



Fassung
Mai 2018

Zusatzmodul

RF-/HOLZ Pro

Bemessung von Holzstäben nach
EN 1995, DIN 1052 und SIA 265

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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



© **Dlupal Software GmbH 2018**
Am Zellweg 2
93464 Tiefenbach
Deutschland

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



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	3
1.1	Zusatzmodul RF-/HOLZ Pro	3
1.2	Gebrauch des Handbuchs	3
1.3	Aufruf des Moduls RF-/HOLZ Pro	4
2.	Eingabedaten	6
2.1	Basisangaben	6
2.1.1	Tragfähigkeit	8
2.1.2	Gebrauchstauglichkeit	10
2.1.3	Brandschutz	11
2.1.4	Norm / Nationaler Anhang	12
2.2	Materialien	15
2.3	Querschnitte	17
2.4	Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse	22
2.5	Effektive Längen - Stäbe	24
2.6	Effektive Längen - Stabsätze	28
2.7	Voutenstäbe	29
2.8	Gekrümmte Stäbe	31
2.9	Gebrauchstauglichkeitsparameter	32
2.10	Brandschutz - Stäbe	33
2.11	Brandschutz - Stabsätze	34
2.12	Parameter	35
3.	Berechnung	38
3.1	Detaileinstellungen	38
3.1.1	Tragfähigkeit	38
3.1.2	Stabilität	40
3.1.3	Gebrauchstauglichkeit	41
3.1.4	Brandschutz	42
3.1.5	Sonstige Einstellungen	43
3.2	Start der Berechnung	44
4.	Ergebnisse	45
4.1	Nachweise lastfallweise	46
4.2	Nachweise querschnittsweise	47
4.3	Nachweise stabsatzweise	48
4.4	Nachweise stabweise	49
4.5	Nachweise x-stellenweise	49
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	50
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	51
4.8	Stabschlankheiten	52
4.9	Stückliste stabweise	53
4.10	Stückliste stabsatzweise	54
5.	Ergebnisauswertung	55
5.1	Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell	56
5.2	Ergebnisse am Querschnitt	58
5.3	Ergebnisverläufe	61
5.4	Filter für Ergebnisse	62
6.	Ausdruck	64



6.1	Ausdruckprotokoll	64
6.2	Grafikausdruck	65
7.	Allgemeine Funktionen	67
7.1	Bemessungsfälle	67
7.2	Querschnittsoptimierung	69
7.3	Einheiten und Dezimalstellen	71
7.4	Datenaustausch	72
7.4.1	Materialexport nach RFEM/RSTAB	72
7.4.2	Knicklängenexport nach RFEM/RSTAB	72
7.4.3	Export der Ergebnisse	72
8.	Beispiele	74
8.1	Holzstütze	74
8.1.1	System und Belastung	74
8.1.2	Berechnung mit RFEM/RSTAB	75
8.1.3	Bemessung mit RF-/HOLZ Pro	75
8.1.3.1	Nachweis der Tragfähigkeit	75
8.1.3.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	79
8.2	Zusammengesetzter Querschnitt	82
8.2.1	System und Belastung	82
8.2.2	Berechnung mit RFEM/RSTAB	85
8.2.3	Bemessung mit RF-/HOLZ Pro	87
8.2.3.1	Nachweis der Tragfähigkeit	87
8.2.3.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	91
8.3	Pulldachträger	94
8.3.1	System und Belastung	94
8.3.2	Berechnung mit RFEM/RSTAB	94
8.3.3	Bemessung mit RF-/HOLZ Pro	95
8.4	Gekrümmter Träger	98
8.4.1	System und Belastung	98
8.4.2	Berechnung mit RFEM	99
8.4.3	Bemessung mit RF-HOLZ Pro	100
A.	Literatur	105
B.	Index	106

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-/HOLZ Pro



Der Eurocode 5 (EN 1995-1-1:2010-12 [1] + A1:2008) regelt den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von Holzbauten in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Mit den Zusatzmodulen RF-HOLZ Pro (für RFEM) und HOLZ Pro (für RSTAB) bietet DLUBAL leistungsstarke Werkzeuge zur Bemessung von Holztragwerken an. Länderspezifische Regelungen sind in den Modulen durch verschiedene Nationale Anhänge berücksichtigt. Neben den programminternen Parametern können eigene Grenzwerte definiert oder neue Nationale Anhänge erstellt werden. Zudem sind in RF-/HOLZ Pro Nachweise nach DIN 1052:2008 [2] und SIA 265:2012 [3] möglich.



Dieses Handbuch beschreibt die Zusatzmodule der beiden Hauptprogramme gemeinsam unter der Bezeichnung **RF-/HOLZ Pro**.

Mit RF-/HOLZ Pro lassen sich die in den Normen verankerten Tragsicherheits-, Stabilitäts- und Verformungsnachweise führen. Der Stabilitätsnachweis kann dabei nach dem Ersatzstabverfahren oder nach Theorie II. Ordnung erfolgen. Beim Ersatzstabverfahren werden planmäßig mittiger Druck in Faserrichtung, Biegung ohne Druckkraft, Biegung und Druck, Schub aus Querkraft sowie Biegung und Zug berücksichtigt. Darüber hinaus ist ein Brandschutznachweis nach DIN 4102-4 [4], EN 1995-1-2 [5] oder SIA 265 [3] möglich.

Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist bei Holztragwerken ein wichtiger Nachweis. Hierzu können Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen den verschiedenen Bemessungssituationen zugewiesen werden. Die Grenzverformungen sind über den Nationalen Anhang voreingestellt und können bei Bedarf angepasst werden. Zudem ist es möglich, Bezugslängen und Überhöhungen vorzugeben, die im Nachweis entsprechend berücksichtigt werden.

Im Programm steht eine automatische Querschnittsoptimierung mitsamt Exportmöglichkeit der geänderten Profile nach RFEM bzw. RSTAB zur Verfügung. Separate Bemessungsfälle erlauben die flexible Untersuchung von Bauteilen komplexer Modelle.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist RF-/HOLZ Pro vollständig in RFEM bzw. RSTAB integriert. So sind die bemessungsrelevanten Eingabedaten beim Aufruf des Moduls voreingestellt. Nach der Bemessung kann die grafische Oberfläche des Hauptprogramms zur Auswertung der Ergebnisse genutzt werden. Da die Ergebnisse auch in das zentrale Ausdruckprotokoll eingebunden werden können, lässt sich die gesamte Nachweisführung in ansprechender und einheitlicher Form präsentieren.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-/HOLZ Pro.

Ihr DLUBAL-Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM- bzw. RSTAB-Handbuch erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul RF-/HOLZ Pro ergeben.



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

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dort nicht fündig werden, können Sie die Suchfunktion für die [Knowledge Base](#) auf unserer Website nutzen, um unter den Beiträgen zu den Holzbaumodulen eine Lösung zu finden. Auch unsere [FAQs](#) bieten eine Reihe an Hilfestellungen.

1.3 Aufruf des Moduls RF-/HOLZ Pro

In RFEM bzw. RSTAB bestehen verschiedene Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-/HOLZ Pro zu starten.

Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RFEM- bzw. RSTAB-Menü

Zusatzmodule → **Holzbau** → **RF-/HOLZ Pro**.

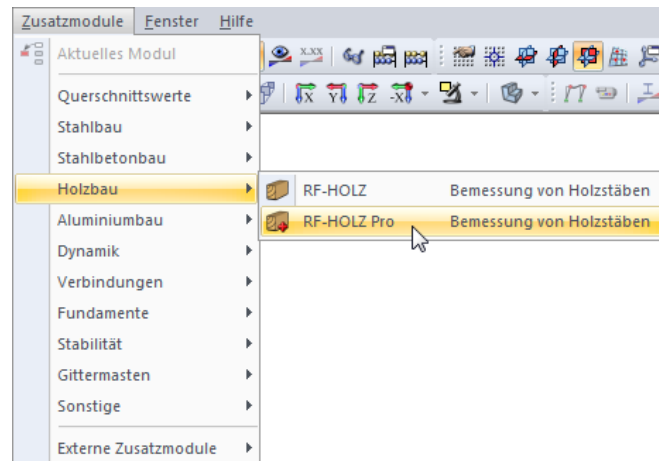


Bild 1.1: Menü *Zusatzmodule* → *Holzbau* → *RF-HOLZ Pro*

Navigator

RF-/HOLZ Pro kann im *Daten*-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

Zusatzmodule → **RF-/HOLZ Pro**.

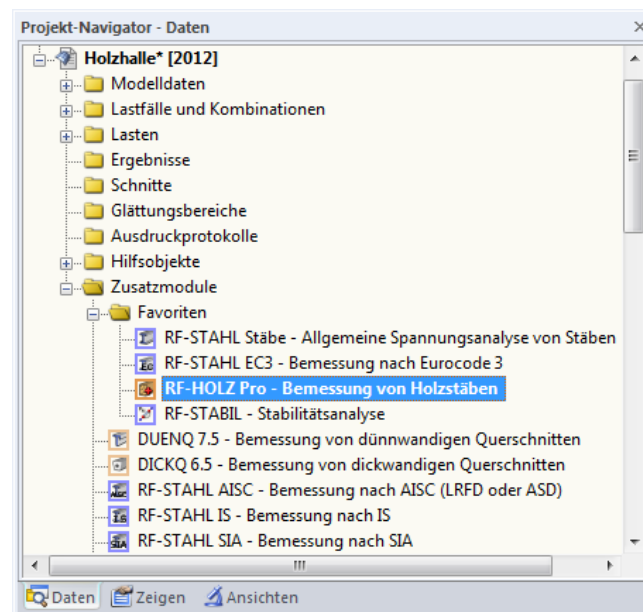


Bild 1.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *RF-HOLZ Pro*

Panel

Wenn im Modell bereits Ergebnisse für RF-/HOLZ Pro vorliegen, können Sie das Bemessungsmodul auch über das Panel starten:

Stellen Sie in der Lastfallliste der Menüleiste den relevanten Bemessungsfall ein. Lassen Sie über die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] das Nachweiskriterium an den Stäben grafisch darstellen.

Im Panel steht die Schaltfläche [RF-/HOLZ Pro] zur Verfügung, die zum Aufruf des Moduls benutzt werden kann.

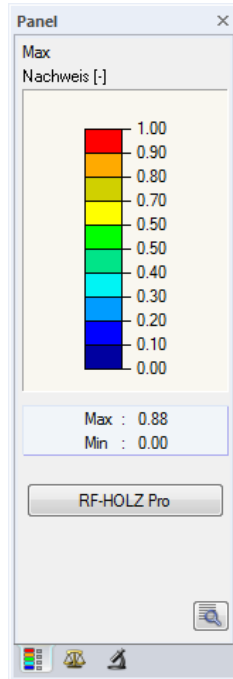
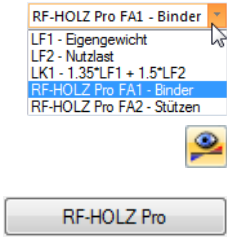


Bild 1.3: Panel mit Schaltfläche [RF-HOLZ Pro]

2 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen (siehe [Kapitel 7.1, Seite 67](#)).

Die bemessungsrelevanten Daten sind in mehreren Eingabemasken zu definieren. Beim ersten Aufruf von RF-/HOLZ Pro werden folgende Parameter automatisch eingelesen:

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen
- Materialien
- Querschnitte
- Knicklängen
- Schnittgrößen (im Hintergrund – sofern berechnet)



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



[OK] sichert die Eingaben. RF-/HOLZ Pro wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

2.1 Basisangaben

In Maske *1.1 Basisangaben* sind die zu bemessenden Stäbe, Stabsätze und Einwirkungen anzugeben. Die drei Register verwalten die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen für die Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes.

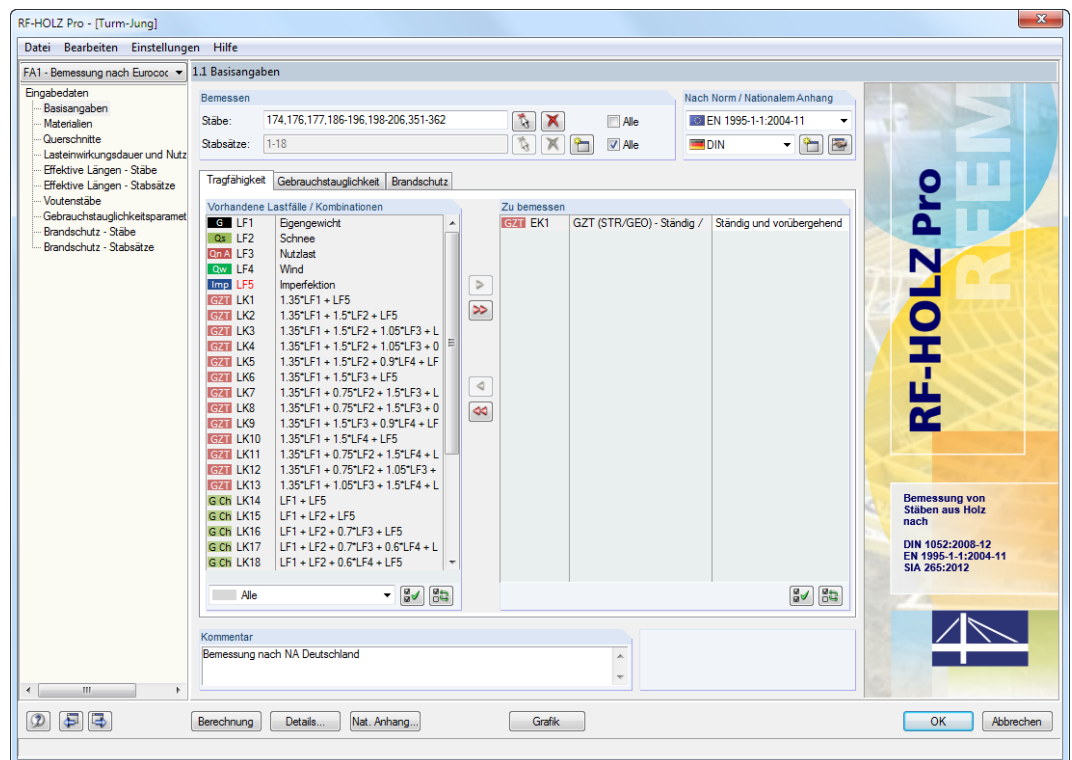


Bild 2.1: Maske 1.1 Basisangaben

Bemessen

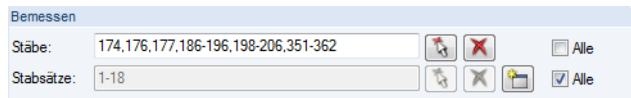


Bild 2.2: Bemessen von Stäben und Stabsätzen



Es können sowohl *Stäbe* als auch *Stabsätze* bemessen werden. Falls nur bestimmte Objekte nachgewiesen werden sollen, ist das Kontrollfeld *Alle* zu deaktivieren: Damit werden die Eingabefelder zugänglich, in die die Nummern der relevanten Stäbe oder Stabsätze eingetragen werden können. Die Schaltfläche [Löschen] leert die Liste der voreingestellten Nummern. Über die Schaltfläche [Auswählen] lassen sich die Objekte auch grafisch im RFEM- bzw. RSTAB-Arbeitsfenster festlegen.

Bei der Bemessung eines Stabsatzes werden die Extremwerte der Nachweise aller im Stabsatz enthaltenen Stäbe ermittelt und die Randbedingungen infolge anschließender Stäbe für Stabilitätsuntersuchungen berücksichtigt. Die Ergebnisse werden in den Ergebnismasken *2.3 Nachweise stabsatzweise*, *3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise* und *4.2 Stückliste stabsatzweise* ausgegeben.



Mit der Schaltfläche [Neu] kann ein neuer Stabsatz definiert werden. Es erscheint der aus RFEM bzw. RSTAB bekannte Dialog zur Eingabe der Stabsatz-Parameter.

Nach Norm / Nationalem Anhang



Im Auswahlfeld rechts oben ist die Norm festzulegen, deren Parameter für die Bemessung und für die Grenzwerte der Verformung gelten sollen. Es stehen zur Auswahl:

- DIN 1052:2008-12 [2]
- EN 1995-1-1:2004-11 [1]
- SIA 265:2012 [3]

Für EN 1995-1-1 ist zusätzlich der Nationale Anhang anzugeben.



Bild 2.3: Nationale Anhänge für EN 1995-1



Die Schaltfläche [Bearbeiten] öffnet einen Dialog, in dem die Parameter des aktuellen Nationalen Anhangs überprüft und ggf. angepasst werden können. Dieser Dialog ist im [Kapitel 2.1.4](#) auf [Seite 12](#) beschrieben.

Kommentar

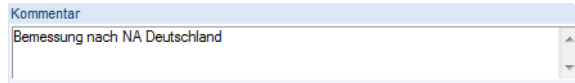


Bild 2.4: Benutzerdefinierter Kommentar

In diesem Eingabefeld sind benutzerdefinierte Anmerkungen möglich.

2.1.1 Tragfähigkeit

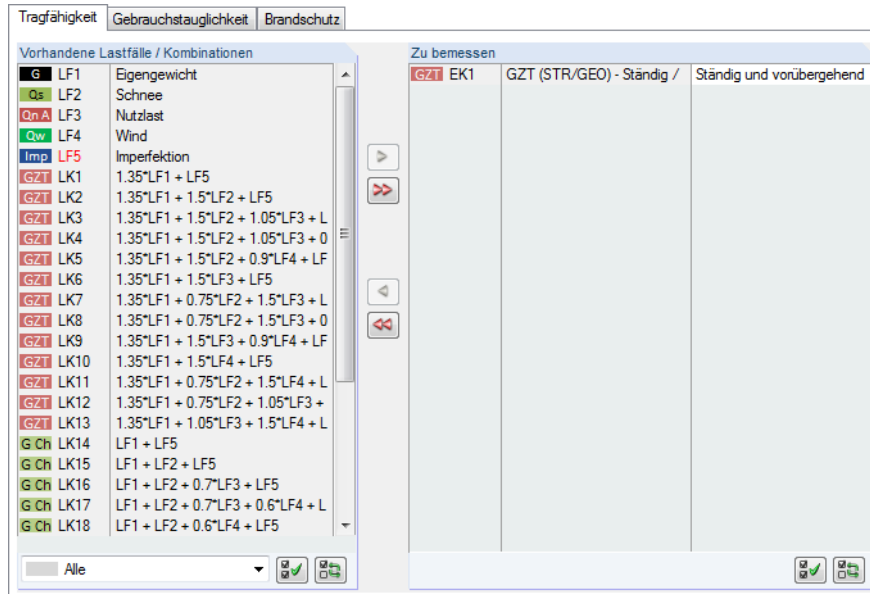


Bild 2.5: Maske 1.1 Basisangaben, Register *Tragfähigkeit*

Vorhandene Lastfälle / Kombinationen

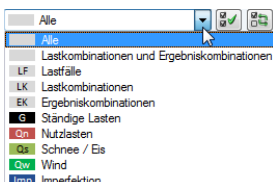
In dieser Spalte sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

Mit der Schaltfläche lassen sich selektierte Einträge in die Liste *Zu Bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche übergibt die komplette Liste nach rechts.

Die Mehrfachauswahl von Lastfällen ist – wie in Windows üblich – mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. So lassen sich mehrere Lastfälle gleichzeitig übertragen.

Falls die Nummer eines Lastfalls rot dargestellt ist wie z. B. LF 5 im [Bild 2.5](#), so kann dieser nicht bemessen werden: Hier handelt es sich um einen Lastfall ohne Lastdaten oder um einen Imperfektionslastfall. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

Am Ende der Liste sind mehrere Filteroptionen verfügbar. Sie erleichtern es, die Einträge nach Lastfällen, Kombinationen oder Einwirkungskategorien geordnet zuzuweisen. Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:



	Alle Lastfälle in der Liste werden selektiert.
	Die Auswahl der Lastfälle wird umgekehrt.

Tabelle 2.1: Schaltflächen im Register *Tragfähigkeit*

Zu bemessen

In der rechten Spalte werden die zur Bemessung gewählten Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet. Mit oder per Doppelklick lassen sich selektierte Einträge wieder aus der Liste entfernen. Die Schaltfläche leert die ganze Liste.

Die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen können folgenden Bemessungssituationen zugewiesen werden:

- *Ständig und vorübergehend*
- *Außergewöhnlich*

Diese Einteilung steuert den Beiwert γ_{Mr} , der in die Ermittlung der Beanspruchbarkeiten R_d für die Querschnitts- und Stabilitätsnachweise einfließt (siehe [Bild 2.9, Seite 12](#)).

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist.

Zu bemessen			
	LK1	1.35*LF1 + LF5	Ständig und vorübergeh
	LK2	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + LF5	Ständig und vorübergehend
	LK3	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 1.05*L	Außergewöhnlich
	LK4	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 1.05*L	Ständig und vorübergehend
	LK5	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.9*LF	Ständig und vorübergehend
	LK6	1.35*LF1 + 1.5*LF3 + LF5	Ständig und vorübergehend

Bild 2.6: Bemessungssituation zuweisen

Auch hier ist eine Mehrfachauswahl mit gedrückter [Strg]-Taste möglich, sodass mehrere Einträge gleichzeitig geändert werden können.



Die Bemessung einer einhüllenden Max/Min-Ergebniskombination verläuft schneller als die aller pauschal übernommenen Lastfälle und -kombinationen. Beim Nachweis einer Ergebniskombination ist aber schwer zu erkennen, welchen Einfluss die enthaltenen Einwirkungen ausüben.

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

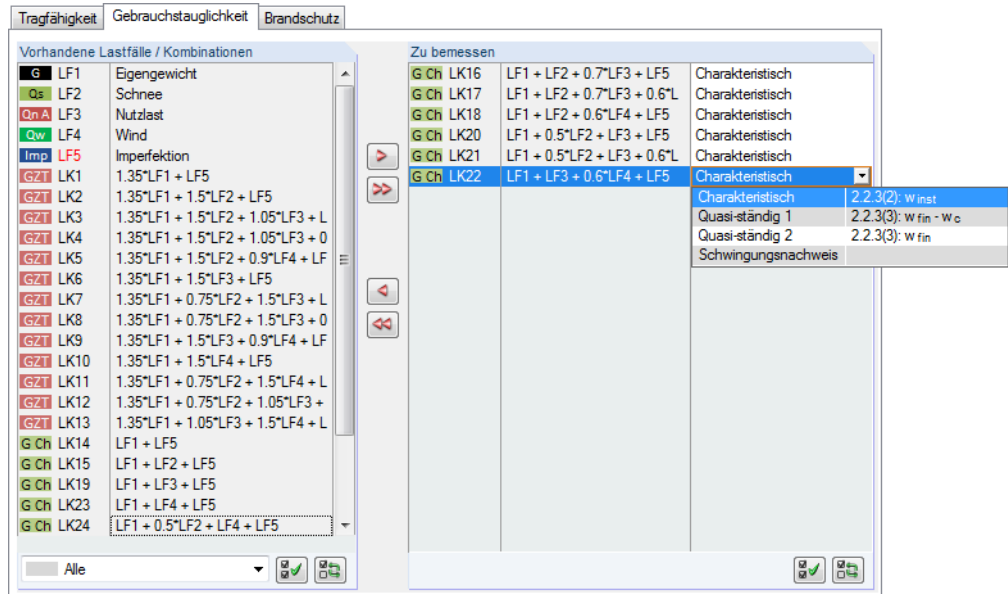


Bild 2.7: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Vorhandene Lastfälle / Kombinationen

Hier sind alle Lastfälle und Kombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

Zu bemessen



Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen lassen sich wie im [Kapitel 2.1.1](#) beschrieben hinzufügen oder wieder entfernen.

Es ist möglich, den Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen unterschiedliche Grenzwerte für die Durchbiegung zuzuweisen. Für EN 1995-1-1 stehen folgende Bemessungssituationen zur Auswahl:

- **Charakteristisch 2.2.3(2):**
 w_{inst} : charakteristische Kombination ohne Kriechanteil
- **Quasi-ständig 2.2.3(3):**
 $w_{fin} - w_c$: quasi-ständige Kombination mit Überhöhung
- **Quasi-ständig 2.2.3(3):**
 w_{fin} : quasi-ständige Kombination
- **Schwingungsnachweis:**
 Nachweis der Eigenfrequenz über Grenzwert w_{inst}

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist (siehe [Bild 2.7](#)).

Nat. Anhang...

Norm...

Die Grenzwerte der Verformungen sind im Nationalen Anhang geregelt. Sie können über die Schaltfläche [Nat. Anhang] bzw. [Norm] im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* (siehe [Bild 2.9](#), [Seite 12](#)) bzw. *Norm* für die Bemessungssituationen angepasst werden.

In *Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter* werden die Bezugslängen verwaltet, die für den Verformungsnachweis anzusetzen sind (siehe [Kapitel 2.10](#), [Seite 33](#)).

2.1.3 Brandschutz

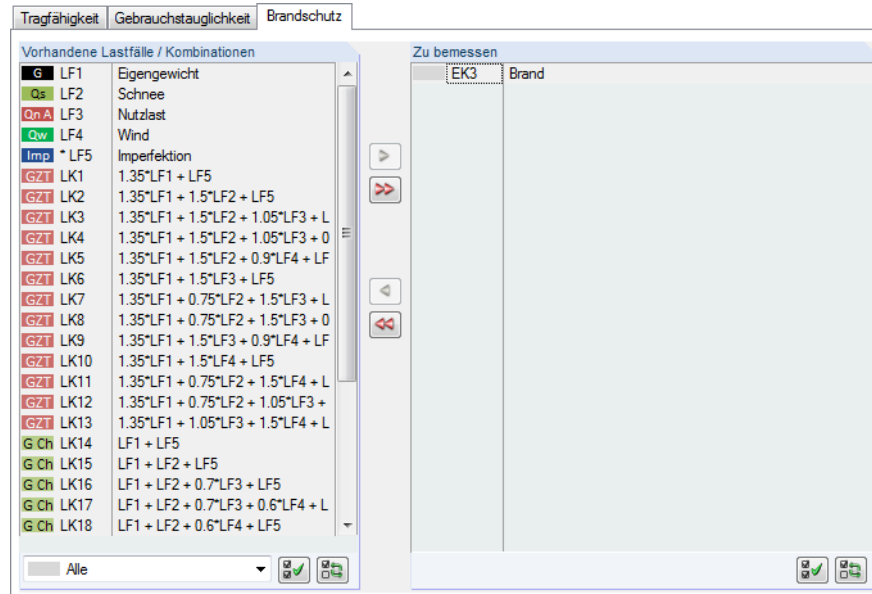


Bild 2.8: Maske 1.1 Basisangaben, Register Brandschutz

Vorhandene Lastfälle / Kombinationen

In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle und Kombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

Zu bemessen



Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen lassen sich wie im [Kapitel 2.1.1](#) beschrieben hinzufügen oder wieder entfernen. Hier sollten die Einwirkungen ausgewählt werden, die gemäß EN 1995-1-2 [5] ermittelt wurden.

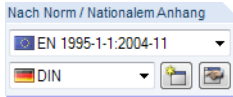
Nat. Anhang...

Der Brandschutznachweis wird an einem reduzierten Querschnitt geführt. Im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*, Register *Brandfaktoren* (siehe [Bild 2.12, Seite 14](#)) sowie im Dialog *Details*, Register *Brandschutz* (siehe [Bild 3.4, Seite 42](#)) sind die allgemeinen Vorgaben für die Brandbemessung geregelt.



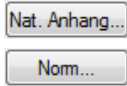
Für zusammengesetzte Querschnitte ist kein Brandschutznachweis möglich: Da sich die Nulllinie bei der Querschnittsreduktion verschiebt, müsste die Steifigkeit des Querschnitts bei jeder Abbrandberechnung erneut berechnet werden. Zudem wäre diese Steifigkeitsänderung bei der Ermittlung der Schnittgrößen in RFEM bzw. RSTAB über eine Neuberechnung zu berücksichtigen.

2.1.4 Norm / Nationaler Anhang



In der Liste oben in Maske *1.1 Basisangaben* ist die Norm bzw. für EN 1995-1-1 der Nationale Anhang festzulegen, deren bzw. dessen Parameter für die Bemessung und die Grenzwerte der Verformung gelten (siehe [Bild 2.3, Seite 7](#)).

Über die Schaltfläche lassen sich die voreingestellten Parameter überprüfen und ggf. anpassen (siehe [Bild 2.9](#)). Mit der Schaltfläche kann ein benutzerdefinierter Anhang erstellt werden.



In allen Eingabemasken steht zudem die Schaltfläche [Nat. Anhang] (für EN 1995-1-1) bzw. [Norm] (für DIN 1052 und SIA 265) zur Verfügung. Auch sie ruft den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* bzw. *Norm* auf. Dieser Dialog besteht aus mehreren Registern.

Materialbeiwerte

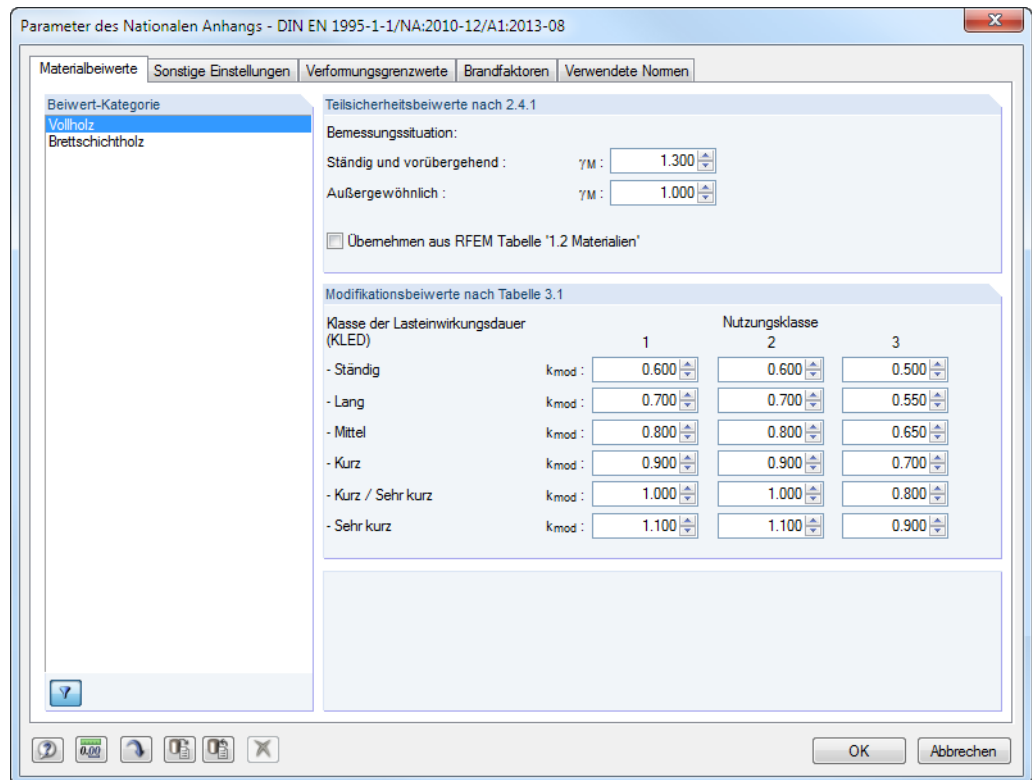


Bild 2.9: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Materialbeiwerte*

Für jede *Beiwert-Kategorie* (Vollholz, Brettschichtholz) sind die *Teilsicherheitsbeiwerte* γ_M und *Modifikationsbeiwerte* k_{mod} für die verschiedenen Bemessungssituationen bzw. Lasteinwirkungsdauer- und Nutzungsklassen nach Norm voreingestellt. Die Werte können bei Bedarf angepasst werden.



Mit der Schaltfläche [Nicht verwendete Materialkategorien einbeziehen] können in der Spalte *Beiwert-Kategorie* alle verfügbaren Holz-Materialgütern eingeblendet werden.

Die Schaltflächen unten im Dialog sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Stellt die programmseitigen Voreinstellungen wieder her
	Liest benutzerdefinierte Standardeinstellungen ein
	Speichert geänderte Einstellungen als Standard
	Löscht einen benutzerdefinierten Nationalen Anhang

Tabelle 2.2: Schaltflächen im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*

Sonstige Einstellungen

Im zweiten (und bei EN 1995-1-1 auch dritten) Dialogregister sind verschiedene Beiwerte hinterlegt, die für die Nachweisführung von Bedeutung sind. Sie lassen sich jeweils *Benutzerdefiniert* anpassen.

Bild 2.10: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Sonstige Einstellungen*

In diesem Register kann auch der *Maximale Faseranschnittwinkel* α angepasst werden.

Liegt ein *Träger mit Ausklinkung am Lager* vor, so wirkt sich der Beiwert k_n für Beplankungsmaterial gemäß [1] Gleichung (6.63) auf den Nachweis aus (siehe [Kapitel 2.12, Seite 35](#)).

Das Register *Sonstige Einstellungen 2/2* steuert, ob bei kleinen Querschnitten eine *Erhöhung der Biege-, Schub- und Zugfestigkeit* nach [1] erfolgt: Bei diesen Querschnitten ist statistisch davon auszugehen, dass höherwertiges Holz über den Querschnitt verteilt vorhanden ist. Die Festigkeiten für den Zugnachweis (bezogen auf die Querschnittsbreite) und den Biegespannungsnachweis (bezogen auf die Querschnittshöhe) können mit den Faktoren k_h wie folgt erhöht werden:

$$k_h = \min \left\{ \begin{matrix} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{matrix} \right\} \quad \text{für Vollholz mit } h < 150 \text{ mm (Biegung) bzw. } b < 150 \text{ mm (Zug)}$$

$$k_h = \min \left\{ \begin{matrix} \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \\ 1,1 \end{matrix} \right\} \quad \text{für Brettschichtholz mit } h < 600 \text{ mm (Biegung) bzw. } b < 600 \text{ mm (Zug)}$$

RF-/HOLZ Pro erkennt, welches Material vorliegt und erhöht für aktivierte Optionen automatisch die Festigkeiten.

Gemäß deutschem Anhang zu [1] kann die Biegefestigkeit der Lamellen um 20 % erhöht werden, wenn diese hochkant biegebeansprucht werden.

Register *Sonstige Einstellungen 2/2*

Verformungsgrenzwerte

Materialbeiwerte	Sonstige Einstellungen	Verformungsgrenzwerte	Brandfaktoren	Verwendete Normen
Grenzwerte der Verformungen nach Tabelle 7.2				
Charakteristische (seltene) Bemessungssituation				
Charakteristisch :	W _{inst}	≤ L / <input type="text" value="300"/>	≤ L _k / <input type="text" value="150"/>	
Quasi-ständige Bemessungssituation				
Quasi-ständig :	W _{net,fin}	≤ L / <input type="text" value="300"/>	≤ L _k / <input type="text" value="150"/>	Gl. (NA.1)
Char. /Quasi-st. :	W _{fin}	≤ L / <input type="text" value="200"/>	≤ L _k / <input type="text" value="100"/>	
Nachweis der Eigenfrequenz für den Schwingungsnachweis				
Schwingungsnachweis :	W _{inst,lim}	: <input type="text" value="5.0"/> [mm]		

Bild 2.11: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Verformungsgrenzwerte*

In diesem Register lassen sich die *Grenzwerte der Verformungen* für die verschiedenen Bemessungssituationen und Lagerungsbedingungen überprüfen und ggf. anpassen.

Der Wert $w_{inst,lim}$ zum *Nachweis der Eigenfrequenz für den Schwingungsnachweis* ist in folgendem DLUBAL-Fachbeitrag anhand eines Beispiels erläutert:

<https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/000717>

Brandfaktoren

Materialbeiwerte	Sonstige Einstellungen	Verformungsgrenzwerte	Brandfaktoren	Verwendete Normen
Teilsicherheitsbeiwerte nach EN 1995-1-2, 2.3				
Für Situation des Brandfalls	$\gamma_{M,fi}$:	<input type="text" value="1.000"/>		
Angaben zum Brandschutz nach EN 1995-1-2, 2.3, Tabelle 3.1 und 4.2.2				
		Nadelholz	Brettschichtholz	Laubholz
Abbrandrate	β_n :	<input type="text" value="0.80"/>	<input type="text" value="0.70"/>	<input type="text" value="0.55"/> [mm/min]
Erhöhter Abbrand	d_0 :	<input type="text" value="7.00"/>	<input type="text" value="7.00"/>	<input type="text" value="7.00"/> [mm]
Faktor	k_{fi} :	<input type="text" value="1.25"/>	<input type="text" value="1.15"/>	<input type="text" value="1.25"/> [-]

Bild 2.12: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Brandfaktoren*

Dieses Register verwaltet die *Teilsicherheitsbeiwerte* $\gamma_{M,fi}$ für den Brandfall nach [5] sowie zusätzliche *Angaben zum Brandschutz* (Abbrandrate β_n , Erhöhter Abbrand d_0) für die verschiedenen Holzarten. Sie werden für die Ermittlung des ideellen Restquerschnitts benötigt.

Der Faktor k_{fi} ist zur Bestimmung des 20 %-Fraktilwerts der Festigkeit und Steifigkeit aus dem 5 %-Fraktilwert erforderlich.

Verwendete Normen

Das letzte Register des Dialogs *Parameter des Nationalen Anhangs* gibt Aufschluss über die Normen, nach denen die Nachweise erfolgen.

Materialbeiwerte	Sonstige Einstellungen	Verformungsgrenzwerte	Brandfaktoren	Verwendete Normen
Nr.	Norm		Norm Bezeichnung	
[1]	DIN EN 1995-1-1:2005-12+A1:2008-09/NA:2010-1		Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (einschl.: Nationaler Anh	
[2]	DIN EN 1995-1-2:2006-10/NA:2009-06		Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall	
[3]	DIN EN 1990:2002-11+A1:2006-04/NA:2009-05		Grundlagen der Tragwerksplanung	
[4]	DIN EN 1991-1-1:2002-10		Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten für Ge	
[5]	DIN EN 1991-1-3:2004-09/NA:2007-05		Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten	
[6]	DIN EN 1991-1-4:2005-07		Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten	
[7]	DIN EN 14080:2013-08		Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz - Anforderungen	
[8]	DIN EN 338:2010-02		Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen	

Bild 2.13: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Verwendete Normen*

2.2 Materialien

Diese Maske ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt sind alle Materialien aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden. Im Abschnitt *Materialkennwerte* werden die Eigenschaften des aktuellen Materials angezeigt, d. h. des Materials, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

Material Nr.	A Material Bezeichnung	B Kommentar
1	Beton C16/20 EN 1992-1-1:2004/AC:2010	
2	Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11	
3	Pappel und Nadelholz C30 EN 338:2003-04	
4	Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11	
5	Pappel und Nadelholz C24 EN 338:2003-04	
6	Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11	
7	Brettschichtholz GL24h EN 1194:1999-04	

Materialkennwerte			
Haupt-Kennwerte			
Elastizitätsmodul	E	1200.00	kN/cm ²
Schubmodul	G	75.00	kN/cm ²
Spezifisches Gewicht	γ	4.60	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	5.0000E-06	1/K
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.30	
Zusätzliche Kennwerte			
Charakteristische Festigkeit bei Biegung	$f_{m,k}$	3.00	kN/cm ²
Charakteristische Festigkeit bei Zug	$f_{t,0,k}$	1.80	kN/cm ²
Charakteristische Festigkeit bei Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0.06	kN/cm ²
Charakteristische Festigkeit bei Druck	$f_{c,0,k}$	2.30	kN/cm ²
Charakteristische Festigkeit bei Druck rechtwinklig	$f_{c,90,k}$	0.27	kN/cm ²
Charakteristische Festigkeit bei Schub/Torsion	$f_{v,k}$	0.30	kN/cm ²
Elastizitätsmodul parallel	$E_{0,mean}$	1200.00	kN/cm ²
Elastizitätsmodul rechtwinklig	$E_{90,mean}$	40.00	kN/cm ²
Schubmodul	G_{mean}	75.00	kN/cm ²
Rohdichte	ρ_k	380.0	kg/m ³
Elastizitätsmodul parallel	$E_{0,05}$	800.00	kN/cm ²
Elastizitätsmodul rechtwinklig	$E_{90,05}$	26.70	kN/cm ²
Schubmodul	G_{05}	50.00	kN/cm ²
Rollschubfestigkeit	$f_{R,k}$	0.10	kN/cm ²

Material Nr. 3 angewendet in

Querschnitte Nr.: 2,3,5,6,9

Stäbe Nr.: 1,2,4,5,7,8,10,11,13,14,16,17,19,20,22,2

Stabsätze Nr.: 1

Σ Längen: 119.04 [m] Σ Massen: 1.415 [t]

Bild 2.14: Maske 1.2 *Materialien*

Materialien, die bei der Bemessung nicht benutzt werden, erscheinen in grauer Schrift. Unzulässige Materialien sind in roter Schrift, geänderte Materialien in blauer Schrift dargestellt.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 4.2 des RSTAB-Handbuchs beschreibt die Materialkennwerte, die zur Ermittlung der Schnittgrößen benutzt werden (*Hauptkennwerte*). In der globalen Materialbibliothek sind auch die Eigenschaften der Materialien gespeichert, die für die Bemessung benötigt werden. Diese Werte sind voreingestellt (*Zusätzliche Kennwerte*).

Die Einheiten und Nachkommastellen der Kennwerte und Spannungen lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 7.3, Seite 71](#)).

Materialbezeichnung

Die in RFEM bzw. RSTAB definierten Materialien sind voreingestellt, können aber jederzeit geändert werden: Klicken Sie das Material in Spalte A an und setzen so das Feld aktiv. Dann klicken Sie auf die Schaltfläche oder betätigen die Funktionstaste [F7], um die Materialliste zu öffnen.

Material	Standard
Pappel und Nadelholz C14	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C16	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C18	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C20	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C22	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C24	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C27	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C30	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C35	DIN EN 1995-1-1:2012-02
Pappel und Nadelholz C40	DIN EN 1995-1-1:2012-02

Bild 2.15: Liste der Materialien

Gemäß Nachweiskonzept der Holzbaunormen sind nur Materialien der Kategorie *Holz* auswählbar. Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten *Materialkennwerte* aktualisiert. Wenn die Materialbezeichnung manuell geändert wird und der Eintrag in der Materialbibliothek verzeichnet ist, liest RF-/HOLZ Pro ebenfalls die Materialkennwerte ein.



Die Materialeigenschaften sind im Modul RF-/HOLZ Pro grundsätzlich nicht editierbar.

Materialbibliothek

Viele Materialien sind in einer Datenbank hinterlegt. Diese wird aufgerufen über das Menü

Bearbeiten → **Materialbibliothek**



oder die links dargestellte Schaltfläche.

