

Programm

VERBIND

für PCs unter Windows 98/ME/NT 4/2000/XP

**Auslegung und Nachweis von mit
Querkraft beanspruchten Verbindungen
nach DIN 18 800 Teil 1**

Benutzer-Handbuch

Fassung Dezember 2002

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung
Der ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH ist es nicht gestattet, dieses Benutzer-Handbuch
oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.

**© ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH
Am Zellweg 2 • D-93464 Tiefenbach**

Telefon: 0 96 73 / 17 75 oder 17 76

Telefax: 0 96 73 / 17 70

E-Mail: info@dlubal.com

Internet: <http://www.dlubal.de>



1.	Einleitung	1
1.1	ÜBER VERBIND FÜR WINDOWS.....	1
1.2	DAS TEAM	1
2.	Installation von	2
2.1	SYSTEMANFORDERUNGEN	2
2.2	INSTALLATIONSVORGANG	2
3.	Theoretische Grundlagen	4
3.1	QUERKRAFTANSCHLUß MITTELS LASCHE	4
3.1.1	Voraussetzungen, Ergebnisse.....	4
3.1.2	Möglichkeiten und Ergebnisse	5
3.1.3	Voraussetzungen	6
3.1.4	Voraussetzungen Lochleibung.....	6
3.1.5	Berechnung des Anschlusses.....	7
3.1.6	Schraubenkräfte	7
3.1.7	Nachweis auf Abscheren der Schrauben	10
3.1.8	Nachweis auf Lochleibung	10
3.1.9	Nachweis der Lasche.....	15
3.1.10	Nachweis der Schweißnaht.....	19
3.1.11	Iterationsablauf beim Auslegen.....	20
3.2	QUERKRAFTANSCHLUß MITTELS STIRNPLATTE	22
3.2.1	Voraussetzungen, Ergebnisse.....	22
3.2.2	Möglichkeiten und Ergebnisse	23
3.2.3	Voraussetzungen	24
3.2.4	Berechnung des Anschlusses.....	25
3.2.5	Nachweis auf Abscheren und Lochleibung	25
3.2.6	Abmessungen der Stirnplatte	25
3.2.7	Nachweis des Trägers	26
3.2.8	Nachweis der Schweißnaht.....	26
3.3	QUERKRAFTANSCHLUSS MITTELS KNAGGE	26
3.3.1	Voraussetzungen, Ergebnisse.....	26
3.3.2	Möglichkeiten und Ergebnisse	27
3.3.3	Voraussetzungen	28
3.3.4	Berechnung des Anschlusses.....	28
3.3.5	Nachweis der Lasteinleitungen nach DIN 18800 T1 El. (744)	28
3.3.6	Nachweis der Knagge.....	29
3.3.7	Nachweis der Anschlußnähte	29
3.3.8	Nachweis der Lagesicherung durch die Stirnplatte	30
3.3.9	Ermittlung eines Stabilisierungsmomentes $M_{v,d}$ aus einer ungewollten Vorverdrehung des anzuschließenden Trägers	32
4.	Arbeiten mit VERBIND.....	33
4.1	VERBIND STARTEN	33
4.2	MASKEN.....	33
4.3	EINGABEMASKEN	34
4.3.1	Maske 1.1 Basisangaben.....	34
4.3.2	Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte	36
4.3.3	Maske 1.3 Schrauben – Parameter	39
4.3.4	Maske 1.4 Lochbild	40
4.3.5	Maske 1.5 Belastung	43
4.4	ERGEBNISMASKEN	44
4.4.1	Maske 2.1 Ergebnisse.....	44
4.4.2	Grafische Anzeige der berechneten Ergebnisse	46



4.5	PULLDOWNMENÜS.....	47
4.5.1	Datei.....	47
4.5.2	Hilfe.....	48
5.	Ergebnisse	49
5.1	BILDSCHIRMANZEIGE.....	49
5.2	AUSDRUCKEN	49
6.	Beispielrechnungen.....	52
6.1	LASCHEVERBINDUNG.....	52
6.1.1	Berechnung der Schraubenkräfte	52
6.1.2	Beanspruchung auf Abscheren.....	53
6.1.3	Beanspruchung auf Lochleibung.....	54
6.1.4	Nachweis der Lasche.....	56
6.1.5	Nachweis der Schweißnaht.....	57
6.1.6	Berechnung mit VERBIND.....	58
6.2	STIRNPLATTENVERBINDUNG.....	62
6.2.1	Nachweis auf Abscheren.....	62
6.2.2	Nachweis auf Lochleibung.....	62
6.2.3	Plattenabmessungen	63
6.2.4	Nachweis der Lasteinleitung in den Träger.....	63
6.2.5	Nachweis der Schweißnaht.....	63
6.2.6	Berechnung mit VERBIND.....	64
6.3	QUERKRAFTANSCHLUß MITTELS KNAGGE	68
6.3.1	Nachweis der Knagge.....	68
6.3.2	Nachweis der Lasteinleitung in den Träger.....	69
6.3.3	Nachweis der Schrauben	69
6.3.4	Nachweis der Schweißnähte.....	69
6.3.5	Berechnung mit VERBIND.....	70
Anhang A:	Literatur	75



1. Einleitung

1.1 Über VERBIND für Windows

Sehr verehrte Anwender von VERBIND.

Am Anfang dieses Handbuches möchten wir noch ein paar grundsätzliche Worte zu VERBIND für Windows sagen, sowie einige Hinweise anbringen. Egal, ob Sie schon kundiger Benutzer einer Vorgängerversion sind oder das erste Mal mit VERBIND arbeiten – die praxisorientierte Entwicklung, welche nur durch die konstruktive Zusammenarbeit mit vielen unserer Kunden und Geschäftspartnern möglich war, ermöglicht praktisch jedem den zügigen Einstieg und das schnelle Zurechtfinden im Programm. Die zahlreichen wertvollen Hinweise aus der alltäglichen Ingenieurspraxis trugen bereits bei VERBIND 1.xx zu einer ständigen Weiterentwicklung und Verbesserung bei und sind selbstverständlich auch in VERBIND für Windows in vollem Umfang zum Tragen gekommen.

VERBIND für Windows ist nun, im Gegensatz zu VERBIND 1.xx vollkommen in RSTAB 5 für Windows integriert. VERBIND präsentiert sich Ihnen in der Windows-Fassung nicht nur rein optisch als ein fester Bestandteil von RSTAB. Die Ergebnisse können in das Ausdruckprotokoll von RSTAB eingebunden werden, mit der Folge, dass sich Ihre gesamten Berechnungen in optisch ansprechender und vor allem auch einheitlicher Form gestalten und präsentieren lassen.

Viel Erfolg bei der Arbeit mit RSTAB und VERBIND wünscht Ihnen

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

1.2 Das Team

Folgende Personen waren an der Entwicklung von VERBIND für Windows beteiligt:

- Programmkoordinierung
Prof. Dr.-Ing. K.-D. Klee
Dipl.-Ing. J. Brockmann
Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
- Programmierung
Dipl.-Ing. J. Brockmann
- Programmkontrolle
Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann
- Handbuch und Hilfesystem
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann



2. Installation von

2.1 Systemanforderungen

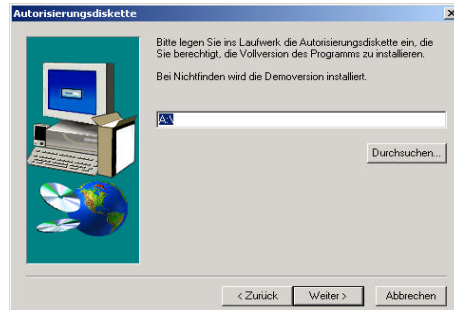
Folgende Mindestvoraussetzungen sollte Ihr Rechner für die Nutzung der Möglichkeiten von RSTAB 5 und VERBIND für Windows erfüllen (Klammerwerte sind Empfehlungen).

- Benutzeroberfläche Windows 98/Me/NT 4/WIN 2000/XP (WIN 2000, XP)
- Prozessor mit 400 Mhz (800 Mhz)
- 64 MB Arbeitsspeicher (256 MB)
- CD-ROM- und 3,5-Zoll-Diskettenlaufwerk für die Installation
- 2 GB Festplattenkapazität, davon zirka 150 MB für die Installation (500 MB)
- Grafikkarte mit 4 MB und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel (Open GL)

Mit Ausnahme des Betriebssystems sprechen wir aber bewusst keine Produktempfehlungen aus, da RSTAB und seine Zusatzmodule grundsätzlich auf allen Systemen laufen, die vorgenannte Leistungsanforderungen erfüllen. Da RSTAB und VERBIND in der Regel sehr rechenintensiv sind, soll natürlich nicht verschwiegen werden, dass hier in einem vernünftigen Rahmen durchaus gilt: Je mehr desto besser!

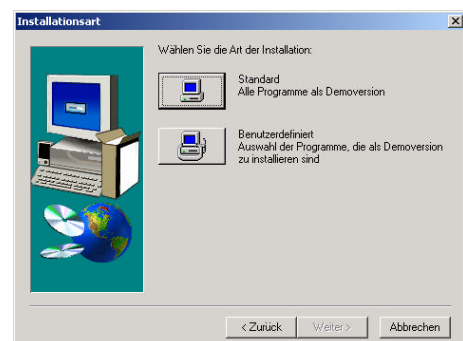
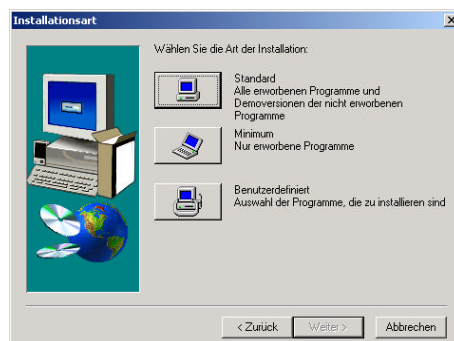
2.2 Installationsvorgang

Der Installationsvorgang wird mit Einlegen der RSTAB5 CD automatisch gestartet. Da das Zusatzmodul VERBIND vollkommen in RSTAB integriert ist, wird dieses Modul bei der Installation nicht explizit erwähnt, sondern bei erworbener Lizenz, d.h. mit der entsprechenden Autorisierung automatisch bei der RSTAB Installation mitinstalliert.



Aufforderung zum Einlegen der Autorisierungsdiskette

Wurde über die Autorisierungsdiskette mindestens eine Lizenz eines Programms erkannt, erscheinen die folgenden 3 Installationsarten [Standard], [Benutzerdefiniert] und [Minimum]. Eine fehlende oder falsche Autorisierung kann man daran erkennen, dass nur 2 Installationsarten, [Standard] und [Benutzerdefiniert], verfügbar sind.



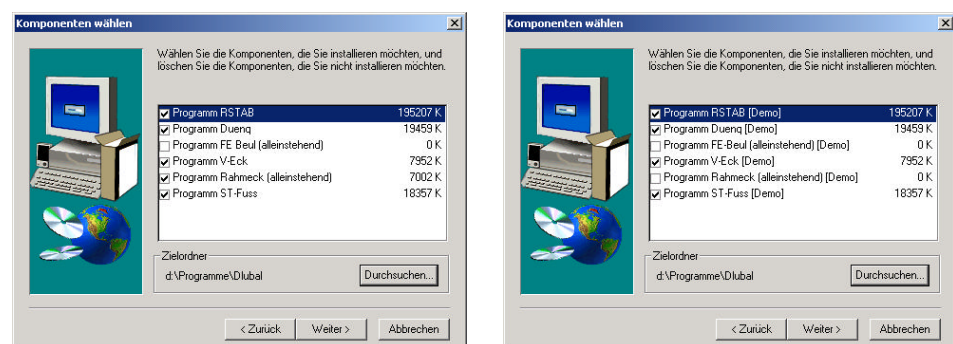
Installationsart (vorhandene Autorisierung / keine Autorisierung [Demoversion])

Außerdem wird bei fehlender Autorisierung auch im Text eine Meldung erscheinen, die auf die Installation der [Demo]-Version hinweist.

[Standard] ... installiert die kompletten RSTAB Anwendungen und deren Zusatzmodule, (u.a. VERBIND), DUENQ, V-ECK und ST-FUSS. Die Programme können anschließend über die entsprechende Verknüpfung auf dem Desktop bzw. im Startmenü als Vollversion (bei erfolgter Autorisierung) oder lediglich als Demoversion gestartet werden.

[Minimum] ... installiert nur die Programme, für die eine entsprechende Lizenz auf der Autorisierungsdiskette verzeichnet ist. Eine Ausnahme bildet RSTAB mit seinen Zusatzmodulen, denn diese werden alle installiert, auch wenn keine Autorisierung für einige Module vorliegt.

[Benutzerdefiniert] ... hier kann man die einzelnen auf der RSTAB5 CD verfügbaren Programme manuell an- und abwählen. Module, die nicht direkt in RSTAB integriert sind und deren Lizenz nicht vorliegt, sind in dieser benutzerdefinierten Installationsart mit [Demo] gekennzeichnet.



Benutzerdefinierte Installation (vorhandene Autorisierung / keine Autorisierung [Demoversion])

Hinweis: Bei der Installation von RSTAB ab Version 5.10 wird die vorhandene Autorisierung nur dann überschrieben, wenn eine neuere Autorisierung im angegebenen Laufwerk (z.B. A:) gefunden wurde. Solange keine Autorisierung erkannt wird, also keine Diskette eingelegt wurde, bleiben die bisherigen Module weiterhin startbar.

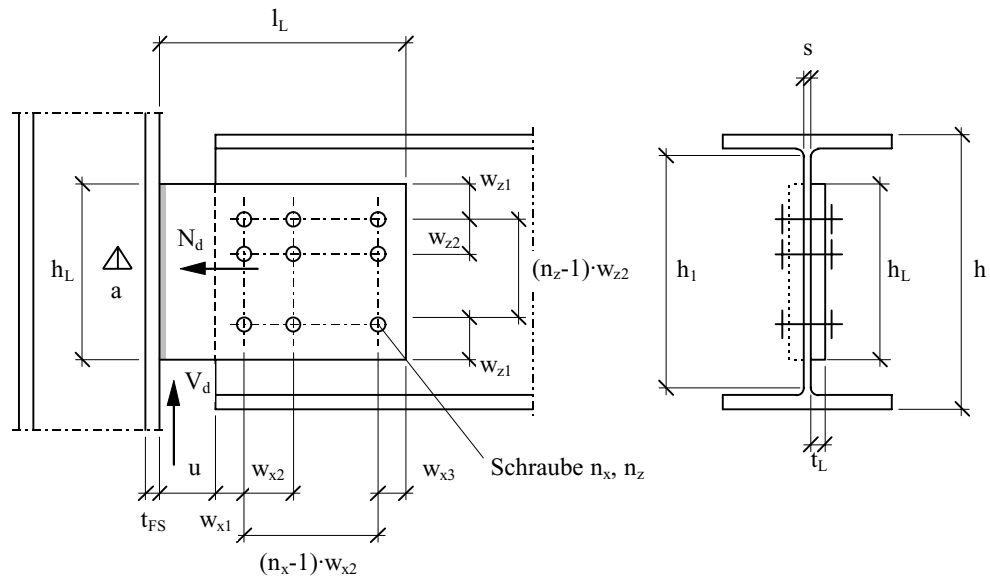


3. Theoretische Grundlagen

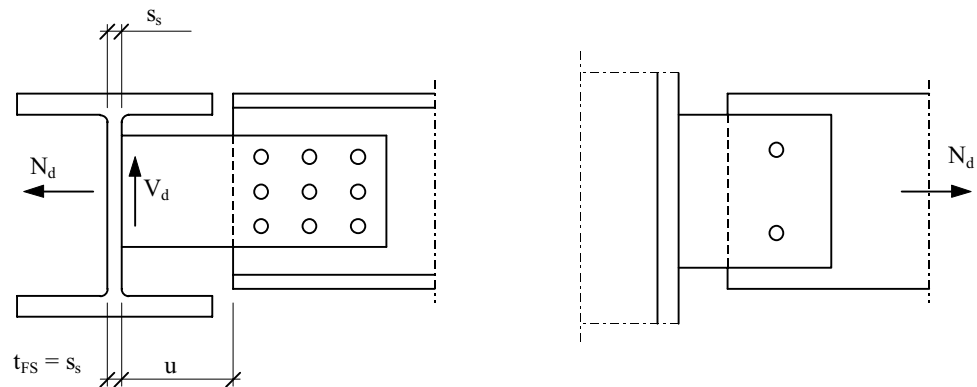
3.1 Querkraftanschluß mittels Lasche

3.1.1 Voraussetzungen, Ergebnisse

Der Querkraftanschluß (wahlweise mit Normalkraft) eines Trägers an eine Stütze oder an einen Abfangträger mittels einer oder zwei Anschlußlaschen (Fahnen) wird nach DIN 18800 Teil 1 nachgewiesen, wobei der rechnerische Momentennullpunkt in die Schweißnaht gelegt wird. Der Schraubenanschluß wird dann biegesteif ausgebildet und nachgewiesen.



wahlweise:



Quer- und Normalkraftanschluß

Der anzuschließende Träger kann ein Walzprofil (Werte gespeichert) oder ein Blechträger sein. Vom lastaufnehmenden Träger wird die Blechdicke t_{FS} bzw. s_s benötigt.



3.1.2 Möglichkeiten und Ergebnisse

Nachweis eines vorgegebenen Anschlusses („Nachweis“) durch Eingabe aller Parameter

- automatisches Auslegen („Auslegung“), eines Laschenanschlusses unter Vorgabe von sinnvollen Größen

wichtigste Vorgaben:

- Laschenanzahl
- Schraubengröße, Schraubenabstände, Schraubenfestigkeitsklasse
- Begrenzung der Laschenhöhe und Laschenlänge (optional)

Auslegung von:

- Schraubenanzahl in horizontaler und vertikaler Richtung
- Laschenstärke und komplette Laschengeometrie
- Schraubenabstand w_{z2}
- Wurzelmaß der Schweißnaht bei Kehlnähten

Alle Parameter, die vom Programm ausgelegt werden, können ebenso vom Benutzer vorgegeben werden (z.B. Vorgabe der horizontalen Schraubenanzahl und Auslegung der Anzahl der vertikalen Schraubenreihen).

- Nachweis der Schrauben auf Abscheren
- Nachweis der Lochleibung aller äußeren Schrauben (kritische Schrauben) für die Bauteile Lasche und Träger nach DIN 18800 T1 [1] und Kommentar zur DIN [2] (Interaktion untereinander und zu den Rändern)
- Nachweis der Anschlußschweißnaht (Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen)
- Überprüfung der Nahtdicke bei Kehlnähten nach DIN 18800 Teil 1
- Nachweis der Lasche unter Berücksichtigung des Lochabzuges (sechs verschiedene Fälle) und evtl. Versatz der Schwerelinie (Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen)
- Berechnung von Sonderfällen
 - Anschluß mit nur einer Schraube nach DIN 18800 El. 807
 - Anschluß mit reiner Normalkraftbeanspruchung (z.B. Verbandsstab an Knotenblech) oder reiner Querkraftbeanspruchung
- Plausibilitätskontrollen der Eingabewerte und Überprüfung mit den verbindlichen Vorgaben bzw. Empfehlungen der DIN [1]
- komfortable, mausunterstützte Benutzeroberfläche nach SAA-Standard
 - Unterstützung durch Tastaturkürzel (Hotkeys) erlauben schnelles Arbeiten
 - Rücksprungmöglichkeiten innerhalb der Eingabe
 - Speichern der Eingabedaten für nachfolgende Eingaben
 - Rechenfunktion innerhalb der Eingabe erlaubt
- Ausgabe sämtlicher Eingabedaten und aller signifikanten Ergebnisse in nachvollziehbarer Form.

Komplette grafische Anzeige der Ergebnisse auf dem Bildschirm, so wie sie auf dem Drucker ausgegeben werden

- Die Eingabedaten können als Datei gespeichert und somit später wieder eingelesen werden
- Grafische Anzeige der Verbindung

Die für die Berechnung notwendigen Parameter (teilweise von der DIN [1] gefordert) werden vom Programm interaktiv abgefragt, wobei das Programm eine Unterscheidung in Abhängigkeit vom gewählten Modul „Nachweis“ oder „Auslegung“ vornimmt:

- Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand
- Bemessungswerte der Einwirkungen N_d , V_d
- Dicke des Anschlußbauteils



- wahlweise Trägerprofil (Normprofil) oder Dicke des krafteinleitenden Bauteils und Beschränkung für die Laschenhöhe (Blechträger oder sonstiges Bauteil)
- max. Höhe (optional) und Dicke der Lasche (optional für Modul Auslegen)
- Stahlsorte der Lasche
- Spezifikation der Schrauben und Löcher
 - Rohe Schraube oder Paßschraube
 - Festigkeitsklasse
 - Gewinde oder Schaft in der Scherfuge
 - gebohrte oder gestanzte Löcher
 - Beulgefahr: ja oder nein
 - begrenzte oder unbegrenzte Tragwerksverformung
 - Schraubengröße
 - Lochspiel
 - Anzahl der Schrauben in horiz. und vertikaler Richtung (optional für Modul Auslegen)
 - Rand- und Schraubenabstände, Laschenüberstand
- Schweißnahtanschluß mit einseitigen Kehlnähten (2 Laschen) oder Doppelkehlnähten (1 Lasche) oder HV-Naht
 - Art der Schweißnaht
 - Wurzelstärke für Kehlnähte
 - Nahtgüte: nachgewiesen oder nicht nachgewiesen

Die Ergebnisse sind unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

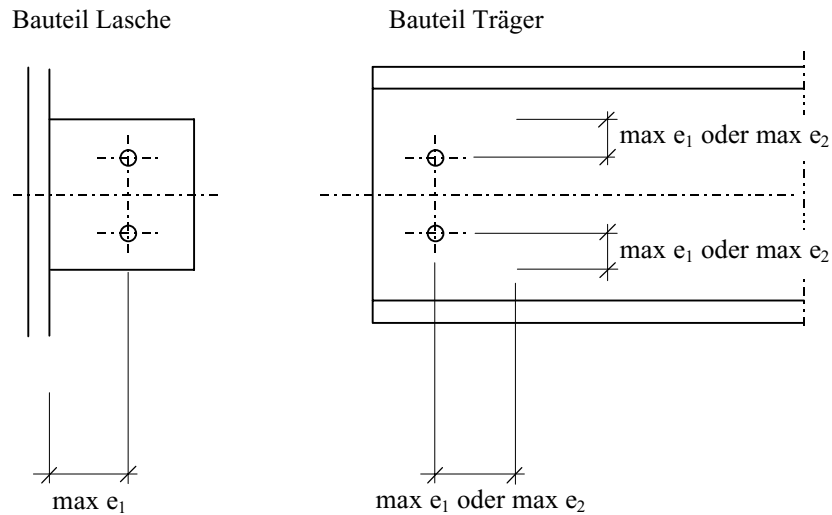
3.1.3 Voraussetzungen

- Material der Träger St235 oder St355
- Einhaltung der Mindest- und Maximalschraubenabstände nach DIN 18800 T1 [1] (Kontrolle erfolgt durch das Programm)
- Schrauben, Muttern, Scheiben nur nach den Anforderungen DIN 18800 T1 [1] und dort aufgeführten Normen
- Vorgabe der Bemessungswerte der Einwirkungen N_d und V_d , die Vorgabe erfolgt durch die Auswahl eines entsprechenden RSTAB Lastfalls, einer Lastfallgruppe oder Lastfallkombination.
- Ausführung des Anschlusses in Anlehnung an 3.1.1.

Für den Fall $V_d = 0$ kann mit dem Programm auch ein reiner Zuganschluß nachgewiesen werden.

3.1.4 Voraussetzungen Lochleibung

- Einhaltung der nach DIN 18800 T1, Tabelle 7 [1] vorgeschriebenen Rand- und Lochabstände für Schrauben (Kontrolle erfolgt durch das Programm)
- Für die Berechnung der Beanspruchbarkeit auf Lochleibung $V_{l,R,d}$ dürfen die rechnerischen Abstände e , e_1 , e_2 , e_3 nicht größer angesetzt werden als nach DIN 18800, Tabelle 8 [1]
- Für Abstände, in deren Richtung das Bauteil (Lasche oder Träger) nicht ausleiben kann, werden für die Berechnung $V_{l,R,d}$ immer die maximalen Abstände nach DIN 18800, Tabelle 8 [1] angesetzt, auch wenn diese größer sind als die tatsächlichen Maße.

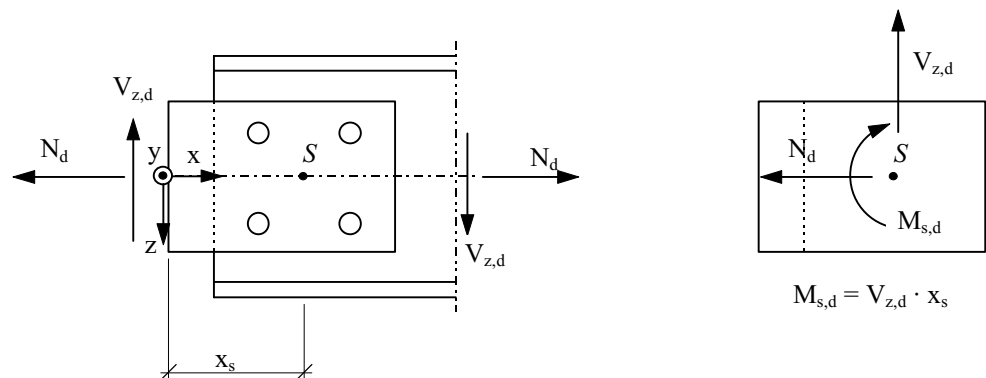


Rechnerisch angesetzt, maximale Abstände für Lochleibung in Richtung ohne Leibungsgefahr

3.1.5 Berechnung des Anschlusses

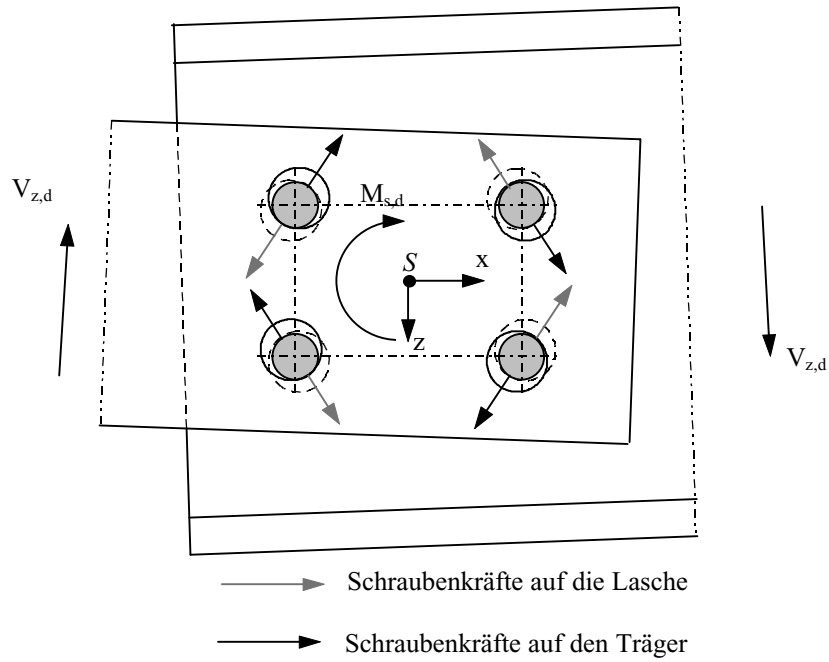
3.1.6 Schraubenkräfte

Aus den γ -fachen Schnittgrößen (Bemessungswerte der Einwirkungen) N_d und V_d werden die Schraubenkräfte ermittelt. Dabei wird unterschieden zwischen den Schraubenkräften, die auf die Lasche bzw. auf den Träger wirken (actio = reactio).



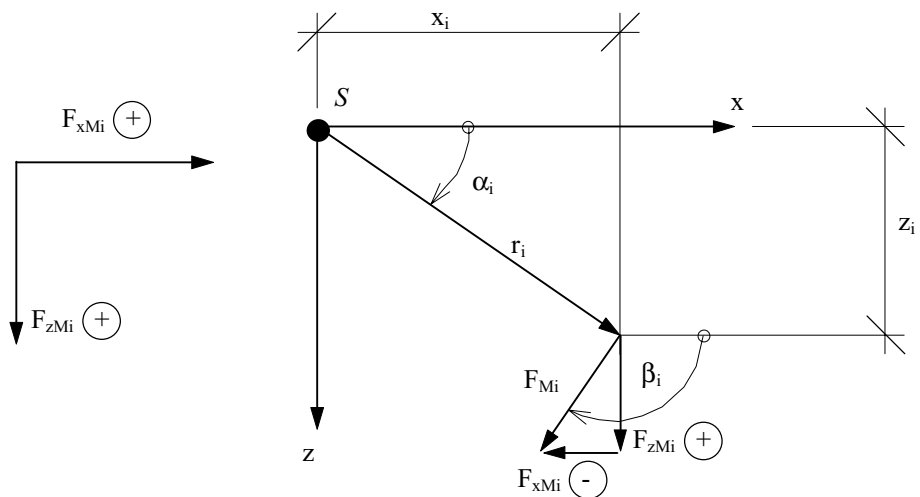
Träger bzw. Lasche freigeschnitten

Im Bild sind prinzipiell die Schraubenkräfte aus $M_{s,d}$ in Ihrer Wirkung auf den Träger und die Lasche(n) dargestellt:



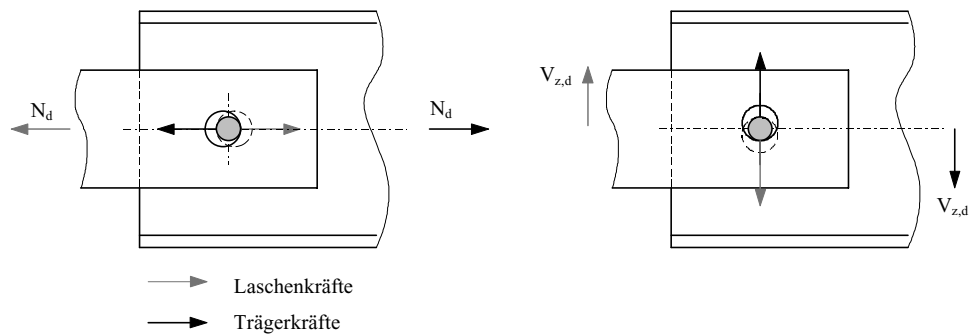
Schraubenkräfte infolge $M_{s,d}$

Die Definition der Winkel und Kräfte sind aus dem Bild ersichtlich.



