min

Je nach Vorgabe stellt die Tabelle sämtliche Schnittgrößen oder nur die Extremwerte (max/min) dar.

Bei der Option *Sämtliche* Werte werden alle ermittelten Schnittgrößen an sämtlichen x-Stellen für die zu berücksichtigenden Lastkombinationen (abhängig von der Berechnungsmethode *Schnelle Berechnung* bzw. *Detaillierte Berechnung*, siehe Kapitel 4.1.1, Seite 34) ausgegeben.

Wird das Auswahlfeld *Nur max/min* aktiviert, so werden für jeden Stab nur die Schnittgrößen der x-Stellen ausgewiesen, an denen die Extremwerte vorliegen (siehe Bild 5.4).

2.2.1 Schnittgrößen - Tragfähigkeit

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Stab Nr.	max min	Maßgeb. LK	Stelle x [m]	Kräfte [kN]		Momente [kNm]			Momente [kNm ² , kNm]		
				V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	M _ω	M _{T, pri}	M _{T, sek}
1	max V _y	LK70	2.500 l	14.36	48.81	2.91	127.60	-36.01	3.64	0.19	2.72
	min V _y	LK85	4.000 r	-21.94	-88.22	-3.89	64.66	-26.89	3.15	-0.65	-3.24
	max V _z	LK47	0.000	11.71	131.50	2.68	0.01	0.00	0.00	0.26	2.42
	min V _z	LK62	6.000	9.63	-162.60	2.17	-79.08	4.90	-0.20	-0.10	2.27
	max M _T	LK70	2.500 l	14.36	48.81	2.91	127.60	-36.01	3.64	0.19	2.72
	min M _T	LK85	4.000 r	-21.94	-88.22	-3.89	64.66	-26.89	3.15	-0.65	-3.24
	max M _y	LK62	2.000 l	10.30	71.89	1.89	147.40	-20.62	2.05	0.18	1.71
	min M _y	LK82	6.000	-11.76	-102.60	-2.19	-128.80	0.92	-0.02	-1.31	-0.88
	max M _z	LK75	6.000	-16.12	-71.13	-2.86	-90.79	15.75	-1.90	-0.94	-1.92
	min M _z	LK70	2.500 l	14.36	48.81	2.91	127.60	-36.01	3.64	0.19	2.72
	max M _ω	LK70	2.500 l	14.36	48.81	2.91	127.60	-36.01	3.64	0.19	2.72
	min M _ω	LK85	6.000	-20.53	-92.14	-3.82	-115.60	15.22	-2.15	-1.02	-2.80
	max M _{T, pri}	LK70	0.000	13.32	53.58	2.70	0.01	0.01	0.00	1.76	0.94
	min M _{T, pri}	LK85	5.100 l	-21.22	-90.37	-3.86	-33.45	-3.01	0.15	-1.39	-2.47
2	max M _{T, sek}	LK70	2.500 l	14.36	48.81	2.91	127.60	-36.01	3.64	0.19	2.72
	min M _{T, sek}	LK85	4.000 r	-21.94	-88.22	-3.89	64.66	-26.89	3.15	-0.65	-3.24
	max V _y	LK140	3.400 l	15.52	53.01	2.75	129.70	-36.45	4.06	-0.14	2.89
	min V _y	LK140	3.400 r	-13.97	-47.54	-2.86	129.70	-36.45	4.06	-0.14	-2.72
	max V _z	LK107	0.000	9.78	159.20	1.76	-81.57	-4.01	0.33	-0.15	1.92
	min V _z	LK122	6.000	11.85	-135.60	2.07	-0.01	0.00	0.00	-0.25	2.32
	max M _T	LK140	0.000	14.21	59.47	2.92	-61.30	15.06	-2.01	0.96	1.95
	min M _T	LK140	6.000	-12.79	-52.53	-3.03	0.01	0.01	0.00	-1.99	-1.04
	max M _y	LK107	4.100 l	-8.07	38.06	-1.41	146.50	20.27	-2.45	0.31	-1.72
	min M _y	LK82	0.000	-12.62	110.20	-2.49	-128.80	0.92	-0.02	-1.31	-1.18
	max M _z	LK82	1.600 l	-13.84	107.20	-2.54	44.98	21.63	-2.33	-0.58	-1.96
	min M _z	LK140	3.400 l	15.52	53.01	2.75	129.70	-36.45	4.06	-0.14	2.89
	max M _ω	LK140	3.400 l	15.52	53.01	2.75	129.70	-36.45	4.06	-0.14	2.89
	min M _ω	LK107	4.100 l	-8.07	38.06	-1.41	146.50	20.27	-2.45	0.31	-1.72
	max M _{T, pri}	LK140	1.300 l	14.85	56.97	2.90	14.45	-3.58	0.06	1.47	1.43
	min M _{T, pri}	LK140	6.000	-12.79	-52.53	-3.03	0.01	0.01	0.00	-1.99	-1.04
	max M _{T, sek}	LK140	3.400 l	15.52	53.01	2.75	129.70	-36.45	4.06	-0.14	2.89
	min M _{T, sek}	LK140	3.400 r	-13.97	-47.54	-2.86	129.70	-36.45	4.06	-0.14	-2.72

Anzeigen: ☐ Sämtliche ☒ Nur max/min

Bild 5.4: Maske 2.2.1 Schnittgrößen - Tragfähigkeit mit Anzeigeeption Nur max/min-Werte

5.2.2 Schnittgrößen - Ermüdung

Die Schnittgrößendarstellung und Sortiermöglichkeiten sind identisch zur oben beschriebenen Maske 2.2.1 Schnittgrößen - Tragfähigkeit.

Die Schnittgrößen dieser Maske stellen ebenfalls Bemessungswerte dar: Bei der Berechnung der Schnittgrößen wurden alle relevanten Sicherheits-, Schwing- und Kombinationsbeiwerte berücksichtigt.

Die in dieser Tabelle ausgewiesenen Schnittgrößen werden für die Ermüdungsnachweise des Trägers sowie für die Schweißnahtnachweise benutzt.

5.3 Lagerkräfte

Diese Maske listet die Lagerkräfte und Lagermomente an der Auflagerknoten auf.

2.3 Lagerkräfte								
A	B	C	D			E		
Knoten Nr.	Maßgeb. LF/LK	LF/LK-Bezeichnung	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]		
			P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z
1	LF2	Windlast	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK1	Eigenlast + zusätzliche ständige Last	0.00	0.00	10.29	0.00	0.00	0.00
	LK2	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF4) + \gamma_Q (LF6 + LF8) + \gamma_{Q0} LF2$	0.00	0.51	54.72	0.17	0.00	0.00
	LK6	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF5) + \gamma_Q (LF7 + LF10)$	0.00	5.41	50.53	-1.64	0.00	0.00
	LK11	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF13) + \gamma_Q (LF15 + LF18)$	0.00	2.89	49.06	-1.11	0.00	0.00
	LK16	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF21) + \gamma_Q (LF23 + LF26)$	0.00	1.06	47.59	-0.67	0.00	0.00
	LK21	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF29) + \gamma_Q (LF31 + LF34)$	0.00	-0.01	46.12	-0.32	0.00	0.00
	LK26	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF37) + \gamma_Q (LF39 + LF42)$	0.00	-0.37	44.65	-0.07	0.00	0.00
	LK31	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF45) + \gamma_Q (LF47 + LF50)$	0.00	-0.28	43.18	0.08	0.00	0.00
	LK36	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF53) + \gamma_Q (LF55 + LF58)$	0.00	-0.08	41.71	0.17	0.00	0.00
	LK41	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF61) + \gamma_Q (LF63 + LF66)$	0.00	0.07	40.24	0.21	0.00	0.00
	LK46	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF69) + \gamma_Q (LF71 + LF74)$	0.00	0.08	38.77	0.21	0.00	0.00
	LK51	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF77) + \gamma_Q (LF79 + LF82)$	0.00	0.04	37.29	0.20	0.00	0.00
	LK56	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF85) + \gamma_Q (LF87 + LF90)$	0.00	-0.01	35.82	0.17	0.00	0.00
	LK66	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF101) + \gamma_Q (LF103 + LF106)$	0.00	-0.01	32.88	0.11	0.00	0.00
	LK71	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF109) + \gamma_Q (LF111 + LF114)$	0.00	0.00	31.41	0.08	0.00	0.00
	LK76	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF117) + \gamma_Q (LF119 + LF122)$	0.00	0.00	29.94	0.06	0.00	0.00
	LK81	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF125) + \gamma_Q (LF127 + LF130)$	0.00	0.00	28.47	0.04	0.00	0.00
	LK86	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF133) + \gamma_Q (LF135 + LF138)$	0.00	0.00	27.00	0.02	0.00	0.00
	LK91	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF141) + \gamma_Q (LF143 + LF146)$	0.00	0.00	25.53	0.01	0.00	0.00
	LK96	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF149) + \gamma_Q (LF151 + LF154)$	0.00	0.00	24.06	0.00	0.00	0.00
	LK101	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF157) + \gamma_Q (LF159 + LF162)$	0.00	0.00	22.59	0.00	0.00	0.00
	LK107	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF172) + \gamma_Q (LF174 + LF176) + \gamma_{Q0} LF2$	0.00	0.51	21.06	0.17	0.00	0.00
	LK111	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF173) + \gamma_Q (LF175 + LF178)$	0.00	0.00	20.05	-0.01	0.00	0.00
	max		0.00	5.41	54.72	0.21	0.00	0.00
	min		0.00	-0.37	10.29	-1.64	0.00	0.00
2	LF2	Windlast	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK1	Eigenlast + zusätzliche ständige Last	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK2	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF4) + \gamma_Q (LF6 + LF8) + \gamma_{Q0} LF2$	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK6	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF5) + \gamma_Q (LF7 + LF10)$	0.00	3.68	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK11	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF13) + \gamma_Q (LF15 + LF18)$	0.00	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK16	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF21) + \gamma_Q (LF23 + LF26)$	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK21	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF29) + \gamma_Q (LF31 + LF34)$	0.00	6.55	0.00	0.00	0.00	0.00
	LK26	Gesamt, $\gamma_G (LF1 + LF37) + \gamma_Q (LF39 + LF42)$	0.00	4.66	0.00	0.00	0.00	0.00

Anzeigen: ☒ Sämtliche ☐ Nur max/min ☐ Nur max/min Erweitert

Bild 5.5: Maske 2.3 Lagerkräfte mit Anzeigeeoption *Sämtliche* Lagerkräfte

Es bestehen drei Sortiermöglichkeiten für die Anzeige. Mit der Option *Sämtliche* werden alle ermittelten Lagerkräfte der Lastkombinationen ausgegeben (siehe Bild 5.5). Zusätzlich wird der Lastfall 2 *Windlast* angezeigt, damit die Lagerkräfte auf die Einzelanteile (Kran, ständige Last und Wind) zurückgerechnet werden können.

Bei der Option *Nur max/min* werden nur die Extremwerte der Lagerkräfte für die entsprechenden Richtungen ausgegeben, d. h. die charakteristische Lagerkräfte multipliziert mit dem zugehörigen Schwingbeiwert für Auflager (siehe Bild 5.6).

2.3 Lagerkräfte

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Knoten Nr.	Maßgeb. LK	P _X [kN]	Horizontale Lagerkräfte P _Y [kN]	Aus Kran	Aus Wind	Vertikale Lagerkräfte P _Z [kN]	Aus Kran	Ständig		
1	max P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29		
	min P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29		
	max P _Y	LK6	0.00	5.41	0.00	50.53	40.24	10.29		
	min P _Y	LK26	0.00	-0.37	-0.37	44.65	34.36	10.29		
	max P _Z	LK2	0.00	0.51	0.00	54.72	44.43	10.29		
	min P _Z	LK1	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29		
2	max P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	min P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	max P _Y	LK16	0.00	7.14	7.14	0.00	0.00	0.00		
	min P _Y	LK46	0.00	-0.51	-0.51	0.00	0.00	0.00		
	max P _Z	LK16	0.00	7.14	7.14	0.00	0.00	0.00		
	min P _Z	LK16	0.00	7.14	7.14	0.00	0.00	0.00		
3	max P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	min P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	max P _Y	LK36	0.00	6.82	6.82	0.00	0.00	0.00		
	min P _Y	LK6	0.00	-1.21	-1.21	0.00	0.00	0.00		
	max P _Z	LK36	0.00	6.82	6.82	0.00	0.00	0.00		
	min P _Z	LK36	0.00	6.82	6.82	0.00	0.00	0.00		
4	max P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	min P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	max P _Y	LK51	0.00	6.87	6.87	0.00	0.00	0.00		
	min P _Y	LK26	0.00	-1.08	-1.08	0.00	0.00	0.00		
	max P _Z	LK51	0.00	6.87	6.87	0.00	0.00	0.00		
	min P _Z	LK51	0.00	6.87	6.87	0.00	0.00	0.00		
5	max P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	min P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	max P _Y	LK11	0.00	6.74	6.74	0.00	0.00	0.00		
	min P _Y	LK41	0.00	-1.12	-1.12	0.00	0.00	0.00		
	max P _Z	LK11	0.00	6.74	6.74	0.00	0.00	0.00		
	min P _Z	LK11	0.00	6.74	6.74	0.00	0.00	0.00		
6	max P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	min P _X	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	max P _Y	LK86	0.00	6.87	6.87	0.00	0.00	0.00		
	min P _Y	LK56	0.00	-1.09	-1.09	0.00	0.00	0.00		

Anzeigen: ☐ Sämtliche ☒ Nur max/min ☐ Nur max/min Erweitert

Bild 5.6: Maske 2.3 Lagerkräfte mit Anzeigeeption *Nur max/min*-Lagerkräfte

Mit der Anzeigeeption *Nur max/min Erweitert* werden die Extremwerte der *Horizontalen Lagerkräfte* (mit Komponenten aus Kran- und Windlast), der *Vertikalen Lagerkräfte* (mit Komponenten aus Kran- und ständiger Last) sowie der Längskraft ausgewiesen (siehe Bild 5.7).

2.3 Lagerkräfte

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Knoten Nr.	Maßgeb. LK	P _X [kN]	Horizontale Lagerkräfte P _Y [kN]	Aus Kran	Aus Wind	Vertikale Lagerkräfte P _Z [kN]	Aus Kran	Ständig	Kommentar
Extreme im Knoten Nr.1 - max P _X									
1	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29	
2	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29	
Extreme im Knoten Nr.1 - min P _X									
1	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29	
2	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	10.29	0.00	10.29	
Extreme im Knoten Nr.1 - max P _Y									
1	LK6	0.00	5.41	5.41	0.00	50.53	40.24	10.29	
2	LK6	0.00	3.68	3.68	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	LK6	0.00	-1.21	-1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	LK6	0.00	4.11	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	LK6	0.00	5.41	5.41	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	LK6	0.00	-0.54	-0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	LK6	0.00	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	LK6	0.00	-0.03	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	LK6	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	

Anzeigen: ☐ Sämtliche ☐ Nur max/min ☒ Nur max/min Erweitert

Bild 5.7: Maske 2.3 Lagerkräfte mit Anzeigeeption *Nur max/min Erweitert*

Wie die Schnittgrößen werden die Lagerkräfte aus den Lastfällen unter Berücksichtigung der Schwingbeiwerte kombiniert. Dazu werden die Lagerkräfte mit dem Verhältnis von Träger-Schwingbeiwert zu Lager-Schwingbeiwert multipliziert und nach dem LK-Kriterium addiert – mit Ausnahme des LF1 und LF2, da die Radlasten ab LF3 den Träger-Schwingbeiwert beinhalten.



Die Lagerkräfte basieren auf der Berechnung nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung. Daher stehen bei der Berechnungsart *Schnelle Berechnung* nicht alle Lastkombinationen zur Verfügung, sondern nur diejenigen, die nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung berechnet wurden.

5.4 Spannungsnachweis

Diese Maske beinhaltet die Normalspannungen, Schubspannungen und Vergleichsspannungen. Es bestehen drei Anzeigemöglichkeiten, die im Abschnitt *Ausgabeart* eingestellt werden können.

Ausgabeart

☐ Gesamtweise

☒ x-stellenweise

☐ Spannungspunktwiese

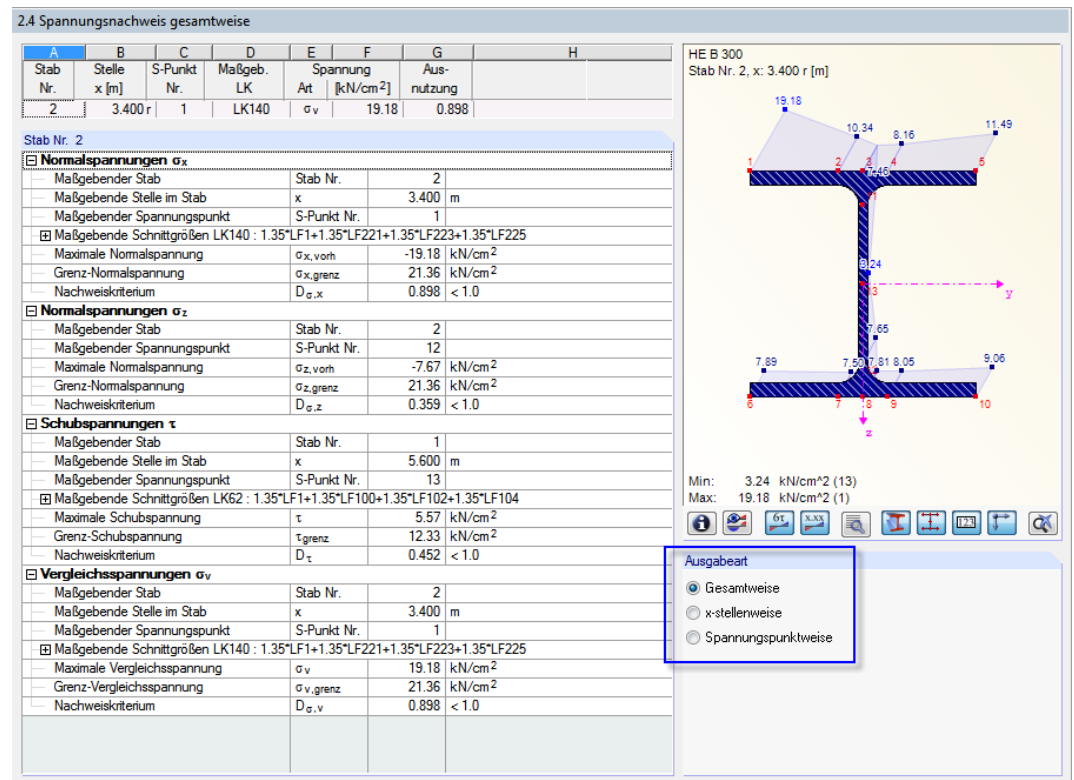



Bild 5.8: Maske 2.4 Spannungsnachweis gesamtweise

Erfolgt die Ausgabe *Gesamtweise*, so wird in der oberen Tabelle nur die x-Stelle angegeben, an der die maßgebende Ausnutzung vorliegt. Hierzu werden alle x-Stellen, Spannungsanteile, Spannungspunkte und Lastkombinationen untersucht. Somit zeigt diese Tabelle auch den maßgebende Spannungspunkt, die maßgebende Lastkombination und die Spannungsart an, die zur maximalen *Ausnutzung* führen. Diese drückt das Verhältnis von berechneter Spannung zur Grenzspannung aus. Der Spannungsnachweis ist erfüllt, wenn die Ausnutzung kleiner als 1 ist.

Beim Spannungsnachweis werden Bemessungsschnittgrößen nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung verwendet, d. h. es sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F , der Kombinationsbeiwert ψ und der Schwingbeiwert φ berücksichtigt.

Spannungen

Unterhalb der Tabelle sind die Spannungsanteile aufgelistet, die zur oben eingestellten Ausnutzung führen. Hierbei handelt es sich um die *Normalspannungen* σ_x und σ_z , die *Schubspannungen* τ und die *Vergleichsspannungen* σ_v . Für jeden Spannungsanteil können die maximalen Werte an dieser x-Stelle und die zugrunde liegenden maßgebenden Schnittgrößen abgelesen werden.

Die Schnittgrößen der maßgebenden Lastkombination können über die Schaltfläche  vor der LK-Nummer eingeblendet werden. Eine Ausnahme bildet die Normalspannung σ_z , die direkt aus dem Raddruck ermittelt wird.

In der letzten Zeile eines jeden Spannungsanteils wird das *Nachweiskriterium* als Ausnutzung angegeben und mit dem Wert 1 verglichen.

Spannungsgrafik

In der Grafik rechts wird der Spannungsverlauf am Profil dargestellt. Die Grafik hängt von dem in der Tabelle angegebenen Nachweis ab. Damit lassen sich die maßgebenden Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen visualisieren, die an der aktuellen x-Stelle vorliegen.

Bei der Ausgabeart *x-stellenweise* werden wie im [Bild 5.9](#) dargestellt in der oberen Tabelle die maximalen Ausnutzungen an jeder x-Stelle des Trägers angegeben. Erfolgt die Ausgabe *Spannungspunktweise*, so werden in der oberen Tabelle die Ergebnisse für jeden Spannungspunkt und für jede x-Stelle aufgelistet.

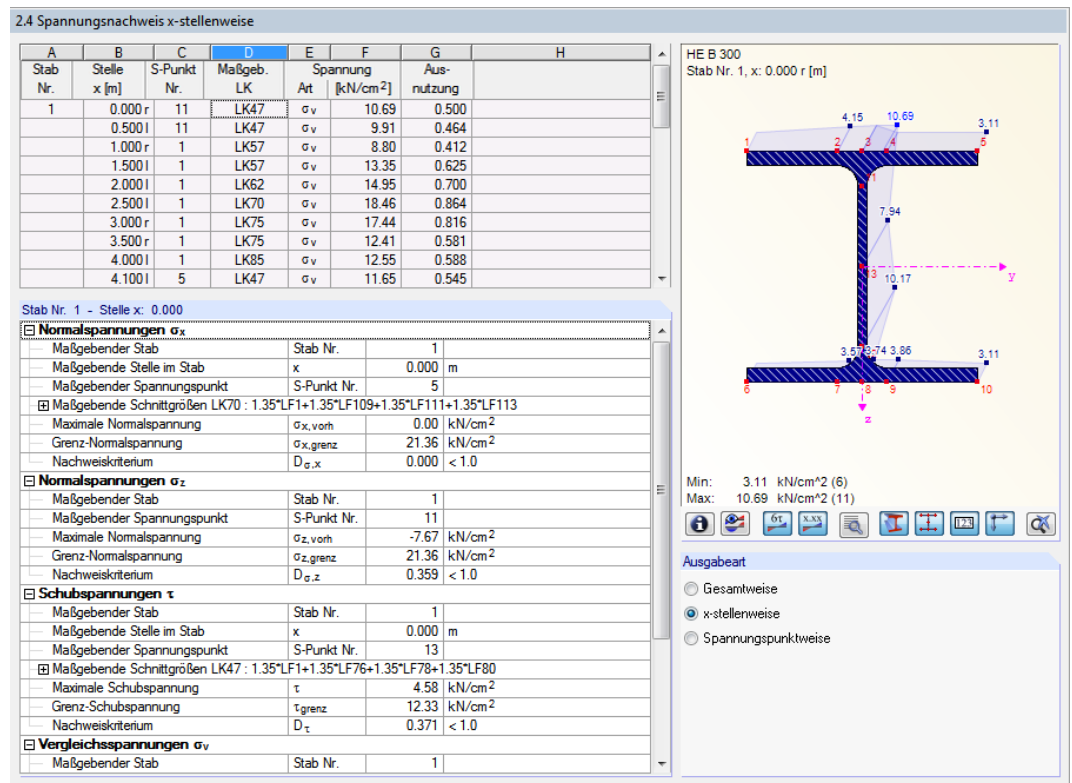


Bild 5.9: Maske 2.4 Spannungsnachweis x-stellenweise

Die Anzeige kann mit dem Scrollrad der Maus vergrößert und verkleinert werden. Per Drag-and-Drop lässt sich die Grafik verschieben.

Die Schaltflächen unterhalb der Spannungsgrafik sind in folgender Tabelle erläutert.








Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Info	Ruft den Dialog <i>Info über Querschnitt</i> auf → Bild 3.23, Seite 19
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Diagramm <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 7.4, Seite 87
	Spannungsverlauf	Blendet die Anzeige der Spannungen ein und aus
	Werte	Schaltet die Ergebniswerte ein und aus
	Erweiterte Anzeige	Öffnet den Dialog <i>Querschnittswerte und Spannungsverlauf</i> → Bild 5.10
	Querschnittskontur	Blendet den Profilumriss ein und aus
	Spannungspunkte	Blendet die Spannungspunkte ein und aus
	Nummerierung	Blendet die Nummern der Spannungspunkte ein und aus
	Hauptachsen	Blendet die Hauptachsen des Querschnitts ein und aus
	Zoom aufheben	Stellt die Gesamtansicht der Ergebnisgrafik wieder her

Tabelle 5.1: Grafik-Schaltflächen

Querschnittswerte und Spannungsverlauf



Über die Schaltfläche [Erweiterte Anzeige] (unterhalb der Grafik) können die Detailergebnisse für jeden Spannungspunkt ausgewertet werden. Es öffnet sich der Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf*.

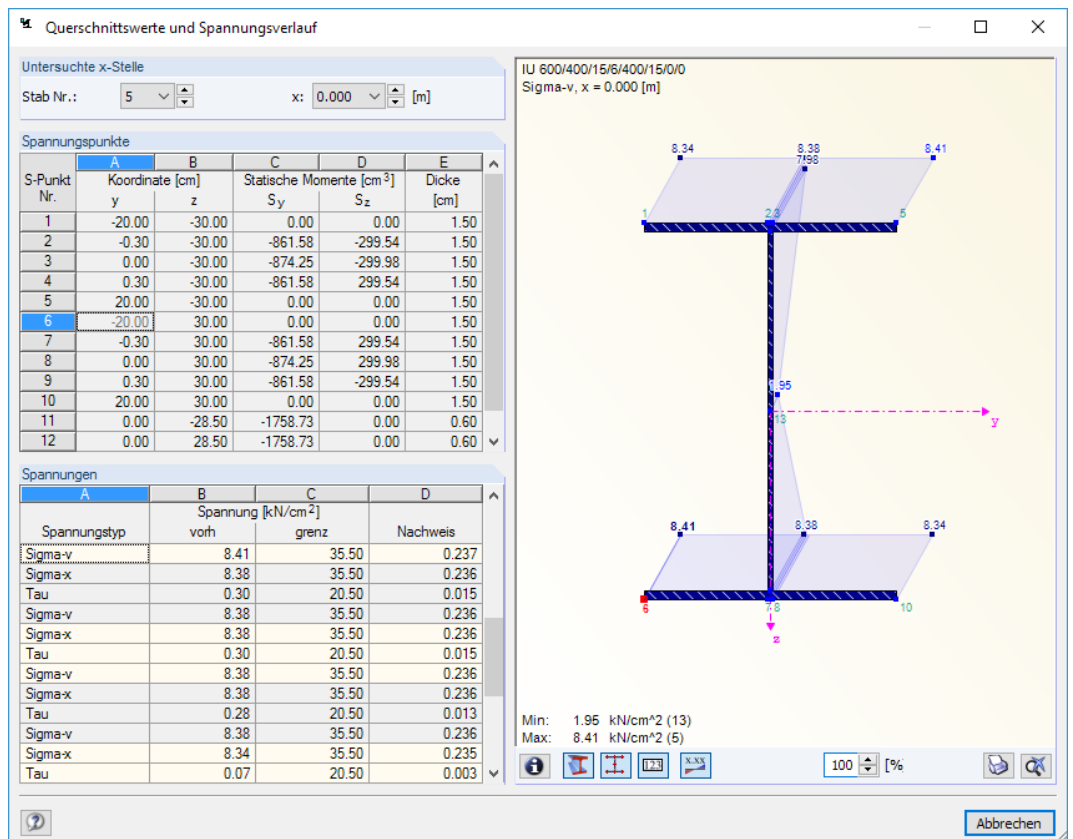


Bild 5.10: Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf*

Im Abschnitt *Untersuchte x-Stelle* sind die aktuelle Stabnummer und Stelle x voreingestellt. Über die Listen können auch andere Stäbe oder x-Stellen ausgewählt werden.

Der Abschnitt *Spannungspunkte* listet alle Spannungspunkte des Querschnitts mit den jeweiligen Koordinaten der Schwerpunktabstände sowie den statischen Momenten und Bauteildicken auf, die für die Ermittlung der Spannungen erforderlich sind. Der aktuelle Spannungspunkt ist in der Grafik rot gekennzeichnet.

Im Abschnitt *Spannungen* werden sämtliche Spannungsanteile am aktuellen (im Abschnitt oben selektierten) Spannungspunkt angezeigt. Auch in diesem Dialog ist es möglich, eine Spannungsart per Mausklick auszuwählen, um deren Verläufe in der Grafik anzuzeigen.

Theoretische Grundlagen zur Spannungsberechnung

KRANBAHN berechnet die Normalspannungen σ_x , die Schubspannungen τ und die Vergleichsspannungen σ_v an allen Querschnittspunkten. Am oberen Stegblechrand werden auch die Normalspannungen σ_z aus der Radlasteinleitung berücksichtigt.

Die Berechnung wird entlang des Kranbahnträgers an sogenannten x-Stellen durchgeführt. Diese x-Stellen befinden sich zum einen an den Knoten der finiten Elemente, in die der Träger unterteilt wurde, zum anderen an den Lasteinleitungsstellen des Krans in den einzelnen Lastkombinationen.

Die Spannungspunkte sind in den folgenden Gleichungen durch die Koordinaten (y_i, z_i) gekennzeichnet. Die Normalspannungen σ_x und die Schubspannungen τ werden aus Schnittgrößen bestimmt, die nach Theorie II. Ordnung unter γ_F -facher Belastung berechnet wurden.

Normalspannungen

Wegen der Berücksichtigung der Wölbkrafttorsion treten bei den Normalspannungen σ_x nicht nur Anteile aus Normalkraft und Biegung, sondern auch aus dem Wölbbimoment auf. Insgesamt erhält man für die Normalspannung σ_x in einem Punkt i des Querschnitts:

$$\sigma_{x,i} = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{W_y(y_i, z_i)} - \frac{M_z}{W_z(y_i, z_i)} - \frac{M_\omega}{I_\omega} \omega_M(y_i, z_i) \quad (5.1)$$

Die Bezeichnungen bedeuten:

N	Normalkraft
M_y	Biegemoment um y-Achse
M_z	Biegemoment um z-Achse
M_ω	Wölbbimoment
A	Querschnittsfläche
$W_y(y_i, z_i)$	Widerstandsmoment um y-Achse für Punkt (y_i, z_i)
$W_z(y_i, z_i)$	Widerstandsmoment um z-Achse für Punkt (y_i, z_i)
I_ω	Wölbwiderstand bezogen auf den Schubmittelpunkt M
ω_M	Hauptverwölbung am Punkt (y_i, z_i)

Normalspannungen aus Radlasteinleitung

Die Normalspannungen σ_z werden im Gegensatz zu den Normalspannungen σ_x und Schubspannungen τ nicht nach Theorie II. Ordnung ermittelt, sondern gemäß [1] wie folgt:

$$\sigma_{z,i} = \frac{F_{z,Ed}}{I_{eff} \cdot t_w} \quad \text{Geschweißte Profile} \quad (5.2)$$

$$\sigma_{z,i} = \frac{F_{z,Ed}}{(I_{eff} + 2 \cdot r) \cdot t_w} \quad \text{Walzprofile} \quad (5.3)$$

Die Bezeichnungen bedeuten:

$F_{z,Ed}$	Bemessungswert der Radlast
I_{eff}	Effektive Lastausbreitungslänge der Radlast nach [1] Tabelle 5.1
t_w	Dicke des Stegblechs

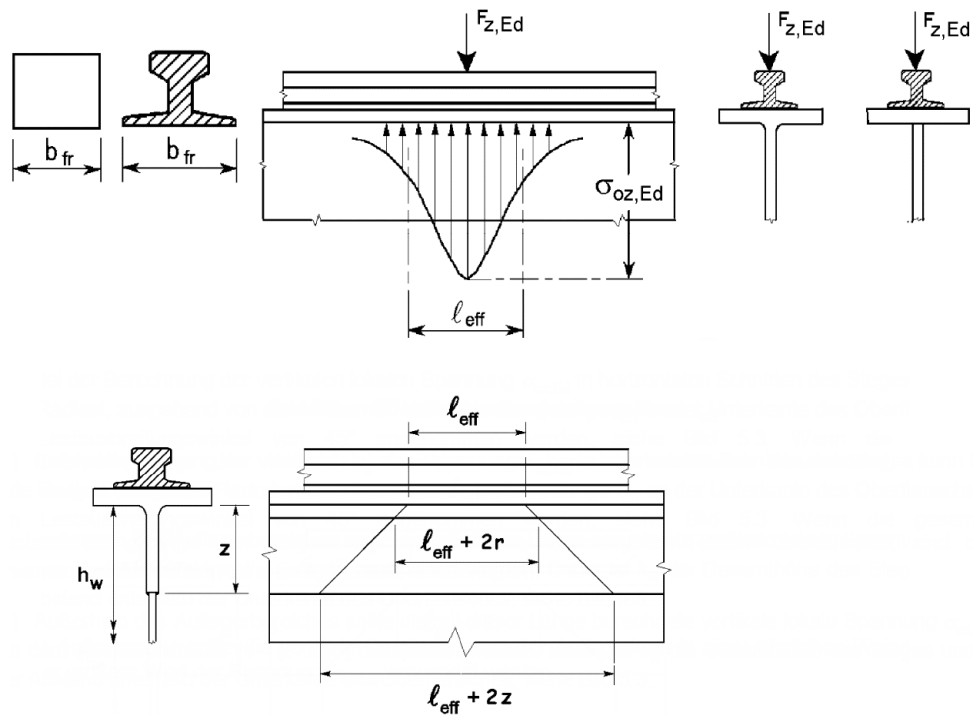


Bild 5.11: Effektive Lastausbreitungslänge gemäß [1] Bild 5.2 und 5.3

Schubspannungen

Die Schubspannungen setzen sich aus Querkraft- und Torsionsanteilen zusammen. Die Beziehung zur Bestimmung der **primären** Schubspannungen lautet:

$$\tau_{p,i} = \frac{V_y \cdot S_z(y_i, z_i)}{I_z \cdot t(y_i, z_i)} + \frac{V_z \cdot S_y(y_i, z_i)}{I_y \cdot s(y_i, z_i)} + \left| \frac{M_{T,p}}{W_T(y_i, z_i)} \right| \quad (5.4)$$

Die Bezeichnungen bedeuten:

V_y	Querkraft in Richtung y-Achse
V_z	Querkraft in Richtung z-Achse
$M_{T,p}$	Primäres Torsionsmoment
I_y	Trägheitsmoment bezogen auf y-Achse
I_z	Trägheitsmoment bezogen auf z-Achse
$S_y(y_i, z_i)$	Statisches Moment bezogen auf y-Achse für Punkt (y_i, z_i)
$S_z(y_i, z_i)$	Statisches Moment bezogen auf z-Achse für Punkt (y_i, z_i)
$t(y_i, z_i)$	Dicke des Querschnittsteils im Punkt (y_i, z_i)
$s(y_i, z_i)$	Dicke der Querschnittsteils im Punkt (y_i, z_i)
$W_T(y_i, z_i)$	Torsionswiderstandsmoment für Punkt (y_i, z_i)

Des Weiteren wird die **sekundäre** Schubspannung infolge des sekundären Torsionsmoments $M_{T,s}$ berechnet:

$$\tau_{s,i} = \frac{M_{T,s} \cdot A_\omega(y_i, z_i)}{I_\omega \cdot t(y_i, z_i)} \quad (5.5)$$

Die Bezeichnungen bedeuten:

$M_{T,s}$	Sekundäres Torsionsmoment
$A_\omega(y_i, z_i)$	Wölfläche im Punkt (y_i, z_i)
I_ω	Wölbwiderstandsmoment
$t(y_i, z_i)$	Querschnittsdicke im Punkt (y_i, z_i)

Vergleichsspannung

Die Vergleichsspannung σ_v nach VON MISES berechnet sich aus den Normal- und Schubspannungen wie folgt:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \cdot \sigma_z + 3 \tau^2} \quad (5.6)$$

In dieser Formel muss bei der Berechnung der Spannungen das Vorzeichen berücksichtigt werden. Die Spannung σ_z unter dem Rad ist wegen der Druckspannungsverteilung immer negativ.

Da die Spannung σ_z nur am oberen Stegblechrand vorhanden ist bzw. weiter unten im Träger keinen Einfluss mehr ausübt, wird für die anderen Spannungspunkte folgende Vereinfachung angewandt:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau^2} \quad (5.7)$$

Nachweise

Bei der Untersuchung nach Elastizitätstheorie ist nachzuweisen, dass unter den Bemessungseinwirkungen (γ_F -fache Lasten) folgende Bedingungen eingehalten sind:

$$\max \sigma_x \leq f_{y,d} \quad (5.8)$$

$$\max \sigma_z \leq f_{y,d} \quad (5.9)$$

$$\max \tau \leq \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot f_{y,d} \quad (5.10)$$

$$\max \sigma_v \leq f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \quad (5.11)$$



Der Spannungsnachweis wird in jedem Spannungspunkt an allen x-Stellen des Kranbahnträgers mit den zugehörigen Bemessungsschnittgrößen nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung geführt.

Beim Spannungsnachweis haben meist die Normalspannungen σ_x den größten Einfluss. Die größte Normalspannung σ_x entsteht an der Flanschkannte, an der sich die Normalspannungskomponenten aus den Biegemomenten um die beiden Hauptachsen und aus dem Wölbmoment überlagern. Die Überlagerung ist im Bild 5.12 dargestellt.

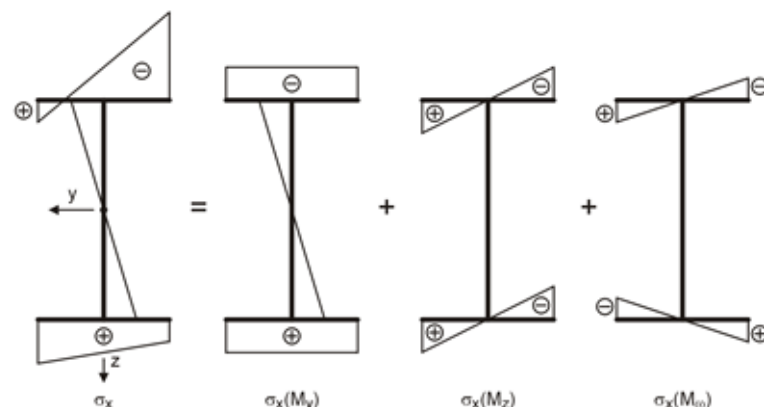


Bild 5.12: Normalspannungsanteile bei zweiachsiger Biegung mit Wölbkrafttorsion

5.5 Verformungsnachweis

Ausgabeart

- ☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

In Maske 2.5 werden die Nachweise der Verformungen ausgegeben. Es bestehen zwei Anzeigemöglichkeiten, die sich über die *Ausgabeart* steuern lassen.

2.5 Verformungsnachweis gesamtweise

A	B	C	D	E	F	G	H
Richtung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Maßgeb. LK	u [mm]	Verschiebung L/u	zul L/u	
Horizontal	2	3.400	LK140	7.8	769.180	> 600.000	
Vertikal	2	3.400	LK112	5.2	1164.822	> 800.000	

Details - Verformungen

Maßgebende Stablänge	L	6.000	m
Horizontale Verschiebung im Schubmittelpunkt	$u_{Y,M}$	3.8	mm
Horizontale Verschiebung durch Torsion	$u_{Y,\varphi}$	4.0	mm
Horizontale Verschiebung an OK Schiene	u_Y	7.8	mm
Vertikale Verschiebung	u_Z	4.7	mm
Verdrehung um Achse X	ϕ_X	17.570	mrad
Verdrehung um Achse Y	ϕ_Y	0.226	mrad
Verdrehung um Achse Z	ϕ_Z	-0.184	mrad
Verwölbung	ω	-0.001	1/m

☒ Verformungsnachweis - DIN EN 1993-6/NA:2010-12

Maßgebender Nachweis der horizontalen Verformungen nach Tab. 7.1 a)

Berechnungsmethode	Met y	1
--------------------	-------	---

Maßgebender Nachweis der vertikalen Verformungen nach Tab. 7.1 a)

Berechnungsmethode	Met z	1
--------------------	-------	---

HE B 300

Ausgabeart

☒ Gesamtweise
☐ x-stellenweise

Bild 5.13: Maske 2.5 Verformungsnachweis gesamtweise

Es werden die Verformungen der relevanten Lastkombinationen für jede x-Stelle untersucht. Erfolgt die Ausgabe *Gesamtweise*, so werden nur die x-Stellen mit den LK-Nummern ausgegeben, an denen die maßgebende Verschiebung in die horizontale und die vertikale Richtung auftritt.

Beim Nachweis wird das Verhältnis von Feldlänge L zu größter Verschiebung u im Feld mit dem zulässigen Verhältnis L/u verglichen. Der Nachweis ist erfüllt, wenn das vorhandene Verhältnis L/u größer ist als der zulässige Quotient.



Die Verformungen werden nach Wölbkrafttorsionstheorie II. Ordnung mit charakteristischen Werten berechnet (d. h. Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_F = 1,0$, Kombinationsbeiwert $\psi = 1,0$ und Schwingbeiwert $\varphi = 1,0$).

Details - Verformungen

Unterhalb der Tabelle sind die Zwischenergebnisse der maßgebenden Verschiebungen u_y und u_z aufgelistet. Dort können auch die Anteile der Verdrehungen ϕ_x , ϕ_y und ϕ_z und die Verwölbung ω eingesehen werden. Alle Verformungsanteile sind auf den Schubmittelpunkt M bezogen. Eine Ausnahme bildet dabei die Verschiebung u_y – dieser Anteil bezieht sich auf die Schienenoberkante.

Bei der Ausgabeart *x-stellenweise* werden wie im Bild 5.14 dargestellt in der oberen Tabelle alle untersuchten Verformungsnachweise an jeder x-Stelle für die einzelnen Lastkombinationen aufgelistet. Mit einem Klick in eine Zeile der oberen Tabelle aktualisieren sich im Abschnitt unterhalb die *Details* der selektierten Verschiebung.

Unter den Details der maßgebenden Verformungen wird auch das Berechnungsverfahren für die horizontalen und vertikalen Verformungen ausgewiesen (siehe Kapitel 4.1.1, Seite 35).

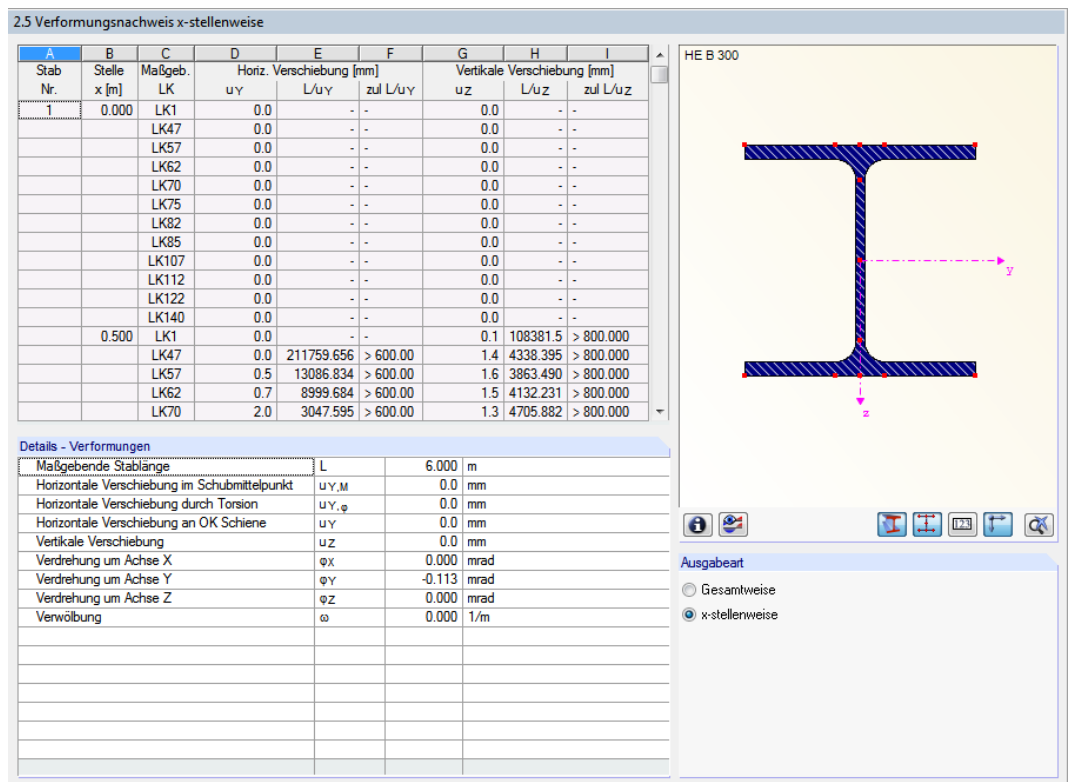


Bild 5.14: Maske 2.5 Verformungsnachweis x-stellenweise

Theoretische Grundlagen zum Verformungsnachweis

KRANBAHN ermittelt für jeden Lastfall neben den Schnittgrößen und Spannungen die zugehörigen Verformungen. Es handelt sich dabei um die Verschiebungen u_y , $u_{y,M}$, u_z , die Verdrehungen ϕ_x , ϕ_y , ϕ_z und um die Verwölbung ω .

Details...

Der Verformungsnachweis wird für die Verschiebungen in horizontaler Richtung u_y und für die Verschiebungen in vertikaler Richtung u_z geführt. KRANBAHN ermöglicht ebenfalls den Vergleich mit Richtwerten, die im Dialog *Details* benutzerdefiniert angepasst werden können (siehe Bild 4.1, Seite 34).

Bei der Berechnung der Verformungen wird der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,0$ und der Kombinationsbeiwert $\psi = 1,0$ verwendet.



Der Nachweis der seitlichen Verschiebung ist von großer Bedeutung: Oft erweist sich der Nachweis der horizontalen Verformung als maßgebend und damit bestimmend für die Abmessungen des Kranbahnträgers.

5.6 Ermüdungsnachweis

Zusätzliche Nachweise

☒ Ermüdungsnachweis durchführen

Kerbfälle...

In Maske 2.6 werden die Nachweise der Ermüdung (EN 1993-6) bzw. Betriebsfestigkeit (DIN 4132) ausgegeben, wenn die entsprechenden Nachweise in Maske 1.3 *Querschnitte* aktiviert und Kerbfälle definiert wurden (siehe [Kapitel 3.3, Seite 22](#)).