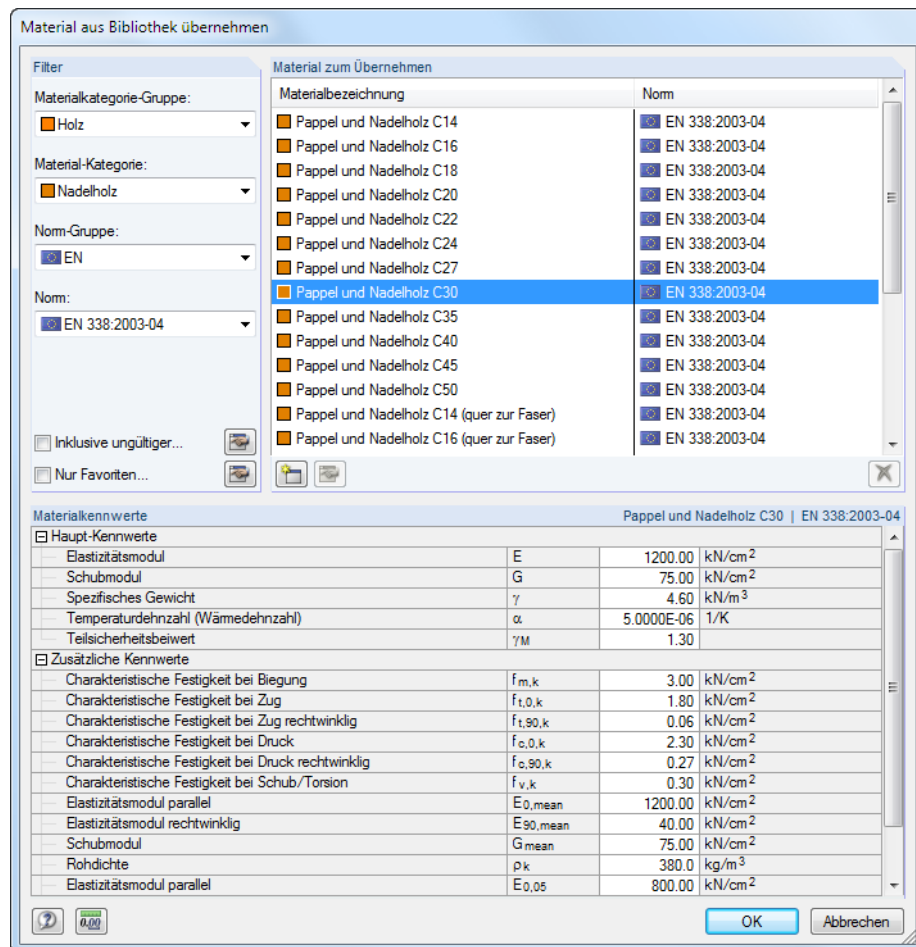
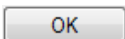


Bild 2.16: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Im Abschnitt *Filter* ist die Materialkategorie *Holz* voreingestellt. Die gewünschte Materialgüte kann in der Liste *Material zum Übernehmen* ausgewählt werden; die Kennwerte lassen sich im unteren Abschnitt überprüfen.



Mit [OK] oder [↵] wird das gewählte Material in die Maske 1.2 von RF-/HOLZ Pro übergeben.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 4.2 des RSTAB-Handbuchs beschreibt, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

Materialkennwerte

Im unteren Abschnitt der Maske 1.2 werden die charakteristischen Festigkeiten für Biegung $f_{m,k}$, Zug parallel $f_{t,0,k}$, Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$, Druck parallel $f_{c,0,k}$, Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$ sowie für Schub und Torsion $f_{v,k}$ angegeben.

Die Bemessungswerte der Materialfestigkeiten sind – wie z. B. in [1] Gl. (2.14) dargestellt – mit den Modifikationsbeiwerten k_{mod} und Teilsicherheitsbeiwerten γ_M zu ermitteln.

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (2.1)$$

Nat. Anhang...

Die Modifikations- und Teilsicherheitsbeiwerte können im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* angepasst werden (siehe Bild 2.9, Seite 12).

2.3 Querschnitte

Diese Maske verwaltet die Querschnitte, die für die Bemessung verwendet werden. Zudem können Optimierungsparameter vorgegeben werden.

1.3 Querschnitte

Quersch. Nr.	A Material Nr.	B Querschnitt Bezeichnung [mm]	C Optimieren	D Anmerkung	E Kommentar
1	2	Rechteck 20/220	Nein	9)	
2	3	H-Kreis 300	Nein		
3	3	H-Rechteck 80/220	Ja	2)	
4	2	RO 30x2.3	Nein	9)	
5	3	H-Kreis 280	Nein		
6	3	H-Kreis 240	Nein		
7	5	H-Rechteck 80/200	Nein		
8	4	UPE 300 DIN 1026-2:2002	Nein	9)	
9	3	H-Kreis 254.5	Nein		Interpoliert aus Stabteilung
10	3	H-Kreis 268.7	Nein	8)	Interpoliert aus Stabteilung
11	3	H-Kreis 257.4	Nein	8)	Interpoliert aus Stabteilung
12	7	H-Rechteck 80/200	Nein		
13	6	UPE 300 DIN 1026-2:2002	Nein	9)	

3 - H-Rechteck 80/220

Stäbe Nr.:
1,2,5,8,11,14,17,20,23,26,29,32,35,38,41

Stabsätze Nr.:

Σ Längen: 96.90 [m] Σ Massen: 0.785 [t]

Material:
3 - Pappel und Nadelholz C30

2) Der Querschnitt wird optimiert, d.h. das best ausgenutzte Profil der Reihe wird herausgesucht!

Bild 2.17: Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

Die in RFEM bzw. RSTAB definierten Querschnitte sind voreingestellt, ebenso die zugeordneten Materialnummern. Die Bemessung ist für parametrische Holz- und Massivquerschnitte der Bibliothek möglich.



Um einen Querschnitt zu ändern, klicken Sie den Eintrag in Spalte B an und setzen so das Feld aktiv. Mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] oder im Feld bzw. der Taste [F7] rufen Sie dann die Profilreihe des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe Bild 2.18).



In diesem Dialog kann ein anderer Querschnitt oder auch eine andere Reihe ausgewählt werden. Soll eine ganz andere Querschnittskategorie verwendet werden, so ist über die Schaltfläche [Zur Bibliothek zurückkehren] die allgemeine Profilbibliothek zugänglich.

Parametrische - Holz

Das Kapitel 4.13 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 4.3 des RSTAB-Handbuchs beschreibt, wie Querschnitte in der Bibliothek ausgewählt werden können.

Die neue Querschnittsbezeichnung kann auch direkt in das Eingabefeld in Spalte B eingetragen werden. Wenn der Eintrag in der Datenbank verzeichnet ist, liest RF-/HOLZ Pro die Querschnittskennwerte ein. Ein geänderter Querschnitt wird mit blauer Schrift gekennzeichnet.

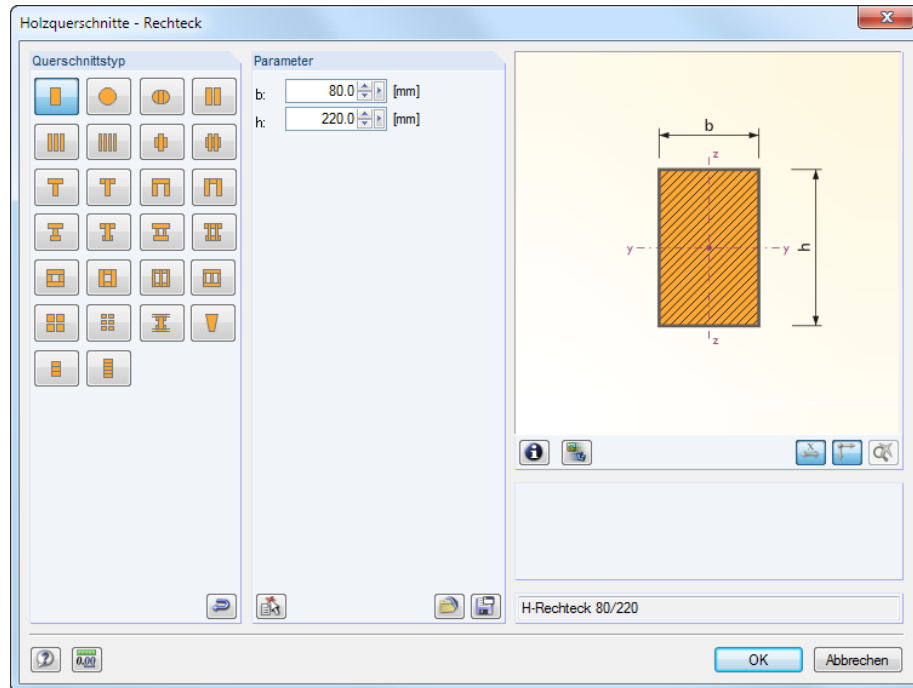
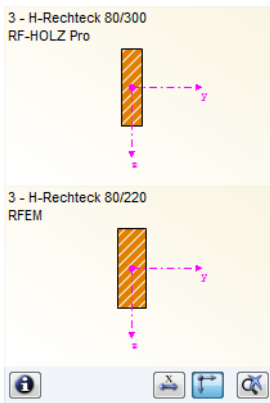


Bild 2.18: Holzquerschnitte der Querschnittsbibliothek

Falls unterschiedliche Querschnitte in RF-/HOLZ Pro und in RFEM bzw. RSTAB vorliegen, zeigt die Grafik rechts in der Maske beide Profile an. Die Nachweise erfolgen mit den RFEM- bzw. RSTAB-Schnittgrößen für den in RF-/HOLZ Pro gewählten Querschnitt.



Liegt ein zusammengesetzter Querschnitt vor, kann die *Nachgiebigkeit* in der Fuge infolge der Verbindungsmittel berücksichtigt werden.

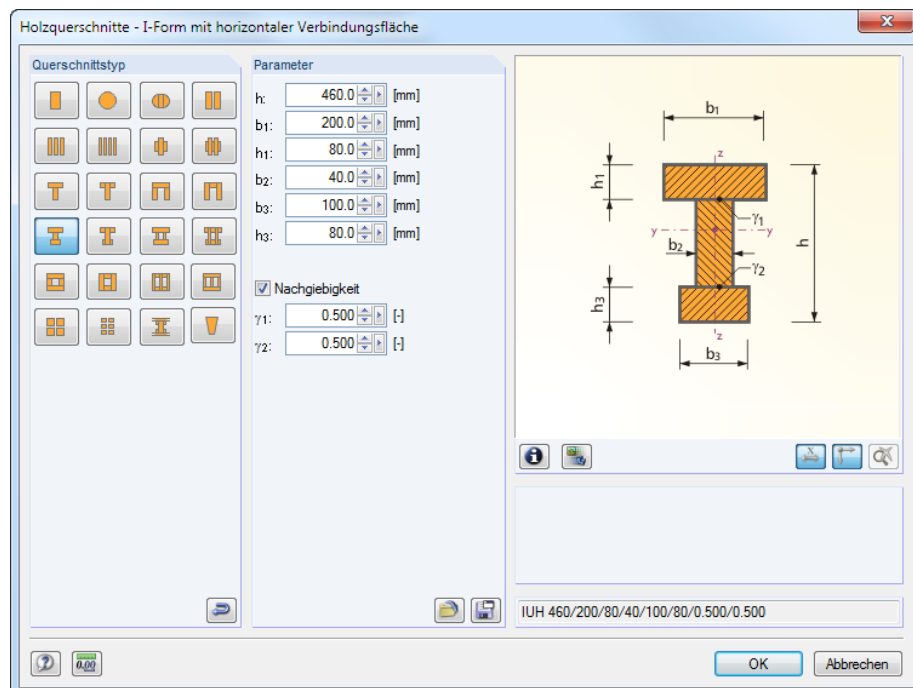


Bild 2.19: Berücksichtigung der Nachgiebigkeit bei einem zusammengesetzten Querschnitt

Die Querschnittskennwerte werden nach dem sogenannten „ γ -Verfahren“ gemäß [1] Anhang B.2 berechnet. Dabei gelten folgende Annahmen:

- Es liegt ein Einfeld- oder ein Durchlaufträger mit gelenkigen Lagern vor.
- Die Querschnittswerte sind über die Stablänge konstant (d. h. es liegt keine Voute vor).
- Es liegt eine sinusförmige Belastung vor.
- Eine Tordierung des Querschnitts wird ausgeschlossen.
- Die Beanspruchung auf Biegedrillknicken wird nicht untersucht.

Nicht zusammenhängende Querschnitte (Zangenanschluss)

Für Holzprofile aus nicht zusammenhängenden Querschnitten bestehen weitere Einschränkungen. Diese betreffen die Querschnittsreihen *H-2B*, *H-3B* und *4B*.

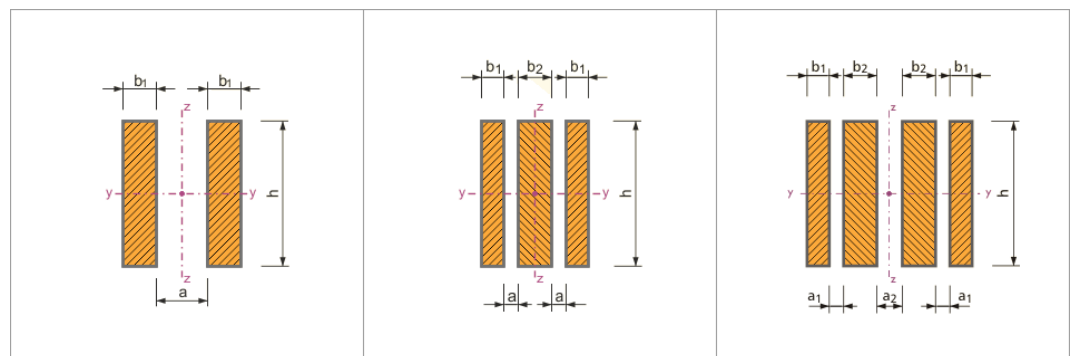
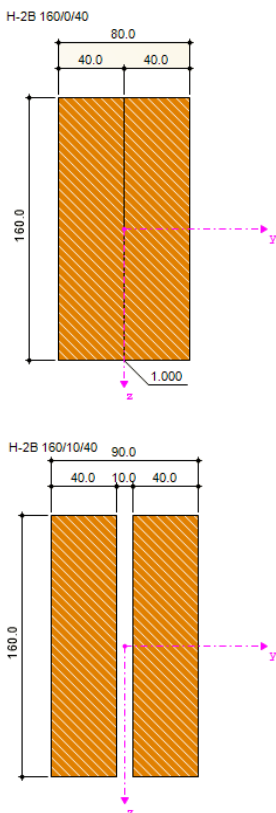


Bild 2.20: Nicht zusammenhängende Holzquerschnitte – Querschnittsreihen *H-2B*, *H-3B* und *4B*



Wenn der Abstand zwischen diesen Profilen $a = 0$ beträgt, gelten die oben aufgelisteten Einschränkungen des γ -Verfahrens. Ist der Abstand jedoch größer 0, so werden diese Profile als nicht zusammenhängende Querschnitte betrachtet und die Querschnittswerte z. B. ohne Steineranteil berechnet. Es gelten weiterhin die Einschränkungen nach [1] Abschnitt B.1.2!

Zur Erläuterung werden die Querschnittswerte eines Zangenanschlusses gegenübergestellt, die sich einmal ohne Zwischenabstand (Profil *2B 160/0/40*) und einmal mit Zwischenabstand (Profil *2B 160/10/40*) ergeben.

2B 160/0/40	2B 160/10/40
$A = 2 \cdot h \cdot b = 2 \cdot 4 \cdot 16 = 128 \text{ cm}^2$	$A = 128 \text{ cm}^2$
$A_y = \frac{5}{6} A = 106,7 \text{ cm}^2$	$A_y = \frac{5}{6} \cdot 16 \cdot 4 = 53,3 \text{ cm}^2$
$I_{z,i} = \frac{16 \cdot 4^3}{12} = 85,3 \text{ cm}^4$	$I_{z,i} = \frac{16 \cdot 4^3}{12} = 85,3 \text{ cm}^4$
$I_{z,\text{eff}} = \sum (I_i + \gamma_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = 2 \cdot (85,3 + 64 \cdot 2^2) = 682,7 \text{ cm}^4$	$I_{z,\text{eff}} = 2 I_{z,i} = 170,7 \text{ cm}^4$
$a_i = \frac{A_1 (h_1 + h_2) - 0}{2 \sum \gamma_i \cdot A_i} = \frac{128 \cdot 8}{2 \cdot (128 + 128)} = 2$	$a_i = 0$

Tabelle 2.3: Gegenüberstellung der Querschnittswerte

Beim Querschnitt ohne Zwischenabstand wird von einem Faktor $\gamma = 1$ (geklebt) ausgegangen. Mit dem Faktor $\gamma = 0$ ergäben sich dieselben Werte wie beim Querschnitt mit Zwischenabstand.

Max. Ausnutzung

Diese Spalte wird erst nach der Berechnung angezeigt. Sie bietet eine Entscheidungshilfe zur Optimierung: Anhand der Nachweisquotienten und Relationsbalken ist erkennbar, welche Querschnitte kaum ausgenutzt und überdimensioniert bzw. überlastet und unterdimensioniert sind.

Optimieren

Details...

Rechteck- und Rundquerschnitte können einen Optimierungsprozess durchlaufen: Es wird für die RFEM- bzw. RSTAB-Schnittgrößen das Profil gesucht, das einer benutzerdefinierten Höchstauslastung am nächsten kommt. Diese kann im Register *Sonstige Einstellungen* des *Details*-Dialogs festgelegt werden (siehe [Bild 3.5, Seite 43](#)).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist die Liste in Spalte D bzw. E zu öffnen und der gewünschte Eintrag auszuwählen: *Ja* oder ggf. *Aus Favoriten, Bezeichnung*. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im [Kapitel 7.2](#) auf [Seite 69](#).

Anmerkung

In dieser Spalte werden Hinweise in Form von Fußnoten angezeigt. Sie sind am unteren Ende der Querschnittsliste erläutert.

Stab mit Voutenquerschnitt

Bei gevouteten Stäben mit unterschiedlichen Profilen am Stabanfang und Stabende werden beide Querschnittsnummern gemäß der Definition in RFEM bzw. RSTAB in zwei Zeilen angegeben.

RF-/HOLZ Pro bemisst auch Voutenstäbe, wenn für den Anfangs- und Endquerschnitt derselbe Querschnittstyp vorliegt. Hierzu sind weitere Angaben in Maske 1.7 erforderlich (siehe [Kapitel 2.7, Seite 29](#)).

Info über Querschnitt



Im Dialog *Info über Querschnitt* können die Querschnittskennwerte und Spannungspunkte eingesehen werden.

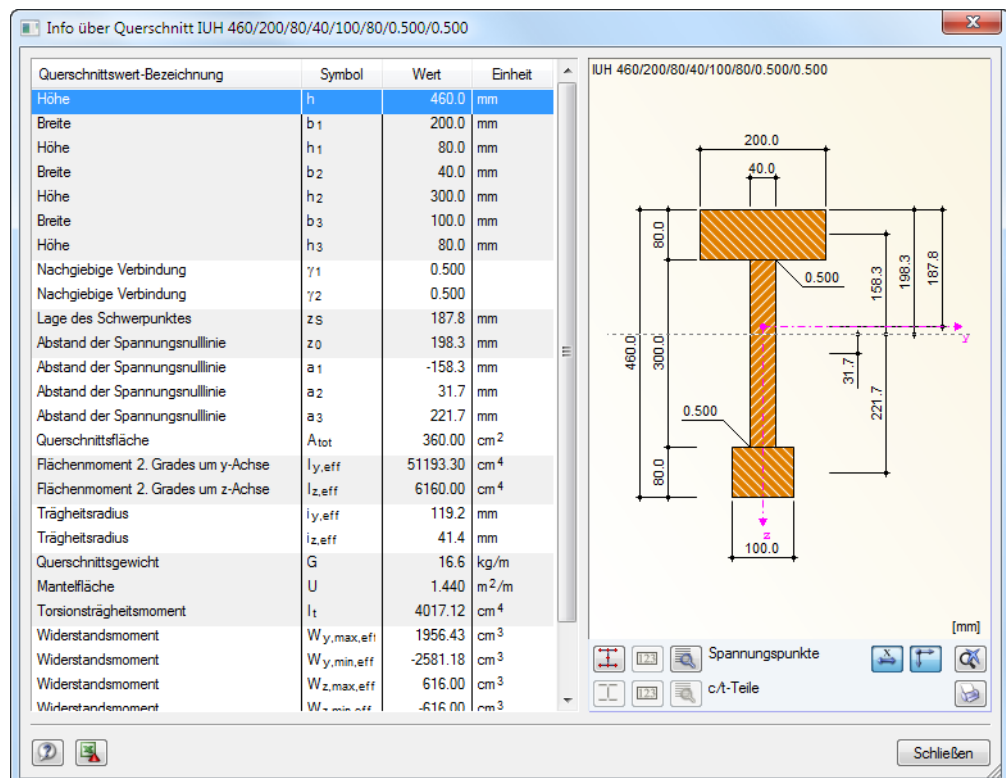


Bild 2.21: Dialog *Info über Querschnitt*

Die Schaltflächen unterhalb der Querschnittsgrafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blendet die Spannungspunkte ein oder aus
	Blendet die Nummern der Spannungspunkte ein oder aus
	Zeigt die Details der Spannungspunkte an (siehe Bild 2.22)
	Schaltet die Bemaßung des Querschnitts ein oder aus
	Schaltet die Hauptachsen des Querschnitts ein oder aus
	Stellt die Gesamtansicht des Querschnitts wieder her
	Druckt die Querschnittswerte und -grafik

Tabelle 2.4: Schaltflächen der Querschnittsgrafik



Über die [Details]-Schaltfläche können spezifische Informationen zu den Spannungspunkten (Schwerpunktabstände, statische Momente etc.) abgerufen werden.

Spannungspunkte von H-Rechteck 80/200

SpannP Nr.	Koordinaten		Statische Momente		Dicke t [mm]	Wölbung	
	y [mm]	z [mm]	S_y [cm ³]	S_z [cm ³]		ω [cm ²]	$A\omega$ [cm ⁴]
1	40.0	100.0	0.00	0.00	80.0	0.00	0.00
2	-40.0	100.0	0.00	0.00	80.0	0.00	0.00
3	-40.0	-100.0	0.00	0.00	80.0	0.00	0.00
4	40.0	-100.0	0.00	0.00	80.0	0.00	0.00
5	0.0	0.0	400.00	0.00	80.0	0.00	0.00
6	0.0	0.0	0.00	160.00	200.0	0.00	0.00

Bild 2.22: Dialog *Spannungspunkte*

Hinweise zu den Spannungspunkten im Hinblick auf die Ermittlung der Schubspannungen finden Sie im [Kapitel 5.2](#) auf [Seite 60](#).

2.4 Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse

In Maske 1.4 sind die Einwirkungsdauer der Lasten und die Nutzungsklassen der Stäbe und Stabsätze zu definieren, um die klimatischen Bedingungen für die Nachweise zu erfassen.

1.4 Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse

Belastung	A	B	C
	Bezeichnung	Belastungstyp	Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED
LF1	Eigengewicht	Ständig	Lang
LF2	Schnee	Schnee (H ≤ 1000 m über NN)	Lang
LF3	Nutzlast	Nutzlasten - Kategorie A: Wohn/Auf	Mittel
LF4	Wind	Wind	Lang
LK1	1.35*LF1 + LF5	-	Lang
LK2	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + LF5	-	Lang
LK3	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 1.05*LF3 + LF5	-	Mittel
LK4	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 1.05*LF3 + 0.9*LF4 + LF5	-	Mittel
LK5	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.9*LF4 + LF5	-	Lang
LK6	1.35*LF1 + 1.5*LF3 + LF5	-	Mittel
LK7	1.35*LF1 + 0.75*LF2 + 1.5*LF3 + LF5	-	Mittel
LK8	1.35*LF1 + 0.75*LF2 + 1.5*LF3 + 0.9*LF4 + LF5	-	Mittel
LK9	1.35*LF1 + 1.5*LF3 + 0.9*LF4 + LF5	-	Mittel
LK10	1.35*LF1 + 1.5*LF4 + LF5	-	Lang
LK11	1.35*LF1 + 0.75*LF2 + 1.5*LF4 + LF5	-	Lang
LK12	1.35*LF1 + 0.75*LF2 + 1.05*LF3 + 1.5*LF4 + LF5	-	Mittel
LK13	1.35*LF1 + 1.05*LF3 + 1.5*LF4 + LF5	-	Mittel
LK14	LF1 + LF5	-	Lang
LK15	LF1 + LF2 + LF5	-	Lang
LK16	LF1 + LF2 + 0.7*LF3 + LF5	-	Mittel
LK17	LF1 + LF2 + 0.7*LF3 + 0.6*LF4 + LF5	-	Mittel
LK18	LF1 + LF2 + 0.6*LF4 + LF5	-	Lang
LK19	LF1 + LF3 + LF5	-	Mittel
LK20	LF1 + 0.5*LF2 + LF3 + LF5	-	Mittel
LK21	LF1 + 0.5*LF2 + LF3 + 0.6*LF4 + LF5	-	Mittel
LK22	LF1 + LF3 + 0.6*LF4 + LF5	-	Mittel
LK23	LF1 + LF4 + LF5	-	Lang
LK24	LF1 + 0.5*LF2 + LF4 + LF5	-	Lang
LK25	LF1 + 0.5*LF2 + 0.7*LF3 + LF4 + LF5	-	Mittel
LK26	LF1 + 0.7*LF3 + LF4 + LF5	-	Mittel

Nutzungsklasse (NKL)

Identisch für alle Stäbe/Stabsätze

NKL:

Unterschiedlich...

Nutzungsklasse 1:
Gesamtholzfeuchte 5-15 %. Mittlere Holzfeuchte der meisten Nadelhölzer ≤ 12 %.

Beispiel:
Allseitig geschlossene Gebäude und beheizte Bauwerke

Nutzungsklasse 2:
Gesamtholzfeuchte 10-20 %. Mittlere Holzfeuchte der meisten Nadelhölzer ≤ 20 %.

Beispiel:
Überdachte offene Bauwerke

Nutzungsklasse 3:
Gesamtholzfeuchte 12-24 %.

Beispiel:
Frei der Witterung ausgesetzte Bauteile

Bild 2.23: Maske 1.4 Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse

Belastung

Es sind alle Einwirkungen aufgelistet, die in Maske 1.1 Basisangaben für die Nachweise ausgewählt wurden. Bei Kombinationen werden auch die enthaltenen Lastfälle angegeben.

Bezeichnung

Die Lastfallbezeichnungen erleichtern die Klassifizierung.

Belastungstyp

Diese Spalte zeigt die Einwirkungstypen der Lastfälle an, wie sie beim Anlegen in RFEM bzw. RSTAB festgelegt wurden. Sie bilden die Grundlage der Voreinstellungen in der folgenden Spalte.

Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED

Für die Nachweise sind die Lasten und deren Überlagerungen bestimmten Klassen der Lasteinwirkungsdauer zuzuweisen. Die Klassifizierung von Einwirkungen ist z. B. in [2] Tabelle 4 oder [1] Tabelle 2.1 geregelt.

Bei Lastfällen und Ergebniskombinationen kann die Lasteinwirkungsdauer über die links gezeigte Liste geändert werden: Klicken Sie die Zelle in Spalte C an und setzen das Feld aktiv. Dadurch wird die Schaltfläche zugänglich. Bei Lastkombinationen und Oder-Ergebniskombinationen nimmt RF-/HOLZ Pro die Klassifizierung automatisch unter Berücksichtigung der jeweils führenden Einwirkung bzw. der enthaltenen Lastfälle vor.

Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED

Mittel

Ständig

Lang

Mittel

Kurz

Kurz / Sehr kurz

Sehr kurz

Nat. Anhang...

Die Klasse der Lasteinwirkungsdauer wird für die Ermittlung des Modifikationsbeiwerts k_{mod} benötigt, der die Festigkeitseigenschaften des Materials beeinflusst (siehe [1] Tabelle 3.1). Die Beiwerte k_{mod} können im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* überprüft und bei Bedarf angepasst werden (siehe Bild 2.9, Seite 12).

Wurde in RFEM bzw. RSTAB eine automatische Kombination der Einwirkungen gewählt, so werden die Klassen der Lasteinwirkungsdauer automatisch entsprechend der Vorgaben in RFEM bzw. RSTAB berücksichtigt. Eine erneute Definition in RF-/HOLZ Pro ist somit nicht erforderlich. Die Klassifizierung der Lastfälle kann jedoch hier angepasst werden.

Nutzungsklasse (NKL)

Die Einteilung in Nutzungsklassen ermöglicht es, Festigkeitskennwerte zuzuordnen und Verformungen unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen zu berechnen. Die Nutzungsklassen sind z. B. in [1] Abschnitt 2.3.1.3 geregelt.

Als Voreinstellung sind alle Stäbe und Stabsätze der gleichen Nutzungsklasse zugewiesen. Um Objekte in verschiedene Nutzungsklassen einzuteilen, ist das Auswahlfeld *Unterschiedlich* zu aktivieren. Über die Schaltfläche kann dann folgender Dialog aufgerufen werden.

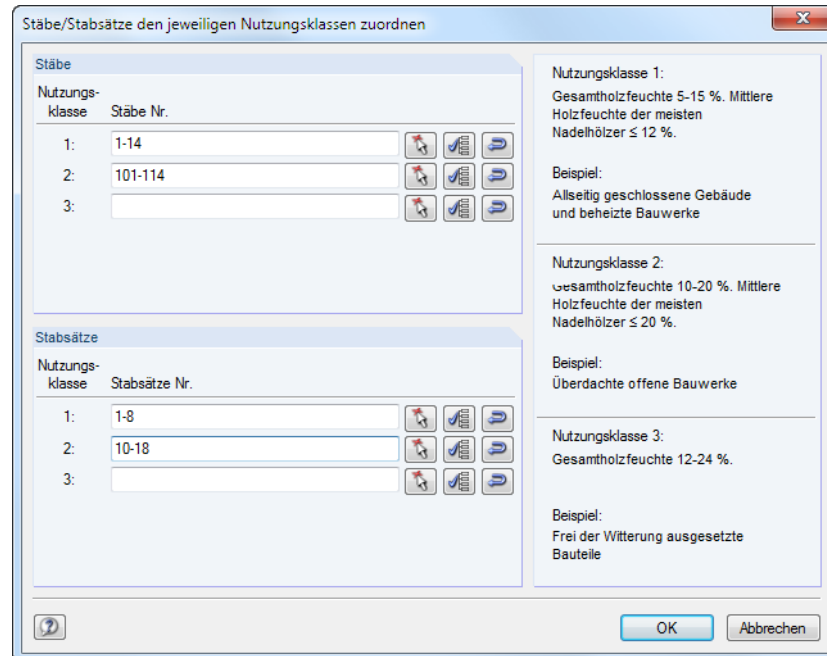
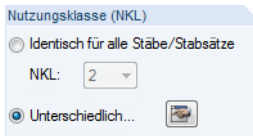


Bild 2.24: Dialog *Stäbe/Stabsätze den jeweiligen Nutzungsklassen zuordnen*

Stäbe und *Stabsätze* können hier individuell in Nutzungsklassen eingeteilt werden. Die Schaltflächen neben den Eingabefeldern erleichtern die Auswahl. Sie bedeuten:

Schaltfläche	Funktion
	Ermöglicht die grafische Auswahl der Objekte im RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster
	Weist alle Stäbe/Stabsätze dieser Nutzungsklasse zu
	Weist alle noch nicht zugewiesenen Stäbe/Stabsätze dieser Nutzungsklasse zu

Tabelle 2.5: Schaltflächen im Dialog *Stäbe/Stabsätze den jeweiligen Nutzungsklassen zuordnen*

2.5 Effektive Längen - Stäbe


Details...

Das Aussehen dieser Maske hängt davon ab, ob der Stabilitätsnachweis nach dem Ersatzstabverfahren oder nach Theorie II. Ordnung geführt wird. Das Verfahren ist im Dialog *Details*, Register *Stabilität* festzulegen (siehe Bild 3.2, Seite 40). Folgende Beschreibung bezieht sich auf das **Ersatzstabverfahren**, bei dem die Knick- und Biegedrillknickparameter definiert werden müssen.



Wenn im Dialog *Details*, Register *Stabilität* der Stabilitätsnachweis deaktiviert wird, so wird die Maske 1.5 nicht angezeigt.

Die Maske ist zweigeteilt. Die Tabelle im oberen Abschnitt enthält zusammenfassende Angaben zu den Knicklängenbeiwerten und Ersatzstablängen für Knicken und Biegedrillknicken aller Stäbe, die zur Bemessung vorgesehen sind. Die in RFEM bzw. RSTAB definierten Knicklängen sind voreingestellt. Im Abschnitt *Einstellungen* werden weitere Informationen zu dem Stab angezeigt, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

Mit der Schaltfläche  kann ein Stab grafisch ausgewählt werden, um dessen Zeile zu zeigen.

Änderungen sind sowohl in der Tabelle als auch im *Einstellungen*-Baum möglich.

1.5 Effektive Längen - Stäbe

Stab Nr.	Knicken		Knicken um Achse y		Knicken um Achse z		Biegedrillknicken		Kommentar
	möglich	Möglich	k _{or,y}	L _{or,y} [m]	k _{or,z}	L _{or,z} [m]	Möglich	L _{or} [m]	
189	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.855	13.147	<input checked="" type="checkbox"/>	1.855	13.147	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
196	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.838	13.026	<input checked="" type="checkbox"/>	1.838	13.026	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
197	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.837	13.019	<input checked="" type="checkbox"/>	1.837	13.019	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
198	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.838	13.026	<input checked="" type="checkbox"/>	1.838	13.026	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
199	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.835	13.005	<input checked="" type="checkbox"/>	1.835	13.005	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.836	13.012	<input checked="" type="checkbox"/>	1.836	13.012	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
201	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.839	13.033	<input checked="" type="checkbox"/>	1.839	13.033	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087
353	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.030	16.321	<input checked="" type="checkbox"/>	4.030	16.321	<input checked="" type="checkbox"/>	4.050
354	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.104	16.621	<input checked="" type="checkbox"/>	4.104	16.621	<input checked="" type="checkbox"/>	4.050
355	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.996	16.183	<input checked="" type="checkbox"/>	3.996	16.183	<input checked="" type="checkbox"/>	4.050

Einstellungen für Stab Nr. 197

- Querschnitt
 - Anfang: 5 - H-Kreis 280
 - Ende: 9 - H-Kreis 254.5
 - Länge: 7.087 m
- Knicken möglich
- Knicken um Achse y möglich
 - Knicklängenbeiwert k_{or,y}: 1.837
 - Knicklänge L_{or,y}: 13.019 m
- Knicken um Achse z möglich
 - Knicklängenbeiwert k_{or,z}: 1.837
 - Knicklänge L_{or,z}: 13.019 m
- Biegedrillknicken möglich
 - L_{or} definieren: Als Stablänge
- Kommentar:

Eingaben zuordnen Stäben Nr.: Alle

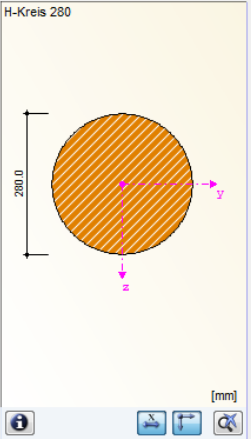



Bild 2.25: Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe

In der Tabelle und im *Einstellungen*-Baum können die effektiven Längen manuell angegeben oder über die Schaltfläche  grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor im Eingabefeld befindet (siehe Bild 2.25).

Der *Einstellungen*-Baum verwaltet folgende Parameter:

- *Querschnitt*
- *Länge* des Stabes
- *Knicken möglich* für den Stab (entspricht Spalten B, E und H)
- *Knicken um Achse y* (entspricht Spalten C und D)
- *Knicken um Achse z* (entspricht Spalten F und G)
- *Biegedrillknicken* (entspricht Spalten I bis K)

Bei den *Einstellungen* kann für den aktuellen Stab festgelegt werden, ob generell ein Knick- oder Biegedrillknicknachweis geführt werden soll. Ferner lässt sich der Knicklängenbeiwert für die jeweiligen Richtungen anpassen. Beim Ändern eines Beiwerts wird die Ersatzstablänge automatisch angepasst – und umgekehrt.



Die Knicklänge eines Stabes lässt sich auch in einem Dialog festlegen, der über die Schaltfläche [Knicklängenbeiwert wählen] zugänglich ist. Sie befindet sich unterhalb der Tabelle.

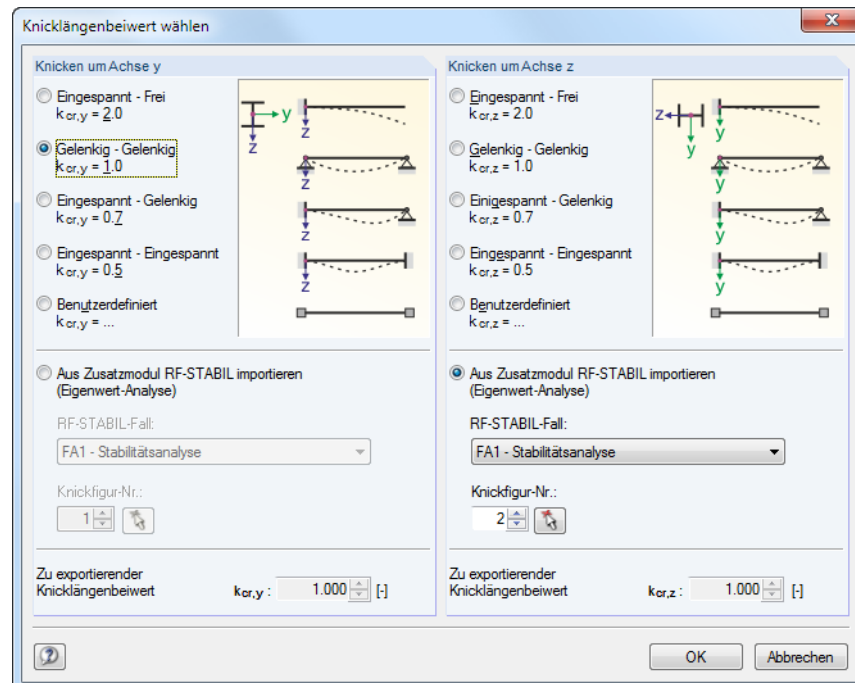


Bild 2.26: Dialog *Knicklängenbeiwert wählen*

Für jede Richtung kann man einen der vier Eulerfälle auswählen oder den Knicklängenbeiwert *Benutzerdefiniert* vorgeben. Falls im Zusatzmodul RF-STABIL bzw. RSKNICK eine Eigenwertanalyse durchgeführt wurde, kann auch eine *Knickfigur* zur Bestimmung des Beiwerts festgelegt werden.

Knicken möglich

Die Stabilitätsnachweise auf Biegeknicken und Biegedrillknicken setzen voraus, dass Druckkräfte aufgenommen werden können. Stäbe, bei denen dies wegen des Stabtyps nicht möglich ist (z. B. Zugstäbe, elastische Bettungen, starre Kopplungen), sind deshalb von vornherein vom Nachweis ausgenommen. Die Zeilen sind ausgegraut und in der Spalte *Kommentar* wird ein entsprechender Hinweis angezeigt.

Gekrümmte Stäbe (nur RF-HOLZ Pro) sind ebenfalls vom Stabilitätsnachweis ausgenommen: Untersuchungen nach dem Ersatzstabverfahren erfordern bei gekrümmten Stäben eine Definition der Knicklänge in den Stab-Drittelpunkten. Zudem sind Stabilitätsanalysen gekrümmter Stäbe z. B. gemäß [1] Abschnitt 6.3.3 nur für Einfeldträger gültig. Statisch unbestimmte Systeme oder Modelle mit mehreren Auflagern erfordern weitergehende Untersuchungen.

Die Kontrollfelder *Knicken möglich* in Tabellenspalte A und im *Einstellungen*-Baum bieten eine Steuerungsmöglichkeit für die Stabilitätsnachweise: Sie regeln, ob diese Nachweise für einen Stab geführt werden oder unterbleiben.

Knicken um Achse y / Knicken um Achse z

Die Spalten *Möglich* steuern, ob eine Knickgefährdung um die Achse y und/oder z vorliegt. Diese Achsen sind die lokalen Stabachsen, wobei es sich bei der Achse y um die „starke“ und bei der Achse z um die „schwache“ Stabachse handelt. Die Knicklängenbeiwerte $k_{cr,y}$ und $k_{cr,z}$ für Knicken um die starke bzw. schwache Achse können frei gewählt werden.



Die Lage der Stabachsen kann in Maske 1.3 *Querschnitte* bei der Profilgrafik kontrolliert werden (siehe Bild 2.17, Seite 17). Über die Schaltfläche [Ansichtsmodus] ist auch das RFEM- bzw. RSTAB-Arbeitsfenster zugänglich. Dort können die lokalen Stabachsen über das Stab-Kontextmenü oder im *Zeigen*-Navigator eingblendet werden.

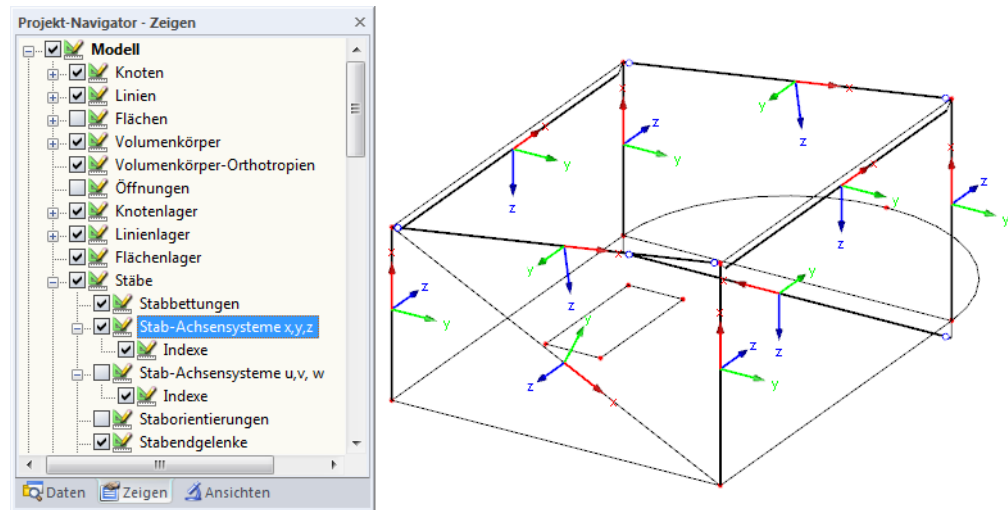


Bild 2.27: Aktivieren der Stabachsensysteme im *Zeigen*-Navigator von RFEM

Ist das Knicken um eine oder um beide Stabachsen möglich, können die Knicklängenbeiwerte und die Knicklängen in den Spalten C und D sowie F und G oder im *Einstellungen*-Baum eingetragen werden.

