



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-EC2AB

Bemessung von Aussparungen

September 2024

4H-EC2AB

Bemessung von Aussparungen

Copyright 2024

3. erweiterte Auflage, September 2024

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

Das Programm *##EC2AB*, Bemessung von Aussparungen, bemisst einen gleichförmigen Träger mit einer großen Aussparung unter einachsiger Belastung nach Eurocode 2 (Stahlbeton).

Leistungsmerkmale

- die Bemessung kann nach EC 2-1-1 für den allgemeinen Hochbau oder unter Beachtung des EC 2-2 für Betonbrücken geführt werden
- die Materialparameter können sowohl **pcae**-eigenen Tabellen entnommen als auch parametrisiert eingegeben werden
- die Materialsicherheit kann entweder normenkonform vorbelegt oder vom Anwender eingegeben werden
- die Expositionsklassen für den Beton können angegeben werden
- Datensatz-Import- / -Exportfunktionen
- folgende Querschnittsformen werden unterstützt: Rechteck, Platte, Plattenbalken (Unterzug), Überzug, Doppel-T-Querschnitt
- Aussparungen mit runden Seitenrändern können angegeben werden. Sie werden grafisch dargestellt, jedoch wie rechteckige Aussparungen berechnet.
- vier Verfahren zur Bemessung von Trägerdurchbrüchen werden angeboten: nach Leonhardt, sowie aus den Heften 399, 459, 599 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb)
- beliebig viele Schnittgrößenkombinationen können vorgegeben werden
- Schnittgrößenimport aus **pcae**-Stabwerksprogrammen und über Text-Importschnittstelle
- bei Online-Berechnung wird ein maßgebendes Lastkollektiv am Bildschirm markiert, die Berechnung kann direkt eingesehen werden
- bei Online-Berechnung wird die maximal erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt
- für die berechnete (maximal erforderliche) Bewehrung kann optional eine (vorhandene) Bewehrung gewählt werden
- die gewählte Bewehrung wird ausgewertet; der minimale Achsabstand wird berechnet
- im Ausgabeprotokoll wird bei Bedarf der Rechenweg in ausführlicher Form dargestellt, so dass er nachvollzogen werden kann. Natürlich kann das Statikdokument auch wesentlich reduziert werden.
- Export der Querschnittszeichnung im DXF-Format zur Weiterbearbeitung in einem CAD-System
- englischsprachige Druckdokumentenausgabe

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 *##EC2AB* von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.

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



Im Sinne eines Leitfadens gedacht, kann das Manual nicht alle Fragen beantworten. Im aktuellen Falle wird dann der Hilfebutton im jeweiligen Eigenschaftsblatt Antwort geben.

Zur *##EC2AB* -Dokumentation gehören neben diesem Handbuch die Manuals

DTE®-DeskTopEngineering und **pcae** - *Stahlbetontheorie*.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *##EC2AB*.

Hannover, im September 2024

Abkürzungen und Begriffe

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

GZT - Grenzzustand der Tragfähigkeit

GZG - Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

Buttons



Das Betätigen von Buttons wird durch Setzen des Buttoninhalts in **blaue Farbe** symbolisiert.

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

Zur Definition der Begriffe *Lastbild*, *Lastfall*, *Einwirkung*, *Lastkollektiv* und *Extremalbildungsvorschrift* s. Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*, Theoretischer Teil (als pdf-Dokument auf unserer Website www.pcae.de).

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen	7
3	Eingabeoberfläche	9
3.1	Norm, Material, Querschnitt	11
3.2	Bemessungsparameter und Schnittgrößen	13
3.3	Gewählte Bewehrung	15
3.4	Durchführung der Bemessung	20
3.4.1	Biegebemessung	21
3.4.2	Schubbemessung	22
3.4.3	Bewehrung	22
3.5	Schnittgrößenimport	23
3.6	Ausdrucksteuerung	25
3.7	Nationale Anhänge zu den Eurocodes	26
4	Literaturverzeichnis	27

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms #EC2AB auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

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

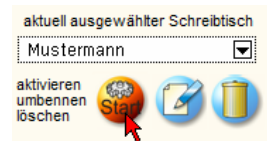


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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



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



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

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



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



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

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

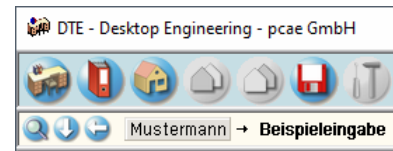
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

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

Ordner und Bauteil erzeugen



Durch Erzeugung eines **Ordners** besteht die Möglichkeit, Bauteile einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Ein Ordner wird durch Anklicken des nebenstehenden Symbols erzeugt. Der Ordner erscheint auf dem Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.



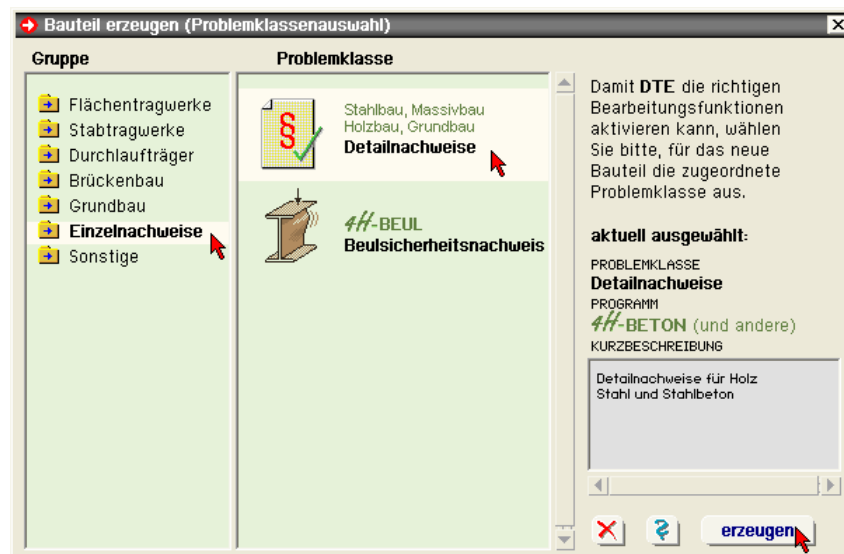
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



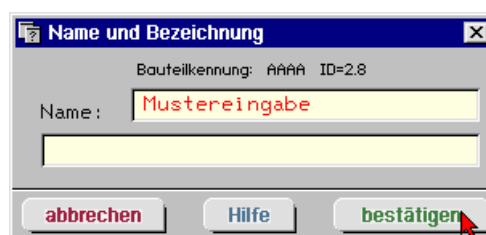
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



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



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

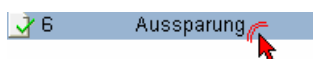
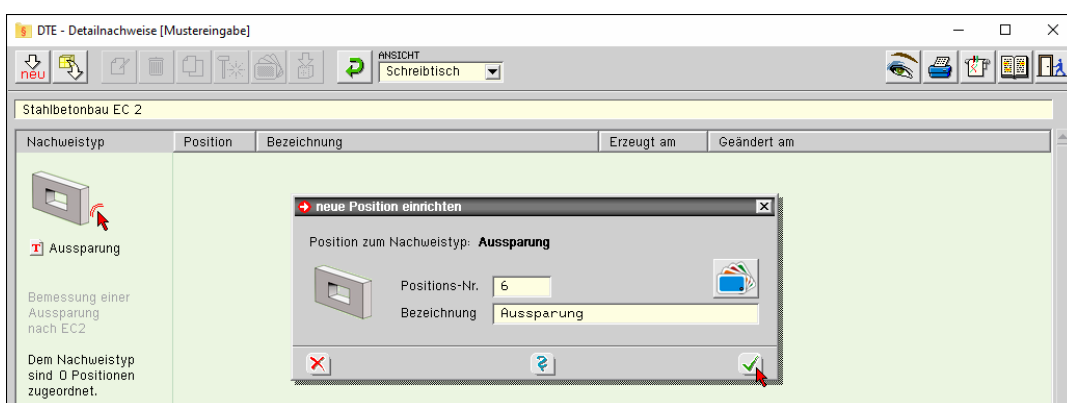


Nach Doppelklick auf dem neuen Bauteilicon, dem eine individuelle Bezeichnung gegeben werden kann, erscheinen die nachfolgend dargestellten Übersichten der Detailnachweise. Klicken Sie das jeweils gekennzeichnete Icon mit der LMT an.

Detailnachweise Stahlbetonbau EC 2



Aussparung



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

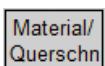
Eingabeoberfläche

Die Programmoberfläche enthält eine Reihe von Registerblättern, die die Informationen zu den allgemeinen Parametern *Norm*, *Material*, *Querschnitt*, den *Schnittgrößen* sowie der abschließenden *Bewehrungswahl* enthalten.

The screenshot shows the '4H-EC2 - Bemessung' software interface. It has three tabs: 'Material/Querschn', 'Schnittgrößen', and 'Bewehr'. The 'Material/Querschn' tab is active. It contains several input fields for defining the design parameters. On the right, a cross-section diagram of a T-beam is shown with dimensions: total height 75.0 cm, flange width 72.0 cm, flange thickness 20.0 cm, web width 40.0 cm, and effective depth 55.0 cm. Below the diagram, a table of required reinforcement areas is displayed.

