

4H- BEUL

Handbuch

Copyright 1997 - 2000

pcae GmbH, 30167 Hannover, Kopernikusstraße 4A

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

Teile dieses Handbuches dürfen unter Angabe der Quelle vervielfältigt werden.

erforderliche Hardware- konfiguration

Rechner: PC AT - 386 (mit Coprozessor) oder höher
Grafikkarte: VGA-Standard oder höher
Drucker: grafikfähig
Maus: Treiber installiert
Speicher: mindestens 4MB Hauptspeicher
mindestens 10 MB freier Plattenspeicher

Betriebssysteme

Windows 95
Windows 98
Windows NT
Windows 2000
DOS Version 5.0 oder höher
oder MS-Windows 3.x, OS/2 in DOS-Box

zum Inhalt

Bauteilbearbeitung unter DTE

gibt Informationen zur Einbettung der 4H-BEUL-Bauteilkasse in das **DTE-System**.

Eingabemodul

Erläuterung der Problemaufbereitung.

Beispieldatensätze

beschreibt die mitgelieferten Beispieldatensätze.

Theorie

gibt Hintergrundinformationen zur analytischen Behandlung von Beulproblemen.

Literaturverzeichnis

Index

Allgemeines

Das Handbuch "4H-BEUL - Bauteilbearbeitung unter DTE" beschreibt die speziellen Möglichkeiten und Eigenschaften des Beulnachweis-Programms 4H-BEUL unter dem Desktop-Engineering-System DTE.

Hierfür sollen dem Leser die grundlegenden Interaktionsformen von DTE (Arbeiten mit Menüs und Eigenschaftsblättern etc.) bekannt sein. Lesen Sie hierzu ggf. das Handbuch



DTE - Der schnelle Einstieg

Der Anwender sollte die im folgenden angegebenen Informationen anhand der mitgelieferten Datensätze "4H-BEUL Beispiele" parallel am Rechner nachvollziehen. Hierzu müssen DTE und 4H-BEUL installiert sein. Ist dies noch nicht geschehen, hilft das Handbuch



DTE - Installation

Sollten Sie bei der Installation von 4H-BEUL versäumt haben, die Beispieldatensätze auf den Schreibtisch zu kopieren, installieren Sie die Beispiele von der CD über "Sicherungen laden" auf Ihrem Schreibtisch.

Abkürzungen

In der weiteren Beschreibung werden Menüs durch folgendes Symbol abgekürzt dargestellt.



Hauptmenüzeile → Folgemenüzeile

Weiterhin bedeuten: LMT "linke Maustaste drücken" und RMT "rechte Maustaste drücken".

Hilfefunktion



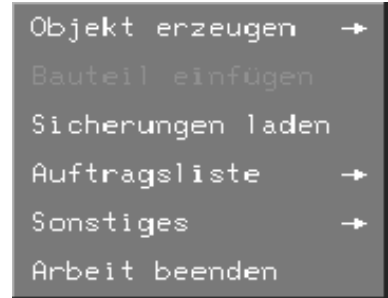
Weitergehende und ergänzende Informationen zu den folgenden Erläuterungen können durch Doppelklick der LMT auf dem Hilfesymbol direkt am Monitor abgerufen werden.

DTE-Arbeitsweise und Maussteuerung

Durch kurzes Anklicken der RMT werden die Menüfunktionen aktiviert. Die LMT dient zur Auswahl von Menüzeilen oder Objekten mit dem Mauscursor.

Durch die kontextsensitive Arbeitsweise von DTE werden immer nur solche Menüs angeboten, die im momentanen Auswahlzustand sinnvoll sind.

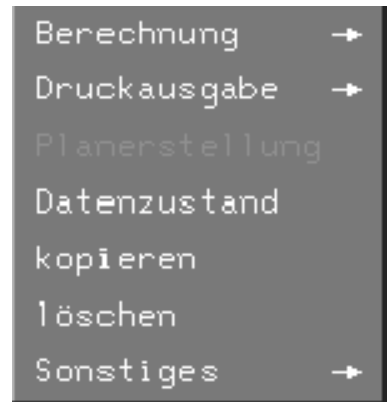
Solange keine Auswahl bzgl. Projekt oder Bauteil stattgefunden hat, erscheint das nebenstehende DTE-Hauptmenü.



Der Pfeil am Ende einer Menüzeile weist auf ein Folgemenü hin, das aufgeblättert wird, wenn der Mauscursor über das Zeilenende nach rechts hinausgeführt wird.

Die blinde Zeile *"Bauteil einfügen"* wird dann aktiviert, wenn ein Bauteil zum Kopieren markiert wurde.

Bei aktiviertem Bauteil (LMT) verändert sich das angebotene Menü. Es bietet nun die bauteilbezogenen Bearbeitungsfunktionen an.



Die Menüzeile *"Planerstellung"* ist für 4H-BEUL-Bauteile nicht relevant und deshalb abgedunkelt.

Ein Menü erscheint bei kurzem Anklicken der RMT. Die gewünschte Eingabezeile wird mit der LMT angeklickt und dadurch die zugehörige Aktion gestartet. Der Anfänger bevorzugt sicherlich diese Arbeitsweise mit stehenden Menüs.

Alternativ kann aber auf eine schnellere Arbeitsweise gewechselt werden. Durch Gedrückthalten der RMT und Lösen auf dem gewünschten Eingabefeld wird eine höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit erzielt, da die Auswahl mit der LMT nicht erfolgen muß.

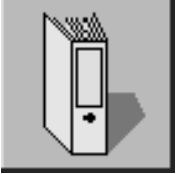
Eine weitere Feinheit besteht darin, daß bei gedrücktgehaltener RMT und Betätigung der LMT das Hilfesystem mit den zu dieser Tastenkombination gehörenden Informationen aufgerufen wird.

Bei den folgenden Erläuterungen wird von der Arbeitsweise mit stehenden Menüs ausgegangen.

DTE-Hauptmenü

Das oben gezeigte DTE-Hauptmenü erscheint nach Drücken der RMT immer dann, wenn kein Bauteil ausgewählt ist.

Klicken Sie jetzt kurz die RMT und fahren Sie mit dem Cursor nach rechts aus dem Menü heraus, um die Folgenmenüs aufzublättern.



Objekt erzeugen → Projekt

Durch Klicken der LMT auf *"Projekt"* wird ein neuer Ordner erzeugt, der durch Klicken der LMT auf dem Schreibtisch platziert wird. Durch Zeigen mit dem Mauscursor auf das Ordnericon und Doppelklick mit der LMT wird der Ordner geöffnet. Der Bildschirm ist nun wieder leer, da sich im neuen Ordner noch keine Bauteile bzw. weitere Unterordner befinden.



Objekt erzeugen → Bauteil

wird unter *"4H-BEUL Bauteil und Problemklasse"* erläutert.

Fahren Sie den Cursor nach links aus dem Untermenü wieder in das Hauptmenü.



Sicherungen laden

stellt den Kopiermechanismus bereit, Bauteile von einem Sicherungsmedium in das aktuelle Projekt einzulesen.



Auftragsliste →

erlaubt durch Sammeln von Aufträgen die Berechnung mehrerer Bauteile ohne zwischenzeitlichen Eingriff durch den Anwender.



Sonstiges →

gibt z. B. Informationen zur Festplattenspeicherkapazität und den installierten Programmversionen.



Projekt schließen

verläßt den geöffneten Ordner und wechselt wieder auf die Hauptebene.

Klicken Sie kurz die LMT, um den Ordner zu verlassen. Danach wird durch Klicken der RMT das Hauptmenü aufgeblendet, dessen letzte Zeile sich verändert hat, da die oberste Schreibtischebene erreicht ist.



Arbeit beenden

schließt das DTE-System und wechselt bei "ja" zur Aufrufebene.

Bauteil und Problemklasse



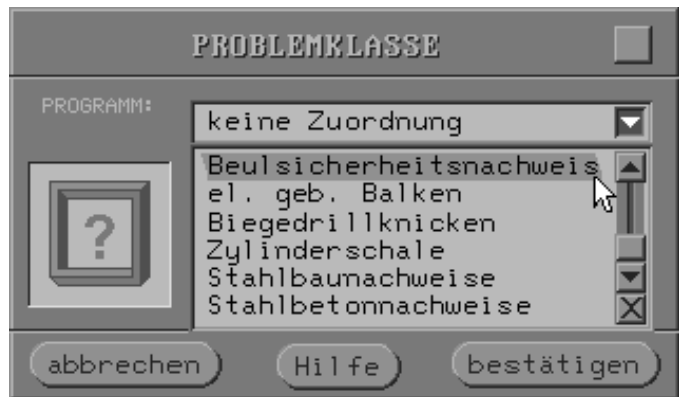
Damit DTE die zu 4H-BEUL gehörenden Bearbeitungsfunktionen per Menü anbieten kann, muß die Festlegung bzgl. der Problemklasse bereits bei der Bauteilerzeugung erfolgen.

Mit der Menüfunktion



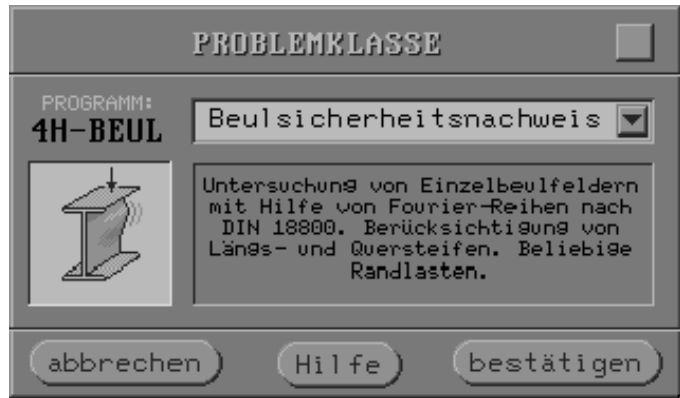
Objekt erzeugen → Bauteil

wird ein Bauteil auf dem Schreibtisch im aktuellen Projekt erzeugt. Bevor dieses Bauteil auf dem Schreibtisch plaziert wird, erscheint ein Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, in dem die Problemklasse ausgewählt werden muß (LMT).