2.6 Ermüdungsnachweis gesamtwweise

A	B	C	D	E
Stab Nr.	Stelle x [m]	S-Punkt Nr.	Ausnutzung	Maßgebende Nachweisart
2	2.900	1	0.212	Bemessung $\Delta \sigma_x$
2	2.900	2	0.217	Bemessung $\Delta \sigma_{E2(x)}$
2	2.900	4	0.217	Bemessung $\Delta \tau_{E2(x)}$
2	2.900	5	0.212	Bemessung $\Delta \sigma_x$
2	2.900	6	0.212	Bemessung $\Delta \sigma_x$
2	2.900	10	0.212	Bemessung $\Delta \sigma_x$
1	0.500	11	0.253	Bemessung $\Delta \sigma_{E2(z)}$
1	5.600	13	0.243	Bemessung $\Delta \tau_{E2(xz)}$
1	6.000	14	0.200	Bemessung $\Delta \sigma_{E2(x)}$
1	6.000	15	0.200	Bemessung $\Delta \sigma_{E2(x)}$

Stab Nr. 2 - Stelle x: 2.900 - S-Punkt Nr. 1

Allgemeine Eigenschaften

Nennwert der Stahlstreckgrenze:	f_{yk}	23.50	kN/cm ²	
Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsbelastung	γ_{Ff}	1.000		[1], 9.2 (1)
Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsfestigkeit	γ_{Mf}	1.150		[5] Tab. 3.
Schadensäquivalenter dynamischer Vergrößerungsbeiwert	$\phi_{fat, 1}$	1.050		[6] Gl. (2.1)
Schadensäquivalenter dynamischer Vergrößerungsbeiwert	$\phi_{fat, 2}$	1.065		[6] Gl. (2.1)

Spannung σ_x

Kerbfall σ_x	KD_{σ_x}	160		[5] Tab. 8.
Spannungsschwingbreite	σ_x	7.47	kN/cm ²	
Kranlastkategorie für σ_x	S_{σ_x}	S2		[6] Tab. B.
Schadensäquivalenzfaktor für σ_x	λ_{σ_x}	0.315		
Schadensäquivalente Spannungsschwingbreite	$\Delta \sigma_{x, E, 2}$	2.35	kN/cm ²	

Spannung τ_{xz}

Kerbfall τ_{xz}	$KD_{\tau_{xz}}$	100		[5] Tab. 8.
Spannungsschwingbreite τ_{xz}	$\Delta \tau_{xz}$	0.00	kN/cm ²	
Kranlastkategorie für τ_{xz}	$S_{\tau_{xz}}$	S3		
Schadensäquivalenzfaktor für τ_{xz}	$\lambda_{\tau_{xz}}$	0.575		[6] Tab. 2.
Schadensäquivalente Spannungsschwingbreite	$\Delta \tau_{xz, E, 2}$	0.00	kN/cm ²	

Nachweis

Bemessung $\Delta \sigma_x$	$\eta_{\Delta \sigma_x}$	0.212	≤ 1	[5], 8 (1)
Bemessung $\Delta \tau_{xz}$	$\eta_{\Delta \tau_{xz}}$	0.000	≤ 1	[5], 8 (1)
Bemessung $\Delta \sigma_{E2(x)}$	$\eta_{\Delta \sigma_{E2(x)}}$	0.169	≤ 1	[5], 8 (2)
Bemessung $\Delta \tau_{E2(xz)}$	$\eta_{\Delta \tau_{E2(xz)}}$	0.000	≤ 1	[5], 8 (2)
Schädigung	D	0.005	≤ 1	[5], 8 (3)

HE B 300

Ausgabeart

☒ Gesamtweise

☐ x-stellenweise

Bild 5.15: Maske 2.6 *Ermüdungsnachweis gesamtwweise*

Ausgabeart

☐ Gesamtweise

☒ x-stellenweise

Es bestehen zwei Anzeigemöglichkeiten, die sich über die *Ausgabeart* steuern lassen.

Erfolgt die Ausgabe *Gesamtweise*, so wird in der oberen Tabelle für die Spannungspunkte, denen Kerbfälle zugeordnet wurden, jeweils die Stelle x mit der größten Ausnutzung ausgewiesen. In Spalte E werden die maßgebenden Spannungsarten angegeben.

Bei der Ausgabeart *x-stellenweise* werden wie im [Bild 5.16](#) dargestellt in der oberen Tabelle die Nachweise an jeder Stabstelle x und für jeden Spannungspunkt aufgelistet, für die ein Kerbfall vorliegt.

Details

Im Abschnitt unterhalb sind alle Zwischenergebnisse aufgelistet, die für die Ausnutzung am oben selektierten Spannungspunkt gelten. Neben allgemeinen Parametern können dort die Anteile der Normal- und Schubspannungen sowie die schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten abgelesen werden.

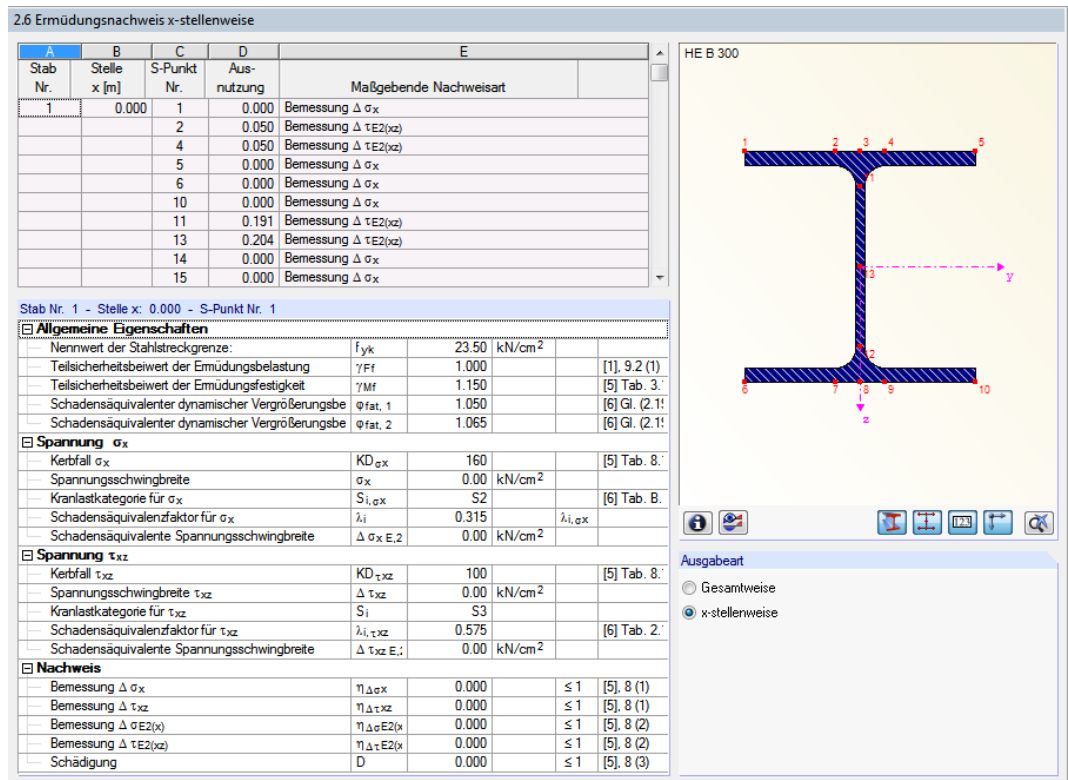


Bild 5.16: Maske 2.6 Ermüdungsnachweis x-stellenweise

Theoretische Grundlagen zum Ermüdungsnachweis

Der Ermüdungsnachweis nach EN 1993-1-9 [5] basiert auf dem Nennungskonzept. Die Schnittgrößen werden nach Stabstatik ermittelt und die Spannungen an der Stelle der zu erwartenden Rissbildung nach der Festigkeitslehre berechnet. Beim Ermüdungsnachweis werden also die Nennspannungsschwingbreiten $\Delta \sigma$ und $\Delta \tau$ infolge der Einwirkungen den Bemessungswerten der Ermüdungsfestigkeit $\Delta \sigma_R$ und $\Delta \tau_R$ gegenübergestellt. Weiterhin gilt in [5] das Prinzip der Teilsicherheitsbeiwerte.

Das Standardverfahren nach [5] ist der Nachweis über Schadensäquivalenzfaktoren: Dabei sind die schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten $\Delta \sigma_{E,2}$ und $\Delta \tau_{E,2}$ bezogen auf $n = 2 \cdot 10^6$ Spannungsspiele unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren den Grenzwerten der Ermüdungsfestigkeit $\Delta \sigma_C$ bzw. $\Delta \tau_C$ bei $n = 2 \cdot 10^6$ Spannungsspielen des entsprechenden Kerbdetails gegenüberzustellen. Damit ergeben sich gemäß [5] Bedingung (8.2) folgende Nachweisformate:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta \sigma_{E,2}}{\Delta \sigma_C / \gamma_{Mf}} \leq 1,0 \quad \text{und} \quad (5.12)$$

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta \tau_{E,2}}{\Delta \tau_C / \gamma_{Mf}} \leq 1,0 \quad (5.13)$$

mit

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta \sigma_{E,2} = \lambda \cdot \Delta \sigma \quad (5.14)$$

Wirken Längs- und Schubspannungsschwingbreiten gleichzeitig, so gilt [5] Bedingung (8.3):

$$\left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta \sigma_{E,2}}{\Delta \sigma_C / \gamma_{Mf}} \right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta \tau_{E,2}}{\Delta \tau_C / \gamma_{Mf}} \right)^5 \leq 1,0 \quad (5.15)$$

Details...

Für die Ermittlung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite stellt EN 1991-3 [9] für die jeweiligen Schadensklassen die Schadensäquivalenzfaktoren λ_i zur Verfügung. In KRANBAHN sind die in [9] Tabelle 2.12 genannten Werte implementiert. Sie können bei Bedarf im Dialog *Details* angepasst werden (siehe Bild 4.2, Seite 36).

5.7 Beulnachweis

Ausgabeart

- ☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

In Maske 2.7 werden die Beulnachweise ausgegeben. Wie in den vorherigen Masken bestehen zwei Anzeigemöglichkeiten, die sich über die *Ausgabeart* steuern lassen.

Bei der Ausgabeart *Gesamtweise* wird in der oberen Tabelle für jedes Feld des Kranbahnträgers der Stab mit der x-Stelle angegeben, an dem die maximale Ausnutzung vorliegt.

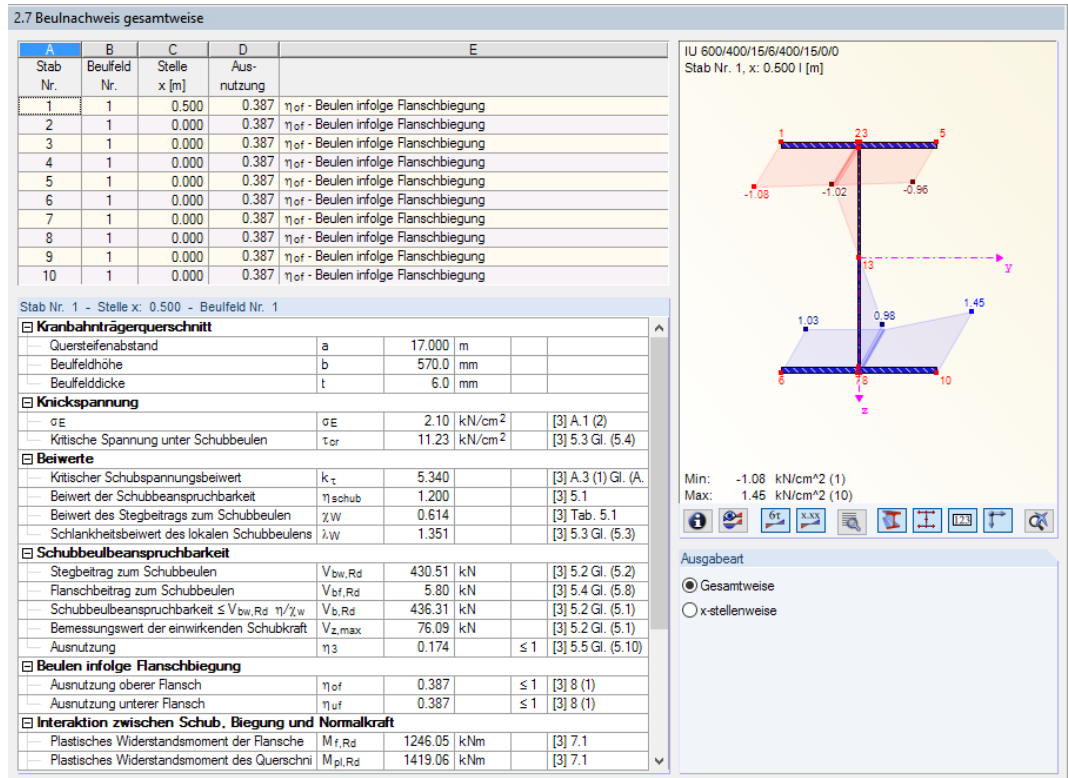


Bild 5.17: Maske 2.7 Beulnachweis gesamtweise

Im Abschnitt unterhalb der Tabelle finden sich detaillierte Angaben zu Beulfeld, lokalen Spannungen, Beiwerten etc. für die oben selektierte Nachweiszeile.

Alternativ lassen sich die maßgebenden Beulnachweise *x-stellenweise* anzeigen. Damit kann für jede Stelle x entlang des Trägers überprüft werden, welche Ausnutzung infolge des Beulens vorliegt.

5.7.1 Biegespannungen im unteren Flansch

Bei einem Hängekran wird zusätzlich die Maske 2.7.1 *Biegespannungen im unteren Flansch* angezeigt. Die Spannungen infolge der Unterflanschbiegung sind hier *gesamtweise* oder *x-stellenweise* aufgelistet (siehe Bild 5.18).

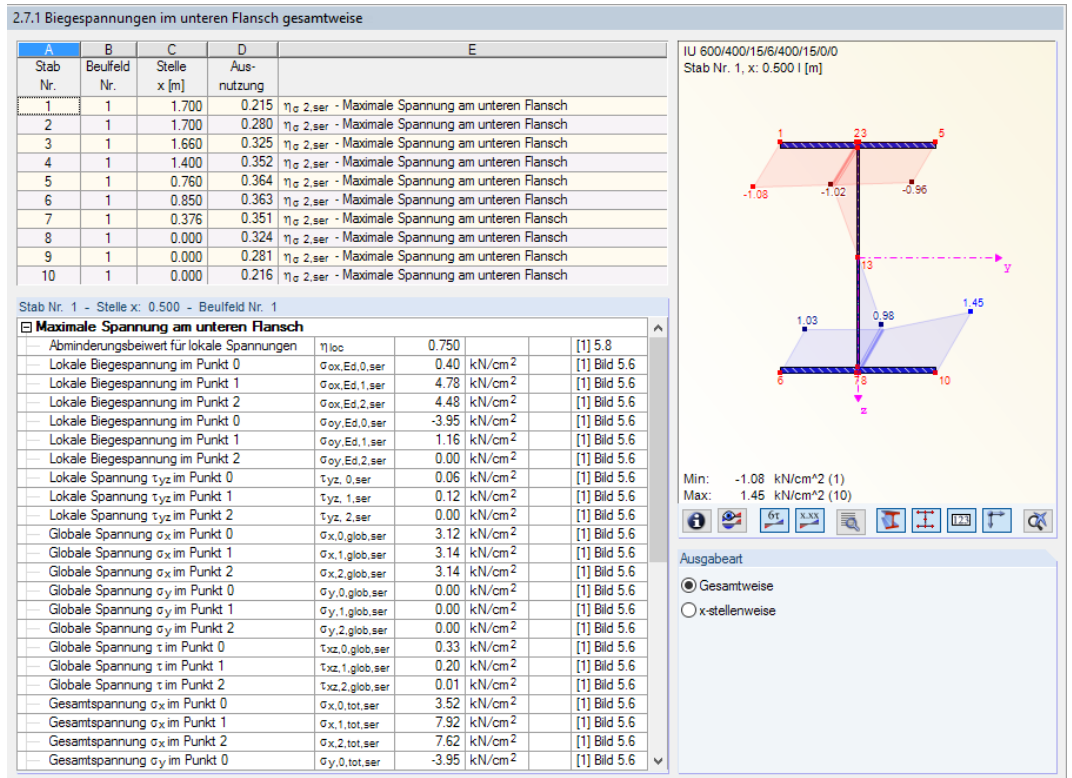


Bild 5.18: Maske 2.7.1 Biegespannungen im unteren Flansch gesamtweise

5.8 Schweißnähte - Spannungen

Zusätzliche Nachweise

☐ Ermüdungsnachweis durchführen
Kerbfälle...

☒ Nachweis der Schweißnähte durchführen

Diese Maske wird angezeigt, wenn in Maske 1.3 Querschnitt der Nachweis der Schweißnähte für die Berechnung aktiviert und Doppelkehlnähte definiert wurden (siehe Kapitel 3.3, Seite 24).

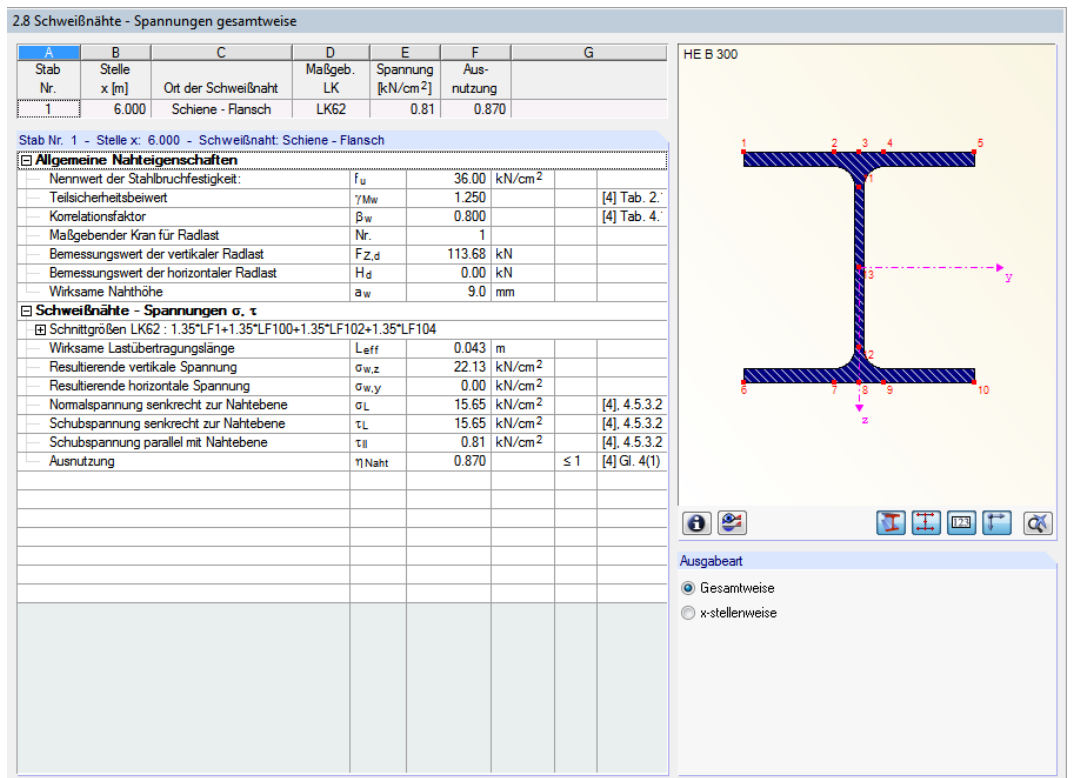


Bild 5.19: Maske 2.8 Schweißnähte - Spannungen gesamtweise

Ausgabeart

- ☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

Auch die Spannungen der Schweißnähte lassen *Gesamtweise* oder *x-stellenweise* anzeigen. Bei der Ausgabeart *Gesamtweise* werden in der oberen Tabelle nur die x-Stellen einer jeden Schweißnaht (Schiene - Flansch und Oberer/Unterer Flansch - Steg) angegeben, die zur maximalen Ausnutzung führen. Dabei kann auch abgelesen werden, für welche Lastkombination dieses Nachweiskriterium relevant ist.

Der Nachweis ist erfüllt, wenn die Ausnutzung kleiner als 1 ist. Die Ausnutzung ist das Verhältnis von ermittelter Vergleichsspannung zur Grenz-Vergleichsspannung der Schweißnaht.

Details

Im Abschnitt unterhalb der Tabelle sind alle Zwischenergebnisse aufgelistet, die zur Ausnutzung an der oben selektierten Stelle x führen. Neben allgemeinen Nahteigenschaften können hier die Schnittgrößen sowie die Normalspannungen σ und Schubspannungen τ der Schweißnaht abgelesen werden.

Bei der Ausgabeart *x-stellenweise* werden die maßgebenden Spannungsnachweise für die Schweißnähte an jeder x-Stelle dargestellt.

2.8 Schweißnähte - Spannungen x-stellenweise

A	B	C	D	E	F	G
Stab Nr.	Stelle x [m]	Ort der Schweißnaht	Maßgeb. LK	Spannung [kN/cm ²]	Ausnutzung	
1	0.000	Schiene - Flansch	LK47	0.65	0.870	
	0.500	Schiene - Flansch	LK47	0.65	0.870	
	1.000	Schiene - Flansch	LK57	0.45	0.870	
	1.500	Schiene - Flansch	LK57	0.45	0.870	
	2.000	Schiene - Flansch	LK62	0.36	0.870	
	2.500	Schiene - Flansch	LK70	0.26	0.869	
	3.000	Schiene - Flansch	LK75	0.32	0.870	
	3.500	Schiene - Flansch	LK75	0.33	0.870	
	4.000	Schiene - Flansch	LK82	0.49	0.870	
	4.100	Schiene - Flansch	LK47	0.51	0.870	

Stab Nr. 1 - Stelle x: 0.000 - Schweißnaht Schiene - Flansch

Allgemeine Nahteigenschaften

Nennwert der Stahlbruchfestigkeit:	f_u	36.00	kN/cm ²	
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{Mw}	1.250		[4] Tab. 2
Korrelationsfaktor	β_w	0.800		[4] Tab. 4
Maßgebender Kran für Radlast	Nr.	1		
Bemessungswert der vertikalen Radlast	$F_{z,d}$	113.68	kN	
Bemessungswert der horizontalen Radlast	H_d	0.00	kN	
Wirksame Nahthöhe	a_w	9.0	mm	

Schweißnähte - Spannungen σ , τ

Schnittgrößen LK47: 1.35*LF1+1.35*LF76+1.35*LF78+1.35*LF80

Wirksame Lastübertragungslänge	l_{eff}	0.043	m	
Resultierende vertikale Spannung	$\sigma_{w,z}$	22.13	kN/cm ²	
Resultierende horizontale Spannung	$\sigma_{w,y}$	0.00	kN/cm ²	
Normalspannung senkrecht zur Nahtebene	σ_L	15.65	kN/cm ²	[4], 4.5.3.2
Schubspannung senkrecht zur Nahtebene	τ_L	15.65	kN/cm ²	[4], 4.5.3.2
Schubspannung parallel zur Nahtebene	$\tau_{ }$	0.65	kN/cm ²	[4], 4.5.3.2
Ausnutzung	η_{Naht}	0.870		≤ 1 [4] Gl. 4(1)

HE B 300

Ausgabeart

☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

Bild 5.20: Maske 2.8 Schweißnähte - Spannungen x-stellenweise

5.9 Schweißnähte - Ermüdungsnachweis

Ausgabeart

- ☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

In dieser Maske werden die Schweißnahtausnutzungen für den Ermüdungsnachweis ausgegeben. Auch hier stehen die Anzeigemöglichkeiten *Gesamtweise* und *x-stellenweise* zur Auswahl.