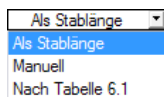
Über die Schaltfläche können die Knicklängen grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor in einem L_{cr} -Eingabefeld befindet (siehe Bild 2.25).

Bei der Eingabe des Knicklängenbeiwerts k_{cr} wird die Knicklänge L_{cr} durch Multiplikation der Stablänge L mit dem Beiwert ermittelt. Die Eingabefelder k_{cr} und L_{cr} sind interaktiv.

Biegedrillknicken möglich

Die Spalte H steuert, welche Stäbe auf Biegedrillknicken („Kippen“) untersucht werden.

L_{cr} definieren



Als Ersatzstablänge für den Biegedrillknicknachweis ist die *Stablänge* voreingestellt. Mit einem Klick in dieses Feld wird eine Liste mit weiteren Optionen zugänglich.

Die Biegedrillknicklänge kann *Manuell* durch die Eingabe von L_{cr} in Spalte J definiert werden. Hierbei ist über die Funktion auch eine grafische Bestimmung des Abstandes zwischen den seitlichen Stützungen möglich. Eine manuelle Anpassung kann bei einem Bauteil sinnvoll sein, das aus mehreren Stäben zwischen den Lagern besteht.

Wird die Option *Nach Tabelle 6.1* ausgewählt, so öffnet sich ein Dialog, in dem die Biegedrillknickparameter gemäß [1] Tabelle 6.1 festgelegt werden können (siehe Bild 2.28). Die wirksame Länge ist in der Norm als Quotient der Stützweite beschrieben, die von der Art des Biegestabes und der Art der Belastung abhängt.

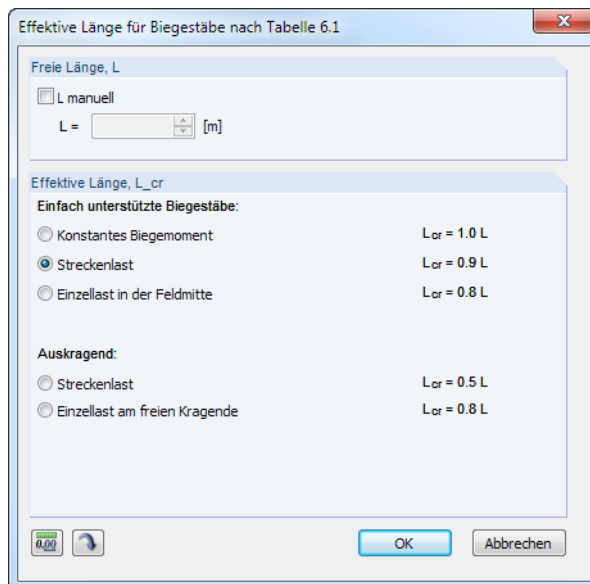



Bild 2.28: Dialog *Effektive Länge für Biegestäbe nach Tabelle 6.1*

Kommentar

In der letzten Spalte können benutzerdefinierte Anmerkungen erfolgen, um z. B. die Ersatzstablängen zu erläutern.

Eingaben zuordnen Stäben Nr.

Das Kontrollfeld *Eingaben zuordnen Stäben Nr.* befindet sich unterhalb der *Einstellungen*-Tabelle. Wird das Häkchen gesetzt, gelten die nachfolgend getroffenen Einstellungen für ausgewählte – manueller Eintrag der Stabnummern oder grafische Auswahl über  – bzw. *Alle Stäbe*. Diese Option ist hilfreich, um mehreren Stäben die gleichen Randbedingungen zuzuweisen. Sie ist in folgendem DLUBAL-Artikel vorgestellt:

<https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/000726>



Bereits getroffene Einstellungen können mit dieser Funktion nicht nachträglich geändert werden.

2.6 Effektive Längen - Stabsätze

Details...

Diese Maske erscheint nur, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung vorgegeben und im Dialog *Details, Stabilität* der Stabilitätsnachweis aktiviert ist (siehe Bild 3.2, Seite 40).

1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Stabsatz Nr.	A Knicken möglich	B Möglich	C Knicken um Achse y		E Möglich	F Knicken um Achse z		H Möglich	I Biegedrillknicken		K Kommentar
			kor,y	Lor,y [m]		kor,z	Lor,z [m]		Lor definieren	Lor [m]	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.493	16.628	<input checked="" type="checkbox"/>	1.493	16.628	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.472	16.394	<input checked="" type="checkbox"/>	1.472	16.394	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.468	16.349	<input checked="" type="checkbox"/>	1.468	16.349	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.460	16.260	<input checked="" type="checkbox"/>	1.460	16.260	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.461	16.271	<input checked="" type="checkbox"/>	1.461	16.271	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.484	16.527	<input checked="" type="checkbox"/>	1.484	16.527	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.475	16.427	<input checked="" type="checkbox"/>	1.475	16.427	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.481	16.494	<input checked="" type="checkbox"/>	1.481	16.494	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.465	16.316	<input checked="" type="checkbox"/>	1.465	16.316	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.492	16.617	<input checked="" type="checkbox"/>	1.492	16.617	<input checked="" type="checkbox"/>	Als Stablänge	11.137	

Einstellungen für Stabsatz Nr. 1

Stabsatz

Stab 174

 Anfang: 9 - H-Kreis 254.5

 Ende: 6 - H-Kreis 240

Stab 189

 Anfang: 5 - H-Kreis 280

 Ende: 9 - H-Kreis 254.5

Länge: L = 11.137 m

Knicken möglich

Knicken um Achse y möglich

 Knicklängenbeiwert: kor,y = 1.493

 Knicklänge: Lor,y = 16.628 m

Knicken um Achse z möglich

 Knicklängenbeiwert: kor,z = 1.493

 Knicklänge: Lor,z = 16.628 m

Biegedrillknicken möglich

 Lor definieren: Als Stablänge

Eingaben zuordnen Sätzen Nr.:

Alle

Bild 2.29: Maske 1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Das Konzept dieser Maske entspricht dem der vorherigen Maske 1.5 *Effektive Längen - Stäbe*. Hier können die effektiven Längen für das Knicken um die beiden Hauptachsen des Stabsatzes wie im Kapitel 2.5 beschrieben eingegeben werden. Sie legen die Randbedingungen des Stabsatzes fest, der in seiner Gesamtheit als Ersatzstab behandelt wird.



Beachten Sie bitte, dass gekrümmte Stabsätze vom Stabilitätsnachweis ausgenommen sind: Untersuchungen nach dem Ersatzstabverfahren erfordern bei gekrümmten Trägern eine Definition der Knicklänge in den Drittelpunkten. Zudem sind Stabilitätsanalysen von gekrümmten Trägern z. B. gemäß [1] Abschnitt 6.3.3 nur für Einfeldträger gültig. Statisch unbestimmte Systeme oder Modelle mit mehreren Auflagern erfordern weitergehende Untersuchungen.

2.7 Voutenstäbe

Diese Maske wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stab zur Bemessung ausgewählt wurde, der unterschiedliche Querschnitte an beiden Stabenden aufweist. Die Maske verwaltet Kriterien wie z. B. den Faseranschnittwinkel der veränderlichen Querschnitte.

1.7 Voutenstäbe

Stab Nr.	Querschnitt		Länge L [m]	Faseranschnittwinkel α [°]	Faser parallel zur	Zug rechtwinklig zur Faser		V [m ³]	k _{vol}	Anmerkung	Kommentar
	Stabanfang	Stabende				Mit First	Manuell				
174	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
176	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
177	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
186	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
187	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
188	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
189	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
190	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
191	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
192	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
193	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
194	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
195	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
196	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
197	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
198	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
199	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
200	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
201	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
202	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
203	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
204	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
205	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
206	H-Rechteck 200/980	H-Rechteck 200/480 2	7.087	4.04 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
351	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
352	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
353	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
354	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
355	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
356	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
357	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
358	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
359	H-Rechteck 200/480	H-Rechteck 200/200 2	4.050	3.96 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Bild 2.30: Maske 1.7 Voutenstäbe

Querschnitt

In den ersten beiden Spalten sind die Querschnitte aufgelistet, die am *Stabanfang* und am *Stabende* vorliegen.

Länge

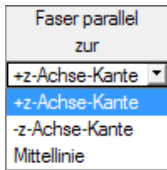
Zur Kontrolle wird die Länge des Voutenstabes angegeben.

Faseranschnittwinkel α

RF-/HOLZ Pro ermittelt den Faseranschnittwinkel aus den geometrischen Gegebenheiten. Die im Programm benutzten Gleichungen sind nur für Anchnittwinkel $\alpha \leq 24^\circ$ (bei EN 1995-1-1 [1]) und SIA 265 [3]) bzw. $\alpha \leq 10^\circ$ (bei DIN 1052 [2]) gültig.

Nat. Anhang...

Die in Spalte E angegebenen Grenzwerte können im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* überprüft und bei Bedarf angepasst werden (siehe Bild 2.9, Seite 12).



Faser parallel zu

In Spalte F ist anzugeben, zu welcher Stabkante die Faserrichtung des Holzes parallel verläuft. Die „obere“ oder „untere“ Kante ist durch die Orientierung der lokalen Stabachse z eindeutig festgelegt (siehe Bild 2.27, Seite 26). Alternativ kann die Faser parallel zur *Mittellinie* ausgerichtet werden.

In den meisten Fällen verläuft die Faser parallel zur Kante, die auf der Stabseite in Richtung der $+z$ -Achse liegt („unten“). Dies bedeutet, dass der Träger oberseitig angeschnitten ist.

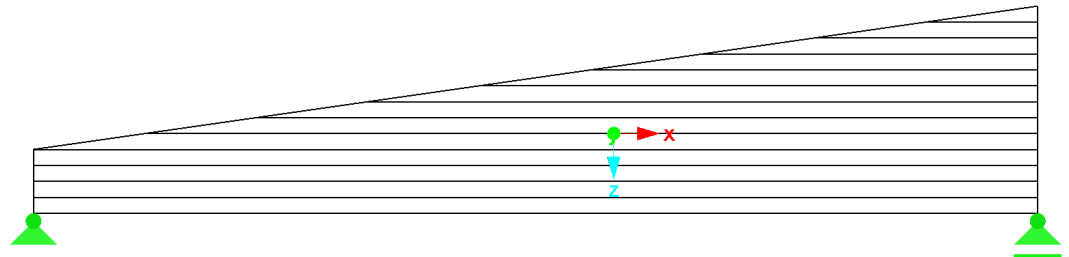


Bild 2.31: Faser parallel zur Kante in Richtung der $+z$ -Achse

Wenn die Faser parallel zur $-z$ -Achse („oben“) verläuft, ist der gevoutete Träger auf der Unterseite angeschnitten. Dies ist der Ausnahmefall, da das Anschneiden einer Faser im Biegezugbereich vermieden wird.

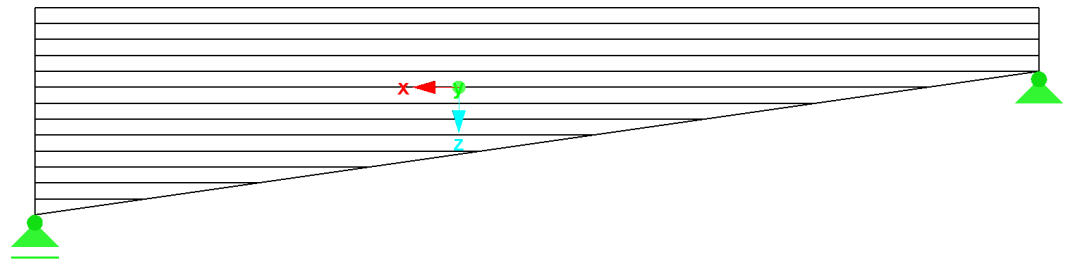


Bild 2.32: Faser parallel zur Kante in Richtung der $-z$ -Achse

Die beiden Bilder gelten für eine Ausrichtung der Stabachse gemäß globalem Koordinatensystem.

Zug rechtwinklig zur Faser

Ist das Kontrollfeld angehakt, so werden im Firstquerschnitt Nachweise für die maximalen Zugspannungen rechtwinklig zur Faser z. B. nach [2] Bedingung (85) oder [1] Bedingung (6.50) und für Schub aus Querkraft geführt.

Das für den Querzugnachweis erforderliche Volumen V ermittelt RF-/HOLZ Pro aus den Geometriebedingungen gemäß [1] Bild 6.9(a). Dabei wird der Anteil des kleinen „Keils“ infolge α_{ap} vereinfacht mit berücksichtigt, sodass das querzugbeanspruchte Volumen im Firstbereich etwas größer ausfällt. Wegen der meist flachen Voutenneigung wirkt sich diese Vereinfachung jedoch kaum auf den Nachweis aus.

Alternativ kann die Angaben *Manuell* erfolgen. Nach dem Anhaken des Kontrollfeldes sind die Felder zur Eingabe des Volumens V und des Volumenbeiwerts k_{vol} gemäß [1] Gleichung (6.51) zugänglich.

2.8 Gekrümmte Stäbe



Die Maske *1.8 Gekrümmte Stäbe* steht nur im Modul **RF-HOLZ Pro** zur Verfügung: RSTAB ermöglicht keine gekrümmten Linien.

Die Maske erscheint, wenn in Maske *1.1 Basisangaben* mindestens ein Stab zur Bemessung ausgewählt wurde, der eine gebogene Form aufweist. Gekrümmte Stäbe können in RFEM z. B. mit den Linientypen „Spline“ oder „Bogen“ definiert werden.

Nach SIA 265 [3] ist kein Nachweis für gekrümmte Stäbe möglich.

Nr.	A	B	C	D	E	F		G	H	I	J
	Stab Nr.	Laminat t [mm]	Bemessen	Manuell	Stab Nr.	Querzug l [m]	V [m³]	k_{vol}	k_{dis}		Kommentar
1	1	33.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	12.035	1.64	0.361	1.400		r = 8.417 m
2	4	33.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	8.502	1.16	0.387	1.400		r = 8.632 m
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											

Bild 2.33: Maske *1.8 Gekrümmte Stäbe*

Stab

Es werden die Nummern aller Stäbe aufgelistet, die an gekrümmten Linien angeordnet sind und einen konstanten Querschnitt aufweisen.

Laminat

Liegt ein Brettschichtholz-Material vor, so ist in dieser Spalte die Dicke t der Lamellen anzugeben.

Querzug

Wird das Kontrollfeld *Bemessen* angehakt, so führt RF-HOLZ Pro eine Bemessung auf Querzug durch. Die Faktoren k_{dis} und k_{vol} sind gemäß [1] Gleichung (6.51) bzw. (6.52) voreingestellt, können aber benutzerdefiniert angepasst werden.

Für EN 1995-1-1 sind nach dem Anhängen des Kontrollfeldes *Manuell* die Spalten F und G zur Anpassung der Länge l und des Volumens V zugänglich.

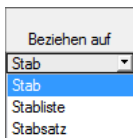
2.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Diese Eingabemaske steuert verschiedene Vorgaben für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Sie wird angezeigt, wenn im Register *Gebrauchstauglichkeit* der Maske 1.1 entsprechende Angaben vorliegen (siehe [Kapitel 2.1.2, Seite 10](#)).

1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Nr.	A Beziehen auf	B Stab Nr.	C Manuell	D Bezugslänge		E Richtung	F Überhöhung		G w _{c,y} [mm] w _{c,z} [mm]	H Trägertyp	I Kommentar
				L [m]			w _{c,y} [mm]	w _{c,z} [mm]			
1	Stabsatz	1	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
2	Stabsatz	2	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
3	Stabsatz	3	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
4	Stabsatz	4	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
5	Stabsatz	5	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
6	Stabsatz	6	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
7	Stabsatz	7	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
8	Stabsatz	8	<input type="checkbox"/>	11.137	y, z	0.0	10.0	Träger			
9	Stabsatz	9	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
10	Stabsatz	10	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
11	Stabsatz	11	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
12	Stabsatz	12	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
13	Stabsatz	13	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
14	Stabsatz	14	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
15	Stabsatz	15	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
16	Stabsatz	16	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
17	Stabsatz	17	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
18	Stabsatz	18	<input checked="" type="checkbox"/>	7.087	z	0.0	0.0	Träger			
19	Stab	315	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
20	Stab	316	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
21	Stab	317	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
22	Stab	318	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
23	Stab	329	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
24	Stab	330	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
25	Stab	331	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
26	Stab	332	<input type="checkbox"/>	1.691	z	0.0	0.0	Träger			
27	Stab	279	<input type="checkbox"/>	1.000	z	0.0	0.0	Kragträger Ende frei			
28	Stab	281	<input type="checkbox"/>	1.000	z	0.0	0.0	Kragträger Ende frei			
29	Stab	307	<input type="checkbox"/>	1.000	z	0.0	0.0	Kragträger Ende frei			
30	Stab	309	<input type="checkbox"/>	1.000	z	0.0	0.0	Kragträger Ende frei			
31	Stab	311	<input type="checkbox"/>	1.000	z	0.0	0.0	Kragträger Ende frei			
32	Stab	313	<input type="checkbox"/>	1.000	z	0.0	0.0	Kragträger Ende frei			
33											

Bild 2.34: Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

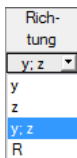


Spalte A steuert, ob die Verformung auf Einzelstäbe, Stablisten oder Stabsätze bezogen werden sollen.



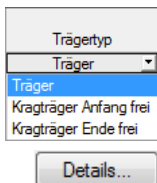
Bei einem Stabsatz oder einer Stabliste muss eine einheitliche Staborientierung und Stabdrehung aller enthaltenen Stäbe gegeben sein. Nur so werden die Verformungsanteile korrekt erfasst.

In Spalte B sind die Nummern der nachzuweisenden Stäbe oder Stabsätze anzugeben bzw. über die Schaltfläche im RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster grafisch auszuwählen. Die *Bezugslänge* erscheint dann automatisch in Spalte D. Dabei werden die Längen der Stäbe, Stabsätze oder Stablisten voreingestellt. Die Werte können nach dem Aktivieren der Spalte C *Manuell* angepasst werden.



In Spalte E ist die maßgebende *Richtung* für den Verformungsnachweis festzulegen. Es stehen die Richtungen der lokalen Stabachsen y und z sowie die resultierende Verformung R zur Auswahl.

In den Spalten F und G kann eine *Überhöhung* w_c berücksichtigt werden. Die beiden Eingabemöglichkeiten beziehen sich auf die Richtungen der Stabachsen y und z (siehe [Bild 2.27, Seite 26](#)).



Für den korrekten Ansatz der Grenzverformungen ist der *Trägertyp* von entscheidender Bedeutung. In Spalte H kann ausgewählt werden, ob ein Träger oder Kragträger vorliegt und welches Ende ohne Lager ist.

Die Vorgabe im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* steuert, ob die Verformungen auf das unverformte Ausgangssystem oder die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden bezogen werden (siehe [Bild 3.3, Seite 41](#)).

2.10 Brandschutz - Stäbe

Diese Eingabemaske verwaltet die Brandschutzparameter für die Stäbe. Sie wird angezeigt, wenn im Register *Brandschutz* der Maske 1.1 entsprechende Angaben vorliegen (siehe [Kapitel 2.1.3, Seite 11](#)).

1.10 Brandschutz - Stäbe

Nr.	Stäbe Nr.	Abbrand vierseitig	Abbrand				Kommentar
			oben	unten	links	rechts	
1	174.177.186-196.198-206.351-362	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	207.209.211.213.215.217.219.221	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	315.316.321-327.329-332	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							

Bild 2.35: Maske 1.10 Brandschutz - Stäbe

Spalte A steuert, für welche Stäbe ein Brandschutznachweis geführt wird. Die Stäbe können über die Schaltfläche grafisch im Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB ausgewählt werden.

In Spalte B ist anzugeben, ob der *Abbrand vierseitig* erfolgt. Ist der Querschnitt nicht von allen Seiten dem Brand ausgesetzt, so ist das Kontrollfeld zu deaktivieren. Damit werden die folgenden Spalten zugänglich, in denen die brandbeanspruchten Seiten des Querschnitts durch Anhaken festgelegt werden können. Aus diesen Vorgaben wird der ideale Restquerschnitt ermittelt.

[Details...](#)

Die allgemeinen Parameter für den Brandschutznachweis werden im Dialog *Details*, Register *Brandschutz* verwaltet (siehe [Bild 3.4, Seite 42](#)).

2.11 Brandschutz - Stabsätze

Diese Eingabemaske verwaltet die Brandschutzparameter von Stabsätzen. Sie wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 Basisangaben mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde und im Register Brandschutz entsprechende Eingaben vorliegen.

1.11 Brandschutz - Stabsätze

Nr.	A	B	C	D			E	F	G
	Stabsätze Nr.	Abbrand vierseitig	oben	unten	links	rechts			Kommentar
1	1-9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	10-18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									

Bild 2.36: Maske 1.11 Brandschutz - Stabsätze

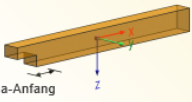
Das Konzept dieser Maske entspricht dem der vorherigen Maske 1.10 Brandschutz - Stäbe. Hier können die Abbrandseiten des Querschnitts wie im Kapitel 2.10 beschrieben definiert werden.

2.12 Parameter

In der letzten Eingabemaske können Querschnittsschwächungen infolge Ausklinkungen sowie Parameter zur Querkraftabminderung am Auflager definiert werden.

1.12 Parameter

Abm. Nr.	A Beziehen auf	B Stab Nr.	C Typ der Reduzierung	D Stelle	E Kommentar
1	Stab	53,55,57,59,61	Ausklinkung	Stabanfang	
2	Stab	54,56,58,60,62	Ausklinkung	Stabende	
3	Stabsatz	1	Querkraftabminderung	Innenfeld	
4					
5					
6					
7					
8					



Einstellungen - Reduktion Nr.1

Abminderungsart		Ausklinkung	
<input type="checkbox"/> Stelle		Stabanfang	
Länge relativ (0 .. 1)		<input type="checkbox"/>	
Abstand vom Stabanfang	a_start	0,200	m
<input type="checkbox"/> Parameter			
Orientierung		Tiefe	
Höheabminderung	h_n	5,00	cm
Ausgeklint von Kante		+z-Achse	
<input type="checkbox"/> Erweiterte Bemessung			
Ausklinkung am Lager		<input checked="" type="checkbox"/>	Nach 6.5.2
Querzug-Verstärkungselemente		Nicht angewendet	
Reduzierung der Querschnittsfläche im Stabilitätsnachweis berücksichtigen		<input type="checkbox"/>	
Andere Daten für Brandschutznachweis einstellen		<input type="checkbox"/>	
Kommentar			

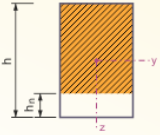
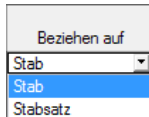


Bild 2.37: Maske 1.12 Parameter

Beziehen auf



Spalte A steuert, ob die weiteren Vorgaben auf Einzelstäbe oder Stabsätze bezogen werden sollen.

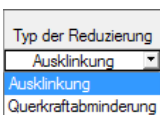
Stab/Stabsatz Nr.

Die Nummern der Stäbe bzw. Stabsätze können in dieser Spalte eingetragen oder mit grafisch im RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster bestimmt werden.



Bei einem Stabsatz ist zu beachten, dass alle enthaltenen Stäbe dieselbe Staborientierung und Stabdrehung aufweisen müssen. Des Weiteren muss die Orientierung des Stabsatzes identisch mit der Orientierung der Stäbe sein. Diese Bedingungen gelten sowohl für Ausklinkungen als auch für Querkraftabminderungen.

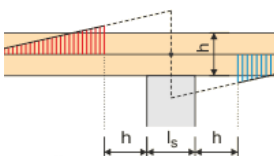
Typ der Reduzierung



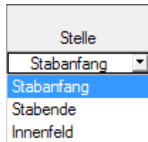
Die Liste bietet eine Auswahlmöglichkeit zwischen den Optionen *Ausklinkung* und *Querkraftabminderung*. Ausklinkungen stellen Querschnittsschwächungen dar, wie sie z. B. an Auflagern oder durch Kerben bei Stabverbindungen vorliegen.

Die Parameter zur Querkraftabminderung im Auflagerbereich sind im deutschen Anhang für [1] (NA.5) zu Abschnitt 6.1.7 wie folgt geregelt:

„Für Biegeträger mit Auflagerung am unteren Trägerrand und Lastangriff am oberen Trägerrand darf der Nachweis der Schubspannungen und gegebenenfalls der Schubverbindungsmitel im Bereich von End- und Zwischenauflagern, wenn dort keine Ausklinkungen und Durchbrüche sind, mit der maßgebenden Querkraft geführt werden. Als maßgebend darf die Querkraft im Abstand h (h = Trägerhöhe über Auflagermitte) vom Auflagertrand angenommen werden.“



Stelle



Für die ausgewählten Elemente ist jeweils festzulegen, wo die Ausklinkung bzw. der Abminderungsbereich vorliegt. Diese Angabe kann auf den Anfang, das Ende oder das Innenfeld des Stabes oder Stabsatzes bezogen werden. Mit einem Klick in das Feld wird die Liste mit den entsprechenden Auswahlmöglichkeiten zugänglich.

Die Abstände der Querschnittsschwächung bzw. Querkraftabminderung entlang der Stabachse beziehen sich auf das statische System, nicht auf den realen Balken.

Kommentar

Die letzte Spalte bietet die Möglichkeit für benutzerdefinierte Erläuterungen.

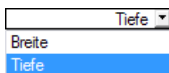
Einstellungen

Im Abschnitt unterhalb der Tabelle können die Details der Ausklinkung bzw. Querkraftabminderung definiert werden. Die verfügbaren Parameter sind auch von der Vorgabe zur *Stelle* abhängig. [Bild 2.38](#) zeigt die Eingabeparameter für die Ausklinkung im Innenfeld eines Stabsatzes.

Ausklinkung

Einstellungen - Reduktion Nr.1			
Abminderungsart		Ausklinkung	
<input type="checkbox"/> Stelle		Innenfeld	
Länge relativ (0 .. 1)		<input type="checkbox"/>	
Eingaberichtung		Vom Stabanfang	
Eingabeverfahren		Anfang und Ende	
Anfangsstelle	Xstart	4.220	m
Endestelle	Xend	4.400	m
Länge	a	0.180	m
<input type="checkbox"/> Parameter			
Orientierung		Tiefe	
Höheabminderung	h _n	50.0	mm
Ausgeklinkt von Kante		+z-Achse	
<input type="checkbox"/> Erweiterte Bemessung			
Kommentar			

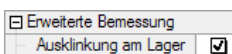
Bild 2.38: Abschnitt *Einstellungen* für Ausklinkung im Innenfeld



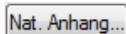
Die Querschnittsreduzierung selbst kann dann über die *Parameter* festgelegt werden. Hierzu ist anzugeben, in welcher Achsenrichtung die Schwächung vorliegt. Die *Tiefe* entspricht der lokalen Stabachse z, die *Breite* der Achse y (siehe [Bild 2.27](#), Seite 26).

Die Abminderung des Querschnitts kann dann im Eingabefeld für h_n bzw. b_n angegeben werden.

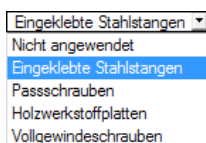
Soll der Querschnitt in seiner Breite und Höhe reduziert werden, so muss der Stab in der Tabelle oben doppelt ausgewählt werden. Dann kann die Orientierung getrennt festgelegt werden.



Ist die Querschnittsschwächung zugleich eine Ausklinkung an einem Auflager, kann die Option *Ausklinkung am Lager* aktiviert werden (nicht für Innenfeld). Damit wird für den Schubnachweis am reduzierten Querschnitt eine reduzierte Schubfestigkeit berücksichtigt, die von der Geometrie der Ausklinkung als Querschnittsschwächung abhängig ist.



Die Höhenbeiwerte k_n für Träger mit Ausklinkungen am Auflager können im Register *Sonstige Einstellungen* des Dialogs *Parameter des Nationalen Anhangs* benutzerdefiniert für Vollholz, Brett-schichtholz und Furnierschichtholz festgelegt werden (siehe [Kapitel 2.1.4](#), Seite 13).



Bei der Bemessung nach EN 1995-1-1 [1] können zusätzliche *Querzug-Verstärkungselemente* nach DIN EN 1995-1-1 NCI NA.6.8.3 bzw. ÖNORM B 1995-1-1 Anhang G.3 definiert werden. Diese Möglichkeit wird nur in den beiden genannten Anhängen erwähnt, ist aber in RF-/HOLZ Pro aber für jeden Nationalen Anhang anwendbar. Die Liste bietet verschiedene Auswahlmöglichkeiten an Querzugverstärkungen.

Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass im Bereich der Ausklinkung ein Riss entsteht und der darunterliegende Teil vollständig über die Verbindungsmittel an den oberen Teil aufgehängt wird.

Des Weiteren kann festgelegt werden, ob die *Reduzierung der Querschnittsfläche im Stabilitätsnachweis* für die Ermittlung des Schlankheitsgrades berücksichtigt werden soll.

Einstellungen - Reduktion Nr.1			
<input type="checkbox"/> Erweiterte Bemessung			
<input type="checkbox"/> Ausklinkung am Lager		<input checked="" type="checkbox"/>	Nach 6.5.2
<input type="checkbox"/> Querkzug-Verstärkungselemente			
<input type="checkbox"/> Anzahl der Verstärkungselemente		Eingeklebte Stahlstang	2
<input type="checkbox"/> Randabstand zum Verbindungsmittel	t	4.00	cm
<input type="checkbox"/> Größe			
<input type="checkbox"/> Außendurchmesser	d_r	1.20	cm
<input type="checkbox"/> Zugspannungsfläche	A_s	0.84	cm ²
<input type="checkbox"/> Klasse			
<input type="checkbox"/> Grenzfestigkeit	f_{ub}	40.000	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Reduzierung der Querschnittsfläche im Stabilitätsnachweis berücksichtigen			
<input type="checkbox"/> Andere Daten für Brandschutznachweis einstellen			
<input type="checkbox"/> Brandbeanspruch			
<input type="checkbox"/> Vier Seite		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Oben		<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Unten		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Links		<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Rechts		<input checked="" type="checkbox"/>	
Kommentar			

Bild 2.39: Abschnitt *Einstellungen* für Querkzugverstärkungen, Stabilitätsnachweis und Brandschutz

Falls ein Brandschutznachweis geführt wird, können *Andere Daten für den Brandschutznachweis* vorgegeben werden, um die brandbeanspruchten Seiten des reduzierten Querschnitts korrekt zu erfassen.

Querkraftabminderung

Für die Querkraftreduzierung am Anfang eines Stabes stehen die in [Bild 2.38](#) gezeigten Eingabeparameter zur Verfügung. Damit kann der geometrische Bereich festgelegt werden, der keine Rolle beim Querkraftnachweis spielen soll.

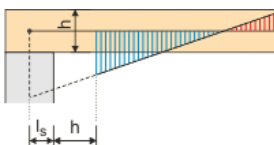
Die Möglichkeit einer Querkraftabminderung ist in folgenden nationalen Anhängen geregelt:

- DIN: NCI zu 6.1.7 (NA.5) (siehe [Seite 35](#))
- ÖNORM: 6.1.7(2)
- SFS: RIL 205-1-2009, 6.1.7

Bei der Bemessung nach einem anderen Anhang findet die Regelung gemäß DIN EN Anwendung.

Einstellungen - Reduktion Nr.4			
Abminderungsart			
<input type="checkbox"/> Stelle		Querkraftabminderung	Stabanfang
Nach DIN EN 1995-1-1/NA NCI Zu 6.1.7 (NA.5)			
<input type="checkbox"/> Länge relativ (0 .. 1)			<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Abstand vom Stabanfang zum Auflagerrand	l_s	0.150	m
<input type="checkbox"/> Schnittgröße			
<input type="checkbox"/> V_y / V_u reduzieren			<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> V_z / V_v reduzieren			<input checked="" type="checkbox"/>
Kommentar			

Bild 2.40: Abschnitt *Einstellungen* für Querkraftabminderung am Auflager



Über den *Abstand vom Stabanfang zum Auflagerrand* l_s kann die Breite der Lagerung erfasst werden. Dieser Abstand bezieht sich wie oben beschrieben auf das statische System, nicht auf den realen Balken.

Des Weiteren ist anzugeben, ob nur die *Schnittgröße* V_z bzw. V_v in Richtung der „schwachen“ Achse (Voreinstellung) oder auch die Querkraft in Richtung der Stabachse y bzw. u für die Abminderung infrage kommt.

3 Berechnung

3.1 Detailsinstellungen

Die Nachweise erfolgen mit den in RFEM bzw. RSTAB ermittelten Schnittgrößen.

Details...

Vor dem Start der Berechnung sollten die Bemessungsdetails überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Maske des Zusatzmoduls über die Schaltfläche [Details] zugänglich.

Der Dialog *Details* gliedert sich in folgende Register:

- Tragfähigkeit
- Stabilität
- Gebrauchstauglichkeit
- Brandschutz
- Sonstige Einstellungen

3.1.1 Tragfähigkeit

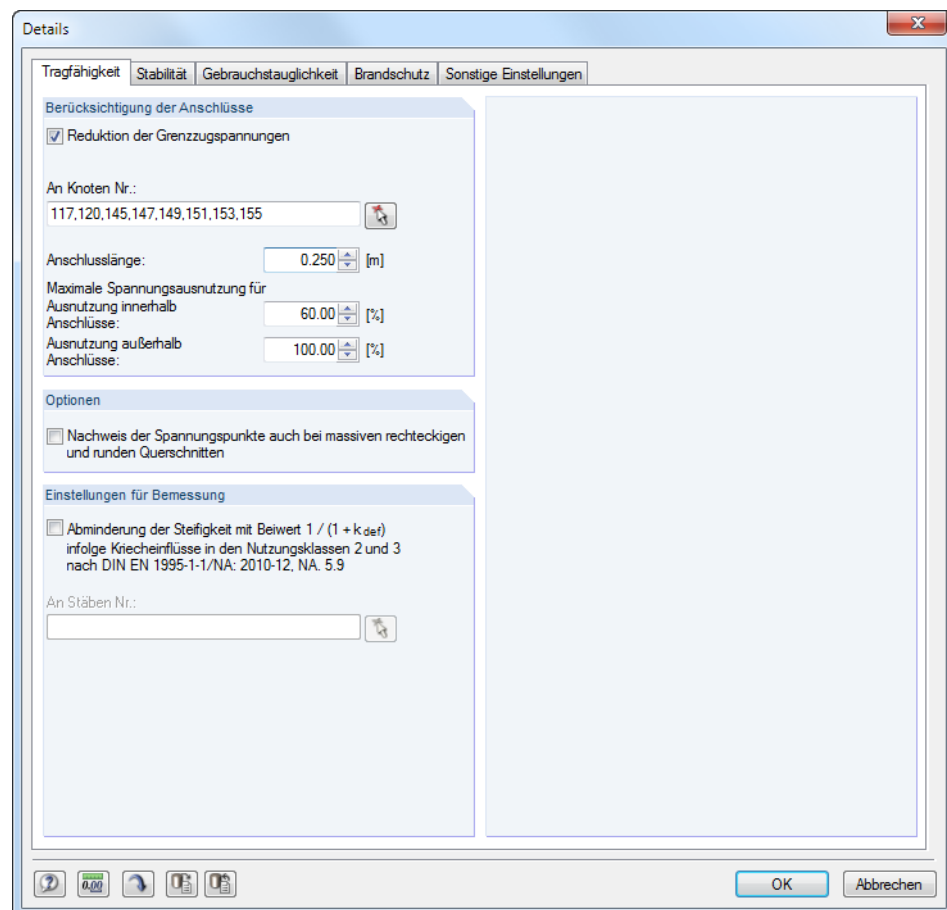



Bild 3.1: Dialog *Details*, Register *Tragfähigkeit*

Berücksichtigung der Anschlüsse

In den Bereichen von Stabanschlüssen liegen häufig Querschnittsschwächungen vor. Dieser Effekt kann durch eine *Reduktion der Grenzzugspannungen* berücksichtigt werden.

Die Nummern der relevanten *Knoten* können manuell eingetragen oder über  grafisch ausgewählt werden.

Die *Anschlusslänge* definiert den Bereich der Stäbe, in dem reduzierte Spannungen gelten. Im Eingabefeld unterhalb ist die *Maximale Spannungsausnutzung* innerhalb des Anschlussbereichs in Prozent anzugeben. Falls erforderlich, kann auch die zulässige Ausnutzung außerhalb des Anschlusses begrenzt werden.

Optionen

Für rechteckige Querschnitte ist bei Doppelbiegung gemäß der Bemessungsnormen eine Abminderung der Spannungen vorgesehen: Die Beanspruchung ist geringer als bei einachsiger Biegung, bei der die Spannungen über die gesamte Querschnittsbreite maximal sind.

Will man die Spannungen unterschiedlicher Querschnitte vergleichen, kann diese Reduzierung durch Anhängen der Option *Nachweis der Spannungspunkte auch bei massiven rechteckigen und runden Querschnitten* aufgehoben werden. Der Nachweis wird dann für jeden Spannungspunkt des Querschnitts geführt.

Die Spannungspunkte der Querschnitte sind im [Kapitel 2.3](#) auf [Seite 21](#) vorgestellt.

Einstellungen für Bemessung

Gemäß deutscher Regelung NCI NA.5.9 ist in den Nutzungsklassen 2 und 3 bei ständigen und quasi-ständigen Lastanteilen größer als 70 % eine *Abminderung der Steifigkeit* vorzunehmen, um den Einfluss des Kriechens zu berücksichtigen:

$$f_{c,0,d} \cdot \frac{1}{1 + k_{\text{def}}} \quad (3.1)$$

Ein E-Modul von 1 100 kN/cm² reduziert sich in NKL 2 somit auf $\frac{1\,100}{(1 + 0,8)} = 611,1$ kN/cm².

Die abgeminderte Steifigkeit wird beim Knicknachweis nach dem Ersatzstabverfahren berücksichtigt.

3.1.2 Stabilität

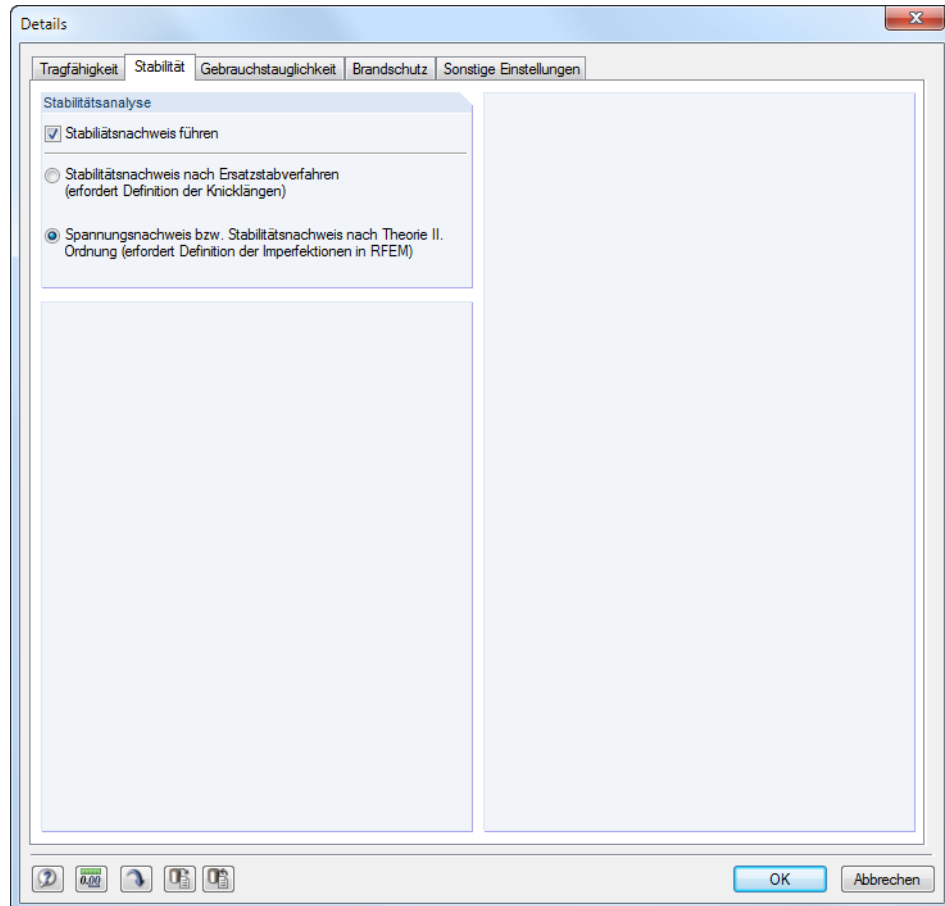
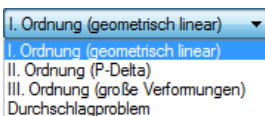


Bild 3.2: Dialog *Details*, Register *Stabilität*

Stabilitätsanalyse

Das Kontrollfeld *Stabilitätsnachweis führen* steuert, ob neben den Querschnittsnachweisen auch eine Stabilitätsanalyse erfolgt. Wird der Haken entfernt, so werden die Eingabemasken 1.5 und 1.6 nicht angezeigt.



Ersatzstabverfahren:
Berechnungsart festlegen

Das *Ersatzstabverfahren* verwendet die in RFEM bzw. RSTAB ermittelten Schnittgrößen. Achten Sie bei diesem Verfahren darauf, dass für Lastkombinationen die Berechnungstheorie nach **I. Ordnung** gewählt ist (Standardeinstellung ist II. Ordnung)! Für den Stabilitätsnachweis sind dann in den Masken 1.5 und 1.6 die effektiven Längen der Stäbe und Stabsätze anzugeben, die durch Druck oder Druck und Biegung beansprucht sind.

Wird die Tragfähigkeit eines Systems entscheidend von seinen Verformungen beeinflusst, sollte der Nachweis nach *Theorie II. Ordnung* gewählt werden. Bei diesem Ansatz müssen in RFEM bzw. RSTAB Imperfektionen definiert und bei den Lastkombinationen berücksichtigt werden. Der Biegeknicknachweis erfolgt im Zuge der erfolgreichen Berechnung dieser Lastkombinationen in RFEM bzw. RSTAB.



Auch bei einer Berechnung nach Theorie II. Ordnung muss der Nachweis gegen Biegedrillknicken geführt werden. Hierzu sind die effektiven Längen L_{cr} der Stäbe oder Stabsätze in Maske 1.5 bzw. 1.6 *Effektive Längen* manuell anzugeben. Damit wird sichergestellt, dass der Biegedrillknicknachweis mit den geeigneten Beiwerten (z. B. 1,0) erfolgt.

