



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop[®]
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-HORA

Horizontale Aussteifung

November 2024

4H-HORA

Horizontale Aussteifung

Copyright 2010-2024

7. erweiterte Auflage, November 2024

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

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

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

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

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

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

Produktbeschreibung

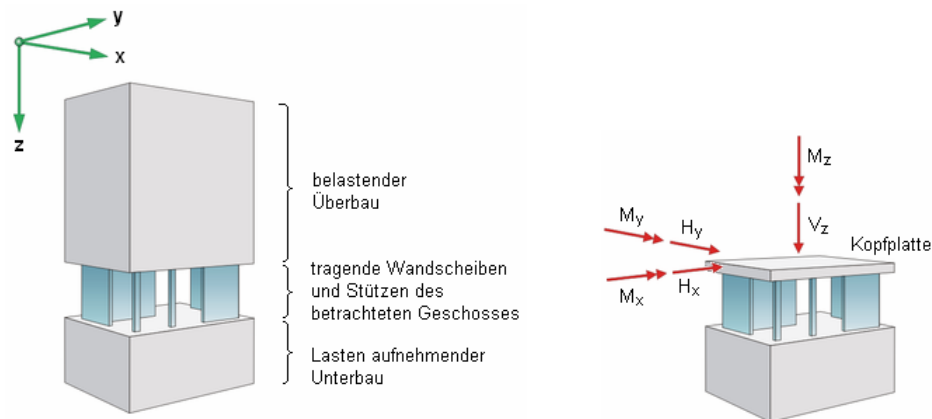
##-HORA, Horizontale Aussteifung, ist ein Produkt der [pcae](#) GmbH, Hannover.

##-HORA ermittelt die Lasten auf Wände und Stützen eines Geschosses. Tragelemente aus Stahlbeton werden bemessen; für Mauerwerk, Stahlverbände und Holztafeln wird die Tragfähigkeit nachgewiesen.

Die Aufgaben des Programms umfassen (detaillierte Beschreibung s. Abs. 3.1, S. 12):

- Ermittlung der Windlasten
- Eingabe der Wände und Stützen
- Aufteilung der globalen Kopfplattenlasten
- Verwaltung von Einwirkungen und Lastfällen
- Ermittlung der Imperfektionslasten
- ... Erdbebenlasten
- ... Lagerreaktionen
- ... Labilitätszahlen
- Extremierung der Wand- und Stützenlasten
- Summierung der lotrechten Lasten
- Materialabhängige Nachweise
- Ergebnispräsentation

Die Vorgehensweise wird an Hand der nachfolgenden Skizzen verdeutlicht.



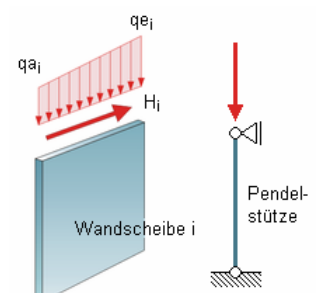
Ein Gebäude wird eingeteilt in einen belastenden Überbau, die tragenden Wandscheiben und Stützen eines betrachteten Geschosses und einen Unterbau, der für die Scheiben und Stützen quasi das Fundament darstellt.

Der belastende Überbau produziert selbst vertikale Lasten in Form von Eigengewicht und Nutzlasten. Er erfährt weitere Lasten (etwa aus Schnee) und insbesondere auch horizontale Lasten aus Wind sowie ggf. Bremslasten, Erdbebenlasten oder Ersatzlasten aus Imperfektionen.

Die Lasten können summiert und auf eine Kopfplatte in Höhe der Oberkante des betrachteten Geschosses transformiert angesetzt werden. Es muss nun nachgewiesen werden, dass die definierten Wände und Stützen in der Lage sind, gemeinsam diese Lasten unter Anwendung des Sicherheitskonzeptes (EC 0/DIN 1055-100) aufzunehmen. Hierzu bedarf es einer Verteilung der Lasten auf die einzelnen Tragelemente. Diese Verteilung erfolgt im Verhältnis der Steifigkeiten der Wände und Stützen und berücksichtigt somit die Tatsache, dass die stützenden Elemente mit unterschiedlichen Reaktionskräften auf eine Plattenverschiebung (-verdrehung) reagieren.

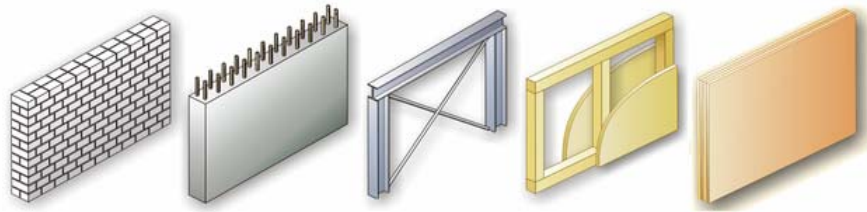
Die Herleitung der zur Anwendung kommenden Formeln findet sich in *Aussteifungen* (im pdf-Format) auf der [pcae](#)-Website und im Anhang.

Es wird davon ausgegangen, dass die Wände allein in Scheibenrichtung beansprucht werden. Der Plattentragwirkung zuzuordnende Schnittgrößen werden nicht geweckt. Das mögliche Belastungsbild einer Wandscheibe i ist (wie dargestellt) mit q_{a_i} , q_{e_i} und H_i vollständig beschrieben. Dieser Ansatz wird immer dann gelingen, wenn mindestens drei Scheiben definiert sind, die nicht auf einer Geraden liegen, deren Systemlinien sich nicht im selben Punkt schneiden und von denen mindestens eine Wandscheibe nicht parallel zu den anderen verläuft.



Die Stützen werden als Pendelstützen angesetzt, die ausschließlich Vertikallasten aufnehmen können. Weitere Annahmen finden sich unter *Abschätzung der Steifigkeiten* (Abs. 3.8.4, S.74).

Als Material können die Wandtypen *Mauerwerk* (EC 6/DIN 1053-100), *Stahlbeton* (EC 2/DIN 1045-1), *Stahlverband* (EC 3/DIN 18800), *Holztafel* (EC 5/DIN 1052:2008) und Vollholzwand angewählt werden. Die Wandtypen werden nach den aktuell gültigen Normen bemessen (Stahlbeton) bzw. hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit nachgewiesen (alle anderen Materialien).



Ein weiterer benutzerdefinierter Wandtyp ermöglicht andere Materialien bzw. Unterstützungs-konstruktionen. Die Pendelstützen können ebenfalls als *Mauerwerkspfeiler*, *Stahlbetonstütze*, *Stahl-* bzw. *Holzstütze* ausgebildet bzw. einem benutzerdefinierten Material zugeordnet werden.

Zum Nachweis von Holzdeckentafeln können System und Belastung an das separate Programm *4H-HDTF* übergeben werden. Zudem bestehen Import-/Exportfunktionen zum Programm *4H-ALFA*, Flächentragwerke.

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und *4H-HORA* von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.



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

Zur *4H-HORA* -Dokumentation gehört neben diesem Manual das Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *4H-HORA*.

pcae GmbH

Hannover, im November 2024

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

Maustasten	RMT	rechte Maustaste drücken
	LMT	linke Maustaste drücken
	LF	Lastfall (Teileinwirkung)
	Nwtyp	Nachweistyp
	GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
	GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

Grün markierter Text beinhaltet Eingabeanweisungen für den Anwender.

Buttons

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



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

Index

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

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

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

Fangerechteck

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

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

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



Bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.



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



Ruft das Online-Hilfesystem.



Bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.



Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



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

Datenzustand
überprüfen

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	9
2	Bauteil erzeugen.....	11
3	Eingabeoberfläche.....	12
3.1	Aufgaben und Orientierung	12
3.2	System + Grundeinstellungen	14
3.2.1	Gebäudemodell	14
3.2.2	Windlasten.....	15
3.2.3	Wind von	16
3.2.4	Zusammenfassung Windlasten.....	17
3.2.5	Bremslasten, Erdbebenlasten, Imperfektionen und Erddruck	18
3.2.6	Steifigkeiten.....	19
3.3	Wandscheiben + Deckenplatte	20
3.3.1	Wandscheiben grafisch.....	20
3.3.2	Arbeitsfenster	20
3.3.3	Funktionen im Seitenauswahlfenster	21
3.3.4	Funktionen in der Menüzeile	22
3.3.5	das kontextsensitive Menü fokussierter Wände und Stützen	23
3.3.6	das kontextsensitive Menü fokussierter Gruppen	23
3.3.7	Wandscheiben tabellarisch	24
3.3.8	Deckenplatte	25
3.3.8.1	direkte Eingabe der Plattenlasten	25
3.3.8.2	automatische Plattenlastermittlung	26
3.3.9	Materialeigenschaften	28
3.3.9.1	Holztafeln	29
3.3.9.2	Brettsperrholzwand	29
3.3.9.3	Brettstapelholzwand.....	30
3.3.9.4	Mauerwerk	30
3.3.9.5	Stahlbeton	31
3.3.9.6	Stahlverband	32
3.3.9.7	freies Material (benutzerdefiniert)	33
3.3.9.8	Stützen	34
3.4	Kraftaufteilung	34
3.5	Belastung.....	36
3.5.1	Laststruktur.....	36
3.5.2	Lasten.....	37
3.6	Ergebnisse.....	39
3.7	Nachweis- und Bemessungsoptionen.....	44
3.7.1	Nachweisoptionen der Holztafeln.....	44
3.7.1.1	Allgemeines.....	44
3.7.1.2	Register Aufbau	44
3.7.1.3	Register DIN Bemessung	46
3.7.1.4	Register Verbindungsmittel.....	48
3.7.1.5	Nachweis der Scheibenbeanspruchung	51
3.7.1.6	Nachweis der Schwellenpressung	52
3.7.1.7	Nachweis des Druckgurtes und der vertikalen Rippen	53
3.7.1.8	Nachweis der Verformungen	54
3.7.2	Bemessung Brettsperrholzwand	55
3.7.2.1	Allgemeines.....	55
3.7.2.2	Brettsperrholzwand Aufbau.....	55
3.7.2.3	Brettsperrholzwand Bemessungsoptionen	56
3.7.2.4	Brettsperrholzwand Normalkraftbeanspruchung	57
3.7.2.5	Brettsperrholzwand Schubbeanspruchung.....	57
3.7.2.6	Torsionsschubspannungen in den Kreuzungspunkten.....	58
3.7.2.7	Brettsperrholz Verformungen.....	58
3.7.3	Bemessung Brettstapelholzwand.....	59
3.7.3.1	Brettstapelholzwand Aufbau	59

3.7.3.2	Brettstapelholzwand Bemessungsoptionen	60
3.7.3.3	Brettstapelholzwand Normalkraftbeanspruchung	61
3.7.3.4	Brettstapelholzwand Schubfluss (Verbindungsmittel)	61
3.7.3.5	Brettstapelholzwand Verformungen	61
3.7.4	Nachweise der Mauerwerkswände und Pfeiler	62
3.7.5	Stahlbetonbemessung	65
3.7.6	Nachweisooptionen der Stahlverbände	69
3.8	Sonderkapitel	71
3.8.1	Aussparungen	71
3.8.2	Algorithmus zur Ermittlung der Einflussflächen	72
3.8.3	Druckausgabe	73
3.8.4	Abschätzung der Steifigkeiten	74
3.8.4.1	Steifigkeitskennwerte für eine Horizontalkraft	74
3.8.4.2	Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Biegemomente	75
3.8.4.3	Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten	75
3.8.4.4	Berücksichtigung der Wölbkräfte	76
3.8.4.5	Zusammenfassung	77
3.8.5	Umrechnung der Belastung in Scheibenspannungen	77
3.8.6	automatische Ermittlung der Erdbebenlasten	79
3.8.6.1.1	Ermittlung des Bemessungsspektrums nach Eurocode unter Anwendung des nationalen Anhangs DIN EN 1998-1/NA:2021-07	79
3.8.6.1.2	Ermittlung des Bemessungsspektrums	80
3.8.6.1.3	Ermittlung der aufzunehmenden Erdbebenlast	81
3.8.6.1.4	Berücksichtigung der Torsionswirkung	83
3.8.6.1.5	Kombinationen	83
3.8.6.1.6	automatische Ermittlung der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{aP,R}$	84
3.8.6.1.6.1	Methode 1: Ortsname in <i>##-WUSL</i> suchen	85
3.8.6.1.6.2	Methode 2: Google-Earth-Koordinaten	85
3.8.6.1.6.3	Methode 3: Direkteingabe (Koordinaten)	86
3.8.6.1.6.4	Methode 4: Direkteingabe (Ergebnis)	86
3.8.7	automatische Ermittlung der Imperfektionslasten	87
3.8.8	Eurocode	88
3.8.9	Holzdeckentafelbemessung	91
3.8.10	Datenimport aus <i>##-ALFA</i> , Platte	93
3.8.11	Datenexport nach <i>##-ALFA</i>	95
4	Tutorien	96
4.1	Projekt 1 - Holztafelbau	96
4.1.1	Aufgabenstellung	96
4.1.2	Einrichten eines DTE [®] -Bauteils - Programmstart	96
4.1.3	System + Grundeinstellungen	97
4.1.4	vorbereitende Maßnahmen zur Eingabe der Wände	99
4.1.5	Eingabe der Wände	102
4.1.6	Beschreibung der Deckenplatte	105
4.1.7	Kraftaufteilung	106
4.1.8	Belastung	107
4.1.9	Ergebnisse	110
4.1.10	Test	111
4.1.11	außergewöhnliche Bemessungssituationen	112
4.2	Projekt 2 - Stahlbetonbau	113
4.2.1	Aufgabenstellung	113
4.2.2	Einrichtung eines DTE [®] -Bauteils - Programmstart	113
4.2.3	System + Grundeinstellungen	114
4.2.4	vorbereitende Maßnahmen zur Eingabe der Wände	116
4.2.5	Eingabe der Wände	117
4.2.6	Eingabe der Stützen	119
4.2.7	Beschreibung der Deckenplatte	121
4.2.8	Kraftaufteilung	122

4.2.9	Belastung	122
4.2.10	Ergebnisse	125
5	Literaturverzeichnis	127
6	Index	129

Anhang Theorie: Zur Berechnung von Wandscheiben im Hochbau

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

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

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##-Programme* sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte Abs. 2, Bauteil erzeugen, auf S. 11 weiter.

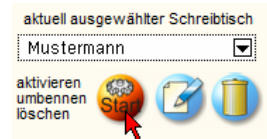
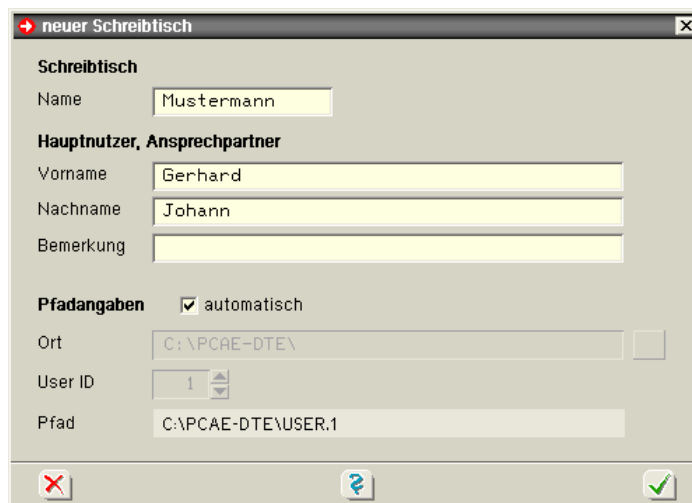


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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



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

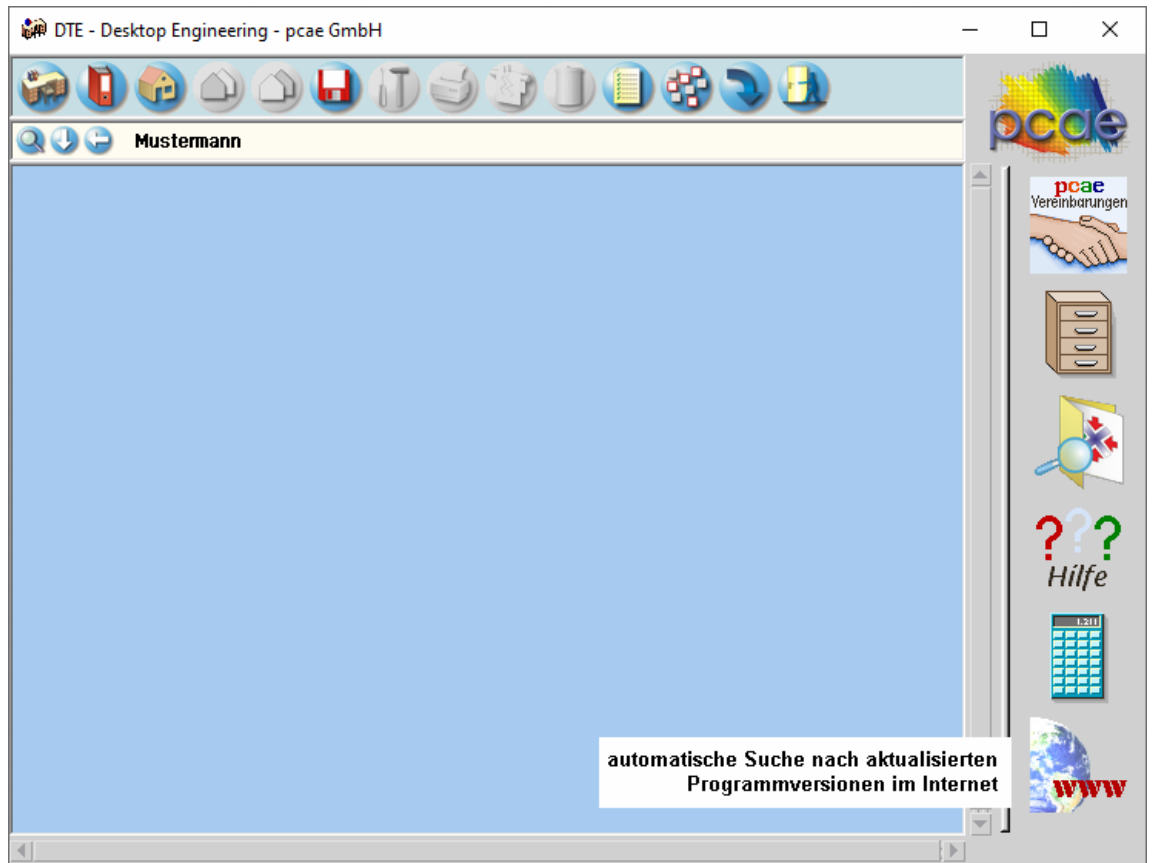


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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



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



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

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

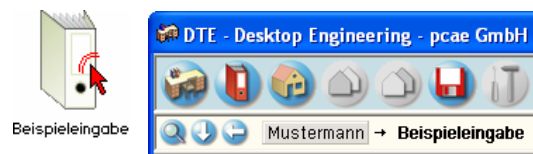
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

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

Bauteil erzeugen



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



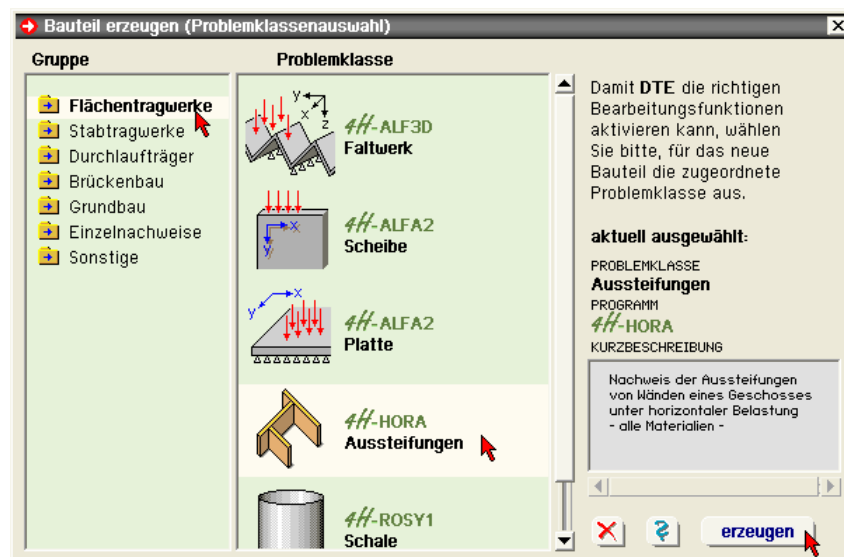
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



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



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



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



Nach Doppelklick auf dem neuen Bauteilicon erscheint die Eingabeoberfläche von 4H-HORA.

3

Eingabeoberfläche



Nachfolgend ist das Hauptfenster von *##-HORA* schematisch dargestellt.



Die Hauptsteuerung erfolgt über die Register *System + Grundeinstellungen*, *Wandscheiben + Deckenplatte*, *Kraftaufteilung*, *Belastung*, und *Ergebnisse*. Jedem Register sind eine Anzahl von Seiten zugeordnet, die im Seitenfenster ausgewählt werden können. Im Arbeitsfenster wird der Inhalt der aktuell ausgewählten Seite dargestellt. Dieser enthält i.A. Eingabeflächen, die die Vorgabe benutzerdefinierter Eingaben ermöglichen.

Die Steuerbuttons (oben, rechts) bewirken im Einzelnen



Import/Export: Datenaufbereitung und Export zur Deckentafelbemessung mit dem eigenständigen Programm *##-HDTF* sowie Import und Export von Wänden und Lagerreaktionskräften aus/nach dem Programm *##-ALFA*, Platte.

Holzdeckentafelbemessung mit *##-HDTF* s. Abs. 3.8.9, S. 91; Datenimport aus *##-ALFA*, Platte, s. Abs. 3.8.10, S. 93; Datenexport nach *##-ALFA* s. Abs. 3.8.11, S. 95.



speichern: Der aktuelle Datenzustand wird DTE®-projektbezogen auf der Festplatte gespeichert.



drucken: Es erscheint ein Untermenü, von dem aus Druckoptionen eingestellt werden können, der DTE®-Viewer zur Einsichtnahme der Druckliste gestartet oder der DTE®-Druckmanager zur Ausgabe des Druckdokumentes auf einem Drucker aktiviert werden kann. Näheres s. Druckausgabe (Abs. 3.8.3, S. 73).



Hilfe: Anzeigen des Hilfedokuments



Ende: Bearbeitung beenden. Zuvor wird der aktuelle Datenzustand gesichert.

3.1

Aufgaben und Orientierung

Nachfolgend werden die Hauptaufgaben des Programms erläutert und beschrieben, auf welchen Seiten diese mit benutzerdefinierten Vorgaben beeinflusst werden können.

Ermittlung der Windlasten

Auf Basis weniger Vorgaben (Gebäudegeometrie, Windzone, Bodenrauigkeitsprofil) ermittelt *##-HORA* automatisch die nach Eurocode bzw. DIN 1055-4 erforderlichen Windlasten. Aufgrund der vorgeschriebenen Außermittlung entstehen acht alternative Lastfälle, die beim Extremierungsprozess berücksichtigt werden. Angaben hierzu werden im ersten Register *System + Grundeinstellungen* gemacht. Weitere Horizontallasten (aus Erdbeben, Bremslasten, Ersatzlasten aus Imperfektionen) können automatisch erzeugt oder manuell hinzugefügt werden.

Eingabe der Wände und Stützen

Mit Hilfe grafischer Eingabetechniken werden die Wandscheiben und Stützen erzeugt und modelliert. Die hierdurch entstandenen Objekte können verschoben und verdreht werden. Zoomen in Ausschnittsbereiche, Gruppierungs- und undo-Funktionen erleichtern die Arbeit. DXF-Vorlagen und Maßlinien mit Fangrasterwirkung können hinzugeschaltet werden. Durch Bearbeitung der Eigenschaften ausgewählter Objekte werden materialspezifische Vorgaben und Nachweisooptionen festgelegt. Zwischen grafischer und tabellarischer Eingabe kann hin- und her geschaltet werden. Fotorealistische Darstellung und automatisches Durchnummerieren ergänzen die Möglichkeiten.

All das findet sich im zweiten Register *Wandscheiben + Deckenplatte*.

Aufteilung der globalen Kopfplattenlasten

Auf Basis der definierten Wandscheiben und Stützen sowie der Angaben zur Steifigkeitsabschätzung im ersten Register *System + Grundeinstellungen* werden die globalen Lasten H_x , H_y , V_z , M_x , M_y , M_z auf die Wände und Stützen verteilt.

Das Ergebnis kann im Register *Kraftaufteilung* an Hand von Einheitslasten eingesehen werden.

Verwaltung von Einwirkungen und Lastfällen

Um die Wandscheiben und Stützen endgültig bemessen (bzw. ihre hinreichende Tragfähigkeit nachweisen) zu können, müssen alle relevanten Lasten zusammengetragen werden. Dies führt zunächst zur Definition von Einwirkungen, denen wiederum jeweils mindestens ein Lastfall zugeordnet ist. Die im ersten Register verwalteten Horizontallasten erzeugen ihre Einwirkungen und Lastfälle automatisch. Weitere Einwirkungen (wie Eigengewicht, Nutz- und Verkehrslasten, Schneelasten ...) müssen vom Benutzer eingerichtet und mit entsprechenden Lasten versehen werden. Hierzu kann auf eine vom Programm angebotene Automatik zurückgegriffen werden, die die im zweiten Register *Wandscheiben + Deckenplatte* festgelegten Lastschemata nutzt. Näheres s. Abschätzung der Steifigkeiten (Abs. 3.8.4, S. 74).

Die hier beschriebene Lastverwaltung wird unter Register *Belastung* bearbeitet.

Extremierung der Wand- und Stützenlasten

Auf Basis der definierten Einwirkungen können die lastfallweise auf charakteristischem Niveau gegebenen Lasten nach Eurocode bzw. DIN 1055-100 extremiert werden. Die Bemessungslasten für den Nachweis der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation werden stets erzeugt. Die Bemessungslasten für die außergewöhnliche Bemessungssituation oder die Erdbensituation werden nur generiert, wenn entsprechende Einwirkungen existieren.

materialabhängige Nachweise

Die extremierten Bemessungslasten werden an die materialabhängigen Nachweise weitergeleitet. Den Nachweisen liegen die Normen DIN 1045-1, EC 2 (Stahlbeton), DIN 1053-100, EC 6 (Mauerwerk), DIN 1052:2008, EC 5 (Holzbau) und DIN 18800, EC 3 (Stahlbau) zugrunde.

Ergebnispräsentation

Alle Ergebnisse der Extremierung und der materialabhängigen Nachweise können im Register *Ergebnisse* und in der Druckliste eingesehen und nachvollzogen werden. Auf der Seite *Überblick* im Register *Ergebnisse* kann direkt überprüft werden, ob ein ändernder Eingriff von Seiten des Benutzers erforderlich ist.

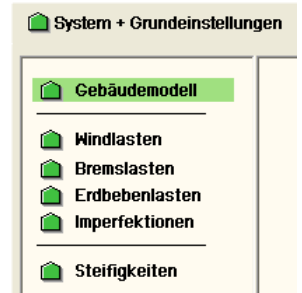
3.2

System + Grundeinstellungen

Im ersten Register werden allgemeine Angaben hinterlegt, die ohne Wissen um die Struktur der aussteifenden Scheiben und Stützen getroffen werden können.

Es handelt sich hierbei um die Geometrie des gesamten Gebäudes und um die das Gebäude belastenden Horizontallasten.

Auf der Seite *Steifigkeiten* werden Vorgaben für den Algorithmus zur Verteilung der globalen Lasten auf die einzelnen Tragelemente (Wandscheiben und Stützen) gemacht.



3.2.1

Gebäudemodell

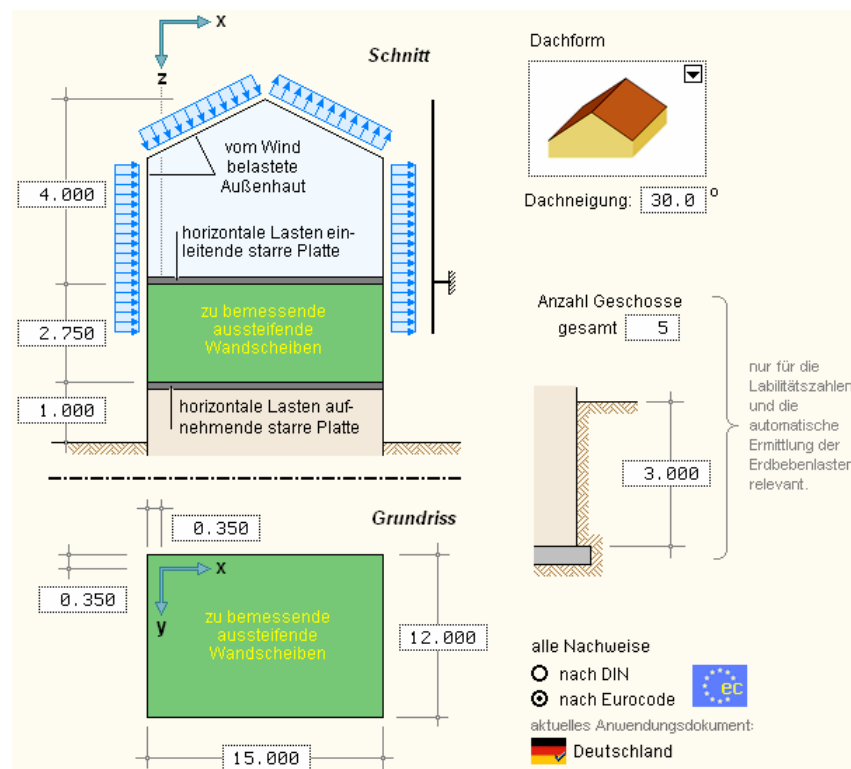
Auf der Seite *Gebäudemodell* wird die Geometrie des gesamten Gebäudes (Höhe, Breite, Länge) vorgegeben. Bei diesen Maßen handelt es sich um die vom Wind belastete Außenhaut.

Die Höhenlage des betrachteten Geschosses, dessen Wandscheiben und Stützen berechnet werden sollen, wird ebenfalls vermaßt.

Die Angabe zur **Dachform** ist ausschließlich für die Ermittlung der Windlasten relevant.



Man beachte, dass auf dieser Seite auch das Koordinatensystem (x, y, z) festgelegt wird! Da sich alle Festlegungen, für die eine Orientierung in der x-y-Ebene erforderlich ist, auf dieses Koordinatensystem beziehen, sollten die Angaben frühzeitig sinnvoll belegt werden.



Auf der Seite *Gebäudemodell* wird auch festgelegt, ob die Berechnung nach den etwas älteren deutschen DIN-Normen oder nach Eurocode erfolgen soll.

Wird Eurocode gewählt, muss auch das zugeordnete nationale Anwendungsdokument angegeben werden. Voreinstellung hierfür ist *Deutschland*. Diese Festlegung betrifft alle in 4//HORA zugrunde liegenden Normen. Näheres kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.



	nach DIN	nach Eurocode	
Überlagerungsregeln, Lastfaktoren	DIN 1055-100	EC 0	EN 1990:2010
Windlasten	DIN 1055-4	EC 1	EN 1991-1-4:2010
Stahlbetonbemessung	DIN 1045-1	EC 2	EN 1992-1-1:2011
Stahlbaunachweise	DIN 18800	EC 3	EN 1993-1-1:2010
Holzbaunachweise	DIN 1052:2004-08	EC 5	EN 1995-1-1:2010
Mauerwerk	DIN 1053-100	EC 6	EN 1996-3:2010
Erdbebeneersatzlasten	DIN 4149:2005-04	EC 8	EN 1998-1:2010

Weitere Informationen zu den maßgeblichen Unterschieden der beiden Normengruppen bzgl. einer Berechnung in *##-HORA* sowie zur Handhabung der nationalen Anwendungsdokumente s. Abs. 3.8.8, S. 88.

3.2.2

Windlasten

Auf der Seite *Windlasten* sind zunächst allgemeine Informationen zum Gebäudestandort vorzugeben (Windzone, Höhe über NN, Bodenrauigkeitsprofil).

Von dieser Seite aus kann das Programm *##-WUSL* aufgerufen werden, um sich Klarheit über die Festlegungen zu verschaffen (beachte: *##-WUSL* versteht sich als reines Nachschlagewerk zu den Normen Wind- und Schneelastnormen; es existiert kein automatischer Übernahmemechanismus).

Des Weiteren werden auf der Seite *Windlasten* die zu untersuchenden Windrichtungen festgelegt (Voreinstellung: alle).

zu untersuchende Windrichtungen:

☒ +y

☒ +x

☒ -x

☒ -y

[##-WUSL aufrufen](#)

Windzone 2

☒ $q_{ref} = 0.39 \text{ kN/m}^2$

☒ $h+NN = 60 \text{ m}$

☒ Faktor 1.000

☒ $\Rightarrow q_{ref} = 0.39 \text{ kN/m}^2$

Bodenrauigkeitsprofil Binnenland

Mischprofil der Geländekategorien II und III

$q(z) = 1.5 \cdot q_{ref}$ für $z < 7 \text{ m}$
 $q(z) = 1.7 \cdot q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.37}$ für $7 \text{ m} < z < 50 \text{ m}$
 $q(z) = 2.1 \cdot q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.24}$ für $50 \text{ m} < z < 300 \text{ m}$

$q(0) = 0.58 \text{ kN/m}^2$

$q(h) = 0.60 \text{ kN/m}^2$

nur für Werte > 800 relevant

Rechenwert

Die hier dargestellte Vorgehensweise entspricht im Normalfall DIN 1055-4 sowie Eurocode unter Anwendung des deutschen nationalen Anhangs. Wenn Sie außerhalb Deutschlands bauen oder spezielle Einflüsse (wie etwa topografische Besonderheiten) berücksichtigen müssen, setzen Sie den Haken im nachfolgend dargestellten Kontrollkästchen.

☐ benutzerdef. Böengeschwindigkeitsdruck

3.2.3

Wind von ...

Auf den Nachfolgeseiten kann nun studiert werden, wie die resultierende Horizontalkraft sowie das (auf die Kopfplatte in Höhe der Scheibenoberkante transformierte) zugehörige Moment normengerecht ermittelt werden.

Es sind grundsätzlich zwei Verfahren zur Ermittlung der resultierenden Windlast vorgesehen: Zum einen kann der Wert durch Integration der gegebenen Druckbeiwerte berechnet werden. Dies führt i.d.R. zu geringeren Werten und kann somit als die wirtschaftlich günstigere Variante angesehen werden.

Zum anderen kann die Resultierende (und die Höhe des Angriffspunktes) auch mit Hilfe von Kraftbeiwerten ermittelt werden. Das an zweiter Stelle genannte Verfahren gilt als zwingend vorgeschrieben, wenn das Verhältnis $h/d > 5$ ist. (h = Höhe des Gebäudes; d = Länge der windparallelen Seite des Gebäudes).

Auf den hier zu besprechenden Seiten kann das Verfahren zur Ermittlung der Windlasten direkt in einer Auswahlliste festgelegt werden.

Voreingestellt ist die Methode **automatisch**. Diese nutzt das erstgenannte Verfahren solange es erlaubt ist und wechselt erst im Widerspruchsfalle zum zweitgenannten Verfahren. Diese Vorgehensweise entspricht den Empfehlungen der Autoren der DIN 1055-4.

Letztlich können die Windlasten unter dem Punkt **benutzerdefiniert** auch direkt vorgegeben werden.

Berechnungsmethode: automatisch

Höhen:

Mitte Wandscheiben: $h_u = 2.375 \text{ m}$

Trauflinie: $h_t = 2.554 \text{ m}$

Gesamthöhe: $h = 7.750 \text{ m}$

Längen:

$b = 12.500 \text{ m}$

$d = 18.000 \text{ m}$

Kennwerte:

$h/d = 0.43 \leq 5$

Wind auf vertikale Wände

Außendruckbeiwerte nach EC1-1-4 Tab 7.1:

Druck (Bereich D): $c_{pe,10}(D) = +0.72$

Sog (Bereich E): $c_{pe,10}(E) = -0.35$

$c_f = c_{pe,10}(D) - c_{pe,10}(E) = 1.07$

Bereiche: (ζ läuft von OK-Gelände nach oben; $\Delta R = 0.5 (b_u + b_o) \Delta h q(\zeta) c_f$)

von ζ_u	bis ζ_o	Δh	b_u	b_o	c_f	$q(\zeta)$	ΔR	ζ_m	ΔM_0
m	m	m	m	m	-	kN/m ²	kN	m	kNm
2.38	2.55	0.18	12.50	12.50	1.07	0.60	1.45	2.46	3.56

$R_{\text{Wände}} = \Sigma(\Delta R) = 1.45 \text{ kN}$

$M_{0,\text{Wände}} = \Sigma(\Delta M) = 3.56 \text{ kNm}$

Wind auf Dachflächen

$e = 12.50 \text{ m}$, $q(h) = 0.60 \text{ kN/m}^2$

Außendruckbeiwerte nach EC1-1-4 Tab 7.4a: $\Delta R = \tan(\alpha) A c_{pe,10} q(h)$

Bereiche: Es werden nur ungünstig wirkende $c_{pe,10}$ -Werte berücksichtigt

Bereich	l	b	A	$c_{pe,10}$	ΔR	h_0	ΔM
-	m	m	m ²	-	kN	m	kNm
F	1.25	6.25	7.813	0.70	1.90	2.91	5.55
G	1.25	6.25	7.813	0.70	1.90	2.91	5.55
H	7.75	12.50	96.875	0.40	13.50	5.51	74.41
I	7.75	12.50	96.875	-0.40	-13.50	4.79	64.67
J	1.25	12.50	15.625	-0.50	-2.72	7.39	20.11

$R_{\text{Dachfläche}} = \Sigma |\Delta R| = 33.53 \text{ kN}$ (horizontal)

$M_{0,\text{Dachfläche}} = \Sigma |\Delta M| = 170.29 \text{ kNm}$

Summe

resultierende Horizontalkraft: $R_{\text{Gesamt}} = R_{\text{Wände}} + R_{\text{Dachfläche}} = 34.97 \text{ kN}$

resultierendes Moment: $M_{0,\text{Gesamt}} = M_{0,\text{Wände}} + M_{0,\text{Dachfläche}} = 173.86 \text{ kNm}$

wirksame Höhe: $h_0 = M_{\text{Gesamt}} / R_{\text{Gesamt}} = 4.97 \text{ m}$

Höhe (OK-Wandscheiben): $h_W = 3.75 \text{ m}$

wirksames Moment: $M_{\text{Gesamt}} = (h_0 - h_W) R_{\text{Gesamt}} = 42.71 \text{ kNm}$

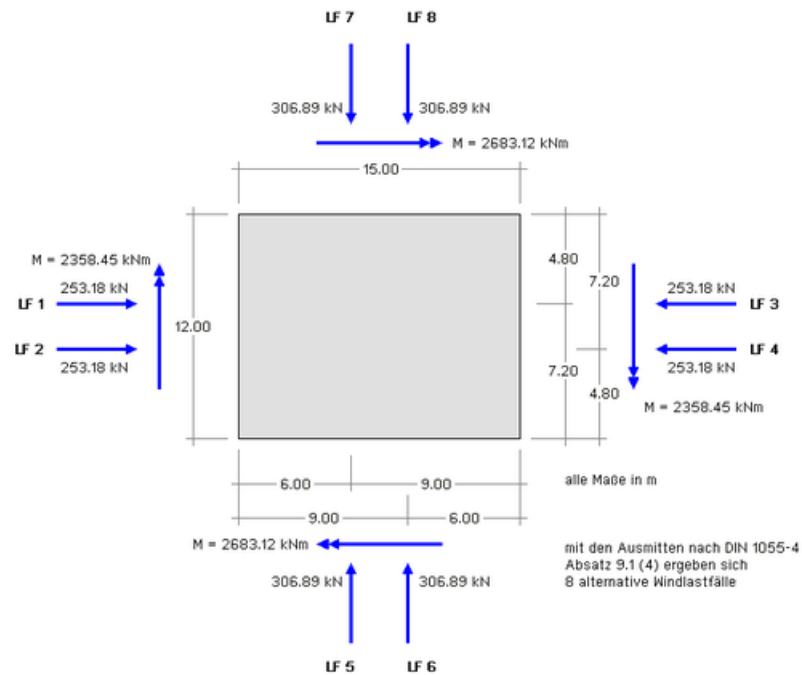
3.2.4

Zusammenfassung Windlasten

Unter Anwendung der nach DIN 1055-4, 9.1 (4), vorgeschriebenen horizontalen Ausmitten ergeben sich im Normalfall (wenn keine Windrichtung ausgeschaltet wurde) acht alternative Lastfälle, die vom Programm automatisch der Einwirkung *Windlasten* zugeordnet werden.

Auf der Seite *Zusammenfassung* werden die Windlasten unter Angabe der Lastfallzuordnung, der Lastordinaten und Vermaßung der Angriffspunkte auf der Höhe des oberen Scheibenrandes grafisch dargestellt.

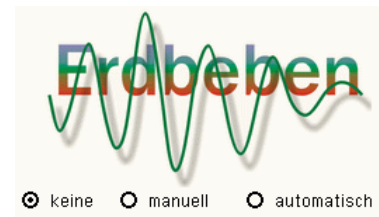
Bei Berechnungen nach Eurocode dürfen die ausmittig anzusetzenden Kräfte abgemindert werden. Da die volle Last jedoch auch zentrisch (in Wandmitte) nachgewiesen werden muss, ergeben sich nach Eurocode i.A. sogar 12 Windlastfälle.



3.2.5

Bremslasten, Erdbebenlasten, Imperfektionen und Erddruck

Auf den Seiten *Bremslasten*, *Erdbebenlasten*, *Imperfektionen* und *Erddruck* können weitere Horizontallasten am Gesamtgebäudemodell wirkend vorgegeben werden.



Anzahl zu untersuchender Imperfektionsfälle

Prinzipskizze

Grundriss

Ansicht

Es gilt das unter Kapitel **Gebäudemodell** festgelegte Koordinatensystem

Überlagerungstyp: ☐ additiv ☒ alternativ

	x m	Py kN	y m	Px kN	h m
1	5.00	66.00	0.00	0.00	5.00
2	0.00	0.00	5.00	66.00	5.00

Erddruck

☒ Erddrucklastfall aktivieren

In einer Tabelle werden die Werte für x , P_y , y , P_x und h gemäß obiger Skizze (eine Zeile pro Lastfall) angegeben.

Weitere Informationen, die die Überlagerungsfaktoren bei der Extremalbildung betreffen, können festgelegt werden.

Bei den Erdbebenlasten kann das Vorzeichen der Lasten als **alternierend** gekennzeichnet werden. Dies bewirkt die Verdoppelung der Anzahl der Lastfälle mit jeweils unterschiedlichem Vorzeichen.

Die Existenz einer Erdbebeneinwirkung bewirkt automatisch eine Extremierung im Sinne eines Tragfähigkeitsnachweises für Erdbebenlasten.

Sind an dieser Stelle Tabellenzeilen angegeben, so wird automatisch eine jeweils zugeordnete Einwirkung generiert, der die Lastfälle zugeordnet werden.

Die Lastfälle können im Register *Belastung* eingesehen (jedoch nicht weiter bearbeitet) werden.

Für den Erddruck kann genau ein Lastfall erzeugt werden, der der Einwirkung *ständige Lasten* zugeordnet wird.

Ersatzlasten aus Imperfektionen und Erdbeben können vom Programm auch automatisch ermittelt werden. Näheres hierzu siehe *automatische Ermittlung der Imperfektionslasten* Abs. 3.8.7, S. 87, bzw. *automatische Ermittlung der Erdbebenlastenlasten* Abs. 3.8.6, S. 79.

3.2.6

Steifigkeiten

Auf der Seite *Steifigkeiten* werden die Einstellmöglichkeiten zur Steuerung des Algorithmus zur Verteilung der globalen Lasten auf die zu bemessenden Scheiben und Stützen angeboten. Sie haben unmittelbaren Einfluss auf das Ergebnis der Kraftaufteilung und somit auch auf die Ergebnisse der Extremaalbildung und der materialabhängigen Nachweise.

Eine ausführliche Beschreibung der Eingabeparameter befindet sich unter Abschätzung der Steifigkeiten (Abs. 3.8.4, S. 74).

Die Verteilung der horizontalen Gesamtlasten auf die definierten Wandscheiben wird im Verhältnis der Steifigkeiten der Wandscheiben berechnet.

Die Steifigkeitskennwerte werden ermittelt aus der

für Betonwände und Mauerwerk

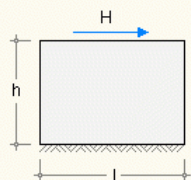
- ☒ Biegeverformung
- ☒ Schubverformung

für Stahlverbände

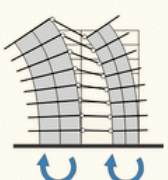
- ☒ Elastizität der Riegel
- ☒ Elastizität der Stiele
- ☒ Elastizität der Diagonalen

für Holztafeln

- ☒ Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel
- ☒ Schubbeanspruchung der Beplankung
- ☒ Normalkraftbeanspruchung der Randrippen
- ☒ Querdruckpressung der Randrippe auf dem Untergurt



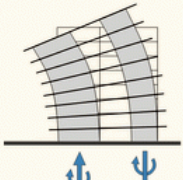
System



ideal biegeweiche Platte

Abschätzung der Plattensteifigkeit

zur Aufnahme der Biegemomente	50 %
zur Aufnahme der Vertikallasten	30 %
Berücksichtigung der Wölbkkräfte	0 %



ideal biegesteife Platte

3.3

Wandscheiben + Deckenplatte

Wandscheiben

Im zweiten Register werden zum einen die nachzuweisenden Wandscheiben und Stützen definiert, zum anderen Lastschemata zur automatischen Generierung von Deckenlasten angelegt.

3.3.1

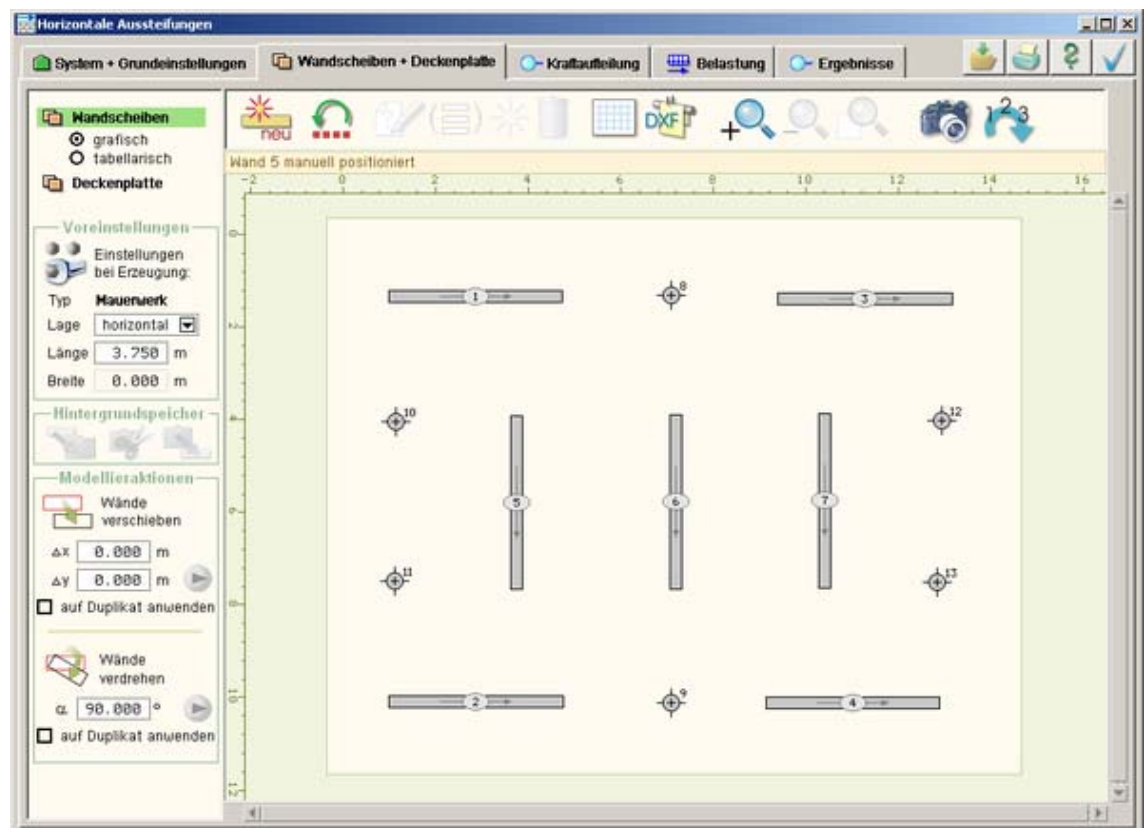
Wandscheiben grafisch

Wandscheiben

grafisch

Auf der Seite *Wandscheiben* kann zwischen grafischer und tabellarischer Bearbeitung gewählt werden. Bei der grafischen Bearbeitung (Voreinstellung) wird ein Bearbeitungsfenster eingeblendet, in dem die definierten Objekte (Scheiben und Stützen) im Grundriss dargestellt werden. Sie können dort allein über interaktive, mausgesteuerte Aktionen modelliert (verschoben, verdreht, verlängert, umdefiniert, gelöscht ...) werden. Weitere Objekte können hinzugefügt werden.

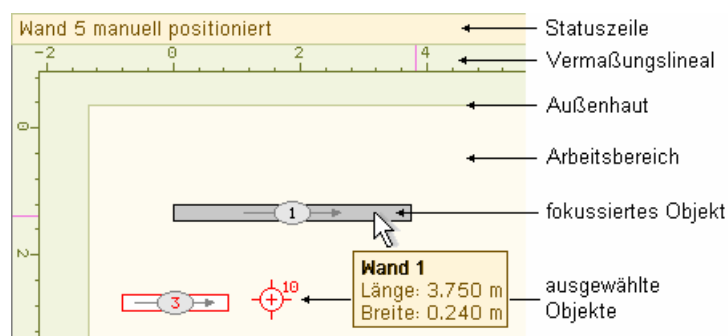
An dieser Stelle sollen nur die angebotenen Funktionen erläutert werden. In einem separaten Tutorium (s. Abs. 4, S. 96) wird die Nutzung dieser Funktionen näher erläutert und an beispielhaften Aufgabenstellungen vorgestellt.



3.3.2

Arbeitsfenster

Das Arbeitsfenster ist unterteilt in eine Menüzeile, eine Statuszeile, das Vermaßungslinial und den eigentlichen Arbeitsbereich, in dem sich die zu modellierenden Objekte befinden.



Die Statuszeile enthält nützliche Informationen über die zuletzt durchgeführte Aktion. Das Vermaßungslineal zeigt im definierten x-y-Koordinatensystem die Position des Mauszeigers an. Es gilt das im Register 1 auf der Seite *Gebäudemodell* festgelegte Koordinatensystem (Abs. 3.2.1, S. 14).

Im darunter liegenden Arbeitsbereich ist die Gebäudeaußenhaut markant dargestellt, innerhalb derer sich die definierten Scheiben und Stützen befinden. Führt der Mauszeiger über ein Objekt, so wird es fokussiert. Es erscheint ein Fähnchen mit Informationen des fokussierten Elementes.

Objekte können ausgewählt werden. Dies geschieht durch einfaches Anklicken oder durch Umfahren (Aufspannen eines Rechteckbereiches). Ausgewählte Objekte werden farblich markiert. Sie erscheinen in weißer Farbe mit roter Umrandung. Mit ausgewählten Objekten können gemeinsam Aktionen durchgeführt werden, die sich sodann auf alle ausgewählten Objekte auswirken. Wird ein ausgewähltes Objekt angeklickt oder umfahren, so wird es wieder abgewählt.

3.3.3

Funktionen im Seitenauswahlfenster

Zum Zeitpunkt der Erzeugung eines neuen Objekts erhält das Objekt bestimmte geometrische und materielle Eigenschaften. Diese werden im Rahmen *Voreinstellungen* festgelegt. Hinter dem Begriff **Lage** wird festgelegt, ob das zu erzeugende Objekt horizontal oder vertikal ausgerichtet erscheinen soll. Unter **Länge** wird die Länge der Wandscheibe zum Zeitpunkt der Erzeugung angegeben (beide Angaben sind für Stützen irrelevant).

Wird das **Schraubenschlüsselsymbol** angeklickt, so können die Materialeigenschaften neu zu erzeugender Objekte festgelegt werden. Es erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem zunächst zwischen den Typen **Wandscheibe** und **Stütze** und nachfolgend zwischen unterschiedlichen Materialien gewählt werden kann. Als Materialien stehen Holz, Mauerwerk, Stahlbeton, Stahl und ein frei definierbares Material zur Verfügung. Weitere Informationen zu diesem Eigenschaftsblatt finden sich unter Materialeigenschaften (Abs. 3.3.9, S. 28).

Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts wird das gewählte Material als Voreinstellung vom Programm übernommen.

##-HORA verfügt über einen Hintergrundspeicher, in den Objekte kopiert oder verschoben werden können. Durch Einfügen wird der aktuelle Inhalt des Hintergrundspeichers in die Arbeitsfläche eingefügt. Dieser Hintergrundspeicher funktioniert in vollständiger Analogie zum Windows-buffer, der unter Windows über die Funktionen *copy*, *cut* und *paste* angesprochen wird.

Die im Rahmen *Hintergrundspeicher* angebotenen Schaltflächen bewirken von links nach rechts: kopieren, ausschneiden, einfügen. Diese Funktionen sind auch über die Tastaturkürzel [Strg]+C, [Strg]+X, und [Strg]+V aktivierbar.



Die Funktionen im Rahmen *Modellieraktionen* wirken sich allein auf die aktuell ausgewählten Objekte aus. Diese können um ein Inkrement Δx , Δy verschoben oder um einen Winkel α verdreht werden.

Nach Vorgabe der Inkremente bzw. des Winkels muss der blaue Aktionsschalter angeklickt werden. Ist der Optionsschalter **auf Duplikat anwenden** aktiviert, so werden nicht die ausgewählten Objekte selbst, sondern eine zuvor erzeugte Kopie dieser Objekte verschoben bzw. verdreht. Sind mehrere Objekte ausgewählt, die unter Wahrung der Ausrichtung zueinander verdreht werden sollen, so müssen die ausgewählten Objekte zunächst gruppiert werden, da andernfalls die Objekte einzeln um ihren eigenen Schwerpunkt verdreht werden. Der Gruppierungsmechanismus wird weiter unten beschrieben (Abs. 3.3.4, S. 22).