Hier ist ein Bauteil voreingestellt, dem keine Berechnungsfunktionen zugeordnet sind. In dem Eigenschaftsblatt werden die aktuell in DTE integrierten Problemklassen (ggf. die anderer PCAE-Programme) durch alternative Buttons dargestellt.

4H-BEUL umfaßt die Bearbeitungsfunktionen der Problemklasse "Beulsicherheitsnachweis", die mit Hilfe der Auswahlliste ausgewählt wird. Das folgende Eigenschaftsblatt weist einige nützliche Informationen zur ausgewählten Problemklasse aus.



Nach Betätigung des "bestätigen"-Buttons wird ein Bauteilsymbol generiert (Quadrat mit dünnem, schwarzem Rand). Das Symbol wird durch Bewegen der Maus und kurzes Anklicken der LMT im aktuellen Projekt positioniert. Es erscheint das Original-Bauteil-Icon von 4H-BEUL, zu dem noch keine geometrischen Informationen vorliegen. Nach der Beschreibung der zu berechnenden Problemstellung wird im Icon die aktuelle Bauteilgeometrie eingetragen, wie z.B. nebenstehend eine längs- und querausgesteifte Beulfeldgeometrie.



Bzgl. theoretischer Hintergrundinformationen siehe:



4H-BEUL - Theorie

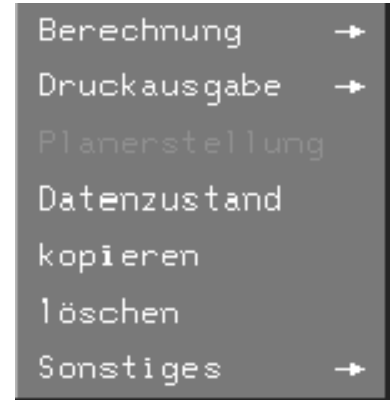
Menüfunktionen

Um eine der nachfolgend beschriebenen Menüfunktionen zu aktivieren, muß ein Bauteilsymbol ausgewählt sein. Hierzu wird der Mauscursor im Bauteilicon plaziert und die LMT betätigt. Ein ausgewähltes Bauteilsymbol erscheint in weißer Farbe mit einem dicken schwarzen Rand.

Wir benutzen hierfür die mitgelieferten Beispiele. Klicken Sie den Ordner "4H-BEUL Beispiele" zweimal kurz mit der LMT an. Hierdurch wird der Ordner geöffnet und die Beispiel-Bauteile erscheinen. (Gleiches wird durch einmaliges Anklicken LMT, drücken RMT und "öffnen" erreicht.)

Klicken Sie ein beliebiges Bauteil mit der LMT an. Über die RMT wird das auf die Bauteilbearbeitung bezogene Menü aktiviert.

Man beachte die Veränderung der angebotenen Menüs in Abhängigkeit von aktiviertem und nicht aktiviertem Bauteil. DTE bietet also nur die für den gegenwärtigen Bearbeitungszustand sinnvollen Menüs an. Dies erleichtert dem Benutzer die Arbeit, weil er sich auf das Wesentliche beschränken kann und bei der Einarbeitung nicht den Überblick über alle Menüs besitzen muß. Die Menüzeile "Planerstellung" ist für 4H-BEUL-Bauteile nicht relevant und deshalb abgedunkelt.



Im folgenden werden die einzelnen, der 4H-BEUL-Problemmklasse zugeordneten Untermenüpunkte beschrieben.

Berechnung

Vor der Berechnung des aktuell ausgewählten Bauteils erfolgt die Beschreibung des zugrundeliegenden Problems über die GROBI-Eingabe.



Berechnung → Beulfeld definieren

Die Definition umfaßt die Geometrie der zu berechnenden Struktur, die system- und lastfallabhängigen Randbedingungen sowie einige das Rechenprogramm steuernde Parameter.

Sämtliche Systemeingaben werden mit dem GROBI-Eingabemodul beschrieben. Siehe hierzu:



4H-BEUL-Eingabemodul

Sollten Sie den Eingabemodul aufgerufen haben, können Sie ihn durch Klicken auf das nebenstehende Symbol und *"mit vorheriger Datensicherung"* wieder verlassen.



Berechnung → Beulfeld berechnen

startet bei geschlossener DTE-Auftragsliste den 4H-BEUL-Rechenlauf.

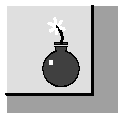
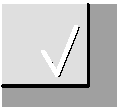
Bei geöffneter Auftragsliste wird der Berechnungsauftrag aufgenommen und die Berechnung erst mit Start der Auftragsliste durchgeführt.

Das Rechenmodul weist seinen Bearbeitungsstand in einem grafischen Fenster am Sichtgerät durch System- und Lastdarstellungen sowie kleine Statusbuttons am linken Bildschirmrand aus.



Berechnung → Fehlerstatus anzeigen

gibt den Fehlerstatus des zuletzt gestarteten Rechenlaufes an. Dies gilt unabhängig davon, ob der Rechenlauf direkt über Menüfunk-



tion initiiert oder über die Auftragsliste durchgeführt wurde. Näheres hierzu siehe im



DTE - Der schnelle Einstieg



Berechnung → Hilfe

blättert die zugehörigen Hilfemenüs auf dem Bildschirm auf.

Druckausgabe



Druckausgabe → Listen drucken

übergibt die ausgewählten Drucklisten, Eingaben und Ergebnisse, an einen angeschlossenen Printer.



Druckausgabe → Listen einsehen

Die Drucklisten können mit dem DTE-Editor eingesehen und modifiziert werden. Die Änderungen erfolgen jedoch nicht in den Originalen, sondern in eigens erstellten Kopien. Diese können im Schnelldruck (ohne den regulären Setzmechanismus) auf den Drucker gegeben werden. Zudem steht ein ASCII-Exportfilter bereit.

Datenzustand



Datenzustand

stellt die Bearbeitungsmechanismen *"komprimieren"*, *"dekomprimieren"*, *"sichern"* und *"löschen"* für die 4H-BEUL-Datenkategorien bereit. Die wichtigste Funktion ist hierbei das Sichern.

Eingabedaten

Die Eingabedaten werden mit dem Eingabemodul erzeugt. Sie legen das zu berechnende Tragwerk als Rechenmodell fest und haben i. d. R. nur einen sehr kleinen Speicherbedarf. Das Löschen dieser Datenkategorie bringt bzgl. der vorhandenen Festplattenkapazität keinen wesentlichen Vorteil. Die Eingabedaten sollten nach ihrer Bearbeitung auf einer Diskette oder sonstigen Sicherungsme-

sichern

dien gesichert werden. Aus den Eingabedaten lassen sich die restlichen Datenkategorien durch Berechnung neu erzeugen.

Zu den Eingabedaten gehören auch die bauteilspezifischen "*Bemerkungen*". Der Benutzer kann einen Text frei vorgeben, in dem z. B. Erläuterungen zu Rechenannahmen enthalten sind. Die Bearbeitung dieser Textdatei wird mit der Menüfunktion



Sonstiges → Bemerkungen

eingeleitet. In dem hierdurch aktivierten Editor können Texte beliebiger Länge eingegeben werden.

Die Datenkategorie "*Ergebnisse*" wird vom Rechenprogramm erzeugt. Bei Neuberechnung des Systems, z. B. wegen Änderungen in den Eingabedaten, werden die zu dieser Kategorie gehörenden Daten überschrieben.

Ergebnisse

Kopieren

Sämtliche Datenkategorien eines Bauteils können zum Kopieren markiert und in einem beliebigen Projekt auf dem Schreibtisch als Bauteil eingefügt werden. Hierzu wird das Bauteil mit der LMT ausgewählt, auf dem aufgeblätterten Eigenschaftsblatt die Auswahlbuttons der gewünschten Datenkategorien eingedrückt und dies bestätigt.

I.d.R. wird dies die Eingabedaten betreffen, um durch geringe Modifikationen ein neues Bauteil zu beschreiben. DTE merkt sich die Markierung der Daten. Durch Drücken der RMT wird das nun um die vorher blinde Zeile "*Bauteil einfügen*" erweiterte DTE-Hauptmenü sichtbar. Im gleichen oder nach Wechsel in ein anderes Projekt werden die markierten Daten über die genannte Menüzeile abgerufen und auf dem Schreibtisch plziert (LMT).

Löschen

Nach Aktivierung eines Bauteils werden über diese Menüzeile nach Rückfrage sämtliche Datenkategorien des Bauteils vom Schreibtisch (und damit von der Festplatte) gelöscht.

Sonstiges



Sonstiges → Bezeichnung

Bei aktiviertem Bauteil kann mit "*Bezeichnung*" die Positionsbezeichnung, die bei der Neuerstellung den Namen "Beulfeld" umfaßt, in einen sinnvollen Statik-Namen geändert werden.

Gleiches gilt sinngemäß für den Ordner. So kann der Ordner die Bauwerksbezeichnung tragen und die in ihm befindlichen Bauteile die zugehörigen Positionsnamen.



Sonstiges → Bemerkungen

Unter "*Bemerkungen*" können Texteingaben erzeugt werden, die der Datenkategorie "*Eingabedaten*" zugeordnet werden und bauteilbezogene Erläuterungen o. ä. enthalten.



Sonstiges → Geschichte

Unter "*Geschichte*" ist der chronologische Bearbeitungsablauf zum Bauteil abrufbar.