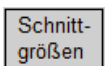
Parameter	Value	Unit
erf $A_{s,o}$	0.00	cm ²
erf $A_{s,u,o}$	1.04	cm ²
erf $A_{s,b,o}$	11.12	cm ² /m
erf $A_{s,o,u}$	1.58	cm ²
erf $A_{s,u,u}$	20.29	cm ²
erf $A_{s,b,u}$	5.73	cm ² /m
erf $A_{s,l}$	2.96	cm ²
erf $A_{s,r}$	5.87	cm ²
max p	0.63	%%

Im oberen Teil der Oberfläche sind Knöpfe angeordnet, die den Programmablauf beeinflussen.



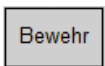
Norm / Material / Querschnitt, s. Abs. 3.1., S. 11

Im ersten Registerblatt werden die Bemessungsvorschrift, die Materialangaben, die Materialsicherheitsbeiwerte und die Querschnittsgeometrie festgelegt. Der Querschnitt wird maßstäblich am Bildschirm dargestellt.



Bemessungsparameter / Schnittgrößen, s. Abs. 3.2., S. 13

Im zweiten Registerblatt werden optionale Nachweisparameter sowie die Schnittgrößen, die in der Mitte der Aussparung wirken, verwaltet. Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird der erforderliche Bewehrungsgrad je Schnittgrößenkombination am Bildschirm angegeben.



Bewehrung wählen, s. Abs. 3.3., S. 15

Im dritten Registerblatt kann Bewehrung gewählt werden. Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die gewählte der maximal erforderlichen Bewehrung am Bildschirm gegenübergestellt.



Online-Berechnung

Ist der **auto**-Button **an**, wird während der Dateneingabe die Bemessung online durchgeführt und die erforderliche Bewehrung am Bildschirm protokolliert.



nationaler Anhang, s. Abs. 3.7., S. 26

Zur vollständigen Beschreibung der Berechnungsparameter ist der dem Eurocode zuzuordnende nationale Anhang zu wählen. Über den **NA**-Button wird das entsprechende Eigenschaftsblatt aufgerufen.



Ausdrucksteuerung, s. Abs. 3.6., S. 25

Im Eigenschaftsblatt, das nach Betätigen des **Druckeinstellungs-Buttons** erscheint, wird der Ausgabeumfang der Druckliste festgelegt.



Druckliste einsehen

Das Statikdokument kann durch Betätigen des **Visualisierungs-Buttons** am Bildschirm eingesehen werden.



Ausdruck

Über den **Drucker-Button** wird in das Druckmenü gewechselt, um das Dokument auszudrucken. Hier werden auch die Einstellungen für die Visualisierung vorgenommen.



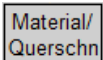
Onlinehilfe

Über den **Hilfe-Button** wird die kontextsensitive Hilfe zu den einzelnen Registerblättern aufgerufen.



Eingabe beenden

Das Programm kann mit oder ohne Datensicherung verlassen werden. Beim Speichern der Daten wird die Druckliste aktualisiert und in das globale Druckdokument eingefügt.



Im ersten Register werden die nachweisunabhängigen Parameter festgelegt (Eigenschaftsblatt s. Abs. 3, S. 9).

Norm

In einer Liste werden die beiden zur Verfügung stehenden Bemessungsregeln (Normen) **EC 2 Hochbau** und **EC 2 Betonbrücken** (s. Literatur Abs. 4, S. 27) angeboten.

Norm	EC 2 Hochbau
	NA: Deutschland

Der aktuelle nationale Anhang (NA) wird eingeblendet.

Material

In einer Liste werden die zur Verfügung stehenden Betonstahl- und Betongüten angeboten.

Die Namen (z.B. C30/37) stehen für eine Reihe von Parametern, die zur Berechnung verwendet werden.

Jeweils am Ende der Liste kann über den Eintrag **frei** auf diese Parameter direkt zugegriffen werden.

Die Spannungsdehnungslinie des Betonstahls wird n. EC 2, 3.2.2, bilinear approximiert.

Material	
Betonstahl	B500A
Beton	C30/37
alternativ:	
Beton (nicht zugfestes Material)	frei
Trockenrohdichte	ρ_c 2200.0 kg/m ³
charakteristische Druckfestigkeit	f_{ck} 30.0 N/mm ²
Dehnung bei Erreichen der Festigkeit	ϵ_{c2} -2.00 %
Bruchdehnung	ϵ_{cu2} -3.50 %
Exponent der Parabel (EC 2, 3.1.7)	n_{c2} 2.00 N/mm ²
Elastizitätsmodul	E_{cm} 32836.6 N/mm ²

Die Spannungsdehnungslinie des Betons im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) entspricht n. EC 2, 3.1.7, einem Parabel-Rechteck-Diagramm.

Eine Beschreibung der Baustoffe sowie der o.a. Funktionen finden Sie im Handbuch **pcae - Stahlbetontheorie** (als pdf-Dokument auf unserer Web-Site pcae.de).

Materialsicherheitsbeiwerte

Das Bemessungskonzept des Eurocode sieht vor, dass die Schnittgrößen (Lastseite) mit Teilsicherheitsbeiwerten und die Baustoffe (Materialseite) mit Materialsicherheitsbeiwerten gewichtet werden.

Materialsicherheitsbeiwerte	
Bemessungssituation	Grundkombination
Tragfähigkeit (GZT)	γ_c 1.50 γ_s 1.15
alternativ:	
Bemessungssituation	frei
Tragfähigkeit (GZT)	γ_c 1.50 γ_s 1.15

Die Bemessung erfolgt für die gewichteten Schnittgrößen (Bemessungsgrößen), die in Abhängigkeit der Belastungsart (Kombination) festgelegt wurden.

Daher können die Materialsicherheitsbeiwerte für die **Grundkombination**, **Erdbeben-Kombination** oder **außergewöhnliche Kombination** nach EC 0 vom Programm vorgelegt werden (s. NA, Abs. 3.7, S. 26).

Analog zu den Beton- und Stahlgütern kann über den Eintrag **frei** am Ende der Liste auf die Beiwerte direkt zugegriffen werden.

Nähere Informationen zum Sicherheitskonzept finden Sie gleichfalls im Handbuch **pcae - Stahlbetontheorie** (als pdf-Dokument auf unserer Web-Site pcae.de).

Expositionsklasse

Optional kann die Expositionsklasse des Bauwerks berücksichtigt werden.

Ist eine Beanspruchungsklasse nicht maßgebend, kann sie deaktiviert werden.

<input checked="" type="checkbox"/> Expositionsklasse	
für Bewehrungskorrosion	XC3
für Betonangriff	XA1
max. Bewehrungsgrad	ρ_s 8.00 %

Anhand der Expositionsklasse werden die Betondeckung und die Mindestbetongüte überprüft. Sind die Werte unterschritten, erfolgt eine Fehlermeldung.

Nähere Informationen zur Dauerhaftigkeit und Betondeckung finden Sie gleichfalls im Handbuch **pcae - Stahlbetontheorie** (als pdf-Dokument auf unserer Web-Site pcae.de).

Zur Interpretation des Endergebnisses ist die Eingabe des maximalen Bewehrungsgrads obligatorisch. Wird er überschritten, erfolgt eine Fehlermeldung.

Der eingegebene Datenzustand kann exportiert (temporär gesichert) und in einem Bauteil derselben Klasse (hier: *##-EC2AB*) wieder importiert werden.

► Daten exportieren

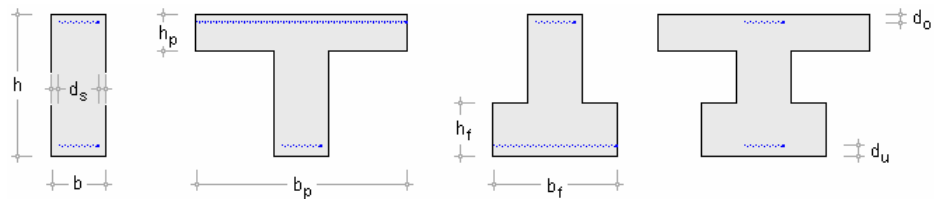
► Daten importieren

Querschnittsbeschreibung

Das Programm *##-EC2AB* verwaltet die Querschnittstypen **Rechteck**, **Plattenbalken**, **Überzug**, **Doppel-T**.

Querschnittstyp

Plattenbalken ▼



Der Querschnittstyp **Platte** bezeichnet eine einachsig gespannte Platte als Sonderfall des Rechteckquerschnitts mit einer festgelegten Breite von 1 m.

Für die typisierten Querschnitte können die geometrischen Parameter schnell und einfach eingegeben werden.

