



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop®
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-DULAB

Stahlbetondurchlaufträger

4H-DULAB

Stahlbetondurchlaufträger

Copyright 2003-2020

5. erweiterte Auflage, Mai 2020

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

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

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

Korrekturen und Ergänzungen zum vorliegenden Handbuch sind ggf. auf der aktuellen Installations-CD enthalten. Ergeben sich Abweichungen zur Online-Hilfe, ist diese aktualisiert.

Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter www.pcae.de**.

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

Produktbeschreibung

##-DULAB, Stahlbetondurchlaufträger, ist ein Produkt der [pcae](#) GmbH, Hannover.

Der Stahlbetondurchlaufträger (1-achsig belastet, keine Normalkräfte) kann

- statisch berechnet (linear, Theorie I. Ordnung),
- DIN EN 1992-1-1 (EC 2), DIN 1045-1 und DIN 1045 (7.88) bemessen und bewehrt werden.

Es kann jederzeit zwischen den genannten Normen umgeschaltet werden.

Die Berechnung erfolgt nach jeder Eingabe automatisch, so dass die Ergebnisse (Schnittgrößenverläufe, Bemessungsergebnisse, Bewehrungsplan) direkt und sofort am Bildschirm einsehbar sind. Das Programm kann optional

- die extremalen Schnittgrößen berechnen,
- daraus die Bemessungsgrößen ermitteln und das System bemessen,
- für die erforderliche Bewehrung einen Bewehrungsvorschlag ermitteln.

Die Eingabe von System und Belastung erfolgt in einer in drei Teile geteilten Bauteiloberfläche

- über den Objektbaum (linkes vertikales Fenster) können die Elemente (Trägerabschnitte, Auflager, Lastbilder verknüpft mit ihren Einwirkungen, Nachweise) direkt angesprochen werden
- die Geometrie- und Lasteingabe erfolgt im oberen horizontalen Systemfenster
- Ergebnisse werden im Ergebnisfenster (unteres horizontales Fenster) dargestellt

Die Teilfenster lassen sich in ihrer Größe beliebig verändern, wobei der Träger immer komplett in den horizontalen Fenstern zu sehen ist. Im Objektbaum und im Systemfenster können einzelne Elemente angewählt und direkt bearbeitet werden, wodurch die Modifikation eines bestehenden Trägers vereinfacht wird.

Im Kopfbereich des Bauteilfensters sind Steuerbuttons angeordnet, die einerseits globale Informationen zur Bemessung (z.B. Materialangaben) und zur Ergebnisbehandlung (z.B. Ausdrucksteuerung) verwalten und andererseits weiterführende Funktionalitäten des Programms (z.B. Aussparungen) anbieten.

Nach Einrichten eines neuen Bauteils wird eine spezielle Hilfe zum leichteren Programmeinstieg angeboten.

Die Ersteingabe eines Trägers kann tabellarisch erfolgen, was auch für die geübte und schnelle Anwendung zu empfehlen ist. Übersichtlich in thematisch gebundenen Registerblättern sind die Daten eines Trägerabschnitts zeilenweise aufgelistet. Über Einsprungsbuttons kann in das individuelle Eigenschaftsblatt des jeweiligen Abschnitts gewechselt werden. Modifikationen in diesem Blatt werden direkt übernommen.

Der Träger wird nicht feld- sondern abschnittsweise definiert. Ein Abschnitt muss nicht zwangsläufig mit einem Auflager verbunden sein, so dass problemlos Querschnittssprünge (sprunghafte Änderungen der Systemachse oder der Querschnittshöhe) oder Querschnittstypen innerhalb eines Feldes modelliert werden können.

Mögliche Querschnittstypen sind Rechteck, Platte, Plattenbalken, Überzug. Als Materialien stehen Leicht- und Normalbetone und Stahlgüten der DIN 1045-1, Normalbetone und Stahlgüten der DIN 1045 sowie frei definierbare Betone und Stahlgüten (nur DIN 1045-1) zur Verfügung.

Bei Plattenbalken und Überzügen berücksichtigt das Programm optional die mitwirkende, effektive Plattenbreite.

Die Art der Auflager beeinflusst die Ausrundung der Bemessungsmomente sowie die Größe der Bemessungsquerkraft im Bereich der Auflager. Natürlich können auch Schneidenlager (ohne Beeinflussung der Bemessungsschnittgrößen) definiert werden. Hilfswerkzeuge zur Berechnung von Federsteifigkeiten sind implementiert. Endauflager können als Konsolen ausgebildet werden. An Abschnittsenden innerhalb des Trägers können Betongelenke definiert werden.

Weiterhin kann die Steifigkeit der Unterkonstruktion über Federsteifigkeiten berücksichtigt werden. Dabei kann diese neben der Direkteingabe aus einer prozentualen Einspannung (bezogen auf die Steifigkeit des anliegenden Trägerabschnitts) oder der Steifigkeit der Unterkonstruktion berechnet werden.

Ebenfalls abschnittsweise werden die Daten für die gewählten Nachweise und den Bewehrungsvorschlag festgelegt.

Folgende Nachweise können durchgeführt werden:

- Biegebemessung
 - Berücksichtigung von Mindestmomenten, Berechnung der Querschnittsausnutzung für die Maximalbewehrung dieses Nachweises
 - Resultat: erforderliche Längsbewehrung
- Schubbemessung
 - Berücksichtigung von auflagnahen Einzellasten, Bemessung von Verbundfugen, Ermittlung des minimalen Druckstrebenwinkels;
bei Platten: Vermeidung von Schubbewehrung
 - Resultat: erforderliche Bügelbewehrung
- Rissnachweis
 - Verfahren nach Norm, Schießl oder Noakowski. Unterscheidung zwischen Mindestbewehrung infolge Erstrissbildung und Rissbewehrung aus lastinduzierter Endrissbildung, frei eingebbarer rechnerischer Rissbreite, frei eingebbarem Zeitpunkt der Erstrissbildung
 - Resultat: Mindestbewehrung und Rissbewehrung (ggf. automatische Erhöhung der Eingangsbewehrung)
- Verformungsnachweis
 - Verfahren nach Norm (zulässige Biegeschlankheit) oder Heft 240, DAfStb, (einschließlich Kriechen)
 - Resultat: vorhandene Durchbiegung
- Spannungsnachweis
 - Unterscheidung zwischen Stahl- und Betonspannungen, frei eingebbare zulässige Spannungen (entweder direkt oder als Anteil von f_{yd} bzw. f_{cd})
 - Resultat: Spannungsbewehrung (ggf. autom. Erhöhung der Eingangsbewehrung)
- Ermüdungsnachweis
 - zwei Verfahren nach Norm, Unterscheidung zwischen Stahl- und Betonermüdung
 - Resultat: Ermüdungsbewehrung aus dem Nachweis der Stahlermüdung (ggf. automatische Erhöhung der Eingangsbewehrung), Betonausnutzung
- Brandbemessung
 - Zonenverfahren nach EC 2 (Brandfall) für Biegeträger, freie Eingabe der Beflammungsseiten, Wahl der 'heißen' Spannungsdehnungslinie
 - Resultat: Brandbewehrung

Die Extremierungsvorschriften zur Ermittlung der maßgebenden Schnittgrößen werden nachweisbezogen automatisch festgelegt. Detaillierte Ergebnisdarstellungen sind für jede Teileinwirkung, jede Einwirkung und jeden Nachweis möglich.

Bei den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen können verschiedene Formen der Spannungsdehnungslinie für den Beton angenommen werden. Ebenso kann Schwinden und Kriechen über eine Modifikation der Spannungsdehnungslinie berücksichtigt werden.

Beton und Bewehrung können entweder nach den jeweiligen Vorschriften ausgewählt oder die entsprechenden Parameter der Spannungsdehnungslinien frei eingegeben werden.

Auch Träger aus Leichtbeton können bemessen werden.

Für den Bewehrungsvorschlag ist die Vorgabe der Betondeckung notwendig. Bei Angabe einer Expositionsklasse wird diese überprüft. Sie geht in die exakte Berechnung des Stahlrandabstands (Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrungslagen) ein. Das Programm bemisst mit diesem Randabstand (Ausschluss der Fehlerquelle: Annahme einer zu großen statischen Höhe).

Es können neben den Stabdurchmessern Längsbewehrungsart (Stabstahldurchmesser oder Mattentyp) und Bügelform (Haken oder Kappen, Schnittigkeit) gewählt werden. Sie werden bei der Bemessung und im Bewehrungsplan konsequent berücksichtigt.

Die Belastung des Trägers kann aus Eigengewicht (Eingabe von γ , automatische Berücksichtigung der Querschnittsgröße), Temperatur und oben oder unten angehängten Linien- und Einzellasten verschiedenen Typs bestehen.

Bei unten angehängten Lasten wird die Aufhängebewehrung vom Programm ermittelt und im Bewehrungsvorschlag berücksichtigt.

Im Trägerabschnitt können beliebig viele Aussparungen angeordnet werden. Sie werden nach den Vorgaben von Eligehausen und Gerster, Heft 399 DAfStb, bemessen, bewehrt und im Bewehrungsplan dargestellt.

Endauflager, die punktuell oder auf Mauerwerk aufliegen, können als Konsolen ausgebildet sein.

Die Ausdrucksteuerung kann detailliert bearbeitet werden. Grafiken und Tabellen können getrennt nach den Ergebnissätzen ausgewählt werden.

Die tabellarische Ausgabe kann in kurzer optimierter oder langer Form erfolgen. Ausgabepunkte können frei definiert werden. Ebenso können Bezeichnungen und erläuternde Texte an vorgegebenen Stellen in das Dokument eingefügt werden.

Einmal getätigte Einstellungen können gesichert und in anderen *##DULAB*-Bauteilen wieder geladen werden. Das Statikdokument kann vor dem Ausdruck am Bildschirm visualisiert werden.

Hinweise zur Anwendung des Eurocode: Ausgewählte Parameter des Eurocode 2 können verändert werden. **pcae** bietet hierzu ein Werkzeug an, in dem die nachweisrelevanten Parameter zur Veränderung frei gegeben sind. Diese Parameter werden bei der Bemessung nach Eurocode 2 herangezogen und im Statikdokument protokolliert. Das deutsche Nationale Anwendungsdokument steht als Eintrag fest im EC-Tool zur Verfügung.

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

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



Das vorliegende Handbuch beschreibt die Handhabung des Programms. Informationen zu dem jeweiligen Eigenschaftsblatt finden Sie zusätzlich über den lokalen Hilfebutton.

Zur *##DULAB*-Dokumentation gehören neben diesem Manual die Handbücher (als pdf-Dokumente im Internet unter www.pcae.de)

- das **pcae**-Nachweiskonzept und
- *DTE[®]-DeskTopEngineering* sowie
- **pcae**-Stahlbetontheorie (im Internet www.pcae.de *Stahlbetontheorie*)

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *##DULAB*.

pcae GmbH

Hannover, im Mai 2020

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

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



signalisiert Anmerkungen

Buttons

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



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

Index

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

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

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

Fangerechteck

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

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

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



bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.



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



ruft das Online-Hilfesystem.



bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.



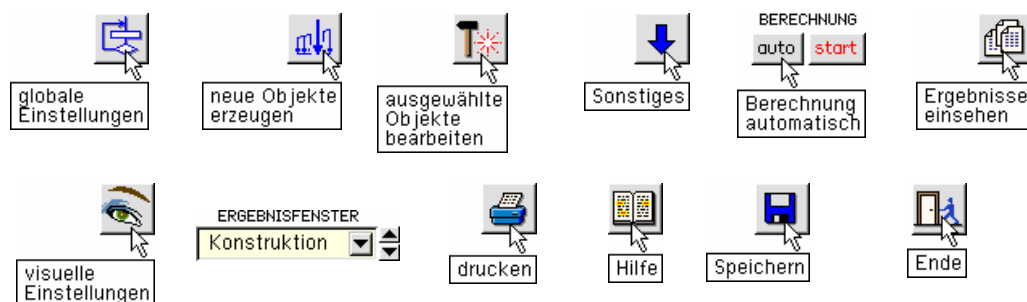
Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Datenzustand überprüfen

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

Die Funktionen der Buttons zur Steuerung der **##DULAB**-Eingabe werden durch ihre Fähnchen erläutert:



Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	7
2	Bauteil erzeugen.....	9
3	Eingabeoberfläche.....	10
4	Beispieleingabe	12
4.1	Globale Einstellungen	12
4.2	tabellarische Systemeingabe	13
4.2.1	Abschnitte.....	13
4.2.2	Auflager.....	13
4.2.3	Querschnitte	14
4.2.4	Nachweise und Bewehrungsführung	16
4.3	Einwirkungen.....	16
4.4	Nachweise.....	17
4.5	Objektbaum	18
4.6	Lastbilder.....	19
4.7	Objektauswahl.....	22
4.8	Trägerdurchbrüche.....	22
4.9	Schnitte.....	23
4.10	Viewer.....	23
4.11	Ergebnisfenster	24
4.12	Bildschirmsteuerung.....	24
4.13	Drucken	24
4.14	Online-Hilfe, Speichern und Bearbeitung beenden.....	24
5	allgemeine Erläuterungen zur Bedienung	25
5.1	erste Schritte zur Anwendung von ##DULAB	26
5.2	Berechnung, Bemessung, Bewehrungsführung.....	29
5.3	Objektbaum	31
5.4	Vereinheitlichung mehrerer Trägerabschnitte	31
5.5	ausgewählte Objekte bearbeiten.....	31
5.6	individuelle Beschreibung eines Trägerabschnitts	32
5.7	Auflager	32
5.7.1	Federsteifigkeit der Momentenfeder	34
5.7.2	Auflagerkonsole.....	34
5.7.3	Betongelenk	36
5.8	Querschnitt	36
5.9	Bemessungsparameter	37
5.9.1	Besonderheit bei Plattenbalken/Überzügen.....	38
5.9.2	Biegebemessung.....	39
5.9.3	Querkraftbemessung.....	40
5.9.4	Rissnachweis	42
5.9.5	Durchbiegungs-/Verformungsnachweis	43
5.9.5.1	vereinfachter Nachweis.....	44
5.9.5.2	genauerer Nachweis	44
5.9.6	Schwing(Ermüdungs)nachweis.....	45
5.9.7	Spannungsnachweis	46
5.9.8	Brandschutzbemessung.....	47
5.10	Bewehrungsführung	49
5.10.1	Längsbewehrung.....	50
5.10.2	Bügelbewehrung	51
5.10.3	Aufhängebewehrung	51
5.11	globale Einstellungen	52

5.11.1	Grundeinstellungen	52
5.11.2	tabellarische Systemeingabe	55
5.12	Einwirkungen und Lastfälle	56
5.12.1	Einwirkungseigenschaften	58
5.12.2	Lastfalleigenschaften	58
5.13	Nachweise	59
5.13.1	Nachweiseigenschaften	61
5.13.2	Extremalbildungsvorschriften	61
5.13.2.1	Variation führender und nichtführender Einwirkungen	61
5.13.2.2	vereinfachende Untersuchungen nach alten Normen	62
5.13.2.3	Standard oder benutzerdefiniert	62
5.13.2.4	die benutzerdefinierte Extremalbildungsvorschrift	62
5.14	Lastbilder erzeugen	64
5.14.1	Linienbelastung	64
5.14.2	Punktbelastung	65
5.15	Sonstiges	66
5.15.1	Aussparung	66
5.15.1.1	Bemessung und Bewehrungsführung	67
5.15.1.2	Bemessungsverfahren	68
5.15.1.2.1	Verfahren nach Heft 399	68
5.15.1.2.2	Verfahren nach Heft 599	69
5.15.1.3	Längsbewehrung	69
5.15.1.4	Bügelbewehrung	69
5.15.2	Schnitte	70
5.16	automatische Berechnung	70
5.17	Bildschirmsteuerung	71
5.18	Ergebnisse einsehen	71
5.19	Ergebnisfenster	71
5.20	Ausdrucksteuerung	72
5.20.1	Register Ergebnisauswahl	72
5.20.2	Register Drucken/Plotten	72
5.21	Datensicherung	73
5.22	Beenden der Bearbeitung	73
6	Literaturverzeichnis	74
7	Index	75

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

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

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte Abs. 2, Bauteil erzeugen, auf S. 9 weiter.

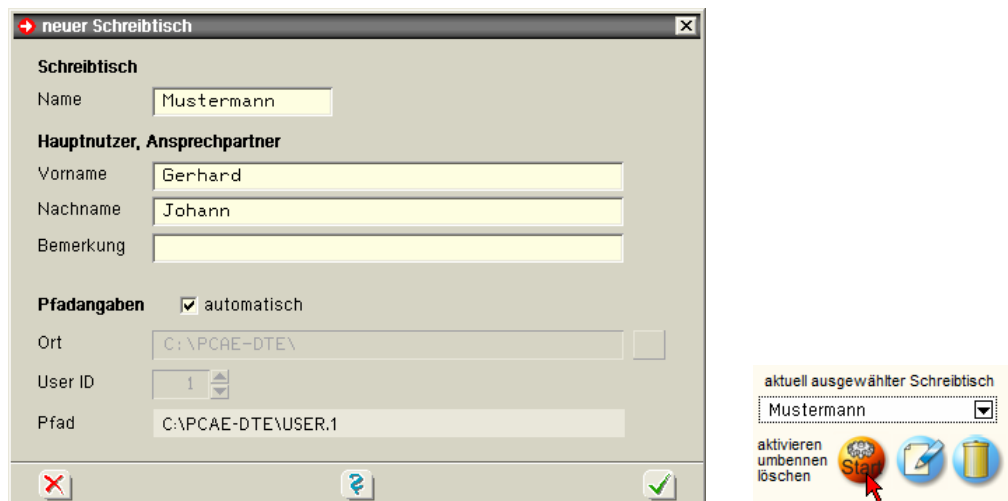


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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



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

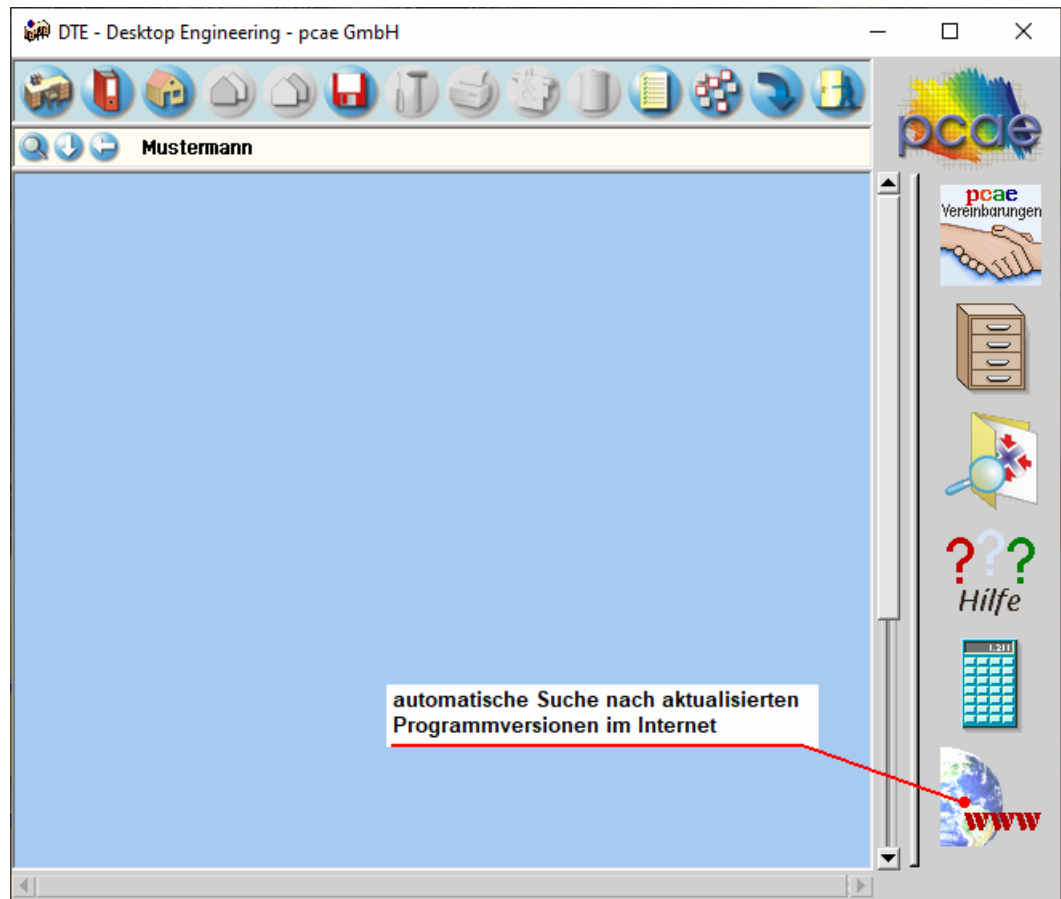


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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



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



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

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

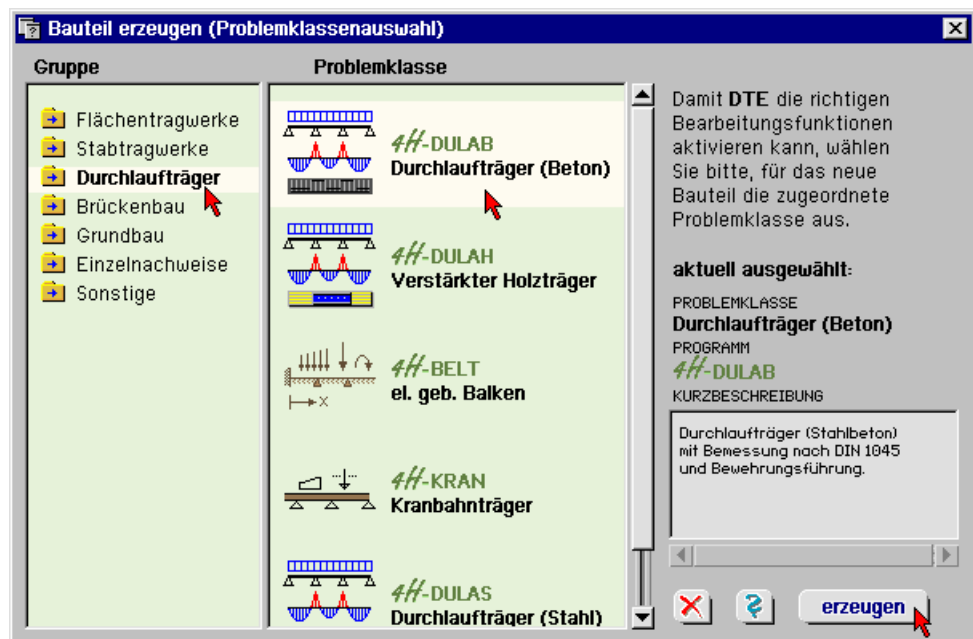
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

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

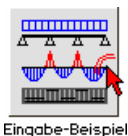
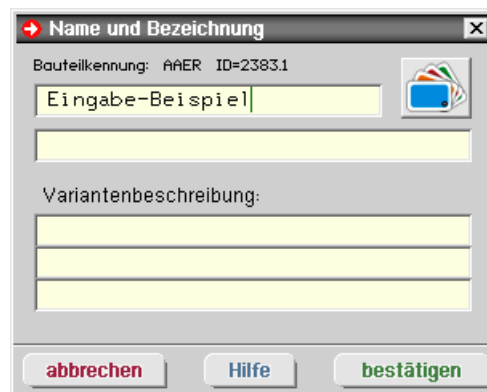
Bauteil erzeugen



Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Durchlaufträger**, dann auf die Problemklasse **Durchlaufträger (Beton)** und anschließend auf den **erzeugen-Button**.



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

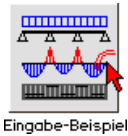


Eingabe-Beispiel

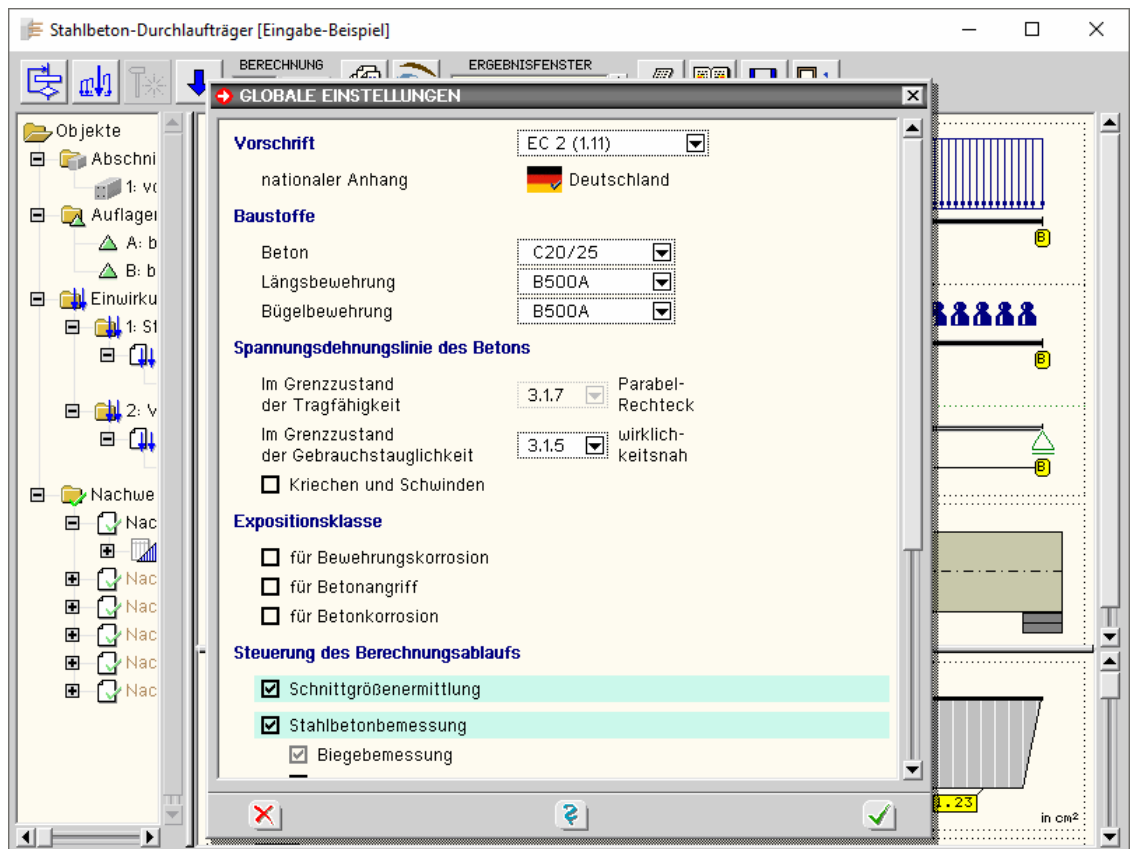
Überschreiben Sie den Text "Durchlaufträger (Beton)" durch einen sinnvollen Text zur Identifikation. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet.

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

Eingabeoberfläche



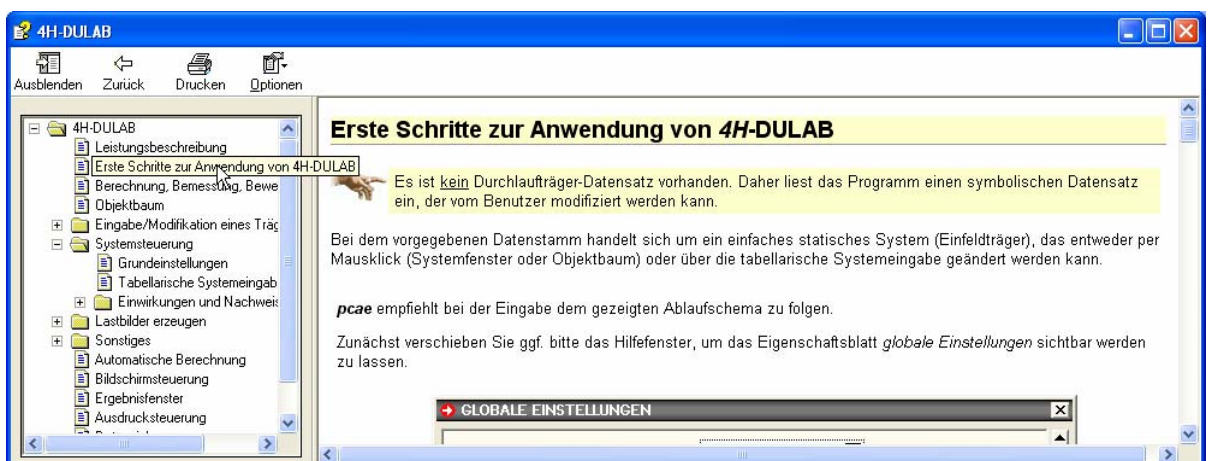
Nach Anklicken des Bauteils und Auswahl des Rechteckquerschnitts erscheint die Eingabeoberfläche auf dem Bildschirm.