Bauteil	Winkel β_i
Träger	$\alpha_i + 90^\circ$
Lasche	$\alpha_i - 90^\circ$

Definition Winkel und Schraubenkräfte aus $M_{s,d}$





Bauteil	F_{Nxi}
Träger	$-N_{d/n}$
Lasche	$N_{d/n}$

Bauteil	F_{Vzi}
Träger	$-V_{z,d/n}$
Lasche	$V_{z,d/n}$

Definition der Schraubenkräfte aus N_d und $V_{z,d}$

Unter Beachtung der Bilder ergeben sich die Schraubenkräfte dann zu:

$$F_{Mi} = \frac{M_{s,d} \cdot r_i}{I_p}, \quad r_i = \sqrt{x_i^2 + z_i^2}$$

Bauteil Träger:

$$F_{xi} = F_{Mi} \cos \beta_i - \frac{N_d}{n}$$

$$F_{zi} = F_{Mi} \sin \beta_i - \frac{V_{z,d}}{n}$$

$$\beta_i = \alpha_i + 90^\circ$$

$$F_{Ri} = \sqrt{F_{xi}^2 + F_{zi}^2}$$

Bauteil Lasche:

$$F_{xi} = F_{Mi} \cos \beta_i + \frac{N_d}{n}$$

$$F_{zi} = F_{Mi} \sin \beta_i + \frac{V_{z,d}}{n}$$

$$\beta_i = \alpha_i - 90^\circ$$

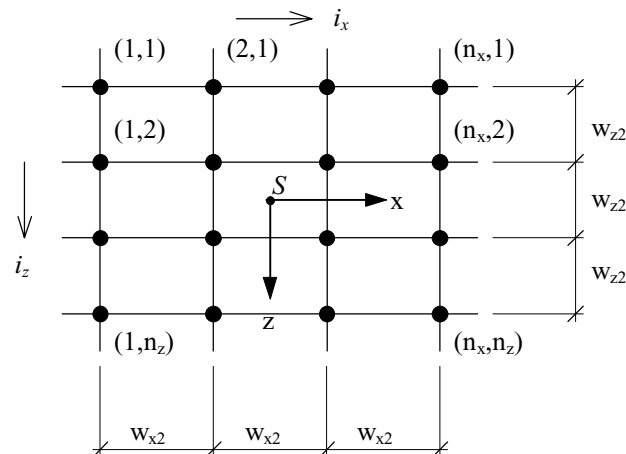
$$F_{Ri} = \sqrt{F_{xi}^2 + F_{zi}^2}$$

I_p ist das polare Trägheitsmoment der Schrauben bezogen auf den Schraubenschwerpunkt S:

$$I_p = \sum_{i=1}^n (x_i^2 + z_i^2)$$

$$n = n_x \cdot n_z$$

mit n_x und n_z nach folgender Darstellung:



n_x : Anzahl der Schrauben in horizontaler Richtung = Anzahl der vertikalen Schraubenreihen
 n_z : Anzahl der Schrauben in vertikaler Richtung = Anzahl der horizontalen Schraubenreihen



3.1.7 Nachweis auf Abscheren der Schrauben

Die Beanspruchbarkeit einer Schraube ergibt sich zu:

$$V_{a,R,d} = m \cdot A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M$$

Der Abscherquerschnitt berechnet sich zu:

Scherfuge	Schraubenart	A
Schaft	roh	$\pi / 4 \cdot d^2$, $d = d_N$
	Paß	$\pi / 4 \cdot d^2$, $d = d_N + 1 \text{ mm}$
Gewinde	roh, Paß	A_{Sp}

Abscherquerschnitt

$m = 1$ einschnittige Verbindung (1 Lasche)

$m = 2$ zweischnittige Verbindung (2 Laschen)

α_a Abscherfaktor

$f_{u,b,k}$ charakteristische Schraubenzugfestigkeit

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand (zur Zeit nach DIN 18800 $\gamma_M = 1,1$) $\gamma_M = 1,25$ bei einschnittigen ungestützten Verbindungen [2], z.B. bei Anschluß mit einer Schraube. Dies erkennt das Programm automatisch.

d_N Nenndurchmesser der Schraube

Festigkeitsklasse	Scherfuge	α_a
4.6, 5.6, 8.8	Schaft oder Gewinde	0,60
10.9	Schaft	0,55
	Gewinde	0,44

Scherfaktor α_a

Der Nachweis ist erbracht, wenn die maximale resultierende Schraubenkraft kleiner gleich $F_{a,R,d}$ ist:

$$\max F_{Ri} / F_{a,R,d} \leq 1,0$$

3.1.8 Nachweis auf Lochleibung

Die Beanspruchbarkeit einer Schraube ist nach:

$$V_{l,R,d} = t \cdot d_{sch} \cdot \alpha_l \cdot f_{y,k} / \gamma_M$$

zu ermitteln.

mit

d_{sch} Schaftdurchmesser Schraube ($d_{sch} = d_N$ Standard, $d_{sch} = d_N + 1$ Paßschraube)

t Blechdicke ($t = s$ für Nachweis Träger, $t = n_L \cdot t_L$ für Nachweis der Lasche)

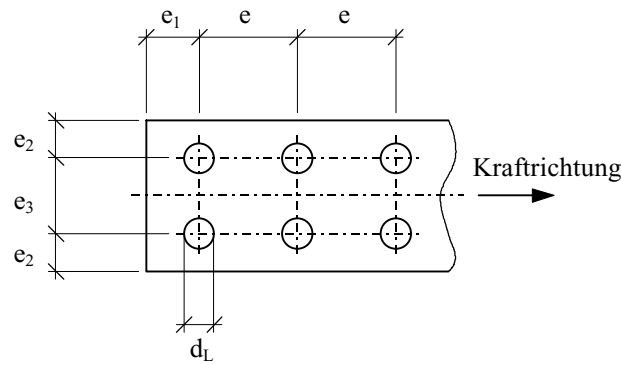
t_L Dicke einer Lasche

n_L Anzahl der Laschen

α_l Lochleibungsfaktor

$f_{y,k}$ charakteristischer Wert für die Streckgrenze

Der Faktor α_l hängt von den Schraubenabständen untereinander und vom Rand (belastet oder unbelastet) ab.


Rand- und Lochabstände

Der charakteristische Wert für die Streckgrenze wird in der Tabelle 1 DIN 18800 [1] festgelegt.

Stahl	Dicke t [mm]	$f_{y,k}$ [N/mm ²]
St 37	$t \leq 40$	240
	$40 < t \leq 80$	215
St 52	$t \leq 40$	360
	$40 < t \leq 80$	325

charakteristische Werte der Streckgrenze nach DIN 18800 T1 [1]

Alle Rand- und Lochabstände der Schrauben müssen die Bedingungen der DIN 18800 T1, Tabelle 7 [1] erfüllen. In diesem Sinne erfolgt eine automatische Kontrolle der Eingabewerte durch das Programm.

Randabstände			Lochabstände		
Kleinsten Randabstand	In Krafrichtung e_1	$1,2 d_L$	Kleinsten Lochabstand	In Krafrichtung e	$2,2 d_L$
	Rechtwinklig zur Krafrichtung e_2	$1,2 d_L$		Rechtwinklig zur Krafrichtung e_3	$2,4 d_L$
Größter Randabstand	In und rechtwinklig zur Krafrichtung e_1 bzw. e_2	$3 d_L$	Größter Lochabstand e bzw. e_3	Zur Sicherung gegen lokales Beulen	$6 d_L$
				wenn lokale Beulgefahr nicht besteht	$10 d_L$

Rand- und Lochabstände von Schrauben nach DIN 18800 T1, Tab 7 [1]

Bei gestanzten Löchern sind die kleinsten Randabstände $1,5 d_L$ und die kleinsten Lochabstände $3,0 d_L$.

Bei der Berechnung der Grenzlochleibungskraft muß unterschieden werden, ob die auf das Schraubenloch wirkende Kraft zum Blechrand (Interaktion zum Rand mit e_1) oder in Richtung des nächsten Schraubenloches (Interaktion untereinander mit dem Lochabstand e) zeigt. Der Wert α_1 wird in Anlehnung an die Gleichung (50) der DIN 18800 T1 [1] und des Kommentars [2] wie folgt berechnet:

Interaktion zum Rand

$$\alpha_1 = (1,85 \varepsilon - 0,5) \beta / 3 - (0,75 \varepsilon - 0,20) \leq 3,0$$

$$\varepsilon = e_1 / d_L$$

$$\beta = (e_2 + \frac{1}{2} e_3) / d_L \quad \text{Rand- Eckschraube}$$

$$\beta = e_3 / d_L \quad \text{Rand- Mittelschraube}$$

Interaktion untereinander

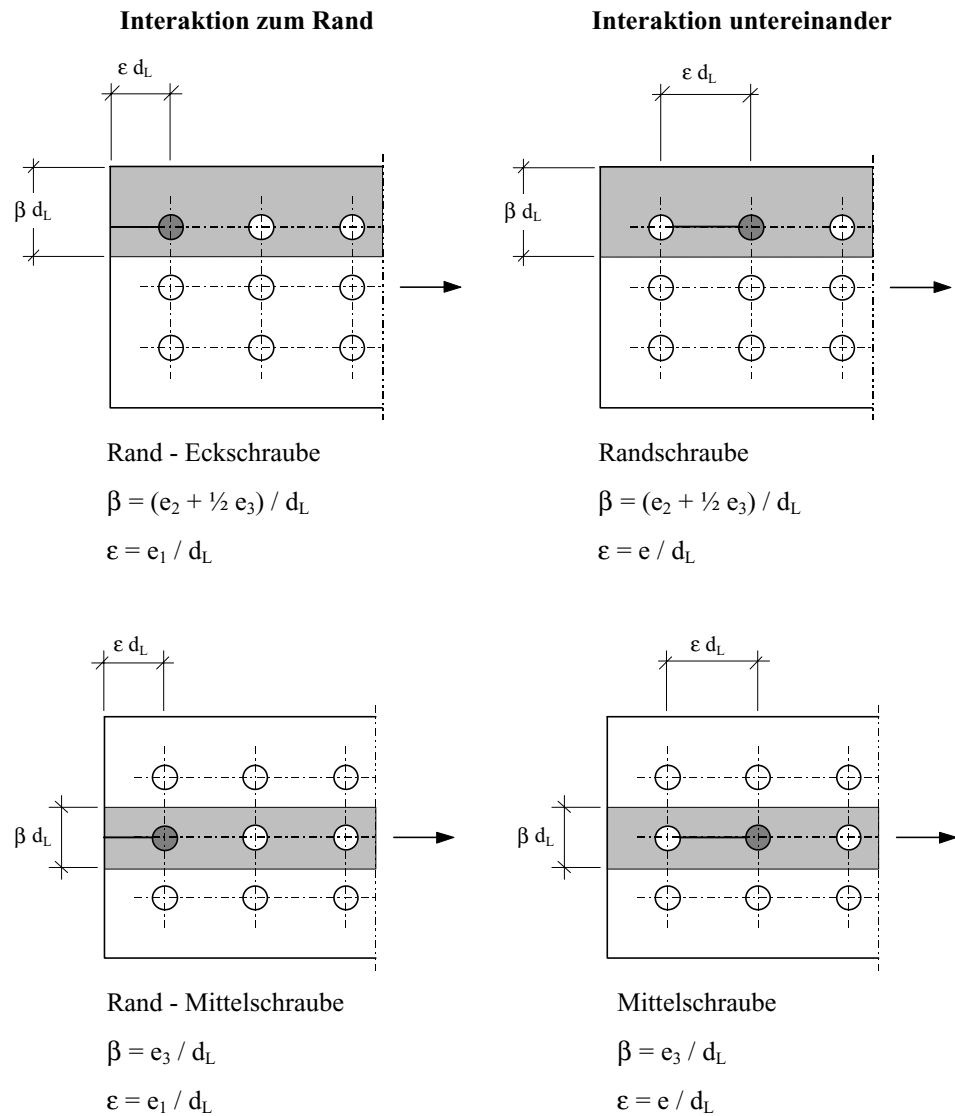
$$\alpha_1 = (1,80 \varepsilon - 1,3) \beta / 3 - (0,72 \varepsilon - 0,53) \leq 3,0$$

$$\varepsilon = e / d_L$$



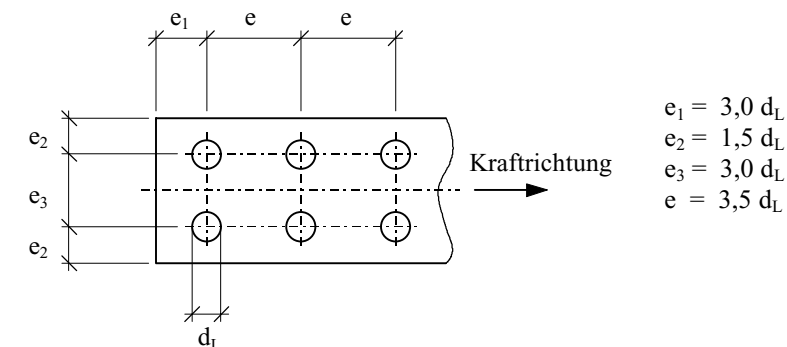
$$\begin{aligned} \beta &= (e_2 + \frac{1}{2} e_3) / d_L && \text{Randschraube} \\ \beta &= e_3 / d_L && \text{Mittelschraube} \end{aligned}$$

Die mitwirkenden Streifen sind in den folgenden Bildern dargestellt.



Mitwirkende Streifen zur Berechnung von α_i nach Element 805, siehe [1], [2].

Bei den Interaktionen darf der Randabstand in Krafrichtung e_1 höchstens mit $3,0 d_L$ und der Lochabstand in Krafrichtung höchstens mit $3,5 d_L$ in Rechnung gestellt werden, die größtmögliche Beanspruchbarkeit wird nach Element 805 [1] mit den angegebenen Rand- und Lochabständen erreicht. Für die Mindestabstände beträgt die Beanspruchbarkeit nur etwa die Hälfte der größtmöglichen Werte.



Rand- und Lochabstände, für die die größtmöglichen Lochleibungsbeanspruchbarkeit erreicht wird

Das Programm ermittelt für jede Schraube die Schraubenkraft und -richtung getrennt nach Träger und Lasche (actio = reactio), siehe z.B. Bilder 2.2 und 2.9. Getrennt nach dem Bauteil (unter Beachtung der unterschiedlichen Krafrichtungen !) werden die Grenzlochleibungskräfte unter folgenden Voraussetzungen berechnet:

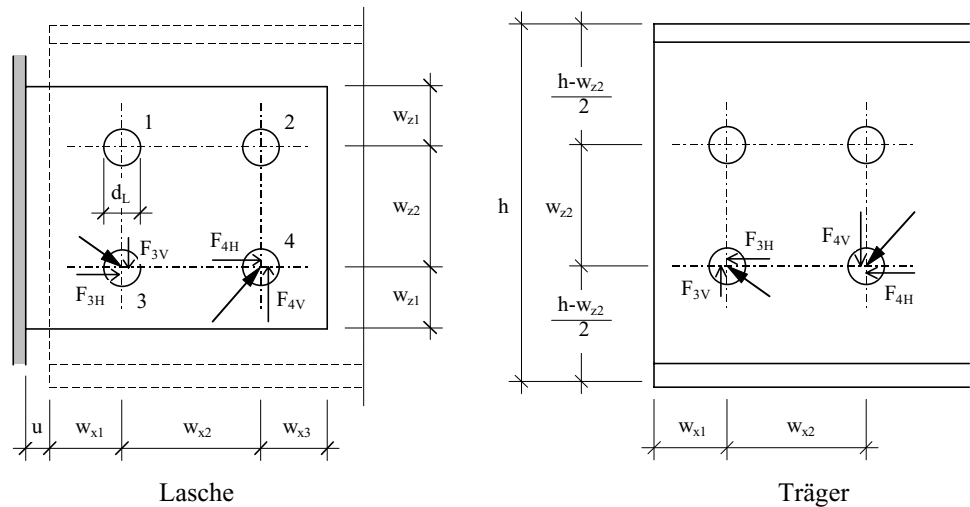
- Einhaltung der Rand- und Lochabstände von Schrauben nach DIN 18800 T1, Tab 7 [1]
- die rechnerischen Abstände werden nicht größer als
 $e_1 = 3,0 d_L, e_2 = 1,5 d_L, e_3 = 3,0 d_L, e = 3,5 d_L$ angesetzt.
- Für Abstände, in deren Richtung das Bauteil nicht ausleiben kann (z.B. Kraft im Trägersteg in Richtung des Trägerflansches), werden bei der Berechnung von α_i immer die Abstände nach DIN [1], Tab. 8 angesetzt, auch wenn diese größer sind als die tatsächlichen Abstände
- bei nicht randparalleler Kraft wird in beiden Richtungen die Grenzlochleibungskraft berechnet, die kleinere aus den beiden Kräften

$V_{1,R,d,H}^i$ und $V_{1,R,d,V}^i$, also $V_{1,R,d}^i = \min(V_{1,R,d,H}^i, V_{1,R,d,V}^i)$ wird zum Nachweis

$$\frac{V_1^i}{V_{1,R,d}^i} \leq 1,0$$

herangezogen.

Dieses Vorgehen liegt auf der sicheren Seite und soll beispielhaft anhand des folgenden Bildes erläutert werden.



Exemplarische Erläuterung der Interaktion am Beispiel der Schrauben 3 und 4

Träger, Kraft F_3

- F_{3H} : Interaktion zum Rand mit α_i
 $\varepsilon = e_1 / d_L \quad \beta = (e_2 + \frac{1}{2} e_3) / d_L$
 $e_1 = w_{x1} \leq 3,0 d_L$
 $e_2 = \max e_2 = 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{z2}$
 $\Rightarrow V_{1,R,d,H}^3 = \dots$
- F_{3V} : Interaktion untereinander mit α_i
 $\varepsilon = e / d_L \quad \beta = (e_2 + \frac{1}{2} e_3) / d_L$
 $e = w_{z2} \leq 3,5 d_L$
 $e_2 = w_{x1} \leq 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{x2} \leq 3,0 d_L$



$$\Rightarrow V_{1,R,d,V}^3 = \dots \Rightarrow V_{1,R,d}^3 = \min(V_{1,R,d,H}^3, V_{1,R,d,V}^3)$$

Lasche, Kraft F₃

- F_{3H} : Interaktion untereinander mit α_1
 $\varepsilon = e / d_L \quad \beta = (e_2 + 1/2 e_3) / d_L$
 $e = w_{x2} \leq 3,5 d_L$
 $e_2 = \max w_{z1} \leq 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{z2} \leq 3,0 d_L$
 $\Rightarrow V_{1,R,d,H}^3 = \dots$
- F_{3V} : Interaktion zum Rand mit α_1
 $\varepsilon = e_1 / d_L \quad \beta = (e_2 + 1/2 e_3) / d_L$
 $e_1 = w_{z1} \leq 3,0 d_L$
 $e_2 = \max e_2 = 1,5 d_L$ (Naht links !), $e_3 = w_{x2} \leq 3,0 d_L$
 $\Rightarrow V_{1,R,d,V}^3 = \dots$
 Also maßgebend für die Lasche
 $V_{1,R,d}^3 = \min(V_{1,R,d,V}^3, V_{1,R,d,H}^3)$

Träger, Kraft F₄

- F_{4H} : Interaktion untereinander mit α_1
 $\varepsilon = e / d_L \quad \beta = (e_2 + 1/2 e_3) / d_L$
 $e = w_{x2} \leq 3,5 d_L$
 $e_2 = \max e_2 = 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{z2} \leq 3,0 d_L$
 $\Rightarrow V_{1,R,d,H}^4 = \dots$
- F_{4V} : Interaktion zum Rand mit α_1
 $\varepsilon = e_1 / d_L \quad \beta = (e_2 + 1/2 e_3) / d_L$
 $e_1 = \max e_1 = 3,0 d_L$
 $e_2 = \max e_2 = 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{x2} \leq 3,0 d_L$
 Also maßgebend für den Träger
 $V_{1,R,d}^4 = \min(V_{1,R,d,H}^4, V_{1,R,d,V}^4)$

Lasche, Kraft F₄

- F_{4H} : Interaktion zum Rand mit α_1
 $\varepsilon = e_1 / d_L \quad \beta = (e_2 + 1/2 e_3) / d_L$
 $e_1 = w_{x3} \leq 3,0 d_L$
 $e_2 = w_{z1} \leq 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{z2} \leq 3,0 d_L$
 $\Rightarrow V_{1,R,d,H}^4 = \dots$
- F_{4V} : Interaktion untereinander mit α_1
 $\varepsilon = e / d_L \quad \beta = (e_2 + 1/2 e_3) / d_L$
 $e = w_{z2} \leq 3,5 d_L$
 $e_2 = w_{x3} \leq 1,5 d_L, \quad e_3 = w_{x2} \leq 3,0 d_L$
 $\Rightarrow V_{1,R,d,V}^4 = \dots$
 Also maßgebend für die Lasche im Punkt 4
 $V_{1,R,d}^4 = \min(V_{1,R,d,H}^4, V_{1,R,d,V}^4)$

Bei einem Anschluß mit nur einer Lasche und nur einer Schraube ist das Element 807 [1] und der Kommentar zu Element 804 [2] zu beachten. Es sind dann die Bedingungen

$$\frac{V_1}{V_{1,R,d}} \leq \frac{1}{1,2} \text{ sowie } \gamma_M = 1,25$$

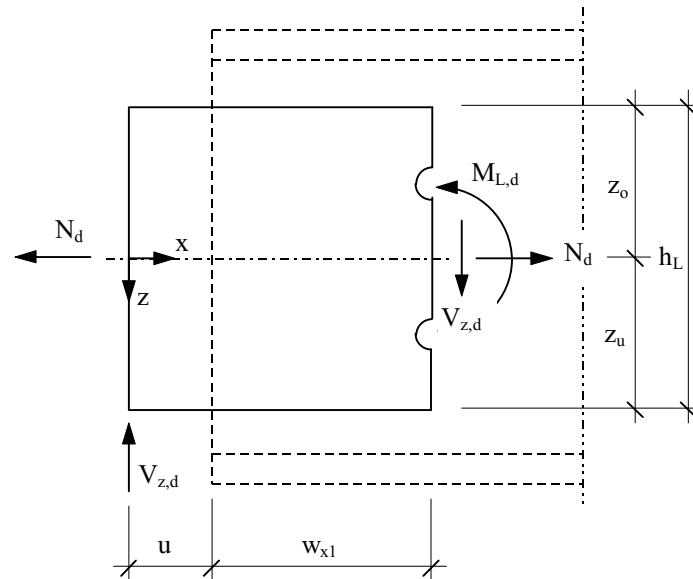
maßgebend. Dabei müssen die Abstände

$$e_1 \geq 2,0d_L \text{ und } e_2 \geq 1,5d_L$$

eingehalten werden.

3.1.9 Nachweis der Lasche

Der Nachweis der Lasche erfolgt in der ersten vertikalen Schraubenreihe, da hier das Laschenmoment maximal ist.

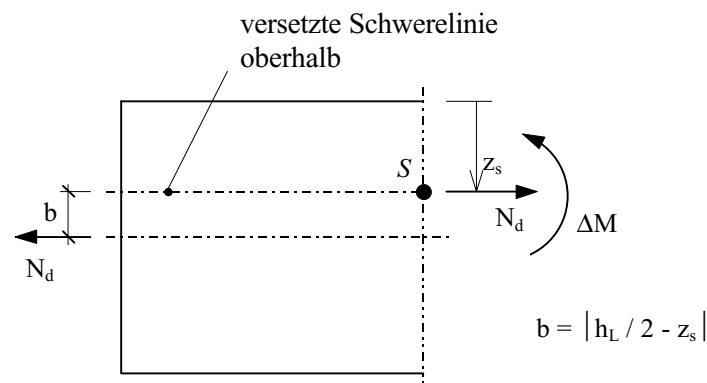


Schnittgrößen Lasche 1. vertikale Reihe

Es ergibt sich für $M_{L,d}$

$$M_{L,d} = V_{z,d} (u + w_{x1}) + \Delta M,$$

worin ΔM ein Zusatzmoment ist, welches sich aus der Normalkraft und dem Versatz der Schwerelinie infolge Lochabzug ergibt. Dieses Zusatzmoment ergibt sich zu:



Zusatzmoment aus Schwerelinienversatz



Lochabzug	Versatz der Schwerelinie	ΔM
oben	unterhalb	$- N_d \cdot b$
unten	oberhalb	$N_d \cdot b$

Mit den Bruttoquerschnittswerten

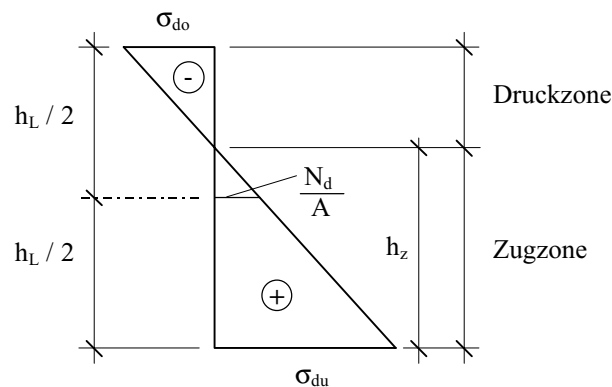
$$A = h_L \cdot t_L \cdot n_L, \quad I_y = \frac{h_L^3 \cdot t_L}{12} \cdot n_L, \quad W_y = \frac{h_L^2 \cdot t_L}{6} \cdot n_L$$

und den Spannungen

$$\sigma_{do} = \frac{N_d}{A} - \frac{M_{L,d}}{W_y}$$

$$\sigma_{du} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_{L,d}}{W_y}$$

wird zunächst die Lage der Spannungsnulllinie h_z (ohne Zusatzmoment infolge Lochabzug) ermittelt.



Definition von Zug- und Druckzone

Aus dieser Spannungsverteilung und den Schraubenabständen w_{z1} und w_{z2} ermittelt das Programm die Werte

n_{zZ} : Anzahl der Schrauben in der Zugzone

n_{zD} : Anzahl der Schrauben in der Druckzone

und überprüft $n_z = n_{zZ} + n_{zD}$.

Die Lochabzüge werden nach Element 742 [1] ermittelt, dazu muß das Verhältnis $A_{\text{Brutto}} / A_{\text{Netto}}$ im zugbeanspruchten Querschnittsteil (Gleichung 27 [1]) ermittelt werden:

$$\varphi = \frac{A_{\text{Brutto}}}{A_{\text{Netto}}} = \frac{n_L \cdot t_L \cdot h_z}{n_L \cdot t_L \cdot h_z - n_L \cdot n_{zZ} \cdot t_L \cdot d_L}$$

Dieses Verhältnis wird nur in der Zugzone h_z ermittelt. Die erforderlichen Lochabzüge nach DIN [1] sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

a) Lochabzug ΔA_D in der Druckzone

Lochspiel Δd [mm]	Tragwerksverformung	ΔA_D
≤ 1	-	0
> 1	ohne Begrenzung	0
	mit Begrenzung	$n_{zD} t_L d_L n_L$

b) Lochabzug ΔA_Z in der Zugzone

Material	Tragwerksverformung	ΔA_Z
St 37	$\leq 1,2$	0
	$> 1,2$	$n_{zZ} t_L d_L n_L$
St 52	$\leq 1,1$	0
	$> 1,1$	$n_{zZ} t_L d_L n_L$

c) Lochabzug ΔA_{Sch} bei Schub

Lochspiel Δd [mm]	Tragwerksverformung	ΔA_{Sch}
≤ 1	-	0
> 1	ohne Begrenzung	0
	mit Begrenzung	$n_z t_L d_L n_L$

Lochabzug nach DIN 18800 T1 [1]

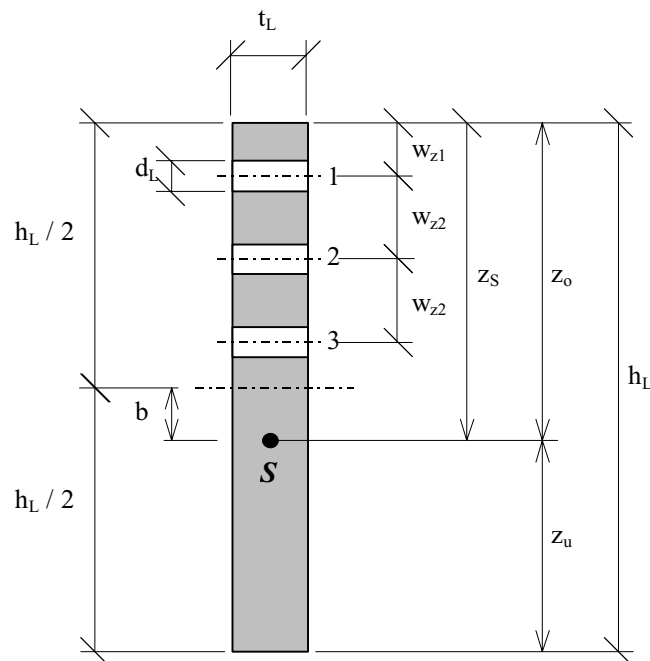
Damit folgt je Fall (wird vom Programm durch Steuerung der Eingabeparameter automatisch ermittelt) für die Nettofläche:

$$A_{\text{Netto}} = t_L h_L n_L - \Delta A_Z - \Delta A_D,$$

bzw. bei Schub

$$A_{\text{Sch}} = t_L h_L n_L - \Delta A_{\text{Sch}}$$

Nach Festlegung des Lochabzuges wird die Koordinate z_S des Schwerpunktes vom geschwächten Querschnitt wie folgt ermittelt



Verschobener Schwerpunkt infolge Lochabzug



Das Nettoträgheitsmoment ergibt sich zu

$$I_{\text{Netto}} = n_L \left[\frac{t_L h_L^3}{12} + h_L t_L \left(\frac{h_L}{2} - z_S \right)^2 - I_B - I_{BS} \right]$$

mit den Eigentragheitsmomenten der Bohrungen

$$I_B = \left(\sum (n_{zZ} + n_{zD}) \right) \cdot \frac{d_L^3 t_L}{12}$$

und den zugehörigen Steineranteilen

$$I_{BS} = \left[(z_S - w_{z1})^2 + (z_S - w_{z1} - w_{z2})^2 + \dots \right] t_L d_L$$

Damit werden die Randspannungen berechnet

$$\sigma_{do} = \frac{N_d}{A_{\text{Netto}}} - \frac{M_{L,d}}{I_{\text{Netto}}} |z_o|$$

$$\sigma_{du} = \frac{N_d}{A_{\text{Netto}}} + \frac{M_{L,d}}{I_{\text{Netto}}} |z_u|$$

$$\max \sigma_d = \max \{ \sigma_{do}; \sigma_{du} \}$$

und damit der Nachweis geführt:

$$\frac{\max \sigma_d}{\sigma_{R,d}} \leq 1,0,$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$$

Die Bemessungsschubspannung ergibt sich zu

$$\tau_d = 1,5 \frac{|V_{z,d}|}{A_{\text{Schub}}} \leq \tau_{R,d},$$

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

Die maximale Schubspannung tritt immer - auch, wenn die Nettoschubfläche maßgebend ist - in der Laschenmitte auf. Der Nachweis der Vergleichsspannung

$$\sigma_{v,d} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \tau_d^2} \leq \sigma_{R,d}$$

wird immer notwendig, wenn

$$\frac{\sigma_d(h_L/2)}{\sigma_{R,d}} > 0,5 \text{ oder } \frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} > 0,5$$

ist.