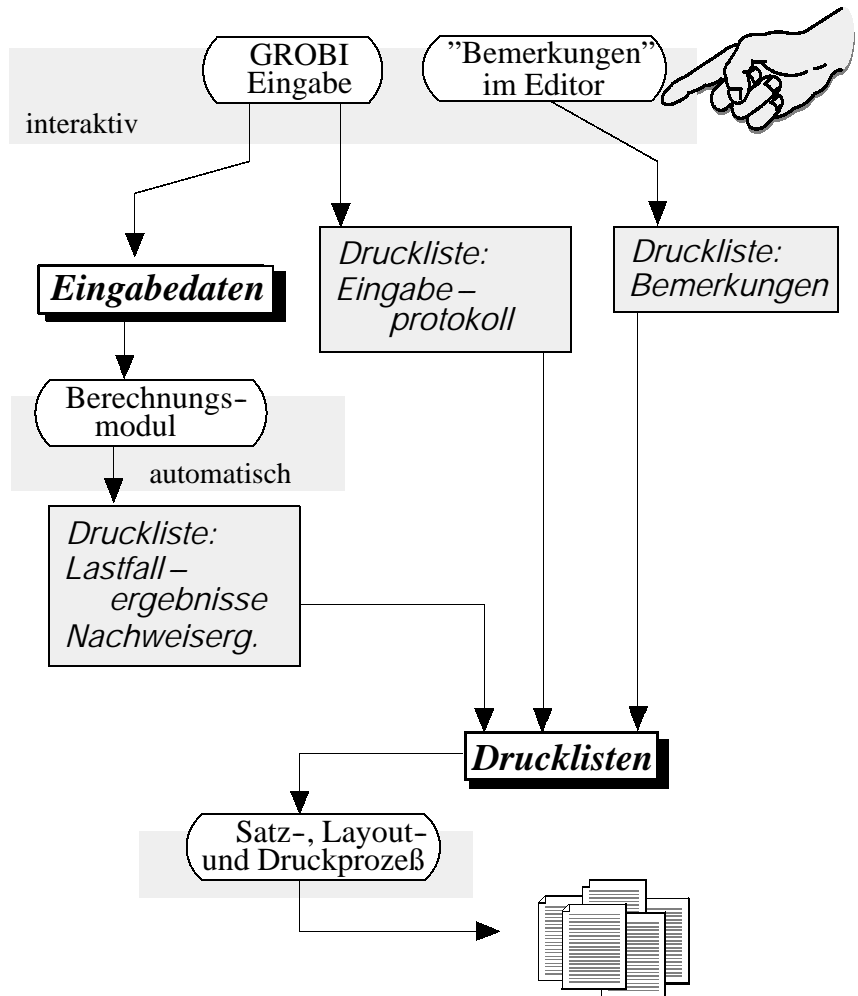


Sonstiges → Problemklasse

"*Problemklasse*" umfaßt Hinweise zur DTE-spezifischen Auffassung des Bauteils.

Berechnungsprozeß und Datenkategorien

Die abschließende Gesamtübersicht zeigt die Beziehung zwischen den (über Menüfunktionen aufrufbaren) Prozessen und den Datenkategorien. Dieser Übersicht ist zu entnehmen, wann die Daten erzeugt und von welchen Prozessen sie benötigt werden.



Gesamtüberblick über die Prozesse
und Datenkategorien von 4H-BEUL

Allgemeines

Das Kapitel **4H-BEUL - Eingabemodul** gibt eine Einführung in die interaktive Definition und Änderung von **4H-BEUL**-Eingabedaten.

Hierbei wird davon ausgegangen, daß dem Leser die grundlegenden Interaktionsformen (Arbeiten mit Menüs und Eigenschaftsblättern etc.) von **DTE** bekannt sind. Lesen Sie hierzu ggf. das Handbuch



DTE - Der schnelle Einstieg

Ist ein DTE-Bauteil der Problemklasse "Beulfeld" ausgewählt, wird das Eingabemodul mit Hilfe der **DTE**-Menüfunktion



Berechnung → Beulfeld definieren
aktiviert.

Layout des Eingabemoduls in der Grundeinstellung:



Auswahlbuttons

Bei der Beulfelddefinition eines neuen Bauteils bietet es sich an, die Aktionen in der Auswahlbuttonreihenfolge von links nach rechts durchzuführen. Natürlich ist diese Reihenfolge nicht zwingend und sämtliche Angaben können im nachhinein geändert werden.

Durch kurzes Anklicken der Auswahlbuttons mit der LMT werden die Eingabeaktionen eingeleitet.

Die Auswahlbuttons mit den zugeordneten Aktionen sind:



Festlegung der Nachweisform, Beschreibung des Beulfeldtyps, der Beulfeldgeometrie, Werkstoffangaben und Gurtflächenwerte



Längssteifenanordnung und deren Flächenwerte



Quersteifenanordnung und deren Flächenwerte



Lastfallweise Beschreibung der Belastung aus Längs- und Schubspannungen und der Querbelastung



Festlegung der Fourierreihenentwicklung für Beulfläche und Approximation der Querbelastung



Druckausgabesteuerung



Grafische Darstellung der Belastung



Überprüfung der Eingabewerte



Beendigung der Sitzung mit oder ohne Speicherung der aktuellen Änderungen

Beulfelddefinition



Beulfeldlänge (a) Beulfeldbreite (b) in cm
 Beulfeldstärke (t) in cm
 Gurtflächen oben (Ao), unten (Au) in cm²
 Gurtträgheitsmomente (Io, Iu) in cm⁴
 Elastizitätsmodul (E) in MN/m²
 Querkontraktionszahl (μ)

Parameter	Value
a	200.0
b	200.0
t	1.8
Ao	135.0
Au	420.0
Io	101.0
Iu	1260.0
E	210000.0
μ	0.300

Berechnung nach DIN 18800/90 ? ☒ ja

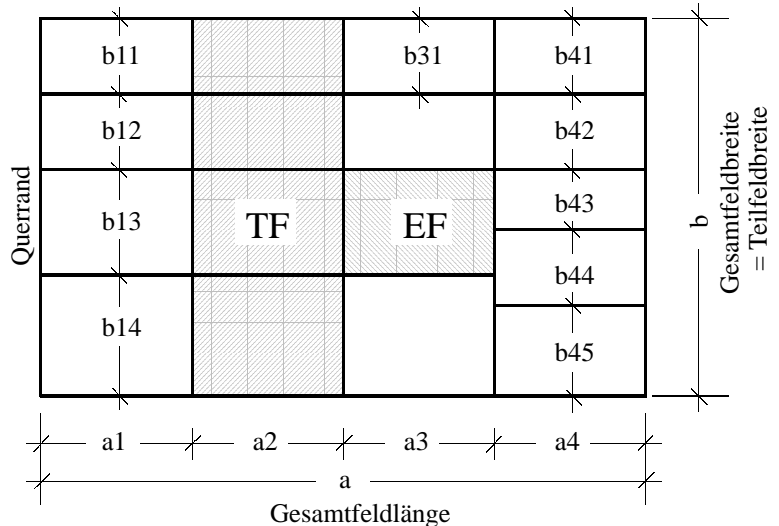
Material-sicherh.-beiwert: 1.10

Hilfe

Der Beulfeldtyp, die -geometrie, die Materialkennwerte des Beulfeldes und die Steifigkeiten evtl. vorhandener Flansche werden in diesem Eigenschaftsblatt festgelegt.

Die zu verwendenden Dimensionen sind in der Skizze angegeben.

Der Beulsicherheitsnachweis erfolgt als Gesamt-, Teil- oder Einzel-feld alternativ nach DIN 18800/90 oder nach DASt Ri 012.



Für den Beulnachweis nach DIN 18800/1990 ist der Materialsi-
cherheitsbeiwert (vorbelegt mit 1.1) anzugeben.

Bei Stellung des Auswahlbuttons auf "Nein" wird der Nachweis
nach DAST-Ri 012 geführt.

Längssteifen



y - y-Koordinate
 z - Schwerpunktsabstand von der Plattenmittelfläche
 $a1, a2$ - Schwerpunktsabstände von der Randfaser
 d - Abstand der Stege
 A - Querschnittsfläche der Beulsteife
 I - Eigenflächenträgheitsmoment

DEFINITION DER LÄNGSSTEIFEN						
y cm	z cm	d cm	$a1$ cm	$a2$ cm	A cm ²	I cm ⁴
150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	6000.0

Hilfe

Für die Längssteifenbeschreibung sind die Erläuterungen und Di-
mensionsangaben in der dargestellten Skizze zu berücksichtigen.
Es können beliebig viele Längssteifen in der hierzu angebotenen
Tabelle angegeben werden.

In den Tabellen kann der Tabellene-
ditor mit Kopier-, Lösch- und Ein-
fügefunktionen benutzt werden.
Hierzu ist ein Eingabefeld mit der
LMT zu aktivieren und der Editor
mit der RMT aufzurufen.

Zeile einfügen	→
Zeile entfernen (F7)	
Zeile markieren (Alt+L)	
markierte Zeilen	→
Inhalt kopieren	→
Spalte belegen (Alt+C)	
Zahl importieren	→

Bei Verwendung von Standardprofilen als Längs- oder Quersteifen kann der Profilmanager per Menüfunktion gerufen werden.

Profil-Manager

Der Profil-Manager hält die Querschnittswerte von über 2300 normierten Stahlbauprofilen vor.

Die Werte für A und I können über die DTE-Zahlenablage in die Tabellen des 4H-BEUL-Eingabemoduls transportiert werden.



Quersteifen



x - x-Koordinate
 z - Schwerpunktsabstand von der Beulfeldmittelfläche
 d - Abstand der Stege
 A - Querschnittsfläche der Beulsteife
 I - Eigenflächenträgheitsmoment der Beulsteife

DEFINITION DER QUERSTEIFEN					
x cm	z cm	d cm	A cm ²	I cm ⁴	Endsteife?
100.0	4.2	0.0	8.0	42.7	N
200.0	4.2	0.0	8.0	42.7	N

Hilfe

Bei der Definition der Quersteifen sind die Erläuterungen und Dimensionsangaben in der dargestellten Skizze zu berücksichtigen.

Es können beliebig viele Quersteifen in der hierzu angebotenen Tabelle angegeben werden. Bei der Frage in der letzten Spalte, ob Endsteife oder nicht, ist ein "J" für "ja" bzw. ein "N" für "nein" anzugeben.

Belastung

Normalspannungen (σ) in MN/m^2 als Druckspannungen positiv
 Schubspannungen am oberen Beulfeldrand (τ_o) in MN/m^2 wie nebenstehend dargestellt
 Längenangaben (l, d) in cm
 Gleichstreckenlasten (q) in MN/m
 für $d=0$ wird eine Einzellast in MN angenommen.

LF: 1 Typ: H HZ S

$\sigma_{ol} = 42.0$ $\sigma_{or} = 42.0$
 $\sigma_{ul} = 42.0$ $\sigma_{ur} = 42.0$
 $\sigma_{vg} = 0.0$ $\tau_o = 0.0$

	l	d	q
Belastung am oberen Beulfeldrand	1 2 3		
Belastung am unteren Beulfeldrand	1 2 3	100.0	0.0 0.8500

Hilfe Lastfall löschen

Als Lastbilder sind Längs- und Schubspannungen sowie Strecken- und Einzellasten in Querrichtung vorgesehen.