2.9 Schweißnähte - Ermüdungsnachweis gesamtweise

A	B	C	D	E
Stab Nr.	Stelle x [m]	Ort der Schweißnaht	Ausnutzung	Maßgebende Spannungsart
1	5.600	Schiene - Flansch	7.590	Schädigung

Stab Nr. 1 - Stelle x: 5.600 - Schweißnaht: Schiene - Flansch

Allgemeine Naht Eigenschaften

Bemessungswert der vertikalen Radlast	F _{Z,d}	79.61	kN	
Maßgebender Kran für Radlast	Nr.	1		
Wirksame Nahthöhe	a _w	9.0	mm	
Nennwert der Stahlstreckgrenze:	f _{yk}	23.50	kN/cm ²	
Nennwert der Stahlbruchfestigkeit:	f _u	36.00	kN/cm ²	
Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsbelastung	γ _{Ff}	1.000		[1], 9.2 (1)
Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsfestigkeit	γ _{Mf}	1.150		[5] Tab. 3.1
Schadensäquivalenter dynamischer Vergrößerungsbeiwert	φ _{fat, 1}	1.050		[6] Gl. (2.19)
Schadensäquivalenter dynamischer Vergrößerungsbeiwert	φ _{fat, 2}	1.065		[6] Gl. (2.19)
Kerbfall σ _x	KD _{σx}	0		[5] Tab. 8.1-8
Kerbfall σ _z	KD _{σz}	36		[5] Tab. 8.1-8
Kerbfall τ _{xz}	KD _{τxz}	36		[5] Tab. 8.1-8

Beiwerte

Kranlastkategorie für σ _x	S _{i, σx}	S2		[6] Tab. B.1
Kranlastkategorie für σ _z , τ _{xz} , Nähte	S _{i, τxz}	S3		[6] Tab. B.1
Schadensäquivalenzfaktor für σ _x	λ _{i, σx}	0.315		
Schadensäquivalenzfaktor für τ _{xz}	λ _{i, τxz}	0.575		[6] Tab. 2.12
Schadensäquivalenzfaktor für σ _z	λ _{i, σz}	0.397		[6] Tab. 2.12

Schweißnähte - Spannungen σ, τ

Resultierende vertikale Spannung	σ _{w,z}	15.50	kN/cm ²	
Schubspannung senkrecht zur Nahtebene	τ _L	0.54	kN/cm ²	[5], 5 (6)
Schubspannung parallel zur Nahtebene	τ _{II}	0.54	kN/cm ²	[5], 5 (6)
Normalspannung senkrecht zur Nahtachse	σ _{wf}	15.50	kN/cm ²	[5], 5 (6)
Ausnutzung	η _{Naht}	0.440		≤ 1 [5] 5(6)
Bemessung Δ τ _{xz}	η _{Δ, τxz}	0.027		≤ 1 [5], 8 (1)
Bemessung Δ σ _{E2(x)}	η _{Δ, σE2(x)}	0.000		≤ 1 [5], 8 (2)
Bemessung Δ σ _{E2(z)}	η _{Δ, σE2(z)}	1.965		> 1 [5], 8 (2)
Bemessung Δ τ _{E2(xz)}	η _{Δ, τE2(xz)}	0.100		≤ 1 [5], 8 (2)
Schädigung	D	7.590		> 1 [5], 8 (3)

HE B 300

Ausgabeart

☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

Bild 5.21: Maske 2.9 Schweißnähte - Ermüdungsnachweis gesamtweise

2.9 Schweißnähte - Ermüdungsnachweis x-stellenweise

A	B	C	D	E
Stab Nr.	Stelle x [m]	Ort der Schweißnaht	Ausnutzung	Maßgebende Spannungsart
1	0.500	Schiene - Flansch	0.187	Bemessung Δ σ _{E2(z)}
		Oberer Flansch - Steg	0.290	Bemessung Δ σ _{E2(z)}
		Unterer Flansch - Steg	0.035	Bemessung Δ τ _{E2(xz)}
	0.850	Schiene - Flansch	0.187	Bemessung Δ σ _{E2(z)}
		Oberer Flansch - Steg	0.290	Bemessung Δ σ _{E2(z)}
		Unterer Flansch - Steg	0.033	Bemessung Δ τ _{E2(xz)}
	1.000	Schiene - Flansch	0.187	Bemessung Δ σ _{E2(z)}
		Oberer Flansch - Steg	0.290	Bemessung Δ σ _{E2(z)}
		Unterer Flansch - Steg	0.033	Bemessung Δ τ _{E2(xz)}
	1.060	Schiene - Flansch	0.187	Bemessung Δ σ _{E2(z)}

Stab Nr. 1 - Stelle x: 0.500 - Schweißnaht: Oberer Flansch - Steg

Allgemeine Naht Eigenschaften

Nennwert der Stahlstreckgrenze:	f _{yk}	35.50	kN/cm ²	
Nennwert der Stahlbruchfestigkeit:	f _u	47.00	kN/cm ²	

Beiwerte

Wirksame Nahthöhe	a _w	6.0	mm	
Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsbelastung	γ _{Ff}	1.000		[1] 9.2 (1)
Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsfestigkeit	γ _{Mf}	1.150		[5] Tab. 3.1
Schadensäquivalenter dynamischer Vergrößerungsbeiwert	φ _{fat, 1}	1.050		[6] Gl. (2.19)
Schadensäquivalenter dynamischer Vergrößerungsbeiwert	φ _{fat, 2}	1.115		[6] Gl. (2.19)
Kranlastkategorie für σ _x	S _{i, σx}	S3		[6] Tab. B.1
Kranlastkategorie für σ _z , τ _{xz} , Nähte	S _{i, τxz}	S3		[6] Tab. B.1
Schadensäquivalenzfaktor für σ _x	λ _{i, σx}	0.397		[6] Tab. 2.12
Schadensäquivalenzfaktor für τ _{xz}	λ _{i, τxz}	0.575		[6] Tab. 2.12
Schadensäquivalenzfaktor für σ _z	λ _{i, σz}	0.397		[6] Tab. 2.12
Kerbfall σ _x	KD _{σx}	0		[5] Tab. 8.1-8
Kerbfall σ _z	KD _{σz}	36		[5] Tab. 8.1-8
Kerbfall τ _{xz}	KD _{τxz}	80		[5] Tab. 8.1-8

Schweißnähte - Spannungen σ, τ

Spannung σ _z				
Lastkombination LK	τ _{xz, Max}	2		
Lastkombination LK	τ _{xz, Min}	22		
Maximale Spannung	τ _{xz, Max}	0.70	kN/cm ²	
Minimale Spannung	τ _{xz, Min}	0.28	kN/cm ²	
Schubspannung senkrecht zur Nahtebene	τ _L	0.00	kN/cm ²	[5] 5 (6)

IU 600/400/15/6/400/15/6/6

Ausgabeart

☐ Gesamtweise
☒ x-stellenweise

Bild 5.22: Maske 2.9 Schweißnähte - Ermüdungsnachweis x-stellenweise

5.10 Kritische Lastfaktoren

Die letzte Ergebnismaske wird bietet einen Überblick über die kritischen Lastfaktoren, die für die relevanten Lastkombinationen (Laststellungen) ermittelt wurden.

A	B	C
LK	Kritischer Lastfaktor	Grund für Ende der Berechnung
LK1	9.000	
LK47	8.969	
LK57	8.453	
LK62	7.531	
LK70	7.781	
LK75	7.969	
LK82	8.531	
LK85	9.564	
LK107	7.656	
LK112	8.656	
LK122	8.719	
LK140	7.656	

Bild 5.23: Maske 2.10 Kritische Lastfaktoren

Kritischer Lastfaktor

Dieser Wert gibt Aufschluss über die Stabilität des Tragwerks. Der kritische Lastfaktor von z. B. 7,969 für die Lastkombination LK75 (siehe Bild 5.23) bedeutet, dass die Belastung dieser Lastkombination um den Faktor 7,969 gesteigert werden kann, bis das System instabil wird. Dabei wird von einem elastischen Werkstoffverhalten ausgegangen.



Ist der kritische Lastfaktor kleiner als 1, so ist das Modell schon vor dem Erreichen der Bemessungslast instabil.

Wird ein kritischer Lastfaktor von 0 angegeben, so konnte die Berechnung nicht durchgeführt werden. Das Modell ist wahrscheinlich kinematisch; es sollten die Lagerungsbedingungen und Gelenkzuweisungen überprüft werden.

Grund für Ende der Berechnung

Details...

In dieser Spalte erscheint ein Hinweis, wenn eine Instabilität der Konstruktion vorliegt oder es nicht gelungen ist, innerhalb der erlaubten Anzahl an Iterationen die Abbruchschranke zu erreichen. Die maximale Anzahl der Gleichgewichtsiterationen kann im Dialog *Details*, Register *Berechnung* angepasst werden (siehe Bild 4.4, Seite 38).

6 Ausdruckprotokoll

Die Eingabedaten und Ergebnisse von KRANBAHN werden nicht direkt zum Drucker geschickt. Vielmehr wird ein so genanntes Ausdruckprotokoll – eine Druckvorschau – erzeugt, das mit Grafiken, Erläuterungen, Scans etc. ergänzt werden kann (siehe [Bild 6.7, Seite 65](#)). In diesem Ausdruckprotokoll ist festzulegen, welche Daten für den Ausdruck relevant sind.

Es können mehrere Ausdruckprotokolle im Modell angelegt werden. Je nachdem, welche Daten benötigt werden, kann z. B. für die Prüfstatik ein anderes Protokoll zusammengestellt werden als für die Fertigung.



Das Ausdruckprotokoll kann nur geöffnet werden, wenn ein Standarddrucker installiert ist. Die Vorschau im Ausdruckprotokoll verwendet diesen Druckertreiber.

6.1 Ausdruckprotokoll anlegen



Da die Ausdruckprotokolle nicht im KRANBAHN-Fenster erstellt werden, muss das Programm zunächst mit der Schaltfläche [OK] oder [Grafik] verlassen werden. In der Oberfläche von RSTAB kann dann das Ausdruckprotokoll erzeugt werden über das Menü

Datei → Ausdruckprotokoll öffnen



oder die zugeordnete Schaltfläche in der Symbolleiste.

Wenn noch kein Ausdruckprotokoll existiert, erscheint der Dialog *Neues Ausdruckprotokoll*.

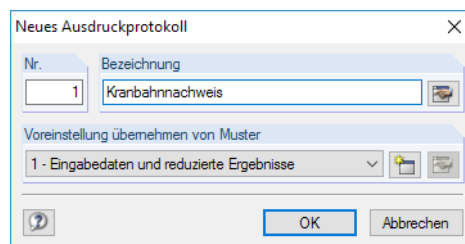


Bild 6.1: Dialog *Neues Ausdruckprotokoll*

Die *Nummer* des Protokolls ist voreingestellt, kann aber geändert werden. Für das Protokoll kann eine *Bezeichnung* angegeben werden, die die Auswahl erleichtert. Diese Bezeichnung erscheint nicht im Ausdruck.

In der Liste *Voreinstellung übernehmen von Muster* kann ein Musterprotokoll als Vorlage ausgewählt werden.

Die Schaltflächen im Dialog sind mit folgenden Funktionen belegt:



	Die Druckdaten können ausgewählt werden (→ Kapitel 6.2, Seite 62).
	Ein neues Musterprotokoll wird angelegt.

Tabelle 6.1: Schaltflächen im Dialog *Neues Ausdruckprotokoll*

6.2 Auswahl der Druckdaten

In einem Dialog können die Kapitel ausgewählt werden, die im Ausdruckprotokoll erscheinen sollen. Diese Funktion wird aufgerufen über das Ausdruckprotokoll-Menü

Bearbeiten → Auswahl



oder die links gezeigte Schaltfläche in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

Es erscheint der Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion* (siehe [Bild 6.2](#)).

6.2.1 Globale Selektion

Das Register *Globale Selektion* für KRAMBAHN verwaltet die beiden Oberkapitel des Protokolls. Wenn hier ein Eintrag deaktiviert wird, verschwindet auch das zugehörige Detailregister.

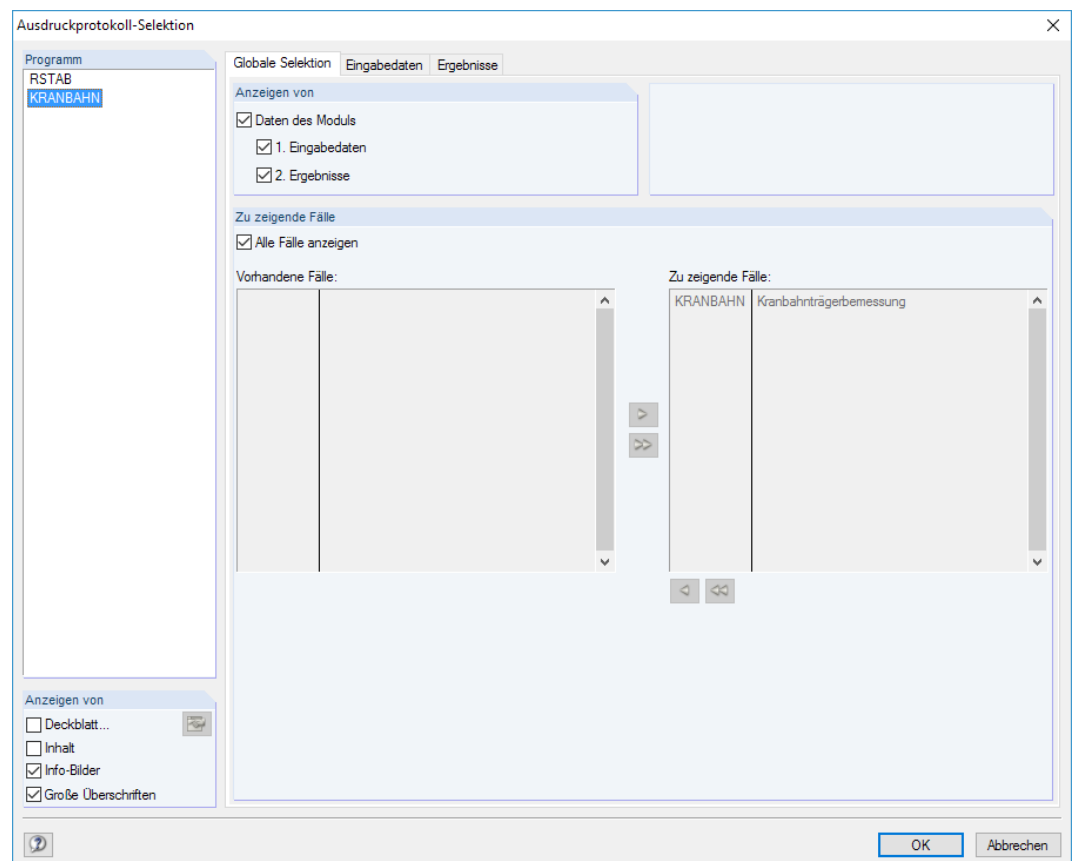


Bild 6.2: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *Globale Selektion* für KRAMBAHN

Um nur die Eingabedaten und Ergebnisse von KRAMBAHN anzuzeigen, können die *RSTAB-Daten* (Basisangaben und Modelldaten) über den Eintrag *RSTAB* deaktiviert werden.

Die Kontrollfelder im Abschnitt *Anzeigen von* steuern, ob ein *Deckblatt*, ein *Inhaltsverzeichnis*, kleine *Info-Bilder* in der Randspalte und *Große Überschriften* im Protokoll angezeigt werden.

6.2.2 Selektion der Eingabedaten

Das zweite Register für KRAMBAHN steuert, welche Eingabedaten im Ausdruck erscheinen.

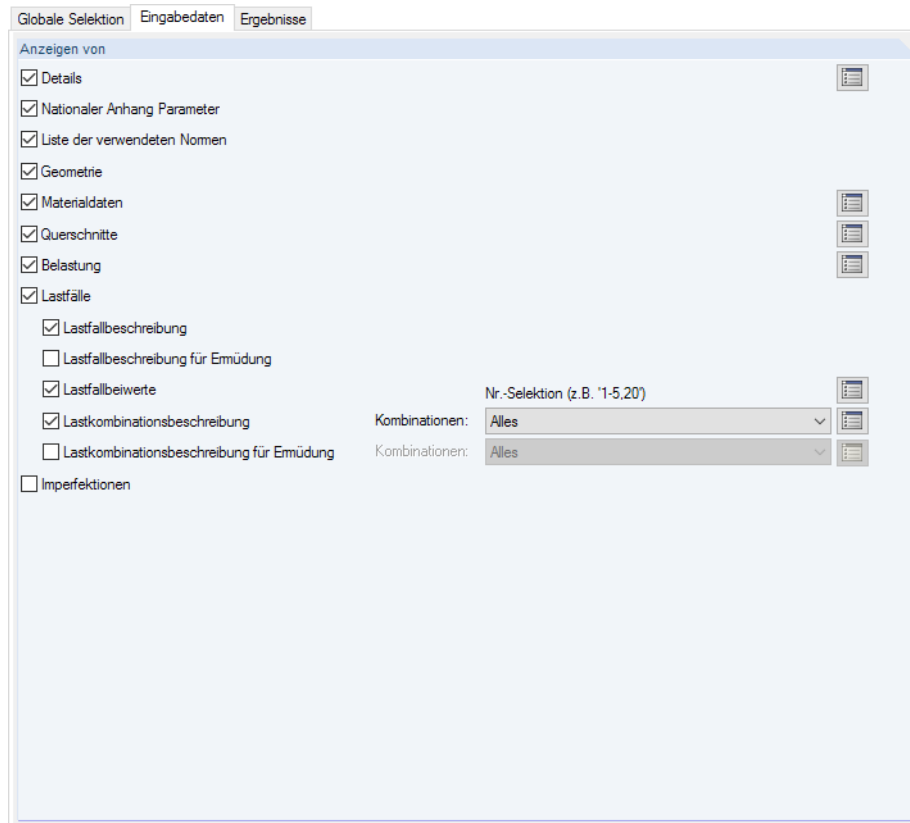


Bild 6.3: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *Eingabedaten*



Bei vielen der hier aufgelisteten Kategorien kann der Druckumfang über die Schaltfläche [Details] in separaten Dialogen festgelegt werden.

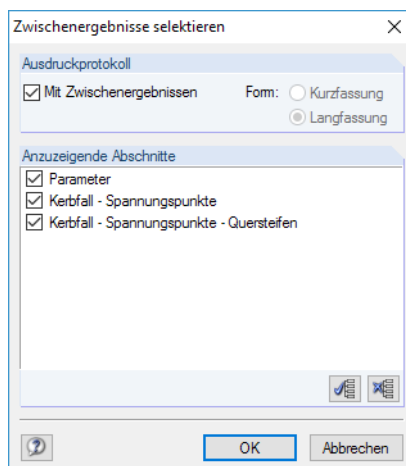


Bild 6.4: Dialog *Details* für Kerbfälle des Querschnitts

6.2.3 Selektion der Ergebnisse

Der Umfang des Ausdrucks lässt sich über die Kontroll- und Auswahlfelder in diesem Register beeinflussen. Dadurch kann die Dokumentation eines Kranbahnträgers von einigen wenigen Seiten bis zu über 100 Seiten variieren.

Bild 6.5: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *Ergebnisse*



Der Druckumfang der Ergebnisse kann über die Schaltflächen [Details] gesteuert werden, die für die einzelnen Nachweisarten zur Verfügung stehen.

Bild 6.6: Dialog *Zwischenergebnisse selektieren* für Spannungsnachweis

Soll der Ausdruck auch *Mit Zwischenergebnissen* erstellt werden, so lassen sich diese in einer Liste gezielt festlegen und in Form einer *Kurzfassung* (kompakte Darstellung) oder *Langfassung* (Listendarstellung) dokumentieren.

6.3 Ausdruckprotokoll

Ist das Ausdruckprotokoll aufgebaut, wird links ein Navigator, rechts die Seitenansicht mit der Druckvorschau angezeigt.

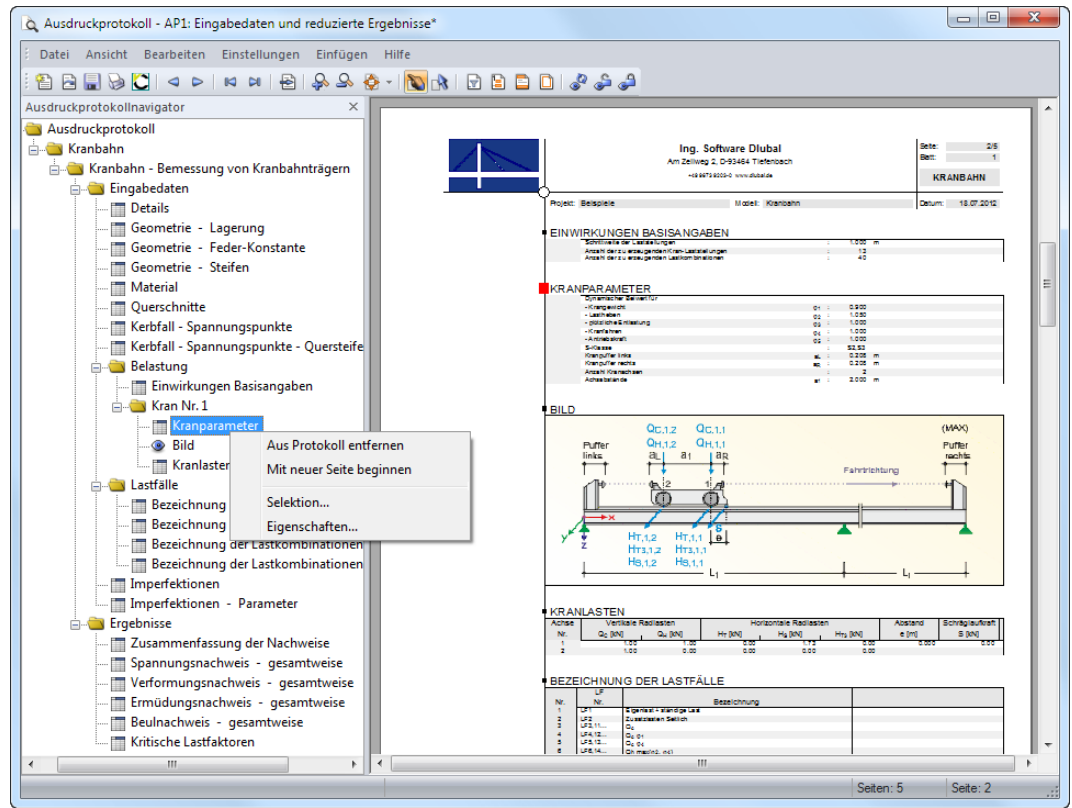
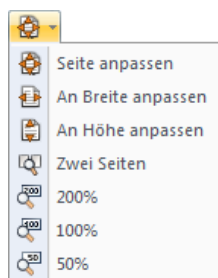


Bild 6.7: Ausdruckprotokoll mit Kontextmenü im Navigator und Druckvorschau

Navigation

Am einfachsten lässt sich ein Eintrag durch Anklicken des Kapitels im Navigator ansteuern.


Das Menü *Bearbeiten* bietet weitere Funktionen für die Navigation. Diese sind auch über die entsprechenden Schaltflächen in der Ausdruckprotokoll-Symbolleiste zugänglich.



	In der Seitenvorschau wird eine Seite zurückgeblättert.
	Es wird eine Seite weitergeblättert.
	In der Seitenvorschau wird die erste Seite angezeigt.
	Es wird die letzte Seite angezeigt.
	In einem Dialog kann die Nummer einer bestimmten Seite angegeben werden.
	Die Darstellung in der Vorschau wird vergrößert.
	Die Darstellung in der Vorschau wird verkleinert.
	Listenschaltfläche <i>Zoomen</i> zur Anpassung der Darstellungsgröße
	Bewegmodus: Die Maus kann zur Navigation im Ausdruckprotokoll benutzt werden.
	Auswahlmodus: Per Mausklick können Kapitel selektiert und bearbeitet werden.
	Sofortaktualisierung: Änderungen im Navigator werden in der Vorschau dargestellt (siehe DLUBAL-Blog: https://www.dlubal.com/blog/19116).

Tabelle 6.2: Navigations-Schaltflächen in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls

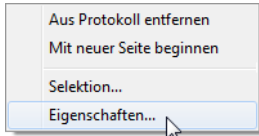
Arrangement der Druckdaten

 **Ergebnisse**
Symbol und Titel

Im Navigator können die Kapitel des Protokolls per Drag-and-drop beliebig angeordnet werden. Dabei ist Folgendes zu beachten: Wird ein Kapitel auf ein **Symbol** geschoben (im Bild links der Ordner), so wird es nach diesem Kapitel eingefügt. Wird es hingegen auf einen **Titel** (Text) geschoben, wird es als Unterkapitel eingefügt.



Zum Verschieben mehrerer Kapitel empfiehlt es sich, die [Sofortaktualisierung] auszuschalten.



Das Navigator-Kontextmenü (siehe [Bild 6.7](#)) bietet weitere Möglichkeiten zur Anpassung des Ausdruckprotokolls. Es lässt sich mit einem Rechtsklick auf ein bestimmtes Kapitel aufrufen. Wie in Windows üblich, ist eine Mehrfachselektion von Kapiteln mit den Tasten [Strg] und [↑] möglich.

Aus Protokoll entfernen

Das markierte Kapitel wird gelöscht. Soll es wieder in das Protokoll eingefügt werden, ist dies über die Selektion möglich: Menü **Bearbeiten** → **Auswahl**.

Mit neuer Seite beginnen



Mit diesem Kapitel wird eine neue Seite begonnen. Im Navigator ist das Kapitel mit einem roten Pin gekennzeichnet.

Selektion

Es wird der Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion* aufgerufen, der im [Kapitel 6.2](#) beschrieben ist. Das gewählte Kapitel ist voreingestellt.

Eigenschaften

Einige allgemeine Eigenschaften eines Kapitels können beeinflusst werden, z. B. der Titel geändert oder eine Zusatzerläuterung eingetragen werden.