Anmerkung zur Schubspannungsberechnung

Die Gleichung aus der technischen Mechanik $\max \tau = 1,5 V/A$ gilt exakt für volle Rechteckquerschnitte ohne irgendwelche Aussparungen, z.B. infolge von Bohrlöchern. Bei einem lochgeschwächten Rechteckquerschnitt, gilt die Schubspannungsgleichung

$$\tau = \frac{V_{z,d} S_y}{I_y t}$$



nicht mehr exakt.

So können sich z.B. bei Anwendung dieser Gleichung mit den Nettowerten für S_y und I_y rechnerisch kleinere τ -Werte ergeben, als mittels der Formel

$$\tau_d = \frac{1,5 V_{z,d}}{A_{\text{Brutto}}}$$

Eine analytische Gleichung für diesen Fall liegt nicht vor, vom Programm wird deshalb bei erforderlichem Lochabzug die maximale Schubspannung näherungsweise mittels

$$\tau_d = 1,5 \frac{|V_{z,d}|}{A_{\text{Netto}}}$$

berechnet. Die Berechnung der Schubspannung unter Berücksichtigung des Lochabzuges wird nach DIN 18800 T1, Element (742) [1] nur erforderlich, wenn

1. das Lochspiel größer als 1mm ist **und**
2. die Tragwerksverformungen begrenzt werden müssen.

Eine Begrenzung der Tragwerksverformungen bei einem Querkraftanschluß erscheint aus stahlbaummäßiger Sicht nicht sinnvoll, da hier rechnerisch ein Biegemomentengelenk existiert. Eine Begrenzung der Tragwerksverformungen spielt z.B. bei einem biegesteifen Trägerstoß mittels Laschen eine Rolle, wo eine Verformung im Stoßbereich zu einem ungewollten Knick in der Biegelinie führen kann.

Geht man also sinnvollerweise bei einem Querkraftanschluß mittels Laschen von **keiner Begrenzung der Tragwerksverformung** aus, so entfällt der Lochabzug bei Schub und das obengenannte Problem entfällt.

3.1.10 Nachweis der Schweißnaht

Die Anschlußschweißnaht der Laschen wird auf Quer- und Normalkraftbeanspruchung nachgewiesen. Bei einer Lasche wird diese mit einer Doppelkehlnaht angeschlossen. Bei zwei Laschen werden diese entweder mit je einer einseitigen Kehlnaht angeschweißt oder mit je einer HV-Naht mit $a = t_L$.

Die Kehlnähte sollten dabei folgenden Restriktionen nach DIN 18800 T1 [1] einhalten:

$$a \leq \min \begin{cases} 0,7 t_L \\ 0,7 t_F \end{cases},$$
$$a \geq 2 \text{ mm},$$
$$a \geq \max \begin{cases} \sqrt{t_L} - 0,5 \text{ mm} \\ \sqrt{t_F} - 0,5 \text{ mm} \end{cases},$$

jedoch für $t_L \geq 30\text{mm}$ oder $t_F \geq 30\text{mm}$ sollte $a \geq 5\text{mm}$ sein.

Die Grenzschnitzspannung berechnet sich für alle Nähte zu

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w \frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$$

$f_{y,k}$ charakteristischer Wert der Streckgrenze nach Tabelle 1 DIN 18800 T1 [1], unabhängig von den Blechdicken mit dem Wert für $t \leq 40\text{mm}$, siehe Element (829)

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand

α_w Beiwert nach Tabelle 21 [1]



Naht	Nahtgüte	Beanspruchungsart	St 37	St 52
HV-Naht	alle	Druck	1,0	1,0
	Nahtgüte nachgewiesen	Zug	1,0	1,0
	Nahtgüte nicht nachgewiesen	Zug	0,95	0,80
Kehlnähte	alle	Druck, Zug, Schub	0,95	0,80

α_w - Werte nach [1]

Die Beanspruchungen berechnen sich mit der Schweißnahtfläche

$$A_w = 2 h_L a$$

$$a = t_L/2 \text{ für HV-Naht bei 1 Laschen}$$

$$a = t_L \text{ für HV-Naht bei 2 Laschen}$$

$$a = \text{Wurzelstärke für eine Lasche mit Doppelkehlnaht oder 2 Laschen mit einfacher Kehlnaht}$$

zu

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,d}}{A_w} \leq \sigma_{w,R,d}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_d}{A_w} \leq \sigma_{w,R,d}$$

Daraus wird der Vergleichswert

$$\sigma_{w,v} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \sigma_{w,R,d}$$

berechnet und der Nachweis

$$\frac{\sigma_{w,v}}{\sigma_{w,R,d}} \leq 1,0$$

geführt.

3.1.11 Iterationsablauf beim Auslegen

Der Programmteil Auslegung legt die komplette Laschenverbindung aus, ohne das der Anwender die variablen Parameter

- Anzahl der Schrauben in horizontaler Richtung n_x ,
- Anzahl der Schrauben in vertikaler Richtung n_z und
- Dicke der Lasche

und die beschränkenden Parameter

- max. zulässige Laschenlänge
- max. zulässige Laschenhöhe
- Schraubenabstand in vertikaler Richtung w_{z2}

vorgeben muß.



Die Auslegung erfolgt dabei nicht analytisch sondern iterativ innerhalb einer Berechnungsschleife.

Ziel der Auslegung ist es, eine möglichst wirtschaftliche Verbindung auszulegen. Daher werden folgende Ziele angestrebt:

- so wenig Schrauben wie möglich verwenden
- Laschendicke soll so klein wie möglich sein.

Diese Ziele werden durch folgende Vorgaben erreicht:

- Laschenhöhe voll ausschöpfen (wenn es der Schraubenabstand zuläßt)
 - Schraubenkräfte aus dem Moment bleiben klein
 - Trägheitsmoment der Lasche wird groß
- Laschenlänge möglichst kurz wählen (wenige Schrauben in x-Richtung, viele Schrauben in z-Richtung)
 - Schraubenmoment bleibt gering

In Abhängigkeit von den Vorgaben des Anwenders (das Programm variiert nur die Parameter, die vom Anwender nicht vorgegeben wurden) wird zunächst die Anzahl der Schrauben solange erhöht, bis der Nachweis auf Abscheren, Lochleibung für den Träger und Lochleibung für die Lasche erbracht ist, wobei letzterer Nachweis nur geführt wird, wenn die Laschendicke nicht variiert werden kann (Vorgabe durch den Anwender). Dabei werden zunächst nur die Anzahl der horizontalen Schraubenreihen n_z erhöht, bis die Schraubenanzahl ausreichend ist oder die maximal mögliche Anzahl horizontaler Schraubenreihen überschritten ist. In diesem Fall wird n_z auf zwei Schrauben zurückgesetzt und die Anzahl der vertikalen Schraubenreihen n_x erhöht. Das Programm iteriert nun so lange bis alle Nachweise erfüllt sind oder die maximale Anzahl an Schrauben erreicht ist.

Bei nicht vorgegebener Laschendicke wird in einem zweiten Berechnungsmodul zunächst die notwendige Laschendicke für den Lochleibungsnachweis und den Spannungsnachweis der Schweißnaht (nur, wenn eine HV-Naht verwendet wird) bestimmt. Anschließend wird innerhalb einer Schleife die Laschendicke solange erhöht, bis der Spannungsnachweis der Lasche erfüllt ist.

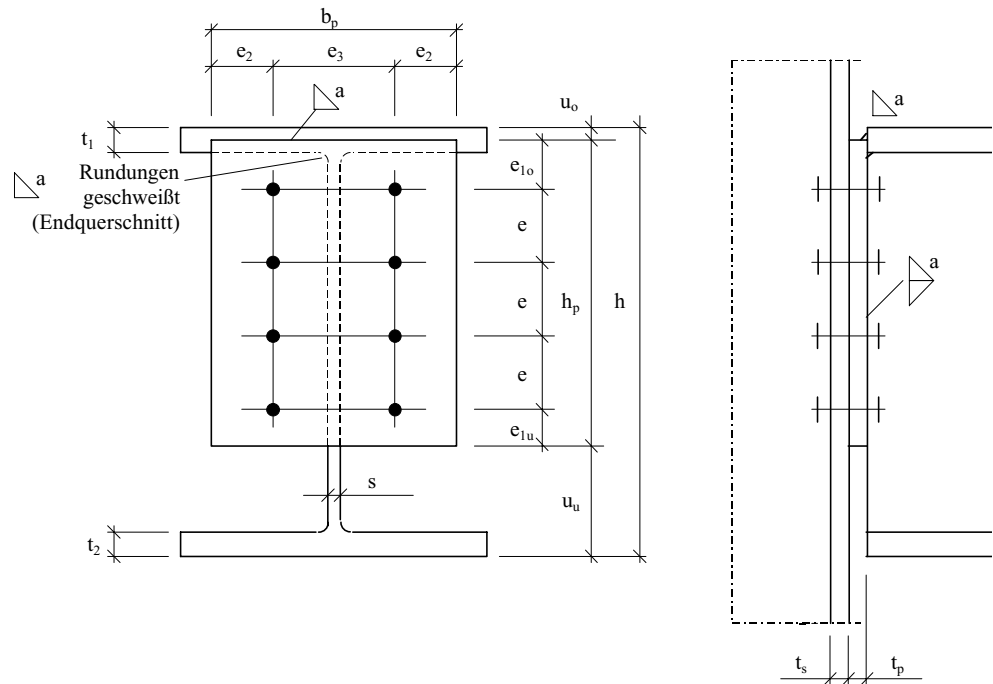
Bei Verwendung einer Kehlnaht wird die notwendige Stärke zum Abschluß berechnet und die Auslegung damit beendet.



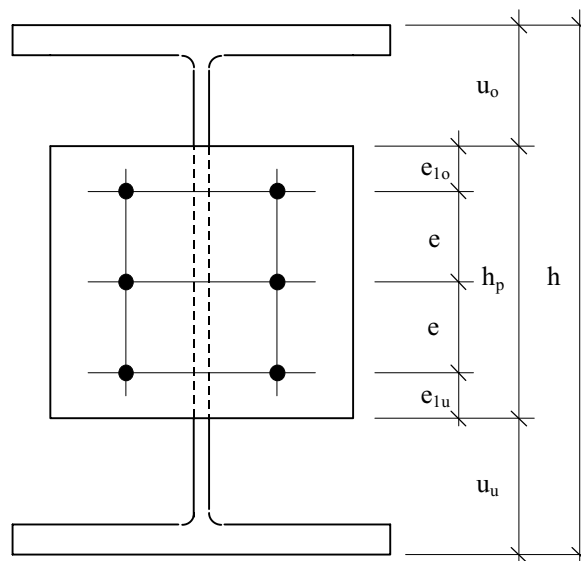
3.2 Querkraftanschluß mittels Stirnplatte

3.2.1 Voraussetzungen, Ergebnisse

Der Querkraftanschluß eines Trägers an eine Stütze oder an einen Abfangträger mittels einer Stirnplatte wird nach DIN 18800 Teil 1 nachgewiesen oder automatisch ausgelegt. Der anzuschließende Träger kann ein Walzprofil (Werte gespeichert) oder ein Blechträger sein. Die Stirnplatte kann am oberen Flansch, am unteren Flansch, an beiden Flanschen oder nur am Steg angeschweißt sein.



Querkraftanschluß, Stirnplatte am oberen Flansch und Steg angeschweißt



Querkraftanschluß, Stirnplatte nur am Steg angeschweißt



3.2.2 Möglichkeiten und Ergebnisse

- Nachweis eines vorgegebenen Anschlusses („Nachweis“) durch Eingabe aller Parameter
- automatisches Auslegen („Auslegung“) eines Querkraftanschlusses mittels Stirnplatte

Auslegung von:

- Schraubenanzahl in vertikaler Richtung
- Stirnplattenstärke
- Schraubenabstand e
- Wurzelmaß der Schweißnaht

Alle Parameter, die vom Programm ausgelegt werden, können ebenso vom Benutzer vorgegeben werden (z.B. Vorgabe der Schraubenanzahl).

- Nachweis der Schrauben auf Abscheren
- Nachweis der Lochleibung aller Schrauben für die Bauteile Stirnplatte und Stütze nach DIN 18800 T1 [1] und Kommentar zur DIN [2] (Interaktion untereinander und zu den Rändern)
- Nachweis der Anschlußschweißnaht
- Überprüfung der Nahtdicke nach DIN 18800 Teil 1
- Plausibilitätskontrollen der Eingabewerte und Überprüfung mit den verbindlichen Vorgaben bzw. Empfehlungen der DIN [1]
- komfortable, interaktive Benutzeroberfläche
 - Unterstützung durch Tastaturkürzel (Hotkeys) erlauben schnelles Arbeiten
 - Rücksprungmöglichkeiten innerhalb der Eingabe
 - Speichern der Eingabedaten für nachfolgende Eingaben
 - Rechenfunktion innerhalb der Eingabe erlaubt
- Ausgabe sämtlicher Eingabedaten und aller signifikanten Ergebnisse in nachvollziehbarer Form.

Komplette grafische Anzeige der Ergebnisse auf dem Bildschirm, so wie sie auf dem Drucker ausgegeben werden

- Die Eingabedaten können als Datei gespeichert und somit später wieder eingelesen werden
- Grafische Anzeige der Verbindung

Die für die Berechnung notwendigen Parameter (teilweise von der DIN [1] gefordert) werden vom Programm interaktiv abgefragt, wobei das Programm eine Unterscheidung in Abhängigkeit vom gewählten Modul „Nachweis“ oder „Auslegung“ vornimmt:

- Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand
- Bemessungswert der Einwirkung V_{zd}
- Dicke des Anschlußbauteils
- Trägerprofil; wahlweise Normprofil oder Plattenabmessungen bei Verwendung eines Blechträgers
- Art der Stirnplatte (Lage der Stirnplatte)
- max. Höhe der Stirnplatte für eine Auslegung (optional)
- Dicke der Stirnplatte (optional für Modul Auslegen)
- Stahlsorten der Stirnplatte und der Stütze
- Spezifikation der Schrauben und Löcher
 - Rohe Schraube oder Paßschraube
 - Festigkeitsklasse
 - Gewinde oder Schaft in der Scherfuge
 - gebohrte oder gestanzte Löcher



- Beulgefahr: ja oder nein
- Schraubengröße
- Lochspiel
- Anzahl der Schrauben in vertikaler Richtung (optional für Modul Auslegen)
- Rand- und Schraubenabstände, Platteneinzüge (s. Bilder 1.1 bzw. Bild 1.2)
- Wurzelstärke der Kehlnähte

Die Ergebnisse sind unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

3.2.3 Voraussetzungen

- Material der Träger St 235 oder St 355
- Einhaltung der Mindest- und Maximalschraubenabstände nach DIN 18800 T1 [1] (Kontrolle erfolgt durch das Programm)
- Schrauben, Muttern, Scheiben nur nach den Anforderungen DIN 18800 T1 [1] und dort aufgeführten Normen
- Vorgabe des Bemessungswertes der Einwirkung V_{zd}
- Ausführung des Anschlusses in Anlehnung an 3.2.1.
- n_z ist in vertikaler Richtung auf ≤ 10 Schrauben begrenzt
- $n_x = 2$
- Bezüglich der Schraubenabstände der Stirnplatte gelten folgende Restriktionen.
 - Für den Platteneinzug u gelten nach [3] folgende Empfehlungen:
 $u = 5 \text{ mm}$ für $h \leq 600 \text{ mm}$
 $u = 10 \text{ mm}$ für $h > 600 \text{ mm}$
 freier Rand: $u > t + 2 \text{ mm}$
 geschweißter Rand: $u < t - 2 \text{ mm}$
 - Für e_1 am angeschweißten Rand
 $a_1 + t - u \leq e_1 \leq 8 \cdot t_p$
 Standardwert: $e_1 = a_1 + t - u$
 - Für e_1 am freien Rand
 $1,2 \cdot d_L$ bzw. $1,5 \cdot d_L \leq e_1 \leq 3,0 \cdot d_L$
 Standardwert: $e_1 = 2,0 \cdot d_L$
 Zusätzlich muß die Schraubbarkeit kontrolliert werden
 - Schraubenabstand e_3
 $2a_1 - 2 + \Delta + s \leq e_3 \leq 6,0 \cdot d_L$ bzw. $10,0 \cdot d_L$
 Standardwert: $e_3 = 2a_1 - 2 + \Delta + s$
 Δ : zum Aufrunden auf volle 5mm

Das Maß a_1 wurde in Anlehnung an [3] so gewählt, daß eine praktische Schraubbarkeit der Konstruktion gegeben ist.

Schraube	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
a_1	25	30	40	45	50	60	60	70

Maß a_1

- Randabstand e_2 :
 $1,2$ bzw. $1,5 d_L \leq e_2 \leq 3,0 d_L$ (1.4)
 Standardwert: $e_2 = 1,5 d_L$



Wird beim Modul Auslegen die Plattendicke nicht vorgegeben, so wird die minimale Plattendicke zu $e_1 / 8$ berechnet

Für die Voraussetzung hinsichtlich der Lochleibung gelten die Aussagen Kapitel 1.2.1 Teil I, sowie Tabelle 2.4 (Teil I) mit der Ergänzung, daß der maximale Randabstand e_1 für einen angeschweißten Rand nach Element (513) [1] $8 \cdot t_p$ betragen darf.

- Für die Stütze gelten folgende Restriktionen:
 - Die Randabstände e_2 in horizontaler Richtung müssen größer oder gleich $1,5 \cdot d_L$ sein
 - Die Randabstände in vertikaler Richtung e_{1o} und e_{1u} müssen größer oder gleich $3,0 \cdot d_L$ sein oder dürfen nicht ausleibar sein.

3.2.4 Berechnung des Anschlusses

3.2.5 Nachweis auf Abscheren und Lochleibung

Die Beanspruchbarkeit einer Schraube auf Abscheren ergibt sich zu:

$$V_{a,R,d} = m \cdot A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M$$

Die Beanspruchbarkeit einer Schraube auf Lochleibung ergibt sich zu:

$$V_{l,R,d} = d_{Sch} \cdot \alpha_l \cdot t \cdot f_{y,k} / \gamma_M$$

Die einzelnen Parameter sind in den Kapiteln 2.2 und 2.3 Teil I erläutert.

Der Lochleibungsfaktor α_l ergibt sich zu:

Interaktion zum Rand

$$\alpha_l = (1,85 e_1 / d_L - 0,5) \frac{e_2 + 0,5 \cdot e_3}{3 \cdot d_L} - (0,75 e_1 / d_L - 0,20) \leq 3,0$$

Interaktion untereinander

$$\alpha_l = (1,80 e / d_L - 1,3) \frac{e_2 + 0,5 \cdot e_3}{3 \cdot d_L} - (0,72 e / d_L - 0,53) \leq 3,0$$

Für die Abstände gelten die Restriktionen nach Tabelle 2.4 und Bild 2.8 Teil I. In Gleichung (2.2) wird für das Produkt $t \cdot f_{y,k}$ gesetzt:

$$\text{Stirnplatte} \quad t \cdot f_{y,k} = t_p \cdot f_{y,k} \text{ (Stirnplatte)}$$

$$\text{Stütze} \quad t \cdot f_{y,k} = t_s \cdot f_{y,k} \text{ (Stütze)}$$

Nachweis auf Abscheren

$$V_{a,R,d} \geq V_{z,d} / n$$

Nachweis auf Lochleibung

$$\text{Stütze:} \quad V_{l,R,d} \text{ (Stütze)} \geq V_{z,d} / n$$

$$\text{Platte:} \quad V_{l,R,d} \text{ (Platte)} \geq V_{z,d} / n$$

mit n = Schraubenanzahl

3.2.6 Abmessungen der Stirnplatte

$$h_p = e_{1o} + e_{1u} + (n_z - 1) \cdot e$$

mit n_z = Anzahl horizontaler Schraubenreihen,

$$b_p = 2 \cdot e_2 + e_3$$



3.2.7 Nachweis des Trägers

Für alle Arten der Stirnplattenverbindung wird angenommen, daß die Querkraft nur durch den Steg übertragen wird. Als rechnerische Steghöhe wird dabei die Plattenhöhe angesetzt. Somit ergibt sich folgende Beanspruchung für den Trägersteg:

$$\tau_d = \frac{|V_{z,d}|}{s \cdot h_p} \leq \tau_{R,d}$$

$$\text{mit } \tau_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \gamma_M}$$

3.2.8 Nachweis der Schweißnaht

Am Endquerschnitt müssen die Kehlnähte zwischen Stirnplatte und Träger an den Rundungen geschweißt werden. Für die Nahtlängen darf bei allen Anschlußvarianten entsprechend [3] $l_w = h_p$ gesetzt werden. Damit ergibt sich die Schweißnahtspannung zu:

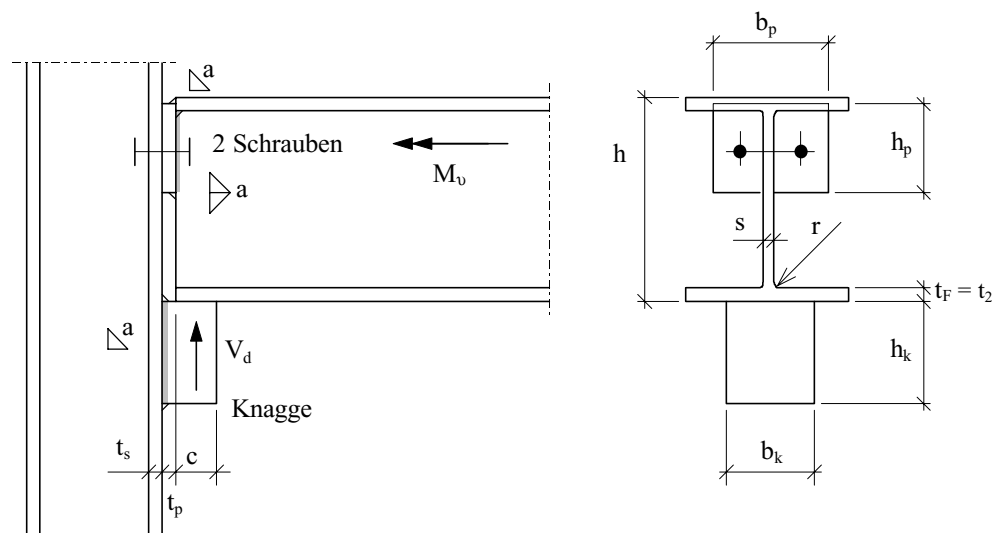
$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,d}}{2 \cdot h_p \cdot a} \leq \sigma_{w,R,d}$$

Nähte zwischen der Flanschseite und der Stirnplatte tragen rechnerisch nicht und können somit abweichend zur berechneten Nahtstärke gewählt werden.

3.3 Querkraftanschluss mittels Knagge

3.3.1 Voraussetzungen, Ergebnisse

Mit dem Programm zur Berechnung eines Querkraftanschlusses mittels Knagge mit Lagesicherung kann wahlweise ein vorhandener Anschluß nachgewiesen werden (Modul „Nachweis“) oder ein Anschluß automatisch ausgelegt (Modul „Auslegung“) werden. Der anzuschließende Träger kann ein Walzprofil (Werte gespeichert) oder ein Blechträger sein. Die zur Lagesicherung erforderliche Stirnplatte muß dabei am Steg **und** Flansch des Trägers angeschweißt werden.





3.3.2 Möglichkeiten und Ergebnisse

- Nachweis eines vorgegebenen Anschlusses („Nachweis“) durch Eingabe aller Parameter
- automatisches Auslegen („Auslegung“) eines Knaggenanschlusses

Auslegung von:

- Knaggenhöhe
- Knaggendicke
- Stirnplattendicke
- Wurzelmaß der Stirnplattenschweißnaht
- Wurzelmaß der Knaggenschweißnaht,

mit Überprüfung der Schraubenabstände, der Schraubbarkeit und der Schweißbarkeit.

Alle Parameter, die vom Programm ausgelegt werden, können ebenso vom Benutzer vorgegeben werden (z.B. Vorgabe der Knaggendicke und Auslegung der restlichen variablen Parameter)

- Nachweis der Lasteinleitung in den Träger nach [1], Element (744)
- Nachweis der 2 Lagesicherungsschrauben auf Abscheren und Lochleibung
- Berechnung des aufnehmbaren Stabilisierungsmomentes durch die Schrauben und die Plattenschweißnaht
- Nachweis der Knagge
- Nachweis der Anschlußschweißnaht der Knagge und der Stirnplatte
- Überprüfung der Nahtdicken nach DIN 18800 Teil 1
- Plausibilitätskontrollen der Eingabewerte und Überprüfung mit den verbindlichen Vorgaben bzw. Empfehlungen der DIN [1]
- komfortable, interaktive Benutzeroberfläche
 - Unterstützung durch Tastaturkürzel (Hotkeys) erlauben schnelles Arbeiten
 - Rücksprungmöglichkeiten innerhalb der Eingabe
 - Speichern der Eingabedaten für nachfolgende Eingaben
 - Rechenfunktion innerhalb der Eingabe erlaubt
- Ausgabe sämtlicher Eingabedaten und aller signifikanten Ergebnisse in nachvollziehbarer Form. Komplette grafische Anzeige der Ergebnisse auf dem Bildschirm, so wie sie auf dem Drucker ausgegeben werden
- Die Eingabedaten können als Datei gespeichert und somit später wieder eingelesen werden
- Grafische Anzeige der Verbindung

Die für die Berechnung notwendigen Parameter (teilweise von der DIN [1] gefordert) werden vom Programm interaktiv abgefragt, wobei das Programm eine Unterscheidung in Abhängigkeit vom gewählten Modul „Nachweisen“ oder „Auslegen“ vornimmt:

- Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand
- Material der Bauteile Platte und Träger sowie Knagge und Stütze
- Bemessungswert der Einwirkung $V_{z,d}$
- Dicke der Stirnplatte (optional für Modul Auslegen)
- Knaggenabmessung (Dicke, Höhe - optional für Modul Auslegen, Breite)
- Belastung des Trägers zur Berechnung des Verdrehmomentes (optional)
- Dicke des Anschlußbauteils
- Trägerprofil; wahlweise Normprofil oder Plattenabmessungen bei Verwendung eines Blechträgers



- Spezifikation der Schrauben und Löcher
 - Rohe Schraube oder Paßschraube
 - Festigkeitsklasse
 - Gewinde oder Schaft in der Scherfuge
 - gebohrte oder gestanzte Löcher
 - Beulgefahr: ja oder nein
 - Schraubengröße
 - Lochspiel
 - Rand- und Schraubenabstände der Stirnplatte
- Wurzelstärke der Kehlnähte für Platte und Knagge (optional für die Auslegung)
- Art der Knaggennähte (umlaufende oder seitliche Kehlnähte)

Die Ergebnisse sind unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

3.3.3 Voraussetzungen

- Material der Bauteile St 235 oder St 355
- Einhaltung der Mindest- und Maximalschraubenabstände nach DIN 18800 T1 [1] (Kontrolle erfolgt durch das Programm)
- Schrauben, Muttern, Scheiben nur nach den Anforderungen DIN 18800 T1 [1] und dort aufgeführten Normen
- Vorgabe des Bemessungswertes der Einwirkung $V_{z,d}$
- Ausführung des Anschlusses in Anlehnung an 3.1.1.
- Bezüglich der Schraubenabstände der Stütze gelten folgende Restriktionen:
 - Die Randabstände e_2 in horizontaler Richtung müssen größer oder gleich $1,5 \cdot d_L$ sein
 - Die Randabstände in vertikaler Richtung $e_{1,o}$ und $e_{1,u}$ müssen größer oder gleich $3,0 \cdot d_L$ sein oder in dieser Richtung darf keine Lochleibungsmöglichkeit bestehen
 - Der Abstand e_3 muß größer oder gleich $3,0 d_L$ sein.

3.3.4 Berechnung des Anschlusses

3.3.5 Nachweis der Lasteinleitungen nach DIN 18800 T1 EI. (744)

Die Beanspruchbarkeit des Trägers berechnet sich zu

$$F_{R,d,T} = V_{R,z,d} = b [c + 2,5 \cdot (t_2 + r)] \cdot f_{y,k,T} / \gamma_M$$

Hierin sind

- b Minimalwert aus Stegdicke s und Knaggenbreite b_K
- r Ausrundungsradius des Trägers,
- c Auflagerlänge auf der Knagge,
- t_2 untere Flanschdicke des Trägers.

Die Beanspruchbarkeit der Knagge ergibt sich zu (siehe Element (744))

$$F_{R,d,K} = b_m \cdot c \cdot f_{y,k,K} / \gamma_M$$

mit

$$b_m = \min \begin{cases} s + 1,61 \cdot r + 5 \cdot t_2 \\ b_K \\ b_2 \end{cases}$$



Für die Knaggenbreite wird vom Programm

$$b_K = s + 1,61 \cdot r + 5 \cdot t_2 + \Delta \quad (\text{mit } \Delta \text{ als Maß zum Aufrunden auf volle 5mm})$$

vorgeschlagen.