Eine Gruppierung von Lastbildern bildet einen Lastfall. Die Beulfeldberechnung erfolgt lastfallweise.

Es können bis zu 99 Lastfälle definiert werden. Bei Berechnung nach DAST Ri 012 (vgl. Basisinformationen) ist jedem Lastfall ein Lastfalltyp H, HZ bzw. HZS zuzuweisen. Die Bedeutung und die Dimension der Belastungswerte können der angegebenen Skizze entnommen werden.

Bei Rechnung nach DIN 18800/90 ist mit $\bar{\psi}$ der Verhältniswert der kleineren Querlastrandspannung zur größten Querlastdruckspannung ($-1 \leq \bar{\psi} \leq 1$) anzugeben. Bei Berechnung nach DAST Ri kann durch Vorgabe der Vergleichsspannung σ_{vg} der vom Programm errechnete Wert im Bereich von Längsdruckspannungen übersteuert werden. Bei $\sigma_{vg}=0$ wird der Wert vom Programm ermittelt.

Die Auswahl eines neuen Lastfalles bestätigt die Werte des aktuellen Lastfalles.

Die Belastungen können grafisch kontrolliert werden.



Fourierreihen- entwicklung



Für die Beulfläche und die Längsrandbelastung werden Reihenansätze gewählt, die prinzipiell aus unendlich vielen Gliedern bestehen. Jedoch legt das zur Beulfeldberechnung benutzte Verfahren die Fourierreihengliederanzahl auf < 10 fest.

Die Fourierreihenglieder n_x und n_y bestimmen die maximale Anzahl der Halbwellen der Beulfigur in x- und y-Richtung des Beulfeldes. Die Längs- und Quersteifenanordnung sind hierbei die Bestimmungsgrößen.

Die Güte der Approximation der Querbelastrung durch die Fourierreihenentwicklung sinkt mit geringer werdender Lastausbreitung, so daß für die Annäherung von Einzellasten ein größerer Wert für n_q vorzugeben ist als für die Entwicklung von Streckenlasten. Bei vollständig zur Geraden $x=a/2$ symmetrischen Querlasten kann die Anzahl der zu berechnenden Reihenglieder durch Ein-drücken des "symmetrisch"-Buttons ohne Auswirkungen auf den Abbruchfehler auf die Hälfte reduziert werden.

Druckausgabe



Schnitte und Punkte für die Druckausgabe

Diagram 1 (Left): $dy = b / ny$

Diagram 2 (Right): $dx = a / nx$

σ_x	i	x_i cm	σ_y	i	y_i cm
ja	1	0.0	ja	1	200.0
ja	2	25.0	ja	2	400.0
ja	3	50.0	ja	3	
ja	4	100.0	ja	4	
ja	5	150.0	ja	5	
ja	6		ja	6	
ja	7		ja	7	

$ny = 5$ $nx = 5$

Hilfe

Die Ausgabeorte der ermittelten Spannungen auf dem Beulfeld können durch Vorgabe der x/y-Werte beliebig bestimmt werden.

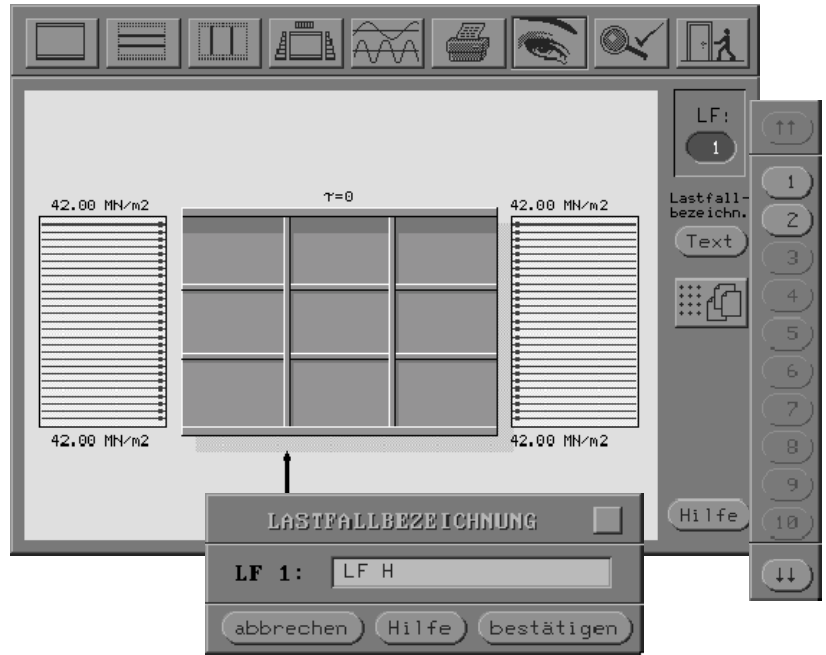
Ausgabeergebnisse mit zugehörigen Schnitten ($x=\text{const.}$ bzw. $y=\text{const.}$) und Punkten werden festgelegt.

Werden hier keine Angaben vorgenommen, erscheint in der Druckliste neben dem Protokoll der Eingaben nur der eigentliche Beulnachweis.

Die Ausgabepunkte können (wie auch die Angaben zu System und Belastung) grafisch kontrolliert werden.



Belastungs- darstellung



Dieses Eigenschaftsblatt dient der optischen Kontrolle der aktuellen Eingabedaten. Beulfeldgeometrie, Flansche und Steifen werden mit den Lastbildern des aktuellen Lastfalls dargestellt.

Text

Durch Betätigen des Lastfallbuttons kann auf einen anderen Lastfall umgeschaltet werden. Durch Betätigen des Text-Buttons kann dem aktuellen Lastfall eine Textkennung (Lastfallbezeichnung) gegeben werden.

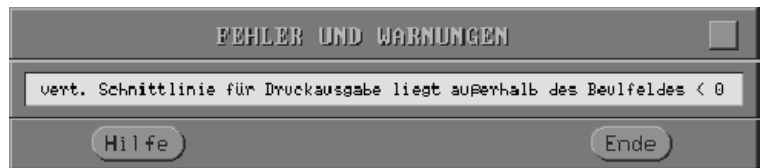


Ist der nebenstehend dargestellte Button eingedrückt, werden zusätzlich die Druckausgabepunkte (vgl. Druckausgabe) eingeblendet.

Datenüberprüfung



Der aktuelle Datenzustand wird hinsichtlich seiner Konsistenz und der Einhaltung sinnvoller Wertebereiche überprüft. Fehler bzw. Warnungen werden in einem Protokoll festgehalten. Dieses kann nach Durchführung der Überprüfung eingesehen werden.



Wenn keine Fehler bzw. Warnungen gemeldet wurden, kann der Eingabemodul verlassen und das 4H-BEUL-Rechenprogramm (aus DTE heraus) gestartet werden. Ob die Beulsicherheit bei der gegebenen Geometrie und Belastung eingehalten wird, ist an dieser Stelle noch nicht festzustellen. Die Ergebnisse liegen nach der Berechnung unter Menü




Berechnung → Beulfeld berechnen

vor. Zur Berechnung ist das Eingabemodul zu verlassen, das aktuelle Bauteil mit der LMT auszuwählen und die Berechnung über das Menü zu aktivieren.

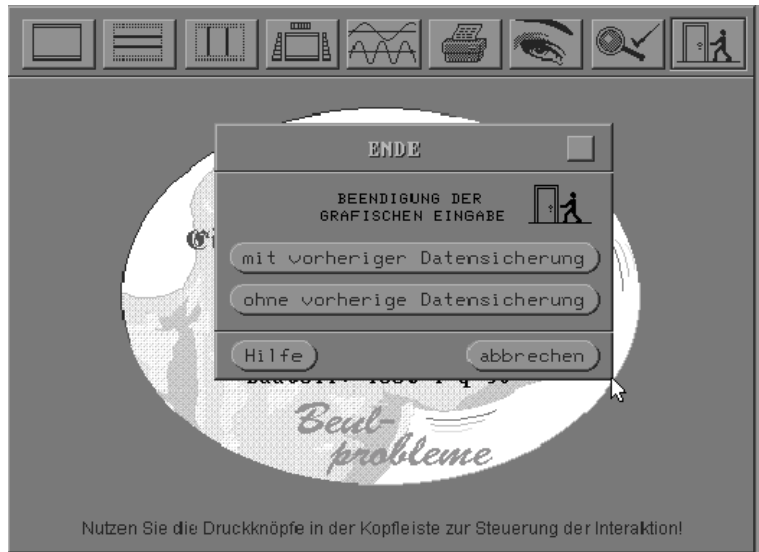
Eingabe beenden



Das Anklicken des dargestellten Buttons leitet das Ende der aktuellen Eingabesitzung ein.

 *Bevor Sie das System verlassen, empfiehlt sich durch Anklicken des vorletzten Auswahlbuttons eine abschließende Datenzustandsüberprüfung anzufordern.*

Beenden Sie den grafischen Eingabemodul "mit vorheriger Datensicherung", um die Definitionen der Sitzung permanent auf der Festplatte zu sichern.



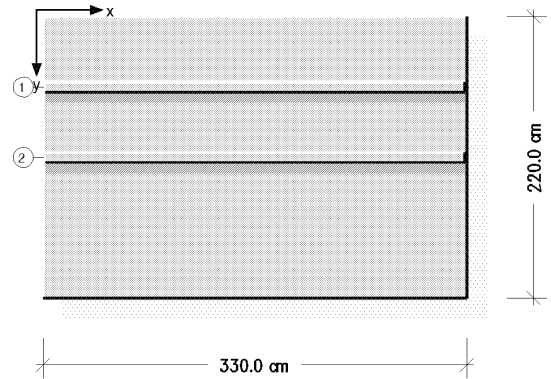
Erst durch die Datensicherung können die Eingaben dem Rechenprogramm zugänglich gemacht werden. Bei Verlassen ohne vorherige Datensicherung gehen die letzten Eingabedaten verloren.