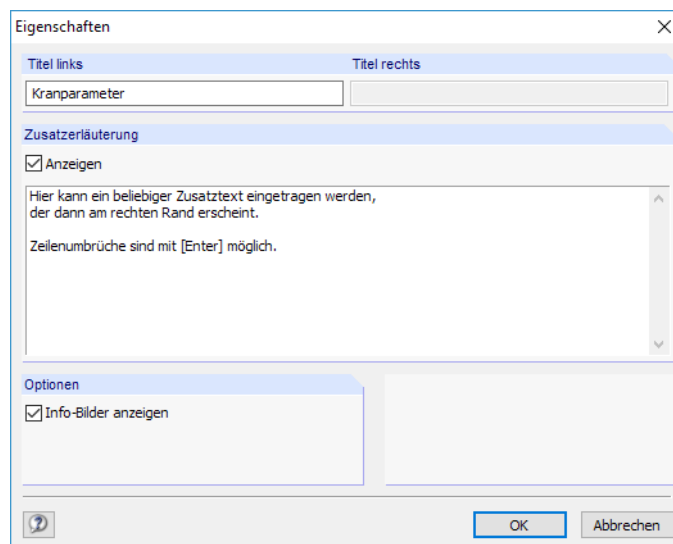


Bild 6.8: Dialog *Eigenschaften*

Im Dialog kann der *Titel* des Kapitels geändert und eine *Zusatzerläuterung* eingegeben werden, die im Protokoll am linken Seitenrand erscheint.

Layout

Das Layout eines Ausdruckprotokolls kann hinsichtlich der Schriftarten und -farben, der Randeinstellungen und des Tabellendesigns angepasst werden.

Der Dialog zum Bearbeiten des Seitenlayouts wird aufgerufen über das Ausdruckprotokoll-Menü

Einstellungen → Seite



oder die zugeordnete Schaltfläche in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

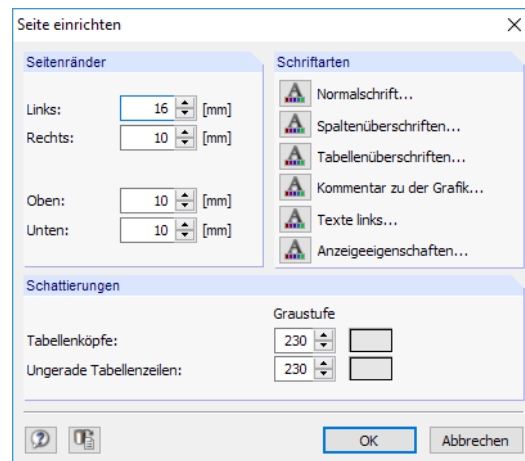


Bild 6.9: Dialog *Seite einrichten*



Es sind relativ kleine Standardfonts für Normal- und Spaltenüberschriften vorgesehen. Dennoch sollte man vorsichtig sein, die voreingestellten **Arial**-Schriftgrößen zu verändern: Mit größeren Fonts passen die Einträge nicht immer in die vorgesehenen Spalten und werden abgeschnitten.

Sprache

Die Spracheinstellung im Ausdruckprotokoll ist unabhängig von der Sprache der KRANBAHN-Benutzeroberfläche. Mit der deutschen Version kann also ein englisches oder italienisches Ausdruckprotokoll erzeugt werden.

Die im Ausdruckprotokoll benutzte Sprache wird geändert über das Menü

Einstellungen → Sprache.

Im folgenden Dialog kann die gewünschte Sprache in der Liste ausgewählt werden.

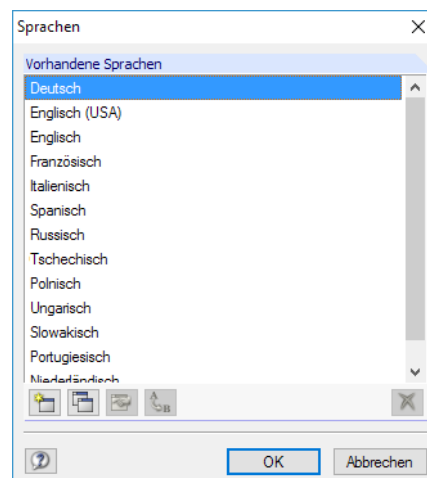


Bild 6.10: Dialog *Sprachen*

Druckausgabe

Der eigentliche Druckvorgang wird gestartet mit dem Ausdruckprotokoll-Menü

Datei → Drucken



oder der entsprechenden Schaltfläche in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

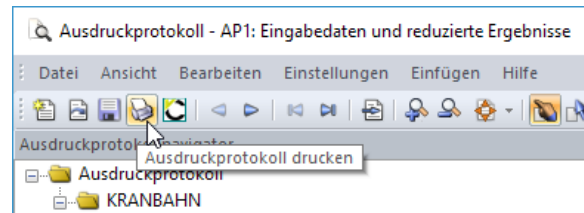


Bild 6.11: Schaltfläche *Ausdruckprotokoll drucken*

Es wird der Standard-Druckerdialog von Windows aufgerufen, in dem der Drucker und die zu druckenden Seiten festzulegen sind.

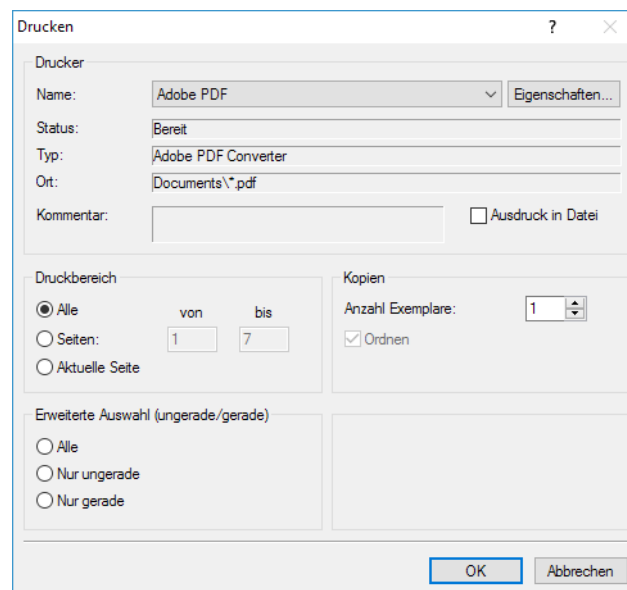


Bild 6.12: Dialog *Drucken*

Falls nicht der Standarddrucker verwendet wird, kann der Seitenumbruch und damit auch die Seitenzahl auf dem Papier von der Vorschau in KRANBAHN abweichen.

Bei der Option *Ausdruck in Datei* wird eine Druckdatei im PRN-Format erzeugt. Diese kann mit dem **copy**-Befehl auf einen Drucker geleitet werden.

Export des Ausdruckprotokolls

RTF-Export

Das Ausdruckprotokoll einschließlich Grafiken kann in das RTF-Format exportiert werden über das Ausdruckprotokoll-Menü

Datei → Export in RTF.

Es öffnet sich der Windows-Dialog *Speichern unter*.

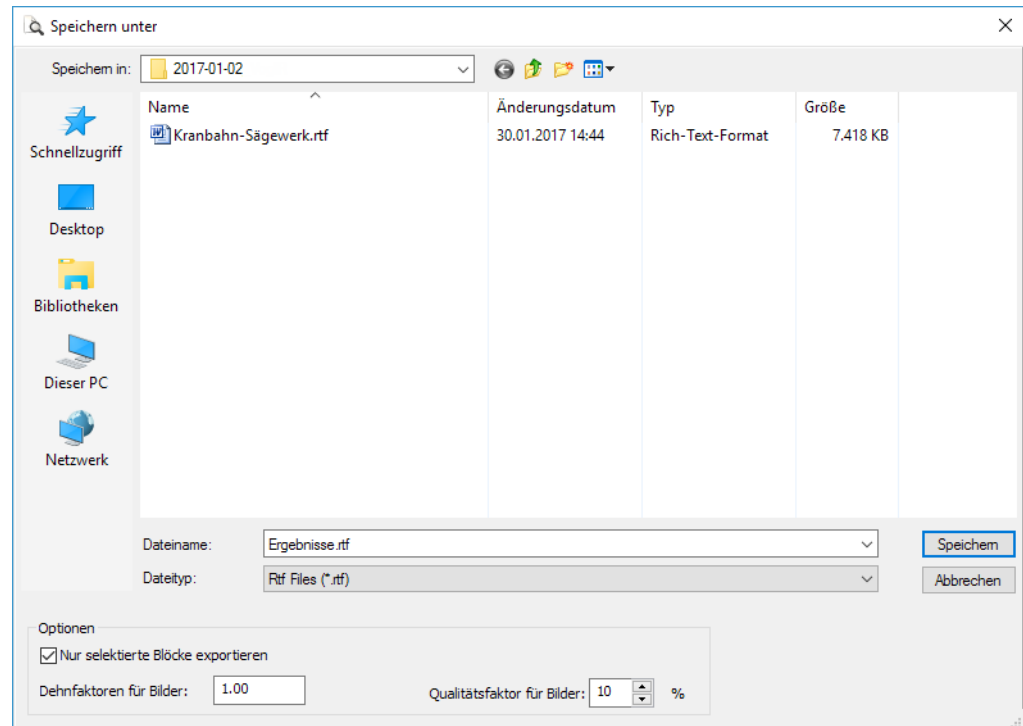


Bild 6.13: Dialog *Speichern unter*

Es sind der Speicherort und der Dateiname anzugeben. Wird das Kontrollfeld *Nur selektierte Blöcke exportieren* angehakt, so wird nicht das ganze Protokoll exportiert, sondern nur das bzw. die Kapitel, die zuvor im Navigator selektiert wurden.

PDF-Export

Der integrierte PDF-Drucker ermöglicht es, die Daten des Ausdrucksprotokolls als PDF-Datei auszugeben. Dies erfolgt über das Menü

Datei → Export in PDF-Datei.

Im Windows-Dialog *Speichern unter* (siehe Bild 6.13) sind der Speicherort und der Dateiname anzugeben. Der zusätzliche Abschnitt *Bezeichnung* ermöglicht es, Anmerkungen für die PDF-Datei vorzunehmen.



In der PDF-Datei werden auch Lesezeichen erzeugt, die das Navigieren im Dokument erleichtern.

VCmaster-Export

VCmaster aus dem Hause VEIT CHRISTOPH (früher BauText) ist ein Textverarbeitungsprogramm mit speziellen Erweiterungen für statische Berechnungen.



Der direkte Export nach VCmaster wird gestartet über die Schaltfläche [VCmaster] in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

Für den erfolgreichen Export sollte VCmaster bereits im Hintergrund laufen.

6.4 Protokollkopf

Im Zuge der Installation wird ein Druckkopf aus den Kundendaten angelegt. Diese Angaben können im Ausdruckprotokoll geändert werden über das Menü

Einstellungen → Protokollkopf



oder die zugeordnete Schaltfläche in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.



Bild 6.14: Schaltfläche [Druckkopf festlegen]

Es erscheint der Dialog *Protokollkopf*.

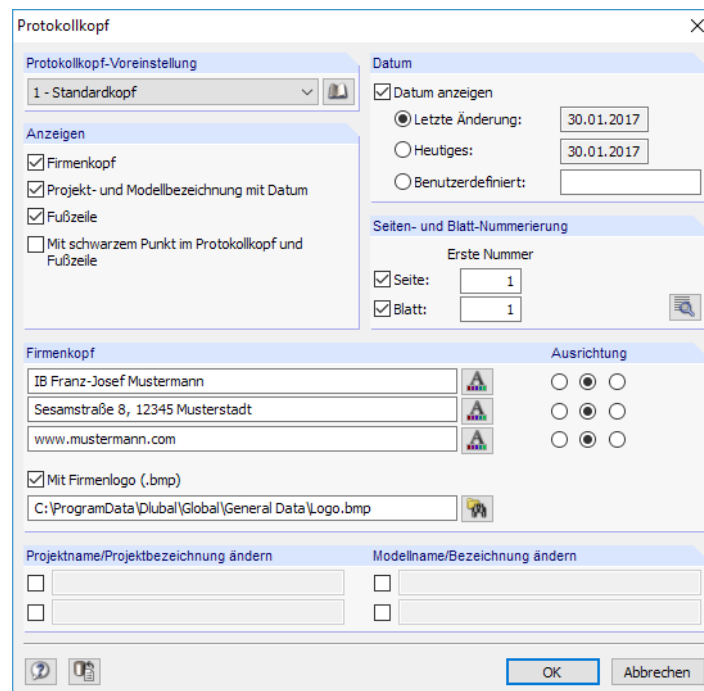



Bild 6.15: Dialog *Protokollkopf*

Protokollkopf-Voreinstellung

Sind mehrere Druckköpfe vorhanden, kann in der Liste der passende Kopf ausgewählt werden.

Die Schaltfläche  ermöglicht ebenfalls den Zugriff auf verschiedene Protokollköpfe. Zusätzlich können dort Protokollköpfe erzeugt, geändert oder gelöscht werden.

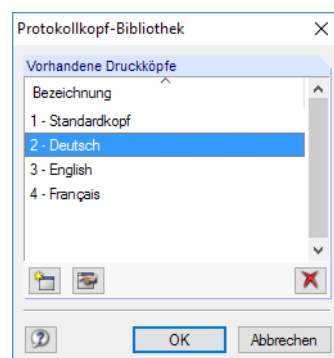


Bild 6.16: Dialog *Protokollkopf-Bibliothek*

Die Schaltflächen in der *Protokollkopf-Bibliothek* bedeuten im Einzelnen:




	Es wird ein neuer Protokollkopf erzeugt. Die Angaben sind in einem weiteren Dialog vorzunehmen, der wie der Dialog <i>Protokollkopf</i> konzipiert ist (siehe Bild 6.15).
	Die Eigenschaften des selektierten Protokollkopfs können bearbeitet werden.
	Der in der Liste selektierte Protokollkopf wird gelöscht.

Tabelle 6.3: Schaltflächen im Dialog *Protokollkopf-Bibliothek*



Die Protokollköpfe werden in der Datei **DlubalProtocolConfigNew.cfg** im allgemeinen Stammdatenordner *C:\ProgramData\Dlubal\Global\General Data* abgelegt. Diese Datei wird bei einem Update nicht überschrieben; eine Sicherungsdatei kann trotzdem von Vorteil sein.

Anzeigen

Dieser Abschnitt steuert, welche Elemente des Protokollkopfs oder des Seitenlayouts dargestellt werden.

Die Option *Projekt- und Modellbezeichnung* blendet die Projekt- und Modellangaben – mit oder ohne Datum (siehe unten) – ein oder aus. Die Projektbezeichnung wird von den Basisangaben des Projekts im Projektmanager, die Modellbezeichnung von den Basisangaben des Modells übernommen. Die Vorgaben können in den Abschnitten *Projektname* und *Modellname* für den Ausdruck angepasst werden (siehe unten).

Die *Fußzeile* lässt sich ebenso ein- und ausblenden wie der *schwarze Punkt* in den Schnittpunkten von Randlinie mit Kopf- und Fußzeilenlinie.

Datum

Für die Anzeige des Datums im Protokollkopf stehen automatische Vorgaben und eine *Benutzerdefinierte* Angabe zur Auswahl.


Seiten- und Blattnummerierung


Wenn für *Seite* und *Blatt* die Standardnummern gesetzt und die beiden Kontrollfelder angehakt sind, werden die einzelnen Seiten fortlaufend unter einem Blatt verwaltet (siehe Bild links).


Über die Schaltfläche  sind detaillierte Vorgaben für die Nummerierung möglich.



Firmenkopf

Dieser Abschnitt des *Protokollkopf*-Dialogs enthält die Angaben aus den Kundendaten, die hier angepasst werden können. Für jede der drei Druckkopfzeilen steht ein Eingabefeld zur Verfügung. Über die Schaltfläche  können jeweils Schriftart und Schriftgrad geändert werden. Die *Ausrichtung* der Zeilen lässt sich ebenfalls separat festlegen.

Der linke Bereich der Kopfzeile ist für das Firmenlogo reserviert. Die Grafik kann im *.jpg, *.png, *.gif oder *.bmp-Format vorliegen; sie kann mit der Schaltfläche  eingelesen werden.

Mit der Schaltfläche  unten im Dialog können die geänderten Angaben gespeichert und als Standard gesetzt werden. Es erscheint der Dialog *Name des Protokollkopfes*, in dem eine Bezeichnung anzugeben ist. Der neue Druckkopf erscheint dann als *Protokollkopf-Voreinstellung*.

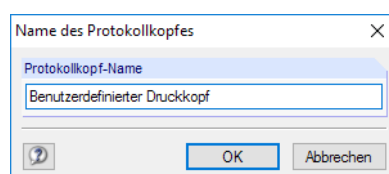


Bild 6.17: Dialog *Name des Protokollkopfes*

Projektname/Modellname/Bezeichnung ändern

Im untersten Abschnitt des *Protokollkopf*-Dialogs (siehe Bild 6.15) können der Projekt- und Modellname mit den benutzerdefinierten Bezeichnungen für den Ausdruck geändert werden. Nach dem Anhaken der Kontrollfelder sind die Eingabefelder für neue Einträge zugänglich.

6.5 Grafikausdruck

6.5.1 Grafische Ergebnisse

Jede Grafik des Arbeitsfensters (siehe Kapitel 7.3, Seite 85) kann direkt auf den Drucker ausgegeben oder in das Ausdruckprotokoll übergeben werden. Auf diese Weise lassen sich die Spannungen, Ausnutzungen, Verformungen, Schnittgrößen und Eigenformen in grafischer Form dokumentieren.

In gleicher Weise können die Ergebnisverläufe der Stäbe (siehe Kapitel 7.4, Seite 87) für den Ausdruck aufbereitet werden.

Die aktuelle Grafik wird direkt gedruckt über das Menü

Datei → Grafik drucken



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

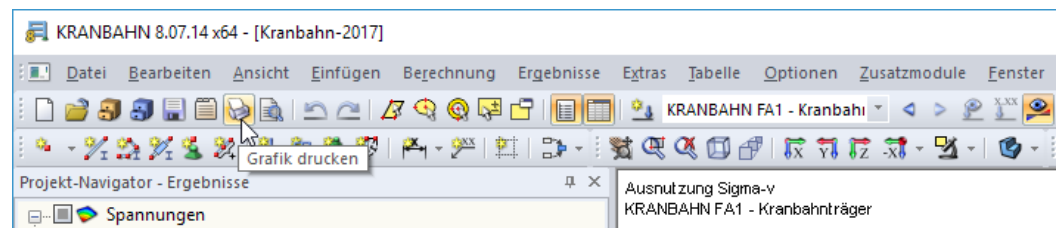


Bild 6.18: Schaltfläche *Grafik drucken* in der Symbolleiste des Hauptfensters

Es erscheint der Dialog *Grafikausdruck*, der aus mehreren Registern besteht.

Allgemeine Einstellungen

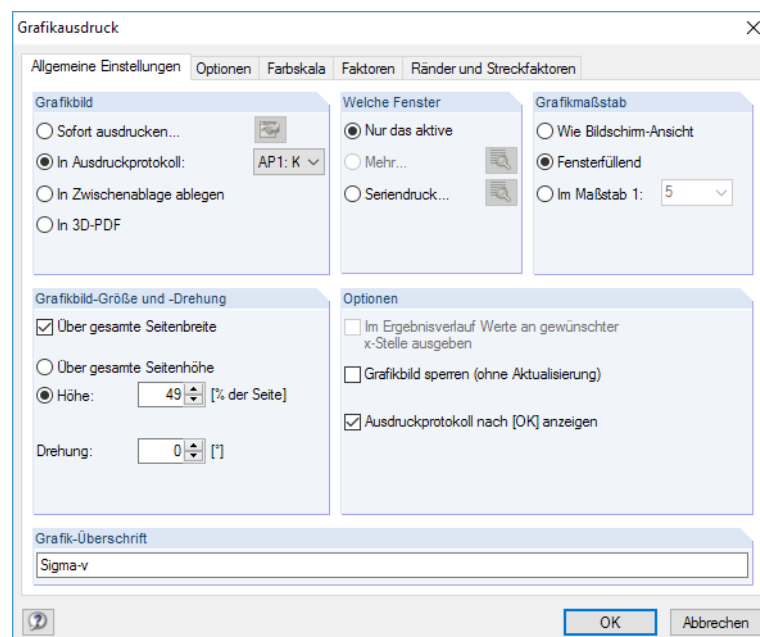



Bild 6.19: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen*

Grafikbild

Es bestehen vier Möglichkeiten der Grafikausgabe:

- Sofort ausdrucken
- In Ausdruckprotokoll (siehe [Kapitel 6.3, Seite 65](#))
- In Zwischenablage ablegen
- In 3D-PDF


Sofort ausdrucken ermöglicht eine direkte Druckausgabe. Der Protokollkopf kann über die Schaltfläche  angepasst werden, die den *Protokollkopf*-Dialog aufruft (siehe [Kapitel 6.4, Seite 70](#)).


Beim Drucken in das *Ausdruckprotokoll* wird die Grafik in das Ausdruckprotokoll AP eingefügt, das in der Liste ausgewählt werden kann. Falls noch kein Ausdruckprotokoll existiert, erscheint nach dem Bestätigen des Dialogs der Dialog *Neues Ausdruckprotokoll*, in dem die Bezeichnung und der Inhalt des Ausdruckprotokolls festgelegt werden kann (siehe [Bild 6.1, Seite 61](#)).

Die *Zwischenablage* stellt die Grafik anderen Programmen zur Verfügung. Dort kann die Grafik in der Regel über das Menü **Bearbeiten** → **Einfügen** übernommen werden.

Welche Fenster

Dieser Abschnitt steuert, wie eine Mehrfensterdarstellung im Ausdruck zu behandeln ist. Mit der Option *Nur das aktive Fenster* wird die Grafik des Fensters gedruckt, das gerade fokussiert ist.

Falls mehrere Fenster dargestellt sind (um beispielsweise die Spannungen und Schnittgrößen zu vergleichen), wird mit dem Aktivieren der Druckoption *Mehr* die -Schaltfläche zugänglich. Sie ruft einen Dialog mit Steuerungsmöglichkeiten zur Druckanordnung der Grafiken auf.

Mit der Option *Seriendruck* lassen sich voreingestellte Standardgrafiken in das Ausdruckprotokoll integrieren. Nach dem Aktivieren des Auswahlfeldes und einem Klick auf  erscheint ein neuer Dialog, in dem die Parameter festgelegt werden können.

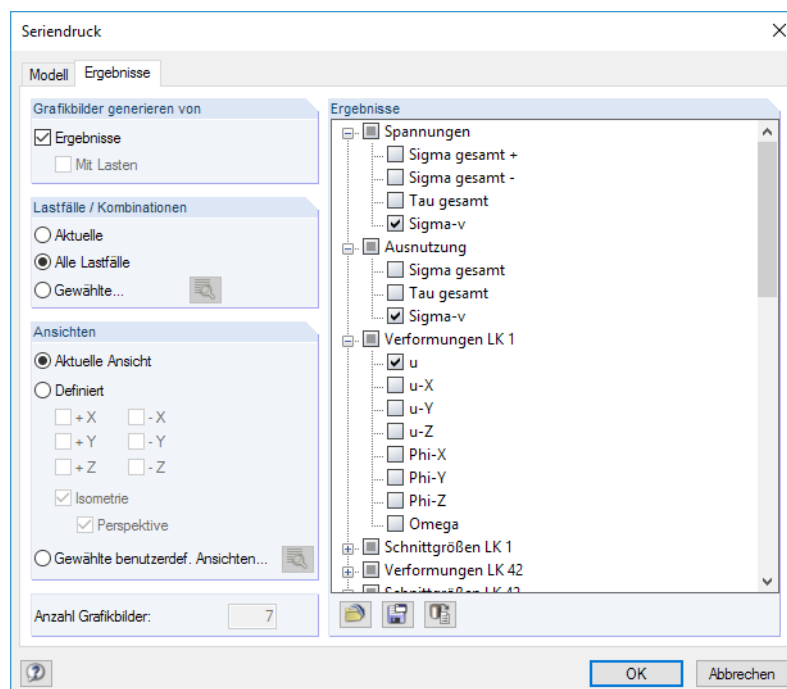


Bild 6.20: Dialog *Seriendruck*, Register *Ergebnisse*

Grafikmaßstab

Der Abschnitt rechts oben im Dialog *Grafikausdruck* (Bild 6.19) verwaltet den Abbildungsmaßstab der Grafik auf dem Papier.