Aus der Bedingung, daß

$$F_{R,d,K} \geq V_{z,d} \quad \text{und} \quad F_{R,d,T} \geq V_{z,d}$$

sein müssen, wird für das Modul „Auslegung“ die erforderliche Aufstandslänge c ermittelt.

3.3.6 Nachweis der Knagge

Die Knagge (Rechteckquerschnitt) wird für die Querkraft $V_{z,d}$ und das Moment

$$M_{K,d} = V_{z,d} \cdot (0,5 \cdot c + t_p)$$

auf Schub

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot |V_{z,d}|}{b_K \cdot h_K}$$

und Biegung

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot |V_{z,d}|}{b_K \cdot h_K}$$

nachgewiesen.

3.3.7 Nachweis der Anschlußnähte

Die Knagge kann mit umlaufenden oder nur mit seitlichen Kehlnähten angeschlossen werden.

Umlaufende Kehlnähte

Die Grenzsweißnahtspannungen sowie die Restriktionen für die Nahtabmessungen ergeben sich aus 3.1.10.

Infolge der Bemessungsgrößen der Einwirkungen $V_{z,d}$ und $M_{K,d}$ ergeben sich die folgenden Spannungen

$$\sigma_{\perp} = \frac{M_{K,d}}{h_K \cdot (b_K \cdot a)} \leq \sigma_{w,R,d},$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,d}}{2 \cdot h_K \cdot a} \leq \sigma_{w,R,d}$$

Die erforderliche Knaggenhöhe ergibt sich zu:
Zusätzlich müssen noch die Bedingungen

$$6 \cdot a \leq h_K \leq 150 \cdot a$$

$$h_K \geq 30 \text{ mm}$$

eingehalten werden.

Kehlnähte nur seitlich

Mit den Flächenwerten

$$I_w = \frac{a \cdot h_K^3}{6}, \quad A_w = 2 \cdot a \cdot h_K$$



ergeben sich die Schweißnahtspannungen zu

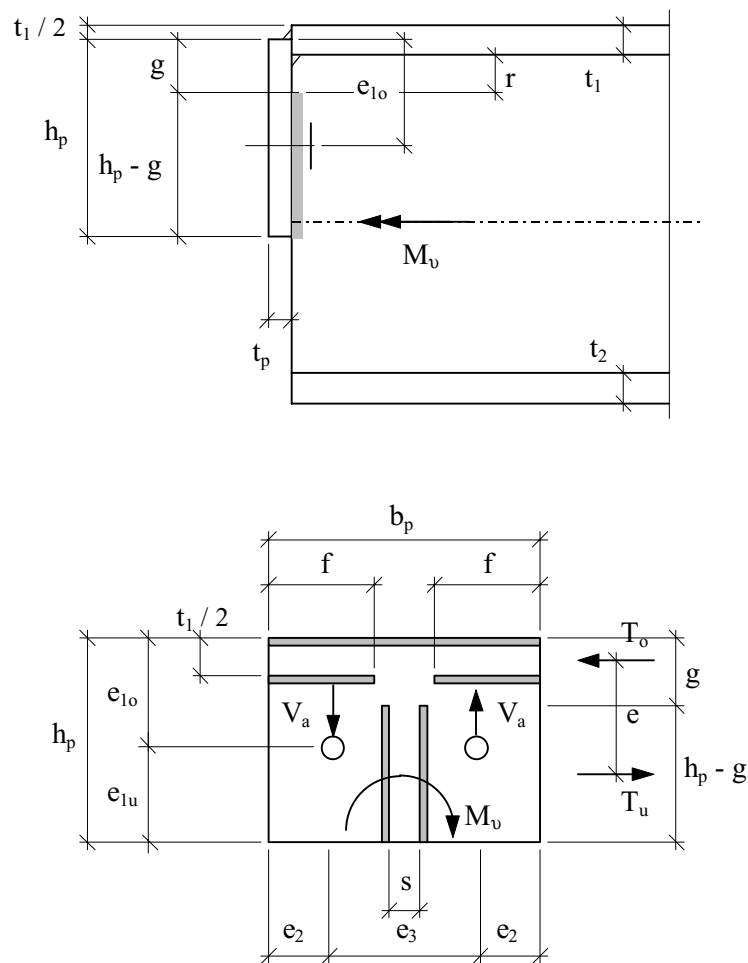
$$\sigma_{\perp} = \frac{M_{K,d} \cdot h_K}{2 \cdot I_w} \leq \sigma_{w,R,d}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,d}}{A_w} \leq \sigma_{w,R,d}$$

$$\sigma_{w,v} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \sigma_{w,R,d}$$

3.3.8 Nachweis der Lagesicherung durch die Stirnplatte

Das Programm kann aus den Abmessungen der Stirnplatte und den zugehörigen Schweißwerten ein Stabilisierungsgrenzmoment $M_{R,v}$ berechnen.



Geometrie der Stirnplatte

Dazu sind die Geometriedaten vorzugeben (Plausibilitätskontrollen durch das Programm), wobei folgende Restriktionen einzuhalten sind :



$$e_{10} \geq \max \begin{cases} 3 \cdot d_L \\ a_1 + \frac{1}{2} - 1 + \Delta \end{cases} ,$$

$$e_{1u} \geq 3 \cdot d_L ,$$

$$e_3 \geq \max \begin{cases} 3 \cdot d_L \\ 2a_1 - 2 + \Delta + s \end{cases} ,$$

$$e_2 \geq 1,5 \cdot d_L ,$$

$$b_p \geq 6 \cdot d_L ,$$

$$6 \cdot d_L \leq h_p \leq h - t_1 / 2 - t_2 ,$$

mit a_1 und Δ nach 3.2.3.

Aus dem Bild unter 3.3.8 sich folgende geometrische Beziehungen

$$g = 0,5 \cdot t_1 + r$$

$$f = 0,5 \cdot b_p - 0,5 \cdot s - r$$

$$e \approx 0,5 \cdot (h_p - g) + r + 0,25 \cdot t_1 \quad (2.13)$$

Die Grenzsweißnahtspannungen werden so angesetzt, daß $T_o = T_u$ gilt. Damit folgt

$$T_o = T_u = T \leq \min \begin{cases} \sigma_{w,R,d} \cdot a \cdot (b_p + 2f) \\ \sigma_{w,R,d} \cdot 2a \cdot (h_p - g) \end{cases}$$

und

$$M_{R,v,w} = T \cdot e$$

Die Grenzkraft der Schrauben berechnet sich aus

$$V_{R,d} = \min \begin{cases} A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M \\ 3,0 \cdot d \cdot t_p \cdot f_{y,k,P} / \gamma_M , \\ 3,0 \cdot d \cdot t_s \cdot f_{y,k,S} / \gamma_M \end{cases}$$

infolge der Restriktionen für die Schraubenabstände ergibt sich der Lochleibungswert $\alpha_1 = 3,0$. Damit ergibt sich aus den Schrauben

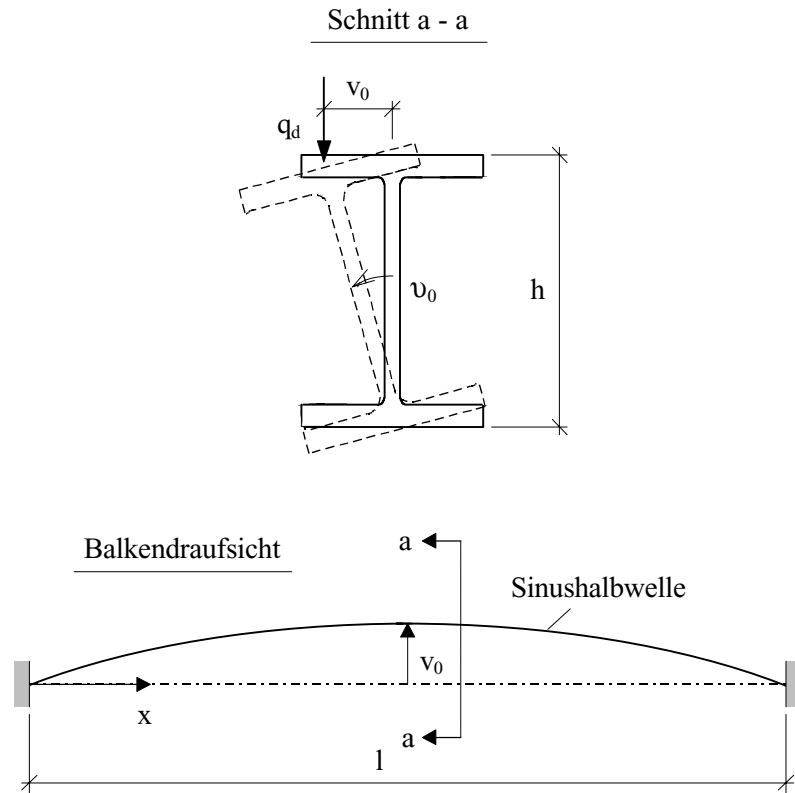
$$M_{R,v,s} = V_{R,d} \cdot e_3 .$$

Der kleinere Wert aus $M_{R,v,w} = T \cdot e$ und $M_{R,v,s} = V_{R,d} \cdot e_3$ ist dann maßgebend. Die Werte aus $M_{R,v,w} = T \cdot e$ und $M_{R,v,s} = V_{R,d} \cdot e_3$ werden ausgegeben, um den Anwender durch Variation der Parameter die Möglichkeit der Vergrößerung von $M_{R,v}$ zu geben.



3.3.9 Ermittlung eines Stabilisierungsmomentes $M_{v,d}$ aus einer ungewollten Vorverdrehung des anzuschließenden Trägers

Für den anzuschließenden Träger wird ein Einfeldsystem angenommen, belastet durch eine konstante Streckenlast oder Einzellast in Feldmitte. In der Feldmitte wird eine Vorverdrehung v_0 ($v_0 = 0,06$ nach dem DIN-Kommentar [2]) angesetzt.



Seitliche Verschiebung des Obergurtes (Draufsicht)

Über die Balkenlänge wird eine sinusförmige seitliche Verschiebung des Obergurtes angesetzt:

$$v(x) = v_0 \cdot \sin \frac{\pi}{l} \cdot x, \quad v_0 = v_0 \cdot h$$

Damit folgt durch Integration von $m_v = q \cdot v(x)$ für das Verdrehmoment $M_{v,d}$ an jedem Balkenende :

Streckenlast q_d :

$$M_{v,d} = \frac{1}{\pi} \cdot q_d \cdot v_0 \cdot h \cdot l,$$

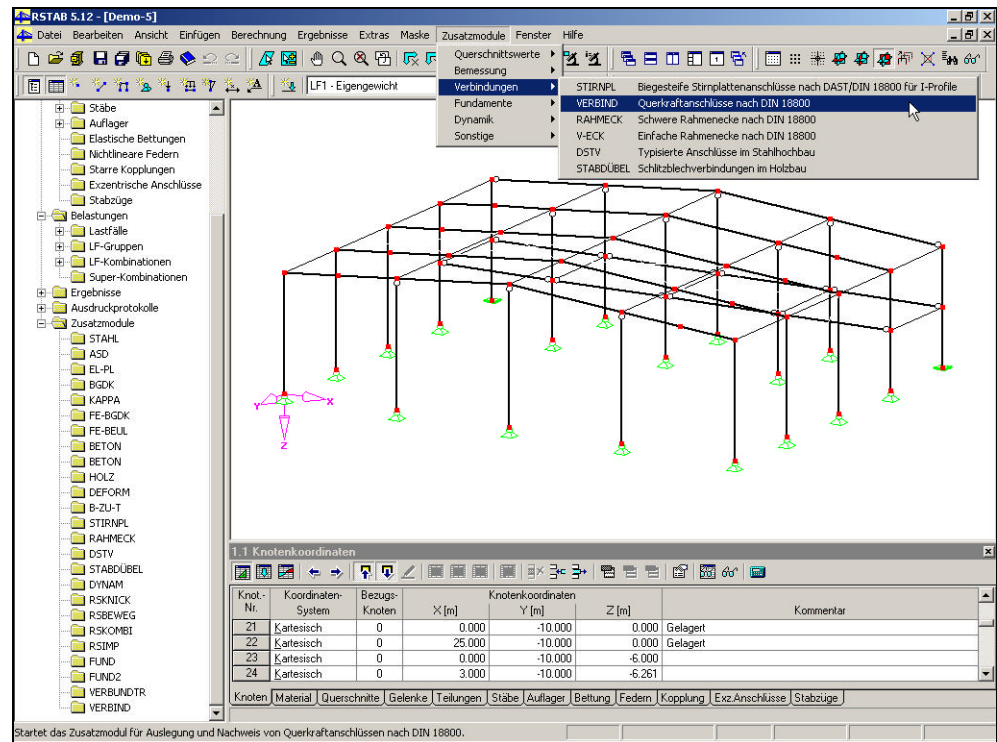
Einzellast $F_{m,z,d}$ in Feldmitte:

$$M_{v,d} = \frac{1}{2} \cdot F_{m,z,d} \cdot v_0 \cdot h$$

4. Arbeiten mit VERBIND

4.1 VERBIND starten

Das Modul VERBIND kann entweder aus dem Pulldownmenü *Zusatzmodule* → Verbindungen → VERBIND aufgerufen werden oder über den entsprechenden Eintrag unter [Zusatzmodule] im *Position-* beziehungsweise *Projekt-Navigator* (links in der RSTAB-Oberfläche).

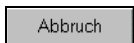
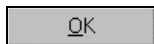


Aufruf von VERBIND über das Pulldownmenü Zusatzmodule oder den Navigator

4.2 Masken

Sowohl die Eingaben zur Definition der *VERBIND Fälle* als auch die numerische Ausgabe der Ergebnisse auf dem Bildschirm geschehen in Masken.

Links sehen Sie nach dem Aufruf von *VERBIND* den *VERBIND* -Navigator, der alle aktuell anwählbaren Masken anzeigt. Unterhalb der Titelleiste befinden sich die zwei Pulldownmenüs *Datei* und *Hilfe*. Zu den darin enthaltenen Funktionen lesen Sie bitte Kapitel 4.5. Die Ansteuerung aller Masken kann wahlweise durch Anklicken des entsprechenden Eintrages im *VERBIND* -Navigator oder sequentielles Durchblättern geschehen. Geblättert werden kann entweder mit den Tasten [F2] und [F3] oder durch Anklicken der Buttons [<<] und [>>]. Mit [Grafik] wechseln Sie in die grafische Ergebnisanzeige, in welcher automatisch die aktuelle Renderingdarstellung der berechneten *VERBINDUNG* eingestellt ist. [OK] sichert vor dem Verlassen von *VERBIND* die Eingaben und Ergebnisse, während [Abbruch] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat. [Hilfe] beziehungsweise die Taste [F1] aktivieren die Online-Hilfe.



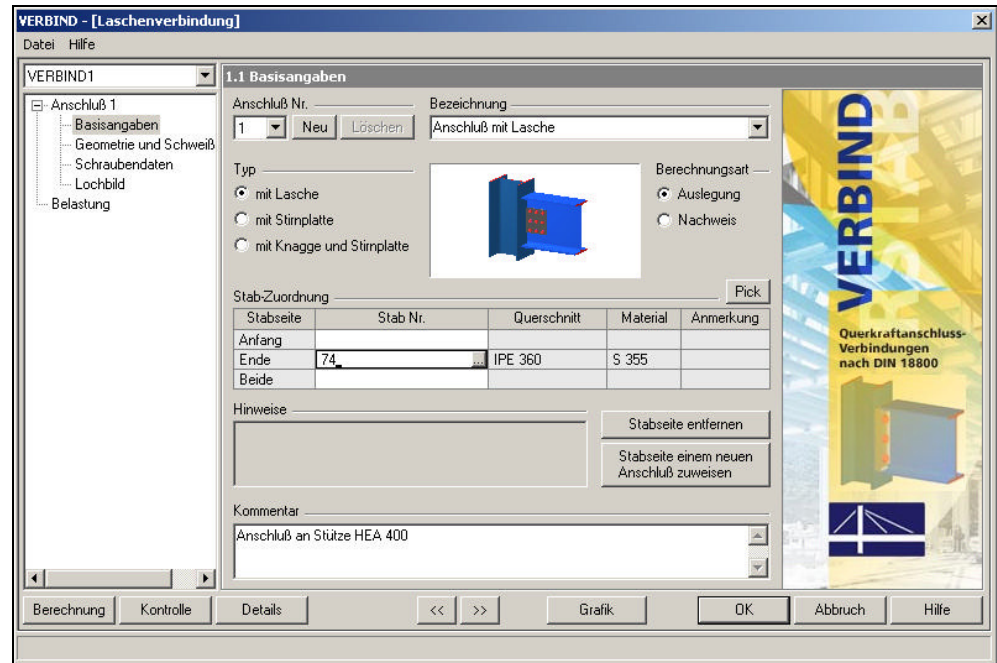


4.3 Eingabemasken

In den Eingabemasken sind alle für die Berechnung notwendigen Angaben zu treffen und die gewünschten Parametereinstellungen vorzunehmen.

4.3.1 Maske 1.1 Basisangaben

Nach dem Aufruf von VERBIND wird das VERBIND -Fenster mit der Maske *1.1 Basisangaben* eingeblendet.



Maske 1.1 Basisangaben

Hier wählen Sie zunächst den aktuellen VERBIND -Fall – falls bereits vorhanden – mit Hilfe der Listbox aus. Den aktuellen VERBIND -Fall können Sie zudem mit einer *Bezeichnung* versehen. Jedem VERBIND – Fall sind beliebig viele Anschlüsse inkl. Bezeichnung zuzuordnen.

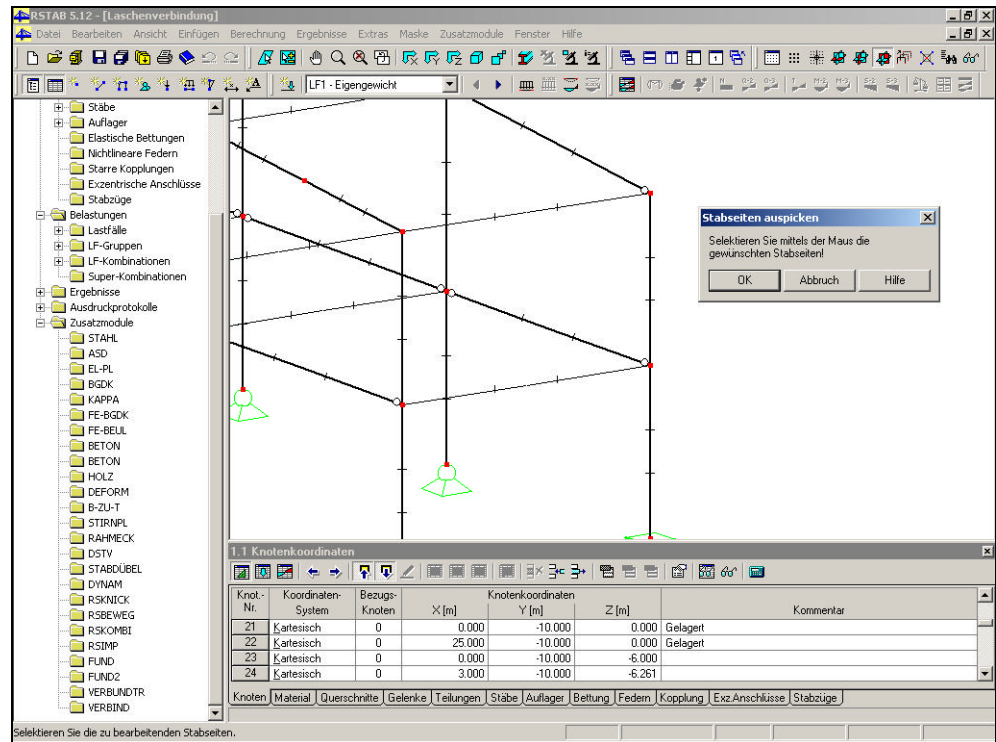
Unter *Typ*, wird zunächst die gewünschte Verbindung gemäß den Theorie Kapiteln 3.1 *Querkraftanschluß mittels Lasche*, 3.2 *Querkraftanschluß mittels Stirnplatte* oder 3.3 *Querkraftanschluß mittels Knagge* gewählt. Durch die photorealistische Grafik, wird der gewählte Anschlusstyp grafisch dargestellt.

Ob für den gewählten Anschlusstyp eine automatische Auslegung oder ein Nachweis geführt werden soll. Kann unter *Berechnungsart* festgelegt werden.

Stab-Zuordnung: VERBIND bietet hier zwei Möglichkeiten an, die gewünschten Stabnummern dem Stabanfang, Stabende oder beiden Stabseiten zuzuordnen. Die Stabnummern sind entweder manuell an der entsprechenden Stelle einzutragen, oder durch die komfortablere *Pick* Funktion grafisch auszuwählen.

Pick

Durch drücken des *Pick* Buttons erscheint der Arbeitsbereich von RSTAB.



Arbeitsbereich von RSTAB nach dem Drücken des Buttons Pick

Alle Stäbe der in RSTAB definierten Struktur sind nun symbolisch in drei Segmente unterteilt. Dadurch wird es möglich entweder ein Stabende oder ein Stabanfang auszapicken, ein anklicken der Stabmitte selektiert den gesamten Stab. Um mehrere Stabenden, Stabanfänge und Stäbe auszuwählen, können Sie gleichzeitig die *Shift*-Taste drücken. Nachdem Sie Ihre gewünschte Auswahl getroffen haben, verlassen Sie den Arbeitsbereich, indem Sie im angezeigten Meldungsfeld auf *OK* klicken. In tabellarischer Form, erfolgt für die ausgewählten Stäbe in der Maske 1.1. *Basisangaben* eine Zuordnung der Stabseite, Stabnummer und der Querschnittsbezeichnung. Interaktive Anmerkungen unterstützen Sie hierbei.

Stabseite entfernen

Stabseite einem neuen Anschluß zuweisen

Mit dem Button *Stabseite entfernen*, lassen sich die Stabseiten die unter *Zuordnung* aufgelistet sind komplett entfernen, stellen Sie hierzu den Cursor in die zu entfernende Zeile.

Durch die Funktion *Stabseite neuem Anschluß zuweisen*, lässt sich eine unter *Zuordnung* aufgelistete Stabseite einem neuen Anschluß zuweisen, dadurch wird im Navigator automatisch eine neuer Anschluß angelegt.

Unter dem Punkt *Kommentar*, können Sie persönliche Anmerkungen vornehmen.



4.3.2 Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte

Die Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte, wird je nach gewähltem Verbindungstyp in den Basisangaben unterschiedlich aufgebaut.

Die Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte beim gewählten Verbindungstyp Lasche:

Maske Laschen – Parameter beim gewählten Verbindungstyp Lasche

Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Laschen – Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

Ob für den Laschenanschluss eine einseitige oder eine doppelseitige Lasche verwendet werden soll, kann unter *Laschen – Anordnung* festgelegt werden.

Als *Material der Lasche* können Sie entweder S 235 oder S 355 wählen.

Laschen-Abmessungen: Hier wird die maximale Länge, Höhe und Dicke der Lasche definiert bzw. entschieden, ob hierfür eine automatische *Auslegung* erfolgen soll. Im Modus *Auslegung*, wird hier für die Laschenlänge und Laschenhöhe ein Maximalwert vorgegeben. Die Länge kann dabei uneingeschränkt ausgelegt werden, die Höhe nur bis zum Maß $h-L$, max. Die maximale Höhe der Lasche, kann durch den Button „ $\leftarrow h-L$, max“ automatisch gesetzt werden. Die maximal mögliche Höhe entspricht dabei dem Maß h_1 in den Profiltafeln der DIN 18800. Die Dicke der Lasche wird im Modus *Auslegung* kleiner dem grau hinterlegten Maximalwert gewählt. Durch deaktivieren der Checkbox „*Auslegen*“, kann die Dicke auch wie im Modus „*Nachweis*“ als fester Wert gesetzt werden.

Schweißnaht: Unter diesem Punkt kann zwischen der doppelten Kehlnaht und der HV-Naht gewählt werden. Die Wurzelstärke kann dabei im Modus *Auslegung* automatisch zwischen den DIN Grenzen ausgelegt werden oder durch deaktivieren der Checkbox „*Auslegen*“ definiert werden. Die Restriktionen nach DIN 18800 T1 [1] können Sie dem Kapitel 3.1.10 entnehmen.

Lastannehmendes Bauteil: Um die Dicke des lastannehmendes Bauteils zu definieren, stehen hier mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kann die jeweilige Dicke natürlich manuell unter der Bauteildicke $t-F$ eingetragen werden, zum anderen steht Ihnen hier auch wieder eine komfortable Auspickmöglichkeit zur Verfügung. Mit dem Button [Pick] gelangen Sie zurück in den RSTAB Arbeitsbereich und können hier das lastannehmende Bauteil mit der Maus auspicken. Der gepickte Querschnitt wird anschließend in der Liste unter „*Querschnitt*“ mit aufgeführt. Weitere Querschnitte lassen sich über den Button [Bib-

<- h-L_max

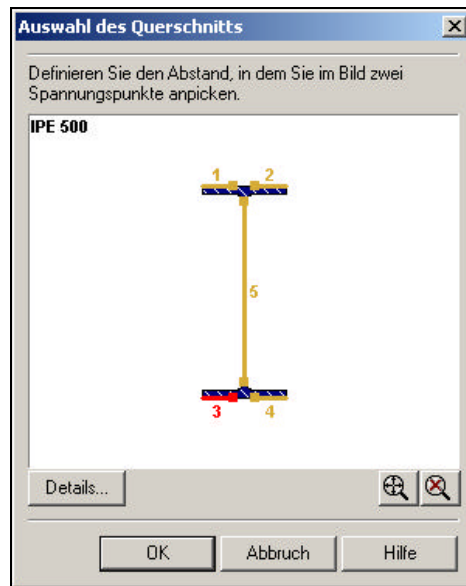
Pick

Bibliothek...

Details...

<- Dicke...

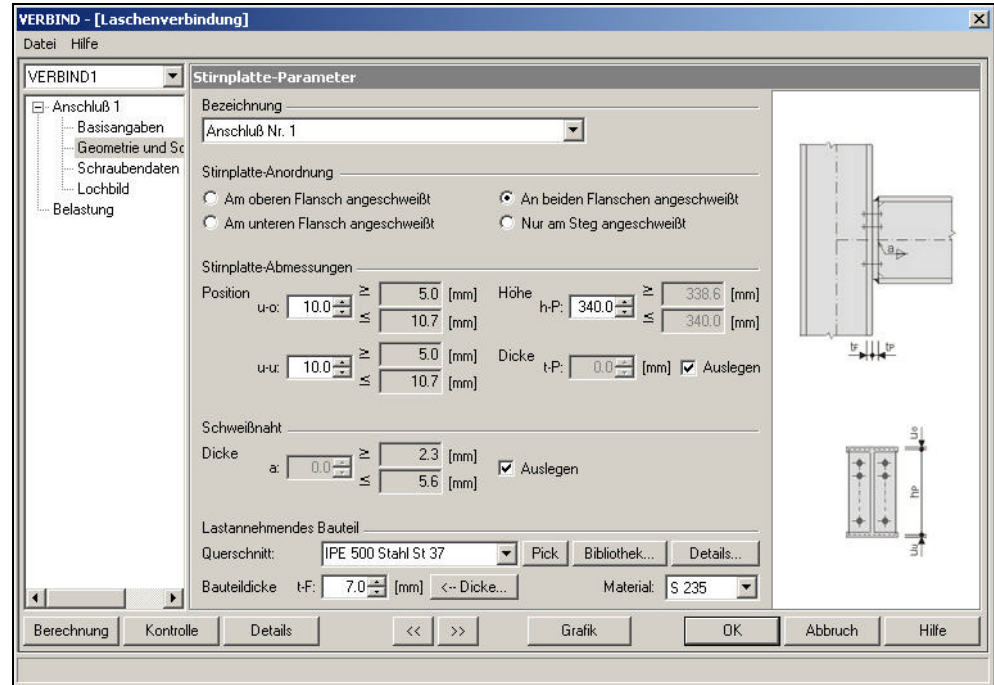
liothek] auswählen. Über den Button [Details] werden die Querschnittsdetails des jeweils aktuellen Querschnitts angezeigt. Um nun die Dicke eines bestimmten Bauteils zu übernehmen, können Sie mit dem Button [\leftarrow Dicke] in folgendes Fenster gelangen.



grafische Auswahl der Querschnittsdicke

Durch anklicken eines Flansches oder des Steges mit der Maus, wird die Auswahl rot dargestellt. Die Dicke des gewählten Blechs wird anschließend mit [OK] übernommen.

Die Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte beim gewählten Verbindungstyp Stirnplatte:



Maske Stirnplatte – Parameter beim gewählten Verbindungstyp Stirnplatte

Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Stirnplatten- Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.



Stirnplatte- Anordnung: Die Stirnplatte kann am oberen Flansch, am unteren Flansch, an beiden Flanschen oder nur am Steg angeschweißt sein. Entsprechende Details können dem Kapitel 3.2.1 entnommen werden.

Stirnplatte- Abmessungen: Hier werden die Abmessungen der Stirnplatte gemäß den Bildern unter 3.2.1 vorgegeben. Die Dicke der Stirnplatte kann dabei automatisch ausgelegt werden, oder durch deaktivieren der Checkbox „Auslegen“ definiert werden.

Schweißnaht: Die Wurzelstärke kann hier im Modul *Auslegung* automatisch zwischen den DIN Grenzen ausgelegt werden oder durch deaktivieren der Checkbox „Auslegen“ definiert werden. Die Restriktionen nach DIN 18800 T1 [1] können Sie dem Kapitel 3.1.10 entnehmen.

Lastannahmendes Bauteil: Dieser Punkt der ist in jeder Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte identisch, bitte entnehmen Sie die entsprechende Beschreibung der Maske Laschen – Parameter.

