



InfoCAD 23
Einführungsbeispiele

Finite Elemente

Vorspannung

Stabwerke

Dynamik

BIM

InfoCAD 23

Einführungsbeispiele

Die Beschreibung von Programmfunktionen im Rahmen dieser Dokumentation gilt nicht als Zusicherung von Produkteigenschaften. Gewährleistungs- und Haftungsansprüche aus der Benutzung der Dokumentation sind ausgeschlossen.

InfoGraph® ist ein eingetragenes Warenzeichen der InfoGraph GmbH Aachen. Im Text genannte Hersteller und Produktbezeichnungen sind Warenzeichen der jeweiligen Inhaber.

Diese Dokumentation ist urheberrechtlich geschützt. Nachdruck, Vervielfältigung, Übersetzung und elektronische Speicherung, auch auszugsweise, sind nur nach schriftlicher Genehmigung der InfoGraph GmbH zulässig.

InfoGraph® Software, Version 23, nutzt Microsoft® MFC- und Intel® MKL-Bibliotheken.

© InfoGraph GmbH, Aachen, Januar 2023. Alle Rechte vorbehalten.

Bildnachweis: Emanuel Kaplinsky, 123RF.com

Inhaltsverzeichnis

Einführungsbeispiele 3

InfoCAD Studienversion 3

Installation 3

Allgemeine Bedienungshinweise 4

Programmstart 4

Bedienungskonzept 5

Bemessungsnormen 5

Generelle Vorgehensweise 6

Markieren 7

Koordinateneingabe 7

Beispiel 1: Platte mit Unterzug 8

Grundriss mit Modellobjekten zeichnen 9

Lagerungen und Querschnitte festlegen 10

Elementnetz generieren 12

Lastfälle definieren 12

Einwirkungen und Bemessungssituationen festlegen 13

Berechnungen durchführen 15

Ergebnisse aufbereiten 15

DIN EN 1992-1-1 Nachweise 16

Drucken 18

Druckliste 19

Beispiel 2: Ebener Hallenrahmen 20

Aufgabenstellung 20

Eingabe des Stabwerkes 21

Querschnitt festlegen 22

Tragwerkseigenschaften kontrollieren 22

Lastfälle definieren 23

EN 1993-1-1 Stahlnachweise 24

Berechnungen durchführen 25

Ergebnisse aufbereiten 25

Drucken 27

Druckliste 28

InfoGraph Systemviewer 28

Beispiel 3: Hochbau 29

Aufgabenstellung 29

Drahtmodell zeichnen 29

Eigenschaften zuweisen 32

Elementnetz generieren 33

Lastfälle definieren 34

Einwirkungen beschreiben 36

Berechnung und Ergebnisse 36

InfoGraph Systemviewer 37

Beispiel 4: Vorgespannter Dachträger 38

Aufgabenstellung 38

Systemeingabe 39

Spannstrang definieren 40

Belastungen und Einwirkungen nach DIN EN 1992-1-1 43

Berechnung und Ergebnisse 44

Einführungsbeispiele

Die vorliegende Anleitung soll Ihnen den Einstieg in die Bearbeitung von Stab- und Flächentragwerken erleichtern und Möglichkeiten der Ergebnisdarstellung aufzeigen. Während der Bearbeitung kann mit der F1-Taste eine Online-Hilfe zu den jeweiligen Funktionen aufgerufen werden. Das Hilfesystem beinhaltet darüberhinaus die vollständige Programmdokumentation mit detaillierten Erläuterungen zu theoretischen Grundlagen, Berechnungsmethoden und Ergebnissen.

Beispieldateien werden bei der Installation im Anwenderverzeichnis unter *InfoGraph/Beispiele* abgelegt. Dort sind Projekte mit Stab-, Seil- und Flächentragwerken einschließlich Anwendungen aus der Baudynamik und dem Spannbetonbau zu finden. Die Beispiele werden ohne Ergebnisse ausgeliefert. Zur Darstellung von Ergebnissen muss zunächst die entsprechende Berechnung durchgeführt werden.

Neuigkeiten, Anwendertipps und aktualisierte Programmversionen stehen im Internet unter der Adresse www.infograph.de zur Verfügung.

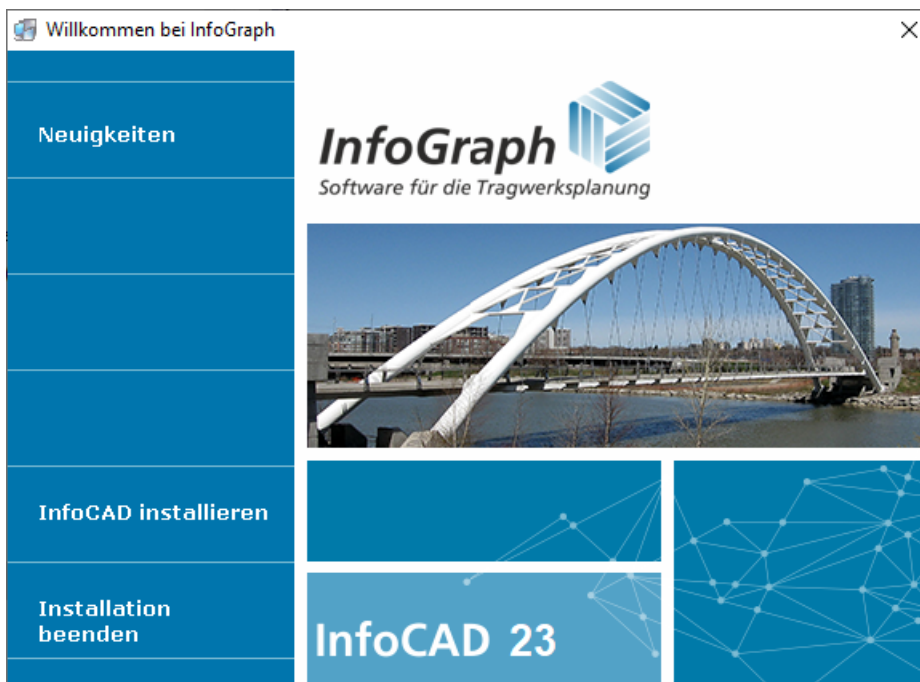
InfoCAD Studienversion

Die **InfoCAD Studienversion** wurde geschaffen, um die Programmbedienung sowie die Programmfunktionen ausführlich kennenzulernen und an Beispielen oder eigenen Projekten zu erproben.

Die Studienversion stimmt hinsichtlich der Bedienungsfläche, der Berechnungs- und Nachweismethoden sowie der Ergebnisausgabe mit der Vollversion überein, lediglich die Programmkapazität ist wie folgt eingeschränkt:

Finite Elemente:	1000 Elemente
	1 Flächenquerschnitt
	1 Stabquerschnitt
Dynamik:	1 Eigenform
Vorspannung:	1 Spannglied
Stabwerke:	10 Stäbe
	1 Querschnitt

Installation



Das Programm ist unter Betriebssystemen ab Windows 8 lauffähig. Zur Installation sind Administrator-Rechte erforderlich. Für die Programm-Bedienung genügen einfache Benutzer-Rechte.

Zur Installation starten Sie lediglich die Installationsdatei *infocad_xxx.exe* bzw. *infocad_std_xxx.exe* für die Studienversion.

Im erscheinenden Willkommensdialog wählen Sie den Menüpunkt *InfoCAD installieren* und folgen Sie den Anweisungen am Bildschirm. Die einzugebende Lizenznummer haben Sie bereits per E-Mail erhalten und auch für den Download verwendet. Für die Studienversion ist diese nicht erforderlich.

Folgende Anwendungen werden installiert und können über das Windows-Startmenü aufgerufen werden:

1. **InfoCAD** bzw. **InfoCAD Studienversion**
(Hauptprogrammsystem für statische Berechnungen und Nachweise)
2. **InfoGraph Systemviewer**
(Zur Systemvisualisierung und Verformungsanimation)
3. **InfoGraph Rissbreitenbeschränkung**
(Einzelprogramm)
4. **InfoGraph Biegedrillknicknachweis**
(Einzelprogramm)

Zum Entfernen des Programmsystems wählen Sie in den Windows *Einstellungen* das Menü *Apps*. Dort kann das automatische Deinstallationsprogramm für InfoCAD aufgerufen werden. Alle vom Anwender erzeugten oder veränderten Dateien bleiben dabei erhalten.

Allgemeine Bedienungshinweise

Programmstart

Das Programm wird über den Eintrag **InfoCAD** bzw. **InfoCAD Studienversion** im Ordner *Programme / InfoGraph* des Windows-Startmenüs gestartet und erscheint zunächst mit leerer Oberfläche.

Mit der Schaltfläche  *Öffnen* können vorhandene InfoGraph Projektdateien mit den folgenden Endungen geöffnet werden (z.B. Beispieldateien):

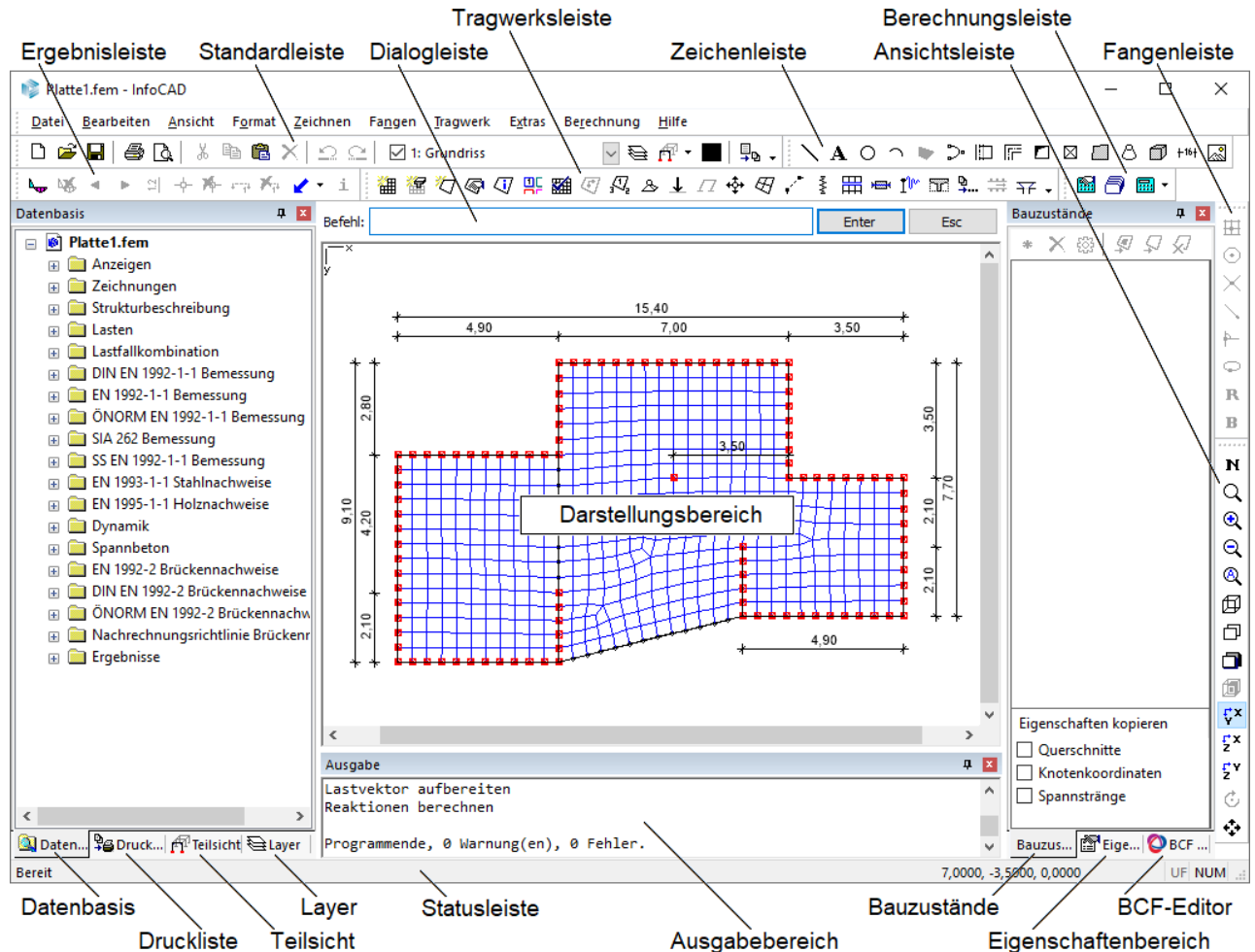
Dateiname	.fem	->	Finite Element Projekt
	.rsw	->	Räumliches Stabwerk
	.esw	->	Ebenes Stabwerk
	.ros	->	Rotationsschale

Die Dateitypen werden bei der Installation automatisch registriert und können somit auch per Doppelklick direkt geöffnet werden.

Bedienungskonzept

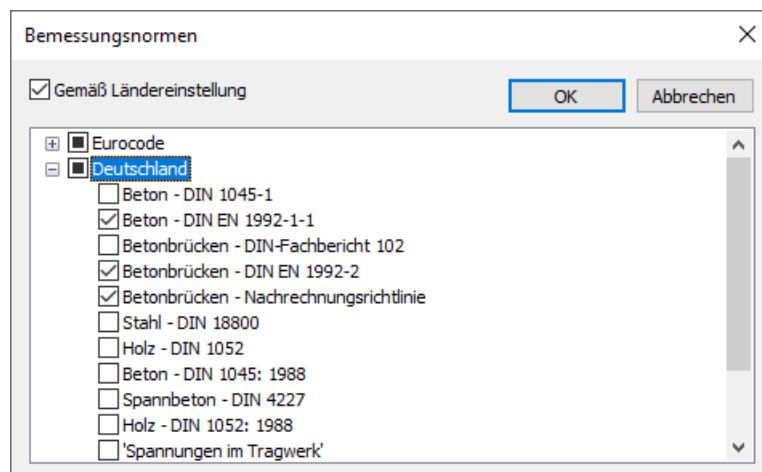
In der nachfolgenden Abbildung sind die wichtigsten Steuerelemente der **InfoCAD** Programmoberfläche bezeichnet. Bei FEM-Projekten ist nach der Auswahl des Tragwerkstyps im Darstellungsbereich die xy-Ebene eingestellt. Platten- und Scheibentragwerke sind grundsätzlich in dieser Ebene zu beschreiben.

Ein Funktionsaufruf erfolgt entweder über eine Symbolleiste, einen Menüpunkt, die Dialogleiste oder den Arbeitsbereich. Die grafischen Funktionen erfordern in der Regel zusätzliche Eingaben. Diese werden entweder in einem eigenen Fenster oder in der Dialogleiste abgefragt.



Bemessungsnormen

Die in der Programmoberfläche erreichbaren Bemessungsnormen und zugehörigen Materialien entsprechen der auf dem Computer gewählten Ländereinstellung. Bei Bedarf kann diese Einstellung im Extras-Menü abgeändert werden.



Generelle Vorgehensweise

Die Eingabe und Berechnung eines Tragwerks gliedert sich in der Regel in folgende Arbeitsschritte:

1. Beschreiben des Problems mit Modellobjekten
2. Lagerungen und Querschnitte festlegen
3. Elementnetz generieren
4. Lastfälle definieren
5. Einwirkungen und Bemessungssituationen einstellen
6. Berechnungen durchführen
7. Ergebnisse ausgeben

Zentrale Bedeutung für die Systemgenerierung haben die Modellobjekte

Modellobjekte beschreiben die Geometrie und die Eigenschaften einzelner Tragwerksteile. Sie bilden die Grundlage zur programmgesteuerten Erzeugung des Finite-Element-Netzes und werden von den automatischen Netzgenerierern *Formtreu* und *Rasterförmig* berücksichtigt.

Die folgenden Modellobjekte finden Verwendung:

Rand	Ränder definieren den Rand und die Achsen von Tragwerksteilen. Abhängig von ihren Eigenschaften können sie zusätzlich eine Linienlagerung, einen <i>Stabzug</i> oder <i>freie Stäbe</i> (z.B. Stützen) definieren. Mit den Rändern wird in der Regel das gesamte Tragsystem als Drahtmodell beschrieben.
Wand	Wände definieren wie Ränder den Rand von Tragwerksteilen und zusätzlich eine Linienlagerung. Geometrisch maßgebend sind die Wandachsen. Wände sind nur für die Erzeugung von reinen Plattensystemen geeignet.
Loch	Löcher definieren Aussparungen im Elementnetz. Über deren Eigenschaften können ebenfalls Linienlager und Stabzüge beschrieben werden.
Stütze	Stützen definieren ein Punktlager und wahlweise eine Stützenkopfverdichtung im Elementnetz.
Modellfläche	Flächen beschreiben Gebiete, die vom Netzgenerierer automatisch vernetzt werden. Ränder, Wände und Löcher bilden deren äußere Begrenzung. Alle Modellobjekte im Inneren der Fläche werden bei der Netzgenerierung berücksichtigt. Der Fläche können Eigenschaften für das FEM-Netz zugeordnet werden.
Kegel	Das Objekt <i>Kegel</i> beschreibt ein Kegelstumpfsegment für die spätere Vernetzung. Über das Kontextmenü kann die Durchdringung mit anderen markierten Kegeln oder Modellflächen ermittelt werden. Ferner können einem Kegel Eigenschaften für das FE-Netz zugeordnet werden.
Volumen	Das Modellobjekt <i>Volumen</i> beschreibt einen Volumenkörper für die spätere Vernetzung mit Tetraederelementen. Dem Volumen können Eigenschaften für das FE-Netz zugeordnet werden.

Ist das Elementnetz einmal erzeugt, haben die Modellobjekte weiter keine Bedeutung. Sie sollten für eine spätere Wiederverwendung als Zeichnung gespeichert werden.

Damit ein Gebiet vernetzt werden kann, muss mit Rändern und/oder Wänden ein geschlossenes Polygon beschrieben sein. Sollen mehrere Gebiete, die nicht in einer Ebene liegen, gleichzeitig vernetzt werden, so sind Modellflächen zu definieren.

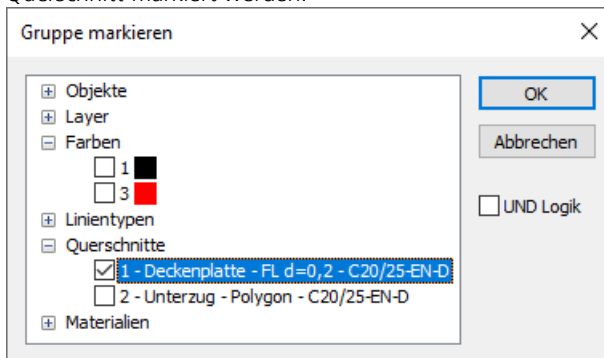
Markieren

Zum Löschen oder Bearbeiten müssen Objekte zunächst markiert werden. Dazu stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Markieren einzelner Objekte durch Anklicken. Bei gedrückter Umschalt- oder Steuerungstaste lässt sich die Auswahl dabei erweitern oder verringern.
2. Markieren eines Bereiches durch Ziehen der Maus bei gedrückter Maustaste. Nach Loslassen der Maustaste werden alle vollständig innerhalb des aufgezogenen Fensters liegenden Objekte markiert.

Wird die Markierung mit der rechten Maustaste durchgeführt, erscheint das Kontext-Menü mit Standardfunktionen zu den markierten Objekten.

3. Die Funktion *Markieren* im *Bearbeiten*-Menü erlaubt fortlaufende Ergänzungen bzw. Streichungen der Markierung z.B. mit Fenstern.
4. Mit *Gruppe markieren* im *Bearbeiten*-Menü können Objekte mit gleichen Eigenschaften wie z.B. *Farbe*, *Layer* oder *Querschnitt* markiert werden.



5. *Alles Markieren* im *Bearbeiten*-Menü

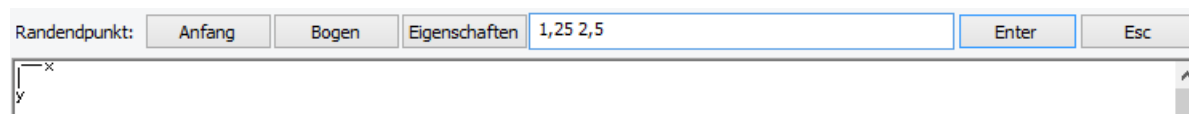
Alle Methoden können sinnvoll miteinander kombiniert werden. Markierungen werden aufgehoben, wenn auf die freie Arbeitsoberfläche geklickt wird.

Für schon markierte Objekte kann das Kontext-Menü geöffnet werden, indem man bei gehaltener Umschalt- oder Steuerungstaste die rechte Maustaste drückt.

Koordinateneingabe

Die Koordinateneingabe erfolgt über die Tastatur oder mit dem Fadenkreuz.

Bei der Tastatureingabe werden die Koordinaten in der Dialogleiste in der Reihenfolge x,y und z getrennt durch Leerzeichen eingegeben. Die Einheiten sind immer Meter [m]. Die positiven Richtungen entsprechen dem dargestellten Koordinatensystem.



In der ebenen Bearbeitung genügt die Eingabe der ersten beiden Koordinaten, die dritte wird dann mit Null angenommen. Das in der Ländereinstellung vereinbarte Zeichen wird als Dezimaltrennzeichen (z.B. im Ziffernblock) angenommen.

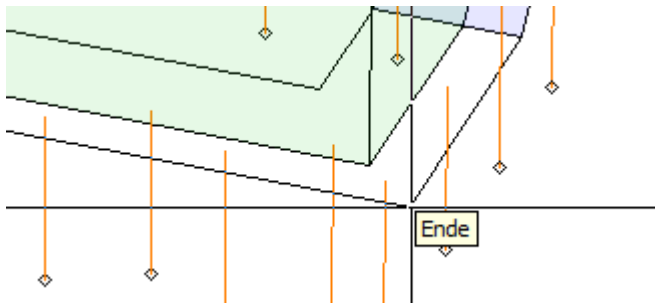
Globale Koordinaten

Die eingegebenen Koordinaten beziehen sich immer auf den globalen Nullpunkt.

R Relative Koordinaten

Die Koordinaten beziehen sich auf den zuletzt eingegebenen Punkt (lokaler Nullpunkt). Dort ist immer ein kleines Koordinatenkreuz sichtbar. Die relative Koordinateneingabe wird durch Eindrücken der Schaltfläche *Relativ* aktiviert.

Bei der Koordinateneingabe per Fadenkreuz wird automatisch auf vorhandene Objekte referenziert.



Dabei wird die aktuelle Fangoption angezeigt.



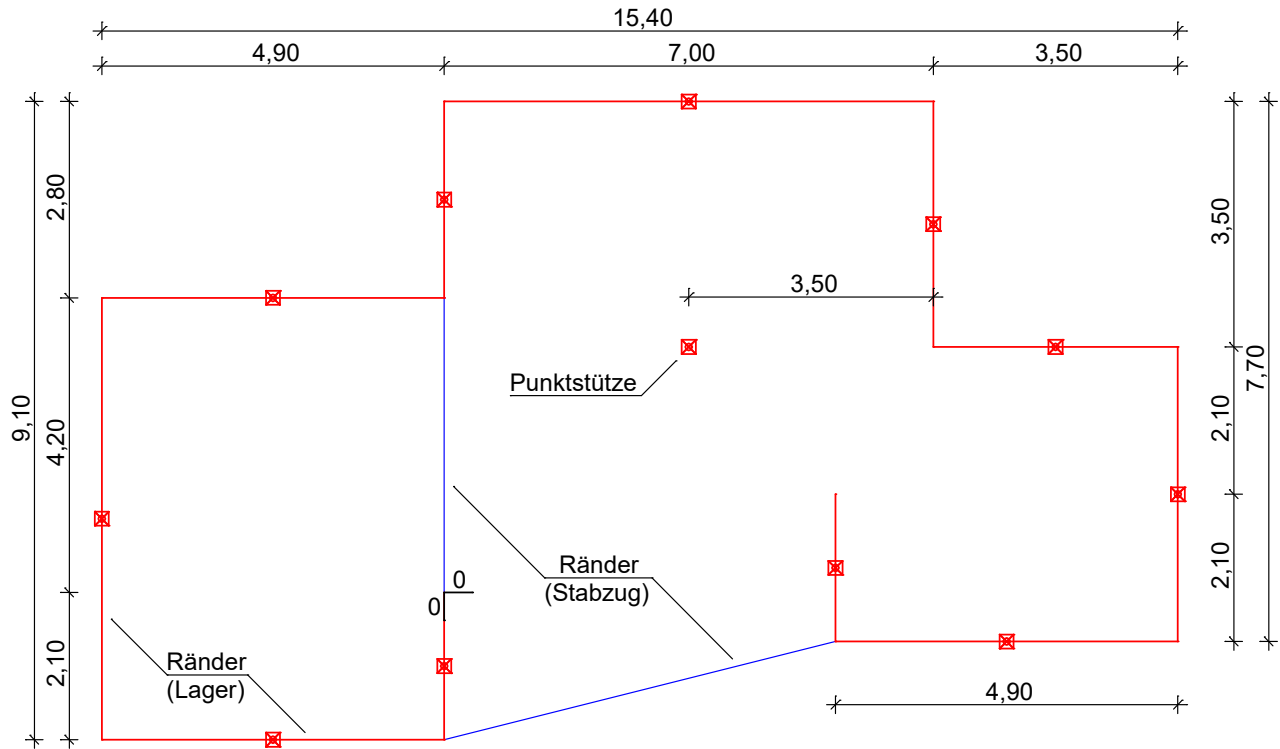
Mit den Fangfunktionen *Knoten*, *Mitte*, *Schnittpunkt*, *Ende*, *Normale* und *Objekt* kann die automatische Referenzierung übersteuert werden. Sie werden durch Eindrücken der jeweiligen Schaltfläche aktiviert.

Im Fadenkreuz ist dann das Fangfenster eingeblendet:

Die gewählte Fangfunktion bleibt solange aktiv, bis sie ausgeschaltet oder durch eine andere ersetzt wird.

Beispiel 1: Platte mit Unterzug

Dieses Beispiel zeigt die Eingabe, Berechnung und Ergebnisaufbereitung einer einfachen Deckenplatte.

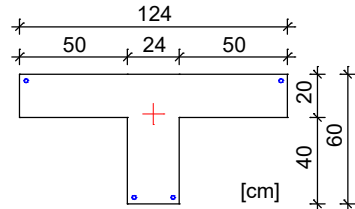


Material: Beton C20/25-EN-D (Beton gem. EN 1992-1-1, NA Deutschland)

Betonstahl BSt 500, Achsabstand vom Rand 3,0 cm

Querschnitte: Platte Plattendicke 20 cm

Unterzug



Lasten: Ständige Last Eigenlast und Ausbaulast 1,50 kN/m²
Verkehr Flächenlast 3 kN/m²

Mit dem Programmstart oder dem Befehl *Neu* im Dateimenü wird ein neues Projekt begonnen.