Wie *Bildschirmansicht* verwendet den gleichen Darstellungsmaßstab wie auf dem Monitor. Damit lassen sich gezoomte Bereiche oder spezielle Ansichten drucken.

Die Option *Fensterfüllend* stellt die Gesamtgrafik auf dem Papier dar. Es wird der aktuelle Blickwinkel verwendet, um das ganze Modell in der vorgegebenen Grafikbild-Größe (siehe nächster Abschnitt) abzubilden.

Im *Maßstab* druckt die Grafik in dem Maßstab, der in der Liste gewählt oder manuell eingegeben wird. Auch hier wird der aktuelle Blickwinkel verwendet. Eine perspektivische Ansicht eignet sich nicht für den maßstäblichen Ausdruck.

Grafikbild-Größe und -Drehung

Dieser Abschnitt regelt die Größe der Grafik auf dem Papier.

Ist das Kontrollfeld *Über gesamte Seitenbreite* angehakt, wird auch der linke Rand neben der vertikalen Trennlinie für die Grafik genutzt.

Soll nicht die ganze Seite für die Grafik genutzt werden, kann die *Höhe* des Grafikbereichs als Prozentwert der Seitenhöhe vorgegeben werden.

Der Drehwinkel im Eingabefeld *Drehung* rotiert die Grafik für den Ausdruck.

Optionen

Für den Ausdruck von Ergebnisverläufen (siehe Kapitel 7.4, Seite 87) steuert das Kontrollfeld *Im Ergebnisverlauf Werte an gewünschter x-Stelle ausgeben*, ob die Werte gedruckt werden, die an der Position der vertikalen Linie erscheinen.

Standardmäßig werden dynamische Grafiken erzeugt: Bei einer Änderung des Modells oder der Ergebnisse werden die Grafiken im Ausdruckprotokoll automatisch aktualisiert. Treten Performanceprobleme im Protokoll wegen der Grafiken auf, so kann die dynamische Anpassung über das Kontrollfeld *Grafikbild sperren (ohne Aktualisierung)* unterbunden werden.

Im Ausdruckprotokoll kann die Sperrung einer Grafik wieder aufgehoben werden: Klicken Sie im Protokoll-Navigator den Grafikeintrag mit der rechten Maustaste an, um das Kontextmenü zu aktivieren (siehe Bild 6.7, Seite 65). Über die *Eigenschaften* ist der Dialog *Grafikausdruck* dieses Bildes wieder zugänglich. Alternativ selektieren Sie die Grafik im Protokoll-Navigator und wählen das Menü **Bearbeiten** → **Eigenschaften**.

Grafik-Überschrift

Beim Aufruf des Dialogs *Grafikausdruck* ist ein Titel für die Grafik voreingestellt, der in diesem Eingabefeld geändert werden kann.

Optionen

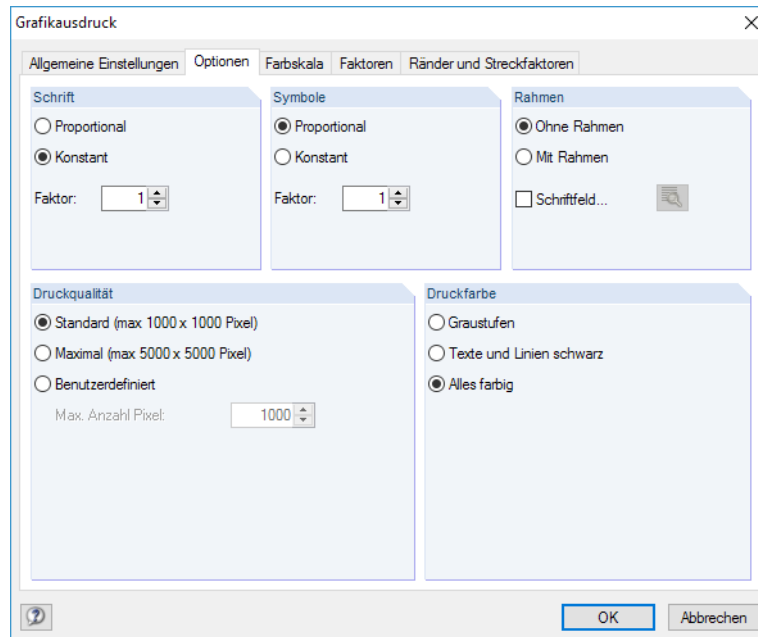


Bild 6.21: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*


Schrift / Symbole

In diesen beiden Abschnitten brauchen die Voreinstellungen nur selten verändert werden. Für das großformatige Plotten kann es erforderlich sein, die Faktoren anzupassen.

Die Größe der Schrift und der Grafiksymbole (Knoten, Lager, Stäbe etc.) ist abhängig vom Druckertreiber. Wenn die Druckresultate nicht zufriedenstellend sind, können hier separate Skalierungsfaktoren für *Schrift* und *Symbole* definiert werden.

Rahmen

Die Grafik kann im Ausdruck mit oder ohne Rahmen dargestellt werden.

Für den Ausdruck besteht zusätzlich die Möglichkeit, ein Schriftfeld zu ergänzen. Die Schaltfläche  öffnet den Dialog *Schriftfeld-Einstellungen*, in dem das Aussehen und der Inhalt des Schriftfeldes festgelegt werden können. Der untere Bereich dieses Dialogs zeigt die Vorschau an.

Druckqualität

In diesem Dialogabschnitt brauchen die Voreinstellungen nur selten verändert werden. Als *Standard* wird die Grafik als Bitmap in einer Größe von maximal 1000 x 1000 Pixel ausgegeben. Die *Maximal*-Größe von maximal 5000 x 5000 Pixel führt bei einer 32 Bit-Farbtiefe zu einer Datenmenge von etwa 100 MB. Dies kann bei einigen Druckertreibern Probleme bereiten. Die hohe Auflösung sollte daher mit Vorsicht benutzt werden.

Druckfarbe

Erfolgt die Druckausgabe auf einen Schwarz-Weiß-Drucker, können zur besseren Lesbarkeit *Texte und Linien schwarz* anstatt in Graustufen gedruckt werden. Dabei ist zu beachten, dass z. B. mehrfarbige Querschnittsverformungen oder Lagersymbole von dieser Einstellung nicht beeinflusst werden und somit farbig im Ausdruck erscheinen.



Die Umsetzung farbiger Ergebnisverläufe in Graustufen wird vom Druckertreiber vorgenommen. In KRANBAHN besteht keine Einstellmöglichkeit.

Farbskala

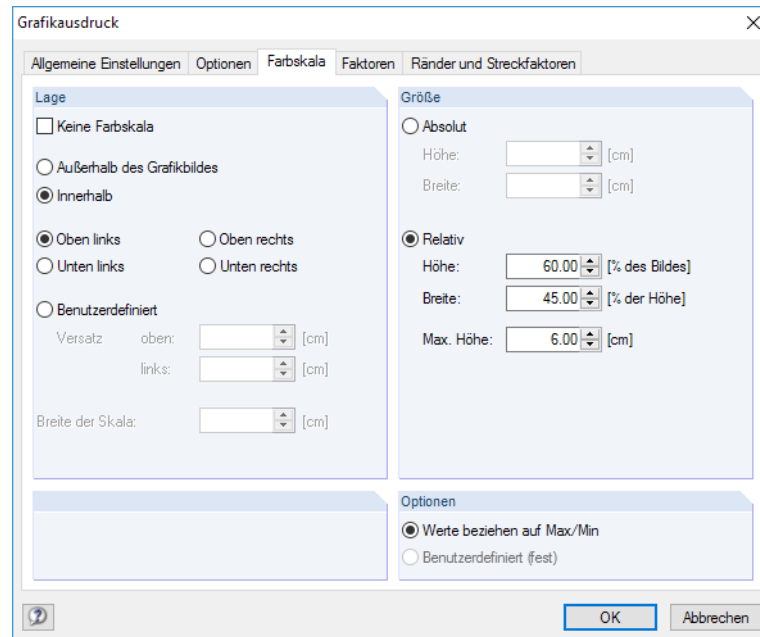


Bild 6.22: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Farbskala*

Dieses Register regelt die Positionierung und Größe des Panels für die Druckausgabe.

Lage

Die Farbskala des Steuerpanels wird üblicherweise mit gedruckt. Falls dies nicht gewünscht ist, ist das Kontrollfeld *Keine Farbskala* anzuhaken.

Liegt das Panel *Innerhalb* des Grafikbildes, so überlappt die Farbskala einen Teil des Bildes. Die Position des Panels kann präzise festgelegt werden – entweder in einer der vier Ecken oder *Benutzerdefiniert* arrangiert.

Die Option *Außerhalb des Grafikbildes* trennt einen Streifen des Grafikfensters ab und verwendet diesen nur für die Farbskala. Unten im Abschnitt kann die *Breite der Skala* angegeben werden.

Größe

Die Größe der Farbskala kann entweder in absoluten Maßen oder relativ zur Bildgröße festgelegt werden.

Optionen

Die Farben-Werte-Zuweisung im Arbeitsfenster kann benutzerdefiniert im Panel festgelegt werden.

Der Abschnitt steuert, ob die auf die Extremwerte (*Max/Min*) bezogene Standard-Farbskala oder die benutzerdefinierte Farbskala für den Ausdruck benutzt werden soll. Für Letztere ist keine dynamische Aktualisierung möglich.

Faktoren

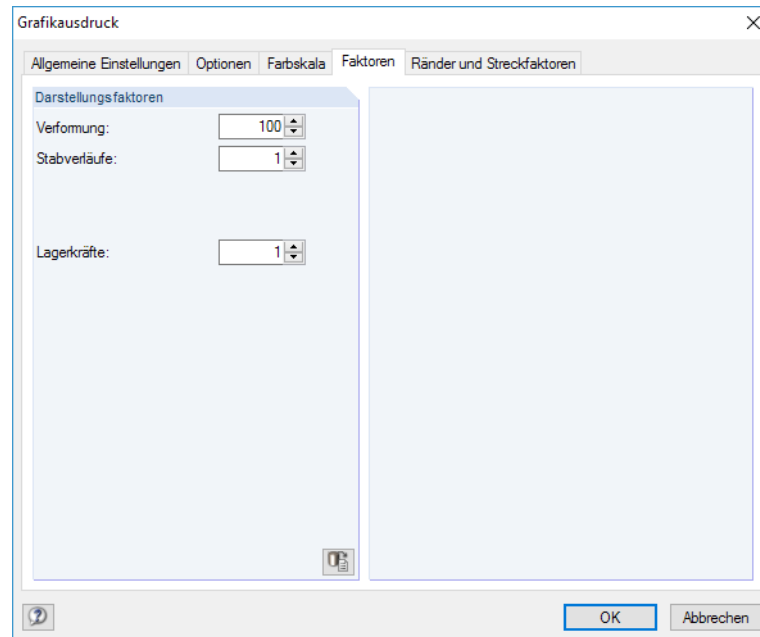


Bild 6.23: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Faktoren*

In diesem Register können die *Darstellungsfaktoren* für die verschiedenen Ergebnisarten angepasst werden. So lassen sich die Ergebnisse im Ausdruck unabhängig vom aktuellen Arbeitsfenster skalieren. Dies ist in erster Linie bei der abschließenden Aufbereitung der Dokumentation hilfreich.

Ränder und Streckfaktoren

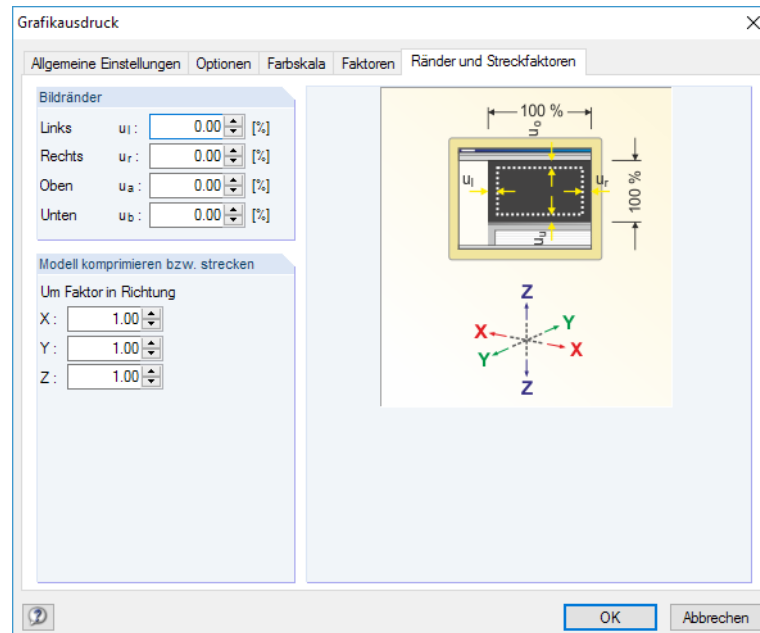


Bild 6.24: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Ränder und Streckfaktoren*

Mit den Vorgaben dieses Registers können die *Bildränder* der gedruckten Grafik angepasst werden. Optional lässt sich das *Modell komprimieren bzw. strecken*.

6.5.2 3D-Rendering der Kranbahn

3D-Rendering

Auch die Grafiken des Kranbahnträgers im [3D-Rendering] (siehe [Kapitel 7.2, Seite 83](#)) können für die Dokumentation verwendet werden.



Die Grafiken lassen sich mit der [Drucken]-Schaltfläche direkt ausdrucken oder in das Protokoll übergeben. Es erscheint der Dialog *Grafikausdruck*, der aus zwei Registern besteht.

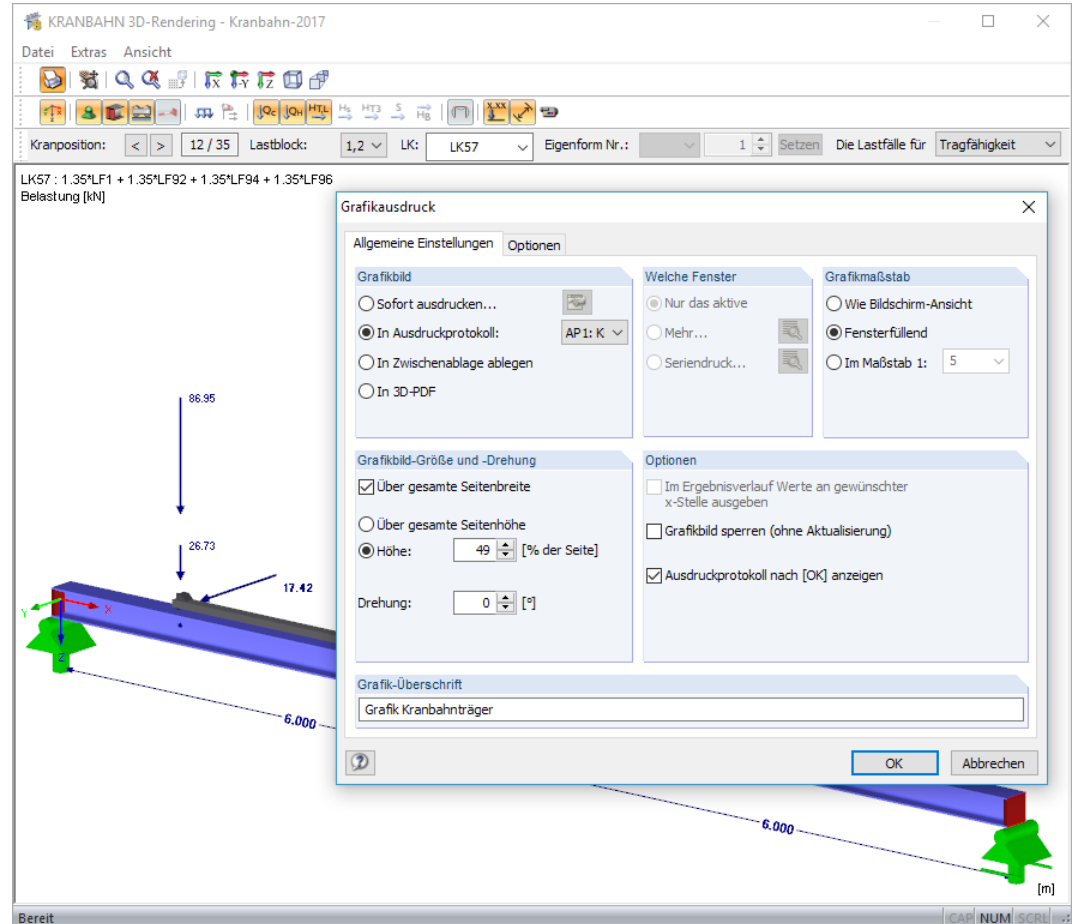


Bild 6.25: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen* für Fenster 3D-Rendering

Allgemeine Einstellungen

Das Register *Allgemeine Einstellungen* steuert die Druckart und die Grafikgröße für den Ausdruck. Die einzelnen Abschnitte sind im [Kapitel 6.5.1 auf Seite 73](#) beschrieben.

Optionen

Im Register *Optionen* kann u. a. die Schriftgröße, Druckqualität und Druckfarbe eingestellt werden. Es ist im [Kapitel 6.5.1 auf Seite 75](#) beschrieben.

7 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt grafische Möglichkeiten bei der Eingabe und Auswertung vor.

7.1 Menüfunktionen

7.1.1 Datei

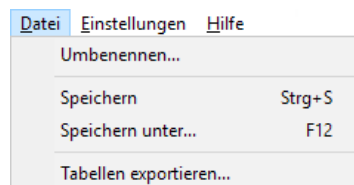


Bild 7.1: Menü *Datei*

Mit diesen Menüfunktionen können die Bezeichnung des KRANBAHN-Falls geändert sowie die Masken als Tabellen exportiert werden.

Umbenennen

Der aktuelle KRANBAHN-Fall kann mit einer neuen *Bezeichnung* versehen werden.

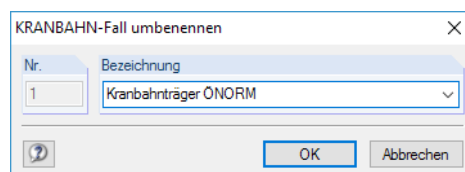


Bild 7.2: Dialog *KRANBAHN Fall umbenennen*

Tabellen exportieren

KRANBAHN ermöglicht den direkten Datenexport zu *Microsoft Excel*, *OpenOffice Calc* oder in das *CSV-Format*. Es öffnet sich folgender Exportdialog.

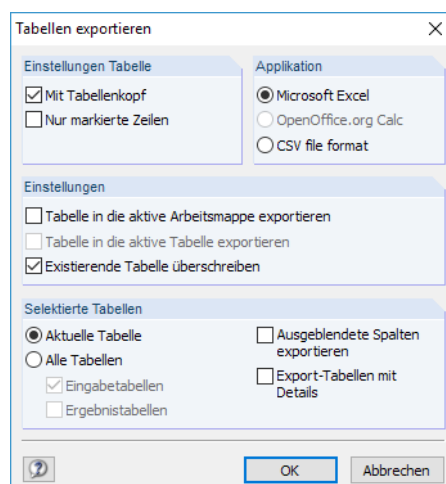


Bild 7.3: Dialog *Tabellen exportieren*

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen, d. h. die Programme brauchen nicht zuvor geöffnet werden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Stab	Stelle	S-Punkt	Maßgeb.	Spannung		Aus-		
2	Nr.	x [m]	Nr.	LK	Art	[kN/cm ²]	nutzung		
3	1	0.000 l	13	LK42	σ_v	9,88	0,420		
4		0.500 r	11	LK62	σ_v	8,80	0,374		
5		1.000 r	11	LK62	σ_v	8,40	0,357		
6		1.500 r	1	LK62	σ_v	11,55	0,513		
7		2.000 r	1	LK62	σ_v	15,62	0,694		
8		2.500 r	1	LK70	σ_v	19,04	0,846		
9		3.000 r	1	LK70	σ_v	14,63	0,650		
10		3.500 r	5	LK42	σ_v	13,73	0,610		
11		3.600 l	5	LK42	σ_v	14,20	0,631		
12		4.000 l	1	LK85	σ_v	12,87	0,572		
13		4.100 r	1	LK85	σ_v	11,57	0,514		
14		4.500 r	11	LK82	σ_v	9,65	0,410		
15		4.600 r	11	LK82	σ_v	9,83	0,418		
16		5.000 r	11	LK82	σ_v	10,65	0,453		
17		5.100 l	11	LK82	σ_v	10,88	0,463		
18		5.500 r	11	LK82	σ_v	11,87	0,505		
19		5.600 r	11	LK62	σ_v	12,17	0,518		
20		6.000 r	1	LK85	σ_v	12,36	0,549		
21	2	0.000 r	1	LK85	σ_v	12,36	0,549		
22		0.100 r	11	LK107	σ_v	12,83	0,546		

Bild 7.4: Ergebnis in Excel

7.1.2 Einstellungen

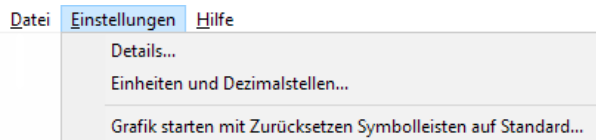
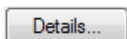


Bild 7.5: Menü Einstellungen

Dieses Menü enthält Funktionen zur Steuerung der Berechnung und der Einheiten.

Details



Diese Funktion ruft – wie die Schaltfläche [Details] – den Dialog *Details* auf. Die Register dieses Dialogs sind im [Kapitel 4.1](#) ab [Seite 34](#) beschrieben.

Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Dezimalstellen können während der Modellierung oder Auswertung beliebig geändert werden: Die Zahlenwerte werden entsprechend umgerechnet oder angepasst.

Es werden zwei Register angeboten, sodass die Vorgaben separat für die Daten der *Eingabedaten* und der *Ergebnisse* erfolgen können (siehe [Bild 7.6](#) und [Bild 7.7](#)). Die Einheiten und Nachkommastellen sind in Abschnitten gruppiert.

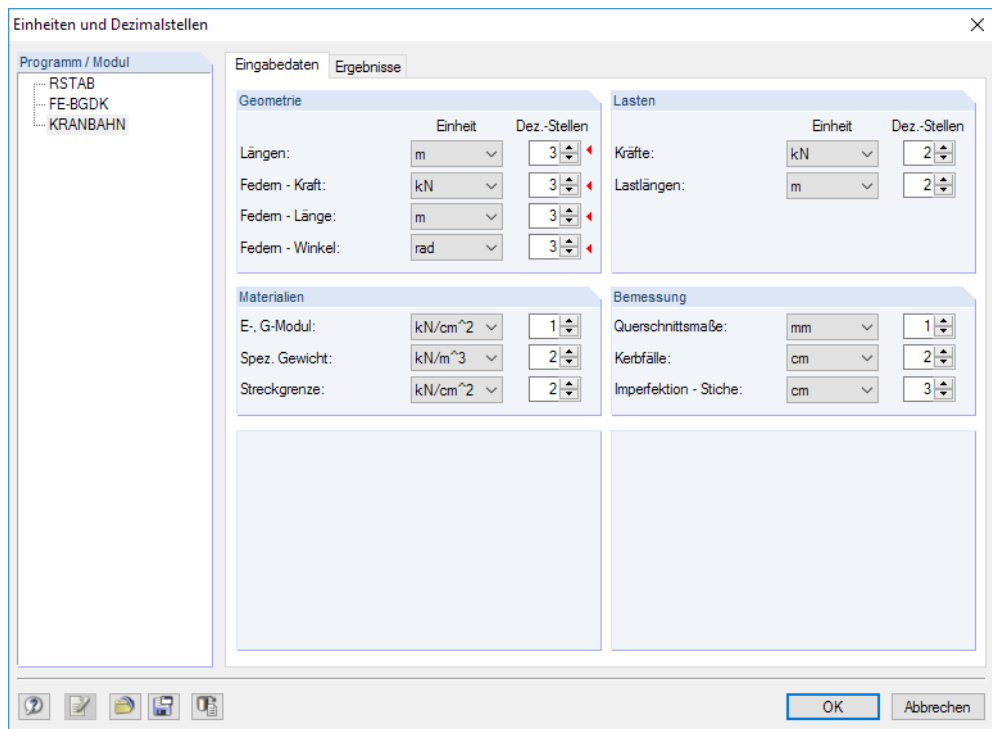


Bild 7.6: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*

Wird der Dialog z. B. aus einer Eingabemaske aufgerufen, so sind die relevanten Einheiten und Dezimalstellen im Register *Eingabedaten* wie im Bild 7.6 gezeigt mit roten Dreiecken gekennzeichnet.