DAST- Ri 012 Bsp. 1

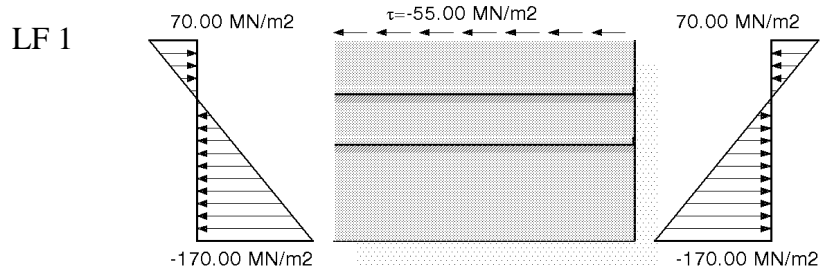


Ein Beulfeld der Länge $a = 330 \text{ cm}$, der Breite $b = 220 \text{ cm}$, der Stärke $t = 1.2 \text{ cm}$, mit zwei Längsteifen und der Stahlgüte St52 wird nach DAST-Ri 012 nachgewiesen.

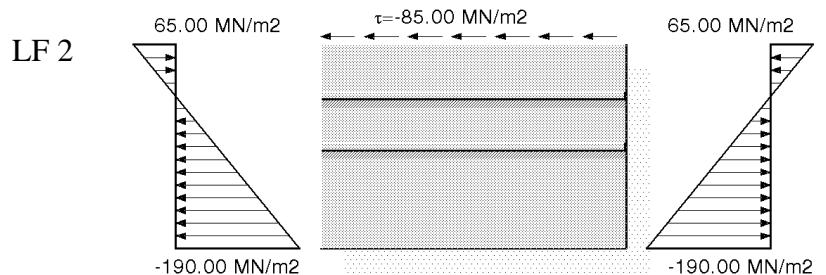
In einem weiteren Bauteil erfolgt der Nachweis nach DIN 18800(90).



Im LF1, Lasttyp H, sind die Querränder mit Normalspannungen und der obere Längsrand mit Schubspannung belastet.



Im LF2, Lasttyp HZ, sind gleichfalls die Querränder mit Normalspannungen und der obere Längsrand mit Schubspannung belastet.

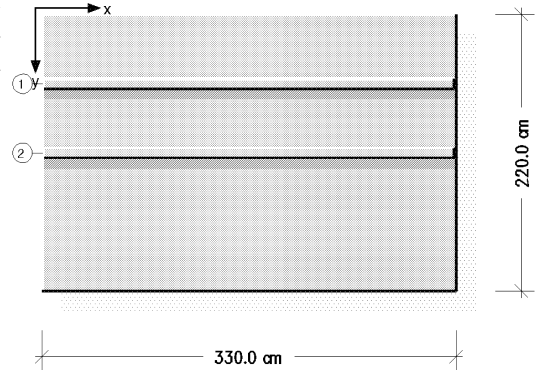


DAST- Ri 012 Bsp. 2

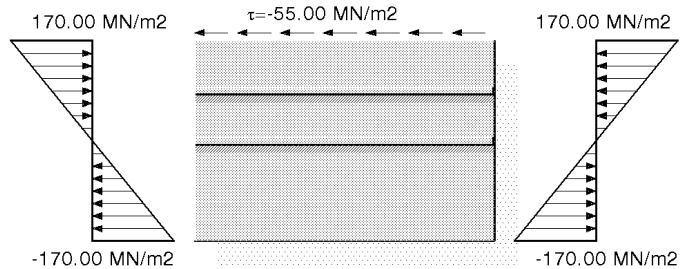


Ein Beulfeld der Länge $a = 330 \text{ cm}$, der Breite $b = 220 \text{ cm}$, der Stärke $t = 1.2 \text{ cm}$, mit zwei Längsteifen und der Stahlgüte St52 wird nach DAST-Ri 012 nachgewiesen.

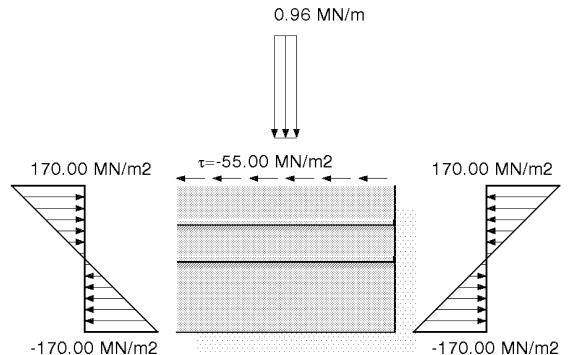
In einem weiteren Bauteil erfolgt der Nachweis nach DIN 18800(90).



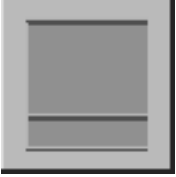
Im LF1, Lasttyp H, sind die Querränder mit Normalspannungen und der obere Längsrand mit Schubspannung belastet.



Im LF2, Typ H, tritt zusätzlich zu den Spannungen aus LF 1 eine Blocklast am oberen Längsrand auf.

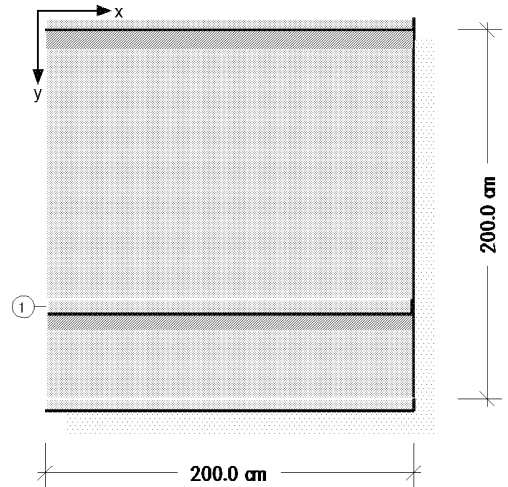


DAST- Ri 012 Bsp. 3

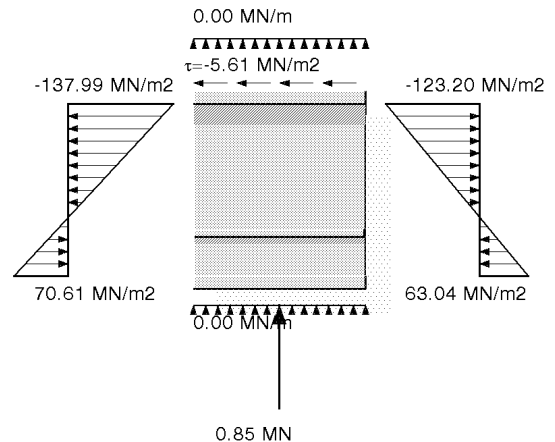


Ein Beulfeld der Länge $a = 200$ cm, der Breite $b = 200$ cm, der Stärke $t = 1.8$ cm, mit einer Längsteife und der Stahlgüte St37 wird nach DAST-Ri 012 unter Berücksichtigung der oberen und unteren Flansche nachgewiesen.

In einem weiteren Bauteil erfolgt der Nachweis nach DIN 18800(90).



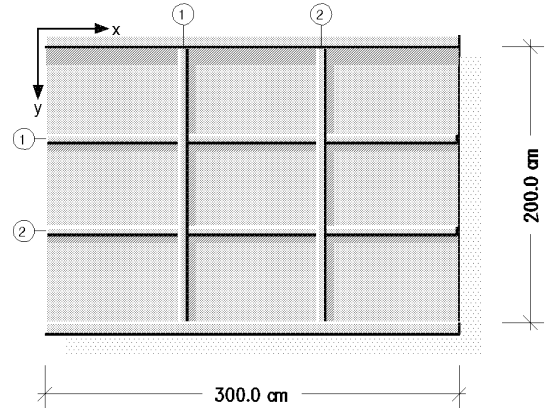
Im LF1, Lasttyp H, sind die Querränder mit Normalspannungen und der obere Längsrand mit Schubspannung belastet.



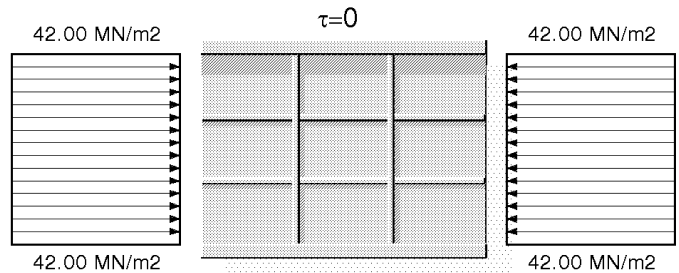
Test I + q



Ein Beulfeld der Länge $a = 300 \text{ cm}$, der Breite $b = 200 \text{ cm}$, der Stärke $t = 0.4 \text{ cm}$, mit zwei Längs- und zwei Quersteifen und der Stahlgüte St37 wird nach DIN 18800(90) unter Berücksichtigung der oberen und unteren Flansche nachgewiesen.

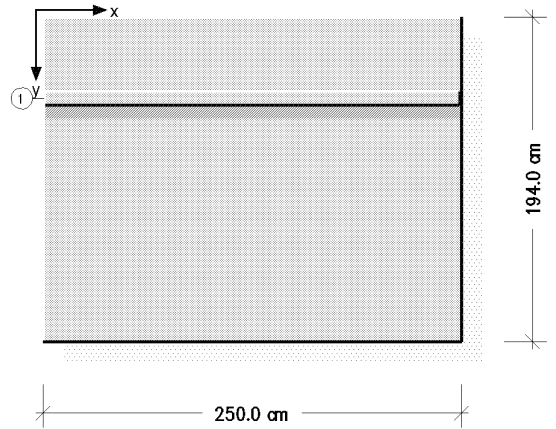
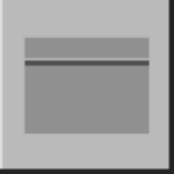


Im LF1 sind die Querränder mit konstanten Normalspannungen belastet.