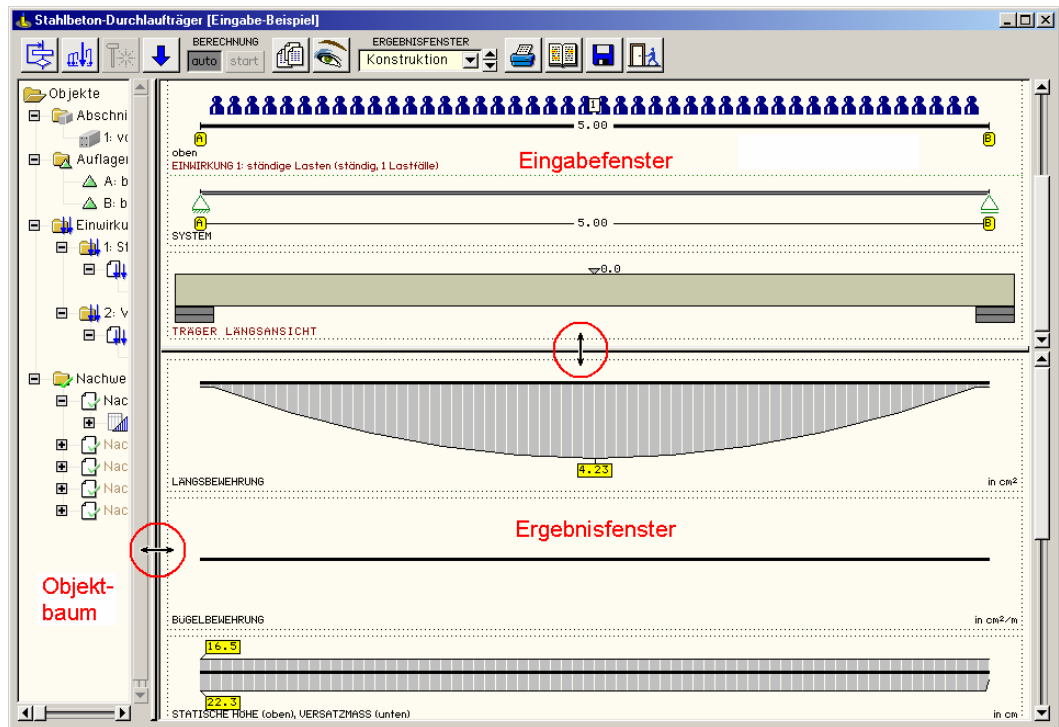
Im eingeblendeten Eigenschaftsblatt *Globale Einstellungen* werden allgemeine Angaben zum geplanten Eingabesystem vorgenommen, die selbstredend nachträglich anderen Gegebenheiten angepasst werden können.



Bei erstmaliger Anwendung des Programms *4H-DULAB* ist es sinnvoll, die Onlinehilfe über den **Hilfebutton** aufzurufen und dort den Eintrag *Erste Schritte ...* zu aktivieren (s. Abs. 5.1, S. 26).



Die #-DULAB-Eingabeoberfläche ist in drei scrollbare Bereiche unterteilt.



Im oben angeordneten **Eingabefenster** werden alle Eingaben, die das statische System betreffen, grafisch dargestellt. Ferner werden hier System- und Lastobjekte aktiviert und modifiziert.

Der im linken Bereich angeordnete **Objektbaum** bietet eine Übersicht über alle definierten Objekte (Stäbe, Lager, Lasten, Einwirkungen, Lastfälle (Teileinwirkungen) und Nachweise).

Der Bildschirmbereich für den Objektbaum kann durch Positionieren der Maus auf dem dicken Begrenzungsbalken und horizontales Ziehen (LMT gedrückt halten) verändert werden.

##-DULAB setzt alle Eingaben durch sofortige **Neuberechnung** um und protokolliert die erzielten Ergebnisse im dafür vorgesehenen **Ergebnisfenster**.

Eingabe- und Ergebnisfenster können durch Bewegen des horizontalen Begrenzungsbalkens vergrößert bzw. verkleinert werden.

Oberhalb der grafischen Eingabeoberfläche befindet sich eine **Steuerbuttonleiste**. Die Buttons dienen der Parametereingabe sowie der Ergebnisgestaltung und verhalten sich kontextsensitiv: Es werden nur solche Knöpfe angeboten, die zum aktuellen Auswahlzustand korrespondieren.

Folgende Aktionen werden durch Anklicken der Buttons eingeleitet:

	Globale Einstellungen	s. Abs. 5.11, S. 52
	Lastbilder erzeugen	s. Abs. 5.14, S. 64
	ausgewählte Objekte bearbeiten	s. Abs. 5.5, S. 31
	Sonstiges (Aussparungen, Schnitte)	s. Abs. 5.15, S. 66
	automatische Berechnung	s. Abs. 5.16, S. 70
	Ergebnisse einsehen	s. Abs. 5.18, S. 71
	Bildschirmsteuerung	s. Abs. 5.17, S. 71
	Ergebnisfenster	s. Abs. 5.19, S. 71
	Druckeinstellungen und Ausdruck	s. Abs. 5.20, S. 72
	Online-Hilfe	
	Datensicherung	s. Abs. 5.21, S. 73
	Ende	s. Abs. 5.22, S. 73

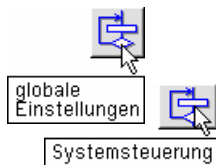
Das Ziel der auf den folgenden Seiten beschriebenen Beispieleingabe ist es, möglichst viele der von *4H-DULAB* bereitgestellten Eingabemechanismen vorzustellen. Hierbei soll keine baupraktisch sinnvolle Konstruktion erzielt werden. Es wird in diesem Sinne auf eine konkrete Aufgabenstellung verzichtet. Im Bearbeitungsablauf werden die tabellarische Systemeingabe, die Konstruktion eines Durchlaufträgersystems und die Definition von Einwirkungen und Nachweisen vorgestellt.

In den allgemeinen Erläuterungen zur Bedienung unter Abs. 5, S. 25, werden die vom Programm bereitgestellten Funktionen und Eigenschaftsblätter nochmals einzeln erläutert. In diesem Beispielteil des Handbuches erfolgen bereits Hinweise auf diese Erläuterungen.

4.1

Globale Einstellungen

Wie auf S. 10 gezeigt erscheint nach erstmaligem Aufruf des Bauteils das Eigenschaftsblatt *Globale Einstellungen*, das auch durch Anklicken der nebenstehend dargestellten Buttons aufgerufen werden kann.



Obwohl der Eingabedialog grundsätzlich erlaubt, Eingaben in beliebiger Reihenfolge vorzunehmen und willkürlich zu springen, ist es doch sinnvoll, einem **Ablaufschema** zu folgen. Es ist offensichtlich sinnvoll, zuerst die grundlegende Norm (DIN 1045-1, EC 2, DIN 1045), die Baustoffkenndaten und die gewünschten Nachweise festzulegen, bevor mit der System- und Lastbeschreibung begonnen wird.

Bei Änderungen und Ergänzungen kann selbstverständlich nach Belieben kreuz und quer durch den Dialog gesprungen werden.



Am Ende des Eigenschaftsblattes *Globale Einstellungen* befindet sich ein Button zum Aufruf der **Tabellarischen Systemeingabe**, über den die folgenden Eingaberegister erreicht werden.

4.2 tabellarische Systemeingabe

4.2.1 Abschnitte



Das statische System eines Durchlaufträgers setzt sich aus den Feldern zwischen den Lagern sowie ggf. den Kragarmen zusammen. Die Felder sind ggf. in weitere, kleinere Einheiten zu unterteilen, um z. B. Querschnittsänderungen (Vouten, Dickensprünge ...) zu erfassen.

Wir wollen drei Abschnitte mit den im Eigenschaftsblatt gezeigten Längen vorgeben. Die Abschnitte werden durchnummeriert und ihre Anfänge und Enden mit Großbuchstaben benannt und als Ankerpunkte bezeichnet.

ABSCHNITT	x_a m	x_e m	l m
-1-	0.00	2.50	2.50
-2-	2.50	7.50	5.00
-3-	7.50	11.00	3.50

Wird die Anzahl an Trägerabschnitten verkleinert, wird der Träger entsprechend d.h. die letzten Abschnitte werden gelöscht.
Wird die Anzahl an Trägerabschnitten vergrößert, wird der Träger entsprechend d.h. es werden neue Abschnitte als Kopien des letzten Abschnitts hinten angefügt.
Ein beliebiger Abschnitt kann gelöscht werden, indem die Abschnittslänge 0 eingegeben wird.

4.2.2 Auflager

Im Register *Auflager* (Erl. s. Abs. 5.7, S. 32) werden den Abschnittsbegrenzungen Fesselungsbedingungen zugewiesen.

Diese Zuweisungen können einerseits in der Tabelle erfolgen, wenn der bereits versierte Anwender mit den sich hinter den Abkürzungen verbergenden Inhalten vertraut ist.

AUFLAGER	OPTIONEN	C_F kN/m	C_M kNm/m	M-FEDER	ANSCHLUSS-BERECHNEN	ART	b_a cm	b_i cm	b cm	MOMENTEN-UMLAGERUNG
A		---	---	---	---	Punkt	0.0	0.0	0.0	---
B		fest	---	---	---	Mauer	8.0	8.0	16.0	---
C		fest	---	---	---	Punkt	0.0	0.0	0.0	---
D		fest	41523.1	---	---	indirekt	8.0	16.0	24.0	---



Ferner sind in der Spalte *Optionen* Bearbeitungsbuttons angeordnet, über die zugehörige Eigenschaftsblätter aufgerufen werden können.

Durch Anklicken des Buttons für Anker B in der zweiten Zeile oder unter *Momentenfeder berechnen* in Zeile D erscheinen z.B. die folgenden Eigenschaftsblätter.

Hier werden die Formen der starren oder elastischen Fesselung angeboten (s. Abs. 5.7.1, S. 34). Werkzeuge zur Ermittlung von Federwerten sind hier gleichfalls zugänglich. Die Tilde symbolisiert eine freie Verformbarkeit. Für die möglichen Anschlussarten der Lagerung oder Gelenke sind ggf. weitere geometrische Informationen erforderlich (s. Abs. 5.7, S. 32).

Gemäß den Eintragungen im obigen Eigenschaftsblatt befindet sich am Systemanfang ein Kragarm, die weiteren Ankerpunkte sind festgehalten und am Systemende wurde zusätzlich eine elastische Einspannung vorgesehen.

An Systemanfang und -ende können Konsolen angeordnet werden (s. Abs. 5.7.2, S. 34).

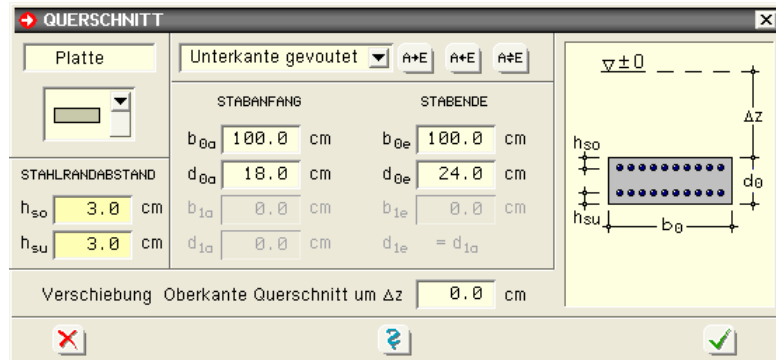
4.2.3

Querschnitte

Im Register *Querschnitte* werden die Querschnittstypen mit ihren Abmessungen für die einzelnen Abschnitte bestimmt.

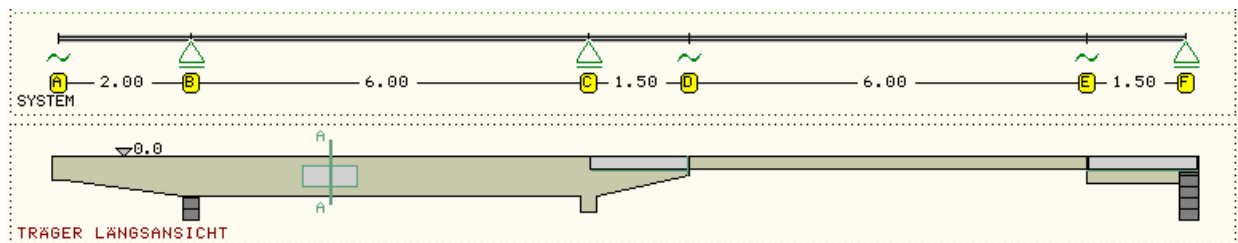
ABSCHNITT	OPTIONEN	QUERSCHNITTSTYP	b_a cm	d_a cm	b_{1a} cm	d_{1a} cm	VOUTE	b_e cm	d_e cm	b_{1e} cm
-1-		Platte	100.0	18.0	0.0	0.0	Unter.	100.0	24.0	0.0
-2-		Rechteck	60.0	24.0	0.0	0.0	---	60.0	24.0	0.0
-3-		Plattenbalken	24.0	60.0	80.0	20.0	---	24.0	60.0	80.0

 Auch hier können die speziellen Eingabeblätter über Bearbeitungsbuttons aufgerufen werden.

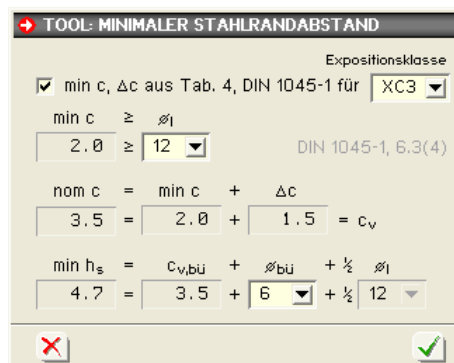


Man erkennt hier, dass der Querschnitt auch als **Voute** beschrieben werden kann. Hierbei können nur die Breite als auch Ober-/Unterseite veränderlich sein.

Durch die bis hierher gezeigten vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten lassen sich komplexe Systeme leicht beschreiben, wie das folgende Beispiel zeigt.



Hellgelb unterlegte Eingabefelder (hier die Stahlrandabstände) kennzeichnen das Vorhandensein von Hilfstools zur Unterstützung des Anwenders. Der Cursor wird in dem Eingabefeld platziert, mit der rechten Maustaste kann über das Menü das Hilfswerkzeug gestartet werden. Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts wird der ermittelte Zahlenwert in das Eingabefeld übernommen.

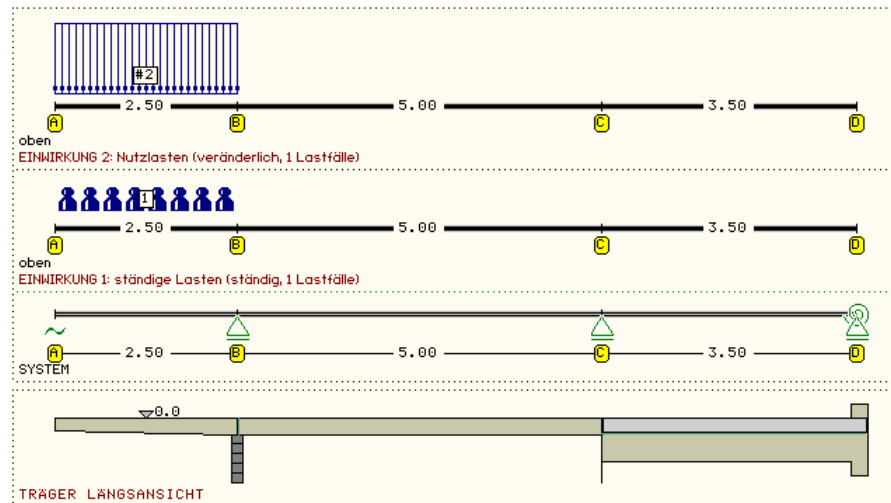



4.2.4

Nachweise und Bewehrungsführung

Die weiteren Register zu Bemessung und Nachweisen sollen hier für das Eingabebeispiel nicht weiter interessieren und bleiben mit den voreingestellten Werten belegt. Jedoch kann es nicht schaden, von Anwenderseite einen Blick auf diese Register zu werfen.

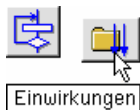
Mit den bisher bestimmten Parametern müsste sich folgende Systemdarstellung im Eingabefenster ergeben.



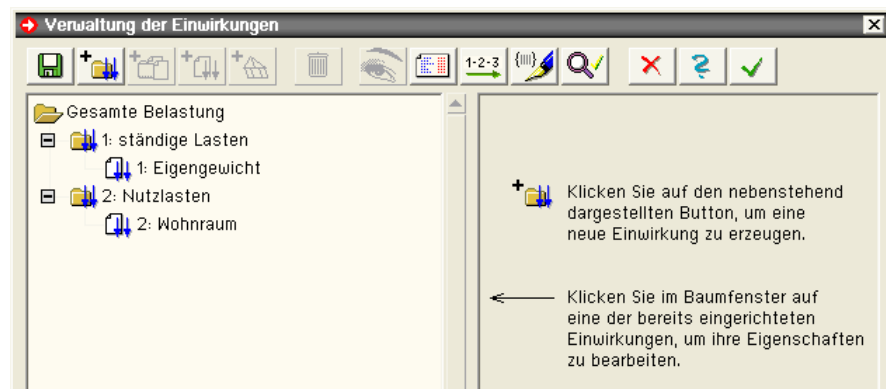
Wenn sich mit den von Ihnen gewählten Eingaben ein anderes Bild ergeben haben sollte, ist das für die weiteren Erläuterungen ohne Bedeutung, da es hier lediglich auf allgemeine Erklärungen ankommt, ohne auf ein bestimmtes Endergebnis hinarbeiten zu müssen.

4.3

Einwirkungen



Nachdem die Systembeschreibung abgeschlossen ist, sind im nächsten Schritt die Einwirkungen mit den zugehörigen Teileinwirkungen (Lastfällen) zu definieren. Durch Anklicken der beiden dargestellten Buttons wird das Eigenschaftsblatt *Verwaltung der Einwirkungen* (s. Abs. 5.12, S. 56) aufgerufen.

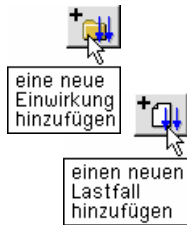


Eine ständige Einwirkung mit ihrer **Teileinwirkung** (Lastfall) *Eigengewicht* sowie eine veränderliche Einwirkung vom Typ *Nutzlasten* mit ihrer Teileinwirkung *Wohnraum* sind bereits voreingestellt. Die zu einem späteren Bearbeitungszeitpunkt zu erstellenden Lastbilder sind diesen Teileinwirkungen zuzuordnen.

Die Interaktion in der Baumstruktur des Eigenschaftsblattes *Verwaltung der Einwirkungen* erfolgt über die Buttons im Kopfbereich und durch Anklicken der Einwirkungsordner bzw. der Lastfälle. Weitere Informationen finden Sie unter Abs. 5.12, S. 56.

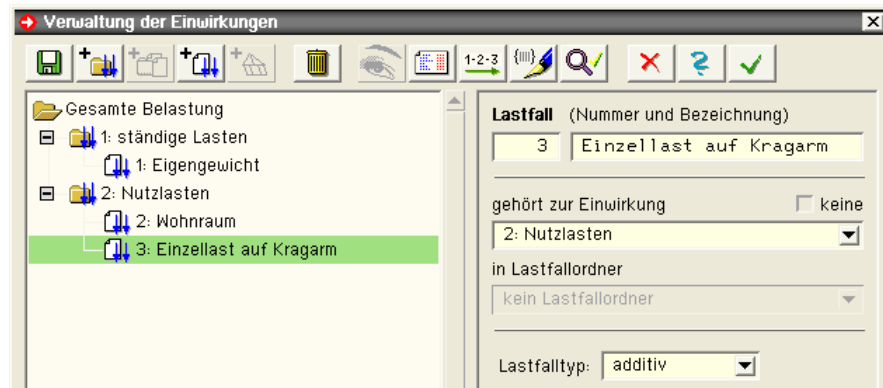


Die Online-Hilfe gibt zudem umfassende Informationen.



Über den nebenstehenden Button werden neue Einwirkungen erzeugt und den bestehenden hinzugefügt.

Durch Anklicken einer Zeile des Baumes werden die abgeblendeten Buttons zusätzlich freigegeben. Klicken Sie bitte mit der LMT auf die Einwirkung 2 (Nutzlasten). Hierdurch wird der Button zur Erzeugung eines neuen Lastfalles aktiviert. Erzeugen Sie hiermit LF 3 und geben Sie ihm einen kennzeichnenden Text.



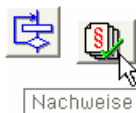
In dieser Form wird die zur Berechnung erforderliche Struktur von Einwirkungen und darunter befindlichen Lastfällen komplettiert. Da es sich um immer wiederkehrende Ausführungen der gezeigten Buttons handelt, wollen wir es hier bei der Erzeugung des 3. LF's bewenden lassen.



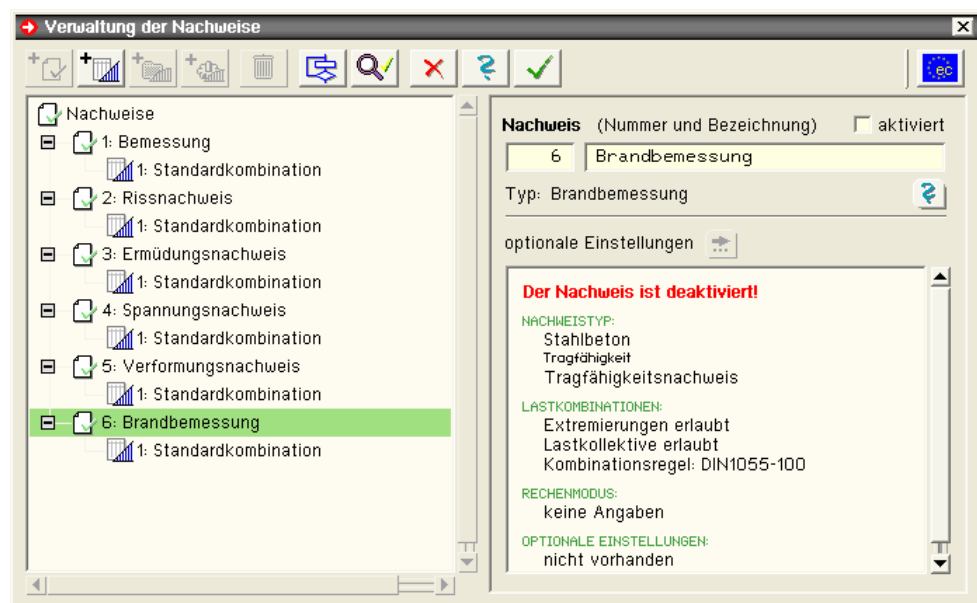
Weitere Informationen zur Verwaltung der Einwirkungen finden Sie im Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept, Theorie*.

4.4

Nachweise

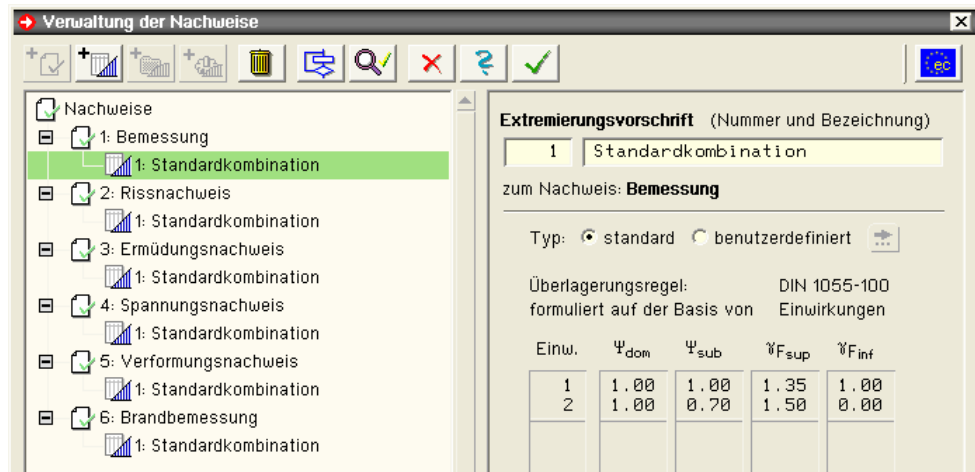


Unter den Globalen Einstellungen (Abs. 4.1, S. 12) wurden bereits die gewünschten Bemessungen/Nachweise festgelegt. Die Nachweise sind über die nebenstehend dargestellten Buttons erreichbar.



Hier werden alle Bemessungen/Nachweise mit ihren zugehörigen, automatisch eingerichteten Standardkombinationen gelistet. Gemäß Anweisung auf S. 12 ist z.B. die Brandbemessung nicht aktiviert, was aber jederzeit durch Anklicken des Buttons **aktiviert** revidiert werden kann.

Die Standardkombinationen umfassen alle vorhandenen Einwirkungen mit den zugehörigen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten. Sie werden bei jeglicher Änderung in der *Verwaltung der Einwirkungen* sofort automatisch aktualisiert, so dass von Benutzerseite hierauf kein besonderes Augenmerk gelegt werden muss.

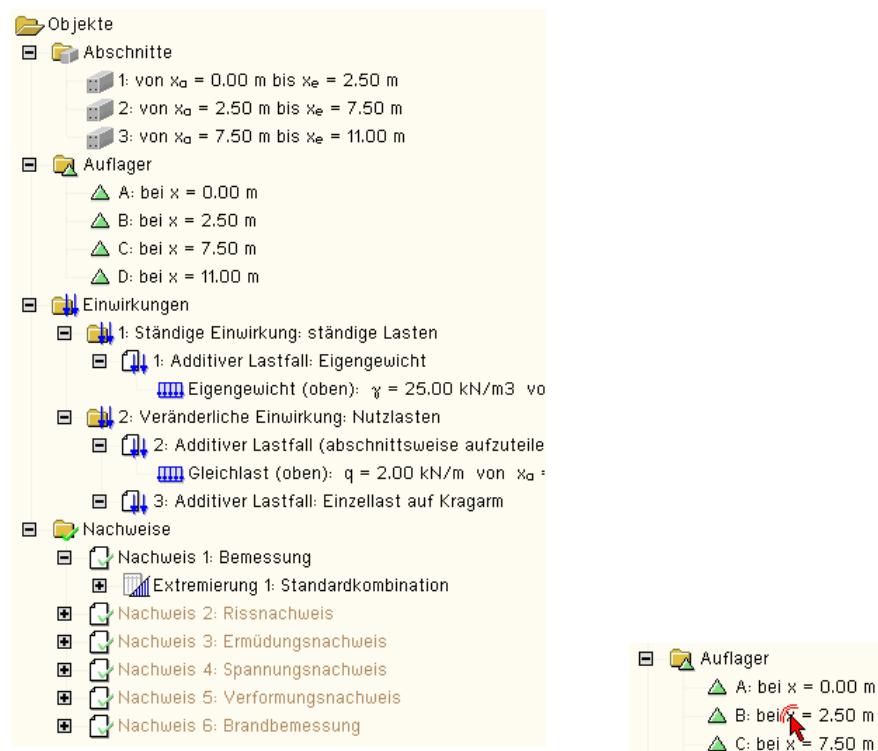


Theoretische Hintergrundinformationen zu den Nachweisen finden Sie im Internet unter www.pcae.de **Stahlbetontheorie**.

4.5

Objektbaum

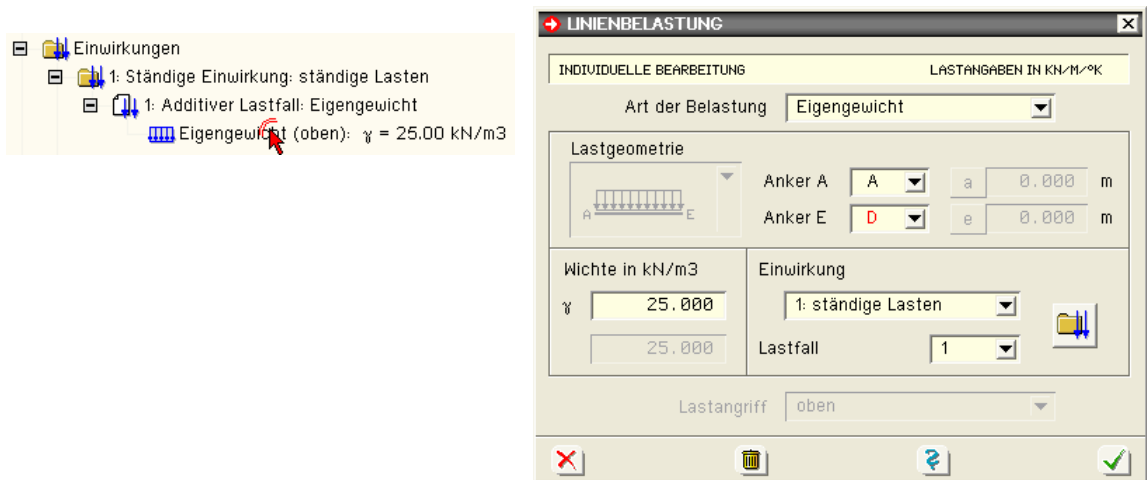
Der Objektbaum im linken Bereich des Bearbeitungsfensters hat nun etwa folgendes Aussehen angenommen.



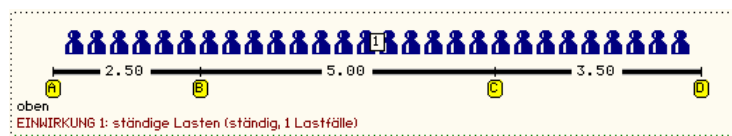
Die zu einem Objekt des Objektbaums gehörenden Eigenschaftsblätter können per Doppelklick auf das Objekt aktiviert werden.

Im nächsten Schritt können vorhandene Lastfälle ergänzt und weitere zur Berechnung erforderliche Lastbilder erzeugt werden.

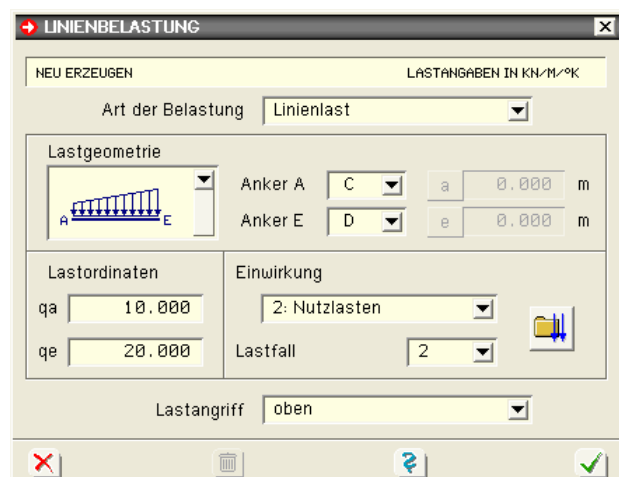
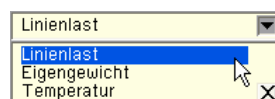
Offensichtlich ist der Eigengewichtslastfall auf die Felder 2 und 3 zu komplettieren. Durch Doppelklick auf das vorhandene Lastbild im Objektbaum kann das zugehörige Eigenschaftsblatt für die entsprechenden Modifikationen aufgerufen werden.