Wählen Sie im Menü unter Tragwerk **Finite Element System** aus.

Grundriss mit Modellobjekten zeichnen

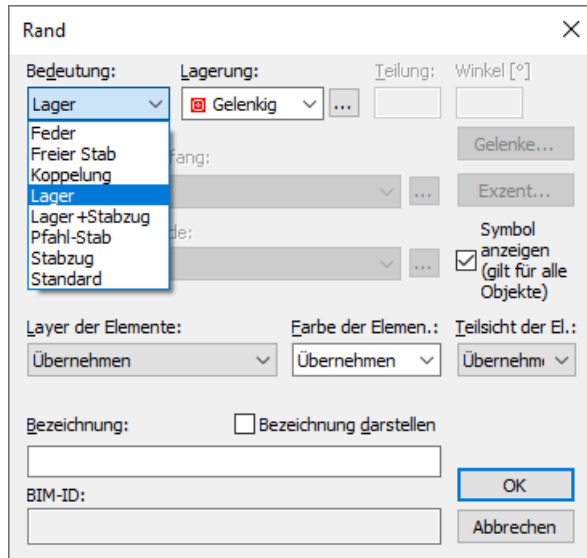
Zunächst wird der Grundriss oder bei räumlichen Systemen das Drahtmodell mit den Modellobjekten Rand, Stütze und ggf. Loch beschrieben. Diese Objekte werden später vom verwendeten Netzgenerierer erkannt und bei der Netzerzeugung berücksichtigt.

Sie brauchen keine Gebietsdefinitionen vorzunehmen:

Zeichnen Sie einfach Ihr statisches System. Alles weitere übernimmt der Netzgenerierer.



Klicken Sie auf die Schaltfläche *Rand* und wählen Sie in der Dialogleiste die Option *Eigenschaften*.



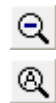
Hier stellen Sie unter *Bedeutung* die Option *Lager* ein und beenden den Dialog mit *OK*.

Im Darstellungsbereich erscheint ein Fadenkreuz und in der Dialogleiste wird zur Koordinateneingabe des Randanfangs aufgefordert. Durch die Eingabe von [0 0] wird der Randanfang in den Ursprung gelegt. Nachdem Sie mit [↵] oder *Enter* bestätigt haben, wird das Randende abgefragt.

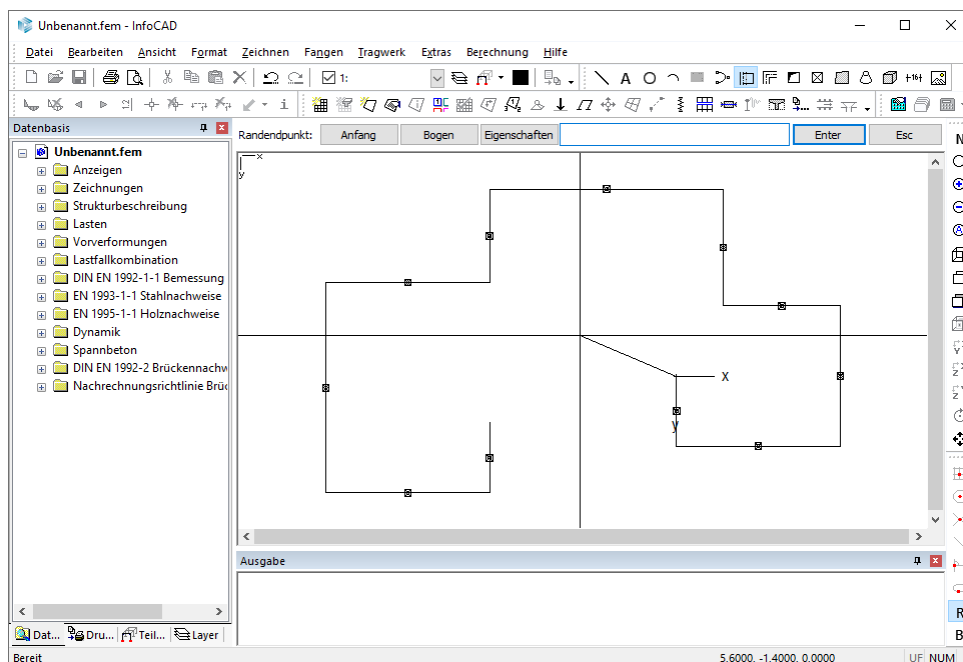


Zur weiteren Koordinateneingabe sollten Sie jetzt die Relativkoordinateneingabe aktivieren. Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche *Relativ*. Ab jetzt erscheint immer am letzten Punkt ein kleines Koordinatenkreuz. Nachfolgende Koordinateneingaben beziehen sich immer auf diesen Punkt. Die Eingabe von [0 2,1] definiert das Randende in positiver y-Richtung. Während der fortlaufenden Eingabe wird immer das folgende Randende abgefragt. Die weiteren Koordinateneingaben lauten also:

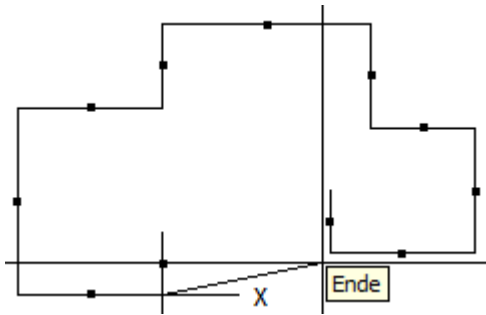
[-4,9 0] [0 -6,3] [4,9 0] [0 -2,8] [7 0] [0 3,5] [3,5 0] [0 4,2] [-4,9 0] [0 -2,1]



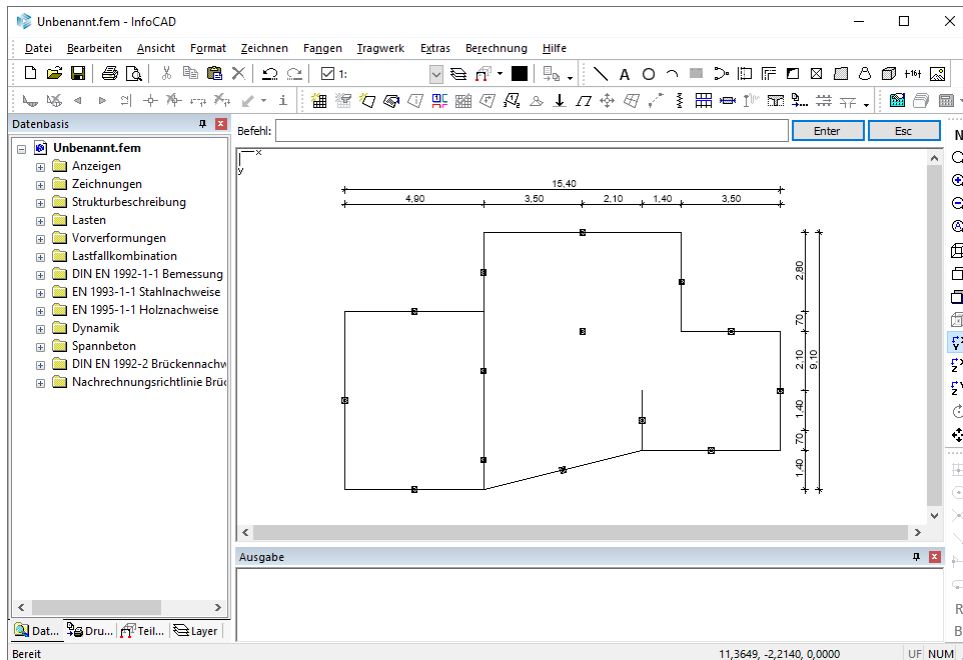
Um den Bildausschnitt zwischenzeitlich zu verkleinern, klicken Sie auf *Zoom -* oder auf *Zoom alles*.



Mit der Option *Anfang* können Sie, ohne den Befehl erneut aufzurufen, eine weitere Randeingabe beginnen. Geben Sie jetzt die Ränder für die Unterzüge ein. Dabei können Sie auf die Enden der vorhandenen Ränder klicken. Diese werden automatisch 'gefangen'.



- Klicken Sie auf die Schaltfläche *Stütze* und geben Sie den Stützenmittelpunkt an. Um den aktuellen Bezugspunkt für die Koordinateneingabe zu versetzen, klicken Sie auf *Bezugspunkt* und wählen Sie als neuen Bezugspunkt die einspringende Ecke rechts neben der Stütze. Bestätigen Sie als *Neue Richtung lokale x-Achse* die voreingestellte Auswahl *Alte* oder *Global* (das lokale Bezugssystem soll nicht verdreht werden).
- Von dem gewählten Randende soll die Stütze 3,5 m in negativer x-Richtung liegen, also lautet die Koordinateneingabe für den Stützenmittelpunkt: [-3,5 0].



- Zur Kontrolle Ihrer Eingaben können Sie z.B. das System bemaßen. Dazu klicken Sie auf die Schaltfläche *Bemessung* und die Option *Objekte*. Wählen Sie jetzt *Alle* eingegebenen Modellobjekte aus. Maßpunkte sind die Endpunkte aller Objekte. Um z.B. eine horizontale Maßkette zu positionieren, wählen Sie *Horizontal* und klicken Sie unterhalb Ihres Systems auf die Zeichenfläche.

- Damit der bisherige Stand Ihrer Eingaben abgespeichert wird, klicken Sie auf *Speichern*. Der Windows-Dateidialog erscheint und fordert Sie auf, einen Dateinamen einzugeben. Die Datei-Endung **.fem* wird automatisch vergeben. Ihre eingegebene Zeichnung erhält ebenfalls einen Namen (z.B. Grundriss) und wird in dieser Datei abgelegt.

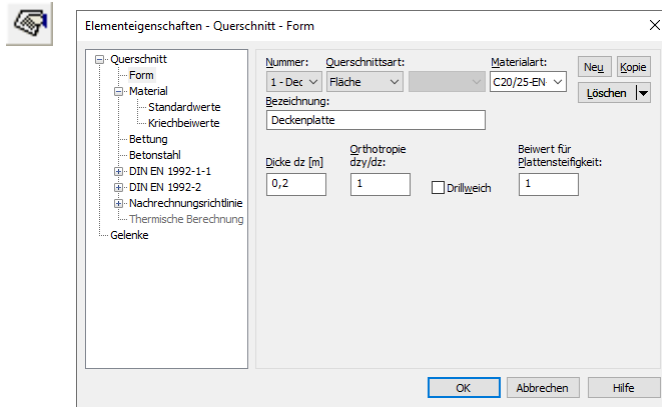
Lagerungen und Querschnitte festlegen

Die Eigenschaften der eingegebenen Modellobjekte Rand und Stütze sind wie folgt voreingestellt:

Rand: Lagerung gelenkig

Stütze: Lagerung gelenkig

Die Lagerungsbedingungen sind damit für dieses System schon korrekt eingestellt.



Mit der Materialart werden auch die möglichen Bemessungsnormen bestimmt. Im Dialog stehen dann die entsprechenden Nachweisvorgaben zur Verfügung.

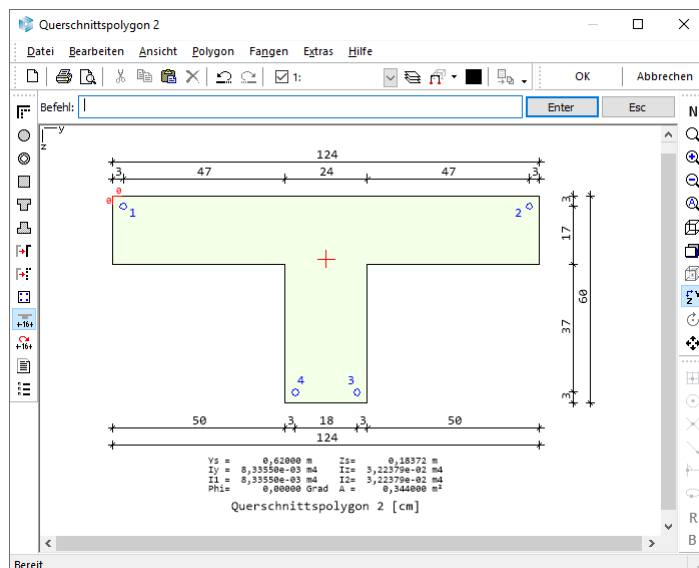
So ist z.B. die Materialart C -EN-D zu wählen, wenn Nachweise gem. EN 1992 NA Deutschland geführt werden sollen.

Für die übrigen europäischen Normen genügt die Auswahl C..... -EN.

Um die Eigenschaften der Flächenelemente einzustellen, wählen sie die Funktion *Elementeigenschaften*. Klicken Sie auf *Neu* und ändern Sie für den erzeugten **Querschnitt 1** die Querschnittsart auf *Fläche*. Die Dicke ist mit 0,2 m in Ordnung, die Materialart muss auf *C20/25-EN-D* eingestellt werden. Für künftige Eingaben ist diese Materialart dann voreingestellt.

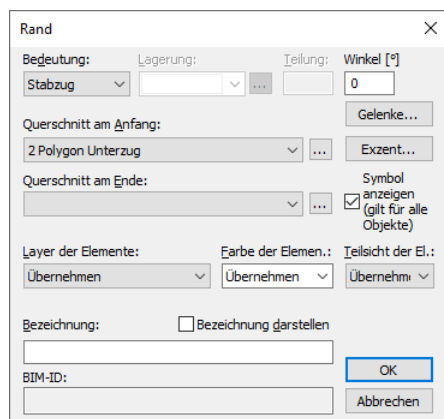
Die weiteren Querschnittsangaben zur Bettung, zum Betonstahl und zur Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 sind für dieses Beispiel voreingestellt.

Klicken Sie nochmals auf *Neu* und erzeugen Sie **Querschnitt 2**. Ändern Sie die Querschnittsart auf *Polygon*. Ein Eingabefenster zur graphischen Beschreibung des Polygons wird geöffnet:



Das oben abgebildete Polygon wird mit der Funktion *Unterzug* erzeugt und bemaßt. Schließen Sie das Fenster mit *OK*.

Aktivieren Sie den Schalter *EG vermindern* und reduzieren Sie damit das Eigengewicht des Plattenbalkens um seinen Plattenanteil.



An den beiden zuletzt eingegebenen Rändern sollen anstelle der Lagerungen Stabzüge (Unterzüge) mit diesem Querschnitt erzeugt werden. Rufen Sie den Randdialog auf, indem Sie den gewünschten Rand doppelklicken. Jetzt ändern Sie die *Bedeutung* auf *Stabzug* und stellen Sie Querschnitt 2 ein. Der Querschnitt am Randende braucht nicht festgelegt zu werden.

Elementnetz generieren



Zur Mit den eingegebenen Modellobjekten kann das Finite Elementnetz automatisch generiert werden. Dazu klicken Sie auf die Schaltfläche *Netzgenerierung* und wählen die Option *Formtreu aus Modell*. Es werden nun Pfeilmarkierungen angezeigt, die die vom Programm erkannten äußeren Gebietsgrenzen markieren. Geben Sie die gewünschte Netzweite (hier: 0,45) vor, und das FEM-Netz, die Lagerungen und die Stabzüge werden erzeugt.

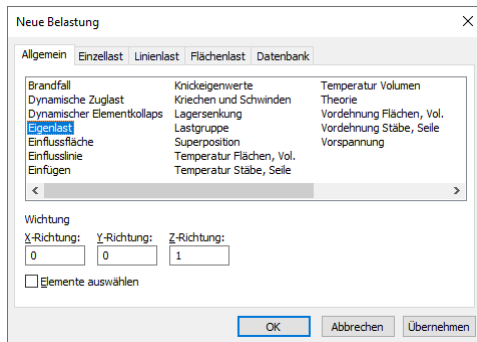
Die Zeichnung wird nun nicht mehr benötigt. Schalten Sie diese einfach in der Datenbasis ab    Grundriss

Lastfälle definieren

Öffnen Sie in der Datenbasis den Ordner  *Lasten* und doppelklicken Sie auf  **Neuer Lastfall**. Automatisch wird ein neuer Lastfall angelegt, und in der Dialogleiste erscheinen Schaltflächen zur Lasteingabe und -bearbeitung.



Mit *Belastung eingeben* wird das Auswahlfenster für die neue Belastung aufgerufen:



Wählen Sie *Eigenlast* mit Wichtung 1 in Z-Richtung und klicken Sie auf *Übernehmen*. Mit dieser Lastart wird aus den Querschnitten und dem Material die Eigenlast automatisch generiert. Symbolisiert wird diese Last durch den Text *Eigenlast* in der rechten oberen Bildecke.

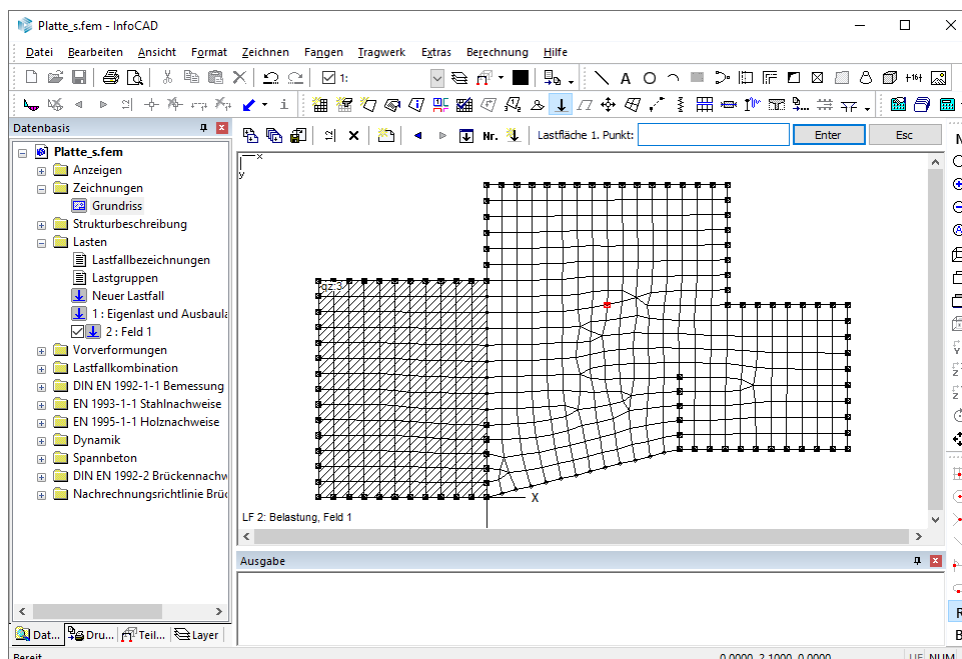
Wählen Sie jetzt unter Flächenlast die *Gebietslast* und beschreiben Sie mit 2 Punkten ein Rechteck, welches die gesamte Platte umschließt. Die Lastordinate q_z soll 1,5 kN/m² betragen. Alle vollständig innerhalb des Gebietes liegenden Elemente werden mit dieser Last beaufschlagt.



Klicken Sie auf *Nummer ändern*, um die Lastfallnummer zu ändern oder eine Lastfallbezeichnung einzugeben.



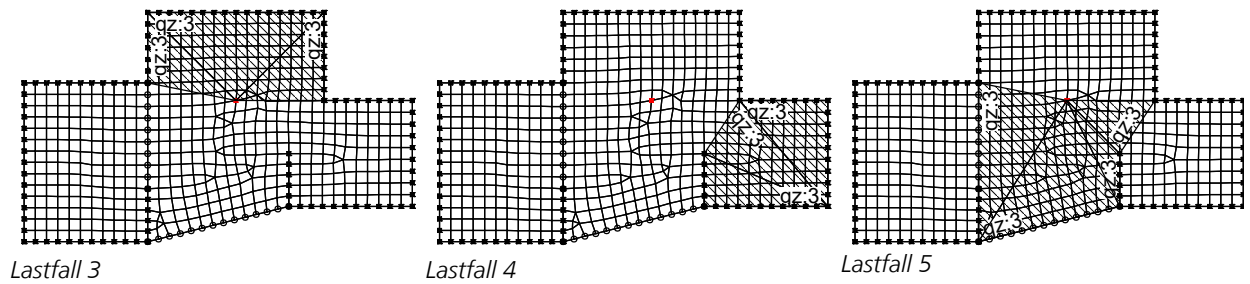
Legen Sie mit *Neuer Lastfall* den neuen Lastfall 2 an. Unter der Option *Belastung eingeben* selektieren Sie die Flächenlast *Gleichlast Rechteck*. Mit 3 Koordinaten wird das Lastrechteck beschrieben. Klicken Sie dazu auf 3 Eckpunkte des Lastfeldes. Die Lastordinate beträgt hier $q_z = 3$ kN/m²:



Erzeugen Sie den nächsten Lastfall und verwenden Sie für die weiteren Felder jeweils die Flächenlast *Gleichlast n-Eck*.

Umfahren Sie das nächste Feld und beenden Sie die Eingabe mit *Schließen* und der Eingabe der Lastordinate $q_z = 3 \text{ kN/m}^2$. Die umfahrene Lastfläche wird vom Programm mit Dreiecksflächen belastet.

Geben Sie jetzt fortlaufend die abgebildeten Lastfälle ein, immer beginnend mit *Neuer Lastfall*:



✘ Damit ist die Lasteingabe abgeschlossen. Verlassen Sie mit *Schließen* (in der Dialogzeile ✘) den Belastungsdialog.

Einwirkungen und Bemessungssituationen festlegen

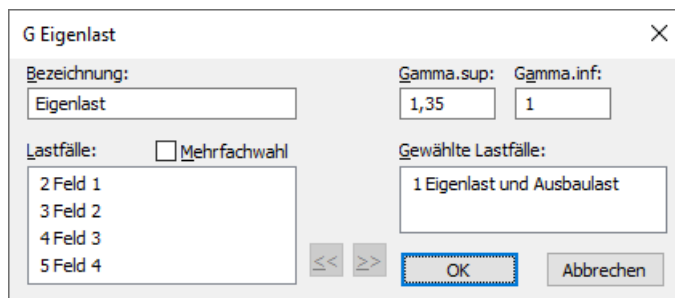
Im Rahmen der Bemessung werden zunächst die Schnittkräfte der Einwirkungen kombiniert. Durch zyklische Vertauschung werden vom Programm alle Variationen von Leit- und Begleitwirkung untersucht. Die Berücksichtigung der Sicherheits- und Kombinationsbeiwerte gemäß den Vorschriften nach EN 1990 erfolgt dabei automatisch. Die extremalen Schnittkräfte bilden dann die Bemessungswerte.

Dazu werden die vorhandenen Lastfälle lediglich den Einwirkungen zugeordnet:

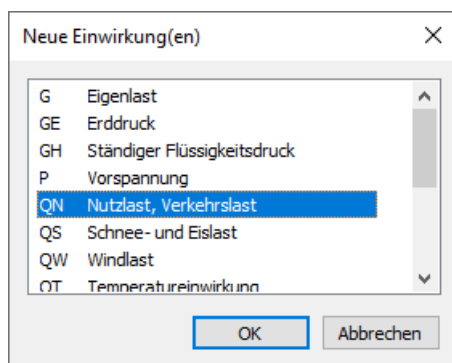
G	Eigenlast:	Lastfall 1
QN	Nutzlast, Verkehrslast:	Lastfall 2-5

Öffnen Sie in der Datenbasis den Ordner *DIN EN 1992-1-1 Bemessung* und wählen Sie den Unterpunkt *Einwirkungen*. Es erscheint der Dialog *DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen*. Das Programm schlägt eine neue Einwirkung *G Eigenlast* vor. Bestätigen Sie diese mit *OK*.

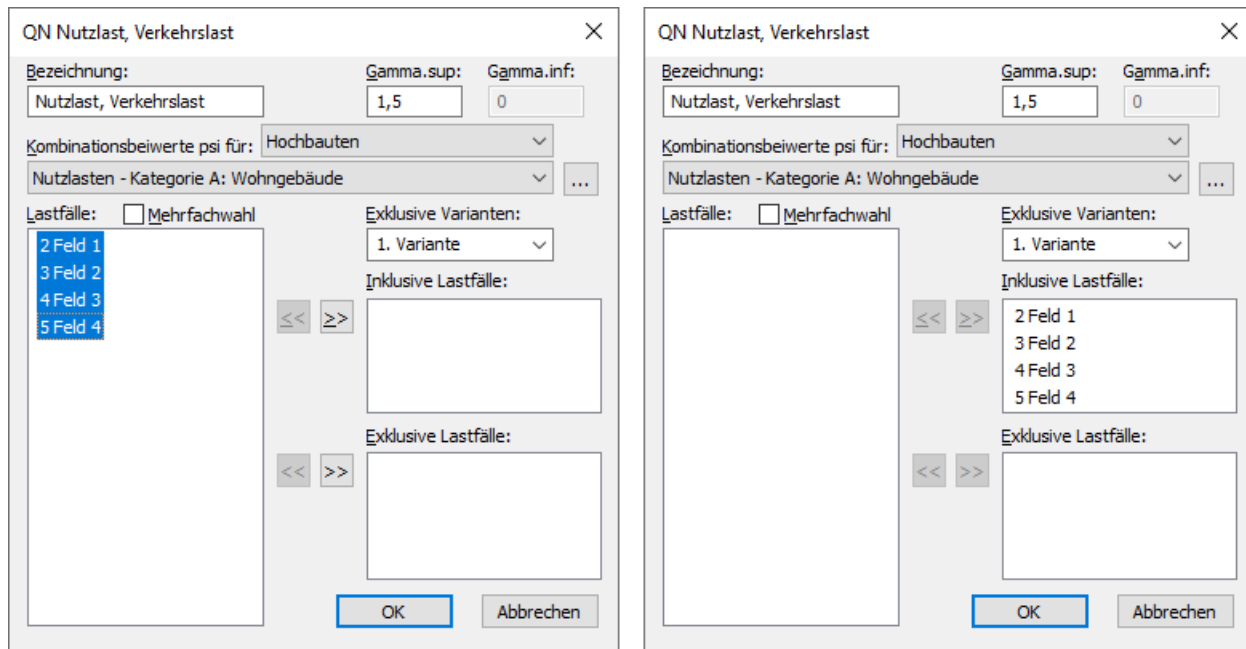
Hier ordnen Sie die entsprechenden Lastfälle der Einwirkung zu. Dazu markieren Sie im linken Fenster den gewünschten Lastfall und schieben diesen in das rechte Fenster *Gewählte Lastfälle*:



Verlassen Sie die *Eigenlast* und erzeugen Sie eine neue Einwirkung *QN Nutzlast, Verkehrslast*.