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit

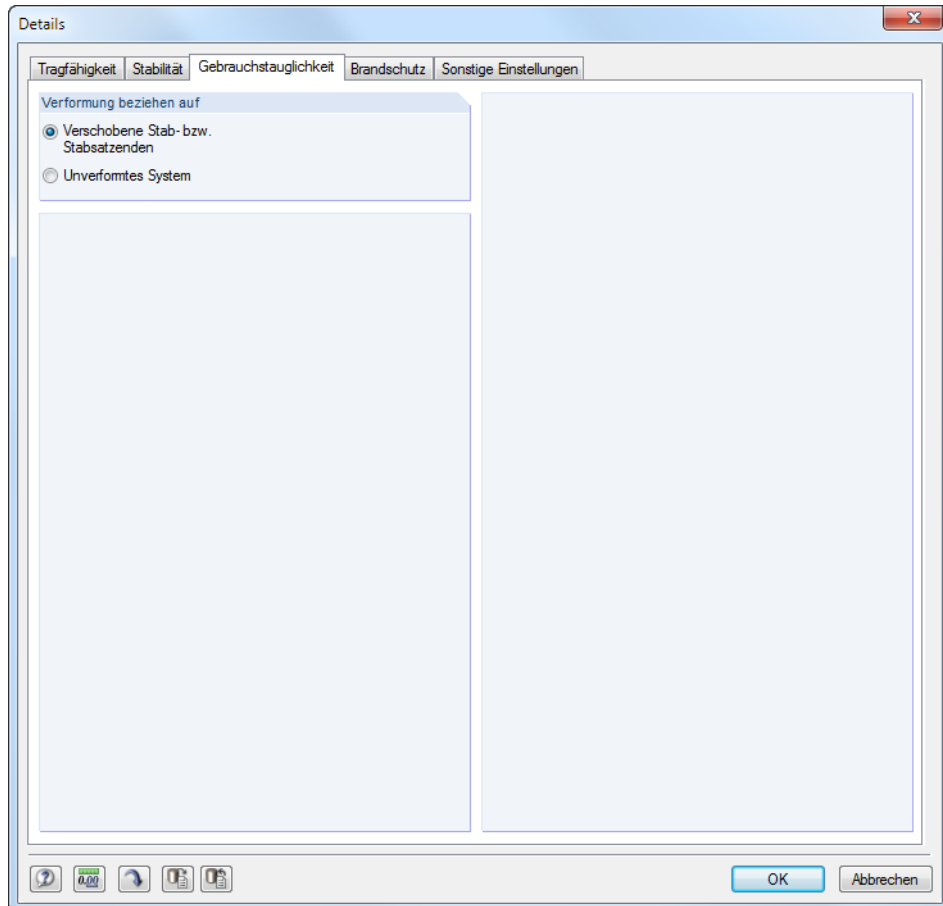


Bild 3.3: Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

Die Auswahlfelder steuern, ob die maximalen Verformungen auf die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden (Verbindungsline zwischen Anfangs- und Endknoten des verformten Systems) oder auf das unverformte Ausgangssystem bezogen werden. In der Regel sind die Verformungen relativ zu den Verschiebungen im Gesamtsystem nachzuweisen.

In folgendem DLUBAL-Artikel ist ein Beispiel für den Bezug von Verformungen vorgestellt:
<https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001081>

Nat. Anhang...

Die Grenzverformungen können im Dialog *Nationaler Anhang* überprüft und ggf. angepasst werden (siehe [Bild 2.9, Seite 12](#)).

3.1.4 Brandschutz

Dieses Register verwaltet die Detailsinstellungen für die Brandschutzbemessung.

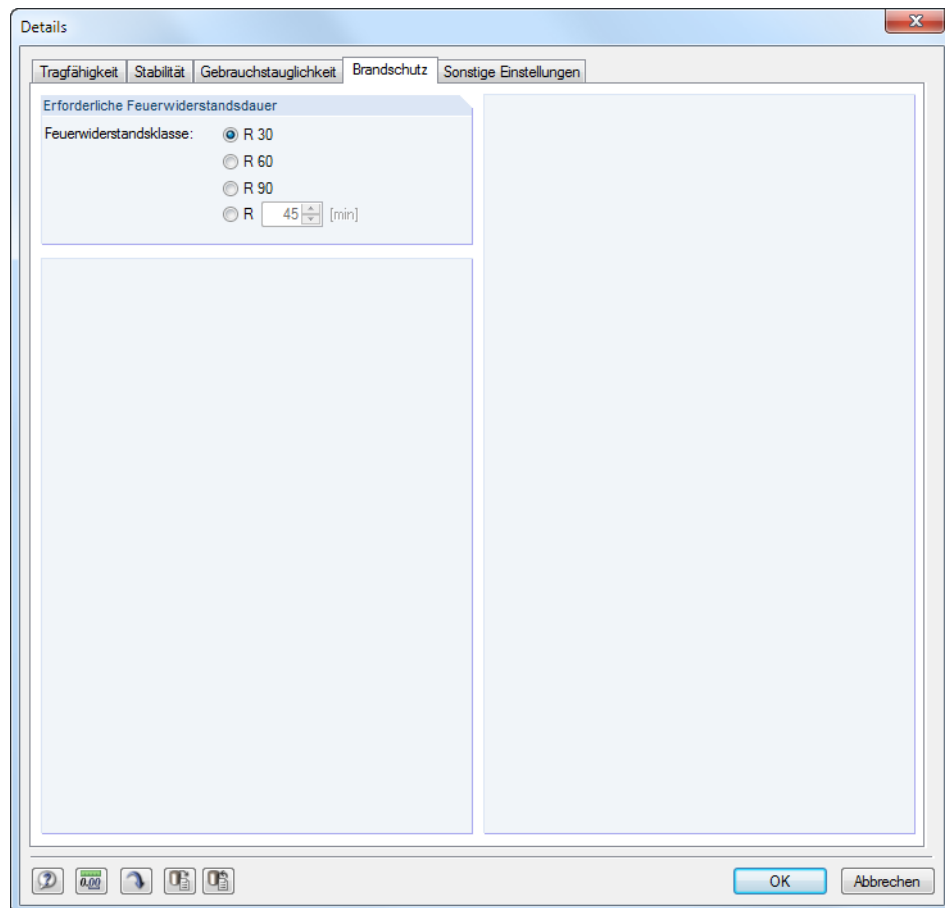


Bild 3.4: Dialog *Details*, Register *Brandschutz*

Die *Feuerwiderstandsklasse* kann direkt ausgewählt oder individuell über eine Zeitangabe der Branddauer festgelegt werden.

Nat. Anhang...

Der Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* verwaltet die normspezifischen Parameter, die für die Brandbemessung bedeutsam sind (siehe [Bild 2.9](#), [Seite 12](#)).

3.1.5 Sonstige Einstellungen

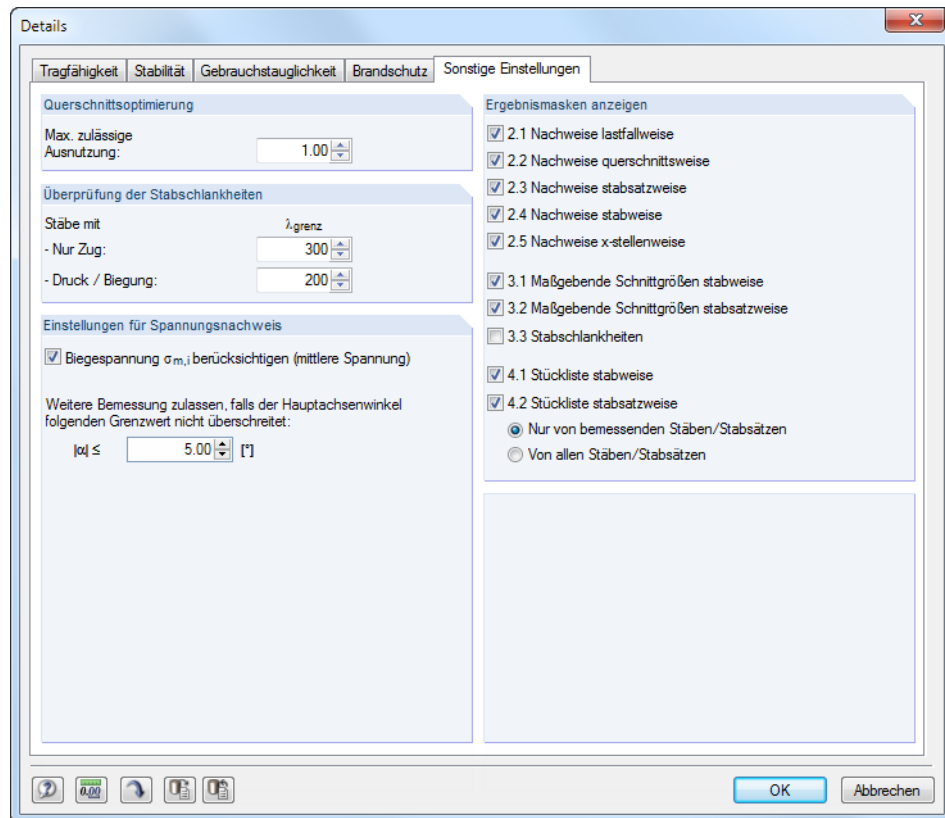


Bild 3.5: Dialog *Details*, Register *Sonstige Einstellungen*

Querschnittsoptimierung

Als Ziel der Optimierung ist eine maximale Ausnutzung von 100 % voreingestellt. Im Eingabefeld kann ggf. eine andere Obergrenze festgelegt werden.

Überprüfung der Stabschlankheiten

Die beiden Eingabefelder regeln die Grenzwerte λ_{grenz} für die Kontrolle der Stabschlankheiten. Es sind separate Vorgaben für Stäbe mit reinen Zugkräften und für Stäbe mit Biegung und Druck möglich.

Der Vergleich der Grenzwerte mit den tatsächlichen Stabschlankheiten erfolgt in Maske 3.3. Diese Ergebnismaske ist nach der Berechnung verfügbar (siehe [Kapitel 4.8, Seite 52](#)), wenn das entsprechende Häkchen im Abschnitt *Ergebnismasken anzeigen* gesetzt ist.

Einstellungen für Spannungsnachweis

Das Kontrollfeld *Biegespannung $\sigma_{m,i}$ berücksichtigen (mittlere Spannung)* steuert, ob beim Nachweis auf Druck und Biegung (Spannungsnachweis und Stabilitätsnachweis auf Knicken) auch der Biegespannungsanteil berücksichtigt wird, der im Schwerpunkt vorliegt.

Im [Kapitel 8.2](#) auf [Seite 82](#) ist in einem Beispiel erläutert, wie die Spannungen aus Biegung in Zug-, Druck- und Biegespannungen aufgeteilt werden.

Die Bemessung von Querschnitten der Kategorie „Parametrische - Massive“ umfasst auch doppelt unsymmetrische Profile. Beim Schubspannungsnachweis nach [Gleichung 5.1](#) auf [Seite 60](#) kann bei ausgeprägten Unsymmetrien die Dicke t zu geringe Spannungen zur Folge haben, da sie auf die Achsen y und z bezogen ist. Das Kontrollfeld *Weitere Bemessung zulassen, falls der Hauptachsenwinkel folgenden Grenzwert nicht überschreitet* ermöglicht es daher, den Winkel α zu begrenzen.

Ergebnismasken anzeigen

Hier kann ausgewählt werden, welche Ergebnismasken einschließlich Stückliste angezeigt werden sollen. Die Masken sind im [Kapitel 4](#) beschrieben.

Die Maske 3.3 *Stabschlankheiten* ist standardmäßig deaktiviert.

3.2 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske des Moduls RF-/HOLZ Pro kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

RF-/HOLZ Pro sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RFEM- bzw. RSTAB-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen.

Die RF-/HOLZ Pro-Berechnung lässt sich auch in der Oberfläche von RFEM bzw. RSTAB starten: Im Dialog *Zu berechnen* (Menü **Berechnung** → **Zu berechnen**) sind die Bemessungsfälle der Zusatzmodule wie Lastfälle oder Lastkombinationen aufgelistet.

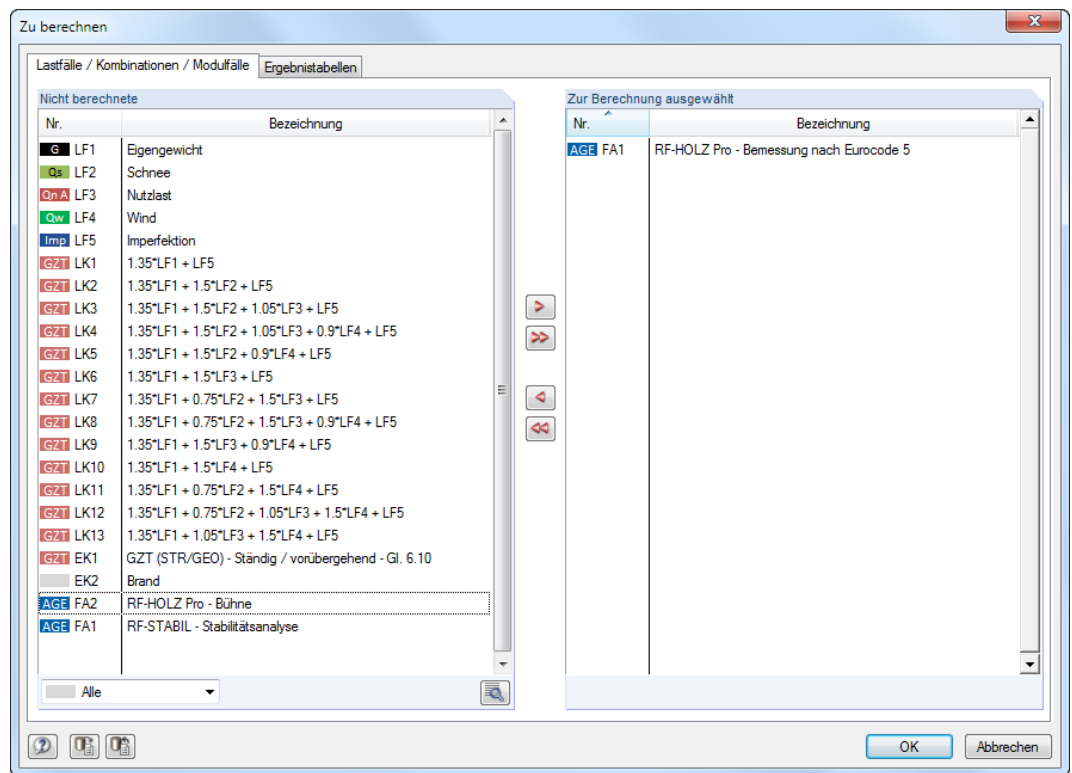
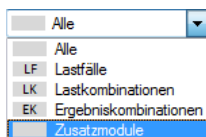


Bild 3.6: Dialog *Zu berechnen*



Falls die RF-/HOLZ Pro-Fälle in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, ist die Selektion am Ende der Liste auf *Alle* oder *Zusatzmodule* zu ändern.

Mit der Schaltfläche werden die selektierten RF-/HOLZ Pro-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.



Ein Bemessungsfall kann auch über die Liste der Symbolleiste direkt berechnet werden: Stellen Sie den RF-/HOLZ Pro-Fall ein und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] an.



Bild 3.7: Direkte Berechnung eines RF-/HOLZ Pro-Bemessungsfalls in RFEM

Der Ablauf der Bemessung kann anschließend in einem Dialog verfolgt werden.

4 Ergebnisse

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*.

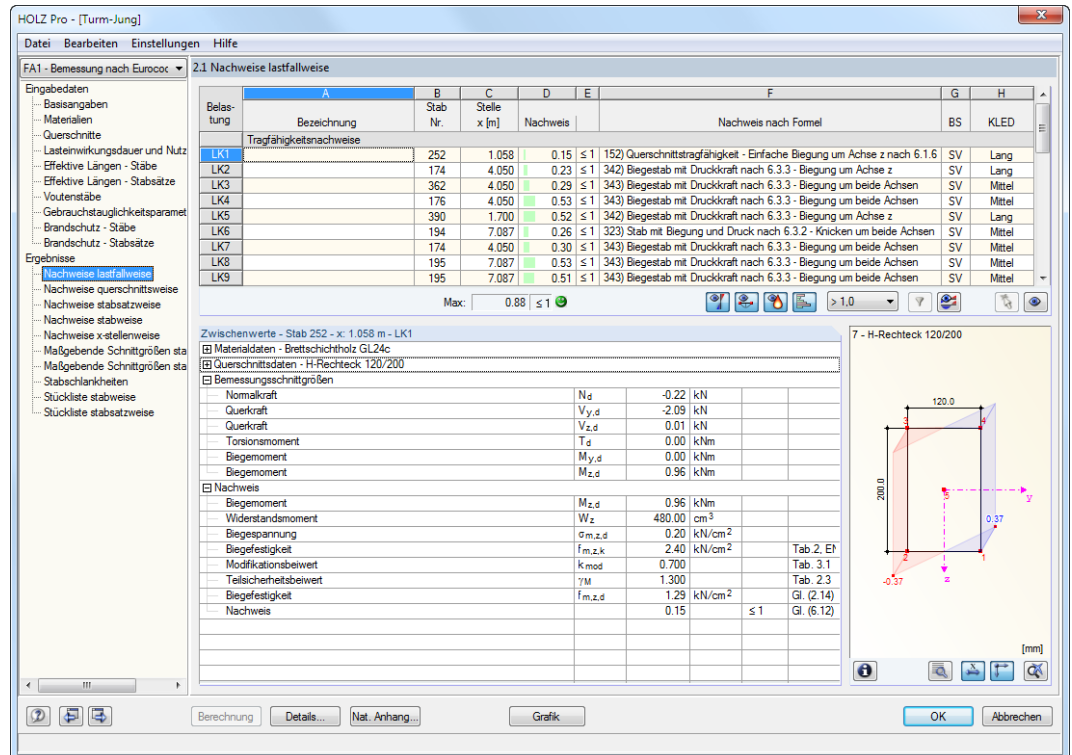


Bild 4.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

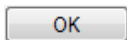
Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 nach verschiedenen Kriterien sortiert.

Die Masken 3.1 und 3.2 listen die maßgebenden Schnittgrößen auf, Maske 3.3 gibt Aufschluss über die Stabschlankheiten.

In den Ergebnismasken 4.1 und 4.2 werden die Stücklisten stab- und stabsatzbezogen ausgegeben.



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



[OK] sichert die Ergebnisse. RF-/HOLZ Pro wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm.

Das Kapitel 4 stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im Kapitel 5 ab Seite 55 beschrieben.

4.1 Nachweise lastfallweise



Der obere Teil der Maske bietet eine nach Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise. Die Liste ist zudem in Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweise untergliedert.

Der untere Teil enthält detaillierte Angaben zu den Querschnittswerten, Bemessungsschnittgrößen und Nachweisparametern des Lastfalls, der im oberen Teil markiert ist.

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A		B	C	D	E	F		G	H
	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis			Nachweis nach Formel	BS	KLED	
Tragfähigkeitsnachweise										
LK3		207	0.000	0.60	≤ 1	152)	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Einfache Biegung um z-Achse nach 6.1.6	SV	Mittel	
LK4		207	0.000	0.60	≤ 1	152)	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Einfache Biegung um z-Achse nach 6.1.6	SV	Mittel	
Gebrauchstauglichkeitsnachweise										
LK17		239	1.000	0.71	≤ 1	416)	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 7.2	GS	Mittel	
LK18		239	1.000	0.88	≤ 1	416)	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 7.2	GS	Lang	
Brandschutznachweise										
EK3	Brand	362	4.050	0.05	≤ 1	833)	Brandschutz - Stab mit Doppelbiegung und Druck nach 6.3.2 - Knicken um beic		Lang	

Max: 0.88 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 207 - x: 0.000 m - LK3

- Materialdaten - Pappel und Nadelholz C24
- Querschnittsdaten - H-Rechteck 80/200
- Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N _d	0.00	kN
Querkraft	V _{y,d}	3.47	kN
Querkraft	V _{z,d}	0.00	kN
Torsionsmoment	T _d	0.00	kNm
Biegemoment	M _{y,d}	0.00	kNm
Biegemoment	M _{z,d}	1.89	kNm
- Nachweis

Biegemoment	M _{z,d}	1.89	kNm
Widerstandsmoment	S _z	213.33	cm ³
Biegespannung	σ _{m,z,d}	8.84	N/mm ²
Biegefestigkeit	f _{m,z,k}	24.00	N/mm ²
Modifikationsbeiwert	k _{mod}	0.800	
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.300	
Biegefestigkeit	f _{m,z,d}	14.77	N/mm ²
Nachweis	η	0.60	≤ 1

7 - H-Rechteck 80/200

Bild 4.2: Maske 2.1 Nachweise lastfallweise

Bezeichnung

Zur Information werden die Bezeichnungen der Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen angezeigt, für die die Nachweise geführt wurden.

Stab Nr.

Es wird jeweils die Nummer des Stabes angegeben, der die höchste Ausnutzung für die bemessene Einwirkung aufweist.

Stelle x

An dieser x-Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor. Für die tabellarische Ausgabe werden folgende Stabstellen x verwertet:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16 bzw. RSTAB-Tabelle 1.6)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM/RSTAB-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

Nachweis

Max: 0.96 ≤ 1

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen gemäß Norm ([1], [2] oder [3]) ausgegeben.

Die Länge des farbigen Balkens stellt die jeweilige Ausnutzung in grafischer Form dar.

Nachweis nach Formel

Diese Spalte listet die Gleichungen der Norm auf, mit denen die Nachweise geführt wurden.

BS

Die Spalte G gibt Aufschluss über die nachweisrelevanten Bemessungssituationen (BS): SV bzw. AU für Tragfähigkeit (siehe Bild 2.6, Seite 9) oder eine der Bemessungssituationen GS, GCQ, GQ bzw. GQ1 für Gebrauchstauglichkeit gemäß Vorgabe in Maske 1.1 Basisangaben (siehe Bild 2.7, Seite 10).

KLED

In Spalte H finden sich die Klassen der Lasteinwirkungsdauer wieder, die in Maske 1.4 definiert wurden (siehe Kapitel 2.4, Seite 22). Sie beeinflussen die Modifikationsbeiwerte k_{mod} .

4.2 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Nachweis nach Formel		
2	H-Kreis 200					
169	0.000	LK3	0.01 ≤ 1	102	Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4	
124	0.000	LK4	0.04 ≤ 1	113	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft bei Doppelbiegung nach 6.1.7(1)	
172	0.000	LK4	0.46 ≤ 1	173	Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung und Druck nach 6.2.4	
169	0.000	LK3	0.38 ≤ 1	303	Druckstab mit planmäßig mittigem Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achse	
172	0.000	LK4	0.80 ≤ 1	333	Stab mit Doppelbiegung und Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen	
3	H-Rechteck 80/220					
164	0.000	LK3	0.00 ≤ 1	101	Querschnittstragfähigkeit - Zug in Faserrichtung nach 6.1.2	
23	0.000	LK3	0.01 ≤ 1	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7	

Max: 0.88 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 172 - x: 0.000 m - LK4

- Materialdaten - Brettschichtholz GL24c
- Querschnittsdaten - H-Kreis 200
- Bemessungsdaten
- Nachweis

Normalkraft (Druck)	N _d	8.34	kN	
Querschnittsfläche	A	314.16	cm ²	
Druckspannung	σ _{e,0,d}	0.03	kN/cm ²	
Ersatzstablänge	L _{er,y}	13.462	m	
Trägheitsradius	i _y	50.0	mm	
Schlankheitsgrad	λ _y	269.240		
Ersatzstablänge	L _{er,z}	13.462	m	
Trägheitsradius	i _z	50.0	mm	
Schlankheitsgrad	λ _z	269.240		
Druckfestigkeit	f _{e,0,k}	2.10	kN/cm ²	Tab. 2, E1
Elastizitätsmodul	E _{0,05}	940.00	kN/cm ²	Tab. 2, E1
Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{rel,y}	4.051	> 0.30	Gl. (6.21)
Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{rel,z}	4.051	> 0.30	Gl. (6.21)
Faktor	β _c	0.100		Gl. (6.29)
Hilfsknickbeiwert	k _y	8.892		Gl. (6.27)
Knickbeiwert	k _{o,y}	0.059		Gl. (6.25)
Hilfsknickbeiwert	k _z	8.892		Gl. (6.28)
Knickbeiwert	k _{o,z}	0.059		Gl. (6.26)

Bild 4.3: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise

Diese Maske listet die maximalen Ausnutzungen aller zur Bemessung gewählten Stäbe und Einwirkungen nach Querschnitten sortiert auf. Die Ergebnisse sind jeweils nach Querschnitts- und Stabilitätsnachweisen sowie Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweisen geordnet.

Liegt eine Voute vor, so werden die Querschnitte des Stabanfangs und -endes separat aufgelistet.

4.3 Nachweise stabsatzweise

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Belastung	D Nachweis	E	F Nachweis nach Formel
1	Stabsatz 1 (Stab Nr. 174,189)					
	174	4.050	LK16	0.00	≤ 1	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformungen
	189	4.252	LK17	0.00	≤ 1	401) Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 7.2 - Innenfeld, z-Richtung
	189	4.961	LK17	0.49	≤ 1	406) Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 7.2 - Innenfeld, y-Richtung
	174	4.050	LK6	0.01	≤ 1	602) Brandschutz - Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
	189	7.087	LK6	0.00	≤ 1	611) Brandschutz - Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
	174	4.050	LK6	0.01	≤ 1	672) Brandschutz - Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z und Druck nach 6.2.3
	189	2.835	LK6	0.00	≤ 1	683) Brandschutz - Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck am faserparallelen Rand nach 6.4.2
	189	7.087	LK6	0.01	≤ 1	686) Brandschutz - Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung und Druck am faserparallelen Rand nach 6.4.2 und 6.2.4
	189	2.835	LK6	0.00	≤ 1	693) Brandschutz - Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Zugrand) und Druck am angeschnittenen R

Max: 0.88 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 189 - x: 4.961 m - LK17

Materialdaten - Brettschichtholz GL24c

Querschnittsdaten - H-Rechteck 200/482

Verformungen

Richtung x	W _x	-0.1	mm
Richtung y	W _y	22.7	mm
Richtung z	W _z	-0.1	mm

Nachweis

Verformung am Innenfeld	W _{inst,y}	11.6	mm
Bezugslänge	l	7.087	m
Grenzwertkriterium	l / (W _{inst,y}) _{grenz}	300.00	
Grenzwert der Verformung	W _{inst,grenz,y}	23.6	mm
Nachweis	η	0.49	≤ 1 Tab. 7.2

Bild 4.4: Maske 2.3 Nachweise stabsatzweise

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. Die maximalen Ausnutzungen sind hier nach Stabsätzen geordnet aufgelistet.

In Spalte *Stab Nr.* wird die Nummer des Stabes im Stabsatz angegeben, der jeweils die höchste Ausnutzung für die einzelnen Bemessungskriterien aufweist.

Bei der stabsatzweisen Ausgabe liegt der Nachweis übersichtlich für eine Baugruppe vor (z. B. einen Gurt).

4.4 Nachweise stabweise

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis	Nachweis nach Formel		
221	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200				
	1.000	LK10	0.00	≤ 1	100) Querschnittstragfähigkeit - Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen
	0.000	LK3	0.14	≤ 1	112) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vy nach 6.1.7
	0.000	LK3	0.27	≤ 1	152) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.6
223	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200				
	0.950	LK1	0.00	≤ 1	100) Querschnittstragfähigkeit - Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen
	0.000	LK3	0.14	≤ 1	112) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vy nach 6.1.7
	0.000	LK3	0.27	≤ 1	152) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.6

0.88 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 221 - x: 0.000 m - LK3

Materialdaten - Brettschichtholz GL24c

Querschnittsdaten - H-Rechteck 120/200

Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N _d	0.00	kN
Querkraft	V _{y,d}	3.47	kN
Querkraft	V _{z,d}	0.00	kN
Torsionsmoment	T _d	0.00	kNm
Biegemoment	M _{y,d}	0.00	kNm
Biegemoment	M _{z,d}	1.89	kNm

Nachweis

Biegemoment	M _{z,d}	1.89	kNm
Widerstandsmoment	W _z	480.00	cm ³
Biegespannung	σ _{m,z,d}	0.39	kN/cm ²
Biegefestigkeit	f _{m,z,k}	2.40	kN/cm ²
Modifikationsbeiwert	k _{mod}	0.800	
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.300	
Biegefestigkeit	f _{m,z,d}	1.48	kN/cm ²
Nachweis		0.27	≤ 1

7 - H-Rechteck 120/200

Bild 4.5: Maske 2.4 Nachweise stabweise

Diese Ergebnismaske präsentiert die maximalen Ausnutzungen für die einzelnen Nachweise nach Stabnummern geordnet. Die Spalten sind im Kapitel 4.1 auf Seite 46 erläutert.

4.5 Nachweise x-stellenweise

2.5 Nachweise x-stellenweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis	Nachweis nach Formel		
73	Querschnitt Nr. 2 - H-Kreis 220				
	0.000	LK11	0.04	≤ 1	113) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft bei Doppelbiegung nach 6.1.7(1)
	0.000	LK10	0.38	≤ 1	173) Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung und Druck nach 6.2.4
	0.000	LK11	0.61	≤ 1	333) Stab mit Doppelbiegung und Druck nach 6.3.2 - Kriechen um beide Achsen
	0.196	LK11	0.04	≤ 1	113) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft bei Doppelbiegung nach 6.1.7(1)
	0.196	LK10	0.36	≤ 1	173) Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung und Druck nach 6.2.4
74	Querschnitt Nr. 3 - H-Rechteck 80/220				
	0.000	LK1	0.01	≤ 1	112) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vy nach 6.1.7

0.88 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 73 - x: 0.000 m - LK11

Materialdaten - Brettschichtholz GL24c

Querschnittsdaten - H-Kreis 220

Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N _d	-9.30	kN
Querkraft	V _{y,d}	-1.34	kN
Querkraft	V _{z,d}	0.45	kN
Torsionsmoment	T _d	0.00	kNm
Biegemoment	M _{y,d}	-0.29	kNm
Biegemoment	M _{z,d}	-5.09	kNm

Nachweis

Querkraft	V _{y,d}	1.34	kN
Querkraft	V _{z,d}	0.45	kN
Querschnittsdurchmesser	d	220.0	mm
Schubkorrekturfaktor	k _{sz}	0.714	
Effektive Fläche	A _{ef}	271.52	cm ²
Schubspannung	τ _d	0.01	kN/cm ²
Schubfestigkeit	f _{v,k}	0.35	kN/cm ²
Modifikationsbeiwert	k _{mod}	0.700	
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.300	
Schubfestigkeit	f _{v,d}	0.19	kN/cm ²
Nachweis		0.04	≤ 1

2 - H-Kreis 220

Bild 4.6: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

Diese Ergebnismaske listet die Maxima für jeden Stab an sämtlichen Stellen x auf, die sich aus den Teilungspunkten von RFEM bzw. RSTAB ergeben:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16 bzw. RSTAB-Tabelle 1.6)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM/RSTAB-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Diese Maske weist für jeden Stab die maßgebenden Schnittgrößen aus – die Schnittgrößen, die bei den einzelnen Nachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab Nr.	A			B			C			D			E			F			G			H			I
	Stelle x [m]	Lastfall	N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	Bemessung nach Gleichung																
248	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200																								
	0.000	LK12	-0.70	-1.29	0.01	0.00	-0.01	-0.89	102	Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4															
	1.058	LK7	-0.42	-3.91	0.01	0.01	0.00	1.68	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.42	-3.91	0.01	0.01	0.00	1.68	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.42	-3.91	0.01	0.01	0.00	1.68	152	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.7															
	1.058	LK12	-0.70	-3.11	0.01	0.00	0.00	1.36	172	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z und Druck															
	1.058	LK12	-0.70	-3.11	0.01	0.00	0.00	1.36	342	Biegestab mit Druckkraft nach 6.3.3 - Biegung um Achse z															
249	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200																								
	1.058	LK7	-0.39	-3.56	0.01	0.00	0.00	1.53	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.39	-3.56	0.01	0.00	0.00	1.53	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.39	-3.56	0.01	0.00	0.00	1.53	152	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.7															
250	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200																								
	1.058	LK7	-0.39	-3.54	0.01	0.00	0.00	1.52	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7															
	1.058	LK12	-0.41	-2.96	0.00	0.00	0.00	1.29	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.39	-3.54	0.01	0.00	0.00	1.52	152	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.7															
251	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200																								
	1.058	LK7	-0.42	-3.82	0.01	0.00	0.00	1.62	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7															
	1.058	LK8	-0.46	-3.77	0.01	0.00	0.00	1.60	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.42	-3.82	0.01	0.00	0.00	1.62	152	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.7															
252	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200																								
	1.058	LK7	-0.40	-4.26	0.01	0.00	0.00	1.79	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7															
	1.058	LK8	-0.47	-4.24	0.00	0.00	0.00	1.78	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach 6.1.7															
	1.058	LK7	-0.40	-4.26	0.01	0.00	0.00	1.79	152	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.7															
	0.000	LK14	-0.16	-1.12	0.01	0.00	-0.01	-0.68	400	Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformungen															
	0.582	LK20	-0.29	-2.28	0.01	0.00	0.00	0.15	401	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 6.1.7															
	0.159	LK25	-0.32	-1.52	0.00	0.00	0.00	-0.64	406	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 6.1.7															
253	Querschnitt Nr. 7 - H-Rechteck 120/200																								
	1.058	LK8	-0.41	-3.88	0.03	0.00	0.00	1.65	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7															
	1.058	LK12	-0.36	-3.45	0.02	0.00	0.00	1.48	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach 6.1.7															

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stelle x

An dieser x -Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor.

Lastfall

In dieser Spalte sind die Nummern des Lastfalls bzw. der Last- oder Ergebniskombination angegeben, deren Schnittgrößen zur höchsten Ausnutzung führen.

Kräfte / Momente

Es werden für jeden Stab die Normal- und Querkräfte sowie Torsions- und Biegemomente ausgewiesen, die bei den einzelnen Querschnitts-, Stabilitäts-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

Bemessung nach Gleichung

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Gleichungen, mit denen die Nachweise nach der gewählten Norm geführt wurden.

4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A		B		C		D		E	F			G		H	I
	Stelle x [m]	Lastfall	N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	Momente [kNm]			Bemessung nach Gleichung				
1	Stabzug 1 (Stab Nr. 174,189)															
	6.733	LK8	-14.26	-0.02	0.34	0.16	0.05	-6.38	102	Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4						
	7.087	LK2	-8.09	0.02	0.41	0.00	0.50	-0.15	111	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _z nach 6.1.7						
	3.240	LK11	-4.29	3.93	0.11	0.00	0.03	-4.73	112	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y nach 6.1.7						
	4.050	LK11	-4.08	3.59	0.14	0.00	0.13	-7.77	113	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft bei Doppelbiegung						
	5.670	LK9	-13.79	0.25	0.24	0.16	-0.31	-6.25	121	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Torsion nach 6.1.8						
	6.733	LK10	-6.37	-0.07	0.36	0.27	0.17	-10.38	131	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _z und Torsion nach						
	5.137	LK10	-7.22	0.60	0.22	0.27	-0.29	-9.96	132	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y und Torsion nach						
	7.087	LK10	-6.20	-0.22	0.38	0.27	0.30	-10.33	133	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y , V _z und Torsion						
	4.050	LK12	-6.57	3.61	0.06	0.00	-0.02	-7.81	172	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z und Druck						
	3.189	LK6	-15.25	0.03	0.01	-0.01	-0.59	-0.10	183	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck						
	4.050	LK10	-3.08	3.58	0.18	0.00	0.24	-7.76	186	Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung und Druck am faserparallel						
	3.189	LK6	-15.25	0.03	0.01	-0.01	-0.59	-0.10	193	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Zugrand)						
	5.137	LK10	-7.22	0.60	0.22	0.27	-0.29	-9.96	196	Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung (Zugrand) und Druck am						
	3.037	LK1	-3.46	0.04	0.12	0.00	0.10	-0.04	203	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Druckrand)						
	4.050	LK10	-3.08	3.58	0.18	0.00	0.24	-7.76	206	Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung (Druckrand) und Druck an						
	2.632	LK7	-8.18	0.08	-0.06	0.00	-0.06	-0.04	303	Druckstab mit planmäßig mittigem Druck nach 6.3.2 - Knicken um be						
	2.632	LK3	-8.10	0.08	-0.06	0.00	-0.10	-0.04	323	Stab mit Biegung und Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen						
	2.632	LK3	-8.10	0.08	-0.06	0.00	-0.10	-0.04	341	Biegestab mit Druckkraft nach 6.3.3 - Biegung um Achse y						
	4.050	LK12	-6.57	3.61	0.06	0.00	-0.02	-7.81	342	Biegestab mit Druckkraft nach 6.3.3 - Biegung um Achse z						
	4.050	LK11	-4.08	3.59	0.14	0.00	0.13	-7.77	343	Biegestab mit Druckkraft nach 6.3.3 - Biegung um beide Achsen						
	4.050	LK14	-2.39	0.03	0.12	0.00	0.16	-0.05	400	Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformungen						
	4.252	LK26	-8.97	0.72	0.09	0.18	-0.39	-6.18	401	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach						
	4.961	LK25	-9.33	0.47	0.14	0.18	-0.29	-6.60	406	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach						
2	Stabzug 2 (Stab Nr. 176,190)															
	6.379	LK7	-14.47	0.03	0.33	-0.01	0.08	-0.21	102	Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4						
	6.733	LK11	-11.86	-0.07	1.04	0.25	8.48	-9.76	111	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _z nach 6.1.7						
	4.050	LK11	-5.11	3.36	-1.08	0.00	0.47	-7.29	113	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft bei Doppelbiegung						
	6.733	LK10	-10.84	-0.07	1.03	0.25	8.42	-9.75	131	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _z und Torsion nach						
	7.087	LK10	-10.66	-0.21	1.01	0.25	8.79	-9.70	133	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft V _y , V _z und Torsion						
	0.354	LK5	-15.35	1.72	0.75	0.15	0.37	-0.86	172	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z und Druck						
	3.240	LK1	-3.51	0.03	0.12	0.00	0.11	-0.04	183	Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck						
	4.050	LK10	-4.13	3.36	-1.04	0.00	0.57	-7.28	186	Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung und Druck am faserparallel						

Bild 4.8: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Diese Maske weist für jeden Stabsatz die Schnittgrößen aus, die bei den einzelnen Nachweisen zu den höchsten Ausnutzungen führen.

4.8 Stabschlankheiten

3.3 Stabschlankheiten

Stab Nr.	A Beanspruchung	B Länge L [m]	C k_y [-]	D Starke Achse y		E Schwache Achse z		
				i_y [mm]	λ_y [-]	k_z [-]	i_z [mm]	λ_z [-]
11	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
14	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
17	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
20	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
23	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
56	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
58	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
59	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
61	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
62	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
64	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
65	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
67	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
68	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
70	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
71	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
73	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
74	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
76	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
77	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
79	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
80	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
82	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
83	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
85	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
86	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
88	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
89	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612
91	Druck / Biegung	0.196	1.000	55.0	3.571	1.000	55.0	3.571
92	Druck / Biegung	1.700	1.000	63.5	26.768	1.000	23.1	73.612

Stäbe mit Druck / Biegung:
 Max λ_y : 29.445 ≤ 200 ✓
 Max λ_z : 73.612 ≤ 200 ✓

Bild 4.9: Maske 3.3 Stabschlankheiten

Details...

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Sonstige Einstellungen* das entsprechende Häkchen gesetzt ist (siehe Bild 3.5, Seite 43).

Details...

Die Tabelle listet die effektiven Schlankheitsgrade der bemessenen Stäbe für beide Hauptachsenrichtungen auf. Sie wurden in Abhängigkeit von der Lastart ermittelt. Am Ende der Liste findet sich ein Vergleich mit den Grenzwerten, die im Dialog *Details*, Register *Sonstige Einstellungen* definiert sind (siehe Bild 3.5, Seite 43).

Stäbe des Typs „Zugstab“ oder „Seil“ sind in dieser Tabelle ausgeblendet.

Die Tabelle dient nur der Information. Es ist keine Stabilitätsbemessung der Schlankheiten vorgesehen.

4.9 Stückliste stabweise

Abschließend erscheint eine Bilanz der im Bemessungsfall behandelten Querschnitte.

4.1 Stückliste stabweise

Position Nr.	A Querschnitt Bezeichnung	B Anzahl Stäbe	C Länge [m]	D Gesamtlänge [m]	E Oberfläche [m ²]	F Volumen [m ³]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	Gesamtmasse [t]
1	3 - H-Rechteck 80/220	57	1.70	96.90	58.14	1.71	6.16	10.47	0.597
2	2 - H-Kreis 300	55	0.20	10.80	10.18	0.76	24.74	4.86	0.267
3	2 - H-Kreis 300	1	0.07	0.07	0.07	0.01	24.74	1.77	0.002
4	2 - H-Kreis 300	1	0.13	0.13	0.12	0.01	24.74	3.09	0.003
5	7 - H-Rechteck 180/200	18	1.00	18.00	13.68	0.65	12.60	12.60	0.227
6	7 - H-Rechteck 180/200	18	1.06	19.04	14.47	0.69	12.60	13.33	0.240
7	12 - H-Rechteck 80/200	18	1.00	18.00	10.08	0.29	5.92	5.92	0.107
8	12 - H-Rechteck 80/200	18	1.69	30.44	17.05	0.49	5.92	10.01	0.180
9	7 - H-Rechteck 180/200	19	1.70	32.30	24.55	1.16	12.60	21.42	0.407
Summe		205		225.68	148.33	5.75			2.030

Bild 4.10: Maske 4.1 Stückliste stabweise

Details...

In dieser Liste sind per Voreinstellung nur die bemessenen Stäbe erfasst. Wird eine Stückliste für alle Stäbe des Modells benötigt, so kann dies im Dialog *Details*, Register *Sonstige Einstellungen* eingestellt werden (siehe Bild 3.5, Seite 43).

Position Nr.

Das Programm vergibt Positionsnummern für gleichartige Stäbe.

Querschnitt Bezeichnung

In dieser Spalte sind die Querschnittsnummern und -bezeichnungen aufgelistet.

Anzahl Stäbe

Es wird für jede Position angegeben, wie viele gleichartige Stäbe zur Verwendung kommen.

Länge

Hier wird jeweils die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

Gesamtlänge

Die Werte in dieser Spalte stellen jeweils das Produkt aus den beiden vorherigen Spalten dar.

Oberfläche



Es werden positionsweise die auf die Gesamtlänge bezogenen Oberflächen angegeben. Diese werden aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt, die in den Masken 1.3 sowie 2.1 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen einsehbar ist (siehe [Bild 2.21](#), [Seite 20](#)).

Volumen

Das Volumen einer Position ermittelt sich aus der Querschnittsfläche und der Gesamtlänge.

Quers.-Masse

Die *Querschnittsmasse* stellt das auf einen Meter Länge bezogene Profilvergewicht dar. Bei Voutenquerschnitten erfolgt eine Mittelung der beiden Profilkennwerte.