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so wird im Arbeitsbereich ein neues Objekt eingefügt. Es erhält die Eigenschaften, die zuletzt unter *Voreinstellungen* festgelegt wurden. Das Objekt (Wandscheibe oder Stütze) kann mit der Maus an einer bestimmten Stelle positioniert werden (linke Maustaste anklicken).



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so wird die letzte Aktion rückgängig gemacht. *4H-HORA* verfügt dazu über zehn "undo-Level" und einen "redo-Level". Das bedeutet, dass die letzten zehn unabhängig durchgeführten Aktionen sukzessive rückgängig gemacht und der zuletzt rückgängig gemachte Zustand wieder hergestellt werden kann.



Sind Objekte ausgewählt und wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so erscheint das Eigenschaftsblatt zur Bearbeitung der Materialeigenschaften. Wird dieses bestätigt, so erhalten alle ausgewählten Objekte die aktualisierten Eigenschaften.



Sind Objekte ausgewählt und wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so werden die aktuell ausgewählten Objekte zu einer interaktiven Gruppe zusammengefasst.

Für Gruppen gilt: Wird ein Element einer Gruppe angeklickt, so wird die ganze Gruppe aus- bzw. abgewählt. Objekte einer Gruppe können nicht gegeneinander verschoben werden. Alle Modellierungsoperationen werden stets auf die gesamte Gruppe angewandt.



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so werden die ausgewählten Objekte abgewählt. Nach dieser Aktion befindet sich das Programm stets im Zustand "es sind keine Objekte ausgewählt".



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so werden alle ausgewählten Objekte gelöscht. Natürlich kann auch diese Aktion über den **undo-Button** rückgängig gemacht werden.



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so erscheint ein Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, in dem Gruppen von horizontalen und vertikalen Maßlinien (ausgehend vom x-y-Koordinatensystem) vorgegeben werden können.

Den Kreuzungspunkten der Maßlinien kann eine Fangrasterfunktionalität (Rasterpunktanziehung) zugewiesen werden. Dies hat beim Erzeugen bzw. manuellen Verschieben zur Folge, dass die Objekte exakt an den Maßlinien ausgerichtet werden können. Wird etwa beim Verschieben der Eckpunkt einer Wandscheibe in der Nähe eines Maßlinienkreuzungspunktes positioniert, so wird der Eckpunkt vom Maßlinienpunkt gefangen: Der Eckpunkt nimmt exakt die Position des Maßlinienpunktes ein. Ein Anwendungsbeispiel findet sich im Projekt 2 des Tutoriums (Abs. 4.2, S. 113).



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so erscheint ein Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, in dem Grafikdateien im DXF-Format mit dem Programm verknüpft werden können. Die Grafiken werden als Vorlage in das Arbeitsfenster eingeblendet. Den Endpunkten aller Linien in der Grafik kann ebenfalls Fangrasterfunktionalität (Kontrollpunktanziehung) mit demselben Effekt, wie er im vorangegangenen Absatz bei den Maßlinien beschrieben wurde, zugewiesen werden. Ein Anwendungsbeispiel findet sich im Projekt 1 des Tutoriums (Abs. 4.1, S. 96).



Hinein-Zoomen. Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so kann mit der Maus ein rechteckförmiger Bereich aufgezoogen werden. Der so festgelegte Teilbereich wird vergrößert im Arbeitsfenster dargestellt.



Hinaus-Zoomen. Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so wird in den vorangegangenen Zoomzustand zurückgesprungen.



Dieser Button sorgt dafür, dass der gesamte Bereich inklusive Außenhaut im Arbeitsfenster erscheint. Dies ist stets der Ausgangszustand.



Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so wird das DTE®-eigene FotoView-Werkzeug gestartet, das die aktuell definierten Objekte dreidimensional darstellt. Holztafeln werden hierbei ohne Beplankung dargestellt, um die Rippen sichtbar zu machen.





Wird der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so erscheint ein Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, aus dem heraus eine Neunummerierung der Objekte gestartet werden kann.

3.3.5

das kontextsensitive Menü fokussierter Wände und Stützen

Ist eine Wand oder eine Stütze fokussiert (die Maus befindet sich über dem Objekt und ein Infofähnchen wird angezeigt), so kann durch Anklicken der rechten Maustaste ein dem Objekt zugeordnetes Menü aufgerufen werden. Die angebotenen Funktionen beziehen sich alle auf dieses Objekt.

Duplizieren erzeugt eine Kopie des Objekts im Arbeitsbereich. **Kopieren** legt eine Kopie des Objekts im Hintergrundspeicher an. **Ausschneiden** tut dies auch, jedoch wird das Objekt danach aus dem Arbeitsbereich entfernt. **Neue Länge** ruft ein Eigenschaftsblatt auf, in dem die Länge der Wandscheibe geändert werden kann. **Unterteilen** besorgt die Unterteilung der Wandscheibe in mehrere einzelne Wandscheiben. **Verschieben** leitet eine numerisch gesteuerte Verschiebeaktion und **verdrehen** eine entsprechende Rotation ein. Die letzten beiden Aktionen können auch auf ein zuvor erstelltes Duplikat angewendet werden. **Eigenschaften** ruft das Eigenschaftsblatt des Objekts zur Bearbeitung seiner Materialeigenschaften hervor. **Abwählen** wählt das Objekt ab (wenn es ausgewählt ist) und **löschen** löscht das Objekt. Bei Stützen sind die Funktionen *neue Länge*, *unterteilen* und *verdrehen* deaktiviert.

Wand 1		
	duplizieren	[^D]
	kopieren	[^C]
	ausschneiden	[^X]
	neue Länge	[^L]
	unterteilen	[^S]
	verschieben	[^M]
	verdrehen	[^R]
	Eigenschaften	[^E]
	abwählen	[^O]
	löschen	[Entf]

3.3.6

das kontextsensitive Menü fokussierter Gruppen

Ist eine Gruppe fokussiert (die Maus befindet sich über dem Objekt einer Gruppe und ein Infofähnchen wird angezeigt), so kann durch Anklicken der rechten Maustaste ein der Gruppe zugeordnetes Menü aufgerufen werden.

Die meisten Funktionen sind identisch mit den unter Abs. 3.3.5, S. 23, beschriebenen individuellen Funktionen, jedoch beziehen sich die Funktionen auf die gesamte Gruppe und somit auf jedes Gruppenmitglied. Wird die Funktion **Eigenschaften** aufgerufen, so wird dadurch eine Vereinheitlichung der Materialeigenschaften aller Objekte dieser Gruppe eingeleitet. Besteht die Gruppe aus Wänden und Stützen, so ist diese Funktion mit Bedacht einzusetzen. Die Funktion **auflösen** löst die Gruppe auf, macht also die Gruppierung rückgängig.

Gruppe 1		
	duplizieren	[^D]
	kopieren	[^C]
	ausschneiden	[^X]
	Eigenschaften	[^E]
	auflösen	[^U]
	abwählen	[^O]
	löschen	[Entf]

3.3.7

Wandscheiben tabellarisch

Wandscheiben

- ☐ grafisch
- ☒ tabellarisch

Im oberen Bereich des Seitenauswahlfensters kann jederzeit zwischen der grafischen und der tabellarischen Bearbeitung hin- und hergeschaltet werden. In der tabellarischen Bearbeitung können die Anfangs- und Endpunkte der Wandscheibensystemlinien bzw. die Schwerpunkte der Stützen tabellarisch eingegeben bzw. geändert werden. Es gilt das im ersten Register auf der Seite *Gebäudemodell* festgelegte Koordinatensystem (Abs. 3.2.1, S. 14).

Horizontale Aussteifungen

System + Grundeinstellungen Wandscheiben + Deckenplatte Kraftaufteilung Belastung Ergebnisse

Wandscheiben

☐ grafisch
☒ tabellarisch

Deckenplatte

Voreinstellungen

Einstellungen bei Erzeugung:

Typ: **Mauerwerk**

Lage: **vertikal**

Länge: **3.750 m**

Breite: **0.000 m**

Wand	xa m	ya m	xe m	ye m	Länge m	Breite m	α Altgrad
1	0.345	0.700	4.095	0.700	3.750	0.200	0.000
2	5.025	0.700	8.775	0.700	3.750	0.200	0.000
3	9.756	0.700	13.506	0.700	3.750	0.200	0.000
4	0.371	5.472	4.121	5.472	3.750	0.200	0.000
5	4.924	5.497	8.674	5.497	3.750	0.200	0.000
6	9.604	5.497	13.354	5.497	3.750	0.200	0.000
7	0.497	10.632	4.247	10.632	3.750	0.200	0.000
8	5.050	10.658	8.800	10.658	3.750	0.200	0.000
9	9.730	10.658	13.480	10.658	3.750	0.200	0.000
10	2.269	1.147	2.269	4.897	3.750	0.200	90.000
11	2.320	6.156	2.320	9.906	3.750	0.200	90.000
12	6.822	6.105	6.822	9.855	3.750	0.200	90.000
13	11.502	6.156	11.502	9.906	3.750	0.200	90.000
14	11.578	1.097	11.578	4.847	3.750	0.200	90.000
15	6.848	1.147	6.848	4.897	3.750	0.200	90.000
16	0.551	2.970					(Stütze)
17	4.537	2.882					(Stütze)
18	9.187	3.059					(Stütze)
19	13.528	3.103					(Stütze)
20	0.573	8.020					(Stütze)
21	4.559	7.953					(Stütze)
22	9.387	7.997					(Stütze)
23	13.395	8.152					(Stütze)

neu



Klicken Sie auf

um Einfluss auf die Sortierreihenfolge der Objekte in der Tabelle zu nehmen,



um die Materialeigenschaften des zugeordneten Objekts einzusehen und ggf. zu ändern,



um das Objekt zu löschen oder



ein neues Objekt (mit den in der Voreinstellung festgelegten Eigenschaften) zu erzeugen.

Dem Einsteiger wird an dieser Stelle noch einmal empfohlen, das Tutorium zu studieren, um die Wirkungsweise der hier vorgestellten Funktionen an gegebenen Beispielen kennen zu lernen (Abs. 4, S. 96).

Informationen zu den Materialangaben finden sich unter Materialeigenschaften (Abs. 3.3.9, S. 28).

Deckenplatte

Die selbst gestellte Aufgabe von *##-HORA* ist die statische Berechnung der Wandscheiben und Stützen eines Geschosses eines i.d.R. mehrgeschossigen Gebäudes. Die geometrische Struktur der Deckenplatte(n) ist dabei zunächst von minderer Bedeutung.

Bei der Zusammenstellung der lotrechten Lasten insbesondere aus **Eigengewicht** und **Nutzlasten** sind diese Informationen jedoch dann erforderlich, wenn von der angebotenen automatischen Lastzusammenstellung Gebrauch gemacht werden soll. Wenn die lotrechten Lasten Wandscheibe für Wandscheibe bzw. Stütze für Stütze manuell in einer Tabelle vorgegeben werden sollen, können die nachfolgenden Beschreibungen ignoriert werden. *##-HORA* bietet jedoch eine Automatik an, die die Plattenlasten (gegeben in kN/m^2) auf die tragenden Objekte verteilt. Dies geschieht nach zwei prozentual gewichteten Modellen: Dem der biegestarren und dem der biegeweichen Platte. Der Prozentsatz wird im ersten Register auf der Seite *Steifigkeiten* festgelegt. Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich unter Abschätzung der Steifigkeiten (Abs. 3.8.4, S. 74).

Auf der Seite *Deckenplatte* ist von Lastschemata die Rede. Ein Lastschema besteht aus den definierten Randabständen, ggf. definierten Aussparungen und den daraus automatisch ermittelten Flächenanteilen, die den einzelnen Tragelementen (Wandscheiben und Stützen) einen Teilbereich der Platte zuordnen. Die Lasten eines solchen Teilbereiches sind von den zugeordneten Wänden und Stützen zu übernehmen - und zwar in dem prozentualen Anteil, der für das Modell *biegeweiche Platte* im ersten Register festgelegt wurde.

Um der Tatsache gerecht zu werden, dass Nutzlasten in Teilbereichen unterschiedliche Ordinate haben können und bei der Abschätzung des Platteneigengewichtes Verstärkungen in Teilbereichen relevant werden können, können demzufolge mehrere unterschiedliche Lastschemata angelegt werden. Die Bezugnahme auf ein bestimmtes Lastschema erfolgt im Register *Belastung* auf der Seite *Lasten*, wenn dort bei den benutzerdefinierten Lastfällen die Automatik eingeschaltet wird.

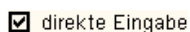
Die nebenstehend dargestellten Interaktionselemente dienen der Verwaltung der Lastschemata. Mit Anklicken des **neu-Buttons** wird ein neues Lastschema eingerichtet. Das **Bleistiftsymbol** ermöglicht die Umbenennung des aktuell ausgewählten Lastschemas und das **Mülleimersymbol** löscht das aktuelle Lastschema.



Die Auswahlliste ermöglicht die Auswahl des aktuellen (zur Bearbeitung anstehenden) Lastschemas. Es existiert stets mindestens ein Lastschema, voreingestellt mit dem Namen **standard**.

3.3.8.1

direkte Eingabe der Plattenlasten



Wird der Schalter **direkte Eingabe** aktiviert, so verschwinden die nachfolgend beschriebenen Eingabeelemente. Im Arbeitsfenster können dann die Lastordinaten der Wandscheiben und Stützen infolge einer **Deckenbelastung** von 1 kN/m^2 direkt eingegeben werden. Dies bietet sich ggf. an, wenn etwa die Decke gewollt einachsig gespannt werden soll oder die Ergebnisse einer (elastischen) FEM-Berechnung bereits vorliegen. Ein Beispiel hierzu wird im zweiten Projekt des Tutoriums vorgeführt (Abs. 4.2, S. 113).

Geben Sie hier die Lagerkräfte infolge einer Plattenbelastung von 1 kN/m^2 direkt ein.

Wenn Sie wollen, dass die hier eingetragenen Werte ausschließlich gelten und nicht mehr mit den Ergebnissen der "starken Platte" gewichtet werden, so muss die Abschätzung der Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten im ersten Register mit 0 % gewählt werden.

Wand-scheibe	qa kN/m	qe kN/m
1	3.000	3.000
2	4.500	6.000
3	5.000	5.000
4	3.000	3.200

Stütze	V kN
28	0.000

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die automatische Plattenlastermittlung. In diesem Fall darf die **direkte Eingabe** nicht angeschaltet sein.

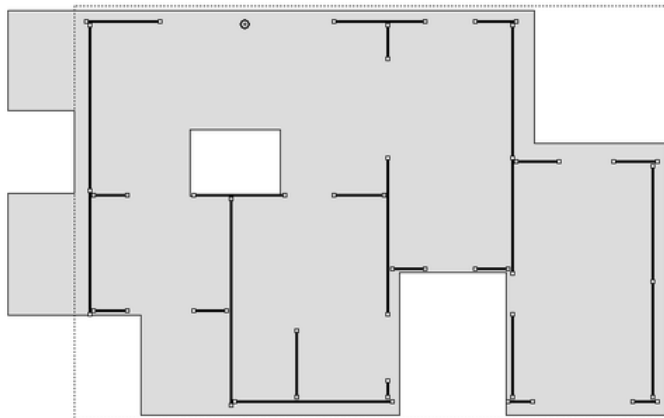
Die nebenstehend dargestellten Interaktionselemente dienen der Plattenrandbeschreibung des aktuell ausgewählten Lastschemas. Der Plattenrand wird ausgehend von der Außenhaut nach innen vermessen. Um etwa die Lasten von hervorstehenden Balkonen zu erfassen, können aber auch negative Zahlenwerte eingegeben werden. Die Grafik im Arbeitsfenster reagiert unmittelbar auf die Eingaben.

Randabstände	
links (→)	-2.000 m
rechts (←)	0.150 m
oben (↓)	0.150 m
unten (↑)	0.150 m

Wird die nebenstehend dargestellte Schaltfläche angeklickt, so erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem Aussparungen (Fehlflächen) im verbleibenden Plattenbereich definiert und verwaltet werden können. Näheres s. Aussparungen (Abs. 3.8.1, S. 71).

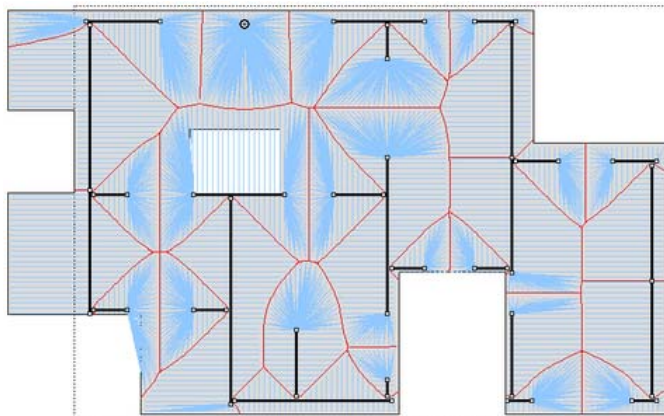
Aussparungen	
	definieren, bearbeiten

Nach Bearbeitung der bisher beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten könnte das Arbeitsfenster die nachfolgend beispielhaft dargestellte Abbildung enthalten.



Durch Anklicken des **Abakus-Symbols** wird die Berechnung der Flächenaufteilung gestartet; das Ergebnis wird unmittelbar im Arbeitsfenster angezeigt. Durch Aktivierung des Optionsschalters **automatisch** wird dafür gesorgt, dass die Berechnung nach jeder Eingabe automatisch erfolgt (Voreinstellung).

Die Darstellung im Arbeitsfenster ändert sich wie folgt:



Jedes Tragelement (Wandscheibe bzw. Stütze) erhält den Flächenanteil der sie umfahrenden roten Linien. Informationen zum Algorithmus der Einflussflächenberechnung s. Abs. 3.8.2, S. 72.

Standardmäßig erscheint das Ergebnis der Flächenaufteilung in der oben beschriebenen grafischen Form. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Ergebnisse tabellarisch einzusehen. Hierzu muss die alternative Schaltfläche **tabellarisch** aktiviert werden.

Ergebnisse	
	grafisch
	tabellarisch

Es erscheint die nachfolgend dargestellte Tabelle, die den einzelnen Tragelementen Randordinaten der Streckenlasten zuordnet. Da die Werte für eine konstante Flächenlast gelten, müssen die ausgewiesenen Summen insgesamt den Wert der Gesamtfläche ausweisen.



Man beachte, dass diese Werte nur mit dem Prozentsatz für das Modell *schlaffe Platte* zum Einsatz kommen!

für eine konstante Flächenlast von 1 kN/m^2 ergibt sich:

Hand	qa	qe	qm	qm I	Stütze	V
-	kN/m	kN/m	kN/m	kN	-	kN
1	5.14	-0.81	2.16	2.68		
2	0.67	6.83	3.75	8.40		
3	5.64	0.03	2.83	7.77		
4	-9.65	22.05	6.20	6.20		
5	1.36	3.00	2.18	8.70		
6	3.68	1.75	2.72	13.58		
7	-2.48	7.93	2.72	3.54		
8	6.62	-1.41	2.60	3.38		
9	-5.82	14.40	4.29	4.29		
10	3.86	4.34	4.10	11.23		
11	11.61	-3.93	3.84	5.76		
12	1.73	4.55	3.14	10.93		
13	0.90	3.06	1.98	6.92		
14	6.23	1.09	3.66	17.27		
15	3.13	3.48	3.31	12.31		
16	-1.98	5.80	1.91	1.91		
17	5.81	-2.03	1.89	1.89		
18	1.53	3.21	2.37	14.74		
19	14.38	-5.83	4.28	4.28		
20	-5.56	13.00	3.72	3.72		
21	3.10	1.05	2.07	7.24		
22	5.10	-0.64	2.23	5.58		
23	10.27	-2.98	3.65	7.30		
24	-4.98	11.69	3.35	1.68		
25	0.88	1.27	1.07	5.09		
26	12.98	-4.82	4.08	3.02		
27	-5.55	13.32	3.89	2.88		
				$\Sigma = 182.27$		
					$\Sigma = 7.83$	

Zur Festlegung der Materialeigenschaften bietet #H-HORA ein Eigenschaftsblatt zur Bearbeitung an. Dieses kann im zweiten Register *Wandscheiben und Deckenplatte* auf der Seite *Wandscheiben* auf unterschiedliche Arten aufgerufen werden.



- durch Anklicken des Schraubenschlüsselsymbols zur Festlegung der Voreinstellung im Seitenauswahlfenster. Die Voreinstellung legt fest, welche Eigenschaften ein Objekt zum Zeitpunkt seiner Erzeugung hat.
- durch Doppelklick auf einem Objekt bzw. Auswahl der kontextsensitiven Funktion *Eigenschaften* eines fokussierten Objekts. Hierdurch werden die Eigenschaften des speziellen Objekts (das den Doppelklick erfahren hat bzw. fokussiert wurde) individuell bearbeitet, unabhängig vom Auswahlzustand der anderen Objekte.
- durch Doppelklick auf ein Objekt einer Gruppe bzw. Auswahl der kontextsensitiven Funktion *Eigenschaften* einer fokussierten Gruppe. Hierdurch werden die Eigenschaften aller Gruppenmitglieder der Gruppe bearbeitet, unabhängig vom Auswahlzustand der anderen Objekte.



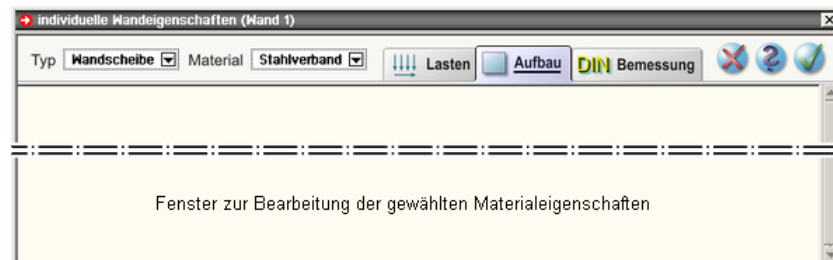
- durch Anklicken des Buttons **Wände bearbeiten** (Bleistiftsymbol) in der Menüzeile der grafischen Eingabe. Hierdurch werden die Eigenschaften aller aktuell ausgewählten Objekte bearbeitet.
- durch Anklicken des **Bleistiftsymbols** in der tabellarischen Eingabe.

Werden mehrere Objekte gleichzeitig bearbeitet (s. dritter und vierter Punkt), spricht man auch vom Prozess der Vereinheitlichung. Bei Bestätigen des Eigenschaftsblatts erhalten alle benannten Objekte die im Eigenschaftsblatt festgelegten Eigenschaften.

Vorsicht ist dann beim Vereinheitlichen geboten, wenn gleichzeitig Stützen und Wandscheiben ausgewählt sind.

Die Bearbeitung der Materialeigenschaften kann auch über den **undo-Button** rückgängig gemacht werden.

Im Kopf des Eigenschaftsblatts wird differenziert Auskunft über die aktuell bearbeiteten Objekte gegeben.



In der oberen Zeile wird zunächst der Typ (**Wandscheibe** oder **Stütze**) und das Material (**Holz**, **Mauerwerk**, **Stahlbeton**, **Stahl**, **frei**) angewählt. Der Inhalt des Fensters zur Bearbeitung der gewählten Eigenschaften ändert sich hierdurch direkt und bietet die der Wahl angepassten Eigenschaften zur Bearbeitung an.

In den nachfolgenden Registern

Lasten wird bei Wandscheiben festgelegt, ob sie in der Lage sind, Horizontalkräfte aufzunehmen (Voreinstellung: ja). Durch konstruktive Maßnahmen (etwa Einbau von Gleitfolie o. Ä.) könnte dies verhindert werden.

Aufbau wird das einzubauende Material gewählt und die Dimensionierung festgelegt.

Bemessung werden Nachweis- und Bemessungsoptionen angegeben.

Die weiteren Schaltflächen bewirken letztlich



den Abbruch der Bearbeitung. Es werden keine Änderungen bei dem/den Objekt(en) vorgenommen.

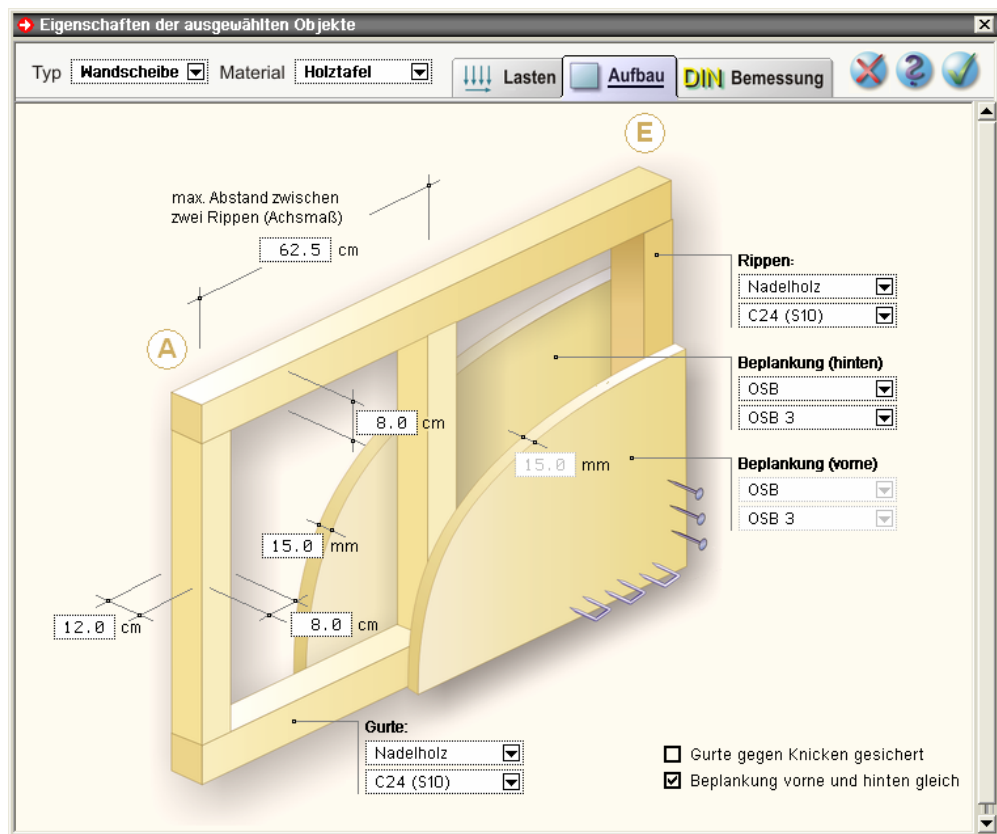


Aufruf der Hilfe



Bestätigen der bearbeiteten Eigenschaften. Das Eigenschaftsblatt wird geschlossen und das/die Objekt(e) bekommen die Eigenschaften verbindlich zugeordnet.

Es folgt die Beschreibung der einzelnen Materialien.



Eine Wandtafel besteht aus einem Ober- und einem Untergurt, einer gewissen Anzahl von vertikal angeordneten Rippen sowie der vorderen und hinteren Beplankung. Die Dimensionierung erfolgt durch Bearbeitung der an den Maßlinien angetragenen Eingabefelder.

Zur Festlegung der zu verwendenden Materialien werden entsprechende Auswahllisten angeboten. Ist die Anordnung der Beplankung symmetrisch, kann die Schalltafel **Beplankung vorne und hinten gleich** angeklickt werden. Es kann auch einseitige Beplankung angeordnet werden. Hierzu muss das Material der entsprechenden Beplankung **ohne** angewählt werden.

Weitere Informationen zu den Bemessungsoptionen der Holztafeln und den einzelnen geführten Nachweisen finden sich unter Nachweise der Holztafeln (Abs. 3.7.1, S. 44).

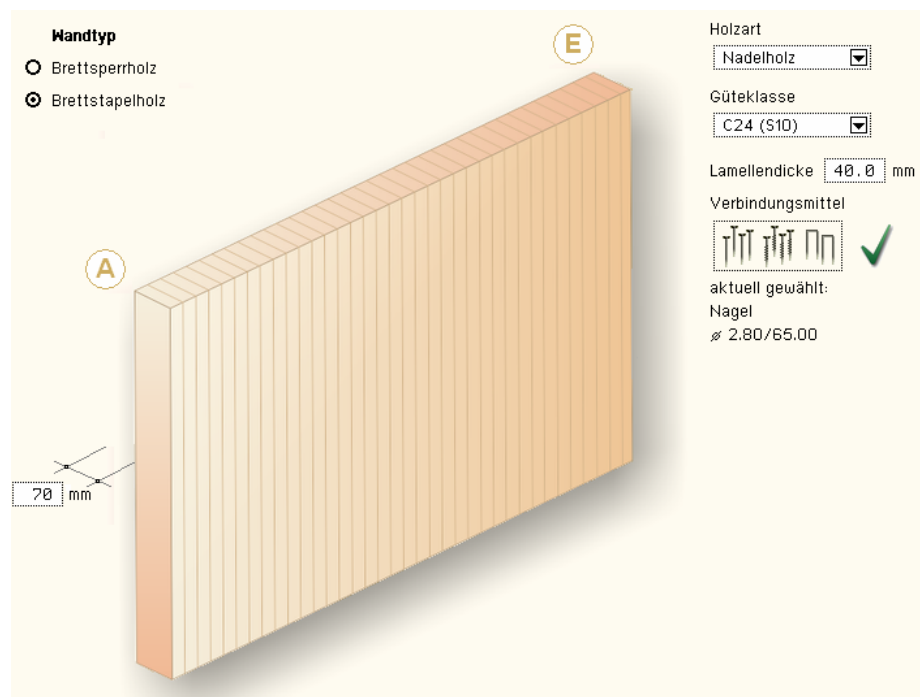


Brettsperrholzwände bestehen aus mindestens drei Schichten kreuzweise gelegten und flächig verklebten Brettlagen aus Nadelholz. Der Aufbau ist symmetrisch. Im Programm sind die Brettsperrholzwände der im Eigenschaftsblatt auf der vorhergehenden Seite aufgeführten hinterlegt. Es können aber auch eigene Wandtypen definiert und in einer Datenbank abgelegt werden.

Weitere Informationen zu den Bemessungsoptionen der Brettsperrholzwände und den einzelnen geführten Nachweisen s. Abs. 3.7.2, S. 55.

3.3.9.3

Brettstapelholzwand

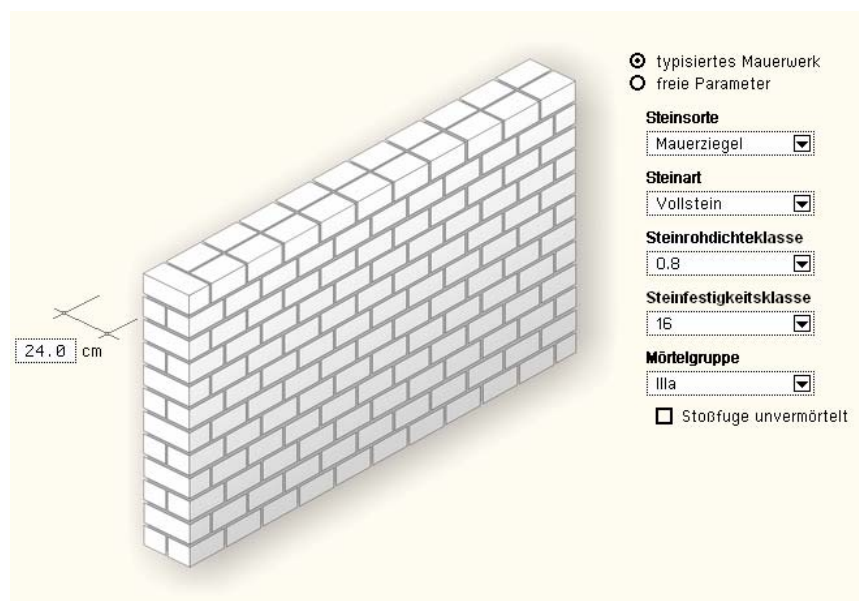


Brettstapelholzwände bestehen aus nebeneinander gestellten Brettern, die mit Nägeln zusammengefügt sind. Die Lamellen bestehen i.d.R. aus Nadelholz.

Weitere Informationen zu den Bemessungsoptionen der Brettstapelholzwände und den einzelnen geführten Nachweisen s. Abs. 3.7.3, S. 59.

3.3.9.4

Mauerwerk



Beim Mauerwerk ist die Dicke und bei Pfeilern sind die Maße b/d des Rechteckquerschnitts vorzugeben. In Auswahlboxen werden die möglichen Mauersteintypen mit ihren spezifischen Festigkeiten und Mörtelgruppen angeboten. Dazu gehören

- Steinsorte: Mauerziegel, Kalksandsteine (auch Hüttensteine), Leichtbetonsteine, Betonsteine und Porenbetonsteine
- Steinart: Hohlblockstein, Hochlochstein (Steine mit Grifföchern), Vollstein
- Steinrohdichteklasse: 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4 zur Bestimmung der Mauerwerkswichte
- Steinfestigkeitsklasse: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 28, 36, 48, 60
- Mörtelgruppe: I, II, IIa, III, IIIa, Dünnbettmörtel DM, Leichtmörtel LM 21, Leichtmörtel LM 36, wobei die Stoßfuge auch unvermörtelt ausgeführt werden kann.

Aus diesen Angaben werden die notwendigen Rechenparameter bestimmt:

- Mauerwerksdruckfestigkeit f_k als Funktion von Steinsorte, Steinfestigkeitsklasse, Mörtelgruppe
- Steinzugfestigkeit f_{bz} aus Steinart und Steinsorte (Schubnachweis)
- abgeminderte Haftscherfestigkeit f_{vk0} aus der Mörtelgruppe (Schubnachweis)
- Elastizitätsmodul E_M als Funktion von Steinsorte und Mauerwerksdruckfestigkeit
- Mauerwerkswichte ρ als Funktion von Steinrohdichteklasse und Mörtelgruppe



Die Ermittlung der Materialparameter ist in den nationalen Normen geregelt. Bei einer Eurocode-Bemessung, die sich nicht auf Deutschland bezieht (nicht NA-DE), werden bei typisierter Eingabe die deutschen Werte verwendet. Es ist unbedingt zu prüfen, ob die verwendeten Materialparameter dem Baustoff entsprechen (s. Protokoll der Materialparameter für Mauerwerk).

Weitere Informationen zu den Nachweisoptionen für Mauerwerk finden sich unter Nachweise der Mauerwerkswände und Pfeiler (Abs. 3.7.4, S. 62).

3.3.9.5

Stahlbeton

Betongüte
C20/25

Betonstahlgüte
Bst 500

Randabstände
horizontal 3.0 cm
vertikal 4.0 cm

Grundbewehrung
horizontal 0.00 cm²/m
vertikal 0.00 cm²/m

maximaler Bewehrungsgrad
max ρ 0.0 %

☐ Ankerkraft berechnen

Bei Stahlbetonwänden ist die Wanddicke und bei Stützen der Querschnittstyp und die Querschnittsabmessungen

- Rechteck: Breite und Dicke
- Kreis: Durchmesser

anzugeben. Außerdem sind bemessungsrelevant:

- der Stahlrandabstand, d.h. der Abstand des Bewehrungsschwerpunktes vom nächstgelegenen Betonrand
- die Grundbewehrung
- der maximale Bewehrungsgrad

In Auswahlboxen werden die möglichen Beton- und Betonstahlsorten angeboten. Dazu gehören

- Betone der Festigkeitsklassen C 12/15, C 16/20, C 20/25, C 25/30, C 30/37, C 35/45, C 40/50, C 50/60, C 55/67, C 60/75, C 70/85, C 80/95, C 90/105
- Betonstahlsorte BSt 500 A (normal duktil)

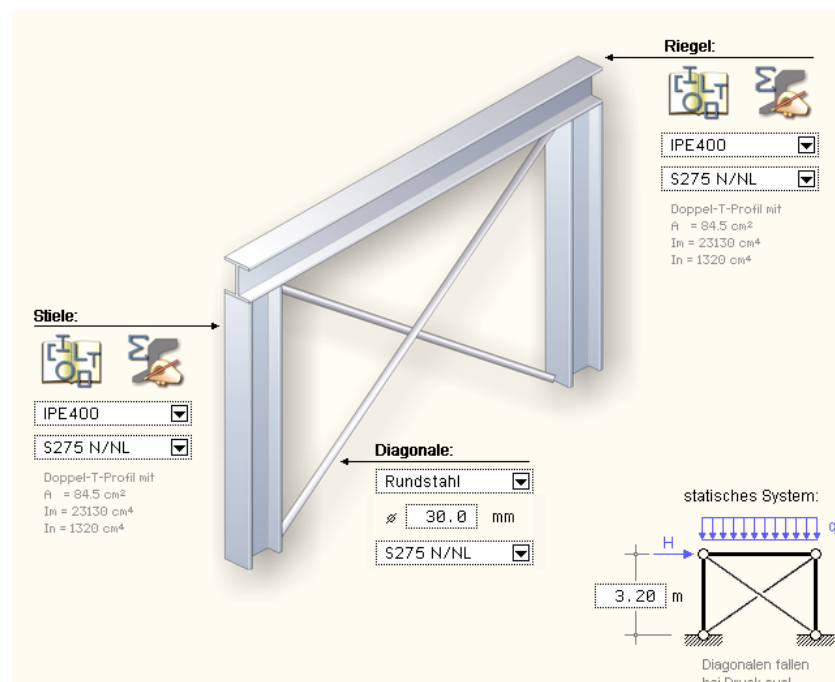
Aus diesen Angaben werden die notwendigen Rechenparameter bestimmt:

- Beton:
 - charakteristische Zylinderdruckfestigkeit nach 28 Tagen f_{ck}
 - Dehnung beim Erreichen der Festigkeitsgrenze ε_{c2}
 - Bruchdehnung ε_{c2u}
 - Exponent n_c der Spannungsdehnungsfunktion $\sigma_c = -f_{cd} \cdot \left[1 - (1 - \varepsilon_c / \varepsilon_{c2})^{n_c} \right]$
 - Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit f_{ctm}
 - Elastizitätsmodul (Sekantenmodul) E_{cm}
- Betonstahl:
 - Streckgrenze f_{yk}
 - Dehngrenze f_{tk}
 - Bruchdehnung ε_{su}
 - Elastizitätsmodul E_s

Weitere Informationen zu den Bemessungsoptionen für Stahlbeton finden sich unter Stahlbetonbemessung (Abs. 3.7.5, S. 65).

3.3.9.6

Stahlverband



Der Stahlverband ist ein symmetrisches System aus einem Riegel, zwei Stielen und zwei Diagonalen. Die Stiele sind gelenkig gelagert und die Tragglieder gelenkig aneinander angeschlossen. Die Diagonalen werden als reine Zugglieder angenommen, sie fallen bei Druck aus.

Da der Riegel in der Decke versteckt, aber auch als Unterkonstruktion ausgebildet werden kann, ist die Höhe der Systemlinie des Riegels anzugeben (s. statisches System). Zur Auswahl des Profils kann entweder der DTE®-Profilmanager oder das Programm #/-QUER zur Definition benutzerdefinierter Querschnitte gerufen werden.



Ein Klick auf das nebenstehend dargestellte Symbol ruft den DTE®-Profilmanager auf. Das gewünschte Profil kann dort ausgewählt, eingesehen und bei Beendigung des Programms an #HORA übergeben werden.



Ein Klick auf das nebenstehend dargestellte Symbol ruft das Programm #HORA-QUER auf. Von dort können als dünnwandig konstruierte Querschnitte an #HORA übergeben werden.

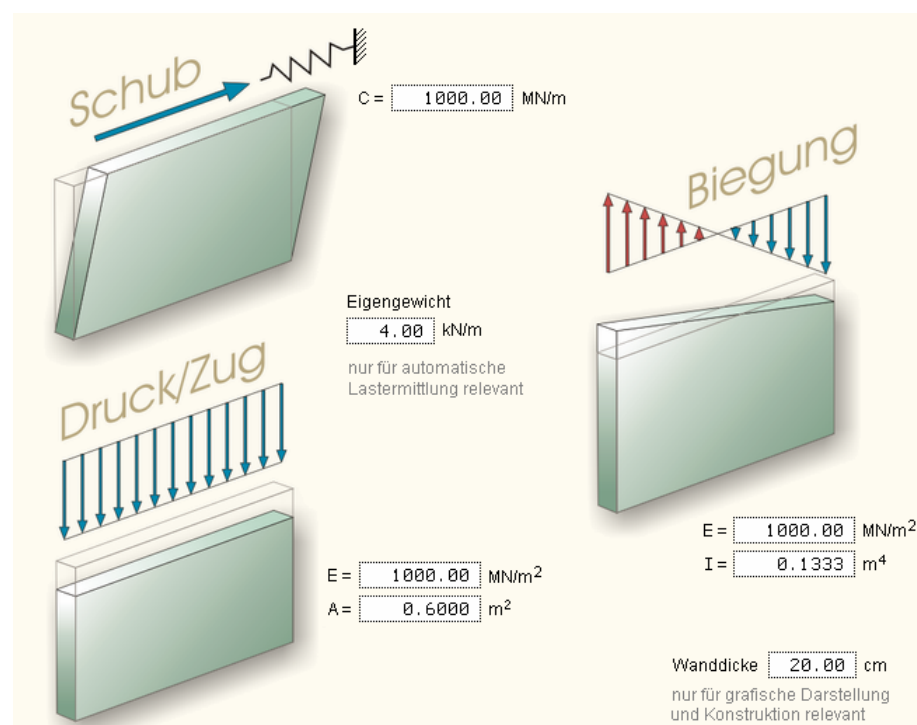
Nach Übernahme des Querschnitts erscheint die Profilbezeichnung in der Auswahlliste unter den Symbolen. Diese kann zu einem späteren Zeitpunkt auch anderen Stahlträgern zugeordnet werden. In der zweiten Auswahlliste wird das Material (Stahlgüte) spezifiziert.

Die Diagonalen können entweder als Rundstahl, Flachstahl, sonstige (Profil auswählen) oder allgemein (durch Vorgabe der wirksamen Querschnittsfläche) ausgebildet werden.

Weitere Informationen zu den Nachweisooptionen der Stahlverbände und den geführten Nachweisen finden sich unter Nachweise der Stahlverbände (Abs. 3.7.6, S. 69).

3.3.9.7

freies Material (benutzerdefiniert)



Trifft keines der bisher beschriebenen Materialien zu, kann auf das freie, benutzerdefinierte Material zurückgegriffen werden. Bei diesem Typ werden die für die Kraftverteilung wesentlichen Steifigkeitsparameter direkt eingegeben. Es ist dies die Federkonstante C gegen eine horizontale Verschiebung des Scheibenkopfes (wie dargestellt). Des Weiteren wird zur Beschreibung der Zusammenpressbarkeit der Faktor EA und die Reaktion auf eine Biegeverformung der Faktor EI benötigt. Das Eigengewicht ist nur für die automatische Lastermittlung relevant und mit der Scheibendicke wird ausschließlich die Darstellung im Arbeitsfenster beeinflusst.

Da dem Programm keine DIN-Norm zugrunde liegt, kann prinzipiell keine Nachweisführung angeboten werden. Auf Wunsch kann #HORA jedoch die Einhaltung vorgegebener minimaler bzw. maximaler Lastordinaten überprüfen, die im Register *Bemessung* eingetragen werden.

Stützen werden in *4H-HORA* stets als Pendelstützen angenommen. Sie können allein vertikale Lasten aus Eigengewicht, Nutzlasten etc., aber auch aus den Momenten der Horizontalkräfte (Näheres s. Die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Biegemomente, Abs. 3.8.4.2, S. 75) aufnehmen.

Nebenstehend sind die Eigenschaften einer Holzstütze beschrieben. Die Eigenschaften anderer Materialien sind sinngemäß vorzugeben. Die für die Lastverteilung maßgebende Größe EA wird eingeblendet.

Holzart

Güteklasse

Querschnitt

b cm
 d cm

EA = 280000 kN

Die Stützen werden entsprechend ihrer zugrunde liegenden Norm nachgewiesen bzw. bemessen. Die hierbei steuernd eingreifenden Nachweisoptionen können im Register *Bemessung* bearbeitet werden.

3.4

Kraftaufteilung

allg. Informationen

Scheibenkräfte ...

... infolge $H_x = 1 \text{ kN}$

Horizontalkräfte

lotrechte Wölbkräfte

... infolge $H_y = 1 \text{ kN}$

Horizontalkräfte

lotrechte Wölbkräfte

... infolge $M_z = 1 \text{ kNm}$

Horizontalkräfte

lotrechte Wölbkräfte

... infolge $M_x = 1 \text{ kNm}$

lotrechte Kräfte

... infolge $M_y = 1 \text{ kNm}$

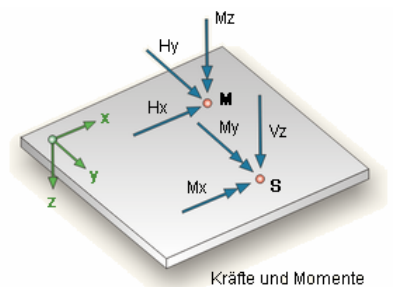
lotrechte Kräfte

... infolge $V_z = 1 \text{ kN}$

lotrechte Kräfte

Nachdem die Seiten in den ersten beiden Registern mit Daten gefüllt wurden, kann das Programm im dritten Register mit einem Zwischenergebnis aufwarten. Es sind dies die Verformungen der Kopfplatte infolge von Einheitslasten sowie die Aufteilung der Einheitslasten in die Belastungen der Wände und Stützen. Dieses Register bedarf keiner Eingaben.

Auf der Seite *allgemeine Informationen* sind zunächst die Koordinaten des elastischen Schwerpunktes S und des Schubmittelpunktes M angegeben. An diesen beiden geometrischen Orten wirken die Einheitslasten. Näheres s. nebenstehende Abbildung.



Kräfte und Momente

Die Einheitsverformungen sind im Einzelnen:

- u_{Mx} Verschiebung der Kopfplatte in x-Richtung
- u_{My} ... in y-Richtung
- u_{Sz} ... in z-Richtung
- θ_{Sx} Verdrehung der Kopfplatte um die in den Schwerpunkt verlagerte x-Achse
- θ_{Sy} ... in den Schwerpunkt verlagerte y-Achse
- θ_{Mz} ... in den Schubmittelpunkt verlagerte z-Achse

Kennwerte	x	y
Schwerpunkt (S)	8.423 m	6.345 m
Schubmittelpunkt (M)	8.683 m	6.834 m

Einheitsverformungen der starren Platte

infolge	u_{Mx} mm	u_{My} mm	u_{Sz} mm	θ_{Sx} ‰	θ_{Sy} ‰	θ_{Mz} ‰
$H_x = 1 \text{ kN}$	3.2560	0	0	0	0	0
$H_y = 1 \text{ kN}$	0	1.3478	0	0	0	0
$V_z = 1 \text{ kN}$	0	0	0.0184	0	0	0
$M_x = 1 \text{ kNm}$	0	0	0	0.0099	0.0001	0
$M_y = 1 \text{ kNm}$	0	0	0	0.0001	0.0337	0
$M_z = 1 \text{ kNm}$	0	0	0	0	0	0.0306

die Tabellenwerte sind mit 10^{-2} zu multiplizieren

Die in diesem Register dargestellten Angaben stellen die Reaktion des Systems auf Einheitskräfte und -momente dar. Die unter Register *Belastung* (Seite *Lasten*) zusammengestellten Lasten werden durch Superposition der hier angegebenen Werte gewonnen.

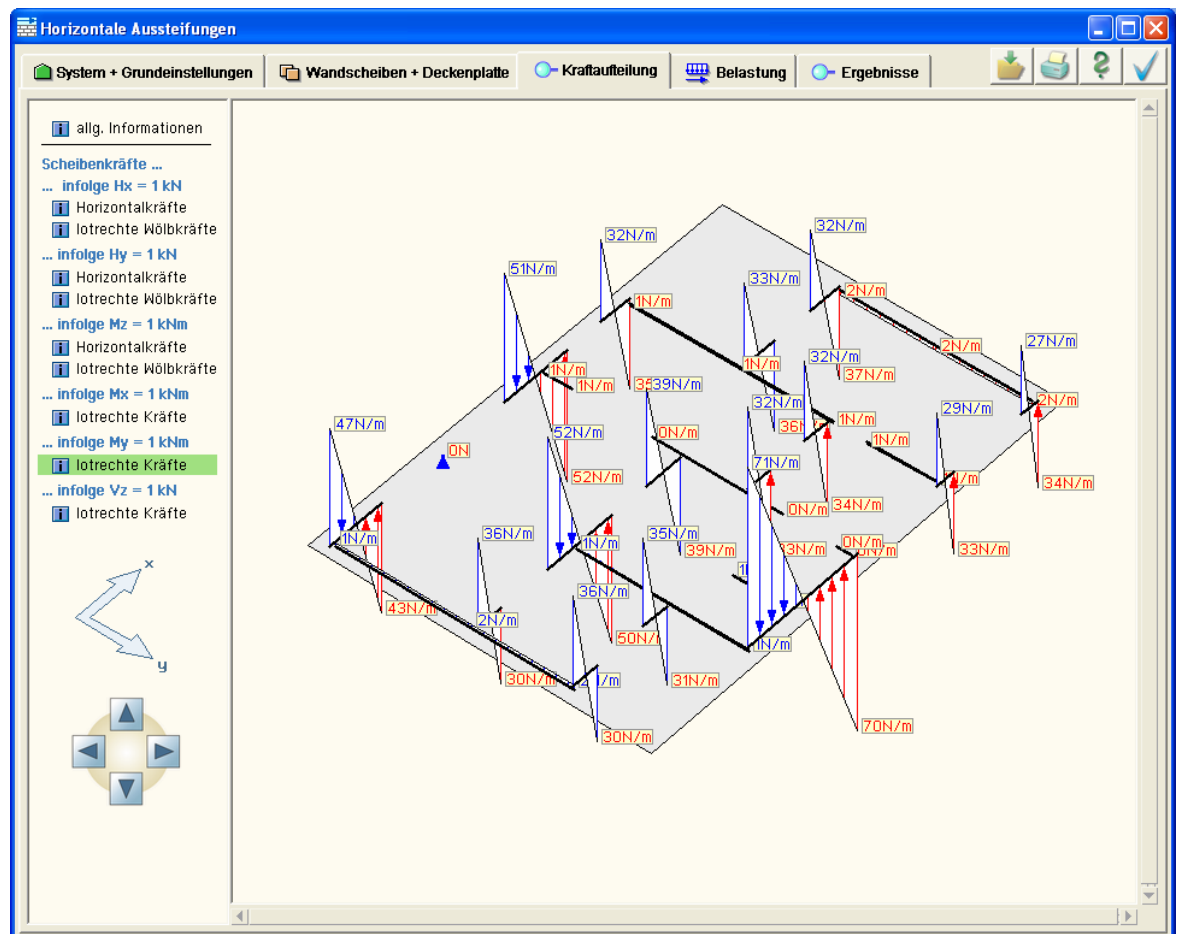
Auf den nachfolgenden Seiten sind die Scheibenkräfte (bzw. Streckenbelastungen) sowie die Einzellasten der Stützen infolge der oben dargestellten Einheitslasten (Kräfte in kN, Momente in kNm) grafisch dargestellt. Die Abschätzungen der Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Biegemomente sowie die prozentuale Abschätzung der Wölbkräfte sind hier bereits berücksichtigt (vgl. Register 1 - Seite *Steifigkeiten*, Abs. 3.2.6, S. 19). Die Abschätzung der Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten (hier speziell V_z) ist hier jedoch noch mit 100 % angenommen. Eine prozentuale Wichtung mit dem Modell *biegeschlaffe Platte* findet hierfür erst bei der Lastermittlung nach Vorgabe des Lastschemas statt.



Man beachte, dass die tatsächlichen Belastungen der Scheiben und Stützen allein durch Superposition der hier dargestellten Scheiben- und Stützenlasten gewonnen werden! Dasselbe gilt für die Abschätzung der extremalen Plattenverformungen. Ausnahme hiervon bilden allein die vertikalen Lasten: Die Wirkung von V_z wird prozentual mit dem Modell *biegeweiche Platte* gewichtet.

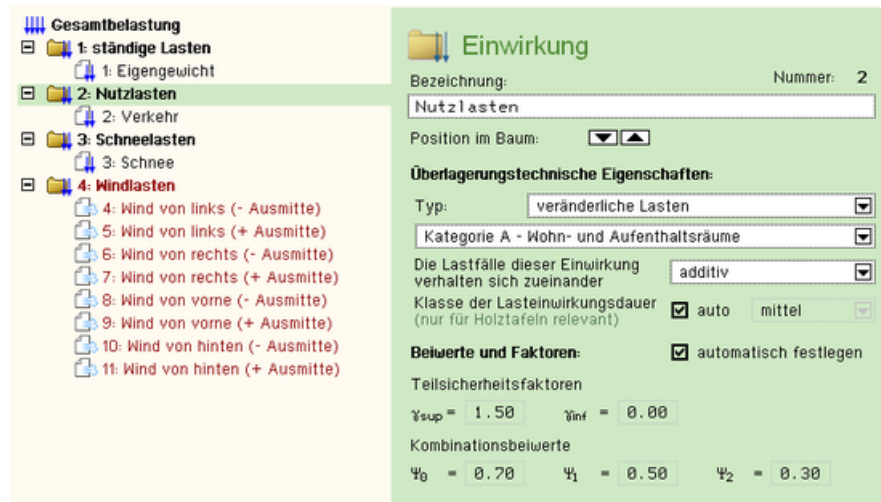
Näheres hierzu s.

- die Lastschemata der Deckenplatte, Abs. 3.3.8, S. 25
- die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten, Abs. 3.8.4.3, S. 75
- der Algorithmus zur Ermittlung der Einflussflächen, Abs. 3.8.2, S. 72



Im vierten Register werden die Belastungen der Scheiben und Stützen zusammengestellt. Hier wird zunächst die für die erforderliche Überlagerung (Extremalbildung) vorgegebene *Laststruktur* festgelegt. Die den Lastfällen zugeordneten Belastungen der Scheiben und Stützen werden auf der Seite *Lasten* definiert.

Im Arbeitsfenster werden die definierten Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur angezeigt. Die Lastfälle sind hierbei stets den Einwirkungen zugeordnet.