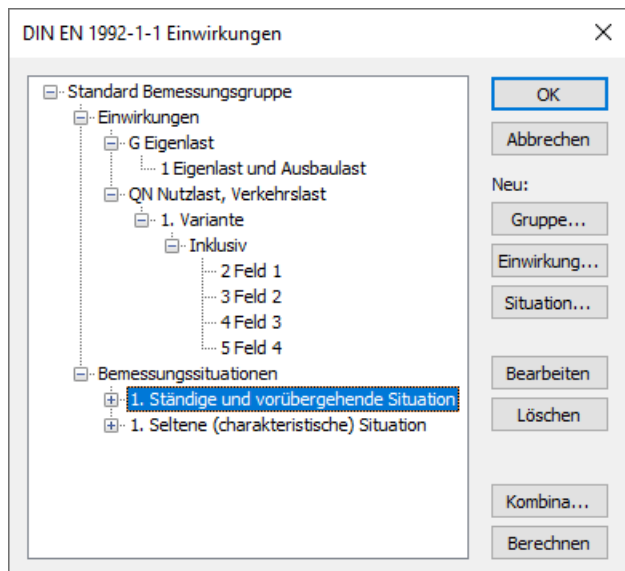
Hier ordnen Sie die verbleibenden Verkehrslasten den *inklusive Lastfällen* zu.



<i>Inklusive Lastfälle</i>	Gewählte Lastfälle die gleichzeitig wirken können.
<i>Exklusive Lastfälle</i>	Gewählte Lastfälle, die sich gegenseitig ausschließen (z.B. Wind von rechts / links oder einzelne SLW-Stellungen)

Damit ist die Einwirkung *QN* beschrieben und Sie können den Dialog verlassen.

Klicken Sie jetzt auf *Situation...* und wählen Sie die *Ständige und vorübergehende Situation*. Hier akzeptieren Sie die vorhandenen Grundeinstellungen. Zur Festlegung der Robustheitsbewehrung ist die *Seltene (charakteristische) Situation* erforderlich. Erzeugen Sie diese ebenso.



Damit sind die Einwirkungen und Situationen beschrieben. Durch Doppelklicken auf die jeweilige Einwirkung oder Situation können diese bearbeitet werden. Die enthaltenen Lastfälle können in einer übersichtlichen Baumstruktur leicht kontrolliert werden.

Verlassen Sie die *DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen* mit *OK*.

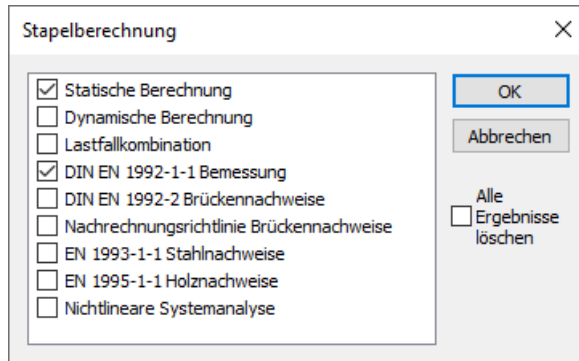
Berechnungen durchführen

Jetzt können folgende Berechnungen durchgeführt werden:

- *Statik* (Ermittlung von Verformungen, Schnittgrößen, Lagerkräften etc. je Lastfall)
- *DIN EN 1992-1-1 Bemessung* (Biege- und Schubbemessung gem. EN 1992-1-1 NA Deutschland)



Die Berechnungen können automatisch nacheinander gestartet werden. Dazu wählen Sie die Schaltfläche *Stapelberechnung* und aktivieren die gewünschten Kontrollfelder.



Der Berechnungsablauf und die Protokolle können bei Bedarf unter dem Menüpunkt *Berechnungseinstellungen...* gesteuert werden.

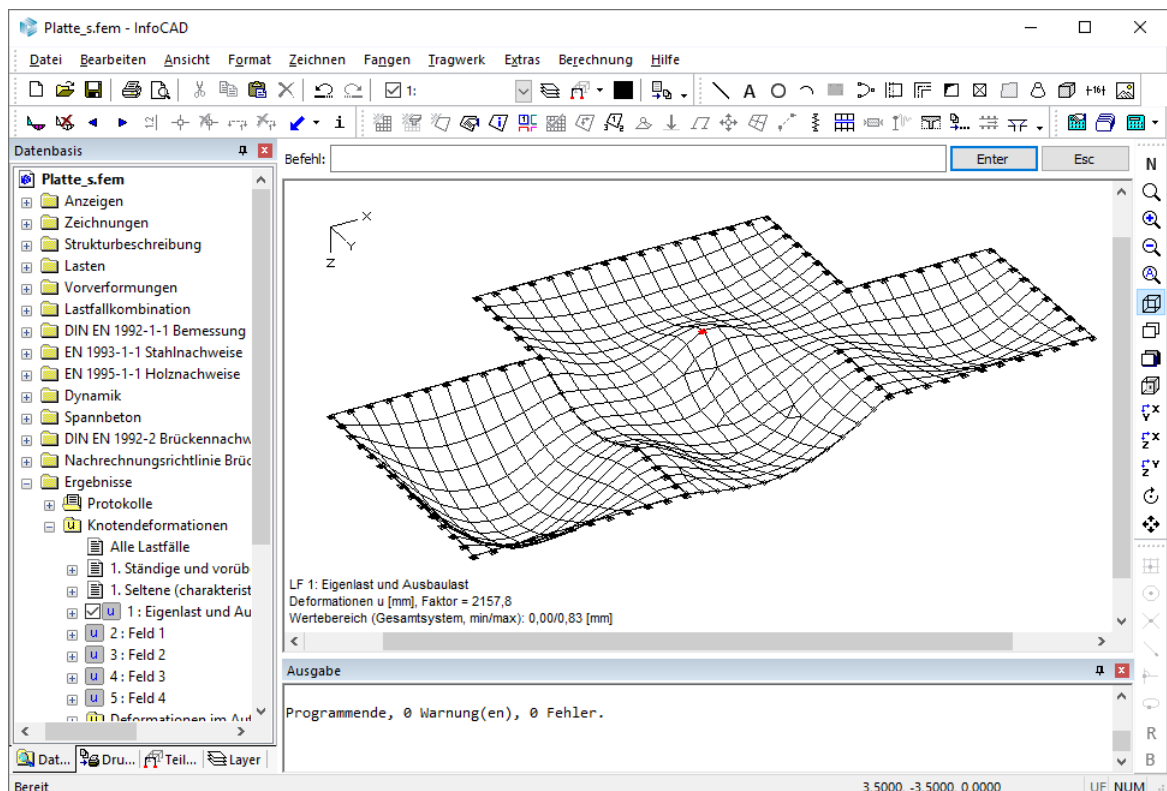
In der Ausgabeliste werden der Rechenfortschritt und ggf. Fehler oder Warnungen ausgegeben.

Ergebnisse aufbereiten

Unter dem Ordner *Ergebnisse* in der Datenbasis sind alle verfügbaren Ergebnisse aufgeführt. Durch Doppelklicken auf das gewünschte Ergebnis wird die hierfür mögliche bzw. vorgesehene Standarddarstellung (Graphik oder Tabelle) aufgerufen.



Öffnen Sie z.B. den Ergebnisordner *Knotendeformationen* und doppelklicken Sie auf Lastfall 1. Es wird das deformierte System dargestellt. Schalten Sie bitte in die *3D* Darstellung um, damit die Verformungsfigur sichtbar wird. Um den Blickwinkel zu verändern können Sie die Schaltfläche *Rotieren mit Maus* verwenden.





Mit der Schaltfläche *Ergebnisse* in der Ergebnisleiste wird ein Dialog aufgerufen, in dem für alle Ergebnisse die gewünschten Darstellungsarten und Einstellungsmöglichkeiten angewählt werden können:



Wählen Sie die Darstellung *Schnitt*, so können Sie in der Ergebnisleiste die Schaltfläche *Schnitt eingeben* anklicken und Schnitte für die Ergebnisdarstellung definieren.

Bitte beachten Sie, dass je nach gewählter Ergebniskategorie nicht alle Darstellungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen können:

- Eine Verformungsfigur kann nur für alle Komponenten gleichzeitig und nicht für eine einzelne Verschiebungskomponente (z.B. uz) dargestellt werden.
- Die min/max -Linie aus einer Schnittgrößenkombination kann bei Flächenelementen nur numerisch oder im Schnitt dargestellt werden.

DIN EN 1992-1-1 Nachweise

Neben der schon durchgeführten Biege- und Schubbemessung können weitere Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit durchgeführt werden:

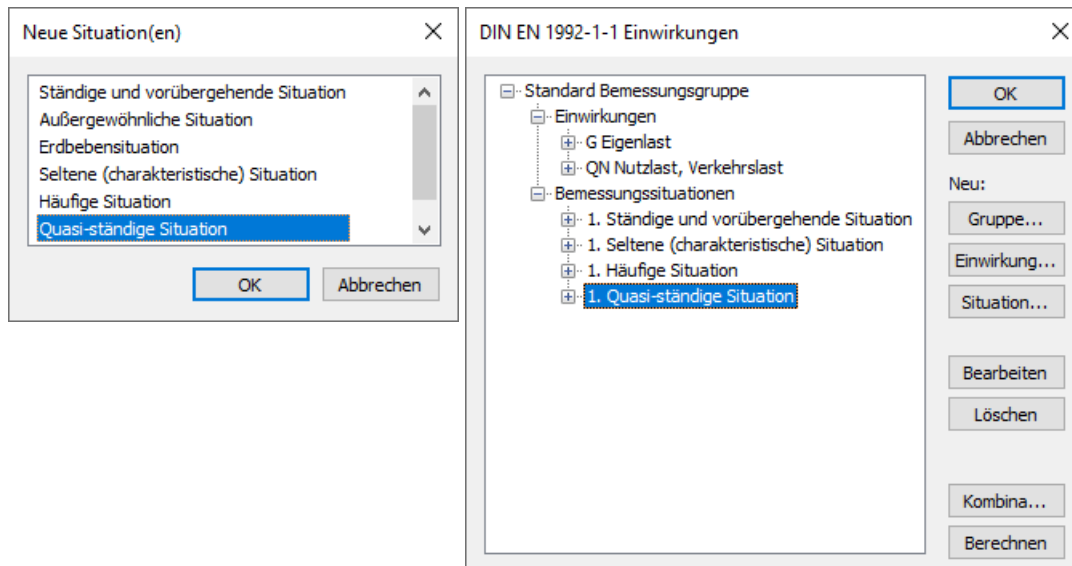
- Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein (EN 1992-1-1, Kapitel 6.1).
- Mindestbewehrung gegen Versagen ohne Ankündigung (Kapitel 5.10.1 (5)P und 9.2.1.1).
- Querkraft (Kapitel 6.2).
- Torsion und kombinierte Beanspruchung (Kapitel 6.3).
- Durchstanzen (Kapitel 6.4).
- Ermüdung von Längsbewehrung, Schubbewehrung und Spannstahl (Kapitel 6.8.5 und 6.8.6)
- Ermüdung von Beton unter Längsdruckbeanspruchung (Kapitel 6.8.7)
- Ermüdung der Betondruckstreben unter Querkraft und Torsion (Kapitel 6.8.7 (3))
- Begrenzung der Betondruckspannungen (EN 1992-1-1, Kapitel 7.2).
- Begrenzung der Betonstahlspannungen (Kapitel 7.2).
- Begrenzung der Spannstahlspannungen (Kapitel 7.2).
- Nachweis der Dekompression (Kapitel 7.3.1).
- Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite (Kapitel 7.3.2).
- Berechnung der Rissbreite (Kapitel 7.3.4).
- Begrenzung der Verformungen (Kapitel 7.4).

Hierzu sind weitere Eingaben im Ordner  *DIN EN 1992-1-1 Bemessung* erforderlich:

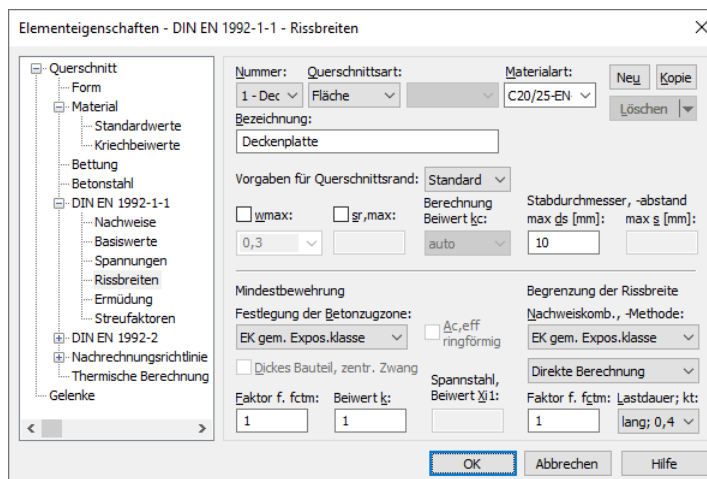
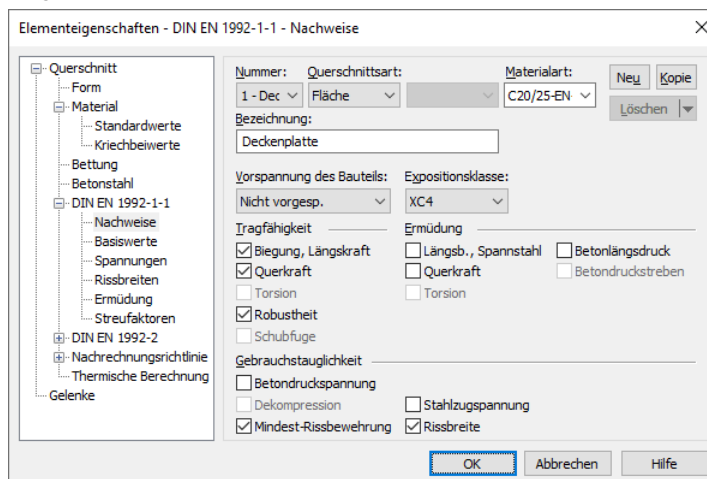


Einwirkungen: Definieren Sie je nach gewünschtem Nachweis und Expositionsklasse die zusätzlich benötigten Bemessungssituationen.

Klicken Sie dazu im Einwirkungsdialog auf *Neu: Situation...* und legen die erforderlichen Situationen an.



Querschnittsabhängige Eingaben erfolgen im Elementeigenschaftendialog. Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche *Elementeigenschaften* und stellen Sie für jeden Querschnitt unter *DIN EN 1992-1-1* die erforderlichen Nachweisvorgaben ein.



Starten Sie anschließend die *DIN EN 1992-1-1 Bemessung*. Das Programm ermittelt die erforderlichen Bewehrungen, führt die Nachweise und erzeugt ein Protokoll.

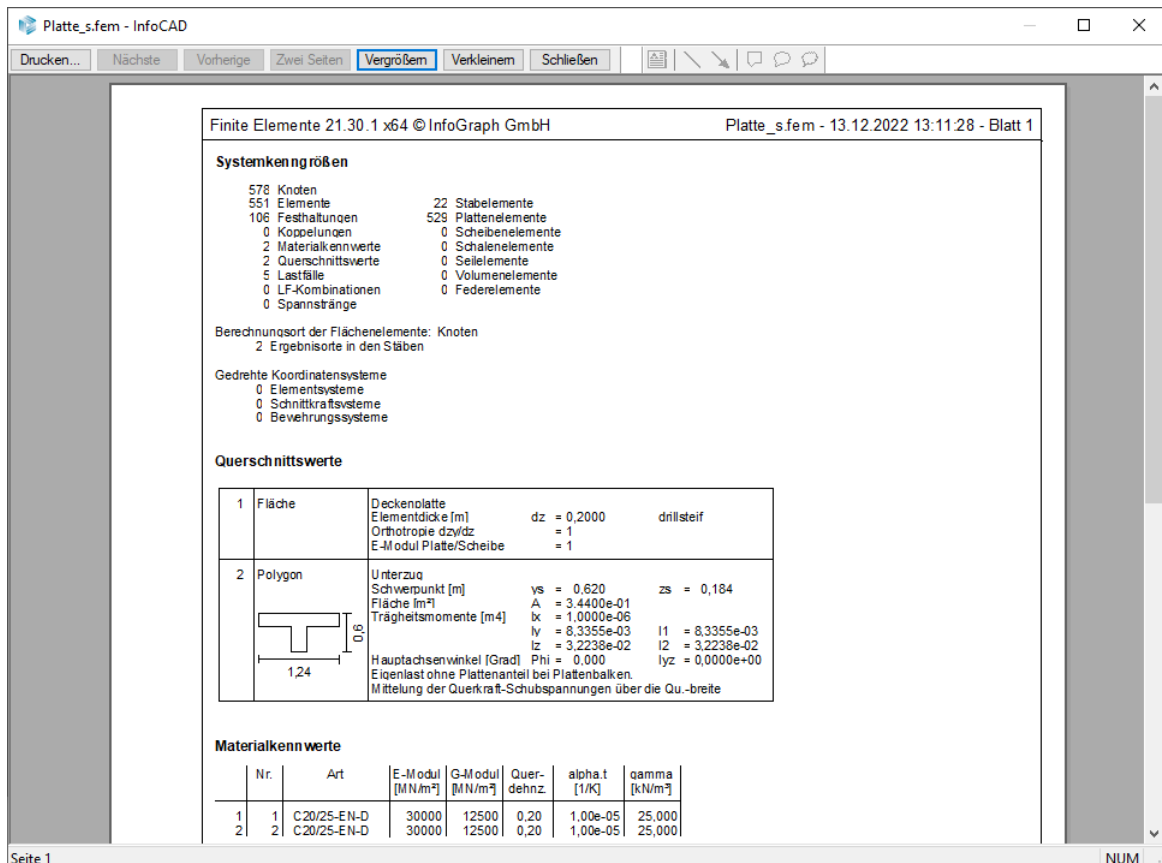
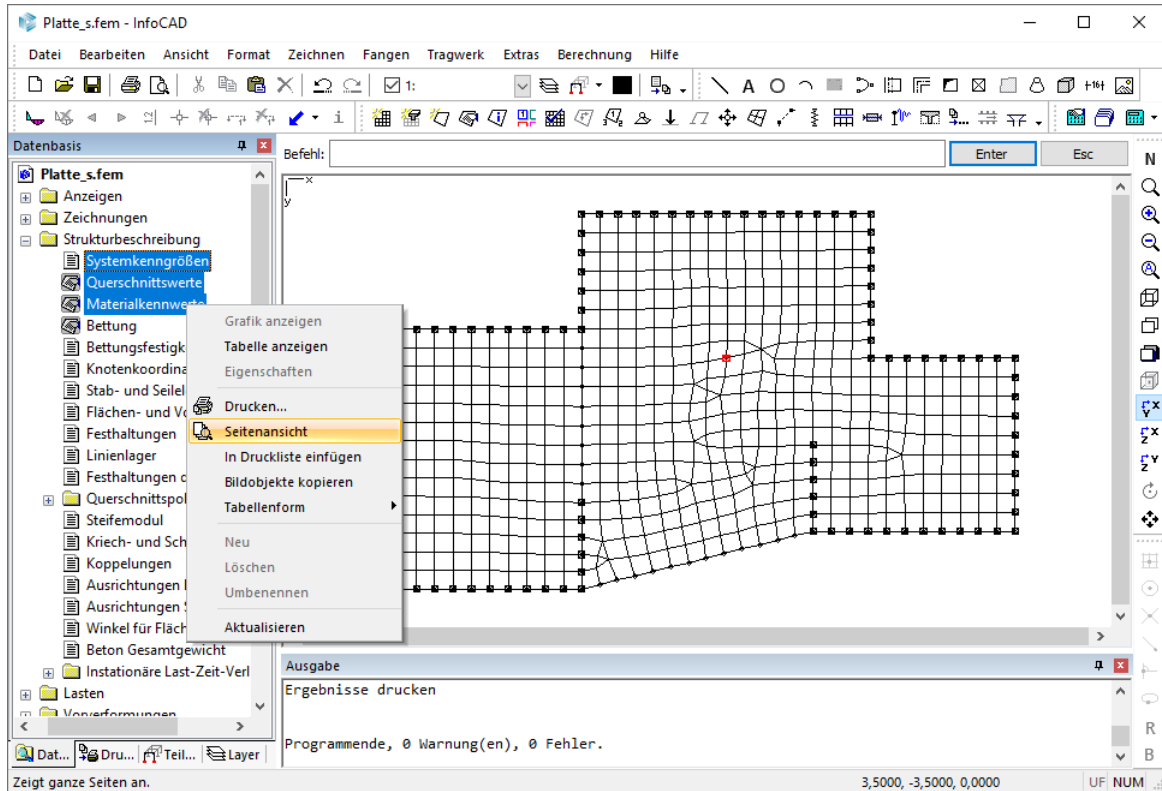
Eine ausführliche Beschreibung aller Nachweise finden Sie im Abschnitt *EN 1992-1-1 Bemessung* des Hilfesystems bzw. Benutzerhandbuchs.

Drucken



Die aktuelle Bildschirmdarstellung kann immer sofort ausgedruckt werden. Eine Druckvorschau ist mit der Schaltfläche *Seitenansicht* möglich. Voreinstellungen bezüglich des Seitenrahmens, der Druckerauswahl etc. erfolgen mit *Seite einrichten* im *Datei*-Menü.

Tabellen oder Protokolle sind in der Datenbasis zu markieren und über das Kontext-Menü (rechte Maustaste) auszudrucken. Auch hier steht die *Seitenansicht* zur Verfügung.



Druckliste

Für eine spätere Druckausgabe können eingestellte Ansichten sowie Tabellen und Protokolle in die Druckliste aufgenommen werden. Hier werden lediglich Darstellungsparameter abgelegt, sodass auch nach Systemänderungen immer die aktuellen Daten ausgegeben werden.

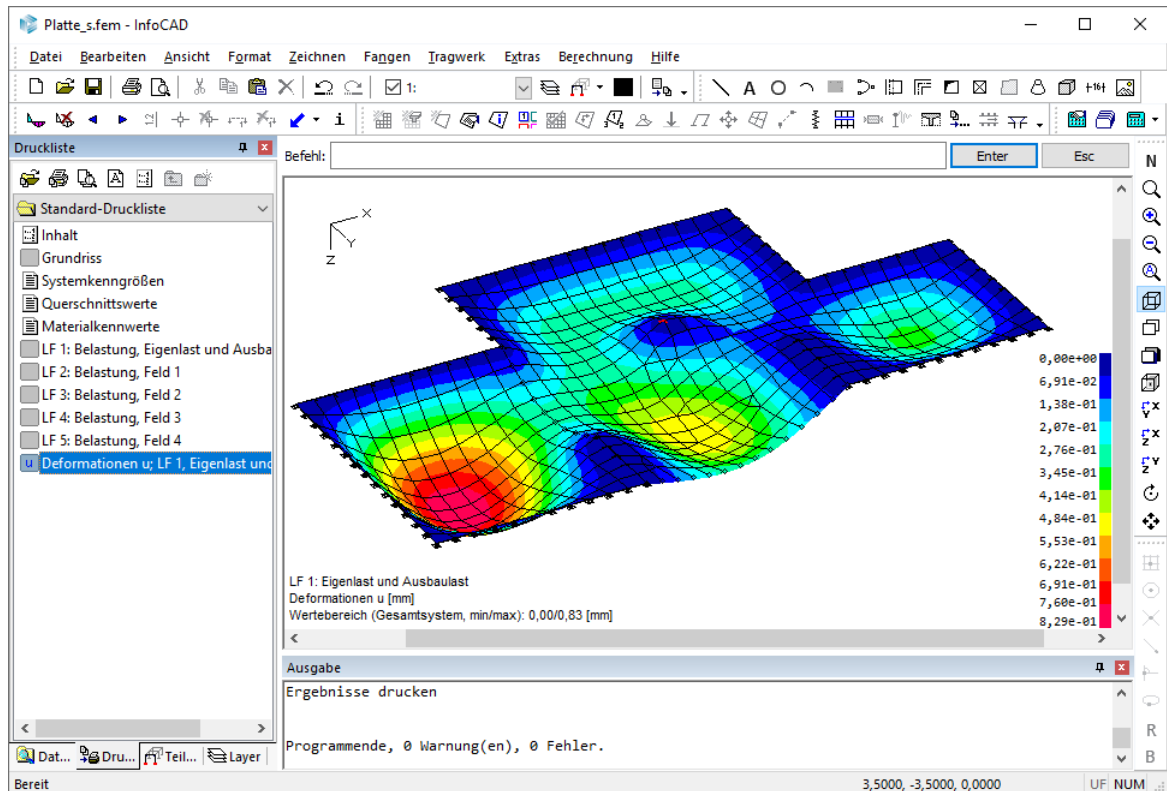
Wechseln Sie von der *Datenbasis* in die *Druckliste*. Hier sind eigene Funktionen *Drucken* und *Seitenansicht* verfügbar.



Durch Drücken der Schaltfläche *Nach Druckliste* wird die jeweils eingestellte Ansicht des Systems in die Druckliste eingefügt. Alle aktiven Einstellungen werden dabei mit abgespeichert.

In der Datenbasis markierte Tabellen oder Protokolle werden über das Kontextmenü in die Druckliste eingefügt. Ebenso können eigene Textobjekte, Seitenwechsel oder ein Inhaltsverzeichnis ergänzt werden.

Vorhandene Einträge können durch Verschieben beliebig sortiert werden.



Mit einem Doppelklick auf Einträge in der Druckliste wird die entsprechende Darstellung im Darstellungsbereich wiederhergestellt.

Beispiel 2: Ebener Hallenrahmen

Dieses Beispiel behandelt die Eingabe eines ebenen Hallenrahmens und die folgenden Berechnungen:

- Statische Berechnung
- EN 1993-1-1 Stahlachweise gem. NA Deutschland (elastisch; plastisch bei Spannungsüberschreitungen in den Klassen 1 und 2)

Wählen Sie bitte im Berechnungsmenü unter dem Befehl *Einstellungen...* zur *EN 1993-1-1* zunächst die nationale Ausgabe der Stahlbaunorm. Diese kommt bei allen nachfolgenden Eingaben und Berechnungen zur Anwendung.