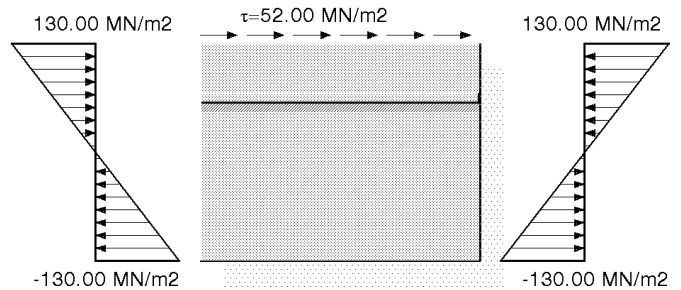


Hünersen S, 208 ff

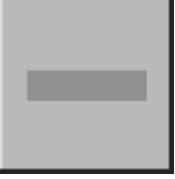
Ein Beulfeld der Länge $a = 250 \text{ cm}$, der Breite $b = 194 \text{ cm}$, der Stärke $t = 1.2 \text{ cm}$, mit einer Längsteife und der Stahlgüte St37 wird nach DIN 18800(90) nachgewiesen.



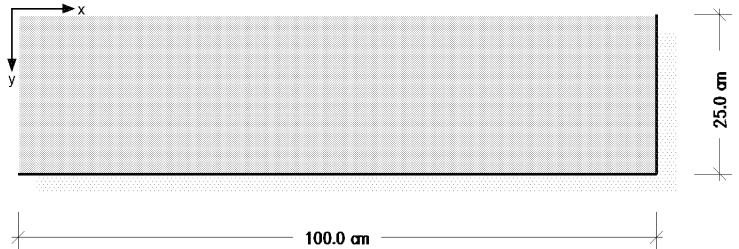
Im LF1 sind die Querränder mit Normalspannungen und der obere Längsrand mit Schubspannungen belastet.



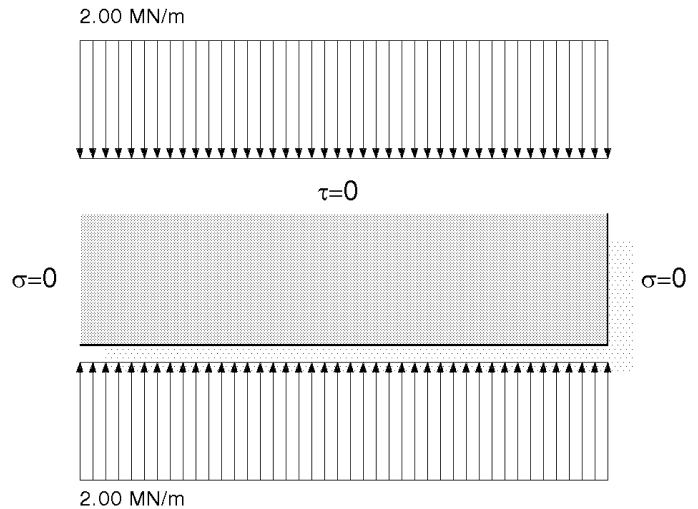
Schneider, S. 8.63



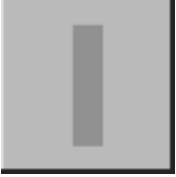
Ein Beulfeld der Länge $a = 100\text{ cm}$, der Breite $b = 25\text{ cm}$, der Stärke $t = 1.0\text{ cm}$ und der Stahlgüte St52 wird nach DIN 18800(90) nachgewiesen.



Im LF1 sind ausschließlich die Längsränder konstant belastet.

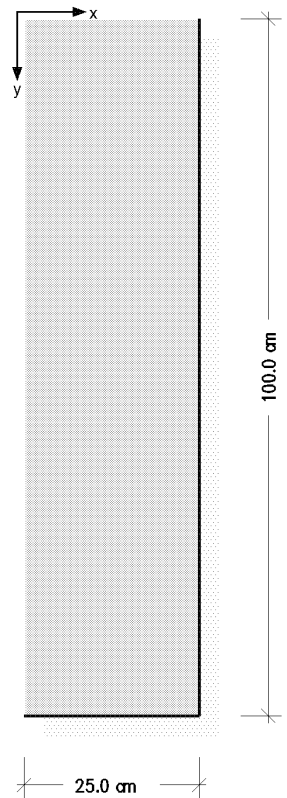
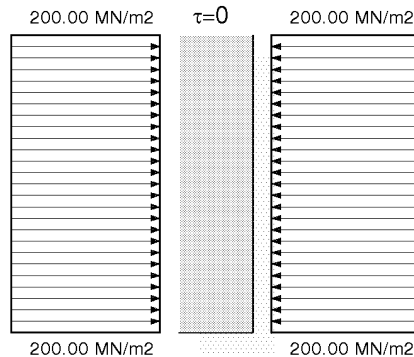


Schneider, S. 8.63



Ein Beulfeld der Länge $a = 25$ cm, der Breite $b = 100$ cm, Stärke $t = 1.0$ cm und der Stahlgüte St52 wird nach DIN 18800(90) nachgewiesen.

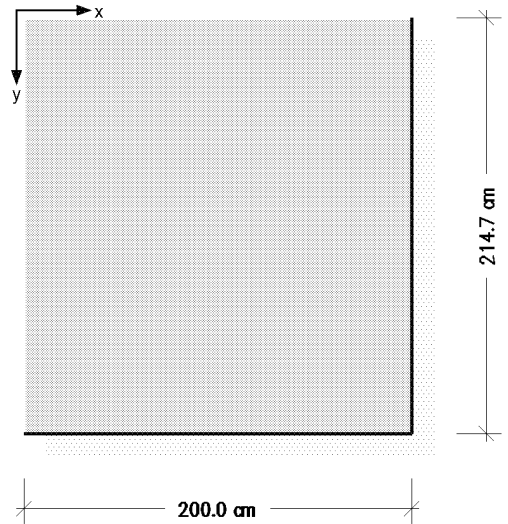
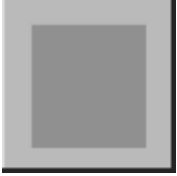
Im LF1 sind ausschließlich die Querränder konstant belastet.



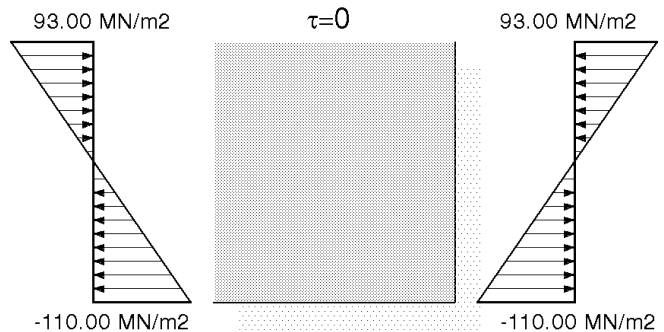
Petersen, S. 815
DAST Ri 012

Ein Beulfeld der Länge $a = 200$ cm, der Breite $b = 214.7$ cm, der Stärke $t = 2.0$ cm und der Stahlgüte St37 wird nach DAST-Ri 012 nachgewiesen.

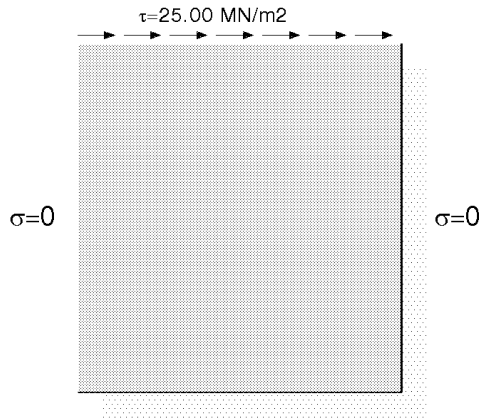
In einem weiteren Bauteil erfolgt der Nachweis nach DIN 18800(90).



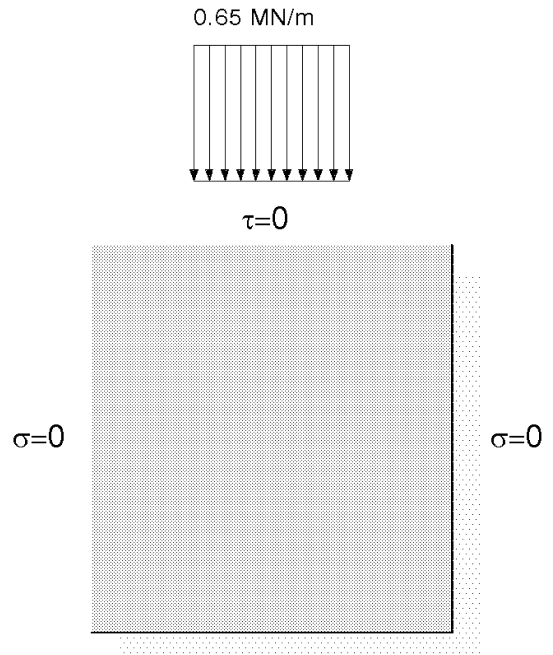
Im LF1, Lasttyp H, sind ausschließlich die Querränder konstant belastet.



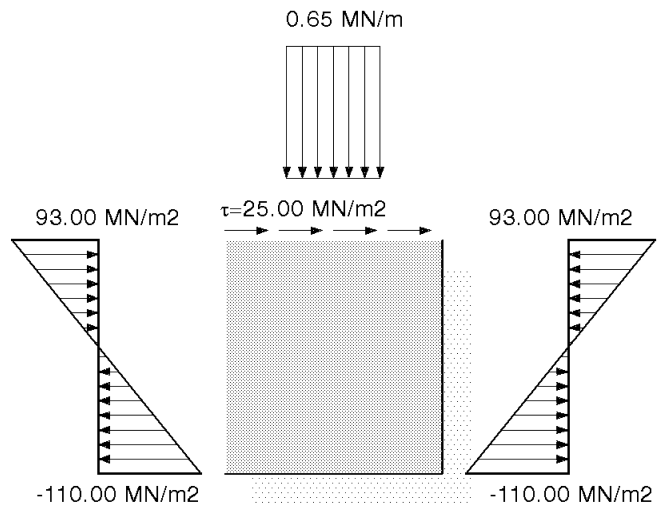
Im LF2, Lasttyp H, ist der obere Längsrand mit Schubspannung belastet.



Im LF3, Lasttyp H, ist der obere Längsrand durch eine Blocklast belastet.



LF4, Lasttyp H, faßt die Lastbilder der LFe 1 bis 3 zusammen.



Leistungs- beschreibung

DIN

Das Programm **4H-BEUL** führt den Beulsicherheitsnachweis für ein vorgegebenes Beulfeld nach

DAST-Ri 012, Beulsicherheitsnachweis für Platten, oder
DIN 18800 (90), T. 3, Stahlbauten, Stabilitätsfälle Plattenbeulen.