Durch Änderung des Ankers für das Lastbildende erstreckt sich das Eigengewicht über die gesamte Trägelänge.



Durch Anklicken der beiden nebenstehenden Buttons wird das oben bereits gezeigte Eigenschaftsblatt *Linienbelastung* zur Erzeugung neuer Linienlasten ebenfalls aufgerufen (s. Abs. 5.14.1, S. 64).



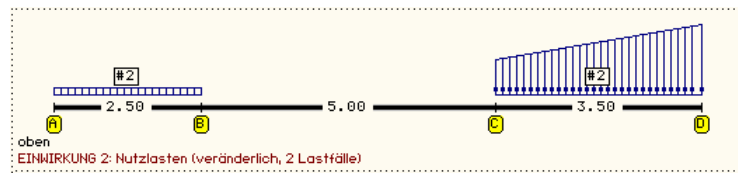
Unter *Art der Belastung* kann zwischen **Linienlast**, **Temperatur** und **Eigengewicht** unterschieden werden. Beim Lastbild **Eigengewicht** wird als Last das Raumgewicht γ vorgegeben, um auch Voutungen und Querschnittsänderungen automatisch erfassen zu können; das Programm erzeugt die Belastung durch Multiplikation des Raumgewichtes mit der örtlichen Fläche.

Die Anker für den Anfang und das Ende des Lastbildes beziehen sich auf die Bezeichnungen der Abschnittsgrenzen. Abschließend ist das Lastbild einer Einwirkung und einer unter dieser Einwirkung befindlichen Teileinwirkung (LF) zuzuordnen.



Über den nebenstehenden Button wird das Eigenschaftsblatt *Verwaltung der Einwirkungen* ohne Umweg erreicht, um ggf. Änderungen und Ergänzungen vorzunehmen.

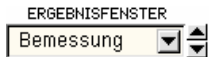
Nach **Bestätigen** dieser Eingaben wird das Lastbild umgehend im Eingabefenster protokolliert.



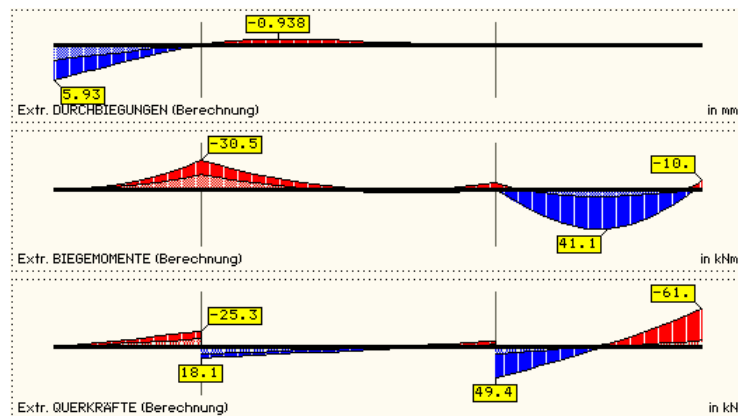
Darüber hinaus erscheinen auch bereits Bemessungsergebnisse im Ergebnisfenster.

Ergebnisfenster

Durch Umschalten der Ergebnisliste können verschiedene Inhalte im Ergebnisfenster abgerufen werden.



Die Darstellungen können über den Balken (rechts) innerhalb des sichtbaren Bereichs verschoben werden (scrollen).



4H-DULAB führt bei **auto-Berechnung** (s. Abs. 5.16, S. 70) grundsätzlich nach jeder Änderung und Ergänzung sofort eine neue Berechnung durch.



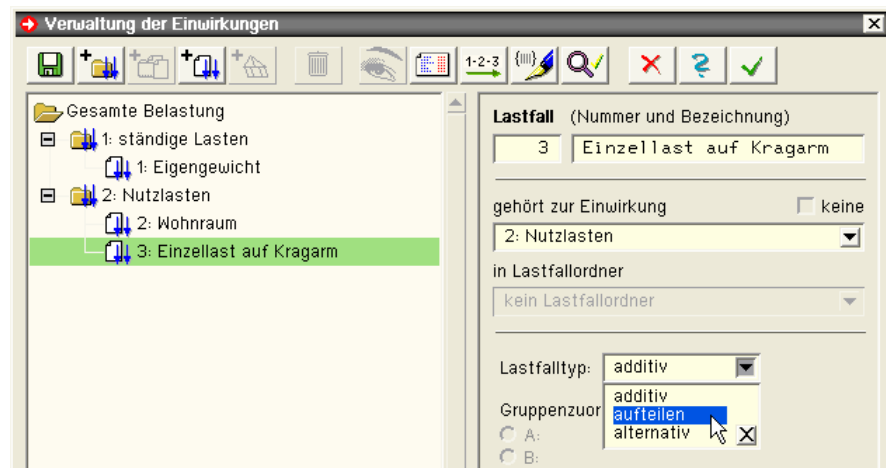
Linienlast erzeugen

Wir wollen nun eine weitere Linienlast für LF 3 in Einwirkung 2 erzeugen.

Die Linienlast von 10 kN/m soll gleichfalls über das gesamte Tragwerk verlaufen. Das Lastbild gehört zur Einwirkung der veränderlichen Lasten. Mithin ist es genau genommen in separaten Lastfällen auf die einzelnen Felder **aufzuteilen**. Die Belastungen in diesen Teilbereichen sind mit allen auftretenden Belastungsmöglichkeiten dieser und anderer Lasten zu kombinieren. Diese Lastbildaufteilung kann vom Programm automatisch durchgeführt werden.



Klicken Sie hierzu im Eigenschaftsblatt *Linienbelastung* oder unter den globalen Einstellungen den Button zum Aufruf der *Verwaltung der Einwirkungen* an. Klicken Sie dort den LF 2 an und ändern Sie den Lastfalltyp in **aufteilen**.

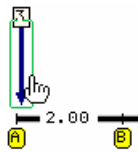


Abschließend soll eine **Einzellast** auf dem Kragarmende platziert werden. Über die beiden dargestellten Buttons wird das Eigenschaftsblatt *Punktbelastung* aufgerufen (s. Abs. 5.14.2, S. 65).



Neben der Lastordinate, dem Angriffspunkt und der Einwirkungszuordnung wird der **Lastangriff** festgelegt. Die oben gezeigte Einzellast hängt demnach unten am Träger. Auf diese Art kann z. B. ein angehängter Nebenträger modelliert werden.

4.7 Objektauswahl



Auf alle Objekte im Eingabefenster und Objektbaum (Lastbilder, Abschnitte, Lager, Einwirkungen usw.) kann der Doppelklick ausgeführt werden. Hierdurch wird das zugehörige Eigenschaftsblatt aufgerufen.

Eine Auswahl erfolgt durch einfaches Anklicken mit der Maus. Im Eingabefenster wird das Objekt mit einem dünnen Rahmen umfasst und das Symbol einer Hand erscheint. Ein ausgewähltes Objekt wird rot markiert. Im Objektbaum werden markierte Objekte gelb hinterlegt.

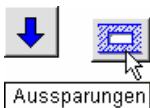


Wenn einzelne oder mehrere Objekte ausgewählt sind, wird der ansonsten abgeblendete Button **ausgewählte Objekte bearbeiten** aktiviert.

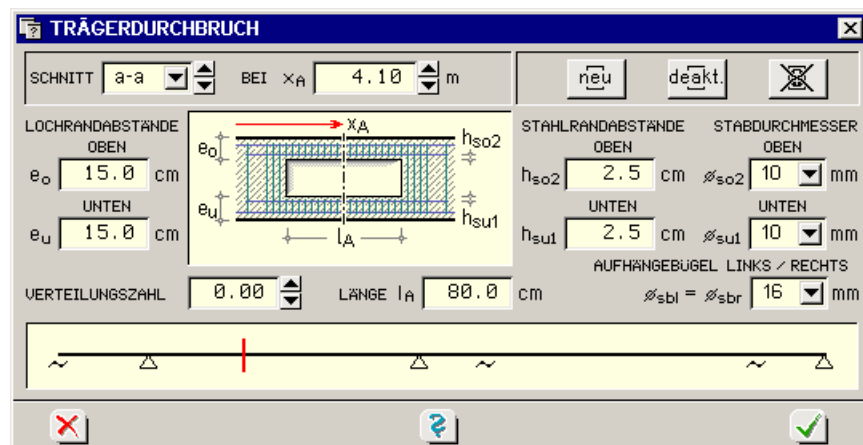


vereinheitlichen Mit Hilfe dieser Funktion lassen sich gleichartige Objekte vereinheitlichen. Beispielsweise erhalten alle ausgewählten Trägerabschnitte die Parameter des ausgewählten Referenzabschnittes. Als Referenz gilt immer das zuerst ausgewählte Objekt.

4.8 Trägerdurchbrüche

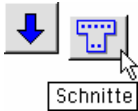


##-DULAB verarbeitet Trägerdurchbrüche bis hin zur Erzeugung der erforderlichen Bewehrungsführung. Parallel zur Eingabe der Schwächungen erfolgt eine Kontrolle der konstruktiven Zulässigkeit und Ausführbarkeit (s. Abs. 5.15.1, S. 66).



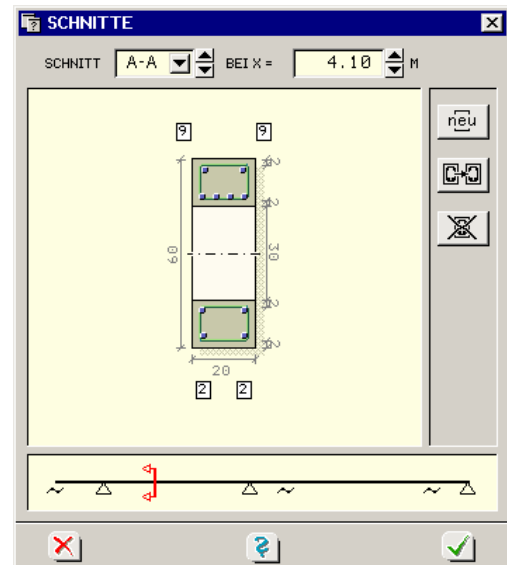
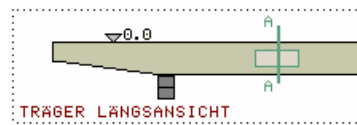
4.9

Schnitte



Für alle definierten Schnitte werden automatisch grafische Darstellungen der Bewehrungsführung für die Druckliste bzw. die großformatige Plandarstellung erzeugt.

Sowohl Aussparungen als auch die gewählten Schnitte werden im Eingabefenster protokolliert.

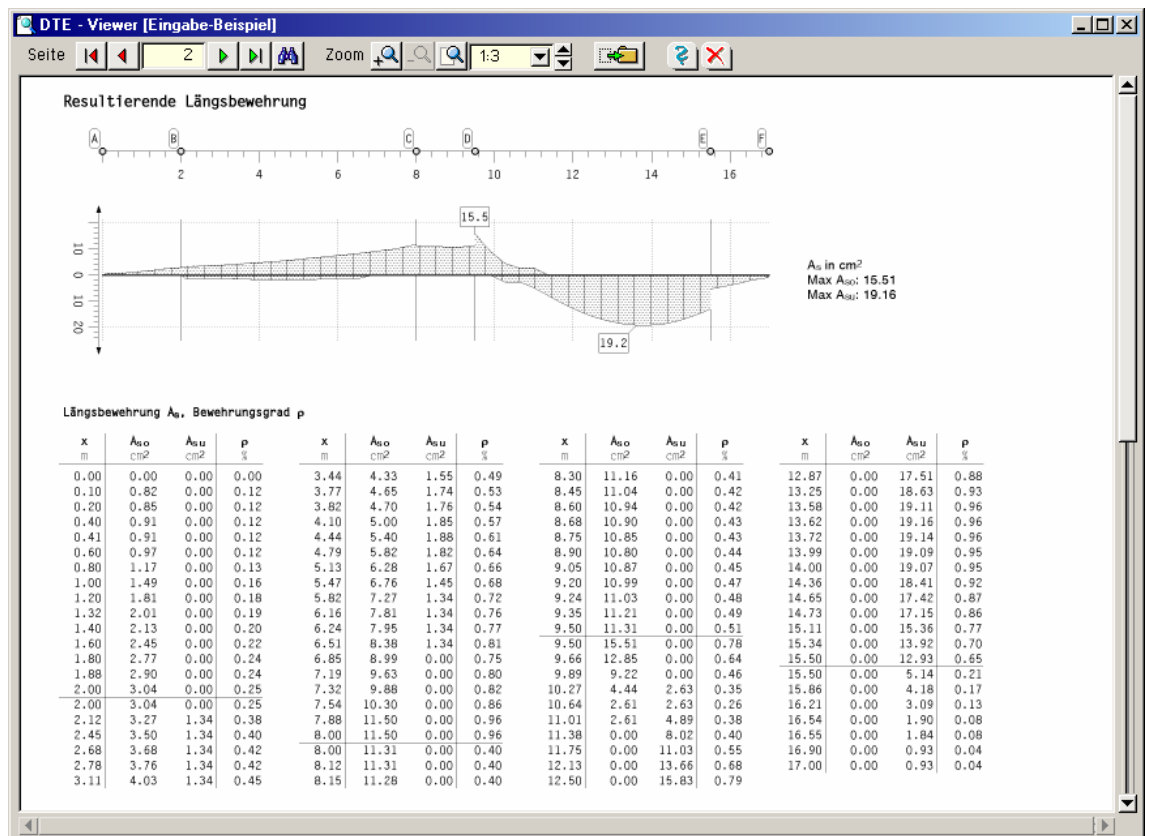


4.10

Viewer



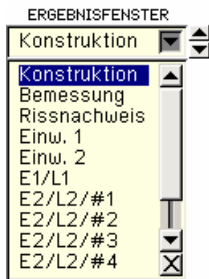
Die Berechnungsergebnisse können im DTE®-Viewer im bereits fertig gesetzten Druck eingesehen werden. Das Bildschirm-Listing zeigt die aktuell im Ergebnisfenster dargestellten Liniengrafiken auch in tabellarischer Form. Die Tabellen weisen die Werte für alle vorhandenen Berechnungspunkte aus.



Zu den Interaktionselementen des Viewers s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.

4.11

Ergebnisfenster



Die Auswahl der im Ergebnisfenster protokollierten Darstellungen erfolgt über die Auswahlliste *Ergebnisfenster*.

Außer den Bemessungsergebnissen und dem Bewehrungsvorschlag (*Konstruktion*) können die Teilergebnisse der gewählten Einzelnachweise (hier: *Bemessung* und *Rissnachweis*), der verschiedenen Einwirkungen sowie der Einzellastfälle (Teileinwirkungen) eingesehen werden.

In der nebenstehenden Auswahlliste entsprechen z. B. *Einw. 1* der Einwirkung 1 und *E2/L2/#1* Einwirkung 2, Lastfall 2 und 1. aufgeteiltes Lastbild.

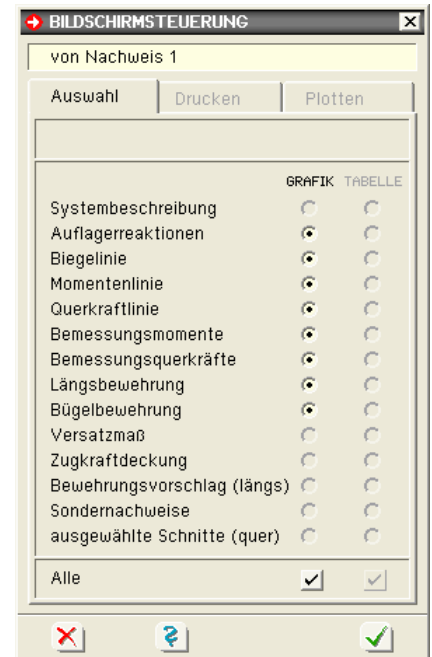
4.12

Bildschirmsteuerung



Der Umfang der Darstellungen wird über den Button *Bildschirmsteuerung* festgelegt.

Das nachfolgende Eigenschaftsblatt *Bildschirmsteuerung* zeigt die Ausgabemöglichkeiten für den Nachweis 1.



4.13

Drucken



Die differenzierte Ansteuerung für das Druckprotokoll erfolgt über den Button *drucken*.

Das Eigenschaftsblatt *Ausdrucksteuerung* ist in zwei Register unterteilt. Im Register *Ergebnis-auswahl* werden die gewünschten Grafiken und Tabellen zusammengestellt.

Im folgenden Registern *Drucken/Plotten* werden vom Benutzer im DTE®-Editor geschriebene Erläuterungen zur Berechnung aufgenommen und Ausgabeparameter für die Planerstellung bestimmt.

Weitere Erläuterungen s. Abs. 5.20, S. 72.



Über den *Viewer*-Button kann der geplante Ausdruck am Bildschirm eingesehen und die erfolgte Auswahl auf Vollständigkeit überprüft werden.



Die anschließende Ausgabe auf den Drucker wird über den *Druckerbutton* in der Fußzeile des Eigenschaftsblatts angestoßen, indem der DTE®-Druckmanager aufgerufen wird.



Erläuterungen zum DTE®-Druckmanager und der dortigen Interaktion finden Sie im Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.

4.14

Online-Hilfe, Speichern und Bearbeitung beenden



Der linke der letzten drei Steuerbuttons ruft die Online-Hilfe, über die globale Informationen sowie detaillierte Erläuterungen zum gerade offenen Eigenschaftsblatt abgerufen werden können.

Über den mittleren Button werden die aktuellen Eingabedaten, die sich flüchtig im Arbeitsspeicher befinden, auf der Festplatte gesichert.

Über den rechten Button wird die Eingabesitzung (mit Sicherung der Daten) beendet.

allgemeine Erläuterungen zur Bedienung

erste Schritte zur Anwendung von ##-DULAB s. Abs. 5.1, S. 26

Berechnung, Bemessung, Bewehrungsführung s. Abs. 5.2, S. 29



globale Einstellungen..... s. Abs. 5.11, S. 52



Grundeinstellungen..... s. Abs. 5.11.1, S. 52



Einwirkungen und Lastfälle s. Abs. 5.12, S. 56



Nachweise..... s. Abs. 5.13, S. 59



Lastbilder erzeugen s. Abs. 5.14, S. 64



Linienbelastung s. Abs. 5.14.1, S. 64



Punktbelastung s. Abs. 5.14.2, S. 65



ausgewählte Objekte bearbeiten ... s. Abs. 5.5, S. 31



Sonstiges s. Abs. 5.15, S. 66



Aussparung s. Abs. 5.15.1, S. 66



Schnitte s. Abs. 5.15.2, S. 70

BERECHNUNG

auto start

automatische Berechnung s. Abs. 5.16, S. 70



Ergebnisse einsehen s. Abs. 5.18, S. 71



Bildschirmsteuerung s. Abs. 5.17, S. 71

ERGEBNISFENSTER

Konstruktion

Ergebnisfenster s. Abs. 5.19, S. 71



Ausdrucksteuerung s. Abs. 5.20, S. 72



ruft die Online-Hilfe



Datensicherung s. Abs. 5.21, S. 73



Es ist kein Durchlaufträger-Datensatz vorhanden. Daher liest das Programm einen symbolischen Datensatz ein, der vom Benutzer modifiziert werden kann.

Bei dem vorgegebenen Datenstamm handelt sich um ein einfaches statisches System (Einfeldträger), das entweder per Mausklick (Systemfenster oder Objektbaum) oder über die tabellarische Systemeingabe geändert werden kann.




pcae empfiehlt bei der Eingabe dem gezeigten Ablaufschema zu folgen.

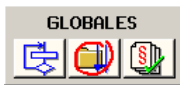
Zunächst verschieben Sie ggf. bitte das Hilfefenster, um das Eigenschaftsblatt *globale Einstellungen* sichtbar werden zu lassen.

Es ist sinnvoll, das Blatt von oben nach unten zu bearbeiten:

- Festlegung der Vorschrift
- Festlegung der Materialien
- Schnittgrößenermittlung
- Stahlbetonbemessung einschließlich Nachweise
- Bewehrungsvorschlag
- Festlegung des statischen Systems über die tabellarische Systemeingabe, s. Abs. 5.11.2, S. 55

Das Eigenschaftsblatt kann verlassen werden über

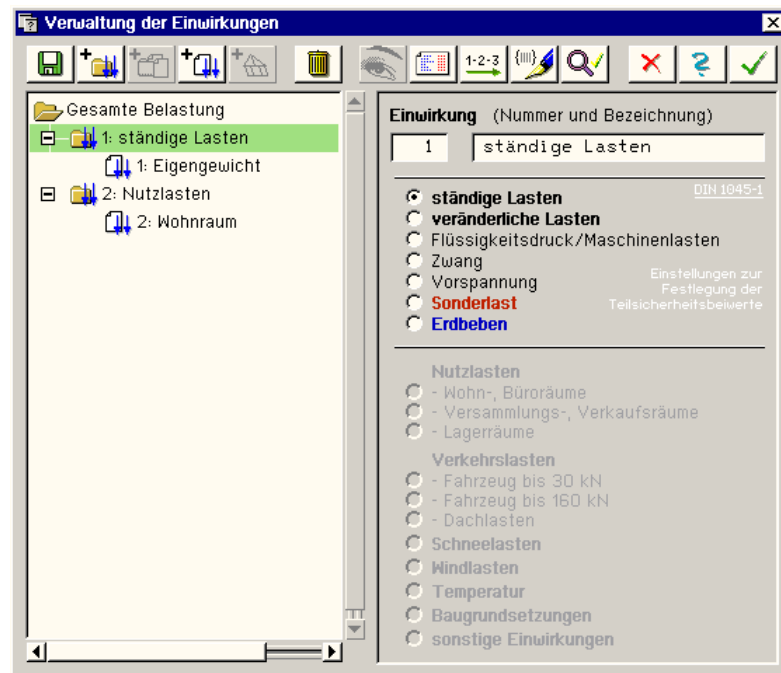
-  **abbrechen** bei Verlust aller hier eingegebenen Daten oder
-  **bestätigen** und speichern aller hier eingegebenen Daten
-  über das **Fragezeichen** erhält man Hilfe zum aktuellen Eigenschaftsblatt.



Im nächsten Schritt sind die Einwirkungen (s. Abs. 5.12, S. 56) mit den zugehörigen Teileinwirkungen (Lastfällen) zu definieren.

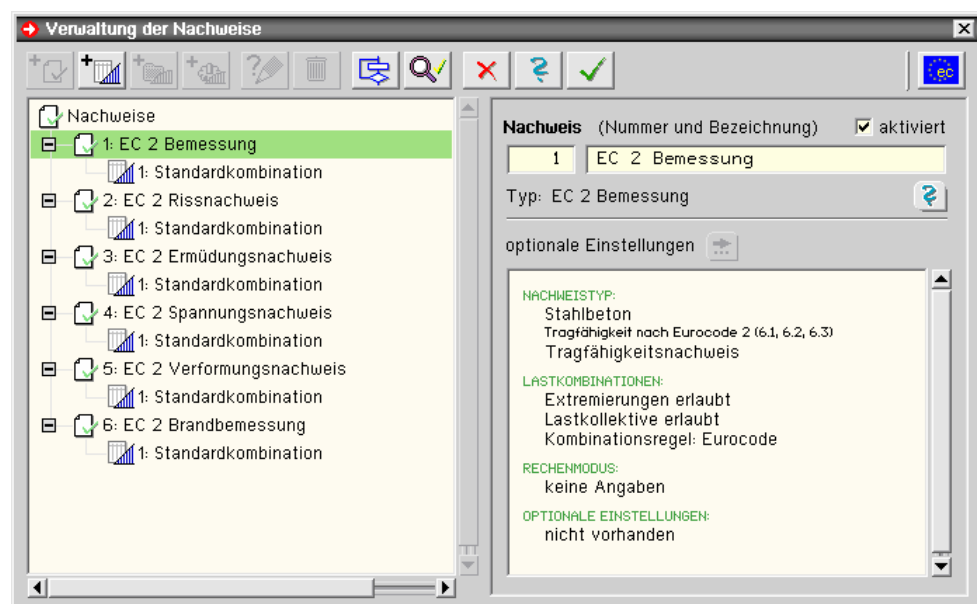
Voreingestellt sind bereits eine ständige Einwirkung mit ihrem Lastfall Eigengewicht sowie eine veränderliche Einwirkung mit dem Lastfall Nutzlast aus Wohn- und Büroräumen. Weitere Einwirkungen und Lastfälle können nachträglich ergänzt werden.

Die zu einem späteren Bearbeitungszeitpunkt zu erstellenden Lastbilder sind diesen Lastfällen zuzuordnen.



Eine Berechnung des Durchlaufträgers erfolgt nur, wenn auch die entsprechenden Nachweise (s. Abs. 5.13, S. 59) aktiviert sind.

Die Aktivierung bzw. Deaktivierung der Nachweise sollte im Eigenschaftsblatt *Grundeinstellungen* (s. Abs. 5.11.1, S. 52) durch das An- und Abklicken der Nachweise erfolgen.



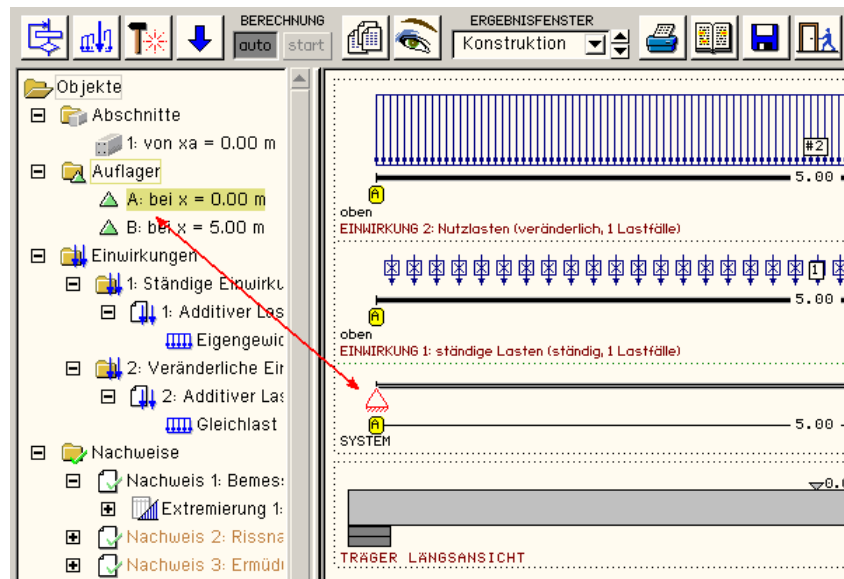
Es ist aber auch möglich, in diesem Eigenschaftsblatt über den entsprechenden Schalter einen Nachweis zu aktivieren oder deaktivieren.

Zum EC 2 werden sechs Nachweise mit (modifizierbaren) Standardkombinationen angeboten. Voreingestellt und von **pcae** empfohlen ist für jeden Nachweis eine normenkonforme Extremierungsvorschrift (Standardkombination), die auf die Eingabe der Einwirkungen abgestimmt ist. I.A. es nicht nötig, die Nachweise auf diese Art direkt zu bearbeiten.

Eine spätere Änderung der Daten ist immer sehr leicht möglich. Das Programm ist dahingehend konzipiert worden, um Planungsänderungen effizient umsetzen oder viele Szenarien schnell durchspielen zu können.

Es gibt generell zwei Wege, an einzelne Daten des statischen Systems zu gelangen

- Doppelklick mit der LMT auf das gewünschte Objekt im Systemfenster
- ... den gewünschten Eintrag im Objektbaum



Das entsprechende Eigenschaftsblatt öffnet sich dann zur Bearbeitung oder Löschung des Objekts.

Der Objektbaum (s. Abs. 5.3, S. 31) ist direkt mit dem System verknüpft, so dass die Aktivierung eines Objekts immer sowohl im Systemfenster als auch im Objektbaum erkennbar ist. Der Objektbaum ermöglicht zudem die Eingabekontrolle von Geometrie und Belastung (ohne in die Druckliste schauen zu müssen).



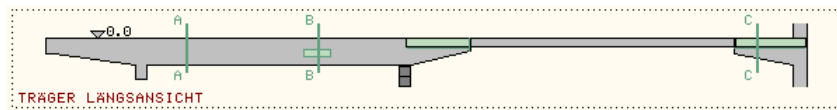
Um mehrere Daten gleichsinnig in einem Schritt zu ändern, wählt man nach Aktivierung der Objekte über den **Hammer** (s. Abs. 5.4, S. 31) das entsprechende Eigenschaftsblatt aus.



Die Systemeingabe ist jetzt abgeschlossen. Es fehlt lediglich die Eingabe der Lastbilder, um Ergebnisse zu erhalten. Dazu wird über den Button **neue Objekte erzeugen** (s. Abs. 5.14, S. 64) der gewünschte Lastbildtyp (Punkt- oder Linienlast) ausgewählt und das entsprechende Eigenschaftsblatt bearbeitet.

Berechnung, Bemessung, Bewehrungsführung

Ein beliebiger Durchlaufträger unter einachsiger Biegung ohne Normalkraft und Torsion wird statisch berechnet und bei Bedarf bemessen sowie bewehrt. Die zugrunde liegenden **Normen** sind wahlweise DIN 1045-1 (8.08), EC 2 (10.05) und DIN 1045 (7.88). Bei einer Bemessung nach DIN 1045-1 ist die Eingabe **freier Materialien** möglich.