Gesamthöhe/Stegbreite	h	80.0	cm	b	30.0	cm
Plattendicke/-breite (oben)	h _o	20.0	cm	b _o	120.0	cm
Fußdicke/-breite (unten)	h _u	30.0	cm	b _u	60.0	cm

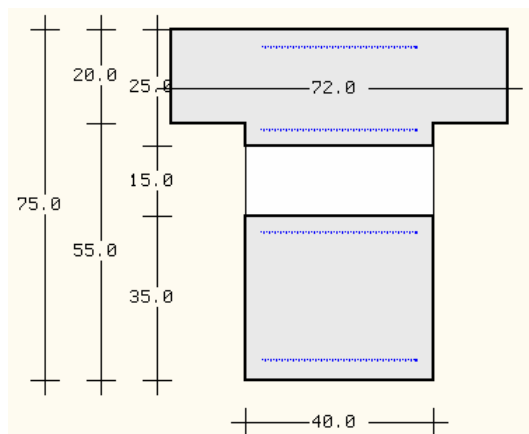
Die Aussparung wird über die Gurticken (Obergurt, Untergurt) sowie die Länge definiert. Die Seitenränder können rund ausgeführt sein.

Aussparung:	<input type="checkbox"/> runde Seitenränder					
Gurtdicke oben/unten	e _o	<input type="text" value="25.0"/>	cm	e _u	<input type="text" value="35.0"/>	cm
Länge	l _A	<input type="text" value="80.0"/>	cm			

Die Bemessung erfolgt einachsig, dementsprechend sind die Achsabstände der Bewehrung im Ober- und Untergurt festzulegen. Sie bezeichnen den Abstand der Schwerachse der jeweiligen Bewehrung zum nächstgelegenen Betonrand.

oberhalb der Aussparung:						
Achsabstände oben/unten	$d_{o,o}$	4.0	cm	$d_{u,o}$	3.4	cm
unterhalb der Aussparung:						
Achsabstände oben/unten	$d_{o,u}$	3.4	cm	$d_{u,u}$	6.0	cm

Der Querschnitt wird maßstabsgetreu am Bildschirm dargestellt.



Schnitt-
größen

Im zweiten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für die Bemessung der Aussparung festgelegt.

Bemessungsparameter

Verfahren: ☒ Heft 599, DAfStb ☐ n. Heft 459, DAfStb

Momentennulldurchgang: ☐ in Mitte der Öffnung ☒ n. Heft 459, DAfStb

Querkraftaufteilung: ☒ aus den Gurtsteifigkeiten ☐ anteilig

Schubbemessung: Druckstrebenwinkel ☐ minimal ☒ vereinfacht n. EC 2-1-1 NA-DE, 6.2.3(2)

Grundbewehrung: $A_{s0,0}$ 0.00 cm² $A_{su,0}$ 4.52 cm²

Schnittgrößen in Mitte der Aussparung

Kräfte / Momente in: kN / kNm

Schnittgrößen aus Bauteil importieren ☒ Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen ☐ Tabelle löschen ☒

	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	ρ %
1	0.0	504.0	168.0	0.72

neue Zeile anhängen

3D-Diagramm: $M_{y,Ed}$, N_{Ed} , $V_{z,Ed}$

Bemessungsparameter

Die Bemessung einer Aussparung kann nach vier Verfahren erfolgen.

Verfahren: ☒ Heft 599, DAfStb ☐ n. Heft 459, DAfStb

Es sind implementiert das Verfahren aus *Leonhardt, T.3*, sowie die Verfahren aus den *Heften 399, 459, 599*, des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton.

Zusadditionen ermöglichen, aktuellere Veröffentlichungen in die Bemessung zu integrieren.

Für die Verfahren n. Heft 399 und 599 kann der Nulldurchgang der Gurtmomente entweder in Mitte der Öffnung angenommen oder n. Heft 459, DAfStb, in Abhängigkeit der Biegelinie bestimmt werden.

Momentennulldurchgang
☐ in Mitte der Öffnung
☒ n. Heft 459, DAfStb

Der sich im Druckgurt befindliche Querkraftanteil kann entweder in Abhängigkeit der Gurtsteifigkeiten oder manuell festgelegt werden.

Querkraftaufteilung
☐ aus den Gurtsteifigkeiten
☒ anteilig 80.0 % der Querkraft befinden sich im Druckgurt

Für die Querkraftbemessung kann der Druckstrebenwinkel entweder minimal ($\cot \theta = 3$) oder realistischer (vereinfacht n. EC 2-1-1 NA-DE) angenommen werden.

Schubbemessung: Druckstrebenwinkel
☒ minimal
☐ vereinfacht n. EC 2-1-1 NA-DE, 6.2.3(2)

Da der Träger i.A. aus einer Tragwerksbemessung bereits eine erforderliche Bewehrung erhält, kann diese als Grundbewehrung eingegeben werden.

Grundbewehrung
 $A_{s0,0}$ 0.00 cm²
 $A_{su,0}$ 4.52 cm²

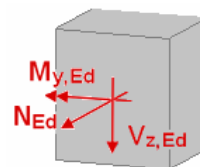
Sie wird bei der Querkraftaufteilung aus den Gurtsteifigkeiten sowie bei der Bewehrungswahl berücksichtigt.

Die Beschreibung des Rechenwegs befindet sich unter Abs. 3.4, S. 20.

Schnittgrößen

Die Schnittgrößen werden als Bemessungsgrößen mit der Vorzeichendefinition der Statik eingegeben, wobei das x,y,z-Koordinatensystem dem l,m,n-System der **pcae**-Tragwerksprogramme entspricht.

Es können bis zu 10.000 Schnittgrößenkombinationen eingegeben werden.



	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	ρ %
1	0.0	504.0	168.0	0.55

Zeile löschen
Zeile duplizieren
neue Zeile anhängen (neu)

maßgeb. Lk

Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird der erforderliche Längsbewehrungsgrad ρ je Schnittgrößenkombination am Bildschirm angegeben.

Der maximal erforderliche Längsbewehrungsgrad ist gekennzeichnet und bestimmt eine maßgebende Lastkombination, deren Berechnung über den **Aktions-Knopf** direkt am Bildschirm angezeigt werden kann.

Schnittgrößen importieren

Detailnachweisprogramme zur Querschnittsbemessung benötigen Schnittgrößenkombinationen, die häufig von einem Tragwerksprogramm zur Verfügung gestellt werden.

Dabei handelt es sich i.d.R. um eine Vielzahl von Kombinationen, die im betrachteten Bemessungsschnitt des übergeordneten Tragwerkprogramms vorliegen und in das Anschlussprogramm übernommen werden sollen.

pcae stellt neben der 'per Hand'-Eingabe zwei verschiedene Mechanismen zur Verfügung, um Schnittgrößen in das vorliegende Programm zu integrieren.



Import aus einem #-Programm

Voraussetzung zur Anwendung des DTE®-Import-Werkzeugs ist, dass sich ein **pcae**-Programm auf dem Rechner befindet, das Ergebnisdaten exportieren kann.

Eine ausführliche Beschreibung zum Schnittgrößenimport aus einem **pcae**-Programm befindet sich unter Abs. 3.5, S. 23.

Import aus einer Text-Datei

Die Schnittgrößenkombinationen können aus einer Text-Datei im ASCII-Format eingelesen werden.

Die Datensätze müssen in der Text-Datei in einer bestimmten Form vorliegen; der entsprechende Hinweis wird bei Betätigen des **Einlese**-Buttons gegeben.

Anschließend wird der Dateiname einschl. Pfad der entsprechenden Datei abgefragt.

Es werden sämtliche vorhandenen Datensätze eingelesen und in die Tabelle übernommen. Bereits bestehende Tabellenzeilen bleiben erhalten.

Wenn keine Daten gelesen werden können, erfolgt eine entsprechende Meldung am Bildschirm.

Bewehr

Im dritten Register kann eine Bewehrung gewählt werden.

4H-EC2 - Bemessung [Position 18: Hilfe]

Material/Querschn Schnittgrößen **Bewehr** auto an ec

☒ **Bewehrung wählen**
 Verankerungslängen: Verbundbedingungen ☒ berechnen ☐ gut ☐ mäßig
 ▶ Verankerungslängen zurücksetzen

Betondeckung oben c_{vo} 3.5 cm \geq 3.5 cm
 unten c_{vu} 3.5 cm \geq 3.5 cm
 seitlich c_{vr} 2.0 cm
 innen c_{vi} 1.5 cm

Aufhängebewehrung Schnittigkeit, Anzahl oder Abstand = 0: keine Bewehrung
 links 2 Bügel 4 -schnittig, \varnothing 10 / 7.5 cm
 vorh A_{sa} 6.28 cm² \geq erf A_{sa} 2.96 cm²
 Verteilbreite 16.0 cm
 rechts 4 Bügel 2 -schnittig, \varnothing 10 / 5.0 cm
 vorh A_{sa} 6.28 cm² \geq erf A_{sa} 5.87 cm²
 Verteilbreite 16.0 cm

oberhalb der Aussparung
 Längsbewehrung oben n_s d_s mm
 1 4 \varnothing 10
 neu
 vorh A_s 3.14 cm² \geq erf A_s 0.00 cm²
 erf. Achsabstand
 erf d_o 5.00 cm $>$ 4.0 cm
 erf d_u 2.80 cm \leq 3.4 cm
 Verankerungslänge der Längsbewehrung
 links l_b 40.3 cm \geq erf l_b 40.3 cm
 rechts l_b 44.1 cm \geq erf l_b 44.1 cm
 Längsbewehrung unten n_s d_s mm
 1 4 \varnothing 10
 neu
 vorh A_s 3.14 cm² \geq erf A_s 1.04 cm²
 Biegelbewehrung Schnittigkeit oder Abstand = 0: keine Bewehrung
 4 -schnittig, \varnothing 8 / 15.0 cm
 vorh a_{sb} 13.40 cm²/m \geq erf a_{sb} 11.12 cm²/m