Die rötlich eingefärbten Einwirkungen und Lastfälle werden von *4H-HORA* automatisch (nach den Vorgaben im ersten Register) erzeugt und verwaltet. Sie werden hinter den benutzerdefinierten Einwirkungen und Lastfällen (schwarz dargestellt) in den Baum eingehängt und können auf dieser Seite vom Anwender nicht mehr bearbeitet werden.

Durch Anklicken eines der Baumelemente werden die Eigenschaften des so ausgewählten Elementes rechts neben dem Baum eingeblendet. Handelt es sich hierbei um ein benutzerdefiniertes Element, so können (und sollten) die Eigenschaften bearbeitet werden.

Wesentlich für die Ergebnisse der Überlagerung sind die Eigenschaften einer Einwirkung. Eine Einwirkung hat eine Bezeichnung und eine Position in der Baumstruktur, die bei Existenz mehrerer Einwirkungen verändert werden kann.

Die Überlagerung (Extremalbildung) wird nach den Regeln der DIN 1055-100 bzw. des EC 0 durchgeführt. Die überlagerungstechnischen Eigenschaften unterscheiden zunächst zwischen ständigen und veränderlichen Lasten.

Gelten für eine Einwirkung die Anforderungen einer *außergewöhnlichen Bemessungssituation*, so sollte sie hier als **Sonderlast** gekennzeichnet werden.

Zur automatischen Festlegung der Kombinationsbeiwerte ist für veränderliche Lasten zusätzlich die Lastkategorie festzusetzen. Sie bezieht sich auf DIN 1055-100, Tab. A.2, bzw. EC 0.

Des Weiteren muss festgelegt werden, ob sich die zur betrachteten Einwirkung gehörenden Lastfälle additiv oder alternativ zueinander verhalten. Additive Lastfälle sind unabhängig voneinander und können demzufolge auch gleichzeitig wirken. Alternative Lastfälle verstehen sich als Alternativen. Hierbei wird nur der ungünstigste Lastfall zur Extremalbildung hinzugezogen.

Alle weiteren, für den Überlagerungsprozess relevanten Informationen legt das Programm i.d.R. automatisch fest. Ist dies nicht gewünscht, können die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte (für Holzbaunachweise auch die Klasse der Einwirkungsdauer) manuell überschrieben werden.

Die Eigenschaft eines Lastfalles besteht aus der Bezeichnung, ggf. der Position im Baum und der Zuordnung zu einer Einwirkung.

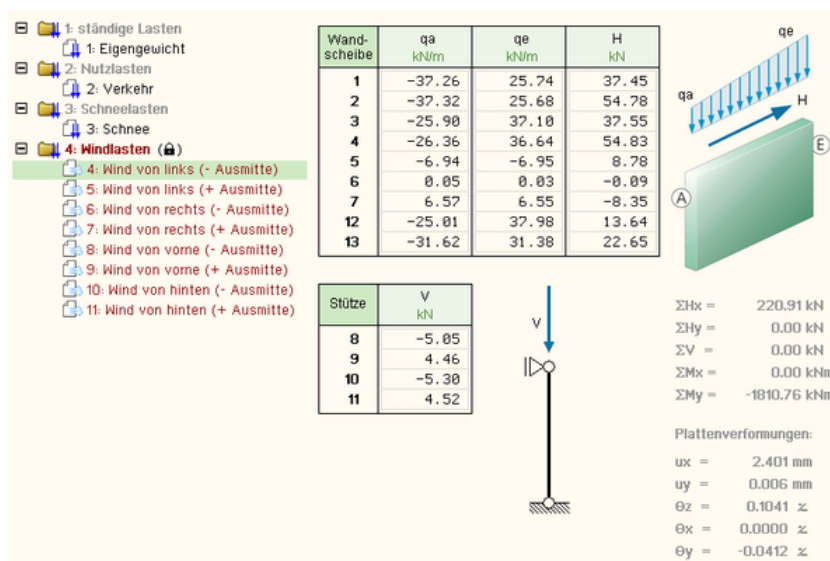


- Mit den Schaltflächen oberhalb des Baums wird der Inhalt des Baums modifiziert.
- der nebenstehend dargestellte Button erzeugt eine neue Einwirkung
- der nebenstehend dargestellte Button erzeugt einen neuen Lastfall und ordnet diesen der aktuell ausgewählten Einwirkung zu
- ein Klick auf den nebenstehend dargestellten Button löscht das aktuell ausgewählte Baumelement

3.5.2

Lasten

Auf der Seite *Lasten* werden den tragenden Elementen (Wandscheiben und Stützen) lastfallbezogen Lastordinaten zugeordnet. Handelt es sich bei dem aktuell ausgewählten Lastfall nicht um einen benutzerdefinierten Lastfall, können die Werte zwar eingesehen, aber nicht verändert werden. Sie ergeben sich automatisch durch Superposition der in Register *Kraftaufteilung* ausgewiesenen Einheitsgrößen mit den tatsächlichen am Gesamtgebäude (im ersten Register) festgelegten Belastungen.



Bei den benutzerdefinierten Lastfällen können die Lastordinaten zunächst frei eingegeben werden. Es kann aber auch von der vom Programm angebotenen Automatik Gebrauch gemacht werden. Um hierauf umschalten zu können, werden im Seitenauswahlfenster zwei Schaltflächen angeboten.




Der nebenstehend dargestellte Zustand des **Auto-Schalters** besagt, dass nicht von der Automatik Gebrauch gemacht werden soll. Die Tabelleninhalte bleiben frei editierbar. Ist die Automatik gewünscht, muss der **Auto-Schalter** aktiviert werden.



Die Tabelleninhalte werden blass gestellt als Hinweis dafür, dass die Lastordinaten nun nicht mehr direkt eingegeben werden können. Das Programm stellt sich darauf ein, die Tabellen automatisch zu füllen. Um diese Automatik zu steuern, muss die Schaltfläche mit dem **Schraubenschlüssel** angeklickt werden.

Je nachdem, ob es sich bei dem aktuellen ausgewählten Lastfall um einen Lastfall vom Typ *ständige Lasten* oder vom Typ *veränderliche Lasten* handelt, werden zwei unterschiedliche Eigenschaftsblätter zur Bearbeitung angeboten. Zunächst wird das Eigenschaftsblatt für lotrechte Eigengewichtslasten vorgestellt.

Zusammenstellung der lotrechten Eigengewichtslasten in Lastfall 1: neuer Lastfall



☒ **aus Wänden**
Eigengewicht: ☒ automatisch individuell kN/m
zusätzlich (Putz o. ä.) 0.60 kN/m (für alle Wände)
Multiplikator (Anzahl Geschosse) 6.00
Summe individuell kN/m

☒ **aus Stützen**
Eigengewicht: ☒ automatisch individuell kN
zusätzlich (Putz o. ä.) 0.00 kN (für alle Stützen)
Multiplikator (Anzahl Geschosse) 6.00
Summe individuell kN


☒ **aus Deckenplatten**
anzuwendende Verteilungsfunktion: Lastschema standard
(vgl. Register Wandscheiben, Seite Deckenplatte)
Eigengewicht: (eine Deckenplatte) 2.00 kN/m²
zusätzlich (Putz, Estrich etc.) 0.30 kN/m²
Multiplikator (Anzahl Deckenplatten) 6.00
Summe 13.80 kN/m²

Hierin können die Einheiten **aus Wänden**, **aus Stützen** und **aus Deckenplatten** unabhängig voneinander aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Bei aufgehenden Wänden und Stützen konstanter Dicke und Materialeigenschaften kann das Eigengewicht automatisch ermittelt werden. Grundlage hierfür sind die im zweiten Register auf der Seite *Wandscheiben* hinterlegten Materialangaben. Zusätzliche Lasten (wie z.B. Putz) können eingetragen werden. Ein Multiplikator (etwa für die Anzahl der Geschosse) liefert letztlich die Gesamtlast aus den Eigengewichten der Wände und Stützen.

Entsprechendes gilt für das **Eigengewicht** der Deckenplatten. Hier muss jedoch zusätzlich die anzuwendende Verteilungsfunktion gemäß dem unter dem zweiten Register auf der Seite *Deckenplatte* definierten Lastschema vorgegeben werden (Abs. 3.3.8, S. 25).

Zusammenstellung der lotrechten Verkehrslasten in Lastfall 1: neuer Lastfall



anzuwendende Verteilungsfunktion: Lastschema standard
(vgl. Register Wandscheiben, Seite Deckenplatte)

Lastordinate: (eine Deckenplatte) 2.00 kN/m²
Multiplikator (Anzahl Deckenplatten) 3.00
Summe 6.00 kN/m²

Das Eigenschaftsblatt zur Zusammenstellung der lotrechten Verkehrslasten stellt eine reduzierte Menge der oben beschriebenen Möglichkeiten dar und berücksichtigt die auf den Geschossdecken anzusetzenden Nutz- bzw. Verkehrslasten.

Die Wand- und Stützenlasten können direkt auf die Tragelemente aufgebracht werden. Die Lasten aus der Deckenplatte werden prozentual gewichtet nach dem Modell *biegestarre* bzw. *biegeschwache* Platte unter Zuhilfenahme des gewählten Lastschemas ermittelt.

Näheres hierzu s.

- die Lastschemata der Deckenplatte, Abs. 3.3.8, S. 25
- die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten, Abs. 3.8.4.3, S. 75
- der Algorithmus zur Ermittlung der Einflussflächen, Abs. 3.8.2, S. 72

38

4//HORA – Horizontale Aussteifung

3.6

Ergebnisse

Unter Register *Ergebnisse* können alle relevanten Ergebnisse des Rechenlaufs eingesehen werden.

Auf den Seiten unter der Überschrift *extremale Lasten der Einwirkungen* sind die einwirkungsweise überlagerten Lasten dargestellt. Diese werden zum einen auf charakteristischem Niveau und zum anderen für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation faktorisiert ausgewiesen. Als Extremale gelten

- max. bzw. min. vertikale Lastordinate q_a am Scheibenanfang sowie deren Zugeordnete
- max. bzw. min. vertikale Lastordinate q_e am Scheibenende sowie deren Zugeordnete
- max. bzw. min. Horizontallast H sowie deren Zugeordnete
- max. bzw. min. vertikale Lastresultierende $V = (q_a + q_e)/2 \cdot l$ sowie deren Zugeordnete

Auf der Seite *Summe der V-Lasten* werden die Summen der vertikalen Lasten ausgewiesen. Die Ermittlung erfolgt aus allen gegebenen Einwirkungen außer Zwang, Vorspannung, Sonderlasten und Erdbeben. Darüber hinaus werden bei den veränderlichen Lasten die Kategorien *Windlasten*, *Temperaturlasten* und *Baugrundsetzungen* ignoriert. Es handelt sich hier also i.W. um die Resultierenden aus Eigengewicht und (gemäß Kombination faktorisiert) Verkehr.

Beispiel:

Summen der lotrechten Lasten

in Höhe der Kopfplatte des Bemessungsgeschosses

1.) charakteristische Werte

Kombination	ΣV			x_G	y_G
	kN	±	t	m	m
ständig	12266		1226.6	11.80	7.50
quasiständig	13133		1313.3	11.75	7.50
häufig	13661		1366.1	11.72	7.50
selten	15080		1508.0	11.65	7.50
maximal	15154		1515.4	11.65	7.50

2.) Bemessungswerte

Kombination	ΣV			x_G	y_G
	kN	±	t	m	m
ständig	16560		1656.0	11.80	7.50
quasiständig	17859		1785.9	11.74	7.50
häufig	18651		1865.1	11.71	7.50
selten	20780		2078.0	11.64	7.50
maximal	20891		2089.1	11.63	7.50

Erläuterungen:

Zeile "ständig": nur aus Einwirkung vom Typ "ständige Lasten"

Zeile "maximal": Einwirkungen vom Typ veränderliche Lasten werden voll angesetzt ($\gamma_f = 1$)
alle anderen Zeilen nach DIN 1055-100

x_G und y_G beschreiben die Lage des Massenschwerpunktes

Auf den Seiten unter der Überschrift *extremale Nachweislasten* sind die überlagerten Lasten für die zu führenden Nachweise dargestellt, die in Lasten für den Tragfähigkeitsnachweis und für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis unterschieden werden.

Jeder Scheibe (Stütze) ist ein Satz von Extremierungsergebnissen zugeordnet. Die Nummer des Objekts und seine Lage im Grundriss werden zur Orientierung dargestellt.

Die Ergebnisse für den Nachweis in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation werden stets dargestellt.

Die Ergebnisse für die Erdbebenbemessungssituation werden nur generiert (und bei den Nachweisen berücksichtigt), wenn es eine Einwirkung vom Typ *Erdbeben* gibt.

Dasselbe gilt für die außergewöhnliche Bemessungssituation. Hierzu muss eine vom Benutzer eingerichtete Einwirkung vom Typ *Sonderlast* existieren.

Wird der Mauszeiger über dem einer Ergebniszeile zugeordneten Lupensymbol positioniert, erscheint ein Informationsfähnchen

aus Lastfall:
 $1.00 * (1.35*[1])$
 $+ 0.70 * (1.50*[2])$
 $+ 1.00 * (1.50*[3])$

Diesem kann beispielhaft entnommen werden, dass sich die in der Zeile ausgewiesenen Extremalen aus dem 1.35-fachen des ersten Lastfalls (Eigengewicht), dem 1.5-fachen des zweiten Lastfalls (Nutzlasten) abgemindert mit dem Kombinationsbeiwert 0.7 sowie dem 1.5-fachen des dritten Lastfalls (hier: Wind) zusammensetzen.

Alle hier dargestellten Ergebniszeilen der Extremalbildung auf der Seite *Tragfähigkeit* werden von den materialabhängigen Nachweisfunktionen einzeln nachgewiesen. Der später ausgewiesene maximale Ausnutzungsgrad einer Wandscheibe bzw. Stütze resultiert also aus der für den Nachweis ungünstigsten Zeile.

Auf der Seite *Gebrauchstauglichkeit* kann studiert werden, mit welchen charakteristischen Belastungen in quasi-ständigen, in häufigen bzw. seltenen Fällen zu rechnen ist. Die Faktorisierung wird gemäß DIN 1055-100 bzw. EC 0 durchgeführt.

Einen schnellen Überblick über die Nachweisergebnisse erhält man unter der Überschrift *Ausnutzungsgrade, erforderliche Bewehrung* auf der Seite *Überblick*.

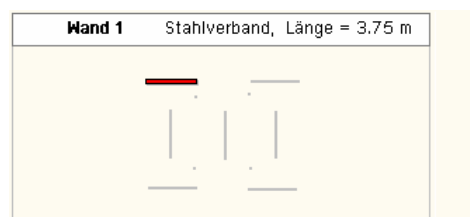
Hier werden die maximal von den Nachweisfunktionen ermittelten Ausnutzungsgrade zusammengestellt.

Bei Stahlbetonwänden werden darüber hinaus an dieser Stelle die berechneten statisch erforderlichen Längs- und Querbewehrungen angegeben.

Liegen alle ausgewiesenen Ausnutzungsgrade im grünen Bereich ($\leq 100\%$), kann der Nachweis aller Tragglieder des betrachteten Geschosses als erfüllt angesehen werden.

Liegen einige der Tragglieder deutlich unter 100%, kann über eine Optimierung der Materialeigenschaften im Register *Wandscheiben und Deckenplatte* auf der Seite *Wandscheiben* nachgedacht werden.

Liegen die **Ausnutzungsgrade** einzelner Tragglieder über 100%, kann der Grund dafür auf den Nachfolgeseiten materialabhängig eingesehen werden.



für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation

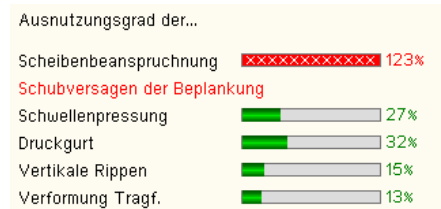
	qa kN/m	qe kN/m	H kN	
max qa	307.32	52.26	-57.15	
max qe	52.33	273.36	57.15	
max H	-49.45	181.51	83.71	
max V	219.43	199.11	-11.65	
min qa	-49.45	181.51	57.15	
min qe	205.54	-39.60	-57.15	
min H	205.54	-39.60	-83.71	
min V	65.22	58.32	19.41	

für die Erdbebenbemessungssituation

	qa kN/m	qe kN/m	H kN	
max qa	105.00	85.18	-8.86	
max qe	93.64	95.03	8.86	
max H	72.36	75.88	8.86	
max V	99.83	90.60	-3.23	
min qa	72.36	75.88	8.86	
min qe	83.73	66.03	-8.86	
min H	83.73	66.03	-8.86	
min V	77.54	70.46	3.23	

Wand	Typ	maximale Ausnutzung
1	Mauerwerk	77%
2	Mauerwerk	82%
3	Mauerwerk	79%
4	Mauerwerk	78%
5	Mauerwerk	87%
6	Mauerwerk	70%
7	Mauerwerk	86%
Stütze	Typ	maximale Ausnutzung
8	Mauerpfeiler	76%
9	Mauerpfeiler	67%
10	Mauerpfeiler	87%
11	Mauerpfeiler	85%
12	Mauerpfeiler	92%
13	Mauerpfeiler	93%

Auf der Seite *Holztafeln* kann beispielsweise eingesehen werden, dass der Ausnutzungsgrad der Scheibenbeanspruchung einer bestimmten Holztafel unzulässig groß ist und dass es bei mindestens einer Lastkombination zum Schubversagen der Beplankung kommt. Hier muss im Materialeigenschaftsblatt der betrachteten Scheibe eine verstärkende Maßnahme vorgenommen werden.

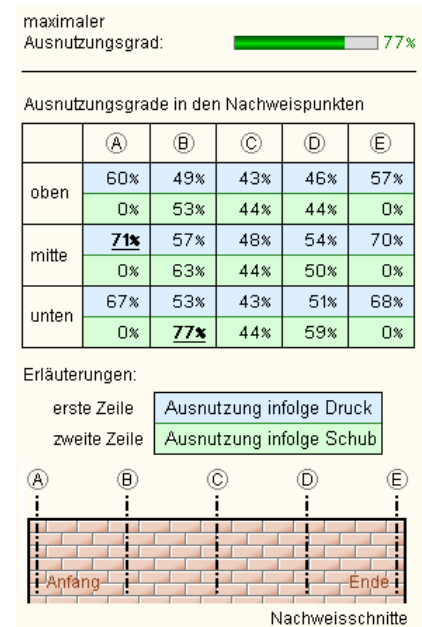


Nähere Informationen zu den Holzbaunachweisen s. Nachweisoptionen der Holztafeln (Abs. 3.7.1, S. 44).

Bei Mauerwerkswänden wird der Nachweis in fünf senkrechten Nachweisschnitten, die kontinuierlich zwischen Scheibenanfang und -ende angeordnet sind, jeweils an der Oberkante, in Scheibenmitte und an der Unterkante geführt.

Auf der Seite *Mauerwerk* können die Ausnutzungsgrade in den so definierten Nachweispunkten infolge Druck (blauer Hintergrund) und Schub (grüner Hintergrund) eingesehen werden. Die Maximalwerte sind fett hervorgehoben.

Nähere Informationen zu den Mauerwerksnachweisen s. Nachweisoptionen der Mauerwerkswände und Pfeiler (Abs. 3.7.4, S. 62).

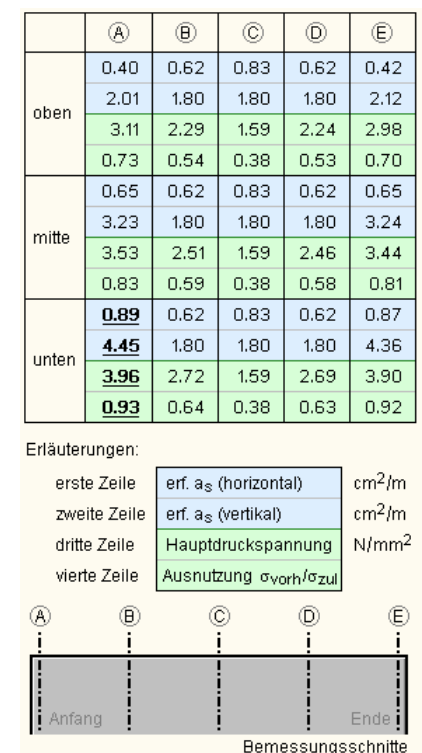


Wie bei den Mauerwerkswänden wird auch bei Stahlbetonwänden die Bemessung in fünf senkrechten Nachweisschnitten, die kontinuierlich zwischen Scheibenanfang und -ende angeordnet sind, jeweils an der Oberkante, in Scheibenmitte und an der Unterkante durchgeführt.

Auf der Seite *Stahlbeton* können die **Bemessungsergebnisse** (statisch erforderliche horizontale und vertikale Bewehrung), blau hinterlegt sowie die ermittelte maximale Hauptdruckspannung und dem hierzu gehörenden Ausnutzungsgrad (grün hinterlegt) eingesehen werden. Die Maximalwerte sind fett hervorgehoben.

Der nebenstehend dargestellten Abbildung kann entnommen werden, dass der maßgebliche Bemessungspunkt an der Unterkante am Scheibenanfang liegt.

Nähere Informationen zur Stahlbetonbemessung s. Abs. 3.7.5, S. 65.



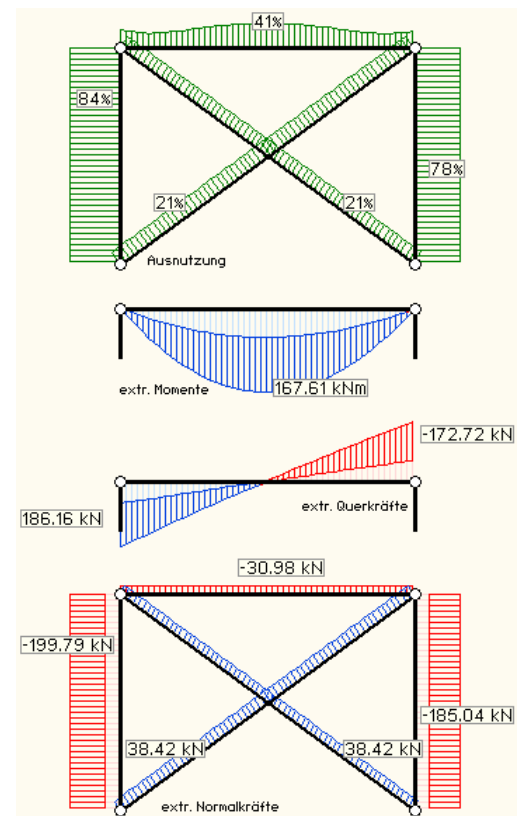
Auf der Seite *Stahlverbände* werden im oberen Bereich die Ausnutzungsgrade an den einzelnen Traggliedern des Stahlverbandes (grüne Schraffur) angetragen.

Dieser Skizze kann im Versagensfalle entnommen werden, welches Tragglied (Riegel, Stiele, Diagonalen) einen zu hohen Ausnutzungsgrad ausweist.

Im Falle geringer Ausnutzungen kann diese Skizze auf Optimierungsmöglichkeiten einzelner Tragglieder hinweisen.

Die Ausnutzungsgrade berechnen sich aus den darunter angegebenen extremalen Schnittgrößen (Momente, Querkkräfte und Normalkräfte).

Nähere Informationen zu den Stahlnachweisen s. Nachweisoptionen der Stahlverbände, Abs. 3.7.6, S. 69.



Auf der Seite *Sonstige* werden für die Materialien *frei, benutzerdefiniert* die extremalen Lasten den vorgegebenen maximal zulässigen Lasten in Form von Ausnutzungsgraden gegenübergestellt.



Entsprechende Informationen werden auch für die den einzelnen Materialien zugeordneten Stützen ausgewiesen.

Unter der Überschrift *extremale Plattenverformungen* auf der Seite *Verschiebungen der Eckpunkte* werden die extremalen Verschiebungen u_x , u_y und u_z der Eckpunkte (Außenhaut) unter den Kombinationen der DIN 1055-100 bzw. EC 0 *quasiständig*, *häufig* sowie *selten* dargestellt.



Man beachte, dass u_z hier nur aus der Festkörperverformung der starren Platte resultiert und nicht etwa durch eine elastische Berechnung ermittelt wurde!

Unter der Überschrift **Labilitätszahlen** wird der formale Nachweis der Unverschieblichkeit mit Hilfe der Labilitätszahlen geführt. Er ist nur für reine Stahlbetonbauten relevant, wird jedoch auch mitunter für Mauerwerksbauten gefordert. Beispiel:

Nachweis der Unverschieblichkeit mit Hilfe der Labilitätszahlen

$h_{ges} = 24.30 \text{ m}$
 $\kappa = h_{ges} / (h_0 + h_G) = 1.13$

Anzahl Geschosse: 8

$\Sigma V = 46.800 \text{ MN}$ (vgl. Summe der V-Lasten)
 $F_{ED} = \kappa \Sigma V = 52.895 \text{ MN}$

X-Richtung:
 $\theta_{Sy} = 1.10674e-05 \text{ /MNm}$

$E_{lx} = \frac{h_G}{\theta_{Sy}} = 316244 \text{ MNm}^2$

$\frac{1}{h_{ges}} \sqrt{\frac{E_{lx}}{F_{ED}}} = 3.182 > 1.67 \quad \checkmark$

Y-Richtung:
 $\theta_{Sx} = 2.81574e-06 \text{ /MNm}$

$E_{ly} = \frac{h_G}{\theta_{Sx}} = 1243012 \text{ MNm}^2$

$\frac{1}{h_{ges}} \sqrt{\frac{E_{ly}}{F_{ED}}} = 6.308 > 1.67 \quad \checkmark$

Drehung um Z-Achse:

Wand	E	I	a	EIa ²	G	I _T	GI _T
—	MN/m ²	m ⁴	m	MNm ⁴	MN/m ²	m ⁴	MNm ²
1	26662.6	26.620	13.95	138118750	11109.4	0.0507	563.1
2	26662.6	20.000	15.81	133291577	11109.4	0.0461	511.9
3	26662.6	6.860	6.75	8332531	11109.4	0.0323	358.3
4	26662.6	5.001	8.02	8569731	11109.4	0.0290	322.5
Σ	EI ₀ = 288312588				GI _T = 1755.9		

Lasten aus seltener Kombination (max V, Gebrauchstauglichkeit)

Wand	q _a	q _e	q _m	l	r	κ q _m l r ²
—	KN/m	KN/m	KN/m	m	m	MNm ²
1	331.26	1084.15	707.71	11.00	14.20	1773.08
2	-338.22	1717.23	689.50	10.00	16.12	2024.30
3	950.16	2783.43	1866.79	7.00	6.93	709.24
4	2321.02	-798.61	761.21	6.30	14.89	1202.46

$\sum_{(W)} F_{Ed,j} \cdot r^2 = 5709.08$

Stütze	V	r	κ V r ²
—	KN	m	MNm ²
5	5779.52	9.16	547.93
6	5528.90	8.40	440.64
7	984.32	15.48	266.64
8	1964.27	17.08	647.66

$\sum_{(S)} F_{Ed,j} \cdot r_j^2 = 1902.86$

$\sum F_{Ed,j} \cdot r_j^2 = \sum_{(W)} F_{Ed,j} \cdot r_j^2 + \sum_{(S)} F_{Ed,j} \cdot r_j^2 = 7611.95 \text{ MNm}^2$

$\frac{1}{h_{ges}} \sqrt{\frac{EI_0}{\sum F_{Ed,j} \cdot r_j^2}} + \frac{1}{2.28} \sqrt{\frac{GI_T}{\sum F_{Ed,j} \cdot r_j^2}} = 8.220 > 1.67 \quad \checkmark$

Wurde im Register *System + Grundeinstellungen* auf den Seiten *Imperfektionen* und/oder *Erdbebenlasten* der alternative Schalter **automatisch** gewählt, kann im Register *Ergebnisse* auf den Seiten unter der Überschrift *Nachtrag* nachvollziehbar überprüft werden, welche Belastungen sich im Laufe der Berechnung ergaben.

Da hier speziell bei der automatischen Ermittlung der Erdbebenlasten auch *Statusmeldungen* und *Warnungen* erscheinen, sollte diese Seite zum Projektabschluss inhaltlich überprüft werden.

3.7 Nachweis- und Bemessungsoptionen

3.7.1 Nachweisoptionen der Holztafeln

3.7.1.1 Allgemeines

Wandtafeln Das Programm dient zur Berechnung von Wandtafeln entsprechend der Holzbaunormen DIN EN 1995-1 und DIN 1052, Ausgabe 12/2008. Die Tafeln können ein- oder beidseitig beplankt sein. Als Belastung werden horizontale Einzellasten und vertikale Strecken- und Einzellasten vorgegeben. Die Eingabe des Wandaufbaus erfolgt über das Registerblatt *Aufbau*, s. Abs. 3.7.1.2, S. 44. Die Nachweisoptionen werden im Registerblatt *DIN Bemessung*, s. Abs. 3.7.1.3, S. 46, eingegeben.

Beplankung Für die Beplankung können folgende Materialien gewählt werden: OSB, Gipskarton, Sperrholz, Spanplatte, Faserplatte, Fermacell.

Verbindungsmittel Folgende Verbindungsmittel (s. Abs. 3.7.1.4, S. 48) können gewählt werden: glattschäftige Nägel, Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1, 2, 3 bzw. A, B, C, Holzschrauben, SPAX - Schrauben, ASSY - Schrauben, Klammern.

Nachweise Die zur Durchführung der Nachweise erforderlichen Bemessungsschnittgrößen werden vom Programm *4H-HORA* ermittelt. Folgende Nachweise n. EC 5 bzw. DIN 1052:2008 werden vom Programm geführt.

Nachweis der Scheibenbeanspruchung (s. Abs. 3.7.1.5, S. 51), Nw. der Schwellenpressung (s. Abs. 3.7.1.6, S. 52), Nw. des Druckgurtes und der vertikalen Rippen (s. Abs. 3.7.1.7, S. 53), Nw. der Verformung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) (s. Abs. 3.7.1.8, S. 54), Ermittlung der Ankerkräfte.

3.7.1.2 Register Aufbau

Das zweite Registerblatt im Hauptfenster der Wandscheibeneigenschaften enthält die Felder für die Eingabe zum Aufbau der Wandscheibe. Die Beplankung der Holzwandtafeln kann ein- oder beidseitig erfolgen.

Die Rippenabmessungen und die Beplankungsdicke werden über die vermaßten Eingabefelder der Skizze eingegeben.

Rippen

☒ innen/außen gleich

Sollen Rand- und Innenrippen gleich sein, ist die entsprechende Option zu setzen. Falls unterschiedliche Materialien oder Abmessungen vorgesehen sind, ist die Option abzuwählen.

Mittels der Optionsknöpfe und der Auswahlliste werden Holzart und -güte der vertikalen Rippen gewählt.

Bei Wahl von **Steico**-, Wall- oder Steico-Joist-Trägern werden die Eingabefelder für Trägerbreiten und -höhen automatisch in Abhängigkeit des gewählten Trägers eingestellt.

☒ Nadelholz
☐ Laubholz
☐ Brettschicht EC
☐ Brettschicht DIN
☐ Steico LVL
☐ Steico GLVL
☐ Steico Wall
☐ Steico Joist

 b/h /

Gurte

☒ oben/unten gleich

Sollen Fuß- und Kopfschwelle gleich sein, ist die entsprechende Option zu setzen.

Mittels der Optionsknöpfe und der Auswahlliste werden Holzart und -güte des oberen und unteren Gurts gewählt.

Die Breite der Gurthölzer wird im entsprechenden Eingabefeld eingegeben.

Die Höhe ist gleich der Höhe der vertikalen Rippen und kann daher nicht gewählt werden.

☒ Nadelholz
☐ Laubholz
☐ Brettschicht EC
☐ Brettschicht DIN
☐ Steico LVL
☐ Steico GLVL


 b/h /

Die vordere und hintere Beplankung und ihre jeweilige Stärke werden über die Optionsknöpfe gewählt.

Sollen hintere und vordere Beplankung gleich sein, ist die Option **wie hinten** zu setzen.

Beplankung hinten	Beplankung vorne
<input type="radio"/> ohne <input checked="" type="radio"/> OSB <input type="radio"/> Gipskarton <input type="radio"/> Sperrholz <input type="radio"/> Spanplatte <input type="radio"/> Faserplatte <input type="radio"/> Fermacell <input type="radio"/> Kerto-S <input type="radio"/> Kerto-Q <input type="radio"/> Freies Mat. <input type="text" value="OSB 3"/> t <input type="text" value="15.0"/> mm	<input checked="" type="checkbox"/> wie hinten <input type="radio"/> ohne <input checked="" type="radio"/> OSB <input type="radio"/> Gipskarton <input type="radio"/> Sperrholz <input type="radio"/> Spanplatte <input type="radio"/> Faserplatte <input type="radio"/> Fermacell <input type="radio"/> Kerto-S <input type="radio"/> Kerto-Q <input type="radio"/> Freies Mat. <input type="text" value="OSB 3"/> t <input type="text" value="15.0"/> mm

Standardmäßig ist ein Rippenabstand von 62.5 cm voreingestellt.

Ein Klick auf den -Button bewirkt eine Freigabe des a_r-Eingabefelds, so dass ein beliebiger Rippenabstand eingegeben werden kann.

Optional kann links und rechts ein Überstand der Gurthölzer eingegeben werden.

In Tafelebene ist der Gurt durch die Beplankung gehalten und somit knick-gesichert.

Ist der Gurt senkrecht zur Wandebene nicht gehalten, wird durch Deaktivieren des Buttons ein Knicknachweis geführt.

Optionen

Rippenabstand ☒ 62.5 cm

Überstand links cm

Überstand rechts cm

☐ Gurte gegen Knicken gesichert

Das dritte Registerblatt im Hauptfenster der Wandscheibeneigenschaften enthält die Felder zur Eingabe der Verbindungsmittel und der Nachweisoptionen.

In der ersten und zweiten Spalte werden die Parameter für die vordere und hintere Beplankung festgelegt. In der dritten Spalte werden die zu führenden Nachweise aktiviert.

- ☒ Nutzungsklasse 1
- ☐ Nutzungsklasse 2
- ☐ Nutzungsklasse 3

Festlegung der Nutzungsklasse der Beplankung

Für vordere und hintere Beplankung können unterschiedliche Nutzungsklassen definiert werden. Daher muss den Rippen eine der beiden Nutzungsklassen aus vorderer oder hinterer Beplankung zugeordnet werden.

- Nutzungsklasse der Rippen
- ☒ wie Beplankung vorne
 - ☐ wie Beplankung hinten



Über den dargestellten Button im Registerblatt *DIN* werden die Verbindungsmittelparameter zugänglich.

Vorgabe der Anzahl der horizontalen und vertikalen Beplankungsstöße

Stöße horizontal

Stöße vertikal

- ☒ Vertikallasten nur von den Rippen aufnehmen
- ☐ Vertikallasten von Rippen und Beplankung aufnehmen

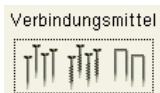
Die Vertikallasten können allein von den Rippen oder entsprechend der Steifigkeitsverhältnisse anteilig von Rippen und Beplankung gemeinsam aufgenommen werden.

- ☒ Plattenränder schubsteif

Der Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens wird entspr. DIN 1052:2008, 10.6, ermittelt.

Der Beiwert k_{v1} wird dabei für Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern zu 1.0 gesetzt, andernfalls zu 0.66.

- ☒ **Fv,Rk gemäß 9.2.4.2 (5) erhöhen**
Bei Tafeln mit allseitig
schubsteif verbundenen
Plattenrändern
- Gemäß /16/, 9.2.4.2 (5), bzw. /1/, 10.6 (4), gilt:
Werden bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern für den Anschluss der Platten an die Rippen stiftförmige Verbindungsmittel verwendet, so dürfen die charakteristischen Tragfähigkeiten nach Abschnitt 12 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.
- ☒ **Fichte, Tanne, Kiefer**
- Schrauben mit einem Durchmesser ≥ 8 mm dürfen gemäß /15/, 4.2, ohne Vorbohren nur in die Holzarten Fichte, Tanne oder Kiefer eingeschraubt werden.
- ☒ **Bauholz mit Fasersättigung (8.3.2(8))**
- Nach /16/, 8.3.2(8), gilt:
Für Bauholz, das mit einer der Fasersättigung entsprechenden oder diese übersteigenden Holzfeuchte eingebaut wird und voraussichtlich unter Lasteinwirkung austrocknet, sind die Werte von $f_{ax,k}$ und $f_{head,k}$ mit 2/3 zu multiplizieren.
- ☒ **Douglasie**
- Bei Verwendung von Douglasien sind gemäß /15/, A.1.4.1, bei nicht vorgebohrten Schrauben die Mindestabstände in Faserrichtung um 50% zu erhöhen.
- ☒ **Scheibenbeanspruchung**
- Aktivierung Nachweis der Scheibenbeanspruchung, s. Abs. 3.7.1.5, S. 51
- ☒ **Schwellenpressung**
- ... der Schwellenpressung, s. Abs. 3.7.1.6, S. 52
- ☒ **Druckgurt**
- ... des Druckgurts, s. Abs. 3.7.1.7, S. 53
- ☒ **Vertikale Rippen**
- ... der vertikalen Rippen, s. Abs. 3.7.1.7, S. 53
- ☒ **Verformung Tragfähigkeit**
- ... der Verformung, s. Abs. 3.7.1.8, S. 54



Über den dargestellten Button im Registerblatt *Beplankung* werden die Verbindungsmittelparameter zugänglich.

In den drei Abteilungen *Verbindungsmittel*, *Dimension* und *Optionen* werden alle erforderlichen Angaben zum Verbindungsmittel eingestellt.

Im unteren Fensterbereich erscheinen sofort die wichtigsten Ergebnisse der Tragfähigkeit und der einzuhaltenden Randabstände; gültige Werte werden grün, ungültige rot dargestellt.

Tragfähigkeiten	Abstände	a ₁	a ₂	a _{3,c}	a _{3,t}	a _{4,c}	a _{4,t}	
F_{v,Rk} 383 N	Beplankung	40	14	30	40	14	14	Gemäß DIN EN 1995-1-1 8.3.2(7) sollte die Eindringtiefe glattschaftiger Nägel mindestens 8d betragen
F_{ax,Rk} 0 N	Rippen	20	10	20	30	10	10	

Verbindungsmittel

Die erste Spalte im Registerblatt enthält Angaben zum Verbindungsmitteltyp.

Wahl des Verbindungsmitteltyps

Ist die Wahl eines Typs aus bestimmten Gründen nicht möglich, beispielsweise Ringdübel A1 in Verbindung mit Stahllaschen, wird der betreffende Typ blass dargestellt und ist nicht auswählbar.

DIN EN 1995 in Verbindung mit dem NAD bzw. DIN 1052 geben dem Statiker verschiedene Bemessungsverfahren an die Hand.

Die Verfahren beruhen gemeinsam auf der Theorie von **Johansen** (1949).

Beim genauen Verfahren aus /16/, 8.2.2, bzw. /1/, G.2, werden verschiedene auf der Fließgelenktheorie beruhende Versagensfälle untersucht, von denen derjenige mit der geringsten Tragfähigkeit maßgebend wird.

Da die Anwendung dieses Verfahrens sehr aufwendig ist, steht alternativ das vereinfachte Verfahren nach /17/, 8.2 ff., bzw. /1/, 12.2.2 und 12.2.3, zur Verfügung.

In den Erläuterungen zur DIN 1052 /2/ wird darüber hinaus die Möglichkeit beschrieben, die Bemessungswerte aufgrund der in /1/, Anh. G.2, beschriebenen Versagensfälle durch Einsetzen der Bemessungswerte von $f_{h,d}$ und $M_{y,d}$ zu bestimmen. Diese Variante liefert i.d.R. die höchsten Tragfähigkeiten, da hier die verschiedenen Einflüsse der Holzfeuchte und der Lasteinwirkungsdauer am genauesten berücksichtigt werden.

a_v mm

Eingabe des Verbindungsmittelabstands

1 ☒ - reihig

1
2
3
4
5
6
7
8
9

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit besteht die Möglichkeit, die Verbindungsmittel mehrreihig anzuordnen.

Die Auswahl erfolgt über die Listbox.

Dimension

Je nach gewähltem Verbindungsmitteltyp erscheint eine Auswahl der möglichen Durchmesser und Längen.

Durchmesser

<input type="radio"/> 1.0 mm	<input type="radio"/> 2.7 mm	<input type="radio"/> 5.5 mm
<input type="radio"/> 1.2 mm	<input type="radio"/> 2.8 mm	<input type="radio"/> 6.0 mm
<input type="radio"/> 1.4 mm	<input type="radio"/> 3.0 mm	<input type="radio"/> 7.0 mm
<input type="radio"/> 1.6 mm	<input type="radio"/> 3.1 mm	<input type="radio"/> 7.6 mm
<input type="radio"/> 1.8 mm	<input type="radio"/> 3.4 mm	<input type="radio"/> 8.0 mm
<input checked="" type="radio"/> 2.0 mm	<input type="radio"/> 3.8 mm	<input type="radio"/> 8.8 mm
<input type="radio"/> 2.2 mm	<input type="radio"/> 4.2 mm	<input type="radio"/> 9.4 mm
<input type="radio"/> 2.4 mm	<input type="radio"/> 4.6 mm	
<input type="radio"/> 2.5 mm	<input type="radio"/> 5.0 mm	

Länge

<input type="radio"/> 30 mm
<input checked="" type="radio"/> 40 mm
<input type="radio"/> 45 mm

Optionen

Im Folgenden werden die Besonderheiten der verschiedenen Verbindungsmittel erläutert.

▪ Nagelverbindungen

Durch Aktivieren des Häkchens **freie Parameter** wird die Eingabe freier Verbindungsmittelparameter möglich.

Soll der Herauszieh Widerstand $F_{ax,Rk}$ berechnet werden, sind zusätzlich die Eingaben des Kopfdurchmessers d_k und der effektiven Länge l_{ef} erforderlich.

Wegen der Spaltgefahr des Holzes muss bei Nagelverbindungen ohne Vorbohrung die Dicke t von Bauteilen aus Vollholz eine **Mindestholzdicke** entspr. /16/, 8.3.1.2(6) bzw. /1/, Gl. (218), eingehalten werden.

Der **Herauszieh Widerstand** $F_{ax,Rk}$ ist bei vorgebohrten Verbindungen = 0.

Infolge des Einhängeneffekts (Seilwirkung) darf ein Teil des Herauszieh Widerstands R_{ax} unter bestimmten Voraussetzungen gemäß /4/ zur Erhöhung des **Scherwiderstandes** R_k angesetzt werden.

Gemäß /16/, 9.2.4.2 (5), bzw. /1/, 10.6 (4), gilt:

Werden bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern für den Anschluss der Platten an die Rippen stiftförmige Verbindungsmittel verwendet, so dürfen die charakteristischen Tragfähigkeiten nach Abschnitt 12 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

☒ freie Parameter

d <input type="text" value="2.0"/> mm	d_k <input type="text" value="5.0"/> mm
l <input type="text" value="40.0"/> mm	l_{ef} <input type="text" value="50.0"/> mm

☒ Mindestdicke t nach Gleichung (8.18)
Die Mindestdicke t darf bei Nadelhölzern auch nach Gleichung (8.18) berechnet werden, sofern die Randabstände senkrecht zur Faser erhöht werden

☒ vorgebohrt

☒ $F_{v,Rk}$ gemäß 8.2.2(2) erhöhen
Gemäß Zulassung ETA-03/0050 für Fermacellplatten darf bei einschnittigen Verbindungen mit Nägeln oder Klammern bei überwiegend kurzzeitiger Beanspruchung die charakteristische Tragfähigkeit parallel zum Rand der Gipsfaserplatte um einen Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ erhöht werden

☒ $F_{v,Rk}$ gemäß 9.2.4.2 (5) erhöhen
Bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern

- Klammerverbindungen

Um den Herausziehwiderstand F_{ax} ansetzen zu können, müssen die Klammern geharzt sein.

☒ geharzt

Infolge des Einhängeeffekts (Seilwirkung) darf ein Teil des Herausziehwiderstands F_{ax} unter bestimmten Voraussetzungen gemäß /4/ zur Erhöhung des Scherwiderstandes $F_{v,Rk}$ angesetzt werden.

☒ $F_{v,Rk}$ gemäß 8.2.2(2) erhöhen
Gemäß Zulassung ETA-03/0050 für Fermacellplatten darf bei einschnittigen Verbindungen mit Nägeln oder Klammern bei überwiegend kurzzeitiger Beanspruchung die charakteristische Tragfähigkeit parallel zum Rand der Gipsfaserplatte um einen Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ erhöht werden

Gemäß /16/, 9.2.4.2 (5), bzw. /1/, 10.6 (4), gilt:

Werden bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern für den Anschluss der Platten an die Rippen stiftförmige Verbindungsmittel verwendet, so dürfen die charakteristischen Tragfähigkeiten nach Abschnitt 12 mit um 20 % erhöhten Werten in Rechnung gestellt werden.

☒ $F_{v,Rk}$ gemäß 9.2.4.2 (5) erhöhen
Bei Tafeln mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern

Zugfestigkeit des Stahls

f_{uk} N/mm²

- Schrauben

Eingabe und Berechnung erfolgen i.W. analog zu den Nagelverbindungen.

Da weder in /16/ noch in /17/ Werte für Auszieh- und Kopfdurchziehparameter angegeben sind, werden die Werte nach /1/, Tab. 15, verwendet, sofern keine Unterlegscheibe gewählt wurde.

Bzgl. der charakteristischen Werte für die Ausziehparameter f_{ax} und die Kopfdurchziehparameter f_{head} sind Schrauben gemäß /1/ und /17/ in Tragfähigkeitsklassen eingeteilt.

Die Klassen 1, 2 oder 3 legen den Ausziehparameter $f_{1,k}$ fest; die Klassen A, B oder C den Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$.

d_1 bezeichnet den Kerndurchmesser.

Die übrigen Optionen entsprechen denen der Nägel.

- SPAX-Schrauben

Eingabe und Berechnung erfolgen i.W. analog zu den Nagelverbindungen.

☒ SPAX Senkkopf Teilgewinde
☐ SPAX Tellerkopf Teilgewinde
☐ SPAX Senkkopf Vollgewinde

Bzgl. der charakteristischen Werte für die Ausziehparameter $f_{1,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{2,k}$ werden die Werte gemäß /10/, /11/ und /12/ verwendet.

- Würth-ASSY-plus VG-Schrauben

Eingabe und Berechnung erfolgen i.W. analog zu den Nagelverbindungen.

☐ ASSY-plus VG Zylinderkopf
☒ ASSY-plus VG Senkfrästaschenkopf

Bzgl. der charakteristischen Werte für die Ausziehparameter f_{ax} und die Kopfdurchziehparameter f_{head} werden die Werte gemäß /14/ bzw. /15/ verwendet.

Schrauben mit einem Durchmesser ≥ 8 mm dürfen gemäß /15/, 4.2, ohne Vorbohren nur in die Holzarten Fichte, Tanne oder Kiefer eingeschraubt werden.

☒ Fichte, Tanne, Kiefer

- Sondernägel

Eingabe und Berechnung erfolgen i.W. analog zu den Nagelverbindungen.

☒ Sondernägel

3

A

Bzgl. der charakteristischen Werte für die Ausziehparameter $f_{ax,k}$ und die Kopfdurchziehparameter $f_{head,k}$ sind Sondernägel gemäß /17/, NCI Zu 8.3.2, in Tragfähigkeitsklassen eingeteilt.

Die Klassen 1, 2 oder 3 legen den Ausziehparameter $f_{ax,k}$ fest; die Klassen A, B oder C den Kopfdurchziehparameter $f_{head,k}$. Die Parameter werden /17/, 8.3.2, Tab. NA.15, entnommen.

Gemäß /17/, NCI Zu 8.3.2 (NA.13)*, bzw. /1/, 12.8.1 (8), darf bei Verbindungen mit Sondernägeln in vorgebohrten Nagellöchern der charakteristische Ausziehparameter $f_{1,k}$ zu 70 % in Ansatz gebracht werden, wenn der Bohrlochdurchmesser nicht größer als der Kerndurchmesser des Sondernagels ist.

☒ vorgebohrt mit $d \leq d_{\text{Kern}}$
 Wenn der Bohrlochdurchmesser nicht größer als der Kerndurchmesser des Sondernagels ist, darf gemäß NAD 8.3.2 (NA.13) der Ausziehparameter $f_{1,k}$ mit 70% in Ansatz gebracht werden

Bei größerem Bohrlochdurchmesser darf der Sondernagel nicht auf Herausziehen beansprucht werden.

Zugfestigkeit des Stahls

f_{uk}

900

N/mm2

Die übrigen Optionen entsprechen denen der Nägel.

Zum formelmäßigen Zusammenhang s. im Internet unter [HOLZ](#), Verbindungsmittel.

3.7.1.5

Nachweis der Scheibenbeanspruchung

- DIN EN 1995-1-1

Gemäß /37/ wird im EC 5 der Schubfluss nur namentlich erwähnt. Es werden daher im Folgenden die gleichen Bezeichnungen wie in DIN 1052:2008 verwendet.

Im EC 5 ist kein Lastabtrag der Vertikallasten über den Verbund zwischen Rippen und Beplankung vorgesehen. Daher entfällt hier der Nachweis von $s_{v,90,d}$.

Für die Tragfähigkeit der Beplankung im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind folgende Bedingungen einzuhalten.

$$\frac{s_{v,0,d}}{f_{v,0,d}} \leq 1 \quad \dots \dots \dots \text{DIN 1052, G. (G. 121) (G. 122)}$$

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot R_d / a_v \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 t^2 / a_r \end{cases} \quad \text{DIN 1052, G. (G. 123)}$$

- $s_{v,0,d}$ Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung
- $f_{v,0,d}$ Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens
- $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit der Platten
- R_d ... Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels
- a_v Verbindungsmittelabstand
- a_r Rippenabstand
- k_{v1} Beiwert zur Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Platten
- k_{v2} ... Zusatzbeanspruchung nach 8.7.1 (2)
- t Plattendicke

- DIN 1052:2008

Für die Tragfähigkeit der Beplankung im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind folgende Bedingungen einzuhalten.

$$\frac{s_{v,0,d}}{f_{v,0,d}} \leq 1 \quad \text{DIN 1052, G. (G. 121) (G. 122)}$$

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot R_d / a_v \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 t^2 / a_r \end{cases} \quad \text{DIN 1052, G. (G. 123)}$$

$$f_{v,90,d} = \min \begin{cases} R_d / a_v \\ k_{v2} \cdot f_{c,d} \cdot t \\ k_{v2} \cdot f_{c,d} \cdot 20 t^2 / a_r \end{cases} \quad \text{DIN 1052, G. (G. 124)}$$

$s_{v,0,d}$	Bemessungswert des Schubflusses der Beplankung
$f_{v,0,d}$	Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Verbindung und der Platten sowie des Beulens
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit der Platten
$s_{v,90,d}$... längenbezogenen Beanspruchung der Beplankung
$f_{c,d}$... Druckfestigkeit der Platten
R_d	... Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels
a_v	Verbindungsmittelabstand
a_r	Rippenabstand
k_{v1}	Beiwert zur Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Platten
k_{v2}	... Zusatzbeanspruchung nach 8.7.1 (2)
t	Plattendicke

3.7.1.6

Nachweis der Schwellenpressung

- DIN EN 1995-1-1

Für den Nachweis des Anschlusses an die Fußrippe (Schwellenpressung) sind folgende Bedingungen einzuhalten.

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad \text{EC 5, G. (6.3)}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \quad \text{EC 5, G. (6.4), Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes}$$

$$A_{ef} = h \cdot (b + \bar{u} + 3 \text{ cm}) \quad \text{für Randrippe}$$

$$A_{ef} = h \cdot (b + 2 \text{ cm}) \quad \text{für Innenrippe} \quad \text{wirksame Querdruckfläche}$$

$$F_{c,90,dr} = F_{v,d} \cdot \frac{h_w}{l} + F_{z,d} + E_d \cdot \frac{a_r}{2} \quad \text{Bemessungskraft der Randrippe}$$

$$F_{c,90,di} = F_{z,d} + E_d \cdot a_r \quad \text{... Innenrippe}$$

h_w Wandhöhe

l Wandlänge

$F_{z,d}$ Bemessungswert der vertikalen Einzellast

h Höhe der vertikalen Rippe

b Breite der vertikalen Rippe

\bar{u} Überstand der Fußrippe

$f_{c,90,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung

$k_{c,90}$ Querdruckbeiwert gem. EC 5, Bild 6.2

$F_{c,90,d}$ Bemessungswert der Normalkraft der Rippen

E_d ... vertikalen Linienlast

- DIN 1052:2008

Für den Nachweis des Anschlusses an die Fußrippe (Schwellenpressung) sind folgende Bedingungen einzuhalten.