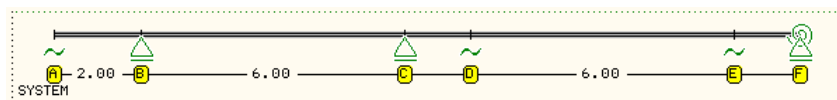


Der Durchlaufträger ist abschnittsweise festgelegt, wobei jedem Abschnitt einheitliche Querschnitts-, Bemessungs- und Bewehrungseigenschaften zuzuordnen sind.

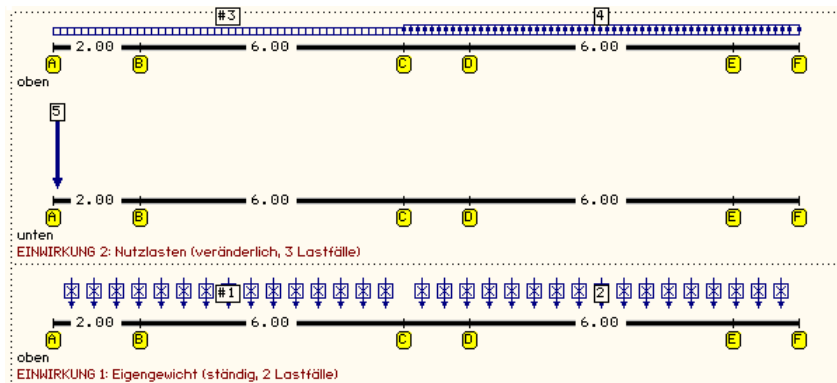
An Oberkante oder Unterkante sowie in Breitenrichtung können die Querschnitte **gevoutet** sein. Die nicht gevoutete Kante (oben/unten) ist stets horizontal, kann aber gegenüber ihren Nachbarn vertikal versetzt sein.

Innerhalb eines Abschnitts können **Trägeröffnungen** definiert werden.

Nach Bedarf werden an den Abschnittsenden Auflager (fest oder elastisch) und/oder Gelenke angeordnet; Endauflager können als Konsolen ausgebildet werden.

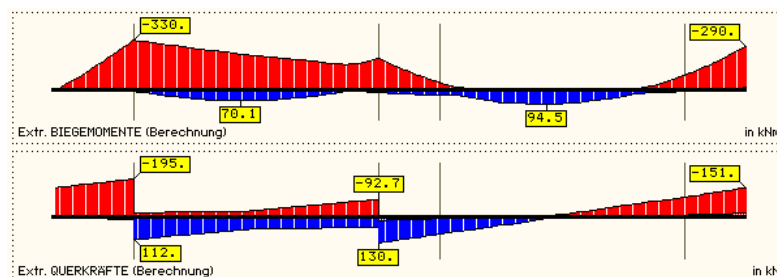


Die Lasteingabe folgt dem Konzept der DIN 1045-1. Dabei werden einzelne Lastfälle (Teileinwirkungen) ständigen oder veränderlichen Einwirkungen zugeordnet. Es besteht eine streng hierarchische Beziehung zwischen den Einwirkungen und ihren Lastfällen, d.h. ein Lastfall kann nur einer Einwirkung angehören.



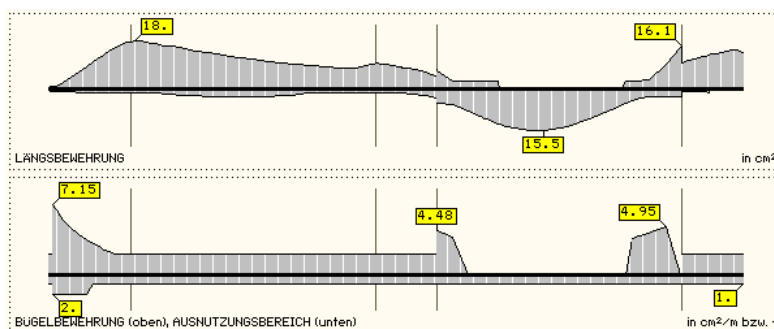
Die Extremierungsvorschriften zur Ermittlung der maßgebenden Schnittgrößen werden nachweisbezogen festgelegt. Je Nachweis sind die Einwirkungen mit normenspezifischen (s. auch DIN 1055-100) Teilsicherheitsbeiwerten verknüpft. Es können beliebig viele Extremierungsvorschriften definiert werden.

Die statische Berechnung liefert die extremalen Lagerreaktionen, Verformungen und Schnittgrößen für jeden aktiven Nachweis.



Unter 'Nachweisen' werden Bemessungsverfahren verstanden, die auf den Durchlaufträger angewandt werden. Für jeden Berechnungspunkt wird ein Ergebnis ermittelt und in grafischer und/oder tabellarischer Form ausgewiesen.

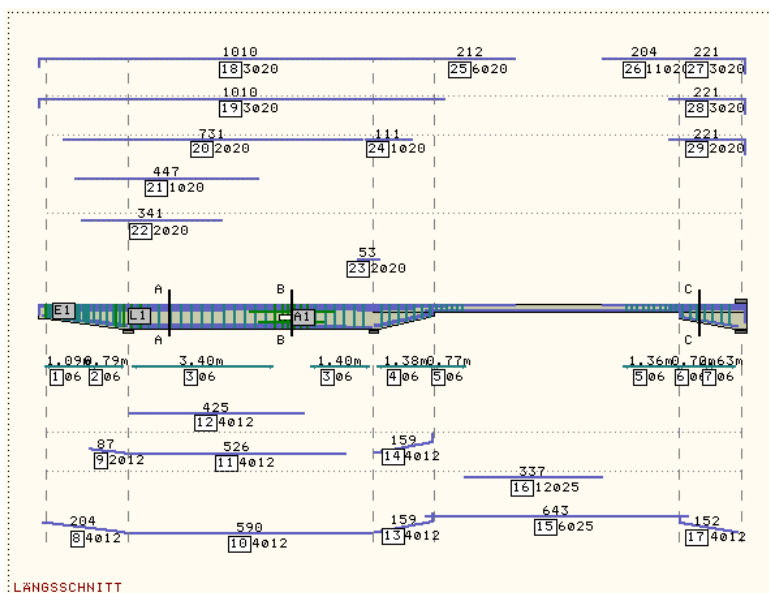
- die Biegebemessung (Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit) zur Ermittlung der statisch erforderlichen Längsbewehrung erfolgt für die extremalen Biegemomente (max M und min M).
Die Schubbemessung benötigt die extremalen Querkräfte mit ihren zugehörigen Biegemomenten (max Q + zug M, min Q + zug M) und liefert die statisch erforderliche Bügelbewehrung.
Bei der Bemessung werden Schnittgrößenumlagerung, **Ausrundung** von Stützmomenten, Bemessung am Anschnitt, **auflagernahe Einzellasten** berücksichtigt.
- die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit der zulässigen Riss- und Schwingbreite und Spannungen basieren auf den Biegebemessungsergebnissen (einschließlich Grundbewehrung) und führen ggf. zu einer Erhöhung des erforderlichen Bewehrungsgehalts.
- der Nachweis der Verformungen (nicht bei 'Begrenzung der Biegeschlankheit') wird auf Basis der Gesamtbewehrung aus Biegebemessung, Riss-, Schwing- und Spannungsnachweis (einschließlich Grundbewehrung) durchgeführt.
Bei aktiviertem **Bewehrungsvorschlag** wird die vorhandene Bewehrung aus dem ggf. sogar bearbeiteten Bewehrungsplan herangezogen.



Der Bewehrungsvorschlag ergibt sich aus der Zugkraftdeckung (Bewehrungs-) und wird neben der Bildschirmgrafik sowohl in der Statik als auch als Plan schriftlich ausgegeben.

Im Bewehrungsplan werden neben der ermittelten Bewehrung aus den Nachweisen (einschließlich Grundbewehrung) die **Aufhängebewehrungen** für angehängte Einzel- und Linienlasten sowie indirekte Auflager (z.B. Unterzüge) berücksichtigt.

Endauflagerkonsolen und Trägersparungen werden gesondert nachgewiesen und bewehrt.

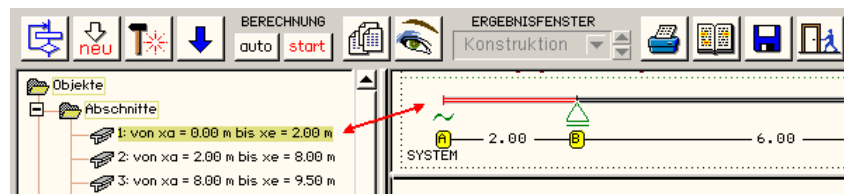


Sämtliche Parameter werden interaktiv am Bildschirm eingegeben und unmittelbar interpretiert. Berechnung, Bemessung und Bewehrungsführung werden online durchgeführt, so dass die Ergebnisse sofort am Bildschirm erscheinen. Eine nachträgliche Bearbeitung des Bewehrungsvorschlags ist bedingt möglich und wird bei der Darstellung von Schnitten sowie der Ausgabe von Stahllisten direkt umgesetzt.

5.3

Objektbaum

Die Liste der eingegebenen Objekte ist in Form eines Objektbaums (Fenster links herausziehbar) dargestellt. Einzelne Objekte oder übergeordnete Gruppen von Objekten lassen sich im Baum durch einen Mausklick mit der LMT aktivieren und deaktivieren (gelb = aktiv). Gleichzeitig wird das entsprechende Objekt im System-Fenster gekennzeichnet.

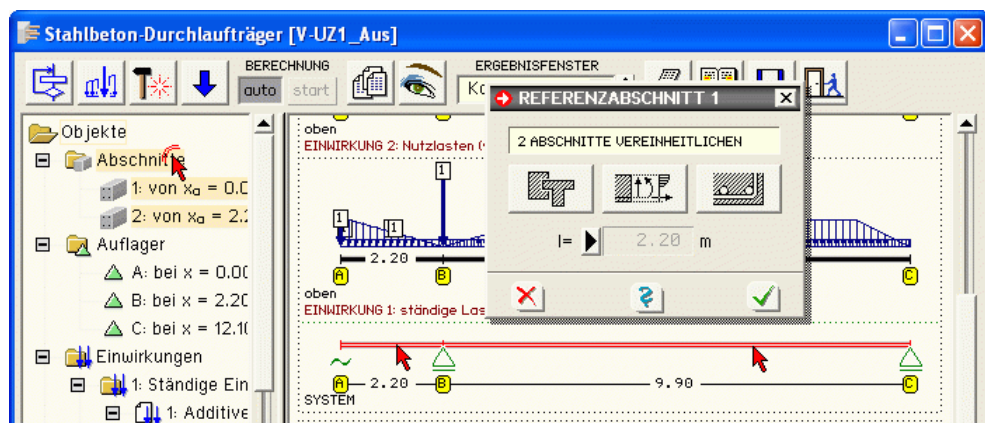


Im System-Fenster kann das einzelne Detail ebenfalls mittels eines Mausklicks der LMT aktiviert (rot = aktiv) werden. Eine Gruppe von Objekten wird durch das **Fangerechteck** (LMT gedrückt halten) aktiviert. Gleichzeitig werden die entsprechenden Objekte im Baum gekennzeichnet.

5.4

Vereinheitlichung mehrerer Trägerabschnitte

Zur Vereinheitlichung von Eigenschaften mehrerer Trägerabschnitte werden die betreffenden Trägerabschnitte mit der LMT markiert. Anschließend wird das Eigenschaftsblatt zur Verwaltung der abschnittsabhängigen Eingabedaten durch Doppelklick auf den Eintrag **Abschnitte** im Objektbaum oder über das **Hammersymbol** aufgerufen.



Zu den abschnittsabhängigen Eingabedaten gehören die über die entsprechenden Buttons aufrufenden Querschnitts- (Abs. 5.8, S. 36), Bemessungs- (Abs. 5.9, S. 37) und Bewehrungsdaten (Abs. 5.10, S. 49) sowie die Abschnittslänge L in m.

Nach **Bestätigen** des Eigenschaftsblatts sind die Parameter der (vor dem Aufruf) aktivierten Trägerabschnitte vereinheitlicht.

5.5

ausgewählte Objekte bearbeiten

Sind eines oder mehrere Objekte in der Systemebene bzw. im Objektbaum aktiviert, werden die entsprechenden Buttons im Eigenschaftsblatt des **Hammer**-Symbols zugänglich. Die Bestätigung eines dieser Eigenschaftsblätter führt zur Vereinheitlichung der zugehörigen aktivierten Objekte. Das zuerst aktivierte Objekt liefert die Vorlage.



Aktiviert Objekte bleiben auch nach Verlassen eines Eigenschaftsblatts gekennzeichnet. Sie können entweder durch Einzelanklicken oder durch das **Stern**-Symbol im Eigenschaftsblatt des **Hammer**-Symbols deaktiviert werden.

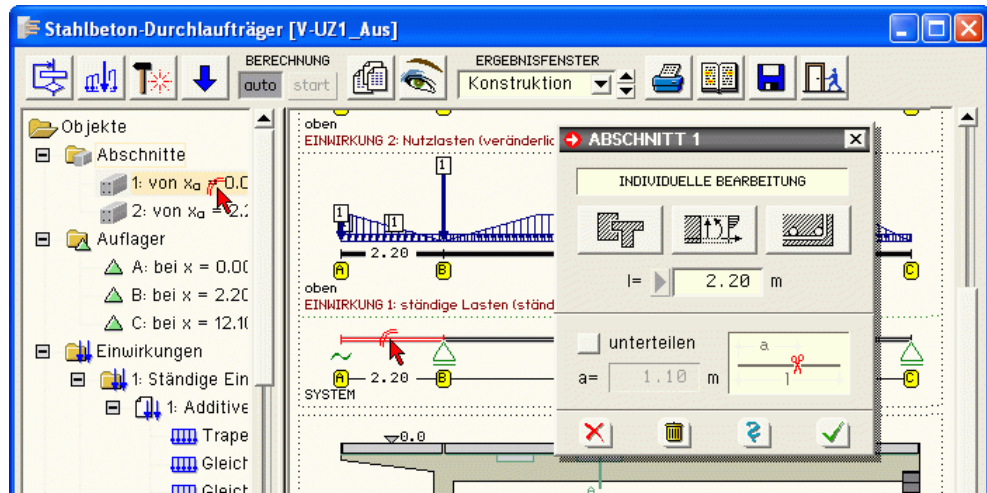
5.6

individuelle Beschreibung eines Trägerabschnitts

Durch Doppelklick auf den betreffenden Abschnitt oder Eintrag im Objektbaum erscheint das Eigenschaftsblatt zur Bearbeitung der individuellen Abschnittseigenschaften.



S



Das Eigenschaftsblatt verwaltet die einzugebenden Eingabedaten für einen Trägerabschnitt. Dazu gehören die über die entsprechenden Buttons aufzurufenden Querschnitts- (Abs. 5.8, S. 36), Bemessungs- (Abs. 5.9, S. 37) und Bewehrungsdaten (Abs. 5.10, S. 49) sowie die Abschnittslänge L in m.

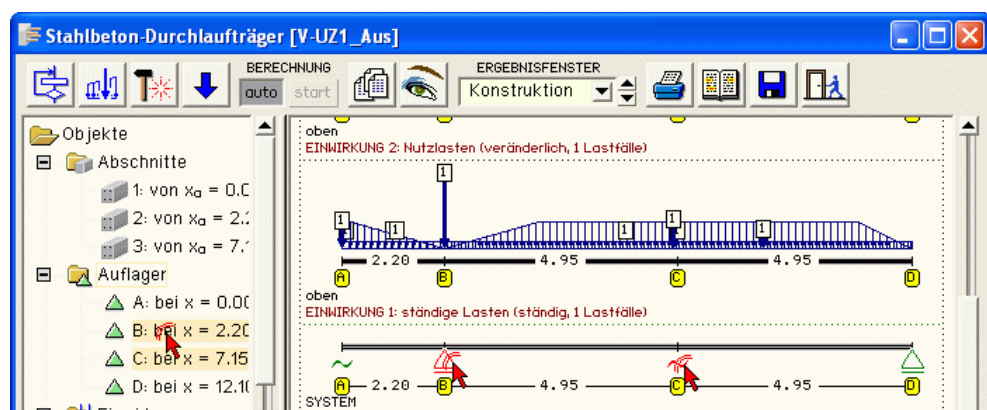
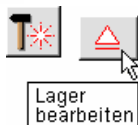
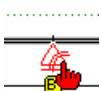
Außerdem ist es an dieser Stelle möglich, den Abschnitt einfach zu unterteilen. Sämtliche Abschnittsparameter (einschließlich der Lastangriffspunkte und -geometrien) werden entsprechend angepasst.

Über das **Mülleimer**-Symbol kann der Abschnitt gelöscht werden.

5.7

Auflager

Durch Doppelklicken des betreffenden Lagersymbols oder des Eintrags im Objektbaum erscheint das Eigenschaftsblatt zur Bearbeitung der individuellen Lagereigenschaften.



Die Auflagerdaten gliedern sich in den Teil für die Schnittgrößenermittlung und denjenigen für die Bemessung bzw. Bewehrungsführung.

Die Schnittgrößenermittlung benötigt Informationen über die Art der Lagerung (fest, elastisch oder frei in Kraft- bzw. Momentenrichtung).

Ein **freies** Lager kennzeichnet ein ungelagertes Abschnittsende (Kragarm) oder einen Querschnittssprung bzw. Voutenübergang.

Elastische Lagerungen benötigen zusätzlich die Angabe einer Federsteifigkeit.

Für Momentenfedern werden über den **bearbeiten**-Button Hilfsmittel zur Berechnung der **Federsteifigkeit** (Abs. 5.7.1, S. 34) angeboten.

Die für die Bemessung notwendigen Angaben werden im zweiten Teil des Eigenschaftsblatts gemacht.

Hierzu gehören die Auflagerbreite b (bei Endauflagern ist auch die Angabe der Außen- und Innenbreite b_a , b_i möglich) in cm und die Anschlussart für die Momentenausrundung (Mauerwerk, direkt, indirekt, punktuell, Schneidenlager).

Bei Zwischenlagern kann eine prozentuale Momentenumlagerung berücksichtigt werden.

Die extremalen Biegemomente einschließlich zugehöriger Größen werden um den eingegebenen Prozentanteil des Stützmoments reduziert.

Ist der **optimiert**-Button aktiviert, wird nur das minimale (bei positivem Zahlenwert) Stützmoment verringert, und zwar soweit, dass das maximale Feldmoment nicht vergrößert werden muss (bzw. umgekehrt). Die automatische Umlagerung erfolgt bis zum angegebenen Grenzwert.

Ist der Button **nicht überprüfen** aktiviert, werden die Grenzen der Umlagerung nach DIN 1045-1, 8.3(3), für normal- und hochduktilen Stähle nicht überprüft.

Des Weiteren können zwischen zwei Trägerabschnitten (an Zwischenlagern) **Betongelenke** (Abs. 5.7.3, S. 36) eingefügt werden. Die dazu notwendigen Eingabedaten sind in einem gesonderten Eigenschaftsblatt (**bearbeiten**-Button) festzulegen.

Endauflager, die punktuell oder auf Mauerwerk aufliegen, können als **Konsolen** (Abs. 5.7.2, S. 34) ausgebildet sein. Die dazu notwendigen Eingabedaten sind in einem gesonderten Eigenschaftsblatt (**bearbeiten**-Button) festzulegen.

Über das **Mülleimer**-Symbol wird das Auflager gelöscht.

Sollen mehrere Auflagereigenschaften vereinheitlicht werden (Anwahl der entsprechenden Auflager und Auswahl des Eigenschaftsblatts über das **Hammer**-Symbol) enthält das Eigenschaftsblatt nur die Zwischenlager-Daten.

Spezielle Angaben, die nur die Endauflager betreffen, müssen direkt gemacht werden.

5.7.1

Federsteifigkeit der Momentenfeder

Wird die Federsteifigkeit zahlenmäßig nicht direkt in das Auflager-Eigenschaftsblatt eingegeben, kann über eine **prozentuale Einspannung** oder die **Stützensteifigkeit** ein entsprechender Wert ausgerechnet werden.

Bei dem ersten Verfahren wird prozentual aus der Federsteifigkeit des Trägers die Teileinspannung in die unterstützenden Bauwerke ermittelt:

$$c_M = \alpha_M / (1 - \alpha_M) \cdot (3 \text{ oder } 4) \cdot E_C \cdot I_R / L_R$$

α_M prozentuale Einspannung (Eingabewert)

E_C E-Modul Beton

I_R Trägheitsmoment Riegel

L_R Länge Riegel

Anschluss an benachbarte Felder beeinflusst den Vorfaktor (3: gelenkig, 4: eingespannt)

Bei dem zweiten Verfahren gehen die Stützensteifigkeiten in die Ermittlung ein

$$c_M = (3 \text{ oder } 4) \cdot E_C \cdot I_S / L_R$$

Die Trägheitsmomente der stützenden Bauteile können über den **bearbeiten**-Button für eine einfache Rechteck- oder Rundstütze von **4#-DULAB** berechnet werden.

I_{so}, I_{su} Stützenträgheitsmomente in cm^4 oder m^4 (Eingabewerte)

h_o, h_u Stützhöhen in m (Eingabewerte)

Stützenfuß eingespannt oder gelenkig (Eingabewert) beeinflusst den Vorfaktor (3: gelenkig, 4: eingespannt).

5.7.2

Auflagerkonsole

Fertigteilträger im Stahlbetonskelettbau werden oft im Auflagerbereich ausgeklinkt, um niedrige Deckenkonstruktionen zu erhalten. Kraftfluss und Tragverhalten im ausgeklinkten Bereich eines Balkens entsprechen prinzipiell denen von Lastkonsolen.

Die Auflagerkonsole wird nach Heft 399 oder Heft 525, DAfStb, bemessen und bewehrt.

Die zusätzlich zur Auflagergeometrie notwendigen Eingabedaten sind

d_k Konsolhöhe in cm

h_k statische Höhe der Konsole in cm

h_{sk} Abstand der Aufhängebewehrung vom Trägersrand in cm

Nur maßgebend für die Bewehrungsführung

d_{sbh} Stabdurchmesser der horizontalen Bügelbewehrung in mm

d_{sbv} Stabdurchmesser der vertikalen Bügelbewehrung in mm

d_{sbs} Stabdurchmesser der Spaltzugbewehrung in mm

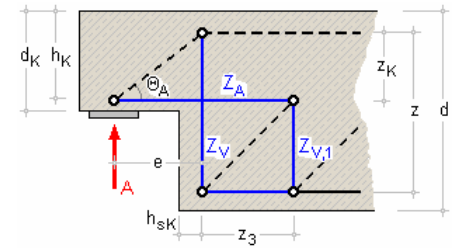
5.7.2.1

Auflagerkonsole - Bemessung und Bewehrungsführung

Bei abgesetzten Auflagern ist der innere Kraftfluss und damit das Rissbild einerseits vom Verhältnis d_k/d und andererseits von der Bewehrungsführung abhängig. Je kleiner d_k/d ist, umso mehr muss die im Träger ankommende Querkraft $Q = A$ in die 'Nase' hochgehängt werden.

Eine Abschrägung der einspringenden Ecke vermindert die Kerbspannungen und erhöht die Risslast.

Das Aufhängen geschieht mit lotrechten Bügeln und der zugehörigen Kraft Z_V . Das Verfahren gilt nur für $0.5 \leq e/h_k \leq 1.0$. Der Kraftfluss entspricht nebenstehendem Fachwerkmodell.



Verfahren nach Heft 399, DAfStb

Voraussetzung

$$0.5 \leq e/h_k \leq 1.0 \quad \text{mit} \quad e = \Delta a + e'$$

Querkraft

$$\tau_0 = \frac{A}{z_Q \cdot b} \leq \tau_{zul} = \tau_{03} \quad \text{mit} \quad z_Q = 0.9 \cdot h$$

Annahme

$$z_k = h_k \cdot (1 - 0.4 \cdot \tau_0 / \tau_{zul}) \leq 2.5 \cdot e$$

Zugbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = A \cdot e / z_k + H \cdot \left(\frac{\Delta h + d'_k}{z_k} + 1 \right) \Rightarrow A_{s,h}$$

Zugbewehrung vertikal

Um die geringere Wirksamkeit einer rein lotrechten Aufhängebewehrung zur Begrenzung der Breite des Kehlrisses zu berücksichtigen, wird näherungsweise die Vertikalkraft Z_V um den Faktor fak erhöht.

$$Z_V = fak \cdot A \Rightarrow A_{s,v} \quad \text{mit} \quad 0 \leq fak = 4 \cdot d_k/d - 1.0 \leq 1.0 \quad \text{und} \quad fak = 1.0 + fak \cdot d_k/d$$

Verankerung von $A_{s,h}$

$$Z_{V1} = Z_{A+H} \cdot \tan \vartheta_1 \Rightarrow A_{s,v1} \quad \text{mit} \quad \tan \vartheta_1 = 1 - d_k/d \quad \text{und} \quad z_3 = (h - h_k) / \tan \vartheta_1$$

Spaltzugbewehrung

$$\frac{a}{h} \leq 0.5 \quad \text{und} \quad \tau_0 > \tau_{012} \Rightarrow \text{horizontale Bügel mit} \quad \text{erf } A_{sbü,h} = 0.5 \cdot A_{s,h}$$

$$\frac{a}{h} > 0.5 \quad \text{und} \quad \tau_0 > \tau_{011} \Rightarrow \text{vertikale Bügel mit} \quad \text{erf } A_{sbü,v} = 0.7 \cdot A_{s,h}(P)$$

Verankerung der Längsbewehrung

$$Z_{A+H} = Z_{A+H} \Rightarrow A_{s,h1}$$

Verfahren nach Heft 525, DAfStb

Voraussetzung

$$0.5 \leq e/h_k \leq 1.0 \quad \text{mit} \quad e = \Delta a + e'$$

Querkraft

$$V_{Ed} = F_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b \cdot z_Q \cdot f_{cd} \quad \text{mit} \quad v = (0.7 - f_{ck}/200) \geq 0.5 \quad \text{und} \quad f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad \text{und} \quad z_Q = 0.9 \cdot h$$

Zuggurtbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = F_{Ed} \cdot \frac{e}{z_k} + H_{Ed} \cdot \left(\frac{\Delta h + d'_k}{z_k} + 1 \right) \quad \text{mit} \quad \frac{e}{z_k} \geq 0.4 \quad \text{und} \quad z_k = h_k \cdot \left(1 - 0.4 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \right)$$

Zugbewehrung vertikal und Verankerung von $A_{s,h}$ s. Verfahren nach Heft 399, DAfStb

Spaltzugbewehrung

$\frac{a}{d} \leq 0.5$... und ... $V_{Ed} > 0.3 \cdot V_{Rd,max}$ \Rightarrow horizontale Bügel mit ... erf $A_{sbü,h} = 0.5 \cdot A_{s,h}$

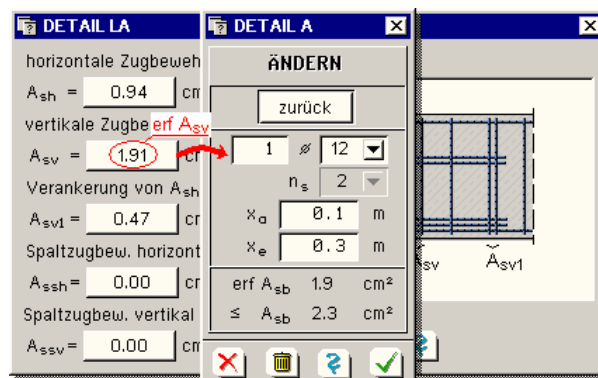
$\frac{a}{d} > 0.5$... und ... $V_{Ed} \geq V_{Rd,ct}$ \Rightarrow vertikale Bügel mit erf $A_{sbü,v} = A_{s,h} \cdot (0.7 \cdot F_{Ed})$
mit ... $V_{Rd,ct}$ aus DIN 1045-1, Abs. 10.3

Verankerung der Längsbewehrung s. Verfahren nach Heft 399, DAfStb

Lagerpressung

$$\sigma = P / (l_1 \cdot b_1) \leq 0.85 \cdot f_{cd} \text{ ... aus Heft 525, Abs. 13.8.4}$$

Aus der Bemessung erhält man die horizontale Zugbewehrung A_{sh} , die in Form von horizontalen Schlaufen in der Konsole angeordnet wird. Die vertikale Zugbewehrung A_{sv} und die Bewehrung A_{sv1} zur Verankerung von A_{sh} erscheinen als Bügel über die gesamte Trägerhöhe.



5.7.3

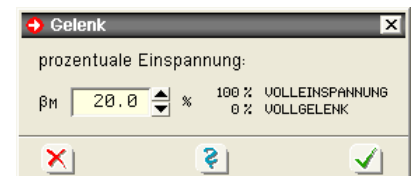
Betongelenk

Trägereinschnürungen wirken häufig als Gelenke, da sie nur einen Teil der Schnittgrößen übertragen können.

Die Berücksichtigung eines Betongelenks erfolgt über die Eingabe von

β_M prozentuale Einspannung der beiden Trägerabschnitte

Dieser Wert geht als Faktor direkt in die Ermittlung der Schnittgrößen ein.



5.8

Querschnitt

Im Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Querschnitte werden die entsprechenden Angaben für einen oder mehrere Trägerabschnitte gemacht.

Zunächst wird der Querschnittstyp (Balken, Platte, Plattenbalken, Überzug) definiert, der die notwendigen Eingabefelder für die Abmessungen freigibt.

Die Querschnitte können an der Ober-, Unterkante oder den Seitenflächen **gevoutet** sein (eine Kante verläuft stets horizontal). Außerdem kann die horizontale Querschnittskante um Δz **vertikal versetzt** sein, es ist jedoch darauf zu achten, dass die Kontinuität des Trägers gewährleistet bleibt.



Für die Bemessung (Abs. 5.9, S. 37) des Querschnitts ist es notwendig, sinnvolle **Stahlrandabstände** (Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Stahleinlagen) vorzugeben.