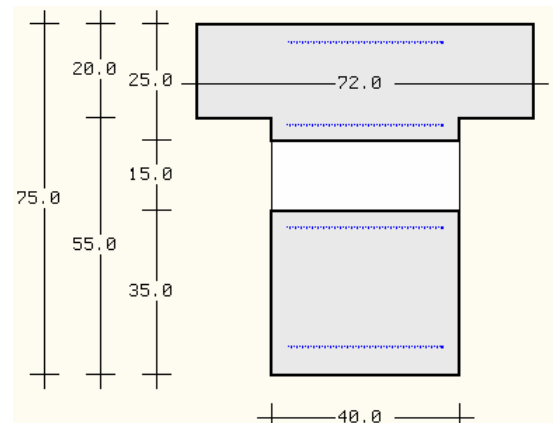
unterhalb der Aussparung
 Längsbewehrung oben n_s d_s mm
 1 2 \varnothing 20
 neu
 vorh A_s 6.28 cm² \geq erf A_s 1.58 cm²
 erf. Achsabstand
 erf d_o 3.30 cm \leq 3.4 cm
 erf d_u 6.50 cm \leq 6.5 cm
 mit d_{vu} 0.0 cm Stababstand = 0: Mindestabstand je Lage wird berechnet
 Verankerungslänge der Längsbewehrung
 links l_b 52.9 cm \geq erf l_b 52.9 cm
 rechts l_b 56.6 cm \geq erf l_b 56.6 cm
 Längsbewehrung unten n_s d_s mm
 1 4 \varnothing 25
 2 2 \varnothing 16
 neu
 vorh A_s 23.66 cm² \geq erf A_s 20.29 cm²
 Biegelbewehrung Anzahl oder Abstand = 0: keine Bewehrung
 4 -schnittig, \varnothing 8 / 20.0 cm
 vorh a_{sb} 10.05 cm²/m \geq erf a_{sb} 5.73 cm²/m

Anhand eines Plattenbalken-Querschnitts werden die Möglichkeiten der Bewehrungswahl erläutert.

Die Bemessung der Aussparung liefert die max. erforderliche Bewehrung auf Grund der Trägeröffnung.

Die erforderliche Bewehrung aus einer Rahmenbemessung ist i.A. nicht eingeschlossen, kann aber für die Auswertung (s.u.) über die Grundbewehrung (s. Reg. 2, Bemessungsparameter, Abs. 3.2, S. 13) berücksichtigt werden.

Die gewählte Bewehrung wird auf den Steg begrenzt.



Auch wenn eine Bewehrung nicht erforderlich ist, kann konstruktiv eine Bewehrung vorgesehen werden.

☒ **Bewehrung wählen**
Verankerungslängen:
Verbundbedingungen ☒ berechnen ☐ gut ☐ mäßig
▶ Verankerungslängen zurücksetzen

Optional können die minimalen **Verankerungslängen** der Zugbewehrung berechnet (und grafisch) dargestellt werden. Dazu ist festzulegen, ob die Verbundbedingungen entweder in Abhängigkeit des Abstands zum Betonierrend **berechnet**, stets als **gut** (z.B. bei liegender Fertigung) oder **mäßig** angenommen werden sollen.

Die Zahlenwerte können manuell verändert, jedoch über die Option **zurücksetzen** auf den Rechenwert gesetzt werden.

Betondeckung

oben	c_{vo}	<input type="text" value="3.5"/>	$cm \geq$	<input type="text" value="3.5"/>	cm
unten	c_{vu}	<input type="text" value="3.5"/>	$cm \geq$	<input type="text" value="3.5"/>	cm
seitlich	c_{vr}	<input type="text" value="2.0"/>	cm		
innen	c_{vi}	<input type="text" value="1.5"/>	cm		

Aufhängebewehrung Schnittigkeit, Anzahl oder Abstand = 0: keine Bewehrung

links Bügel -schnittig, \emptyset cm

vorh A_{sa} $cm^2 \geq$ erf A_{sa} cm^2

Verteilbreite cm

rechts Bügel -schnittig, \emptyset cm

vorh A_{sa} $cm^2 \geq$ erf A_{sa} cm^2

Verteilbreite cm

Zunächst ist die **Betondeckung** / das **Verlegemaß** zu wählen. Die **seitliche Betondeckung** bezieht sich nur auf den Steg, die **Betondeckung innen** gilt für den Abstand unten/oben zur Aussparung.

Werden die Expositionsklassen des Bauteils berücksichtigt (s. Reg. 1, Expositionsklasse, Abs. 3.1, S.11), wird die gewählte mit der erforderlichen Betondeckung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Die **Aufhängebewehrung** wird links und rechts der Aussparung in Form von Bügeln angeordnet.



Es ist zu beachten, dass die Aufhängebügel möglichst dicht am Aussparungsrand liegen, daher sollte ihr Abstand nicht zu groß gewählt werden!

Ist die Online-Bemessung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Aufhängebewehrung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Zur Info ist die minimale Verteilbreite angegeben.

oberhalb / unterhalb der Aussparung

Längsbewehrung oben

ns	ds
mm	
1	4 10
neu →	
vorh A _s	3.14 cm ² ≥
erf A _s	3.07 cm ²

Längsbewehrung unten

ns	ds
mm	
1	4 10
neu →	
vorh A _s	3.14 cm ² ≥
erf A _s	2.91 cm ²

Die **Längsbewehrung** oberhalb und unterhalb der Aussparung ist mit der Anzahl der Stäbe n_s und dem Durchmesser d_s einzugeben. Sie kann in bis zu 10 Lagen angeordnet werden.

Bei Platten ist die Bewehrung mit dem Durchmesser d_s pro Abstand s einzugeben.

Ist die Online-Bemessung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Längsbewehrung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Bügelbewehrung Schnittigkeit oder Abstand = 0: keine Bewehrung			
4	-schnittig, \varnothing	8	/ 15.0 cm
vorh a_{sb}		13.40	cm ² /m \geq
erf a_{sb}		11.12	cm ² /m

Die **Querkraftbewehrung** in den Gurten wird durch Bügel abgedeckt, die mit dem Durchmesser d_s pro Abstand s einzugeben sind. Es können mehrschnittige Bügel gewählt werden.

Ist die Online-Bemessung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Bügelbewehrung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

erf. Achsabstand			
erf d_o	5.00	cm >	4.0 cm
erf d_u	2.80	cm \leq	3.4 cm

Mit den eingegebenen Werten werden die erforderlichen (minimalen) **Achsabstände** berechnet. Der erforderliche Abstand wird mit dem Eingabewert (s. Reg. 1, Achsabstände, Abs. 3.1, S. 11) verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

erf. Achsabstand			
erf d_o	3.30	cm \leq	3.4 cm
erf d_u	6.50	cm \leq	6.5 cm
		mit d_{vu}	0.0 cm
		Stababstand = 0: Mindestabstand je Lage wird berechnet	

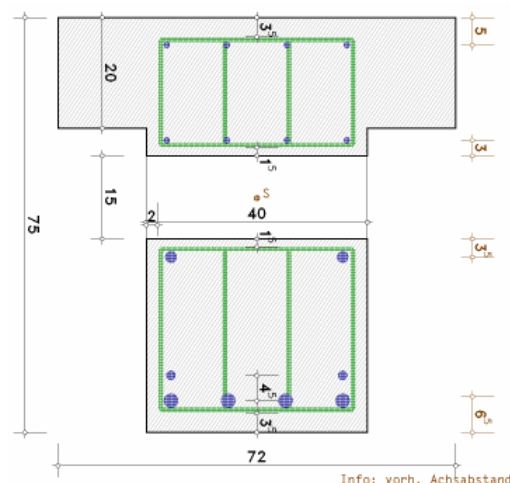
Sind mehr als eine Bewehrungslage angegeben (hier bei der unteren Längsbewehrung), werden die minimalen Stababstände (vertikal) ermittelt. Sie werden zur Info am Bildschirm angegeben.

Es kann ein fixer Stababstand eingegeben werden, mit dem der Achsabstand berechnet wird. Ist der Eingabewert = 0, wird der Mindestabstand individuell für jede Bewehrungslage ermittelt.

Verankerungslänge der Längsbewehrung			
links l_b	40.3	cm \geq erf l_b	40.3 cm
rechts l_b	44.1	cm \geq erf l_b	44.1 cm

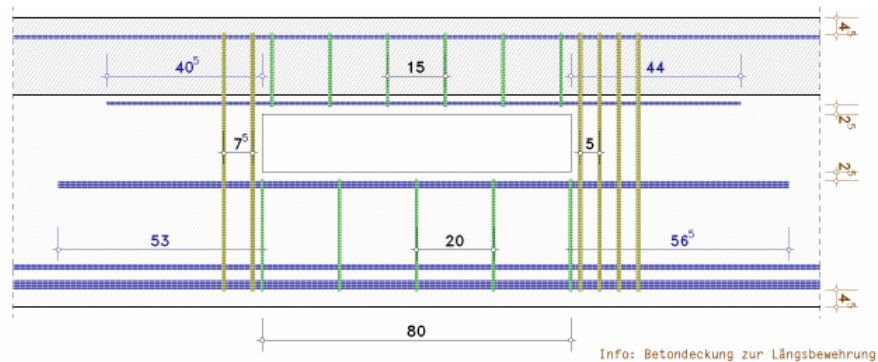
Es werden die erforderliche Verankerungslängen der Längsbewehrung oberhalb und unterhalb der Aussparung (wirksam ab Aussparungsrand) angegeben. Sie können manuell angepasst werden.