Masse

Die Werte dieser Spalte ermitteln sich jeweils aus dem Produkt der Spalten C und G.

Gesamtmasse

In der letzten Spalte wird das Gesamtgewicht jeder Position angegeben.

Summe

Am Ende der Liste befindet sich eine Bilanz mit den Summen der Spalten B, D, E, F und I. Das letzte Feld *Gesamtmasse* gibt Aufschluss über die insgesamt benötigte Holzmenge.

4.10 Stückliste stabsatzweise

4.2 Stückliste stabsatzweise

Position Nr.	A Stabsatz- Bezeichnung	B Anzahl Stabsatz	C Länge [m]	D Gesamtlänge [m]	E Oberfläche [m ²]	F Volumen [m ³]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	I Gesamtmasse [t]
1	Stabzug 1	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
2	Stabzug 2	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
3	Stabzug 3	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
4	Stabzug 4	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
5	Stabzug 5	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
6	Stabzug 6	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
7	Stabzug 7	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
8	Stabzug 8	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
9	Stabzug 9	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
10	Stabzug 10	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
11	Stabzug 11	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
12	Stabzug 12	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
13	Stabzug 13	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
14	Stabzug 14	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
15	Stabzug 15	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
16	Stabzug 16	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
17	Stabzug 17	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
18	Stabzug 18	1	11.14	11.14	14.60	1.01	31.88	355.07	0.355
Summe		18		200.47	262.80	18.26			6.391

Bild 4.11: Maske 4.2 Stückliste stabsatzweise

Die letzte Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. Sie bietet eine Übersicht über die Holzpositionen von Baugruppen wie z. B. Gurten.

Die Spalten sind im vorherigen Kapitel erläutert. Bei unterschiedlichen Querschnitten im Stabsatz werden Oberfläche, Volumen und Querschnittsmasse gemittelt.

5 Ergebnisauswertung

Für die Auswertung der Ergebnisse sind auch die Schaltflächen unterhalb der Tabelle hilfreich.

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Nachweis nach Formel		
2	H-Kreis 200					
4	0.196	LK2	0.04	≤ 1	102	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Druckspannung in Faserrichtung nach 6.1.4
127	0.000	LK5	0.07	≤ 1	113	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Schub aus Querkraft bei Doppelbiegung nach 6.1.7(1)
172	0.000	LK5	0.49	≤ 1	173	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Doppelbiegung und Druck nach 6.2.4
4	0.196	LK2	0.00	≤ 1	303	Druckstab mit Normdruck nach 6.3.2 - Knicken um beiden Achsen
172	0.000	LK5	0.49	≤ 1	333	Stab mit Doppelbiegung und Druck nach 6.3.2 - Knicken um beiden Achsen
3	H-Rechteck 80/220					
2	0.000	LK7	0.00	≤ 1	101	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Zug in Faserrichtung nach 6.1.2
1	0.000	LK1	0.01	≤ 1	112	Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Schub aus Querkraft V_y nach 6.1.7

Max: 1.02 > 1.0

Zwischenwerte - Stab 172 - x: 0.000 m - LK5

- Materialdaten - Pappel und Nadelholz C30
- Querschnittsdaten - H-Kreis 200
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Normalkraft (Druck)	N_d	7.36	kN		
Querschnittsfläche	A	314.16	cm ²		
Druckspannung	$\sigma_{o,d}$	0.23	N/mm ²		
Ersatzstablänge	$L_{er,y}$	0.125	m		
Trägheitsradius	i_y	50.0	mm		
Schlankheitsgrad	λ_y	2.500			
Ersatzstablänge	$L_{er,z}$	0.125	m		
Trägheitsradius	i_z	50.0	mm		
Schlankheitsgrad	λ_z	2.500			
Druckfestigkeit	$f_{o,d,k}$	23.00	N/mm ²		Tab. 1, E ¹
Elastizitätsmodul	$E_{o,05}$	8000.00	N/mm ²		Tab. 1, E ¹
Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{rel,y}$	0.043		≤ 0.30	Gl. (6.21)
Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{rel,z}$	0.043		≤ 0.30	Gl. (6.21)
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.700			Tab. 3.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.550			Tab. 2.3
Druckfestigkeit	$f_{o,d}$	10.39	N/mm ²		Gl. (2.14)
Moment	M_d	5.18	kNm		
Widerstandsmoment	S	785.40	cm ³		

Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Tragfähigkeit	Blendet die Ergebnisse des Tragfähigkeitsnachweises ein und aus
	Gebrauchstauglichkeit	Blendet die Ergebnisse des Gebrauchstauglichkeitsnachweises ein und aus
	Brandschutz	Blendet die Ergebnisse des Brandschutznachweises ein und aus
	Relationsbalken	Blendet die farbigen Bezugsskalen in den Ergebnismasken ein und aus
	Filterparameter	Beschreibt das Kriterium, nach dem die Ausgabe in den Tabellen gefiltert wird: Ausnutzungen größer 1, Maximalwert oder benutzerdefinierte Schranke
	Filter anwenden	Stellt nur Zeilen dar, für die die Filterparameter gelten (Ausnutzungen > 1, Maximum, definierter Wert)
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Fenster <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.3, Seite 61
	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Ansichtsmodus	Ermöglicht den Wechsel in das Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB, um die Ansicht zu ändern

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

5.1 Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell

Für die Auswertung kann auch das Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB genutzt werden.

Hintergrundgrafik und Ansichtsmodus

Das RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster im Hintergrund ist hilfreich, um die Position eines Stabes im Modell ausfindig zu machen: Der in der Ergebnismaske von RF-/HOLZ Pro selektierte Stab wird in der Hintergrundgrafik farbig hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet auch die x-Stelle des Stabes, um die es sich in der aktuellen Tabellenzeile handelt.

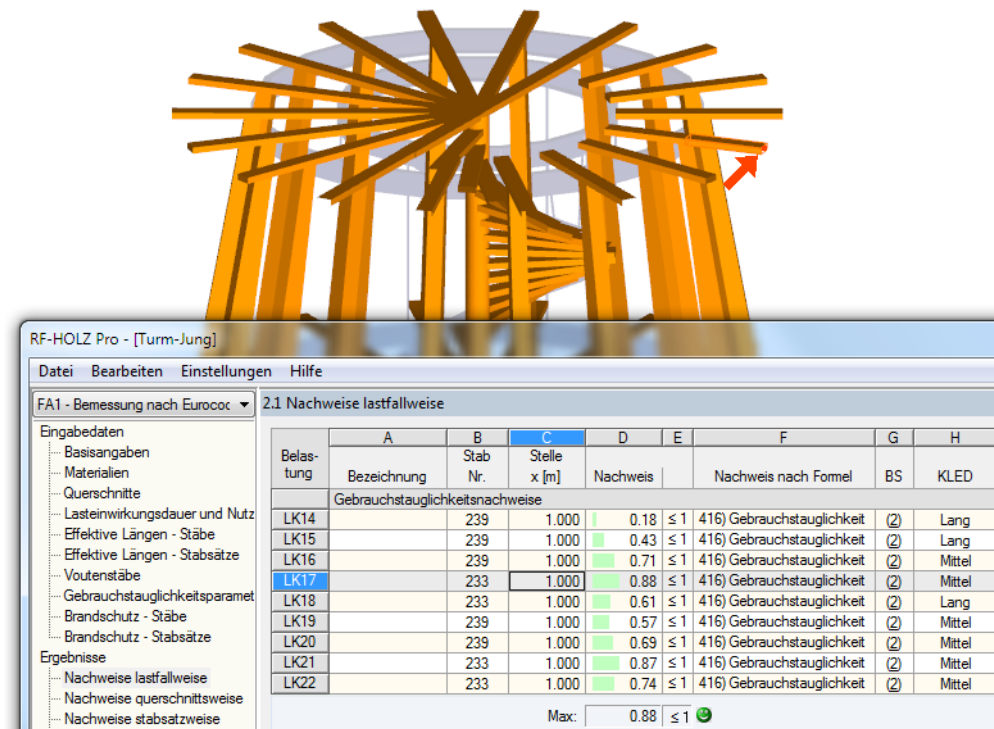


Bild 5.2: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RFEM-Modell



Information

Sie befinden sich im Ansichtsmodus.

Zurück

Falls sich die Darstellung durch Verschieben des RF-/HOLZ Pro-Fensters nicht verbessern lässt, sollte die Schaltfläche [Ansicht ändern] benutzt werden, um den *Ansichtsmodus* zu aktivieren: Das Fenster wird ausgeblendet, sodass in der RFEM/RSTAB-Arbeitsfläche die Ansicht angepasst werden kann. Im Ansichtsmodus stehen die Funktionen des Menüs *Ansicht* zur Verfügung, z. B. Zoomen, Verschieben oder Drehen der Darstellung. Der Markierungspfeil bleibt dabei sichtbar.

Mit [Zurück] erfolgt die Rückkehr zum Modul RF-/HOLZ Pro.

RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster

Grafik

Die Ausnutzungsgrade lassen sich auch grafisch am Modell überprüfen: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um das Bemessungsmodul zu verlassen. Im Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB werden nun die Ausnutzungen wie die Schnittgrößen eines Lastfalls dargestellt.

Im *Ergebnisse*-Navigator besteht die Möglichkeit, die Ausnutzungen separat für die Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes auszuwählen.

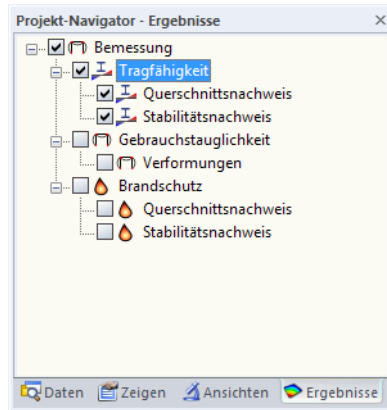


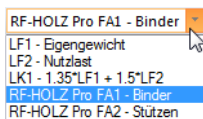
Bild 5.3: *Ergebnisse*-Navigator für RF-/HOLZ Pro



Analog zur Schnittgrößenanzeige blendet die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die Darstellung der Nachweise ein oder aus. Die Schaltfläche [Ergebnisse mit Werten anzeigen] rechts davon steuert die Anzeige der Ergebniswerte.

Die RFEM/RSTAB-Tabellen sind für die Auswertung der Bemessungsergebnisse nicht relevant.

Die Bemessungsfälle lassen sich in der Liste der RFEM/RSTAB-Menüleiste einstellen.



Die Ergebnisdarstellung kann im *Zeigen*-Navigator unter dem Eintrag **Ergebnisse** → **Stäbe** gesteuert werden. Als Standard werden die Ausnutzungen *Zweifelfarbig* angezeigt.

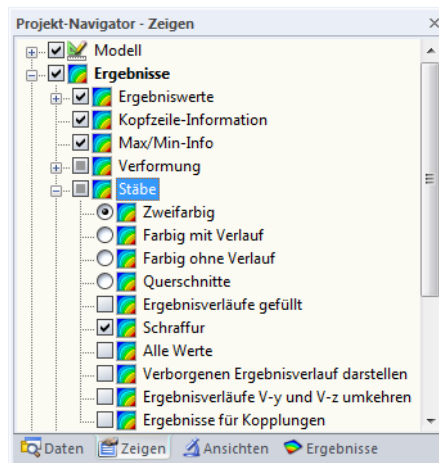


Bild 5.4: *Zeigen*-Navigator: *Ergebnisse* → *Stäbe*



Bei einer mehrfarbigen Darstellung (Optionen *Farbig mit/ohne Verlauf* oder *Querschnitte*) steht das Farbpanel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung (siehe [Bild 5.5](#)). Die Funktionen sind im Kapitel 3.4.6 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe [Kapitel 6.1, Seite 64](#)).

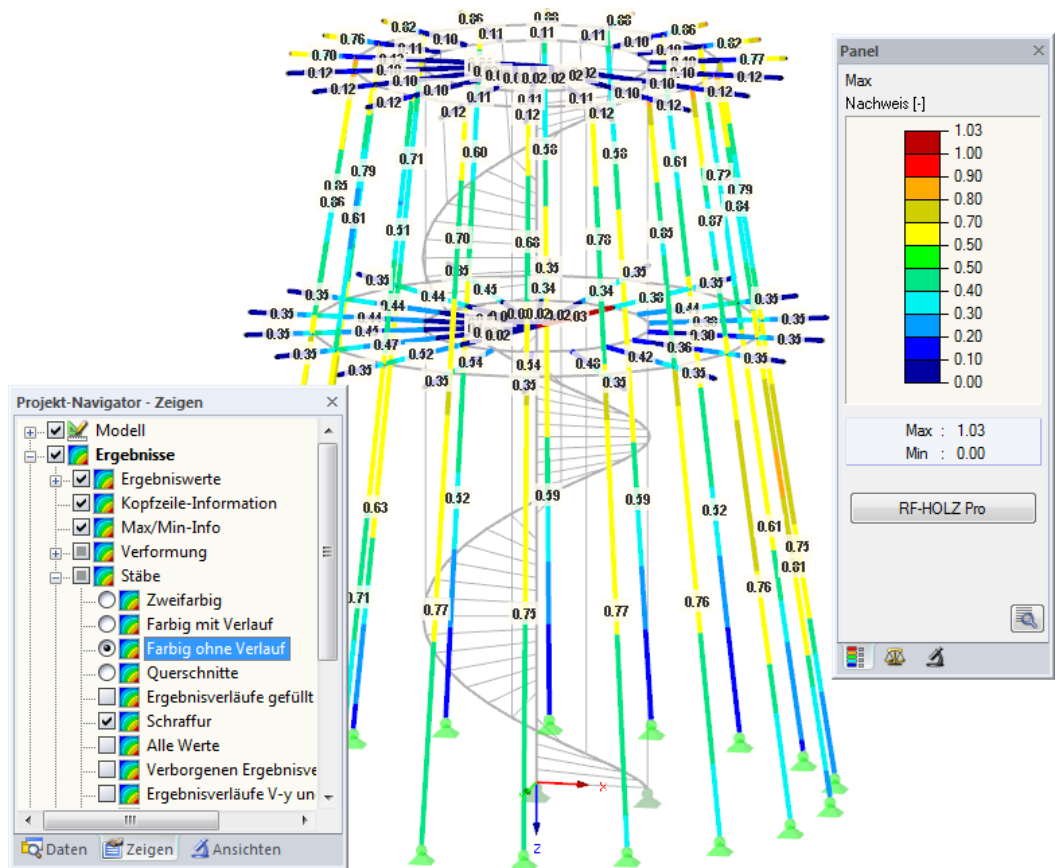


Bild 5.5: Ausnutzungsgrade mit Anzeigeoption *Farbig ohne Verlauf*

RF-HOLZ Pro

Die Rückkehr zum Zusatzmodul ist über die Panel-Schaltfläche [RF-/HOLZ Pro] möglich.

5.2 Ergebnisse am Querschnitt

In den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 werden die tabellarischen Ergebnisse durch eine dynamische Spannungsgrafik illustriert: Das Grafikfenster zeigt den Spannungsverlauf am Querschnitt an, wie er an der aktuellen x-Stelle für den gewählten Nachweistyp vorliegt. Wird in der Tabelle eine andere x-Stelle oder Nachweistart selektiert, aktualisiert sich die Anzeige.

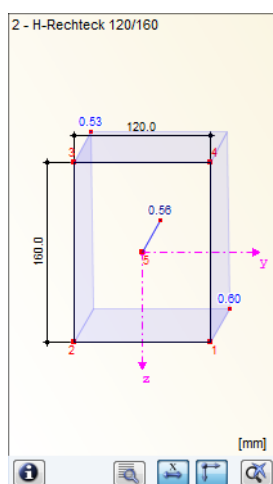


Bild 5.6: Verlauf der Normalspannungen am Querschnitt



Die Anzeige kann mit dem Scrollrad der Maus vergrößert und verkleinert werden. Per Drag-and-drop lässt sich die Spannungsgrafik verschieben. Die Schaltfläche [Zoom aufheben] stellt die Gesamtansicht wieder her.

Erweiterte Anzeige der Spannungen und Ausnutzungen



Die Schaltfläche [Erweiterte Anzeige] ermöglicht eine gezielte Auswertung der Ergebnisse für jeden Spannungspunkt. Sie ruft den Dialog *Querschnitt* auf.

Querschnitt - 161) Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Einfache Biegung um y-Achse und Zug nach 6.2.3

Stelle
 Stab Nr.: 7 x: 2.540 [m]

Spannungspunkte

Punkt Nr.	Koordinaten [mm]		Spannung [kN/cm ²]
	y	z	
1	60.0	100.0	0.81
2	-60.0	100.0	0.81
3	-60.0	-100.0	-0.48
4	60.0	-100.0	-0.48
5	0.0	0.0	0.17
6	0.0	0.0	0.17

Spannungen

Nr.	Innen-Kraft	Spannung [kN/cm ²]
1	N _t	0.17
2	V _y	0.00
3	V _z	0.00
4	M _y	0.65
5	M _z	0.00

Nachweis nach Formel
 161) Beanspruchbarkeit von Querschnitt - Einfache Biegung um y-Achse und Zug nach 6.2.3

Ausnutzung
 Maximale Ausnutzung: 0.63 [-]

9 - H-Rechteck 120/200

Abbrechen

Bild 5.7: Dialog *Querschnitt*

Im Abschnitt *Stelle* sind die aktuelle Stabnummer und Stelle x am Stab angegeben.

Der Abschnitt *Spannungspunkte* listet alle Spannungspunkte des Querschnitts auf. Der hier selektierte Punkt ist in der Grafik rot gekennzeichnet. In den Spalten *Koordinaten* werden die Schwerpunktabstände y und z angegeben. Die Spalte *Spannung* gibt Aufschluss über die Spannungen in den Spannungspunkten.

Der Abschnitt *Spannungen* zeigt die Spannungsanteile an, die sich aus den Schnittgrößen am aktuellen – im Abschnitt oben selektierten – Spannungspunkt ergeben.

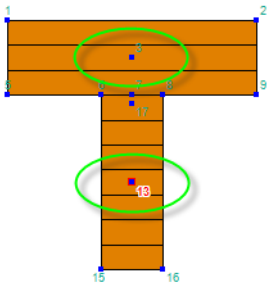
Im Abschnitt *Ausnutzung* wird das maximale Verhältnis von vorhandener Spannung zur Grenzspannung an der aktuellen x -Stelle ausgewiesen.

Ermittlung der Schubspannungen

Bei dünnwandigen Querschnitten kann vereinfacht angenommen werden, dass die Schubspannung parallel zur Wand des Querschnitts verläuft. Daher werden die Anteile der Schubspannungen addiert, die sich aus den beiden Komponenten der Querkräfte ergeben. Das Vorzeichen des statischen Moments legt dabei fest, welche Anteile positiv oder negativ angesetzt werden.

Die Schubspannung infolge des Torsionsmoments ist für die Gesamtschubspannung unterschiedlich zu betrachten – je nachdem, ob ein offener oder ein geschlossener Querschnitt vorliegt. Bei einem offenen Querschnitt wird die Torsionsschubspannung derjenigen Summe aus den einzelnen Schubspannungen mit dem Vorzeichen zugerechnet, die zum größeren Absolutwert der Summe führt.

Bei einem geschlossenen Querschnitt hingegen wird die Torsionsschubspannung einfach zur Summe aus den einzelnen Schubspannungen addiert. Dabei werden die Vorzeichen bei Kernfläche und statischen Momenten so eingestellt, dass sie mit der programminternen Vorzeichenkonvention der Schubspannung übereinstimmen, die von der Belastung abhängt.



Doppelspannungspunkte

Spannungspunkte, die innerhalb des Querschnitts liegen, lassen die oben erwähnte Annahme nicht zu, dass die Schubspannung parallel zur Wand des Querschnitts verläuft. Hier kommt ein spezielles Verfahren mit doppelten Spannungspunkten zur Anwendung, bei dem zwei Spannungspunkte mit identischen Koordinaten im Querschnitt erzeugt werden. Der eine Spannungspunkt erfasst das statische Moment um die Achse **y** (Parameter für Schubspannung infolge vertikaler Querkraft gemäß Gleichung 5.1), der andere das statische Moment um die Achse **z** (Parameter für Schubspannung infolge horizontaler Querkraft). Bei diesen Spannungspunkten ist das komplementäre statische Moment jeweils null.

$$\tau = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t} \quad \text{Schubspannung infolge Querkraft } V_z \quad (5.1)$$

Den Doppelspannungspunkten können unterschiedliche Dicken zugeordnet sein, die sich ebenfalls auf die Berechnung der Schubspannung auswirken. Die Schubspannungen werden als zueinander senkrecht wirkende Komponenten betrachtet, die voneinander abhängig sind – es sind zwei Komponenten eines Spannungszustands. Für die Ermittlung der Gesamtschubspannung werden beide Anteile quadratisch addiert. Die Schubspannung infolge des Torsionsmoments wird in diesen Punkten nicht betrachtet.

Die Schubspannungen von Ergebniskombinationen, die in den Doppelspannungspunkten vorliegen, dürfen nicht linear kombiniert werden. Daher werden die Extremwerte beider Komponenten mit den zugehörigen komplementären Schubspannungen ausgewertet, um daraus die größte Gesamtschubspannung zu bestimmen.



In der Grafik lassen sich sowohl Spannungen als auch Ausnutzungen darstellen.

Die Schaltflächen unterhalb der Grafik (siehe Bild 5.7) sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Spannungsverlauf	Blendet die Anzeige der Spannungen ein und aus
	Ausnutzung	Blendet die Anzeige der Ausnutzungen ein und aus
	Werte	Schaltet die Ergebniswerte ein und aus
	Maximalwerte	Zeigt nur Extremwerte oder Werte in allen Punkten an
	Überhöhung	Ermöglicht eine Skalierung der Ergebnisverläufe
	Querschnitt	Blendet den gefüllten Querschnitt ein und aus
	Bemaßung	Blendet die Maßlinien ein und aus
	Achsen	Blendet die Hauptachsen des Querschnitts ein und aus
	Spannungspunkte	Blendet die Spannungspunkte ein und aus
	Nummerierung	Blendet die Nummern der Spannungspunkte ein und aus
	Info	Öffnet den Dialog <i>Info über Querschnitt</i>
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Diagramm <i>Ergebnisverläufe im Stab</i>
	Drucken	Ermöglicht das Drucken der aktuellen Ergebnisgrafik
	Zoom aufheben	Stellt die Gesamtansicht der Ergebnisgrafik wieder her

Tabelle 5.2: Schaltflächen im Dialog *Querschnitt*

5.3 Ergebnisverläufe

Die Stabergebnisse können grafisch auch in Form der Ergebnisverläufe ausgewertet werden.



Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-/HOLZ Pro-Ergebnismaske, indem Sie in die Tabellenzeile des Stabes klicken. Rufen Sie dann den Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 5.1, Seite 55).

In der RFEM/RSTAB-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über das Menü

Ergebnisse → **Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste von RFEM bzw. RSTAB.

Es öffnet sich ein Fenster, das den Verlauf der Nachweiswerte grafisch am Stab bzw. Stabsatz anzeigt.

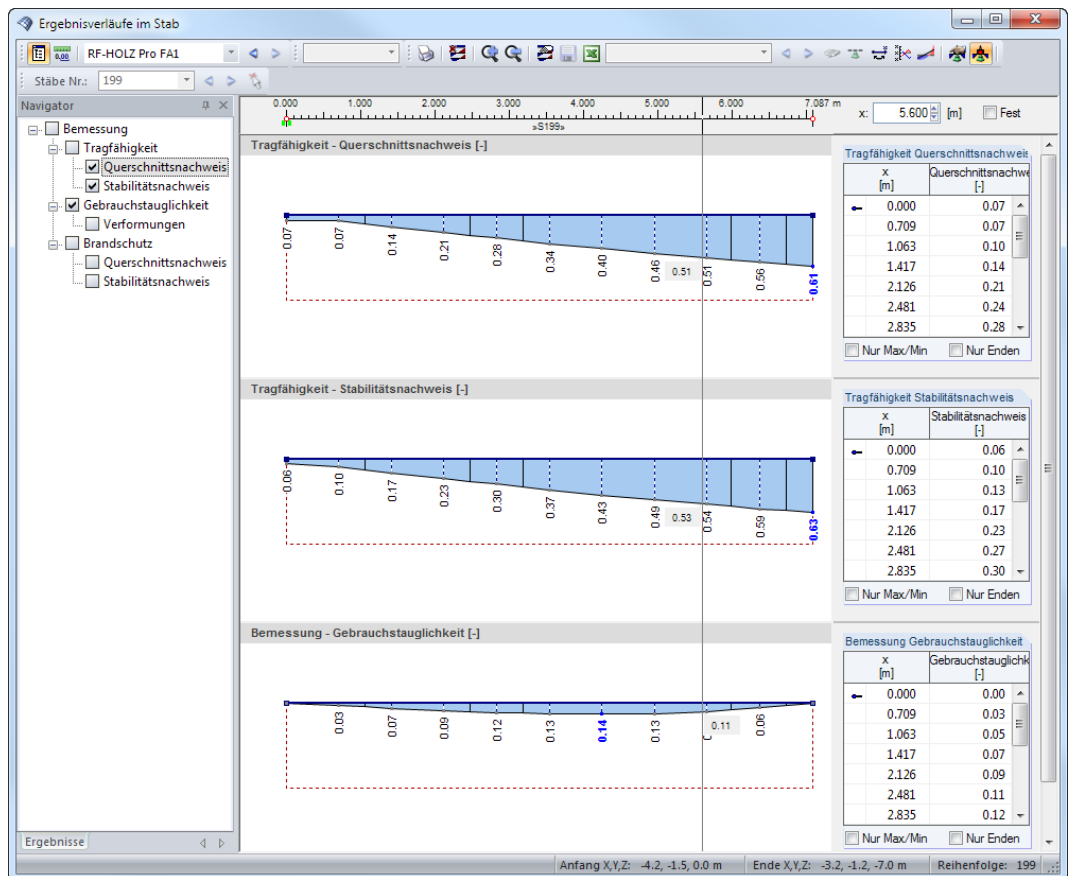
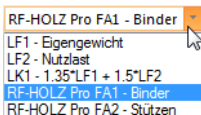


Bild 5.8: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Auch hier ermöglicht der *Ergebnisse*-Navigator eine gezielte Auswahl unter den Nachweisen der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes.



Über die Liste in der Symbolleiste kann zwischen den RF-/HOLZ Pro-Bemessungsfällen gewechselt werden.

Der Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* ist im Kapitel 9.5 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

5.4 Filter für Ergebnisse



Die Gliederung der RF-/HOLZ Pro-Ergebnismasken bietet bereits eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich bestehen Filtermöglichkeiten für die Tabellen (siehe Bild 5.1, Seite 55), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzugrenzen. Diese Funktion ist auch in der Knowledge Base auf unserer Website vorgestellt.

Für die grafische Auswertung der Ergebnisse lassen sich die Filtermöglichkeiten nutzen, die im Kapitel 9.9 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 9.7 des RSTAB-Handbuchs beschrieben sind.



Auch für RF-/HOLZ Pro können die Möglichkeiten der *Sichtbarkeiten* genutzt werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 9.9.1 bzw. RSTAB-Handbuch, Kapitel 9.7.1), um die Stäbe für die Auswertung zu filtern.

Filtern von Nachweisen



Die Ausnutzungen lassen sich gut als Filterkriterium im Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB nutzen, das über die Schaltfläche [Grafik] zugänglich ist. Hierfür muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es eingeblendet werden über das RFEM/RSTAB-Menü

Ansicht → **Steuerpanel**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Das Panel ist im Kapitel 3.4.6 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben. Die Filtereinstellungen für die Ergebnisse sind im ersten Panel-Register (Farbskala) vorzunehmen. Da dieses Register bei der zweifarbigen Anzeige nicht verfügbar ist, muss im *Zeigen*-Navigator auf die Darstellungsarten *Farbig mit/ohne Verlauf* oder *Querschnitte* umgeschaltet werden.

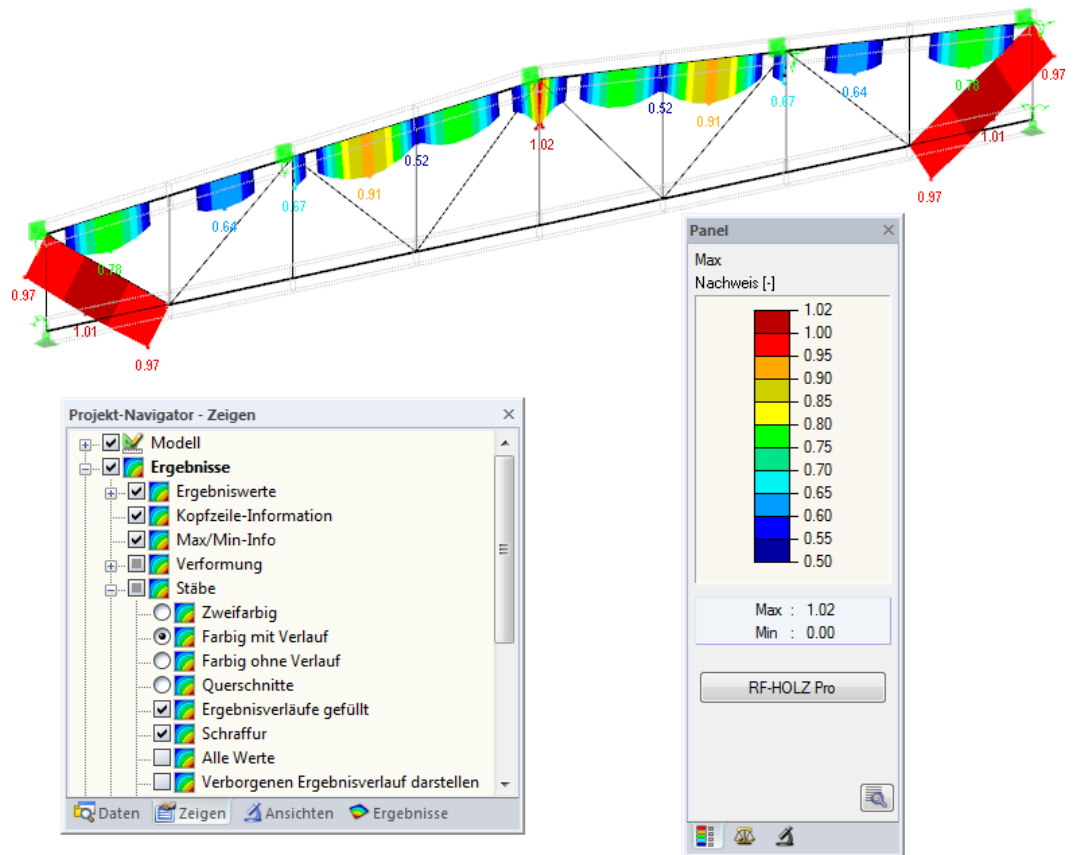


Bild 5.9: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

Wie das Bild 5.9 zeigt, kann die Werteskala des Panels so eingestellt werden, dass nur Ausnutzungsgrade größer als 0,50 in den Farben zwischen blau und rot dargestellt werden.

Die Funktion *Verborgenen Ergebnisverlauf darstellen* im Zeigen-Navigator (**Ergebnisse** → **Stäbe**) blendet alle Ausnutzungen ein, die nicht im Bereich der Werteskala liegen. Diese Verläufe werden strichlinienhaft dargestellt.

Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Steuerpanels können die Nummern ausgewählter Stäbe angegeben werden, um deren Ergebnisse gefiltert anzuzeigen. Diese Funktion ist im Kapitel 9.9.3 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 9.7.3 des RSTAB-Handbuchs beschrieben.

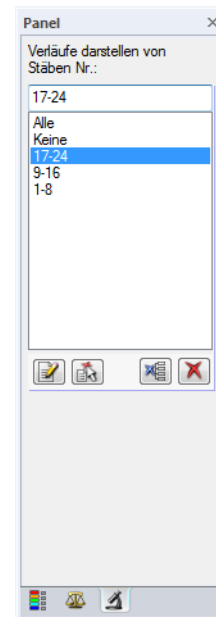
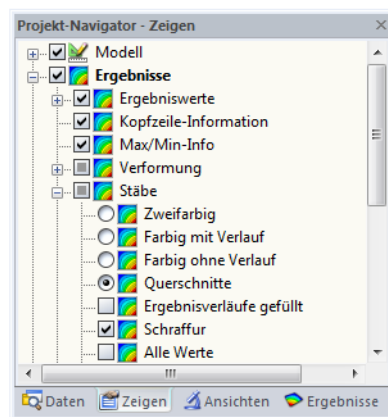
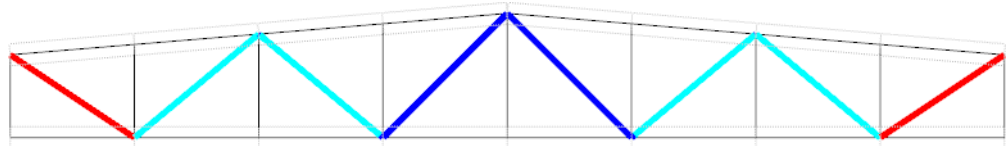


Bild 5.10: Stabfilter für Ausnutzungen der Diagonalen

Im Unterschied zur Ausschnittfunktion wird das Modell vollständig mit angezeigt. Das Bild oben zeigt die Ausnutzungen für die Diagonalen eines Fachwerkträgers. Die übrigen Stäbe werden im Modell dargestellt, sind in der Anzeige jedoch ohne Ausnutzungsgrade.

6 Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

Für die Daten des Moduls RF-/HOLZ Pro wird – wie in RFEM oder RSTAB – ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Die Selektion im Ausdruckprotokoll steuert, welche Daten des Bemessungsmoduls im Ausdruck erscheinen.



Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM- bzw. RSTAB-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3.5 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten von Zusatzmodulen für den Ausdruck aufbereitet werden können.

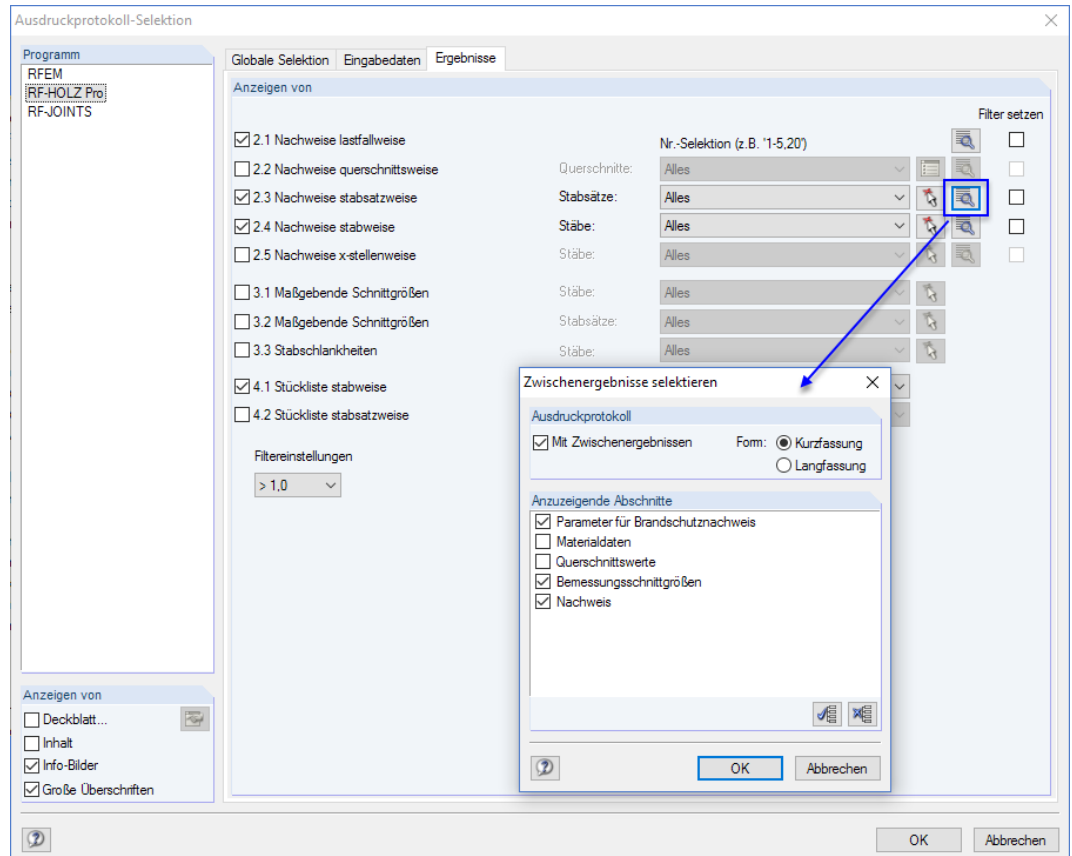


Bild 6.1: Selektion von Nachweisen und Zwischenergebnissen im Ausdruckprotokoll



Über die Schaltfläche [Details] kann gesteuert werden, ob der Ausdruck auch Zwischenergebnisse enthalten soll. Diese lassen sich in einer Liste festlegen und in Form einer *Kurzfassung* (kompakte Darstellung) oder *Langfassung* (Listendarstellung) dokumentieren.

Bei großen Systemen mit vielen Bemessungsfällen trägt die Aufteilung der Daten in mehrere Ausdruckprotokolle zur Übersichtlichkeit bei.

6.2 Grafikausdruck

In RFEM und RSTAB kann jedes Bild, das im Arbeitsfenster angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt zum Drucker geleitet werden. Somit lassen sich auch die am Modell gezeigten Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereiten.



Das Drucken von Grafiken ist im Kapitel 10.2 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

Nachweise am RFEM/RSTAB-Modell

Die aktuelle Grafik der Ausnutzungsgrade kann gedruckt werden über das Menü

Datei → Drucken



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

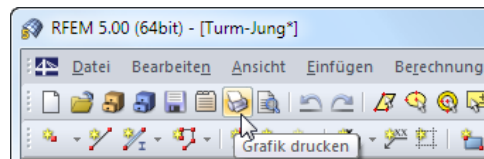


Bild 6.2: Schaltfläche *Grafik drucken* in RFEM-Symbolleiste

Ergebnisverläufe



Auch im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* kann die Grafik der Nachweiswerte mit der Schaltfläche [Drucken] in das Protokoll übergeben oder direkt ausgedruckt werden.

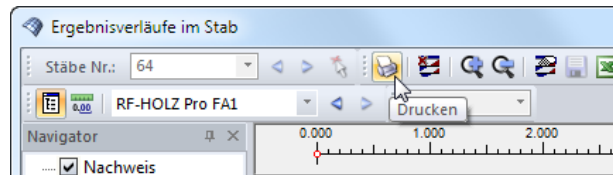


Bild 6.3: Schaltfläche *Drucken* im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Es wird folgender Dialog angezeigt.

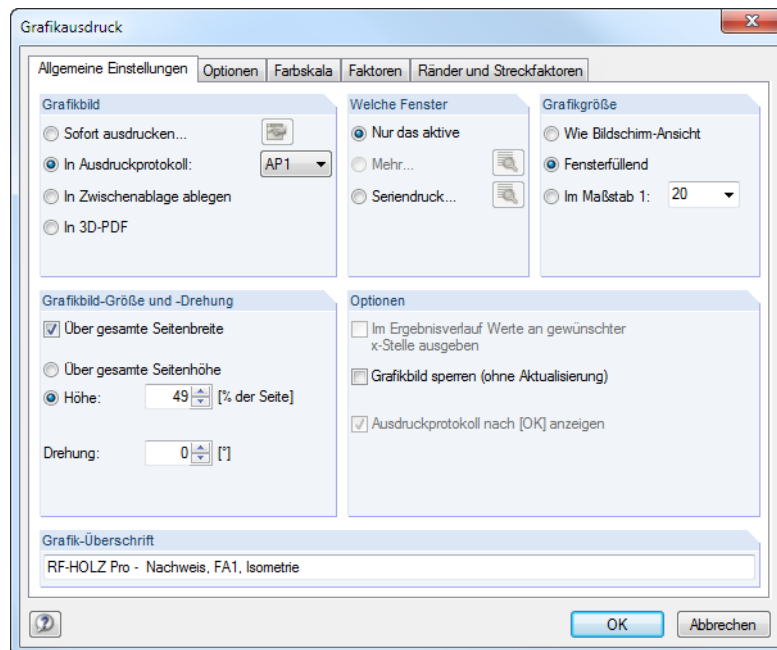


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen*

Der Dialog *Grafikausdruck* ist im Kapitel 10.2 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben. Dort sind auch die übrigen Dialogregister erläutert.

Eine Grafik kann im Ausdruckprotokoll wie gewohnt per Drag-and-drop an eine andere Stelle geschoben werden.

Um eine Grafik nachträglich im Ausdruckprotokoll anzupassen, führen Sie einen Rechtsklick auf den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator aus. Die Option *Eigenschaften* im Kontextmenü ruft wieder den Dialog *Grafikausdruck* auf, in dem Sie die Anpassungen vornehmen können.

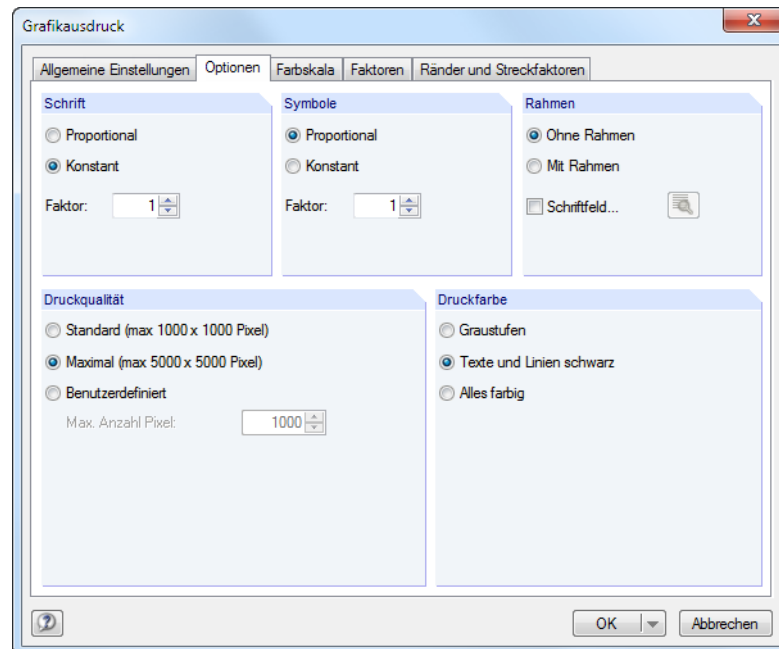
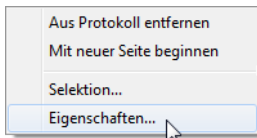


Bild 6.5: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

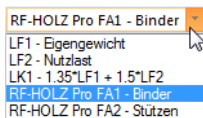
7 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Nachweise vor.