Die Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte beim gewählten Verbindungstyp Knagge und Stirnplatte:

Maske Knagge/Stirnplatte – Parameter beim gewählten Verbindungstyp Knagge und Stirnplatte

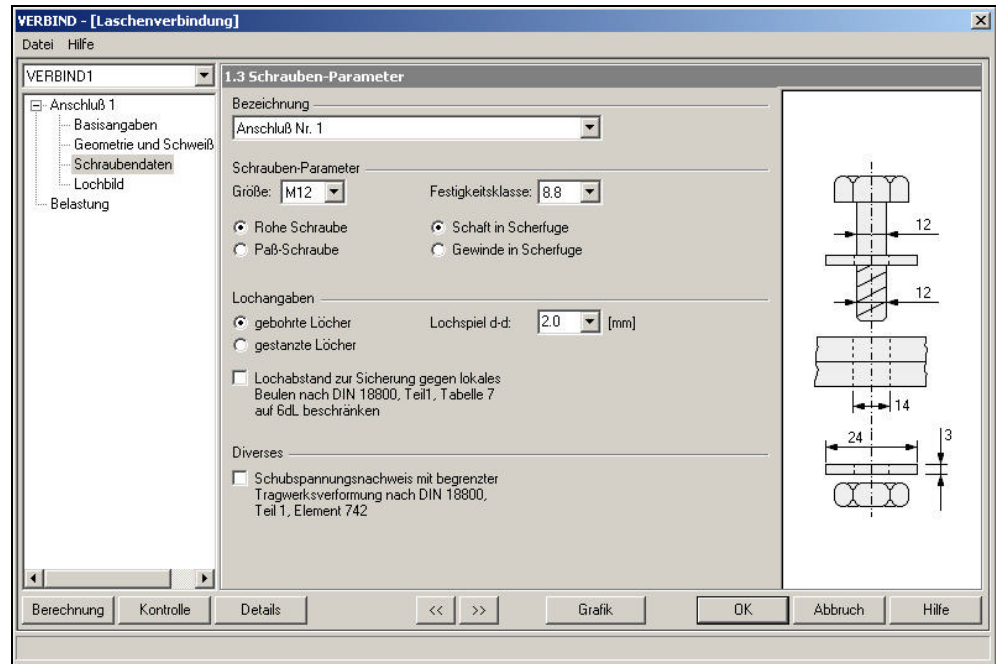
Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

Knagge- Parameter: Hier werden die Abmessungen der Knagge gemäß den Bildern unter 3.3.1 vorgegeben. Die Höhe, Dicke und die Schweißnaht kann dabei automatisch ausgelegt werden, oder durch deaktivieren der Checkbox „Auslegen“ manuell definiert werden. Die Schweißnaht kann sowohl bei der Auslegung als auch beim Nachweis als seitliche oder umlaufende Kehlnaht angesetzt werden. Die Knaggenbreite wird vom Programm gemäß der Beschreibung unter 3.3.5 vorgeschlagen.

Stirnplatte- Parameter: Hier werden die Abmessungen der Stirnplatte zur Lagesicherung gemäß den Bildern unter 3.3.1 vorgegeben. Die Dicke und die Schweißnaht der Stirnplatte kann dabei automatisch ausgelegt werden, oder durch deaktivieren der Checkbox „Auslegen“ definiert werden.

Lastannahmendes Bauteil: Dieser Punkt der ist in jeder Maske 1.2 Geometrie und Schweißnähte identisch, bitte entnehmen Sie die entsprechende Beschreibung der Maske Laschen – Parameter.

4.3.3 Maske 1.3 Schrauben – Parameter



Maske 1.3 Schrauben – Parameter

Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Schrauben – Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

Schrauben- Parameter: Hier wird für den jeweiligen Anschluß festgelegt, welche Schraubengröße und Festigkeitsklasse zur Berechnung herangezogen werden soll. Als weitere Spezifikationen der Schrauben, sind rohe Schrauben und Paß- Schrauben sowie ein Gewinde oder Schaft in der Scherfuge möglich.

Lochangaben: Die Art des Loches *gebohrt* oder *gestanzt* sowie des *Lochspiel* kann hier vorgegeben werden. Zudem lässt sich der Lochabstand zur Sicherung gegen lokales nach DIN 18800, Teil 1, Tab.7 auf 6 dL beschränken.

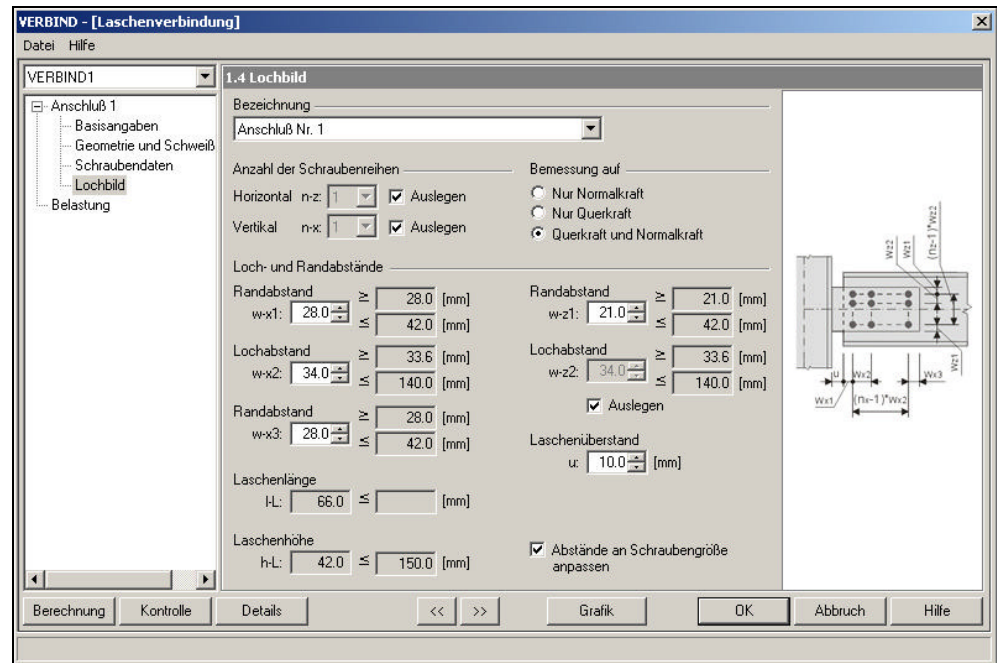
Diverses: Ein Schubspannungsnachweis mit begrenzter Tragwerksverformung nach DIN 18800, Teil 1, Element 742 lässt sich hier berücksichtigen. Siehe hierzu auch Kapitel 3.1.



4.3.4 Maske 1.4 Lochbild

Die Maske 1.4 Lochbild, wird je nach gewähltem Verbindungstyp in den Basisangaben unterschiedlich aufgebaut.

Die Maske 1.4 Lochbild beim gewählten Verbindungstyp Lasche:



Die Maske 1.4 Lochbild beim gewählten Verbindungstyp Lasche

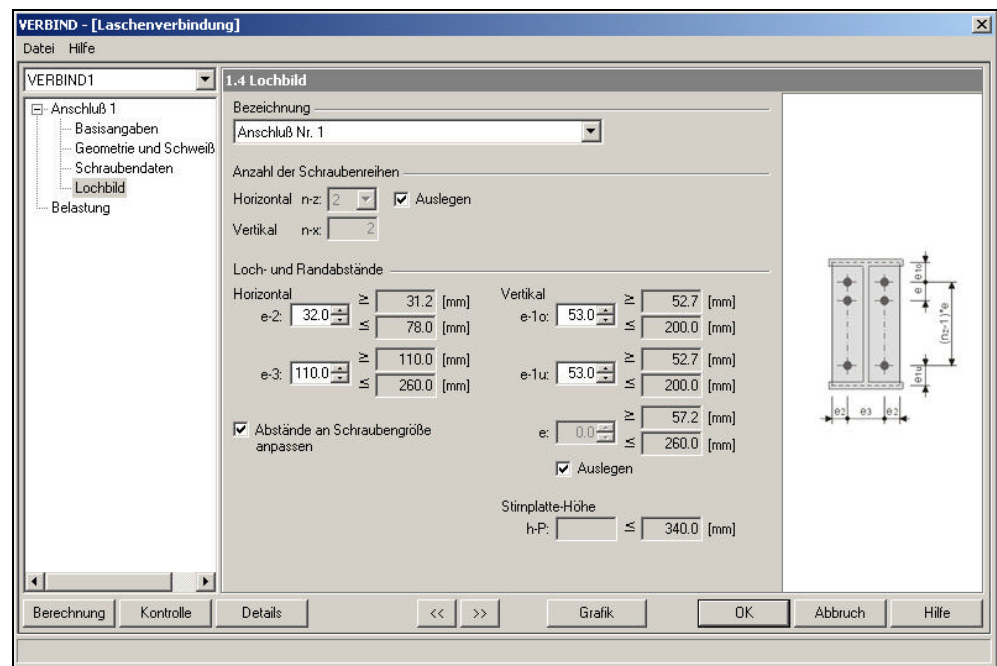
Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

Anzahl der Schraubenreihen: Im Modus „Auslegen“ können die horizontalen und vertikalen Schraubenreihen sowohl ausgelegt als auch vorgegeben werden. Im Modus „Nachweis“ müssen die Schraubenreihen vorgegeben werden.

Bemessung auf: Hier kann festgelegt werden, ob Ihre Verbindung nur auf Grund der Normalkraft, Querkraft oder beiden bemessen werden soll. Diese Auswahl bezieht sich immer auf die gewählte Belastung in der Maske 1.5.

Loch- und Randabstände: Alle Loch- und Randabstände sind hier auf das jeweilige Mindestmaß voreingestellt. Diese Voreinstellung wurde immer auf volle Millimeter gerundet. Da alle Loch- und Randabstände von der Schraubengröße abhängig sind, wurde die Funktion „Abstände an Schraubengröße anpassen“ eingefügt. Ist die Funktion durch die Check-box aktiv gesetzt, so werden die Loch- und Randabstände gemäß der Schraubengröße aus der Maske 1.3 automatisch angepasst. Durch deaktivieren der Funktion bleiben die Abstände auch auf Grund einer anderen Schraubengröße konstant.

Die Maske 1.4 Lochbild beim gewählten Verbindungstyp Stirnplatte:



Die Maske 1.4 Lochbild beim gewählten Verbindungstyp Stirnplatte

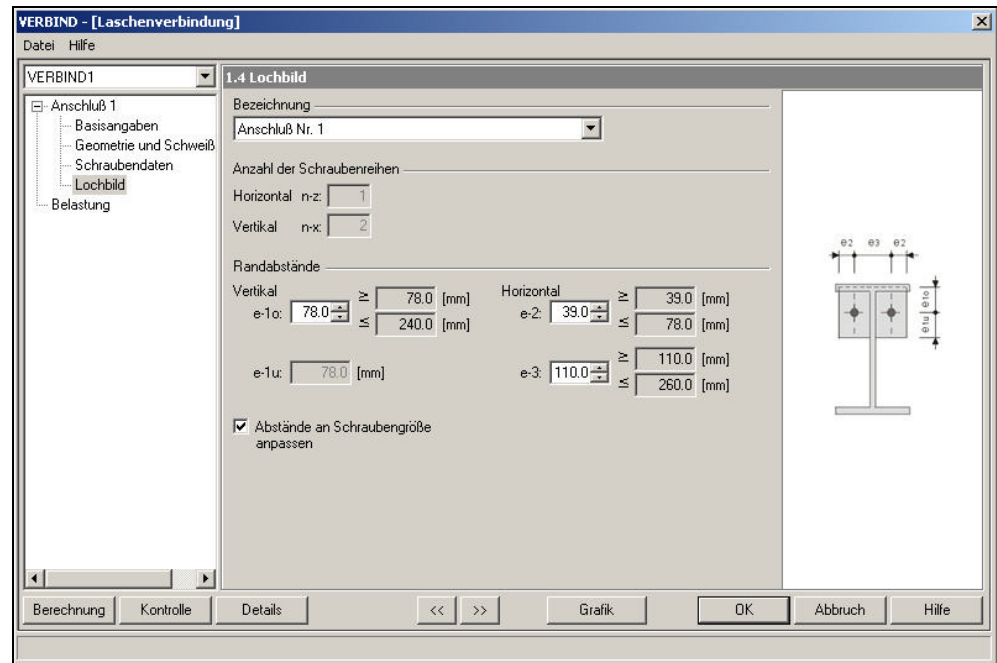
Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

Anzahl der Schraubenreihen: Im Modus „Auslegen“ können die horizontalen Schraubenreihen sowohl ausgelegt als auch vorgegeben werden. Im Modus „Nachweis“ müssen die horizontalen Schraubenreihen vorgegeben werden. Die Anzahl der vertikalen Schraubenreihen ist beim Verbindungstyp Stirnplatte auf 2 beschränkt.

Loch- und Randabstände: Alle Loch- und Randabstände sind hier auf das jeweilige Mindestmaß voreingestellt. Diese Voreinstellung wurde immer auf volle Millimeter gerundet. Da alle Loch- und Randabstände von der Schraubengröße abhängig sind, wurde die Funktion „Abstände an Schraubengröße anpassen“ eingefügt. Ist die Funktion durch die Checkbox aktiv gesetzt, so werden die Loch- und Randabstände gemäß der Schraubengröße aus der Maske 1.3 automatisch angepasst. Durch deaktivieren der Funktion bleiben die Abstände auch auf Grund einer anderen Schraubengröße konstant.



Die Maske 1.4 Lochbild beim gewählten Verbindungstyp Knagge und Stirnplatte:



Die Maske 1.4 Lochbild beim gewählten Verbindungstyp Knagge und Stirnplatte

Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Parameter erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

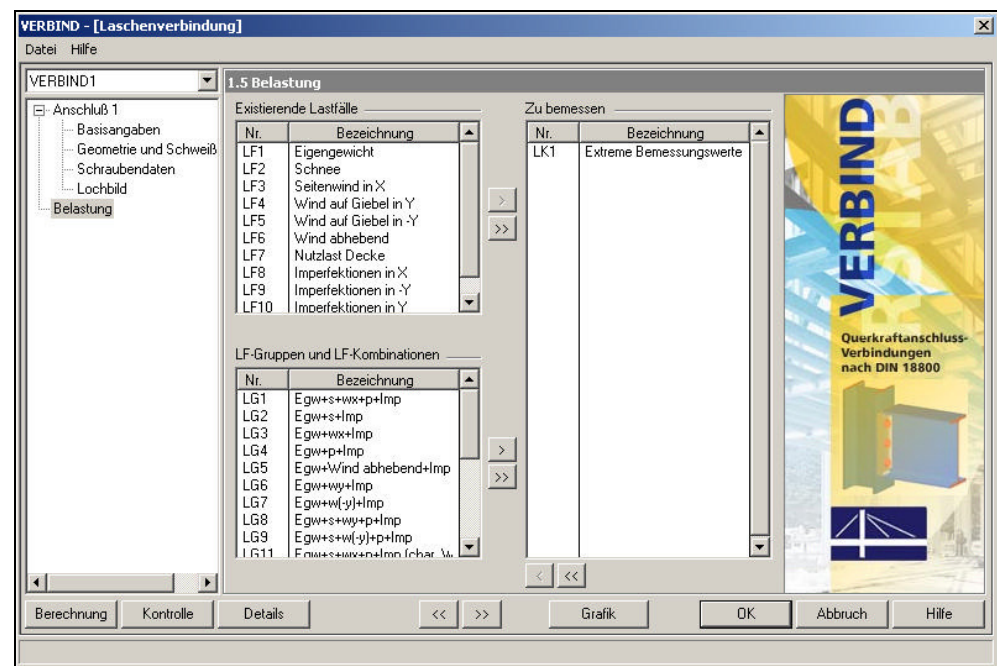
Anzahl der Schraubenreihen: Die Anzahl der Schrauberreihen ist bei der Stirnplatte zur Lagesicherung immer auf eine horizontale und zwei vertikale fest eingestellt.

Loch- und Randabstände: Alle Loch- und Randabstände sind hier auf das jeweilige Mindestmaß voreingestellt. Diese Voreinstellung wurde immer auf volle Millimeter gerundet. Da alle Loch- und Randabstände von der Schraubengröße abhängig sind, wurde die Funktion „*Abstände an Schraubengröße anpassen*“ eingefügt. Ist die Funktion durch die Check-box aktiv gesetzt, so werden die Loch- und Randabstände gemäß der Schraubengröße aus der Maske 1.3 automatisch angepasst. Durch deaktivieren der Funktion bleiben die Abstände auch auf Grund einer anderen Schraubengröße konstant.

4.3.5 Maske 1.5 Belastung

In der Maske *1.5 Belastung* lassen sich die in RSTAB relevanten Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen für den Nachweis der Verbindung mittels der Listenfelder der *Existierende Lastfälle*, *LF-Gruppen* und *LF-Kombinationen* auswählen. Die zum Nachweis heranzuziehenden Lastfälle, Lastfall-Gruppen und Lastfall-Kombinationen markieren Sie zunächst durch Anklicken in den zuvor genannten Listboxen und bringen Sie mit [$>$] oder einem Doppelklick in die rechte Listbox *Zu bemessen*. [$>>$] überträgt alles aus der linken Liste nach rechts. Analog dazu entfernen Sie mit [$<$] einzeln oder mit [$<<$] alles aus der Bemessungsliste.

Die unter *Zu bemessen* festgelegten Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen beziehen sich auf alle definierten Anschlüsse des aktuellen VERBIND-Falls.



Maske 1.5 Belastung

Die Festlegung der Belastung erfolgt für alle definierten Anschlüsse des VERBIND-Falls nur einmal, d.h. die Belastung ist für alle definierten Anschlüsse eines VERBIND-Falls gleich. Ist es trotzdem notwendig Anschlüsse mit unterschiedlichen Belastungen zu berechnen, muss ein neuer VERBIND-Fall angelegt werden. Bei gleichen Eingaben lassen sich nun verschiedene Belastungen zur Berechnung zu Grunde legen.

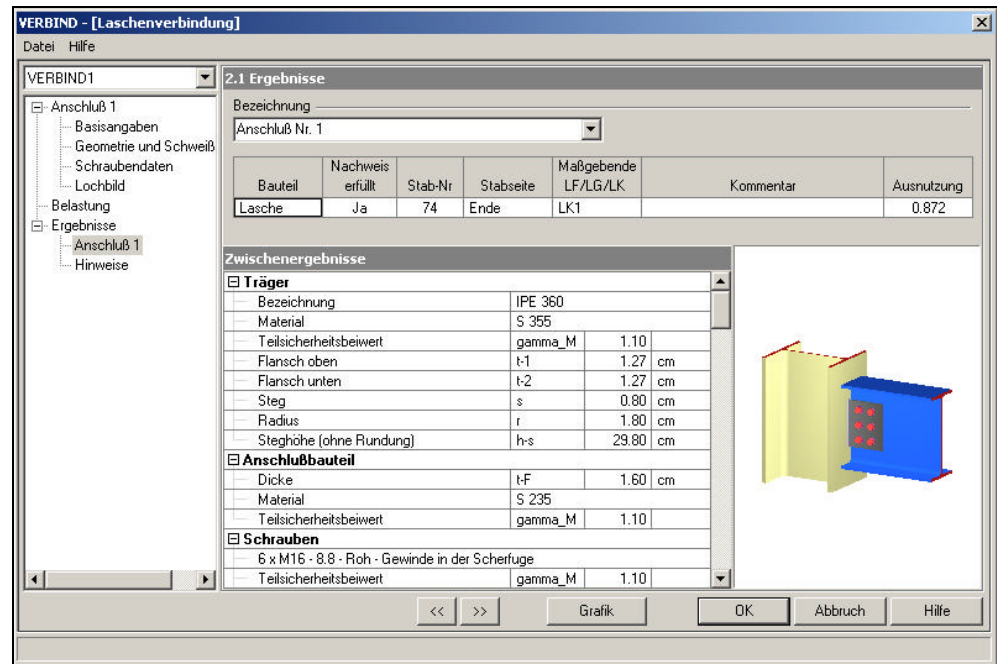
Wenn Sie in den Basisangaben den Verbindungstyp „mit Knagge und Stirnplatte“ gewählt haben, können Sie hier in der Maske *1.5 Belastung* das Stabilisierungsmoment gemäß Kapitel 3.3.9 berücksichtigen.



4.4 Ergebnismasken

In den Ergebnismasken sind detailliert sämtliche Ergebnisse der Auslegung und der Nachweise einsehbar. Zudem erhalten Sie für alle Zwischenergebnisse interaktive Grafiken, die eine schnelle und komfortable Auswertung ermöglichen.

4.4.1 Maske 2.1 Ergebnisse



Maske 2.1 Ergebnisse

Unter *Bezeichnung* kann die Anschlussnummer die unter den Basisangaben definiert wurde ausgewählt werden. Die Zuordnung der Ergebnisse erfolgt dann jeweils für die aktuell ausgewählte Anschlussnummer.

Die erste Tabelle, fasst die wichtigsten Daten übersichtlich zusammen. Es ist sofort erkennbar, ob der Nachweis erfüllt ist oder nicht. Bei einem nicht erfüllten Nachweis wird die Zeile rot hinterlegt. Ausgegeben wird die Stabnummer, Stabseite, maßgebende LF/LG/LK, Beanspruchung und Beanspruchbarkeit, Ausnutzung und unter Kommentar das maßgebende Element des Anschlusses.

Stab-Nr	Stabseite	LF/LG/LK Maßgeb.	Sigma-d	Sigma-R,d	Ausnutzung [%]	Nachweis erfüllt	Kommentar
74	Ende	LK1			1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Schweißnaht Knagge maßgebend



In der Tabelle *Zwischenergebnisse*, werden in einer sogenannten Baumstruktur alle Daten und Nachweise der Verbindung aufgeführt. Für eine Laschenverbindung, werden die folgenden Daten ausgegeben:

Zwischenergebnisse
<input checked="" type="checkbox"/> Träger
<input checked="" type="checkbox"/> Anschlußbauteil
<input checked="" type="checkbox"/> Schrauben
<input checked="" type="checkbox"/> Lasche(n)
<input checked="" type="checkbox"/> Lochbild (Laschengeometrie)
<input checked="" type="checkbox"/> Schweißnaht
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis der Lasche(n)
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis der Schrauben
<input checked="" type="checkbox"/> Lochleibung
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis der Schweißnähte

Ausgabe bei einer Laschenverbindung

Durch öffnen einer entsprechenden Überschrift erhält man sämtliche Angaben und Nachweise des gewählten Elements. Hier z.B. den Nachweis der Lasche.

Zwischenergebnisse			
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis der Lasche(n)			
<input checked="" type="checkbox"/> Beanspruchung			
<input type="checkbox"/> Normalkraft	N-d	-3.32	kN
<input type="checkbox"/> Querkraft	V-z,d	106.92	kN
<input type="checkbox"/> Schraubenabzug Zugzone: Ja	n-zZ	1	
<input type="checkbox"/> Schraubenabzug Druckzone: Ja	n-zD	2	
<input type="checkbox"/> Trägheitsmoment	I-Brutto	3375000.	mm ⁴
<input type="checkbox"/> Trägheitsmoment	I-Netto	2386990.	mm ⁴
<input type="checkbox"/> Fläche	A-Brutto	18.00	cm ²
<input type="checkbox"/> Fläche	A-Netto	12.96	cm ²
<input type="checkbox"/> Normalspannung (Rand)	Sigma-d	-130.22	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Grenznormalspannung	Sigma-R,d	218.18	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Schubspannung (Mitte)	Tau-d	123.75	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Grenzschubspannung	Tau-R,d	125.97	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Vergleichsspannung	Sigma-v,d	214.36	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Grenzvergleichsspannung	Sigma-v,R	218.18	N/mm ²

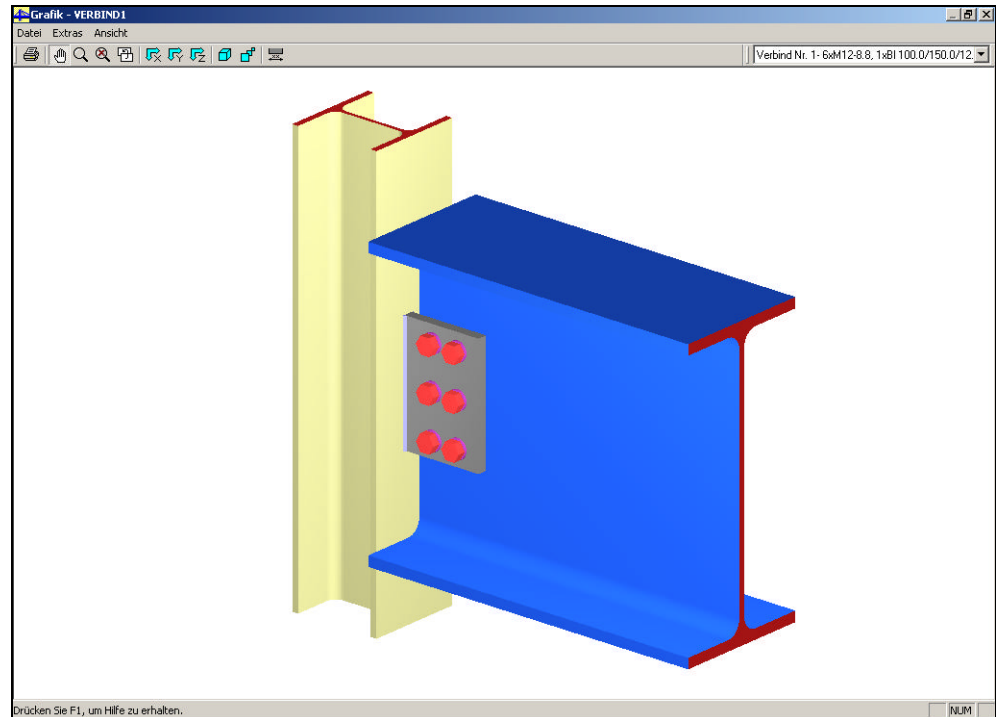
Nachweis der Lasche



4.4.2 Grafische Anzeige der berechneten Ergebnisse



Der Button *[Grafik]* öffnet die 3D-Renderingdarstellung der berechneten Verbindung. Mittels der *Checkbox* kann die Anschluss-Nr. ausgewählt werden. Das Pulldownmenü und die Werkzeugleiste bieten die aus RSTAB bekannten Möglichkeiten des Ausdrucks der angezeigten Verbindung und der Steuerung der grafischen Ansicht. Die 3D-Renderingdarstellung kann weiterhin mittels des Buttons *[Vermassung]* automatisch vermaßt werden.



3D-Renderingdarstellung einer Laschenverbindung

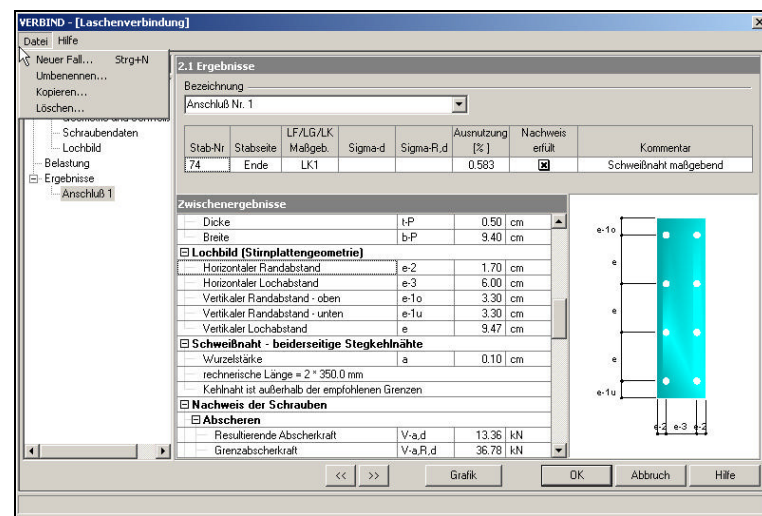
4.5 Pulldownmenüs

Die Pulldownmenüs enthalten alle notwendigen Funktionen zum Handling der VERBIND-Fälle und deren Resultate. Sie aktivieren ein Pulldownmenü durch Anklicken des Menünamens oder Drücken von *[Alt]* gefolgt von der Taste des im Menütitel unterstrichenen Buchstabens. Im Falle des Pulldownmenüs Datei wäre dies also die Tastenfolge *[Alt+D]*. Die im Pulldownmenü enthaltenen Funktionen rufen Sie dann analog dazu auf, indem Sie wiederum die Taste des im Funktionsnamen unterstrichenen Buchstaben drücken.

4.5.1 Datei

[Alt+D]

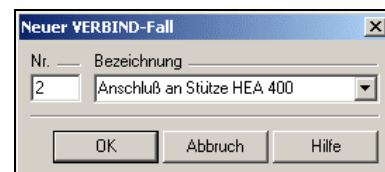
...dient der Handhabung der VERBIND-Fälle.



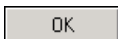
Pulldownmenü Datei

Neu [Strg+N]

...erlaubt das Anlegen eines neuen VERBIND-Falls.



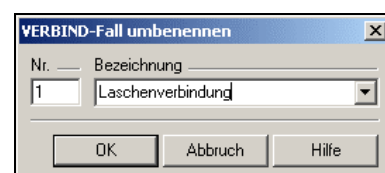
Neuer VERBIND -Fall



dazu muss für jeden neuen *VERBIND-Fall* eine *Nr.* und eine *Bezeichnung* eingegeben werden. *[Pfeil-nach-unten]* listet alle bereits verwendeten Bezeichnungen auf. *[OK]* legt den neuen Fall an.

Umbenennen

...hier kann dem aktuellen *VERBIND-Fall*, eine andere *Bezeichnung* und eventuell auch eine neue *Nr.* zugewiesen werden.



VERBIND-Fall umbenennen



In letzterem Fall ist nur darauf zu achten, dass keine Nummer zugewiesen werden kann, die bereits anderweitig vergeben ist.

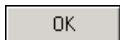
Kopieren



...ermöglicht das Kopieren eines bereits angelegten VERBIND-Falls. Den zu kopierenden VERBIND-Fall kann man mittels [*Pfeil-nach-unten*] aus den bereits angelegten VERBIND-Fällen wählen, wobei die Bezeichnung (lässt sich ebenfalls mit dem Button [*Pfeil-nach-unten*] aus einer Liste wählen), als auch die *Nr.* definiert werden kann.



VERBIND-Fall kopieren



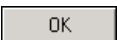
Auch hier ist darauf zu achten, dass keine Nummer zugewiesen werden kann, die bereits anderweitig vergeben ist. [*OK*] legt den kopierten Fall an.