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad \text{DIN 1052, Gl. (47)}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \quad \text{DIN 1052, Gl. (48), Druck rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes}$$

$$A_{ef} = h \cdot (b + \bar{u} + 3 \text{ cm}) \quad \text{für Randrippe} \quad \text{wirksame Querdruckfläche}$$

$$A_{ef} = h \cdot (b + 2 \text{ cm}) \quad \text{für Innenrippe}$$

$$F_{c,90,d,r} = F_{v,d} \cdot \frac{h_w}{l} \cdot f_{36} + F_{z,d} + E_d \cdot \frac{a_r}{2} \quad \text{Bemessungskraft der Randrippe}$$

$$F_{c,90,d,i} = F_{z,d} + E_d \cdot a_r \quad \text{... Innenrippe}$$

$$f_{\text{Rippe}} = \frac{\sum R_{c,d,\text{Rippe}}}{\sum R_{c,d,\text{Rippe}} + l \cdot f_{v,90,d}}$$

h_w Wandhöhe
 l Wandlänge
 f_{36} Faktor entspr. DIN 1052, 8.7.5(2), Gl. (36) bzw. (37)
 $F_{z,d}$ Bemessungswert der vertikalen Einzellast
 h Höhe der vertikalen Rippe
 b Breite der vertikalen Rippe
 \bar{u} Überstand der Fußrippe
 $f_{c,90,d}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung
 $k_{c,90}$ Querdruckbeiwert gem. DIN 1052, Bild 19
 $F_{c,90,d}$ Bemessungswert der Normalkraft der Rippen
 E_d ... vertikalen Linienlast

3.7.1.7

Nachweis des Druckgurtes und der vertikalen Rippen

- DIN EN 1995-1-1

Der obere Gurt und die vertikalen Rippen werden im Regelfall durch Drucknormalkräfte beansprucht. Der Nachweis erfolgt nach dem Ersatzstabverfahren. Die nachfolgenden Gleichungen entstammen /16/ und wurden auf den Normalkraftanteil für Knicken in eine Richtung reduziert.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, 6.3.2 ff.}$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}}, 1 \right\} \quad \text{EC 5, Gl. (6.25), Knickbeiwert}$$

$$k = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},c} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},c}^2 \right) \quad \text{EC 5, Gl. (6.27)}$$

$\beta_c = 0.2$... für Vollholz und Balkenschichtholz
 $\beta_c = 0.1$... für Brettschichtholz und Holzwerkstoffe

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \quad \text{DIN 1052, Gl. (G. 66), bezogener Schlankheitsgrad}$$

$\lambda_{\text{rel},c} = l_{\text{ef}} / i$... Schlankheitsgrad
 i ... Trägheitsradius
 $l_{\text{ef}} = \beta \cdot h$... Ersatzstablänge
 β ... Knicklängenbeiwert

- DIN 1052:2008

Der obere Gurt und die vertikalen Rippen werden im Regelfall durch Drucknormalkräfte beansprucht. Der Nachweis erfolgt nach dem Ersatzstabverfahren.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{DIN 1052, Gl. (G. 63)}$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}, 1 \right\} \quad \text{DIN 1052, Gl. (G. 64), Knickbeiwert}$$

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0.3) + \lambda_{rel,c}^2) \quad \text{DIN 1052, Gl. (G. 65)}$$

$$\beta_c = 0.2 \quad \text{für Vollholz und Balkenschichtholz}$$

$$\beta_c = 0.1 \quad \text{für Brettschichtholz und Holzwerkstoffe}$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \quad \text{DIN 1052, Gl. (G. 66), bezogener Schlankheitsgrad}$$

$$\lambda_{rel,c} = l_{ef} / i \quad \text{Schlankheitsgrad}$$

$$i \quad \text{Trägheitsradius}$$

$$l_{ef} = \beta \cdot h \quad \text{Ersatzstablänge}$$

$$\beta \quad \text{Knicklängenbeiwert}$$

3.7.1.8

Nachweis der Verformungen

Da im EC 5 kein Verfahren zur Berechnung der Verformung angegeben wird, erfolgt die Berechnung nach [2], 8.7.5(8). Die Kopfverschiebung wird in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchsfähigkeit nachgewiesen.

Die Gesamtverformung setzt sich aus vier Anteilen zusammen.

$$\Sigma u = u_k + u_G + u_E + u_V$$

u_k Verformung der Verbindungsmittel von Rippen und Beplankung
 u_G ... aus der Schubbeanspruchung der Beplankung
 u_E ... aus der Normalkraftbeanspruchung der Randrippen
 u_V ... aus der Schwellenpressung der Randrippen

$$u_k = \Sigma l_{frei} \cdot \frac{a_v}{k_{ser} \cdot l^2} \cdot F_v$$

Σl_{frei} Summe der Längen der freien Plattenränder
 a_v Abstand der Verbindungsmittel
 k_{ser} Verschiebungsmodul des Verbindungsmittels
 F_v horizontale Kraft am Wandkopf
 l Wandlänge

$$u_G = \frac{F_v \cdot h_w}{G \cdot t \cdot l}$$

G Schubmodul der Beplankung
 t Dicke der Beplankung

$$u_E = \frac{2 \cdot F_v}{3 \cdot E_0 \cdot A_r} \cdot \left(l + \frac{h_w^3}{l^2} \right)$$

E_0 Elastizitätsmodul der Randrippe
 A_r Querschnittsfläche der Randrippe

$$u_V = v_{90} \cdot \frac{h_w}{l} \cdot \frac{\sigma_{c,90}}{1.2 \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90} \cdot k_{mod}}$$

$k_{c,90}$ Beiwert der Teilflächenpressung
 k_{mod} Modifikationsbeiwert

3.7.2

Bemessung Brettsperrholzwand

3.7.2.1

Allgemeines

- das Programm ermöglicht die Berechnung der Scheibenbeanspruchung von Brettsperrholzwänden
- die Vorzugstypen der implementierten Hersteller sind bereits angelegt
- auch freie Aufbauten können definiert und in einer Datenbank abgelegt werden
- die Eingabe des Wandaufbaus erfolgt über das Registerblatt *Aufbau* (Abs. 3.7.2.2, S. 55)
- die Nachweisoptionen werden im Registerblatt *DIN Bemessung* (Abs. 3.7.2.3, S. 56) eingegeben

Die zur Durchführung der Nachweise erforderlichen Bemessungsschnittgrößen werden vom Programm *///HORA* ermittelt.

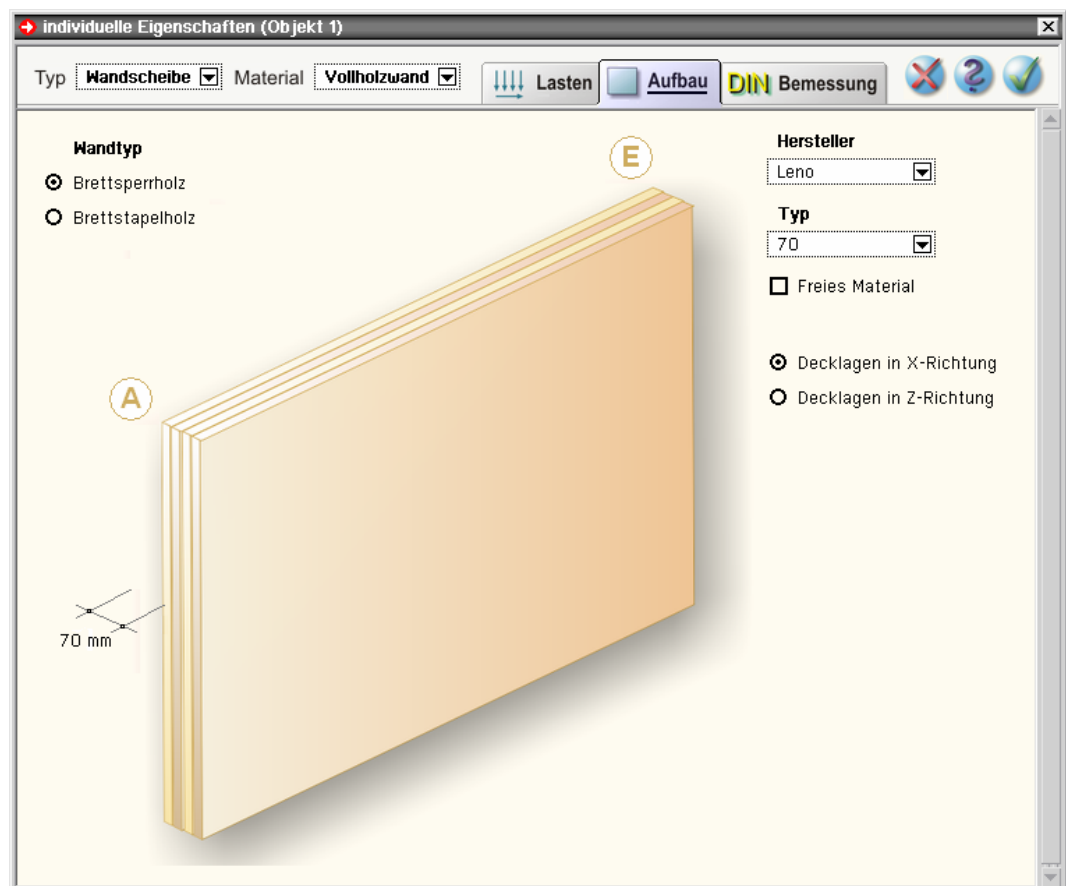
Folgende Nachweise nach EC 5 werden vom Programm geführt

- Nachweis der vertikalen Normalspannungen und der Knicksicherheit, s. Abs. 3.7.2.4, S. 57
- ... der Schubspannungen, s. Abs. 3.7.2.5, S. 57
- ... der Torsionsschubspannungen im Kreuzungspunkt, s. Abs. 3.7.2.6, S. 58
- ... der Verformungen, s. Abs. 3.7.2.7, S. 58

3.7.2.2

Brettsperrholzwand Aufbau

Das zweite Registerblatt im Hauptfenster der Vollholzwandeigenschaften enthält die Eingabefelder zum Aufbau der Wandscheibe.



Die Wanddicke ergibt sich automatisch aus dem gewählten Wandaufbau und braucht nicht eingegeben zu werden.

Als Wandtyp muss **Brettsperrholz** gewählt werden.

Mittels der Auswahllisten werden Hersteller und Wandaufbau gewählt.

Durch Aktivierung des Optionsknopfs **Freies Material** wird ein Button zur Eingabe des Aufbaus freigegeben. Ein Klick auf den Button **Parameter** öffnet ein Fenster zur Definition aller notwendigen Angaben zum Wandaufbau.

Wandtyp

☒ Brettsperrholz
☐ Brettstapelholz

Hersteller

Leno

Typ

90

☒ **Freies Material**

Parameter

☐ Decklagen in X-Richtung
☒ Decklagen in Z-Richtung

Freies Material

Name: BSPH 100 ☐ Schmalflächen verleimt

Schubfestigkeit: 2.50 [N/mm²]
Torsionsschubfestigkeit: 2.00 [N/mm²]

Brettlagen

Holzart	Holzgüte	Ausrichtung	d [mm]
Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	20.0
Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	20.0
Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	20.0
Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	20.0
Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	20.0
Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	20.0

neu →

Für jedes Material kann ein beliebiger Name festgelegt werden.

Wird die Option **Schmalflächen verleimt** gewählt, entfällt der Nachweis der Torsionsschubspannungen im Kreuzungspunkt. Schubfestigkeit und Torsionsschubfestigkeit werden in den Eingabefeldern festgelegt.

In der Tabelle werden die einzelnen Brettschichten mit ihrer Holzart, -güte, Ausrichtung und Schichtdicke definiert.

Mittels der Bearbeitungsbuttons können Tabellenzeilen gelöscht, kopiert oder hinten angefügt werden.

Über den **Datenbankbutton** können die neu definierten Wandtypen gespeichert und für andere Bauteile zur Verfügung gestellt werden.

3.7.2.3 Brettsperrholzwand Bemessungsoptionen

Das dritte Registerblatt im Hauptfenster der Wandscheibeneigenschaften enthält die Felder zur Eingabe der Nachweisoptionen.

individuelle Eigenschaften (Objekt 1)

Typ: Wandscheibe Material: Vollholzwand Lasten Aufbau **DIN Bemessung**

Nutzung	Nachweise
<input checked="" type="radio"/> Nutzungsklasse 1 <input type="radio"/> Nutzungsklasse 2	<input checked="" type="checkbox"/> Vertikale Normalspannungen <input checked="" type="checkbox"/> mit Knicksicherheit <input checked="" type="checkbox"/> Schubspannungen <input checked="" type="checkbox"/> Torsionsschubspannungen im Kreuzungspunkt Breite der Bretter: 100 [mm] Achsabstand der Bretter: 100 [mm] <input checked="" type="checkbox"/> Verformungen zul u = h / 1

Festlegung der Nutzungsklasse

☒ Nutzungsklasse 1
☐ Nutzungsklasse 2

Aktivierung Nachweis der vertikalen Normalspannung (Abs. 3.7.2.4, S. 57) mit Knicksicherheit

Aktivierung Nachweis der Schubspannungen (Abs. 3.7.2.5, S. 57)

Aktivierung Nachweis der Torsionsschubspannungen (Abs. 3.7.2.6, S. 58) im Kreuzungspunkt. Hierzu müssen die Brettbreiten und der Achsabstand der Bretter vorgegeben werden.

Aktivierung Nachweis der Verformungen (Abs. 3.7.2.7, S. 58)

☒ Vertikale Normalspannungen
 Lastausmitte e [mm]
☒ mit Knicksicherheit senkrecht zur Wandebene
☒ mit Knicksicherheit in Wandebene
☒ Schubfluss (Verbindungsmittel)
☒ Verformungen
 zul u = h / [-]

3.7.2.4

Brettsperrholzwand Normalkraftbeanspruchung

Der Lastabtrag der Vertikalkräfte erfolgt ausschließlich über die vertikal angeordneten Brettlagen.

Für den Stabilitätsnachweis wird das Ersatzstabverfahren nach [16], 6.3.2, verwendet. Dieses Verfahren berücksichtigt die Schubverformung der Querlagen und den dadurch ggf. vorliegenden nachgiebigen Verbund der lastabtragenden Lagen nicht.

Gemäß /49/ ist jedoch der Einfluss der Schubverformung der Querlagen auf die Normalspannungsverteilungen von geklebtem Brettsperrholz vernachlässigbar gering, sofern ein Verhältnis der Knicklänge l_{ef} zu Elementdicke d von $l_{ef}/d \geq 20$ vorliegt [Winter/Kreuzinger/Mestek].

Zusätzlich muss gemäß Abschnitt /50/, NCI NA 9.3.3 (NA.150), folgendes Kriterium erfüllt sein, da sonst die Schnittgrößen ebener Flächen mit Druckkräften aus Scheibenbeanspruchung nach Theorie II. Ordnung zu berechnen sind

$$l_{ef} \cdot \sqrt{\frac{N_d \cdot \gamma_M}{E_{0,mean} \cdot I}} \leq 1 \quad \text{NA. 150}$$

Der Nachweis erfolgt nach dem Ersatzstabverfahren.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, 6.3.2 ff.}$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}, 1 \right\} \quad \text{EC 5, Gl. (6.25), Knickbeiwert}$$

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0.3) + \lambda_{rel,c}^2) \quad \text{EC 5, Gl. (6.27)}$$

$$\beta_c = 0.2 \quad \text{für Vollholz und Balkenschichtholz}$$

$$\beta_c = 0.1 \quad \text{für Brettschichtholz und Holzwerkstoffe}$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \quad \text{DIN 1052, Gl. (G. 66), bezogener Schlankheitsgrad}$$

$$\lambda_{rel,c} = l_{ef}/i \quad \text{Schlankheitsgrad}$$

$$i \quad \text{Trägheitsradius}$$

$$l_{ef} = \beta \cdot h \quad \text{Ersatzstablänge}$$

$$\beta \quad \text{Knicklängenbeiwert}$$

Der Trägheitsradius i wird unter Berücksichtigung des speziellen Querschnittsaufbaus nach folgender Gleichung ermittelt

$$i = \sqrt{I_{ef,x} / A_{ef,x}}$$

$I_{ef,x}$ und $A_{ef,x}$ enthalten nur die in Krafrichtung wirksamen Querschnittsschichten.

Die Normalspannung wird entsprechend mit folgender Gleichung ermittelt

$$\sigma_{c,0,d} = \sqrt{n_{x,d} / A_{ef,x}}$$

3.7.2.5

Brettsperrholzwand Schubbeanspruchung

Der aus der horizontalen Kopflast resultierende Schubfluss erzeugt Schubbeanspruchungen in den einzelnen Brettlagen. Die horizontalen und vertikalen Schichten müssen getrennt voneinander betrachtet werden.

Der Schubfluss in Elementebene aus einer horizontalen Kopflast F_d beträgt

$$n_{xz,d} = F_d / l$$

Die resultierenden Schubspannungen in den einzelnen Brettlagen ergeben sich für die vertikalen Lagen zu

$$\tau_{xz,d} = \frac{n_{xz,d} \cdot e_z}{b_z \cdot \sum d_{x,i}}$$

und für die horizontalen Lagen zu

$$\tau_{zx,d} = \frac{n_{xz,d} \cdot e_x}{b_x \cdot \sum d_{z,i}}$$

Werden die Schmalseiten der Bretter verleimt, gilt

$$\tau_{xz,d} = \tau_{zx,d} = n_{xz,d} / d$$

Der Schubnachweis lautet n. EC 5, 6.17 (6.13)

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

3.7.2.6

Torsionsschubspannungen in den Kreuzungspunkten

Werden die Schmalseiten nicht verklebt, entstehen zusätzliche Torsionsmomente und damit Torsionsschubspannungen in den Kreuzungspunkten. Das Torsionsmoment eines Kreuzungspunkts beträgt

$$M_{\phi i,d} = n_{xz} \cdot e_x \cdot e_z$$

e_x, e_z Achsabstände der einzelnen Bretter

Die resultierende maximale Torsionsschubspannung in der Klebefuge des Kreuzungspunkts zweier Brettlagen beträgt unter der Annahme einer linearen Verteilung

$$\tau_{tor,d} = M_{\phi i,d} / I_p \cdot a / 2 \cdot 1 / (n-1) \quad \dots \text{mit} \dots$$

$$a = \max \{b_x, b_z\}$$

$$I_p = b_x \cdot b_z^3 / 12 + b_z \cdot b_x^3 / 12$$

b_x, b_z Breiten der Bretter in x- bzw. z-Richtung

Werden die Schmalseiten der Bretter verleimt, gilt

$$\tau_{xz,d} = \tau_{zx,d} = n_{xz,d} / d$$

n Anzahl der Brettschichten

Die charakteristische Torsionsschubfestigkeit $f_{tor,k}$ ist in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. I.d.R. wird dort ein Wert von 2.50 N/mm^2 angegeben. Der Nachweis der Torsionsschubspannung lautet

$$\tau_{tor,d} \leq f_{tor,d}$$

3.7.2.7

Brettsperrholz Verformungen

Die horizontale Wandverschiebung aufgrund einer Einzellast F_d am Wandkopf setzt sich aus einem Biege- und einem Schubanteil zusammen. Der Schubanteil beträgt

$$u_{x,d} = \frac{F_d / l}{D_{zx}} \quad \dots \text{mit} \dots$$

D_{zx} Scheibenschubfestigkeit gemäß [41], NCI NA.5.6.2.3

Der Biegeanteil beträgt

$$u_{x,d} = \frac{F_d \cdot h^3}{3 \cdot EI}$$

Die Verformung wird i.d.R. begrenzt auf $h/100$.

3.7.3

Bemessung Brettstapelholzwand

- das Programm ermöglicht die Berechnung der Scheibenbeanspruchung von Brettstapelholzwänden
- der Aufbau wird durch die Definition der verwendeten Holzart sowie der Lamellendicke und Lamellenbreite definiert
- als Verbindungsmittel können Nägel, Schrauben oder Klammern eingegeben werden
- die Eingabe des Wandaufbaus erfolgt über das Registerblatt *Aufbau* (Abs. 3.7.3.1, S. 59)
- die Nachweisooptionen werden im Registerblatt *DIN Bemessung* (Abs. 3.7.3.2, S. 60) eingegeben

Die zur Durchführung der Nachweise erforderlichen Bemessungsschnittgrößen werden vom Programm *#H-HORA* ermittelt.

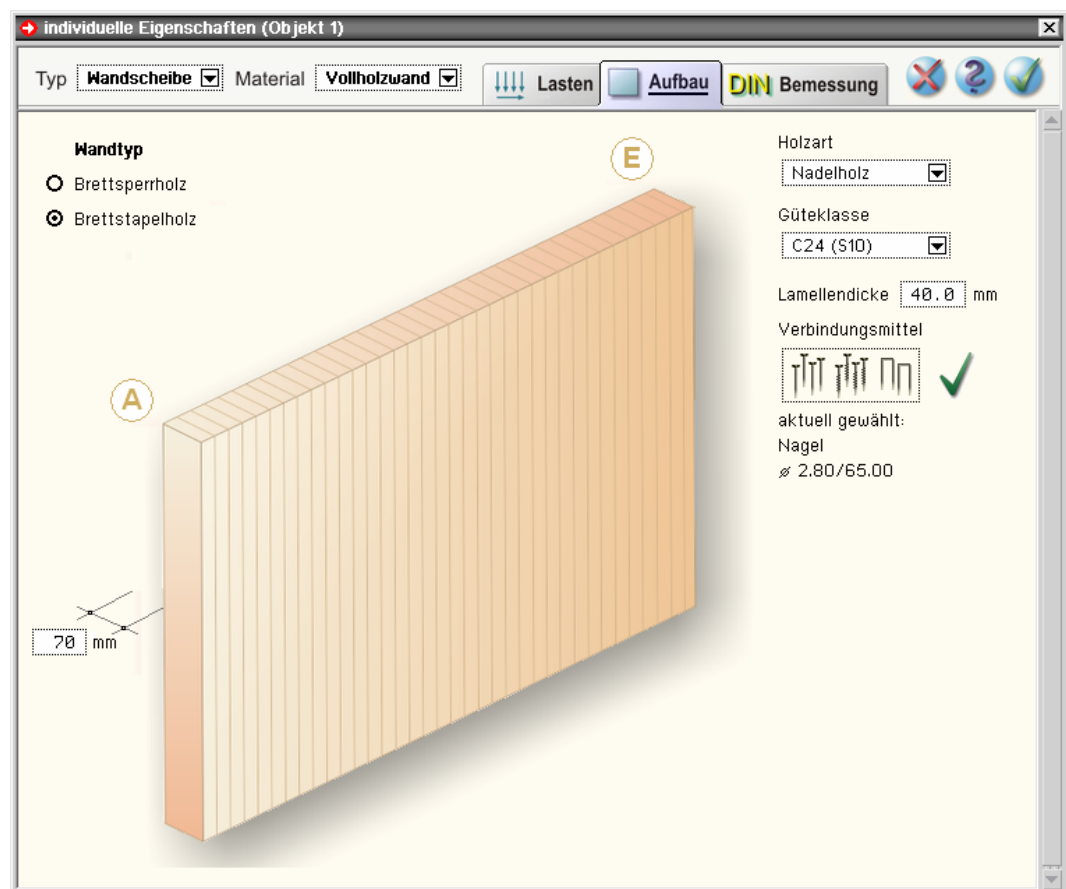
Folgende Nachweise nach EC 5 werden vom Programm geführt

- Nachweis der vertikalen Normalspannungen, s. Abs. 3.7.3.3, S. 61
- ... Knicken in Wand- oder senkrecht zur Wandebene, s. Abs. 3.7.3.3, S. 61
- ... des Schubflusses (Verbindungsmittel), s. Abs. 3.7.3.4, S. 61
- ... der Verformungen, s. Abs. 3.7.3.5, S. 61

3.7.3.1

Brettstapelholzwand Aufbau

Das zweite Registerblatt im Hauptfenster der Vollholzwandeneigenschaften enthält die Eingabefelder zum Aufbau der Wandscheibe.



Die Wanddicke wird in der Maßkette der Wanddarstellung eingegeben.

Als Wandtyp muss **Brettstapelholz** gewählt werden.

Mittels der Auswahllisten werden Holzart und Holzgüte der Lamellen gewählt.

Die Dicke der einzelnen Lamellen muss ebenfalls vorgegeben werden.

Über den dargestellten Button im Registerblatt *DIN* werden die Verbindungsmittelparameter zugänglich, Abs. 3.7.1.4, S. 48.

Wandtyp

☐ Brettsperrholz

☒ Brettstapelholz

Holzart


Nadelholz

Güteklasse

C24 (S10)

Lamellendicke 40.0 mm

Verbindungsmittel



aktuell gewählt:
Nagel
Ø 2.80/65.00

3.7.3.2 Brettstapelholzwand Bemessungsoptionen

Das dritte Registerblatt im Hauptfenster der Wandscheibeneigenschaften enthält die Felder zur Eingabe der Nachweisoptionen.

individuelle Eigenschaften (Objekt 1)

Typ: Wandscheibe Material: Vollholzwand

Lasten Aufbau **DIN Bemessung**

Nutzung	Nachweise
<input checked="" type="radio"/> Nutzungsklasse 1 <input type="radio"/> Nutzungsklasse 2	<input checked="" type="checkbox"/> Vertikale Normalspannungen Lastausmitte e 0.0 [mm] <input checked="" type="checkbox"/> mit Knicksicherheit senkrecht zur Wandebene <input checked="" type="checkbox"/> mit Knicksicherheit in Wandebene <input checked="" type="checkbox"/> Schubfluss (Verbindungsmittel) <input checked="" type="checkbox"/> Verformungen zul u = h / 100 [-]

Festlegung der Nutzungsklasse

☒ Nutzungsklasse 1

☐ Nutzungsklasse 2

Aktivierung Nachweis der vertikalen Normalspannung mit Knicksicherheiten, s. Abs. 3.7.3.3, S. 61

Aktivierung Nachweis des Schubflusses, s. Abs. 3.7.3.4, S. 61

Aktivierung Nachweis des Verformungen, s. Abs. 3.7.3.5, S. 61

☒ Vertikale Normalspannungen
 Lastausmitte e 0.0 [mm]
☒ mit Knicksicherheit senkrecht zur Wandebene
☒ mit Knicksicherheit in Wandebene
☒ Schubfluss (Verbindungsmittel)
☒ Verformungen
 zul u = h / 100 [-]

3.7.3.3

Brettstapelholzwand Normalkraftbeanspruchung

Der Lastabtrag der Vertikalkräfte erfolgt über die vertikal angeordneten Brettstapel. Ein Ausknicken ist dabei sowohl senkrecht zur Wand- als auch in Wandebene möglich.

Beim Ausknicken senkrecht zur Wandebene hat nur die Lamellenbreite einen Einfluss. Das Knicken in der Wandebene ist abhängig von der Anzahl der zusammenwirkenden Lamellen.

Knicken senkrecht zur Wandebene

Der Nachweis erfolgt nach dem Ersatzstabverfahren.

$$\frac{\sigma_{c,0,c}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \dots \text{mit} \dots$$

$$k_{cz} = 1 / \left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right)$$

$$k_z = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$\beta_c = 0.2 \text{ für Vollholz, } 0.1 \text{ für Brettschichtholz}$$

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z / \pi) \cdot \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0.05}}$$

Knicken in der Wandebene

Die Knicklast kann gemäß [40], 4.5.1.1, wie folgt ermittelt werden

$$P_{ki,z} = 1 / \left(\frac{s_k^2}{E_x \cdot (n \cdot b_{Lam})^3 \cdot d / 12 \cdot \pi^2} + \frac{1}{G_{xz} \cdot n \cdot b_{Lam} \cdot d \cdot 1/\kappa} \right) \quad \dots \text{mit} \dots$$

d Elementdicke (Wanddicke)
 b_{Lam} Lamellenbreite
 κ Schubkorrekturbeiwert (wird entspr. [40], 4.5.1.1 (4-51), näherungsweise mit 1.2 für den Rechteckquerschnitt angenommen)

3.7.3.4

Brettstapelholzwand Schubfluss (Verbindungsmittel)

Der Schubfluss t_d muss in den Lamellenfugen durch die vorhandenen Verbindungsmittel übertragen werden. I.d.R. werden glattschaftige Nägel verwendet. Die Vernagelung erfolgt zweireihig.

Um Kollisionen zu vermeiden, wird jeder zweite Nagel einer Reihe ausgelassen und in der darüber liegenden Lage versetzt vernagelt, so dass sich in jeder Brettlage ein Zick-Zack-Muster ergibt.

Der Schubfluss errechnet sich zu

$$t_d = F_d / l$$

Der Nachweis lautet

$$\frac{t_d \cdot a_v}{n \cdot R_d} \leq 1 \quad \dots \text{mit} \dots$$

a_v Abstand der Verbindungsmittel
 n Anzahl der Verbindungsmittelreihen
 R_d Bemessungswert der Scherfestigkeit der Verbindungsmittel

3.7.3.5

Brettstapelholzwand Verformungen

Die horizontale Wandverschiebung aufgrund einer Einzellast F_d am Wandkopf beträgt

$$u_{x,d} = \frac{F_d / l}{G_{zx} \cdot d} \cdot h \quad \dots \text{mit} \dots$$

G_{zx} Schubmodul gemäß [41], NCI NA 5.5.4, Tab. NA.11

Die Verformung wird i.d.R. auf $h/100$ begrenzt.

In 15 ausgezeichneten Punkten (in drei horizontalen und fünf vertikalen Schnitten) werden die extremalen Bemessungsgrößen mit ihren Zugehörigen nachgewiesen. Die Ergebnisse werden extremiert und auf dem Bildschirm ausgewiesen. Es treten nur Normalkräfte über die Wandhöhe und Querkkräfte parallel zur Wandaufrichtung auf.

Näheres zur Ermittlung der Wandkräfte s. Umrechnung der Belastung in Scheibenspannungen, Abs. 3.8.5, S. 77.

Vorschriften

Das Programm *4H-HORA* unterstützt die deutsche Norm DIN 1053-100 sowie die europäischen Eurocodes. An dieser Stelle wird auf DIN EN 1996 (EC 6) für Mauerwerk Bezug genommen.

Sicherheitsniveau

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ergibt sich die Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks n. DIN 1053-100, 9.9.1.1, bzw. EC 6, 2.4.1, zu

$$f_d = \eta \cdot f_k / \gamma_M \quad \dots \text{ mit } \dots \gamma_M = k_0 \cdot \gamma_{M0}$$

η Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen etc.

Neben den Materialparametern für Mauerwerk (s. Abs. 3.3.9.4, S. 30) werden in Abhängigkeit der Bemessungssituation folgende Werte n. DIN 1053-100, Tab.1, gesetzt

- für normale Einwirkungen gilt
 $\gamma_{M0} = 1.5 \quad \dots \text{ und } \dots \eta = 0.85$
- für außergewöhnliche Einwirkungen und Erdbeben-Einwirkungen gilt
 $\gamma_{M0} = 1.3 \quad \dots \text{ und } \dots \eta = 1.0$

Nach EC 6, 2.4.3, 2.4.4, werden die Sicherheitsbeiwerte im nationalen Anhang geregelt, der Abminderungsbeiwert η ist nur bei deutschen Anhängen (NA-DE) relevant.

Nach DIN 1053-100, Tab. 1, wird der Materialsicherheitsbeiwert γ_M um den Faktor $k_0 = 1.25$ erhöht, wenn "kurze Wände" (d.h. Wände mit Querschnittsflächen $400 \text{ cm}^2 < A < 1000 \text{ cm}^2$) bemessen werden sollen.

Wände mit Querschnittsflächen $A < 400 \text{ cm}^2$ sind nicht tragend und daher unzulässig.

Nach EC 6, 6.1.2.1(3), wird der Erhöhungsfaktor berechnet zu

$$k_0 = 1 / (0.7 + 3 \cdot A) \geq 1$$

Bemessung Wände

Wände können n. DIN 1053-100 im Grenzzustand der Tragfähigkeit bemessen werden auf

- Druck (DIN 1053-100, 9.9.1 bzw. EC 6, 6.1.2) und Knicken (DIN 1053-100, 9.9.2 bzw. EC 6, Anhang G)
- Schub (DIN 1053-100, 9.9.5 bzw. EC 6, 6.2)

Es wird eine zweiseitig gehaltene Wand vorausgesetzt.

Druck- und Schubnachweis werden für alle Bemessungspunkte der Wand geführt, während das Knicken nur in Wandmitte, d.h. in der mittleren Reihe der Wandpunkte nachgewiesen wird.

Bei gleichzeitiger Anwahl von Druck- und Knicknachweis wird je nach Lage des Punktes entweder der Drucknachweis (obere und untere Reihe) oder der Knicknachweis (mittlere Reihe) geführt.

Mauerwerk kann grundsätzlich keine Zugspannungen aufnehmen. Wird ein Wandpunkt bemessen, an dem in einer Lastkombination eine Zugnormalkraft auftritt, kann entweder diese Last ignoriert oder ein Fehler ausgegeben werden.

Des Weiteren ist für die seltene (charakteristische) Bemessungssituation der Nachweis der

- planmäßigen Exzentrizitäten (DIN 1053-100, 5.4, bzw. EC 6, NA-DE, 7.2)

im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu erbringen. Dieser Nachweis ist nur für deutsche Normen relevant und wird in der Bodenfuge in Wandmitte (d.h. nur für den mittleren unteren Wandpunkt) geführt.

Druck-/Knicknachweis

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d$$

Drucknachweis (oben, unten)

$$\Phi = \Phi_{o,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u} / d \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$e_{o,u} = M_{Ed,o,u} / N_{Ed,o,u} + e_{he,o,u} + e_{init} \geq 0.05 \cdot d \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$e_{he,o,u} \quad \text{Ausmitte inf. horizontaler Lasten (z.B. Wind)}$$

$$e_{init} \quad \dots \text{ ungewollte Ausmitte, n. DIN 1053-100 bzw. EC 6, NA-DE, } e_{init} = 0, \text{ sonst } e_{init} = h_{ef} / 450$$

Knicknachweis (mittig)

DIN 1053-100

$$\Phi = \Phi_m = 1.14 \cdot (1 - 2 \cdot e_m / d) - 0.024 \cdot h_k / d \leq 1 - 2 \cdot e_m / d \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$h_k \quad \dots \text{ Knicklänge}$$

$$e_m = e_{m0} + e_{mk}; \quad e_{m0} = M_{Ed,m} / N_{Ed,m} + e_a; \quad e_a = h_k / 450 \quad \dots \text{ (Nicklänge = Wandhöhe)}$$

$$\text{für } h_k / d > 10 \quad \dots \quad e_{mk} = 0.002 \cdot \varphi_\infty \cdot h_k \cdot \sqrt{e_{m0} / d}; \text{ sonst } e_{mk} = 0 \quad \text{(Anteil aus Kriechen)}$$

$$\varphi_\infty \quad \dots \text{ Rechenwert der Endkriechzahl (s. DIN 1053-100, Tab. 3)}$$

EC 6

$$\Phi = \Phi_m = (1 - 2 \cdot e_{mk} / t) \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad e \quad \dots \text{ natürlicher Logarithmus}$$

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0.05 \cdot d$$

$$e_m = M_{Ed,m} / N_{Ed,m} + e_{he,m} + e_{init} \geq 0.05 \cdot d$$

$$\text{für } h_k / d > \lambda_c \quad \dots \quad e_k = 0.002 \cdot \varphi_\infty \cdot h_{ef} / t_{ef} \cdot \sqrt{t \cdot e_m}; \text{ sonst } e_k = 0 \quad \text{(Anteil aus Kriechen)}$$

$$\varphi_\infty \quad \text{Rechenwert der Endkriechzahl (s. EC 6, 3.7.4(2), bzw. NA-DE, Tab. NA.17)}$$

$$\lambda_c \quad \text{Grenzsclankheit (s. EC 6, 6.1.2.2(2), bzw. NA-DE, Tab. NA.17)}$$

Schubnachweis (oben, unten)

Nach DIN 1053-100, 9.9.5, bzw. EC 6, 6.2, ist im Grenzzustand der Tragfähigkeit nachzuweisen

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad V_{Rd} = \alpha_s \cdot f_{vd} \cdot d / c \quad \text{(Scheibenschub)}$$

$$\alpha_s \quad \dots \text{ bei Windscheiben gilt nach deutschen Normen (DIN 1053-100 bzw. EC 6, NA-DE)}$$

$$\alpha_s = \min(1.125 \cdot l; 1.333 \cdot l_c), \dots \text{ sonst } \alpha_s = l_c$$

$$l_c = 1.5 \cdot (l - 2 \cdot e) \leq l$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

$$f_{vk} \quad \dots \text{ Minimum aus } f_{vk} = f_{vk0} + \bar{\mu} \cdot \sigma_{Dd} \quad \dots \text{ und } \dots \quad f_{vk} = 0.45 \cdot f_{bz} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bz}}}$$

$$\dots \text{ mit } \dots \bar{\mu} = 0.4 \quad \dots \text{ und } \dots \sigma_{Dd} \quad \dots \text{ Spannung im überdrückten Wandabschnitt}$$

$$c \quad \dots \text{ Faktor zur Berücksichtigung der Schubspannungsverteilung über den Querschnitt (nur DIN 1053-100 bzw. EC 6, NA-DE)}$$

$$\text{für hohe Wände } h/l \geq 2 \quad \dots \quad c = 1.5 \quad \dots \text{ und } \dots h/l \leq 1 \quad \dots \quad c = 1.0, \text{ dazwischen interpoliert}$$

Begrenzung der planmäßigen Exzentrizitäten (GZG)

Nach DIN 1053-100, 5.4, bzw. EC 6, NA-DE, 7.2, dürfen klaffende Fugen infolge der planmäßigen Exzentrizitäten der einwirkenden Lasten höchstens bis zum Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts entstehen.

Nach DIN 1053-100 ist parallel zur Wandebene die seltene (charakteristische) Bemessungssituation zu verwenden; n. EC 6 wird in Wandlängsrichtung die häufige Bemessungssituation angewendet. Es muss gelten

$$e_k = \frac{M_k}{N_k} \leq l/3 \quad \dots \text{ mit } \dots N_k = \frac{q_a + q_e}{2} \quad \dots \text{ und } \dots M_k = (q_e - q_a) \cdot \frac{l^2}{12} + H \cdot h$$

Bemessung Pfeiler

Pfeiler nehmen nur Drucknormalkräfte auf, die über die gesamte Pfeilerlänge konstant wirken.

Es wird ein zweiseitig gehaltener Pfeiler vorausgesetzt. Pfeiler können bemessen werden auf

- Druckbeanspruchung (DIN 1053-100, 9.9.1, bzw. EC 6, 6.1.2) bzw.
- Knicken (DIN 1053-100, 9.9.2, bzw. EC 6, Anhang G), s.o.

Bei zweiachsiger Beanspruchung kann ein Nachweis auf Doppelbiegung geführt werden. Hierzu wird der Abminderungsfaktor als Produkt aus parallelem und senkrechtem Anteil ermittelt

$$\Phi = \Phi_{\parallel} \cdot \Phi_{\perp}$$

Der Nachweis der Doppelbiegung darf entfallen, wenn Biegung um die starke Achse nicht maßgebend wird, d.h. wenn gilt

$$\Phi_{\parallel} > \Phi_{\perp}$$

Dieser Nachweis wird nur von deutschen Normen (DIN 1053-100 bzw. EC 6, NA-DE) verlangt.

Mauerwerk kann grundsätzlich keine Zugspannungen aufnehmen. Tritt in einer Lastkombination eine Zugnormalkraft auf, kann entweder diese Last ignoriert oder ein Fehler ausgegeben werden.

Weiterführende Informationen zur Nachweisführung im Internet unter *Mauerwerksnachweise*.

Vorschriften

Das Programm #H-HORA unterstützt die deutsche Norm DIN 1045-1 sowie die europäischen Eurocodes. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf DIN 1045-1, Änderungen zum Eurocode sind besonders gekennzeichnet.

Sicherheitsniveau

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird die Bemessungsdruckfestigkeit des Betons berechnet mit

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \dots \text{wobei gilt}$$

für normale und Erdbeben-Einwirkungen $\gamma_c = 1.5$
für außergewöhnliche Einwirkungen $\gamma_c = 1.3$... Eurocode $\gamma_c = 1.2$

Der Dauerstandsbeiwert wird angenommen zu

$$\alpha = 0.85 \quad \dots \text{Eurocode } \alpha = 1.0$$

Die Bemessungszugfestigkeit des Betonstahls ergibt sich zu

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad \dots \text{wobei gilt}$$

für normale und Erdbeben-Einwirkungen $\gamma_s = 1.15$
für außergewöhnliche Einwirkungen $\gamma_s = 1.0$

Bemessung für Wände

In 15 ausgezeichneten Punkten der Wandscheibe (in drei horizontalen und fünf vertikalen Schnitten) werden die extremalen Bemessungsgrößen mit ihren Zugehörigen bemessen. Die Ergebnisse werden extremiert und auf dem Bildschirm ausgewiesen.

Es treten nur Normalkräfte über die Wandhöhe und Querkräfte parallel zur Wandaufrichtung auf. Näheres zur Ermittlung der Wandkräfte s. Umrechnung der Belastung in Scheibenspannungen Abs. 3.8.5, S. 77.

Wände können nach der vorgegebenen Vorschrift (s.o.) bemessen werden

- auf Normalkraft einschl. dem Nachweis der Hauptdruckspannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)
- Rissnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) für die quasi-ständige Einwirkungskombination

Nach Ermittlung der statisch erforderlichen Bewehrung (Normalkraftbemessung) wird das Ergebnis mit der eingegebenen Grundbewehrung extremiert. Diese Extremierung geht dann als Anfangsbewehrung in den Rissnachweis zur Begrenzung der Rissbreite unter Lastbeanspruchung ein. Wenn der Rissnachweis versagt, wird die Bewehrung automatisch erhöht.

Außerdem wird bei Bedarf die Ankerzugkraft im GZT sowie die Zugkeillänge in der Wandbodenfuge berechnet.

Längskraftbemessung

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird für die Bemessungs-Spannungsdehnungsbeziehungen die erforderliche Bewehrung in den beiden Bewehrungsrichtungen (vertikal, horizontal) ermittelt. Optional können die

- Mindestbewehrung für Wände für die vertikale Bewehrung

$$A_{s,min} = 0.0015 \cdot A_c \quad \dots \text{für } |N_{Ed}| < 0.3 \cdot f_{cd} \cdot A_c \quad \dots \text{Eurocode } A_{s,min} = 0.002 \cdot A_c$$

$$A_{s,min} = 0.0030 \cdot A_c \quad \dots \text{für } |N_{Ed}| \geq 0.3 \cdot f_{cd} \cdot A_c$$

$$A_{s,min} = 0.15 \cdot |N_{Ed}| / f_{yd} \geq 0.0015 \cdot A_c$$

- Querbewehrung für die horizontale Bewehrung

berücksichtigt werden.

Hauptdruckspannungsnachweis

Der Bemessungswert der Druckstrebenfestigkeit unter zweiachsigem Druck ist begrenzt durch

$$\sigma_{Rd,max} = f_{ak} \cdot \eta_1 \cdot f_{cd} \quad \dots \text{mit} \dots \sigma_{Rd,max} \dots \text{maximale Hauptdruckspannung} \\ \text{i.A. } f_{ak} = 1.0$$

Rissnachweis

Risse im Beton aus unbeabsichtigtem Zwang (Erstrissbildung) sowie nach Lastaufbringung (Endrissbildung) sind unvermeidlich, sollen aber möglichst klein gehalten werden. Daher werden zwei Teilnachweise geführt.

- Mindestbewehrung ohne Belastung

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s \quad \dots \text{mit} \dots$$

$$k_c = 1.0 \quad \dots \text{Zugzwang}$$

$$k = 0.8 \quad \dots \text{für } h \leq 300 \text{ mm} \quad \dots \text{Eurocode} \quad \dots k = 1.0$$

$$k = 0.5 \quad \dots \text{für } h \geq 800 \text{ mm} \quad \dots \text{Eurocode} \quad \dots k = 0.65$$

\dots Zwischenwerte interpoliert (selbst hervorgerufener Zwang)

$$f_{ct,eff} = k_{z,t} \cdot f_{ctm} \quad \dots \text{mit} \dots k_{z,t} = 0.5 \text{ (frühes Betonalter)}$$

$$A_{ct} \dots \dots \text{Fläche der Betonzugzone nach Zustand 1}$$

$$\sigma_s \dots \dots \text{Spannung in der Bewehrung n. Tab. 20 (Eurocode Tab. 7.2N)} \\ \text{in Abhängigkeit von } d_s^* \text{ und } w_k$$

$$d_{s,gr} = d_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_t}{4 \cdot (h - d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct0}} \quad \dots \text{Grenzdurchmesser} \quad \dots \text{mit} \dots$$

$$h_t \dots \dots \text{Höhe der Zugzone}$$

$$f_{ct0} = 3 \text{ N/mm}^2 \text{ Bezugs-Zugfestigkeit des Betons}$$

$$\text{Eurocode } f_{ct0} = 2.9 \text{ N/mm}^2$$

- Begrenzung der Rissbreite unter Gebrauchslast

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ($\gamma_c = \gamma_s = 1$) wird für die quasi-ständige Einwirkungskombination der Rissnachweis geführt.

Grundlage zur Ermittlung der Stahlspannungen sind die wirklichkeitsnahen Spannungsdehnungsbeziehungen für den Beton, die für Verformungsberechnungen herangezogen werden sollen.

$$d_{s,gr} \leq \lim d_s(\sigma_s, d_s^*) \quad \dots \text{mit} \dots \lim d_s = d_s^* \cdot \frac{\sigma_s \cdot A_s}{4 \cdot (h - d) \cdot f_{ct0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct0}}$$

$$d_s^* \quad \dots \text{aus Tab. 20,} \dots \text{Eurocode} \dots \text{Tab. 7.2N}$$

$$\sigma_s \quad \dots \text{Spannung in der Bewehrung } A_s \text{ im Zustand 2}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Eine Überschreitung des maximalen Bewehrungsgrades führt zu einer Fehlermeldung.

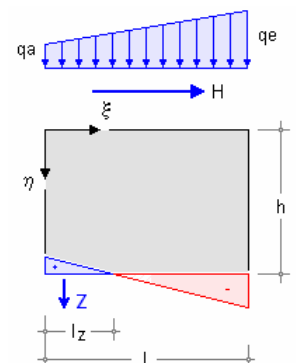
Ankerzugkraft

Wenn die Wand nicht überdrückt ist, bildet sich eine klaffende Fuge aus. Die dort wirkende Zugkraft muss i.A. verankert werden. Die Zugkraft errechnet sich zu

$$Z \equiv \int n_{\eta\eta} d\xi \quad \dots \text{mit} \dots$$

$$n_{\eta\eta} \quad \dots \text{Zugnormalspannung in der Bodenfuge}$$

Die Kraft kann vereinfachend als im Schwerpunkt des Zugkeils (Länge l_z) wirkend angesehen werden.



Bemessung für Stützen

Stützen nehmen nur Drucknormalkräfte auf, die über die gesamte Stützenlänge konstant wirken. Im Programm wird eine Pendelstütze vorausgesetzt, die nach der vorgegebenen Vorschrift bemessen wird.

- Längskraftbemessung bzw. Knicknachweis mit dem Modellstützenverfahren
- Rissnachweis

Nach Ermittlung der statisch erforderlichen Bewehrung (Normalkraftbemessung) wird das Ergebnis mit der eingegebenen Grundbewehrung extremiert. Diese Extremierung geht dann als Anfangsbewehrung in den Rissnachweis zur Begrenzung der Rissbreite unter Lastbeanspruchung ein.

Wenn der Rissnachweis versagt, wird die Bewehrung automatisch erhöht.

Längskraftbemessung

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird für die Bemessungs-Spannungsdehnungsbeziehungen die erforderliche Bewehrung ermittelt. Optional kann die

- Mindestbewehrung für Stützen

$$A_{s,min} = 0.15 \cdot |N_{Ed}| / f_{yd} \quad \dots \text{Eurocode} \quad A_{s,min} = 0.10 \cdot |N_{Ed}| / f_{yd} \geq 0.002 \cdot A_c$$

berücksichtigt werden.

Knicknachweis

- DIN 1045-1 (8.6.3)

Einflüsse nach Theorie II. Ordnung müssen erst berücksichtigt werden, wenn gilt

$$\lambda > \lambda_{max} \quad \dots \text{mit} \quad \dots$$

$$\lambda = l_0 / i_T$$

$$i_T = \sqrt{\frac{I_C}{A_C}} \quad \dots \text{Trägheitsradius des Querschnitts}$$

$$l_0 = \beta \cdot l_{col} \quad \dots \text{Knicklänge } (\beta \text{ n. 8.6.2(4), bei Pendelstützen: } \beta = 1)$$

$$\lambda_{max} = \frac{16}{\sqrt{\nu_{Ed}}} \geq 25 \quad \text{Grenzwert der Schlankheit} \quad \dots \text{mit} \quad \nu_{Ed} = \frac{|N_{Ed}|}{A_C \cdot f_{cd}}$$

Das Modellstützenverfahren (8.6.5) gilt für Druckglieder mit einer Lastausmitte n. Th. I. Ord. $e \geq 0.1 \cdot h$, kann aber auch für Lastausmitten $e < 0.1 \cdot h$ angewendet werden.

Die Modellstütze ist eine am Fuß eingespannte, symmetrisch bewehrte Kragstütze der Länge $l = l_0/2$, die eine einfach gekrümmte Verformungsfigur aufweist. Die Übertragung auf anders gelagerte Stützen erfolgt über die Ersatzlänge l_0 .

Die Stütze wird bemessen für

$$M_{Ed,Th.II.O.} = N_{Ed} \cdot e_{tot} \quad \dots \text{mit} \quad e_{tot} \geq h/20 \quad \text{s. 8.6.3(9)}$$

Die Gesamtausmitte n. Theorie II. Ord. ergibt sich zu

$$e_{tot} = e_0 + e_a + e_2 \quad \dots \text{mit} \quad \dots$$

$$e_0 = M_{Ed0} / N_{Ed} \quad \dots \text{planmäßige Ausmitte im am stärksten beanspruchten Querschnitt}$$

$$e_a = \alpha_{a1} \cdot l_0 / 2 \quad \dots \text{ungewollte Lastausmitte aus Imperfektionen mit}$$

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{l_{col}}} \leq \frac{1}{200} \quad \text{Winkel der Schiefstellung}$$

$$e_2 = K_1 \cdot K_\Phi \cdot (1/r) \cdot c \cdot l_0^2 \quad \text{zusätzliche Lastausmitte infolge Auswirkungen nach Th. II. O.}$$

$$K_1 = \lambda / 10 - 2.5 \leq 1 \quad \dots \text{Anpassungsfaktor}$$

$$c \quad \dots \text{Beiwert für den Krümmungsverlauf}$$

parabelförmig: $c = 5/48$, rechteckförmig: $c = 1/8$, dreieckförmig: $c = 1/12$
hier: Annahme $c = 5/48$

$$(1/r) = 2 \cdot K_2 \cdot \varepsilon_{yd} / \Delta h_s \quad \text{Krümmung im kritischen Schnitt}$$

Δh_s Abstand der Stahllagen (Annahme: $\Delta h_s = 0.9 \cdot d$)

$$K_2 = \frac{N_{ud} - N_{Ed}}{N_{ud} - N_{bal}} \leq 1$$

$$N_{ud} = -(f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s)$$

$$N_{bal} \approx 0.4 \cdot N_{ud} \dots \dots \dots \text{die Annahme } K_2 = 1 \text{ liegt auf der sicheren Seite}$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{eff} \geq 1 \dots \dots \dots \text{Beiwert zur Berücksichtigung von Kriecheffekten}$$

$$\varphi_{eff} = \varphi(\infty, t_0) \cdot M_{1perm} / M_{1Ed} \dots \text{mit } \varphi(\infty, t_0) \text{ Endkriechzahl und}$$

$$M_{1perm} / M_{1Ed} \dots \dots \dots \text{Verhältnis der Biegemomente unter quasi-ständiger (GZG) zur Bemessungs-
Einwirkungskombination (GZT) nach Th. I. O. inkl. Imperfektionen}$$

$$\beta = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 \geq 0$$

▪ Eurocode (5.8.3)

Einflüsse nach Theorie II. Ord. müssen erst berücksichtigt werden, wenn gilt

$$\lambda > \lambda_{lim} \dots \text{mit } \dots$$

$$\lambda = l_0 / i_T$$

$$i_T = \sqrt{\frac{I_C}{A_C}} \dots \dots \dots \text{Trägheitsradius des Querschnitts}$$

$$l_0 = \beta \cdot l_{col} \dots \dots \dots \text{Knicklänge (} \beta \text{ n. 5.8.3.2(2), bei Pendelstützen: } \beta = 1)$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} \dots \text{Grenzwert der Schlankheit } \dots \text{mit } \dots n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$$A = 1 / (1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}) \dots \text{mit } \dots \varphi_{ef} \dots \text{effektive Kriechzahl n. 5.8.4 (vereinfacht } A = 0.7)$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \dots \text{mit } \dots \omega = (A_s \cdot f_{yd}) / (A_c \cdot f_{cd}) \dots \text{mechanischer Bewehrungsgrad (vereinf. } B = 1.1)$$

$$C = 1.7 - r_m \dots \text{mit } \dots r_m = M_{01} / M_{02} \dots \text{und } \dots |M_{02}| \geq |M_{01}| \dots \text{Momentenverhältnis (vereinf. } C = 0.7)$$

$$\text{hier } \lambda_{lim} = 10.78 / \sqrt{n}$$

Das Berechnungsverfahren ist ein Näherungsverfahren auf Grundlage einer Nennkrümmung (5.8.8), wobei ein Nennmoment mit einer geschätzten Verformung n. Th. II. Ord. ermittelt und bemessen wird. Es entspricht dem Modellstützenverfahren n. DIN 1045-1, 8.6.5.

Die Stütze wird bemessen für

$$M_{Ed, Th. II. O.} = M_{0Ed} + M_2 \dots \text{mit } \dots$$

$$M_{0Ed} \dots \dots \dots \text{Moment n. Th. I. Ord. einschl. Auswirkungen von Imperfektionen}$$

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_2 \dots \dots \dots \text{Nennmoment n. Th. II. Ord.}$$

$$e_2 = (1/r) \cdot l_0^2 / c \dots \dots \dots \text{Verformung inf. Auswirkungen n. Th. II. Ord.}$$

$$(1/r) = K_r \cdot K_\varphi \cdot 1/r_0 \dots \dots \dots \text{Krümmung im kritischen Schnitt}$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1 \dots n_u = 1 + \omega \dots n_{bal} = 0.4 \dots n \text{ und } \omega \text{ s. o.}$$

hier: Annahme $K_r = 1$ (auf der sicheren Seite liegend)

$$K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} \geq 1 \dots \beta = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 \dots \varphi_{ef} \text{ und } \lambda \text{ s. o.}$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0.45 \cdot d) \dots \varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s \dots \text{statische Nutzhöhe } d = (h/2) + i_s$$

$$i_s = \sqrt{I_s / A_s} \dots \dots \dots \text{Trägheitsradius der Bewehrung}$$

$$l_0 \dots \dots \dots \text{Knicklänge s. o.}$$

$$c \dots \dots \dots \text{Beiwert für den Krümmungsverlauf } \dots \text{bei sinusförmigem Momentenverlauf } c = \pi^2 \approx 10$$

bei konstantem Moment: $c = 8$ (untere Grenze), hier: Annahme $c = 10$

Rissnachweis

s. Bemessung der Wände.

Weiterführende Informationen zur Nachweisführung im Internet unter *Stahlbetontheorie*.

Im Register *Bemessung* des Materialeigenschaftsblatts für Stahlverbände wird festgelegt, ob und wie der Tragfähigkeitsnachweis im Einzelnen entsprechend der im Eigenschaftsblatt *Gebäudemodell* festgelegten Norm DIN 18800 bzw. EC 3 geführt werden soll.