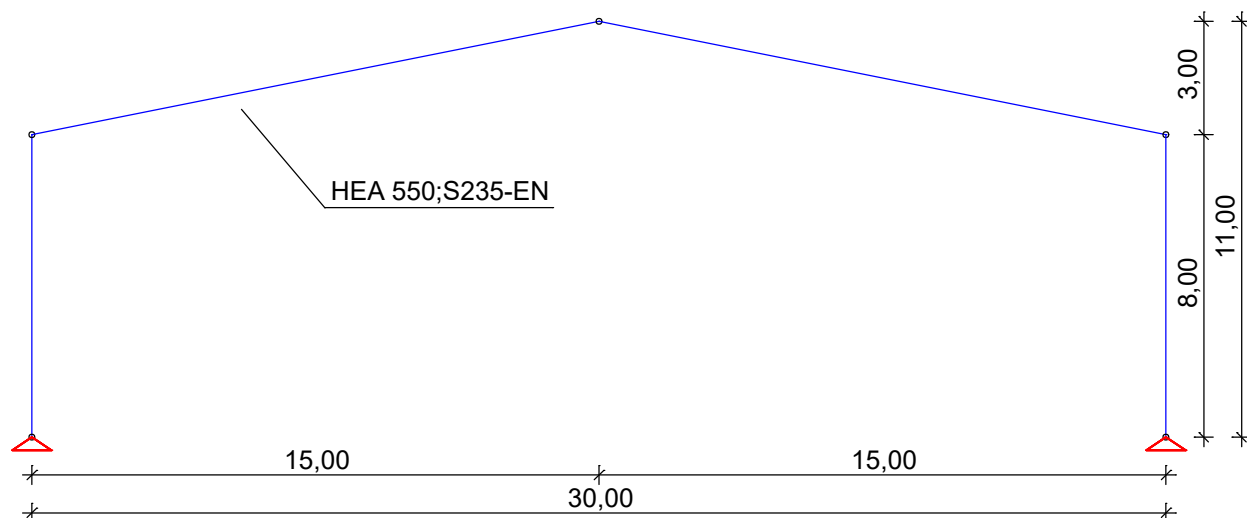
Aktivieren Sie den Nachweis *Elastisch; plastisch bei Spannungsüberschreitungen in Klassen 1 und 2*.

Gemäß Kapitel 6.2.1 der Norm wird für die Klassen 1 bis 4 die elastische Querschnittstragfähigkeit nachgewiesen.

Wenn in den Klassen 1 und 2 die Vergleichsspannung den zulässigen Grenzwert überschreitet, wird zusätzlich die plastische Querschnittstragfähigkeit nachgewiesen.

Dazu wird für jeden Schnittkraftsatz wird automatisch die Querschnittsklasse ermittelt.

Aufgabenstellung



Mit dem Programmstart oder dem Befehl *Neu* im Dateimenü wird ein neues Projekt begonnen. Wählen Sie im Tragwerksmenü die gewünschte Tragwerksart **Ebenes Stabwerk** aus.

Der Darstellungsbereich wechselt in die x-z-Ansicht und es kann mit der Systemeingabe begonnen werden.

Eingabe des Stabwerkes



Klicken Sie auf die Schaltfläche *Elementeingabe*, im Darstellungsbereich erscheint ein Fadenkreuz und in der Dialogleiste wird zur Koordinateneingabe des Stabanfangspunktes aufgefordert. Durch die Eingabe von [0 0] wird der 1. Stabknoten in den globalen Ursprung gelegt. Nachdem Sie mit [↵] oder *Enter* bestätigt haben, wird der Stabendpunkt abgefragt.



Zur weiteren Koordinateneingabe sollten Sie jetzt die Relativkoordinateneingabe aktivieren. Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche *Relativ*. Ab jetzt erscheint immer am letzten Punkt ein kleines Koordinatenkreuz. Nachfolgende Koordinateneingaben beziehen sich immer auf diesen Punkt. Die Eingabe von [0 -8] definiert das Stabende in negativer z-Richtung. Damit ist der erste Stab eingegeben.

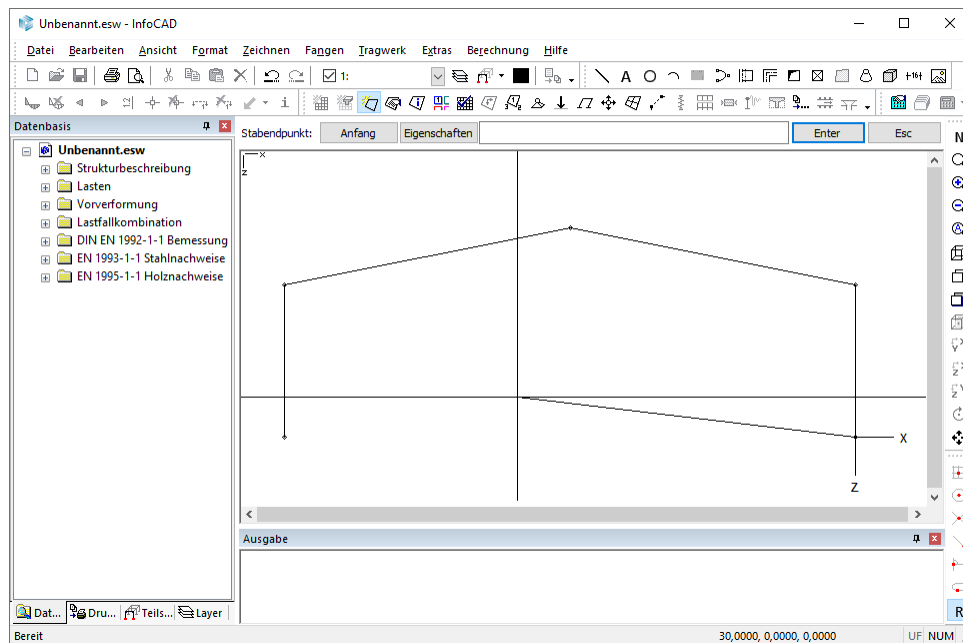


Um den Bildausschnitt zwischenzeitlich zu verkleinern, klicken Sie auf *Zoom -* oder auf *Zoom alles*.



Geben Sie jetzt fortlaufend die weiteren Stabenden ein und passen Sie gegebenenfalls den Bildausschnitt zwischenzeitlich an:

[15 -3] [15 3] [0 8]

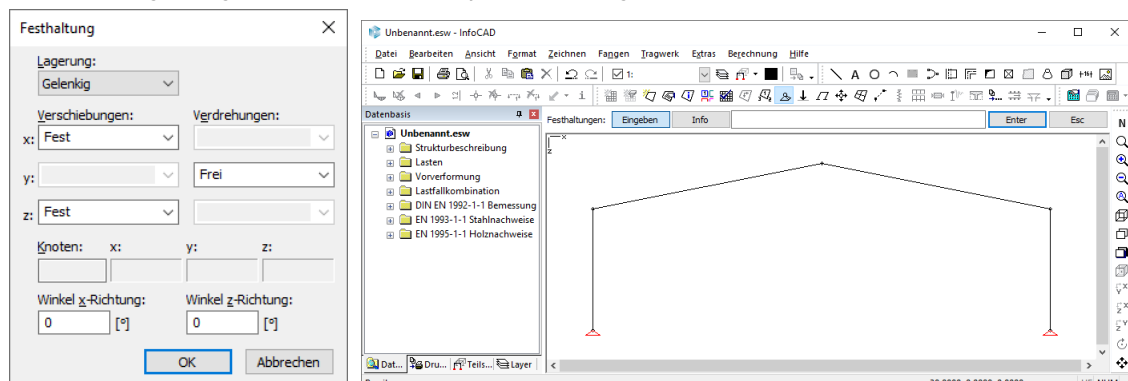


Beenden Sie die Stabeingabe mit [↵] oder *Enter*.



Klicken Sie jetzt auf die Schaltfläche *Festhaltungen* und die Option *Eingeben*. In der Dialogzeile werden Sie jetzt aufgefordert, Stabknoten auszuwählen. Diese können Sie direkt mit dem Fadenkreuz anklicken oder mit der Option *Fenster* (Eingabe eines rechteckigen Fangfensters) auswählen. Sind die gewünschten Knoten ausgewählt, bestätigen Sie mit *Enter*. Die Frage nach der globalen Ausrichtung beantworten Sie mit der voreingestellten Option *Ja*.

Im Festhaltungsdialog können Sie bei Bedarf jeden Freiheitsgrad einzeln steuern.



Bestätigen Sie hier bitte die voreingestellte gelenkige Lagerung und beenden Sie den Festhaltungsdialog mit *OK*. Die Lagerungen werden durch entsprechende Symbole dargestellt.



Damit der bisherige Stand Ihrer Eingaben abgespeichert wird, klicken Sie auf *Speichern*. Der Windows-Dateidialog erscheint und fordert Sie auf, einen Dateinamen einzugeben. Die Datei-Endung *.esw wird automatisch vergeben.

Querschnitt festlegen



Klicken Sie auf die Schaltfläche *Elementeigenschaften* und stellen Sie für den vorhandenen Querschnitt 1 die Querschnittsart HEA 550 und die Materialart S235-EN ein.

The screenshot shows two windows from a structural analysis software. The left window, titled 'Stabeigenschaften - Querschnitt - Form', displays the properties for a selected cross-section. It includes fields for 'Nummer' (1), 'Querschnittsart' (HEA), 'Materialart' (S235-EN), and 'Materialart' (S235-EN). It also shows a list of properties: A (0,0212 m²), Ix (3,53e-06 m⁴), Iy (0,001119 m⁴), Iz (0,0001082 m⁴), and Iyz (0 m⁴). A diagram of the HEA 550 profile is shown with dimensions 0,3 and 0,06. The right window, 'Querschnittsbibliothek', shows a tree view of profile types. Under 'Rechteckige Hohlprofile', the profile '50 x 30 x 2,9' is selected. The right side of this window shows the properties for the selected profile: A = 4,21 cm², Ix = 13,2 cm⁴, Iy = 13,2 cm⁴, Iz = 5,8 cm⁴, and Iyz = 0 cm⁴.

Zusätzlich ist eine Bibliothek mit internationalen Stahlbauprofilen verfügbar.

Das Stabwerk ist jetzt vollständig beschrieben und die zugehörige Stückliste steht im Arbeitsbereich unter dem Ordner *Strukturbeschreibung* zur Verfügung.

Stahlprofil Stückliste

	Querschnitt	Länge [m]	Anzahl Stäbe	G-Länge [m]	E-Gewicht [kg/m]	Gewicht [kg]	G-Gewicht [t]
1	1 HEA 550 - S235-EN	8,000	2	16,000	166,420	1331,36	2,66
2	1 HEA 550 - S235-EN	15,297	2	30,594	166,420	2545,74	5,09
3	Summe		4	46,594			7,75

Tragwerkeigenschaften kontrollieren



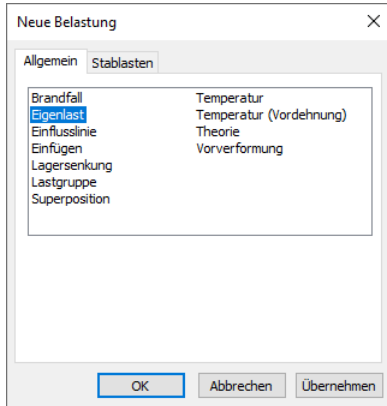
Zur Kontrolle der eingegebenen Daten können Sie unterschiedliche Darstellungsoptionen aktivieren. Rufen Sie dazu die Schaltfläche *Darstellung* auf:

The screenshot shows the 'Darstellungsoptionen' dialog box and the main software window. The dialog box has several sections: 'Numerierung' with checkboxes for 'Stäbe', 'Auflager', 'Knoten', and 'Federn'; 'Texthöhe in [mm]' with 'min' and 'max' values; 'Querschnittsnamen' with a dropdown and 'Vektorfont' checkbox; 'Stabquerschnitt' with a checkbox; 'Stabknoten' with a checked checkbox and a 'Schrumpfmodus, -Faktor' of 0,8; 'Gelenkinfo im Schrumpfmodus' with a checkbox; 'Stabbettung - Maßstab' with a slider; 'Ausführliche Festhaltungssymbole' with a checked checkbox; 'Koordinatensystem' with a dropdown set to 'Stäbe'; 'Färbung' with a 'Legende' checkbox; and 'Flächenfüllung der Elemente' with a checkbox. The main window shows a structural model of a truss with three HEA 550 profiles. The nodes are numbered 1, 2, 3, 4, and 5. The profiles are labeled '1-HEA 550'. The software title bar is 'Stahlrahmen DIN EN 1993.esw - InfoCAD'.

Lastfälle definieren

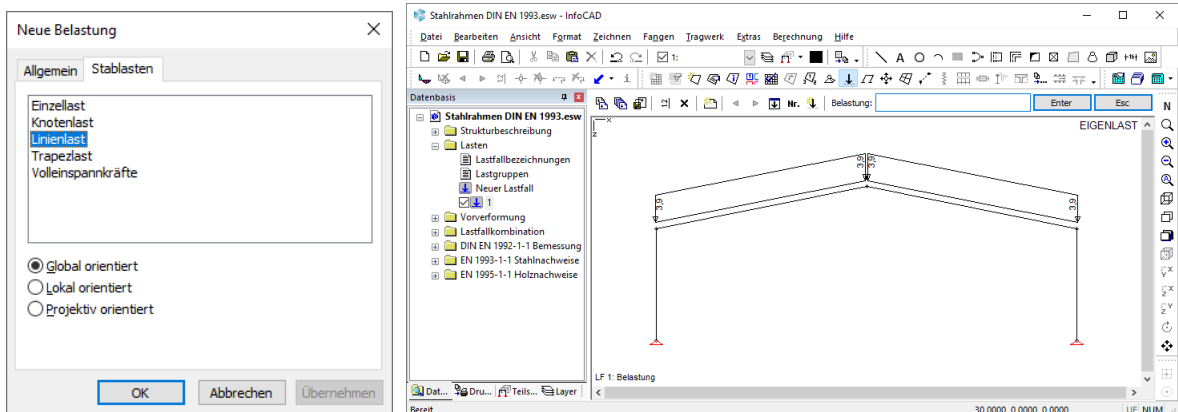
Öffnen Sie in der Datenbasis den Ordner *Lasten* und doppelklicken Sie auf **Neuer Lastfall**. Automatisch wird ein neuer Lastfall angelegt, und in der Dialogleiste erscheinen Schaltflächen zur Lasteingabe und -bearbeitung.

Mit *Belastung eingeben* wird das Auswahlfenster für die neue Belastung aufgerufen:



Aktivieren Sie die *Eigenlast* und klicken Sie auf *Übernehmen*. Mit dieser Lastart wird aus den Querschnitten und dem Material die Eigenlast automatisch generiert. Symbolisiert wird diese Last durch den Text *Eigenlast* in der rechten oberen Bildecke.

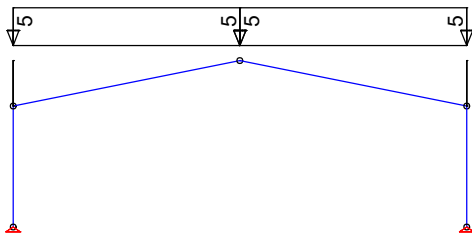
Wählen Sie jetzt unter den Stablasten die *Linienlast* mit der Option *Global orientiert* aus, markieren Sie die beiden Stäbe des Rahmenriegels und geben Sie eine Belastungsordinate von $q_z = 3,9$ kN/m ein:



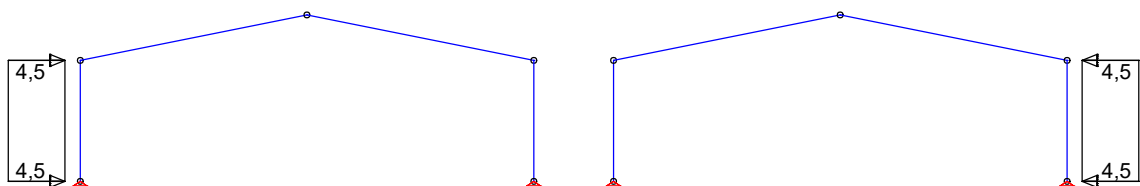
Mit der Schaltfläche *Lastdarstellung* können Sie Lastbilder wunschgemäß einstellen.

Nr. Klicken Sie auf *Nummer ändern*, um die Lastfallnummer zu ändern oder eine Lastfallbezeichnung einzugeben.

Legen Sie mit **Neuer Lastfall** den neuen Lastfall 2 an. Unter der Option *Neue Belastung* selektieren Sie die *Linienlast* mit der Option *Projektiv orientiert* und geben eine Schneelast von $q_z = 5$ kN/m ein.



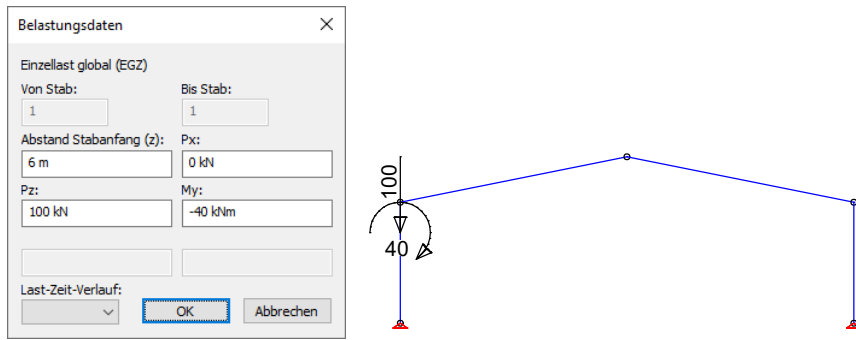
Geben Sie jetzt beginnend mit *Neuer Lastfall* die folgenden Lastfälle ein:



Lastfall 3: Wind von links

Lastfall 4: Wind von rechts

Der 'Lastfall 5: Kranbahnlast links' erfordert die Positionierung einer Einzellast innerhalb des Rahmenstieles. Diese soll 2 Meter unterhalb der Rahmenecke angreifen. Nach Auswahl der Lastart *Einzellast* klicken Sie einfach auf den entsprechenden Rahmenstiel und geben Sie die Ordinaten wie abgebildet ein:



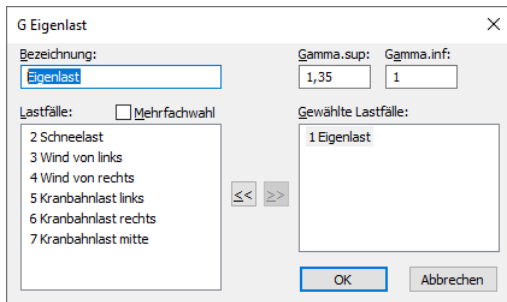
Zur exakten Positionierung bestimmen Sie den Lastort mit 6 Metern Abstand vom Stabanfang.

Entsprechend geben Sie jetzt den 'Lastfall 6: Kranbahnlast rechts' (Abstand vom Stabanfang 2 Meter) und 'Lastfall: 7 Kranbahnlast mitte' mit halber Last auf jedem Rahmenstiel ein.

EN 1993-1-1 Stahlnachweise

Zunächst müssen die Einwirkungen gemäß EN 1993-1-1 beschrieben werden. Dazu werden die vorhandenen Lastfälle den verschiedenen Einwirkungen zugeordnet:

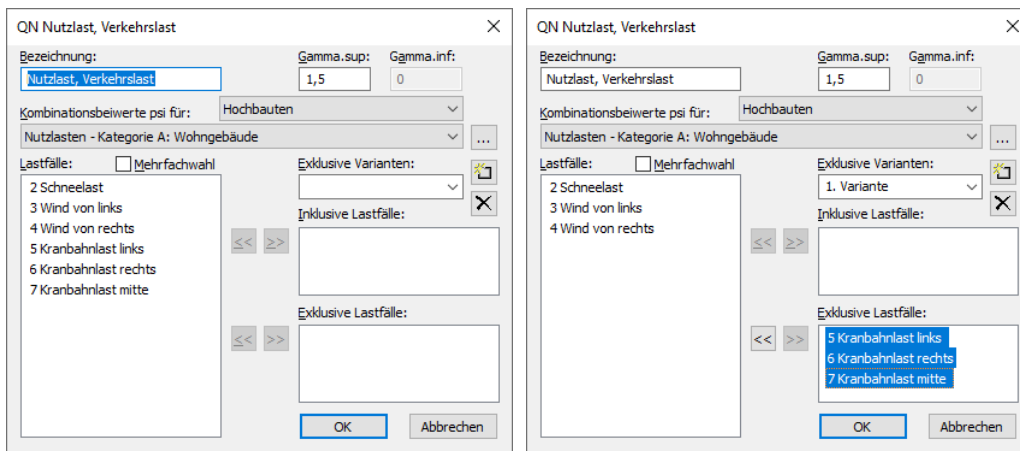
G	Eigenlast:	Lastfall 1
QS	Schnee- und Eislast:	Lastfall 2
QW	Windlast:	Lastfall 3 und 4
QN	Nutzlast, Verkehrslast:	Lastfall 5, 6 und 7



Öffnen Sie in der Datenbasis den Ordner **EN 1993-1-1 Stahlnachweise** und wählen Sie den Unterpunkt **Einwirkungen**. Es erscheint der Dialog *DIN EN 1993-1-1 Einwirkungen*. Das Programm schlägt eine neue Einwirkung *G Eigenlast* vor. Bestätigen Sie diese mit *OK*.

Hier ordnen Sie die entsprechenden Lastfälle der Einwirkung zu. Dazu markieren Sie im linken Fenster den gewünschten Lastfall und schieben diesen in das rechte Fenster *Gewählte Lastfälle*.

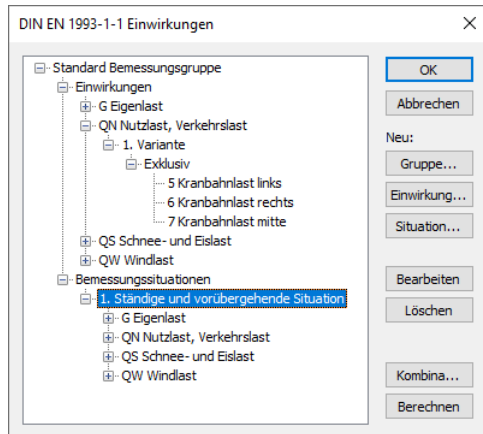
Verlassen Sie die *Eigenlast* und erzeugen Sie eine neue Einwirkung *QN Nutzlast, Verkehrslast*. Hier ordnen Sie die Kranlasten den *Exklusiven Lastfällen* zu.



<i>Inklusive Lastfälle</i>	Gewählte Lastfälle die gleichzeitig wirken können.
<i>Exklusive Lastfälle</i>	Gewählte Lastfälle, die sich gegenseitig ausschließen (z.B. Wind von rechts / links oder einzelne SLW-Stellungen)

Verfahren Sie ebenso mit den Einwirkungen *QS Schnee- und Eislast* sowie *QW Windlast*.

Klicken Sie jetzt auf *Situation...* und wählen Sie die *Ständige und vorübergehende Situation*. Hier akzeptieren Sie die vorhandenen Grundeinstellungen.



Damit sind die Einwirkungen und Situationen beschrieben. Durch Doppelklicken auf die jeweilige Einwirkung oder Situation können diese bearbeitet werden. Die enthaltenen Lastfälle können in einer übersichtlichen Baumstruktur leicht kontrolliert werden.

Verlassen Sie die *DIN EN 1993-1-1 Einwirkungen* mit *OK*.

Berechnungen durchführen

Jetzt können folgende Berechnungen gestartet werden:

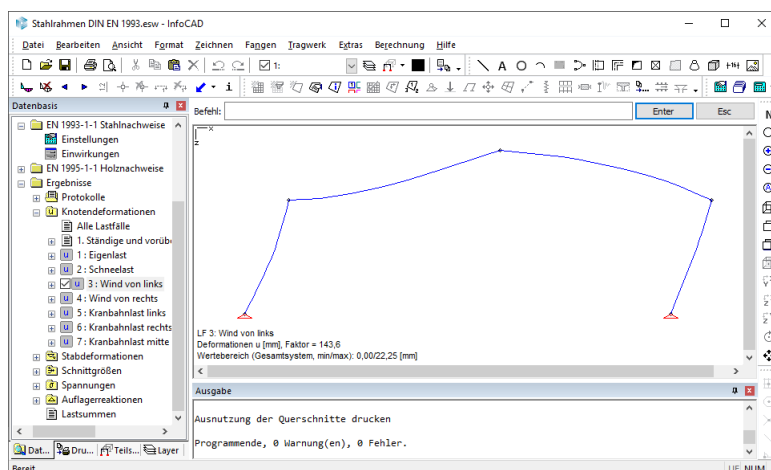
- Statik (Ermittlung von Verformungen, Schnittgrößen, Lagerkräften etc. je Lastfall)
- EN 1993-1-1 Stahlnachweise (Überlagerung der Einwirkungen mit Ermittlung der maßgebenden Bemessungswerte, Nachweis der elastischen bzw. plastischen Ausnutzungen)

Im Standardfall werden die Nachweise an 5 Berechnungsorten je Stab durchgeführt. Auf Grund der groben Elemententeilung empfiehlt sich in diesem Beispiel in den Berechnungseinstellungen für die Statik die *Anzahl Berechnungsorte bei Stäben* 11 zu wählen.

Die Berechnungen können auch automatisch nacheinander gestartet werden. Dazu wählen Sie im Berechnungsmenü den Befehl *Stapel...* und aktivieren die gewünschten Kontrollfelder.

In der Ausgabeleiste werden der Rechenfortschritt und Programmmeldungen wie Fehler oder Warnungen ausgegeben.

Ergebnisse aufbereiten



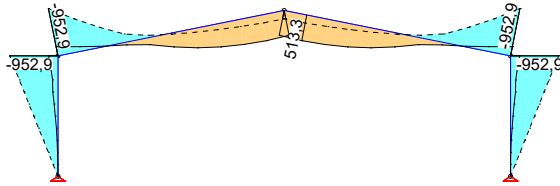
Unter dem Ordner **Ergebnisse** in der *Datenbasis* sind alle verfügbaren Ergebnisse aufgeführt. Durch Doppelklicken auf den gewünschten Eintrag wird die hierfür mögliche bzw. vorgesehene Standarddarstellung (Graphik oder Tabelle) aufgerufen.

Öffnen Sie z.B. den Ordner **Knotendeformationen** und doppelklicken Sie auf Lastfall 3. Es wird das deformierte System dargestellt.