Das Programm betrachtet die hier eingegebenen Größen als Mindeststahlrandabstände. Diese werden - nur bei Anwahl des 'Bewehrungsvorschlags' (Abs. 5.10, S. 49) - im Laufe der Bemessung kontrolliert und ggf. korrigiert.

b_{0a}, b_{0e}	(Steg)Breite in cm
d_{0a}, d_{0e}	Anfangs-, Endhöhe in cm
b_{1a}, b_{1e}	Plattenbreite in cm
$d_{1a} = d_{1e}$	Plattendicke in cm (kann nicht gevoutet werden)
Δz	Vertikalversatz bzgl. der hor. Querschnittskante (oben oder unten) in cm
h_{so}, h_{su}	vorgegebener (Mindest-)Stahlrandabstand in cm
h_{ss}	seitlicher Stahlrandabstand in cm, nur relevant bei der Brandbemessung von 3-seitig beflammt Querschnitten

5.9

Bemessungsparameter

Die Bemessung des Durchlaufträgers erfolgt entweder nach (bei den Grundeinstellungen (Abs. 5.11.1, S. 52) festzulegen)

- DIN 1045-1, Abschnitte 10 und 11
- EC 2, Abschnitte 6 und 7
- DIN 1045, Abschnitt 17

BEMESSUNGSPARAMETER

Plattenbalken / Überzug

☐ mitwirkende Plattenbreite

Grundbewehrung

☒ oben A_{s0o} 1.01 cm² ☐ unten A_{s0u} 1.01 cm² **Bügel** $a_{s0bü}$ 0.00 cm²/m

☐ oben ☐ Lagermatte ☐ unten ☐ Lagermatte Durchmesser Abst. Bügel Schnittigkeit

Lage Anz. Stähle Lage Anz. Stähle \varnothing 6 / 0 cm, 2

Nachweise nach EC 2

Biegebemessung

Mindestbewehrung ☒ für Träger/Platten gemäß EC 2, 9.2.1.1

Mindestmoment

☒ am Auflageranschnitt gemäß EC 2, 5.3.2.2(3)

☐ am frei drehbaren Endauflager

☐ max. Druckzonenvverhältnis

☐ Querschnittsausnutzung (Sicherheitsnachweis)

☒ **Schubbemessung**

☐ Schubbewehrung vermeiden

innerer Hebelarm ☐ z aus Biegebemessung ☒ $z = 0.9 d \leq d - 2 c_{v,p}$ ☐ z aus Biegebemessung $\leq d - 2 c_{v,p}$

mit $c_{v,p}$ Betondeckung auf der Druckseite

☐ auflagernahe Einzellasten

Druckstrebenwinkel ☒ minimiert 0.00 °

☐ Verbundfuge

☒ gestaffelte Bügelbewehrung gemäß EC 2, 9.3.2(3)

☒ **Brandbemessung**

instationärer Wärmetransport ☒ Profil ermitteln

Brandseiten ☒ oben ☒ unten

Beflammungsdauer 90 min

Anfangsfeuchte (Beton) 1.5 %

Es erfolgt zunächst eine Bemessung für Biegung (Abs. 5.9.2, S. 39) und Querkraft (Abs. 5.9.3, S. 40) im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Anschließend wird das einwandfreie Verhalten des Bauteils im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen. Dazu gehören der Riss- (Abs. 5.9.4, S. 42), der Durchbiegungs- (Abs. 5.9.5, S. 43) und der Schwingbreiten- bzw. Ermüdungsnachweis (Abs. 5.9.6, S. 45). DIN 1045-1 und EC 2 fordern zudem einen Spannungsnachweis (Abs. 5.9.7, S. 46).

Hierzu wird der Querschnitt zunächst mit der bereits ermittelten Biegebewehrung auf Einhaltung der zulässigen Riss- und Schwingbreite bzw. Betondruck- und Stahlzugspannungen hin überprüft.

Ist ein Nachweis nicht erfüllt, wird beim Riss-, Schwing- und Spannungsnachweis der Bewehrungsquerschnitt entsprechend erhöht.

Der Durchbiegungsnachweis bezieht sich auf den vorhandenen Bewehrungsgehalt und wirkt sich daher nicht auf den erforderlichen Bewehrungsquerschnitt aus.

Wird der entsprechende **Biegungs**-, **Querkraft**-, **Rissbreiten**-, **Durchbiegungs**-(Verformungs-) oder **Schwingbreiten**-(Ermüdungs-)Button aktiviert, sind weitere Parameter unter den jeweiligen **bearbeiten**-Buttons festzulegen.

Wesentliche Eingangsgröße in die Gebrauchstauglichkeitsnachweise ist der Bewehrungsgehalt. Daher kann an dieser Stelle eine **Grundbewehrung** A_{s0o} und A_{s0u} eingegeben werden. Die Grundbewehrung wirkt sich ebenso wie die Schubgrundbewehrung $a_{s0bü}$ auch auf den Bewehrungsvorschlag aus.

5.9.1

Besonderheit bei Plattenbalken/Überzügen

Nach DIN 1045, 15.3 (s. Heft 240, DAfStb), DIN 1045-1, 7.3.1, bzw. EC 2, 5.3.2.1, ist in allen Grenzzuständen (d.h. bei sämtlichen Nachweisen) die **mitwirkende Plattenbreite** anzusetzen.

Die mitwirkende Plattenbreite errechnet sich zu

$$b_{\text{eff}} = b_w + \sum b_{\text{eff},i} \leq b \quad \text{mit} \quad b_{\text{eff},i} = b_{\text{eff},i+1} \quad (\text{nur gleichseitige Plattenbalken})$$

$$\text{Heft 240, DAfStb} \quad b_{\text{eff},i} = \beta \cdot b_i \quad \text{mit } \beta \text{ n. Tafel 1.1 oder 1.2}$$

$$\text{DIN 1045-1 bzw. EC 2} \quad b_{\text{eff},i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 \leq 0.2 \cdot l_0$$

Die Schnittgrößenermittlung und -extremierung wird demgegenüber mit der im Querschnittseigenchaftsblatt (Abs. 5.8, S. 36) eingegebenen Größe durchgeführt.

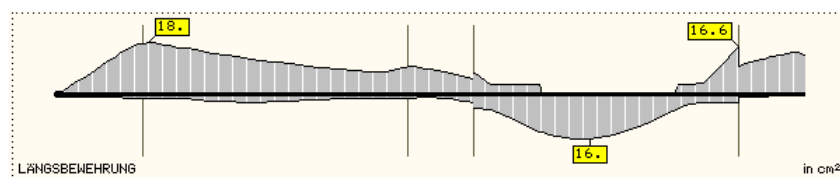
Nachweise nach EC 2		
Biegebemessung		
Mindestbewehrung	<input checked="" type="checkbox"/> für Träger/Platten	gemäß EC 2, 9.2.1.1
Mindestmoment		
<input checked="" type="checkbox"/> am Auflageranschnitt		gemäß EC 2, 5.3.2.2(3)
<input type="checkbox"/> am frei drehbaren Endauflager		
<input checked="" type="checkbox"/> max. Druckzonenvverhältnis		gemäß EC 2, 5.6.3(2)
<input checked="" type="checkbox"/> Querschnittsausnutzung (Sicherheitsnachweis)		

Die Biegebemessung kann folgendermaßen gesteuert werden:

- EC 2 und DIN 1045-1, 10.2
 - **Mindeststützmomente** dürfen nach 7.3.2 bei monolithischem Anschluss an die Unterstüttung (Abs. 5.7, S. 32) am Auflagerrand (Anschnitt) angenommen werden (Mindestwerte nach 8.2(5)) und bei frei drehbarer Lagerung parabelförmig ausgerundet werden.
 - bei Durchlaufträgern mit annähernd gleichen Stützweiten- und Steifigkeitsverhältnissen sollte nach 8.2(3) das Druckzonenvverhältnis x_d/d den Wert 0.45 ($\leq C50/60$) bzw. 0.35 ($\geq C55/67$ und Leichtbeton) nicht übersteigen.
 - außerdem müssen nach 13.2.1(1) rechnerisch nicht erfasste Einspannwirkungen an den Endauflagern bei Annahme frei drehbarer Lagerung berücksichtigt werden, indem an gelenkig gelagerten Endlagern die Bewehrungsquerschnitte für mindestens 25% des benachbarten Feldmoments (Mindeststützmoment) bemessen werden. Die Bewehrung ist über die 25%ige Länge des Endfeldes einzulegen.
 - nach 13.1.1 wird zur Anordnung der Mindestbewehrung bei der Extremierung ein zusätzlicher Lastfall für das Rissmoment $M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c$ angesetzt.
 - im Anschluss an die Bemessung wird unter Berücksichtigung der vorgegebenen Grundbewehrung A_{s0} die Querschnittsausnutzung (als Kehrwert der Sicherheit gegen Querschnittsversagen) ermittelt.
- DIN 1045, 17.2
 - Mindeststützmomente dürfen nach 15.4.1.2 bei biegefestem Anschluss an die Unterstüttung (Abs. 5.7, S. 32) am Auflagerrand angenommen (Mindestwerte nach 15.4.1.2(3)) und bei frei drehbarer Lagerung parabelförmig ausgerundet werden.
 - positive Feldmomente dürfen nach 15.4.1.3 nicht kleiner in Rechnung gestellt werden als bei Annahme voller beidseitiger (bei Endfeldern einseitiger) Einspannung.
 - bei Bauteilen mit Nutzhöhen $h < 7\text{ cm}$ sind nach 17.2.1(6) die Biegemomente im Verhältnis $f = 15/(h + 8)$ vergrößert in Rechnung zu stellen.

Dann werden für die Bemessungsschnittgrößen in jedem Bemessungspunkt die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte oben erf A_{sbo} und unten erf A_{sbu} berechnet und grafisch sowie tabellarisch ausgegeben.

Die Lage des Schwerpunkts der Stahleinlagen h_s zur Ermittlung der Nutzhöhe $h = d - h_s$ wird unter Berücksichtigung der vorgegebenen Stahlrandaabstände (Querschnittsangaben (Abs. 5.8, S. 36)) sowie der Betonüberdeckung c_v , Bügel- und Stabdurchmesser (Bewehrungsparameter (Abs. 5.10, S. 49), Querkraftbemessung (Abs. 5.9.3, S. 40)) in jedem Schnitt ermittelt und tabellarisch ausgegeben.



Ist die Anordnung einer Grundbewehrung A_{s0o} oder A_{s0u} vorgesehen, so geht diese in die Zusammenfassung der Bemessungsergebnisse (Ergebnisfenster (Abs. 5.19, S. 71) zeigt **Konstruktion**) ein.



s. auch Informationen zur Biegebemessung im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

Wesentliche Eingangsgröße der Berechnung ist neben der Stahlgüte der Schubbewehrung (Grundeinstellungen (Abs. 5.11.1, S. 52)) der Nachweistyp des Bauteils (Balken/Platte aus den Querschnittsangaben (Abs. 5.8, S. 36)) sowie die Neigung des Trägers.

Der Bewehrungsvorschlag enthält ausschließlich vertikale Bügel.

EC 2 u .DIN 1045-1 Folgende Parameter sind optional

- Schubbewehrung vermeiden (nur bei Platten): Nach 10.3.1(2) braucht bei Platten mit $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ keine Querkraftbewehrung eingelegt zu werden. Im Bedarfsfall wird $V_{Rd,ct}$ über ρ_l ($\rho_l \leq 0.02!$) soweit erhöht, dass gilt: $V_{Ed} = V_{Rd,ct}$
- zur Querkraftbemessung verwandter innerer Hebelarm z :
 - aus der Biegebemessung
 - aus der Biegebemessung mit Überprüfung der Betondruckzone (10.3.4(2))
 - $z = 0.9 \cdot d$ mit Überprüfung der Betondruckzone (10.3.4(2))

Die zur Überprüfung der Betondruckzone notwendige Angabe der Betondeckung zur Drucklängsbewehrung wird aus dem Eigenschaftsblatt *Bewehrungsvorschlag* übernommen.
- auflagernahe Einzellasten: Abminderung von a_{sbu} (10.3.2(2))
- flachst mögliche Druckstrebenneigung: minimale Querkraftbewehrung
- Druckstrebenwinkel Θ in $^\circ$. Nach 10.3.4(5) kann Θ für reine Biegung vereinfachend zu $\Theta = 40^\circ$ ($\cot \Theta = 1.2$) angesetzt werden.
- Nachweis einer Verbundfuge: nach 10.3.6 können horizontale Fugen (im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie) in die Bemessung mit einbezogen werden. Dazu notwendige Angaben sind:
 - Oberflächenbeschaffenheit in der Fuge
 - Breite der Fuge (Plattenbalken/Überzug: nur Steg)
 $b_j = 0$: gesamte Steg- bzw. Querschnittsbreite
 - Lage der Fuge im Querschnitt, gemessen von der Oberkante des Querschnitts bzw. bei Plattenbalken/Überzug der äußeren Randkante der Platte
 $h_j = 0$: Fuge liegt in der Zugzone (maximale Verbundbewehrung)
- gestaffelte Schubbewehrung (Bügel): nach Ausnutzungsbereichen (Tab. 31)
- Deckungslinie einschneiden: Einschneiden der V_{Ed} -Linie (13.2.3(9))
- Anteil der in die Flansche ausgelagerten Bewehrung (nur Plattenbalken/Überzug): Vergrößerung der statischen Höhe, Anschlussbewehrung wird nicht ermittelt

Zunächst wird der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung $V_{Rd,ct}$ (10.3.3) berechnet.

Wenn gilt: $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$, ist rechnerisch keine Querkraftbewehrung erforderlich. Grundsätzlich ist aber bei **Balken** eine Mindestquerkraftbewehrung nach 13.2.3 anzuordnen.

Wenn dagegen gilt $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$, ist eine Querkraftbewehrung derart vorzusehen, dass $V_{Ed} \leq V_{Rd,sy}$ (10.3.4 (4)). Der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,sy} (a_{sbü})$ ist dabei abhängig von der Neigung der Druckstreben $\cot \Theta$.



die Neigung der Druckstrebe geht auch in die Berechnung der Verankerungslänge (Abs. 5.10.1, S. 50) der Längsbewehrung ein!

Allerdings darf der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft in keinem Querschnitt des Bauteils den Wert $V_{Rd,max}$ überschreiten (10.3.4 (6)).

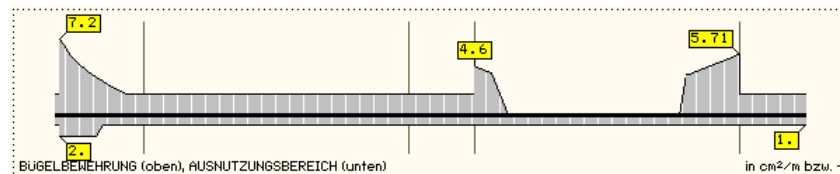
DIN 1045

Folgende Parameter sind optional

- gestaffelte Feldbewehrung (nur bei Platten): $\lim \tau = \tau_{011}$, Zeile a (Tab. 13)
- volle Schubdeckung auch im Schubbereich 2: keine verminderte Schubdeckg. n. Gl. (17)
- volle Schubdeckung in allen Schubbereichen: $\tau = \tau_0$
- aufлагernahe Einzellasten: Abminderung von $a_{sbü}$ (17.5.2(1))
- Fertigteil mit Ortbeton: Abminderung von τ_{zul} (19.7.2)
- Ausnutzung der Einschnittmöglichkeit: Einschneiden der τ -Linie (18.8.1(3))
- gestaffelte Schubbewehrung (Bügel): nach Schubbereichen

Zunächst wird der Grundwert der Schubspannung ermittelt, der von der Lage der Dehnungsnulllinie (Biegebemessung) und vom Querschnittszustand (hier nur Zustand 2 – gerissen) abhängt. Die Größe von τ_0 ist ausschlaggebend für den Schubbereich und damit den Bemessungswert τ , für den die Bügelbewehrung $a_{sbü}$ bestimmt wird. Die Ermittlung von τ erfolgt nach 17.5.5.

Bei Plattenbalken und Überzügen wird die Anschlussbewehrung a_{sa} der abstehenden Querschnittsteile (Flansche) nach 18.8.5 zusätzlich ausgewiesen und bemessen. Dazu wird der Anteil der in die Zugflansche ausgelagerten Bewehrung benötigt. Im Bewehrungsvorschlag ist diese Bewehrung nicht enthalten.



s. auch Informationen zur Schubbemessung im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

Das Ziel beim Entwurf von Stahlbetonbauteilen ist die Begrenzung der entstehenden Rissbreiten auf ein Maß, das die ordnungsgemäße Funktion und Dauerhaftigkeit eines Bauwerks gewährleistet.

Der Nachweis gliedert sich in zwei Teile.

1. Mindestbew. zur Abdeckung unbeabsichtigter Zwangsbeanspruchung (Erstrissbildung)

In oberflächennahen Bereichen von Stahlbetonbauteilen, in denen Betonzugspannungen aus innerem Zwang entstehen können, ist i.A. eine Mindestbewehrung einzulegen.

Wird diese durch die Biegebewehrung nicht abgedeckt, ist der Bewehrungsgrad entsprechend zu erhöhen.

2. Begrenzung der Rissbreite unter Last- bzw. Last- und Zwangsbeanspr. (Endrissbildung)

Die Rissbreiten infolge einer Lastbeanspruchung sind vor allem von der vorhandenen Stahlspannung und von der Anordnung der Bewehrung abhängig. Deshalb sind die Stababstände bzw. die Stabdurchmesser der gewählten Bewehrung in Abhängigkeit der Stahlspannung zu begrenzen.

In #DULAB erfolgt der Nachweis zur Einhaltung der Stabdurchmesser. Werden die Stabdurchmesser durch die Biegebewehrung nicht eingehalten, ist der Bewehrungsgrad entsprechend zu erhöhen.

Der Rissnachweis kann erfolgen nach

- **EC 2**
- **DIN 1045-1, 11.2.2 + 3** (ohne direkte Berechnung)
- **Schießl** (P. Schießl, Heft 400, DAfStb)
- **Noakowski** (P. Noakowski, Beton- und Stahlbetonbau)
- **DIN 1045-1, 11.2.2 + 4** (direkte Berechnung)
- **DIN 1045, 17.6** (ohne direkte Berechnung)

In Abhängigkeit der nachfolgend beschriebenen Parameter wird zunächst der minimale Bewehrungsgrad in der Zugzone bestimmt. Anschließend wird überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte entsprechend erhöht.

Generell sind bei allen Verfahren festzulegen:

d_s maximaler Stabdurchmesser der Bewehrung (s. auch Bewehrungsführung Abs. 5.10, S. 49)

Art der Zwangsbeanspruchung (Zugzwang, Biegezwang), der zur Erstrissbildung führt

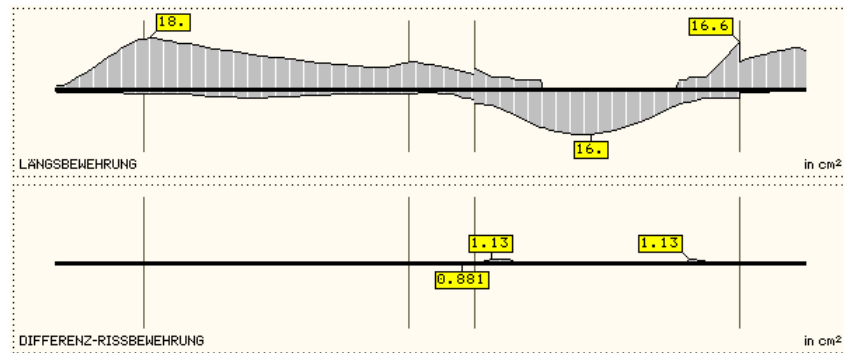
w_{cal} Rissbreite (DIN 1045: indirekt über die Umweltbedingung nach Tab. 10 bzw. DIN 1045-1: nach Tab. 18 - 20)

$k_{z,t}$ Faktor für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Nachweisführung. Sind beide Teilnachweise aktiviert, wird $k_{z,t}$ nur bei der Ermittlung der Mindestbewehrung (Erstriss) berücksichtigt. Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme kann mit **Zugzwang** und $k_{z,t} = 0.5$ geführt werden.

$\min f_{ct,eff}$ bzw. $\min \beta_{bz}$ Der Mindestwert der Betonzugfestigkeit soll eingehalten werden,

wenn $k_{z,t} \geq 1.0$.

Das Verbundverhalten kann nur für die Formeln von Schießl und Noakowski beeinflusst werden.



Die Bildschirmausgabe zeigt in einer Grafik die resultierende erforderliche Bewehrung und die Bewehrungsdifferenz zur Biegebewehrung. Genauere und Zwischenergebnisse können in der tabellarischen Ergebnisvisualisierung (Abs. 5.18, S. 71) eingesehen werden.



s. auch Informationen zum Rissnachweis im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

5.9.5

Durchbiegungs-/Verformungsnachweis

Das Screenshot zeigt ein Fenster mit dem Titel 'Verformungsnachweis'. Es enthält folgende Informationen:

- ☒ Verformungsnachweis
- nach Heft 240, DAfStb
- Verkehrslastanteile:
 - unterer Grenzwert (Zust. 1): 0.00
 - oberer Grenzwert (Zust. 2): 1.00
 - kriecherzeugende Dauerlast: 0.80
- nach EC 2, 7.4.2
- Biegeschlankheit:
 - $l_{eff}/d \leq$ GI, 7.16
 - K = 0.00
- Ein grüner Balken am unteren Rand zeigt den Text: 'K = 0: Beiwert zur Ber. des stat. Systems wird vom Programm ermittelt'.

EC 2, DIN 1045-1 Nach DIN 1045-1, 11.3, sind die Verformungen eines Bauteils oder Tragwerks im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu begrenzen. Die Verformungen dürfen weder die ordnungsgemäße Funktion noch das äußere Erscheinungsbild des Bauteils selbst oder angrenzender Bauteile beeinträchtigen.

Der Nachweis kann entweder durch die Begrenzung der Biegeschlankheit nach 11.3.2 vereinfacht erbracht werden oder nach Heft 240, DAfStb, genauer nachgewiesen werden.

DIN 1045

Nach DIN 1045, 17.7, ist der Nachweis zur Beschränkung der Durchbiegung unter Gebrauchslast zu führen. Der Nachweis kann entweder durch die Begrenzung der Biegeschlankheit nach 17.7.2 vereinfacht erbracht oder nach 17.7.3 (Heft 240, DAfStb) genauer nachgewiesen werden.

5.9.5.1

vereinfachter Nachweis

Der vereinfachte Nachweis nach DIN 1045 bzw. 1045-1 begrenzt die Schlankheit l_i/h für biegebeanspruchte Bauteile, deren Durchbiegung vorwiegend durch die im betrachteten Feld wirkende Belastung verursacht wird, auf "35".

Bei Bauteilen, die Trennwände zu tragen haben, soll die Schlankheit $l_i/h \leq "150/l_i"$ (l_i und h in m) sein. Die Ersatzstützweite l_i wird nach Heft 240, DAfStb, angenommen zu $l_i = \alpha \cdot L$ (α s. Heft 240, DAfStb). Das Verfahren ist nur anwendbar, wenn $\alpha \geq 0$ gilt.

5.9.5.2

genauerer Nachweis

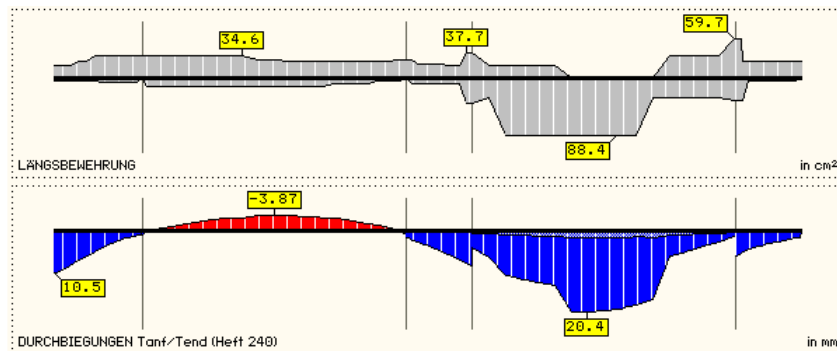
Bei dem genaueren Nachweis nach Heft 240 wird die wahrscheinliche Durchbiegung des Trägers zum Anfangs- sowie Endzeitpunkt der Lastaufbringung ermittelt, die zwischen derjenigen im Zustand I (Träger vollständig ungerissen) und Zustand II (Träger vollständig gerissen) liegt.

Im Eigenschaftsblatt sind die Verkehrslastanteile für den unteren Grenzwert (Zustand I), den oberen Grenzwert (Zustand II) sowie die kriecherzeugende Dauerlast vorzugeben.

Es wird unterschieden zwischen Kurzzeit- und Langzeitdurchbiegungen, die zu einem unteren und oberen Rechenwert der Durchbiegung superponiert werden.

Endkriechzahl Φ und Endschwindmaß ε sind notwendige Parameter zur Bestimmung der Durchbiegungsanteile aus Kriechen und Schwinden.

Der Nachweis berücksichtigt die aktuell vorhandene Bewehrungsanordnung.



Die Bildschirmausgabe zeigt die Kurven zum Anfangs- und Endzeitpunkt in einer Grafik, genauere und Zwischenergebnisse können in der tabellarischen Ergebnisvisualisierung (Abs. 5.18, S. 71) eingesehen werden.



s. auch Informationen zum Verformungsnachweis im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

5.9.6

Schwing(Ermüdungs)nachweis

Tragende Bauteile, die einer hohen Anzahl von Lastwechseln unterworfen sind (nicht ruhende Belastung), können infolge Ermüdung versagen, auch wenn die Beanspruchung die für die statischen Nachweise (ruhende Belastung) maßgebenden Materialfestigkeiten nicht erreicht.

☑ Ermüdungsnachweis		
$\Delta\sigma_{Rsk}$	195.0	N/mm ²
$\Delta\sigma_{RskU}$	0.0	N/mm ²
t_0	28	d

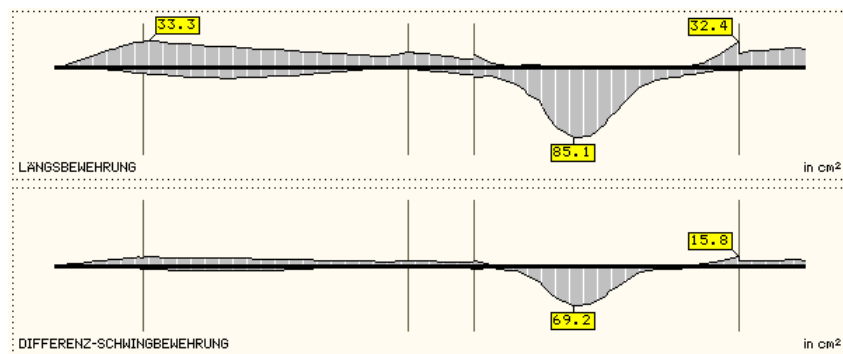
Spannungsschwingbreite der Längsbewehrung
Spannungsschwingbreite der Querkraftbewehrung
Bei 90°-Bügel mit Bügelhöhen ≥ 60 cm und $\Phi_{bU} \leq 16$ mm gilt i.d.R. $\Delta\sigma_{RskU} = \Delta\sigma_{Rsk}$
Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons

EC 2, DIN 1045-1 Nach DIN 1045-1, 10.8, handelt es sich um den Nachweis der Ermüdung im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Er wird nach Abschnitt 10.8.3 für die Bewehrung (5) und den Beton unter Druckbeanspruchung (6) für übliche Hochbauten nachgewiesen und kann sowohl für die Biege- als auch für die Querkraftbewehrung durchgeführt werden.

DIN 1045

Nach DIN 1045, 17.8, ist der Nachweis zur Beschränkung der Stahlspannungen unter Gebrauchslast bei nicht vorwiegend ruhender Belastung zu führen. Die Spannungsdifferenz aus Ober- und Unterlast $\Delta\sigma_s = \sigma_{sO} - \sigma_{sU}$ darf die eingegebene Schwingbreite zu $\Delta\sigma_s$ nicht überschreiten.

Der Bewehrungsgrad wird so lange iterativ erhöht, bis der vorgegebene Grenzwert eingehalten ist. Ein Nachweis der Querkraftbewehrung erfolgt nicht.



Die Bildschirmausgabe zeigt in einer Grafik die resultierende erforderliche Bewehrung und die Bewehrungsdifferenz zur Biegebewehrung. Genauere und Zwischenergebnisse können in der tabellarischen Ergebnisvisualisierung (Abs. 5.18, S. 71) eingesehen werden.



s. auch Informationen zum Ermüdungsnachweis im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

Der Nachweis zur Begrenzung der Stahl- und Betondruckspannungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nur nach DIN 1045-1, 11.1, vorgeschrieben, da eine sehr weit reichende Berücksichtigung des plastischen Verformungsverhaltens bis hin zu vollplastischen Berechnungsverfahren zugelassen ist.

☒ Spannungsnachweis

Vorgabe: ☒ Faktor ☐ zul σ

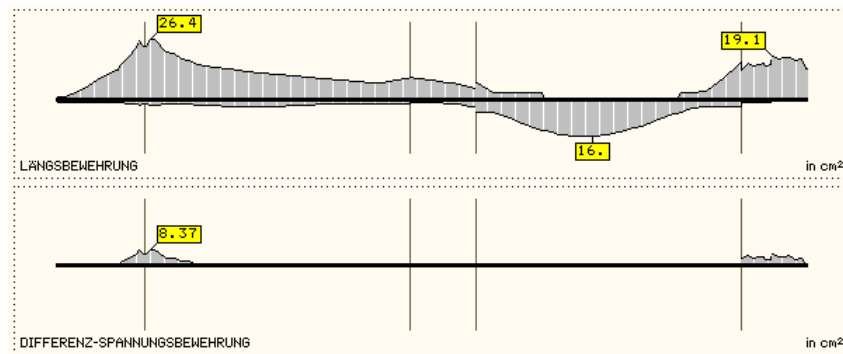
zul σ_c = * f_{ck} = N/mm²

zul σ_s = * f_{yk} = N/mm²

Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte zul σ_c für den Beton und zul σ_s für den Stahl, die entweder direkt oder als Anteil von f_{ck} oder f_{yk} eingegeben werden können. Ist einer der beiden Grenzwerte = 0, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Der Spannungsnachweis wird folgendermaßen durchgeführt

Zunächst wird iterativ der vorhandene Bewehrungsquerschnitt erhöht bis die zulässigen Stahlspannungen eingehalten sind. Anschließend erfolgt eine Überprüfung und ggf. Erhöhung der Bewehrung bis auch der Betongrenzwert stimmt.