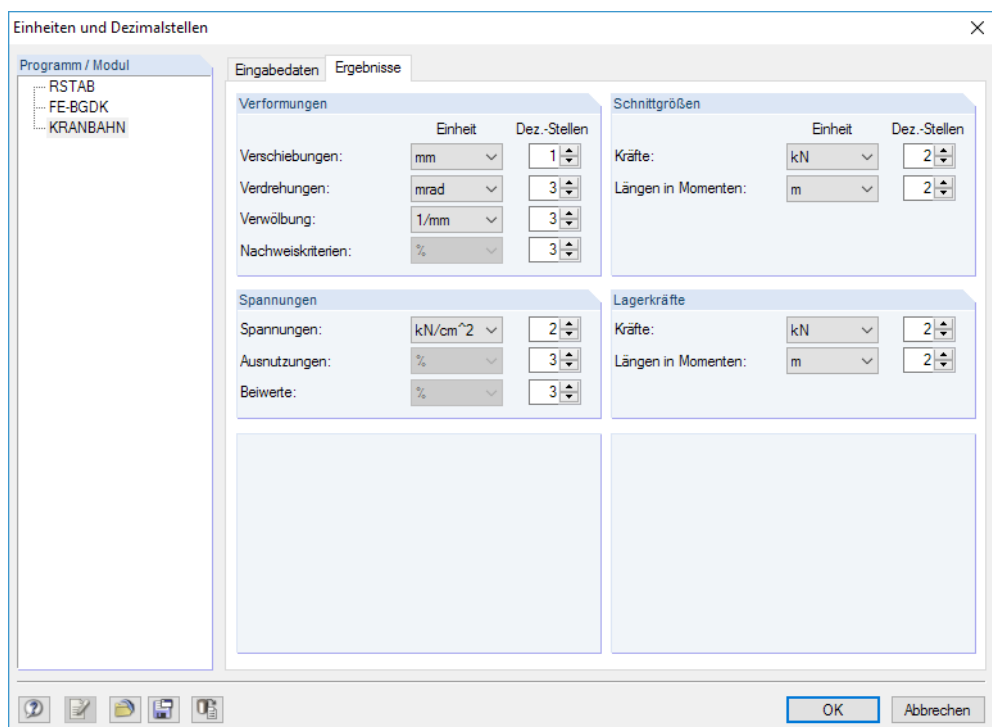


Bild 7.7: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*, Register *Ergebnisse*

Die Einstellungen des Dialogs *Einheiten und Dezimalstellen* können gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Dadurch sind spezifische Einheitenprofile für Kranbahnträger möglich.



Die Schaltfläche [Sichern] ruft einen Dialog auf, in dem der *Name* des neuen Benutzerprofils für Einheiten und Dezimalstellen anzugeben ist.

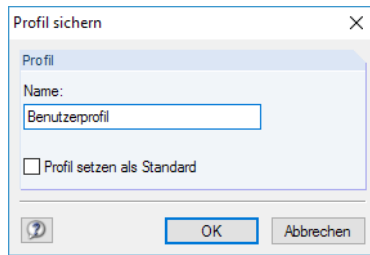


Bild 7.8: Dialog *Profil sichern*

Um dieses Profil als Voreinstellung für neue Kranbahnmodelle zu verwenden, ist das Kontrollfeld *Profil setzen als Standard* zu aktivieren.



Über Schaltfläche [Öffnen] kann ein Benutzerprofil eingelesen werden. Es erscheint ein Dialog, in dem verschiedene Profile zur Auswahl stehen. Als Voreinstellungen sind ein metrisches und ein imperiales (angloamerikanisches) Einheitenprofil enthalten.

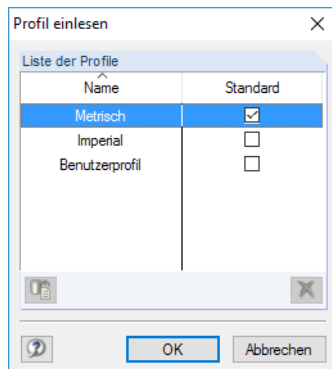
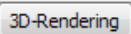


Bild 7.9: Dialog *Profil einlesen*



Mit der Schaltfläche [Standard] lassen sich die voreingestellten Einheiten und Dezimalstellen wiederherstellen.

Grafik starten



Diese Funktion ruft – wie die Schaltfläche [3D-Rendering] – das Fenster *3D-Rendering* auf. Dieses Fenster ist im folgenden [Kapitel 7.2](#) beschrieben.

7.2 3D-Rendering des Kranbahnträgers

3D-Rendering

Über die Schaltfläche [3D-Rendering] können die Eingabedaten grafisch überprüft werden. Es öffnet sich ein neues Fenster mit einer Visualisierung des Kranbahnträgers.

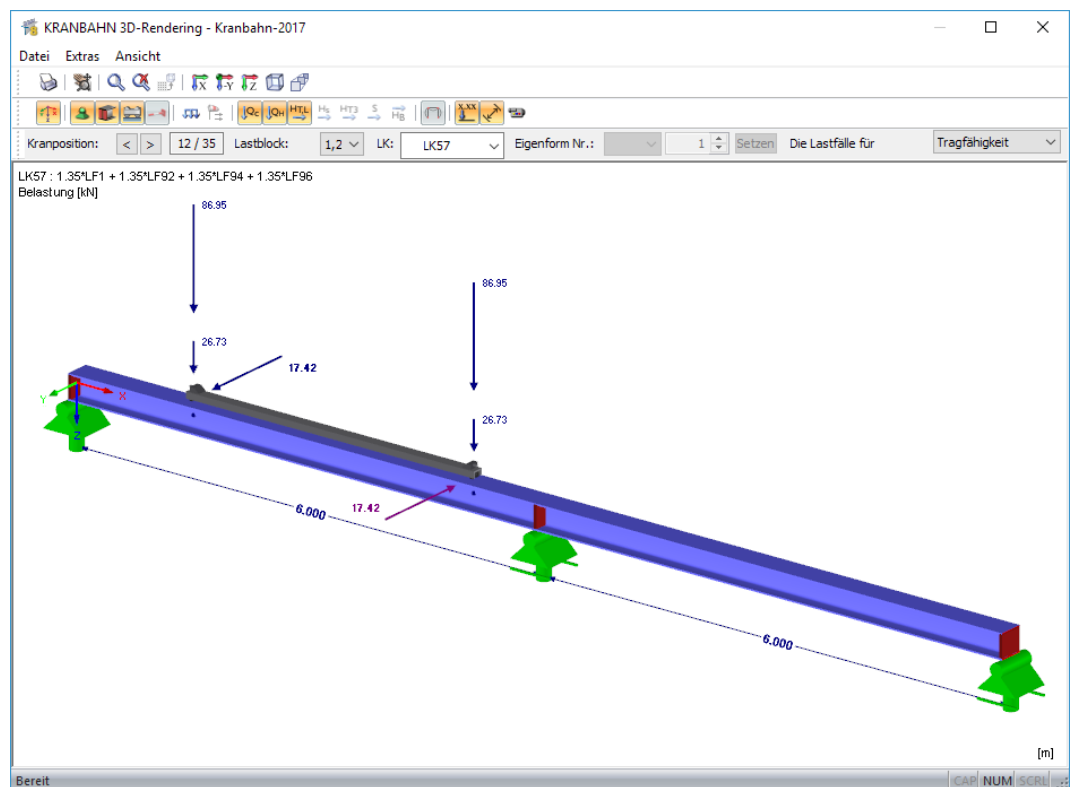


Bild 7.10: 3D-Rendering des Kranbahnträgers

Die Grafik zeigt das Modell des Kranbahnträgers und die Laststellungen mitsamt Kranposition und wirkenden Kräften.



Im Fenster *3D-Rendering* werden keine Ergebnisse dargestellt. Die grafische Auswertung der Ergebnisse kann im Arbeitsfenster erfolgen (siehe [Kapitel 7.3, Seite 85](#)), das über die Schaltfläche **Grafik** zugänglich ist.

Die Werkzeugleiste gibt Aufschluss über die aktuelle *Kranposition* und die Gesamtanzahl der Positionen. Mit den Schaltflächen **<** und **>** kann eine andere Kranposition eingestellt werden. Die Bewegung des Krans auf dem Träger lässt sich mit der Schaltfläche auch als Animation darstellen.

Es kann auch jeder *Lastblock* dargestellt werden, der an den einzelnen Kranpositionen wirkt. Diese entsprechen den Lastgruppen gemäß [9] Tabelle 2.2. Jede maßgebende *LK* ist in der Liste mit einem Taschenrechner-Symbol versehen.

Für jede Lastkombination lässt sich über die Schaltfläche die zugehörige *Eigenform* einblenden. Die Imperfektion kann ggf. mithilfe eines Faktors überhöht dargestellt werden.

In der Liste *Die Lastfälle für* kann zwischen den verschiedenen Bemessungssituationen (Tragfähigkeit, Ermüdung, Verformung, Lagerkräfte) gewechselt werden.

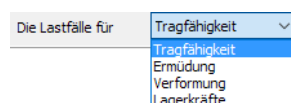
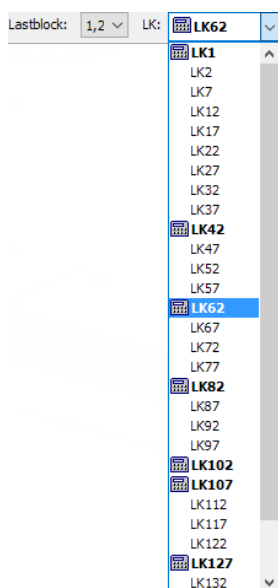


Bild 7.11: Lastfälle für Bemessungssituationen



Die Schaltflächen in der Symbolleiste sind mit folgenden Funktionen belegt:

























Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Druck	Druckt die aktuelle Grafik (→ Kapitel 6.5.1, Seite 72)
	Ansicht	Ermöglicht das Verschieben, Zoomen, Drehen der Ansicht
	Zoom	Ermöglicht das Zoomen durch Aufziehen eines Fensters
	Gesamtansicht	Stellt den Kranbahnträger fensterfüllend dar
	Ansicht in X	Zeigt die Ansicht auf die YZ-Ebene
	Ansicht entgegen Y	Zeigt die Ansicht auf die XZ-Ebene
	Ansicht in Z	Zeigt die Ansicht auf die XY-Ebene
	Isometrie	Zeigt die isometrische Ansicht
	Perspektive	Stellt die Ansicht in einer räumlichen Perspektive dar
	Achsen	Blendet das Achsenkreuz ein und aus
	Lager	Blendet die Lagersymbole ein und aus
	Steifen	Blendet die Steifen ein und aus
	Kran	Blendet die Darstellung des Krans ein und aus
	Puffer	Blendet die Symbole der Kranpuffer ein und aus
	Ständige Last	Blendet die ständigen Lasten ein und aus
	Veränderliche Last	Blendet die veränderlichen Lasten ein und aus
	Radlast Q_C	Blendet die vertikalen Radlasten Q_C ein und aus
	Radlast Q_H	Blendet die vertikalen Radlasten Q_H ein und aus
	Radlasten H_T / H_L	Blendet die horizontalen Radlasten H_T und die Längsbelastung H_L ein und aus
	Radlast H_S	Blendet die horizontalen Radlasten H_S ein und aus
	Radlast H_{T3}	Blendet die horizontalen Radlasten H_{T3} ein und aus
	Schräglaufrkraft S	Blendet die Schräglaufrkräfte S ein und aus
	Radlast H_B	Blendet die Pufferkräfte H_B ein und aus
	Eigenform	Blendet die Imperfektionen ein und aus
	Werte	Stellt die Werte der Lasten dar bzw. blendet sie aus
	Maßlinien	Stellt die Bemaßung des Trägers dar bzw. blendet sie aus
	Animation	Zeigt die Lastgruppen in einer Überfahrt auf dem Träger

Tabelle 7.1: Schaltflächen und Funktionen



Durch Drehen des Scrollrades lässt sich die aktuelle Darstellung vergrößern bzw. verkleinern. Als Zentrum des Zoombereichs wird immer die Position des Mauszeigers angenommen.



Mit gedrücktem Scrollrad kann das Modell direkt verschoben werden, d. h. ohne vorher die Schaltfläche [Ansicht verschieben] zu aktivieren. Wird dabei zusätzlich die [Strg]-Taste gedrückt, kann das Modell gedreht werden. Das Rotieren des Modells ist auch mit dem Scrollrad und gedrückter rechter Maustaste möglich. Die am Mauszeiger angezeigten Symbole verdeutlichen die gewählte Funktion.

7.3 Grafische Ergebnisse im Arbeitsfenster

Grafik

Die Ergebnisse lassen sich grafisch in einem Arbeitsfenster darstellen, das der Oberfläche von RSTAB entspricht. Dieses Arbeitsfenster ist über die Schaltfläche [Grafik] zugänglich.

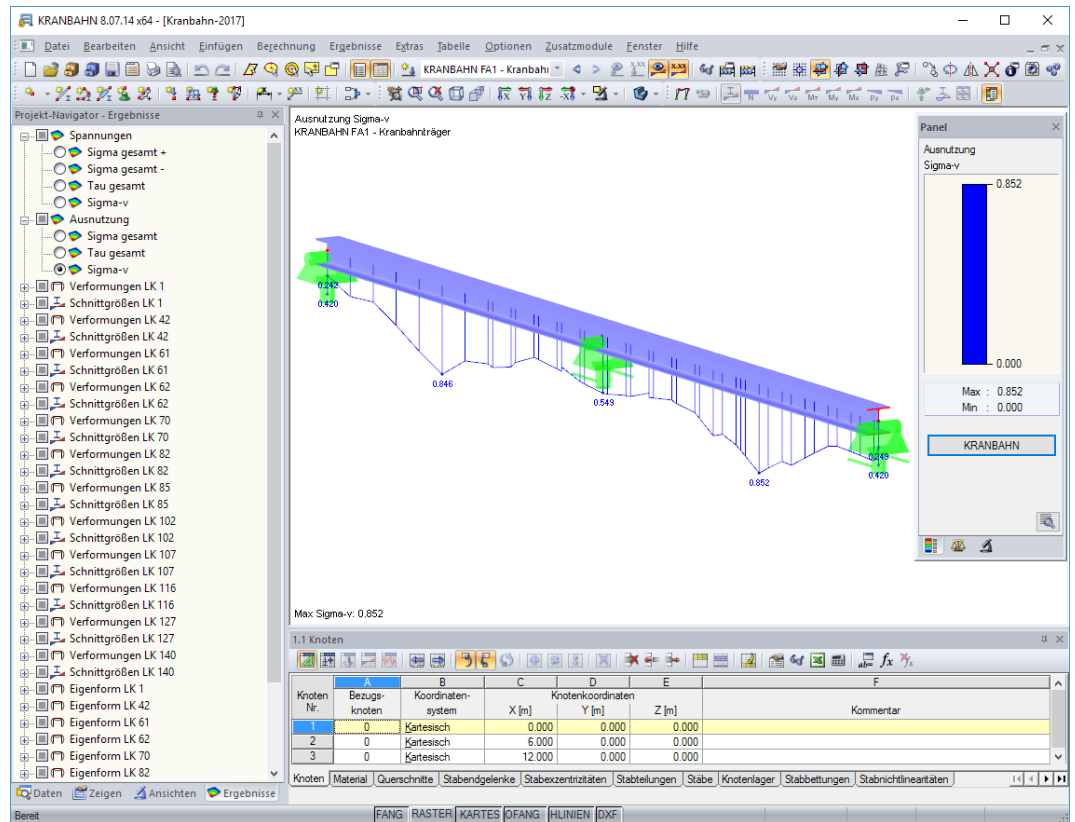


Bild 7.12: Grafik der Ergebnisse



Sollten die Ergebnisse des KRANBAHN-Falls nicht angezeigt werden, so lassen sie sich über die Schaltfläche [Ergebnisse] einblenden.

Tabellen



Am unteren Rand des Arbeitsfensters befinden sich die Tabellen. Sie können über das Menü **Tabelle** → **Anzeigen** oder die entsprechende Schaltfläche ein- und ausgeblendet werden. In den Tabellen sind die Geometriedaten des Kranbahnträgers abgelegt.

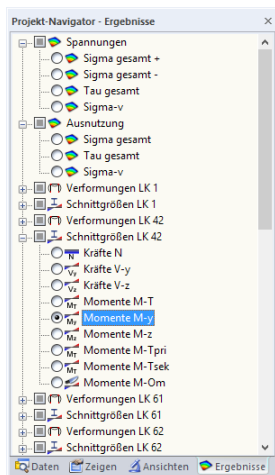
Panel

Das Steuerpanel ist in die Register *Farbskala*, *Faktoren* und *Filter* untergliedert. Sie ermöglichen es, die Werte anhand der Farben zu überprüfen und Farbbereiche anzupassen, Überhöhungsfaktoren für die Darstellung zu definieren und Stäbe für die Ergebnisanzeige festzulegen.

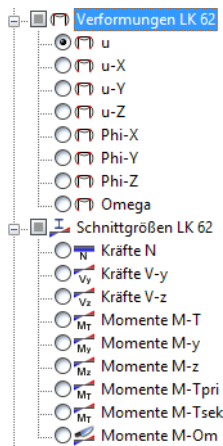
Navigator

Der *Ergebnisse*-Navigator steuert, welche Ergebnisverläufe am Modell angezeigt werden:

- Spannungen $\sigma_{\text{gesamt}+}$ (Zug), $\sigma_{\text{gesamt}-}$ (Druck), τ_{gesamt} und σ_v
- Ausnutzungen für σ_{gesamt} , τ und σ_v
- Verformungen
- Schnittgrößen
- Eigenformen



Ergebnisse-Navigator



Bei der Darstellung der *Verformungen* lassen sich neben der Gesamtverschiebung u die Verschiebungen und Verdrehung in Bezug auf die globalen Achsen X, Y und Z anzeigen. Die Verschiebung in Y-Richtung bezieht sich immer auf die Schienenoberkante und beinhaltet auch Anteile aus der Verdrehung des Querschnitts.

Die *Schnittgrößen* N , V_y , V_z , M_T , M_y , M_z , M_{Tprim} , M_{Tsek} und M_ω können gezielt für jede Lastkombination grafisch überprüft werden.

Des Weiteren kann grafisch kontrolliert werden, welche *Imperfektion* in jeder einzelnen Lastkombination angesetzt wird. Ebenso lassen sich die zugrunde liegenden Eigenformen darstellen.

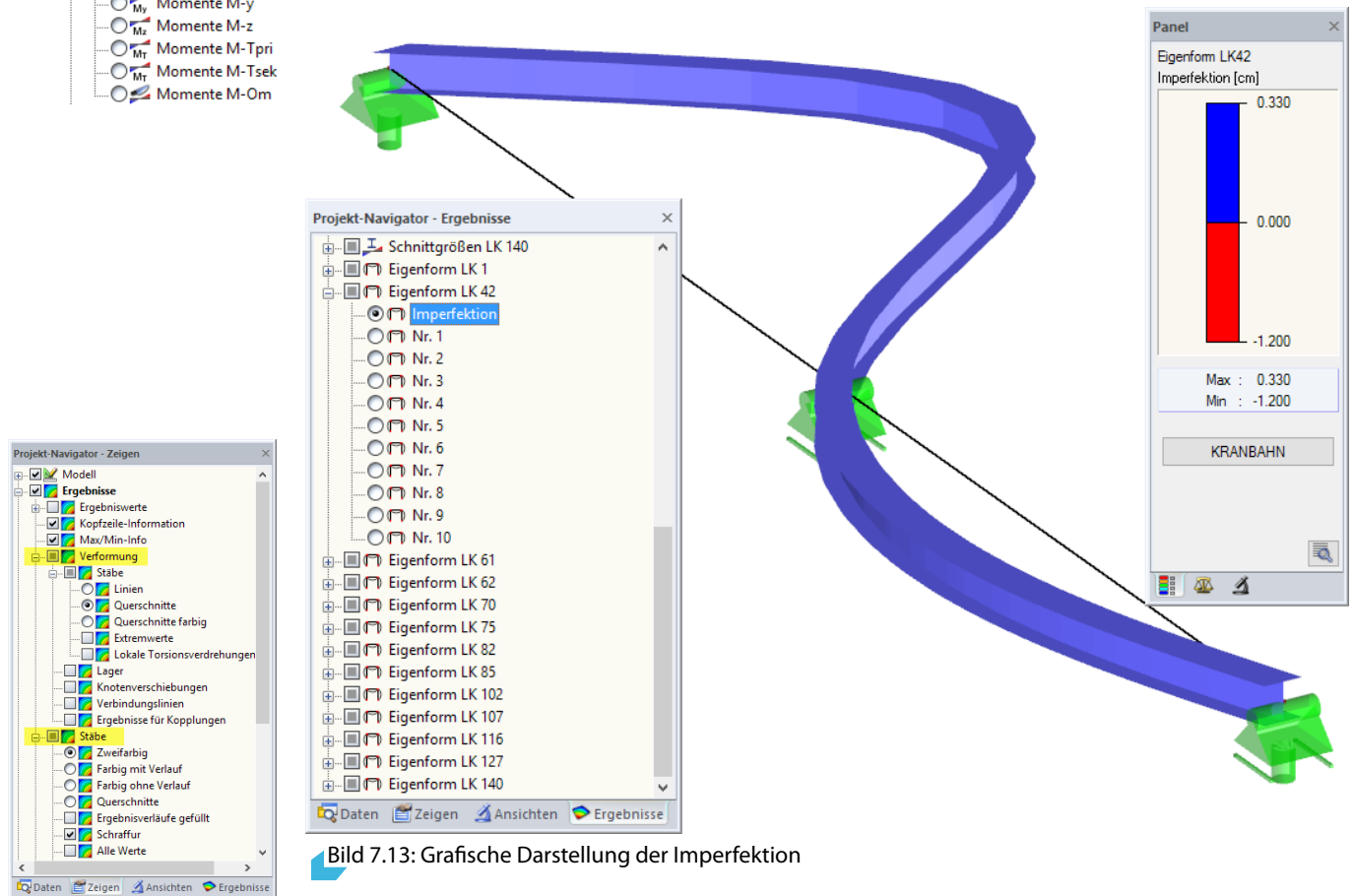


Bild 7.13: Grafische Darstellung der Imperfektion

Zeigen-Navigator

Der *Zeigen-Navigator* bietet diverse Steuerungsmöglichkeiten für die Anzeige der *Verformung* und Ergebnisse der *Stäbe* (Schnittgrößen).

Wie im Fenster *3D-Rendering* lässt sich die Darstellung durch Drehen des Scrollrades vergrößern bzw. verkleinern. Als Zentrum des Zoombereichs wird die Position des Mauszeigers angenommen.



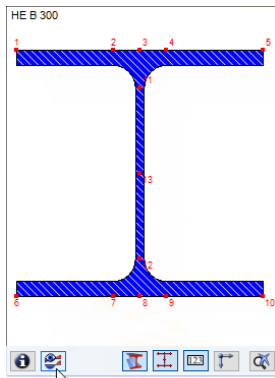
Mit gedrücktem Scrollrad kann das Modell direkt verschoben werden, d. h. ohne vorher die Schaltfläche [Ansicht verschieben] zu aktivieren. Wird dabei zusätzlich die [Strg]-Taste gedrückt, kann das Modell gedreht werden. Das Rotieren des Modells ist auch mit dem Scrollrad und gedrückter rechter Maustaste möglich. Die am Mauszeiger angezeigten Symbole verdeutlichen die gewählte Funktion.


Zur Steuerung der Darstellung stehen im Menü **Ansicht** verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Diese sind u. a. im Kapitel 11.1.7 des Handbuchs für RSTAB oder RFEM beschrieben.

Über die Schaltfläche [KRANBAHN] im Panel besteht die Möglichkeit, in das KRANBAHN-Fenster zurückzukehren.