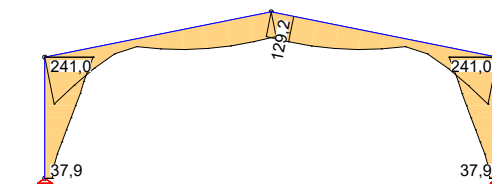


Mit der Schaltfläche *Ergebnisse* werden Einstellmöglichkeiten für die Darstellung angeboten.

Schnittgrößen und Vergleichsspannungen aus der 1. Ständigen und vorübergehenden Situation:

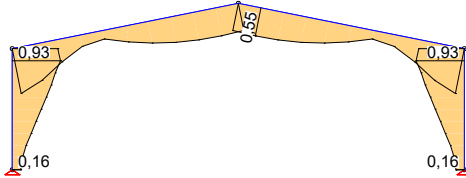


LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1993-1-1
Schnittgrößen min,max My: 1043,77 [kNm] =
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -952,91/513,35 [kNm]



LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1993-1-1
Spannungen (Stahlnachweise) max Sigma.v: 263,95 [MN/m²] =
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 37,91/240,98 [MN/m²]

Unter dem Ordner Spannungen / Stahlnachweise können Sie die berechneten Ausnutzungen einschalten. Es ist zu erkennen, dass der vorliegende Rahmen nur unter Ausnutzung der plastischen Querschnittstragfähigkeit nachzuweisen ist.



LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1993-1-1
Ausnutzung: 1,02 [-] =
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,16/0,93 [-]

Querschnittsspannungen

Lastfall: 1. Ständig | Stab: 4 | Ort: 1 | Querschnitt: 1 - HEA 550 - S235-EN | Darstellung: Rand

Satz: Nx: -233,13 | Qy: 0 | Qz: 119,11 | Spannung: My min | Mx: 0 | My: -952,91 | Mz: 0 | Sigma.v

Werte von 34,8586 bis 240,976 MN/m² (Elastisch)

Beschriftung | Texthöhe: | Drucken... | ->Druckliste | Schließen

Klicken Sie bei aktivierter Spannungsdarstellung mit der rechten Maustaste auf einen Stab und wählen Sie im Kontext-Menü den Befehl *Querschnittsspannungen...*

Für den gewählten Ort werden jetzt die Spannungen am Querschnitt aufgetragen.

Im abgebildeten Fenster können Sie die Ergebnisse für alle Lastfälle und Kombinationen sowie für die Spannungen σ_x , σ_y , τ_x , τ_{xy} und τ_{xz} anwählen.

Das Nachweisprogramm hat den Berechnungsablauf in einem übersichtlichen Protokoll dokumentiert.

Im Ordner Protokolle kann dieses eingesehen werden.

Kombinationsinfo

EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN
Schnittgrößen Stab 4 - Ort 1, Knoten 4 - My min

Lastfall	Faktor	Nx	My	Qz
1 : Eigenlast	1,35	-114,91	-444,03	55,50
2 : Schneelast	1,50	-112,50	-434,73	54,34
3 : Wind von links	0,90	-4,32	-57,03	7,13
5 : Kranbahnlast links	1,05	-1,40	-17,12	2,14
My min		-233,13	-952,91	119,11

Drucken... | ->Druckliste | OK

Mit dem Kombinationsinfo können Sie kontrollieren, wie sich ein Schnittgrößenergebnis zusammensetzt.

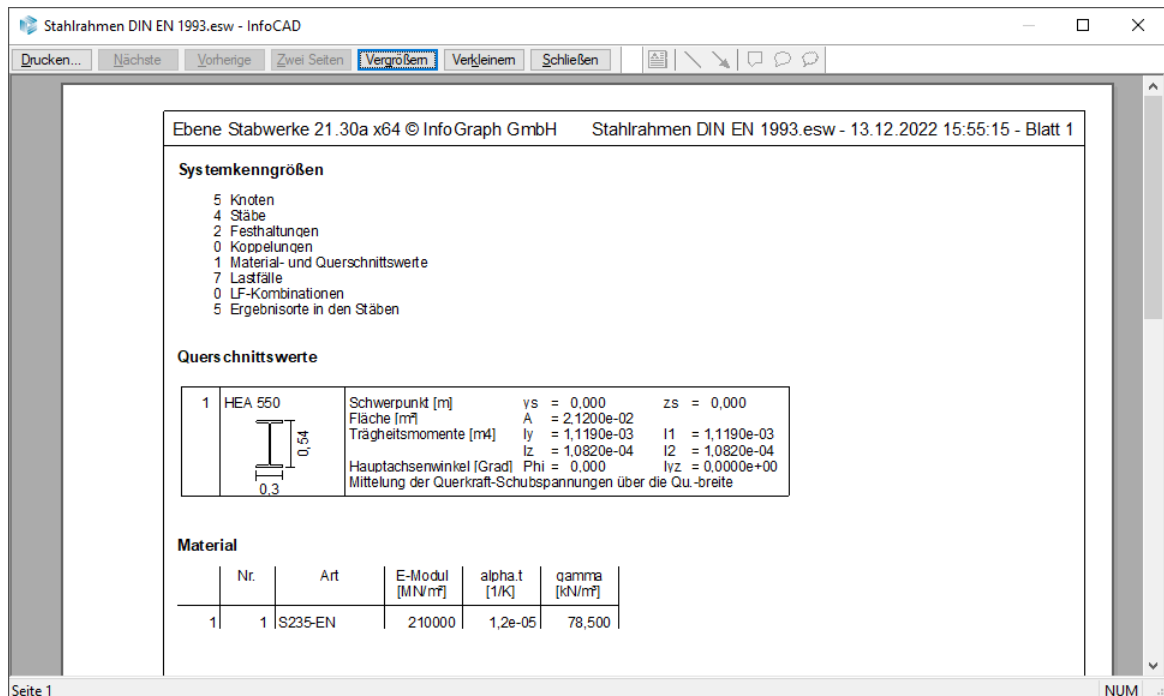
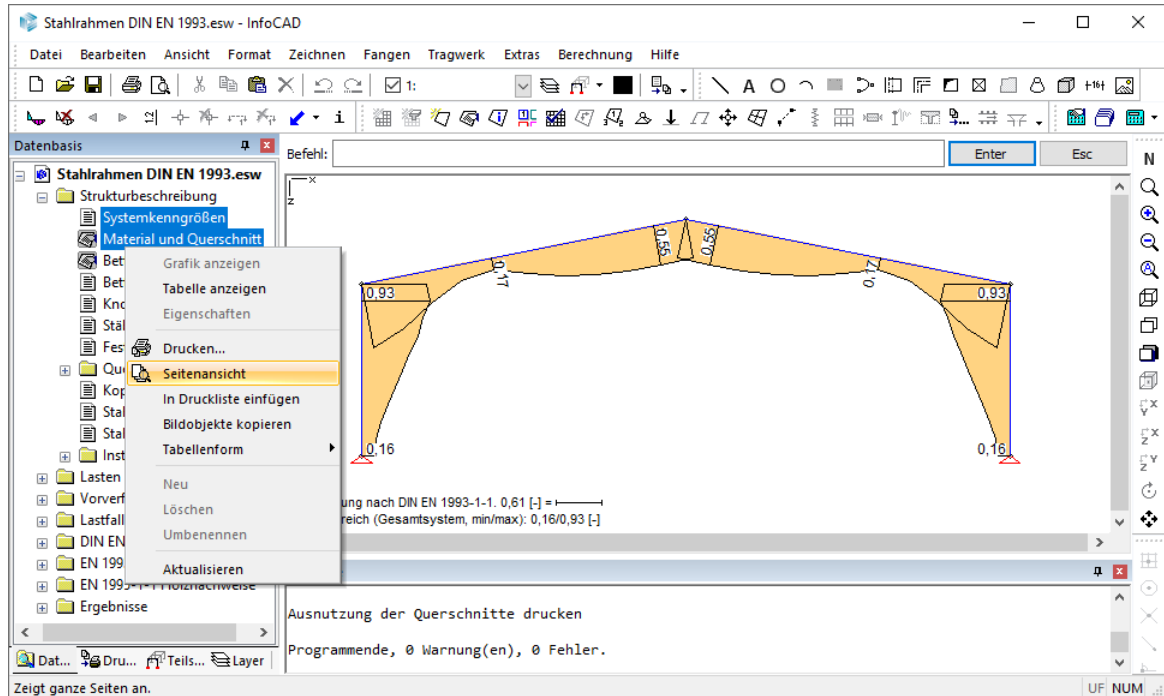
Klicken Sie bei eingeschalteter Ergebnisdarstellung mit der rechten Maustaste auf den gewünschten Ergebnisort im Stab und wählen Sie den Befehl *Kombinationsinfo...* aus.

Drucken



Die aktuelle Bildschirmdarstellung kann immer sofort ausgedruckt werden. Eine Druckvorschau ist mit der Schaltfläche *Seitenansicht* möglich. Voreinstellungen bezüglich des Seitenrahmens, der Druckerauswahl etc. erfolgen mit *Seite einrichten* im Datei-Menü.

Tabellen oder Protokolle sind in der Datenbasis zu markieren und über das Kontext-Menü (rechte Maustaste) auszudrucken. Auch hier steht die *Seitenansicht* zur Verfügung.



Druckliste

Für eine spätere Druckausgabe können eingestellte Ansichten sowie Tabellen und Protokolle in die Druckliste aufgenommen werden. Hier werden lediglich Darstellungsparameter abgelegt, sodass auch nach Systemänderungen immer die aktuellen Daten ausgegeben werden.

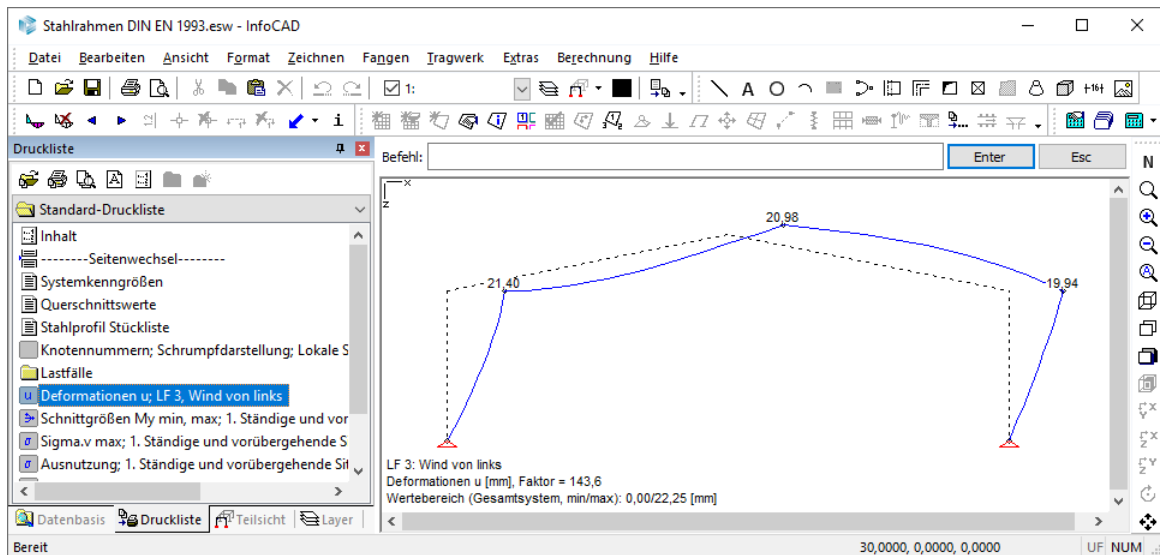
Wechseln Sie von der *Datenbasis* in die *Druckliste*. Hier sind eigene Funktionen *Drucken* und *Seitenansicht* verfügbar.



Durch Drücken der Schaltfläche *Nach Druckliste* wird die jeweils eingestellte Ansicht des Systems in die Druckliste eingefügt. Alle aktiven Einstellungen werden dabei mit abgespeichert.

In der Datenbasis markierte Tabellen oder Protokolle werden über das Kontextmenü in die Druckliste eingefügt. Ebenso können eigene Textobjekte, Seitenwechsel oder ein Inhaltsverzeichnis ergänzt werden.

Vorhandene Einträge können durch Verschieben beliebig sortiert werden.

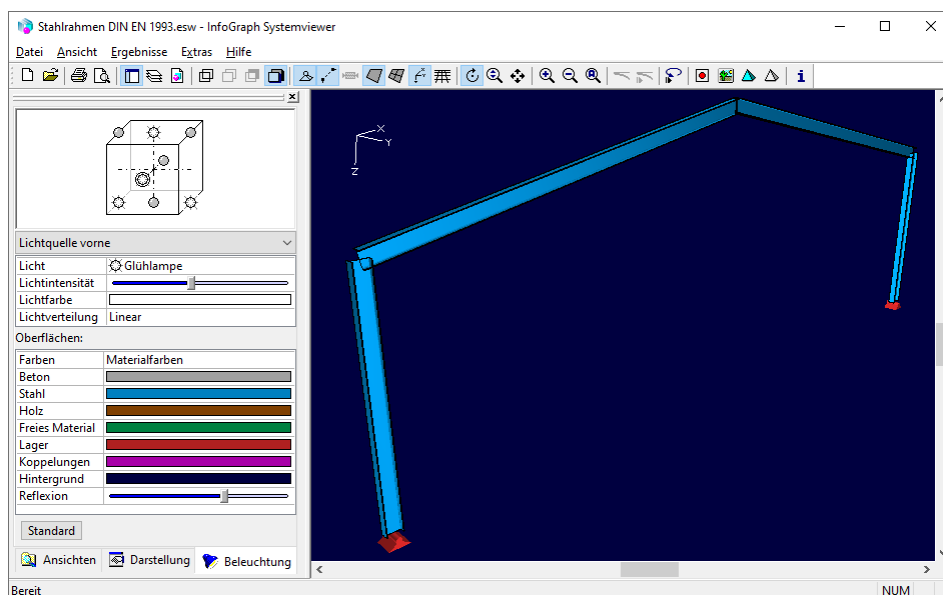


Mit einem Doppelklick auf Einträge in der Druckliste wird die entsprechende Darstellung im Darstellungsbereich wiederhergestellt.

InfoGraph Systemviewer

Mit dem InfoGraph Systemviewer können Sie FEM- und Stabwerksprojekte visualisieren und Verformungen aus statischen oder dynamischen Berechnungen animieren.

Starten Sie den Systemviewer aus dem Ordner *Programme / InfoGraph* des Windows-Startmenüs und öffnen Sie die gewünschte Datei. Vielfältige Einstellungsmöglichkeiten für eine optimale Darstellung stehen hier zur Verfügung.



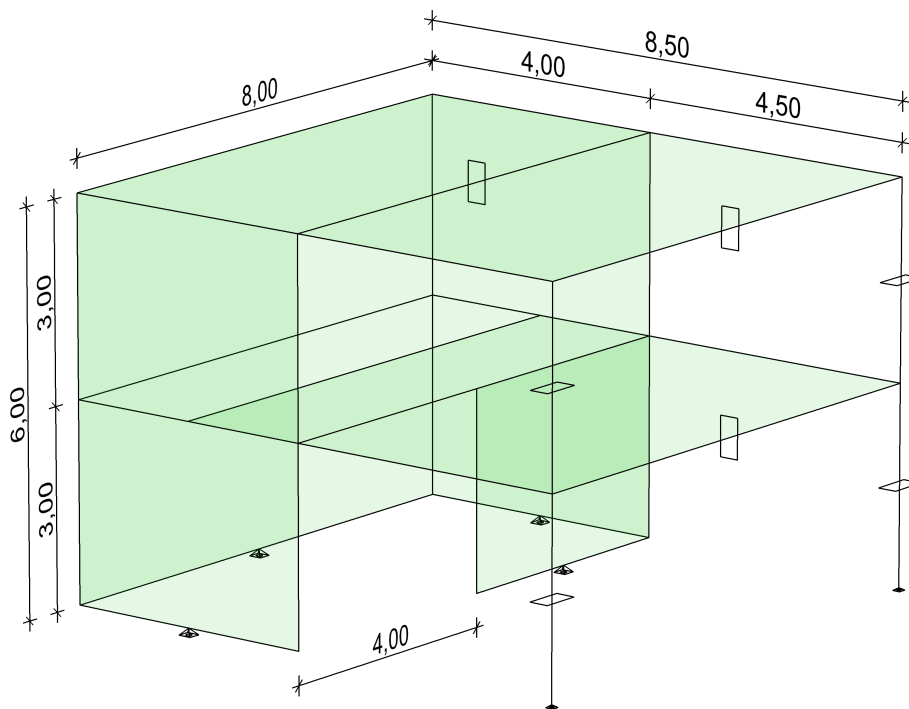
Beispiel 3: Hochbau

Dieses Beispiel behandelt die Eingabe eines räumlichen Hochbaus und die Durchführung folgender Berechnungen:

- Statische Berechnung
- DIN EN 1992-1-1 Bemessung (Biege- und Schubbemessung gem. NA Deutschland)

Vorherige Beispiele werden als bekannt vorausgesetzt und entsprechende Bearbeitungsschritte werden nicht wiederholt.

Aufgabenstellung



Systemachsen mit Abmessungen [m]

Material: Beton C20/25-EN-D (Beton gem. EN 1992-1-1, NA Deutschland)
Betonstahl BSt 500, Achsabstand vom Rand 3,0 cm

Belastung: Eigengewicht, Flächenlast, Horizontallast

Vorgehensweise zur Eingabe räumlicher Tragsysteme:

1. Drahtmodell mit Rändern zeichnen
2. Rändern die gewünschten Eigenschaften zuweisen (Lager, Stabzug, freier Stab)
3. Modellflächen eingeben
4. Netz generieren

Drahtmodell zeichnen

Starten Sie das Programm oder beginnen Sie mit *Neu* ein neues Projekt und wählen Sie **Finite Element System** aus dem Tragwerk-Menü.



Klicken Sie auf die Schaltfläche *Rand* und beginnen Sie mit der Eingabe:

[0 0]

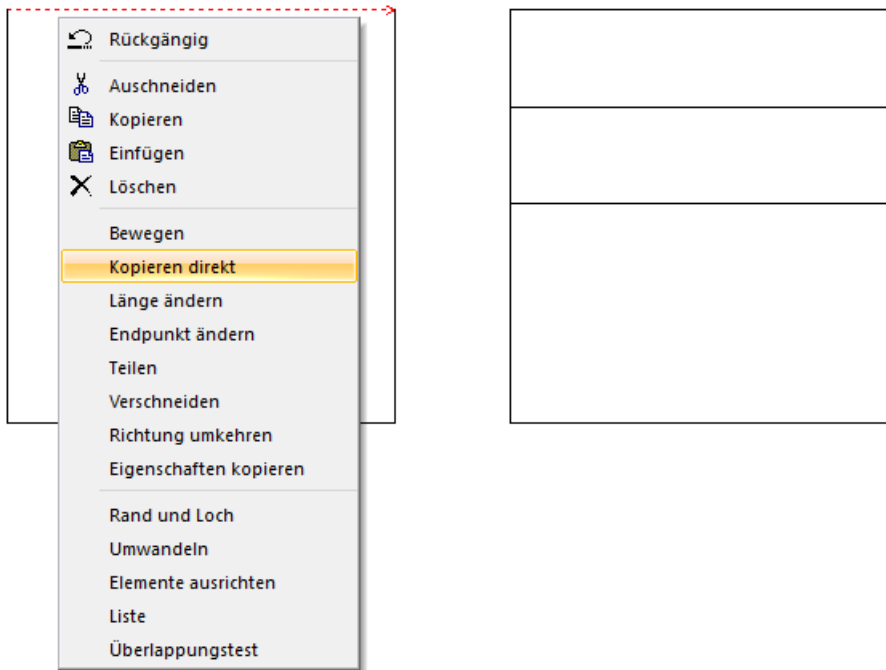


Aktivieren Sie die relative Koordinateneingabe und vervollständigen Sie den Außenrand der 1. Ebene:

[8 0], [0 8,5], [-8 0]

Zum Schließen auf den Anfang des 1. Randes zeigen. Beenden Sie die Randeingabe mit *Enter* oder *ESC*.

Markieren Sie mit der rechten Maustaste den oberen Rand und wählen Sie die Option *Kopieren direkt* aus dem Kontext-Menü.



Das Programm fragt jetzt den Verschiebungsvektor ab. Wählen Sie als Startpunkt z.B. das linke obere Ende des Randes. Aktivieren Sie nun die Option *Mehrfach*. Für den 2. Punkt des Verschiebungsvektors geben Sie [0 2] und [0 4] ein. Dadurch wird der Rand um 2 und 4 Meter in y-Richtung kopiert. Beenden Sie das Kopieren mit *Enter* oder *ESC*.



Schalten Sie mit *3D* in die räumliche Darstellung und erzeugen Sie durch Kopieren die weiteren Ebenen.

Markieren Sie dazu die Ränder, indem Sie mit der Maus ein Fenster über alle Objekte aufziehen. Alle gewählten Objekte sind jetzt gestrichelt dargestellt.

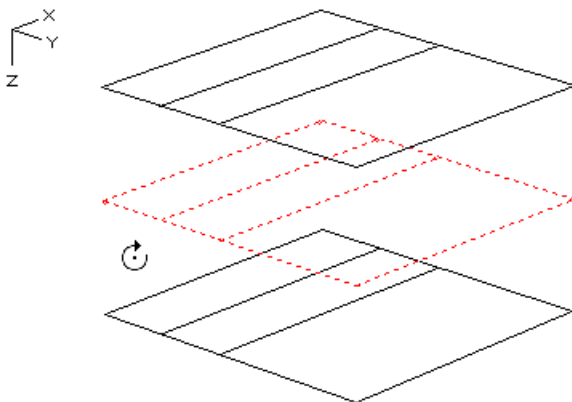
Wählen Sie im Bearbeiten-Menü *Kopieren direkt* und geben Sie die Verschiebungsvektoren ein:

- 1. Punkt Verschiebungsvektor: [0 0 0]
- 2. Punkt Verschiebungsvektor: [0 0 3]
- 2. Punkt Verschiebungsvektor: [0 0 -3]


Bei der räumlichen Bearbeitung sind immer 3 Koordinaten in der Reihenfolge x, y und z einzugeben. Die Verschiebungsvektoren zeigen demnach +/- 3 Meter in z-Richtung.

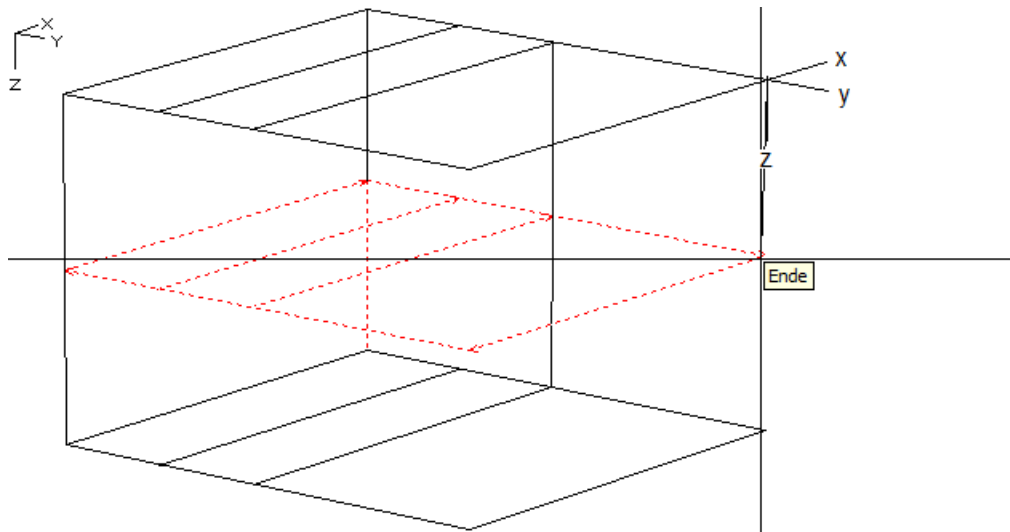


Wenn Sie zwischenzeitlich den Blickwinkel verändern möchten, klicken Sie auf *Rotieren mit Maus* und bewegen Sie mit gedrückter linker Maustaste den Cursor. Erneutes Klicken der Schaltfläche beendet das Rotieren.



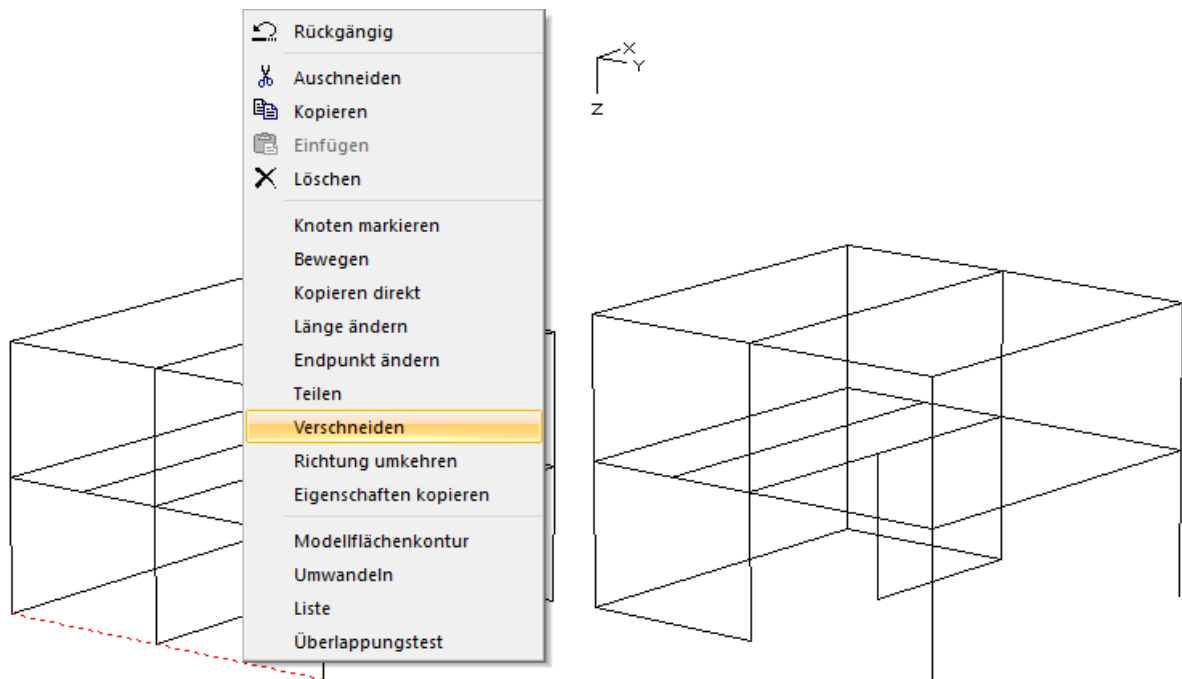
Mit *Zoom alles* wird der Bildausschnitt der neuen Objektausdehnung angepasst.