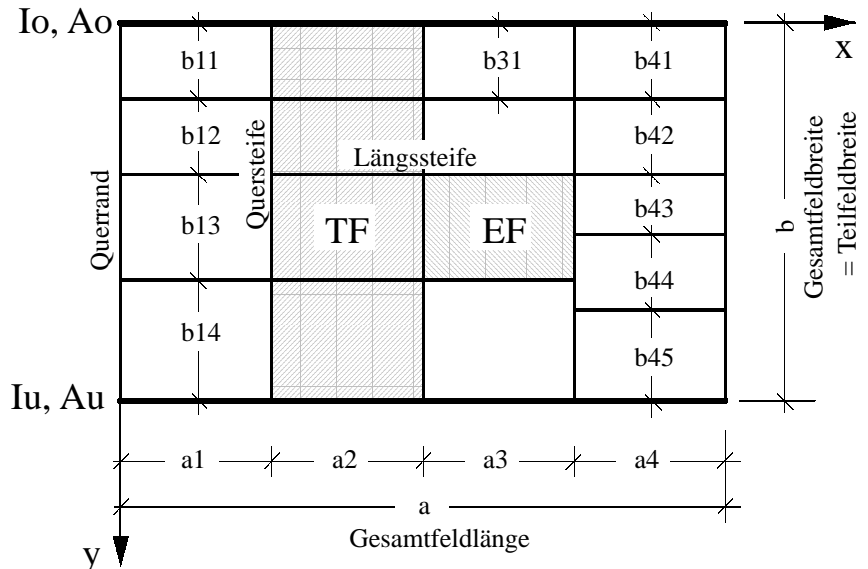
Über Annahmen und Verfahrensvoraussetzungen der beiden Vorschriften siehe dortselbst.

Randparallele Längs- und Quersteifen in beliebiger Anordnung werden ebenso wie die lastverteilende Wirkung von Flanschen berücksichtigt.

Außer Normal- und Schubspannungen an den Querrändern können auch Einzel- und Streckenlasten an den Längsrändern als Querbelastungen des Beulfeldes auftreten.

Beulfeld

Die Beulfeldabmessungen sind durch die Länge a , die Breite b und die Dicke t bestimmt, der Werkstoff ist durch den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl und die Stahlgüte festgelegt.



Der Beulfeldtyp, Einzel-, Teil- oder Gesamtfeld, ist entsprechend DAST-Ri 012 bzw. DIN 18800 zu bestimmen.

Für die im x-y-Koordinatensystem definierten ein- oder zweisteiligen Beulsteifen ist ein maßgebendes Trägheitsmoment, evtl. unter Berücksichtigung eines wirksamen Plattenquerschnittes, zu ermitteln.

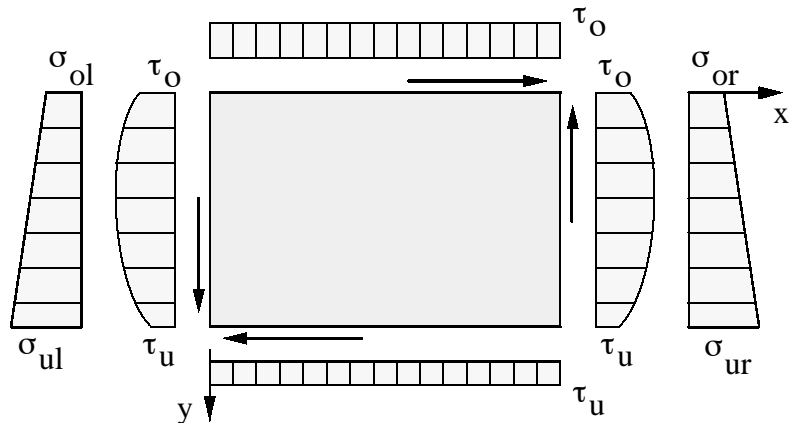
Die lastverteilende Wirkung vorhandener Flansche ist nur bei Strecken- und Einzellasten an den Längsrändern relevant. Flansche werden durch ihre Querschnittsfläche und Trägheitsmoment repräsentiert.

Es wird eine allseitig gelenkige und unverschiebliche Lagerung vorausgesetzt.

Belastung

Die Belastung wird durch Randspannungen vorgegeben. Der Grundspannungszustand des Beulfeldes kann durch den ebenen Spannungszustand einer Scheibe dargestellt werden. Die Beulsteifen bleiben hierbei unberücksichtigt.

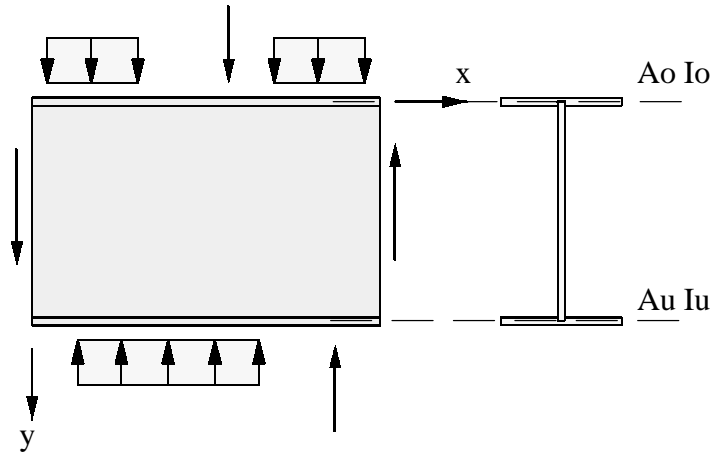
Normalspannungen an Querrändern und Schubspannungen



Die Normalspannungen σ_x werden durch die vier Werte an den Ecken des Beulfeldes definiert. Hieraus resultiert ein in beiden Koordinatenrichtungen möglicher linearer Verlauf der Spannungen.

Der Schubspannungsverlauf in Längsrichtung ist konstant. Der Verlauf in Querrichtung wird durch einen am oberen Längsrand vorgegebenden Wert und aus dem äußeren Kräfte- und Momentengleichgewicht bestimmt und kann konstant, linear oder parabelförmig sein.

Längsrandbelastung



In jedem Lastfall können am oberen und unteren Längsrand Einzel- und Streckenlasten vorgegeben werden.

DIN

Hierbei ist zu beachten, daß DIN 18800 (90) prinzipiell keine singulären Querlastangriffe (Einzellasten) berücksichtigt.

Die Verformungen von schubfest am Steg angeschlossenen Flanschen werden bei Vorgabe der Querschnittswerte für die Ermittlung des Scheibenspannungszustandes berücksichtigt.

Die Schubkräfte an den Querrändern werden derart bestimmt, daß das Gleichgewicht der äußeren Kräfte erfüllt ist.

Zur Formulierung der Übergangsbedingungen an den Scheibenlängsrändern wird die Belastung in Fourierreihen entwickelt. Um

z.B. eine Einzellast mittels einer Fourierreihe mit einer gewissen Genauigkeit zu approximieren, ist eine Mindestanzahl von Reihengliedern notwendig, die im Einzelfall durch Probieren ermittelt werden kann.

Die Höchstanzahl der Reihenglieder ist nach $/3/$ auf <10 begrenzt.

Die Güte der Konvergenz steigt zum unbelasteten Rand hin und bei gleichförmiger Belastung; sie fällt zum belasteten Rand hin und bei ungleichförmiger Belastung wie z.B. Einzellasten.

Die Anzahl der berücksichtigten Reihenglieder bestimmt demzufolge die Genauigkeit, mit der die vorhandene Belastung angenähert wird, und damit auch wesentlich den Spannungszustand der Scheibe.

Die so ermittelten Spannungen werden nicht nur für den Grundzustand des Stabilitätsproblems herangezogen, sondern auch zur Berechnung der maximalen Vergleichsspannungen.

Für die Beulwertberechnung genügen in der Regel wenige Fourierreihenglieder, da die glättende Wirkung der Energieintegrale die noch vorhandene Welligkeit des Spannungszustandes ausgleicht.

Bei bzgl. $x = a/2$ symmetrischer Längsrandbelastung kann die Schrittweite der Reihenglieder auf 2 gesetzt werden. Dadurch bleiben die Glieder, die identisch Null sind, von vornherein unberücksichtigt. Bei beliebiger Längsrandbelastung ist die Schrittweite immer mit 1 vorzugeben (unsymmetrische Belastung).

Besteht die Belastung aus konzentrierten Lastblöcken oder Einzellasten, kann die Genauigkeit der Approximation im Beulfeldrandbereich nicht ausreichend sein. Für die Berechnung nach DAST-Ri 012 kann dann vom Programm eine Vergleichsspannung zum Ansatz gebracht werden, die dem Lastabtrag nicht genau entspricht.

Eine Überprüfung des Vergleichsspannungverlaufs über das Beulfeld ist daher für Querlasten erforderlich!

Die benutzte Vergleichsspannung σ_{vg} kann durch direkte Vorgabe durch den Benutzer gesetzt werden, so daß die Berechnung der Vergleichsspannung durch das Programm und damit die Approximationsungenauigkeit nicht zum Tragen kommt.

Dasselbe gilt bei der Berechnung nach DIN 18800 für das Randbelastungsverhältnis $\bar{\psi}$.

Sicherheitskonzept

Der Nachweis nach DAST-Ri 012 wird für die Einwirkungskombinationen H, HZ und S geführt. Deren Sicherheitsbeiwerte ergeben sich aus dem Sicherheitskonzept der Richtlinie.

Im Nachweis nach DIN 18800 (90) ist der Sicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite bei der Ermittlung der anzusetzenden Spannungen zu berücksichtigen (Konzept s. Element 710).

DIN

Lediglich der Teilsicherheitsbeiwert für die Widerstandsgrößen γ_M ist vorzugeben.

Berechnungsverfahren

Zur Lösung des Beulproblems wird die Energiemethode verwendet. Mit ihrer Hilfe kann das Variationsproblem

$$\bar{\delta} \left(\bar{\delta}^2 \pi_0 \right) = 0$$

formuliert werden. Mit π_0 wird die potentielle Energie des Grundzustandes bezeichnet.

Unter Anwendung des Ritz'schen Verfahrens wird das Variationsproblem auf eine einfache Extremwertaufgabe reduziert.