Löschen

...zeigt nach Aufruf zunächst alle vorhandenen VERBIND-Fälle in einer Liste an.



Fälle löschen



Der zu löschenden Fall kann durch Anklicken markiert werden, um ihn dann mit [*OK*] zu löschen.

4.5.2 Hilfe

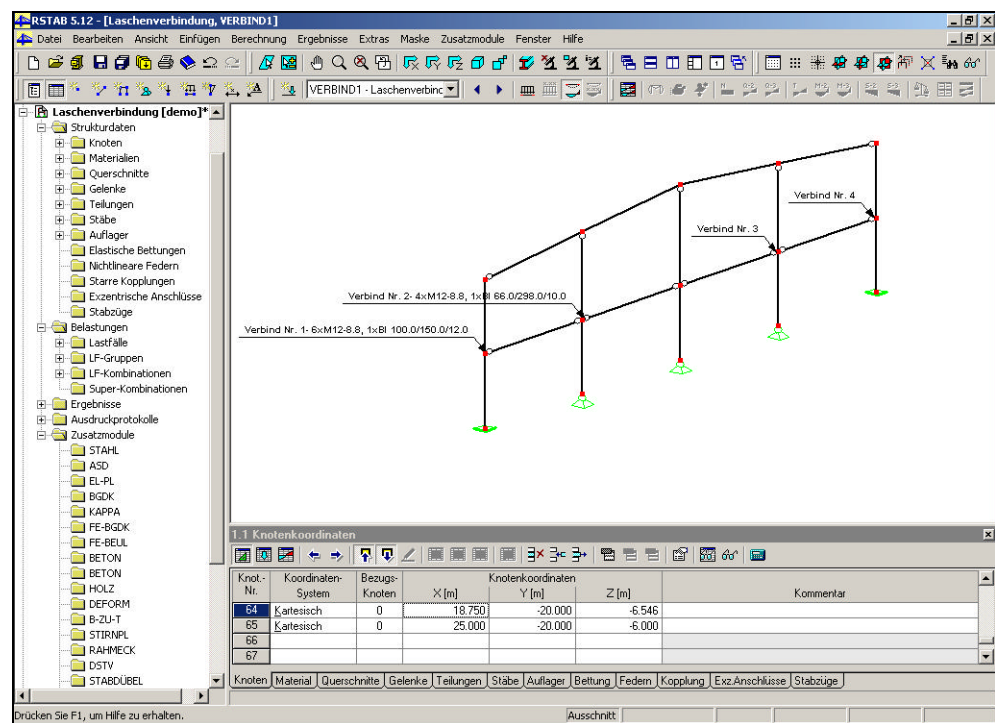
[**Alt+H**]

...öffnet die Hilfefunktion.

5. Ergebnisse

5.1 Bildschirmanzeige

Nach erfolgter Berechnung kann die Ergebnisauswertung über die Maske 2.1 des jeweiligen Anschlusses bzw. über die 3D-Renderingdarstellung [*Grafik*] erfolgen, siehe dazu Kapitel 4.4. Mit dem Button [OK] wird die bekannte Strukturdarstellung aktiviert und der aktuelle VERBIND-Fall wird eingestellt. Die berechneten Anschlüsse werden mit Ihren spezifischen Code - Nummern als Kommentar an den Stabenden dargestellt und können dementsprechend ausgedruckt werden.



Grafische Anzeige des zugehörigen alphanumerischen Codes



Die berechneten VERBIND-Anschlüsse lassen sich aber auch als Kommentar in der RSTAB Struktur darstellen. Dazu muss der entsprechende VERBIND-Fall im Pull-downmenü (Belastung und/oder Ergebnisse) ausgewählt und mit dem Button [*Anzeige der Ergebnisse*] aktiviert werden. So werden die Stabenden mit dem entsprechenden alphanumerischen Code bezeichnet.

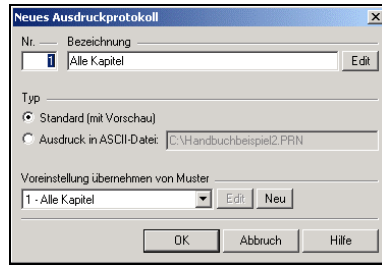


Mit [*Drucken*] können Sie die Ergebnisgrafik entweder direkt ausdrucken oder in das Ausdruckprotokoll integrieren.

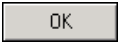
5.2 Ausdrucken



Um die numerischen Ergebnisse ausdrucken zu können, müssen Sie zunächst nach RSTAB zurückkehren und dort das [*Ausdruckprotokoll*] aufrufen.

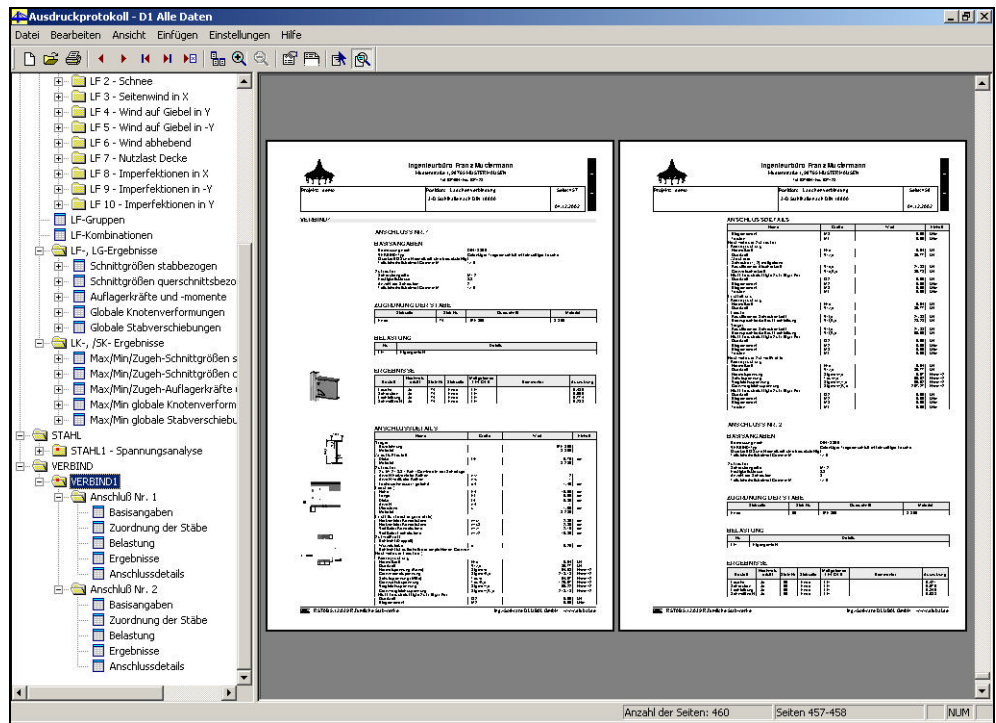


Neues Ausdruckprotokoll



Nach Treffen der Entscheidungen hinsichtlich der aus RSTAB bekannten Möglichkeiten bezüglich **Ausdruckprotokoll**, **Ausdruckprotokoll-Muster** und **Ausdruckprotokoll bilden**, lassen Sie mit [OK] Ihr Ausdruckprotokoll mit den VERBIND-Ergebnissen erstellen.

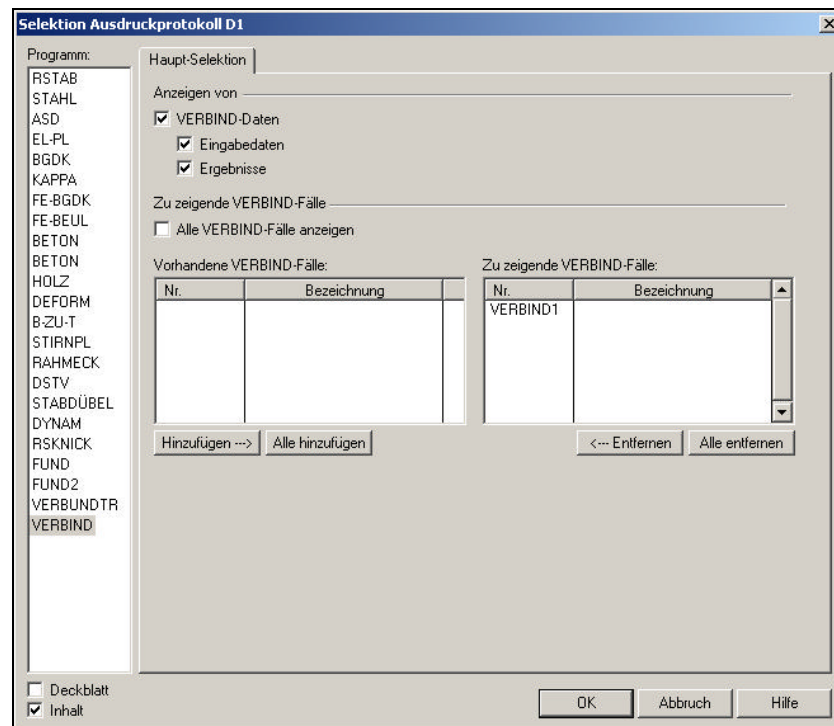
Beachten Sie bitte, dass das Ausdruckprotokoll insgesamt eine Einheit aller Daten aus RSTAB, VERBIND und allen weiteren Zusatzmodulen ist. Beugen Sie deshalb auch im eigenen Interesse durch entsprechende Selektion des Ausdruckprotokollinhalts einer eventuell von Ihrem Rechner nicht mehr zu bewältigenden Datenflut vor!



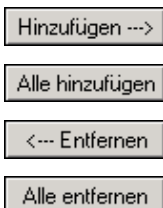
VERBIND-Daten und -Ergebnisse im Ausdruckprotokoll



Sie haben im Ausdruckprotokoll wieder sämtliche Bearbeitungs- und Gestaltungsmöglichkeiten, wie Sie bereits ausführlich im RSTAB-Handbuch beschrieben wurden. Allerdings haben Sie mit VERBIND zusätzliche Selektionsregister im Ausdruckprotokoll, die Sie mit [Selektion] aufrufen und bearbeiten können. Gegebenenfalls müssen Sie im erscheinenden Fenster **Selektion Ausdruckprotokoll** zuerst noch im linken Abschnitt **Programm VERBIND** aktivieren.



Selektion VERBIND – Haupt-Selektion



In der Haupt-Selektion legen Sie unter **Anzeigen von** sozusagen global die anzuzeigenden Oberkapitel fest. Sofern Sie nicht *Alle VERBIND-Fälle anzeigen* lassen möchten, kann aus der Liste *Vorhandene VERBIND-Fälle* eine Auswahl für *Zu zeigende VERBIND-Fälle* vorgenommen werden. Das Hin- und Herschieben der Fälle von einer Liste in die andere geschieht mit [*Hinzufügen* →], [*Alle hinzufügen*], [← *Entfernen*] und [*Alle entfernen*].



6. Beispielrechnungen

6.1 Laschenverbindung

Anschluß HEM 300 mit 2 Laschen

Schrauben SLVP M30, 10.9

Schaft in der Scherfuge, gebohrte Löcher

$V_{z,d} = 300 \text{ kN}$

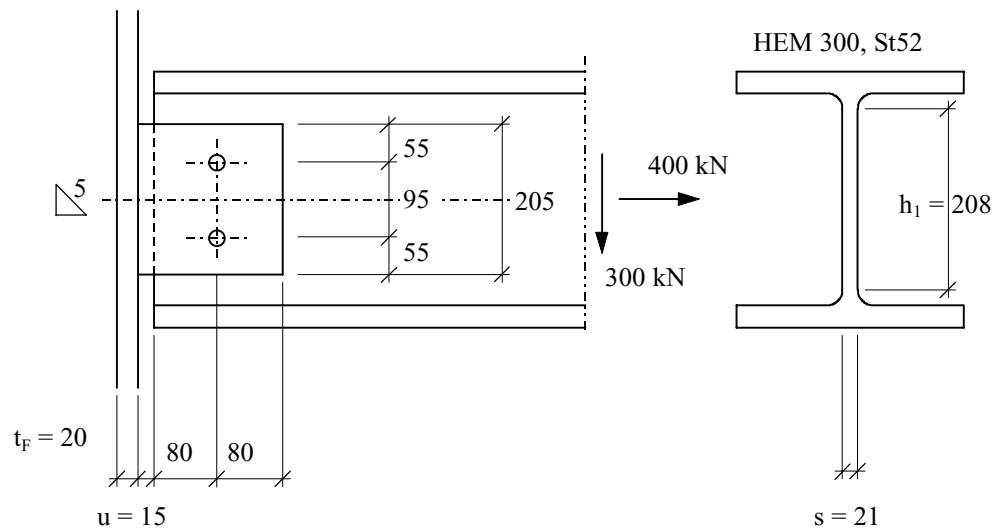
$N_d = 400 \text{ kN}$

Material St 52,

begrenzte Tragwerksverformung

keine lokale Beulgefahr, 2 Laschen mit Dicke $t_L = 20 \text{ mm}$

Anschlussbild



6.1.1 Berechnung der Schraubenkräfte

Kräfte aus dem Moment

$$x_s = 95 \text{ mm}$$

$$M_{s,d} = V_{z,d} \cdot x_s = 300 \cdot 9,5 = 2850 \text{ kNcm}$$

$$x_1 = 0 \quad z_1 = -4,75 \text{ cm} \quad n_x = 1, n_z = 2$$

$$x_2 = 0 \quad z_2 = 4,75 \text{ cm}$$

$$I_p = 4,75^2 \cdot 2 = 45,125 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = r_2 = 4,75 \text{ cm}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = \frac{M_{s,d} \cdot r_i}{I_p} = \frac{2850 \cdot 4,75}{45,125} = 300 \text{ kN}$$

Kräfte auf Lasche $\beta_1 = -180^\circ$ $\beta_2 = 0^\circ$

$$F_{Mx1} = \cos \beta_1 \cdot F_{M1} = \cos (-180^\circ) \cdot 300 = -300 \text{ kN}$$

$$F_{Mz1} = \sin \beta_1 \cdot F_{M1} = \sin (-180^\circ) \cdot 300 = 0 \text{ kN}$$



$$\begin{aligned}F_{Mx2} &= \cos \beta_2 \cdot F_{M2} &= \cos 0^\circ \cdot 300 &= 300 \text{ kN} \\F_{Mz2} &= \sin \beta_2 \cdot F_{M2} &= \sin 0^\circ \cdot 300 &= 0 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kräfte auf Träger	$\beta_1 = 0^\circ$	$\beta_2 = 180^\circ$
$F_{Mx1} = \cos \beta_1 \cdot F_{M1}$	$= \cos 0^\circ \cdot 300$	$= 300 \text{ kN}$
$F_{Mz1} = \sin \beta_1 \cdot F_{M1}$	$= \sin 0^\circ \cdot 300$	$= 0 \text{ kN}$
$F_{Mx2} = \cos \beta_2 \cdot F_{M2}$	$= \cos 180^\circ \cdot 300$	$= -300 \text{ kN}$
$F_{Mz2} = \sin \beta_2 \cdot F_{M2}$	$= \sin 180^\circ \cdot 300$	$= 0 \text{ kN}$

Kräfte aus Normalkraft

$$\begin{aligned}\text{Lasche } F_{x1} = F_{x2} &= \frac{N_d}{n} = \frac{400}{2} = 200 \text{ kN} \\ \text{Träger } F_{x1} = F_{x2} &= \frac{-N_d}{n} = \frac{-400}{2} = -200 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kräfte aus Querkraft

$$\begin{aligned}\text{Lasche } F_{z1} = F_{z2} &= \frac{V_{z,d}}{n} = \frac{300}{2} = 150 \text{ kN} \\ \text{Träger } F_{z1} = F_{z2} &= \frac{-V_{z,d}}{n} = \frac{-300}{2} = -150 \text{ kN}\end{aligned}$$

Resultierende Schraubenkräfte

Lasche

$$\begin{aligned}F_{Rx1} &= -300 + 200 = -100 \text{ kN} \\ F_{Rz1} &= 0 + 150 = 150 \text{ kN} \\ F_{R1} &= \sqrt{F_{Rx1}^2 + F_{Rz1}^2} = \sqrt{-100^2 + 150^2} = 180,28 \text{ kN} \\ F_{Rx2} &= 300 + 200 = 500 \text{ kN} \\ F_{Rz2} &= 0 + 150 = 150 \text{ kN} \\ F_{R2} &= \sqrt{F_{Rx2}^2 + F_{Rz2}^2} = \sqrt{500^2 + 150^2} = 522,02 \text{ kN}\end{aligned}$$

Träger

$$\begin{aligned}F_{Rx1} &= 100 \text{ kN} & F_{Rz1} &= -150 \text{ kN} & F_{R1} &= 180,28 \text{ kN} \\ F_{Rx2} &= -500 \text{ kN} & F_{Rz2} &= -150 \text{ kN} & F_{R2} &= 522,02 \text{ kN}\end{aligned}$$

6.1.2 Beanspruchung auf Abscheren

$$V_{a,R,d} = m \cdot A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M$$

Schaft in der Scherfuge, Paßschraube:

$$\text{Schaftdurchmesser: } d = d_N + 1 \text{ mm} = 30 + 1 = 31 \text{ mm}$$

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 3,1^2 / 4 = 7,547 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_a = 0,55 \text{ (DIN 18800 T1)}$$

$$f_{u,b,k} = 100 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{a,R,d} = 2 \cdot 7,547 \cdot 0,55 \cdot 100 / 1,1 = 754,7 \text{ kN}$$

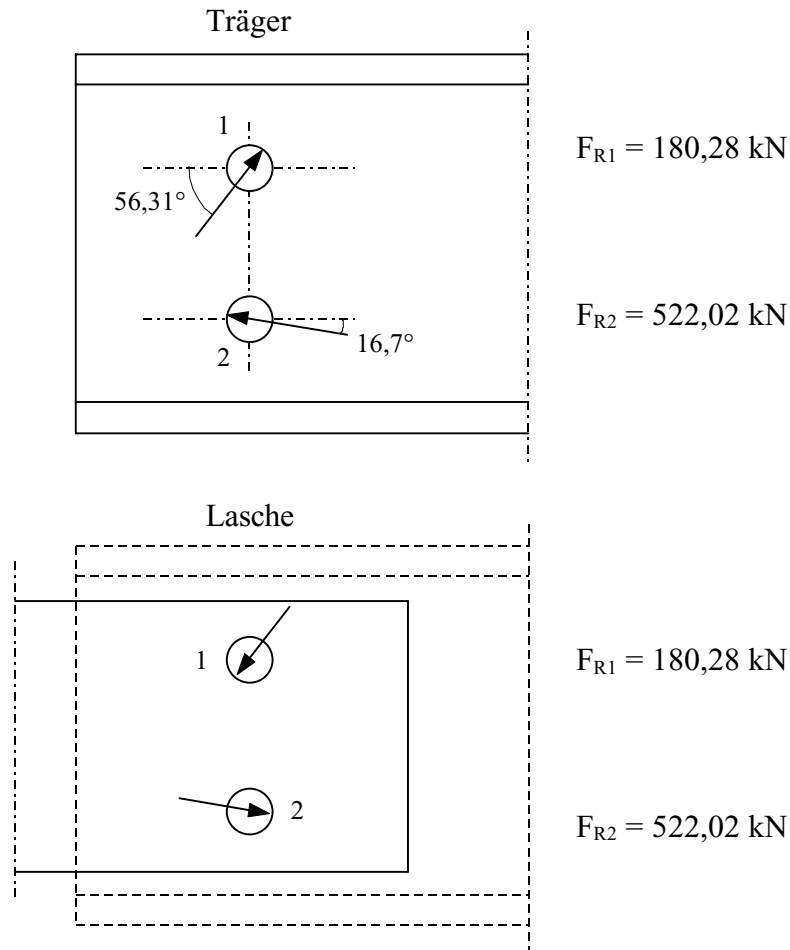


$$\max V_{a,d} = 522,02 < 754,7 \text{ kN}$$

6.1.3 Beanspruchung auf Lochleibung

Resultierende Kräfte

$$d_L = 31 + 0,3 = 31,3 \text{ mm}$$



a) Bauteil Lasche

• Schraube 1

$$F_{1x} = -180,28 \cos 56,31^\circ = -100,00 \text{ kN (nach links)}$$

$$F_{1z} = 150,00 \text{ kN (nach unten)}$$

Interaktion horizontal zum linken Rand

$$e_2 = 46,95 \text{ mm} = 1,5 d_L \leq 55$$

$$e_3 = 93,9 \text{ mm} = 3,0 d_L \leq 95$$

$$e_1 = 93,9 \text{ mm} = 3,0 d_L$$

$$\varepsilon = e_1 / d_L = 3,0$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} 93,9) / 31,3 = 3$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 3 - 0,5) \cdot 3 / 3 - (0,75 \cdot 3 - 0,2) = 3,0$$

$$V_{1,R,d,H}^1 = 2,0 \cdot 3,1 \cdot 3,0 \cdot 36 / 1,1 \cdot 2 = 1217,45 \text{ kN}$$

Interaktion untereinander vertikal

$$e_2 = 46,95 \text{ mm} = 1,5 d_L \leq 80$$



$$e_3 = 93,9\text{mm} = 3,0 d_L$$

$$e = 95\text{mm} \leq 3,5 d_L = 109,55\text{mm}$$

$$\varepsilon = 95 / 31,3 = 3,035$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} 93,9) / 31,3 = 3$$

$$\alpha_1 = (1,80 \cdot 3,035 - 1,3) \cdot 3/3 - (0,72 \cdot 3,035 - 0,53) = 2,51$$

$$V_{I,R,d,V}^1 = 2,0 \cdot 2,51 \cdot 3,1 \cdot 36 / 1,1 \cdot 2 = 1017 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_{I,R,d}^1 = 1017 \text{ kN} > 180,3 \text{ kN}$$

• Schraube 2

$$F_{2x} = 500 \text{ kN (nach rechts)}$$

$$F_{1z} = 150 \text{ kN (nach unten)}$$

Interaktion horizontal zum rechten Rand

$$e_2 = 46,95\text{mm} = 1,5 d_L \leq 55$$

$$e_3 = 93,9\text{mm} = 3,0 d_L \leq 95$$

$$e_1 = 80\text{mm} < 3,0 d_L = 93,3\text{mm}$$

$$\varepsilon = e_1 / d_L = 80 / 31,3 = 2,5559$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} 93,9) / 31,3 = 3,0$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 2,5559 - 0,5) \cdot 3/3 - (0,75 \cdot 2,5559 - 0,2) = 2,511$$

$$V_{I,R,d,H}^2 = 2,0 \cdot 3,1 \cdot 2,511 \cdot 36 / 1,1 \cdot 2 = 1019,21 \text{ kN}$$

Interaktion vertikal zum unteren Rand

$$e_2 = 46,95\text{mm} = 1,5 d_L \leq 80$$

$$e_3 = 93,9\text{mm} = 3,0 d_L$$

$$e_1 = 55\text{mm} \leq 3,0 d_L = 93,9\text{mm}$$

$$\varepsilon = 55 / 31,3 = 1,7572$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} 93,9) / 31,3 = 3$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 1,7572 - 0,5) \cdot 3/3 - (0,75 \cdot 1,7572 - 0,2) = 1,633$$

$$V_{I,R,d,V}^2 = 2,0 \cdot 1,633 \cdot 3,1 \cdot 36 / 1,1 \cdot 2 = 662,66 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_{I,R,d}^2 = 662,66 \text{ kN} > 522,02 \text{ kN}$$

a) Bauteil Träger

• Schraube 1

$$F_{1x} = 100,00 \text{ kN (nach rechts)}$$

$$F_{1z} = 150,00 \text{ kN (nach oben)}$$

Interaktion horizontal (wie zum Rand)

$$e_2 = 46,95\text{mm} = 1,5 d_L$$

$$e_3 = 93,9\text{mm} = 3,0 d_L \leq 95$$

$$e_1 = 93,9\text{mm} = 3,0 d_L$$

$$\varepsilon = e_1 / d_L = 3,0$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} 93,9) / 31,3 = 3$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 3 - 0,5) \cdot 3/3 - (0,75 \cdot 3 - 0,2) = 3,0$$



$$V_{I,R,d,H}^1 = 2,1 \cdot 3,1 \cdot 3,0 \cdot 36 / 1,1 = 639,16 \text{ kN}$$

Interaktion vertikal nach oben zum Rand

$$e_1 = 93,3 \text{ mm} = 3,0 d_L$$

$$e_2 = 46,95 \text{ mm} = 1,5 d_L \leq 80$$

$$e_3 = 93,9 \text{ mm} = 3,0 d_L$$

$$\varepsilon = 3,0 \quad \beta = 3,0 \quad \alpha_1 = 3,0$$

$$V_{I,R,d,V}^1 = 639,16 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_{I,R,d}^1 = 639,16 \text{ kN} > 180,28 \text{ kN}$$

• Schraube 2

$$F_{2x} = 500 \text{ kN (nach links)}$$

$$F_{1z} = 150 \text{ kN (nach oben)}$$

Interaktion horizontal zum linken Rand

$$e_2 = 46,95 \text{ mm} = 1,5 d_L$$

$$e_3 = 93,9 \text{ mm} = 3,0 d_L \leq 95$$

$$e_1 = 80 \text{ mm} < 3,0 d_L = 93,3 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = e_1 / d_L = 80 / 31,3 = 2,5559$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} \cdot 93,9) / 31,3 = 3,0$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 2,5559 - 0,5) \cdot 3/3 - (0,75 \cdot 2,5559 - 0,2) = 2,511$$

$$V_{I,R,d,H}^2 = 2,1 \cdot 3,1 \cdot 2,511 \cdot 36 / 1,1 = 535,09 \text{ kN}$$

Interaktion vertikal untereinander

$$e_2 = 46,95 \text{ mm} = 1,5 d_L \leq 80$$

$$e_3 = 93,9 \text{ mm} = 3,0 d_L$$

$$e = 95 \text{ mm} \leq 3,5 d_L = 109,55 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = 95 / 31,3 = 3,0351$$

$$\beta = (46,95 + \frac{1}{2} \cdot 93,9) / 31,3 = 3$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 3,0351 - 1,3) \cdot 3/3 - (0,72 \cdot 3,0351 - 0,53) = 2,50796$$

$$V_{I,R,d,V}^2 = 2,1 \cdot 2,50796 \cdot 3,1 \cdot 36 / 1,1 \cdot 2 = 534,33 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_{I,R,d}^2 = 534,33 \text{ kN} > 522,02 \text{ kN}$$

6.1.4 Nachweis der Lasche

Ermittlung der Spannungsnulllinie zur Festlegung des Lochabzuges

$$M_{L,d} = 300 \cdot 9,5 = 2850 \text{ kNcm}$$

$$I_y = 1/12 \cdot 20,5^3 \cdot 2,0 = 1436 \text{ cm}^4 \text{ (eine Lasche)}$$

$$h_z = \frac{20,5}{2} + \frac{400 \cdot 1436}{2,0 \cdot 20,5 \cdot 2850} = 15,17 \text{ cm}$$

$$w_{z1} = 5,5 \text{ cm} \quad w_{z2} = 9,5 \text{ cm} \quad w_{z1} + w_{z2} = 16 \text{ cm}$$

⇒ Schraubenloch 1 liegt teilweise in der Zugzone

⇒ $n_{zZ} = 2$, $n_{zD} = 0$ (2 Schrauben in der Zugzone !)



$$\varphi = \frac{2,0 \cdot 15,17}{2,0 \cdot 15,17 - 2 \cdot 2,0 \cdot 3,13} = 1,703 > 1,1$$

$$\Delta A_z = 2 \cdot 2 \cdot 2,0 \cdot 3,13 = 25,04 \text{ cm}^2$$

$$I_{\text{Netto}} = 2 \cdot \left\{ \frac{2,0 \cdot 20,5^3}{12} - 2 \cdot \frac{3,13^3 \cdot 2,0}{12} - 3,13 \cdot 2,0 \left[2 \cdot \left(\frac{20,5}{2} - 5,5 \right)^2 \right] \right\}$$

$$I_{\text{Netto}} = 2286,3 \text{ cm}^4$$

$$A_{\text{Netto}} = 2 \cdot 2,0 \cdot 20,5 - 25,04 = 56,96 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\text{do}} = \frac{400}{56,96} - \frac{2850}{2286,3} \cdot \frac{20,5}{2} = -5,75 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{du}} = \frac{400}{56,96} + \frac{2850}{2286,3} \cdot \frac{20,5}{2} = 19,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Delta d \leq 1 \text{ mm} \Rightarrow \Delta A_{\text{Schub}} = 0$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot 300}{2,0 \cdot 20,5 \cdot 2} = 5,49 \text{ kN/cm}^2 < 0,5 \tau_{\text{R,d}}$$

$$\sigma_{\text{R,d}} = 36 / 1,1 = 32,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{R,d}} = \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 18,9 \text{ kN/cm}^2$$

6.1.5 Nachweis der Schweißnaht

$$\alpha_w = 0,80 \text{ für St 52}$$

$$\sigma_{\text{w,R,d}} = 0,80 \cdot \frac{36,0}{1,1} = 26,182 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_w = 2 \cdot 20,5 \cdot 0,5 = 20,5 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{300}{20,5} = 14,634 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{400}{20,5} = 19,512 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{w,v}} = \sqrt{14,634^2 + 19,512^2} = 24,390 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{24,390}{26,182} = 0,932 < 1,0$$

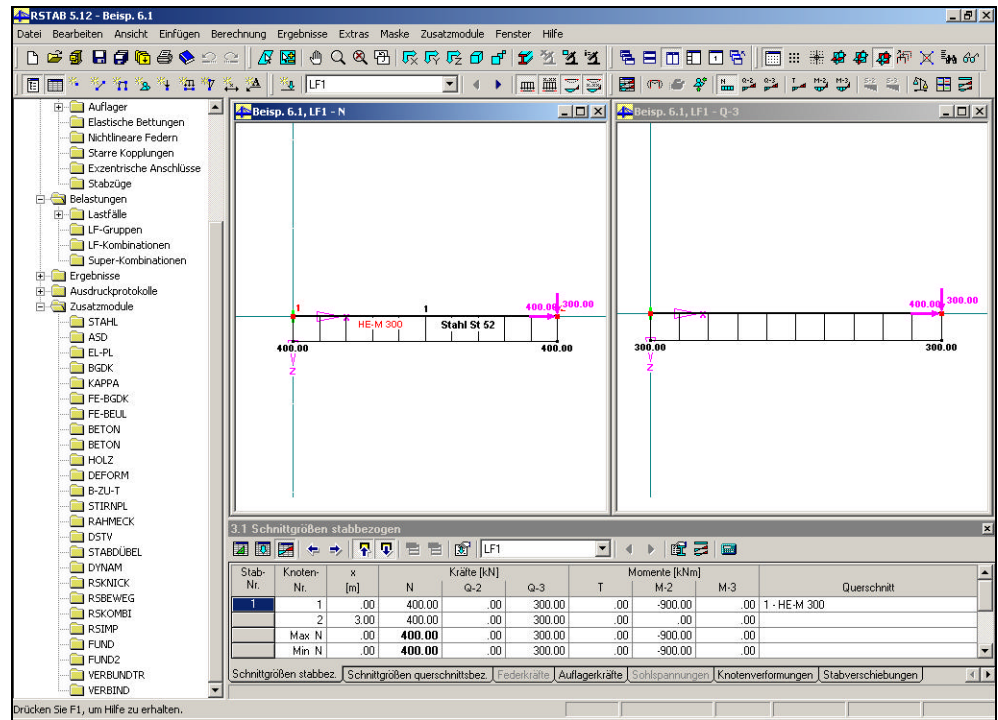


6.1.6 Berechnung mit VERBIND

Die Handberechnung des Beispiels 6.1 soll im folgenden nun mit dem Zusatzmodul VERBIND verglichen werden.