- 
 Geben Sie die fehlenden Ränder zwischen den Ebenen ein. Dabei kann auf die vorhandenen Punkte mit den Fangmodi *Mitte*, *Ende* oder *Schnitt* Bezug genommen werden. So kann eine weitere manuelle Koordinateneingabe vermieden werden.



- 
 Markieren Sie die überflüssigen Ränder und *löschen* Sie diese.

Zum Kürzen der unteren Ränder markieren Sie diese mit der rechten Maustaste und wählen Sie die Option *Verschneiden*. Als Begrenzungsobjekt wählen Sie den entsprechenden Rand aus.

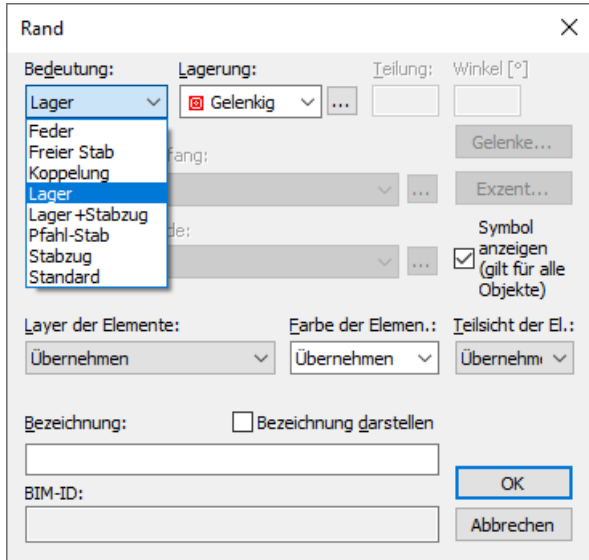


- 
 Damit an den Stützen später eine Lagerung erzeugt wird, verwenden Sie das Modellobjekt *Stütze* und geben diese an den Fußpunkten ein.

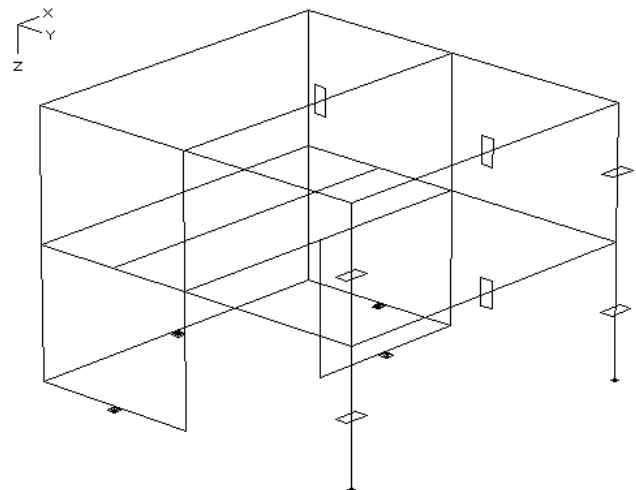
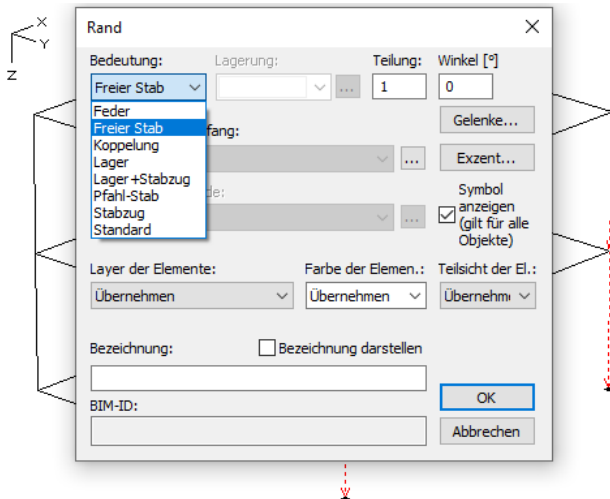
Damit ist das Drahtmodell fertig.

Eigenschaften zuweisen

Den Rändern können weitere Eigenschaften zugeordnet werden, die bei der Netzgenerierung berücksichtigt werden. Rufen Sie sie mit einem Doppelklick die Eigenschaften eines oder mehrerer Ränder auf und stellen Sie die gewünschte *Bedeutung* ein:



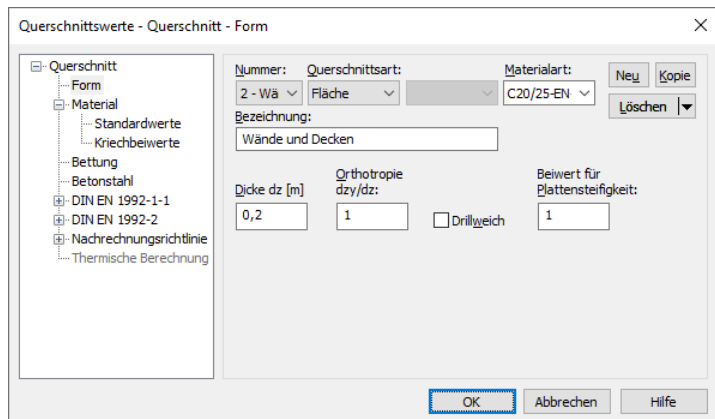
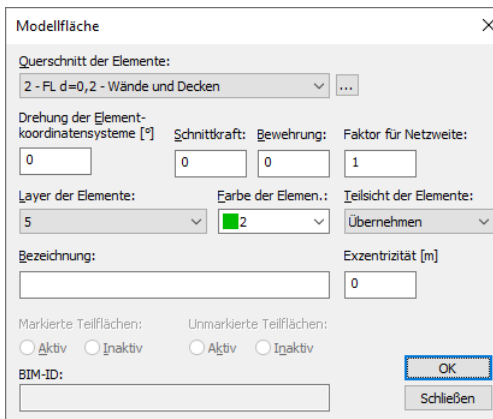
Bedeutung	Ergebnis des Netzgenerierers
Standard	Gebietsberandung oder Zwangslinien im Inneren
Lager	Linienlager auf dem Rand
Stabzug	Stabelemente die an das FEM-Netz angeschlossen sind, z.B. Unterzüge
Freier Stab	Stabelemente mit eigener Einteilung, z.B. für Stützen oder Rahmenabschnitte
Lager + Stabzug	Linienlager und Stabzug



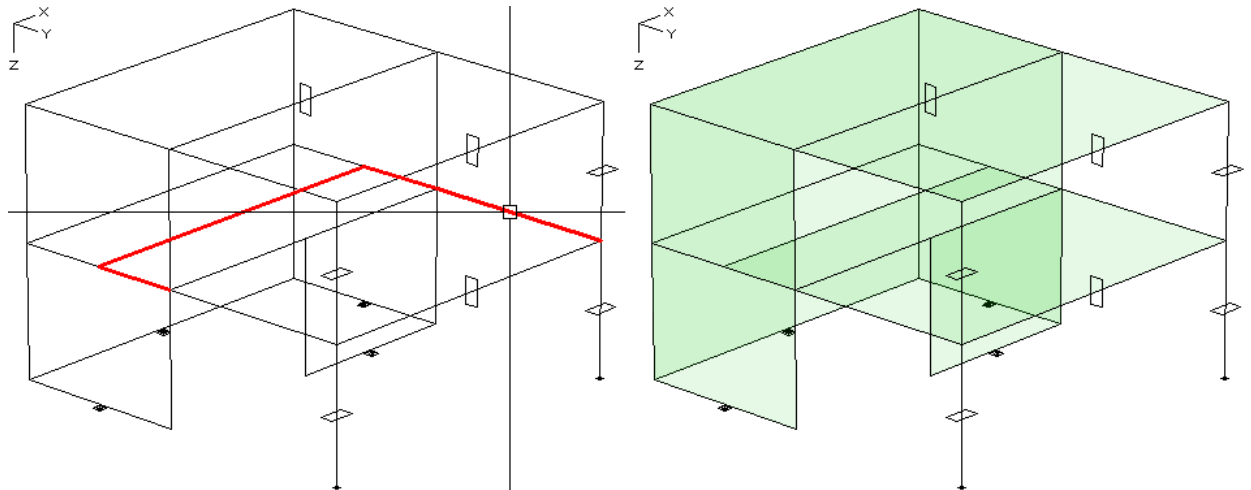
Stellen Sie für die Stützen *Freier Stab* mit *Teilung* = 1 ein. Über die Funktion **...** rufen Sie den Querschnittsdialog auf und geben ein Polygon für den Querschnitt ein (z.B. Rechteck 30x60).


Den gelagerten Rändern weisen Sie im Randdialog die Eigenschaft *Lager* und den Randunterzügen *Stabzug* mit dem Querschnittspolygon zu.

Klicken Sie auf die Schaltfläche *Modellfläche* und stellen Sie vor der Flächendefinition (Option *Eigenschaften*) den Layer und die Farbe für das zu erzeugende Elementnetz ein. Mit einem Doppelklick in das Querschnittsfenster rufen Sie den Querschnittsdialog auf. Geben Sie hier die Eigenschaften für den Flächenquerschnitt vor und verlassen Sie dann den Dialog.




Wählen Sie jetzt die Begrenzungsobjekte für die erste Fläche. Sobald die Auswahl eindeutig eine Fläche bestimmt, wird diese erzeugt. Wechseln Sie gegebenenfalls zwischendurch die *Farbe*.

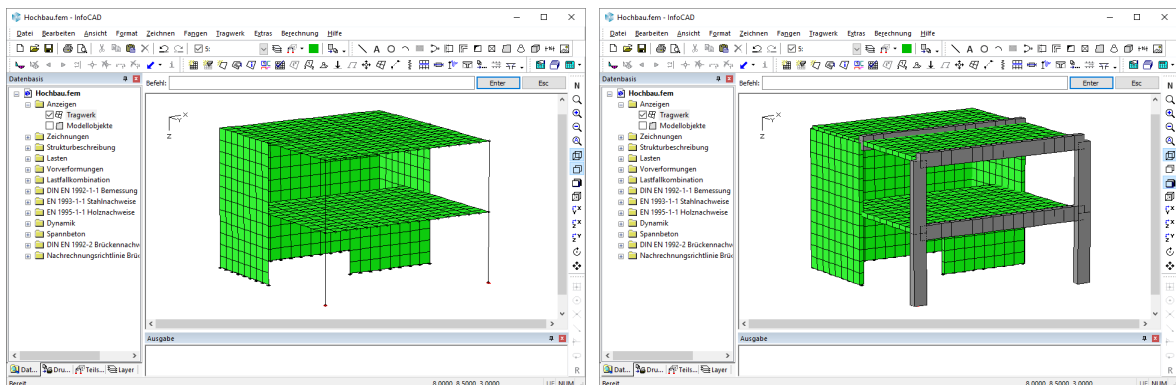



 Damit ist die geometrische Beschreibung des Systems abgeschlossen. Speichern Sie die Datei und geben Sie der Zeichnung einen Namen.

Elementnetz generieren

Die erzeugte Modellstruktur dient als Grundlage für die FEM-Netzgenerierung.

 Klicken Sie auf die Schaltfläche *Netzgenerierung*, wählen Sie die Option *Formtreu* und akzeptieren Sie die vorgeschlagene Netzweite 0,5 [m].



 Verschiedene Einstellungen für die Systemdarstellung erreichen Sie mit der Schaltfläche *Darstellung*. Aktivieren Sie hier die *Flächenfüllung der Elemente* um den räumlichen Eindruck der Struktur zu verbessern.

 Kontrollieren Sie mit *Querschnittsdarstellung* das System.

Lastfälle definieren

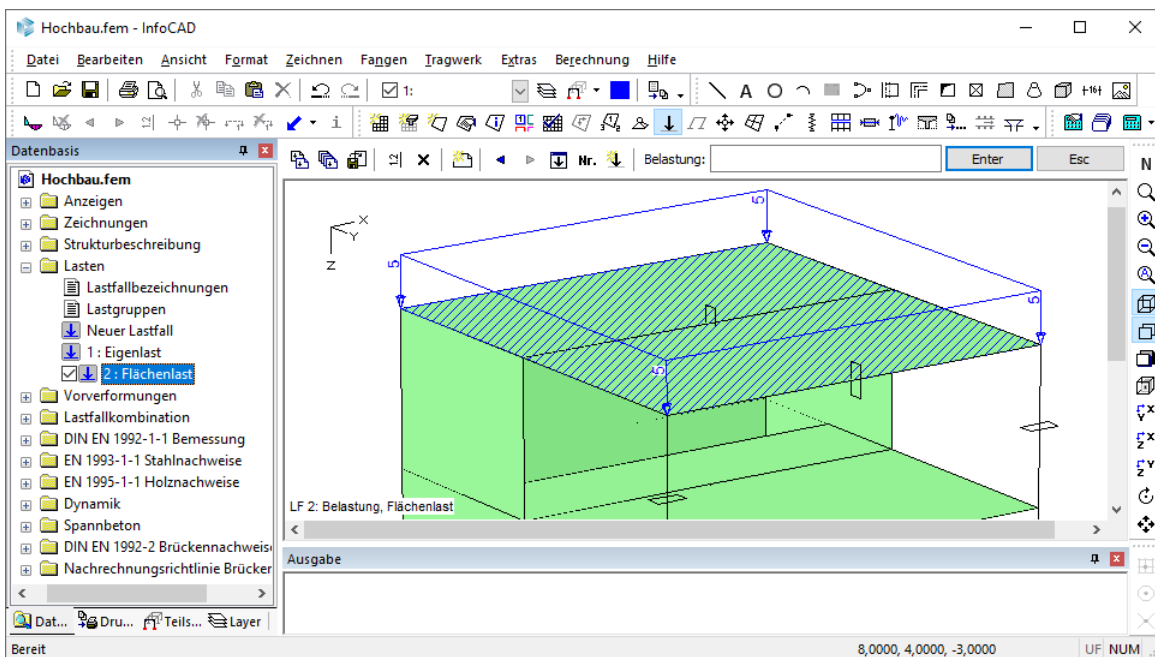
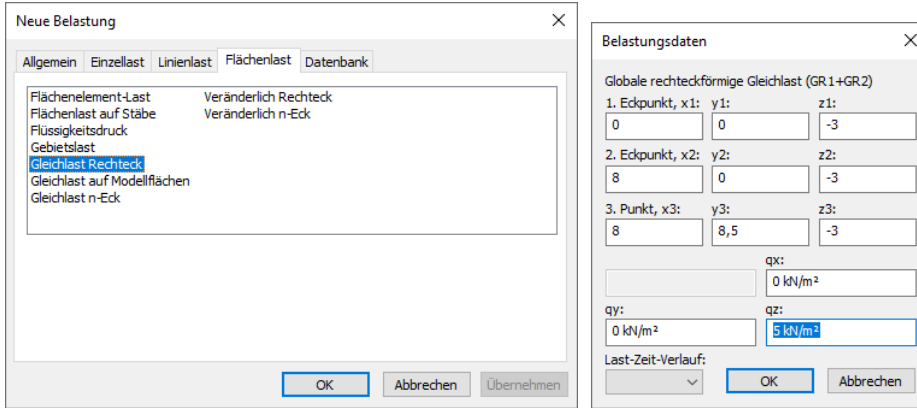


Öffnen Sie in der Datenbasis den Ordner **Lasten** und doppelklicken Sie auf **Neuer Lastfall**. Automatisch wird ein neuer Lastfall angelegt, und in der Dialogleiste erscheinen Schalfflächen zur Lasteingabe und -bearbeitung.

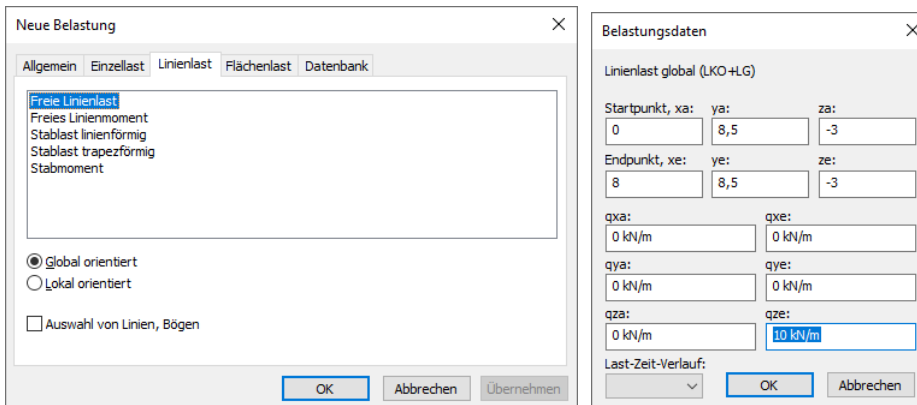


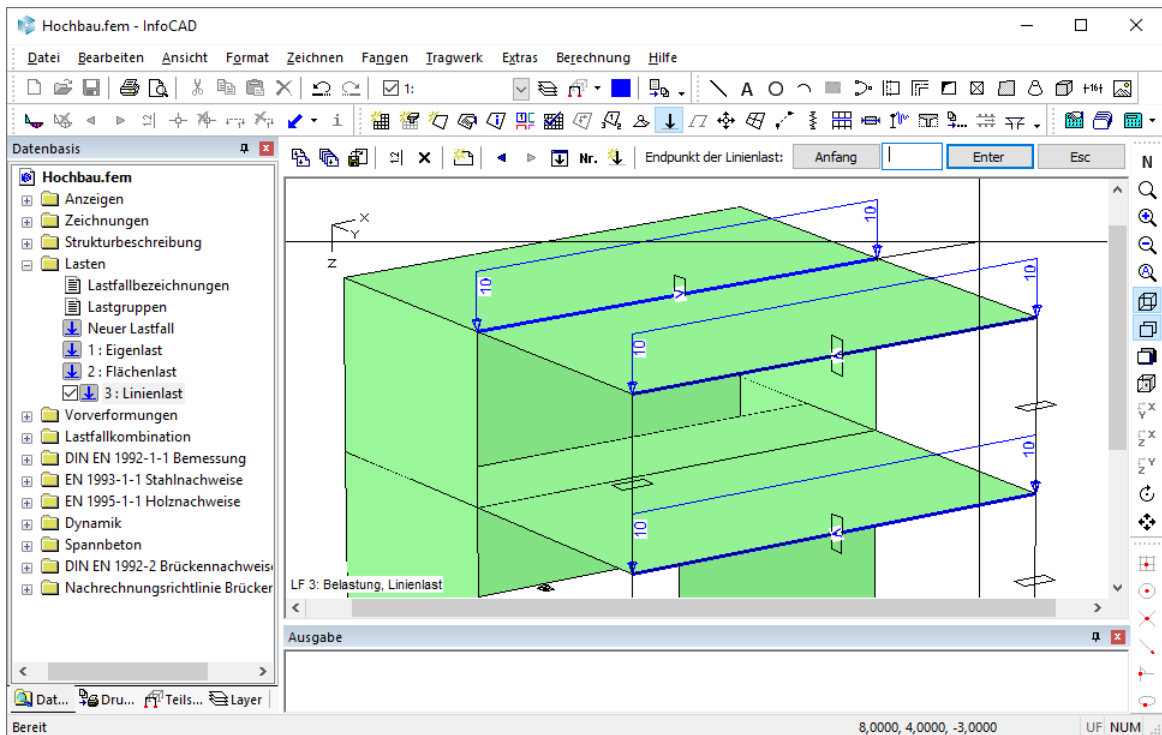
Wählen Sie für Lastfall 1 **Eigenlast** mit Wichtung 1 in Z-Richtung, bestätigen Sie dies und geben Sie mit **Nummer ändern** eine Lastfallbezeichnung ein.

Klicken Sie in der Datenbasis wieder auf **Neuer Lastfall** und legen Sie damit den neuen Lastfall 2 an. Wählen Sie die Flächenlast **Gleichlast Rechteck** und geben Sie 2 Rechteck-Lasten auf den Decken ein. Referenzieren Sie bei der Koordinateneingabe auf bestehende Knoten und nutzen Sie dabei die Funktionen **Zoom** und **Rotieren**.



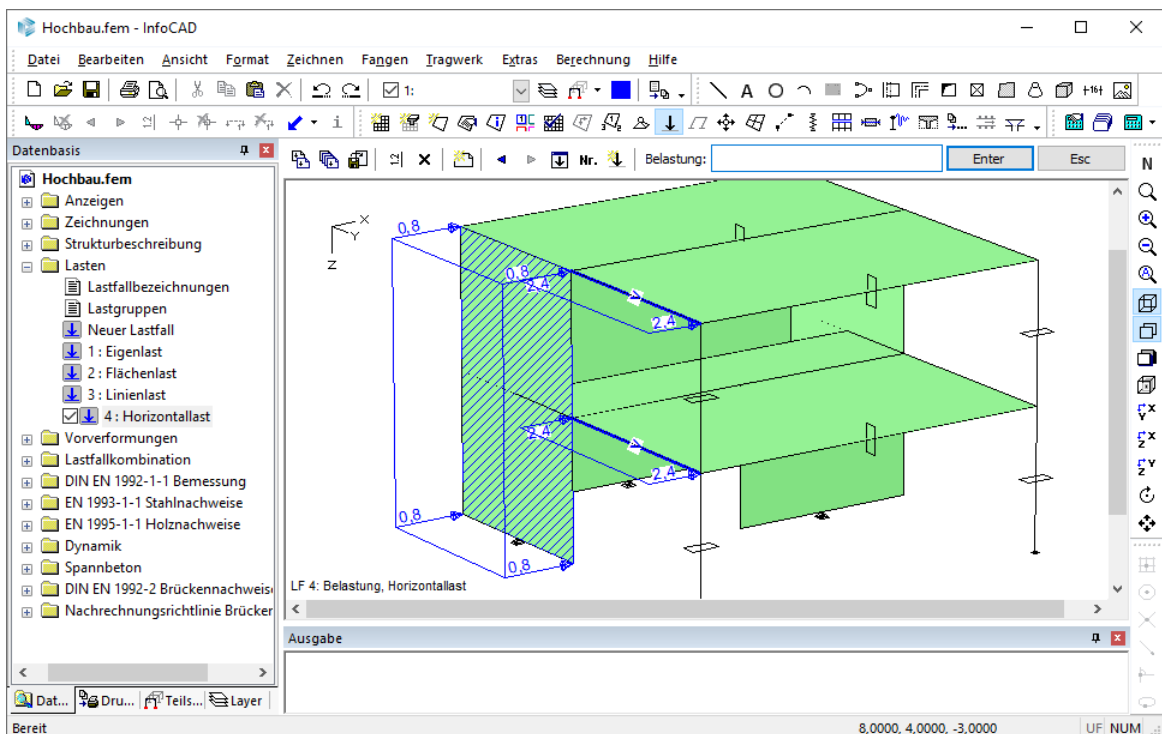
Für den 3. Lastfall wählen Sie die Linienlast für Flächenelemente mit globaler Orientierung.





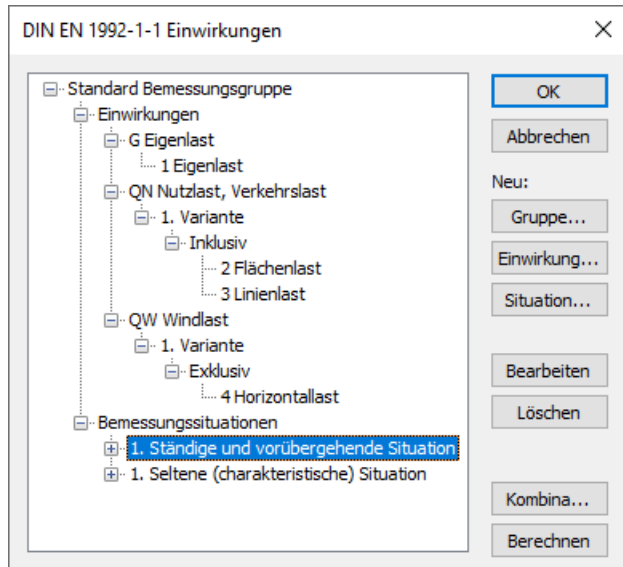
1.2 Mit der Option *Lastdarstellung* können Sie die Lastordinaten wunschgemäß skalieren.

Als 4. Lastfall geben Sie nochmals zwei Linienlasten mit je 2,4 kN/m und eine Flächenlast von 0,8 kN/m² in globaler X-Richtung ein.



Die Lasteingabe ist damit abgeschlossen. Verlassen Sie den Belastungsdialog.

Einwirkungen beschreiben

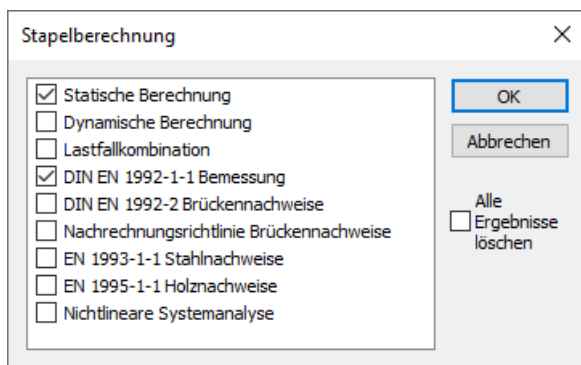


Öffnen Sie in der Datenbasis unter *DIN EN 1992-1-1 Bemessung* die *Einwirkungen*, ordnen Sie die Lastfälle den nachfolgenden Einwirkungen zu und erzeugen Sie eine *Ständige und vorübergehende Situation* und eine *Seltene (charakteristische) Situation*.