7.1 Bemessungsfälle

Bemessungsfälle ermöglichen es, Stäbe für die Nachweise zu gruppieren: So können Bauteilgruppen zusammengefasst oder Stäbe mit bestimmten Bemessungsvorgaben (z. B. geänderte Materialien, Teilsicherheitsbeiwerte, Optimierung) untersucht werden.

Es bereitet kein Problem, einen Stab oder Stabsatz in verschiedenen Bemessungsfällen zu untersuchen.



Die Bemessungsfälle von RF-/HOLZ Pro sind auch in RFEM bzw. RSTAB über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.

Neuen Bemessungsfall anlegen

Ein Bemessungsfall wird angelegt über das RF-/HOLZ Pro-Menü

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint folgender Dialog.

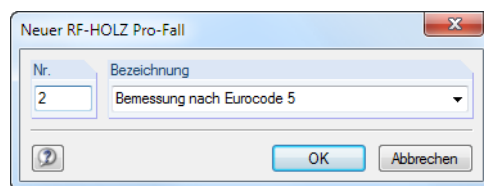


Bild 7.1: Dialog Neuer RF-HOLZ Pro-Fall

In diesem Dialog ist eine (noch freie) *Nummer* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Die *Bezeichnung* erleichtert die Auswahl in der Lastfall-Liste.

Nach [OK] erscheint die RF-/HOLZ Pro-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

Bemessungsfall umbenennen

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls wird geändert über das RF-/HOLZ Pro-Menü

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

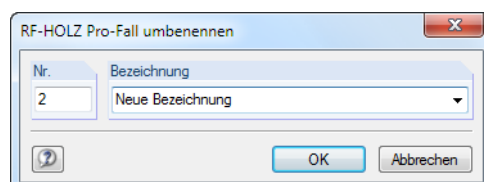


Bild 7.2: Dialog RF-HOLZ Pro-Fall umbenennen

Hier kann nicht nur eine andere *Bezeichnung*, sondern auch eine andere *Nummer* für den Bemessungsfall festgelegt werden.

Bemessungsfall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls werden kopiert über das RF-/HOLZ Pro-Menü

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

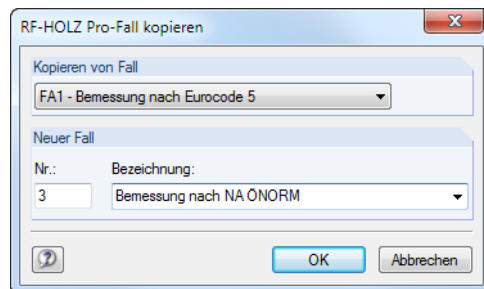


Bild 7.3: Dialog *RF-HOLZ Pro-Fall kopieren*

Es ist die *Nummer* und ggf. eine *Bezeichnung* für den neuen Fall festzulegen.

Bemessungsfall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen über das RF-/HOLZ Pro-Menü

Datei → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

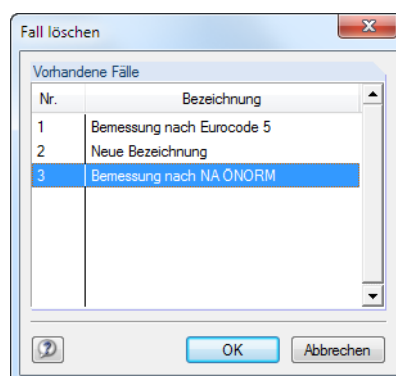


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

Der Bemessungsfall kann in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Mit [OK] erfolgt der Löschvorgang.

7.2 Querschnittsoptimierung



RF-/HOLZ Pro ist in der Lage, überlastete oder kaum ausgenutzte Querschnitte zu optimieren. Diese Möglichkeit besteht jedoch nur bei Rechteck- und Kreisprofilen. Bei zusammengesetzten Querschnitten wäre eine automatische Optimierung wegen der großen Anzahl an Parametern nicht ökonomisch und wegen der Nachgiebigkeiten auch problematisch.

Legen Sie in Maske 1.3 *Querschnitte* die zu optimierenden Profile fest, indem Sie über die Liste der Spalte C (bzw. D) den Eintrag *Ja* auswählen (siehe Bild 2.17, Seite 17). In den Ergebnismasken kann die Querschnittsoptimierung auch über das Kontextmenü eingeleitet werden.

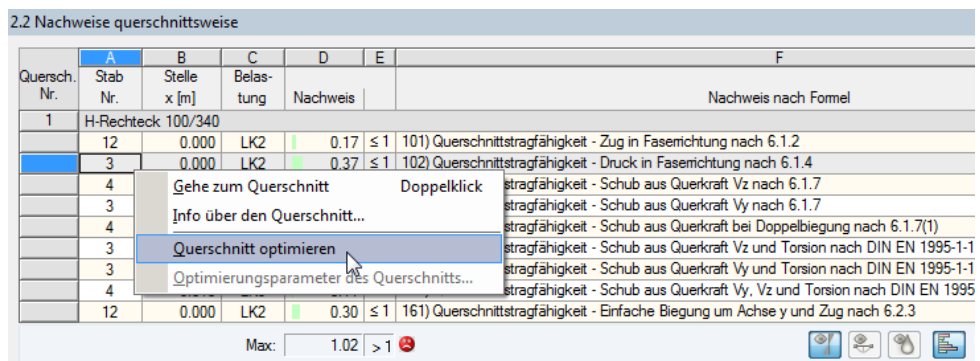
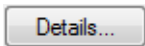


Bild 7.5: Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung



Bei der Optimierung wird untersucht, welcher Querschnitt den **Tragfähigkeitsnachweis** „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal zulässigen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.5, Seite 43). Die erforderlichen Querschnittswerte werden dabei mit den Schnittgrößen ermittelt, wie sie von RFEM bzw. RSTAB vorliegen. Erweist sich ein anderer Querschnitt als günstiger, so wird dieser Querschnitt für den Nachweis benutzt. In Maske 1.3 werden dann zwei Profile dargestellt – der ursprüngliche Querschnitt von RFEM bzw. RSTAB und der optimierte Querschnitt (siehe Bild 7.7).

Beim Aktivieren der *Optimieren*-Funktion erscheint folgender Dialog:

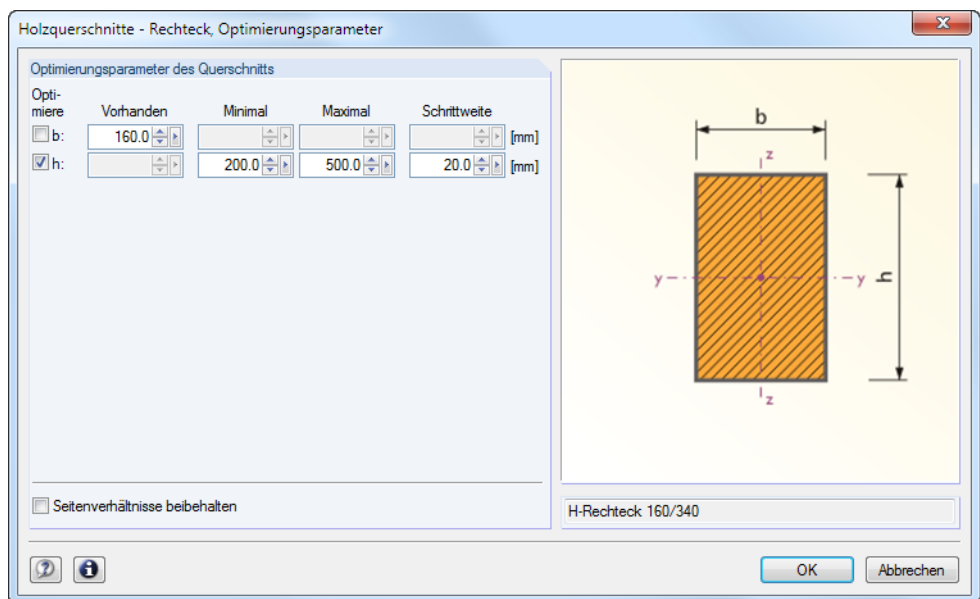


Bild 7.6: Dialog Holzquerschnitte - Rechteck, Optimierungsparameter

In der Spalte *Optimiere* ist durch Anhaken festzulegen, welcher (oder welche) Parameter geändert werden soll. Damit werden die Spalten *Minimal* und *Maximal* zugänglich, in denen die Unter- und

Obergrenzen des Parameters definiert werden können. Die Spalte *Schrittweite* steuert das Intervall, in dem die Abmessungen des Parameters beim Optimierungsprozess variieren.

Sollen die *Seitenverhältnisse beibehalten* werden, ist das entsprechende Kontrollfeld zu aktivieren. Zusätzlich müssen die beiden Parameter *b* und *h* für die Optimierung angehakt werden.



Bei der Optimierung ist zu beachten, dass die Schnittgrößen nicht automatisch neu mit den geänderten Querschnitten berechnet werden: Der Anwender entscheidet, welche Profile für eine Neuberechnung nach RFEM bzw. RSTAB übergeben werden. Wegen der geänderten Steifigkeiten im System können die Schnittgrößen, die sich mit den optimierten Querschnitten ergeben, deutlich abweichen. Es empfiehlt sich daher, nach einer ersten Optimierung die Schnittgrößen mit den geänderten Querschnitten neu zu berechnen und dann die Profile nochmals optimieren zu lassen.

Die geänderten Querschnitte können nach RFEM bzw. RSTAB exportiert werden: Stellen Sie die Maske *1.3 Querschnitte* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Querschnitte an RFEM/RSTAB übergeben.**

Auch über das Kontextmenü der Maske *1.3 Querschnitte* lassen sich optimierte Querschnitte nach RFEM bzw. RSTAB exportieren.

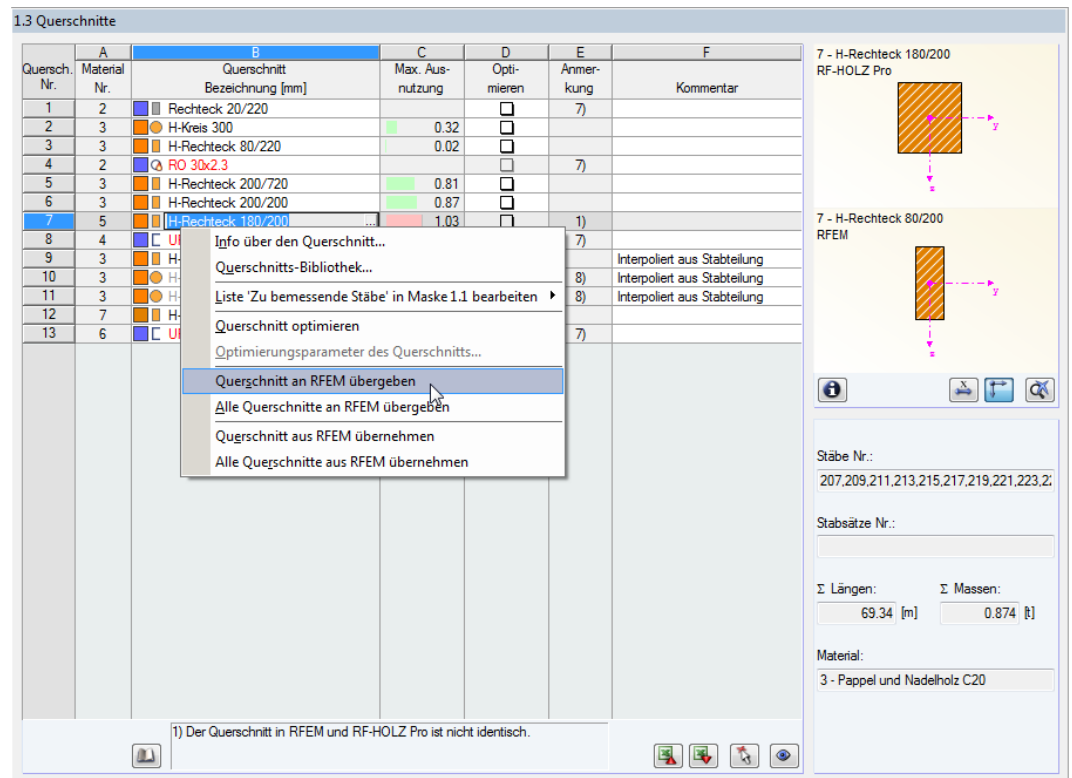


Bild 7.7: Kontextmenü der Maske *1.3 Querschnitte*

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM bzw. RSTAB gelöscht werden sollen.

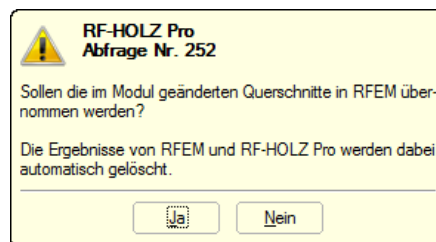


Bild 7.8: Abfrage vor Übergabe geänderter Querschnitte nach RFEM

Berechnung

Nach dem Start der [Berechnung] in RF-/HOLZ Pro werden die Schnittgrößen und Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

Wurden die geänderten Querschnitte noch nicht nach RFEM bzw. RSTAB exportiert, so können mit den im Bild 7.7 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Profile in das Bemessungsmodul eingelesen werden. Beachten Sie, dass diese Möglichkeit nur in Maske 1.3 Querschnitte besteht.



Falls ein Voutenstab zur Optimierung vorliegt, werden die Anfangs- und Endstellen optimiert. Danach werden die Flächenträgheitsmomente an den Zwischenstellen linear interpoliert. Da diese mit der vierten Potenz eingehen, können die Nachweise bei großen Unterschieden der Anfangs- und Endprofilhöhen ungenau werden. In einem solchen Fall empfiehlt es sich, die Voute in mehrere Stäbe zu unterteilen und so die Querschnittsverläufe manuell abzubilden.

7.3 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM bzw. RSTAB und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-/HOLZ Pro ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über das Menü

Einstellungen → **Einheiten und Dezimalstellen.**

Es erscheint der aus RFEM bzw. RSTAB bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist das Modul RF-/HOLZ Pro voreingestellt.

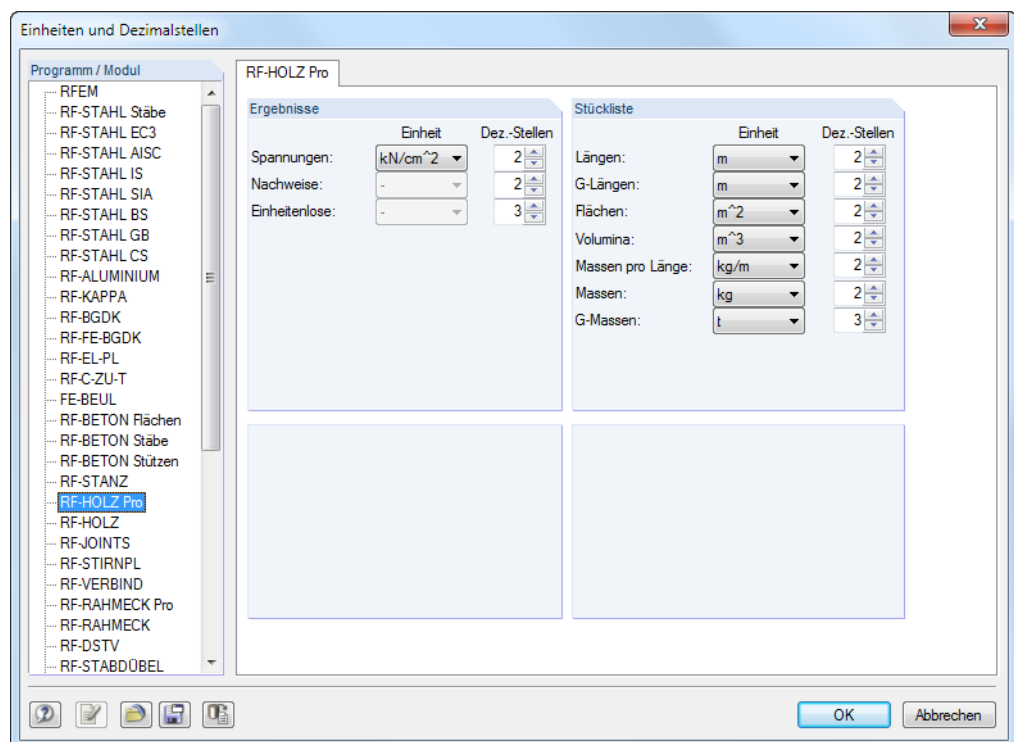


Bild 7.9: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die geänderten Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

7.4 Datenaustausch

7.4.1 Materialexport nach RFEM/RSTAB

Werden in RF-/HOLZ Pro die Materialien für die Bemessung angepasst, so können – wie bei den Querschnitten – die geänderten Materialien nach RFEM bzw. RSTAB exportiert werden: Stellen Sie die Maske *1.2 Materialien* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Materialien an RFEM/RSTAB übergeben.**

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.2 lassen sich Materialien nach RFEM/RSTAB exportieren.

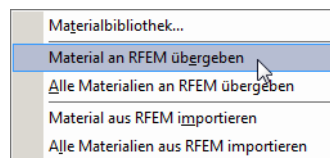


Bild 7.10: Kontextmenü der Maske *1.2 Materialien*

Berechnung

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM bzw. RSTAB gelöscht werden sollen. Nach dem Start der [Berechnung] in RF-/HOLZ Pro werden die Schnittgrößen und Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

Wurden die geänderten Materialien noch nicht nach RFEM bzw. RSTAB exportiert, können mit den im Bild 7.10 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Materialien in das Bemessungsmodul eingelesen werden. Beachten Sie, dass diese Möglichkeit nur in Maske *1.2 Materialien* besteht.

7.4.2 Knicklängenexport nach RFEM/RSTAB

Werden in RF-/HOLZ Pro die Knicklängen für die Nachweise angepasst, so können auch die geänderten Knicklängen nach RFEM bzw. RSTAB exportiert werden: Stellen Sie die Maske *1.5 Effektive Längen - Stäbe* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Knicklängen an RFEM/RSTAB übergeben.**

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.5 lassen sich Knicklängen nach RFEM/RSTAB exportieren.

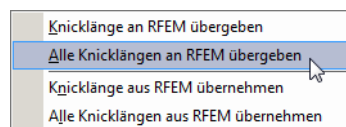


Bild 7.11: Kontextmenü der Maske *1.5 Effektive Längen - Stäbe*

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die RFEM/RSTAB-Ergebnisse gelöscht werden sollen.

Wurden die geänderten Knicklängen noch nicht nach RFEM bzw. RSTAB exportiert, so können mit den im Bild 7.11 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Knicklängen in das Bemessungsmodul eingelesen werden.

7.4.3 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse von RF-/HOLZ Pro lassen sich auch in anderen Programmen verwenden.

Zwischenablage

Markierte Zellen der Ergebnismasken können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und dann mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten bleiben dabei unberücksichtigt.

Ausdruckprotokoll

Die Daten von RF-/HOLZ Pro können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe [Kapitel 6.1, Seite 64](#)) und dort exportiert werden über das Menü

Datei → **Export in RTF.**

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

Excel

RF-/HOLZ Pro ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel oder in das CSV-Format. Diese Funktion wird aufgerufen über das Menü

Datei → **Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

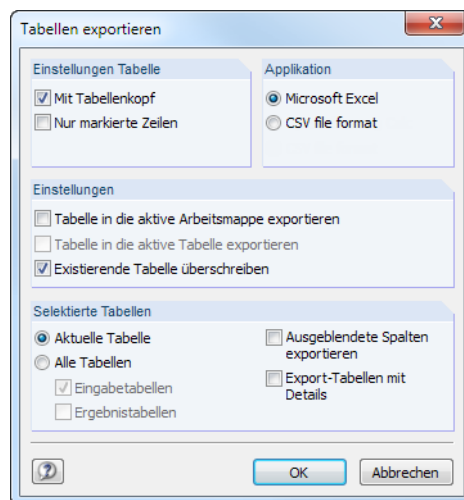


Bild 7.12: Dialog *Tabellen exportieren*

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel wird automatisch aufgerufen, d. h. das Programm braucht vorher nicht geöffnet werden.

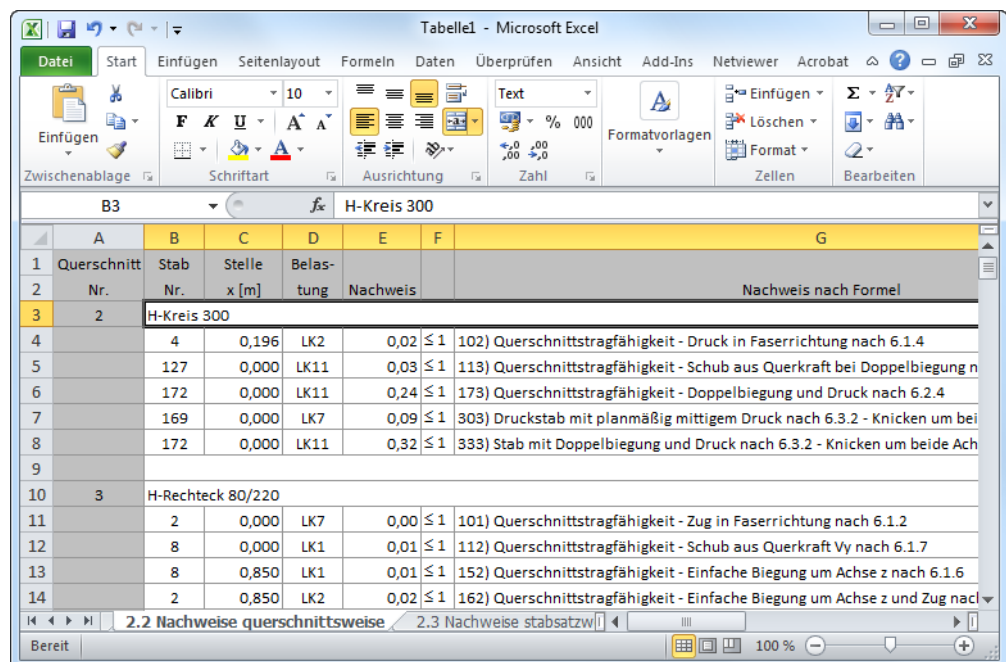


Bild 7.13: Ergebnis in *Excel*

8 Beispiele

8.1 Holzstütze

Es werden die Nachweise gemäß EN 1995-1-1 [1] für eine eingespannte, auf Druck und Biegung beanspruchte Holzstütze geführt, die am freien Ende zusätzlich in Y-Richtung gehalten ist.

Das Beispiel ist dem Holzbau-Taschenbuch [6], Seite 236 entnommen.

8.1.1 System und Belastung

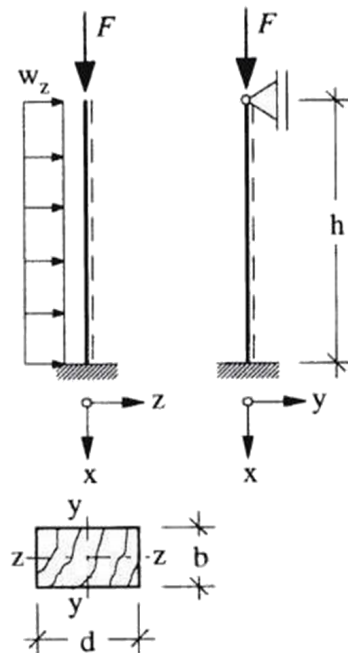


Bild 8.1: System und Belastung nach [6]

Modell

Querschnitt:	$b/d = 14/22 \text{ cm}$
Material:	Nadelholz C24
Höhe:	$h = 3,20 \text{ m}$
Nutzungsklasse:	1
KLED:	ständig

Belastung

LF1 Eigengewicht:	$F = 45 \text{ kN}$
LF2 Wind:	$w = 1,5 \text{ kN/m}$

Bemessungswerte

$$N_d = 1,35 \cdot F = 1,35 \cdot 45 \text{ kN} = 60,75 \text{ kN} \quad (k_{\text{mod}} = 0,6)$$

$$q_d = 1,5 \cdot w = 1,5 \cdot 1,5 \text{ kN/m} = 2,25 \text{ kN/m} \quad (k_{\text{mod}} = 0,9)$$

8.1.2 Berechnung mit RFEM/RSTAB

Das System und die Belastungen der beiden Lastfälle werden in RFEM bzw. RSTAB als 3D-Modell erstellt. Beim Anlegen des LF1 ist die automatische Berücksichtigung des Eigengewichts zu deaktivieren, da im Literaturbeispiel das Eigengewicht vernachlässigt ist.

Die Lastfälle werden für die Grundkombination nach Theorie I. Ordnung mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten in einer Ergebniskombination überlagert. Wichtig für die Nachweise in RF-/HOLZ Pro ist dabei, beide Lastfälle mit dem Kriterium „ständig“ zu versehen.

RFEM bzw. RSTAB berechnet die im folgenden Bild dargestellten Schnittgrößenverläufe.

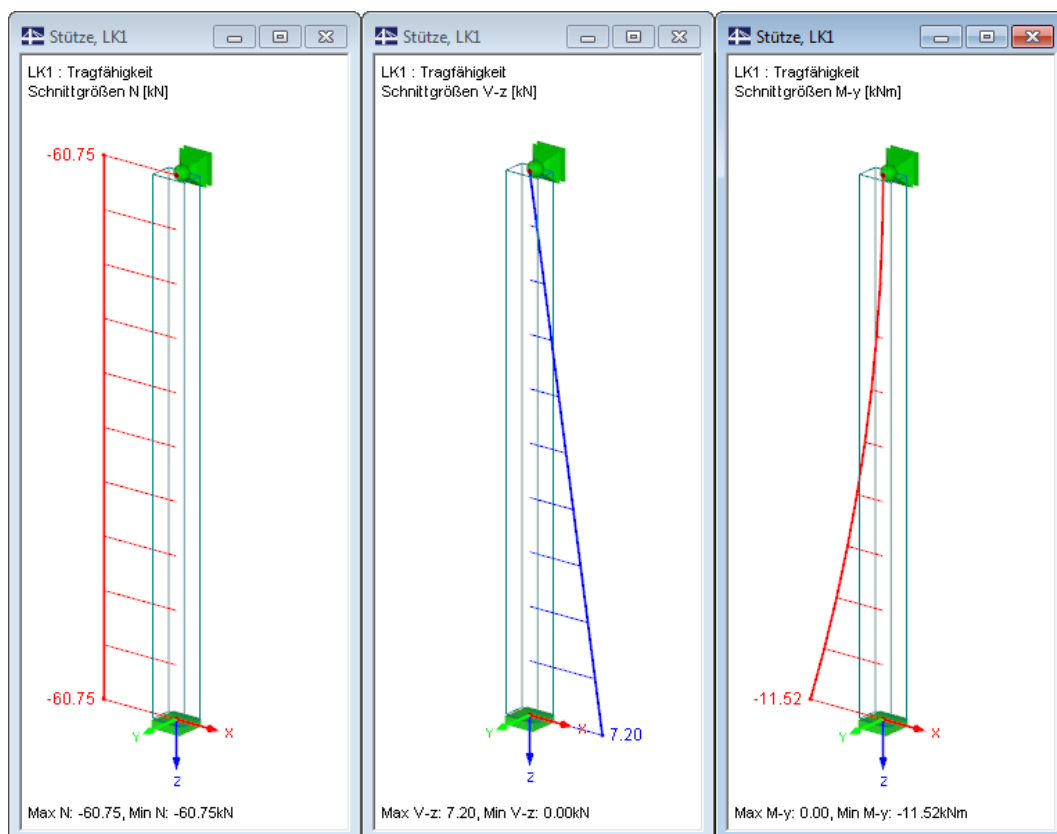


Bild 8.2: Schnittgrößen N, V_z und M_y

Die Bemessungsschnittgrößen decken sich mit denen in [6], Seite 237.

8.1.3 Bemessung mit RF-/HOLZ Pro

8.1.3.1 Nachweis der Tragfähigkeit

In Maske 1.1 Basisangaben ist die Ergebniskombination **EK1** für den Nachweis der *Tragfähigkeit* auszuwählen.

Die Bemessung erfolgt nach **EN 1995-1-1** mit Nationalem Anhang gemäß **DIN** (siehe Bild 8.3).

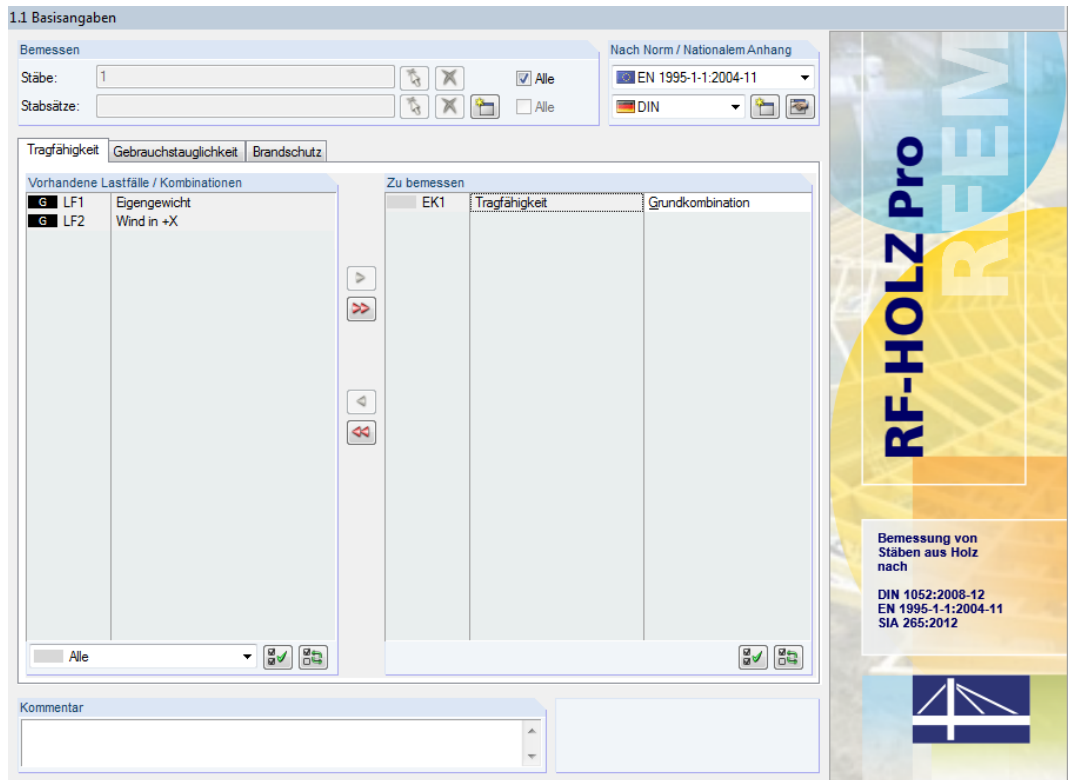


Bild 8.3: Maske 1.1 Basisangaben

In den Masken 1.2 Materialien und 1.3 Querschnitte werden die charakteristischen Festigkeiten des gewählten Materials bzw. der vorhandene Querschnitt angezeigt.

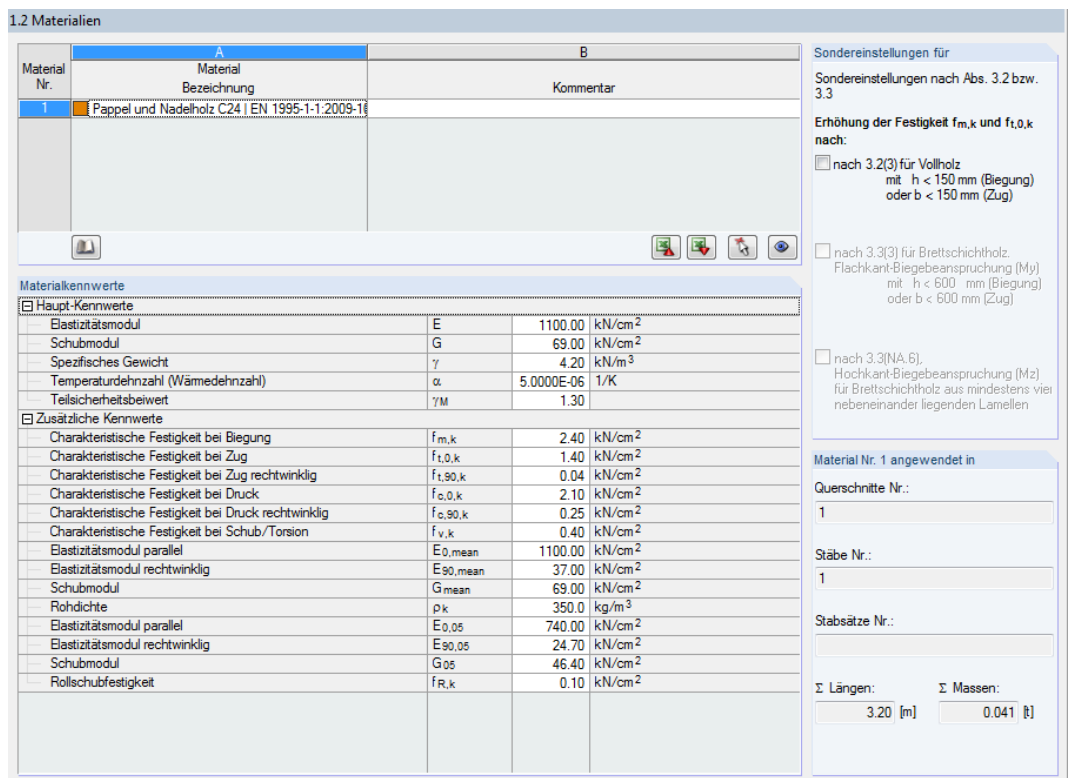


Bild 8.4: Maske 1.2 Materialien

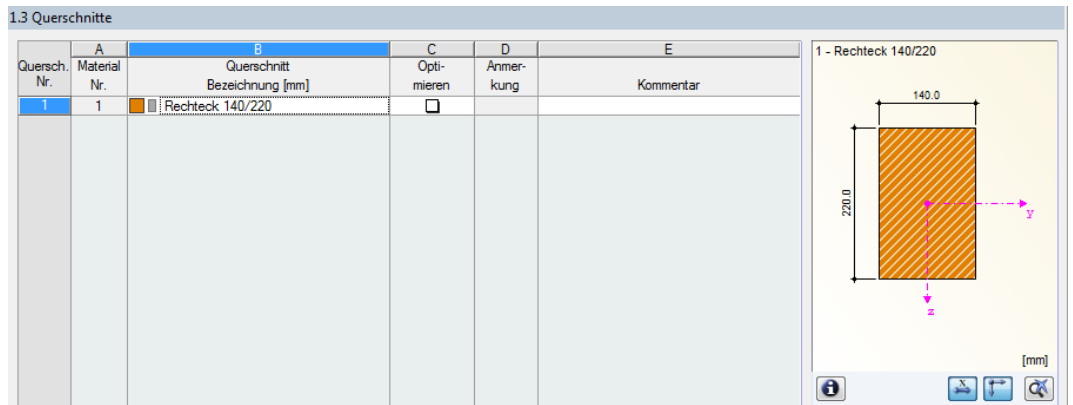


Bild 8.5: Maske 1.3 Querschnitte

In Maske 1.4 sind die Lasteinwirkungsdauer und die Nutzungsklasse zu definieren. Der Beiwert k_{mod} der EK1 wird aus der Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) der enthaltenen Lastfälle unter Berücksichtigung der Nutzungsklasse (NKL) berechnet.

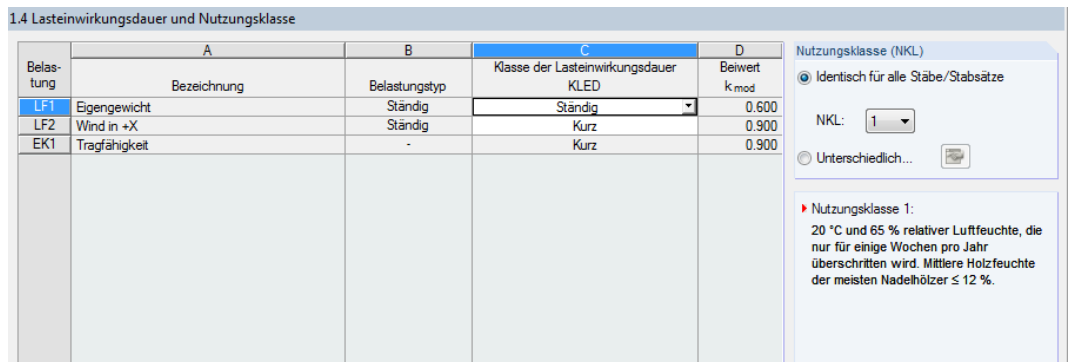


Bild 8.6: Maske 1.4 Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse

In Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe sind die Knicklängen der Stütze anzugeben. Es liegen die Euler-Fälle 1 und 3 mit den Knicklängenbeiwerten $k_{cr,y} = 2,0$ und $k_{cr,z} = 0,7$ vor.

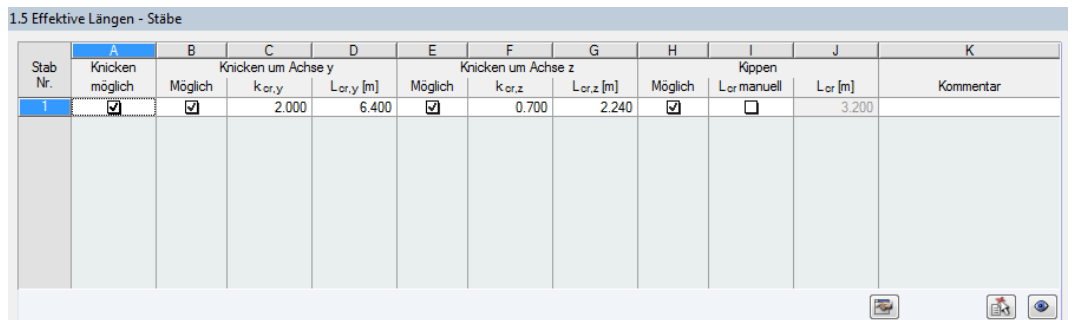


Bild 8.7: Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe

Berechnung

Anschließend kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

Nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise* mit den maßgebenden Nachweisen.

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis		Nachweis nach Formel	BS	KLED	Beiwert k _{mod}	
	Tragfähigkeitsnachweise									
EK1	Tragfähigkeit	1	0.000	1.065 > 1		323) Stab mit Biegung und Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen	TA	Kurz	0.900	

Max: 1.065 > 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - EK1

Nachweis	Wert	Einheit	Formel
Normalkraft (Druck)	N _d	60.75 kN	
Querschnittsfläche	A	308.00 cm ²	
Druckspannung	σ _{c,0,d}	0.20 kN/cm ²	
Ersatzstablänge	L _{er,y}	6.400 m	
Ersatzstablänge	L _{er,z}	2.240 m	
Trägheitsradius	i _y	63.5 mm	
Trägheitsradius	i _z	40.4 mm	
Schlankheitsgrad	λ _y	100.774	
Schlankheitsgrad	λ _z	55.426	
Druckfestigkeit	f _{c,0,k}	2.10 kN/cm ²	Tab. 1, EI
Elastizitätsmodul	E _{0,05}	740.00 kN/cm ²	Tab. 1, EI
Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{rel,y}	1.709	> 0.30 Gl. (6.21)
Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{rel,z}	0.940	> 0.30 Gl. (6.22)
Faktor	β _c	0.200	Gl. (6.29)
Hilfsknickbeiwert	k _y	2.101	Gl. (6.27)
Hilfsknickbeiwert	k _z	1.006	Gl. (6.28)
Knickbeiwert	k _{c,y}	0.301	Gl. (6.25)
Knickbeiwert	k _{c,z}	0.733	Gl. (6.26)
Modifikationsbeiwert	k _{mod}	0.900	Tab. 3.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.300	Tab. 2.3
Druckfestigkeit	f _{c,0,d}	1.45 kN/cm ²	Gl. (2.14)

Bild 8.8: Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*

Die in der unteren Tabelle angegebenen *Zwischenwerte* decken sich mit den Nachweisen in [6].

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1\,152\text{ kNcm}}{1\,129,33\text{ cm}^3} = 1,02\text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{60,75\text{ kN}}{308\text{ cm}^2} = 0,197\text{ kN/cm}^2$$

Für den Stabilitätsnachweis (Knicknachweis) ist nach [1] die zulässige Druckspannung mit dem Knickbeiwert k_c abzumindern. Dieser Beiwert ist vom Schlankheitsgrad λ abhängig.

$$i_y = \frac{d}{\sqrt{12}} = \frac{22\text{ cm}}{\sqrt{12}} = 6,35\text{ cm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{14\text{ cm}}{\sqrt{12}} = 4,04\text{ cm}$$

Der Schlankheitsgrad ermittelt sich zu:

$$\lambda_z = \frac{s_k}{i_z} = \frac{224\text{ cm}}{4,04\text{ cm}} = 55,4$$

$$\lambda_y = \frac{s_k}{i_y} = \frac{640\text{ cm}}{6,35\text{ cm}} = 100,8$$

Die Knickzahl k_c gemäß [1] Abschnitt 6.3.2 ist (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden):

$$k_{c,z} = 0,733$$

$$k_{c,y} = 0,301$$

Stabilitätsnachweis

Nachweis gemäß [1] Bedingung (6.23):

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{2,4 \cdot 0,9}{1,3} = 1,66 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis:
$$\eta_1 = \frac{\frac{N}{A}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} + \frac{\frac{M}{W}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} = \frac{0,197}{0,301 \cdot 1,45} + \frac{1,02}{1,66} = 1,066 > 1$$

Schubnachweis

Nachweis für Schub aus Querkraft gemäß [1] Abschnitt 6.1.7:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{0,4 \cdot 0,9}{1,3} = 0,277 \text{ kN/cm}^2$$



Die Schubspannungen können über die Spannungspunkt-Details mit den zugehörigen statischen Momenten ermittelt werden (siehe Bild 2.22, Seite 21).

$$\tau_d = \frac{V_y \cdot S_{z,i}}{I_z \cdot t_i} + \frac{V_z \cdot S_{y,i}}{I_y \cdot t_i} = \frac{7,2 \text{ kN} \cdot 847 \text{ cm}^3}{5030,67 \text{ cm}^4 \cdot 22 \text{ cm}} = 0,055 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis:
$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,055}{0,277} = 0,199 \leq 1$$

8.1.3.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist in RFEM bzw. RSTAB eine weitere Ergebniskombination mit veränderten Teilsicherheitsbeiwerten zu bilden:

EK2 = 1,0 · LF1/s + 1,0 · LF2/s

In RF-/HOLZ Pro ist dann im Register *Gebrauchstauglichkeit* der Maske 1.1 Basisangaben die **EK2** zur Bemessung auszuwählen und die Bemessungssituation **Charakteristisch** nach 2.2.3(2) zuzuweisen.