DIN 18800

Sollen Nachweise n. DIN 18800 geführt werden, kann festgelegt werden, ob die am Verband beteiligten Stahlstäbe plastisch (nach El. 757) oder elastisch (nach El. 747) nachgewiesen werden sollen. Abhängig von dieser Entscheidung können weitere bezogene Einstellungen vorgenommen werden.

Letztlich kann hier festgelegt werden, ob der vereinfachte Beulnachweis über die $\text{grenz}(b/t)$ -Verhältnisse geführt werden soll.



Man beachte, dass der plastische Nachweis nicht für allgemeine, über *##QUER* importierte Querschnitte geführt werden kann!

☒ Nachweise nach DIN 18800 führen

☒ **plastischer Querschnittsnachweis (El. 757)**
Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung (Kindmann)

☒ Begrenzung der Grenzbiegemomente (El. 755)

☐ **elastischer Querschnittsnachweis (El. 747)**

☒ Normalspannungen (Gl. 33)

☒ Schubspannungen (Gl. 34)

☒ Vergleichsspannungen (Gl. 34)

☒ Erlaubnis örtlich begrenzter Plastizierung

☒ $\sigma/\sigma_{R,d} \leq 0.5$ oder $\tau/\tau_{R,d} \leq 0.5$ (El. 747)

☒ allgemein (El. 749)

☒ für Stäbe mit I-Querschnitt (El. 750)

☒ Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ (Tab. 12-14,15,18)

Material Sicherheitsbeiwert γ_M

Weitere Informationen s. Handbuch *pcae-Nachweiskonzept*.

Auf der rechten Seite des Eigenschaftsblatts kann festgelegt werden, ob das Ersatzstabverfahren (Biegeknicknachweis n. DIN 18800-2, Abs.3.2.1) für die Stiele angewendet werden soll.

Hier wird zunächst der bezogene Schlankheitsgrad ausgewiesen. Für Profile des DTE[®]-Profilmanagers kann die Knickspannungslinie (n. DIN 18800-2, Tab. 5) automatisch ermittelt werden.

Wird diese Automatik nicht gewünscht oder handelt es sich bei den Stielquerschnitten um aus *##Quer* importierte Querschnitte, muss die zugrundeliegende Knickspannungslinie (KSL) in der Auswahlliste vorgegeben werden. Der Parameter α wird automatisch (n. DIN 18800-2, Tab. 4) ermittelt und der daraus berechnete Abminderungsfaktor κ ausgewiesen.

nur für Stiele:

☒ Biegeknicknachweis nach DIN 18800-2 Abs. 3.2.1

$\bar{\lambda}_k = 2.136$

Knicksprungslinie ☒ automatisch ☐ benutzerdefiniert

gewalztes I-Profil mit $h/b > 1.2$; $t \leq 40$ mm

gewählt: KSL $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$\Rightarrow \kappa = 0.186$

Eurocode 3

Ist Eurocode als zugrundeliegende Norm gewählt worden, ergibt sich ein entsprechender Dialog.

Der Nachweis wird i.d.R. nach dem Teilschnittgrößenverfahren nach Kindmann geführt, da hier die plastischen Reserven des Querschnitts am besten ausgenutzt werden.

Wenn dies aufgrund der Querschnittsform nicht möglich ist, schaltet das Programm automatisch in den elastischen Nachweis um, bei dem der Vergleichsspannungsnachweis in den signifikanten Punkten des Querschnitts geführt wird.

Der Knicknachweis nach Eurocode verläuft vollkommen analog zum Knicknachweis nach DIN 18800.

Der einzige Unterschied besteht darin, dass κ hier χ heißt.

☒ Nachweise nach EC3 führen

☒ **plastischer Querschnittsnachweis (EC3-1-1 6-2.1(6))**
Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung (Kindmann)

☐ **elastischer Querschnittsnachweis (EC3-1-1 6.2.1(5))**

☒ Grenzwerte $\text{grenz}(c/t)$ (EC3-1-1 Tabelle 5.2)

Die Material Sicherheitsbeiwerte werden dem gewählten nationalen Anwendungsdokument (NAD) entnommen.

nur für Stiele:

☒ Biegeknicknachweis nach EC3 Abs. 6.3.1.1

$\bar{\lambda} = 0.933$

Knicksprungslinie ☒ automatisch ☐ benutzerdefiniert

gewalztes I-Profil mit $h/b > 1.2$; $t \leq 40$ mm

gewählt: KSL $\Rightarrow \alpha = 0.34$

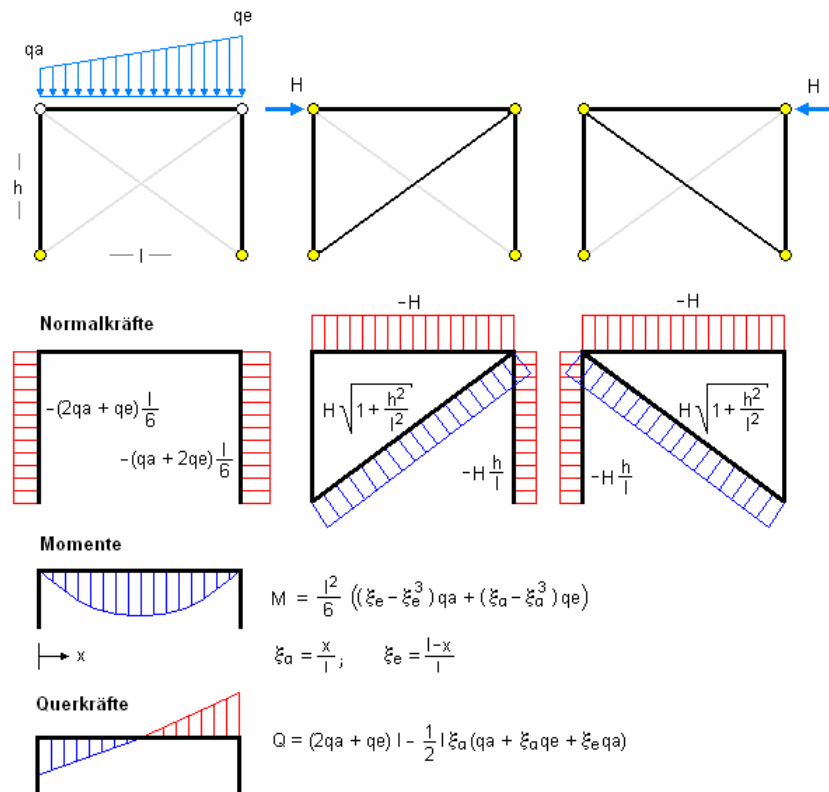
$\Rightarrow \chi = 0.640$

(nur für Querschnittsklassen OK 1, 2 und 3)

Schnittgrößen

Da die Diagonalen bei Druck vereinbarungsgemäß ausfallen sollen, liegt bei dem Stahlverband ein statisch bestimmtes System vor. Die Schnittgrößen in den einzelnen Traggliedern können unter Zuhilfenahme der Gleichgewichtsbedingungen direkt angeschrieben werden.

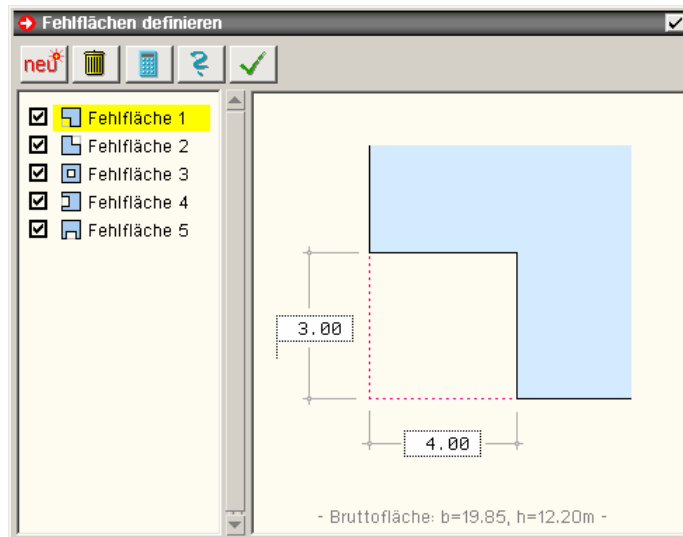
Es ergibt sich gemäß der folgenden Abb.



Die für den Tragfähigkeitsnachweis in der gegebenen Bemessungssituation extremalen Lasten werden entsprechend den o.a. Formeln in Schnittgrößen umgewandelt. Diese Schnittgrößen werden dem Nachweisprozess zugeführt. Das Ergebnis ist ein ausgewiesener Ausnutzungsgrad, der ggf. auf Reserven des Querschnitts hinweist.



Wird im zweiten Register *Wandscheiben + Deckenplatte* auf der Seite *Deckenplatte* der nebenstehend dargestellte Button angeklickt, so erscheint das Eigenschaftsblatt zur Definition von Aussparungen auf dem Sichtgerät. Die Aussparungen sind dem jeweils aktuell ausgewählten Lastschema zugeordnet. Das Layout dieses Eigenschaftsblatts ist nachfolgend dargestellt:



Im oberen Bereich des Eigenschaftsblatts befinden sich die Steuerbuttons. Sie haben folgende Bedeutungen



ein Mausklick auf dem nebenstehend dargestellten Button leitet die Erzeugung einer neuen Fehlfläche ein



ein Mausklick auf dem nebenstehend dargestellten Button löscht die aktuell ausgewählte Fehlfläche



dieser Button ruft den DTE®-eigenen Taschenrechner auf. Dies kann nützlich sein, wenn einzugebende Werte zunächst durch Summierung von Maßkettenelementen berechnet werden müssen.



dieser Button führt zum Hilfetext

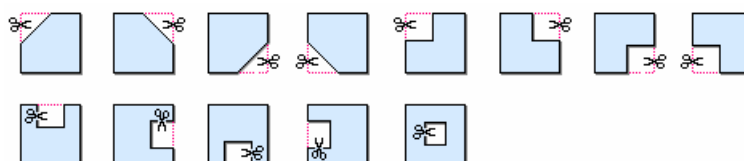


dieser Button beendet die Definition der Fehlflächen und schließt das Eigenschaftsblatt

Im linken Fenster sind die aktuell definierten Fehlflächen aufgelistet. Eine dieser Fehlflächen ist stets ausgewählt (gelb hinterlegt). Die Geometrie der ausgewählten Fehlfläche wird im rechten Fenster angezeigt. Mit Hilfe des Optionsschalters vor der Fehlfläche kann eine Fehlfläche deaktiviert werden.

Im rechten Fenster sind die Abmessungen der aktuell ausgewählten Aussparung festzulegen.

Aussparungen sind von einem bestimmten Typ, der bei Erzeugung einer Aussparung festgelegt werden muss. Mit dem Typ werden Art und Ort der Fehlfläche festgelegt. Nachfolgend ist die Liste der verfügbaren Typen dargestellt, die keiner weiteren Erläuterung bedarf.

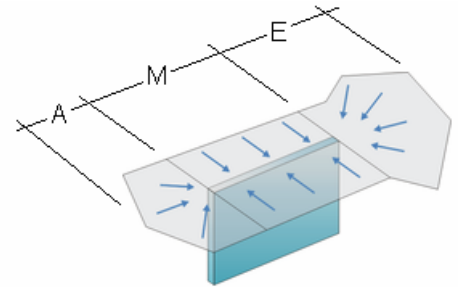


Im zweiten Register *Wandscheiben + Deckenplatte* auf der Seite *Deckenplatte* werden einem Lastschema zugeordnete Einflussflächen generiert, die letztlich die Lastordinaten der Wandscheiben und Stützen für das Modell *biegeweiche Platte* zur Verfügung stellen. An dieser Stelle wird der zugrunde liegende Algorithmus erläutert.

Über die per Randabstände und Aussparungen (Fehlflächen) gegebene Platte wird ein hinreichend engmaschiges Raster gelegt. Jeder materielle Rasterpunkt sucht sich nun das naheliegendste Unterstützungsobjekt (Wandscheibe bzw. Stütze) und ordnet diesem Objekt seinen Flächenanteil zu. Rasterbereiche, die nicht eindeutig zugeordnet werden können, werden weiter unterteilt bis eine hinreichend genaue Einteilung besteht.

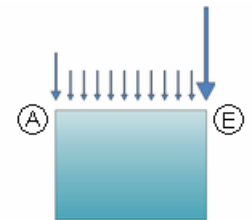
Je nach Geometrie der Platte und Anordnung der Wände und Stützen können die einer Wand zugeordneten Flächenanteile recht komplexe Strukturen annehmen. Nebenstehend ist beispielhaft eine derartige Fläche über einer Scheibe dargestellt.

Während die Lasten im Bereich M sich direkt rechtwinklig auf die Scheibe projizieren lassen, beziehen sich die Lasten im Bereich A und E auf den Anfangspunkt bzw. Endpunkt der Wand.



Die Wandscheibe empfängt die Lasten zunächst als ein Konglomerat unterschiedlich großer Einzellasten, die die Wandscheibe an unterschiedlichen Stellen belasten. In vielen Situationen ergibt sich eine Konzentration an den Wandendpunkten (s. nebenstehende Skizze).

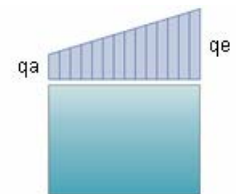
Da vereinbarungsgemäß vertikale Lasten von der Scheibe nur in Form einer veränderlichen Streckenlast aufgenommen werden können, findet programmintern eine momentenkonforme Umrechnung statt



$$q_a = \sum_i (4 - 6\xi_i) \cdot \frac{f_i}{l} \quad \text{und} \quad q_e = \sum_i (6\xi_i - 4) \cdot \frac{f_i}{l}$$

Hierin ist ξ_i ($0 \leq \xi_i \leq 1$) die genormte Laufordinate, die den Ort der i-ten Einzellast vom Anfangspunkt aus vermisst, und f_i die Lastordinate der i-ten Einzellast (l = Scheibenlänge).

Durch die starken Randlasten kann es in bestimmten Fällen dazu führen, dass die vordere oder hintere Lastordinate ihr Vorzeichen wechselt: Es entsteht dann am weniger belasteten Ende der Wandscheibe eine Zugspannung.



3.8.3

Druckausgabe



Wird der nebenstehend dargestellte Button im #-HORA-Hauptfenster angeklickt, so erscheint ein kleines symbolisches Untermenü, das die nachfolgend beschriebenen Funktionen anbietet.



dieser Button ruft ein Eigenschaftsblatt auf, in dem die Druckoptionen für die auszugebende Druckliste bearbeitet werden können (Erläuterungen s. unten)

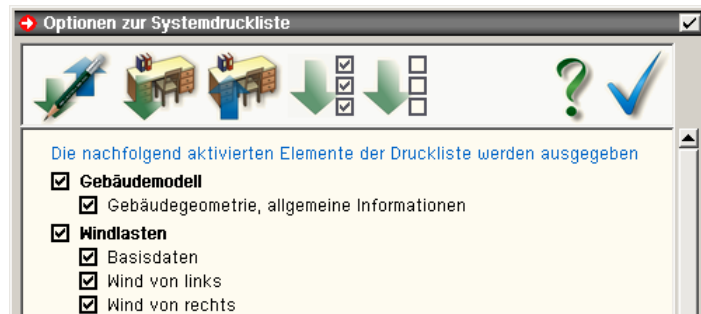


dieser Button ruft den DTE®-eigenen Drucklisten-Viewer auf, der die Druckliste auf der Grundlage der aktuell festgelegten Optionen auf dem Sichtgerät einblendet



dieser Button ruft den DTE®-Druckmanager auf, der die Ausgabe auf einem Drucker ermöglicht

Im Eigenschaftsblatt *Optionen zur Druckliste* ist jedem Element (Grafik oder Tabelle) des Ausgabedokuments ein Optionsschalter zugeordnet, mit dem festgelegt wird, ob das Element gedruckt werden soll oder nicht.



Wird ein übergeordneter Optionsschalter abgewählt (z.B. **Windlasten**), so wird keines der zugeordneten Elemente (**Basisdaten**, **Wind von links** usw.) ausgegeben.

Die Schaltflächen oberhalb der Liste bewirken



dass ein Verwaltungseigenschaftsblatt aufgerufen wird, in dem die aktuellen Schalterstellungen unter einem bestimmten Namen gespeichert oder ein bereits namentlich gespeicherter Satz von Optionsschalterstellungen geladen werden kann. Auf derart gespeicherte Zustände kann auch in anderen #-HORA-Projekten zugegriffen werden.



die unter DTE® als Voreinstellung definierten Schalterstellungen werden geladen



die DTE®-Voreinstellung wird mit dem aktuellen Zustand der Schalterstellungen überschrieben. Dies sorgt dafür, dass ein unter DTE® neu einzurichtendes #-HORA-Projekt genau diese Schalterstellungen übernimmt.



alle Schalter werden gesetzt. Dies definiert den maximalen Umfang der Druckliste



alle Drucklistenelemente werden abgewählt. Diese Aktion bewirkt zunächst, dass die Druckliste aus einer leeren Seite besteht. Der Einsatz dieses Schalters ist trotzdem sinnvoll, wenn nur eine bestimmte Tabelle ausgegeben werden soll, die dann natürlich wieder angewählt werden muss.



diese Schaltfläche ruft den Hilfetext hervor



mit dieser Schaltfläche wird der Inhalt des Eigenschaftsblatts bestätigt und das Eigenschaftsblatt geschlossen

benutzerdefinierte Anmerkungen

Den Hauptkapiteln des Ausgabedokuments können benutzerdefinierte Anmerkungen zugeordnet werden, um z.B. Hintergrundinformationen und Erläuterungen anzubieten. Wie alle Drucklistenelemente können auch die benutzerdefinierten Anmerkungen an- bzw. abgewählt werden. Die hierzu gehörenden Zeilen sind den einzelnen Ausgabeblöcken zugeordnet und werden wie folgt angeboten

☒ benutzerdef. Anmerkungen 

Ein Klick auf das **Buntstiftsymbol** öffnet ein Fenster, in dem der Text eingegeben, geändert oder ergänzt werden kann.

Ist einem Block noch kein Text zugeordnet, erscheint die entsprechende Zeile wie folgt

☒ benutzerdef. Anmerkungen 

3.8.4

Abschätzung der Steifigkeiten

Auf dieser Seite werden die Einstellmöglichkeiten auf der Seite *Steifigkeiten* im Register *System* + *Grundeinstellungen* erläutert. Sie haben unmittelbaren Einfluss auf das Ergebnis der Kraftaufteilung und somit auch auf die Ergebnisse der Extremalbildung und der materialabhängigen Nachweise.

Die Verteilung der horizontalen Gesamtlasten auf die definierten Wandscheiben wird im Verhältnis der Steifigkeiten der Wandscheiben berechnet.

Die Steifigkeitskennwerte werden ermittelt aus der

für Betonwände und Mauerwerk

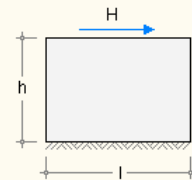
- ☒ Biegeverformung
- ☒ Schubverformung

für Stahlverbände

- ☒ Elastizität der Riegel
- ☒ Elastizität der Stiele
- ☒ Elastizität der Diagonalen

für Holztafeln

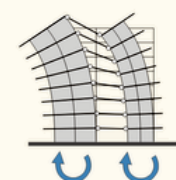
- ☒ Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel
- ☒ Schubbeanspruchung der Beplankung
- ☒ Normalkraftbeanspruchung der Randrippen
- ☒ Querdrukpressung der Randrippe auf dem Untergurt



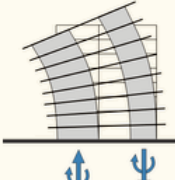
System

Abschätzung der Plattensteifigkeit

zur Aufnahme der Biegemomente	50 %
zur Aufnahme der Vertikallasten	30 %
Berücksichtigung der Wölbkräfte	0 %



ideal biegeweiche Platte



ideal biegesteife Platte

3.8.4.1

Steifigkeitskennwerte für eine Horizontalkraft

Im oberen Bereich der Seite werden Optionsschalter zur Berechnung der Steifigkeitskennwerte für eine Horizontalkraft zur Bearbeitung angeboten.

Die Horizontallast am Kopf der Wandscheibe in Scheibenrichtung bewirkt eine Verformung der Wandscheibe, aus deren Kehrwert die Steifigkeit der Scheibe gegenüber einer Horizontallast berechnet wird.

Das Verformungsverhalten ist naturgegeben materialabhängig, sodass die Einstellungen materialbezogen vorgenommen werden können. Voreingestellt sind alle Verformungseinflüsse angewählt. Eine Abwahl sollte nur in begründeten Fällen vorgenommen werden. Durch Abwahl eines Optionsschalters wird die Scheibe möglicherweise steifer angenommen als sie tatsächlich ist.

Im unteren Bereich der Seite werden Einflüsse der Plattensteifigkeit (sowie der Steifigkeit des gesamten Überbaus) zur prozentualen Abschätzung angeboten, die im Folgenden diskutiert werden.

3.8.4.2

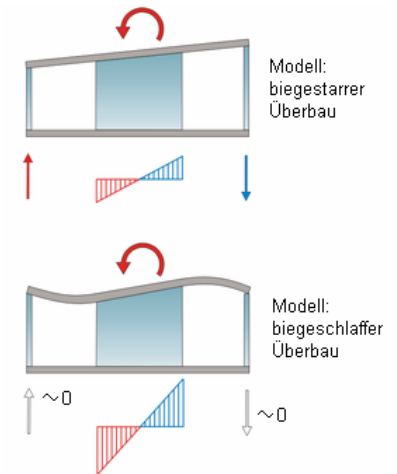
Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Biegemomente

Erfährt die Kopfplatte ein Moment M_x oder M_y (etwa als Ergebnis einer Windlast, deren Resultierende im oberen Bereich des Überbaus wirkt), wird sich die Platte wie nebenstehend dargestellt verdrehen.

Wird die Kopfplatte gemeinsam mit dem Überbau als ideal starr angesehen, stellt sich eine reine Festkörperverformung ein: Die Platte bleibt auch im verformten Zustand eben. Dies bewirkt, dass exzentrisch zum elastischen Schwerpunkt der Scheiben liegende Wände (und Stützen) gedrückt oder gezogen werden und entsprechend mit Normalkräften reagieren.

Diese Normalkräfte, wie auch die verteilten Streckenlasten in der mittleren Scheibe (s. Skizze oben) stehen im Gleichgewicht mit dem äußeren Moment. Die Kräfte in den äußeren Wänden und Stützen haben hierbei i.d.R. einen nicht unmaßgeblichen Anteil.

Wird die Kopfplatte mitsamt dem Überbau als ideal biegeschlaff angesehen, wird sich die Platte entsprechend nachgiebig verformen. Ein Zusammenpressen bzw. Strecken der exzentrisch liegenden Wände und Stützen bleibt aus.



Es werden keine maßgeblichen Kräfte eingetragen. Da trotzdem Gleichgewicht mit dem äußeren Moment gewährleistet sein muss, erhöhen sich die Ordinaten der verteilten Streckenlasten in den senkrecht zur Momentenachse ausgerichteten Scheiben.

Betrachtet man die offensichtliche Analogie zwischen den hier diskutierten Scheiben und Stützen mit der Theorie zur Berechnung von Trägheitsmomenten gegebener Querschnitte, so ergibt sich durch Aufgabe der Annahme vom Ebenbleiben des Querschnitts eine Reduzierung des Steineranteils: Die Einzelteile des Querschnitts tragen unabhängig voneinander nur noch über ihr Eigenträgheitsmoment.

Die Voreinstellung für die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Biegemomente ist programmintern mit 50% festgelegt. Im reinen Holztafelbau sollte der Wert sicherheitshalber auf etwa 20-30% abgemindert werden. Da bei der hier üblichen 2- bis 3-geschossigen Bauweise keine großen Momente zu erwarten sind, wird dies selten zu nachweistechischen Problemen führen.

Im Massivbau mit hohen wuchtigen Überbauten und durch durchgehende Bewehrungsführung in monolithisch miteinander verbundenen Traggliedern kann der Wert realistischer Weise auf 75% erhöht werden, wie Vergleichsrechnungen mit #ALFA3D gezeigt haben.

Im Zweifelsfalle sollte der Wert nach vollständiger Eingabe unter Beobachtung der Bemessungsergebnisse variiert werden.

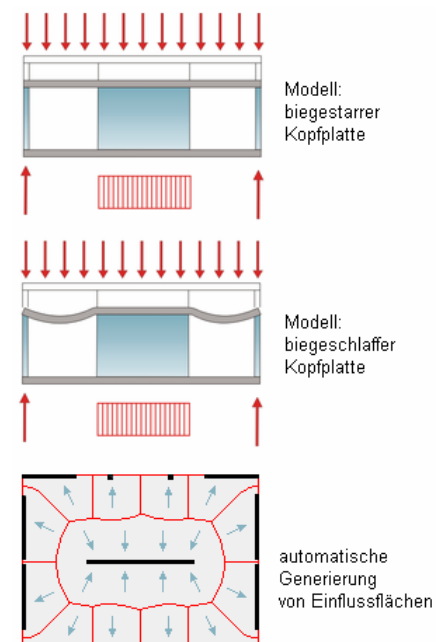
3.8.4.3

Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten

Vertikale Lasten bestehen zum einen aus den Eigengewichtslasten übereinander stehender Wände und Stützen. Diese bereiten i.d.R. keine Probleme, da sie unmittelbar in die Wände (bzw. Stützen) des nachfolgenden Geschosses weitergeleitet werden.

Anders ist dies bei den Eigengewichts- und Nutzlasten von Decken insbesondere dann, wenn keine elastische Berechnung der Platten zugrunde liegt. Auch hier unterscheidet #HORA zwischen zwei extremen Modellen, die gewichtet zum Einsatz kommen.

Zunächst wird wieder von der biegestarren Kopfplatte ausgegangen. Diese drückt die tragenden Wände und Stützen relativ gleichmäßig zusammen, sodass diese mit einer Druckspannung reagieren, die im Gleichgewicht mit den äußeren Lasten steht. Ist der Schwerpunkt der Belastung nicht identisch mit dem elastischen Schwerpunkt der Scheiben und Stützen, so stellt sich gleichzeitig eine Schiefstellung ein. Aber - die Kopfplatte bleibt eben!



Das andere Extrem ist die biegeschlaife Kopfplatte, die man sich als "nasses Handtuch" vorstellen mag, das über die Wände und Stützen gespannt wird. Die Lasten "flüchten" hierbei zum jeweils nächstliegenden Lager, was mit Hilfe von Einflussflächen - wie oben beispielhaft dargestellt - programmiert realisiert wird.

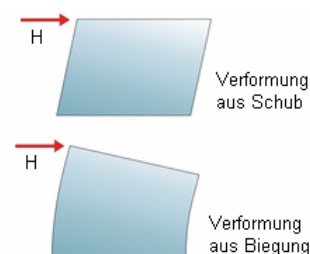
Es handelt sich hierbei um eine früher häufig gebräuchliche Methode der Lastverteilung, die auch unter dem Begriff "Walmdach-Analogie" bekannt ist. Einflussflächen werden im Register *Wandscheiben + Deckenplatten* auf der Seite *Deckenplatte* definiert. Hier kann die Deckenplatte über die Definition von Randabständen und Aussparungen modelliert werden. Die Berechnung der Flächenanteile erfolgt automatisch. Das Ganze ergibt ein Lastschema, auf das bei der Vorgabe benutzerdefinierter Lasten im Register *Belastung* auf der Seite *Lasten* durch Aktivierung des Automatikschalters Bezug genommen werden kann. Um etwa Verstärkungen oder erhöhten Lasten in Teilbereichen gerecht zu werden, können mehrere Lastschemata definiert werden.

Die Voreinstellung für die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der vertikalen Lasten ist programmiert mit 0% festgelegt. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass die hier beschriebene Methode der Einflussflächen stets bessere Ergebnisse liefert als das Modell der starren Kopfplatte. Letztendlich ist noch die Möglichkeit gegeben, durch direkte Eingabe Einheitsordinaten vorzugeben, die etwa aus den Auflagerreaktionen einer vorab durchgeführten Plattenberechnung resultieren.

3.8.4.4

Berücksichtigung der Wölbkräfte

Eine im Kopfbereich horizontal belastete Scheibe reagiert mit zwei Verformungsanteilen: Eine horizontale Verschiebung in Krafrichtung infolge der Schubbeanspruchung sowie ein Biegeanteil wie nebenstehend dargestellt. Beim Biegeanteil wird die äußere senkrechte Faser am Scheibenanfang gedehnt und am Scheibenende gestaucht, was zum hier dargestellten Verformungsbild führt: Der Eckpunkt am Scheibenanfang bewegt sich nach oben und der Eckpunkt am Scheibenende bewegt sich nach unten.

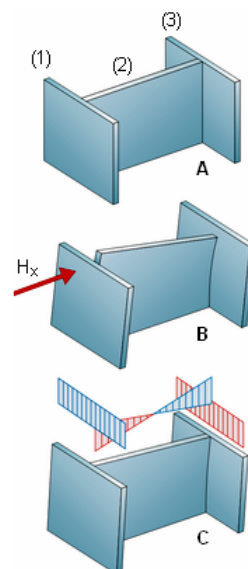


Bei den bisherigen Betrachtungen konnte eine Horizontalkraft H_x bzw. H_y wie auch ein Moment M_z nur Horizontalkräfte in den Scheiben wecken. Bei diesen Belastungsarten galt stets: $q_{a1} = q_{e1} = 0$ für alle betrachteten Scheiben i .

Betrachtet sei nun eine Gruppe von Scheiben wie nebenstehend dargestellt. Sie bilden gemeinsam die Figur eines Doppel-T-Trägers, sind jedoch nicht kraftschlüssig miteinander verbunden (Abb. A).

Die auf der (starken) Kopfplatte wirkende Horizontalkraft H_x bewirkt, dass die Scheiben (1) und (3) keine Kräfte aufnehmen, da sie senkrecht zur Krafrichtung angeordnet sind. Sie kippen widerstandslos um ihren Fußpunkt. Die Wandscheibe (2) wird allein die volle Kraft in der Größe H_x aufnehmen müssen und reagiert durch eine entsprechende Verformung (vgl. Abb. B).

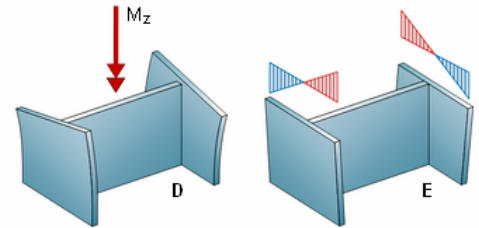
Besteht nun ein monolithischer Kraftschluss zwischen den Wandscheiben und dem als relativ starr angesehenen Überbau, so wird sich die Kopfplatte insbesondere gegen eine vertikale Verformung wehren. Sie wird die Scheiben entsprechend drücken bzw. ziehen, um die Oberkanten der Scheiben auf ein (leicht gekipptes) ebenes Niveau zu bringen. Hierdurch werden senkrecht wirkende Kräfte in die Scheiben eingetragen (vgl. Abb. C - blau = Zug, rot = Druck). Diese Kräfte bilden stets eine Gleichgewichtsgruppe deren Größenordnung jedoch nicht unterschätzt werden darf. Sie resultieren aus der Verwölbung der Scheibenoberkanten zueinander und werden deshalb "Wölbkräfte" genannt.



Entsprechendes gilt für eine Belastung der Kopfplatte durch ein Moment M_z . Hierbei werden die "Flansche" (1) und (3) durch gegensätzlich gerichtete Horizontalkräfte belastet, die über ihren Hebelarm mit dem äußeren Moment im Gleichgewicht stehen. Eine entsprechende Verformung (Abb. D) wird von der starren Kopfplatte unterbunden, was zu den vertikal eingetragenen Kräften führt (Abb. E).

Die bereits bemühte Analogie zur Theorie der Querschnitte zeigt ein ähnliches Verhalten der Scheibensysteme mit den Wölb-torsionsspannungen dünnwandiger Querschnitte an.

Die Voreinstellung für die Berücksichtigung der Wölbkräfte ist programmintern mit 0% festgelegt.



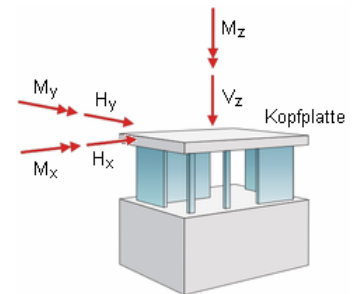
Bei Systemen, bei denen die hinreichende Steifigkeit des Überbaus und der kraftschlüssige Verbund zwischen den Wandscheiben und dem Überbau nicht gewährleistet ist, sollte man es bei dem Wert belassen.

3.8.4.5

Zusammenfassung

Das vorliegende Problem kann als reines Verteilungsproblem angesehen werden. Die Frage ist: Wie verteilen sich die äußeren, auf der Kopfplatte angesetzten Kräfte auf die definierten Scheiben und Stützen?

Festzustellen ist: Alle hier vorgestellten Modelle stehen mit den äußeren Kräften im Gleichgewicht. Hierdurch ist gewährleistet, dass auch prozentual gewichtete Einflüsse unterschiedlicher Modelle stets einen Gleichgewichtszustand bilden. Die Möglichkeit, prozentuale Wichtungsfaktoren vorgeben zu können, soll den Benutzer in die Lage versetzen, ein möglichst dem gegebenen System angepasstes, realistisches Modell auszuwählen.



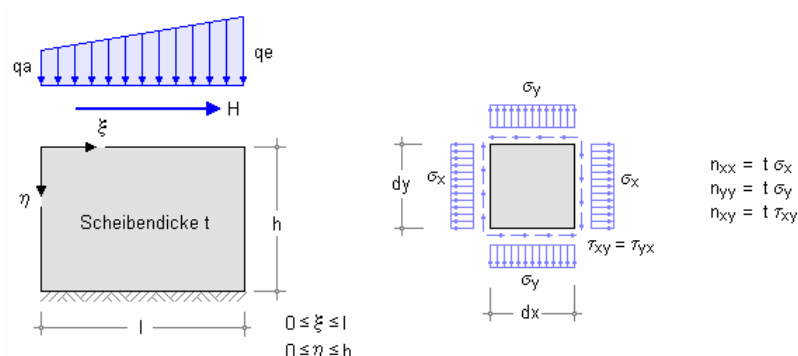
Im Zweifelsfalle bietet #H-HORA die hervorragende Möglichkeit, für unsicher empfundene Angaben im Register *System + Grundeinstellungen* zu variieren und die Reaktion des Systems unmittelbar im Register *Ergebnisse* zu studieren.

3.8.5

Umrechnung der Belastung in Scheibenspannungen

Der Bemessungsprozess für Stahlbetonscheiben sowie das Nachweisprogramm für Mauerwerkswände erwarten Scheibenspannungszustände in diskreten Punkten der Scheibe. Auf dieser Seite wird erläutert, wie diese aus den gegebenen Belastungen q_a , q_e und H ermittelt werden.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Scheibe mit der Höhe h , der Länge l und der Dicke t sowie ihrer Belastung dargestellt. Die Scheibe wird vermessen vom ξ - η -Koordinatensystem, dessen Nullpunkt sich in der oberen linken Scheibenecke befindet. Daneben sind die Anteile des klassischen Scheibenspannungszustandes (auch ebener Spannungszustand genannt) dargestellt. Da die Scheibendicke stets konstant ist, wird vereinfachend mit den Größen n_{xx} , n_{yy} und n_{xy} gerechnet.



Die vertikalen Lasten können von der Scheibe über n_{yy} direkt aufgenommen und in die Lager-ebene weitergeleitet werden. Die Lagerung wird hierbei als zwangungsfrei angenommen. Es ergibt sich:

aus vertikaler Streckenlast:

$$n_{xx} = n_{xy} = 0$$

$$n_{yy} = - \left(qa + \frac{qe - qa}{l} \xi \right)$$

Das Vorzeichen resultiert hierbei aus der Konvention, Druckspannungen mit negativen Vorzeichen zu versehen.

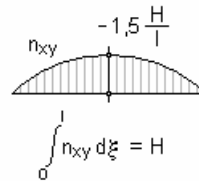
Die Horizontallast wird über die Schubspannung von der Scheibe aufgenommen. Horizontale Druck- bzw. Zugspannungen treten nicht auf. Für die Schubspannung gilt, dass das Integral der Schubspannungen horizontal über die Länge l aufgespannt im Gleichgewicht mit der eingetragenen Horizontalkraft sein muss. Des Weiteren gilt $n_{xy}(\xi=0) = n_{xy}(\xi=l) = 0$.

Mit Hilfe eines parabelförmigen Ansatzes ergibt sich in Anlehnung an die bekannte Dübelformel

aus Horizontalkraft:

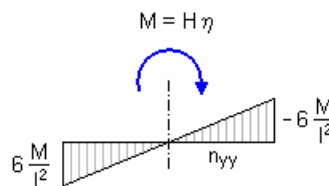
$$n_{xx} = 0$$

$$n_{xy} = -6 \frac{H}{l^2} \left(\xi - \frac{1}{l} \xi^2 \right)$$



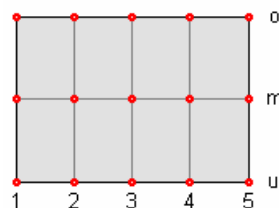
Mit zunehmendem η wird von der Horizontalkraft ein Moment aufgebaut. Ein linearisierter Spannungsverlauf n_{yy} reagiert darauf in horizontalen Schnitten aus Gleichgewichtsgründen wie folgt

$$n_{yy} = 6 \frac{H}{l^2} \eta \left(1 - \frac{2}{l} \xi \right)$$



Die Spannungsanteile aus vertikaler Belastung und Horizontalkraft können addiert und in diskreten Punkten (ξ, η) ausgewertet werden. //HORA legt hierzu ein regelmäßiges Raster mit fünf vertikalen und drei horizontalen Schnitten über die Scheibe. Es ergeben sich 15 Nachweis- bzw. Bemessungspunkte, in denen die Spannungen für jede Kombination des Tragfähigkeitsnachweises ermittelt und nachgewiesen bzw. bemessen werden.

Nachweis- bzw. Bemessungspunkte:



$$\xi_1 = 0, \quad \xi_2 = 0.25l, \quad \xi_3 = 0.5l, \quad \xi_4 = 0.75l, \quad \xi_5 = l$$

$$\eta_0 = 0, \quad \eta_m = 0.5h, \quad \eta_u = h$$

$$n_{xx} = 0$$

$$n_{xy}(\xi) = -6 \frac{H}{l^2} \left(\xi - \frac{1}{l} \xi^2 \right)$$

$$n_{yy}(\xi, \eta) = 6 \frac{H}{l^2} \eta \left(1 - \frac{2}{l} \xi \right) - \left(qa + \frac{qe - qa}{l} \xi \right)$$

3.8.6

automatische Ermittlung der Erdbebenlasten

3.8.6.1.1

Ermittlung des Bemessungsspektrums nach Eurocode unter Anwendung des nationalen Anhangs DIN EN 1998-1/NA:2021-07

Durch Aktivierung des alternativen Schalters **automatisch** im ersten Register *System + Grundeinstellungen* auf der Seite *Erdbebenlasten* wird *##-HORA* beauftragt, die Erdbebenlasten mit Hilfe einiger Vorgaben automatisch zu ermitteln.

Hierbei wird das vereinfachte Antwortspektrenverfahren nach DIN EN 1998-1/NA:2021-07 Anhang NA.D zugrunde gelegt.

Zunächst muss das Bemessungsspektrum nach DIN EN 1998-1/NA:2021-07, Bild NA.2, ermittelt werden. Hierzu dienen die nebenstehend dargestellten Angaben.

Die geologische Untergrundklasse kann beim Programm *##-WUSL* abgefragt werden.

Bei den Baugrundklassen wird zwischen A, B und C unterschieden. Die Wichtigkeit des Bauwerks zum Schutz der Allgemeinheit unterscheidet vier Bedeutungskategorien.

Baugrundklassen

- A unverwitterte (bergfrische) Festgesteine mit hoher Festigkeit
- B mäßig verwitterte Festgesteine bzw. Festgesteine mit geringerer Festigkeit oder grobkörnige (rollige) bzw. gemischtkörnige Lockergesteine mit hohen Reibungseigenschaften in dichter Lagerung bzw. in fester Konsistenz (z.B. glazial vorbelastete Lockergesteine).
- C stark bis völlig verwitterte Festgesteine oder grobkörnige (rollige) bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz oder feinkörnige (bindige) Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz.

Bedeutungskategorien

- I Bauwerke von geringer Bedeutung für die öffentliche Sicherheit, z.B. landwirtschaftliche Bauten.
- II gewöhnliche Bauten, die nicht zu den anderen Kategorien gehören, z.B. Wohngebäude.
- III Bauwerke, deren Widerstandsfähigkeit gegen Erdbeben im Hinblick auf die mit einem Einsturz verbundenen Folgen wichtig ist, z.B. große Wohnanlagen, Verwaltungsgebäude, Schulen, Versammlungshallen, kulturelle Einrichtungen, Kaufhäuser usw.
- IV Bauwerke, deren Unversehrtheit im Erdbebenfall von Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit ist, z.B. Krankenhäuser, wichtige Einrichtungen des Katastrophenschutzes und der Sicherheitskräfte, Feuerwehrrhäuser usw.

Der maßgebliche anzugebende Wert lautet $S_{aP,R}$.

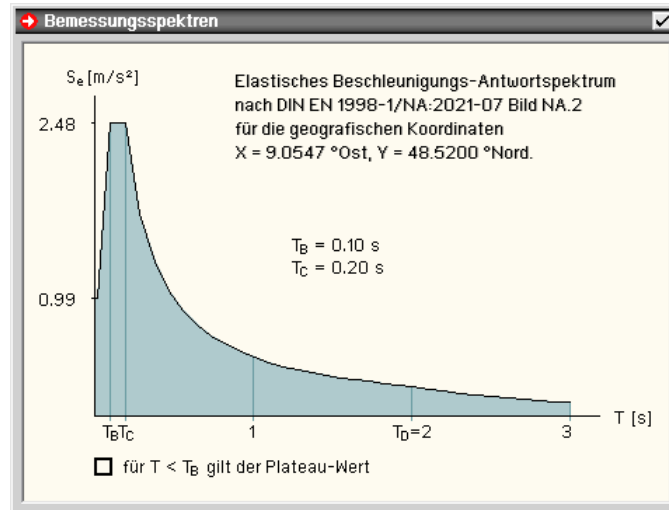
Er stellt den Plateau-Wert des Bemessungsspektrums für die geologische Untergrundklasse R, die Baugrundklasse A und die Bedeutungskategorie II dar.

In DIN EN 1998-1/NA:2021-07, Anhang NA.I, wird auf eine zur Norm gehörende Datei *SapR.csv* mit normativem Charakter verwiesen, die Stützstellen für den $S_{aP,R}$ -Wert innerhalb Deutschlands enthält.

Zwischen diesen Stützstellen darf der $S_{aP,R}$ -Wert linear interpoliert werden.

##-HORA bietet nach Klicken der Schaltfläche **ermitteln** ein Werkzeug an, mit dem der Wert nach Vorgabe des Bauwerksstandorts automatisch ermittelt werden kann, s. Abs. 3.8.6.1.6, S. 84.

Mit Eingabe der bis hierhin erläuterten Werte liegt das Bemessungsspektrum fest. Klicken Sie auf das **Lupensymbol** um das Bemessungsspektrum einzusehen.



3.8.6.1.2

Ermittlung des Bemessungsspektrums

Durch Aktivierung des alternativen Schalters **automatisch** im ersten Register *System + Grundeinstellungen* auf der Seite *Erdbebenlasten* wird *##-HORA* beauftragt, die Erdbebenlasten mit Hilfe einiger Vorgaben automatisch zu ermitteln. Hierbei wird das vereinfachte Antwortspektrenverfahren nach DIN 4149:2005-04 zugrunde gelegt.

Zunächst muss das Bemessungsspektrum nach DIN 4149:2005-04, 5.4.3, ermittelt werden. Hierzu dienen die nebenstehend dargestellten Angaben.

Die Erdbebenzone und die geologische Untergrundklasse können beim Programm *##-WUSL* abgefragt werden.

Bei den Baugrundklassen wird zwischen A, B und C unterschieden. Näheres s.o.

Die Wichtigkeit des Bauwerks zum Schutz der Allgemeinheit unterscheidet vier Bedeutungskategorien. Näheres s.o.

"Der Verhaltensbeiwert q wird bei der Bemessung zur Reduzierung der vereinfachend durch lineare Berechnung ermittelten Erdbebeneinwirkungen verwendet, um günstig wirkende dissipative Effekte abhängig von dem verwendeten Baustoff, dem Tragsystem und der konstruktiven Ausbildung zu berücksichtigen." (DIN 4149:2005-04 3.1)

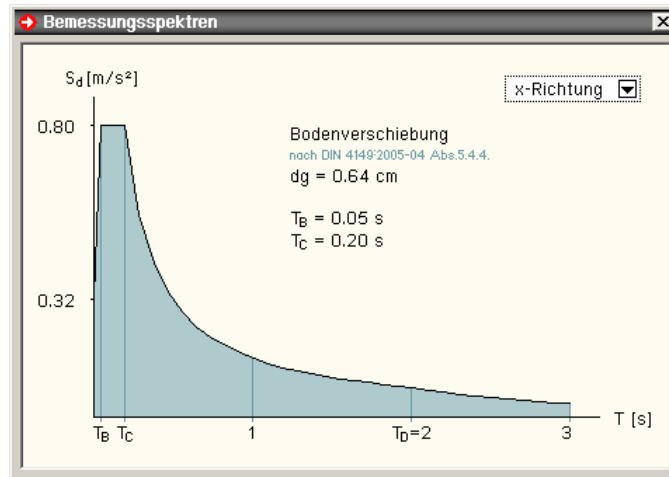
Die maßgebenden Verhaltensbeiwerte sind material-, bauwerks- und konstruktionsabhängig und können den Abschnitten 8 bis 12 der DIN 4149:2005-04 entnommen werden.

"Bauartunabhängig darf der Tragfähigkeitsnachweis für die seismische Lastkombination (...) mit dem Verhaltensbeiwert $q = 1,0$ (...) geführt werden." (DIN 4149:2005-04 7.1 (2)).

I.d.R. ist jedoch auch ein Wert von 1.5 vertretbar. Der Verhaltensbeiwert kann unabhängig voneinander für die x- und y-Richtung vorgegeben werden.

Mit Eingabe der bis hierhin erläuterten Werte liegt das Bemessungsspektrum fest. Klicken Sie auf das **Lupensymbol** um das Bemessungsspektrum einzusehen.

Die Spektren können für die x-Richtung und für die y-Richtung eingesehen werden. Die Spektren sind jedoch nur im Falle $q_x \neq q_y$ zueinander unterschiedlich.



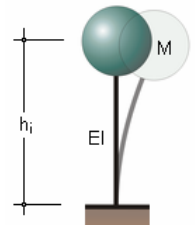
3.8.6.1.3

Ermittlung der aufzunehmenden Erdbebenlast

Da beim vereinfachten Antwortspektrenverfahren nur die erste Eigenschwingung von Interesse ist, kann das Gesamtsystem durch einen Einmassenschwinger idealisiert werden. Dieser besteht aus einer konzentrierten Kopfmass M , der Biegesteifigkeit des Ersatzstabes EI und der Höhe der konzentrierten Kopfmass über der Einspannstelle.

Da das Verhalten des Gebäudes in x - und y -Richtung untersucht werden muss, wird bei den Steifigkeiten zwischen EI_x und EI_y unterschieden.

Die vier Werte können vom Benutzer vorgegeben oder automatisch von *##-HORA* berechnet werden. Nachfolgend wird beschrieben, wie *##-HORA* die hier vorgestellten Werte automatisch ermittelt. Das Verfahren ist dann hinreichend genau, wenn eine halbwegs konstante Massen- und Steifigkeitsverteilung über die Höhe des Bauwerks gegeben ist.



M Das Programm ermittelt während des Rechenlaufs die Summe der lotrechten Lasten aus allen Einwirkungen außer Zwang, Vorspannung, Sonderlasten und Erdbeben. Darüber hinaus werden bei den veränderlichen Lasten die Kategorien *Windlasten*, *Temperaturlasten* und *Baugrundsetzungen* ignoriert. Es verbleiben folglich nur die Eigengewichtslasten und die diversen Verkehrslasten, die entsprechend der gewünschten Kombination mit ihrem Kombinationsbeiwert abgemindert werden. Das Ergebnis dieser Ermittlung kann im Register *Ergebnisse* auf der Seite *Summe der V-Lasten* eingesehen werden. *##-HORA* wählt als Masse den charakteristischen Wert der quasiständigen Kombination. Da dieser Wert die Masse von oben bis zum betrachteten Geschoss darstellt, wird diese Zahl (eine konstante Massenbelegung zugrunde gelegt) bis OK Fundament runtergerechnet. Dies entspricht den Regeln n. DIN 4149:2005-04, 5.5, jedoch ohne Berücksichtigung des Abminderungsbeiwertes φ gemäß Tab. 6.

EI Das Programm ermittelt die Einheitsverformungen der starren Kopfplatte. Die Ergebnisse können im Register *Kraftaufteilung* auf der Seite *allg. Informationen* eingesehen werden. Von besonderem Interesse sind die Verdrehungen Θ_{Sy} infolge $M_y = 1$ kNm und Θ_{Sx} infolge $M_x = 1$ kNm. Sie stellen ein Maß für die Biegesteifigkeit der Geschosswände dar. Ein Ersatzstab, der auf eine Einheitslast mit denselben Verdrehungen reagieren soll, muss die Steifigkeiten

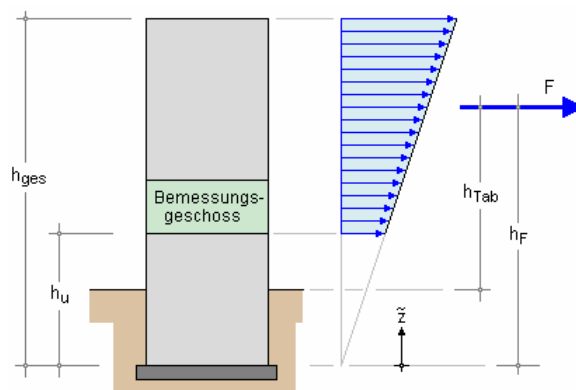
$$EI_x = \frac{h_G}{\Theta_{Sy}} \quad \text{und} \quad EI_y = \frac{h_G}{\Theta_{Sx}}$$

haben. h_G ist hierbei die Geschosshöhe.

h_i Die Höhe der Einzelmasse über der Einspannstelle wird zu $h_i = 0.6 \cdot h_{ges}$ angenommen. h_{ges} ist hierbei die gesamte Bauwerkshöhe gemessen ab OK Fundament. Dieser Wert liefert sehr gute Übereinstimmung mit dem Schwingungsverhalten eines Bernoullibalkens mit konstanter Massenbelegung und Steifigkeit in der ersten Eigenfrequenz und berücksichtigt die Tatsache, dass die Massen im oberen Bauwerksbereich sehr viel höhere Amplituden aufweisen als im unteren Bereich.

Der weitere Rechenweg folgt den Gesetzen der Mechanik bzw. den Forderungen der DIN 4149:2005-04:

	x-Richtung	y-Richtung
Federsteifigkeit des Einmassenschwingers	$K_x = \frac{3EI_x}{h_i^3}$	$K_y = \frac{3EI_y}{h_i^3}$
Eigenkreisfrequenz des Einmassenschwingers	$\omega_x = \sqrt{\frac{K_x}{M}}$	$\omega_y = \sqrt{\frac{K_y}{M}}$
Schwingungsperiode	$T_{1x} = \frac{2\pi}{\omega_x}$	$T_{1y} = \frac{2\pi}{\omega_y}$
Spektralbeschleunigung aus Bemessungsspektrum	$S_{dx} = S_d(T_{1x})$	$S_{dy} = S_d(T_{1y})$
Gesamterdbebenkraft DIN 4149:2005-04, 6.2.2.2 (14)	$F_{bx} = S_{dx} \cdot M \cdot \lambda_x$	$F_{by} = S_{dy} \cdot M \cdot \lambda_y$



In Anlehnung an DIN 4149:2005-04, 6.2.2.3(15), ergibt sich die resultierende, vom Bemessungsgeschoss aufzunehmende Kraft unter der Voraussetzung konstanter Massenverteilung und linearisierter Grundswingungsform zu

$$F = F_b \frac{\int_0^{h_{ges}} \tilde{z} d\tilde{z}}{\int_0^{h_{ges}} \tilde{z} d\tilde{z}} \Rightarrow F_x = F_{bx} \frac{h_{ges}^2 - h_u^2}{h_{ges}^2}, \quad F_y = F_{by} \frac{h_{ges}^2 - h_u^2}{h_{ges}^2}$$

und das Moment in Höhe des Fundaments zu

$$M = F_b \frac{\int_0^{h_{ges}} \tilde{z}^2 d\tilde{z}}{\int_0^{h_{ges}} \tilde{z} d\tilde{z}} \Rightarrow M_x = \frac{2}{3} F_{bx} \frac{h_{ges}^3 - h_u^3}{h_{ges}^2}, \quad M_y = \frac{2}{3} F_{by} \frac{h_{ges}^3 - h_u^3}{h_{ges}^2}$$

woraus sich der Hebelarm

$$h_F = \frac{M}{F} = \frac{2}{3} \cdot \frac{h_{ges}^3 - h_u^3}{h_{ges}^2 - h_u^2}$$

und hieraus wiederum der in die Tabelle der globalen Erdbebenlasten einzutragende Wert h_{Tab} unmittelbar ergibt (vgl. o.a. Skizze).

3.8.6.1.4

Berücksichtigung der Torsionswirkung

Die Berücksichtigung der Torsionswirkung erfolgt in #HORA nach den Regeln der DIN 4149:2005-04, 6.2.2.4.2 (11). Hiernach sind für die horizontal angreifenden Erdbebenkräfte jeweils zwei Ausmitten für die x- und y-Richtungen vorzusehen. Diese setzen sich zusammen aus der tatsächlichen Exzentrizität, der zufälligen Exzentrizität und der zusätzlichen Exzentrizität. Diese sind gemäß Bild 5 (DIN 4149:2005-04) anzusetzen. Das Ergebnis kann in #HORA im Register *Ergebnisse* unter der Überschrift *Nachtrag* auf der Seite *Erdbeben* eingesehen werden. Es ergeben sich für die Erdbebenlast in y-Richtung die Lastangriffspunkte x_1 und x_2 und für die Erdbebenlast in x-Richtung die Lastangriffspunkte y_1 und y_2 .