G	Eigenlast:	Lastfall 1 (Eigenlast)
QN	Nutzlast, Verkehrslast:	Lastfall 2 und 3 (Flächenlast, Linienlast)
QW	Windlast:	Lastfall 4 (Horizontallast)

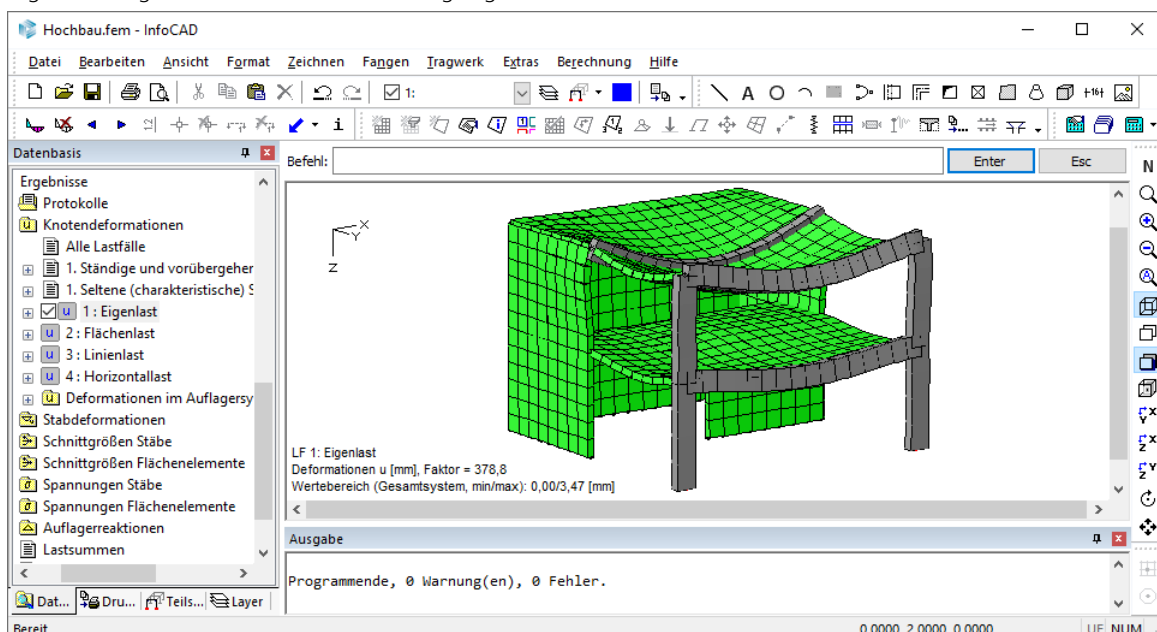
Berechnung und Ergebnisse

Starten Sie die *Stapelberechnung* mit den abgebildeten Optionen.

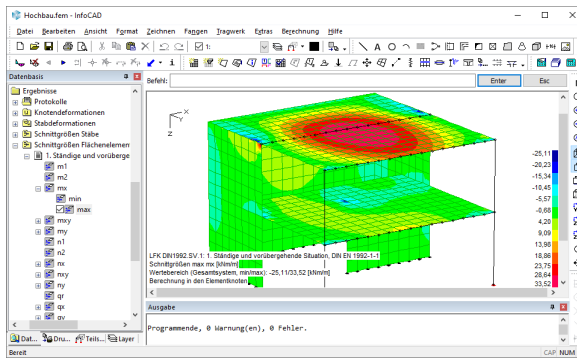


Die gewählten Berechnungen werden automatisch nacheinander gestartet. Der Rechenfortschritt kann dabei in der Ausgabeleiste verfolgt werden.

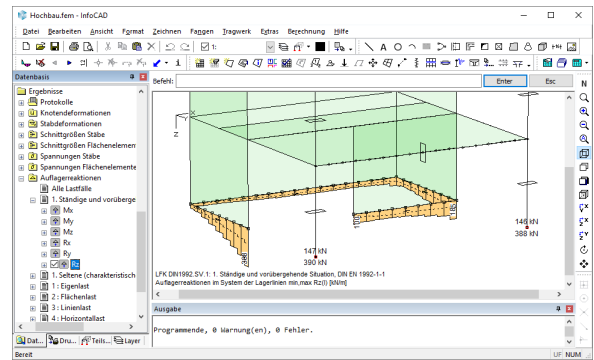
Nach der Berechnung stehen jetzt in der Datenbasis alle Ergebnisse zur Verfügung. Rufen Sie die gewünschte Ergebniskategorie auf und stellen Sie eine geeignete Ansicht ein.



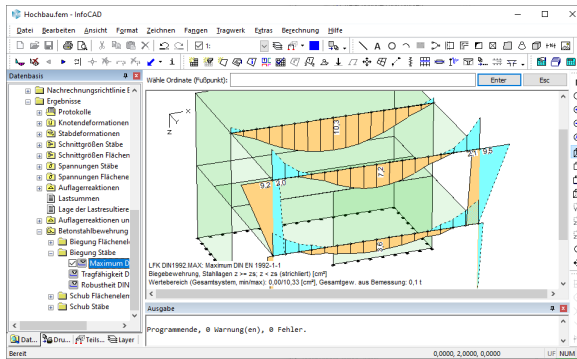
Deformationen Lastfall 1



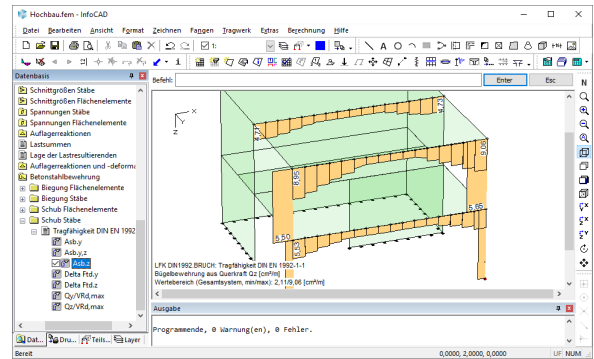
Farbverlauf der Momente max mx



Auflagerreaktionen Rz



Längsbewehrung in den Stabzügen

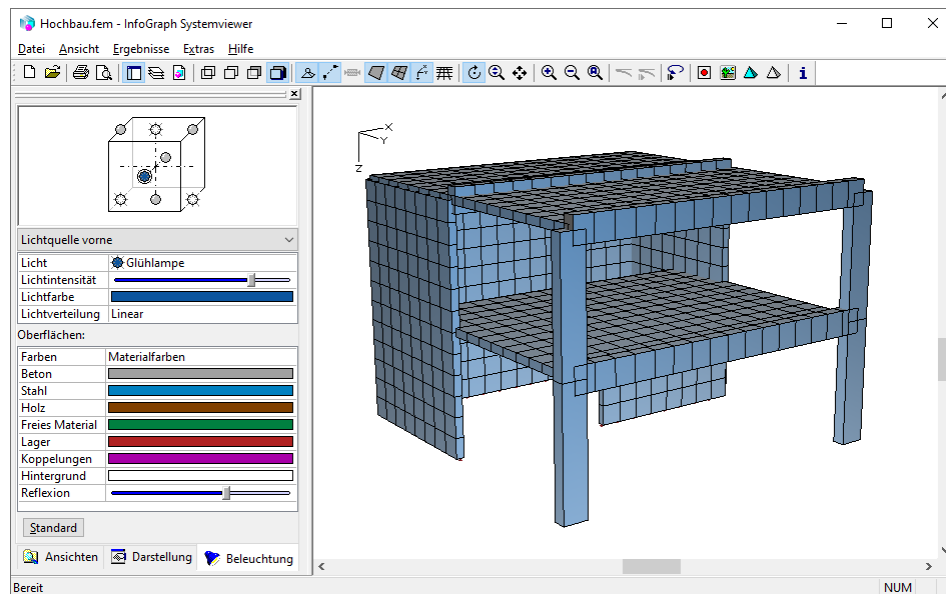


Bügelbewehrung der Unterzüge und Stützen

InfoGraph Systemviewer

Mit dem InfoGraph Systemviewer können Sie FEM- und Stabwerksprojekte visualisieren und Verformungen aus statischen oder dynamischen Berechnungen animieren.

Starten Sie den Systemviewer aus dem Ordner *Programme / InfoGraph* des Windows-Startmenüs und öffnen Sie die gewünschte Datei. Vielfältige Einstellungsmöglichkeiten für eine optimale Darstellung stehen hier zur Verfügung.



Beispiel 4: Vorgespannter Dachträger

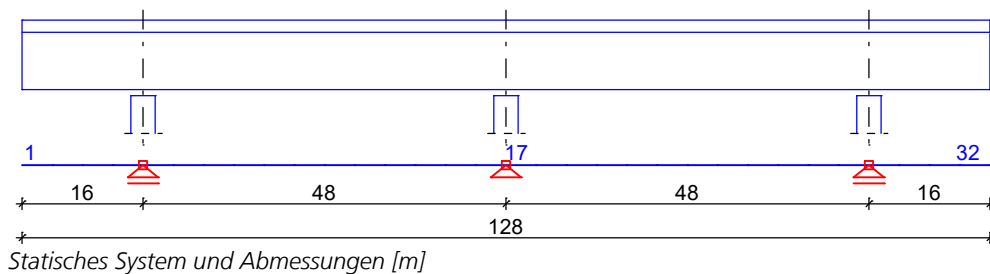
Dieses Beispiel behandelt die Eingabe eines vorgespannten Durchlaufträgers über zwei Felder mit beidseitigem Kragarm. Die Bearbeitung erfolgt in folgenden Arbeitsschritten:

- Systemeingabe
- Spannstrang definieren
- Belastungen eingeben
- DIN EN 1992-1-1 Bemessung (Biege- und Schubbemessung gem. NA Deutschland)
- Ergebnisse darstellen

Die Konstruktion wird für die Expositionsklasse XC1 ausgelegt. Bei dieser ist nach EN 1992-1-1, Tabelle 7.1N kein Nachweis der Dekompression erforderlich.

Die vorherigen Beispiele werden als bekannt vorausgesetzt und entsprechende Bearbeitungsschritte werden nicht wiederholt.

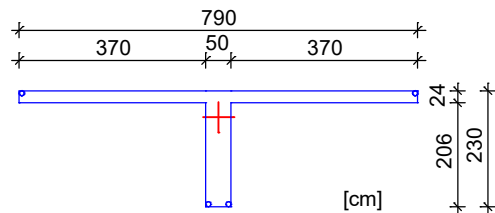
Aufgabenstellung



Material

Beton C45/55-EN-D
 Betonstahl BSt 500/550, Achsabstand vom Rand 5 cm

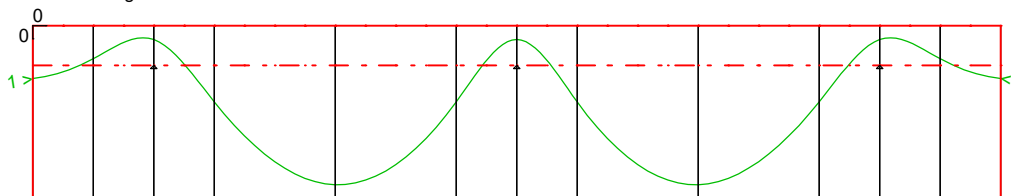
Querschnitt



Spannstränge

Es werden 4 Bündelspannglieder angeordnet. Die Spannstrangführung kann der nächsten Abbildung entnommen werden. Die dargestellten Spannstrangordinaten z_v der Splinepunkte beziehen sich auf die Querschnittsoberkante.

Spannstränge im Stabzug Ansicht 1, [-16,00/0,00/0,00] - [112,00/0,00/0,00] / [-16,00/0,00/1,00]
 Überhöhung = 10



Spannstrangordinaten z_v [cm] an den Stützstellen

xv	0,00	8,00	16,00	24,00	40,00	56,00	64,00	72,00	88,00	104,00	112,00	120,00	128,00
1	70,0	44,0	18,5	101,0	210,5	101,0	18,5	101,0	210,5	101,0	18,5	44,0	70,0

Spannstahl und Spannverfahren

Spannstahlgüte	St 1500/1770
Zulassung des Spannverfahrens	EC2
Anzahl der Spannglieder im Bündel	4
Querschnittsfläche A_z	1800 mm ²
E-Modul des Spannstahls	195000 MN/m ²
0,1%-Dehngrenze (Streckgrenze) des Spannstahls $f_{p0,1k}$	1500 MN/m ²
Zugfestigkeit des Spannstahls f_{pk}	1770 MN/m ²
Zulässige Vorspannkraft eines Spannglieds P_{m0}	2295 kN
Spannkraftverlust aus Relaxation des Spannstahls	4,5 %
Reibungsbeiwerte beim Anspannen und Nachlassen	0,2
Ungewollter Umlenkwinkel eines Spanngliedes β'	0,3 °/m
Ankerschlupf am vorgespannten Spannanker	6 mm
Hüllrohrdurchmesser	82 mm
Vorhaltemaß zur Sicherung einer Überspannreserve K	2

Streufaktoren der internen Vorspannung

Bauzustand (r_{sup} / r_{inf})	1,1 / 0,9
Endzustand (r_{sup} / r_{inf})	1,1 / 0,9

Lasten

Lastfall 1	Eigenlast (G1)
Lastfall 2	Ausbaulasten 11,06 kN/m (G2)
Lastfall 3	Schneelast 7,90 kN/m (Q)
Lastfall 10	Vorspannung (P)
Lastfall 15	Kriecherzeugende Dauerlast: G1+P+G2
Lastfall 20	Kriechen und Schwinden (CSR)
	Beiwerte: $\varphi_{t\infty} = 2,55$; $\rho = 0,8$; $\varepsilon_{cs,t\infty} = -24,8 \cdot 10^{-5}$
	Kriecherzeugender Dauerlastfall: 15
	Schnittkraftumlagerung zwischen Beton und Spannstahl wird berücksichtigt.

Systemeingabe

Starten Sie das Programm oder beginnen Sie mit *Neu* ein neues Projekt und wählen Sie **Finite Element System** aus dem *Tragwerk*-Menü.

Um die Vorspannung und das Kriech- und Schwindverhalten ausreichend genau erfassen zu können, unterteilen Sie das Tragwerk in vier Meter lange Stäbe. Geben Sie die Festhaltungen gemäß einer Gabelagerung des Systems vor.



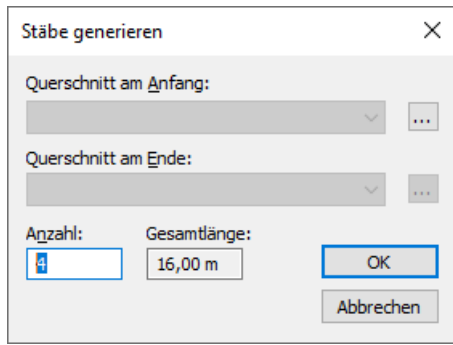
Wechseln Sie zunächst in das XZ-Fenster.



Klicken Sie jetzt auf die Schaltfläche *Elementeingabe* und wählen Sie die Elementart *RS Biegestab*. Zur automatischen Unterteilung aktivieren Sie die Option *Generier*. Im Darstellungsbereich erscheint ein Fadenkreuz und in der Dialogleiste wird zur Koordinateneingabe des Anfangspunktes aufgefordert. Durch die Eingabe von [0 0] wird der Startpunkt in den globalen Ursprung gelegt. Nachdem Sie mit [↵] oder *Enter* bestätigt haben, wird das Ende der Generierstrecke abgefragt.



Zur weiteren Koordinateneingabe sollten Sie jetzt die Relativkoordinateneingabe aktivieren. Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche *Relativ*. Ab jetzt erscheint immer am letzten Punkt ein kleines Koordinatenkreuz. Nachfolgende Koordinateneingaben beziehen sich immer auf diesen Punkt. Die Eingabe von [16 0] definiert das Ende der Generierstrecke in x-Richtung.



Geben Sie die Anzahl von 4 Stäben ein, die generiert werden sollen.

Um den Bildausschnitt zwischenzeitlich zu verkleinern, klicken Sie auf *Zoom-* oder auf *Zoom alles*.

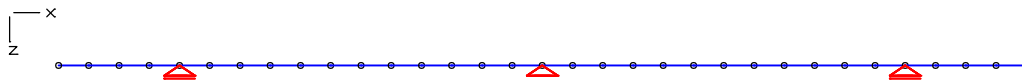
Geben Sie jetzt fortlaufend die weiteren Koordinaten der Abschnitte ein und wählen Sie jeweils die Anzahl der zu erzeugenden Stäbe:

[48 0] - 12 Stäbe; [48 0] - 12 Stäbe; [16 0] - 4 Stäbe

Beenden Sie die Stabeingabe mit [↵] oder *Enter*.

Klicken Sie jetzt auf die Schaltfläche *Festhaltungen* und die Option *Punktlager*. In der Dialogzeile werden Sie aufgefordert, Lagerknoten auszuwählen. Diese können Sie direkt mit dem Fadenkreuz anklicken.

Achten Sie bei der Eingabe der Lager darauf, dass das System in Längsrichtung zwängungsfrei gehalten wird und eine Gabellagerung erzeugt wird.

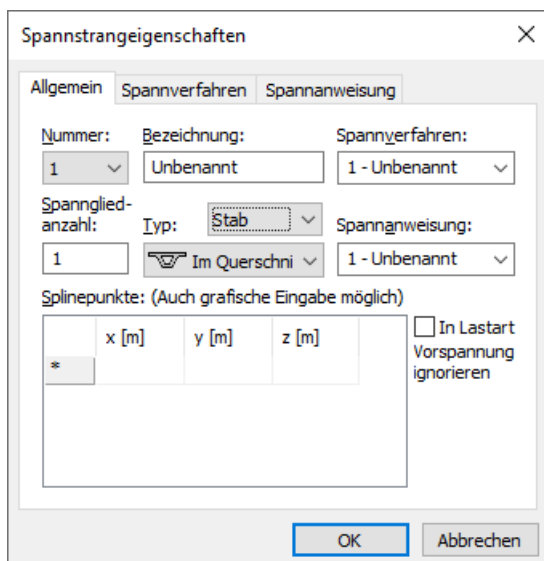


Spannstrang definieren

Die Definition der Spannstränge ist elementunabhängig. Die Zuordnung und die Krafteinleitung auf das Tragwerk erfolgen während der Berechnung des Lastfalls *Vorspannung*. Um dabei Konflikte zu vermeiden, wird zwischen Stab- und Flächen- bzw. Volumenvorspannung unterschieden.

Der dem Berechnungsansatz zugrunde liegende Spannstrangverlauf wird durch eine räumliche kubische Splinefunktion wiedergegeben. Die Splinefunktion ist die Kurve, die mit der geringsten Krümmung durch alle angegebenen Splinepunkte verläuft. Grundlegend für die Berechnung der Vorspannung ist der Verlauf der Spannstrangkraft unter Berücksichtigung von Anspannen, Nachlassen und Ankerschlupf. Zur Berücksichtigung der Vorspannung bei der FEM-Berechnung muss ein Lastfall mit der Lastart *Vorspannung* definiert werden.

Die Eingabe und die Bearbeitung der Spannstränge erfolgen mit der Funktion *Vorspannung*.



Klicken Sie die Option *Eingeben* an und stellen Sie im erscheinenden Dialog den Spannstrangtyp *Stab* ein.

Die Definition der Splinepunkte erfolgt i.d.R. graphisch.

Spannstrangeigenschaften

Allgemein | **Spannverfahren** | Spannabweisung

Nummer, Bezeichnung: Zulassung nach:

Fläche A_p : mm² $f_{p0,1k}$: MN/m² E-Modul: MN/m²

f_{pk} : MN/m² P_{m0} : kN Hüllrohr-durchmesser: mm

Reibungsbeiwerte μ Ungewollter Um-lenkwinkel β' :
 Spannen: Nachlassen: Ankerschlupf: mm °/m

OK Abbrechen

Auf der Registerkarte *Spannverfahren* werden Eigenschaften zusammengefasst, die den Spannsträngen zugewiesen werden. Sie gelten für jedes einzelne Spannglied des Strangs.

Spannstrangeigenschaften

Allgemein | **Spannverfahren** | Spannabweisung

Nummer, Bezeichnung: Anspannen mit P_{max}
 κ :

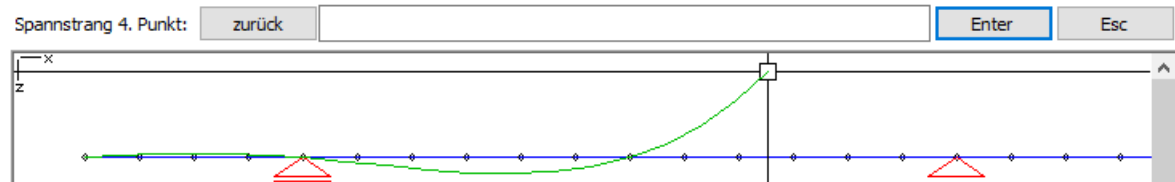
Bezogene Spannkraft	1. Anspannen	1. Nachlassen	2. Anspannen	2. Nachlassen
Anfang:	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ende:	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

OK Abbrechen

Bei Verwendung des Vorhaltemaßes κ bezieht sich der Faktor für das Anspannen auf die zulässige Höchstkraft P_{max} .

Durch den beim Nachlassen angegebenen Faktor wird die maximal im Spannstrang verbleibende Vorspannkraft bzgl. P_{m0} fest-gelegt. Der Faktor '0' bedeutet 'kein Nachlassen'

Verlassen Sie den Dialog mit OK und geben Sie die Splinepunkte des Spannstrangs (Anfang, Stützen, Feldmitten) an den Knoten des Stabzuges ein.



Beenden Sie die Eingabe mit OK. Der Spannstrang Nr. 1 liegt jetzt entlang der Schwereachse des Stabzuges.

Die weitere Bearbeitung soll jetzt in einer Schnittansicht erfolgen. Wählen Sie dazu mit der Option *Ansicht... / Stab* den gesamten Stabzug aus und definieren Sie die Ansichtsebene vom ersten zum letzten Knoten in globaler z-Richtung.

Spannstrangansicht

Ansichten: [Standard Ansicht]
 Spannstrangansicht 1 Stab

Darstellung: Höhe zv

Überhöhung:

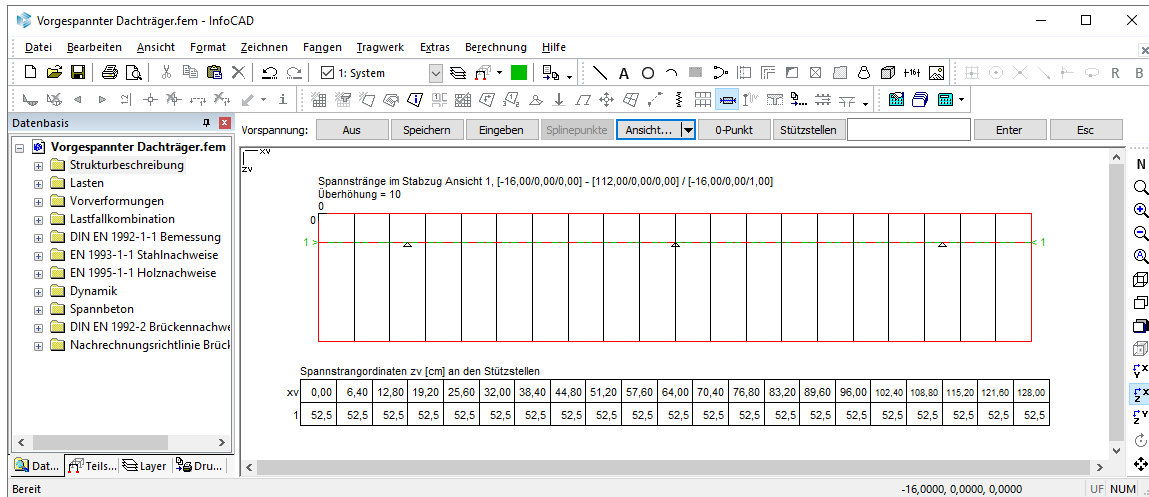
Texthöhe:

Sichtbare Spannstränge:

Restliche Spannstränge:

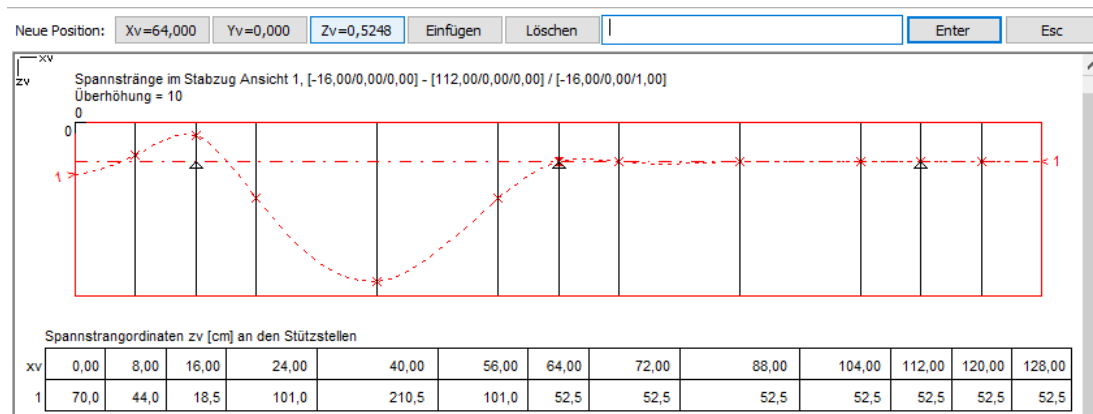
OK Abbrechen

Anschließend fügen Sie den Spannstrang 1 in die Liste *Sichtbare Spannstränge* ein.

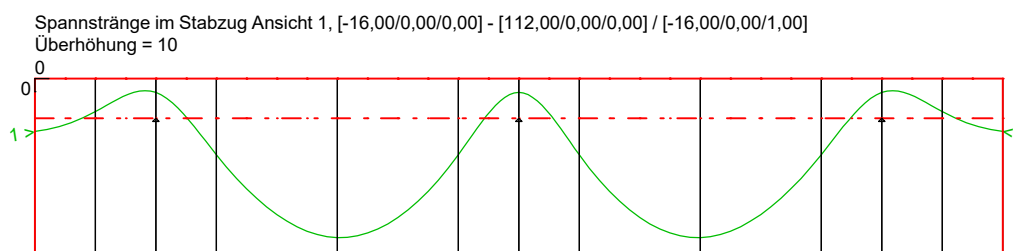


Der Spannstrang wird nun im gewählten Schnitt dargestellt. Verlegen Sie mit der Option *0-Punkt* die Lage des Bezugssystems vom Schwerpunkt an die Querschnittsoberkante und treffen Sie mit der Option *Stützstellen* die Auswahl *Splinepunkte*.

Wenn Sie den Spannstrang markieren, können Sie durch Anklicken der vorhandenen Splinepunkte und der Option *Splinepunkte* diese neu positionieren. Ändern Sie dabei nur jeweils die Zv-Position. Mit der Option *Einfügen* können Sie vor dem aktiven Splinepunkt weitere Splinepunkte einfügen.