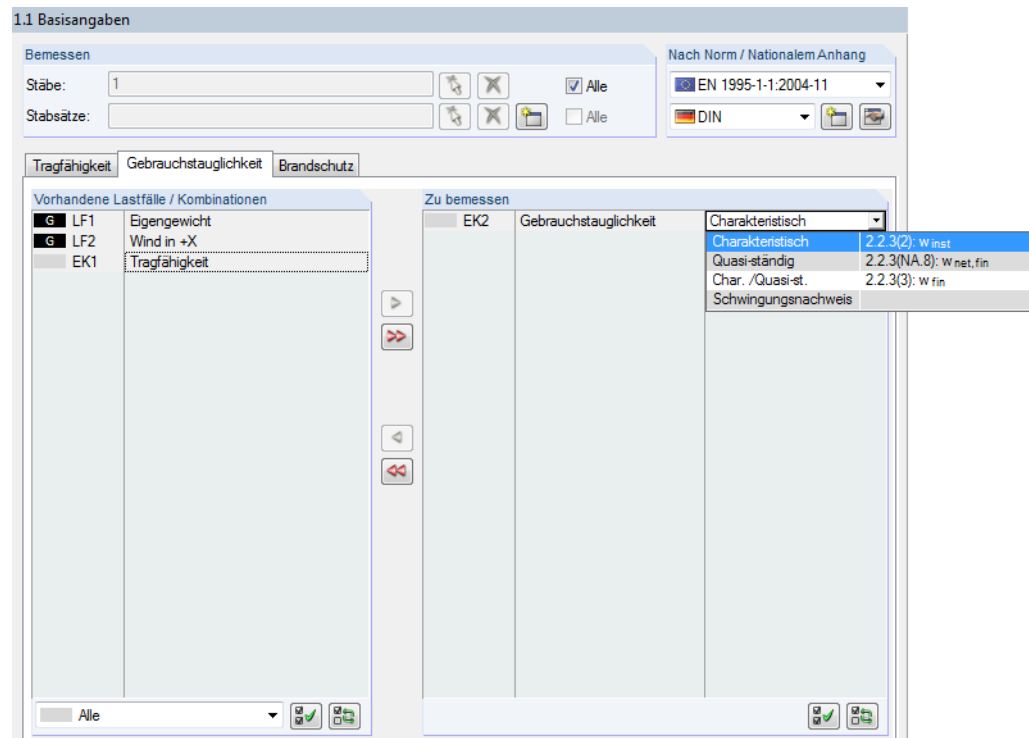


Bild 8.9: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

In Maske 1.9 *Gebrauchstauglichkeitsparameter* ist der Stab 1 anzugeben.

Nr.	A	B	C		D	E	F		G	H
	Beziehen auf	Stab Nr.	Manuell	Bezugslänge L [m]		Richtung	w _{c,y} [mm]	w _{c,z} [mm]		Trägertyp
1	Stab	1	<input type="checkbox"/>	3.200		z		0.0		Kragträger Ende frei
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

Bild 8.10: Maske 1.9 *Gebrauchstauglichkeitsparameter*

Die Bezugslänge wird nicht verändert, die Richtung jedoch auf **z** beschränkt. Da der Träger in diese Richtung ohne Lager ist, ist in der *Trägertyp*-Liste **Kragträger Ende frei** auszuwählen.

Details...

Für die Kontrollrechnung ist im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* eine Einstellung zu ändern: Die Verformung soll auf das **Unverformte System** bezogen werden.

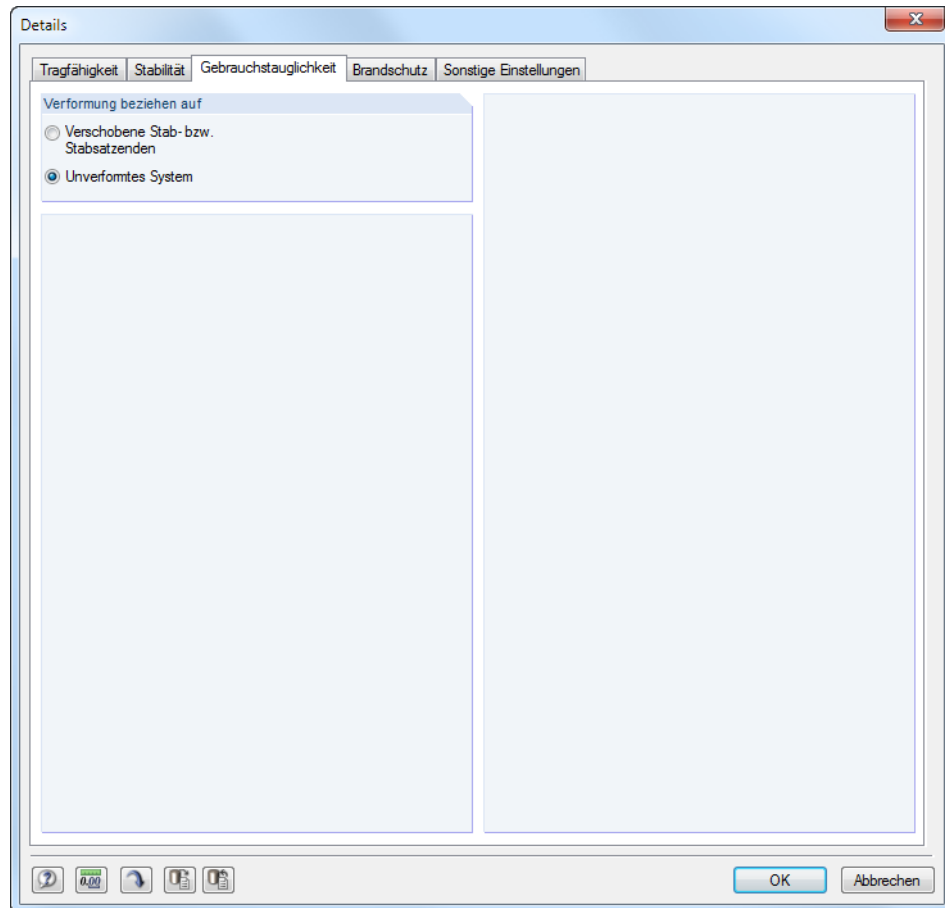


Bild 8.11: Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

In [6] wird ein E-Modul von 10 000 MN/m² angesetzt. Somit müsste in RFEM bzw. RSTAB ein neues Material mit diesen Eigenschaften definiert werden.

Der Einfachheit halber wird in folgender Gleichung der Standardwert 11 000 MN/m² benutzt.

$$w_{inst} = \frac{w \cdot h^4}{8 \cdot E \cdot I_y} \leq \frac{l}{150}$$

$$w_{inst} = \frac{1,5 \cdot 3,2^4}{8 \cdot 11\,000 \cdot 12\,422,70} \cdot \frac{10^{-1}}{10^{-8}} = 1,44 \text{ cm} < 2,13 \text{ cm} = \frac{320}{150}$$

Nachweis: $\frac{w_{inst}}{w_{zul}} = \frac{1,44 \text{ cm}}{2,13 \text{ cm}} = 0,676 < 1$

Berechnung

Dieses Ergebnis des Verformungsnachweises findet sich nach der [Berechnung] auch in der Ergebnismaske 2.1 *Nachweise lastfallweise* unter dem Eintrag *Gebrauchstauglichkeitsnachweise*.

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis		Nachweis nach Formel	BS	KLED	Beiwert k _{mod}
	Tragfähigkeitsnachweise								
EK1	Tragfähigkeit	1	0.000	1.065 > 1	323)	Stab mit Biegung und Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen	TA	Kurz	0.900
	Gebrauchstauglichkeitsnachweise								
EK2	Gebrauchstauglichkeit	1	3.200	0.674 ≤ 1	411)	Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Charakteristisch nach 7. (2)		Kurz	

Max: 1.065 > 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 3.200 m - EK2

- Materialdaten - Pappel und Nadelholz C24
- Querschnittsdaten - Rechteck 140/220
- Verformungen

Richtung x	w _x	-0.4	mm
Richtung y	w _y	0.0	mm
Richtung z	w _z	14.4	mm
- Nachweis

Verformung am Kragträger	w _{inst,z}	14.4	mm
Bezugslänge	l	3.200	m
Grenzwertkriterium	l / (w _{inst,z}) _{grenz}	150.000	
Grenzwert der Verformung	w _{inst,grenz,z}	21.3	mm
Nachweis	η	0.674	≤ 1 Tab. 7.2

Bild 8.12: Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*

8.2 Zusammengesetzter Querschnitt

Es werden die Nachweise gemäß EN 1995-1-1 für einen Einfeldträger mit 6,50 m Länge geführt. Dieses Beispiel ist dem Vorlesungsskript der Hochschule Wismar [7] entnommen (Beispiel 5.1).

8.2.1 System und Belastung

Der Träger besteht aus Nadelholz C30 und ist aus drei gleichen Kanthölzern 80 mm/180 mm, die mit Nägeln zusammengesetzt sind. Die unter Druck stehenden Teile des Querschnitts sind gegen seitliches Ausweichen mittig gehalten ($l_{ef,z} = 3,25$ m).

Modell

Material:	Nadelholz C30
Spannweite:	$\ell = 6,50$ m
Nutzungs-kategorie:	1
KLED:	mittel

Belastung

LF1 Nutzlast:	$q = 2,70$ kN/m
---------------	-----------------

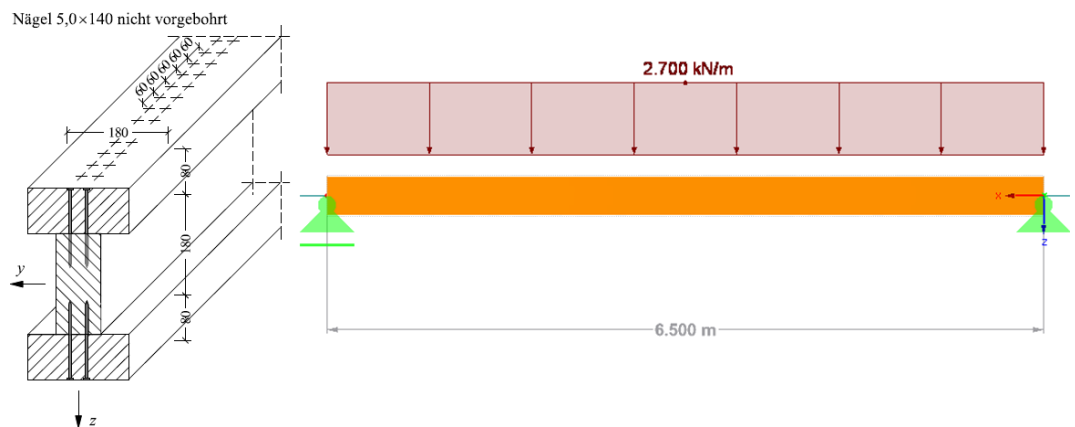


Bild 8.13: System und Belastung nach [7]

Nachgiebigkeit – Tragfähigkeit

Wegen der hohen Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel (VBM) ergeben sich sehr unterschiedliche Steifigkeiten des Querschnitts im Anfangs- und Endzustand der Belastung. Diese können sich auf den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit auswirken.

E-Modul	$E_{0,mean} = 12\,000$ N/mm ²
Verschiebungsmodul	$k_{1/3} = \frac{2}{3} \cdot k_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 895 = 600$ N/mm
Querschnittsfläche	$A_{1-3} = 180 \cdot 80 = 14,4 \times 10^3$ mm ²
Flächenträgheitsmoment	$I_{y,1/3} = \frac{180 \cdot 80^3}{12} = 7,68 \times 10^6$ mm ⁴
Flächenträgheitsmoment	$I_{y,2} = \frac{80 \cdot 180^3}{12} = 38,88 \times 10^6$ mm ⁴
Effektiver Abstand VBM	$s_{ef} = 60$ mm

Nachgiebigkeit Fuge 1:

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{k_1 \cdot \ell^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 14,4 \times 10^3 \cdot \frac{60}{2}}{600 \cdot (6,5 \times 10^3)^2}} = 0,331$$

$$\gamma_2 = 1$$

Nachgiebigkeit Fuge 2:

$$\gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot s_3}{k_3 \cdot \ell^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 14,4 \times 10^3 \cdot \frac{60}{2}}{600 \cdot (6,5 \times 10^3)^2}} = 0,331$$

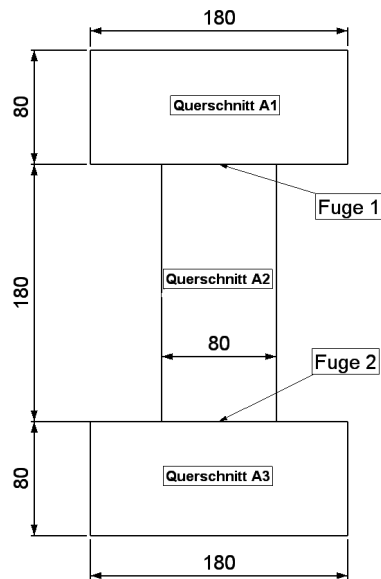


Bild 8.14: Querschnittsteile für Nachgiebigkeiten

Nachgiebigkeit – Gebrauchstauglichkeit

Im Endzustand der Belastung muss gemäß EN 1995-1-1 die Kriechverformung des Holzes für die quasi-ständige Bemessungssituation berücksichtigt werden. Der Kriechbeiwert k_{def} ist dabei in der Nutzungsklasse 1 mit 0,6 anzusetzen. Die Nachgiebigkeit der Fuge verändert sich wie folgt:

E-Modul $E_i = \frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def,i}} = 12\,000 \text{ N/mm}^2 = 8\,824 \text{ N/mm}^2$

Verschiebungsmodul $k_{1/3} = \frac{2}{3} \cdot k_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 895 = 600 \text{ N/mm}$

Querschnittsfläche $A_{1-3} = 180 \cdot 80 = 14,4 \times 10^3 \text{ mm}^2$

Flächenträgheitsmoment $I_{y,1/3} = \frac{180 \cdot 80^3}{12} = 7,68 \times 10^6 \text{ mm}^4$

Flächenträgheitsmoment $I_{y,2} = \frac{80 \cdot 180^3}{12} = 38,88 \times 10^6 \text{ mm}^4$

Effektiver Abstand VBM $s_{ef} = 60 \text{ mm}$

Nachgiebigkeit Fuge 1
$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot 8\,824 \cdot 14,4 \times 10^3 \cdot \frac{60}{2}}{350 \cdot (6,5 \times 10^3)^2}} = 0,282$$

$$\gamma_2 = 1$$

Nachgiebigkeit Fuge 2 $\gamma_3 = 0,282$

Steifigkeiten

Der Unterschied bei der Nachgiebigkeit fällt mit 0,331 zu 0,282 nicht gravierend aus.

Es werden nun die Steifigkeitswerte nur für die Tragfähigkeit berechnet. Die Effekte wegen der unterschiedlichen Nachgiebigkeiten sind im [Kapitel 8.2.3.2](#) vorgestellt.

$$\text{Biegesteifigkeit um Y: } (E \cdot I_y)_{\text{ef}} = \sum_1^3 (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E - i \cdot A_i \cdot a_i^2) = 2,586 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$\text{Biegesteifigkeit um Z: } E \cdot I_y = 12\,000 \cdot \left(2 \cdot \frac{80 \cdot 180^3}{12} + \frac{180 \cdot 80^3}{12} \right) = 1,025 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

RF-/HOLZ Pro verwendet folgende Querschnittswerte:

Querschnittswert-Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit
Breite	b_1	18,00	cm
Höhe	h_1	8,00	cm
Breite	b_2	8,00	cm
Höhe	h_2	18,00	cm
Breite	b_3	18,00	cm
Höhe	h_3	8,00	cm
Nachgiebige Verbindung	$\gamma_{\text{Fuge 1}}$	0,331	
Nachgiebige Verbindung	$\gamma_{\text{Fuge 2}}$	0,331	
Lage des Schwerpunkts	z_s	17,00	cm
Abstand zur Spannungslinie	z_0	17,00	cm
Abstand zur Spannungslinie	a_1	-13,00	cm
Abstand zur Spannungslinie	a_2	0,00	cm
Abstand zur Spannungslinie	a_3	13,00	cm
Flächenträgheitsmoment um y-Achse	$I_{y,\text{eff}}$	21534,40	cm ⁴
Flächenträgheitsmoment um z-Achse	$I_{z,\text{eff}}$	8544,00	cm ⁴

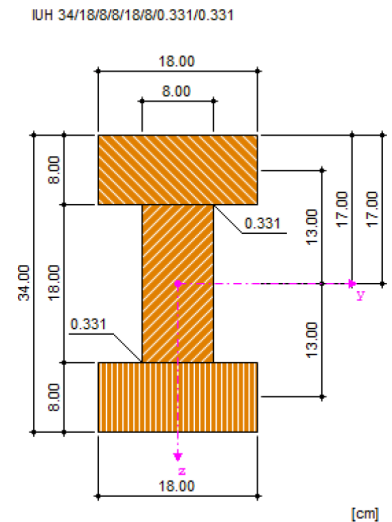


Bild 8.15: Querschnittswerte in RF-/HOLZ Pro

Mit dem E-Modul von 12 000 N/mm² liegt die effektive Steifigkeit bei:

$$\text{Biegesteifigkeit um Y: } (E \cdot I_y)_{\text{ef}} = 1\,200 \cdot 21\,534,4 = 2,58 \times 10^7 \text{ kNcm}^2$$

$$\text{Biegesteifigkeit um Z: } E \cdot I_y = 12\,000 \cdot 8\,544 = 1,025 \times 10^{12} \text{ kNcm}^2$$

Die Steifigkeiten sind somit identisch.

8.2.2 Berechnung mit RFEM/RSTAB

Das System und die Belastung werden in RFEM bzw. RSTAB als 3D-Modell erstellt.

Bei den *Basisangaben* des Modells ist im Abschnitt *Klassifizierung von Lastfällen und Kombinationen* die Norm **EN 1990 + EN 1995** mit nationalem Anhang für **DIN** einzustellen. Die automatische Erzeugung von Kombinationen ist für das Beispiel ohne Bedeutung.

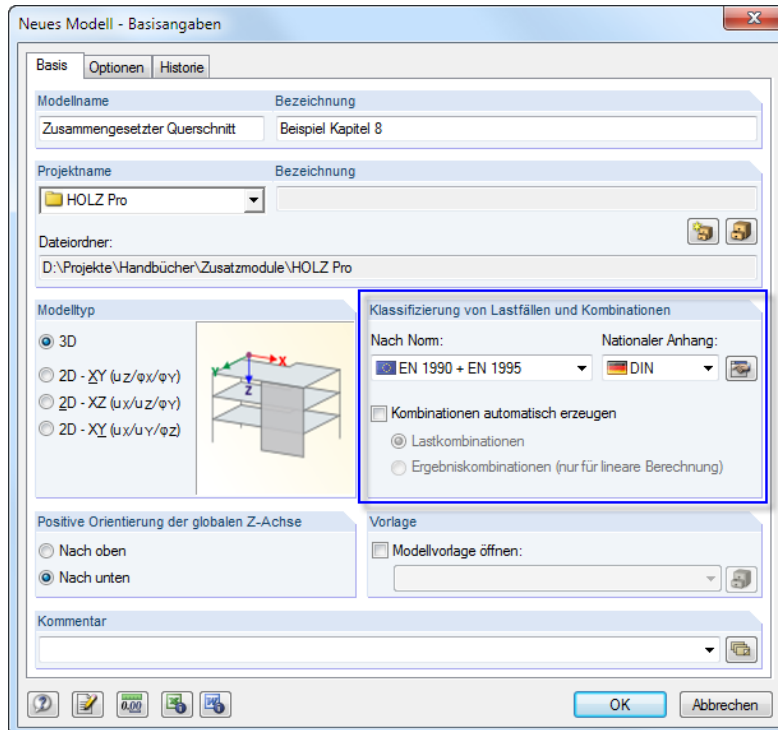


Bild 8.16: RFEM/RSTAB-Dialog *Neues Modell - Basisangaben*

Für das System gemäß Bild 8.13 ist der Querschnitt in der Bibliothek unter Berücksichtigung der *Nachgiebigkeit* zu definieren. Wir setzen $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,331$ für den Nachweis der Tragfähigkeit an.

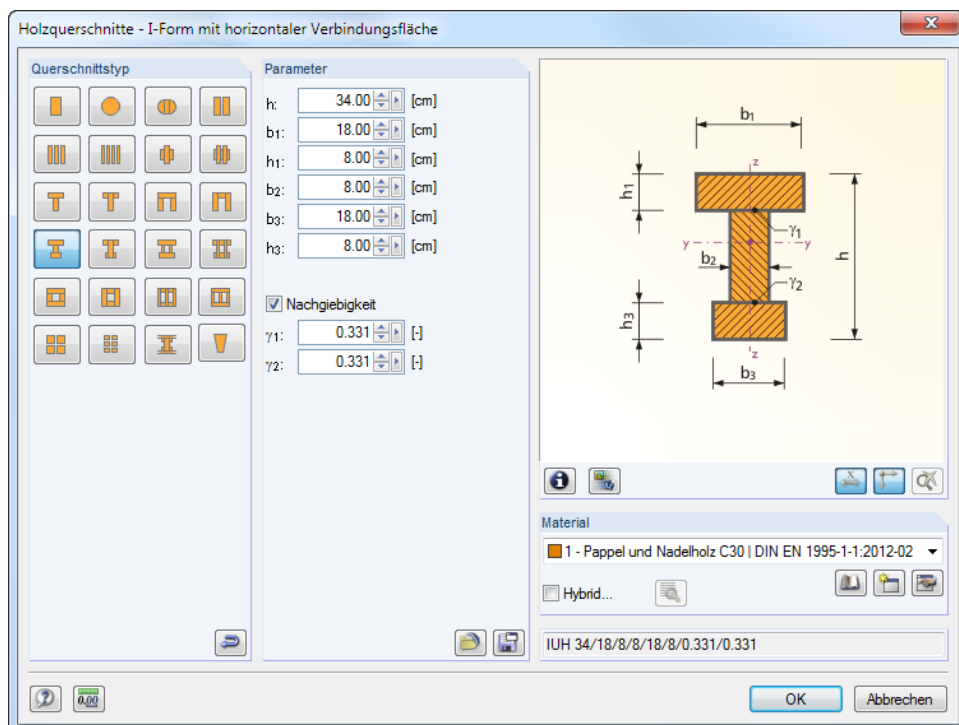


Bild 8.17: Bibliothek-Dialog *Holzquerschnitte*

8.2.3 Bemessung mit RF-/HOLZ Pro

8.2.3.1 Nachweis der Tragfähigkeit

In Maske 1.1 *Basisangaben* ist der Lastfall **LF1** für den Nachweis der *Tragfähigkeit* auszuwählen. Die Bemessung erfolgt nach **EN 1995-1-1** mit dem nationalen Anhang gemäß **DIN**.

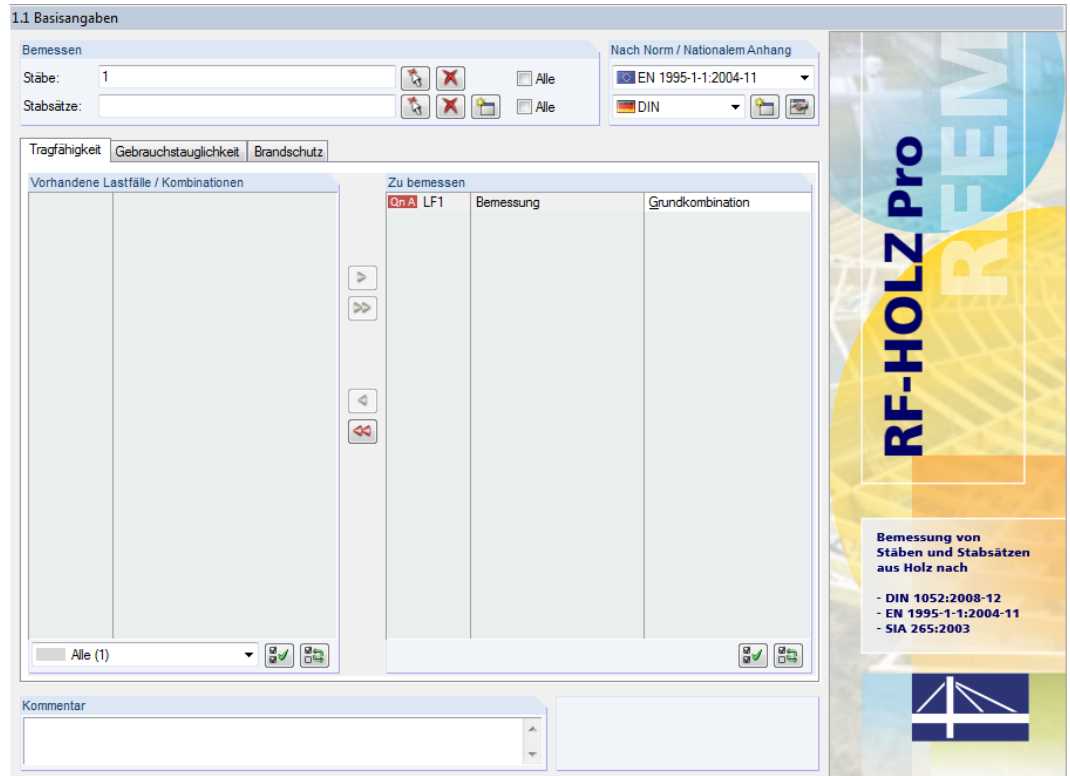


Bild 8.20: Maske 1.1 *Basisangaben*

Wir überprüfen in Maske 1.4 *Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse*, ob die KLED des Lastfalls mit **Mittel** voreingestellt ist.

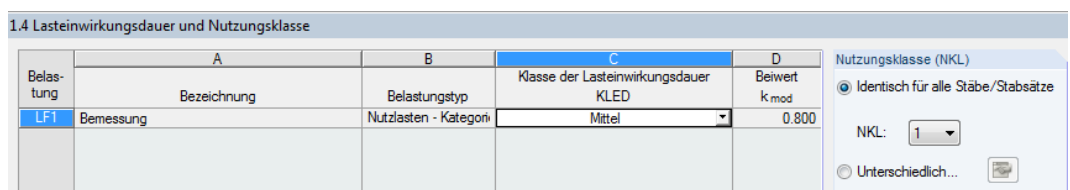


Bild 8.21: Maske 1.4 *Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse*

In Maske 1.5 *Effektive Längen - Stäbe* sind die Knicklängen des Trägers auf jeweils **3,25 m** zu ändern. Da der Biegedrillknicknachweis derzeit für zusammengesetzte Profile noch nicht geregelt ist, sind die Spalten H bis J für zusammengesetzte Querschnitte nicht zugänglich.

1.5 Effektive Längen - Stäbe											
Stab Nr.	A	B	C		D	E		G	H	I	J
	Knicken möglich	Möglich	Knicken um Achse y		Knicken um Achse z	Knicken um Achse z		L _{cr,z} [m]	Möglich	Biegedrillknicken L _{cr} definieren	L _{cr} [m]
			k _{cr,y}	L _{cr,y} [m]	Möglich	k _{cr,z}	L _{cr,z} [m]			Als Stablänge	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.500	3.250	<input checked="" type="checkbox"/>	0.500	3.250		<input type="checkbox"/>		6.500

Bild 8.22: Maske 1.5 *Effektive Längen - Stäbe*

Berechnung

Nach der [Berechnung] erscheint die Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise* mit den maßgebenden Nachweisen.

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis		Nachweis nach Formel	BS	KLED	Beiwert k _{mod}	
	Tragfähigkeitsnachweise									
LF1	Bemessung	1	3.250	0.54 ≤ 1	3312	Biegestab ohne Druckkraft - Biegung um Achse y - Schwerpunktspannung	TA	Mittel	0.800	

Max: 0.54 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 3.250 m - LF1

Bemessungsschnittgrößen

Nachweis

Spannungspunkt-Nr.		3	
Biegemoment	M _{y,d}	14.259	kNm
Trägheitsmoment	I _y	21534.40	cm ⁴
Nachgiebige Verbindung	γ _{y,1}	0.331	
Abstand des Flächenmittelpunkt des Stabes 1 von der Spannungsnulllinie	a _{1,z}	-13.00	cm
Vzdälenost težište prvku 1 od okraje prvku 1	h _{1/2}	-4.00	cm
Mittelwert der Druckbiegespannung	σ _{c,y,d}	-0.285	kN/cm ² Gl. (B.7)
Additional bending stress	σ _{m,y,d}	-0.265	kN/cm ² Gl. (B.8)
Druckfestigkeit	f _{c,0,k}	2.300	kN/cm ² [8], Tab. 1
Biegefestigkeit	f _{m,y,k}	3.000	kN/cm ² [8], Tab. 1
Modifikationsbeiwert	k _{mod}	0.800	Tab. 3.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.300	Tab. 2.3
Druckfestigkeit	f _{c,0,d}	1.415	kN/cm ² Gl. (3)
Biegefestigkeit	f _{m,y,d}	1.846	kN/cm ² Gl. (2.14)
Elastizitätsmodul	E _{0,05}	800.000	kN/cm ² [8], Tab. 1
Ersatzstablänge	L _{or,z}	3.250	m
Trägheitsradius	i _z	4.45	cm
Schlankheitsgrad	λ _z	73.079	
Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{rel,z}	1.247	> 0.30 Gl. (6.22)
Faktor	β _c	0.200	Gl. (6.29)

Bild 8.23: Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*

Details...

Der maßgebende Nachweis ist der Biegeknicknachweis mit einer Ausnutzung von 54 %. Dieser Wert ergibt sich aber nur, wenn im Dialog *Details*, Register *Sonstige Einstellungen* das Kontrollfeld *Biegespannung σ_{m,i} berücksichtigen (mittlere Spannung)* angehakt ist (siehe Bild 3.5, Seite 43).

Die Nachweise werden durch eine Handrechnung überprüft.

Nachweis der Normalspannungen (Gleichung B.7)

$$N_{i,d} = \frac{M_{y,d}}{(EI)_{ef}} \cdot E_i \cdot \gamma_i \cdot a_i \cdot A_i$$

$$N_{1,d} = N_{3,d} = \frac{1\,426 \text{ kNm}}{2,58 \times 10^7 \text{ kNcm}} \cdot 1\,200 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,331 \cdot 13 \text{ cm} \cdot 144 \text{ cm}^2 = 41,1 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,1;3,d} = \frac{N}{A} = \frac{41,1 \text{ kN}}{144 \text{ cm}^2} = 0,285 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis Druck

$$\frac{\sigma_{c,1,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,285 \text{ kN/cm}^2}{1,42 \text{ kN/cm}^2} = 0,20 < 1$$

Nachweis Zug

$$\frac{\sigma_{c,3,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,285 \text{ kN/cm}^2}{1,11 \text{ kN/cm}^2} = 0,26 < 1$$

Qualitativ sieht die Aufteilung der Druck- und Zugspannungen wie folgt aus:

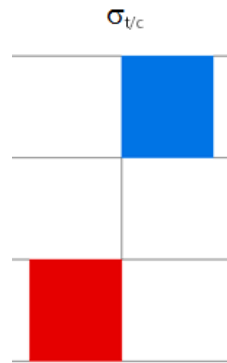


Bild 8.24: Qualitativer Verlauf der Spannungen

Nachweis der Randspannungen (Gleichung B.8)

$$\sigma_{m,i,d} = \frac{M_{y,d}}{(EI)_{ef}} \cdot E_i \cdot \frac{h_i}{2}$$

$$\sigma_{m,1,d} = \sigma_{m,3,d} = \frac{1\,426 \text{ kNcm}}{2,58 \times 10^7 \text{ kNcm}} \cdot 1\,200 \text{ kN/cm}^2 \cdot \frac{8 \text{ cm}}{2} = 0,265 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{1\,426 \text{ kNcm}}{2,58 \times 10^7 \text{ kNcm}} \cdot 1\,200 \text{ kN/cm}^2 \cdot \frac{18 \text{ cm}}{2} = 0,596 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis des Stegs

$$\frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,596}{1,85} = 0,32 < 1$$



Die Spannungen werden grafisch im RF-/HOLZ Pro-Dialog *Querschnitt* dargestellt, der über die Schaltfläche [Erweiterte Anzeige] zugänglich ist.

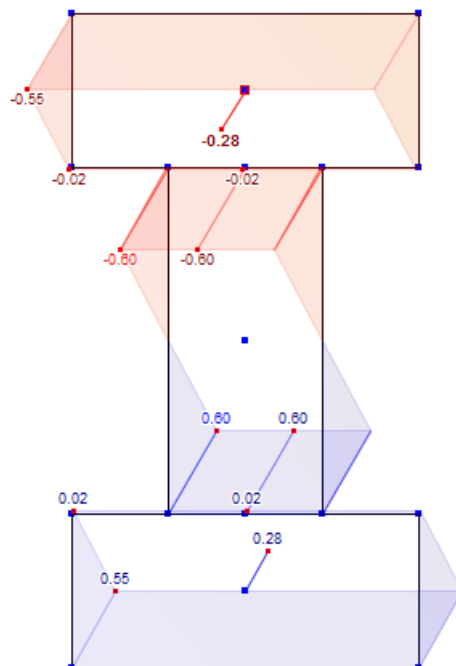


Bild 8.25: Anzeige der Biegerandspannung in RF-/HOLZ Pro

Nachweis der Schubspannungen in der neutralen Ebene des Stegs

$$\tau_{2,max,d} = \frac{V_{max,d} \cdot (\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2)}{(EI)_{ef} \cdot b_2} =$$

$$\frac{8,78 \text{ kN} \cdot \left(0,331 \cdot 1\,200 \text{ kN/cm}^2 \cdot 144 \text{ cm}^2 \cdot 13 \text{ cm} + 0,5 \cdot 1\,200 \text{ kN/cm}^2 \cdot 8 \text{ cm} \cdot \left(\frac{18}{2} + 0 \right)^2 \right)}{2,58 \times 10^7 \text{ kNcm}^2 \cdot 8 \text{ cm}}$$

$$= 0,048 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,048}{0,123} = 0,39 < 1$$

Scherkraft in der Anschlussfuge

$$F_{1,v,Ed} = \frac{V_{max,d} \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_{1,min}}{(E \cdot I)_{ef}} =$$

$$= \frac{8,78 \text{ kN} \cdot 0,331 \cdot 1\,200 \text{ kN/cm}^2 \cdot 144 \text{ cm}^2 \cdot 13 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm}}{2,58 \times 10^7 \text{ kNcm}^2} = 0,76 \text{ kN}$$

Die Scherkraft in der Anschlussfuge wird von RF-/HOLZ Pro nicht ausgegeben, da die Abstände der Verbindungsmittel nicht im Programm definiert werden können.

Knickbeiwert

Für den Stabilitätsnachweis (Knicknachweis) ist nach [1] die zulässige Druckspannung mit dem Knickbeiwert k_c abzumindern. Dieser Beiwert ist vom Schlankheitsgrad λ abhängig.

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{21\,534,4 \text{ cm}^4}{432 \text{ cm}^2}} = 7,06 \text{ cm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{8\,544 \text{ cm}^4}{432 \text{ cm}^2}} = 4,45 \text{ cm}$$

Der Schlankheitsgrad ermittelt sich zu:

$$\lambda_z = \frac{s_k}{i_z} = \frac{325 \text{ cm}}{4,45 \text{ cm}} = 73,03$$

Die Knickzahl k_c gemäß [1] Abschnitt 6.3.2 ist (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden):

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,37 + \sqrt{1,37^2 - 1,25^2}} = 0,51$$

$$\lambda_{rel,z}^2 = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{73,03}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,3 \text{ kN/cm}^2}{800 \text{ kN/cm}^2}} = 1,25$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 (1,25 - 0,3) + 1,25^2 \right) = 1,37$$

Stabilitätsnachweis

Nachweis gemäß [1] Bedingung (6.24):

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,y,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,o,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,285}{0,51 \cdot 1,42} + 1,0 \cdot \frac{0,265}{1,85} = 0,54 < 1$$

Nat. Anhang...

Für diesen Nachweis, bei dem die Spannungen aus Biegung zusätzlich in Druckbiegespannungen aufgeteilt werden, kann es legitim sein, den Beiwert k_m im Dialog *Parameter der Nationalen Anhangs* auf 0,7 zu reduzieren (siehe Bild 2.10, Seite 13). Die Ausnutzung wird dadurch etwas geringer; andererseits wird der Druckbiegungsanteil auch einer geringeren Festigkeit gegenübergestellt.

8.2.3.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird üblicherweise für eine separate Lastkombination geführt. Im Beispiel sollen jedoch die Auswirkungen der unterschiedlichen Steifigkeiten aufgezeigt werden. In Kapitel 8.2.1 wurden die γ -Faktoren für die Steifigkeiten im Anfangs- und Endzustand der Belastung mit 0,331 bzw. 0,282 ermittelt. Um die damit verbundenen Unterschiede in den Steifigkeiten korrekt zu erfassen, muss eine weitere Berechnung durchgeführt werden, in der auch die Tragfähigkeitsbemessung mit der Endsteifigkeit – der Steifigkeit aus der Gebrauchstauglichkeitsberechnung – erfolgt.

Damit wird auch deutlich, weshalb für zusammengesetzte Querschnitte kein Brandschutznachweis möglich ist: Die Steifigkeiten müssten auch für die Brandbemessung neu berechnet werden. Hinzu kommt, dass beim Brandschutznachweis eine veränderte Lage der Nulllinie erst nach der Reduzierung des Querschnitts berechenbar ist.

Modell anpassen

Wir beenden RF-/HOLZ Pro mit [OK].

In RFEM bzw. RSTAB erzeugen wir eine Kopie des Modells mitsamt Last: Wir ziehen ein Fenster über dem Stab und der Last auf und kopieren die Selektion über das Menü

Bearbeiten → **Verschieben/Kopieren**.

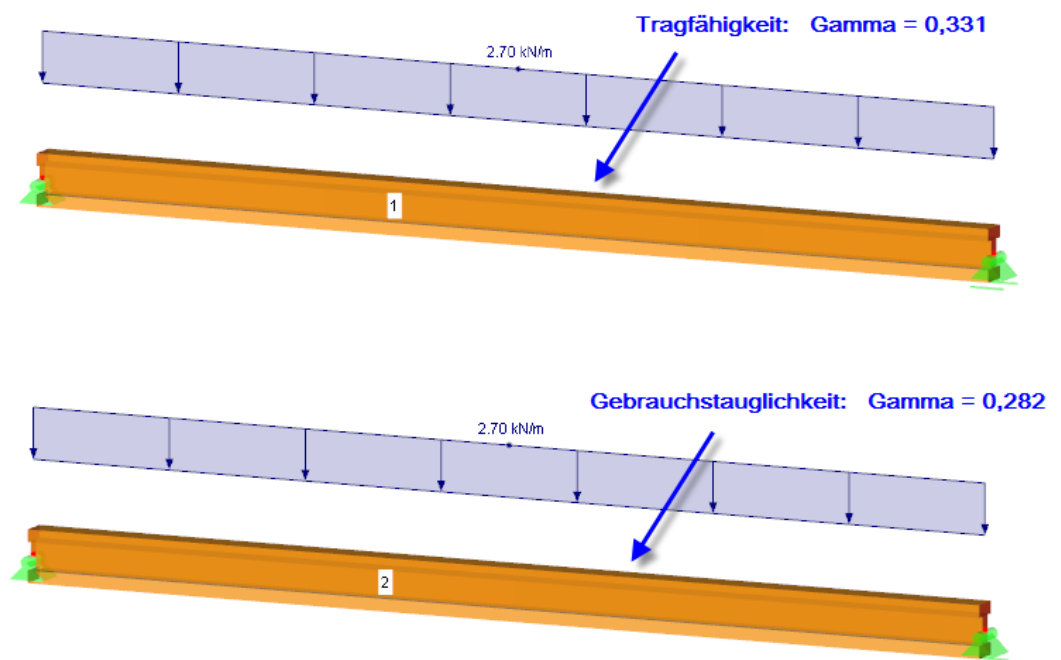


Bild 8.26: Modell und Kopie in RFEM bzw. RSTAB

Um die veränderte Nachgiebigkeit zu berücksichtigen, definieren wir für den kopierten Stab einen neuen Querschnitt mit geänderten Nachgiebigkeitsfaktoren γ .

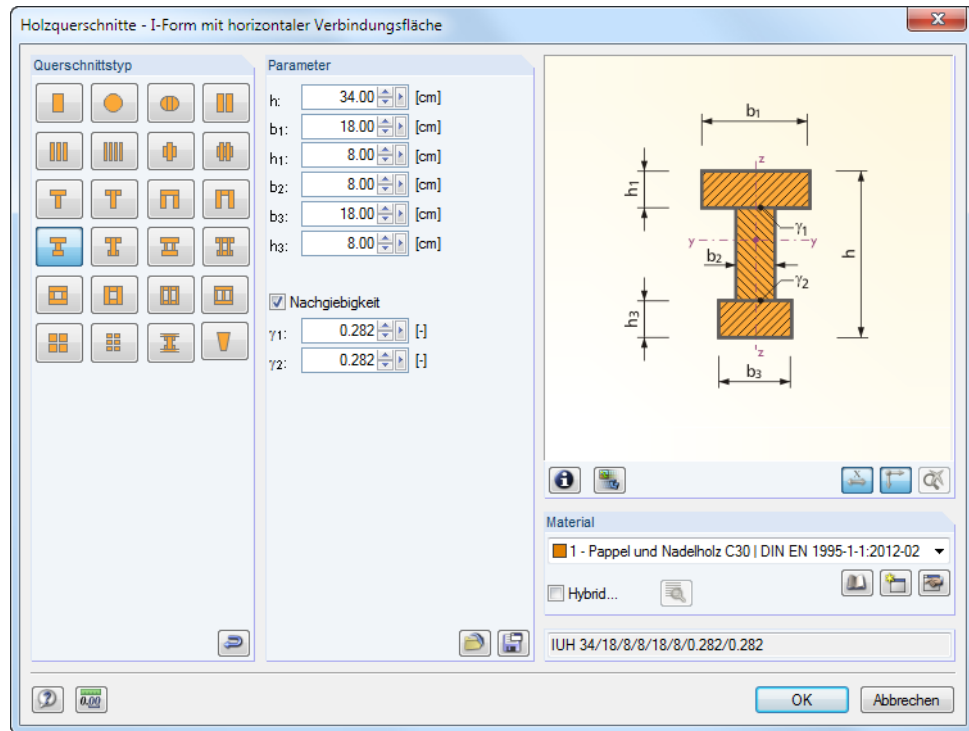


Bild 8.27: Bibliothek-Dialog *Holzquerschnitte* mit $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,282$

Wir öffnen wieder das Modul RF-/HOLZ Pro und kopieren den Bemessungsfall 1 über das Menü **Datei** → **Fall kopieren**.