Eingabedaten:

Zuerst erfolgt die Struktureingabe in RSTAB. Sobald der Träger (HEM 300, S 355) mit der beschriebenen Belastung definiert wurde, kann das Zusatzmodul VERBIND geöffnet werden. Die Eingabedaten für VERBIND können den weiteren Bildern entnommen werden.

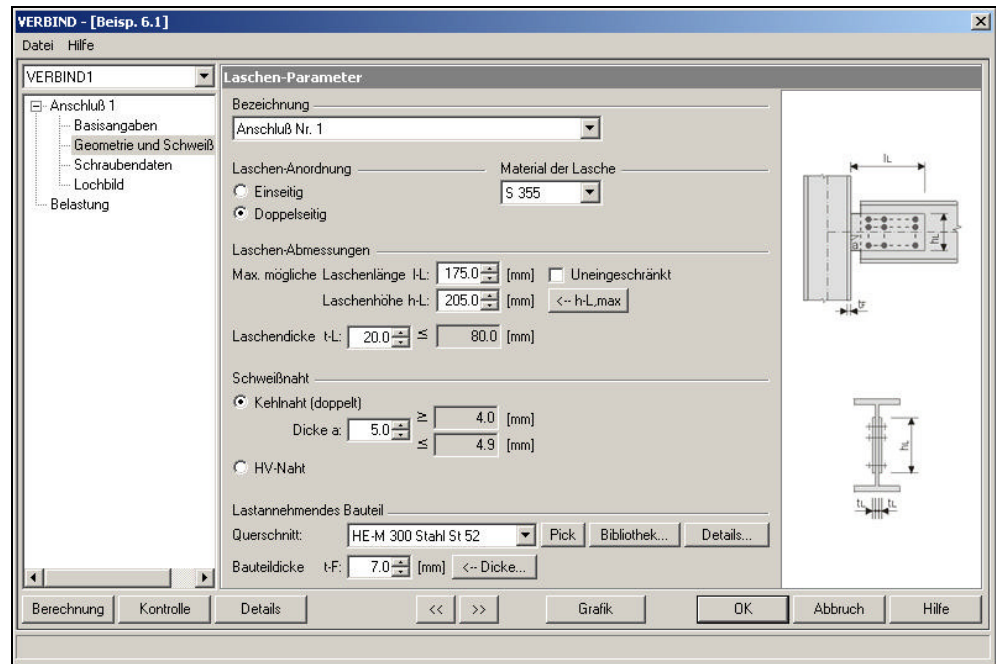


RSTAB Struktur mit N und Q-3 Verlauf

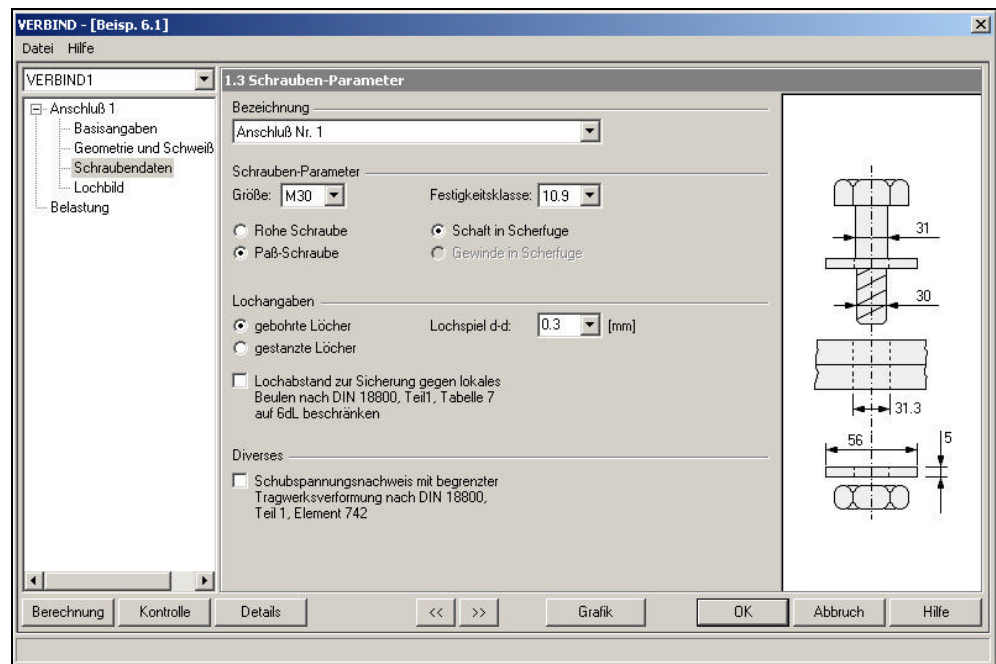
The screenshot shows the VERBIND software interface for defining a connection. The '1.1 Basisangaben' section is active, showing the connection number (1), name (Beispiel 6.1), and type (mit Lasche). The 'Stab-Zuordnung' table shows the connection is assigned to the first member of the HE-M 300 section.

Stabseite	Stab Nr.	Querschnitt	Material	Anmerkung
Anfang	1	HE-M 300	S 355	
Ende				
Beide				

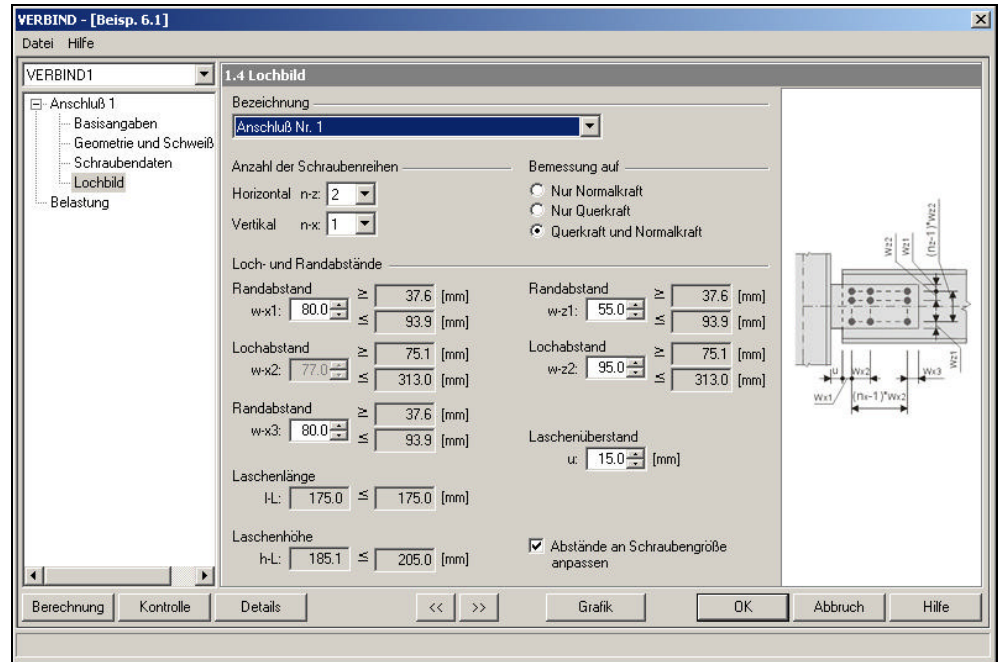
VERBIND Basisangaben



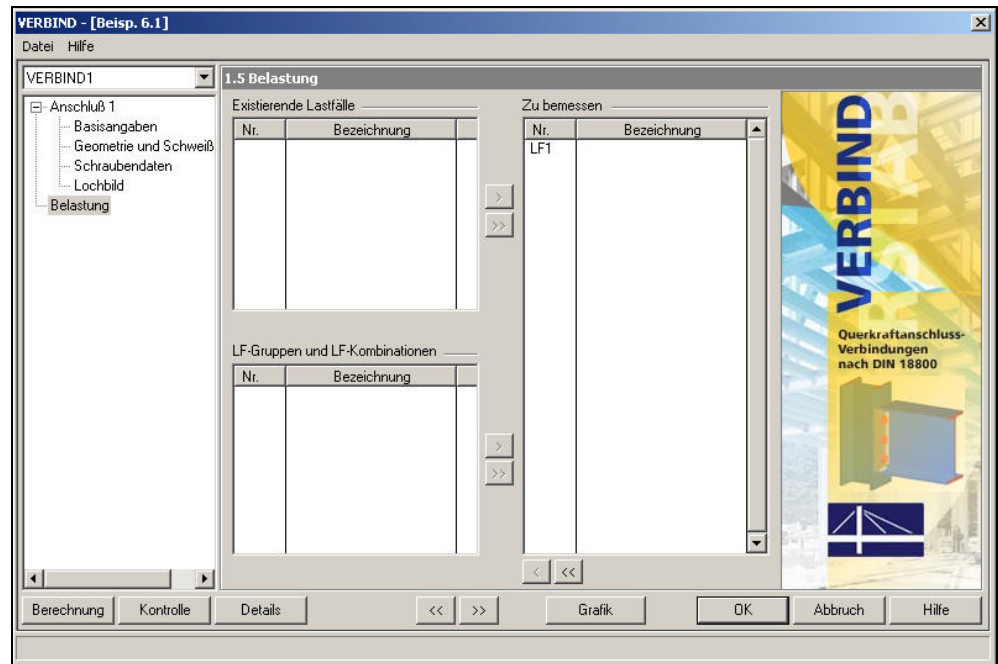
Laschen- Parameter



Schrauben- Parameter



Lochbild



Belastung

**Ergebnisse:**

Nachdem die Eingabedaten gemäß den Eingabedaten- Bildern erfolgt ist, kann die Berechnung gestartet werden. Der Vergleich der Handrechnung mit den ermittelten VERBIND Ergebnissen ergibt eine 100 % -ige Übereinstimmung.

ANSCHLUSSDETAILS

Name	Größe	Wert	Einheit
Träger			
Bezeichnung		HE-M 300	
Material		S 355	
Anschlußbauteil			
Dicke	t-F	7.00	mm
Material		S 355	
Schrauben			
2 x M30 - 10.9 - Paß - Schaft in der Scherfuge			
Anzahl horizontaler Reihen	n-z	2	
Anzahl vertikaler Reihen	n-x	1	
Lochdurchmesser - gebohrt	d-L	31.30	mm
Lasche(n)			
Höhe	h-L	205.00	mm
Länge	l-L	175.00	mm
Dicke	t-L	20.00	mm
Anzahl	n-L	2	
Überstand	u	15.00	mm
Material		S 355	
Lochbild (Laschengeometrie)			
Horizontaler Randabstand	w-x1	80.00	mm
Horizontaler Randabstand	w-x3	80.00	mm
Vertikaler Randabstand	w-z1	55.00	mm
Vertikaler Lochabstand	w-z2	95.00	mm
Schweißnaht			
Kehlnaht (Doppelt)			
Wurzelstärke	a	5.00	mm
Kehlnaht ist außerhalb der empfohlenen Grenzen			
Nachweis der Lasche(n)			
- Beanspruchung			
Normalkraft	N-d	400.00	kN
Querkraft	V-z,d	300.00	kN
Normalspannung (Rand)	Sigma-d	19.80	kN/cm ²
Grenznormalspannung	Sigma-R,d	32.73	kN/cm ²
Schubspannung (Mitte)	Tau-d	5.49	kN/cm ²
Grenzschubspannung	Tau-R,d	18.90	kN/cm ²
Vergleichsspannung	Sigma-v,d	11.82	kN/cm ²
Grenzvergleichsspannung	Sigma-v,R,d	32.73	kN/cm ²
- Nicht berücksichtigte Schnittgrößen			
Querkraft	Q2	0.00	kN
Biegemoment	M2	-900.00	kNm
Biegemoment	M3	0.00	kNm
Torsion	Mt	0.00	kNm
Nachweis der Schrauben			
- Beanspruchung			
Normalkraft	N-d	400.00	kN
Querkraft	V-z,d	300.00	kN
- Abscheren			
Schraube (1, 2) maßgebend			
Resultierende Abscherkraft	V-a,d	522.02	kN
Grenzabscherkraft	V-a,R,d	754.77	kN
- Nicht berücksichtigte Schnittgrößen			
Querkraft	Q2	0.00	kN
Biegemoment	M2	-900.00	kNm
Biegemoment	M3	0.00	kNm
Torsion	Mt	0.00	kNm
Lochleibung			
- Beanspruchung			
Normalkraft	N-d	400.00	kN
Querkraft	V-z,d	300.00	kN
- Lasche			
Resultierende Schraubkraft	V-l,d	522.02	kN
Beanspruchbarkeit auf Lochleibung	V-l,R,d	662.66	kN
- Träger			
Resultierende Schraubkraft	V-l,d	522.02	kN
Beanspruchbarkeit auf Lochleibung	V-l,R,d	534.33	kN
- Nicht berücksichtigte Schnittgrößen			
Querkraft	Q2	0.00	kN
Biegemoment	M2	-900.00	kNm
Biegemoment	M3	0.00	kNm
Torsion	Mt	0.00	kNm
Nachweis der Schweißnähte			
- Beanspruchung			
Normalkraft	N-d	400.00	kN
Querkraft	V-z,d	300.00	kN
Normalspannung	Sigma-w,d	19.51	kN/cm ²
Schubspannung	Tau-w,d	14.63	kN/cm ²
Vergleichsspannung	Sigma-w,v,d	24.39	kN/cm ²
Grenzvergleichsspannung	Sigma-w,R,d	26.18	kN/cm ²
- Nicht berücksichtigte Schnittgrößen			
Querkraft	Q2	0.00	kN
Biegemoment	M2	-900.00	kNm
Biegemoment	M3	0.00	kNm
Torsion	Mt	0.00	kNm



6.2 Stirnplattenverbindung

Anschluß HEA 400 an Stütze HEA 240 ($t_s = 12\text{mm}$), Material für alle Bauteile: St 37

Schrauben M16, 4.6, $\Delta d = 1\text{mm}$, Schaft in der Scherfuge, gebohrte Löcher

$$V_{z,d} = 250 \text{ kN}$$

Stirnplatte oben am Flansch angeschweißt, keine lokale Beulgefahr

Vorgaben: $t_p = 10\text{mm}$; $u_o = 5\text{mm}$; $e_{1o} = 45\text{mm}$; $e = 60\text{mm}$; $e_2 = 27,5\text{mm}$; $e_3 = 70\text{mm}$; $e_{1u} = 45\text{mm}$

Die Vorgaben für die Abstände erfolgen durch den Anwender unter Verwendung der Grenzabstände.

Die restlichen Werte (z.B. $n = 6$, $n_z = 3$) werden vom Programm ausgelegt und nachgewiesen.

6.2.1 Nachweis auf Abscheren

Grenzabscherkraft

$$A_{\text{Sch}} = \pi \cdot 1,6^2 / 4 = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha_a = 0,6$$

$$V_{a,R,d} = 2,01 \cdot 40 \cdot 0,6 / 1,1 = 43,85 \text{ kN} > 250 / 6 = 41,67 \text{ kN}$$

6.2.2 Nachweis auf Lochleibung

Abstände nach Vorgabe:

$$d_L = 17\text{mm}$$

$$e_{1o} = 30 + 19 - 5 = 44 \text{ mm} \Rightarrow \text{gewählt: } e_{1o} = 45 \leq 8 \cdot t_p = 80 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 \cdot d_L = 25,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{gewählt: } e_2 = 27,5 \text{ mm}$$

$$e_3 = 2 \cdot 30 - 2 + 11 + 1 = 70 \text{ mm}$$

$$e = 3,5 \cdot d_L \approx 60 \text{ mm}$$

Grenzlochleibungskräfte

a) Bauteil Stirnplatte

- Schraubenreihe 1 (Interaktion zum Rand)

$$e_3 = 3 \cdot d_L = 51 \text{ mm} \quad e_2 = 1,5 \cdot d_L = 25,5 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 45 / 17 - 0,5) \frac{25,5 + 0,5 \cdot 51}{3 \cdot 17} - (0,75 \cdot 45 / 17 - 0,2) = 2,61$$

$$V_{1,R,d} \cdot I = 1,0 \cdot 24 \cdot 1,6 \cdot 2,61 / 1,1 = 91,1 \text{ kN} > 41,67 \text{ kN}$$

- Schraubenreihen 2 und 3 (Interaktion untereinander)

$$\alpha_1 = (1,80 \cdot 59,5 / 17 - 1,3) \frac{25,5 + 0,5 \cdot 51}{3 \cdot 17} - (0,72 \cdot 59,5 / 17 - 0,53) = 3,01 \Rightarrow \alpha_1 = 3,0$$



$$V_{1,R,d}^{2,3} = 1,0 \cdot 24 \cdot 1,6 \cdot 3,0 / 1,1 = 104,7 \text{ kN} > 41,67 \text{ kN}$$

b) Bauteil Stütze

- Schraubenreihen 1 und 2 (Interaktion untereinander)

$$e_2 = e_{2\max} = 1,5 \cdot d_L = 25,5 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = (1,80 \cdot 59,5 / 17 - 1,3) \frac{25,5 + 0,5 \cdot 51}{3 \cdot 17} - (0,72 \cdot 59,5 / 17 - 0,53) = 3,01 \Rightarrow \alpha_1 = 3,0$$

$$V_{1,R,d}^{1,2} = 1,2 \cdot 24 \cdot 1,6 \cdot 3,0 / 1,1 = 125,7 \text{ kN} > 41,67 \text{ kN}$$

- Schraubenreihe 3 (Interaktion zum Rand)

$$e_2 = e_{2\max} = 1,5 \cdot d_L = 25,5 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_{1\max} = 3,0 \cdot d_L = 51 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = (1,85 \cdot 51 / 17 - 0,5) \frac{25,5 + 0,5 \cdot 51}{3 \cdot 17} - (0,75 \cdot 51 / 17 - 0,2) = 3,00$$

$$V_{1,R,d}^3 = 1,2 \cdot 24 \cdot 1,6 \cdot 3,0 / 1,1 = 125,7 \text{ kN} > 41,67 \text{ kN}$$

6.2.3 Plattenabmessungen

$$h_p = 2 \cdot 45 + (3 - 1) \cdot 60 = 210 \text{ mm}$$

$$b_p = 2 \cdot 27,5 + 70 = 125 \text{ mm}$$

6.2.4 Nachweis der Lasteinleitung in den Träger

$$\tau_{R,d} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 12,598 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{250}{1,1 \cdot 21} = 10,823 \text{ kN/cm}^2 < 12,598 \text{ kN/cm}^2$$

6.2.5 Nachweis der Schweißnaht

$$\alpha_w = 0,95 \text{ für St 37}$$

$$\tau_{w,R,d} = 0,95 \frac{24,0}{1,1} = 20,727 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_w = 2 \cdot 21 \cdot 0,3 = 12,6 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{250}{12,6} = 19,841 \text{ kN/cm}^2 < 20,727 \text{ kN/cm}^2$$

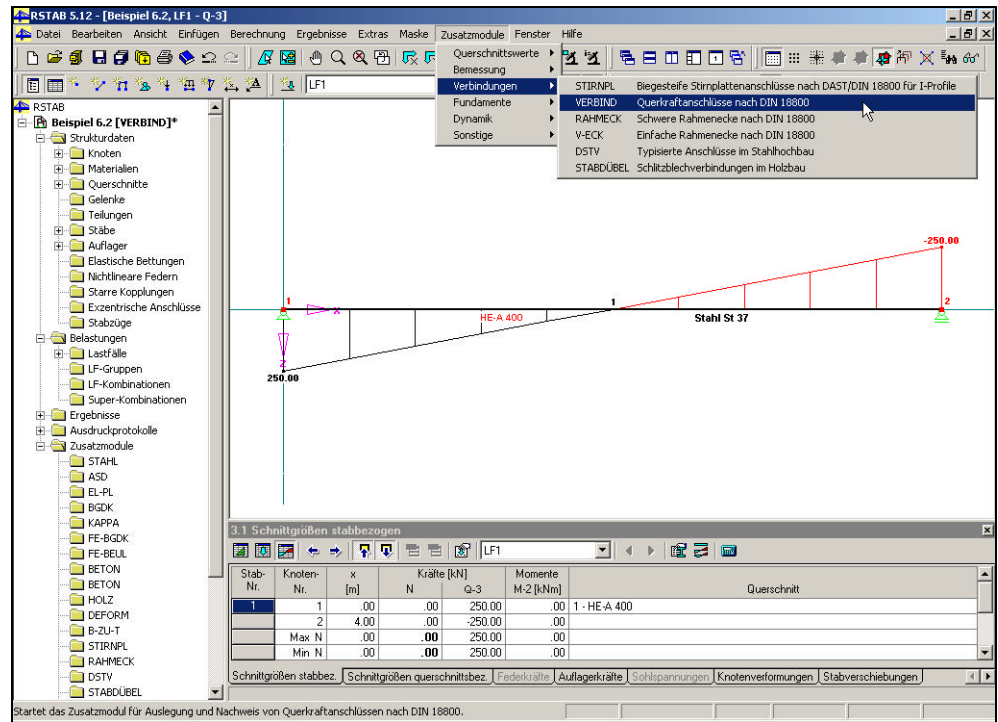


6.2.6 Berechnung mit VERBIND

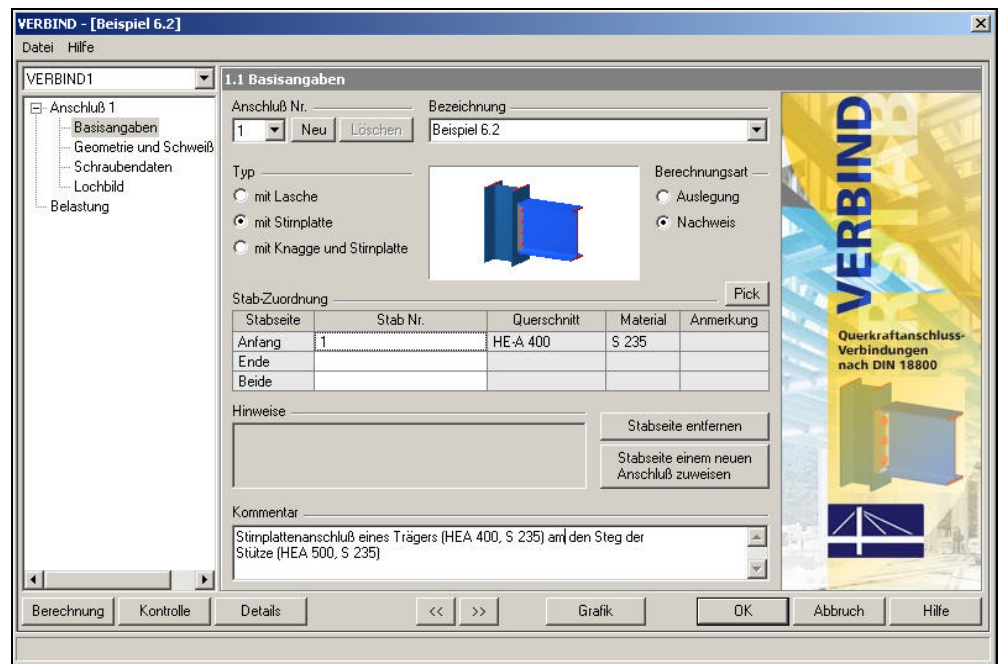
Die Handberechnung des Beispiels 6.2 soll im folgenden nun ebenfalls mit dem Zusatzmodul VERBIND verglichen werden.

Eingabedaten:

Zuerst erfolgt die Struktureingabe in RSTAB. Sobald der Träger (HEA 400, S 235) mit der beschriebenen Belastung definiert wurde, kann das Zusatzmodul VERBIND geöffnet werden. Die Eingabedaten für VERBIND können den weiteren Bildern entnommen werden.



RSTAB Struktur mit Q-3 Verlauf



VERBIND Basisangaben



VERBIND - [Beispiel 6.2]

Datei Hilfe

VERBIND1

- ANSCHLUß 1
 - Basisangaben
 - Geometrie und Schweiß
 - Schraubendaten
 - Lochbild
 - Belastung

Stirnlatten-Parameter

Bezeichnung: Anschluß Nr. 1 - Beispiel 6.2

Stirnlatten-Anordnung

Am oberen Flansch angeschweißt An beiden Flanschen angeschweißt
 Am unteren Flansch angeschweißt Nur am Steg angeschweißt

Stirnlatten-Abmessungen

Position

u-o:	5.0 [mm]	IV	5.0 [mm]	Höhe	h-P:	210.0 [mm]	IV	210.0 [mm]
	IA	17.0 [mm]				IA	364.0 [mm]	
u-u:	10.0 [mm]	IV	21.0 [mm]	Dicke	t-P:	10.0 [mm]		
	IA	175.0 [mm]						

Schweißnaht

Dicke

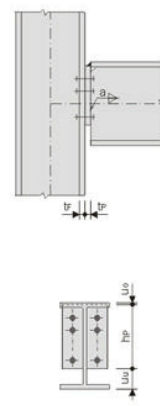
a:	3.0 [mm]	IV	2.8 [mm]
	IA	7.0 [mm]	

Lastannahmendes Bauteil

Querschnitt: HE-A 500 Stahl St 37 Pick Bibliothek... Details...

Bauteildicke t-F: 12.0 [mm] <- Dicke... Material: S 235

Berechnung Kontrolle Details << >> Grafik OK Abbruch Hilfe



VERBIND Stirnlatten- Parameter

VERBIND - [Beispiel 6.2]

Datei Hilfe

VERBIND1

- ANSCHLUß 1
 - Basisangaben
 - Geometrie und Schweiß
 - Schraubendaten
 - Lochbild
 - Belastung

1.3 Schrauben-Parameter

Bezeichnung: Anschluß Nr. 1 - Beispiel 6.2

Schrauben-Parameter

Größe: M16 Festigkeitsklasse: 4.6

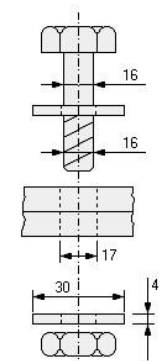
Rohe Schraube Schaft in Scherfuge
 Paß-Schraube Gewinde in Scherfuge

Lochangaben

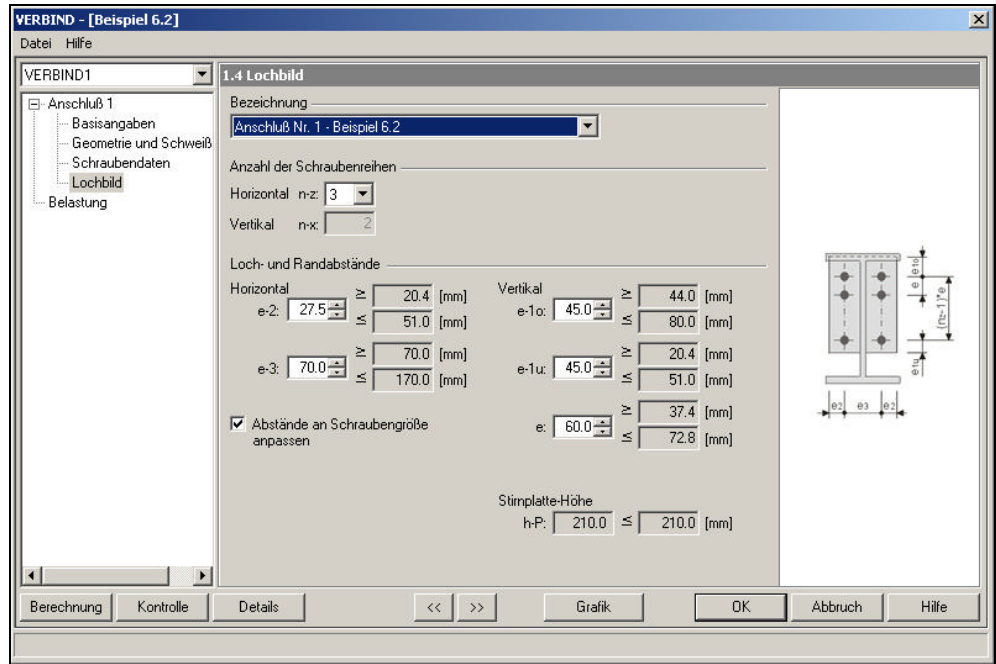
gebohrte Löcher Lochspiel d-d: 1.0 [mm]
 gestanzte Löcher

Lochabstand zur Sicherung gegen lokales Beulen nach DIN 18800, Teil 1, Tabelle 7 auf 6dL beschränken

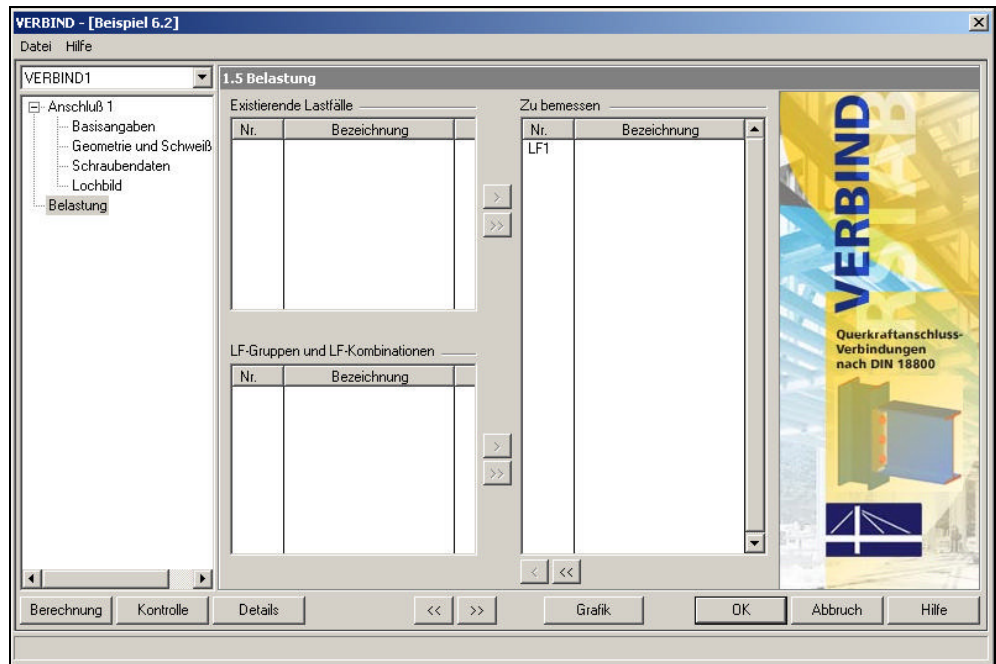
Berechnung Kontrolle Details << >> Grafik OK Abbruch Hilfe



VERBIND Schrauben- Parameter



VERBIND Lochbild



VERBIND Belastung



Ergebnisse:

Nachdem die Eingabedaten gemäß den Eingabedaten- Bildern erfolgt ist, kann die Berechnung gestartet werden. Der Vergleich der Handrechnung mit den ermittelten VERBIND Ergebnissen ergibt eine 100 % -ige Übereinstimmung.