Die Bildschirmausgabe zeigt in einer Grafik die resultierende erforderliche Bewehrung und die Bewehrungsdifferenz zur Biegebewehrung. Genauere und Zwischenergebnisse können in der tabellarischen Ergebnisvisualisierung (Abs. 5.18, S. 71) eingesehen werden.



s. auch Informationen zum Spannungsnachweis im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

Die Brandbemessung erfolgt nach DIN EN 1992-1-2 (Eurocode 2 für den Brandfall), Anhang B: vereinfachte Berechnungsmethoden.

Die Brandbemessung kann für Rechteck- und Plattenquerschnitte durchgeführt werden. Dementsprechend wird bei Plattenbalken und Überzügen nur der Steg betrachtet.

Für die Brandbemessungssituation im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden die Temperaturen des Betons und der Bewehrung sowie der statisch wirksame reduzierte Querschnitt aus dem berechneten Temperaturprofil bestimmt. Daraus ergeben sich 'heiße' Materialparameter für die Spannungsdehnungsbeziehungen, die der Bemessung zu Grunde liegen.

Brandschutzbemessung

☒ **Brandschutzbemessung**

instationärer Wärmetransport

Brandseiten ☒ oben ☒ unten

Beflammungsdauer min

Anfangsfeuchte (Beton) %

therm. Leitfähigkeit (Beton) ☐ untere Grenze ☒ obere Grenze

Zuschlagstoff (Beton) ☒ Quarz ☐ Kalkstein

Herstellart (Stahl) ☒ warmgewalzt ☐ kaltverformt

Zonenmethode:

Anzahl Zonen

Isothermenmethode:

kritische Temperatur °C

☐ stat. unwirksame Randzone

Festigkeitsabminderung ☐ vereinfacht (EC 2-1-2, Kap. 4.2.4) ☒ genau (EC 2-1-2, Kap. 3.2.2)

EC 2-1-2 / NA-DE: obere Grenze

Grundlage der Bemessung unter Hochtemperatur ist die Ermittlung der Materialparameter / Spannungsdehnungsbeziehungen von Beton und Bewehrung.

Es müssen die Temperatur des Betons und der Bewehrung bestimmt werden, aus denen sich die 'heißen' Parameter ergeben. Die Temperaturen können entweder vom Programm ermittelt werden oder in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden.

Zur Berechnung des Temperaturprofils sind die Brandseiten (oberer Rand, unterer Rand und/oder beide Seitenränder), die minimale Branddauer bis zum Versagen (Beflammungsdauer), die Anfangsfeuchte des Betons und dessen thermische Leitfähigkeit (obere oder untere Kurve im EC 2) vorzugeben. Die Rohdichte des Stahlbetons wird um 100 kg/m^3 höher angenommen als die Dichte des Betons ohne Bewehrung (s. Materialeigenschaften s. unter www.pcae.de Stahlbetontheorie).

Für den Beton werden zwei Zuschlagstoffe (Quarz oder Kalkstein) unterschieden, der Bewehrungsstahl kann warmgewalzt oder kaltverformt angesetzt werden.

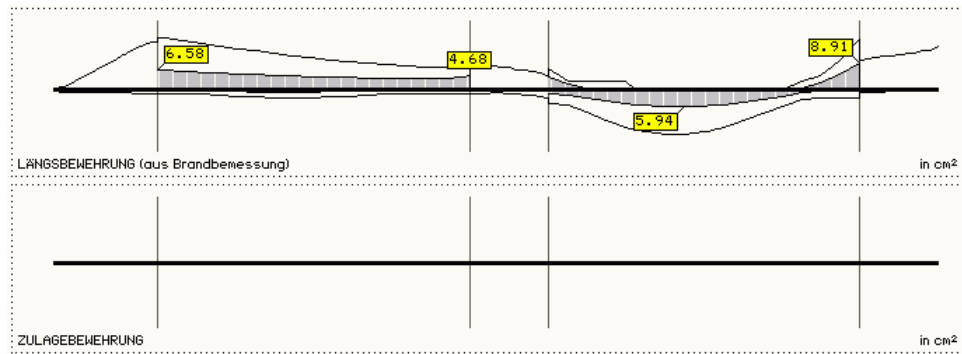
Da ein Teil des Querschnitts aufgrund der hohen Temperaturbelastung statisch nicht mehr wirksam ist, wird die Größe der 'geschädigten' Randzone entweder über die Zonenmethode oder das allgemeine Rechenverfahren ermittelt. Die Größe der geschädigten Randzone kann aber auch vorgegeben werden. Bei Vorgabe der Temperaturen muss die Randzone natürlich ebenfalls angegeben werden.

Bei Anwendung der **Zonenmethode** wird der Querschnitt in eine vorgegebene Anzahl gleich breiter Zonen eingeteilt, über deren mittlere Temperaturen der geschädigte Randbereich bestimmt wird. Die Temperatur im Beton wird als die des kältesten Querschnittspunktes (Punkt M) angenommen. Es werden keine inneren Spannungen aus Hochtemperaturbelastung zwischen Stahl und Beton berücksichtigt.

Bei der **Isothermenmethode** wird die statisch unwirksame Randzone als der Bereich ermittelt, in dem die Temperatur des Betons die vorgegebene kritische Temperatur übersteigt. Die Temperatur im Beton wird über den Restquerschnitt gemittelt. Die aufgrund der unterschiedlichen Temperaturdehnungen von Beton und Bewehrung auftretenden Eigenspannungen werden über eine Vordehnung bzw. Vorkrümmung des Materials berücksichtigt.

Die Form der Spannungsdehnungslinie des Materials kann entweder analog der Kaltbemes-

sung (s. entsprechende Bemessungsnorm) oder nach EC 2, Brandfall ('heiße' Spannungsdehnungslinie), gewählt werden.



Die Bildschirmausgabe zeigt die erforderliche Längsbewehrung aus der Heißbemessung in einer Grafik. Zur Orientierung wird die Längsbewehrung aus der 'kalten' Biegebemessung mit eingezeichnet.

Ggf. ergibt sich eine Bewehrungsdifferenz (Zulagebewehrung) zur Biegebewehrung aus der Kaltbemessung. Genauere und Zwischenergebnisse können in der tabellarischen Ergebnisvisualisierung (Abs. 5.18, S. 71) eingesehen werden.



s. auch Informationen zum Brandschutznachweis im Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.

Bewehrungsführung

Das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Parameter, die im Wesentlichen die Bewehrungsführung beeinflussen, zeigt in einer Darstellungsfläche den minimalen Querschnitt des aktivierten Trägerabschnitts mit der maximal möglichen Bewehrung. Eine Überschreitung dieses Bewehrungsmaßes führt zum Abbruch der Biegebemessung.

In drei Registerblättern werden folgende Eingaben erwartet:

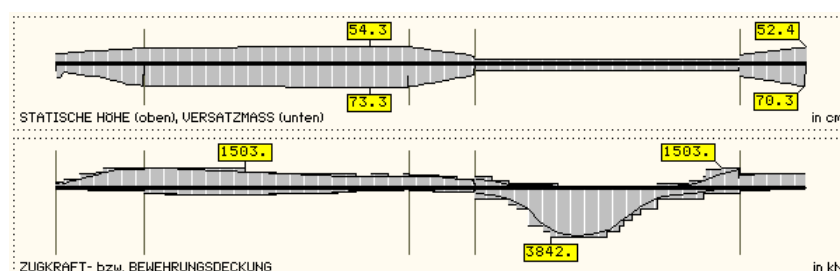
c_{vo}, c_{vu}, c_{vr}	Betondeckung oben, unten, Rand in cm
\varnothing oben, unten	Betonstahlstahldurchmesser oben, unten in mm
$\min n_o, n_u$	Mindestanzahl Bewehrungsstäbe oben, unten
$\max n_o, n_{ou}$	maximale Anzahl Bewehrungsstäbe in einer Lage oben, unten
Δl	Stablängenmaß in cm (s.u.)
\varnothing Bügel	Bügeldurchmesser in mm
Bügelchnittigkeit	
Δs	Bügelbereichsmaß (s.u.)
Ausbildung als Haken oder Kappenbügel (Massenermittlung)	

Wird ein Bügeldurchmesser von 0 mm eingegeben, wird in diesem Abschnitt bei Platten ein Schubnachweis durchgeführt, während bei Balken stets eine Bügelbewehrung anzuordnen ist und deshalb eine Fehlermeldung erfolgt.

Das Stablängenmaß Δl dient dazu, nach Berechnung der exakten Stahllängen diejenigen Stäbe in einer Lage zusammenzufügen, deren Stabenden maximal um Δl auseinander liegen.

Die statisch erforderliche Länge wird der ungünstigsten Stabposition angepasst, die Verankerungslängen werden neu berechnet. Dadurch wird die Anzahl der herausgezogenen Stabstahlpositionen im Längsschnitt reduziert.

Im Längsschnitt werden die Bereiche gleicher Bügelabstände s vermaßt. Das Bügelbereichsmaß Δs ist analog dem Stablängenmaß eine Toleranzgrenze für die Bügelabstände benachbarter Bereiche. Dadurch wird die Anzahl an Bügelbereichen reduziert.



Ist im Ergebnisfenster *Konstruktion* ausgewählt, werden die Berechnungsschritte von dem extremalen Bemessungsergebnis zum Bewehrungsvorschlag im unteren Arbeitsfenster angezeigt.

Aufbauend auf der Zugkraft-(Bewehrungs-)Deckungslinie wird ein Bewehrungsvorschlag erarbeitet, der an dieser Stelle bedingt modifiziert werden kann.

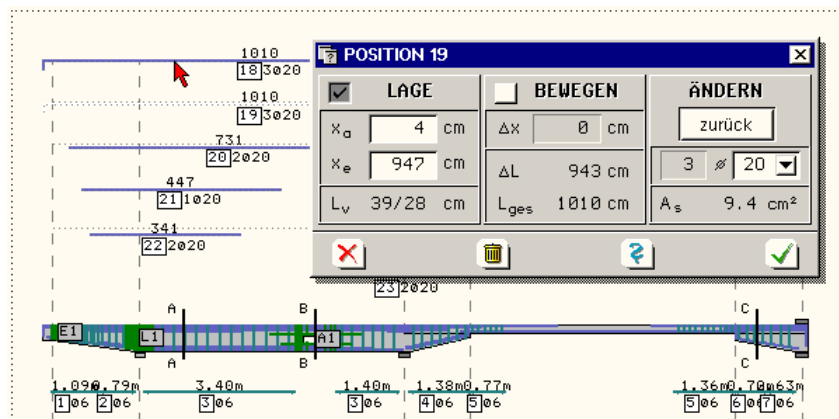
Die Modifikation der Längsbewehrung (Abs. 5.10.1, S. 50) erfolgt durch Anklicken der jeweiligen Stabposition in der Grafik des Hauptfensters.

Eine Modifikation der Bügelbewehrung (Abs. 5.10.2, S. 51) erfolgt durch Anklicken des jeweiligen Bügelbereichs in der Grafik des Hauptfensters.

5.10.1

Längsbewehrung

Das Eigenschaftsblatt zur Modifikation der Längsbewehrung enthält drei Spalten.



Es ist darauf zu achten, dass die Stabposition weder am Systemanfang (links) noch am Ende (rechts) den Träger verlässt.

Jeweils im unteren Teil der Spalten werden die Verankerungslängen L_v , die Gesamtlänge L_{ges} , die statisch erforderliche Länge ΔL (ohne Verankerungslängen) und der Gesamtquerschnitt der Stabstähle A_s dieser Position angegeben.

Die **Lage** der Stabposition lässt sich über ihre x-Koordinaten bezogen auf das statische System beeinflussen. x_a und x_e stehen für den Anfang und das Ende der statisch erforderlichen Bewehrung ohne Berücksichtigung der Verankerungslängen.

Über **Bewegen** lässt sich die Stabposition um das Maß Δx horizontal verschieben.

Über **Ändern** kann der Einzelstabdurchmesser modifiziert werden. Die Anzahl der in dieser Position enthaltenen Stähle wird ebenfalls angegeben.

Mit **zurück** werden sämtliche Daten wieder auf ihre Ausgangswerte zurückgesetzt.

Diese Ausgangswerte sind stets zur Orientierung als 'Original' gestrichelt in der Grafik des Hauptfensters dargestellt.

Eine Modifikation der Längsstabposition durch den Benutzer wird in der Druckerausgabe vermerkt. Außerdem erfolgt nach Bestätigen der Eingabe eine Überprüfung des vorhandenen Bewehrungsquerschnitts und bei Unterschreitung der erforderlichen Werte ein Hinweis auf dem Bildschirm.



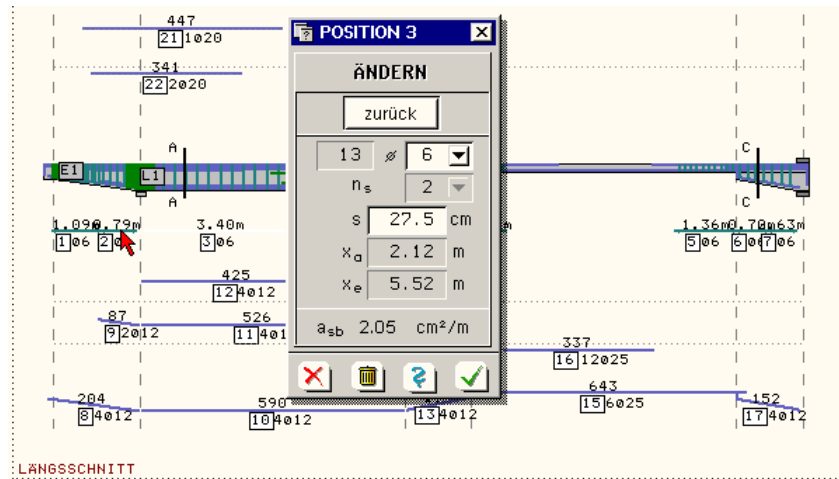
Über das **Mülleimer**-Symbol wird die Stabposition vollständig entfernt, kann jedoch über sein 'Original' wieder **zurückgeholt** werden.

5.10.2

Bügelbewehrung

Das Eigenschaftsblatt zur Modifikation der Bügelbewehrung gibt an, wie viele Bügel des im Eigenschaftsblatt Bewehrungsführung (Abs. 5.10, S. 49) angegebenen Durchmessers und der Schnittigkeit n_s anzuordnen sind.

Der Abstand der Bügel beträgt s und kann neben dem Bügeldurchmesser verändert werden. Der daraus resultierende Bügelquerschnitt ist mit a_{sb} im unteren Teil des Eigenschaftsblattes angegeben.



Eine Modifikation der Bügelabstände durch den Benutzer wird in der Druckerausgabe vermerkt. Außerdem erfolgt nach Bestätigen der Eingabe eine Überprüfung des vorhandenen Bewehrungsquerschnitts und bei Unterschreitung der erforderlichen Werte ein Hinweis auf dem Bildschirm.



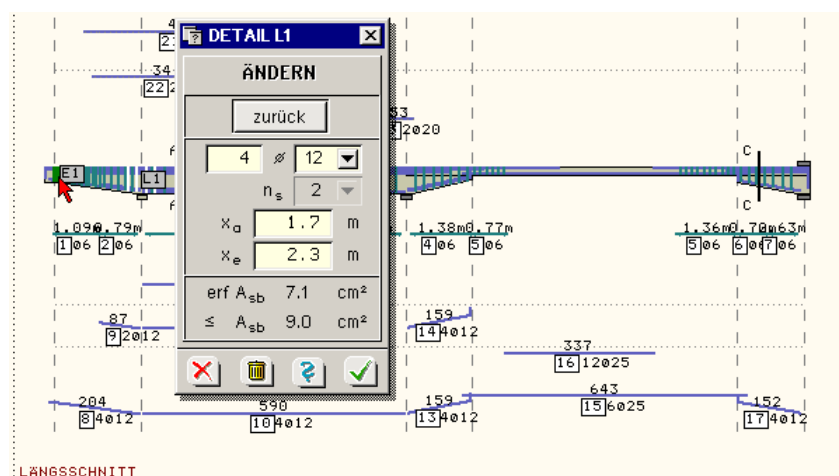
Über das **Mülleimer**-Symbol werden sämtliche Bügel dieses Abschnitts entfernt. Sie können jedoch wieder **zurückgeholt** werden.

5.10.3

Aufhängebewehrung

Am Untergurt angehängte Einzellasten müssen zur besseren Krafteinleitung mittels Bewehrung an den Obergurt des Durchlaufträgers geführt werden.


Auflagerkonsolen sind aufgrund ihrer Querschnittsschwächung besonders zu bewehren. In #DULAB werden dazu (offene oder geschlossene) Bügel vorgeschlagen, von denen einige Parameter an dieser Stelle modifiziert werden können.



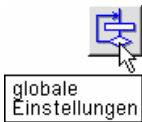
1. Zeile: Anzahl und Durchmesser der Bügel
2. Zeile: Schnittigkeit (nicht veränderbar)
- 3.+4. Zeile: Anfang und Ende des verbügelten Bereichs

Zur Kontrolle der Eingaben wird der Vergleich von vorhandenem zu erforderlichem Bewehrungsquerschnitt angegeben.

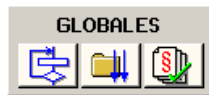
Mit **zurück** werden die von #-DULAB vorgeschlagenen Werte reaktiviert.

 Über das **Mülleimer**-Symbol kann die ganze Bewehrungsposition gelöscht werden.

5.11 globale Einstellungen



Hinter diesem Symbol verbergen sich die Buttons zur Definition der Grundeinstellungen (Abs. 5.11.1, S. 52), Einwirkungen (Abs. 5.12, S. 56) und Nachweise (Abs. 5.13, S. 59).



5.11.1 Grundeinstellungen

Das Eigenschaftsblatt *Globale Einstellungen* verwaltet die für das Gesamtsystem geltenden globalen Daten. Diese betreffen zunächst die der Bemessung (Abs. 5.9, S. 37) zugrunde gelegte Vorschrift. Basierend auf dieser Eingabe werden sämtliche Eingabedaten interpretiert.

GLOBALE EINSTELLUNGEN

Vorschrift
nationaler Anhang: Deutschland
Vorschrift: EC 2 (1.11)

Baustoffe
Beton: C30/37
Längsbewehrung: B500A
Bügelbewehrung: B500A

Spannungsdehnungslinie des Betons
Im Grenzzustand der Tragfähigkeit: 3.1.7 Parabel-Rechteck
Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit: 3.1.5 wirklichkeitsnah
☐ Kriechen und Schwinden

Expositionsklasse
☒ für Bewehrungskorrosion: XC1
☐ für Betonangriff
☐ für Betonkorrosion

Steuerung des Berechnungsablaufs
☒ Schnittgrößenermittlung
☒ Stahlbetonbemessung
 ☒ Biegebemessung
 ☒ Querkraftbemessung
 ☒ Brandbemessung: Zonenmethode EC2
 ☒ Querschnittsausnutzung
 ☒ Spannungsnachweis
 ☒ Betondruckspannungen
 ☒ Stahlzugspannungen
 ☒ Rissnachweis: EC2, 7.3.2 + 7.3.3
 ☒ Mindestbewehrung (Zwang)
 ☒ Begrenzung der Rissbreite (Last)
 ☒ Verformungsnachweis: Heft 240, DAfStb
 ☒ Ermüdungsnachweis: EC2, 6.8.5 + 6.8.7(1)
 ☒ für Beton
 ☒ für Betonstahl
 Ausparungen: Heft 599, DAfStb
☒ Bewehrungsvorschlag

Tabellarische Systemeingabe

Vorschrift

Vorschrift	EC 2 (1.11)
nationaler Anhang	Deutschland

Es kann jederzeit zwischen DIN 1045 (7.88), DIN 1045-1 (8.08) und EC 2 (Eurocode 2, 1.11) umgeschaltet werden. Der EC 2 erfordert zusätzlich die Auswahl des nationalen Anwendungsdokuments (s.a. Nationale Anhänge zu den Eurocodes Abs. ???, S. ??? absatz it noch einzu-fügen).

##-DULAB reagiert auf diese Einstellung und bietet normenspezifische Eigenschaftsblätter an. Daher wird empfohlen, nach Änderung der Vorschrift die wesentlichen Eingabeparameter unbedingt zu überprüfen.

Da die DIN-Normen 1045 und 1045-1 veraltet sind, bezieht sich die Beschreibung der Parameter grundsätzlich auf den Eurocode.

Baustoffe (s. Internet unter www.pcae.de Stahlbetontheorie.)

Baustoffe	
Beton	C30/37
Längsbewehrung	B500A
Bügelbewehrung	B500A

Die möglichen Beton- und Betonstahlsorten werden in Auswahlboxen angeboten. Für Längs- und Bügelbewehrung können unterschiedliche Stahlgüten angewählt werden.

Außerdem kann eine Bemessung für benutzerdefinierte ("freie") Materialien erfolgen. Dazu sind die benötigten Grenzwerte zur Beschreibung der Spannungsdehnungslinien anzugeben.

Spannungsdehnungslinie für Beton

Spannungsdehnungslinie des Betons	
Im Grenzzustand der Tragfähigkeit	9.1.6 Parabel-Rechteck
Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	9.1.5 wirklichkeitsnah
<input checked="" type="checkbox"/> Kriechen und Schwinden (nur für Gebrauchsnachweise)	
$\varphi(\infty, t_{0k})$	7.595
<input checked="" type="checkbox"/> $\varphi(\infty, t_{0k})$ automatisch ermitteln	
Zementfestigkeitsklasse	42.5 N
relative Luftfeuchte $40\% \leq$	50 % $\leq 100\%$
wirksame Bauteildicke h_0	20.0 cm
Belastungsbeginn t_{0k}	28 d
$\varepsilon_{cs,0}$	-0.726 ‰
<input checked="" type="checkbox"/> $\varepsilon_{cs,0}$ automatisch ermitteln	

Es werden unterschiedliche Spannungsdehnungsbeziehungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit verwendet, wobei im Gebrauchszustand zwischen mehreren Beschreibungen gewählt werden kann.

Bei Verformungsberechnungen (Spannungsermittlung bei den Nachweisen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) werden bei Bedarf die eingegebenen Kriech- und Schwindbeiwerte berücksichtigt.

Weiterhin kann bei Bedarf der Druckzonen-Grenzwert x_d/d eingehalten werden (nur notwendig im Grenzzustand der Tragfähigkeit).

Expositionsklasse

Expositionsklasse	
<input checked="" type="checkbox"/> für Bewehrungskorrosion	X0
<input checked="" type="checkbox"/> für Betonangriff	XF1
<input checked="" type="checkbox"/> für Betonkorrosion	WO

Auf dem Statik-Dokument und dem Bewehrungsplan ist die der Bemessung zugrundeliegende Expositionsklasse des Bauteils anzugeben.

Bei Angabe von Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion wird die Betondeckung überprüft und eine Unterschreitung vom Programm angemerkt.

Steuerung des Berechnungsablaufs

Die Berechnung des Durchlaufträgers ist in drei wesentliche Bearbeitungsschritte eingeteilt, die optional dazugewählt werden können.

Steuerung des Berechnungsablaufs

- ☒ Schnittgrößenermittlung
- ☒ Stahlbetonbemessung
 - ☒ Biegebemessung
 - ☒ Querkraftbemessung
 - ☒ Brandbemessung Zonenmethode EC2
 - ☒ Querschnittsausnutzung
 - ☒ Spannungsnachweis
 - ☒ Betondruckspannungen
 - ☒ Stahlzugspannungen
 - ☒ Rissnachweis EC2, 7.3.2 + 7.3.3
 - ☒ Mindestbewehrung (Zwang)
 - ☒ Begrenzung der Rissbreite (Last)
 - ☒ Verformungsnachweis Heft 240, DAfStb
 - ☒ Ermüdungsnachweis EC2, 6.8.5 + 6.8.7(1)
 - ☒ für Beton
 - ☒ für Betonstahl
 - Aussparungen Heft 599, DAfStb
- ☒ Bewehrungsvorschlag

Ist nur die **Schnittgrößenermittlung** gewünscht, werden die Extremierungsergebnisse je aktivem Nachweis geliefert.

Bei zusätzlicher Aktivierung der **Stahlbeton-Bemessung** werden die aufgeführten normenkonformen Nachweise einschließlich der aktivierten Teilnachweise durchgeführt.

Diese Handlung erfolgt allerdings nur, wenn

1. der Nachweis aktiv ist und
2. Extremierungsergebnisse dafür vorliegen.

Basierend auf den Bemessungsergebnissen kann **44-DULAB** einen **Bewehrungsvorschlag** geben, der sowohl online am Bildschirm als auch in der Planerstellung bearbeitet werden kann.

tabellarische Systemeingabe

Tabellarische Systemeingabe ✓ ▼

Über die tabellarische Systemeingabe (Abs. 5.11.2, S. 55) kann der Träger auf effiziente Weise eingegeben bzw. bearbeitet werden.

Außerdem kann der maximale Abstand der Berechnungspunkte Δx modifiziert werden, der einen maßgeblichen Einfluss auf die Rechengeschwindigkeit und den Kurvenverlauf der Ergebnisse hat.

5.11.2

tabellarische Systemeingabe

Die Systemeingabe eines Durchlaufträgers beliebiger Länge erfolgt durch Modifikation der dargestellten Tabelle.

Eine Tabellenzeile entspricht einem Trägerabschnitt und läuft über sämtliche Registerblätter.

Durch Kopieren, Einfügen oder Löschen von Zeilen werden Trägerabschnitte erzeugt oder entfernt. Dazu können die **pcae**-Tabellenfunktionen (s. DTE[®]-Handbuch) uneingeschränkt genutzt werden.

Die aktuelle Anzahl der Abschnitte ist im oberen Teil des Eigenschaftsblatts protokolliert.

Durchlaufträgers mit Abschnitten max. Abstand der Berechnungspunkte Δx m

Abschnitte Auflager Querschnitte Bieg+Schub Riss+Verform Spann+Ermüd Brand

ABSCHNITT	x_a m	x_e m	l m
-1-	0.00	2.20	2.20
-2-	2.20	12.10	9.90

Wird die Anzahl an Trägerabschnitten verkleinert, wird der d.h. die letzten Abschnitte werden gelöscht.
Wird die Anzahl an Trägerabschnitten vergrößert, wird der d.h. es werden neue Abschnitte als Kopien des letzten At
Ein beliebiger Abschnitt kann gelöscht werden, indem die

-1- -2-
A 2.20 B 9.90 C

A B C
-1- -2- Plaba.
0.00 2.20 12.10

Außerdem kann der maximale Abstand der Berechnungspunkte modifiziert werden, der einen maßgeblichen Einfluss auf die Rechengeschwindigkeit aber auch auf den Kurvenverlauf der Ergebnisse hat.

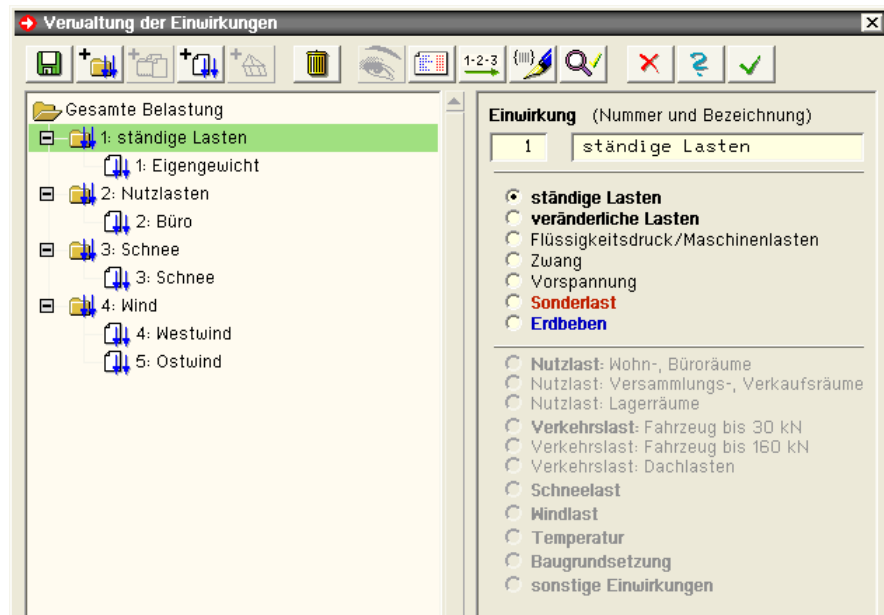
Jeder Abschnitt erhält eine gleichmäßige Unterteilung in Berechnungspunkte, deren maximaler Abstand der Länge Δx entspricht. Größere Werte als 1.0 m oder kleinere als 0.1 m sind unzulässig und werden auf ihre Grenzwerte zurückgestellt.

Weiterhin hat die aktuelle minimale Abschnittslänge Einfluss auf die Unterteilungsdichte des Trägers.

Um auch bei sprunghafter Belastung ein möglichst genaues Ergebnis zu erzielen, sind weniger als 10 Unterteilungen ebenfalls unzulässig.



Durch Anklicken des nebenstehend dargestellten Buttons wird das Fenster zur Definition von Einwirkungen und Lastfällen (= Teileinwirkungen) aktiviert.