3.8.6.1.5

Kombinationen

Die Kombination der Horizontalkomponenten der Erdbebeneinwirkung erfolgt nach DIN 4149:2005-04, 6.2.4.1 (3). Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Lastangriffspunkte zur Berücksichtigung der Torsionswirkung ergeben sich folgende zu untersuchende Kombinationen.

$$\begin{bmatrix} + \\ - \end{bmatrix} F_x \oplus \begin{bmatrix} + \\ - \end{bmatrix} 0.3 \cdot F_y \quad \text{an den Stellen} \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \quad (16 \text{ Lastfälle}), \text{ sowie}$$

$$\begin{bmatrix} + \\ - \end{bmatrix} 0.3 \cdot F_x \oplus \begin{bmatrix} + \\ - \end{bmatrix} F_y \quad \text{an den Stellen} \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \quad (16 \text{ Lastfälle})$$

Übereinander stehende Angaben in eckigen Klammern verstehen sich als Alternativen.

Das Zeichen \oplus bedeutet "zu kombinieren mit". Die sich ergebenden 32 Lastfälle werden vom Überlagerungsprozess als Alternativen betrachtet, so dass nur der für eine Wand ungünstigste Fall bei der Bemessung berücksichtigt wird. Hierbei gilt die Erdbeben-Bemessungssituation nach DIN 1055-100.

3.8.6.1.6

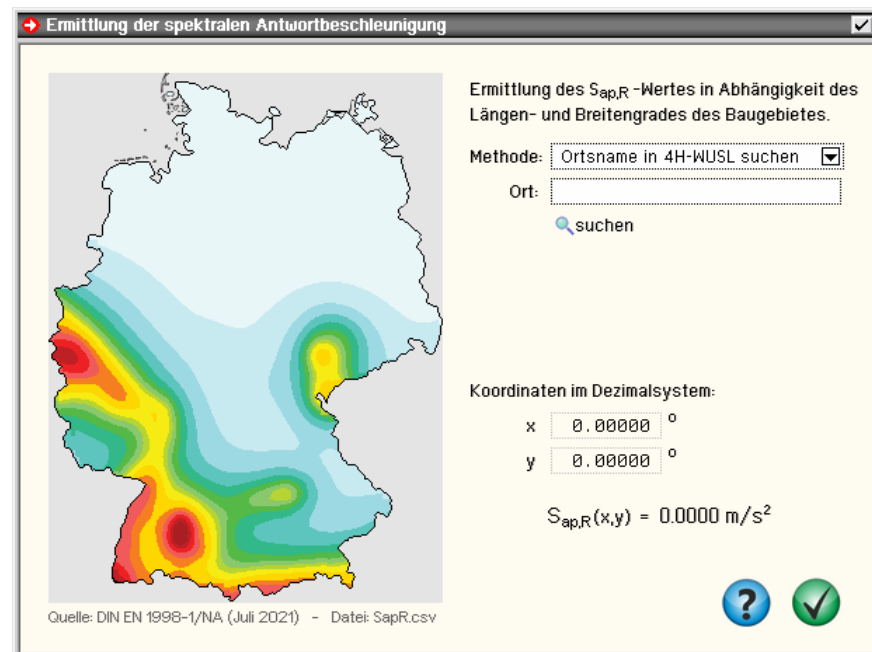
automatische Ermittlung der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{aP,R}$

Der maßgebliche anzugebende Wert zur Festlegung des Erdbeben-Bemessungsspektrums lautet $S_{aP,R}$. Er stellt den Plateau-Wert des Bemessungsspektrums für die geologische Untergrundklasse R, die Baugrundklasse A und die Bedeutungskategorie II dar.

In DIN EN 1998-1/NA:2021-07, Anhang NA.I, wird auf eine zur Norm gehörende Datei *SapR.csv* mit normativem Charakter verwiesen, die Stützstellen für den $S_{aP,R}$ -Wert innerhalb Deutschlands enthält. Zwischen diesen Stützstellen darf der $S_{aP,R}$ -Wert linear interpoliert werden.

Mit dem vorliegenden Eigenschaftsblatt bietet 4H-HORA ein Werkzeug an, mit dem der Wert nach Vorgabe des Bauwerksstandorts automatisch ermittelt werden kann.

Im Register *System + Grundeinstellungen* auf der Seite *Erdbebenlasten* wird nach Wahl der Alternative **automatisch** durch Klicken der Schaltfläche **ermitteln** das zum Werkzeug gehörende Eigenschaftsblatt aufgerufen.



Hierin werden vier Methoden zur Ermittlung des normengerechten $S_{aP,R}$ -Werts angeboten.

3.8.6.1.6.1

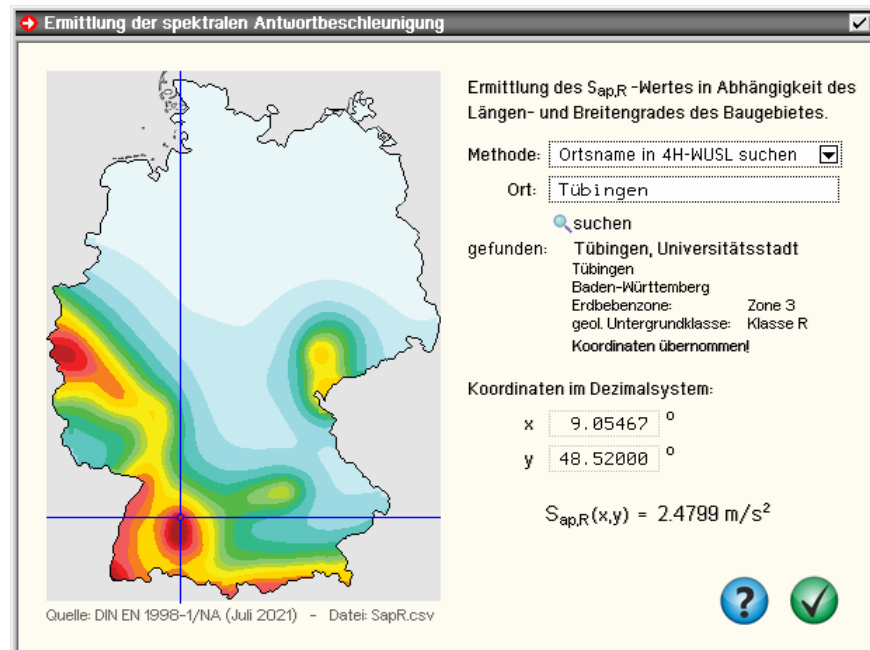
Methode 1: Ortsname in 4H-WUSL suchen

Diese Methode funktioniert relativ schnell, setzt aber voraus, das 4H-WUSL installiert ist.

Geben Sie den Ort des Baugebiets im Eingabefeld ein und klicken auf die **suchen**-Schaltfläche.

Das Programm sucht nun den Ort in der 4H-WUSL-Datenbasis, ermittelt die Koordinaten des Orts, rechnet diese in Dezimaldarstellung um und ermittelt mit diesen Koordinaten durch lineare Interpolation der in der Datei *SapR.csv* zur Verfügung gestellten Stützstellen den korrekten $S_{aP,R}$ -Wert.

Das Eigenschaftsblatt zeigt nun die gefundenen Koordinaten, den ermittelten $S_{aP,R}$ -Wert und in der dargestellten Deutschlandkarte die Lage des gefundenen Orts mit Hilfe eines Fadenkreuzes an.

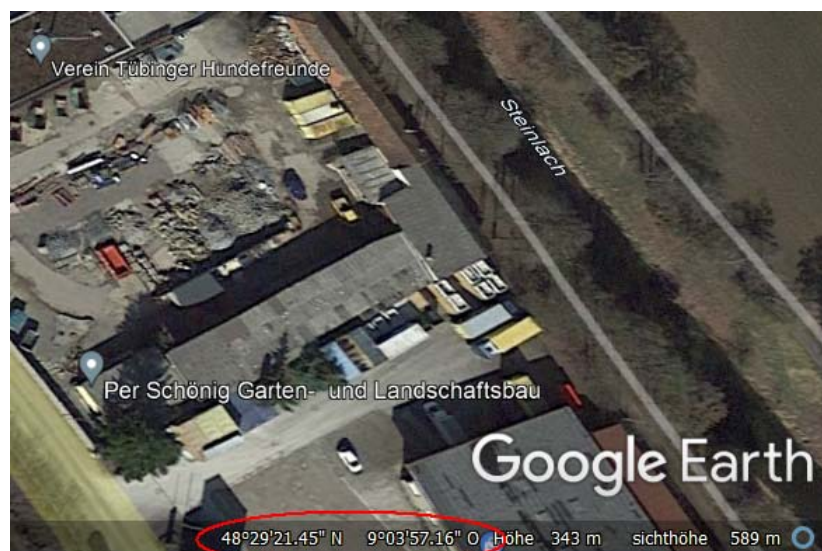


3.8.6.1.6.2

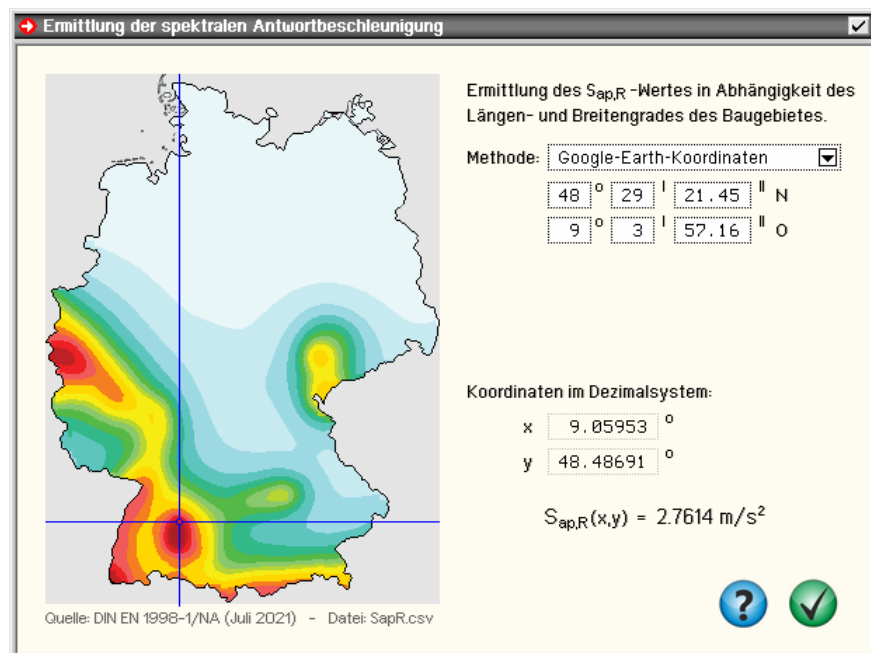
Methode 2: Google-Earth-Koordinaten

Diese Methode ist die genaueste Methode, da hiermit die Koordinaten des Baugrundstücks sehr präzise erfasst werden können.

Starten Sie Google-Earth, zoomen Sie sich direkt in das Baugrundstück hinein und platzieren den Mauszeiger über dem Grundstück.



Lesen Sie nun in der Fußzeile (siehe Markierung im o. a. Snapshot) die Koordinaten ab und übertragen Sie sie in die Eingabefelder des *##-HORA*-Eigenschaftsblatts.



Obwohl das angezoomte Baugrundstück ebenfalls in Tübingen liegt, wird ein deutlich höherer $S_{aP,R}$ -Wert ausgewiesen als bei der vorangegangenen Methode. Dies liegt daran, dass sich das Grundstück ca. 2 km südlich vom Tübinger Zentrum befindet und in Tübingen der Gradient der $S_{aP,R}$ -Funktion relativ groß ist.

3.8.6.1.6.3 Methode 3: Direkteingabe (Koordinaten)

Diese Methode bietet sich an, wenn die Koordinaten des Baugrundstücks im Dezimalsystem bereits bekannt sind. Nach Eingabe der Koordinaten wird ihnen unmittelbar der zugehörige $S_{aP,R}$ -Wert angezeigt.

3.8.6.1.6.4 Methode 4: Direkteingabe (Ergebnis)

Diese Methode bietet sich an, wenn von baubehördlicher Stelle ein $S_{aP,R}$ -Wert verbindlich vorgegeben wurde.



Aufruf des zugehörigen Hilfetexts

Schließen des Eigenschaftsblatts und Übergabe des $S_{aP,R}$ -Wert an die aufrufende Seite

automatische Ermittlung der Imperfektionslasten

Durch Aktivierung des alternativen Schalters **automatisch** im ersten Register *System + Grundeinstellungen* auf der Seite *Imperfektionen* wird HORA beauftragt, die Imperfektionslasten mit Hilfe einiger Vorgaben automatisch zu ermitteln.

Zunächst müssen die Schiefstellungswinkel α_x und α_y angegeben werden.

Mit deren Hilfe berechnen sich die Ersatzlasten zu

$$P_x = G \cdot \alpha_x \quad \text{und} \quad P_y = G \cdot \alpha_y.$$

Die Kombination, aus der der Wert für G vom Programm automatisch ermittelt wird, kann vom Anwender gewählt werden. S. hierzu auch im Register *Ergebnisse* die Seite *Summe der V-Lasten*. Voreingestellt ist **maximal**.

Da die Werte sowohl positiv als auch negativ anzusetzen sind, ergeben sich insgesamt vier Imperfektionslastfälle. Der Anwender kann entscheiden, ob sich die Imperfektionslasten in x-Richtung und y-Richtung gegenseitig ausschließen. Die Voreinstellung hierfür lautet **nicht ausgeschlossen**.

Die Berechnung der Ersatzlasten aus Imperfektion erfolgt im Rechenlauf, nachdem der korrekte Wert für G ermittelt wurde. Die Ergebnisse können im Register *Ergebnisse* unter der Überschrift *Nachtrag* auf der Seite *Imperfektionen* eingesehen werden.



IMPERFEKTIONEN

☐ keine ☐ manuell ☒ automatisch

Schiefstellung in x-Richtung α_x %

Schiefstellung in y-Richtung α_y %

$P_x = G \cdot \alpha_x, \quad P_y = G \cdot \alpha_y$
mit G aus lotrechten Lasten gemäß

☐ nur ständige Lasten
☐ aus quasiständiger Kombination
☐ aus häufiger Kombination
☐ aus seltener Kombination
☒ maximal ($\Psi=1$)

Durch das alternierende Vorzeichen ergeben sich vier Imperfektionsfälle. Bei der Überlagerung wird das gleichzeitige Auftreten von Imperfektionen in x- und y-Richtung

☐ ausgeschlossen
☒ nicht ausgeschlossen

In diesem Kapitel sind die Neuerungen der vorliegenden Version 2013, die sich i.W. auf die Berechnung und Bemessung nach den Eurocode-Normen konzentrieren, zusammengestellt.

Nationale Anwendungsdokumente

Eurocode ist eine europäische Norm, die in den CEN-Mitgliedsländern (CEN = Comité Européen de Normalisation) der EU durch einen so genannten nationalen Anhang verbindlich eingeführt wird.

Eurocode erlaubt den Mitgliedsländern in den nationalen Anhängen bestimmte Parameter, die in den Eurocodes als Empfehlungen ausgewiesen sind, verbindlich zu überschreiben (NDP: national determined parameters, national festzulegende Parameter). Darüber hinaus kann ein nationaler Anhang ergänzende, nicht widersprechende Angaben zur Anwendung der Eurocodes enthalten (NCI: noncontradictory complementary information).

pcae möchte ihren Kunden ermöglichen, statische Berechnungen für Bauwerke in allen CEN-Mitgliedsländern Europas zu erstellen. Die vollständige Einführung von Eurocode bietet hierzu eine hervorragende Chance. Allein die Parameter der nationalen Anhänge der teilnehmenden Staaten müssen in die Software eingepflegt werden. **pcae** bietet hierzu ein Werkzeug an, mit dem so genannte nationale Anwendungsdokumente (NADs) verwaltet werden.

Ein NAD enthält hierbei die für die *##*-Rechenprogramme erforderliche Untermenge an Parametern aller nationalen Anhänge eines Landes. Das o.g. Werkzeug kann aus der DTE[®]-Schublade heraus aufgerufen werden, wie auch von allen Programmen, die Eurocodenachweise anbieten.



Um das Modul aus der Schublade heraus zu starten, doppelklicken Sie auf das nebenstehend dargestellte Symbol, das sich in der Schublade des DTE[®]-Schreibtisches befindet. Es erscheint ein Fenster, in dem die Parameter der nationalen Anwendungsdokumente eingesehen und ggf. bearbeitet werden können.

Die beiden Dokumente *EC-Standardparameter* und *Deutschland* werden von **pcae** mitgeliefert und haben einen geschützten, nicht editierbaren Status.

In den *##*-Programmen, die die Eurocode-Nachweise führen, muss - wenn nach Eurocode gerechnet werden soll - stets auf ein existierendes NAD verwiesen werden, um somit auch die nationalen Feinheiten der in dem entsprechenden Land geltenden Eurocode-Normen berücksichtigen zu können.

Da die in dem o.a. Modul festgelegten Parameter der nationalen Anhänge den Rechenlauf, insbesondere auch die Nachweisführung, maßgeblich steuern, werden die Parameter in der Druckliste ausgegeben. Liegt das NAD Deutschland zugrunde, kann evtl. auf ein Protokoll verzichtet werden.

Wird bei einem benutzerdefinierten NAD auf die Ausgabe verzichtet, wird die statische Berechnung nicht mehr prüfbar sein.

Die weiteren Ausführungen beschreiben Unterschiede zwischen Eurocode und den bisher geltenden DIN-Normen. Hierbei wird i.W. auf das deutsche NAD Bezug genommen.

EC 0 (EN 1990 in Verbindung mit DIN EN 1990/NA)

Überlagerungsverfahren, Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte

Die Überlagerungsvorschriften gemäß EC 0 entsprechen im Großen und Ganzen denen der DIN 1055-100. Die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte stimmen mit einer Ausnahme überein: Der ψ_1 -Wert für Windlasten beträgt nach Eurocode 0.2, nach DIN 1055-100 jedoch 0.5.

Dies hat innerhalb von *##*-HORA vor allen Dingen Auswirkungen auf die außergewöhnliche Bemessungssituation. Hierbei wird bei Berechnungen nach Eurocode eine sehr viel kleinere Horizontalkraft aus Wind auf die Wandscheiben anzusetzen sein, als nach DIN 1055-100, was, wenn die außergewöhnliche Bemessungssituation den maßgeblichen Bemessungswert liefert, zu einem wirtschaftlicheren Resultat führen kann.

Aus demselben Grund werden bei der Verformung der Kopfplatte in der Plattenebene in der häufigen Kombination sehr viel kleinere Verschiebungen ausgewiesen, wenn der Wind die einzige Einwirkung ist, die horizontale Verschiebungen bewirkt.

Die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte werden in EN 1990 empfohlen und im deutschen nationalen Anhang DIN EN 1990/NA ausdrücklich bestätigt. Sie können als Teil der Parameter der NADs mit dem o.a. Werkzeug für andere Länder modifiziert werden.

Daraus resultierende Effekte können hier nicht diskutiert werden

EC 1 (EN 1991-1-4 in Verbindung mit DIN EN 1991-1-4/NA)

hier: nur Windlastannahmen

Die in #H-HORA verwendeten Druckbeiwerte gemäß EC 1 entsprechen im Großen und Ganzen denen der DIN 1055-4. Im Detail können die Ergebnisse jedoch in Abhängigkeit bestimmter Eingangsparameter (h/d-Verhältnis, Dachneigung etc.) geringfügig unterschiedlich sein.

Größere Probleme bereitet die Festlegung des höhenabhängigen Böengeschwindigkeitsdrucks, der in Deutschland ganz andere Formeln zugrunde liegen als in EN 1991-1-4 vorgesehen. Aus diesem Grunde bietet #H-HORA neben der automatischen Berechnung des Normalfalls (in Deutschland) die Definition einer benutzerdefinierten Kennlinie für den Böengeschwindigkeitsdruck an.

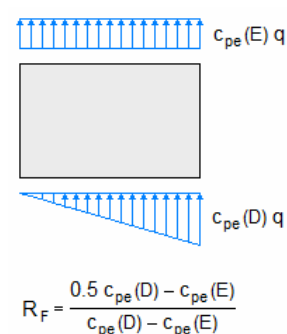
Diese Definition kann dazu benutzt werden, um etwa Besonderheiten (z.B. topografische Einflüsse) in Deutschland aber auch unterschiedliche Formelwerke im europäischen Ausland zu berücksichtigen. Die Festlegung erfolgt mit Hilfe einer Splinefunktion, deren Graph optisch kontrolliert werden kann.

Während lt. DIN 1055-4 9.1(4) die Gesamtwindkraft mit einer Ausmitte von $b/10$ anzusetzen war, dürfen nach Eurocode (EN 1991-1-4 7.1.2) die ausmittig anzusetzenden Windkräfte entsprechend nebenstehender Skizze abgemindert werden.

Es ergibt sich der nebenstehend dargestellte Reduktionsfaktor R_F , der bei Anwendung realistischer c_{pe} -Werte in etwa bei $2/3$ liegt.

Da zusätzlich die Maximalkraft zentrisch angesetzt werden muss (vgl. DIN EN 1991-1-4/NA NDP zu 7.1.2 (2)), werden bei einem Eurocode-Nachweis 12 Windlastfälle generiert.

Die Lage der Ausmitten ergibt sich (wiederum realistische c_{pe} -Werte vorausgesetzt) wie in DIN 1055-4 vorgegeben bei $b/10$.



EC 2 (EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA)

Beton und Stahlbeton im Hochbau

Der Elastizitätsmodul der gängigen Betone wird unter Eurocode gegenüber DIN 1045-1 um etwa das 1.2-fache hoch gesetzt. Dies hat zur Folge, dass die Steifigkeit gegenüber einer horizontalen Kopfverschiebung der Stahlbetonwände ebenfalls um denselben Faktor erhöht wird.

Bei gemischten Systemen (z.B. Stahlbeton- und Mauerwerkswände) sorgt dies für eine Verschiebung der Wandlasten zugunsten der Mauerwerkswände und zulasten der Stahlbetonwände. Bei alleiniger Betrachtung dieses Effekts wird der Ausnutzungsgrad der Mauerwerkswände bei solchen Systemen i.d.R. sinken, während die erforderliche Bewehrung der Stahlbetonwände zunimmt.

EC 3 (EN 1993-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1993-1-1/NA)

Stahlbauten im Hochbau

Die Festigkeitswerte bestimmter Stähle sowie die Formeln zum Nachweis der b/t -Verhältnisse (n. EC3: c/t -Verhältnisse) haben sich gegenüber DIN 18800 geringfügig geändert.

Der Materialsicherheitsbeiwert γ_M darf bei Berechnungen nach Th. I. Ord. mit 1.0 angenommen werden. Allein die Stützen, bei denen der Knicknachweis am Einzelstab (Ersatzstabverfahren) gefordert ist, werden mit $\gamma_M = 1.1$ nachgewiesen.

Da die Materialsicherheitsbeiwerte den Parametern des eingestellten NAD entnommen werden, können sich diese Festlegungen im europäischen Ausland anders darstellen.

Der Nachweis wird i.d.R. nach dem Teilschnittgrößenverfahren nach Kindmann geführt, da hier die plastischen Reserven des Querschnitts am besten ausgenutzt werden. Wenn dies aufgrund der Querschnittsform nicht möglich ist, schaltet das Programm automatisch in den elastischen Nachweis um, bei dem dann der Vergleichsspannungsnachweis in den signifikanten Punkten des Querschnitts geführt wird.

EC 5 (EN 1995-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1995-1-1/NA)

Holzbau

In EN 1995-1-1/NA (deutscher Anhang zu Eurocode 5) findet sich in einer Fußnote zur Tab. NA.1 der Satz: *"Bei Wind darf für k_{mod} das Mittel aus kurz und sehr kurz verwendet werden"*.

Dies hat zur Folge, dass bei den Holzbaunachweisen Spannungen aus Lastkombinationen, bei denen Windlasten beteiligt sind, ungefähr 10% höheren zulässigen Spannungen gegenübergestellt werden dürfen als nach DIN 1052. Dies macht sich *##*-HORA zunutze, es gilt jedoch nur bei Anwendung des NAD Deutschland. Hierzu wird eine zusätzliche Klasse der Einwirkungs-dauer definiert.

Die Berechnung der Schertragfähigkeit von Verbindungsmitteln beruht, wie in der DIN 1052:2008, auf der Theorie von Johanssen. Um mit einem einheitlichen Sicherheitsbeiwert für Holz (1.3) rechnen zu können, wurden jedoch die einzelnen Gleichungen zur Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeiten mit "Korrekturfaktoren" versehen. Dies führt nicht nur dazu, dass die errechneten charakteristischen Werte streng genommen falsch sind, sondern leider auch zu Unterschieden zur Bemessung nach DIN 1052:2008. Es kann sogar dazu führen, dass andere Versagensfälle maßgebend werden.

Das in DIN 1052:2008 eingeführte vereinfachte Verfahren findet sich im NA-Deutschl. wieder.

Die Berechnung der Wandtafeln ist sehr ähnlich wie in DIN 1052:2008. Die Schubfeldtheorie wird zwar nicht erwähnt, es ist aber davon auszugehen, dass diese den Bestimmungen zugrunde liegt.

Für die Bemessung von Wandscheiben sind zwei Verfahren (A und B) vorgesehen. Das Programm rechnet mit Verfahren A; gemäß NA-Deutschland ist ohnehin nur Verfahren A zulässig.

Im EC 5 ist im Gegensatz zur DIN 1052:2008 keine Übertragung von Vertikallasten über den Verbund zwischen Beplankung und Schwelle vorgesehen; daher werden alle Vertikallasten über die Rippen abgetragen.

Die Berechnung der Verformungen erfolgt analog zu DIN 1052:2008, da im EC 5 hierzu keine Angaben gemacht werden.

Insgesamt ist zu bemerken, dass DIN 1052:2008 und EC 5 i.W. übereinstimmen, aber in vielen Bereichen gibt es kleine oder größere Differenzen, die in Extremfällen zu recht unterschiedlichen Bemessungsergebnissen führen können.

EC 6 (EN 1996-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA)

Mauerwerk

Einige Materialparameter haben sich gegenüber DIN 1053-100 geringfügig geändert, so dass sich dadurch leichte Änderungen in den Ausnutzungen ergeben.

Der Gebrauchstauglichkeitsnachweis zur Begrenzung der planmäßigen Exzentrizitäten muss nur nach deutschen Normen geführt werden, wobei EC 6, NA-DE, die Bemessungsgrößen in der häufigen Bemessungssituation, DIN 1053-100 dagegen die Bemessungsgrößen in der seltenen (charakteristischen) Bemessungssituation verwendet.

EC 8 (EN 1998-1 in Verbindung mit DIN EN 1998-1/NA)

Erdbeben

An der automatischen Berechnung der Erdbebenlasten n. DIN 4149-1 hat sich innerhalb *##*-HORA nichts geändert. *pcae* hat sich jedoch vergewissert, dass die Vorgehensweise sowie die zugrunde liegenden Formeln vollumfänglich vom deutschen nationalen Anhang zu Eurocode 8 (DIN EN 1998-1/NA) gedeckt sind.

Entsprechende Normenverweise in der Druckliste werden dementsprechend im Falle einer Berechnung nach Eurocode ersetzt.

Für eine statische Berechnung im europäischen Ausland ist dies jedoch nicht unbedingt brauchbar. Dies beginnt bereits damit, dass der Begriff "geologische Untergrundklasse" in der EC 8-Hauptnorm (EN 1998-1) nicht bekannt, für die Ermittlung des Bemessungsspektrums in Deutschland aber unbedingt erforderlich ist. Im Zweifelsfalle muss hier auf die manuelle Vorgabe der Erdbebenersatzlasten zurückgegriffen werden.

3.8.9

Holzdeckentafelbemessung



Über den dargestellten Button besteht Zugang zur Holzdeckentafelbemessung mit dem eigenständigen Programm *H-HDTF*.

Der Zugang kann genutzt werden, wenn die Kopfplatte über dem Bemessungsgeschoss aus Holztafeln hergestellt werden soll und das Programm *H-HDTF* auf dem Rechner installiert ist.

Zunächst werden alle erforderlichen Arbeitsschritte für eine erfolgreiche *H-HORA*-Berechnung durchgeführt. Durch Anklicken des o.a. Buttons erscheint das Eigenschaftsblatt zur Verwaltung der Deckentafelpositionen. Eine Deckentafelposition ist hierbei ein rechteckförmiger Teilbereich des in *H-HORA* definierten Grundrisses.



Die Buttons in der oberen Zeile besitzen folgende Funktionen



Mit dem nebenstehend dargestellten Button wird eine neue Position erstellt. Der Benutzer wird (nach Eingabe von Positionsnummer und Bezeichnung) aufgefordert, einen rechteckförmigen Teilbereich in dem im Darstellungsfenster dargestellten Grundriss zu markieren. Hierzu muss der Mauszeiger in einer Ecke des Bereichs positioniert und mit gedrückt gehaltener Maustaste die gegenüber liegende Positionsecke angefahren werden. Nach Lösen der Maustaste erscheint die Position im Positions- und Darstellungsfenster. Der ausgewählte Bereich wird (über die Minimalkoordinaten (xa und ya) sowie die Maximalkoordinaten (xe und ye) im Positionsfenster numerisch angezeigt und kann dort jederzeit geändert werden.



Die aktuell ausgewählte Position wird gelöscht.



Positionsnummer und -bezeichnung der ausgewählten Position können eingegeben bzw. geändert werden.



Mit dem nebenstehend dargestellten Button wird die manuelle Definition der Positionsgrenzen (wie bei der Erzeugung der Position) eingeleitet.



Über diesen Button werden die der ausgewählten Position zugeordneten Wände in einem eigens hierfür erscheinenden Eigenschaftsblatt festgelegt.



Festlegung, welche Lastarten nach *H-HDTF* exportiert werden sollen



Mit dem nebenstehend dargestellten Button werden alle Informationen bzgl. Positionsgröße, stützende Wände und Belastung der ausgewählten Position an *H-HDTF* übergeben und das separate Programm *H-HDTF* aufgerufen.



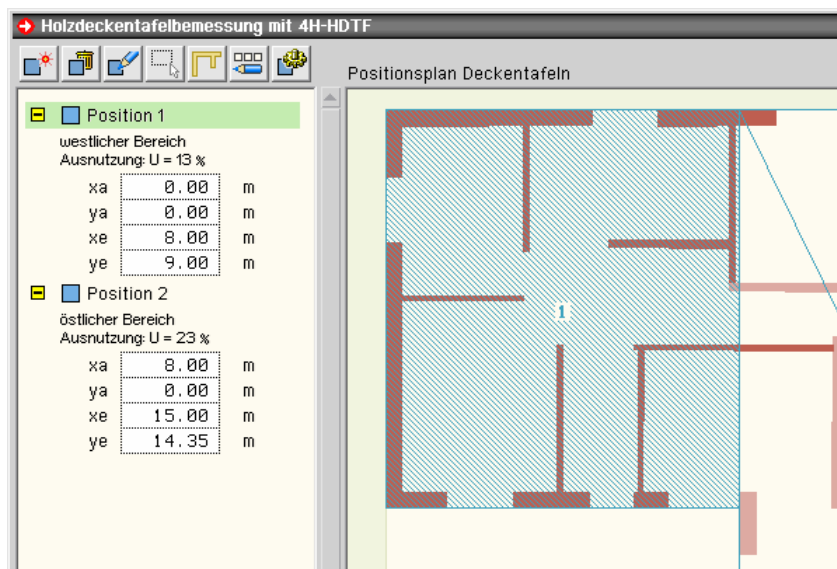
Anzeige des Hilfedokuments



Schließen des Eigenschaftsblatts

Die erzeugten Positionen werden sowohl im Positionsfenster als auch grafisch im Darstellungsfenster angezeigt und können in beiden Fenstern durch Anklicken ausgewählt werden. Wie bereits in der o.a. Buttonbeschreibung zu erkennen war, können bestimmte Aktionen nur mit der aktuell ausgewählten Position durchgeführt werden.






Nachfolgend ist beispielhaft der Inhalt der Fenster dargestellt, wobei Position 1 ausgewählt ist.



Leistungsmerkmale und Handhabung der Programms *4H-HDTF* sind im zugehörigen Online-Hilfedokument bzw. Handbuch beschrieben.

Holzdeckentafeln im Ergebnisregister

Ist mindestens eine Holzdeckentafelposition definiert, wird im Register *Ergebnisse* unter der Überschrift *Nachtrag* eine Seite angeboten, in der die Ergebnisse der einzelnen *4H-HDTF*-Berechnungen eingesehen werden können.

Nachtrag		Holzdeckentafelbemessung  mit 4H-HDTF	
Holzdeckentafeln			
Position	Ausnutzung	Status	
 Position 1	<div><div></div></div> 13%		ok ✓
 Position 2	<div><div></div></div> 23%		ok ✓

Der *4H-HORA*-Anwender ist es gewohnt, dass automatisch bei Änderungen an den Systemdaten eine komplette Neuberechnung erfolgt, wenn in das Ergebnisregister gewechselt wird. Dies gilt **nicht** für die Bemessung der Holzdeckentafeln mit *4H-HDTF*. Aus diesem Grunde werden hier zwei Schalttafeln angeboten.



Über diese Schalttafel wird eine komplette Neuberechnung sämtlicher aktuell definierter Deckentafelpositionen mit *4H-HDTF* gestartet.



Das Eigenschaftsblatt zur Bearbeitung der Deckentafelpositionen wird aufgerufen.



Über die dargestellte Buttonkombination werden Daten aus einem Bauteil der Problemklasse *##-ALFA*, Platte, importiert.

##-HORA nutzt dazu denselben Mechanismus, den *##-ALFA* selbst zur Übernahme der Lagerreaktionskräfte aus einem fremden Bauteil nutzt.

Das exportierende Bauteil sollte komplett bearbeitet vorliegen, sodass keine Änderungen hinsichtlich System und Belastung mehr anstehen. Die Vorgehensweise wird im Folgenden am Beispiel von Projekt 2 (Abs. 4.2, S. 113) erläutert.

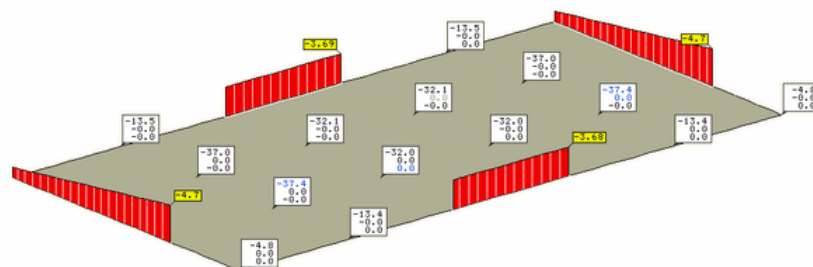
Vorbereitende Arbeiten im *##-ALFA*-Bauteil

Es ist zu überlegen, eventuell eine Kopie des Plattenbauteils zu erstellen und die nachfolgenden Arbeiten in der Kopie vorzunehmen.

- Erzeugen Sie in dem Platten-Bauteil einen neuen Lastfall. Wechseln Sie in die zugehörige Lastfallfolie und definieren Sie eine Einheitslast von 1 kN/m^2 über alle Positionen der definierten Platte.
- Erzeugen Sie einen Nachweis vom Typ *Export der Lagerreaktionen*. Ordnen Sie diesem Nachweis ein Lastkollektiv zu, in dem der neue Lastfall als einziger Lastfall (mit Faktor = 1.0) aufgeführt wird.
- Führen Sie die Berechnung durch. Nach fehlerfreiem Durchlauf schließen Sie das grafische Eingabemodul von *##-ALFA*.

Einschub: Wenn Sie das Beispiel gerne am Rechner nachvollziehen, sich jedoch die bisher beschriebenen Arbeiten schenken wollen, erzeugen Sie ein neues Plattenbauteil und laden Sie das Bauteil als Vorlage von unserem Internetserver. Sie müssen sodann nur den Rechenlauf einmal durchführen. Einschub Ende

Im Ergebnismodul von *##-ALFA* können nun die Auflagerreaktionen betrachtet werden.



Datenimport im *##-HORA*-Bauteil

Erzeugen Sie ein *##-HORA*-Bauteil. Die nachfolgend beschriebenen Aktionen sollten in einem unbearbeiteten Bauteil durchgeführt werden.

Starten Sie die Bearbeitung des Bauteils und klicken Sie auf die oben dargestellten Buttons. Es erscheint das Eigenschaftsblatt, das Sie durch den Datenimport leitet.



Klicken Sie die nebenstehend dargestellte Schaltfläche an, um das exportierende Plattenbauteil auszuwählen. Es erscheint das Fenster DTE®-Bauteilauswahl, in dem Sie das Bauteil anklicken und übernehmen können.

Im Eigenschaftsblatt erscheinen die ersten Informationen.

Darunter wird die Möglichkeit angeboten zu entscheiden, ob die Lasten als Trapez- oder Blocklasten übernommen werden sollen.

Aktuell ausgewählt:	Platte
erzeugt am:	22.06.16 (14:00)
Anzahl Lastkollektive:	1
Anzahl Wände:	4
Anzahl Stützen:	14



Klicken Sie die nebenstehend dargestellte Schaltfläche an, um den zu importierenden Wänden voreingestellte Materialeigenschaften zuzuordnen. Um bei dem Beispiel aus Projekt 2 (Tutorium) zu bleiben, wählen Sie Stahlbeton mit einer Dicke von 24 cm aus.



Klicken Sie die nebenstehend dargestellte Schaltfläche an, um den zu importierenden Stützen voreingestellte Materialeigenschaften zuzuordnen. Im Beispiel Projekt 2 wurden Stahlbetonstützen 40/40 cm gewählt.

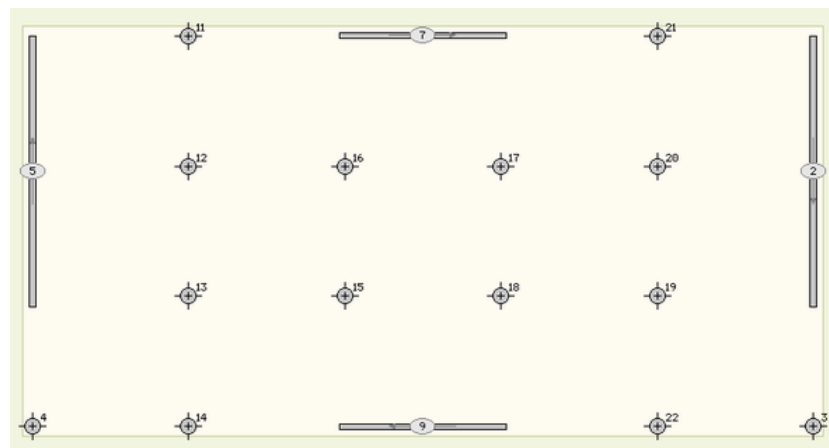


Klicken Sie die nebenstehend dargestellte Schaltfläche an, um die Importaktion abzuschließen.

Es geschieht nun Folgendes

- Alle evtl. existierenden Wände werden gelöscht. Die eingelesenen Linienlager des Plattenbauteils werden in neue Wände mit den festgelegten Materialeigenschaften umgewandelt.
- Alle evtl. existierenden Pendelstützen werden gelöscht. Die eingelesenen Punktlager des Plattenbauteils werden in neue Stützen mit den hierfür festgelegten Materialeigenschaften umgewandelt.
- Alle evtl. existierenden Lastschemata der Deckenplatte werden gelöscht. Die eingelesenen Lagerreaktionskräfte des Plattenbauteils werden in ein neues Lastschema vom Typ *direkte Eingabe* umgewandelt.
- Lage und Größe des Grundrisses im Register *System + Grundeinstellungen* werden den neu definierten Wänden optimal angepasst.
- Ein automatisch initiiertes Sprung ins 2. Register zeigt das Ergebnis auf den Seiten *Wandscheiben* und *Deckenplatte* an.

Wandscheiben



Deckenplatte

Wandscheiben

Deckenplatte

aktuelles Lastschema:

Einheitslastfall

☒ direkte Eingabe

Geben Sie hier die Lagerkräfte infolge einer Plattenbelastung von 1 kN/m² direkt ein.

Wand-scheibe	q _a kN/m	q _e kN/m
2	1.302	4.695
5	4.695	1.302
7	3.690	3.690
9	3.679	3.679

Stütze	V kN
3	4.837
4	4.837
11	13.493
12	36.965
13	37.449
14	13.438
15	31.994
16	32.057
17	32.057
18	31.994
19	37.449
20	36.965
21	13.493
22	13.438

Tipp

Bei den Lastschemata geht //HORA normalerweise davon aus, dass sich die dort eingetragenen Wand- und Stützenlasten aus einer Einheitslast von 1 kN/m² ergeben.

Die Faktorisierung auf das tatsächliche Lastniveau findet im Register *Belastung* auf der Seite *Lasten* bei Auswahl der automatischen Lasterzeugung in den Eigenschaftsblättern für die Zusammenstellung der lotrechten Lasten statt.

In vielen Fällen wird diese Möglichkeit ausreichen, um die Lastordinaten für die Lastfälle *Eigen-gewicht* und *Verkehr* hinreichend genau zu beschreiben. Wenn aber die Platte in Teilbereichen unterschiedliche Dicken hat oder Teile der Platte unterschiedliche Verkehrslasten zu tragen ha-

ben, ist dies nicht mehr ganz so einfach. In solchen Fällen kann es durchaus sinnvoll sein, den kompletten Lastfall *Eigengewicht* aus *4H-ALFA* in einem Lastkollektiv an *4H-HORA* zu übergeben.

Hierauf muss nur bei der Faktorisierung im Register *Belastung* geachtet werden, indem hier als Lastordinate 1.00 kN/m^2 eingetragen wird. Frei nach dem Motto: $1.0 \cdot 3.5 = 3.5 \cdot 1.0$. Dasselbe gilt für die Verkehrslasten.

Grundsätzlich gilt: Für jedes Lastkollektiv, das in *4H-ALFA* dem Nachweis vom Typ *Export der Lagerreaktionen* zugeordnet wird, wird auch ein gleichnamiges Lastschema in *4H-HORA* erzeugt. Zwar kann in einem Lastfall nur auf ein Lastschema zurückgegriffen werden, aber eine Einwirkung kann beliebig viele Lastfälle enthalten. Wenn man diese Möglichkeiten bedenkt, lassen sich sehr komplexe Konstruktionen abbilden.

3.8.11 Datenexport nach *4H-ALFA*



Über die dargestellte Buttonkombination wird ein Bauteil der Problemklasse *4H-ALFA* (Platte oder Faltwerk) erzeugt und mit *4H-HORA*-Daten bestückt.

Das *4H-HORA*-Bauteil sollte komplett bearbeitet vorliegen, sodass möglichst keine Änderungen hinsichtlich System und Belastung mehr anstehen. Nach Start des Vorgangs werden folgende Aktionen automatisch durchgeführt

- In der DTE®-Verwaltungsschale wird ein neues Bauteil erzeugt. Je nach Wahl ist es von der Problemklasse *Platte* oder *Faltwerk*. Das Bauteilsymbol legt sich leicht versetzt über das *4H-HORA*-Bauteilsymbol wie nebenstehend dargestellt. Das Layout und die Bezeichnung des Symbols weisen auf seine Herkunft hin.
- Der im ersten *4H-HORA*-Register auf der Seite *Gebäudemodell* angegebene Grundriss wird im *4H-ALFA*-Bauteil als rechteckförmige Flächenposition erzeugt. Die in *4H-HORA* definierten Wände werden als Linienelemente in die Systemfolie exportiert.
- Die komplette Laststruktur bestehend aus Einwirkungen und Lastfällen wird an das *4H-ALFA*-Bauteil übertragen.
- In den Lastfallfolien werden Lastbilder erzeugt, die den Auflagerreaktionen an den Unterkanten der in *4H-HORA* definierten Wände und Stützen entsprechen. Da die oben angesetzte Horizontalkraft an der Wandunterkante ein Zusatzmoment erzeugt, berechnen sie sich wie folgt



$$\begin{aligned}
 H_{\text{unten}} &= H_{\text{oben}} \\
 q_{a,\text{unten}} &= q_{a,\text{oben}} - 6 \frac{h}{l^2} H_{\text{oben}} \quad q_{e,\text{unten}} = q_{e,\text{oben}} + 6 \frac{h}{l^2} H_{\text{oben}} \\
 l &= \text{Wandlänge} \quad h = \text{Wandhöhe}
 \end{aligned}$$



Man beachte, dass die Horizontalkraft *H* nur an das Faltwerk, nicht aber an die Platte übergeben werden kann, da die Platte über keinen Scheibenanteil verfügt.

Sobald das Eigenschaftsblatt geschlossen ist, kann das *4H-ALFA*-Bauteil nach Doppelklicken des Bauteilsymbols bearbeitet werden.

4

Tutorien

Grün markierter Text beinhaltet Eingabeanweisungen für den Anwender.

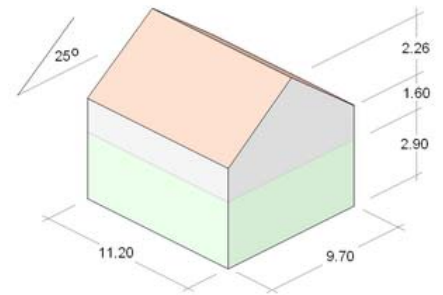
4.1

Projekt 1 - Holztafelbau

4.1.1

Aufgabenstellung

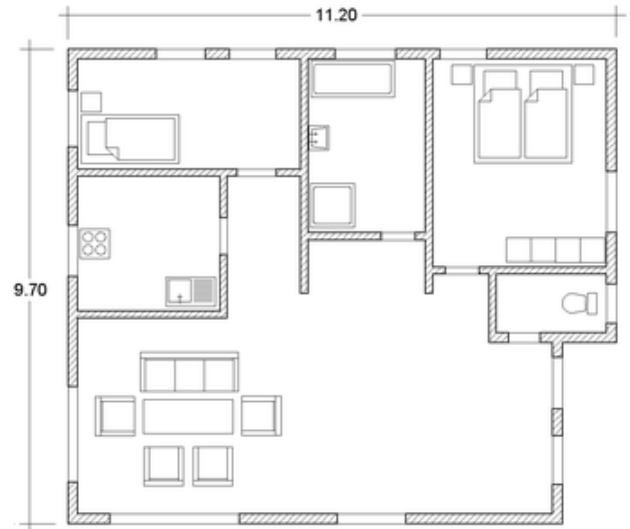
Das nebenstehend dargestellte Gebäude wird in Holztafelbauweise errichtet. Standort ist Flensburg. Die Wände des Erdgeschosses (grünlich angelegter Bereich) sollen hierzu unter Berücksichtigung der Einwirkungen Eigen-gewicht, Nutzlasten, Wind und Schnee nachgewiesen werden.



Als Grundriss liegt der nebenstehend dargestellte Architektenplan im DXF-Format vor. Die Außenwände sollen eine Gesamtwandstärke von 20 cm und die Innenwände von 15 cm erhalten.

Das Beispiel wurde mit leichten Abweichungen bzw. Ergänzungen in An-lehnung an

Prof. Dr.-Ing. Claus Wagner
Hochschule Rosenheim
Studiengang Holzbau und Ausbau
Arbeitsblätter: Stabilität von Gebäuden
gewählt.



Wenn Sie das Projekt wie empfohlen Schritt für Schritt am Rechner nachvollziehen wollen, kön-nen Sie sich die DXF-Datei unter [http://www.pcae.de/main/download/DXF-Files/4H-HORA Pro-jekt1.dxf](http://www.pcae.de/main/download/DXF-Files/4H-HORA_Projekt1.dxf) aus dem Internet herunterladen.

4.1.2

Einrichten eines DTE®-Bauteils - Programmstart



Erzeugen Sie im DTE®-System ein neues Bauteil. Klicken Sie hierzu auf das nebenstehend dargestellte Symbol und wählen in dem nun erscheinenden Eigenschaftsblatt in der Gruppe Flächentragwerke die Problemklasse 4H-HORA - Aussteifungen aus. Klicken Sie auf den **erzeu-gen**-Button.





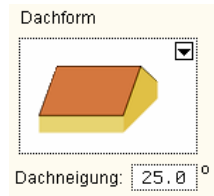
Positionieren Sie das Bauteil-Icon im aktuellen Ordner an einer freien Stelle. Geben Sie dem Bauteil die Bezeichnung "Projekt 1". Führen Sie einen Doppelklick über dem Icon aus.

##-HORA wird gestartet. Die nachfolgenden Eingaben erfolgen entspr. DIN.

4.1.3

System + Grundeinstellungen

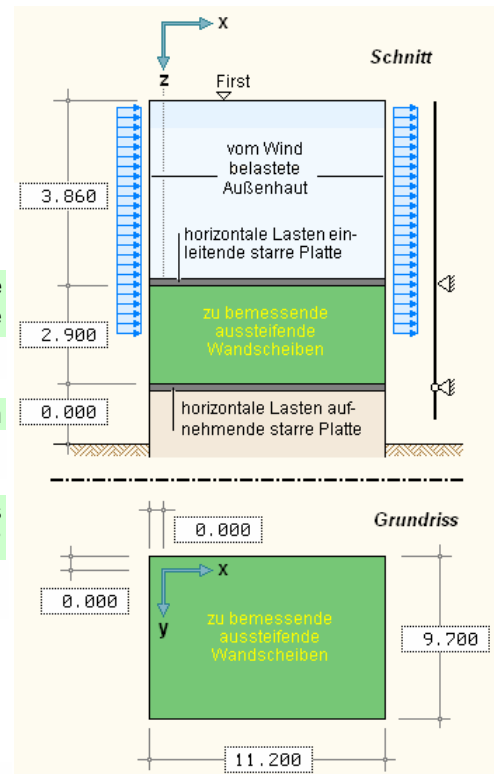
Es wird automatisch die erste Seite *Gebäudemodell* im ersten Register *System + Grundeinstellungen* eingeblendet.



Geben Sie hier die nebenstehend dargestellten Werte ein, die sich direkt aus der ersten, auf dieser Seite dargestellten Skizze ergeben.

Das Koordinatensystem wird mit den Offset-Werten 0.0, 0.0 direkt auf der Außenhaut platziert.

Beachten Sie auch, dass der First des Satteldachs parallel zur X-Achse verläuft und die Dachneigung 25° beträgt!



Wechseln Sie nun auf die Seite *Windlasten!*

##-WUSL informiert darüber, dass die Stadt Flensburg im Mittel auf einer Höhe von 12 m + NN liegt und der Windzone 3 zuzuordnen ist.

Tragen Sie die entsprechenden Werte ein. Als Bodenrauigkeitsprofil sei **Binnenland** gewählt.

Bei dem freistehenden Gebäude müssen alle Windrichtungen untersucht werden. Dies ist auch die Voreinstellung des Programms.

Es ergibt sich ein über die gesamte Gebäudehöhe konstanter Böengeschwindigkeitsdruck von 0.70 kN/m².

Auf den nachfolgenden Seiten *Wind von links*, *Wind von rechts* usw. kann der Rechenweg zur Erfassung der Gesamtlasten aus Windeinwirkungen nachvollzogen werden. Interessant ist hier u.U. auch die *Zusammenfassung*.

##-WUSL aufrufen

Windzone nach DIN 1055-4 Anhang A.1

☒ $q_{ref} = 0.47$ kN/m² Tabellenwert

$h+NN$ m nur für Werte > 800 relevant

☒ Faktor nach DIN 1055-4 Anhang A.2

☒ $\Rightarrow q_{ref} = 0.47$ kN/m² Rechenwert

Bodenrauigkeitsprofil

Mischprofil der Geländekategorien II und III

$q(z) = 1.5 q_{ref}$ für $z < 7m$

$q(z) = 1.7 q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.37}$ für $7m < z < 50m$

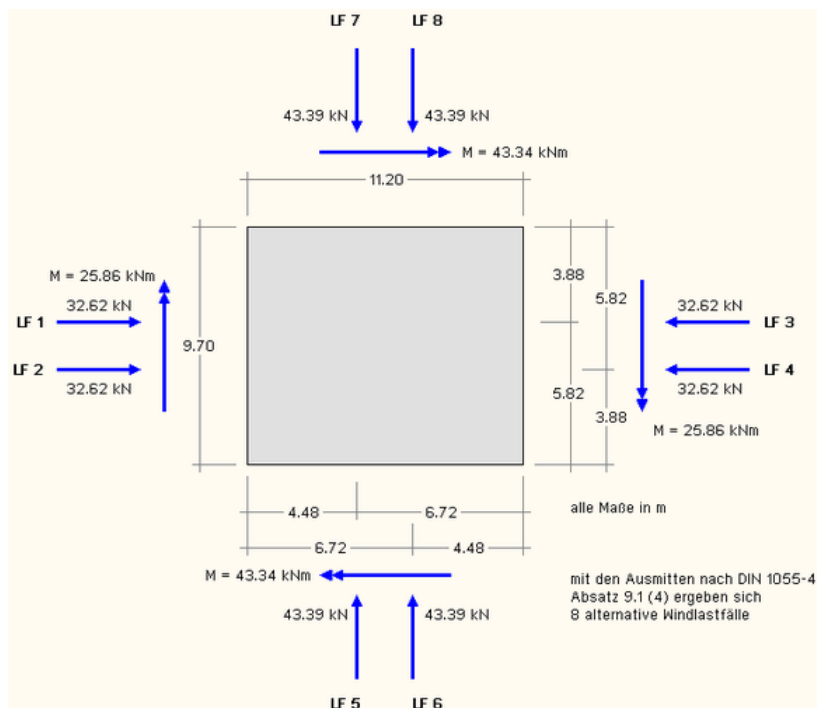
$q(z) = 2.1 q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.24}$ für $50m < z < 300m$

$q(0) = 0.70$ kN/m²

$q(h) = 0.70$ kN/m²

DIN 1055-4

Der Zusammenfassung kann entnommen werden, dass infolge der von der DIN 1055-4, Absatz 9.1 (4), vorgeschriebenen Ausmitten acht alternative Lastfälle zu untersuchen sind. Lastordinaten und Vermaßung der Lastangriffspunkte sind hier angegeben.