Ist die Online-Bemessung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Verankerungslänge verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.



Abschließend erfolgt eine maßstäbliche Darstellung des bewehrten Querschnitts (**Maßstab** der Grafik, s. Ausdrucksteuerung, Abs. 3.6, S. 25) sowohl in der Druckliste als auch als Bewehrungsplan.

Die Querschnittsabmessungen sowie die wesentlichen Abstände der Bewehrung (c_v und d_{c_v}) angegeben. Zur Info sind die vorhandenen Achsabstände vermaßt.



Außerdem wird der bewehrte Längsschnitt dargestellt. Die Aussparungslänge sowie die Bügelabstände und Verankerungslängen sind angegeben. Zur Info ist die Betondeckung zur Längsbewehrung vermaßt.

Berechnung der erforderlichen Verankerungslängen: Verbundbedingungen berechnen	
Nachweis der Bewehrung	
Oberhalb der Aussparung	
Betondeckung (Verlegemaß) zur Bügelbewehrung:	
oben	$c_{vo} = 3.5 \text{ cm} > c_{nom} = 3.50 \text{ cm}$ ok
unten (zur Aussparung)	$c_{vi} = 1.5 \text{ cm}$, seitlich $c_{vr} = 2.0 \text{ cm}$
Längsbewehrung oben	4Ø10, vorh $A_s = 3.14 \text{ cm}^2$
	vorh $A_s = 3.14 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_s = 0.00 \text{ cm}^2$ ok
Längsbewehrung unten	4Ø10, vorh $A_s = 3.14 \text{ cm}^2$
	vorh $A_s = 3.14 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_s = 1.04 \text{ cm}^2$ ok
Verankerungslänge ab Aussparungsrand	
links	40.3 cm > 40.3 cm ok
rechts	44.1 cm > 44.1 cm ok
Bügelbewehrung	Ø8/15.0 cm (4-schnittig), vorh $a_{sb} = 13.40 \text{ cm}^2/\text{m} > \text{erf } a_{sb} = 11.12 \text{ cm}^2/\text{m}$ ok
Achsabstand oben	vorh $d_1 = 5.00 \text{ cm} > \text{clc } d_1 = 4.0 \text{ cm}$ nicht ok !!
Achsabstand unten	vorh $d_1 = 2.80 \text{ cm} < \text{clc } d_1 = 3.4 \text{ cm}$ ok
Unterhalb der Aussparung	
Betondeckung (Verlegemaß) zur Bügelbewehrung:	
oben (zur Aussparung)	$c_{vi} = 1.5 \text{ cm}$, seitlich $c_{vr} = 2.0 \text{ cm}$
unten	$c_{vu} = 3.5 \text{ cm} > c_{nom} = 3.50 \text{ cm}$ ok
Längsbewehrung oben	2Ø20, vorh $A_s = 6.28 \text{ cm}^2$
	vorh $A_s = 6.28 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_s = 1.58 \text{ cm}^2$ ok
Verankerungslänge ab Aussparungsrand	
links	52.9 cm > 52.9 cm ok
rechts	56.6 cm > 56.6 cm ok
Längsbewehrung unten	4Ø25, vorh $A_s = 23.66 \text{ cm}^2$
	2Ø16, vorh $A_s = 23.66 \text{ cm}^2$
	vorh $A_s = 23.66 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_s = 20.29 \text{ cm}^2$ ok
Bügelbewehrung	Ø8/20.0 cm (4-schnittig), vorh $a_{sb} = 10.05 \text{ cm}^2/\text{m} > \text{erf } a_{sb} = 5.73 \text{ cm}^2/\text{m}$ ok
Achsabstand oben	$d_v = 3.00 \text{ cm} \Rightarrow \text{vorh } d_1 = 3.30 \text{ cm} < \text{clc } d_1 = 3.4 \text{ cm}$ ok
Achsabstand unten	$d_v = 0.00 \text{ cm} \Rightarrow \text{vorh } d_1 = 6.50 \text{ cm} = \text{clc } d_1 = 6.5 \text{ cm}$ ok mit variablem Mindest-Stababstand
Aufhängebewehrung	
Bügelbew. links	2 Ø10/7.5 cm (4-schnittig), vorh $A_s = 6.28 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_s = 2.96 \text{ cm}^2$ ok
Bügelbew. rechts	4 Ø10/5.0 cm (2-schnittig), vorh $A_s = 6.28 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_s = 5.87 \text{ cm}^2$ ok

In der Druckliste werden die gewählten Werte dokumentiert und mit den Berechnungswerten verglichen. Fehler werden gekennzeichnet.

Minimale Verankerungslängen

Annahme: Druckstrebenwinkel $\cot(\theta) = 1$

Verankerungslänge der Gurtbewehrung oberhalb der Aussparung

Verbundbereich für $h = 75.0 \text{ cm}$, $h_z = 22.20 \text{ cm}$: mäßig

Bemesungswert der Verbundfestigkeit für $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 10.0 \text{ mm}$: $f_{bd} = 2.13 \text{ N/mm}^2$

Grundwert der Verankerungslänge für $f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$: $l_{b,rqd} = 0.25 \cdot \sigma_s \cdot f_{yd} / f_{bd} = 51.06 \text{ cm}$

Mindestverankerungslänge für $\alpha_i = 1.00$: $l_{b,min} = \min(0.3 \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \sigma_s) = 15.32 \text{ cm}$

Bemesungswert der Verankerungslänge für $\alpha_i = 1.00$, $A_{s,erf} = 1.04 \text{ cm}^2$, $A_{s,vorh} = 3.14 \text{ cm}^2$:

$l_b = A_{s,erf} / A_{s,vorh} \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd} = 16.85 \text{ cm}$

Verankerungslänge links der Aussparung: $l_{b,l} = l_b + \Delta d + d_{b,l} = 40.3 \text{ cm}$, $\Delta d = 17.2 \text{ cm}$, $d_{b,l} = 6.3 \text{ cm}$

Verankerungslänge rechts der Aussparung: $l_{b,r} = l_b + \Delta d + d_{b,r} = 44.1 \text{ cm}$, $\Delta d = 17.2 \text{ cm}$, $d_{b,r} = 10.0 \text{ cm}$

Verankerungslänge der Gurtbewehrung unterhalb der Aussparung

Verbundbereich für $h = 75.0 \text{ cm}$, $h_z = 43.30 \text{ cm}$: gut

Bemesungswert der Verbundfestigkeit für $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 20.0 \text{ mm}$: $f_{bd} = 3.04 \text{ N/mm}^2$

Grundwert der Verankerungslänge für $f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$: $l_{b,rqd} = 0.25 \cdot \sigma_s \cdot f_{yd} / f_{bd} = 71.48 \text{ cm}$

Mindestverankerungslänge für $\alpha_i = 1.00$: $l_{b,min} = \min(0.3 \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \sigma_s) = 21.44 \text{ cm}$

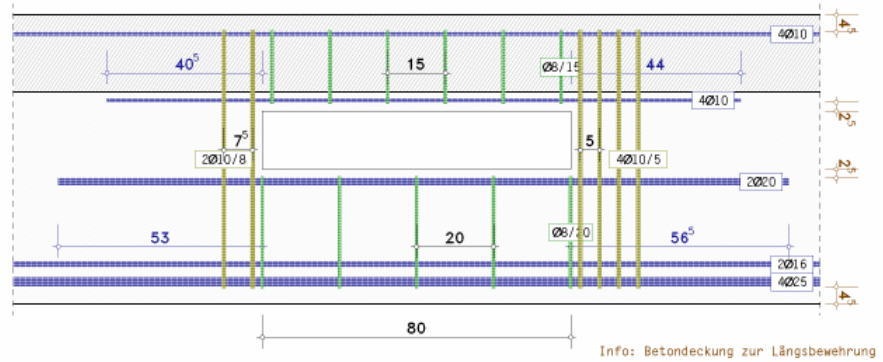
Bemesungswert der Verankerungslänge für $\alpha_i = 1.00$, $A_{s,erf} = 1.58 \text{ cm}^2$, $A_{s,vorh} = 6.28 \text{ cm}^2$:

$l_b = A_{s,erf} / A_{s,vorh} \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd} = 17.95 \text{ cm}$

Verankerungslänge links der Aussparung: $l_{b,l} = l_b + \Delta d + d_{b,l} = 52.9 \text{ cm}$, $\Delta d = 25.2 \text{ cm}$, $d_{b,l} = 6.3 \text{ cm}$

Verankerungslänge rechts der Aussparung: $l_{b,r} = l_b + \Delta d + d_{b,r} = 56.6 \text{ cm}$, $\Delta d = 25.2 \text{ cm}$, $d_{b,r} = 10.0 \text{ cm}$

Bei Aktivierung der Zwischenergebnisse (s. Ausdrucksteuerung, Abs. 3.6, S. 25) werden die Rechenwege zur Berechnung der erforderlichen Verankerungslängen dargestellt.