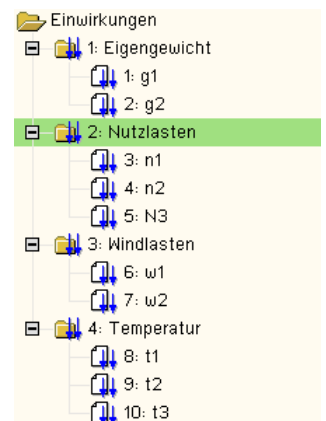


In diesem Fenster werden Einwirkungen und Lastfälle erzeugt und hinsichtlich ihrer Eigenschaften festgelegt.

Die Eigenschaften haben Einfluss auf die Bildung der den Nachweisen (Abs. 5.13, S. 59) zugeordneten Extremalbildungsvorschriften.

Lastfälle sind i.d.R. den definierten Einwirkungen zugeordnet, die diese hierdurch in Gruppen einteilen. Als Beispiel sei hier eine Einwirkung Nutzlasten genannt, zu der die Lastfälle n1, n2 und n3 gehören.

Im nebenstehend exemplarisch dargestellten Explorerfenster sind die bereits definierten Objekte (Einwirkungen und Lastfälle) dargestellt. Sie können durch einfaches Anklicken ausgewählt (grün hinterlegt) werden.



Ist ein Objekt ausgewählt, so können dessen Eigenschaften auf der rechten Seite des Eigenschaftsblattes eingesehen und geändert werden (s. Eigenschaftsblatt oben).

Im Kopf des Eigenschaftsblattes sind die Buttons dargestellt, die die erforderlichen Aktionen einleiten.




Mit Hilfe des Kopier-Buttons **speichern und laden** können Belastungsschemata schreibtsch-global gespeichert und später in einem anderen Bauteil wieder geladen werden.


Hat man also einmal eine Struktur von Einwirkungen und Lastfällen erzeugt, von der man glaubt, dass sie auch bei anderen Bauteilen sinnvoll zum Einsatz kommen könnte, so bietet es sich an, diese Struktur unter einem bestimmten Namen zu speichern.

Bei einem später zu bearbeitenden Bauteil kann dann das komplette Belastungsschema geladen werden.





Im fortgeschrittenen Bearbeitungszustand, bei dem bereits Lastbilder erzeugt und den definierten Lastfällen über die Lastfallfolienauswahl zugeordnet sind, sollte auf das Laden eines kompletten Belastungsschemas verzichtet werden, da ansonsten die Lastbildzuordnung durcheinander gerät.

 Mit Hilfe des **erzeuge-Einwirkung**-Buttons wird eine neue Einwirkung erzeugt, in die Liste der bestehenden Einwirkungen im Objektbaum aufgenommen und ausgewählt, so dass ihre Eigenschaften (Abs. 5.12.1, S. 58) festgelegt werden können.


 Mit Hilfe des **erzeuge-Lastfall**-Buttons wird ein neuer Lastfall erzeugt, in die Liste der bestehenden Lastfälle im Objektbaum aufgenommen und ausgewählt, so dass seine Eigenschaften festgelegt werden können.

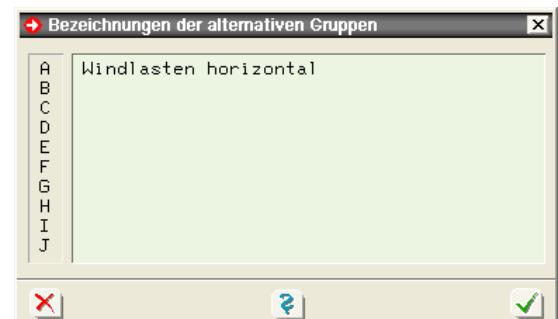
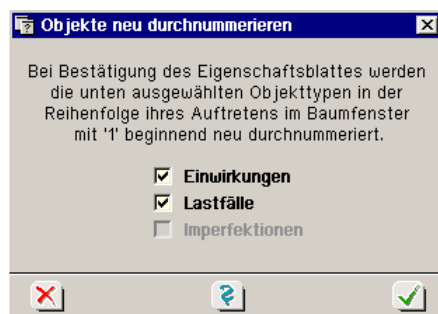
Der Lastfall wird automatisch der aktuell ausgewählten Einwirkung zugeordnet. Diese Zuordnung lässt sich jedoch über die Lastfalleigenschaften (Abs. 5.12.2, S. 58) im Nachhinein ändern.


 Mit Hilfe des **lösche-Objekt**-Buttons kann ein zuvor ausgewähltes (grün hinterlegtes) Objekt im Objektbaum gelöscht werden.


 Der **Lastfalleigenschaften**-Button liefert eine Gesamtübersicht über die bisher gemachten Festlegungen, wie nachfolgend beispielhaft dargestellt.

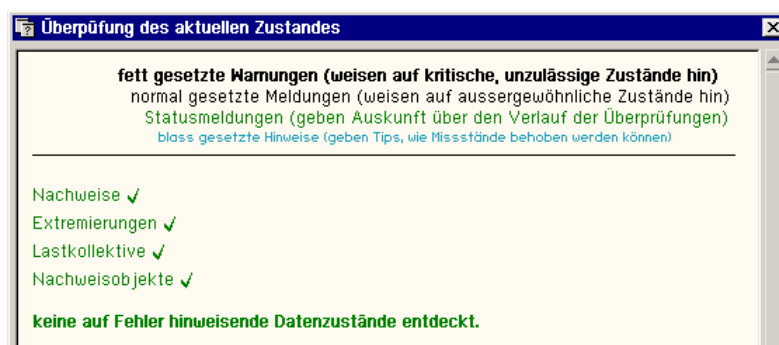
Übersicht über alle definierten Lastfälle			
Lastfall	Gruppe	Einwirkungszuordnung	(DIN 1045-1)
1 g1	A	1: Eigengewicht (ständige Lasten)	
2 g2	-	1: Eigengewicht (ständige Lasten)	
3 n1	A	2: Nutzlasten (veränderliche Nutzlasten in Versammlungs-, Verkaufsräumen)	
4 n2	-	2: Nutzlasten (veränderliche Nutzlasten in Versammlungs-, Verkaufsräumen)	
5 N3	-	2: Nutzlasten (veränderliche Nutzlasten in Versammlungs-, Verkaufsräumen)	
6 w1	A	3: Windlasten (veränderliche Windlasten)	
7 w2	A	3: Windlasten (veränderliche Windlasten)	
8 t1	-	4: Temperatur (veränderliche Temperaturlasten)	
9 t2	-	4: Temperatur (veränderliche Temperaturlasten)	
10 t3	-	4: Temperatur (veränderliche Temperaturlasten)	


 Mit Hilfe des **Numerierungs**-Buttons können die definierten Einwirkungen und Lastfälle neu (geschlossen) durchnummeriert werden. Dies bietet sich insbesondere an, wenn zwischenzeitlich erzeugte Objekte im Explorfenster im Nachhinein wieder gelöscht wurden.




 Die alternativen Lastfallgruppen können mit kennzeichnendem Text versehen werden.

 Die Datenzustandsüberprüfungsfunktion untersucht die aktuellen Definitionen auf Plausibilität. Bevor Sie das Eigenschaftsblatt mit Bestätigen verlassen, sollten Sie diese Funktion ausführen. Etwaige Warnungen können Ihnen dabei helfen, Missverständnisse im Datenzustand auszuräumen. Nachfolgend ein Beispiel, das die Fehlerfreiheit des aktuellen Datenzustandes bescheinigt.



 Das Anklicken des **abbrechen**-Buttons bewirkt, dass das Eigenschaftsblatt zur Definition von Einwirkungen und Lastfällen geschlossen wird und sämtliche Festlegungen während des Bearbeitens dieses Eigenschaftsblattes verworfen werden.

 Das Anklicken des **Hilfe**-Buttons führt Sie direkt zum Hilfetext.

 Das Anklicken des **bestätigen**-Buttons bewirkt, dass das Eigenschaftsblatt zur Definition von Einwirkungen, Lastfällen und Imperfektionen geschlossen wird und sämtliche Festlegungen während des Bearbeitens dieses Eigenschaftsblattes in den Datenbereich des grafischen Eingabemoduls übernommen werden.

Sind Einwirkungen und Lastfälle definiert, so kann im grafischen Eingabemodul auf die zugehörigen Lastfallfolien geschaltet werden, um die den Lastfällen zugeordneten Lastbilder zu erzeugen.

Weitergehende Informationen finden Sie unter Einwirkungseigenschaften (Abs. 5.12.1, S. 58) und Lastfalleigenschaften (Abs. 5.12.2, S. 58).

5.12.1

Einwirkungseigenschaften

Ist auf der linken Seite des Eigenschaftsblattes zur Verwaltung von Einwirkungen und Lastfällen eine Einwirkung markiert, so erscheint auf der rechten Seite ein Rahmen, der die Eigenschaften der Einwirkung wiedergibt und zur Bearbeitung anbietet.

Neben der Einwirkungsnummer und der Bezeichnung werden hier Angaben zur Festlegung von Teilsicherheitsbeiwerten (oberer Bereich) und Kombinationsbeiwerten (unterer Bereich) gemacht.

Das nebenstehende Beispiel zeigt die Einstellungen, wie sie für Nachweise nach DIN 1045-1 relevant sind.

Weitergehende Informationen unter Lastfalleigenschaften (Abs. 5.12.2, S. 58).

5.12.2

Lastfalleigenschaften

Ist auf der linken Seite des Eigenschaftsblattes zur Verwaltung von Einwirkungen und Lastfällen ein Lastfall markiert, so erscheint auf der rechten Seite ein Rahmen, der die Eigenschaften des Lastfalles wiedergibt und zur Bearbeitung anbietet.

Neben der Lastfallnummer und der Bezeichnung werden hier weitere Angaben verwaltet, die insbesondere für die Definition der den Nachweisen zugeordneten Überlagerungsvorschriften relevant sind.

Zunächst wird hier die Zuordnung zu einer gegebenen Einwirkung ausgewiesen. Eine Änderung bewirkt eine Umsortierung des Lastfalles im Objekt-Explorerfenster auf der linken Seite des Eigenschaftsblattes.

Wird festgelegt, dass der Lastfall keiner Einwirkung zugeordnet werden soll, so wird dieser Lastfall beim Führen der Nachweise ignoriert.

Der Lastfalltyp unterscheidet zwischen **additiven (aufteilen)** und **alternativen** Lastfällen.

Ein additiver Lastfall wirkt (günstig oder ungünstig) immer unabhängig von anderen Lastfällen. Als Beispiel für additive Verkehrslasten seien Lastfälle genannt, die feldweise Nutzlasten enthalten. Diese können jeder für sich, aber auch alle gemeinsam (jedes Feld belastet) vorkommen.

Um den Eingabeaufwand zu reduzieren, bietet #DULAB den Lastfalltyp **aufteilen** an, der eine über mehrere Abschnitte eingegebene Linienlast programmintern abschnittsweise aufteilt.



die Lastbilder dieses additiven Lastfalls werden abschnittsweise aufgeteilt – ein Feld kann mehrere Abschnitte (z.B. bei Vouten) enthalten.

Alternative Lastfälle werden zu Gruppen zusammengefasst. Hierbei gilt die Regel, dass immer nur der Lastfall einer Gruppe mit der ungünstigsten Auswirkung auf den betrachteten Nachweispunkt zur Anwendung kommt. Die Lastfälle ein und derselben alternativen Gruppe schließen einander aus.

Als Beispiele für alternative Verkehrslasten seien Windlastfälle genannt, die unterschiedliche Windrichtungen untersuchen, oder verschiedene SLW-Stellungen ein und desselben SLWs.

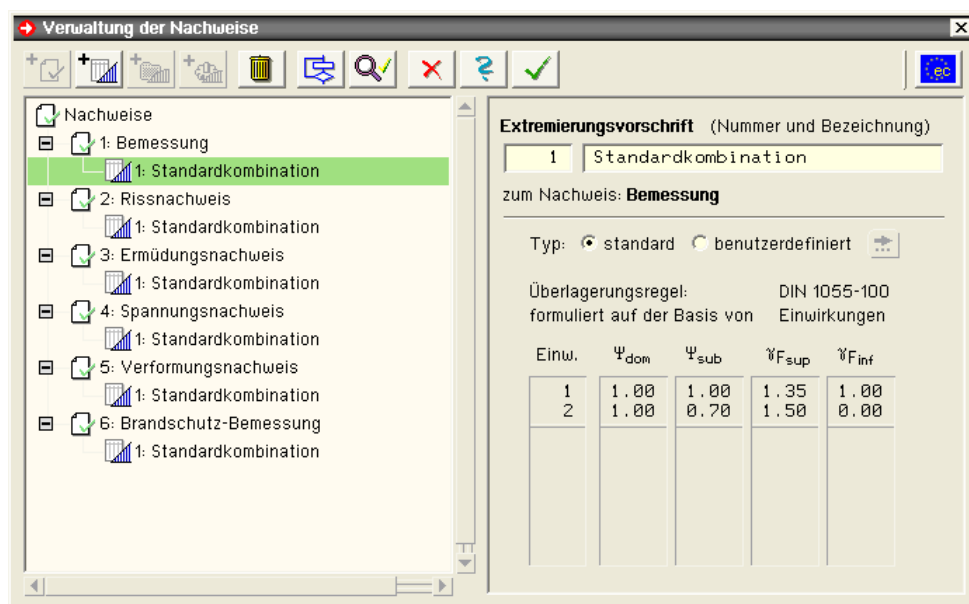
Zur Definition alternativer Lastfälle stehen 10 verschiedene Gruppen (A bis J) zur Verfügung.

5.13

Nachweise



Durch Anklicken des nebenstehend dargestellten Buttons wird das Fenster zur Definition der Nachweise aktiviert. Hierin werden für die angebotenen Nachweise Extremalbildungsvorschriften erzeugt und hinsichtlich ihrer Eigenschaften festgelegt.



Da i. A. davon auszugehen ist, dass jeder Nachweis andere Überlagerungsvorschriften zugrunde legt, sind Extremalbildungsvorschriften immer den definierten Nachweisen zugeordnet.

Im nebenstehend exemplarisch dargestellten Explorerfenster sind die bereits definierten Objekte (Nachweise und Extremalbildungsvorschriften) dargestellt. Sie können durch einfaches Anklicken ausgewählt (grün hinterlegt) werden.

Ist ein Objekt ausgewählt, so können dessen Eigenschaften auf der rechten Seite des Eigenschaftsblattes eingesehen und geändert werden (s. oben).

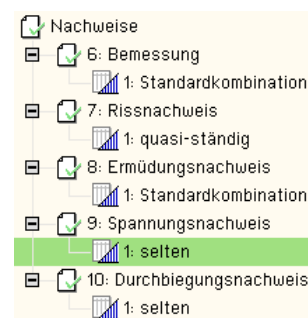
Im Kopf des Eigenschaftsblattes sind die Buttons dargestellt, die die erforderlichen Aktionen einleiten.



Im Programm #DULAB werden die möglichen normenkonformen Nachweise angeboten.

Neue Nachweise können **nicht** erzeugt werden, daher ist der **erzeuge-Nachweis**-Button deaktiviert.

Dem Nachweis können eine Nummer und eine Bezeichnung zugeordnet werden, die im Bedarfsfalle auch geändert werden können.



Da die angebotenen Nachweise eine lineare Schnittgrößenermittlung voraussetzen, wird zu Beginn mit jedem Nachweis automatisch auch eine Extremalbildungsvorschrift vom Typ *standard* erzeugt, die dem Nachweis zugeordnet ist.

Vgl. auch Eigenschaften von Nachweisen (Abs. 5.13.1, S. 61).



Mit Hilfe des Buttons **eine neue Extremalbildungsvorschrift hinzufügen** wird eine neue Extremalbildungsvorschrift erzeugt und in die Liste der bestehenden Objekte im Objektbaum eingegliedert.

Hierzu muss die Zuordnung zum Nachweis angegeben werden.

Dies geschieht in dem nebenstehend dargestellten Eigenschaftsblatt.

Der aktuell ausgewählte Nachweis ist voreingestellt.



Sämtliche Nachweise nach alter und neuer Norm werden angeboten; es darf nur ein normenkonformer Nachweis ausgewählt werden!

Die erzeugte Extremalbildungsvorschrift ist zunächst immer vom Typ *standard*. Dies kann jedoch im Nachhinein geändert werden. Vgl. auch: Eigenschaften von Extremalbildungsvorschriften (Abs. 5.13.2, S. 61).



Mit Hilfe des **lösche-Objekt**-Buttons kann ein zuvor ausgewähltes (grün hinterlegtes) Objekt im Objektbaum gelöscht werden.



Mit Hilfe des **allgemeine-Nachweiseinstellungen**-Buttons können einerseits die Kombinationsbeiwerte für Schneeeinwirkungen (Bauwerkslage) und andererseits die Material sicherheitsbeiwerte für Tragfähigkeitsnachweise beeinflusst werden.

Bemessungssituation	γ_C	γ_S
ständig u. vorübergehend	1,50	1,15
Ermüdungsnachweis	1,50	1,15
Erdbeben	1,50	1,15
außergewöhnlich	1,30	1,00



Die Datenzustandsüberprüfungsfunktion untersucht die aktuellen Definitionen auf Plausibilität.




Bevor Sie das Eigenschaftsblatt mit **Bestätigen** verlassen, sollten Sie diese Funktion ausführen. Etwaige Warnungen können Ihnen dabei helfen, Missverständnisse im Datenzustand auszuräumen.

Nachfolgend ein Beispiel, das die Fehlerfreiheit des aktuellen Datenzustandes bescheinigt.

fett gesetzte Warnungen (weisen auf kritische, unzulässige Zustände hin)
normal gesetzte Meldungen (weisen auf aussergewöhnliche Zustände hin)
Statusmeldungen (geben Auskunft über den Verlauf der Überprüfungen)
blau gesetzte Hinweise (geben Tipps, wie Missstände behoben werden können)

- Nummerierung der Lastobjekte ✓
- Einwirkungen ✓
- Lastfälle ✓
- alternative Lastfallgruppen ✓
- Imperfektionen ✓

keine auf Fehler hinweisende Datenzustände entdeckt.

-  Das Anklicken des **abbrechen**-Buttons bewirkt, dass das Eigenschaftsblatt zur Definition der Nachweise geschlossen wird und sämtliche Festlegungen während der Bearbeitung dieses Eigenschaftsblattes verworfen werden.
-  Das Anklicken des **Hilfe**-Buttons führt Sie direkt zum Hilfetext.
-  Das Anklicken des **bestätigen**-Buttons bewirkt, dass das Eigenschaftsblatt zur Definition der Nachweise geschlossen wird und sämtliche Festlegungen während der Bearbeitung dieses Eigenschaftsblattes in den Datenbereich des grafischen Eingabemoduls übernommen werden.

5.13.1

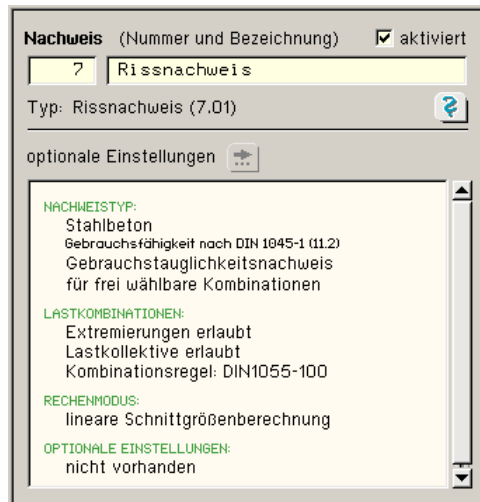
Nachweiseigenschaften

Ist auf der linken Seite des Eigenschaftsblattes zur Festlegung der zu führenden Nachweise ein Nachweis ausgewählt (grün hinterlegt), so können dessen Eigenschaften auf der rechten Seite eingesehen und bearbeitet werden.

Ein Nachweis kann aktiviert und deaktiviert werden, je nachdem, ob er geführt werden soll oder nicht. Der Nachweis hat eine Nummer und eine Bezeichnung, die im oberen Teil auf der rechten Seite editiert werden kann.

Ein Klick auf das Fragezeichen liefert weitere Hilfestellungen zum zugrundeliegenden Nachweistyp.

In dem großen Fenster auf der rechten Seite sind die wichtigsten Eigenschaften des Nachweises gelistet. Man beachte, dass diese Eigenschaften im Wesentlichen vom Nachweistyp abhängen.



Damit der Nachweis überhaupt geführt werden kann, ist jedem Nachweis mindestens eine Extremalbildungsvorschrift zuzuordnen. Die Extremalbildungsvorschriften beschreiben, aus welcher Lastkombination sich die nachzuweisenden (bzw. zu bemessenden) Schnittgrößen ergeben.

5.13.2

Extremalbildungsvorschriften

Eine Extremalbildungsvorschrift ist eine Vorschrift, die dem Extremierungsprozess des Rechenprogramms sagt, wie die linear berechneten Schnittgrößen der einzelnen Lastfälle überlagert werden sollen, um zu den nachzuweisenden extremalen Zustandsgrößen zu gelangen.

Wir unterscheiden zwei unterschiedliche Formen von Extremalbildungsvorschriften, auch Kombinationsregeln genannt:

5.13.2.1

Variation führender und nicht führender Einwirkungen

Grundlage für diesen Algorithmus sind die Vorschriften der DIN 1045-1.

Um der Unwahrscheinlichkeit Rechnung zu tragen, dass alle Verkehrslastfälle gleichzeitig in ihrer maximalen Intensität ungünstig auf das Bauteil einwirken, dürfen nach der o.a. Norm die Lastordinaten nicht führender Einwirkungen abgemindert werden. Diese Abminderung geschieht mit Hilfe der Kombinationswerte, die ihrerseits von den Einwirkungseigenschaften ab-

hängen.

Hierbei ist jedoch jede Einwirkung als führende Einwirkung (mit den jeweils anderen Einwirkungen als nicht führende Einwirkungen) kombinatorisch zu untersuchen.

Ebenfalls müssen hierbei günstige und ungünstige Einwirkungen variiert werden, um zu minimalen und maximalen Schnittgrößen zu gelangen.

Näheres s. Handbuch *Das pcae-Nachweiskonzept – Theorie* (im pdf-Format auch auf der Installations-CD oder im Internet).

Die Extremalbildungsvorschrift wird durch eine Tabelle beschrieben, in der für jede Einwirkung folgende Faktoren vorzugeben sind:

Ψ_{dom}	Kombinationsbeiwert für die Einwirkung als führende Einwirkung
Ψ_{sub}	Kombinationsbeiwert für die Einwirkung als nicht führende Einwirkung
γ_{sup}	Sicherheitsbeiwert für eine ungünstig wirkende Laststellung
γ_{inf}	Sicherheitsbeiwert für eine günstig wirkende Laststellung

5.13.2.2 vereinfachende Untersuchungen nach alten Normen

Grundlage hierfür: DIN 1045

Die Überlagerungsregel *alte Norm* enthält keine Mechanismen zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens unterschiedlicher Einwirkungen. Es gilt die vereinfachte Regel, dass ständig wirkende Einwirkungen ständig wirken und nicht ständig wirkende Einwirkungen nur bei der Überlagerung berücksichtigt werden, wenn sie sich auf die betrachtete Schnittgröße ungünstig auswirken.

Hieraus resultiert die vereinfachte Tabelle, in der jeder Einwirkung folgende Faktoren zuzuordnen sind:

γ_{Fsup}	Sicherheitsbeiwert für eine ungünstig wirkende Laststellung
γ_{Finf}	Sicherheitsbeiwert für eine günstig wirkende Laststellung

5.13.2.3 Standard oder benutzerdefiniert

Wenn ein Nachweis erzeugt wird, dem eine lineare Schnittgrößenberechnung zugrunde liegt, so wird automatisch eine Extremalbildungsvorschrift vom Typ *standard* generiert und dem Nachweis zugeordnet.

Da dem Eingabemodul zum einen die Anzahl und die Eigenschaften der definierten Einwirkungen, zum anderen die dem Nachweis zugrunde liegende Norm bekannt sind, kann das Eingabemodul die hierzu erforderlichen Faktoren automatisch bestimmen.

Eine Extremalbildungsvorschrift vom Typ *standard* kann nicht vom Benutzer geändert werden. Gegenüber dem benutzerdefinierten Typ hat er jedoch den Vorteil, dass er bei Änderung der Einwirkungseigenschaften (bzw. beim Hinzufügen oder Löschen von Einwirkungen) automatisch aktualisiert wird.



pcae hat nach intensivem Studium der zugrundeliegenden Normen die Vorbelegung des Standardtyps mit größter Sorgfalt vorgenommen. Insbesondere die Faktorisierung der Tabellen nach DIN 1045-1 in Abhängigkeit des Nachweistyps und der Einwirkungseigenschaften sind recht kompliziert und somit fehleranfällig. Wir empfehlen unseren Benutzern, hierbei nicht ohne Not vom Standardtyp abzuweichen.

5.13.2.4 die benutzerdefinierte Extremalbildungsvorschrift

Der benutzerdefinierte Typ ermöglicht dem Anwender, die Tabelleninhalte nach eigenem Ermessen frei einzugeben. Des Weiteren wird hierfür ein Werkzeug angeboten, bei dem der Benutzer die beteiligten Einwirkungen auswählen und die hieraus resultierenden Faktoren vom Programm bestimmen lassen kann.

Klicken Sie hierzu zunächst auf **benutzerdefiniert** und sodann auf den daneben stehend angebotenen **bearbeiten**-Button. Es erscheint das nachfolgend dargestellte Eigenschaftsblatt, in dem die an der Extremalbildungsvorschrift beteiligten Einwirkungen auf der rechten Seite durch

Anklicken oder Umfahren an- bzw. abgewählt werden können.

Typ: ☐ standard ☒ benutzerdefiniert

Überlagerungsregel:

Überlagerungsbasis:

Nachweistyp:

Kombinationstyp:

alle Einstellungen auf **Standard** setzen

Auswahl der an der Extremierung beteiligten Einwirkungen

- ☒ 1: Eigengewicht
- ☒ 2: Nutzlasten
- ☒ 3: Windlasten
- ☒ 4: Temperatur

Auf der linken Seite können Sie ggf. die Überlagerungsregel, die Überlagerungsbasis (Einwirkungen oder Lastfälle, Extremalbildungsvorschriften werden i.d.R. auf der Basis von Einwirkungen beschrieben) den Nachweistyp (Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit, hier nur DIN 1045-1) und den Kombinationstyp für ständig wirkende Einwirkungen (unterschiedliche Kombinationen von Sicherheitsbeiwerten für günstig/ungünstige Auswirkungen) festlegen.

Bei einigen Nachweisen sind die Änderungen einiger Einstellungen nicht erlaubt, da andernfalls die Sicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen nicht mehr zu den Materialsicherheitsbeiwerten passen.

Das direkte Editieren der Tabellen einer Extremalbildungsvorschrift vom Typ *benutzerdefiniert* ist dem Benutzer jederzeit möglich. Dies sollte mit gebotener Vorsicht und dem Wissen um die Interna der Überlagerungsregel durchgeführt werden.

5.14 Lastbilder erzeugen



Hinter diesem Symbol verbergen sich die Buttons zur Erzeugung von Linienlasten (Abs. 5.14.1, S. 64) und Punktlasten (Abs. 5.14.2, S. 65).

5.14.1 Linienbelastung

An dieser Stelle können streckenweise Lastbilder in Form von Linienlasten verschiedenster Lastgeometrien, Eigengewichts- oder Temperaturlasten erzeugt werden.

Die Last wird bezüglich zweier Ankerpunkte definiert und verwaltet. Die Last kann an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein und entweder an der Ober- oder Unterkante des Querschnitts angreifen (gilt nicht für Eigengewichts- oder Temperaturlasten).

Je nach Lastangriff und Wirkungsrichtung (Lastangriff unten und positive Lastordinate bzw. Lastangriff oben und negative Lastordinate) wird eine **Aufhängebewehrung** ausgewiesen, die der Schubbewehrung zugeordnet wird.



Die Verwaltung der Einwirkungen (Abs. 5.12, S. 56) bzw. Teileinwirkungen kann über das **Ordner**-Symbol erreicht werden.

Es herrscht eine streng hierarchische Beziehung zwischen Lastbild, Lastfall (Teileinwirkung) und Einwirkung. Ein Lastbild ist eindeutig einem Lastfall (bzw. einer Teileinwirkung) zugeordnet, der (die) wiederum eindeutig einer Einwirkung angehört.

q_a	Anfangslastordinate in kN/m
q_e	Endlastordinate in kNm/m
γ	Betonwichte in kN/m ³
T_o, T_u	Temperatur in °K
a, e	Angriffspunkte bzgl. eines Ankers
l	Länge der Lastlinie



Über das **Mülleimer**-Symbol kann die Linienbelastung gelöscht werden.

5.14.2

Punktbelastung

Es kann entweder eine punktförmige Einzellast (Kraft oder Biegemoment) oder eine Lagerzwangsverformung erzeugt werden.

Die Last kann an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein und entweder an der Ober- oder Unterkante des Querschnitts angreifen (gilt nicht für Lagerzwangsverformung).

Je nach Lastangriff und Wirkungsrichtung (Lastangriff unten und positive Lastordinate bzw. Lastangriff oben und negative Lastordinate) wird eine **Aufhängebewehrung** ausgewiesen.

Die **Zwangsverformung** ist stets einem Lager zuzuordnen.



Die Verwaltung der Einwirkungen (Abs. 5.12, S. 56) bzw. Teileinwirkungen kann über das **Ordner**-Symbol erreicht werden.

Es herrscht eine streng hierarchische Beziehung zwischen Lastbild, Lastfall (Teileinwirkung) und Einwirkung. Ein Lastbild ist eindeutig einem Lastfall (bzw. einer Teileinwirkung) zugeordnet, der (die) wiederum eindeutig einer Einwirkung angehört.

F	Einzellast in kN
M	Einzelmoment in kNm
Δw	Verschiebung in mm
$\Delta \varphi$	Verdrehung in mm/m
a	Angriffspunkt bzgl. eines Ankers



Über das **Mülleimer**-Symbol kann die Punktbelastung gelöscht werden.