Da keine weiteren horizontalen Lasten auf das Gebäude wirken, steht im ersten Register nur noch die Bearbeitung der Seite *Steifigkeiten* an.

Wechseln Sie bitte auf die Seite *Steifigkeiten*.

für Holztafeln

- ☒ Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel
- ☒ Schubbeanspruchung der Beplankung
- ☒ Normalkraftbeanspruchung der Randrippen
- ☒ Querdrukpression der Randrippe auf dem Untergurt

ideal biegeweiche Platte

Abschätzung der Plattensteifigkeit

zur Aufnahme der Biegemomente	30 %
zur Aufnahme der Vertikallasten	0 %
Berücksichtigung der Wölbkräfte	0 %

ideal biegesteife Platte

Für die Steifigkeitskennwerte zur Aufnahme der horizontalen Lasten werden alle Nachgiebigkeitseinflsse berücksichtigt (Voreinstellung). Ob die Decke als Balkenlage oder ebenfalls in Tafelbauweise ausgeführt wird, sei dahingestellt. In jedem Fall muss der Überbau als relativ weich angesehen werden. Die Abschätzung der Plattensteifigkeit erfolgt aus diesem Grunde entsprechend vorsichtig.

Tragen Sie bitte die hier angegebenen Werte ein.

Im Nachhinein wird sich zeigen, dass die Werte an dieser Stelle lange nicht so maßgeblich sind, wie sie zunächst erscheinen mögen. Da der maximale Ausnutzungsgrad i.W. aus der Schubbeanspruchung der Beplankung herrührt, stellen die vertikalen Lasten insgesamt nicht das Problem des Tragfähigkeitsnachweises dar. Dies kann auch nach Abschluss aller Eingaben durch Variation der hier angegebenen Werte unter Beobachtung der sich jeweils neu ergebenden Ausnutzungsgrade überprüft werden.

Die Bearbeitung des ersten Registers ist hiermit abgeschlossen.

4.1.4

vorbereitende Maßnahmen zur Eingabe der Wände

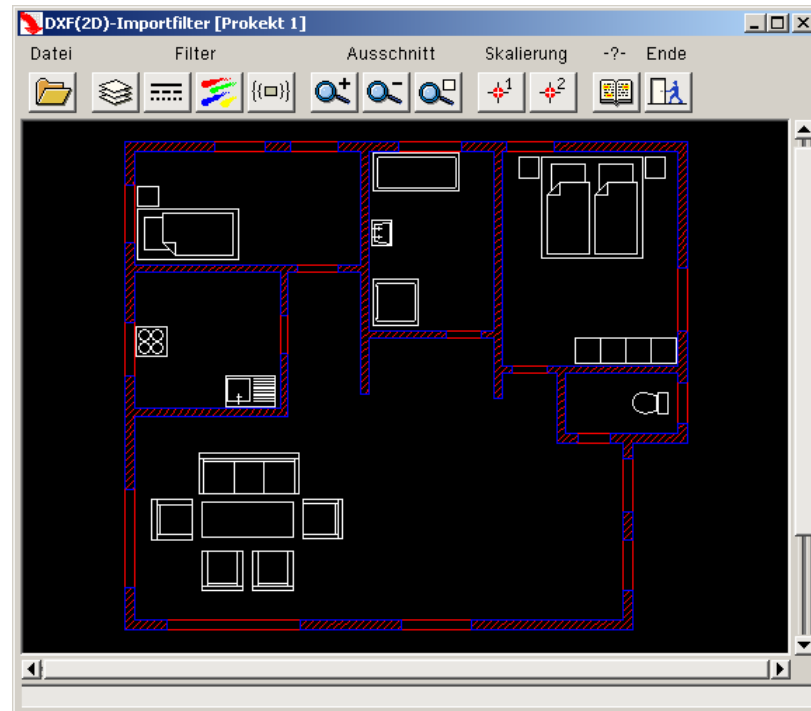
Klicken Sie auf das zweite Register mit der Bezeichnung *Wandscheiben + Deckenplatte*.

Es erscheint die Seite *Wandscheiben* in der grafischen Bearbeitungsform.



Um die DXF-Datei als Vorlage zu laden, klicken Sie auf das nebenstehend dargestellte **DXF-Symbol**. Es erscheint das Eigenschaftsblatt *DXF-Vorlagen*. Klicken Sie hierin auf den **neu-Button**. Der DXF(2D)-Importfilter von DTE[®] wird gestartet. Wählen Sie hier die DXF-Datei aus und klicken Sie auf **öffnen**. Bestätigen Sie das nachfolgende Analyse-Fenster.

Es erscheint der Inhalt der DXF-Datei im Fenster des Importfilters.



Die nächste Aufgabe besteht darin, die Zeichnung auf das Wesentliche zu reduzieren. Zu beachten ist, dass die Endpunkte jeder im Fenster dargestellten Linie später Fangrastereigenschaften haben werden. Maßlinien, Möblierung, Schraffuren und ähnliche grafische Elemente werden hierbei nur stören und sollten deswegen erst gar nicht übernommen werden. Hierzu bietet das Programm Filterfunktionen an.



der Layer-Filter ermöglicht es, grafische Elemente, die bestimmten Layern zugeordnet sind, ein- bzw. auszublenden



der Linientyp-Filter ermöglicht es, Linien ein- bzw. auszublenden, die mit unterschiedlichen Linientypen dargestellt sind (z.B. durchgezogen, gestrichelt, strichpunktiert...)



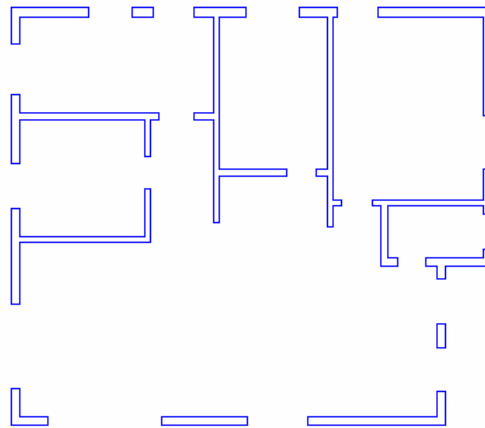
mit dem Farb-Filter können Linien in bestimmten Farben ein- bzw. ausgeblendet werden



der Blockfilter ermöglicht das Ein- bzw. Ausblenden grafischer Elemente, die in bestimmten Blocks definiert sind

Im vorliegenden Fall aktivieren Sie bitte den Farb-Filter und wählen dort die rote und weiße Farbe ab.

Das Fenster des DXF-Importfilters enthält nun nur noch die einzig interessierenden Wände.



Als Nächstes muss für eine passgenaue Skalierung gesorgt werden. Hierzu bietet das Programm die Möglichkeit an, zwei unterschiedliche Skalierungspunkte und deren Koordinaten im Zielsystem zu definieren.



Zoomen Sie sich in die linke obere Ecke der Zeichnung.



Klicken Sie nun auf den ersten **Skalierungsbutton**. Es erscheint ein Fadenkreuz. Dieses führen Sie mit der Maus über den oberen linken Eckpunkt und bestätigen die Aktion mit der linken Maustaste.

Sorgen Sie dafür, dass der Punkt mit Hilfe des nun erscheinenden Eigenschaftsblatts die Koordinaten $X=0.00$ und $Y=0.00$ erhält.



Klicken Sie auf den **bestätigen**-Button.

Zoomen Sie sich nun wieder aus dem Ausschnitt heraus (Button **Ausschnitt zurücksetzen**) und zoomen Sie sich in die rechte obere Ecke des Grundrisses. Klicken Sie auf den Button **Skalierungspunkt 2** und führen das Fadenkreuz auf die rechte obere Ecke der dargestellten Wand. Diesem Punkt weisen Sie nun die Koordinaten $X=11.20$ und $Y=0.00$ zu.

Der DXF-Importfilter ist nun in der Lage, die erforderliche Translationsbeziehung (i.A. auch Rotationsbeziehung) aufzubauen und die dargestellte Zeichnung so an das Zielsystem (hier: $\#$ -HORA) zu übergeben, dass die beiden ausgezeichneten Punkte genau ihre zugeordneten Positionen einnehmen.



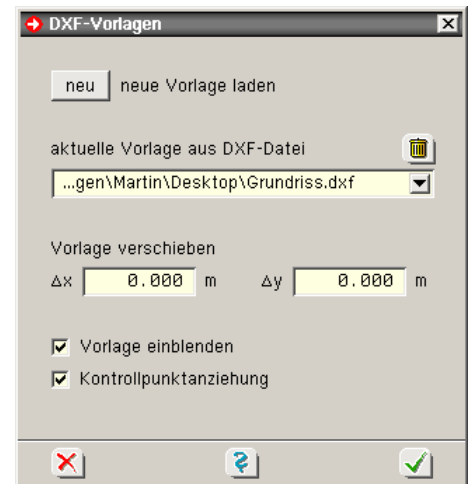
Klicken Sie bitte auf den **Ende**-Button, um das Importprogramm zu beenden. Das abschließende Eigenschaftsblatt sowie das nachfolgende Meldungsfenster **bestätigen**

Wir befinden uns wieder im Programm *##-HORA* und sehen im Eigenschaftsblatt *DXF-Vorlagen* den Namen der DXF-Datei in einer Auswahlliste.

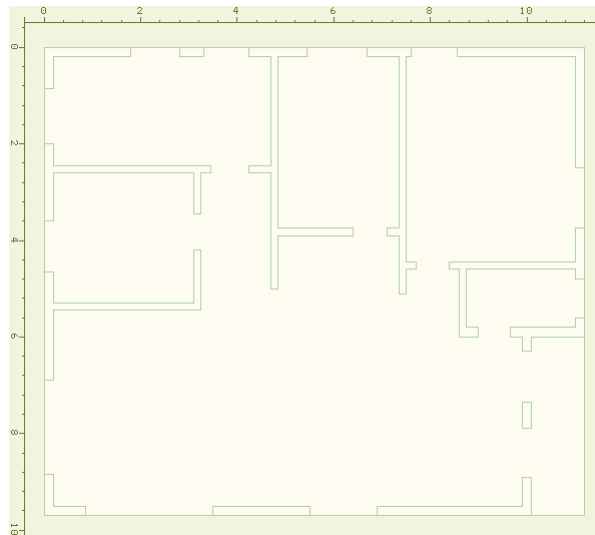
Mit dem bisher beschriebenen Prozedere können mehrere (unterschiedliche) DXF-Inhalte mit *##-HORA* verknüpft werden. Dies wird jedoch im Normalfall nicht erforderlich sein.

Die Vorlage kann nun noch verschoben werden, was jedoch Dank der Verwendung der Skalierungspunkte nicht notwendig ist.

Sorgen Sie vor dem Bestätigen des Eigenschaftsblatts bitte dafür, dass sowohl der Schalter **Vorlage einblenden** als auch der Schalter **Kontrollpunktanziehung** aktiviert sind



Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts erscheint die DXF-Vorlage im Grafikfenster von *##-HORA*. Die Ränder des Grundrisses sind identisch mit der Begrenzung der hell hinterlegten Fläche, die den Rand der Außenhaut nach den Angaben im ersten Register markiert.



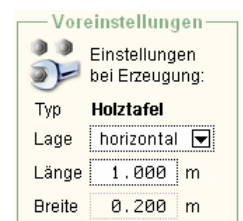
Es ist immer sinnvoll, gelegentlich den bisherigen Bearbeitungszustand zu speichern.

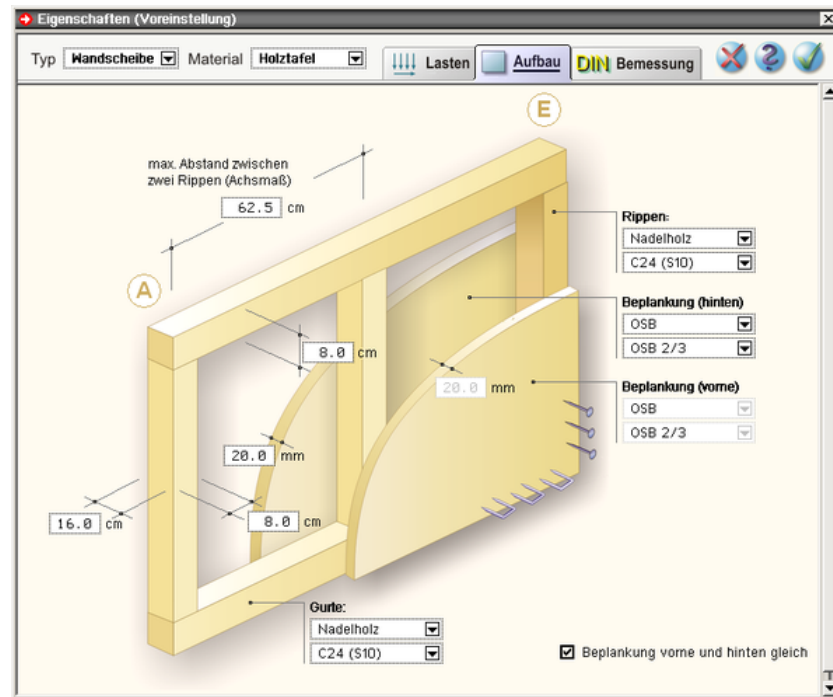


Klicken Sie hierzu auf den **speichern-Button**.

Richten wir nun unser Augenmerk auf die Voreinstellungen für neu zu erzeugende Wände. Die Interaktionselemente hierzu werden im Seitenauswahlfenster angeboten.

Wählen Sie als Lage horizontal (Voreinstellung) und als Länge 1.00 m. Klicken sie nun auf das Schraubenschlüsselsymbol. Wählen Sie in dem nun erscheinenden Eigenschaftsblatt als Typ **Wandscheibe** und als Material **Holztafel**.





Im Register *Aufbau* sind alle tragenden Elemente der Holztafel schematisch dargestellt. Durch Bearbeitung der Eingabefelder an den Maßlinien können die Querschnittswerte vorgegeben werden. Die Auswahllisten bieten unterschiedliche Materialien für die Gurte, Rippen und Beplankung an.

Da die Holztafeln der Außenwände laut Vorgabe eine Breite von 20 cm haben sollen, tragen Sie bitte für die Tiefe der Stützen (und Gurte) 16.0 cm ein. Die Beplankung bekommt eine Stärke von 20 mm (vorne und hinten gleich).

Im Register *Bemessung* können weitere Vorgaben festgelegt werden. Insbesondere sind hier die zur Verwendung kommenden Verbindungsmittel zu nennen. Informationen zu weiteren, den Nachweis steuernden Angaben finden Sie unter Die Nachweisooptionen der Holztafeln, Abs. 3.7.1, S. 44.



Bestätigen Sie den Inhalt des Eigenschaftsblatts.

4.1.5

Eingabe der Wände

Es sind nun alle vorbereitenden Maßnahmen getroffen, um mit der Erzeugung der Wände zu beginnen. Maximieren Sie das *HORA*-Fenster, falls dies noch nicht geschehen ist. Eine möglichst große Darstellung ist den nachfolgenden Aktionen dienlich. Falls notwendig, können Sie sich in den Plan hineinzoomen. Nutzen Sie hierzu die Symbole



Ansicht vergrößern

Ansicht verkleinern

Ansicht anpassen

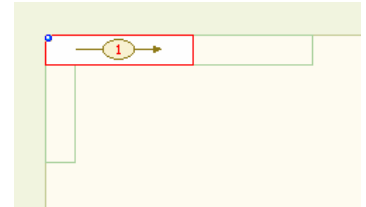


Klicken Sie auf das Symbol **neue Wand erzeugen**. Im Arbeitsbereich erscheint ein Rechteck in der Größe 20/100 cm, dessen Position sich über die Bewegung der Maus steuern lässt.

Positionieren Sie das Rechteck so, dass die obere linke Ecke des Rechtecks mit der oberen linken Ecke der ersten horizontalen Wand (oben, links) übereinstimmt. Bestätigen Sie diese Position mit der linken Maustaste.

In der Statuszeile erscheint die Meldung:

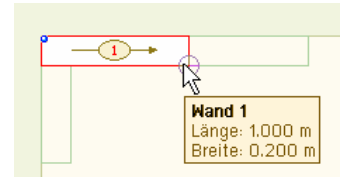
Wand 1 von DXF-Kontrollpunkt gefangen



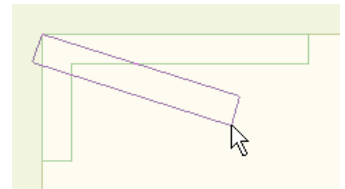
Sollte Ihnen diese Aktion misslungen sein, so klicken Sie einfach auf den **undo-Button**. Die soeben erzeugte Wand verschwindet wieder und Sie können es erneut probieren.

Die soeben erzeugte Wand hat in der oberen linken Ecke eine Markierung, den sogenannten Festhaltepunkt. Dieser Punkt wurde vom DXF-Kontrollpunkt gefangen. D.h., der zur Wand gehörende Festhaltepunkt hat exakt die Koordinaten des darunter liegenden DXF-Punktes erhalten.

Führen Sie nun den Mauszeiger über den dem Festhaltepunkt gegenüberliegenden Eckpunkt der Wand bis eine kreisförmige Zusatzmarkierung erscheint. Drücken Sie nun die linke Maustaste. Bewegen Sie die Maus mit gedrückt gehaltener linker Maustaste.



Sie beobachten: Die Wand klammert sich am Festhaltepunkt fest. Die rechte untere Ecke verfolgt den Mauszeiger. Auf diese Weise kann die Wand beliebig gedehnt und verdreht werden - solange die linke Maustaste gedrückt bleibt.



Führen Sie nun den Mauszeiger über die rechte untere Ecke der Wand in der DXF-Vorlage und lassen Sie die linke Maustaste los.

Das Ergebnis ist nebenstehend dargestellt. In der Statuszeile erfolgt wieder die Meldung

Wand 1 von DXF-Kontrollpunkt gefangen



und die Wand hat nun exakt die geforderte Länge. Indem Sie den Mauscursor über die Wand fahren, können Sie dies leicht überprüfen.

Verfahren Sie nun mit den restlichen horizontalen Außenwänden gleichermaßen. Die Aktionen können pro Scheibe beschrieben werden durch: "Erzeugen, Positionieren, auf Länge dehnen".

Bevor die senkrechten Außenwände erzeugt werden, sollte im Seitenauswahlfenster im Rahmen *Voreinstellung* die Lage **vertikal** ausgewählt werden.

Wände können auch durch Duplizieren einer bestehenden Wand erzeugt werden. Dies bietet sich insbesondere dann an, wenn die zu erzeugende Wand die gleiche Länge hat wie die bestehende. Fahren Sie hierzu den Mauszeiger über die zu duplizierende Wand und klicken auf die rechte Maustaste. Wählen Sie in dem nun erscheinenden Menü den Punkt *duplizieren* (noch einfacher geht es mit Hilfe der Tastenkombination [Strg]+[D]).

Überhaupt: Machen Sie sich mit dem kontextsensitiven Menü fokussierter Elemente vertraut, indem Sie sie einzeln aktivieren. Keine Angst: Mit dem **undo-Button** lassen sich alle Aktionen rückgängig machen. So bietet es sich beispielsweise an, sehr lange Wände, die aus transporttechnischen Gründen unterteilt werden müssen, zunächst in voller Länge zu erzeugen. Mit der Menüfunktion *unterteilen* kann die so erzeugte Wand leicht in einzelne gleich lange Wände unterteilt werden.

Die Innenwände sollen laut Vorgabe eine Gesamtdicke von 15 cm erhalten. Bevor diese konstruiert werden, sollten die Eigenschaften in der Voreinstellung entsprechend geändert werden.

Klicken Sie hierzu im Voreinstellungsrahmen auf das **Schraubenschlüsselsymbol**. Im Materialeigenschaftsblatt (Register *Aufbau*) geben Sie für die Rippentiefe den Wert 12 cm und für die Beplankungsstärke den Wert 15 mm ein. Nach Bestätigen wird die neue Wanddicke im Voreinstellungsrahmen ausgewiesen.

Erzeugen Sie nun bitte die restlichen Wände.

Erzeugen Sie auch die Wände, die aufgrund ihrer geringen Länge für die Aufnahme horizontaler Kräfte ungeeignet erscheinen. Sie werden für die Aufnahme der vertikalen Kräfte benötigt. Erst wenn auch dies nicht der Fall ist (die Elemente möglicherweise erst zu einem späteren Zeitpunkt mit einem Abstand zur Decke eingebaut werden), sollten diese weggelassen werden. Das Vermögen, horizontale Kräfte aufnehmen zu können, kann bei einzelnen Scheiben abgeschaltet werden. Fahren Sie hierzu den Mauszeiger über die betreffende Wand und aktivieren sie die Menüfunktion *Eigenschaften* (rechte Maustaste). Im Register *Lasten* kann festgelegt werden, ob die Wandscheibe horizontale Lasten aufnehmen kann.

Das Abschalten der Möglichkeit kurzer Wände, horizontale Lasten aufnehmen zu können, ist i.d.R. überflüssig. Da das Programm die Lasten entsprechend der vorhandenen Wandsteifigkeiten verteilt, kurze Wände aber relativ weich sind, werden kurzen Wänden vom programminternen Algorithmus keine wesentlichen Lasten zugeordnet.

Um mehreren Wänden gleichzeitig bestimmte Eigenschaften zuzuordnen, gehen Sie wie folgt vor:



Klicken Sie auf das Symbol **abwählen** um sicher zu gehen, dass keine Wände mehr ausgewählt sind.

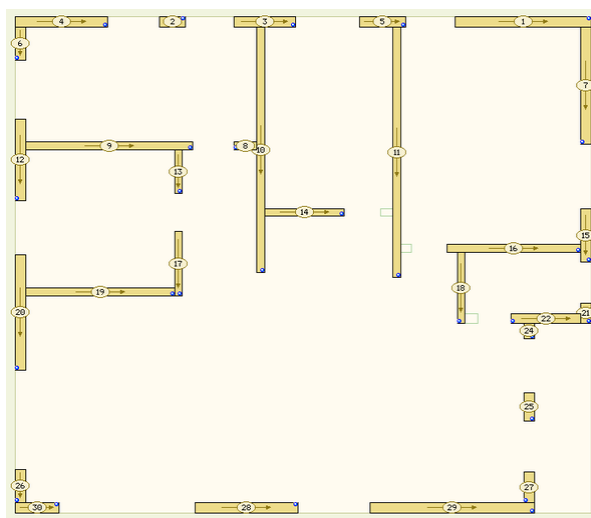
Klicken Sie nun nach und nach einzelne Wände an oder ziehen Sie mit gedrückt gehaltener linker Maustaste ein die auszuwählenden Elemente umgebendes Rechteck auf. Beachten Sie die Farbgebung! Ausgewählte Objekte sind in weißer Farbe mit roter Umrandung dargestellt.



Klicken Sie auf das Symbol **Wände bearbeiten**. Es erscheint das Materialeigenschaftsblatt. In der Überschriftenzeile steht *Eigenschaften der ausgewählten Objekte*.

Wenn Sie dieses Eigenschaftsblatt bestätigen, werden die im Eigenschaftsblatt festgelegten Eigenschaften allen ausgewählten Objekten zugeordnet. Dies betrifft die Inhalte aller Register, unabhängig davon, ob sie von Ihnen bearbeitet wurden oder nicht.

Nach Fertigstellung der hier besprochenen Arbeiten sollte der Inhalt des Arbeitsfensters der nachfolgenden Abbildung ähnlich sein.



Wenn Ihnen die Nummerierung zu sehr durcheinander geraten erscheint, können Sie mit Hilfe des nebenstehenden Symbols eine neue Durchnummerierung erzwingen.



Das Ergebnis der bisherigen Arbeit kann auch dreidimensional betrachtet werden. Klicken Sie hierzu auf das nebenstehende Symbol.

Das DTE®-eigene FotoView-Werkzeug wird gestartet. Die Beplankung wurde bewusst weggelassen, um einen Einblick auf die Rippen und Gurte zu bekommen.



Ein guter Zeitpunkt, um den aktuellen Bearbeitungszustand zu sichern.

4.1.6

Beschreibung der Deckenplatte

Klicken Sie nun im zweiten Register *Wandscheiben + Deckenplatte* auf die Seite *Deckenplatte*.

Im Bearbeitungsfenster erscheint eine Skizze, die anzeigt, wie sich die vertikalen Lasten auf die definierten Wände verteilen. Jede Wand ist von einer roten Linie umrandet, die den der Wand zugeordneten Flächenbereich markiert. Die Wand hat folglich diesen Teil der Plattenlasten zu tragen, wenn die Automatik des Programms zur Verteilung der vertikalen Lasten genutzt werden soll. Und zwar zu 100%, wie auf der Seite *Steifigkeiten* im ersten Register festgelegt wurde. Ein Manko des Programms in der vorliegenden Version ist speziell für den Holzbau, dass Platten nicht bereichsweise einseitig gespannt werden können. Trotzdem ist das hier vorgestellte Ergebnis eine sehr gute Näherung an die tatsächlichen Verhältnisse.

Schauen wir uns die Interaktionselemente im Seitenauswahlfenster an: Im oberen Bereich können weitere Lastschemata eingerichtet, vorhandene Lastschemata umbenannt oder gelöscht werden. Ein Lastschema mit der Bezeichnung *standard* wurde vom Programm bereits vorgegeben. Unter Lastschema wird ein Satz von Randabständen, Aussparungen und den daraus resultierenden Flächenaufteilungen verstanden.

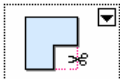
Voreingestellt ist der Plattenrand identisch mit der im ersten Register festgelegten Außenhaut. Im Rahmen *Randabstände* kann der Plattenrand verschoben werden: positive Werte verschieben den Plattenrand nach innen, negative Werte nach außen. Im gegebenen Fall können die Werte entsprechend der Voreinstellung belassen werden.



Klicken Sie im Rahmen *Aussparungen* auf das **Schraubenschlüssel-Symbol**. Es erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem Aussparungen (Fehlflächen) definiert werden können.



Klicken Sie hierin auf den **neu-Button**, um eine neue Fehlfläche zu erzeugen.

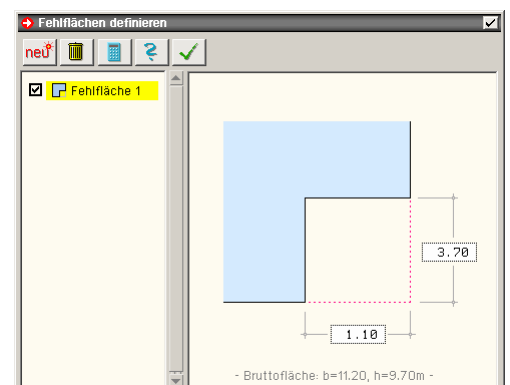


Als Typ wählen Sie eine rechteckförmige Fehlfläche **unten rechts**. Bestätigen Sie diese Wahl durch Anklicken des **grünen Hakens**.

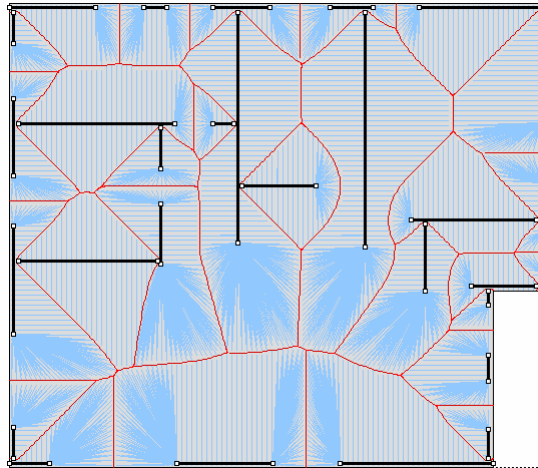
Sie haben nun eine Fehlfläche erzeugt. Diese muss noch durch Vorgabe von Länge und Breite dimensioniert werden.

Geben Sie die Werte entsprechend der nebenstehenden Darstellung an.

Bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.



Das Bearbeitungsfenster enthält nun folgende Darstellung:



Sie können sich das Ergebnis auch tabellarisch anzeigen lassen. Aktivieren Sie hierzu die alternative Schaltfläche **tabellarisch**. Weitere Informationen zum programminternen Algorithmus finden Sie unter Ermittlung der Einflussflächen, Abs. 3.8.2, S. 72. Beachten Sie bei alledem, dass die Bearbeitung der Seite *Deckenplatte* nur dann sinnvoll (und erforderlich) ist, wenn Sie von der Automatik zur Verteilung der vertikalen Lasten im Register *Belastung* Gebrauch machen wollen!

4.1.7

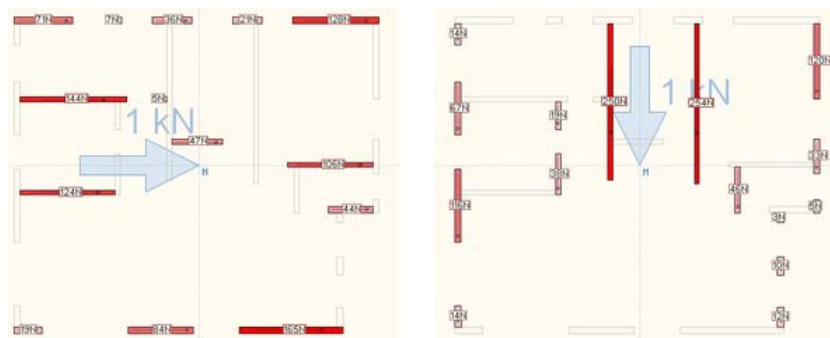
Kraftaufteilung

Wechseln Sie bitte in das Register *Kraftaufteilung*.

Im Register *Kraftaufteilung* können keine benutzerdefinierten Vorgaben gemacht werden. Im Gegenteil: hier präsentiert das Programm das erste Zwischenergebnis. Da zu diesem Zeitpunkt die Wände und somit die Steifigkeiten der unterstützenden Konstruktion programmintern bekannt sind, kann *4H-HORA* das Verhalten der als starr gedachten Deckenplatte und die Reaktion der Wände (und ggf. Stützen) auf Einheitslasten darstellen.

Auf der Seite *allg. Informationen* werden zunächst der berechnete Schwerpunkt S und der Schubmittelpunkt M ausgewiesen. Die äußeren, Schub erzeugenden Kraftgrößen H_x , H_y und M_z werden im Schubmittelpunkt wirkend angenommen; M_x , M_y und V_z wirken im Schwerpunkt. Der nachfolgenden Tabelle können die Verformungen der "starr" Platte infolge der globalen Einheitslasten entnommen werden.

Auf den weiteren Seiten im Register *Kraftaufteilung* kann die Reaktion der Wände (und Stützen) auf die Einheitslasten studiert werden. Als Beispiel sind die Horizontalkräfte in den Scheiben infolge $H_x = 1 \text{ kN}$ und $H_y = 1 \text{ kN}$ nachfolgend dargestellt.



Man beachte, dass die im Register *Belastung* lastfallweise zusammengestellten (automatisch ermittelten) Lasten allein durch Superposition der im Register *Kraftaufteilung* ausgewiesenen Einheitslasten ermittelt werden! Ausnahme hiervon bilden die lotrechten Kräfte infolge der Einheitslast V_z : Da im ersten Register die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten mit 0% abgeschätzt wurde, werden die Vertikallasten allein aus den Vorgaben im zweiten Register auf der Seite *Deckenplatte* generiert, wenn von der Automatik des Programms Gebrauch gemacht wird.

4.1.8

Belastung

Wechseln Sie bitte in das Register *Belastung*.

Das Register *Belastung* bietet die Seiten *Laststruktur* und *Lasten* zur Bearbeitung an.

Auf der Seite *Laststruktur* werden zunächst die zu untersuchenden Lastarten festgelegt. Dies geschieht in Form von Einwirkungen und Lastfällen. Im Bearbeitungsfenster werden die aktuell definierten Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur dargestellt. Jede einzelne Zeile kann durch Anklicken aktiviert werden. Eine aktivierte Zeile weist auf der rechten Seite die Eigenschaften des von ihr enthaltenen Objekts aus. Die dunkelrot eingefärbten Einwirkungen und Lastfälle werden von *4H-HORA* automatisch nach den Vorgaben im ersten Register erzeugt und verwaltet. Sie können an dieser Stelle zwar eingesehen, jedoch nicht gelöscht oder inhaltlich verändert werden.

Mit Hilfe der Symbole über dem Arbeitsbereich können neue Objekte in den Baum eingefügt werden.



mit dem hier dargestellten Symbol wird eine neue Einwirkung eingerichtet



dieses Symbol ordnet der aktuell ausgewählten Einwirkung einen neuen Lastfall zu



dieses Symbol löscht die aktuell ausgewählte Zeile im Baum

Nutzen Sie die hier vorgestellten Interaktionselemente, um die Einwirkungen und Lastfälle gemäß nebenstehender Abbildung einzurichten!

Die erste Einwirkung sollte die Bezeichnung "ständige Lasten" erhalten und vom Typ **ständige Lasten** sein. Die zweite Einwirkung erhält die Bezeichnung "Nutzlasten", ist vom Typ **veränderliche Lasten** in der "Kategorie A -Wohn- und Aufenthaltsräume". Die dritte Einwirkung erhält den Namen "Schneelasten", ist vom Typ **veränderliche Lasten - Schnee: Orte bis NN + 1000 m**.



Die den einzelnen Einwirkungen zugeordneten Lastfälle lauten "Eigengewicht", "Verkehr" bzw. "Schnee (voll)".

Die einer Einwirkung zugeordneten Lastfälle werden von der Einwirkung entweder als **additiv** oder als **alternativ** geschaltet. Additive Lastfälle sind unabhängig voneinander und können auch gleichzeitig wirken. Alternative Lastfälle stellen Alternativen zueinander dar. Bei der Überlagerung wird hierbei stets nur ein Lastfall (der ungünstigste) berücksichtigt.

Die Informationen auf der Seite *Laststruktur* dienen zum einen der Definition von Lastfällen, geben aber zum anderen dem (die Bemessungslasten generierenden) Überlagerungsprozess alle Informationen hinsichtlich der Faktorisierung der Lasten. Dies geschieht i.W. über die Eigenschaften der Einwirkungen.

Wechseln Sie bitte auf die Seite *Lasten*.

Hier sind die Wandlasten lastfallweise dargestellt. Um die Seite kennenzulernen, klicken Sie auf den Lastfall "Wind von vorne (- Ausmitte)". Die folgende Darstellung erscheint im Bearbeitungsfenster.

1: ständige Lasten	Wand-scheibe	qa kN/m	qe kN/m	H kN	
1: Eigengewicht	1	0.11	0.12	-1.21	
2: Nutzlasten	2	0.20	0.20	-0.07	
3: Schneelasten	3	0.13	0.13	-0.34	
4: Windlasten	4	0.11	0.11	-0.67	
4: Windlasten	5	0.17	0.17	-0.20	
4: Wind von links (- Ausmitte)	6	1.83	-1.56	-0.45	
5: Wind von links (+ Ausmitte)	7	2.65	-2.50	-6.41	
6: Wind von rechts (- Ausmitte)	8	0.07	0.07	-0.02	
7: Wind von rechts (+ Ausmitte)	9	0.03	0.03	-0.62	
8: Wind von vorne (- Ausmitte)	10	3.03	-2.98	-10.42	
9: Wind von vorne (+ Ausmitte)	11	3.03	-2.98	-11.83	
10: Wind von hinten (- Ausmitte)	12	2.26	-2.18	-2.23	
11: Wind von hinten (+ Ausmitte)	13	1.40	-1.32	-0.74	
	14	0.01	0.01	-0.07	
	15	1.89	-1.89	-1.74	
	16	-0.01	-0.01	-0.01	
	17	1.44	-1.47	-1.47	
	18	1.61	-1.67	-2.26	
	19	-0.02	-0.02	0.22	
	20	2.52	-2.62	-3.84	
	21	1.32	-1.51	-0.29	
	22	-0.06	-0.06	0.12	
	24	1.03	-1.34	-0.16	
	25	1.46	-1.76	-0.51	
	26	1.51	-1.89	-0.45	
	27	1.46	-1.86	-0.60	
	28	-0.17	-0.17	0.90	
	29	-0.12	-0.12	1.78	
	30	-0.24	-0.24	0.21	

$\Sigma H_x = 0.00 \text{ kN}$
 $\Sigma H_y = -43.39 \text{ kN}$
 $\Sigma V = 0.00 \text{ kN}$
 $\Sigma M_x = -43.34 \text{ kNm}$
 $\Sigma M_y = 0.00 \text{ kNm}$

Plattenverformungen:

$u_x = 0.000 \text{ mm}$
 $u_y = -1.212 \text{ mm}$
 $\theta_z = 0.0515 \text{ }^\circ$
 $\theta_x = -0.0152 \text{ }^\circ$
 $\theta_y = 0.0000 \text{ }^\circ$

In der Tabelle sind die einzelnen Wandlasten des gewählten Lastfalls dargestellt. Die Tabelle kann eingesehen, aber nicht bearbeitet werden, da sie vom Programm automatisch verwaltet wird. Rechts neben der Tabelle sind die resultierenden Kräfte und Momente - berechnet aus den einzelnen Tabelleninhalten - ausgewiesen. Sie müssen mit den äußeren Kräften im Gleichgewicht stehen, was leicht im ersten Register auf der Seite *Wind - Zusammenfassung* überprüft werden kann.

Des Weiteren wird angezeigt, dass sich die Kopfplatte im Schubmittelpunkt um -1.212 mm in y-Richtung verschiebt.

Klicken Sie den Lastfall 1: "Eigengewicht" an!


Die nun erscheinende Tabelle enthält ausschließlich den Wert 0.0, ist jedoch editierbar. Sie können hier jeder Wandtafel Lasten aus Eigengewicht zuordnen. Da Eigengewichtslasten keine horizontalen Lasten erzeugen, reicht es aus, die ersten beiden Spalten zu belegen. Sie können aber auch von der Möglichkeit der automatischen Tabellenbelegung Gebrauch machen.



Aktivieren Sie hierzu den **Automatik-Schalter** im Seitenauswahlfenster und klicken danach auf das **Schraubenschlüsselsymbol!**

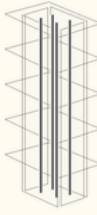
Es erscheint das nachfolgend dargestellte Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, in dem die Lasten aus Eigengewicht zusammengestellt werden können.

Zusammenstellung der lotrechten Eigengewichtslasten in Lastfall 1: neuer Lastfall




☒ **aus Wände**
 Eigengewicht: ☒ automatisch
 zusätzlich (Putz o. ä.)
 Multiplikator (Anzahl Geschosse)
 Summe

individuell kN/m
 0,00 kN/m (für alle Wände)
 2,00
 individuell kN/m



☐ **aus Stützen**
 Eigengewicht: ☐ automatisch
 zusätzlich (Putz o. ä.)
 Multiplikator (Anzahl Geschosse)
 Summe

kN
 kN (für alle Stützen)
 kN





☒ **aus Deckenplatten**
 anzuwendende Verteilungsfunktion: Lastschema
 (vgl. Register Wandscheiben, Seite Deckenplatte)

standard

Eigengewicht: (eine Deckenplatte)
 zusätzlich (Putz, Estrich etc.)
 Multiplikator (Anzahl Deckenplatten)
 Summe

1,90 kN/m²
 0,00 kN/m²
 1,00
 1,90 kN/m²

Buttons:  

In dem häufigen Fall, dass die gleichen Wände wie im Erdgeschoss auch im Obergeschoss zum Einsatz kommen, können sie unter der (aktivierten) Überschrift **aus Wände** den **automatisch-Schalter** aktivieren. Als Multiplikator ist eine 2 einzugeben, da die Wände des Erdgeschosses sich selbst und die Wände des Obergeschosses tragen müssen. Der Block **aus Stützen** kann deaktiviert werden, da keine Stützen definiert sind.

Unter der Überschrift **Deckenplatten** wird zunächst das anzuwendende Lastschema ausgewählt, wie es im zweiten Register auf der Seite **Deckenplatte** definiert wurde. Da wir nur das vom Programm automatisch eingerichtete Standardlastschema bearbeitet haben, hält sich die Qual der Wahl in Grenzen.

Für das Eigengewicht sei folgende Rechnung aufgestellt: Die Deckenplatte liefert 0.4 kN/m^2 . Die Dachkonstruktion bringt in der vertikalen Projektion inklusive Dacheindeckung 1.5 kN/m^2 . Wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Dachkonstruktion ihr Eigengewicht über hinreichend viele Abstützungen in die darunter liegende Konstruktion einleitet, kann auch diese Last über die Verteilungsfunktion der Platte verteilt werden. Es ergibt sich insgesamt ein Wert von 1.9 kN/m^2 .

Tragen Sie die hier angegebenen Werte ein und bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.

Die Tabelle wird nun automatisch gefüllt.

Wenn Ihnen die Verteilung der Dachlasten zu abenteuerlich erscheint, gehen Sie wie folgt vor:

- ändern Sie in der Lastzusammenstellung den Wert 1.9 kN/m^2 in 0.4 kN/m^2
- erzeugen Sie auf der Seite **Laststruktur** unter der Einwirkung "ständige Lasten" einen neuen Lastfall. Nennen Sie den Lastfall "EG Dach".
- bearbeiten Sie nun auf der Seite **Lasten** die Tabelle des Lastfalles "EG Dach". Geben Sie den von den Dachlasten belasteten Wänden manuell Lastordinaten vor.

Dadurch, dass die Einwirkung "ständige Lasten" ihre Lastfälle additiv geschaltet hat, werden nun vom Überlagerungsprozess beide Eigengewichtslastfälle gleichermaßen (summiert) berücksichtigt.

Klicken Sie auf der Seite **Lasten** den Lastfall 2: "Verkehr" an. Schalten Sie auch hierfür die **Automatik** an und klicken auf das **Schraubenschlüsselsymbol**.

Es erscheint das nachfolgend dargestellte Eigenschaftsblatt.

Tragen Sie hier Lastordinate und Multiplikator ein und bestätigen das Eigenschaftsblatt.

Die Tabelle der Wandlasten wird wieder automatisch gefüllt.

Klicken Sie auf der Seite *Lasten* den Lastfall 3: "Schnee (voll)" an. Schalten Sie auch hierfür die **Automatik** an und klicken auf das **Schraubenschlüsselsymbol**.

Mit der gleichen Argumentation wie bei den Eigengewichtslasten der Dachkonstruktion sollen hier die Schneelasten mit der Verteilungsfunktion der Platte auf die Wände aufgebracht werden. Nach Befragen von *WUSL* erkennen wir, dass ein mit 25° geneigtes Satteldach in Flensburg mit 0.68 kN/m² zu belasten ist.

Tragen Sie bitte die Lastordinate 0.68 kN/m² und den Multiplikator 1 ein und bestätigen das Eigenschaftsblatt.

Die Zusammenstellung der Lasten ist hiermit beendet.

4.1.9

Ergebnisse

Wechseln Sie in das Register *Ergebnisse*.

Wie im Register *Kraftaufteilung*, so werden auch im Register *Ergebnisse* keine benutzerdefinierten Einstellungen mehr vorgenommen. *W-HORA* präsentiert hier die Ergebnisse des Gesamtrechnenlaufs.

Auf den ersten Seiten werden die extremalen Lasten einwirkungsweise dargestellt. Diese Informationen können von Bedeutung sein, wenn einzelne Anteile der Bemessungslasten kontrolliert werden sollen. Danach folgen die extremalen Nachweislasten.

Auf der Seite *Tragfähigkeit* sind die Bemessungslasten für die einzelnen Wandscheiben (und ggf. Stützen) zusammengestellt. Hierbei werden die maximalen und minimalen Lastordinaten inklusive ihrer zugehörigen Werte in einer Tabelle ausgewiesen. In den Zeilen "max V" bzw. "min V" wird zusätzlich der Wert für $(q_a + q_e)/2$ extremal ausgewiesen, da auch diese Kombination für den kritischen Bemessungsfall maßgebend sein kann.

Wenn Sie wissen wollen, aus welcher Kombination sich der Inhalt einer Zeile gebildet hat, klicken Sie auf die neben der Zeile stehende Lupe.

aus Lastfall:
 $1.00 * (1.35 * [1])$
 $+ 1.00 * (1.50 * [2])$
 $+ 0.50 * (1.50 * [3])$
 $+ 0.60 * (1.50 * [10])$

Wand 10 Holztafel, Länge = 4.80 m			
für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation KLED = <input type="text" value="alle"/>			
	q _a kN/m	q _e kN/m	H kN
max q _a	6.17	9.79	-15.62
max q _e	-1.45	30.19	9.37
max H	-3.35	15.03	16.79
max V	4.01	24.83	-9.37
min q _a	-3.60	25.04	15.62
min q _e	5.75	6.09	-15.62
min H	5.75	6.09	-16.79
min V	-3.35	15.03	15.62

Einem Info-Fähnchen können sodann die Informationen entnommen werden.

In dem Info-Fähnchen sind die Lastfallnummern in eckigen Klammern angegeben, die Teilsicherheitsbeiwerte befinden sich in den runden Klammern und die Kombinationsbeiwerte sind jeweils vorangestellt.



Beachten Sie, dass jede einzelne der hier dargestellten Zeilen den Nachweisprozess durchläuft! Alle geforderten Einzelnachweise werden also mit jeder Zeile einzeln durchgeführt. Der maximale Ausnutzungsgrad ergibt sich aus dem Maximum aller Nachweise.

Genau genommen verhält es sich sogar noch komplizierter: Da die Holzbaunormen die Anwendung des k_{mod} -Verfahrens vorschreiben, existieren nicht nur eine, sondern gleich fünf Extremalwerttabellen. Diese sind den Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) zugeordnet, die ihrerseits die Größenordnung des k_{mod} -Wertes auf der Nachweisseite bestimmen. Um auch die restlichen Extremalwerttabellen einzusehen, wählen Sie die Tabelle in der KLED-Auswahlliste aus.

Die interessantesten Informationen stehen sicherlich unter der Überschrift *Ausnutzungsgrade, erforderliche Bewehrung* auf der Seite *Überblick*.

Hierin sind die maximalen Ausnutzungsgrade aus allen Nachweisen aller extremalen Kombinationen für jede Wandscheibe übersichtlich in einer Tabelle ausgewiesen.

Dieser Tabelle kann folglich entnommen werden, ob die angestrebten Nachweise erbracht werden konnten oder nicht. Befinden sich alle Holztafeln im grünen Bereich (Ausnutzung $\leq 100\%$), kann die statische Berechnung der Wandtafeln des betrachteten Geschosses als abgeschlossen betrachtet werden.

Auf der Seite *Holztafeln* können die Teilergebnisse der Einzelnachweise wandweise eingesehen werden. Beachten Sie, dass diese Seite horizontal gescrollt werden kann!

Wand	Typ	maximale Ausnutzung
1	Holztafel	60%
2	Holztafel	23%
3	Holztafel	37%
4	Holztafel	49%
5	Holztafel	29%
6	Holztafel	34%
7	Holztafel	86%
8	Holztafel	36%
9	Holztafel	54%
10	Holztafel	79%
11	Holztafel	82%
12	Holztafel	68%
13	Holztafel	37%

4.1.10

Test

Um zu sehen, wie das Programm auf einzelne Änderungen reagiert, wechseln Sie in das erste Register auf die Seite *Gebäudemodell*. Ändern Sie die Höhe über der Wandscheibenoberkante von 3.86 m in 5.86 m und wechseln Sie wieder in das Register *Ergebnisse* auf die Seite *Überblick*!

Was ist passiert?

Durch die größere Gebäudehöhe wird auch die vom Wind belastete Fläche vergrößert. Es ergeben sich höhere Windlasten, die automatisch den Windlastfalltabellen zugeordnet werden. Die nachfolgende Extremierung errechnet folglich höhere Wandlasten, die der Nachweisprozess mit positivem Erfolg nachzuweisen nicht mehr in der Lage ist.

Wand	Typ	maximale Ausnutzung
1	Holztafel	101%
2	Holztafel	30%
3	Holztafel	62%
4	Holztafel	82%
5	Holztafel	50%
6	Holztafel	55%
7	Holztafel	140%
8	Holztafel	38%
9	Holztafel	91%
10	Holztafel	128%
11	Holztafel	133%
12	Holztafel	110%

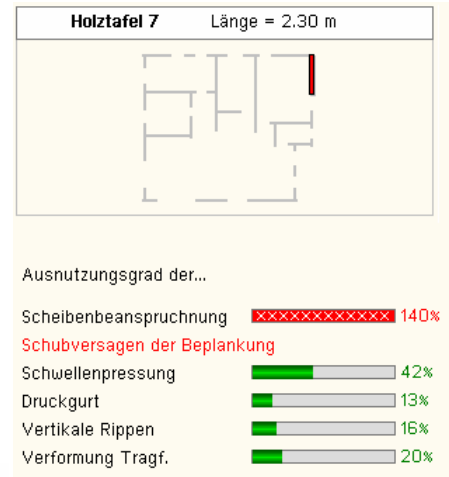
In diesem Falle hilft ein Blick auf die Seite *Holztafeln*.

Hierin wird für die Scheiben mit Ausnutzungsgrad >100% angezeigt, dass der Nachweis der Scheibenbeanspruchung wegen Schubversagens der Beplankung nicht erbracht werden kann.

Wenn überhaupt etwas hilft, so muss also die Beplankung der betroffenen Wandtafeln hinsichtlich Material und/oder Stärke modifiziert werden.

Entsprechende Änderungen sind im zweiten Register auf der Seite *Wandtafeln* vorzunehmen.

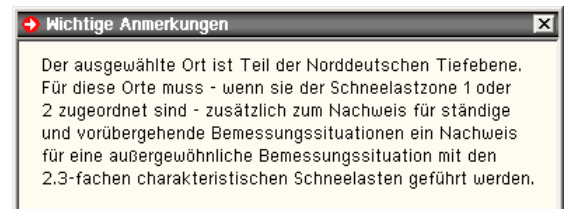
Machen Sie die Änderung im ersten Register auf der Seite *Gebäudemodell* rückgängig! Die Höhe des Gebäudes über der Wandscheibenoberkante erhält wieder den Wert 3.86 m.



4.1.11

außergewöhnliche Bemessungssituationen

Wenn Sie die Informationen zur Windzone bzw. Schneelastzone bzgl. der Stadt Flensburg in *WUSL* abgefragt haben, wird Ihnen die nebenstehende Meldung nicht entgangen sein.



Es ist also neben den Nachweisen in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation noch der Nachweis zu erbringen, dass die 2.3-fachen Schneelasten im Rahmen einer außergewöhnlichen Bemessungssituation von den Wandscheiben aufgenommen werden können.

Erzeugen Sie bitte im Register *Belastung* auf der Seite *Laststruktur* eine weitere Einwirkung. Geben Sie ihr die Bezeichnung "erhöhte Schneelasten". Wählen Sie unter der Überschrift Überlagerungstechnische Eigenschaften den Typ **Sonderlast**. Erzeugen Sie (zugeordnet der soeben erzeugten Einwirkung) einen Lastfall mit der Bezeichnung "Schnee erhöht".

Wechseln Sie auf die Seite *Lasten* und wählen Sie den Lastfall "Schnee erhöht" aus. Aktivieren Sie den **Automatik-Schalter** und klicken auf das **Schraubenschlüssel-Symbol**. Geben Sie als Lastordinate den Wert 0.68 und als Multiplikator den Wert 2.3 ein. Bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt!

Wechseln Sie in das Register *Ergebnisse* auf der Seite *Tragfähigkeit* unter der Überschrift *extremale Lasten*.

Sie sehen: Neben der Tabelle für eine ständige und vorübergehende Bemessungssituation erscheint nun eine weitere Tabelle für die außergewöhnliche Bemessungssituation. Dies ist allein Folge der Tatsache, dass es nun eine Einwirkung vom Typ **Sonderlast** gibt. Sie sehen weiterhin, dass die in der neuen Tabelle ausgewiesenen Werte stets kleiner sind, als die Werte in der Standardtabelle. Die außergewöhnliche Bemessungssituation hat folglich keine Auswirkungen in den Ausnutzungsgraden der einzelnen Holztafeln, was leicht auf der Seite *Überblick* überprüft werden kann.

Wir gestehen, dass uns bei dieser Vorgehensweise ein kleiner Fehler unterläuft. Der Extremierungsprozess überlagert die überhöhten Schneelasten mit den abgeminderten restlichen Lasten der definierten "normalen" Einwirkungen. Hierzu gehören jedoch auch die "normalen" Schneelasten, die im Grunde genommen auszuschließen wären. Kalkulieren wir die Größenordnung des Fehlers, so stellen wir fest: Ergibt sich bei der Extremierung der Maximalwert unter der Voraussetzung, dass die normale Schneelast nicht führend ist, so wird sie mit $\psi = 0.0$ abgemindert, bleibt folglich unberücksichtigt. Ist die Schneelast führend, so wird sie mit $\psi = 0.2$ abgemindert. In seltenen Fällen muss also damit gerechnet werden, dass der Nachweis nicht mit den 2.3-fachen Lasten sondern mit den 2.5-fachen Lasten geführt wird. Der Fehler liegt folglich in seltenen Fällen bei ca. 8.7%, - ein Wert, den wir auf der Seite "Sicherheit" verbuchen können.

4.2 Projekt 2 - Stahlbetonbau

4.2.1 Aufgabenstellung

Das nebenstehend dargestellte Gebäude wird aus Stahlbeton errichtet. Standort ist Leipzig. Die Wände und Stützen des Erdgeschosses (Geschosshöhe 3.50 m) sollen hierzu unter Berücksichtigung der Einwirkungen Eigengewicht, Nutzlasten, Wind und Schnee sowie Imperfektionen nachgewiesen werden.

Die Maße können der nebenstehend dargestellten Skizze entnommen werden.

Das Beispiel wurde mit leichten Abweichungen bzw. Ergänzungen in Anlehnung an

Professor Dr.-Ing. Otto Wommelsdorf

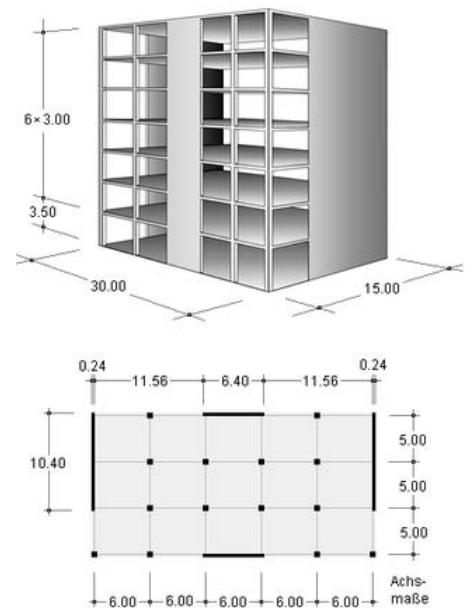
Stahlbetonbau

Bemessung und Konstruktion - Teil 2

8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Seite 122 ff.

gewählt.