Bei Aktivierung der **zusätzlichen Informationen** (s. Ausdrucksteuerung) werden die Stabdurchmesser in die Bewehrungszeichnung eingefügt.

3.4

Durchführung der Bemessung

Mit dem Programm *4#-EC2AB*, Bemessung von Aussparungen, können

- Rechteck-, (Sonderfall Platte)
- Plattenbalken-,
- Überzug-,
- Doppel-T-Querschnitte

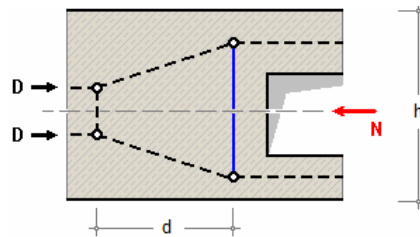
mit einer großen rechteckigen Öffnung mit aktuell vier Verfahren bemessen werden.

Die Bemessungsschnittgrößen N_m , M_m , V_m wirken in der Mitte der Aussparung.

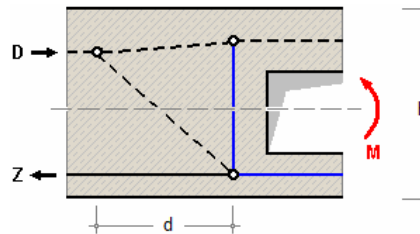
Für auflagernahe Öffnungen (d.h. $M_m / V_m < 1$ m) sind die Verfahren nicht geeignet.

Es werden vereinfachte Stabwerksmodelle für die unterschiedlichen Beanspruchungen herangezogen

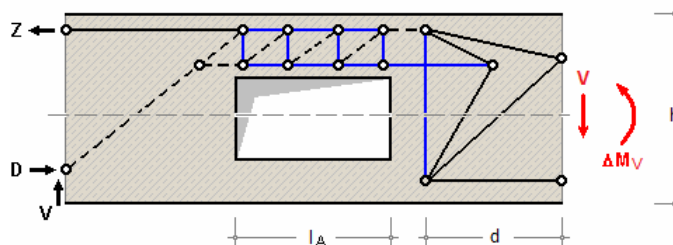
Normalkraft



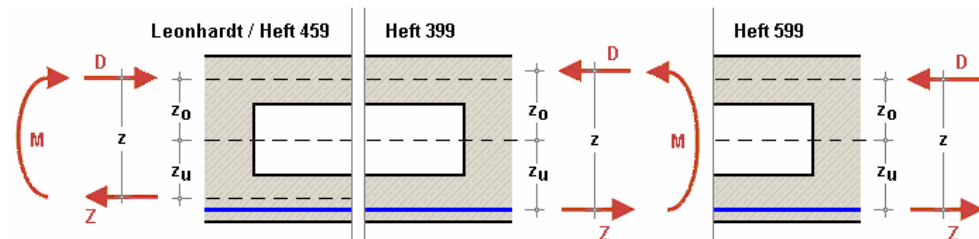
Biegemoment



Querkraft und querkraft-bedingter Momentenanteil



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



Biegebemessung

Verfahren nach Leonhardt

Beim Verfahren nach Leonhardt ergeben sich durch die Aussparung ein oberer und unterer Querschnitt, deren Schwerachsabstände den Hebelarm z bilden.

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_o bzw. z_u angreift.

D und Z aus dem Biegemoment werden aufaddiert

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

Entsprechend der Aufteilungszahl wird die Querkraft V_m auf den Druck- bzw. Zuggurt verteilt. Nach Leonhardt übernimmt der Druckgurt ca. 80 - 90% der Querkraft und der Zuggurt im Zustand 2 etwa 10 - 20%.

$$V_o = 0.8 \cdot V_m \quad \text{und} \quad V_u = 0.2 \cdot V_m$$

Aus den anteiligen Querkraften ergibt sich am Anschnitt der Aussparung eine zusätzliche Momentenbeanspruchung, wobei der Momentennullpunkt im Punkt m (Mitte der Aussparung) angenommen wird

$$M_o = V_o \cdot x \quad \text{mit} \quad x = 0.5 \cdot l_A \quad \text{und} \quad M_u = V_u \cdot x$$

Damit ergeben sich gleiche Anschnittsmomente links und rechts der Aussparung

$$M_{ol} = M_{or} = M_o \quad \text{bzw.} \quad M_{ul} = M_{ur} = M_u$$

und eine anzuordnende Aufhängebewehrung $A_{s,l} = A_{s,r}$, die jeweils für $0.8 \cdot V_m$ bemessen wird.

Die Aufhängebewehrung ist möglichst dicht am Aussparungsrand innerhalb einer Breite von $0.3 \cdot h$ zu verteilen.

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. Der innere Hebelarm wird berechnet mit $z = 0.85 \cdot d$.

Die weitere Berechnung von N_o und N_u entspricht der Berechnung n. Leonhardt.

Für die Bemessung wird angenommen, dass die Normalkräfte in der Schwerachse der Gurte wirken.

Die Querkraften V_o und V_u ergeben sich unter Berücksichtigung der Steifigkeiten des ungerissenen Ober- bzw. Untergurts (näherungsweise nach Heft 240, DAfStb, Kap. 1.3.3)

$$V_o = V_m \cdot K_{B,o} / (K_{B,o} + K_{B,u}) \quad \text{und} \quad V_u = V_m \cdot K_{B,u} / (K_{B,o} + K_{B,u}) \quad \text{mit} \quad \dots$$

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

Der Beiwert κ kann vereinfachend nach Heft 240, DAfStb, Tab. 1.2, abgeschätzt werden. Da er vom Bewehrungsgrad abhängt, ist die effektive Steifigkeit iterativ zu bestimmen.

Zur Berechnung der Gurtmomente wird der Momentennulldurchgang standardmäßig in Mitte der Aussparung angenommen.

Allerdings haben genauere Untersuchungen (Hottmann/Schäfer, Schellenbach-Held/Ehmann) ergeben, dass der Nulldurchgang x des Momentenverlaufs über die Aussparungslänge eher selten in der Mitte der Aussparung liegt. Daher kann optional der Nulldurchgang berechnet werden mit

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

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

Außerdem tritt das maximale Moment nicht direkt am Anschnitt auf, sondern wird im Knoten des Stabwerks bei ca. $0.1 \cdot l_A$ angenommen, sodass sich die Aussparungslänge um $0.2 \cdot l_A$ verlängert.

Die an der rechten bzw. linken Seite insgesamt erforderliche Aufhängebewehrung A_{sl} bzw. A_{sr} berechnet sich aus der resultierenden Zugkraft infolge der Kraftumlenkung von N , V und M am rechten bzw. linken Rand der Aussparung

$$\begin{aligned} Z_{V,r} &= Z_N + Z_M + Z_{V+\Delta M,r} \dots \text{ und } \dots Z_{V,l} = Z_N + Z_M + Z_{V+\Delta M,l} \dots \text{ mit } \dots \\ Z_N &= 0.25 \cdot N_m \cdot h_A / h \quad \text{unter Annahme eines Umlenk winkels von } \Theta = 30^\circ \\ Z_M &= 0.4 \cdot D \cdot (x_1 - e_o) / d \dots \text{ mit } \dots x_1 = \text{Höhe der Druckzone au\ss erhalb der Aussparung} \\ Z_{V+\Delta M,r} &= V_o \cdot (1 + 0.1 \cdot l_A / d + 0.33 \cdot l_A / e_o) \\ Z_{V+\Delta M,l} &= V_u \cdot (1 + 0.1 \cdot l_A / d + 0.33 \cdot l_A / e_u) \\ A_{s,l} &= Z_{V,l} / f_{y,Rd} \\ A_{s,r} &= Z_{V,r} / f_{y,Rd} \end{aligned}$$

Die Aufhängebewehrung ist m\u00f6glichst dicht am Aussparungsrand innerhalb einer Breite von $0.3 \cdot h$ zu verteilen. Bei genauerer Berechnung des Momentennulldurchgangs sollte die Verteilbreite $0.2 \cdot l_A$ nicht \u00berschreiten.

Verfahren nach Heft 599

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

Der innere Hebelarm ergibt sich aus der Biegebemessung der Schnittgr\u00f6\u00dfen N_m , M_m am Bruttoquerschnitt (ohne Aussparung).

Die Normalkraft im Zuggurt wirkt in der Stahllage, daher entsteht ein zus\u00e4tzliches Moment infolge Ausmitte.

Verfahren nach Heft 459

Die Bemessung nach Heft 459, DAfStb, unterscheidet sich nur in wenigen Punkten von dem oben beschriebenen Verfahren nach Heft 399, DAfStb. Diese werden im Folgenden dargestellt.

Die Normalkr\u00e4fte in Zug- und Druckgurt wirken in der Schwerachse der Gurte (innerer Hebelarm z analog Leonhardt).

Die Querkraftaufteilung kann optional aus den Gurtsteifigkeiten berechnet werden, wobei jedoch die Brutto-Steifigkeiten der Gurte verwendet werden.