Weisen Sie so dem Spannstrang die gewünschte Geometrie zu.



xv	0,00	8,00	16,00	24,00	40,00	56,00	64,00	72,00	88,00	104,00	112,00	120,00	128,00
1	70,0	44,0	18,5	101,0	210,5	101,0	18,5	101,0	210,5	101,0	18,5	44,0	70,0

In der Spannstrangansicht beziehen sich Koordinaten immer auf das Bezugssystem.

Den resultierenden Spannkraftverlauf schalten Sie im Dialog *Spannstrangansicht* mit der Option *Darstellung* ein:

Spannkraftverlauf Spannstrang 1 (4 Spannglied(er), l = 128,41 m)

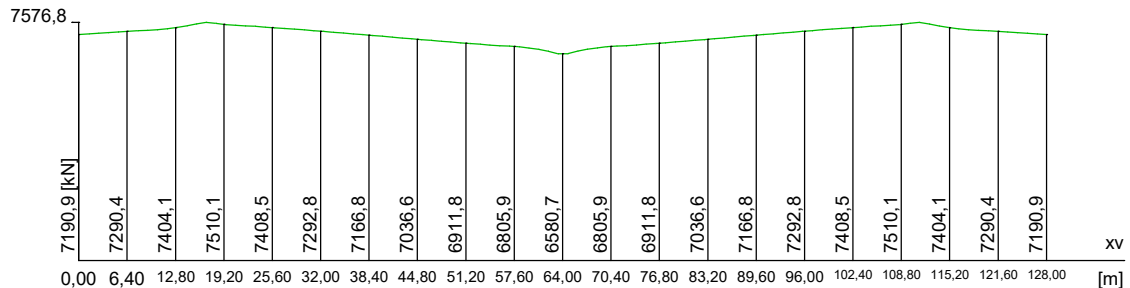
Spannverfahren 1 - EC2. Zulassung nach EC2.

Pm0 = 2295,0 kN, Ap = 1800,0 mm², μa = 0,20, Winkel β' = 0,30 °/m
 E-Modul = 195000 MN/m², Ah = 5281,0 mm², μn = 0,20, Schlupf = 6,00 mm

Spannanweisung 1 - Beispiel

Anspannen mit Pmax (DIN-Fachbericht, DIN 1045-1, DIN EN 1992-1-1). Kappa = 2.

Spannanker	: Anfang	Ende
Bez. Spannkraft	: 1,000	1,000
Spannkraft [kN]	: 1998,8	1998,8
Längung [mm]	: 604,9	63,4



Belastungen und Einwirkungen nach DIN EN 1992-1-1

Geben Sie die nachfolgenden Belastungen ein:

Lastfall 1 Eigenlast (G1)

Lastfall 2 Ausbaulasten 11,06 kN/m (G2)

Lastfall 3 Schneelast 7,90 kN/m (Q)

Lastfall 10 Vorspannung (P)

Lastfall 15 Kriecherzeugende Dauerlastfall: G1+P+G2

Die Lastfälle 1, 2 und 10 werden mit der Lastart *Einfügen* in diesen Lastfall zusammengefasst.

Lastfall 20 Kriechen und Schwinden (CSR)

Beiwerte: $\varphi_{t_{\infty}} = 2,55$; $\rho = 0,8$; $\varepsilon_{cs,t_{\infty}} = -24,8 \cdot 10^{-5}$

Die Lastart *Kriechen und Schwinden* ermöglicht die Ermittlung der Schnittkraftumlagerungen zwischen Beton und Spannstahl. Als kriecherzeugenden Dauerlastfall geben Sie Lastfall 15 an.

Im Rahmen dieses Beispiels werden folgende Nachweise geführt:

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

- Bemessung für Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein
- Bemessung für Querkraft
- Mindestbewehrung gegen Versagen ohne Ankündigung

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

- Begrenzung der Betondruckspannungen
- Begrenzung der Betonstahl- und Spannstahlspannungen
- Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite mit $f_{ctm} = 0,5$; $k = 0,8$; $\xi_1 = 0,27$
- Begrenzung der Rissbreite durch direkte Berechnung

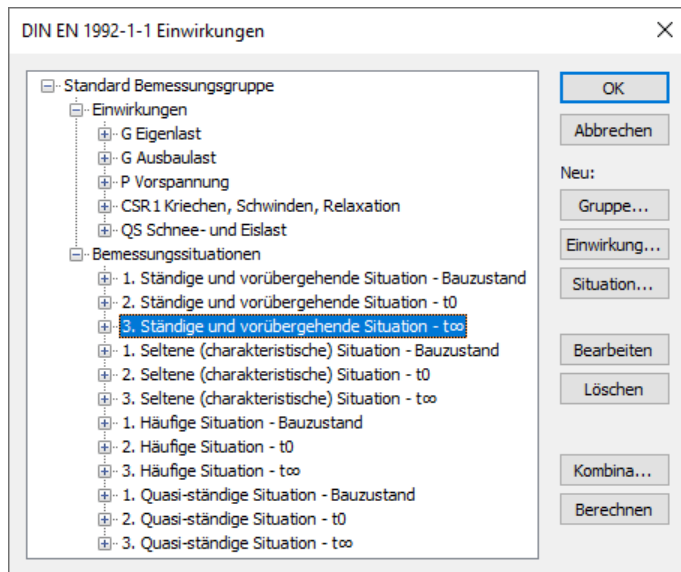
Elementeigenschaften - DIN EN 1992-1-1 - Nachweise

- [-] Querschnitt
 - Form
 - [-] Schubspannungen
 - Material
 - Bettung
 - [-] DIN EN 1992-1-1
 - Nachweise
 - Basiswerte
 - [-] Schubquerschnitt
 - Schubfuge
 - Spannungen
 - Rissbreiten
 - Ermüdung
 - Streufaktoren
 - [-] DIN EN 1992-2
 - [-] Nachrechnungsrichtlinie
 - Thermische Berechnung
 - Gelenke

Nummer:	Querschnittsart:	Materialart:	Neu	Kopie
1 - Dac	Polygon	C45/55-EN		
Bezeichnung: Dachträger				
Vorspannung des Bauteils:		Expositionsklasse:		
Nachtr. Verbund		XC1		
Tragfähigkeit				
<input checked="" type="checkbox"/> Biegung, Längskraft	<input type="checkbox"/> Längsb., Spannstahl	<input type="checkbox"/> Betondruckschub		
<input checked="" type="checkbox"/> Querkraft	<input type="checkbox"/> Querkraft	<input type="checkbox"/> Betondruckschub		
<input type="checkbox"/> Torsion	<input type="checkbox"/> Torsion			
<input checked="" type="checkbox"/> Robustheit				
<input type="checkbox"/> Schubfuge				
Gebrauchstauglichkeit				
<input checked="" type="checkbox"/> Betondruckspannung	<input checked="" type="checkbox"/> Stahlzugspannung			
<input type="checkbox"/> Dekompression	<input checked="" type="checkbox"/> Rissbreite			
<input checked="" type="checkbox"/> Mindest-Rissbewehrung				

Hierfür sind die nachfolgenden Eingaben notwendig:

- Auswahl und Einstellungen für die Nachweise in den Elementeigenschaften
- Definition der Einwirkungen

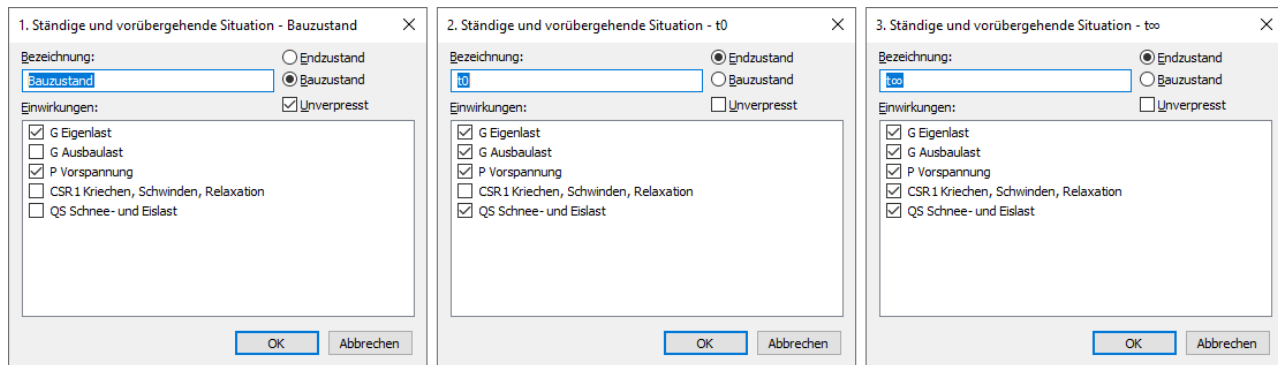


Zur Durchführung der gewünschten Nachweise werden die folgenden Situationen benötigt:

- *Ständige und vorübergehende*
- *Seltene (charakteristische)*
- *Häufige*
- *Quasi-ständige*

Um die unterschiedlicher Zustände zu berücksichtigen werden davon jeweils 3 Varianten angelegt:

- Bauzustand: Eigenlast G und Vorspannung P (Spannglied nicht verpresst)
 t_0 : Eigenlast G, P, Ausbaulast und Schneelast (Spannglied verpresst)
 t_∞ : Eigenlast G, P, Ausbaulast, Schneelast und CSR (Spannglied verpresst).



Berechnung und Ergebnisse

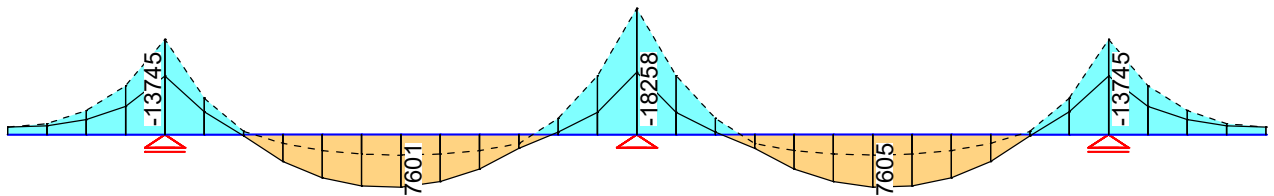
Führen Sie nach der vollständigen Systemeingabe folgende Berechnungen durch:

- Statik
- DIN EN 1992-1-1 Bemessung

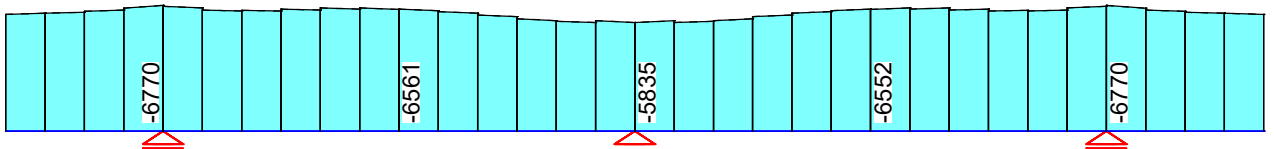
In Abhängigkeit von der Anforderungsklasse werden für alle Nachweise die erforderlichen Bemessungssituationen verwendet. Jede Situation wird unabhängig nachgewiesen und die maximale Bewehrung für jede Stahllage abgespeichert.

Im folgenden sind einige Berechnungsergebnisse abgebildet:

Schnittgrößen

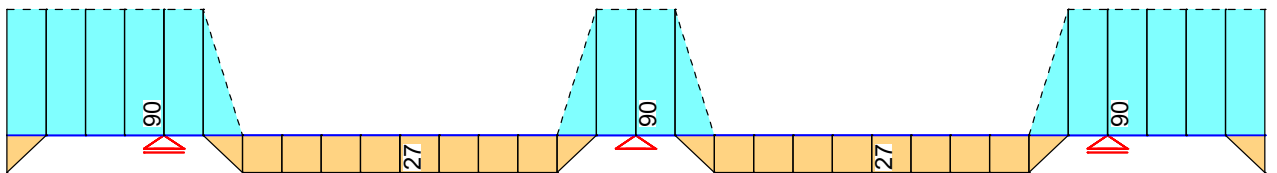


LFK DIN1992.SV.3: 3. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1, t8
 Schnittgrößen min,max My. 10698,28 [kNm] = \longleftarrow
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -18258,39/7604,77 [kNm]

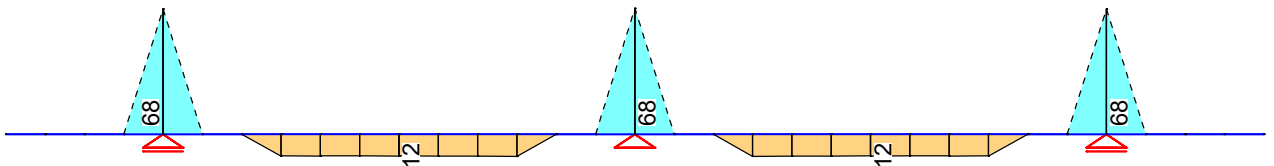


LFK DIN1992.SV.3: 3. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1, t8
 Schnittgrößen min,max Nx. 3966,87 [kN] = \longleftarrow
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -6770,12/-5834,61 [kN]

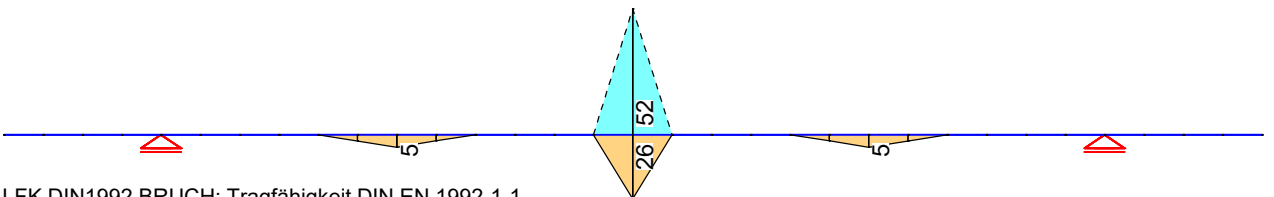
Längsbewehrung



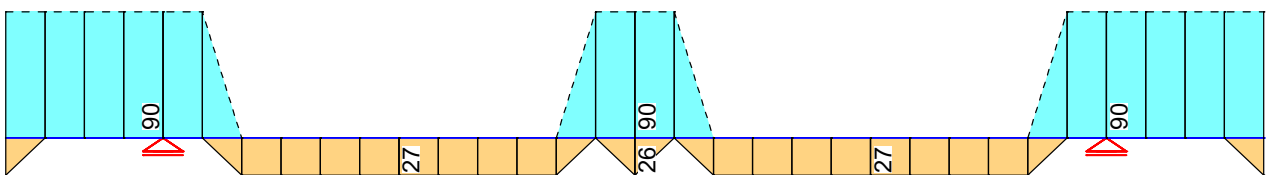
LFK DIN1992.MIN: Robustheit DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung, Stahllagen $z \geq z_s$; $z < z_s$ (strichliert). 52,63 [cm²] = \longleftarrow
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/89,82 [cm²], Gesamtgew. aus Bemessung: 5,5 t



LFK DIN1992.RISS: Rissesicherung DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung, Stahllagen $z \geq z_s$; $z < z_s$ (strichliert). 39,85 [cm²] = \longleftarrow
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/68,01 [cm²], Gesamtgew. aus Bemessung: 1,2 t

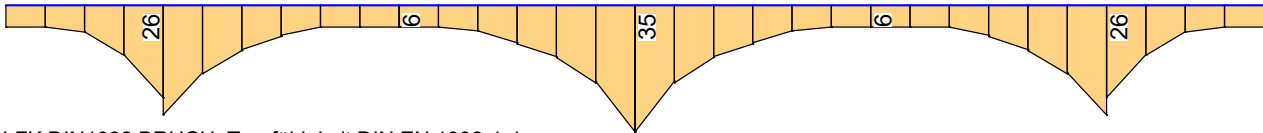


LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung, Stahllagen $z \geq z_s$; $z < z_s$ (strichliert). 30,42 [cm²] = \longleftarrow
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/51,92 [cm²], Gesamtgew. aus Bemessung: 0,3 t



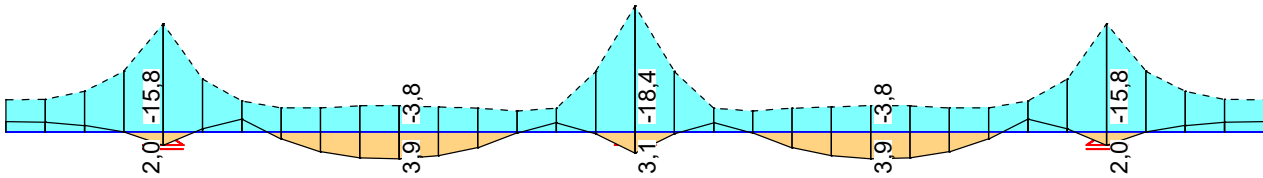
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung, Stahllagen $z \geq z_s$; $z < z_s$ (strichliert). 52,63 [cm²] = \longleftarrow
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/89,82 [cm²], Gesamtgew. aus Bemessung: 5,6 t

Schubbewehrung



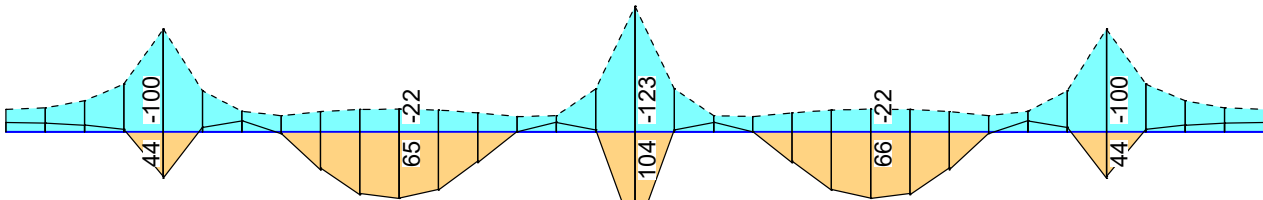
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
 Bügelbewehrung aus Querkraft Qz. 20,60 [cm²/m] =
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 6,08/35,15 [cm²/m]

Betondruckspannungen



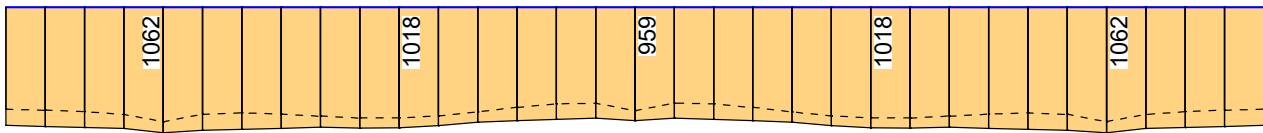
LFK DIN1992.C: Maximum, Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Betondruckspannungen min,max Sigma.x. 10,77 [MN/m²] =
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -18,38/3,94 [MN/m²]

Betonstahlspannungen

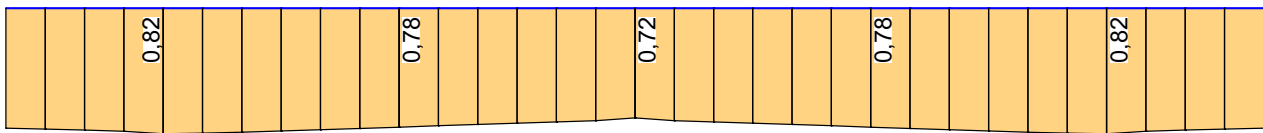


LFK DIN1992.C: Maximum, Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Betonstahlspannungen min,max Sigma.s. 72,21 [MN/m²] =
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -123,25/103,72 [MN/m²]

Spannstahlspannungen



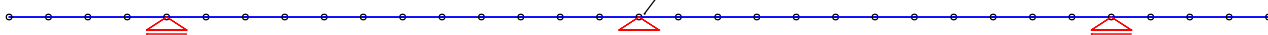
LFK DIN1992.C: Maximum, Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Spannstahlspannungen min,max Sigma.p. 622,18 [MN/m²] =
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 810,35/1061,85 [MN/m²]



LFK DIN1992.C: Maximum, Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Spannstahlspannungen Sigma.p/Sigma.p.zul. 0,48 [-] =
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,72/0,82 [-]

Auszug aus dem Protokoll 'DIN EN 1992-1-1 Bemessung' (Standard)

Stab 17, Ort 1



Nachweis der Längsbewehrung

Die berechnete erforderliche Bewehrung enthält die vorgegebene Grundbewehrung.

- (M) Mindestbewehrung für Robustheit nach EN 1992-2, 6.1 (109) (Charakt. K.)
 - (R) Mindest-/erf. Bewehrung nach 7.3.2/4 zur Begrenzung der Rissbreite
- Bewehrungserhöhung aus dem Nachweis der Rissbreite ist mit "!" markiert
 Ap' Teil der Spannstahlfläche $X_{l1} \cdot A_p$, um den erf.As verringert wurde
 X_{l1} Verbundbeiwert für Spannstahl gemäß Gl. (7.5)

(B) Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit
 Ergebnisse aus einer Stützenbemessung nach dem Verfahren mit Nennkrümmungen nach 5.8.8 werden mit "+" markiert.
 Druckbewehrung ist bei überwiegender Biegung durch "*" markiert.
 In Querschnittsteilen nach 6.1 (5) wird die Betonstauchung nicht begrenzt.
 Die Mindestlängsbewehrung nach 9.2.1.1 und 9.3.1.1 wird nicht ermittelt.
 Bei Druckgliedern wird die Mindestbewehrung nach 9.5.2 berücksichtigt.
 wobei die Spannstahlfläche von Spanngliedern im Verbund angerechnet wird.

Stab Nr.	Qu.	Ort	Lage	Bewehrung Typ	Nx [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Ap' [cm ²]	erf.As [cm ²]	
17	1	1	1	1	M	127,26	-12798,56	0,00	.	44,91
					R	-5251,14	-10341,96	0,00	.	34,01
					B	-5834,61	-18258,39	0,00	.	25,96
				2	M	127,26	-12798,56	0,00	.	44,91
					R	-5251,14	-10341,96	0,00	.	34,01
					B	-5834,61	-18258,39	0,00	.	25,96
				3	M	0,05	-7871,14	0,00	.	0,00
					R	-5251,14	-10341,96	0,00	.	0,00
					B	-5834,61	-18258,39	0,00	.	13,17*
				4	M	0,05	-7871,14	0,00	.	0,00
					R	-5251,14	-10341,96	0,00	.	0,00
					B	-5834,61	-18258,39	0,00	.	13,17*

Nachweis der Schubbewehrung

Der Mindestbewehrungsgrad nach Gl. (9.5a/bDE) wird berücksichtigt.

VRd, TRd Bemessungswert der maximal aufnehmbaren Querkraft, Torsion
 Neigung Neigung cot Theta der Betondruckstreben gegen die Längsachse
 Asb,Asl.T Erf. Bügelbewehrung aus Querkraft und Torsion, erf. Torsionslängsbew.
 Überschreitungen nach Gl. (6.12) werden mit "!" gekennzeichnet.
 Asl Erf. Biegezugbewehrung gem. Bild 6.3 für erf. Asb.

Stab Nr.	Ort	VRd	Neigung	Asb.y [cm ² /m]	Qz/VRd	Neigung	Asb.z [cm ² /m]	Asl [cm ²]	Q/VRd+ Mx/TRd	Asb.T [cm ² /m]	Asl.T [cm ²]
17	1	0,00	1,00	0,00	0,32	1,00	35,15

Nachweis der Rissbreiten

Der Nachweis erfolgt durch direkte Berechnung der Rissbreite.
 Maßgebend ist die endgültige Längsbewehrung als Maximum aus Robustheits-, Riss- und Biegebewehrung inklusive einer evtl. Erhöhung aus dem Ermüdungsnachweis.

wk Rechenwert der Rissbreite nach 7.3.4 [mm]
 wmax Zulässige Rissbreite gemäß Vorgabe [mm]
 Sigma.c Maximale Betonrandspannung im Zustand I [MN/m²]
 (CK) Charakt. (seltene), (HK) Häufige, (QK) Quasi-ständige Kombination

Stab Nr.	Qu.	K.	Ort	Lage	Bew.	Nx [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Sigma.c [MN/m ²]	wk [mm]	wmax [mm]
17	1	HK	1	1		-5251,14	-10341,9	0,00	2,53	0,03	0,20

Nachweis der Betondruckspannungen

Der Nachweis erfolgt im Zustand (II), falls die Zugspannung unter der maßgebenden Komb. den Wert fctm überschreitet, anderenfalls im Zustand (I). Wenn die Beanspruchung im Zust. (II) nicht aufnehmbar ist, wird dies mit (I*) markiert.

Sigma.x,min Betragsgößte Längsdruckspannung [MN/m²]
 Sigma.x,zul = 0,60*fck für Charakt. K. (CK) nach 7.2 (2)
 (o,u) Lage des Querschnittspunkts: oberhalb, unterhalb des Schwerpunkts

Stab Nr.	Qu.	Ort	Sigma.x,min [MN/m ²]	Sigma.x,zul [MN/m ²]	Qu.-Pkt.	Seite	Zustand	Situation
17	1	1	(I) -18,38	-27,00	9	x	End	CK.3

Nachweis der Stahlspannungen

Der Nachweis erfolgt unter Annahme eines gerissenen Betonquerschnitts.
 Für Spannstränge ohne Verbund bzw. Situationen vor dem Verpressen wird die Spannstahlspannung gemäß Gl. (5.43) nachgewiesen.

Typ S Längsbewehrung aus N und M, Nr. der Lage, Charakt. K. (CK)
 Typ P Spannstahl, Nr. des Spannstrangs, Q.-ständige K. (QK) und Charakt. K. (CK)
 Sigma.s,zul = 0,80 * fyk bzw. 1,0 * fyk (CK) nach 7.2 (5)
 Sigma.p,zul = 0,65 * fpk (QK) bzw. min(0,9 * fp0,1k; 0,8 * fpk) (CK) nach 7.2(5)

Stab Nr.	Qu.	Ort	Stahl Typ	As [cm ²]	Sigma.s [MN/m ²]	zul. [MN/m ²]	Situation
17	1	1	S 1	44,91	103,72	400,00	CK.3
			S 2	44,91	103,72	400,00	CK.3
			S 3	13,17	-52,63	400,00	CK.1
			S 4	13,17	-52,63	400,00	CK.1
			P 1	72,00	925,88	1150,50	QK.2
			P 1	72,00	913,98	1275,00	CK.1

InfoGraph GmbH

Kackertstraße 10
D-52072 Aachen

Tel.: +49 241 889980
Fax: +49 241 8899888

info@infograph.de
www.infograph.de

InfoGraph



Software für die Tragwerksplanung