4.2.2 Einrichtung eines DTE®-Bauteils - Programmstart



Erzeugen Sie im DTE®-System ein neues Bauteil. Klicken Sie hierzu auf das nebenstehend dargestellte Symbol und wählen in dem nun erscheinenden Eigenschaftsblatt in der Gruppe *Flächentragwerke* die Problemklasse *##-HORA - Aussteifungen* aus. Klicken Sie auf den **erzeugen-Button**.



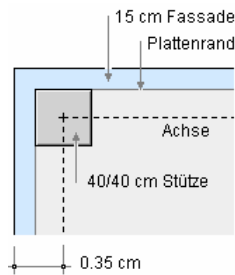
Positionieren Sie das Bauteil-Icon im aktuellen Ordner an einer freien Stelle. Geben Sie dem Bauteil die Bezeichnung "Projekt 2". Führen Sie einen Doppelklick über dem Icon aus.

##-HORA wird gestartet. Die nachfolgenden Eingaben erfolgen entspr. DIN.

4.2.3

System + Grundeinstellungen

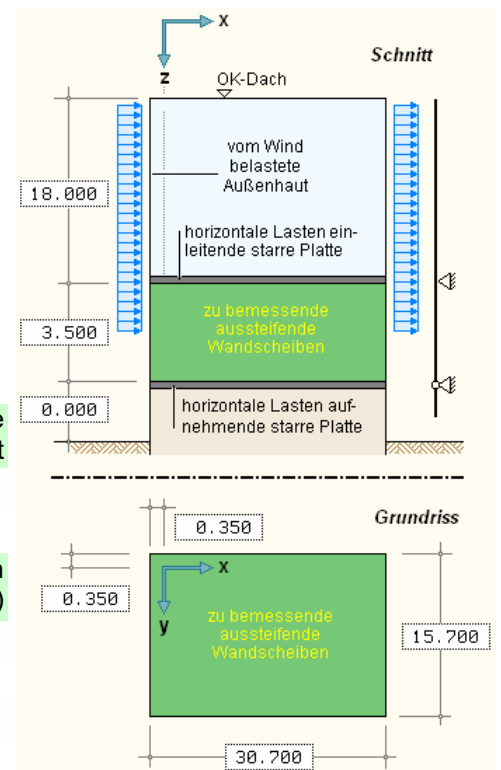
Es wird automatisch die erste Seite *Gebäudemodell* im ersten Register *System + Grundeinstellungen* eingeblendet.



Geben Sie hier die nebenstehend dargestellten Werte ein, die sich aus dem Grundriss in Kombination mit der dargestellten Skizze ergeben.

Das Koordinatensystem wird mit den Offset-Werten 0.35, 0.35 direkt in den ersten Achspunkt (oben, links) gelegt.

Wechseln Sie nun auf die Seite *Windlasten!*



##-WUSL informiert darüber, dass die Stadt Leipzig im Mittel auf einer Höhe von 112 m + NN liegt und der Windzone 2 zuzuordnen ist.

Tragen Sie die entsprechenden Werte ein! Als Bodenrauigkeitsprofil sei **Binnenland** gewählt.

Bei dem freistehenden Gebäude müssen alle Windrichtungen untersucht werden. Dies ist auch die Voreinstellung des Programms.

Es ergibt sich ein Böengeschwindigkeitsdruck zwischen 0.58 (OK Erdreich) und 0.88 kN/m² (OK Dach).

Auf den nachfolgenden Seiten *Wind von links*, *Wind von rechts* usw. kann der Rechenweg zur Erfassung der Gesamtlasten aus Windeinwirkungen nachvollzogen werden. Interessant ist hier u.U. auch die *Zusammenfassung*.

##-WUSL aufrufen

Windzone

☒ $q_{ref}^0 = 0.39$ kN/m²

☒ $h+NN = 112$ m

☒ Faktor

☒ $\Rightarrow q_{ref} = 0.39$ kN/m²

Bodenrauigkeitsprofil

nach DIN 1055-4 Anhang A.1
Tabellenwert
nur für Werte > 800 relevant
nach DIN 1055-4 Anhang A.2
Rechenwert

DIN 1055-4

Mischprofil der Geländekategorien II und III

$q(z) = 1.5 \cdot q_{ref}$ für $z \leq 7$ m

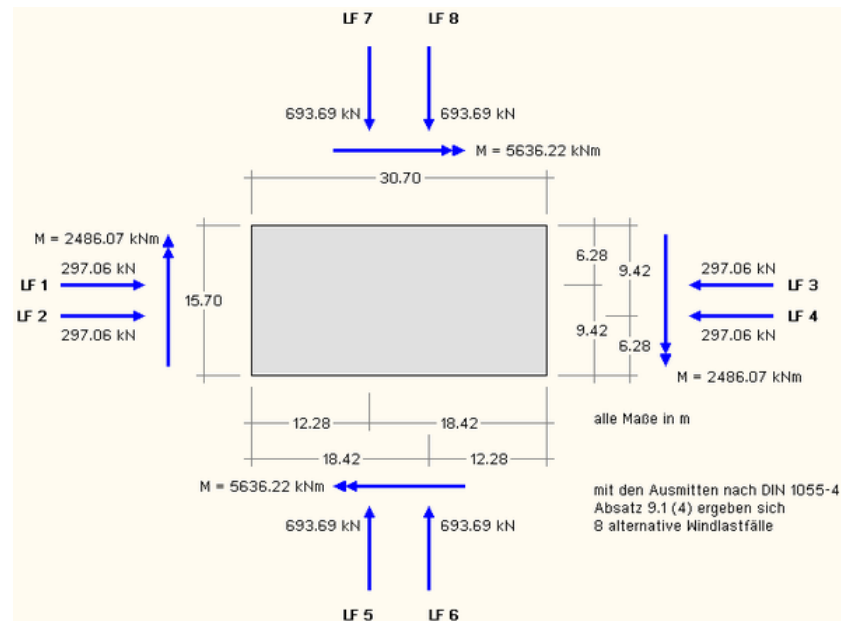
$q(z) = 1.7 \cdot q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.37}$ für $7 \text{ m} < z < 50 \text{ m}$

$q(z) = 2.1 \cdot q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.24}$ für $50 \text{ m} \leq z < 300 \text{ m}$

$q(0) = 0.58$ kN/m²

$q(h) = 0.88$ kN/m²

Der Zusammenfassung kann entnommen werden, dass infolge der von der DIN 1055-4, Absatz 9.1 (4), vorgeschriebenen Ausmitten acht alternative Lastfälle zu untersuchen sind. Lastordinaten und Vermaßung der Lastangriffspunkte sind hier angegeben.



Gemäß DIN 1045-1 sind Imperfektionen in Form von Schiefstellungen zu berücksichtigen. Dies führt zu geschossweise konstanten Ersatzkräften, die sich bis zur Oberkante des nachzuweisenden Geschosses auf 36,30 kN und ein Moment von 381,3 kNm aufsummieren (Näheres s. Wommelsdorf). Die Resultierende wirkt also in einer Höhe von $381,3/36,3 = 10,50$ m über OK Erdgeschoss bzw. $10,50 + 3,50 = 14,00$ m über OK Erdreich. Da Imperfektionen jeweils ungünstig anzusetzen sind, ergeben sich vier alternative Imperfektionsfälle.

Wechseln Sie auf die Seite *Imperfektionen* und tragen Sie den Wert 4 als Anzahl der zu untersuchenden Imperfektionsfälle ein. Füllen Sie die Tabelle entsprechend nachfolgender Abbildung aus.

IMPERFEKTIONEN

Überlagerungstyp: ☐ additiv ☒ alternativ

	x m	P _y kN	y m	P _x kN	h m
1	15,35	36,30	0,00	0,00	14,00
2	15,35	-36,30	0,00	0,00	14,00
3	0,00	0,00	7,85	36,30	14,00
4	0,00	0,00	7,85	-36,30	14,00

Anzahl zu untersuchender Imperfektionsfälle: 4

Prinzipkizze

Grundriss

Es gilt das unter Kapitel Gebäudemodell festgelegte Koordinatensystem

Ansicht

Wechseln Sie auf die Seite *Steifigkeiten*!

für Betonwände und Mauerwerk

☒ Biegeverformung
☒ Schubverformung

Abschätzung der Plattensteifigkeit

zur Aufnahme der Biegemomente 30 %
zur Aufnahme der Vertikallasten 0 %
Berücksichtigung der Wölbkkräfte 0 %

ideal biegeeweiche Platte

ideal biegesteife Platte

Für die Steifigkeitskennwerte zur Aufnahme der horizontalen Lasten werden die Biege- und Schubverformungsanteile herangezogen (Voreinstellung). Die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Biegemomente wird mit 30 % vorsichtig abgeschätzt. Die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten wird mit 0 % angegeben. Wir wollen bei der Vorgabe des Lastschemas später die Lagerreaktionskräfte aus einer elastischen Berechnung mittels FEM übertragen. Diese sollen nicht mit den Ergebnissen einer starren Platte gewichtet werden.

Tragen Sie bitte die hier angegebenen Werte ein.

Die Bearbeitung des ersten Registers ist hiermit abgeschlossen.

4.2.4

vorbereitende Maßnahmen zur Eingabe der Wände

Klicken Sie auf das zweite Register mit der Bezeichnung *Wandscheiben + Deckenplatte*.

Es erscheint die Seite *Wandscheiben* in der grafischen Bearbeitungsform.



Klicken Sie auf das nebenstehend dargestellte Symbol! Wir wollen in diesem Beispiel die Möglichkeit der Maßlinienraster nutzen.

Es erscheint das Eigenschaftsblatt zur Verwaltung der Maßlinien-Fangrasterpunkte.

Gruppe 1

n_x

x_0 dx_1 dx_2 dx_3 dx_4 dx_5 dx_6 dx_7

y_0 dy_1 dy_2 dy_3 dy_4 dy_5

n_y

Fangrasterpunkte (alle Angaben in m)

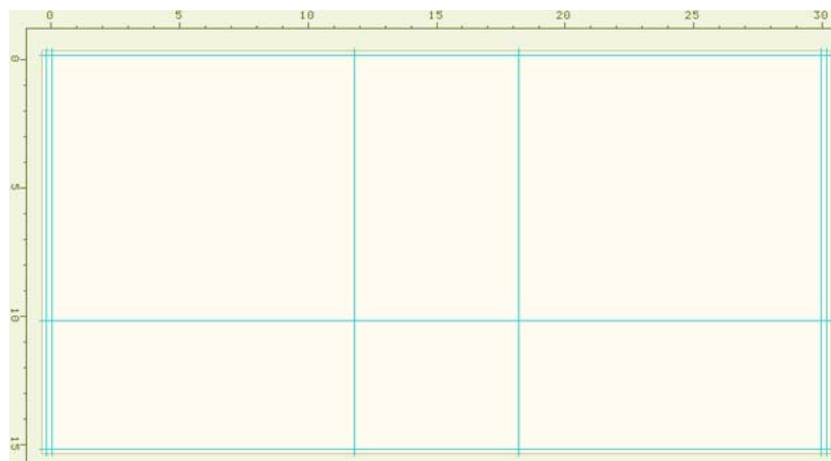
n_x	6	n_y	3
x_0	-0.200	y_0	-0.200
dx_1	0.240	dy_1	10.400
dx_2	11.760	dy_2	5.000
dx_3	6.400		
dx_4	11.760		
dx_5	0.240		

☒ Raster einblenden
☒ Rasterpunktanziehung

Geben Sie die hier dargestellten Werte ein. Diese können auch direkt den Maßlinien im Grundriss entnommen werden. Da der Koordinatensystemnullpunkt im Schwerpunkt der ersten Stützenreihe/spalte liegt, ist $x_0 = y_0 = -0.2$.

Sorgen Sie bitte vor dem Bestätigen des Eigenschaftsblatts dafür, dass sowohl der Schalter **Raster einblenden** als auch der Schalter **Rasterpunktanziehung** aktiviert ist.

Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts erscheint das Raster im Arbeitsfenster.



Gelegentlich sollte der bisherige Bearbeitungszustand gespeichert werden.



Klicken Sie hierzu auf den **speichern-Button**.

Richten wir nun unser Augenmerk auf die Voreinstellungen für neu zu erzeugende Wände. Die Interaktionselemente hierzu werden im Seitenauswahlfenster angeboten.

Wählen Sie als Lage **horizontal** (Voreinstellung) und als Länge 6.40 m. Klicken sie nun auf das **Schraubenschlüsselsymbol**. Wählen Sie in dem nun erscheinenden Eigenschaftsblatt als Typ **Wandscheibe** und als Material **Stahlbeton**.

Voreinstellungen

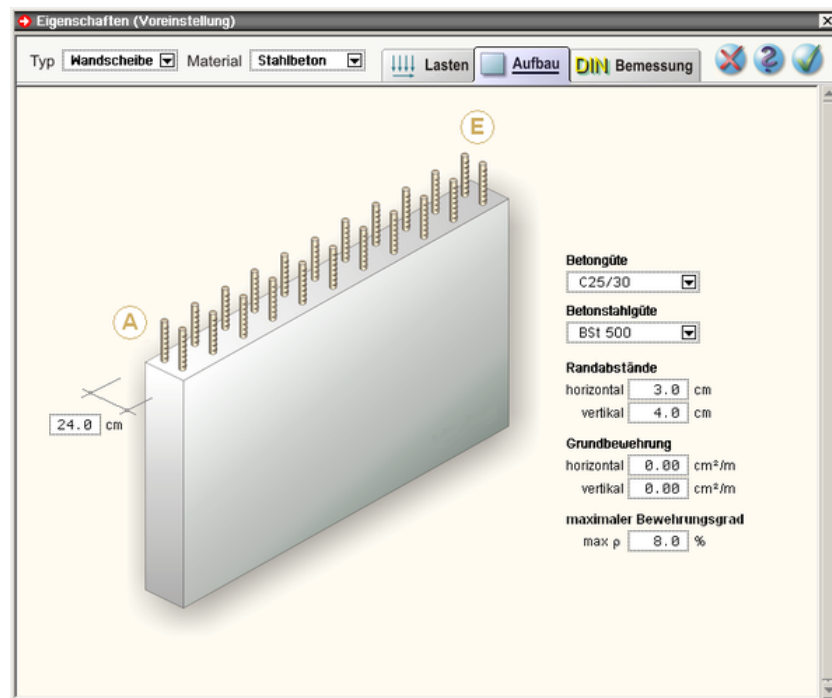
Einstellungen bei Erzeugung:

Typ **Stahlbeton**

Lage **horizontal**

Länge **6.400** m

Breite **0.240** m



Die Stahlbetonwände erhalten laut Vorgabe eine Breite von 24 cm. Als Material ist C25/30 und BSt 500 eingestellt.

Im Register *Bemessung* können weitere Vorgaben festgelegt werden. Informationen zu weiteren, den Nachweis steuernde Angaben finden Sie unter Stahlbetonbemessungsoptionen, Abs. 3.3.9.5, S. 31.



Bestätigen Sie den Inhalt des Eigenschaftsblatts.

4.2.5

Eingabe der Wände

Es sind nun alle vorbereitenden Maßnahmen getroffen, um mit der Erzeugung der Wände zu beginnen. Maximieren Sie das #HORA-Fenster, falls dies noch nicht geschehen ist. Eine möglichst große Darstellung ist den nachfolgenden Aktionen dienlich. Falls notwendig, können Sie sich in den Plan hineinzoomen.

Nutzen Sie hierzu die Symbole



Ansicht vergrößern

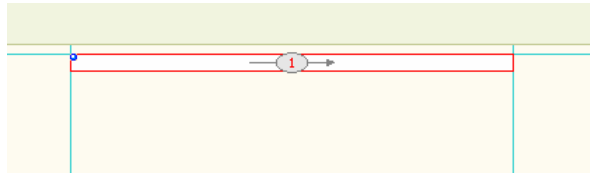
Ansicht verkleinern

Ansicht anpassen



Klicken Sie auf das Symbol **neue Wand erzeugen**. Im Arbeitsbereich erscheint ein Rechteck in der Größe 24/640 cm, dessen Position sich über die Bewegung der Maus steuern lässt.

Positionieren Sie das Rechteck so, dass die Oberkante des Rechtecks mit der oberen Maßlinie und der linke Rand mit der linken mittleren Maßlinie übereinstimmen. Bestätigen Sie diese Position mit der linken Maustaste.



In der Statuszeile erscheint die Meldung:

Wand 1 von Maßlinien-Rasterpunkt gefangen



Sollte Ihnen diese Aktion misslungen sein, so klicken Sie einfach auf den **undo-Button**. Die soeben erzeugte Wand verschwindet wieder und Sie können es erneut probieren.

Die soeben erzeugte Wand hat in der oberen linken Ecke eine Markierung, den sogenannten Festhaltepunkt. Dieser Punkt wurde vom Maßlinien-Rasterpunkt gefangen. D.h., der zur Wand gehörende Festhaltepunkt hat exakt die Koordinaten des darunter liegenden Maßlinien-Rasterpunkts erhalten.

Wiederholen Sie die Aktion zur Erzeugung der unteren, horizontalen Wand und beachten Sie die Meldung in der Statuszeile!

Nun sollen die vertikalen Wände erzeugt werden.

Ändern Sie im Voreinstellungsrahmen die Lage und Länge wie nebenstehend dargestellt.

Erzeugen Sie nun die senkrechten Wände.

Voreinstellungen

Einstellungen bei Erzeugung:

Typ **Stahlbeton**

Lage **vertikal**

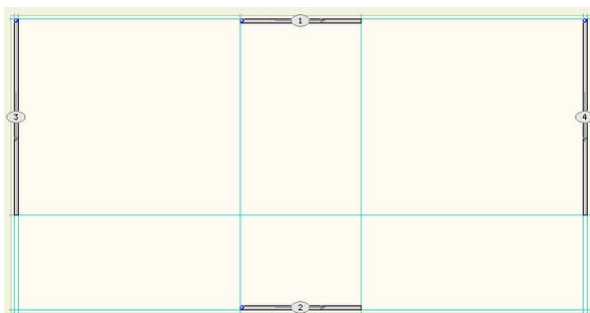
Länge **10.400** m

Breite **0.240** m



Klicken Sie auf das **abwählen-Symbol**.

Der Inhalt des Arbeitsfensters sollte nun wie nachfolgend dargestellt aussehen.



4.2.6

Eingabe der Stützen



Stützen werden grundsätzlich mit ihrem Schwerpunkt eingemessen. Aus diesem Grund wird einer neuer Satz Maßlinien benötigt. Klicken Sie auf das nebenstehend dargestellte Symbol!

Gruppe 2

n_x

x_0 d_{x1} d_{x2} d_{x3} d_{x4} d_{x5} d_{x6} d_{x7}

y_0 d_{y1} d_{y2} d_{y3} d_{y4} d_{y5}

n_y

Fangrasterpunkte (alle Angaben in m)

n_x	6	n_y	4
x_0	0.000	y_0	0.000
d_{x1}	6.000	d_{y1}	5.000
d_{x2}	6.000	d_{y2}	5.000
d_{x3}	6.000	d_{y3}	5.000
d_{x4}	6.000		
d_{x5}	6.000		

☒ Raster einblenden
☒ Rasterpunktanziehung

Wählen Sie "Gruppe 2" aus und tragen Sie die Maßlinienabstände der Stützen wie oben dargestellt ein. Sorgen Sie vor dem Bestätigen des Eigenschaftsblatts dafür, dass sowohl der Schalter **Raster einblenden** als auch der Schalter **Rasterpunktanziehung** aktiviert sind.

Das Stützenraster erscheint im Arbeitsfenster.

Klicken Sie im Voreinstellungsrahmen auf das **Schraubenschlüsselsymbol**.

Eigenschaften (Voreinstellung)

Typ: **Pendelstütze** Material: **Stahlbeton** Lasten Aufbau DIN Bemessung

Betongüte: **C25/30**

Betonstahlgüte: **BSt 500**

Querschnitt: **Rechteck**

b: **40.0** cm

d: **40.0** cm

Randabstand: d_1 **5.0** cm

Grundbewehrung: A_{s0} **0.00** cm²

maximaler Bewehrungsgrad: $\max p$ **8.0** %

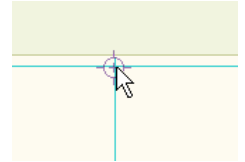
EA = 4266.021 MN

Wählen Sie als Typ **Pendelstütze**. Tragen Sie als Betongüte C25/30 ein. Wählen Sie einen Rechteckquerschnitt mit einer Kantenlänge von 40/40 cm. Bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.



Klicken Sie auf das **erzeugen-Symbol**.

Bewegen Sie das nun erscheinende Symbol so, dass der Zentrierpunkt direkt über dem Kreuzungspunkt zweier Maßlinien liegt. Bestätigen Sie die Position mit der linken Maustaste. Beachten Sie die Meldung in der Statuszeile!



Erzeugen Sie die restlichen Stützen auf analoge Weise.

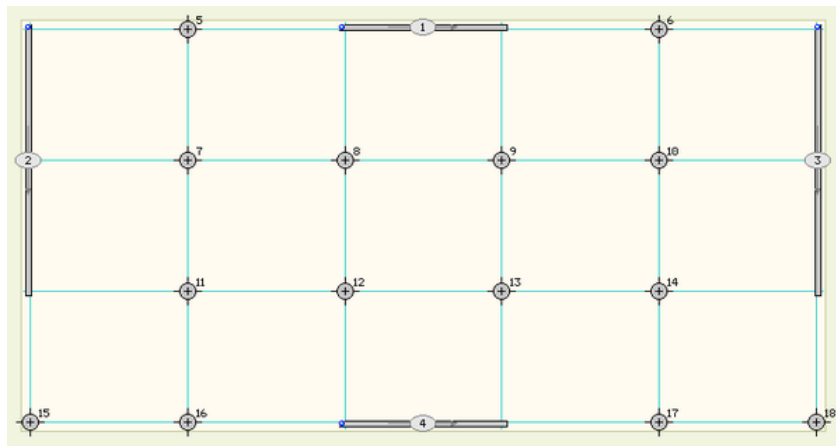


Klicken Sie auf das **abwählen-Symbol**.



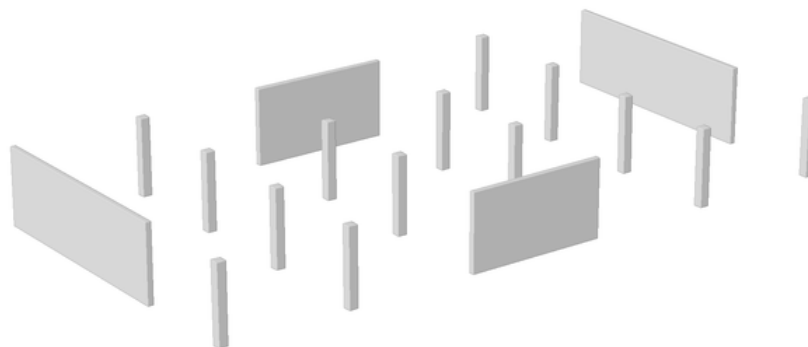
Sortieren Sie die Objektnummern von oben nach unten.

Nach Fertigstellung der hier besprochenen Arbeiten sollte der Inhalt des Arbeitsfensters der nachfolgenden Abbildung entsprechen.



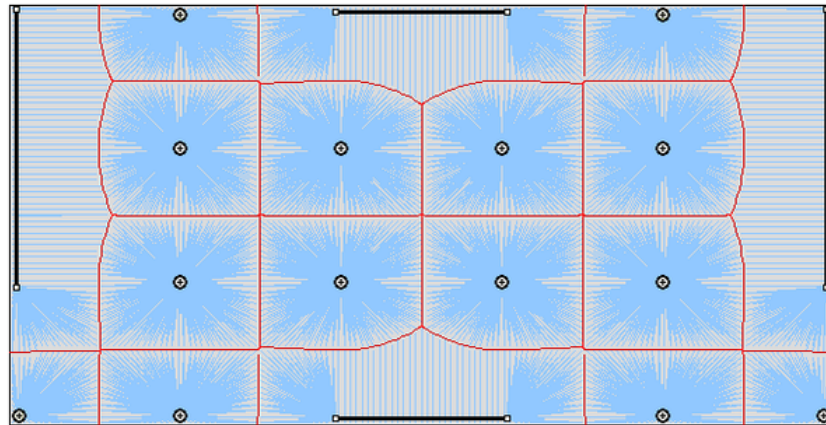
Das Ergebnis der bisherigen Arbeit kann auch dreidimensional fotorealistisch dargestellt werden. Klicken Sie hierzu auf das nebenstehende Symbol.

Das DTE®-eigene FotoView-Werkzeug wird gestartet.



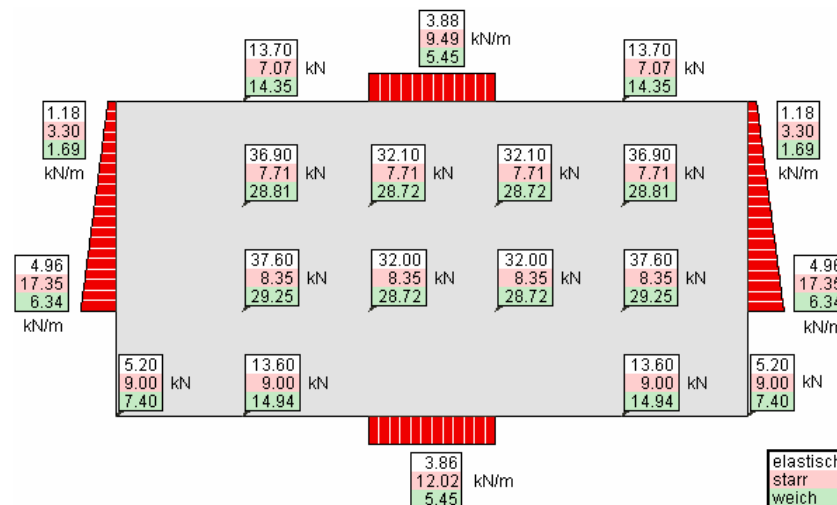
Ein guter Zeitpunkt, um den aktuellen Bearbeitungszustand zu sichern.

Klicken Sie nun im zweiten Register *Wandscheiben + Deckenplatte* auf die Seite *Deckenplatte*.



Im Bearbeitungsfenster erscheint eine Skizze, die anzeigt, wie sich die vertikalen Lasten auf die definierten Wände verteilen. Jede Wand ist von einer roten Linie umrandet, die den der Wand zugeordneten Flächenbereich markiert. Die Wand hat folglich diesen Teil der Plattenlasten zu tragen, wenn die Automatik des Programms zur Verteilung der vertikalen Lasten genutzt werden soll (s. auch Einflussflächenmethode, Abs. 3.8.2, S. 72).

Zur Bemessung der Deckenplatte ist i.d.R. eine elastische Berechnung erforderlich. Dies ist nicht Teil des Leistungsumfangs von *HH-HORA*, sondern wird mit Hilfe eines separaten FEM-Programms bewerkstelligt. Da der hierfür erforderliche Eingabeaufwand so oder so durchgeführt werden muss, kann an dieser Stelle eine vergleichende Untersuchung bzgl. der Qualität der hier automatisch ermittelten Lastordinaten erfolgen.



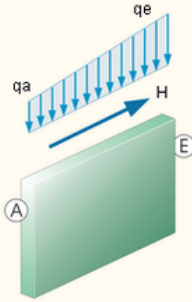
Betrachtet wird die o.a. Skizze: Die Zahlen in den weiß hinterlegten Feldern weisen die Lagerreaktionskräfte berechnet mit dem Plattenmodul von *HH-ALFA* infolge einer konstanten Flächenlast von 1 kN/m^2 aus. Die rötlich hinterlegten Zahlen stellen das Ergebnis der Belastung einer ideal starren Platte, die sich in das Bett der elastischen Unterkonstruktion (bestehend aus Wänden und Stützen) drückt, dar. Die grünlich hinterlegten Zahlen zeigen letztlich das Ergebnis der Flächenaufteilung entsprechend o.a. Skizze. Man erkennt, dass die "starr" ermittelten Werte (rötlich hinterlegt) stark von den anderen Werten abweichen. Bedingt durch die Aufteilung der Steifigkeiten werden hier die Scheiben unverhältnismäßig hoch gegenüber den Stützen belastet. Die elastisch berechneten Werte (weiß hinterlegt) stimmen mit den Werten aus der Flächenaufteilung (grün hinterlegt) bereits ganz gut überein. Jedoch fällt auf, dass bei der elastischen Berechnung die innen liegenden Stützen höhere Werte und die auf dem Plattenrand liegenden Unterstützungselemente niedrigere Werte ausweisen als bei der Einflussflächenmethode.

Da hiermit die Werte der elastischen Berechnung vorliegen, nutzen wir die direkte Eingabe:


Aktivieren Sie auf der Seite *Deckenplatte* den Schalter **direkte Eingabe** und tragen Sie in der Tabelle im Arbeitsfenster die entsprechenden Werte direkt ein (s. nachfolgende Darstellung).

Geben Sie hier die Lagerkräfte infolge einer Plattenbelastung von 1 kN/m² direkt ein.

Wand-scheibe	q _a kN/m	q _e kN/m
1	3.880	3.880
2	1.180	4.960
3	1.180	4.960
4	3.860	3.860



Stütze	V kN
5	13.700
6	13.700
7	36.900
8	32.100
9	32.100
10	36.900
11	37.600
12	32.000
13	32.000
14	37.600
15	5.200
16	13.600
17	13.600
18	5.200



4.2.8 Kraftaufteilung

Wechseln Sie in das Register *Kraftaufteilung*!

Im Register *Kraftaufteilung* können keine benutzerdefinierten Vorgaben gemacht werden. Im Gegenteil: hier präsentiert das Programm das erste Zwischenergebnis. Da zu diesem Zeitpunkt die Wände und somit die Steifigkeiten der unterstützenden Konstruktion programmintern bekannt sind, kann *##-HORA* das Verhalten der als starr gedachten Deckenplatte und die Reaktion der Wände (und ggf. Stützen) auf Einheitslasten darstellen.

Auf der Seite *allg. Informationen* werden zunächst der berechnete Schwerpunkt S und der Schubmittelpunkt M ausgewiesen. Die äußeren, Schub erzeugenden Kraftgrößen H_x , H_y und M_z werden im Schubmittelpunkt wirkend angenommen; M_x , M_y und V_z wirken im Schwerpunkt. Der nachfolgenden Tabelle können die Verformungen der "starrten" Platte infolge der globalen Einheitslasten entnommen werden.

Auf den weiteren Seiten im Register *Kraftaufteilung* kann die Reaktion der Wände (und Stützen) auf die Einheitslasten studiert werden.

Man beachte, dass die im Register *Belastung* lastfallweise zusammengestellten (automatisch ermittelten) Lasten allein durch Superposition der im Register *Kraftaufteilung* ausgewiesenen Einheitslasten ermittelt werden! Ausnahme hiervon bilden die lotrechten Kräfte infolge der Einheitslast V_z . Da im ersten Register die Plattensteifigkeit zur Aufnahme der Vertikallasten mit 0% abgeschätzt wurde, werden die Vertikallasten allein aus den Vorgaben im zweiten Register auf der Seite *Deckenplatte* generiert, wenn von der Automatik des Programms Gebrauch gemacht wird.

4.2.9 Belastung

Wechseln Sie bitte in das Register *Belastung*!

Das Register *Belastung* bietet die Seiten *Laststruktur* und *Lasten* zur Bearbeitung an.

Auf der Seite *Laststruktur* werden zunächst die zu untersuchenden Lastarten festgelegt. Dies geschieht in Form von Einwirkungen und Lastfällen. Im Bearbeitungsfenster werden die aktuell definierten Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur dargestellt. Jede einzelne Zeile kann durch Anklicken aktiviert werden. Eine aktivierte Zeile weist auf der rechten Seite die Eigenschaften des von ihr enthaltenen Objekts aus. Die dunkelrot eingefärbten Einwirkungen und Lastfälle werden von *##-HORA* automatisch nach den Vorgaben im ersten Register erzeugt und verwaltet. Sie können an dieser Stelle zwar eingesehen, jedoch nicht gelöscht oder inhaltlich verändert werden.

Mit Hilfe der Symbole über dem Arbeitsbereich können neue Objekte in den Baum eingefügt werden.



mit dem hier dargestellten Symbol wird eine neue Einwirkung eingerichtet

dieses Symbol ordnet der aktuell ausgewählten Einwirkung einen neuen Lastfall zu

dieses Symbol löscht die aktuell ausgewählte Zeile im Baum

Nutzen Sie die hier vorgestellten Interaktionselemente, um die Einwirkungen und Lastfälle gemäß nebenstehender Abbildung einzurichten.

Die erste Einwirkung sollte die Bezeichnung "ständige Lasten" erhalten und vom Typ **ständige Lasten** sein.

Die zweite Einwirkung erhält die Bezeichnung "Nutzlasten", ist vom Typ **veränderliche Lasten** in der **Kategorie B - Büros**.

Die dritte Einwirkung erhält den Namen "Schneelasten", ist vom Typ **veränderliche Lasten - Schnee: Orte bis NN + 1000 m**.

Die den einzelnen Einwirkungen zugeordneten Lastfälle lauten "Eigengewicht", "Verkehr" bzw. "Schnee (voll)".

Gesamtbelastung

- 1: ständige Lasten**
 - 1: Eigengewicht
- 2: Nutzlasten**
 - 2: Verkehr
- 3: Schneelasten**
 - 3: Schnee (voll)
- 4: Windlasten**
 - 4: Wind von links (- Ausmitte)
 - 5: Wind von links (+ Ausmitte)
 - 6: Wind von rechts (- Ausmitte)
 - 7: Wind von rechts (+ Ausmitte)
 - 8: Wind von vorne (- Ausmitte)
 - 9: Wind von vorne (+ Ausmitte)
 - 10: Wind von hinten (- Ausmitte)
 - 11: Wind von hinten (+ Ausmitte)
- Imperfektionen**
 - 12: Imperfektion (1)
 - 13: Imperfektion (2)
 - 14: Imperfektion (3)
 - 15: Imperfektion (4)

Die einer Einwirkung zugeordneten Lastfälle werden von der Einwirkung entweder als **additiv** oder als **alternativ** geschaltet. Additive Lastfälle sind unabhängig voneinander und können auch gleichzeitig wirken. Alternative Lastfälle stellen Alternativen zueinander dar. Bei der Überlagerung wird hierbei stets nur ein Lastfall (der ungünstigste) berücksichtigt.

Die Informationen auf der Seite *Laststruktur* dienen zum einen der Definition von Lastfällen, geben aber zum anderen dem (die Bemessungslasten generierenden) Überlagerungsprozess alle Informationen hinsichtlich der Faktorisierung der Lasten. Dies geschieht i.W. über die Eigenschaften der Einwirkungen.

Wechseln Sie auf die Seite *Lasten*!

Hier sind die Wandlasten lastfallweise dargestellt. Um die Seite kennen zu lernen, klicken Sie auf den Lastfall "Wind von vorne (- Ausmitte)". Die folgende Darstellung erscheint im Bearbeitungsfenster.

1: ständige Lasten

- 1: Eigengewicht

2: Nutzlasten

- 2: Verkehr

3: Schneelasten

- 3: Schnee (voll)

4: Windlasten

- 4: Wind von links (- Ausmitte)
- 5: Wind von links (+ Ausmitte)
- 6: Wind von rechts (- Ausmitte)
- 7: Wind von rechts (+ Ausmitte)
- 8: Wind von vorne (- Ausmitte)
- 9: Wind von vorne (+ Ausmitte)
- 10: Wind von hinten (- Ausmitte)
- 11: Wind von hinten (+ Ausmitte)

Imperfektionen

- 12: Imperfektion (1)
- 13: Imperfektion (2)
- 14: Imperfektion (3)
- 15: Imperfektion (4)

Wand-scheibe	q _a kN/m	q _e kN/m	H kN
1	8.79	8.79	-15.42
2	118.38	-114.33	-283.99
3	118.38	-114.33	-489.70
4	-11.39	-11.39	15.42

Stütze	V kN
5	5.79
6	5.79
7	1.35
8	1.35
9	1.35
10	1.35
11	-3.09
12	-3.09
13	-3.09
14	-3.09
15	-7.52
16	-7.52
17	-7.52
18	-7.52

Wandlastenlastfall:

q_a (kN/m) | q_e (kN/m) | H (kN)

q_a = 8.79 | q_e = -114.33 | H = -283.99

Stütze:

V = 5.79 kN

Plattenverformungen:

u_x = 0.000 mm
u_y = -0.052 mm
θ_z = 0.0006 z
θ_x = -0.0122 z
θ_y = 0.0000 z

ΣHx = 0.00 kN
ΣHy = -693.69 kN
ΣV = 0.00 kN
ΣMx = -5636.22 kNm
ΣMy = 0.00 kNm

In der Tabelle sind die einzelnen Wandlasten des gewählten Lastfalls dargestellt. Die Tabelle kann eingesehen, aber nicht bearbeitet werden, da sie vom Programm automatisch verwaltet wird. Rechts neben der Tabelle sind die resultierenden Kräfte und Momente - berechnet aus den einzelnen Tabelleninhalten - ausgewiesen. Diese müssen mit den äußeren Kräften im Gleichgewicht stehen, was leicht im ersten Register auf der Seite *Wind - Zusammenfassung* überprüft werden kann. Des Weiteren wird angezeigt, dass sich die Kopfplatte im Schubmittelpunkt um -0.052 mm in y-Richtung verschiebt.

Klicken Sie den Lastfall 1: "Eigengewicht" an!

Die nun erscheinende Tabelle enthält ausschließlich den Wert 0.0, ist jedoch editierbar. Sie können hier jeder Wandtafel Lasten aus Eigengewicht zuordnen. Da Eigengewichtslasten keine horizontalen Lasten erzeugen, reicht es aus, die ersten beiden Spalten zu belegen. Sie können aber auch von der Möglichkeit der automatischen Tabellenbelegung Gebrauch machen.



Aktivieren Sie hierzu den **Automatik-Schalter** im Seitenauswahlfenster und klicken danach auf das **Schraubenschlüsselsymbol**.

Es erscheint das nachfolgend dargestellte Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, in dem die Lasten aus Eigengewicht zusammengestellt werden können.

Zusammenstellung der lotrechten Eigengewichtslasten in Lastfall 1: neuer Lastfall

☐ aus Wände

Eigengewicht: ☒ automatisch kN/m

zusätzlich (Putz o. ä.) kN/m (für alle Wände)

Multiplikator (Anzahl Geschosse)

Summe kN/m

☐ aus Stützen

Eigengewicht: ☐ automatisch kN

zusätzlich (Putz o. ä.) kN (für alle Stützen)

Multiplikator (Anzahl Geschosse)

Summe kN

☒ aus Deckenplatten

anzuwendende Verteilungsfunktion: Lastschema (vgl. Register Wandscheiben, Seite Deckenplatte)

Eigengewicht: (eine Deckenplatte) kN/m²

zusätzlich (Putz, Estrich etc.) kN/m²

Multiplikator (Anzahl Deckenplatten)

Summe **66.50** kN/m²

Hier können die Gewichtslasten aus Wänden, Stützen und Deckenplatte zusammengestellt werden.

Um in der Nähe der Bezug nehmenden Literaturquelle (Wommelsdorf) zu bleiben, deaktivieren wir die Eingabefelder **aus Wände** und **aus Stützen** und geben den dort ermittelten verteilten Wert von 9.50 kN/m² pro Geschoss unter der Überschrift **aus Deckenplatte** ein. Als Multiplikator wird die Anzahl der Deckenplatten über Erdgeschoss angegeben.

Die Auswahl des anzuwendenden Lastschemas ist einfach, da im zweiten Register auf der Seite *Deckenplatte* nur ein Lastschema definiert wurde. Dieses enthält durch direkte Vorgabe die elastisch per FE-Methode ermittelten Kraftgrößen infolge einer Einheitslast von 1 kN/m². Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts werden den Wänden und Stützen im Lastfall "Eigengewicht" folglich die 66.5-fachen Lastordinaten zugewiesen.

Tragen Sie die hier angegebenen Werte ein und bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.

Die Tabelle wird nun automatisch gefüllt.

Klicken Sie auf der Seite *Lasten* den Lastfall 2: "Verkehr" an. Schalten Sie auch hierfür die **Automatik** an und klicken auf das **Schraubenschlüsselsymbol**.

Das nachfolgend dargestellte Eigenschaftsblatt erscheint.

Tragen Sie hier Lastordinate und Multiplikator ein und bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.

Die Tabellen der Wandlasten und Stützen werden wieder automatisch gefüllt.

Klicken Sie auf der Seite *Lasten* den Lastfall 3: "Schnee (voll)" an. Schalten Sie auch hierfür die **Automatik** an und klicken auf das **Schraubenschlüsselsymbol**.

##-WUSL klärt uns darüber auf, dass die charakteristische Schneelast in Leipzig mit 0.85 kN/m^2 anzusetzen ist, die bei Flachdächern mit $\mu_1 = 0.8$ zu faktorisieren ist.

Tragen sie die Lastordinate 0.68 kN/m^2 und den Multiplikator 1 ein und bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.

Die Zusammenstellung der Lasten ist hiermit beendet.

4.2.10

Ergebnisse

Wechseln Sie in das Register *Ergebnisse*.

Wie im Register *Kraftaufteilung*, so werden auch im Register *Ergebnisse* keine benutzerdefinierten Einstellungen mehr vorgenommen. ##-HORA präsentiert hier die Ergebnisse des Gesamtrechnenlaufs.

Auf den ersten Seiten werden die extremalen Lasten einwirkungsweise dargestellt. Diese Informationen können von Bedeutung sein, wenn einzelne Anteile der Bemessungslasten kontrolliert werden sollen. Danach folgen die extremalen Nachweislasten.

Auf der Seite *Tragfähigkeit* sind die Bemessungslasten für die einzelnen Wandscheiben (und ggf. Stützen) zusammengestellt.

Hierbei werden die maximalen und minimalen Lastordinaten inklusive ihrer zugehörigen Werte in einer Tabelle ausgewiesen. In den Zeilen "max V" bzw. "min V" wird zusätzlich der Wert für $(q_a + q_e)/2$ extremal ausgewiesen, da auch diese Kombination für den kritischen Bemessungsfall maßgebend sein kann.

Wenn Sie wissen wollen, aus welcher Kombination sich der Inhalt einer Zeile gebildet hat, klicken Sie auf die neben der Zeile stehende Lupe.

aus Lastfall:
 $1.00 * (1.35 * [1])$
 $+ 0.70 * (1.50 * [2])$
 $+ 0.50 * (1.50 * [3])$
 $+ 1.00 * (1.50 * [6])$
 $+ 1.00 * ([15])$

Wand 1 Stahlbeton, Länge = 6.40 m			
für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation			
	q_a kN/m	q_e kN/m	H kN
max q_a	647.30	224.42	-235.97
max q_e	224.42	647.30	235.97
max H	46.58	469.46	246.11
max V	481.03	481.03	13.97
min q_a	46.58	469.46	235.97
min q_e	469.46	46.58	-235.97
min H	469.46	46.58	-246.11
min V	244.24	244.24	-23.23

Einem Info-Fähnchen können sodann die Informationen entnommen werden.

In dem Info-Fähnchen sind die Lastfallnummern in eckigen Klammern angegeben, die Teilsicherheitsbeiwerte befinden sich in den runden Klammern und die Kombinationsbeiwerte sind jeweils vorangestellt.



Beachten Sie, dass jede einzelne der hier dargestellten Zeilen den Nachweisprozess durchläuft! Alle geforderten Einzelnachweise werden also mit jeder Zeile einzeln durchgeführt. Die maximale Bewehrung bzw. der maximale Ausnutzungsgrad ergeben sich aus dem Maximum aller Nachweise.

Die interessantesten Informationen stehen sicherlich unter der Überschrift *Ausnutzungsgrade*, *erforderliche Bewehrung* auf der Seite *Überblick*.

Wand	Typ	maximale Ausnutzung	erf. as(hor)	erf. as(ver)
1	Stahlbeton	23%	4.5 cm ² /m	5.1 cm ² /m
2	Stahlbeton	24%	4.5 cm ² /m	5.1 cm ² /m
3	Stahlbeton	25%	4.5 cm ² /m	5.1 cm ² /m
4	Stahlbeton	23%	4.5 cm ² /m	5.1 cm ² /m

Stütze	Typ	maximale Ausnutzung	erf. As(ver)
5	Stahlbeton	keine Angaben	8.5 cm ²
6	Stahlbeton	keine Angaben	8.5 cm ²
7	Stahlbeton	keine Angaben	51.3 cm ²
8	Stahlbeton	keine Angaben	37.8 cm ²
9	Stahlbeton	keine Angaben	37.8 cm ²
10	Stahlbeton	keine Angaben	51.3 cm ²
11	Stahlbeton	keine Angaben	53.3 cm ²
12	Stahlbeton	keine Angaben	37.6 cm ²
13	Stahlbeton	keine Angaben	37.6 cm ²
14	Stahlbeton	keine Angaben	53.3 cm ²
15	Stahlbeton	keine Angaben	8.5 cm ²
16	Stahlbeton	keine Angaben	8.5 cm ²
17	Stahlbeton	keine Angaben	8.5 cm ²
18	Stahlbeton	keine Angaben	8.5 cm ²

Hierin sind die maximalen Ausnutzungsgrade (hier aus dem Betonhauptdruckspannungsnachweis) und die rechnerisch erforderliche Bewehrung aller Scheiben und Stützen zusammengestellt. Konnte die Bemessung nicht erfolgreich durchgeführt werden, erfolgt hier ein entsprechender Hinweis. Die Tatsache, dass bei allen Wänden dieselbe erforderliche Bewehrung ausgewiesen wird zeigt an, dass hier der Rissnachweis maßgebend wurde.

Um einen differenzierteren Einblick in die Bemessungsergebnisse zu bekommen, klicken Sie auf die Seite *Stahlbeton*. Hier werden die Teilergebnisse in den einzelnen Bemessungspunkten ausgegeben.

Bzgl. der Einteilung der Scheibe in Bemessungspunkte sowie der Ermittlung der Scheibenspannungen aus den extremalen Belastungen s. Umrechnung der Belastung in Scheibenspannungen, Abs. 3.8.5, S. 77.

Angaben zu den Bemessungsalgorithmen finden Sie unter Stahlbetonbemessung, Abs. 3.7.5, S. 65.

Als Hinweis auf weitere Ergebnispräsentationen wird auf die Druckliste, Abs. 3.8.3, S. 73, verwiesen.

Wand 1 Stahlbeton, Länge = 6.40 m					
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
oben	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12
	2.70	2.27	2.00	2.27	2.70
	0.19	0.16	0.14	0.16	0.19
mitte	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12
	2.95	2.40	2.00	2.40	2.95
	0.21	0.17	0.14	0.17	0.21
unten	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12
	3.20	2.52	2.00	2.52	3.20
	0.23	0.18	0.14	0.18	0.23

Erläuterungen:			
erste Zeile	erf. a _s (horizontal)	cm ² /m	
zweite Zeile	erf. a _s (vertikal)	cm ² /m	
dritte Zeile	Hauptdruckspannung	N/mm ²	
vierte Zeile	Ausnutzung $\sigma_{vorh}/\sigma_{zul}$		

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Anfang				Ende

Bemessungsschnitte

- /1/ DIN 1052 (12.08)
- /2/ Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, Bruderverlag
- /3/ DIN 1052, Praxishandbuch Holzbau, 1. Auflage, Beuth Verlag
- /4/ Fermacell, Zulassung Z-9.1-434
- /5/ Steck: 100 Holzbau-Beispiele nach DIN 1052:2004, Werner Verlag
- /6/ Tino Schatz: Diagramme zur Auswertung der Johansen-Formeln für einschnittige Holz- bzw. Holzwerkstoff-Verbindungen, Bautechnik 86 (2009), Heft 4
- /7/ Karin Lißner, Wolfgang Rug, Dieter Steinmetz: DIN 1052:2004 - Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Bautechnik 85 (2008), Heft 11
- /8/ Schneider Bautabellen, 17. Auflage, Werner Verlag
- /9/ Hans-Joachim Blaß, Ireneusz Bejtka, Karlsruhe: Selbstbohrende Holzschrauben und ihre Anwendungsmöglichkeiten, Website Fa. SPAX International GmbH & Co. KG
- /10/ SPAX S-Schrauben mit Vollgewinde, Zulassung Z-9.1-519
- /11/ SPAX Schrauben als Verbindungsmittel, Zulassung Z-9.1-235
- /12/ SPAX Schrauben als Verbindungsmittel, Zulassung Z-9.1-449
- /13/ SPAX Kurzübersicht "Holzbau", Homepage Fa. SPAX International GmbH & Co. KG
- /14/ Würth ASSY VG plus Vollgewindeschrauben als Holzverbindungsmittel, Zulassung Z-9.1-614
- /15/ Würth: Selbstbohrende Schrauben als Holzverbindungsmittel ETA-11/0190
- /16/ DIN EN 1995-1-1:2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines
- /17/ DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang
- /18/ DIN 1052-10, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 10: Herstellung und Ausführung
- /19/ DIN EN 14545, Holzbauwerke, Nicht stiftförmige Verbindungselemente, Anforderungen
- /20/ DIN EN 1194, Brettschichtholz
- /21/ DIN EN 13271, Holzverbindungsmittel, Charakteristische Tragfähigkeiten und Verschiebungsmoduln für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart
- /22/ DIN EN 300, Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB)
- /23/ DIN EN 13986:2002, Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen
- /24/ DIN EN 912, Holzverbindungsmittel, Spezifikationen für Dübel besonderer Bauart für Holz
- /25/ DIN EN 338, Bauholz für tragende Zwecke, Festigkeitsklassen
- /26/ DIN EN 14592, Holzbauwerke, Stiftförmige Verbindungsmittel, Anforderungen
- /27/ Europäische Technische Zulassung ETA-03/0050, Fermacell - Gipsfaserplatte
- /28/ Fermacell, Europäische Technische Zulassung ETA-03/0050
- /29/ Volker Krämer: Für den Holzbau, Aufgaben und Lösungen nach DIN 1052, Bruderverlag
- /30/ Otto W. Wetzell: Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln, 32. Auflage, Beuth-Verlag
- /31/ Holschemacher: Entwurfs- und Berechnungstafeln, 2. Auflage, Bauwerk-Verlag
- /32/ DIN 18800-1 (11.90)
- /33/ Thiele/Lohse: Stahlbau Teil 1, B.G. Teubner Stuttgart
- /34/ DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1
- /35/ DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1

- /36/ SPAX International GmbH & Co. KG: Hinweise zur Bemessung von tragenden SPAX-Verbindungen
- /37/ Francois Colling: Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart, Ingenieurbüro Holzbau
- /38/ Becker, Rautenstrauch: Ingenieurholzbau nach Eurocode 5, Ernst & Sohn
- /39/ DIN 1045-1 - Stahlbeton
- /40/ DIN 1053-100 - Mauerwerk
- /41/ DIN 18800 - Stahlbau
- /42/ DIN 1055-4 - Windlasten
- /43/ DIN 1055-5 - Schneelasten
- /44/ DIN 1055-100 - Einwirkungen auf Tragwerke
- /45/ Heller/Hartmann, Zur Berechnung von Wandscheiben im Hochbau
- /46/ Prof. Dr.-Ing. Claus Wagner, Hochschule Rosenheim, Studiengang Holzbau und Ausbau, Arbeitsblätter: Stabilität von Gebäuden
- /47/ Professor Dr.-Ing. Otto Wommelsdorf, Stahlbetonbau, Bemessung und Konstruktion, Teil 2, 8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage
- /48/ Peter Mestek: Berechnung und Bemessung von Brettspertholz - ein Überblick, 4. Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz 20
- /49/ Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heinrich Kreuzinger, Dipl.-Ing. Peter Mestek: TEILPROJEKT 15, Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen, TU München
- /50/ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, Nationaler Anhang

6 Index

##-ALFA, Export 95
##-ALFA, Import 93
Abkürzungen 3
Anmerkungen benutzerdefinierte 73
Antwortbeschleunigung 84
Ausnutzungsgrade 40
Aussparungen 71
Bauteil erzeugen 11
Belastung 36
Bemessungsergebnisse 41
blank 3
Bremslasten 18
Brettsperrholzwand 30, 55
Brettstapelholzwand 30, 59
Buttons 3
Cursor 3
Dachform 14
Deckenbelastung 25
Deckentafel 91
Druckausgabe 73
DXF-Datei 99
Eigengewicht 25, 38
Einflussflächen 72
Einwirkung 3
e-Mail 10
Erdbebenlasten 18
Erdbebenlasten DIN 4149 80
Erdbebenlasten DIN EN 1998 79
Erddruck 18
Ergebnisse 39
Export 95
Extremalbildungsvorschrift 3
Fangerechteck 3
Gebäudemodell 14
Herauszieh Widerstand 49
Holzdeckentafel 91
Holztafel 29
Imperfektionen 18
Imperfektionslasten 87
Import 93
Installation 9
Johansen 48
Klammern 50
Kontextsensitivität 10
Kraftaufteilung 34
Labilitätszahlen 43
Lastbild 3
Lastfall 3
Lastkollektiv 3
Laststruktur 36
Material, freies 33
Materialeigenschaften 28
Mauerwerk 31
Mauerwerksnachweise 62
Mindestholzdicke 49
Nägels 51
Nutzlasten 25
Ordner 11
Plattenlastermittlung, automatische 26
SaP,R 84
Scheibenspannungen 77
Scherwiderstand 49
Schrauben 50
Schreibtisch 10
Schreibtischauswahl 9
Sondernägels 51
SPAX 50
Stahlbeton 31
Stahlverband 32
Stahlverbände Nachweisooptionen 69
Startsymbol 9
Steico 45
Steifigkeiten 19
Steifigkeiten Abschätzung 74
Steuerbutton 10
Stützen 34
Tutorium 96
Wandtafel 29
Windlasten 15
Wölbkraft 76
Würth 50