Der Nulldurchgang des Momentenverlaufs wird berechnet, jedoch erfolgt keine Vergr\u00f6\u00ferung der Aussparungsl\u00e4nge.

Die Aufh\u00e4ngebewehrung wird in zwei Abschnitte aufgeteilt: Der erste Abschnitt direkt an den Aussparungsr\u00e4ndern links und rechts dient der Verankerung der Gurtl\u00e4ngsbewehrung, der zweite Abschnitt daran anschlie\u00dfend erm\u00f6glicht die Weiterleitung der Verankerungskr\u00e4fte.

Verankerung der Gurtbewehrung: Die Bemessung erfolgt f\u00fcr eine Zugkraft, die der Querkraft des Druckgurts entspricht. Die Bewehrung wird auf einer Breite von $1.3 \cdot \min(e_o, e_u)$ m\u00f6glichst dicht am Aussparungsrand verteilt.

Weiterleitung der Verankerungskr\u00e4fte: Die Bemessung erfolgt f\u00fcr $1.3 \cdot V_m$, verteilt auf $0.9 \cdot h$.

3.4.2 Schubbemessung

Zur Schubbemessung s. Handbuch [pcae](#) - *Stahlbetontheorie* (als pdf-Dokument auf unserer Web-Site [pcae.de](#)).

3.4.3 Bewehrung

Aus der Biegebemessung (s. Handbuch [pcae](#) - *Stahlbetontheorie*) erh\u00e4lt man die vier Bewehrungslagen $A_{so,o}$, $A_{su,o}$ (Obergurt) bzw. $A_{so,u}$, $A_{su,u}$ (Untergurt); aus der Schubbemessung die B\u00fcgelbewehrung $a_{sb,o}$ (Obergurt) und $a_{sb,u}$ (Untergurt).

Au\u00ferdem wird die Aufh\u00e4ngebewehrung $A_{s,l}$ und $A_{s,r}$ ermittelt.

Die Verankerungsl\u00e4ngen der Zugbewehrung direkt an der Aussparung $A_{su,o}$ (Obergurt), $A_{su,u}$ (Untergurt) wird f\u00fcr eine Druckstrebenneigung von 45° berechnet. Bei einer geringeren Neigung erh\u00f6ht sich die Verankerungsl\u00e4nge entsprechend.

Schnittgrößenimport

Die statische Berechnung eines Bauteils beinhaltet i.A. die Modellbildung mit anschließender Berechnung des Tragsystems sowie nachfolgender Einzelnachweise von Detailpunkten.

Bei der Beschreibung eines Details sind die zugehörigen Schnittgrößen aus den Berechnungsergebnissen des Tragsystems zu extrahieren und dem Detailnachweis zuzuführen.

In der Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, jedoch möglich (z.B. weitere Belastungen). Die Programme bilden eine Einheit.

Dies ist z.B. bei der Programmkombination Stütze mit Fundament der Fall, da beide Programme auch einzeln bedient werden können (`##STUB`, `##FUND`).

- zum anderen sind die `##`-Programme in der Lage, über definierte Punkte miteinander zu kommunizieren.

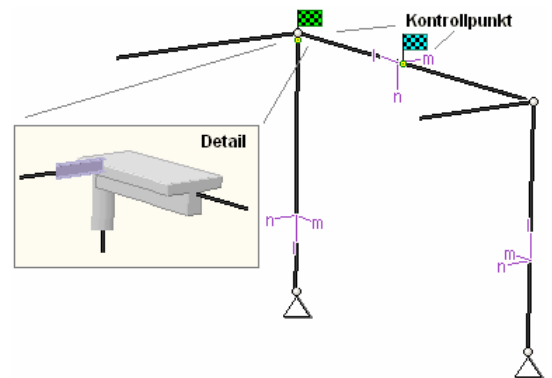
Die Detailprogramme können sich die Schnittgrößen von den Tragwerksprogrammen über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool abholen.

Anhand eines einfachen Rahmens wird dieser Schnittgrößen-Export/Import zwischen `##`-Programmen erläutert.

Schnittgrößenexport

Zunächst sind in dem exportierenden `##`-Programm (z.B. `##FRAP`, Räumliche Stabtragwerke) die Orte zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import in ein Detailnachweisprogramm bereitgestellt werden sollen.

In diesem Beispiel sollen die Schnittgrößen für eine Querschnittsbemessung übergeben werden. Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.



Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden `##`-Programm (z.B. `##EC2AB`, `##EC2QB`, `##EC3SA` usw.) zum Import zur Verfügung.

Ausführliche Informationen zum Export und allen weiteren Hinweisen weiter unten entnehmen Sie bitte dem DTE®-Schnittgrößenexport im DTE®-Handbuch (als pdf-Dokument auf unserer Web-Site pcae.de).

Schnittgrößenimport

Aus dem aufnehmenden `##`-Programm wird nun über den **Import**-Button das Fenster zur DTE®-Bauteilauswahl aufgerufen. Hier werden alle berechneten Bauteile dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.

Das gewünschte Bauteil kann nun markiert und über den **bestätigen**-Button ausgewählt werden. Alternativ kann durch Doppelklicken des Bauteils direkt in die DTE®-Schnittgrößenauswahl verzweigt werden.

+	Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m	Stahlriegel, Anschl. 1
+	Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m	Stahlriegel, Anschluss 2
+	Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m	Stahlbetonriegel
+	Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m	Stahlstütze, Anschluss 2
+	Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m	Stahlstütze, Anschl. 1
+	Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m	Stahlbetonstütze

In der Schnittgrößenauswahl werden die verfügbaren Schnittgrößenkombinationen aller im übergebenden Programm gekennzeichneten Schnitte angeboten. Dabei sind diejenigen Schnitte deaktiviert, deren Material mit dem Detailprogramm nicht kompatibel ist.

Es wird nun der Schnitt geöffnet, dessen Schnittgrößen eingelesen werden sollen.

<div> </div>						
<div> <div>Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m</div> <div> Stahlriegel, Anschl. 1</div> </div>						
<div> <div>Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m</div> <div> Stahlriegel, Anschl. 2</div> </div>						
<div> <div>Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m</div> <div> Stahlbetonriegel</div> <div>Material: Stahlbeton, Querschnitt: Plattenbalken (Unterzug) mit bSteg=30,0cm, hgesamt=60,0cm, bPlatte=120,0cm, hPlatte= 20,0cm</div> </div>						
	N	V _m	V _n	T	M _m	M _n
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<div> <div>Lastfallergebnisse</div> <div>Nachweis 2: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)</div> <div>Nachweis 4: EC 2 Bemessung</div> <div>Extremierung 1: Standardkombination</div> <div>Zusammenfassung Nachweis 4</div> </div>						
min N	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max N	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
min V _n	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max V _n	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
min V _z	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max V _z	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
min T	23.83	0.00	135.17	0.00	-85.92	0.03
max T	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
min M _n	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
max M _n	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
min M _z	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max M _z	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
<div> <div>Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m</div> <div> Stahlstütze, Anschl. 2</div> </div>						
<div> <div>Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m</div> <div> Stahlstütze, Anschl. 1</div> </div>						
<div> <div>Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m</div> <div> Stahlbetonstütze</div> </div>						

Die in das importierende Programm übertragbaren Schnittgrößenspalten sind gelb unterlegt.

Dies sind z.B. im Programm *4#-EC3SA* (Schweißnähte) sämtliche verfügbaren Schnittgrößentypen, im Programm *4#-EC2AB* (einachsige Bemessung) nur die Typen N, V_n und M_m.

Die Kombinationen können beliebig zusammengestellt werden, *pcae* empfiehlt jedoch, nur diejenigen K. auszuwählen, die als Bemessungsgrößen für den zu führenden Detailnachweis relevant sind.



Über den nebenstehend dargestellten Button können doppelte Zeilen eliminiert werden, um die Anzahl der zu übertragenden Lastkombinationen zu reduzieren.

Nach Bestätigen der DTE®-Schnittgrößenauswahl bestückt das importierende Programm die Schnittgrößentabelle, wobei ggf. vorhandene Kombinationen erhalten bleiben.


	N _{Ed}	M _{y,Ed}	V _{z,Ed}	M _{z,Ed}	V _{y,Ed}	T _{t,Ed}	
	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	
1.	1.8	381.6	-22.7	-20.3	-4.1	17.2	Import Lk 1
2.	29.1	-101.2	157.7	0.0	0.0	0.0	Import Lk 2
3.	23.8	-85.9	135.2	0.0	0.0	0.0	Import Lk 3



Die Kompatibilität der Querschnitts- und Nachweisparameter zwischen exportierendem und importierendem Programm ist zu gewährleisten.


Eine Aktualisierung der importierten Schnittgrößenkombinationen, z.B. aufgrund einer Neuberechnung des exportierenden Tragwerks, erfolgt **nicht!**

Eingabeparameter und Ergebnisse werden in einer Druckliste ausgegeben, deren Umfang über die folgenden Optionen beeinflusst werden kann

Für die Detail-Position können **Vorbemerkungen** in das Druckdokument eingefügt werden. Der Text kann in den dafür vorgesehenen Text-Editor (erreichbar über ) eingegeben werden. Die benötigte Zeilenanzahl wird angegeben.

Es kann eine maßstäbliche **grafische Darstellung** des Querschnitts in die Liste eingefügt werden.