Als Ansatzfunktion für die Beulfigur wird die Doppelsinusreihe

$$w(x, y) = \sum \sum A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}$$

gewählt. Sie erfüllt an allen Rändern die Navier'schen Randbedingungen.

Durch die Variationen nach den unbekannten Ritzparametern erhält man das allgemeine Matrizeneigenwertproblem

$$(\underline{A} - k_i \underline{B}) \underline{v}_i = \underline{0}$$

mit den beiden symmetrischen Matrizen \underline{A} , \underline{B} und

k_i einem Eigenwert des Problems

\underline{v}_i einem zugehörigen Eigenvektor.

Die Ordnung des homogenen Gleichungssystems hängt direkt von den berücksichtigten Reihengliedern ab.

Mit m Reihengliedern in x -Richtung und n Reihengliedern in y -Richtung ergibt sich die Ordnung des Gleichungssystems zu

$$s = m \cdot n$$

Das Beulproblem reduziert sich also auf die Aufgabe, den kleinsten Eigenwert des Matrizeneigenwertproblems zu bestimmen, da sich mit diesem die niedrigste Verzweigungslast ergibt.

Im kritischen Nachbarzustand nimmt die gewählte Bezugsspannung σ_1 dann den Wert

$$\sigma_{1ki} = k \cdot \sigma_e$$

an. Bei kombinierter Belastung wird vorausgesetzt, daß alle Spannungen im gleichen Verhältnis bis zur Beulgrenze anwachsen. Mit dieser Bedingung erhält man wieder eine unabhängige Bezugsspannung für das Beulproblem.

Eigenwertproblemlösung

Zur Ermittlung des kleinsten Eigenwertes wird das Jacobi-Verfahren (Rotationsverfahren) eingesetzt. Dieses Verfahren ist unempfindlich für Ausnahmefälle wie betragsnahe oder betragsgleiche Eigenwerte und es liefert alle Eigenwerte des Problems.

Ausgehend von dem Matrizeneigenwertproblem

$$(\underline{A} - k_i \underline{B}) \underline{v}_i = \underline{0}$$

werden die beiden reell-symmetrischen Matrizen \underline{A} und \underline{B} simultan durch eine Kongruenztransformation auf die Diagonalmatrizen \underline{L} und \underline{I} überführt

$$\begin{aligned} \underline{X} \underline{A} \underline{X} &= \underline{L} & \underline{X} &: \text{Modalmatrix der Eigenvektoren} \\ & & \underline{L} &: \text{Diagonalmatrix der Eigenwerte} \\ \underline{X} \underline{B} \underline{X} &= \underline{I} & \underline{I} &: \text{Einheitsmatrix} \end{aligned}$$

Reihenglieder

Für Längsrandbelastung und Beulfläche werden Fourierreihenansätze gewählt, die prinzipiell aus unendlich vielen Gliedern bestehen können. Jedoch ist die Höchstanzahl der Reihenglieder nach /3/ auf <10 begrenzt.

Die Anzahl der Reihenglieder bestimmt die Ordnung des zu lösenden Gleichungssystems und den auftretenden Abbruchfehler.

Der Abbruchfehler bei einer bestimmten Anzahl von Reihengliedern hängt von vielen Parametern ab. Besonders erwähnt seien hier Anzahl und Steifigkeit der Beulsteifen und die Belastungsart. Bei komplexen Systemen erscheint es ratsam, den Abbruchfehler durch Testrechnungen mit veränderter Anzahl der Reihenglieder abzuschätzen. Im übrigen wird auf entsprechende Literatur verwiesen, wie z.B. /1/ Abs. 10. und 12.2.; /2/ Abs. 2.; /9/ und /13/.

Durch Vorgabe der Schrittweite für den Reihenansatz der Beulfläche wird die Anzahl der Halbwellen der Beulfigur festgelegt. So wird z.B. durch Vorgabe der Schrittweite 3 eine Beulfigur mit drei Halbwellen erzeugt.

Die Schrittweite der Ansatzfunktion für die Längsrandbelastung kann lediglich bei einer zur Geraden an der Stelle $x = a/2$ (parallel zur y-Achse) symmetrischen Belastung von 1 auf 2 erhöht werden.

Bei der Kontrolle der Spannungen ist zu beachten, daß deren Güte in starkem Maße von der Anzahl der berücksichtigten Fourierreihenglieder beeinflußt wird und die Konvergenz von der Art der Belastung abhängt (Einzellast schlechter als Gleichstreckenlast).

Für den Beulsicherheitsnachweis reichen im allgemeinen aber wenige Reihenglieder aus, da die bei der Ermittlung des inneren Potentials durchzuführende Integration eine glättende Wirkung ausübt.

- Literaturverzeichnis**
- / 1/ Klöppel, Scheer
Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten
Berlin 1960: Verlag Ernst & Sohn
 - / 2/ Klöppel, Möller
Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten
Bd. 2, Berlin 1968, Verlag Ernst & Sohn
 - / 3/ Protte, W.
Zum Scheiben- und Beulproblem längsversteifter Stegblechfelder bei örtlicher Lasteinleitung und bei Belastung aus Haupttragwirkung
Techn. Mitt. Krupp, Forschungsber., Bd. 33, 1975, H. 2.
 - / 4/ Vögele, H.-G.
Ermittlung der Spannungen im Steg von I-Trägern im Last-einleitungsbereich bei Lastangriff an den Gurten
Stahlbau 41 1972
 - / 5/ Wilkesmann
Stegblechbeulung bei Längsrandbelastung
Stahlbau 29 1960
 - / 6/ Kutzelnigg, E.
Beulwerte nach der linearen Theorie für längsversteifte Platten unter Längsrandbelastung, Stahlbau 3 1982
 - / 7/ Protte, W.
Zum Beulproblem versteifter Bodenbleche von Kastenträgern. Techn. Mitt. Krupp, Forschungsber., Bd. 30 1972 H. 2.
 - / 8/ Protte, W.
Zur Stegblechbeulung unter in zwei Richtungen linear ver-änderlichen Normalspannungen und in einer Richtung para-bolisch veränderlichen Schubspannungen
Techn. Mitt. Krupp, Forschungsber., Bd. 32 1974, H. 1
 - / 9/ Börsch-Supan, W.
Berechnung von Beulwerten versteifter Platten auf

Rechenautomaten: Mathematische Grundlagen und praktisches Vorgehen. Stahlbau 28 1959

- /10/ Pflüger, A.
Stabilitätsprobleme der Elastostatik
Berlin 1964, Springer-Verlag
- /11/ Zurmühl, R.
Matrizen und ihre techn. Anwendungen
Berlin 1964, Springer Verlag
- /12/ Scheer, J., Nölke, H., Gentz, E.
Beulsicherheitsnachweis für Platten
2. Auflage, DAST-Ri 012 Grundlagen, Erläuterungen, Beispiele. Stahlbau Verlags-GmbH, Köln 1980
- /13/ Klöppel, K. und Möller, K.-H.:
Beitrag über die Größe der Abbruchfehler
Stahlbau 33, 1964 H. 10
- /14/ Hünersen/Fritzsche
Stahlbau in Beispielen
2. Aufl., Werner-Verlag
- /15/ DIN 18800 Stahlbauten
Erl. zu Teil 1 bis Teil 4
2. Aufl. 1994, Beuth Verlag GmbH
- /16/ Thiele/Lohse
Stahlbau,
22. Aufl., B. G. Teubner, Stuttgart
- /17/ Petersen
Stahlbau: Grundlagen und bauliche Ausbildung
3. Aufl. 1994, Vieweg Verlag
- /18/ Schneider
Bautabellen für Ingenieure
11. Aufl., Werner-Verlag

A

Abbruchfehler, 53
Abkürzungen, 7
Annahmen, 47
Auftragsliste, 10
Auswahlbuttons, 21, 22

B

Bauteil, 10, 11
Bauteilbezeichnung, 17
Beispieldatensätze, 7
Belastung, 48
Belastungsdarstellung, 29
Bemerkungen, 16, 17
Berechnung, 30
Berechnungsauftrag, 14
Beulfeld, 23
Beulfeldtyp, 48
Beulfigur, 51
Beulsteifen, 48
Bezeichnung, 17
Bombe, 14

D

DASSt-Ri 012, 47
Daten sichern, 15
Daten speichern, 31
Datenüberprüfung, 30
DIN 18800, 47
Druckausgabe, 28
Drucken, 15

E

Editor, 24
Eigenwert, 52
Eingabedaten, 15
Eingabemodul, 14
Einzelfeld, 48
Einzellast, 27, 50

Endsteife, 25
Energimethode, 51
Export, 15

F

Fehlerstatus, 14
Flansche, 23, 48
Fourierreihe, 50
Fourierreihenentwicklung, 27

G

Gesamtfeld, 48
Geschichte, 17

H

Haken, 14
Halbwellen, 53
Hilfe, 15
Hilfefunktion, 7
Hilfesystem, 9

K

Konvergenz, 50
Kopieren, 16

L

Lagerung, 48
Längsrandbelastung, 49
Längsrandspannungsverhältnis, 26
Längssteifen, 24
Lastausbreitung, 27
Lastbilder, 26
Lastblock, 50
Lastfall, 26
Lastfallbezeichnung, 29
Lastfalltyp, 26
Leistungsbeschreibung, 47
Listen einsehen, 15
LMT, 7
Löschen, 16

M

Materialsicherheitsbeiwert, 24
Mitteilung, 14

N

Norm, 47

P

Planerstellung, 8
Problemklasse, 11, 17, 21
Profilmanager, 25
Projekt, 10

Q

Querbelastung, 27
Querlasten, 49
Quersteifen, 25

R

Randbelastungsverhältnis, 51
Reihenansatz, 53
Reihenglieder, 50

RMT, 7

S

Scheibenspannungszustand, 48
Schnitt, 28
Schubspannungsverlauf, 49
Sicherheitskonzept, 51
Sicherungen laden, 10
Speicherkapazität, 10
Speichern, 31
Standardprofile, 25
Streckenlast, 27
Symmetrie Querlasten, 50

T

Teilfeld, 48
Teilsicherheitsbeiwert, 51

V

Variationsproblem, 51
Vergleichspannungsverlauf, 50
Vergleichsspannung, 26