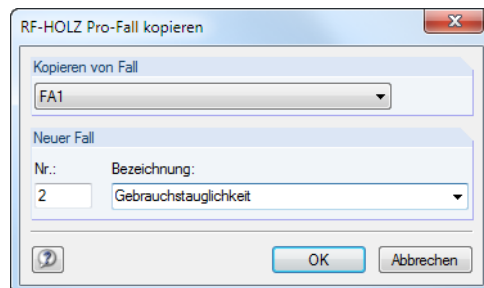


Bild 8.28: Dialog *RF-HOLZ Pro-Fall kopieren*

Im Bemessungsfall 2 geben wir diesmal den Stab **2** zur Bemessung vor (siehe Bild 8.29).

Wir belassen den LF1, der zur Bemessung der *Tragfähigkeit* voreingestellt ist.

Im Register *Gebrauchstauglichkeit* übertragen wir den **LF1** in die Liste *Zu bemessen* (streng genommen wäre eine separate Einwirkungskombination zu definieren). Diesem Lastfall weisen wir die Bemessungskombination **Char./Quasi-st.** zu: Damit wird die Verformung mit dem Grenzwert der Endverformung von $\frac{l}{300} = 21,7$ mm verglichen.

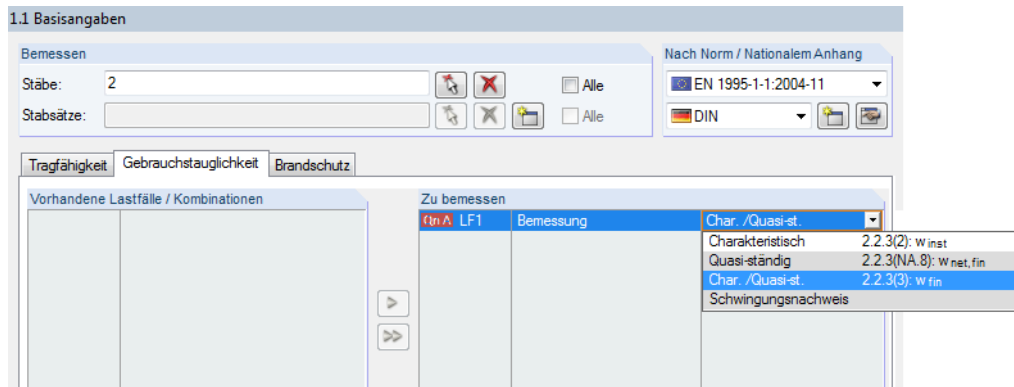


Bild 8.29: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Anschließend reduzieren wir in Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe die Knicklängen für Stab 2 ebenfalls auf **3,25 m** (siehe Bild 8.22, Seite 87).

In Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter tragen wir den Stab **2** ein.

1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter								
Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H
	Beziehen auf	Stab Nr.	Bezugslänge Manuell	L [m]	Richtung	Überhöhung w _{c,y} [mm] w _{c,z} [mm]		Trägertyp
1	Stab	2	<input type="checkbox"/>	6.500	z		0.0	Träger
2								
3								
4								
5								
6								

Bild 8.30: Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Berechnung

Die [Berechnung] ergibt, dass der Durchbiegungsnachweis um 26 % überschritten ist. Es erhöht sich auch die Ausnutzung in den Tragfähigkeitsnachweisen geringfügig: Wegen der größeren Verformung bzw. der geringeren Steifigkeit des Querschnitts wird jeder einzelne Querschnittsteil stärker biegebeansprucht.

Quer. Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Nachweis nach Formel	
1				IUH 34/18/8/8/18/8/0.331/0.331	
	0,00	LF1	0,39 ≤ 1	Schub aus Querkraft V _z nach 6.1.7	
	3,25	LF1	0,32 ≤ 1	Randspannung im Druckgurt M _y nach 6.1.6	
	3,25	LF1	0,18 ≤ 1	Schwerpunktspannung im Druckgurt M _y nach 6.1.4	
	3,25	LF1	0,40 ≤ 1	Schwerpunktspannung im Zuggurt M _y nach 6.1.2	
	3,25	LF1	0,32 ≤ 1	Randspannung im Zuggurt M _y nach 6.1.6	
	3,25	LF1	0,54 ≤ 1	Biegung um Achse y - Schwerpunktspannung im Druckgurt M _y nach 6.3.2	

Bild 8.31: Ausnutzungen mit γ -Faktoren **0,331** im Bemessungsfall 1

Quer. Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Nachweis nach Formel	
2				IUH 34/18/8/8/18/8/0.282/0.282	
	0,00	LF1	0,40 ≤ 1	Schub aus Querkraft V _z nach 6.1.7	
	3,25	LF1	0,36 ≤ 1	Randspannung im Druckgurt M _y nach 6.1.6	
	3,25	LF1	0,20 ≤ 1	Schwerpunktspannung im Druckgurt M _y nach 6.1.4	
	3,25	LF1	0,41 ≤ 1	Schwerpunktspannung im Zuggurt M _y nach 6.1.2	
	3,25	LF1	0,36 ≤ 1	Randspannung im Zuggurt M _y nach 6.1.6	
	3,25	LF1	0,54 ≤ 1	Biegung um Achse y - Schwerpunktspannung im Druckgurt M _y nach 6.3.2	
	3,25	LF1	1,26 > 1	Gebrauchstauglichkeit - Quasi-ständig nach 7.2 - Innenfeld, z-Richtung	

Bild 8.32: Ausnutzungen mit γ -Faktoren **0,282** im Bemessungsfall 2

8.3 Pultdachträger

Die aktuellen Holzbaunormen schreiben vor, die Festigkeit eines angeschnittenen Balkens entsprechend der Beanspruchung – Biegezug oder Biegedruck – abzumindern. Dies betrifft üblicherweise Pultdachträger.

8.3.1 System und Belastung

Modell

Material:	Nadelholz GL24h
Spannweite:	$\ell = 11,0 \text{ m}$
Kragarm:	$\ell = 3,0 \text{ m}$
Nutzungsklasse:	2
KLED:	kurz
Querschnitt 1:	18/16 cm (Anfang)
Querschnitt 2:	18/110 cm (Ende)
Träger seitlich gehalten (kein Stabilitätsproblem)	

Belastung

LF1 Eigengewicht:	$g = 2,7 \text{ kN/m}$
LF2 Schnee:	$q = 5,7 \text{ kN/m}$
EK1:	$1,35 \cdot \text{LF1} + 1,5 \cdot \text{LF2}$

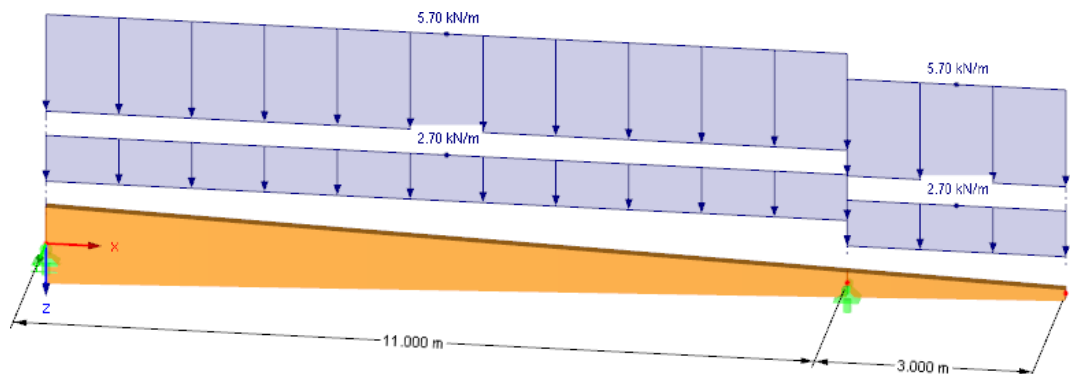


Bild 8.33: System und Belastung

8.3.2 Berechnung mit RFEM/RSTAB

Das System und die Lasten der beiden Lastfälle werden in RFEM bzw. RSTAB als 3D-Modell erstellt. Beim Anlegen des LF1 die automatische Berücksichtigung des Eigengewichts zu deaktivieren.

Die Lastfälle werden für die Grundkombination nach Theorie I. Ordnung mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten in einer Ergebniskombination überlagert.

Es ergibt sich folgender Momentenverlauf:

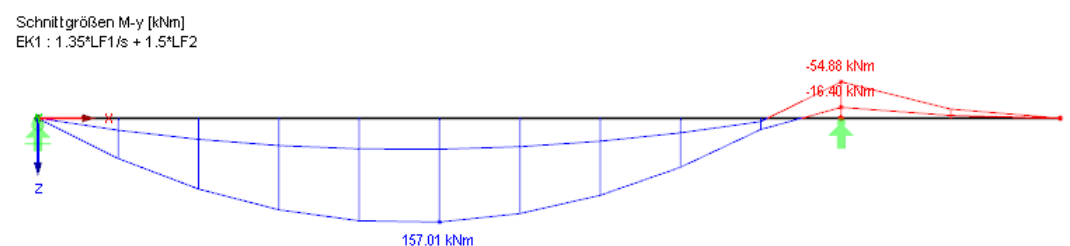
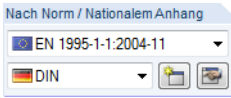


Bild 8.34: Momentenverlauf

8.3.3 Bemessung mit RF-/HOLZ Pro

In Maske 1.1 *Basisangaben* ist die Ergebniskombination **EK 1** für den Nachweis der *Tragfähigkeit* auszuwählen.



Die Bemessung erfolgt nach **EN 1995-1-1** mit dem Nationalen Anhang gemäß **DIN**.

In Maske 1.4 *Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse* stellen wir für die EK1 die KLED **Kurz** ein.

Belastung	A		B	C	D
	Bezeichnung		Belastungstyp	Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED	Beiwert k_{mod}
LF1	Eigengewicht		Ständig	Ständig	0.600
LF2	Schnee		Schnee / Eis	Kurz	0.900
EK1	1.35*LF1/s + 1.5*LF2		-	Kurz	0.900

Nutzungsklasse (NKL)

Identisch für alle Stäbe/Stabsätze

NKL:

Unterschiedlich...

Nutzungsklasse 1:
Gesamtholzfeuchte 5-15 %. Mittlere Holzfeuchte der meisten Nadelhölzer ≤ 12 %.

Bild 8.35: Maske 1.4 *Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse*

RF-/HOLZ Pro erkennt, dass *Voutenstäbe* im Modell vorhanden sind. In Maske 1.7 *Voutenstäbe* ist der Faseranschnittwinkel von 3,84 ° voreingestellt.

Stab Nr.	A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
	Stabanfang	Querschnitt	Stabende	Länge L [m]	Faseranschnittwinkel α [°]	Faser parallel zur	Faser parallel zur	Mit First	Zug rechtwinklig zur Faser	Manuell	V [m ³]	k_{vol}	Anmerkung
1	H-Rechteck 18/16	H-Rechteck 18/36.1429	H-Rechteck 18/110	3.000	3.84 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2	H-Rechteck 18/36.1429	H-Rechteck 18/110	H-Rechteck 18/110	11.000	3.84 ≤ 24.00	+z-Achse-Kante	+z-Achse-Kante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Bild 8.36: Maske 1.7 *Voutenstäbe*

Die Faser verläuft parallel zur Kante, die in Richtung der positiven z-Achse liegt – also der Stabunterseite. Damit verlaufen die angeschnittenen Fasern im Biegedruckbereich (Feld) bzw. im Biegezugbereich (Kragarmstütze). Angeschnittene Fasern mit Zug wirken sich sehr ungünstig auf die Holztragfähigkeit aus.

Die Begrenzung des Faseranschnittwinkels ist im globalen Eurocode nicht geregelt, sondern nur in den nationalen Anwendungsdokumenten. Aktuelle Untersuchungen haben gezeigt, dass erst ab einem Faseranschnittwinkel von 24 ° ein Sicherheitsdefizit besteht. In DIN 1052 war die Begrenzung mit 10° zwar strenger gehandhabt, aber dort wurde der Nachweis auch etwas anders geführt. Weitere Hinweise hierzu finden sich in [6].

Details...

Da der Träger nicht stabilitätsgefährdet ist, deaktivieren wir die Stabilitätsanalyse im Dialog *Details*.

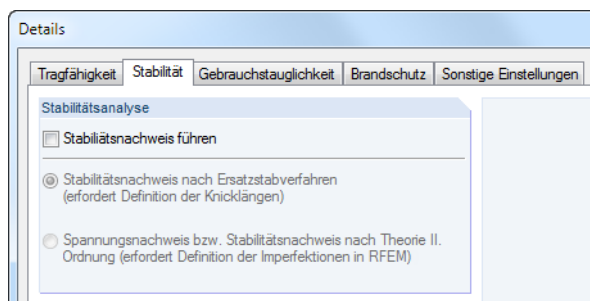


Bild 8.37: Dialog *Details*, Register *Stabilität*

Berechnung

Nach der [Berechnung] kann die Abminderung am Zug- und Druckrand gut in Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise nachvollzogen werden.

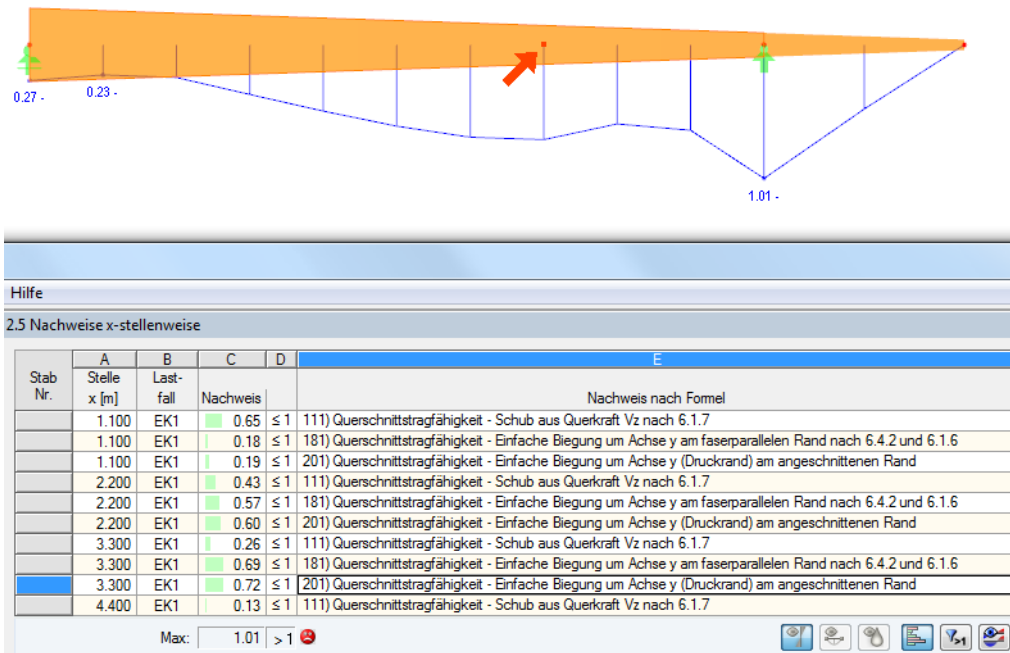


Bild 8.38: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

Nachweis im Biegedruckbereich für Stab 2, Stelle x = 3,30 m

Der Nachweis wird gemäß [1] Abschnitt 6.4.2 geführt.

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{11\,652 \text{ kNcm}}{10\,196,7 \text{ cm}^3} = 1,14 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{2,4 \cdot 0,9}{1,3} = 1,66 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha\right)^2}} = 0,955$$

Nachweis: $\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}} = \frac{1,14}{0,955 \cdot 1,66} = 0,72 < 1$

Die Festigkeitsabminderung durch den Beiwert $k_{m,\alpha}$ fällt mit 4,5 % gering aus.

Nachweis im Biegezugbereich für Stab 2, Stelle $x = 0,00 \text{ m}$

Die Nachweisstelle befindet sich über dem Lager am Kragarm.

Der Nachweis gemäß [1] Abschnitt 6.4.2 ist wie folgt.

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{5\,488 \text{ kNcm}}{3\,918,9 \text{ cm}^3} = 1,40 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{2,4 \cdot 0,9}{1,3} = 1,66 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha\right)^2}} = 0,83$$

Nachweis: $\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}} = \frac{1,40}{0,83 \cdot 1,66} = 1,01 \approx 1$

Durch die höhere Abminderung von 17 % wird der Nachweis im angeschnittenen Bereich maßgebend.

Eine Lösung für diesen Träger könnte sein, die angeschnittenen Fasern auf die Unterseite zu verlegen. Die entsprechende Eingabemöglichkeit besteht in Maske *1.7 Voutenstäbe*, Spalte F (siehe [Bild 8.36, Seite 95](#)).

8.4 Gekrümmter Träger

Es werden die Nachweise gemäß DIN EN 1995-1-1 für einen S-förmig gebogenen Träger geführt. Dieser Träger besitzt wegen seiner Geometrieform ein ausgeprägtes Stabilitätsproblem.

Träger dieser Form sind in den Normenwerken nicht explizit geregelt. Die Besonderheiten für den Nachweis der Stabilität werden dort nicht behandelt. Aus diesem Grund werden für dieses Beispiel die Stabilitätsnachweise deaktiviert.



Der Nachweis gekrümmter Stäbe ist nur im Modul **RF-HOLZ Pro** möglich. RSTAB ermöglicht keine gekrümmten Linien.

8.4.1 System und Belastung

Modell

Material:	Nadelholz GL28h
Spannweite Feld 1:	$\ell = 11,90 \text{ m}$
Spannweite Feld 2:	$\ell = 9,13 \text{ m}$
Nutzungsklasse:	1
KLED:	kurz
k_{mod} :	0,9
Querschnitt:	20/68 cm
Träger seitlich gehalten (kein Stabilitätsproblem)	

Belastung

LF1 Eigengewicht:	$g = 2,4 \text{ kN/m}$
LF2 Schnee:	$q = 3,2 \text{ kN/m}$
EK1:	$1,35 \cdot \text{LF1} + 1,5 \cdot \text{LF2}$

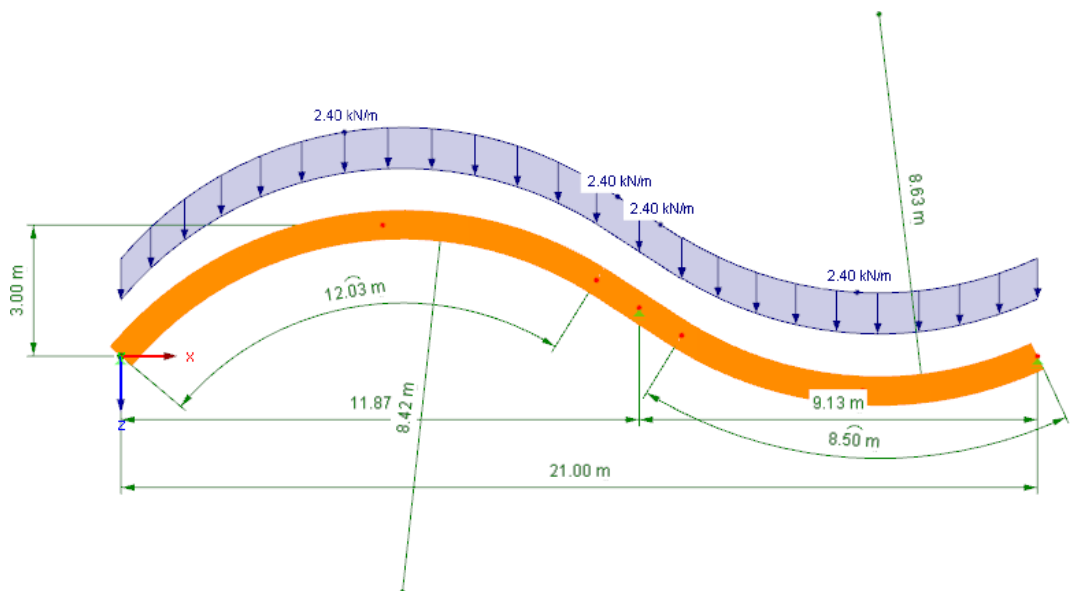


Bild 8.39: System und Belastung

8.4.2 Berechnung mit RFEM

Das System und die Belastungen der beiden Lastfälle werden in RFEM als 3D-Modell erstellt. Für den Lastfall 1 ist die automatische Berücksichtigung des Eigengewichts zu deaktivieren.

Die Lastfälle werden für die Grundkombination nach Theorie I. Ordnung mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten in einer Ergebniskombination überlagert.

RFEM berechnet die im Bild 8.40 dargestellten Schnittgrößenverläufe.

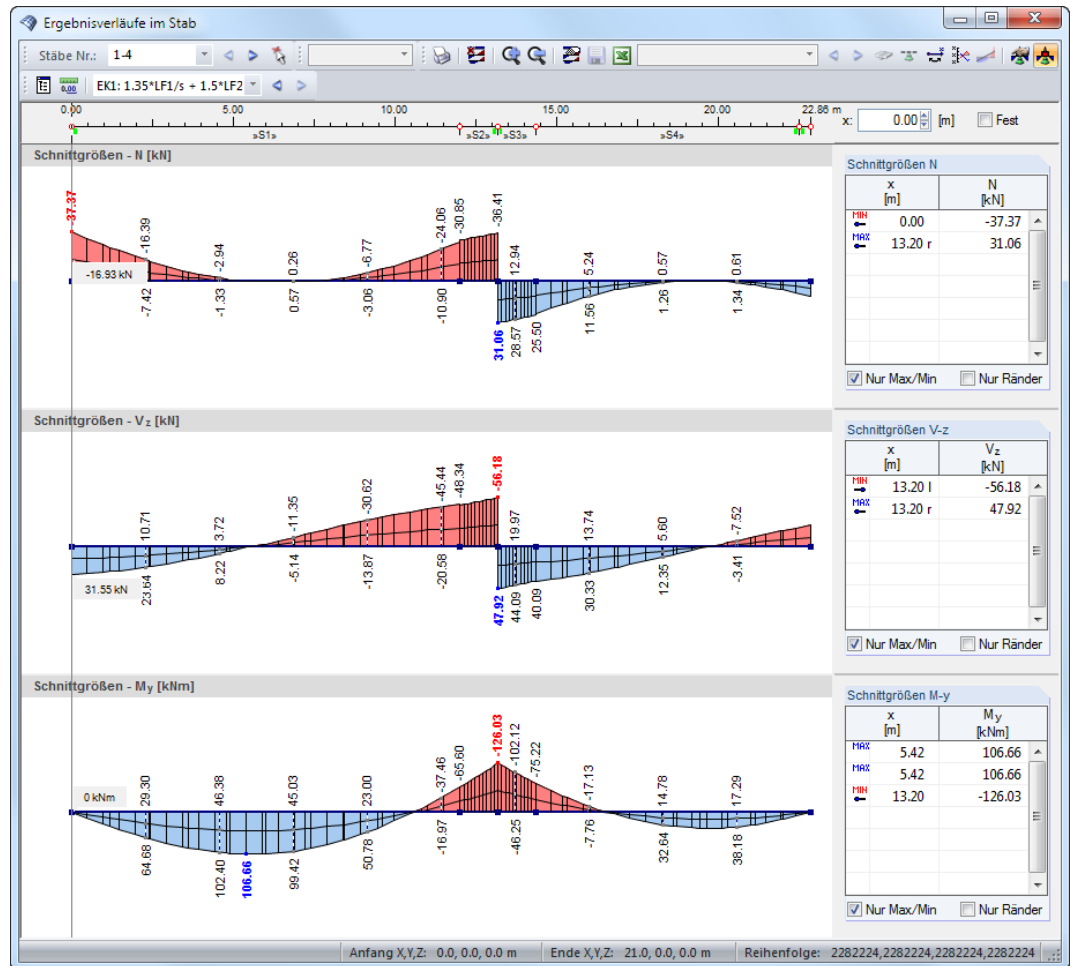


Bild 8.40: Schnittgrößen N, Vz und My

8.4.3 Bemessung mit RF-HOLZ Pro

Nachweis der Tragfähigkeit

In Maske 1.1 *Basisangaben* ist die Ergebniskombination **EK 1** für den Nachweis der *Tragfähigkeit* auszuwählen.

Die Bemessung erfolgt nach **EN 1995-1-1** mit dem Nationalen Anhang gemäß **DIN**.

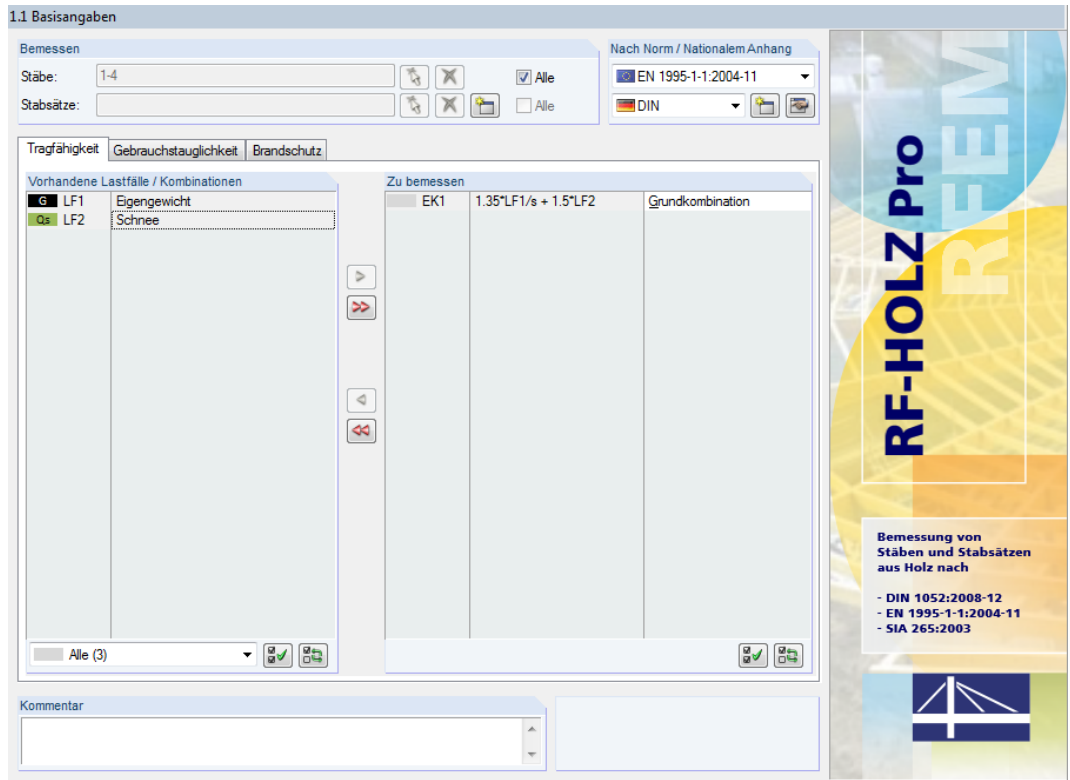


Bild 8.41: Maske 1.1 *Basisangaben*

Die Masken 1.2 und 1.3 unterscheiden sich nicht zu denen der vorherigen Beispiele.

In Maske 1.4 *Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse* sind KLED und NKL der Lastfälle auf Grundlage der in RFEM definierten *Einwirkungsdauer* voreingestellt. Wir ändern die KLED der EK1 auf **Kurz**.

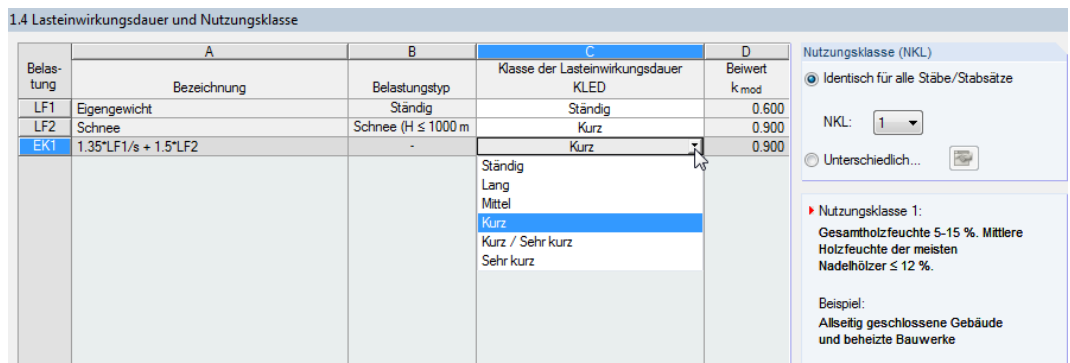


Bild 8.42: Maske 1.4 *Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse*

Die Maske 1.5 *Effektive Längen* zur Eingabe der Knick- und Kipplängen wird bei gekrümmten Trägern nicht angezeigt, da der Biegedrillknicknachweis für diese Trägertypen in der Norm [1] nicht klar geregelt ist. Nur für Einfeldträger existiert eine Methode, mit der gekrümmte Träger im Abstand von einem Drittel der kleinsten Querschnittshöhe nachgewiesen werden können.

Da der Träger allseits gehalten ist, deaktivieren wir im Dialog *Details* den Stabilitätsnachweis.

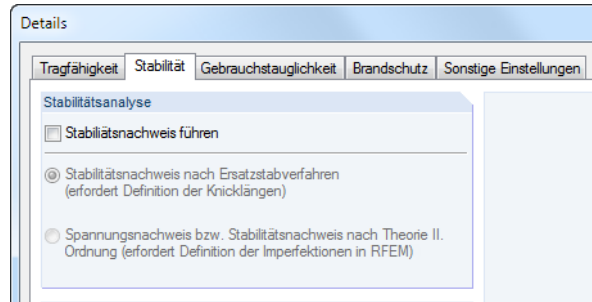


Bild 8.43: Dialog *Details*, Register *Stabilität*

Wir stellen anschließend die Eingabemaske *1.8 Gekrümmte Stäbe* ein.

1.8 Gekrümmte Stäbe

Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Stab Nr.	Laminat t [mm]	Bemessen	Manuell	Stab Nr.	Querzug I [m]	V [m ³]	k _{vol}	k _{dis}	Kommentar
1	1	33.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	12.03	1.64	0.361	1.400	
2	4	33.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	8.50	1.16	0.387	1.400	
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										

Bild 8.44: Maske *1.8 Gekrümmte Stäbe*

Wir überprüfen, ob die Dicke *t* der Lamellen **33 mm** beträgt, die den Krümmungsradius des Trägers begrenzt.

RF-HOLZ Pro führt den *Querzug*-Nachweis, wenn das Kontrollfeld **Bemessen** angehakt ist.

Berechnung

Wir führen die [Berechnung] durch. Danach wechseln wir in die Maske 2.4 *Nachweise stabweise*.

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Lastfall	C Nachweis	D	E Nachweis nach Formel
1	Querschnitt Nr. 1 - H-Rechteck 200/680				
	0.00	EK1	0.01 ≤ 1	2102	Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
	0.00	EK1	0.20 ≤ 1	2111	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
	5.42	EK1	0.37 ≤ 1	2151	Querschnittstragfähigkeit - gekrümmte Träger - Einfache Biegung nach 6.4.3
	3.94	EK1	0.34 ≤ 1	2171	Querschnittstragfähigkeit - gekrümmte Träger - Einfache Biegung um Achse y und Druck nach 6.2.4 und 6.4.3
6.41	EK1	0.91 ≤ 1	2221	Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung und Schub nach 6.4.3 (6),(7)	
2	Querschnitt Nr. 1 - H-Rechteck 200/680				
	1.16	EK1	0.01 ≤ 1	102	Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
	1.16	EK1	0.36 ≤ 1	111	Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7

Max: 0.91 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 5.42 m - EK1

- Materialdaten - Brettschichtholz GL28h
- Querschnittsdaten - H-Rechteck 200/680
- Bemessungsgrößen
- Nachweis

Parameter	Wert	Einheit	Formel
Biegemoment	M _{y,d}	106.66	kNm
Widerstandsmoment	W _y	15413.30	cm ³
Beiwert	k ₁	1.032	Gl. (6.43)
Beiwert	k ₁	1.000	Gl. (6.44)
Beiwert	k ₂	0.350	Gl. (6.45)
Beiwert	k ₃	0.600	Gl. (6.46)
Beiwert	k _r	1.000	Gl. (6.49)
Radius	r	8.415	m
Biegespannung	σ _{m,y,d}	7.14	N/mm ²
Biegefestigkeit	f _{m,y,k}	28.00	N/mm ²
Modifikationsbeiwert	k _{mod}	0.900	Tab. 3.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.300	Tab. 2.3
Biegefestigkeit	f _{m,y,d}	19.38	N/mm ²
Nachweis	η	0.37	≤ 1 Gl. (6.41)

Bild 8.45: Maske 2.4 *Nachweise stabweise*

Beim Stab 1 beträgt die größte Auslastung infolge Biegung 0,37.

Bei den *Zwischenwerten* können wir den Radius *r* unter den Nachweisparametern für Stab 1 überprüfen. Die Krümmung des Stabes wird von den RFEM-Bogenparametern übernommen.

Stab bearbeiten

Basis | Bogen - 3 Knoten | Einstellungen | Knicklängen | Steifigkeiten bearbeiten

Linie Nr.: 1

Knoten am Bogen:

- 1: 28
- 2: 29
- 3: 33

Bogenparameter:

- r: 8.417 [m]
- h: 2.061 [m]
- α: 81.93 [°]

Mittelpunkt des Bogens:

- X: 6.452 [m]
- Y: 0.000 [m]
- Z: 5.404 [m]

Nachträgliches Ändern durch Verschieben des Knotens: Bogenanfang

Bild 8.46: RFEM-Dialog *Stab bearbeiten*

Die Nachweise werden durch eine Handrechnung überprüft.

Nachweis der Biegespannung

Nachweis nach [1] Bedingung (6.41) für Stelle $x = 5,91$ m:

$$\sigma_{m,y,d} = k_l \cdot \frac{M_{y,d}}{W_y} = 1,03 \cdot \frac{10\,666 \text{ kNcm}}{15\,413 \text{ cm}^3} = 0,71 \text{ kN/cm}^2$$

mit

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h}{r}\right) + k_3 \left(\frac{h}{r}\right)^2 + k_4 \left(\frac{h}{r}\right)^3 = 1,0 + 0,35 \cdot \left(\frac{0,68 \text{ m}}{8,42 \text{ m}}\right) + 0,6 \cdot \left(\frac{0,68 \text{ m}}{8,42 \text{ m}}\right)^2 = 1,03$$

- $k_1 = 1,0$
- $k_2 = 0,35$
- $k_3 = 0,6$
- $k_4 = 0$

$$k_r = 0,76 + 0,001 \cdot \frac{r_{\text{innen}}}{t} = 0,76 + 0,001 \cdot \frac{8,075 \text{ m}}{0,033 \text{ m}} = 1,004$$

mit

$$r_{\text{innen}} = r - 0,5 \cdot h = 8,417 - 0,5 \cdot 0,680 = 8,075 \text{ m}$$

Da

$$\frac{r_{\text{innen}}}{t} > 240 \cdot k_r \rightarrow k_r = 1,0$$

$$f_{m,y,k} = 2,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{m,y,d} = \frac{2,8 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,9}{1,3} = 1,94 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r \cdot f_{m,y,d}} = \frac{0,71 \text{ kN/cm}^2}{1,0 \cdot 1,94 \text{ kN/cm}^2} = 0,36 < 1$$

Nachweis der Querkzugspannung

Nachweis nach [1] Bedingung (6.53) für Stelle $x = 6,406$ m:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_y}{b \cdot h^2} = 0,02 \cdot \frac{6 \cdot 10\,371 \text{ kNcm}}{20 \text{ cm} \cdot (68 \text{ cm})^2} = 0,0135 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{mit } k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h}{r}\right) + k_7 \left(\frac{h}{r}\right) = 0,25 \cdot \left(\frac{0,68 \text{ m}}{8,42 \text{ m}}\right) = 0,0202$$

- $k_5 = k_7 = 0$
- $k_2 = 0,25$

$$k_{dis} = 1,4$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^2 = \left(\frac{0,01}{1,63}\right)^2 = 0,361$$

$$f_{t,90,k} = 0,045 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{t,90,d} = \frac{0,045 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,9}{1,3} = 0,031 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,781 \cdot 20 = 15,62 \text{ cm}$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{z,d}}{b_{eff} \cdot h} = 1,5 \cdot \frac{7,31}{15,62 \cdot 68} = 0,010 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,k} = 0,35 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{0,35 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,9}{1,3} = 0,24 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis:

$$\eta = \frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}} = \frac{0,010 \text{ kN/cm}^2}{0,24 \text{ kN/cm}^2} + \frac{0,0135 \text{ kN/cm}^2}{1,4 \cdot 0,361 \cdot 0,031 \text{ kN/cm}^2} = 0,91 < 1$$

Literatur

- [1] *DIN EN 1995-1-1: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-1: Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008.
- [2] *DIN 1052:2008-12: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008.
- [3] *SIA 265:2012: Holzbau.* Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2012.
- [4] *DIN 4102-22: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2004.
- [5] *DIN EN 1995-1-2: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-2: Allgemeine Tragwerksbemessung für den Brandfall.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [6] *Holzbau-Taschenbuch, Band 1, Grundlagen, Entwurf, Bemessung und Konstruktionen.* Ernst & Sohn, 9. Auflage.
- [7] *Boddenberg, Ralf-W., Vorlesung Holzbau II Sommersemester 2015.* Hochschule Wismar Fachgebiet Baustatik und Holzbau, Wismar 2015.
- [8] *Erläuterungen zur DIN 1052:2004-08.* DGfH Innovations- und Service GmbH, München, 2. Auflage, 2005.
- [9] *SCHNEIDER: Bautabellen für Ingenieure.* Bundesanzeiger Verlag, Köln, 22. Auflage, 2016.
- [10] *Bauen mit Holz.* Bruderverlag Albert Bruder GmbH Co. KG, 2012.

Index

A	
Abbrand	14, 33
Abbrandrate	14
Abminderung Steifigkeit	39
Achse	26, 30
Anmerkung	20
Anschluss	39
Ansichtsmodus	56
Arbeitsfenster	62
Ausdruckprotokoll	64, 66
Außergewöhnlich	9
Auslinkung	35, 36
Ausnutzung	20, 46, 60
B	
Basisangaben	6
Beenden von RF-/HOLZ Pro	6
Belastungstyp	22
Bemessen	7
Bemessungsfall	57, 67, 68
Bemessungskombination	10
Bemessungssituation	9, 47
Benutzerprofil	71
Bepanungsmaterial	13
Berechnung	38
Berechnung starten	44
Bezugslänge	10
Biegedrillknicken	26, 40
Biegeknicken	25
Blättern in Masken	6
Brandschutz	11, 33, 34, 42
Brandschutznachweis	33, 37, 42, 55
Brettschichtholz	31
C	
Charakteristisch	10
Charakteristische Festigkeit	17
D	
Detaileinstellungen	38
Dezimalstellen	15, 71
Doppelbiegung	39
Doppelspannungspunkte	60
Drucken	21, 65
Durchbiegung	10
E	
Effektive Länge	24, 28
Einheiten	15, 71
Ergebnisauswertung	55
Ergebnisdarstellung	57
Ergebniskombination	9, 10, 60
Ergebnismasken	45
Ergebnisverläufe	61, 65
Ergebniswerte	57
Ersatzstab	28
Ersatzstablänge	24, 26
Ersatzstabverfahren	40
Excel	73
Export	72
Export Knicklägen	72
Export Material	72
Export Querschnitt	70
F	
Farbskala	62
Faser	30
Faseranschnittwinkel	13, 29, 95
Festigkeit	13
Feuerwiderstandsklasse	42
Filter	55, 62, 63
Filtern von Stäben	63
First	30
G	
Gebrauchstauglichkeit	10, 32, 41, 55, 79
Gekrümmter Stab	25, 28, 31, 98
Geschlossener Querschnitt	60
Grafik	57
Grafikausdruck	65, 66
Grenzspannung	59
Grenzverformung	41
Grenzwerte	7, 10, 12
Grenzzugspannungen	39
H	
Hintergrundgrafik	56
I	
Imperfektionen	40
Installation	3
K	
Kante	30
Kippen	26
KLED	22, 47
Knicken	25, 26, 39
Knicklänge	24, 25, 77

Kommentar	8	Querschnittsspannungen	58
Koordinaten Spannungspunkt	59	Querzug	31
Kragträger	32	Querzugverstärkung	36
M			
k_{mod}	12, 23	R	
L			
Länge	24, 53	Relationsbalken	55
Laminat	31	Rendering	62
Lasteinwirkungsdauer	22	RF-STABIL	25
Lastfall	8, 10, 50	RFEM/RSTAB-Grafik	57, 65
Lastkombination	9	RSKNICK	25
M			
Masken	6	S	
Masse	54	Schaltflächen	55
Material	12, 15, 72	Schlankheit	52
Materialbezeichnung	15	Schnittgrößen	50, 70
Materialbibliothek	16	Schubspannungen	59
Materialkennwerte	15, 16	Schwingungsnachweis	10, 14
Modifikationsbeiwert	12, 17, 23	Sichtbarkeiten	62
N			
Nachweis	45, 46, 47	Spannungen	59
Nachweis farbig	62	Spannungsgrafik	58
Nationaler Anhang	7, 12	Spannungsnachweis	43
Navigator	6	Spannungspunkt	21, 39, 59, 60
NKL	23	Spannungsverlauf	60
Norm	7, 12, 14	Stabilitätsnachweis	9, 25, 37, 40, 47
Nutzungsklasse	22, 23	Stabliste	32
O			
Oberfläche	54	Stabsatz	7, 28, 32, 34, 35, 48, 51, 54
Offener Querschnitt	59	Stabschlankheiten	43, 52
Optimierung	20, 43, 69, 70	Stäbe	7
P			
Panel	5, 57, 62	Ständig und vorübergehend	9
Parameter	35	Starten von RF-/HOLZ Pro	4
Position	53	Stelle	36
Programmaufruf	4	Stelle x	46
Q			
Quasi-ständig	10	Steuerpanel	62
Querkraftabminderung	35, 37	Stückliste	53, 54
Querschnitt	17, 69	Summe	54
Querschnittsbibliothek	17, 18	T	
Querschnittsinfo	20	Teilsicherheitsbeiwert γ_M	12, 17
Querschnittsnachweis	47	Theorie II. Ordnung	40
Querschnittsoptimierung	69	Trägertyp	32
Querschnittsschwächung	35, 36	Tragfähigkeit	8, 38, 55, 75
U			
Überhöhung			
Unverformtes System			
V			
Verbindungsmittel			
Verborgener Ergebnisverlauf			
Verformungsnachweis			
Verschobene Stabenden			
Volumen			

Voute	20, 29, 47, 71	Z	
		Zeigen-Navigator	57, 62, 63
X		Zusammengesetzter Querschnitt	18, 19
x-Stelle	46, 50	Zwischenablage	72