Hinter diesem Symbol verbergen sich die Buttons zur Erzeugung und Bearbeitung von Trägeröffnungen (Abs. 5.15.1, S. 66) und (Quer-)Schnitten (Abs. 5.15.2, S. 70).

5.15.1

Aussparung

In diesem Eigenschaftsblatt können beliebig viele Aussparungen definiert und bearbeitet werden.

Eine Aussparung muss sich einschließlich ihrer Bewehrung innerhalb eines Trägerabschnitts befinden und darf bei Plattenbalken bzw. Überzügen den Steg nicht verlassen.

Da das Bemessungsverfahren von einem ungestörten Trägerbereich ausgeht, in dem sich die Aussparung befindet, muss eine Störzone von mindestens der statischen Trägerhöhe links und rechts vom Rand der Aussparung frei sein. D.h. der Abstand der linken und rechten Aussparungskante vom jeweiligen Auflagerrand muss mindestens der statischen Trägerhöhe entsprechen.

Analog gilt dies auch für den Abstand zweier Aussparungen voneinander (der Abstand muss zweimal der statischen Trägerhöhe entsprechen).

Die Aussparung kann wahlweise nach Heft 399, DAfStb oder Heft 599, DAfStb, bemessen (Abs. 5.15.1.1, S. 67) und bewehrt werden. Die Auswahl erfolgt in den Grundeinstellungen (Abs. 4.1, S. 12).

Mit **neu** wird eine neue Aussparung angelegt, deren Parameter lauten:

- x_A Abstand der Aussparungsmitte vom Systemanfang gemessen in m
- e_o Abstand der Aussparung vom Obergurt gemessen in cm
- e_u Abstand der Aussparung vom Untergurt gemessen in cm
- Verteilungszahl Querkraftanteil auf den Druckgurt (= 0: Aufteilung n. Gurtsteifigkeiten)
- l_A Länge der Aussparung in cm
- h_{so2} Stahlrandabstand des Obergurts zur Öffnung (s. auch Querschnittseingabeblatt (Abs. 4.2.3, S. 14) h_{so}) in cm
- h_{su1} Stahlrandabstand des Untergurts zur Öffnung (s. auch Querschnittseingabeblatt (Abs. 4.2.3, S. 14) h_{su}) in cm

Für den Bewehrungsvorschlag sind maßgebend

- d_{so2} Stabdurchmesser des Obergurts an der Öffnung (s. auch Bewehrungseingabeblatt (Abs. 5.10, S. 49) d_{so}) in mm
- d_{su1} Stabdurchmesser des Untergurts an der Öffnung (s. auch Bewehrungseingabeblatt (Abs. 5.10, S. 49) d_{su}) in mm
- $d_{sbl} = d_{sbr}$ Stabdurchmesser der Bügel links und rechts neben der Öffnung (s. auch Bewehrungseingabeblatt (Abs. 5.10, S. 49) d_{sb}) in mm



Bestehende Aussparungen können über den **deakt.**-Schalter deaktiviert werden, d.h. sie werden in dieser Entwicklungsphase nicht bemessen, sind aber noch da.



Über den **gelöscht**-Schalter wird die aktuelle Aussparung aus dem Datensatz entfernt.

Bei Bestätigen des Aussparungseigenschaftsblatts werden die definierten Aussparungen nach ihrer positiven Lage im Träger sortiert und ihre Parameter überprüft. Sich überschneidende

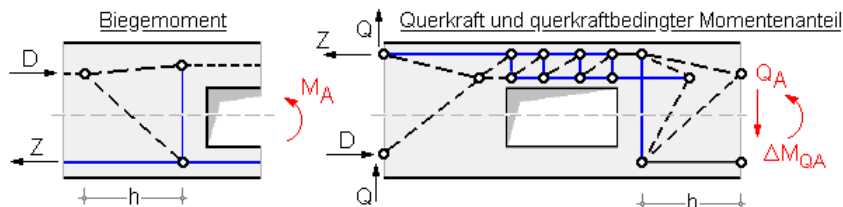
Aussparungen werden gelöscht.

Die Eingabedaten werden sofort ausgewertet und das Bemessungsergebnis in den Längsschnitt des Bewehrungsvorschlags eingearbeitet. Dieses wird durch Aktivierung des Aussparungs-Rechtecks im Längsschnitt am Bildschirm angezeigt.

5.15.1.1

Bemessung und Bewehrungsführung

Die Aussparung wird derart bemessen, dass der Querschnitt trägt, als wäre keine Öffnung vorhanden. Verfahren: Vereinfachtes Stabwerksmodell bei verschiedenartiger Beanspruchung:



Durch die Öffnung ergeben sich ein oberer und ein unterer Querschnitt, deren Schwerpunktsabstände den Hebelarm z bilden.

Das Moment wird aufgelöst in eine Zug- und eine Druckkraft $Z = -D = M_A / z$.

Entsprechend der Verteilungszahl wird die Querkraft Q_A auf den Druck- bzw. Zuggurt verteilt und liefert einen lokalen Momentenanteil. Ist die Verteilungszahl = 0, erfolgt die Aufteilung unter Beachtung des Nachweisverfahrens (s. Abs. 4.1, S. 12) automatisch. Die Beschreibung der Berechnungsverfahren s. Abs. 5.15.1.2, S. 68.

Es ergeben sich jeweils für oben und unten die Bemessungsschnittgrößen N , Q , M_l und M_r .

Aus der Biegebemessung erhält man die Längsbewehrungen A_{so1} , A_{su1} (Obergurt) bzw. A_{so2} , A_{su2} (Untergurt); aus der Schubbemessung die Bügelbewehrung $a_{sbü1}$ (Obergurt) und $a_{sbü2}$ (Untergurt).

Außerdem wird eine **Aufhängebewehrung** für die anteilige Querkraft im Druckbereich ($A_{sbü1}$ und $A_{sbü2}$) angeordnet.

Auf der sicheren Seite liegend wird im Obergurt an der Oberseite (betrifft A_{so1}) und im Untergurt

an der Unterseite (betrifft A_{su2}) die Differenz zur Bewehrung aus Biegebemessung ohne Aussparung (Zulage ΔA_{so} und ΔA_{su}) ausgewiesen und bewehrt.

Dagegen schließen Bügelbewehrungen im Bereich der Aussparung die Schubbewehrung des ungestörten Trägers aus.

Ein Betätigen der Bewehrungsschalter führt in die Eigenschaftsblätter zur Bewehrungsführung für die Längs- (Abs. 5.15.1.4, S. 69) und Bügel-Bewehrung (Abs. 5.15.1.5, S. 69).

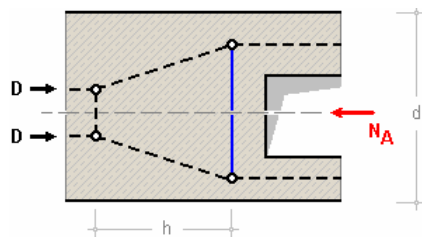
5.15.1.2

Biegebemessung

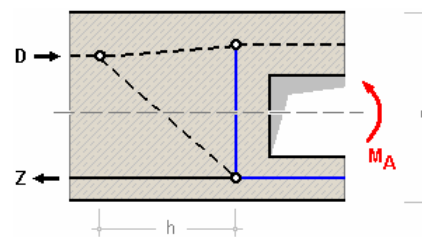
Es können Rechteck- und Plattenbalken-Querschnitte mit einer großen rechteckigen Öffnung bemessen werden. Für auflagernahe Öffnungen (d.h. $M/V < 1$) sind die Verfahren jedoch nicht geeignet.

Es werden verschiedene vereinfachte Stabwerksmodelle bei unterschiedlicher Beanspruchung herangezogen.

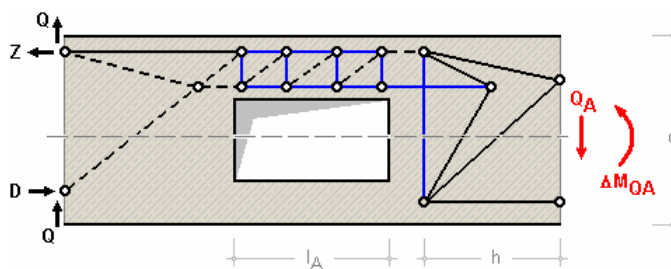
Normalkraft



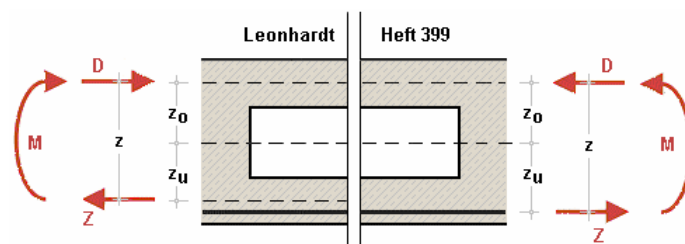
Biegemoment



Querkraft und querkraftbedingter Momentenanteil



Je nach Bemessungsverfahren ergeben sich für den Nachweis unterschiedliche Querschnittsgrößen und Schnittkraftverteilungen



5.15.1.2.1

Verfahren nach Heft 399

Bei einer Bemessung nach Heft 399, DAfStb, wird angenommen, dass die anteilige Zugkraft aus dem Moment M_m ihren Angriffspunkt in der entsprechenden Stahllage hat.

Es wird angenommen, dass sich das Moment gleichmäßig auf die beiden Gurte in eine Zug- und Druckkraft aufteilt.

$$(-) D = Z = M_m / z$$

Weiterhin wird angenommen, dass sich die Normalkraft N_m anteilig der Querschnitte aufteilt und in den jeweiligen Schwerpunkten der Gurte mit den Abständen z_0 bzw. z_u angreift. D und Z werden lediglich aufaddiert.

$$N_o = N_m \cdot z_u / z + D \dots \text{und} \dots N_u = N_m \cdot z_o / z + Z$$

Die Querkraften Q_o und Q_u ergeben sich unter der Berücksichtigung der Steifigkeiten des ungerissenen Ober- bzw. Untergurts

$$Q_o = Q \cdot K_{B,o} / (K_{B,o} + K_{B,u}) \dots \text{und} \dots Q_u = Q \cdot K_{B,u} / (K_{B,o} + K_{B,u}) \dots \text{mit} \dots$$

$$K_{B,o} = \kappa \cdot (E \cdot I_o) \dots \text{und} \dots K_{B,u} = \kappa \cdot (E \cdot I_u)$$

$$\kappa = 0.65 \quad \text{vereinfachend n. Heft 240, DAfStb, Gl. (1.9)}$$

Genauere Untersuchungen (Hottmann/Schäfer, Schellenbach-Held/Ehmann) haben ergeben, dass der Nulldurchgang x des Momentenverlaufs über die Aussparungslänge nicht zwangsläufig in der Mitte der Aussparung liegt

$$x = M_m / Q_m \cdot \alpha / (1 + \alpha) \dots \text{mit} \dots$$

$$\alpha = (1/A_o + 1/A_u) \cdot (I_o + I_u) / z^2$$

Die an der rechten bzw. linken Seite insgesamt erforderliche **Aufhängebewehrung** $A_{Q,AI}$ bzw. $A_{Q,Ar}$ in Form von Bügeln berechnet sich aus der resultierenden Zugkraft infolge der Kraftumlenkung von N , Q und M am rechten bzw. linken Rand der Aussparung

$$Z_{v,r} = Z_{u,N} + Z_{u,M} + Z_{Q+\Delta M,r} \dots \text{und} \dots Z_{v,l} = Z_{u,N} + Z_{u,M} + Z_{Q+\Delta M,l} \dots \text{mit} \dots$$

$$Z_{u,N} = 0.25 \cdot N_m \cdot h_A / d \quad \text{unter Annahme eines Umlenk winkels von } \alpha = 30^\circ$$

$$Z_{u,M} = 0.4 \cdot D \cdot (x_1 - d_o) / h \dots \text{mit} \dots x_1 = \text{Höhe der Druckzone außerhalb der Aussparung}$$

$$Z_{Q+\Delta M,r} = Q_o \cdot (1 + 0.1 \cdot l_A / h + 0.33 \cdot l_A / d_o)$$

$$Z_{Q+\Delta M,l} = Q_u \cdot (1 + 0.1 \cdot l_A / h + 0.33 \cdot l_A / d_u)$$

$$A_{Q,AI} = Z_{v,r} / z_{ul} \sigma_s$$

$$A_{Q,Ar} = Z_{v,l} / z_{ul} \sigma_s$$

5.15.1.2.2

Verfahren nach Heft 599

Die Bemessung nach Heft 599, DAfStb, unterscheidet sich nur in wenigen Punkten von der oben beschriebenen Bemessung nach Heft 399, DAfStb.

Das Verteilungsverhältnis der Querkraft wird iterativ mit den effektiven Steifigkeiten der Gurte ermittelt (näherungsweise nach Heft 240, DAfStb, Kap. 1.3.3).

Der Nulldurchgang des Momentenverlaufs wird in der Mitte der Aussparung angenommen.

Die Normalkraft im Druckgurt wirkt im Schwerpunkt, sodass kein zusätzliches lokales Moment infolge Ausmitte entsteht. Das lokale Moment ergibt sich damit zu z.B. Druckgurt oben

$$M_{Eds,o} = V_{Ed,o} \cdot l_A / 2 - N_{Ed,o} \cdot z_o$$

5.15.1.3

Schubbemessung

Zur Schubbemessung s. [pcae](http://www.pcae.de)-Stahlbetontheorie (im Internet www.pcae.de *Stahlbetontheorie*).

5.15.1.4

Längsbewehrung

Das Eigenschaftsblatt zur Modifikation der Längsbewehrung einer Aussparung gibt an, wie viele Stähle des im Eigenschaftsblatt *Bewehrungsführung* (Abs. 5.10, S. 49) angegebenen Durchmessers von x_a bis x_e anzuordnen sind.

Sämtliche Parameter können verändert werden.

Zur Information werden die sich ergebende Bewehrung vorh A_s sowie die Verankerungslänge L_v und die daraus resultierende Gesamtlänge L_{ges} angezeigt.



Über das **Mülleimer**-Symbol werden die zugehörigen Stabpositionen entfernt. Sie können jedoch wieder **zurückgeholt** werden.

5.15.1.5

Bügelbewehrung

Das Eigenschaftsblatt zur Modifikation der Bügelbewehrung einer Aussparung gibt an, wie viele Bügel des im Eigenschaftsblatt *Bewehrungsführung* (Abs. 5.10, S. 49) angegebenen Durchmessers und der Schnittigkeit n_s zwischen x_a und x_e anzuordnen sind.

Der Abstand der Bügel s kann neben dem Bügeldurchmesser verändert werden.

Zur Information wird die sich ergebende Bewehrung a_{sb} angezeigt.



Über das **Mülleimer**-Symbol werden die zugehörigen Bügelpositionen entfernt. Sie können jedoch wieder **zurückgeholt** werden.

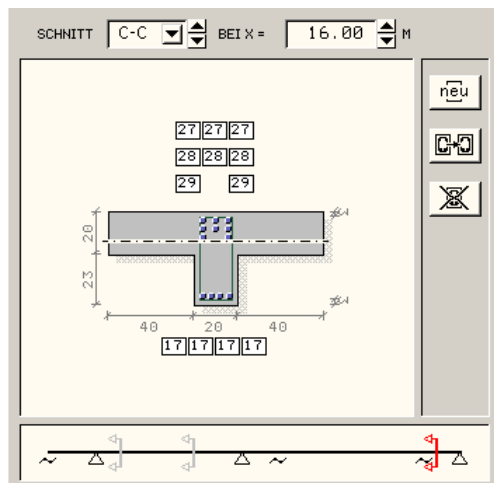
5.15.2

Schnitte

In diesem Eigenschaftsblatt können beliebig viele Schnitte innerhalb des Durchlaufträgers definiert und bearbeitet werden.

Mit **neu** wird ein neuer Schnitt angelegt, der nach Eingabe einer zulässigen x-Koordinate bezogen auf den Trägerlängsschnitt in einem separaten Schnitt-Fenster dargestellt wird.

In den aktuellen Betonquerschnitt (einschließlich Aussparungen) wird die im Schnitt vorhandene Bewehrung eingetragen und über Positionsnummern gekennzeichnet.



Weiterhin können bestehende Schnitte über die rechts angeordneten Schalter kopiert und gelöscht werden.

Nach Beenden des Schnittmenüs werden die Schnitte nach ihrer positiven Lage im Träger sortiert und mehrfach vorkommende Schnitte gelöscht.

5.16

automatische Berechnung

BERECHNUNG

auto

start

Ist der Schalter zum Berechnungsablauf auf **automatisch** gestellt, wird nach jeder Modifikation des Systems oder der Belastung sofort und online am Bildschirm eine Neuberechnung durchgeführt.

In Ausnahmefällen (besonders bei einer Neueingabe des Durchlaufträgers) kann es jedoch sinnvoll sein, die Berechnung erst zu einem späteren Zeitpunkt zu **starten**.

Die Deaktivierung des **auto**-Schalters führt bei Bedarf einer Neuberechnung zur Aktivierung des **start**-Schalters.

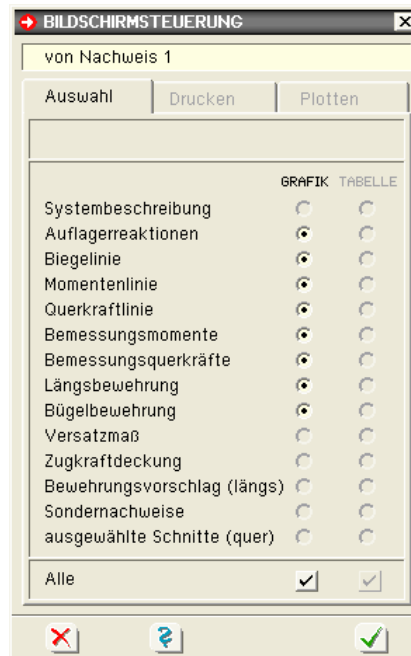
5.17

Bildschirmsteuerung



Die Bearbeitung eines Durchlaufträgers erfordert häufig die Begutachtung weniger ausgewählter Ergebnisse. Im Eigenschaftsblatt zur Bildschirmsteuerung können die betreffenden Datensätze aktiviert werden, sodass in der Ergebnisebene nur noch die maßgebenden Grafiken erscheinen.

Die zahlenmäßige Darstellung der Ergebnisse erfolgt in einer separaten Druckliste (Abs. 5.18, S. 71).



5.18

Ergebnisse einsehen



Nach Anklicken des nebenstehend dargestellten Buttons werden die erzielten Ergebnisse im DTE®-Viewer auf dem Bildschirm dargestellt.

Zur Funktionalität des DTE®-Viewers s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.

Es ist dabei zu beachten, dass die Einstellungen zur Bildschirmsteuerung (Abs. 5.17, S. 71) berücksichtigt werden, d.h. die tabellarische Ergebnisvisualisierung erfolgt nur für die ausgewählten Datensätze.

5.19

Ergebnisfenster

Im Ergebnisfenster werden die vorhandenen Ergebnisdatensätze in einer Liste angezeigt.

Es wird unterschieden zwischen Berechnungsergebnissen, Bemessungs- bzw. Nachweisergebnissen und dem Bewehrungsvorschlag. Sie bilden die Datengrundlage für Bildschirm- und Druckausgabe.

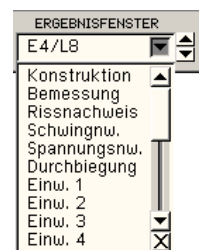
Zu den Berechnungsergebnissen zählen die extremalen Ergebnisse einer Einwirkung ,e' (Kennung: Einw. ,e') sowie die einzelnen Lastfallergebnisse (Kennung E,e'/L,l' für additive oder alternative Lastfälle ,l' bzw. E,e'/L,l'/#,f' für aufgeteilte Lastfälle ,l' im Feld ,f').

Diese liefern Schnittgrößenverteilungen und Lagerreaktionen.

Bemessungs- bzw. Nachweisergebnisse beziehen sich auf die definierten Nachweise.

Sie geben zusätzlich zu den extremalen Schnittgrößen und Lagerreaktionen die Bemessungsergebnisse an.

Der Bewehrungsvorschlag (Kennung: Konstruktion) baut auf den extremalen Bemessungsergebnissen auf und führt über die Zugkraftdeckungslinie zum Längsschnitt mit der vorhandenen Bewehrung.





Die Ausdrucksteuerung gliedert sich in drei Themenschwerpunkte, die über Registerblätter eingesehen und modifiziert werden können.

5.20.1

Register Ergebnisauswahl

Im ersten Blatt wird eine Liste der möglichen Ergebnissätze angezeigt. Hieraus kann zunächst der als Grafik und/oder Tabelle auszudruckende Ergebnisdatensatz ausgewählt werden.

Der Umfang der tabellarischen Ausgabe kann **maximal** oder **minimal** erfolgen, d.h. dass die Tabelle entweder jeden Berechnungspunkt oder je Trägerabschnitt die Rand- und Extrempunkte (Berechnungspunkte mit extremalen Ergebniswerten) enthält.

Die Liste enthält immer sämtliche Ergebnissätze, so dass unabhängig von der Darstellungsauswahl im Ergebnisfenster der Umfang der Druckliste festgelegt werden kann.

5.20.2

Register Drucken/Plotten

Das zweite Registerblatt ist unterteilt in zwei Fenster, von denen das obere weitere Einstellungen zum Statikausdruck verwaltet, während das untere Parameter zur Erstellung des Bewehrungsplans enthält.

Im oberen Fenster können zusätzlich zu den von **pcae** fest implementierten Erläuterungen die Positionsbezeichnung sowie Erläuterungen zu Systemeingabe, Bemessungsangaben oder Ergebnissen textlich fixiert werden (**bearbeiten**-Button). Diese Texte werden in jedem Fall ausgegeben, auch wenn der Button **ohne Erläuterungen** aktiviert ist.

Der Button **ohne Erläuterungen** übersteuert die im ersten Registerblatt vorgenommene Einstellung des Tabellenumfangs. Bei Aktivierung wird eine minimale Ausgabe ohne erläuternde Texte (z.B. über den Tabellen) erzeugt.

Unter Umständen ist es interessant, an festen Stellen des Durchlaufträgers eine Berech-

nung/Bemessung zu erzwingen. Zu diesem Zweck kann der Anwender eine beliebige Menge an Ausgabepunkten definieren, die dann als reguläre Unterteilungspunkte des Trägers berechnete (nicht interpolierte) Werte liefern.

Das untere Fenster regelt die Abmessungen und Maßstäbe der von #DULAB zu erstellenden Plotzeichnung, die über das DTE®-Modul *Planerstellung* (s. DTE®-Handbuch) weiter bearbeitet bzw. geplottet werden kann.



Über das **Drucker**-Symbol in der unteren Befehlsleiste wird die Statik für die aktuellen Einstellungen direkt ausgedruckt.



Über das **Vorschau**-Symbol in der unteren Befehlsleiste wird die Statik für die aktuellen Einstellungen sofort als Statikausdruck am Bildschirm angezeigt.



Über das **Sichern/Laden**-Symbol in der unteren Befehlsleiste können die aktuellen Einstellungen in einer Bibliothek abgespeichert werden.

Andersherum können früher abgespeicherte Inhalte (auch aus anderen Bauteilen) in das Eigenschaftsblatt eingeladen werden.

5.21

Datensicherung



Während des Bearbeitungsvorgangs können die bereits eingegebenen Daten über diesen Schalter zwischengespeichert werden.

5.22

Beenden der Bearbeitung



Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird die Bearbeitung der aktuellen Position beendet. In einem nachfolgend auf dem Sichtgerät erscheinenden Eigenschaftsblatt können Sie sich entscheiden, ob die aktuell bearbeiteten Daten der Position gespeichert oder ignoriert werden sollen.

- /1/ D. Bertram & N. Bunke: Erläuterungen zu DIN 1045 Beton und Stahlbeton, Ausg. 07.88, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- /2/ E. Grasser: Bemessung für Biegung mit Längskraft, Schub und Torsion, Betonkalender Teil I, Verlag Ernst und Sohn, 1985
- /3/ Grasser / Thielen: Heft 240, DAFStb
- /4/ D. Bertram: Erläuterungen zu DIN 4227 Spannbeton (Teil I, Abschnitt 12), Heft 320, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- /5/ P. Schießl: Grundlagen der Neuregelung zur Beschränkung der Rissbreite, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- /6/ P. Noakowski: Verbundorientierte, kontinuierliche Theorie zur Ermittlung der Rissbreite, Beton- und Stahlbetonbau 80 (1985), Nr. 7+8
- /7/ F. Leonhardt & E. Mönning: Vorlesungen über Massivbau, Dritter Teil: Grundlagen zum Bewehren im Stahlbetonbau, Springer-Verlag, 1977
- /8/ R. Eligehausen & R. Gerster: Das Bewehren von Stahlbetonbauteilen, Heft 399, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1993
- /9/ U. Hottmann & K. Schäfer: Bemessen von Stahlbetonbalken und -wandscheiben mit Öffnungen, Heft 459, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1996
- /10/ F. Leonhardt & E. Mönning: Vorlesungen über Massivbau, Zweiter Teil: Sonderfälle der Bemessung im Stahlbetonbau, Springer-Verlag, 1986
- /11/ M. Jennewein & K. Schäfer: Standardisierte Nachweise von häufigen D-Bereichen, Heft 430, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1992
- /12/ DIN 1045, 7.88: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung, Juli 1988
- /13/ DIN 1045-1, 7.01: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Juli 2001
- /14/ Berichtigung 2 zu DIN 1045-1: 2001-07, Juni 2005
- /15/ Normenausschuss Bauwesen (NABau) - Stand der Auslegungen, Deutsches Institut für Normung e.V., www.nabau.din.de
- /16/ Erläuterungen zu DIN 1045-1, Heft 525, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 2003
- /17/ DIN 1045 Tragwerke aus Beton und Stahlbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Kommentierte Kurzfassung, 2. überarbeitete Auflage, Fraunhofer IRB Verlag und Beuth Verlag, 2005
- /18/ Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1: Hochbau, 2. Auflage, Ernst und Sohn Verlag, 2005
- /19/ R. Avak: Stahlbetonbau in Beispielen, Teil 1, 4. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Werner Verlag, 2004
- /20/ A. Goris: Stahlbetonbau-Praxis nach DIN 1045 neu, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, Bauwerk Verlag GmbH, 2004
- /21/ O. Wommelsdorff: Stahlbetonbau – Bemessung und Konstruktion, Teil 1 + 2, Werner Verlag, 2005 + 2006
- /22/ K. Zilch und A. Rogge: Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau, Betonkalender 2004
- /23/ T. Ruge in: K.-W. Bieger: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke nach Eurocode 2, Springer-Verlag, 1993
- /24/ K. Frank, M. Litzenburger, G. Peters: Rissnachweis nach Noakowski, aufbereitet für den Taschenrechner, Heft 5, Bautechnik 65, 1988
- /25/ G. König, N.V. Tue: Grundlagen und Bemessungshilfen für die Rissbreitenbeschränkung im Stahlbeton und Spannbeton, Heft 466, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1996
- /26/ DIN EN 1991-1-1, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009
- /27/ DIN EN 1991-1-2, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009
- /28/ DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und

Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

- /29/ DIN EN 1992-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- /30/ DIN EN 1992-1-2, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1992-1-2:2004 + AC:2008
- /31/ DIN EN 1992-1-2/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall

7 Index

Abkürzungen	4	Längsbewehrung	49
Ablaufschema	12	Lastbild	4, 19, 63
Aufhängebewehrung	30, 50, 63, 64, 66, 67	Lastfall	4, 55
Auflager	13	Lastfalleigenschaft	57
aufteilen	20	Lastkollektiv	4
ausdrucken	24	Linienlast	63
Ausdrucksteuerung	70	Material, freies	29
Aussparung	65	Mindeststützmoment	37
Baustoff	52	Momentenfeder	34
Bauteil erzeugen	9	Nachweis	17, 58
Bemessungsparameter	36	Nachweiseigenschaft	60
Berechnung	69	Neuberechnung	11
Berechnungspunkt	54	Norm	29, 52
Betongelenk	33, 35	Objektauswahl	22
Bewehrungsführung	48	Objektbaum	11, 18, 31
Bewehrungsvorschlag	30	Objektbearbeitung	31
Biegebemessung	37	Plattenbalken	37
Bildschirmsteuerung	24, 69	Plattenbreite mitwirkende	37
blank	4	Punktlast	64
Brandbemessung	46	Querkraftbemessung	39
Bügelbewehrung	50	Querschnitt	14, 35
Buttons	4	Rissnachweis	41
Cursor	4	Schnitt	23, 68
Datensicherung	71	Schreibtisch	8
Durchbiegungsnachweis	42	Schreibtischauswahl	7
Eingabefenster	11	Schubbemessung	39
Einwirkung	4, 16, 55	Schwingnachweis	44
Einwirkungseigenschaft	57	Spannungsdehnungslinie	52
Einzellast	21, 64	Spannungsnachweis	45
Einzellast auflagernahe	30	Stahlrandabstand	35
e-Mail	8	Startsymbol	7
Ergebnisfenster	11, 20, 70	Steuerbutton	8
Ermüdungsnachweis	44	Steuerbuttonleiste	11
Expositionsklasse	52	Stützmomentenausrundung	30
Extremalbildungsvorschrift	4, 60	Systemeingabe, tabellarische	54
Fangerechteck	4, 31	Teileinwirkung	16
Federsteifigkeit	33, 34	Trägerdurchbruch	22
Gelenk	29, 35	Trägeröffnung	29
Grundbewehrung	36	Überzug	37
Heft 399	67	vereinheitlichen	22, 31
Installation	7	Verformungsnachweis	42
Konsole	29, 33, 34	Versatz	35
Kontextsensitivität	8	Viewer	23
Lager	32	Voute	15, 29, 35
Lagerzwangsverformung	64	Zwangsverformung	64