Eingabeprotokoll

-  Vorbemerkungen (3 Zeilen)
- ☒ Grafik im Maßstab 1:
- ☒ Eingabeparameter
- ☒ Materialsicherheitsbeiwerte
- ☐ zusätzliche Informationen
- ☐ Parameter des nationalen Anhangs
- ☒ Vorschriften

Der **Maßstab** kann entweder vorgegeben werden, oder die Zeichnung wird im Falle einer Eingabe von 0 größtmöglich in den dafür vorgesehenen Platz gesetzt.

Anschließend werden die **Eingabeparameter** und die **Materialsicherheitsbeiwerte** bzw. **Bemessungsgrößen** ausgedruckt.

I.A. reicht die Ausgabe der Beton- und Betonstahlsorte aus; bei Aktivierung der **zusätzlichen Informationen** werden zudem die Rechenparameter ausgegeben.

Im Anschluss an die Ergebnisse sind die zur Bemessung des Querschnitts maßgebenden **Parameter des nationalen Anhangs** angeordnet.

Zum Schluss kann eine Liste der verwendeten **Vorschriften** (Normen) abgedruckt werden.

Ergebnisse

- ☐ ausführlich
- ☒ standard
- ☐ minimal

Der Umfang der Ergebnisdarstellung kann **ausführlich**, **standard** oder **minimal** sein.

- eine ausführliche Ergebnisausgabe beinhaltet die Ausgabe sämtlicher verwendeter Formeln, um Schritt für Schritt den Lösungswert nachzuvollziehen
- ist dagegen die Ergebnisausgabe minimal, wird nur das Endergebnis ohne weiteren Kommentar ausgedruckt
- im Normalfall reicht die Standardausgabe, bei der nur die wichtigsten Zwischenwerte zusätzlich zum Endergebnis ausgegeben werden

Bei einer großen Anzahl an Lastkombinationen ist es sinnvoll, die Ergebnisse in sehr kompakter Form **tabellarisch** auszugeben.

- ☒ tabellarisch
- ☐ maßgebende Lastkombination (max ρ) detailliert
- ☒ Lastkombination detailliert: Nr.
- ☐ keine detaillierte Ausgabe

Optional kann die **maßgebende Lastkombination**, die zur maximalen Bewehrung (max ρ) geführt hat, in der Standard-Form angefügt werden.

Alternativ kann es sinnvoll sein, den Berechnungsablauf einer frei wählbaren Lastkombination ausgeben zu lassen. Es kann auch keine **detaillierte Ausgabe** erfolgen.

Neben der tabellarischen Ausgabe kann auch nur die **maßgebende Lastkombination** oder eine frei gewählte Lastkombination protokolliert werden.

- ☐ maßgebende Lastkombination (max ρ)
- ☒ Lastkombination detailliert: Nr.

Um den Umfang des Berechnungsprotokolls zu reduzieren, kann die Ausgabe von **Zwischenergebnissen** und/oder **Erläuterungsskizzen** unterdrückt werden.

- ☒ Zwischenergebnisse
- ☒ Erläuterungsskizzen

Das Abschalten der Erläuterungsskizzen betrifft nicht die Ausgabe der Übersichtsgrafik (s.o.).

Das Statikdokument wird in strukturierter Form durchnummeriert, die auch mit dem **pcae**-eigenen Verwaltungsprogramm PROLOG korrespondiert.

Optional kann die **Abschnittsnummerierung unterdrückt** werden.

- ☐ Abschnittsnummerierung unterdrücken

Nationale Anhänge zu den Eurocodes

Die Eurocode-Normen gelten nur in Verbindung mit ihren nationalen Anhängen in dem jeweiligen Land, in dem das Bauwerk erstellt werden soll.

Für ausgewählte Parameter können abweichend von den Eurocode-Empfehlungen (im Eurocode-Dokument mit 'ANMERKUNG' gekennzeichnet) landeseigene Werte bzw. Vorgehensweisen angegeben werden.

In **pcae**-Programmen können die veränderbaren Parameter in einem separaten Eigenschaftsblatt eingesehen und ggf. modifiziert werden.

Dieses Eigenschaftsblatt dient dazu, dem nach Eurocode zu bemessenden Bauteil ein nationales Anwendungsdokument (NA) zuzuordnen.



NAe enthalten die Parameter der nationalen Anhänge der verschiedenen Eurocodes (EC 0, EC 1, EC 2 ...) und ermöglichen den **pcae**-Programmen das Führen normengerechter Nachweise, obwohl sie von Land zu Land unterschiedlich gehandhabt werden.

Die EC-Standardparameter (Empfehlungen ohne nationalen Bezug) wie auch die Parameter des deutschen nationalen Anhangs (NA-DE) sind grundsätzlich Teil der **pcae**-Software.

Darüber hinaus stellt **pcae** ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem weitere NAe aus Kopien der bestehenden NAe erstellt werden können. Dieses Werkzeug, das über ein eigenes Hilfedokument verfügt, wird normalerweise aus der Schublade des DTE®-Schreibtisches heraus aufgerufen. Einen direkten Zugang zu diesem Werkzeug liefert die kleine Schaltfläche hinter dem **Schraubenziehersymbol**.

Normen

- DIN 1055-100 Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe März 2001
- DIN EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- 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, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-2, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-2/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-3, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-3/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-4/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-5, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen; Deutsche Fassung EN 1991-1-5:2003 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1991-1-5/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Januar 2011
- 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; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- 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, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- 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; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN V ENV 1992-1-2, Eurocode 2 (Vornorm): Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall;

Deutsche Fassung ENV 1992-1-2:1995, Ausgabe Mai 1997

- Nationales Anwendungsdokument (NAD) Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1992-1-2: 1997-05 Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall. DIN-Fachbericht 92, 2000
- Normenausschuss Bauwesen (NABau) -> Stand der Auslegungen, Deutsches Institut für Normung e.V., www.nabau.din.de

Biegebemessung

- Erläuterungen zu DIN 1045 Beton und Stahlbeton, Ausgabe 07.88, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- Erläuterungen zu DIN 1045-1, Heft 525, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 2003
- Berichtigung 1 zum DAfStb-Heft 525, Mai 2005
- Erläuterungen zu DIN 1045-1, Heft 525, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 2. überarbeitete Auflage, Mai 2010
- F. Fingerloos: DIN 1045 Ausgabe 2008 Tragwerke aus Beton und Stahlbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Kommentierte Kurzfassung, 3. Auflage, Fraunhofer IRB und Beuth Verlag, 2008
- Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Heft 600, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 1. Auflage, 2012
- F. Fingerloos, J. Hegger, K. Zilch: Eurocode 2 für Deutschland, Kommentierte Fassung, Beuth Verlag und Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 2012
- O. Wommelsdorff: Stahlbetonbau – Bemessung und Konstruktion, Teil 1, 10. Auflage, Werner Verlag, 2011
- O. Wommelsdorff: Stahlbetonbau – Bemessung und Konstruktion, Teil 2, 9. Auflage, Werner Verlag, 2012

Schubbemessung

- E. Grasser: Bemessung für Biegung mit Längskraft, Schub und Torsion, Betonkalender Teil I, Verlag Ernst und Sohn, 1985
- Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1: Hochbau, 2. Auflage, Ernst und Sohn Verlag, 2005
- D. Bertram: Erläuterungen zu DIN 4227 Spannbeton (Teil I, Abschnitt 12), Heft 320, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- H. Friemann: Schub und Torsion in geraden Stäben, Werner-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1983
- K. Zilch und A. Rogge: Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau, Betonkalender 2004
- T. Ruge in: K.-W. Bieger: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke nach Eurocode 2, Springer-Verlag, 1993
- G. Valentin und G. Kidery: Stahlbetonbau, Manz Verlag Schulbuch, Wien 2001
- P. Mark: Ein Bemessungsansatz für zweiachsig durch Querkkräfte beanspruchte Stahlbetonbalken mit Rechteckquerschnitt, Heft 5, Beton- und Stahlbetonbau 100 (2005)

Aussparung

- F. Leonhardt & E. Mönig: Vorlesungen über Massivbau, Dritter Teil: Grundlagen zum Bewehren im Stahlbetonbau, Springer-Verlag, 1977
- R. Eligehausen & R. Gerster: Das Bewehren von Stahlbetonbauteilen, Heft 399, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1993
- U. Hottmann & K. Schäfer: Bemessen von Stahlbetonbalken und -wandscheiben mit Öffnungen, Heft 459, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1996
- J. Hegger et al.: Bewehren nach Eurocode 2, Heft 599, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 2013
- M. Schellenbach-Held & S. Ehmann: Stahlbetonträger mit großen Öffnungen, Heft 3, Beton- und Stahlbetonbau 97, Verlag Ernst & Sohn, 2002
- D. Bertram & N. Bunke: Erläuterungen zu DIN 1045 Beton und Stahlbeton, Ausgabe 07.88,

Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989

- E. Grasser: Bemessung für Biegung mit Längskraft, Schub und Torsion, Betonkalender Teil I, Verlag Ernst und Sohn, 1985
- D. Bertram: Erläuterungen zu DIN 4227 Spannbeton (Teil I, Abschnitt 12), Heft 320, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- E. Grasser & G. Thielen: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken, Heft 240, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1991