KRANBAHN

7.4 Ergebnisverläufe



Der Ergebnisverlauf eines Trägers kann im Ergebnisdiagramm grafisch ausgewertet werden. Diese Funktion ist über die Schaltfläche  zugänglich, die in den meisten Ergebnismasken unterhalb der Querschnittsgrafik angezeigt wird.

Es öffnet sich ein neues Fenster mit einem Navigator und den Ergebnisverläufen des Trägers.

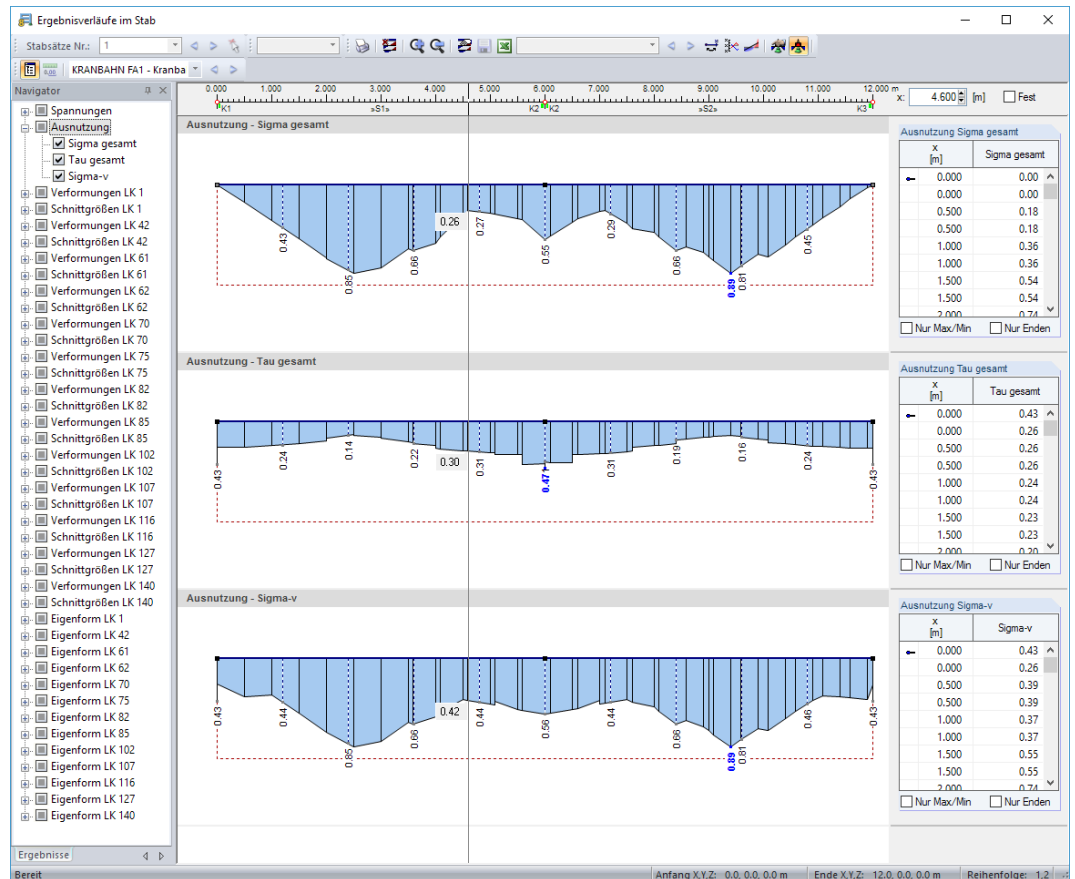


Bild 7.14: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Der *Navigator* links verwaltet die Spannungen, Ausnutzungen, Verformungen, Schnittgrößen und Eigenformen, die im Ergebnisdiagramm erscheinen.

Wird die Maus im Ergebnisdiagramm entlang des Stabes bewegt, können die „wandernden“ Ergebniswerte der aktuellen x-Stelle abgelesen werden. Die Stelle x ist auf den Trägeranfang bezogen und wird rechts oben angezeigt. In das Eingabefeld kann auch eine bestimmte x-Stelle eingetragen werden. Das Kontrollfeld *Fest* arretiert den Mauszeiger an der hier definierten Stelle.

Eine gestrichelte Linie markiert den Ausnutzungsgrad von 1,00 (siehe Bild 7.14), wodurch die Größenordnung der Ergebnisse schnell beurteilt werden kann.

Im rechten Abschnitt sind die Ergebniswerte in numerischer Form aufgelistet. Es handelt sich dabei um die Ergebnisse an den Randknoten sowie an den Stellen der Extremwerte und der FE-Teilungspunkte gemäß der Vorgabe im Dialog *Details*, Register *Berechnung* (siehe Kapitel 4.1.4, Seite 38).

Die *Aktionen*-Schaltflächen in der Symbolleiste sind hilfreich für die ingenieurmäßige Auswertung.



Bild 7.15: Schwebende Symbolleiste *Aktionen*

Die Schaltflächen bedeuten im Einzelnen:











	Die Ergebnisverläufe werden gedruckt.
	Alle angezeigten Ergebnisverläufe werden entfernt.
	Die Ergebnisverläufe werden vergrößert.
	Die Ergebnisverläufe werden verkleinert.
	Die im Bild 7.16 gezeigten Steuerungsparameter werden aufgerufen.
	Der Dialog <i>Tabellen exportieren</i> wird aufgerufen (siehe Bild 7.3, Seite 79).
	Die Stabrichtung x wird umgekehrt.
	Die Ordinaten mit den Maximalwerten werden ein- und ausgeblendet.
	Ein Dialog zur Definition von Glättungsbereichen wird aufgerufen.
	Die Darstellung der Glättungsbereiche wird ein- und ausgeschaltet.

Tabelle 7.2: Schaltflächen der Symbolleiste *Aktionen*



Die Schaltfläche [Einstellungen Ergebnisverläufe] ruft einen Dialog auf, der verschiedene Möglichkeiten zur Anpassung des *Ergebnisverläufe*-Dialogs bietet.

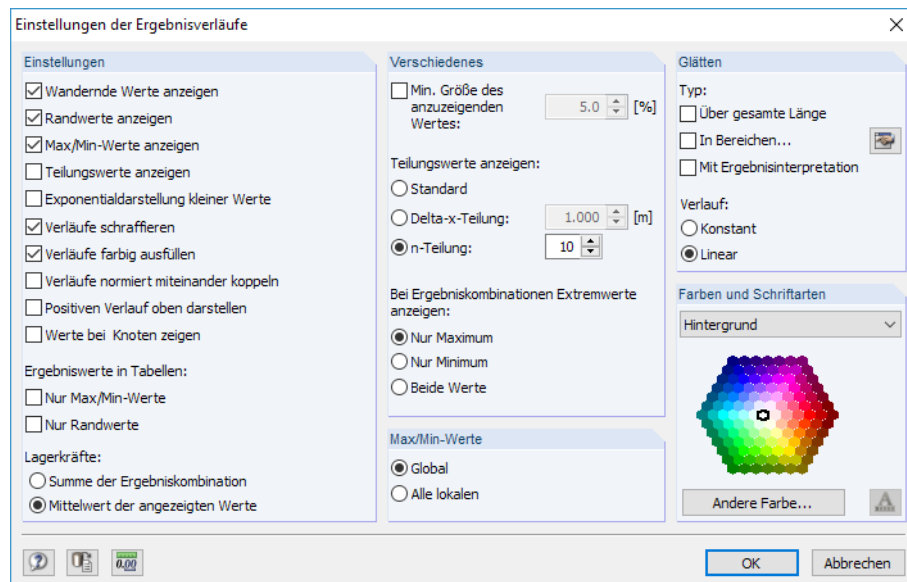
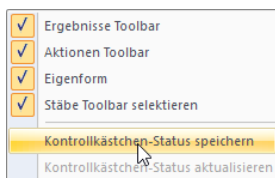


Bild 7.16: Dialog *Einstellungen der Ergebnisverläufe*



Die benutzerdefinierten Einstellungen im Navigator für Spannungen, Ausnutzungen etc. können als Standard gespeichert werden. Im Navigator-Kontextmenü besteht eine entsprechende Möglichkeit. Sie ist in folgendem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.com/blog/18502>

8 Beispiel

In diesem Kapitel wird ein Beispiel der Literatur [10] vorgestellt und mit den Ergebnissen des Programms KRANBAHN verglichen. Es soll die Berechnungen nachvollziehbar aufzeigen und auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Software verweisen.

8.1 Zweifeldrige Kranbahn nach DIN EN 1993-6

System

- Zweifeldrige Kranbahn, Querschnitt HEB 300, Flachstahl-Kranschiene $5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ (Schiene abgenutzt), angeschweißt mit Doppelkehlnaht $a_w = 5 \text{ mm}$, S 235
- Eigengewicht der Kranbahn mit Schiene $g = 1,35 \text{ kN/m}$
- Quersteifen nur an den Auflagern, jeweils an Steg und Flanschen angeschweißt
- Auflagerung auf Konsolen an den Hallenstützen, Gabellagerung
- Befahrung durch eine einzelne Kranbrücke, Kranfahrwerkssystem IFF
- Hubklasse HC2
- Beanspruchungsgruppe S_2
- Radstand $c = 3,60 \text{ m}$

Belastung

Vertikale Radlasten

$$Q_C = 18,00 \text{ kN}$$

infolge Eigengewicht

$$Q_H = 57,00 \text{ kN}$$

infolge Hublast

Horizontale Radlasten

$$H_S = 20,00 \text{ kN}$$

Spurführungskräfte (= S-Hs)

$$H_{T1}(H_1) = -H_{T2}(H_2) = 8,60 \text{ kN}$$

Lasten aus Beschleunigen und Bremsen

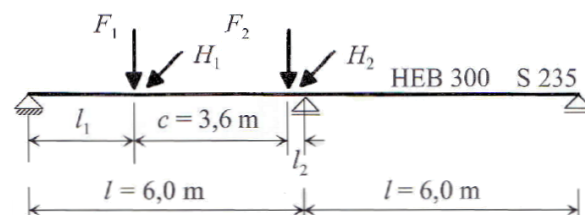


Bild 8.1: Systemskizze aus [10]

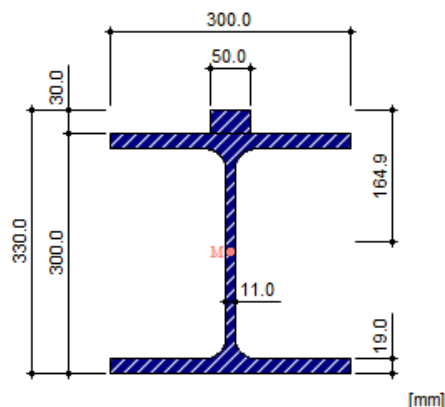


Bild 8.2: Querschnitt

8.2 Schnittgrößen - Tragfähigkeit

		Nach [10]				KRANBAHN			
Maximales Feldmoment				x-Stelle				x-Stelle	
EK1	$M_{y,d}$	147,90	kNm	2,10	m	147,20	kNm	2,10	m
	$M_{z,d}$	23,70	kNm	3,36	m	23,52	kNm	2,60	m
EK2	$M_{y,d}$	132,20	kNm	2,10	m	132,00	kNm	2,10	m
	$M_{z,d}$	33,60	kNm	2,58	m	37,17	kNm	2,50	m
Maximales Stützmoment									
EK1	$M_{y,d}$	-129,87	kNm	6,00	m	-129,30	kNm	6,00	m
EK2	$M_{y,d}$	-116,37	kNm	6,00	m	-116,34	kNm	6,00	m
Maximale Querkraft									
EK1	$V_{z,d}$	-175,50	kN	0,00	m	-172,10	kN	0,00	m
	$V_{y,d}$	-17,40	kN	0,00	m	-17,41	kN	0,00	m
EK2	$V_{z,d}$	-157,00	kN	6,00	m	-154,00	kN	6,00	m
	$V_{y,d}$	-27,00	kN	6,00	m	-26,83	kN	6,00	m

Tabelle 8.1: Schnittgrößen - Tragfähigkeit

8.3 BDK-Nachweis als Spannungsnachweis

Ersatzimperfektionen

Nach [10]

Der Stich der Vorkrümmung in y-Richtung beträgt $v_y = 1,5$ cm.

KRANBAHN

Die Ersatzimperfektionen können entweder automatisch nach Eigenwertmethode ermittelt oder manuell definiert werden. Für dieses Beispiel wurde die manuelle Definition gewählt.

Spannungsberechnung

Nach [10]

Die maximale Vergleichsspannung nach Theorie II. Ordnung ergibt sich bei $x = 2,28$ m (linkes Feld) an der Oberflanschante

$$\sigma_v = 19,10 \text{ kN/cm}^2$$

KRANBAHN

$x = 2,30$ m (linkes Feld)

$$\sigma_v = 19,06 \text{ kN/cm}^2$$

Spannungsnachweis elastisch-elastisch

Der Spannungsnachweis wird mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M1} = 1,1$ geführt.

Nach [10]

$$19,10/21,36 = \mathbf{0,894} < 1$$

BDK-Nachweis erfüllt

KRANBAHN

$$19,06/21,36 = \mathbf{0,892} < 1$$

Nachweis erfüllt

8.4 Lasteinleitungsspannungen

Lastausbreitungslänge Ausrundungsradius - Steg

Die Schiene ist angeschweißt, d. h. starr mit dem Obergurt verbunden.

Nach [10]

$$l_{\text{eff}} = 12,8 \text{ cm}$$

KRANBAHN

$$l_{\text{eff}} = 12,8 \text{ cm}$$

Stegpressung am Übergang Ausrundungsradius - Steg

Nach [10]

Stegpressung:

$$\sigma_{\text{oz, Ed}} = -5,70 \text{ kN/cm}^2$$

Zugehörige lokale Schubspannung:

$$\tau_{\text{oxz, Ed}} = 1,10 \text{ kN/cm}^2$$

KRANBAHN

$$\sigma_{\text{oz, Ed}} = -5,68 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{oxz, Ed}} = 1,14 \text{ kN/cm}^2$$

8.5 Beulnachweise des Stegblechs unter Radlast

Länge der starren Lasteinleitung

Nach [10]

$$s_s = 9,0 \text{ cm}$$

KRANBAHN

$$s_s = 9,0 \text{ cm}$$

Beulwerte und kritische Beullast

Nach [10]

$$k_F = 6,00$$

$$F_{\text{cr}} = 5\,761 \text{ kN}$$

KRANBAHN

$$k_F = 6,004$$

$$F_{\text{cr}} = 5\,764,55 \text{ kN}$$

Hilfswerte

Nach [10]

$$m_1 = 27,3$$

$$m_2 = 0,00$$

$$l_y = 32,7 \text{ cm}$$

$$F_y = 845,3$$

$$\bar{\lambda} = 0,38$$

$$\chi_F = 1,0$$

KRANBAHN

$$m_1 = 27,27$$

$$m_2 = 0,00$$

$$l_y = 32,6 \text{ cm}$$

$$\bar{\lambda} = 0,383$$

$$\chi_F = 1,0$$

Interaktionsnachweis

Nach [10]

$$\eta_1 = 0,41 < 1,0$$

KRANBAHN

$$\eta_1 = 0,409 < 1,0$$

Stegblechbeulen

Nach [10]

$$\eta = 0,068 < 1,0$$

KRANBAHN

$$\eta = 0,068 < 1,0$$

8.6 Ermüdungsnachweise

Schwingbeiwerte und Nachweisstellen

Nach [10]

$$\varphi_{\text{fat},1} = 1,05$$

$$\varphi_{\text{fat},2} = 1,065$$

KRANBAHN

$$\varphi_{\text{fat},1} = 1,05$$

$$\varphi_{\text{fat},1} = 1,065$$

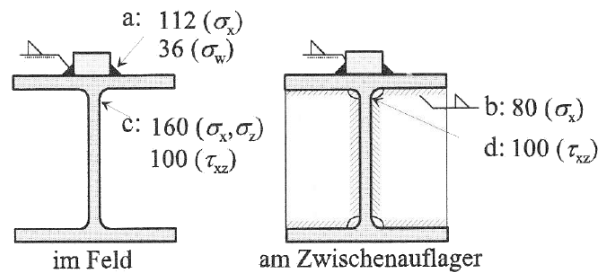


Bild 8.3: Nachweisstellen und Kerbfälle nach [10]

Normalspannungen an der Flanschoberkante im Feld

Nach [10]

Im Feld bei $x = 2,1$ m:

$$\max M_y = 100,3 \text{ kNm}$$

$$\min M_y = -20,1 \text{ kNm}$$

$$\Delta\sigma_x = 7,22 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 2,3 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = 0,24 < 1,0$$

KRANBAHN

$$\Delta\sigma_x = 7,33 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 2,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = 0,24 < 1,0$$

Normalspannungen am Stegansatz im Feld

Nach [10]

Im Feld bei $x = 2,1$ m:

$$\max M_y = 100,3 \text{ kNm}$$

$$\min M_y = -20,1 \text{ kNm}$$

$$\Delta\sigma_x = 5,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 1,6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = 0,12 < 1,0$$

KRANBAHN

$$\Delta\sigma_x = 4,92 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 1,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = 0,14 < 1,0$$

Normalspannungen am Oberflansch an der Zwischenstütze

Nach [10]

$$\max M_y = -85,2 \text{ kNm}$$

$$\Delta\sigma_x = 4,44 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 1,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = 0,20 < 1,0$$

KRANBAHN

$$\Delta\sigma_x = 4,37 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 1,38 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = 0,20 < 1,0$$

8.7 Durchbiegungen

Durchbiegungen

Nach [10]

KRANBAHN

Vertikale Durchbiegung

$$\delta_z = \gamma \cdot R \cdot l^3 / (100 \cdot E \cdot I_y) + \beta \cdot g \cdot l^4 / (E \cdot I_y)$$

mit $\beta = 0,0054$ und $\gamma = 1,62$

$$\delta_z = 0,50 + 0,02 = 0,52 \text{ cm}$$

$$u_z = 0,52 \text{ cm}$$

Horizontale Durchbiegung

$$\delta_y = \gamma \cdot H_1 \cdot l^3 / (100 \cdot E \cdot I_{z0g})$$

mit $\gamma = 3,01$

$$\delta_y = 0,72 \text{ cm}$$

$$u_y = 0,72 \text{ cm}$$

Literatur

- [1] *EN 1993-6: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 6: Kranbahnen.* CEN, Brüssel, 2007.
- [2] *DIN 4132: Kranbahnen; Stahltragwerke; Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1981.
- [3] *DIN 18800 (11.90) Teil 1: Stahlbauten - Bemessung und Konstruktion.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1992.
- [4] *DIN 18800 (11.90) Teil 2: Stahlbauten - Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1992.
- [5] *EN 1993-1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-9: Ermüdung.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [6] *EN 1991-1-3: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [7] *EN 1993-1-8: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [8] *EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [9] *EN 1991-3: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [10] Christoph Seeßelberg. *Kranbahnen, Bemessung und konstruktive Gestaltung nach Eurocode.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 4. Auflage, 2014.
- [11] *Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis 4, Beuth-Kommentar.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2. Auflage, 1994.
- [12] Peter Osterrieder und Stefan Richter. *Kranbahnträger aus Walzprofilen.* Vieweg & Sohn, Wiesbaden, 2. Auflage, 2002.
- [13] Christian Petersen. *Stahlbau.* Vieweg & Sohn, Wiesbaden, 3. Auflage, 1993.
- [14] Christian Petersen. *Statik und Stabilität der Baukonstruktionen.* Vieweg & Sohn, Wiesbaden, 2. Auflage, 1982.
- [15] *SCHNEIDER: Bautabellen für Ingenieure.* Bundesanzeiger Verlag, Köln, 22. Auflage, 2016.

Index

3D-PDF	73	Ermüdung	36
3D-Rendering	83	Ermüdungsnachweis	21, 36, 43, 54, 59
		Excel	79
A			
Abnutzung	25	F	
Achsen	28	Faktoren	77
Animation	83	Farbskala	76
Auflagersteife	13	Feder	13
Ausdruckprotokoll	61, 67	Feder-Konstanten	13
Ausnutzung	46	Finites Element	38
Auswahlmodus	65	Firmenkopf	70, 71
		Firmenlogo	71
		Flansch	56
		Fonts	67
B			
Basisangaben	9	G	
Beenden von KRANBAHN	8	Gelenk	13, 14
Belastung	26	Geometrie	12
Bemessungssituation	31	Grafik	83, 85
Berechnung	38, 39	Grafik drucken	72
Betriebsfestigkeitsnachweis	21	Grafikmaßstab	74
Beulfeld	56	Graustufen	75
Beulnachweis	56	H	
Bewegmodus	65	Hängekran	11, 30, 56
Biegespannungen	56	I	
Blättern in Masken	8	Imperfektionen	32, 35, 83, 86
		Imperfektionsparameter	33
		Installation	5
C			
CSV-Export	79	K	
		Kerbfall	22, 54
		Knickfigur	38
		Knicklinie	33
		Kommentar	11
		Kontextmenü	66
		Kran	26, 37
		Kranlasten	29
		Kranparameter	27
		Kranposition	83
		Kranschiene	18
		Krantyp	11
		Kritischer Lastfaktor	60
D			
Datum	71	L	
Detaileinstellungen	34	Lagerkräfte	44
Dezimalstellen	80	Lagertyp	12
Doppelkehlnaht	24, 57	Lagerung	12
Drag-and-drop	66		
Druckdatei	68		
Drucken	68		
Druckfarbe	75		
Druckkopfmuster	71		
Druckqualität	75		
E			
Eigenform	33, 83, 86		
Eigenwertmethode	32		
Eingabedaten	8		
Einheiten	80		
Ergebnisdiagramm	87		
Ergebnismasken	40		
Ergebnisverläufe	72, 74, 87		
Ergebniswerte	87		

Lasche	18	Schiene-Flanschverbindung	35
Lastausbreitungslänge	49	Schienenquerschnitt	18
Lastfälle	31	Schnittgrößen	34, 42, 43
Lastkombination	31, 41	Schräglaufkraft S	30
Laufkran	11	Schriftfeld	75
Layout	67	Schrittweite	30
Logo	95	Schubspannungen	47, 50
M		Schweißnaht	24, 36, 57, 59
Material	9	Schwingbeiwert	29, 44
Materialbibliothek	10	Scrollrad	32, 84
Mehrfensterdarstellung	73	Seitennummerierung	71
Modellbezeichnung	71, 72	Seitenvorschau	65
Musterprotokoll	61	Sekundäre Schubspannungen	50
N		Selektion Ausdruckprotokoll	62
Nachweis	41	Seriendruck	73
Nachweiskriterium	41	Sofortaktualisierung	65, 66
Nationaler Anhang	10	Spannungen	57
Navigator	8, 85	Spannungsnachweis	46
Netzwerk	6	Spannungspunkt	20, 47, 48
Neue Seite	66	Spannungsverlauf	48
Norm	10, 39	Sperren Grafik	74
Normalspannungen	47, 49	Sprache einstellen	67
Nummerierung	71	Standarddrucker	61, 68
O		Starten von KRANBAHN	8
OpenOffice	79	Steife	14
P		Steuerpanel	76
Panel	85	Stichmaß	33
Parallelinstallation	7	Stützenhöhe	35
PDF-Datei	69	Stumpfnah	24
Plotten	75	Systemanforderungen	5
Primäre Schubspannungen	50	T	
Projektbezeichnung	71, 72	Tabellen exportieren	79
Projektmanager	7	Träger	16
Protokollkopf	70, 71, 73	Trägerpuffer	26
Q		Tragfähigkeit	42
Querschnitt	16	U	
R		Überschrift	66
Radabstand	29	Umbenennen	79
Radlasten	27	Unterbrochene Schweißnähte	25
Ränder	77	Unverformtes System	35
Rendering	83	Updates	7
RTF-Datei	69	V	
S		VCmaster	69
S-Klasse	28	Verdrehung	52
Schadensäquivalenzfaktor	36	Verformung	52
		Verformungen	35
		Verformungsnachweis	52
		Vergleichsspannungen	47, 51
		Verschiebung	52

Vertikale Achslasten	30	Wölbkrafttorsion	49, 51
X			
x-Stelle	47, 52, 54	Z	
W			
Wölbbimoment	51	Zusammenfassung	41
Wölbfeder	13	Zusatzerläuterung	66
		Zusatzlasten	27
		Zusatzquerschnitt	18
		Zwischenablage	73