ANSCHLUSSDETAILS

Name	Größe	Wert	Einheit
Schnittgrößen			
Querkraft	$V_{z,d}$	250.00	kN
Träger			
Bezeichnung		HE-A 400	
Material		S 235	
Anschlußbauteil			
Dicke	t-F	12.00	mm
Material		S 235	
Schrauben			
6 x M16 - 4.6 - Roh - Schaft in der Scherfuge			
Anzahl der Schrauben	Stück	6	
Lochdurchmesser - gebohrt	d-L	17.00	mm
Verbindungsbauteil - Stimplatte			
Lage - am oberen Flansch angeschweißt			
Material		S 235	
Platteneinzug oben	u-o	5.00	mm
Platteneinzug unten	u-u	175.00	mm
Höhe	h-P	210.00	mm
Dicke	t-P	10.00	mm
Breite	b-P	125.00	mm
Lochbild (Stirnplattengeometrie)			
Horizontaler Randabstand	e-2	27.50	mm
Horizontaler Lochabstand	e-3	70.00	mm
Vertikaler Randabstand - oben	e-1o	45.00	mm
Vertikaler Randabstand - unten	e-1u	45.00	mm
Vertikaler Lochabstand	e	60.00	mm
Schweißnaht - beidseitige Stegkehlnähte			
Wurzelstärke	a	3.00	mm
rechnerische Länge = $2 * 210.0$ mm			
Nachweis der Schrauben			
- Abscheren			
Resultierende Abscherkraft	$V_{a,d}$	41.67	kN
Grenzabscherkraft	$V_{a,R,d}$	43.87	kN
Ausnutzung		0.950	
- Lochleibung			
-- Stirnplatte			
Resultierende Lochleibungskraft	$W_{l,d}$	41.67	kN
Grenzlochleibungskraft	$W_{l,R,d}$	91.17	kN
Ausnutzung		0.457	
-- Stütze			
Resultierende Lochleibungskraft	$W_{l,d}$	41.67	kN
Grenzlochleibungskraft	$W_{l,R,d}$	125.67	kN
Ausnutzung		0.332	
Nachweis des Trägers			
Schubspannung	$\tau_{a,d}$	10.82	kN/cm ²
Grenzschubspannung	$\tau_{a,R,d}$	12.59	kN/cm ²
Ausnutzung		0.859	
Nachweis der Schweißnähte			
Schubspannung	$\tau_{a-w,d}$	19.84	kN/cm ²
Grenzschubspannung	$\tau_{a-w,R,d}$	20.73	kN/cm ²
Ausnutzung		0.957	
Nicht berücksichtigte Schnittgrößen			
Normalkraft	N-d	0.00	kN
Querkraft	Q2	0.00	kN
Biegemoment	M2	0.00	kNm
Biegemoment	M3	0.00	kNm
Torsion	Mt	0.00	kNm



6.3 Querkraftanschluß mittels Knagge

Es soll der Anschluß eines Deckenverbundträgers IPE 400 aus St 52 an eine Stütze HEA 180 aus St 52 nachgewiesen werden.

$$V_{z,d} = 190 \text{ kN}$$

Stützweite des Einfeldträgers IPE 400: $l = 12,50 \text{ m}$

konstante Streckenlast $q_d = 30,4 \text{ kN/m}$

Bei der Berechnung mit dem Programm wurde das Modul „Auslegen“ gewählt unter Vorgabe folgender Parameter

- Strinplattendicke $t_p = 10 \text{ mm}$
- Schrauben M12, 4.6, Schaft in der Scherfuge
- Lochspiel 1mm, Löcher gebohrt
- keine lokale Beulgefahr
- Schraubenabstände (Berechnung und Anzeige der oberen und unteren Grenze durch das Programm)

$$e_{1o} = 50 \text{ mm} \quad e_2 = 25 \text{ mm}$$

$$e_{1u} = 3d_L = 39 \text{ mm} \quad e_3 = 120 \text{ mm} \quad (2a_1 - 2 + \Delta + 8,6 = 60 \leq e_3 \leq 10d_L = 130 \text{ mm})$$

Das Maß e_3 sollte möglichst groß gewählt werden, um durch den Schraubenhebelarm e_3 ein großes aufnehmbares Verdrehmoment $M_{v,R,d}$ zu erreichen.

- Stützenflanschdicke $t_s = 9,5 \text{ mm}$
- Material Stütze / Knagge St 52
Träger St 52
- gewählte Knaggenbreite nach Berechnung der maximal erforderlichen Breite durch das Programm: $b_K = 110 \text{ mm}$

Vom Programm werden die folgenden Werte selbständig ausgelegt und dafür die Nachweise erbracht:

- Knaggenhöhe $h_K = 61 \text{ mm}$
- Knaggendicke $t_K = 16 \text{ mm}$
- umlaufende Knaggenschweißnaht $a = 6 \text{ mm}$
- Plattenschweißnaht $a = 3 \text{ mm}$

Die Nachweise erbringen die folgenden Werte:

6.3.1 Nachweis der Knagge

Gl. (2.5)-(2.7) und (2.2)

$$c = t_K - t_p = 0,6 \text{ cm}$$

$$M_{K,d} = 190 \cdot (0,5 \cdot 0,6 + 1,0) = 247 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_d = \frac{247}{11,0 \cdot 6,1^2 / 6} = 3,62 \text{ kN/cm}^2 < \frac{36}{1,1} = 32,727 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot 190}{11 \cdot 6,1} = 4,247 \text{ kN/cm}^2 = 4,247 \text{ kN/cm}^2 < \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 18,895 \text{ kN/cm}^2$$

Ausnutzung der möglichen Kraftausstrahlung: $b_K \geq s + 1,61 r + 5 t_2$



$$b_K = 0,86 + 1,61 \cdot 2,1 + 5 \cdot 1,35 = 10,991 \text{ cm}$$

Vorschlag Programm $b_K = 110 \text{ mm}$

gewählt vom Anwender $b_K = 110 \text{ mm}$

$$F_{R,d,K} = 10,991 \cdot 0,6 \cdot 36 / 1,1 = 215,82 \text{ kN} > V_d = 190 \text{ kN}$$

6.3.2 Nachweis der Lasteinleitung in den Träger

Gl. (2.1)

$$F_{R,d,T} = 0,86 [0,6 + 2,5 (1,35 + 2,1)] \cdot 36 / 11 = 259,64 \text{ kN} > V_d = 190 \text{ kN}$$

6.3.3 Nachweis der Schrauben

Stabilisierungsmoment Gl. (2.19)

$$M_{v,d} = \frac{1}{\pi} \cdot 30,4 \text{ kN/m} \cdot 12,5 \text{ m} \cdot 0,06 \cdot 40 \text{ cm} = 290,299 \text{ kNcm}$$

Scherkraft pro Schraube nach Gl. (2.17)

$$V_{a,d} = M_{v,d} / e_3 = 290,299 / 12 = 24,19 \text{ kN}$$

$$V_{a,R,d} = \frac{\pi}{4} \cdot 1,2^2 \cdot 0,6 \cdot 40 / 1,1 = 24,68 \text{ kN}$$

$$V_{a,d} / V_{a,R,d} = 0,98 < 1,0$$

Lochleibungsfaktor $\alpha_l = 3,0$ durch Abstandswahl:

- Stütze $V_{l,R,d} = 0,95 \cdot 1,2 \cdot 3,0 \cdot 36 / 1,1 = 111,93 \text{ kN}$

- Stirnplatte $V_{l,R,d} = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 3,0 \cdot 36 / 1,1 = 117,82 \text{ kN}$

Durch die Schrauben maximal aufnehmbares Stabilisierungsmoment

$$M_{v,R,d} = \min(V_{a,d}, V_{l,R,d}) \cdot e_3$$

$$= 24,68 \cdot 12 = 296,11 \text{ kNcm} > 290,299 \text{ kNcm}$$

6.3.4 Nachweis der Schweißnähte

Knagge

Umlaufende Kehlnähte, vom Programm ausgelegt: $a = 6 \text{ mm}$

obere und untere horizontale Naht Gl. (2.8)

$$\sigma_{w,R,d} = 0,8 \cdot 36 / 1,1 = 26,182 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,d} = \sigma_{\perp} = \frac{247}{6,1 \cdot 11 \cdot 0,6} = 6,135 \text{ kN/cm}^2 < 26,182 \text{ kN/cm}^2$$

seitliche Nähte

$$\tau_{w,d} = \tau_{\parallel} = \frac{190}{2 \cdot 6,1 \cdot 0,6} = 25,956 \text{ kN/cm}^2 < 26,182 \text{ kN/cm}^2$$

Platte

(Bild 2.1 und Gl. (2.13) und (2.14))

$$g = 0,5 t_1 + r = 0,5 \cdot 1,35 + 2,1 = 2,775 \text{ cm}$$



$$f = 0,5 \cdot b_p - 0,5 s - r = 0,5 \cdot 17 - 0,5 \cdot 0,86 - 2,1 = 5,97 \text{ cm}$$

$$e = 0,5 (h_p - g) + r + 0,25 \cdot t_1 = 0,5 (8,9 - 2,775) + 2,1 + 0,25 \cdot 1,35 = 5,5 \text{ cm}$$

$$T_o = T_u = \frac{Mv,d}{e} = \frac{290,299}{5,5} = 52,782 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{T_o}{a \cdot (b_p + 2f)} = \frac{52,782}{0,3 \cdot (17 + 2 \cdot 5,97)} = 6,079 \text{ kN/cm}^2 < 26,182 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{T_u}{2 \cdot a \cdot (h_p - g)} = \frac{52,782}{2 \cdot 0,3 \cdot (8,9 - 2,775)} = 14,362 \text{ kN/cm}^2 < 26,182 \text{ kN/cm}^2$$

Aufnehmbares Verdrehmoment aus den Grenzschweißnahtspannungen der Stirnplatte (Gl. (2.14))

$$T = \min \begin{cases} 26,182 \cdot 0,3(17 + 2 \cdot 5,97) = 227,712 \text{ kN} \\ 26,182 \cdot 2 \cdot 0,3(8,9 - 2,775) = 96,219 \text{ kN} \end{cases}$$

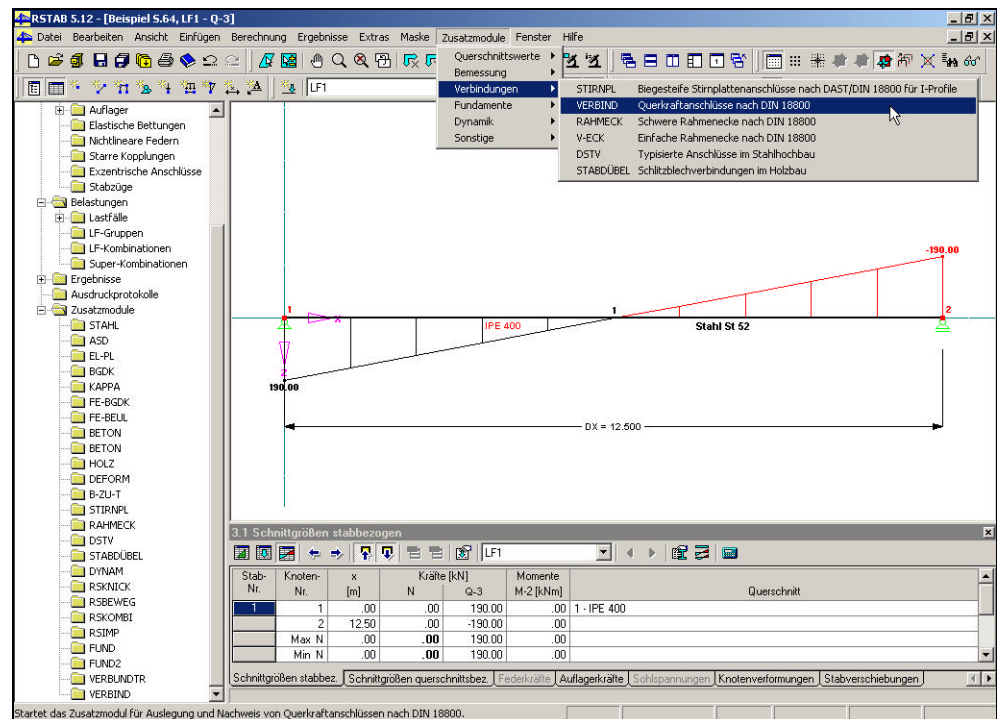
$$M_{v,R,d} = T \cdot e = 96,219 \cdot 5,5 = 529,20 \text{ kNcm}$$

6.3.5 Berechnung mit VERBIND

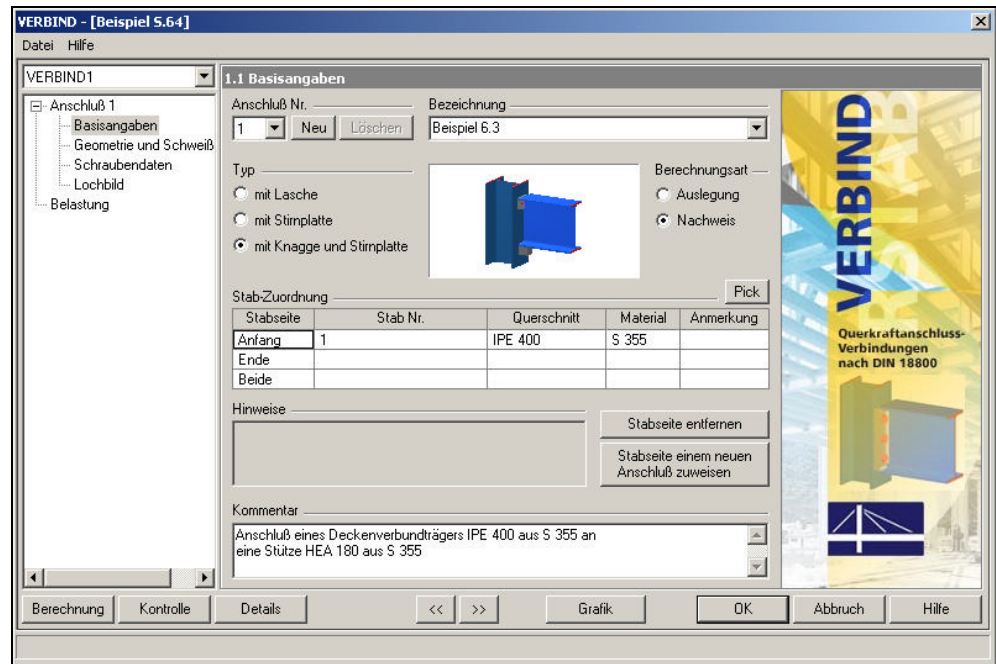
Die Handberechnung des Beispiels 6.3 soll im folgenden nun ebenfalls mit dem Zusatzmodul VERBIND verglichen werden.

Eingabedaten:

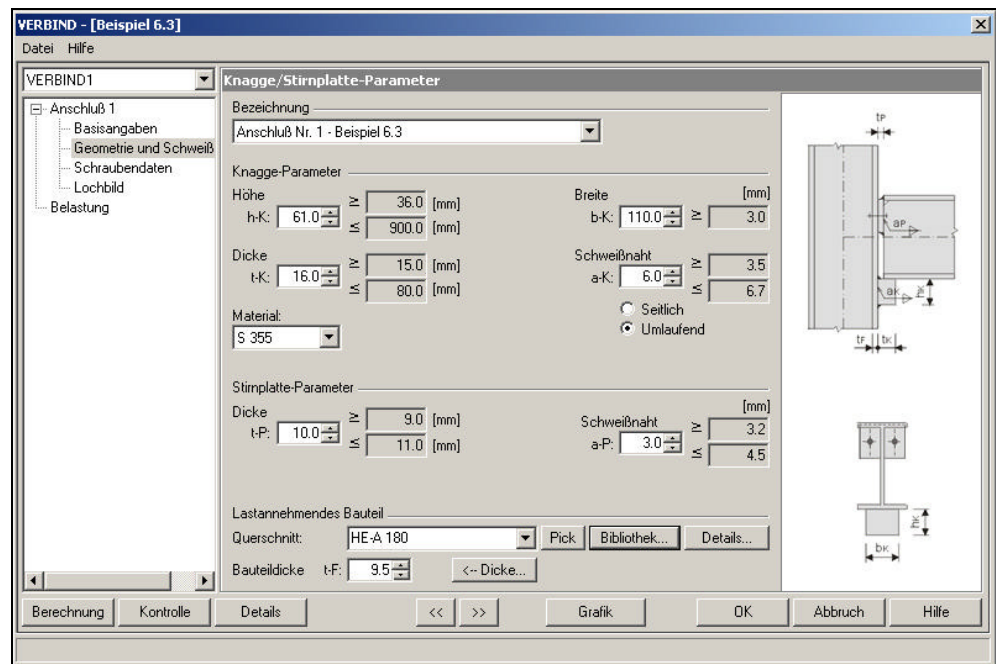
Zuerst erfolgt die Struktureingabe in RSTAB. Sobald der Träger (IPE 400, S 355) mit der beschriebenen Belastung definiert wurde, kann das Zusatzmodul VERBIND geöffnet werden. Die Eingabedaten für VERBIND können den weiteren Bildern entnommen werden.



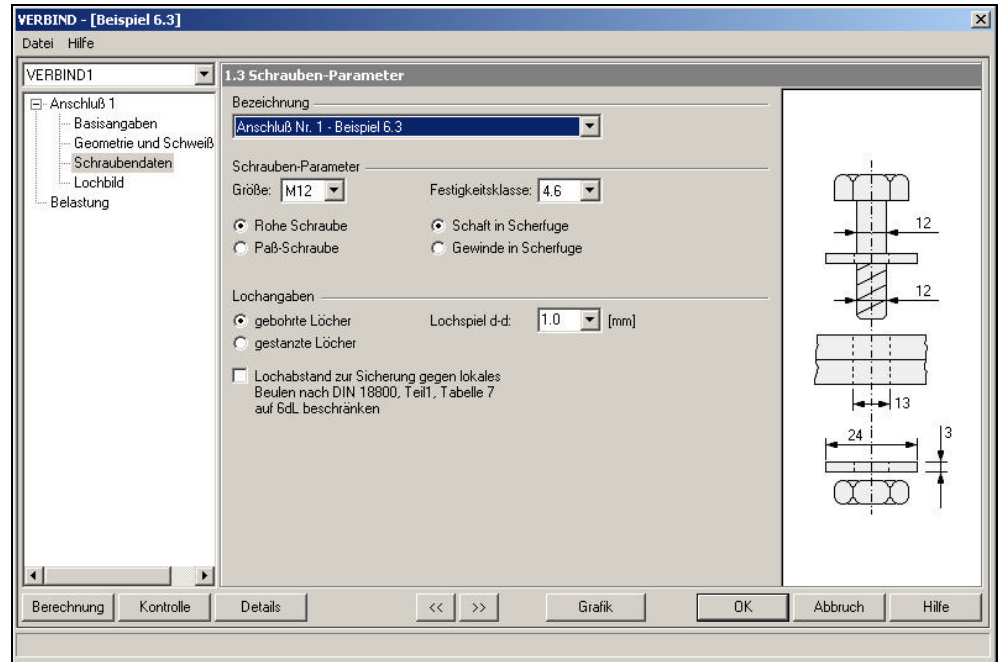
RSTAB Struktur mit Q-3 Verlauf



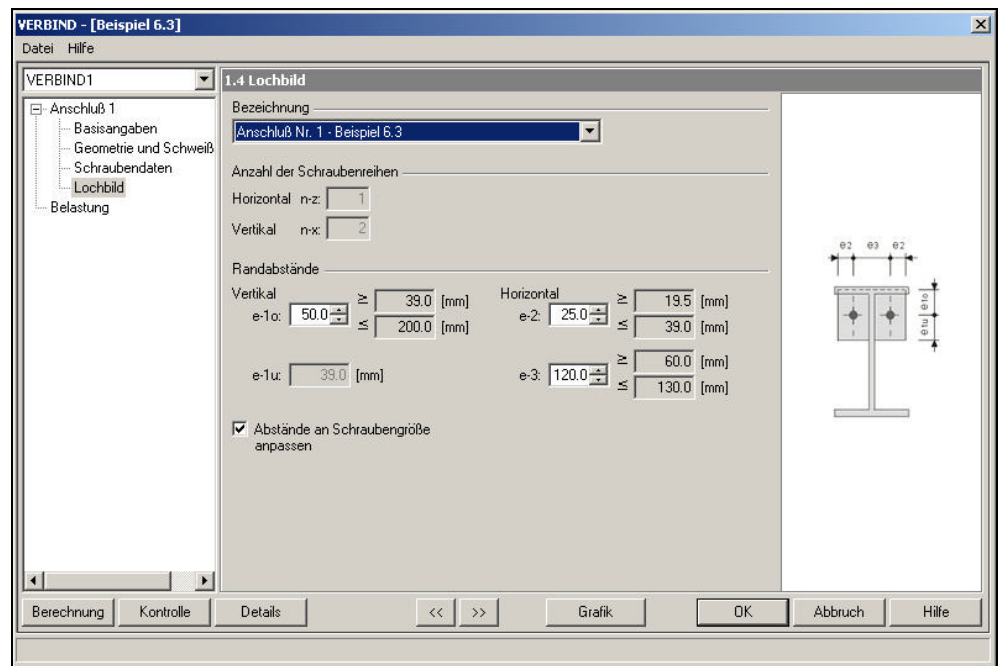
VERBIND Basisangaben



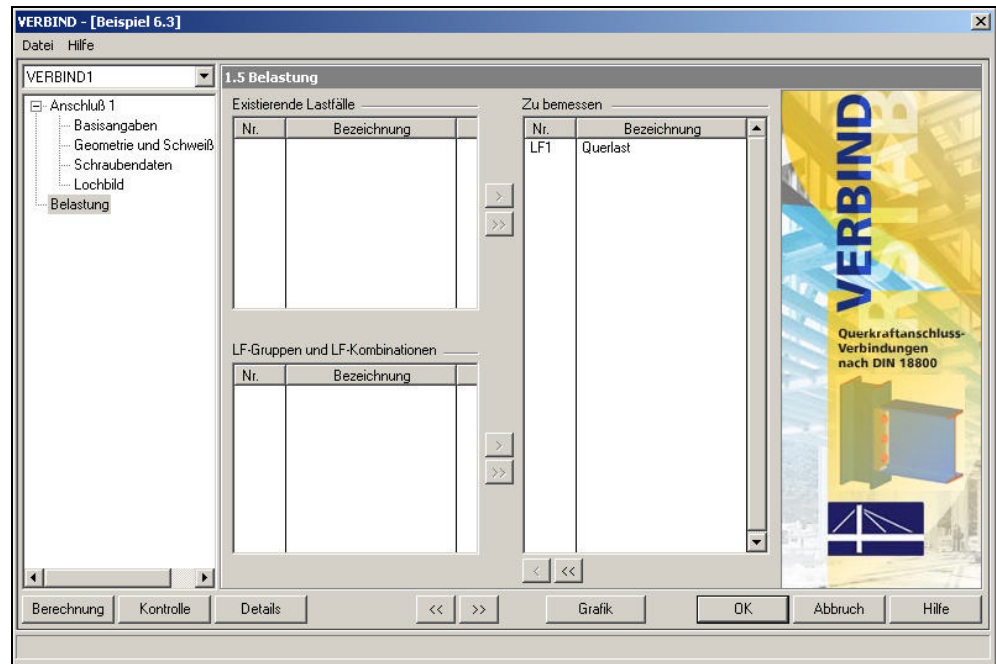
VERBIND Knagge- und Stirnplattenparameter



VERBIND Schrauben- Parameter



VERBIND Lochbild



VERBIND Belastung

Ergebnisse:

Nachdem die Eingabedaten gemäß den Eingabedaten- Bildern erfolgt ist, kann die Berechnung gestartet werden. Der Vergleich der Handrechnung mit den ermittelten VERBIND Ergebnissen ergibt eine 100 % -ige Übereinstimmung.

ANSCHLUSSDETAILS

Name	Größe	Wert	Enheit
Schnittgrößen			
Querkraft	Vz,d	190.00	kN
Verdrehmoment	M-v,d	2.90	kNm
Träger			
Bezeichnung		IP E 400	
Material		S 355	
Anschlußbauteil			
Dicke	t-F	9.50	mm
Material		S 355	
Schrauben			
2 x M12 - 4.6 - Roh - Schaft in der Scherfuge			
Anzahl der Schrauben	Stück	2	
Lochdurchmesser - gebohrt	d-L	13.00	mm
Verbindungsbauteil - Knagge			
Höhe	h-K	61.00	mm
Dicke	t-K	16.00	mm
Breite	b-K	110.00	mm
Material		S 355	
Verbindungsbauteil - Stimplatte			
Material		S 355	
Platteneinzug oben	u	6.75	mm
Höhe	h-P	89.00	mm
Dicke	t-P	10.00	mm
Breite	b-P	170.00	mm
Lochbild (Stirnplattengeometrie)			
Horizontaler Randabstand	e-2	25.00	mm
Horizontaler Lochabstand	e-3	120.00	mm
Vertikaler Randabstand - oben	e-1o	50.00	mm
Vertikaler Randabstand - unten	e-1u	39.00	mm
Knaggerschweißnaht - umlaufend			
Wurzelstärke	a	6.00	mm
Plattenschweißnaht			
Wurzelstärke	a	3.00	mm
Kehlnaht ist außerhalb der empfohlenen Grenzen			
Nachweis der Knagge			
Querkraft	Vz,d	190.00	kN
Normalspannung	Sigma-d	3.62	kN/cm ²
Grenznormalspannung	Sigma-R,d	32.73	kN/cm ²
Schubspannung	Tau-d	4.25	kN/cm ²
Grenzschubspannung	Tau-R,d	18.90	kN/cm ²
Grenzlast	F-R,d,K	215.82	kN
Nachweis des Trägers			
Querkraft	Vz,d	190.00	kN
Grenzlast	F-R,d,T	259.64	kN



Nachweis der Schrauben			
- Abscheren			
Resultierende Abscherkraft	$V_{a,d}$		24.19 kN
Grenzabscherkraft	$V_{a,R,d}$		24.68 kN
- Lochleibung			
-- Stütze			
Resultierende Lochleibungskraft	$W_{l,d}$		24.19 kN
Grenzlochleibungskraft	$W_{l,R,d}$		111.93 kN
-- Platte			
Resultierende Lochleibungskraft	$W_{l,d}$		24.19 kN
Grenzlochleibungskraft	$W_{l,R,d}$		117.82 kN
- Stabilisierungsmoment			
Verdrehmoment	$M_{v,d}$		2.90 kNm
Grenzstabilisierungsmoment	$M_{v,R,d}$		2.96 kNm
Nachweis der Schweißnähte			
- Knagge			
Normalspannung (Rand)	σ_{m-d}		6.14 kN/cm ²
Grenznormalspannung	$\sigma_{m-R,d}$		26.18 kN/cm ²
Schubspannung (Mitte)	τ_{-d}		25.96 kN/cm ²
Grenzschubspannung	$\tau_{-R,d}$		26.18 kN/cm ²
- Stirnplatte			
Senkrechte Schubspannung	τ_{-d}		14.36 kN/cm ²
Parallele Schubspannung	τ_{-d}		6.08 kN/cm ²
Grenzschubspannung	$\tau_{-R,d}$		26.18 kN/cm ²
- Stabilisierungsmoment			
Verdrehmoment	M_{v-d}		2.90 kNm
Grenzstabilisierungsmoment	$M_{v-R,d}$		5.29 kNm
Nicht berücksichtigte Schnittgrößen			
Normalkraft	$N-d$		0.00 kN
Querkraft	$Q2$		0.00 kN
Biegemoment	$M2$		0.00 kNm
Biegemoment	$M3$		0.00 kNm
Torsion	Mt		0.00 kNm



Anhang A: Literatur

- [1] DIN 18800, Teil 1
Ausgabe November 1990
- [2] Lindner, J. ; Scheer, J. ; Schmidt, H. :
Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1-4
Beuth Verlag, Ernst & Sohn, 2. Auflage 1994
- [3] Typisierte Verbindungen im Stahlhochbau, 2. Aufl.;
Deutscher Stahlbauverband DSTV in Zusammenarbeit mit dem
deutschen Ausschuß für Stahlbau; Stahlbau-Verlags-GmbH: Köln 1979