



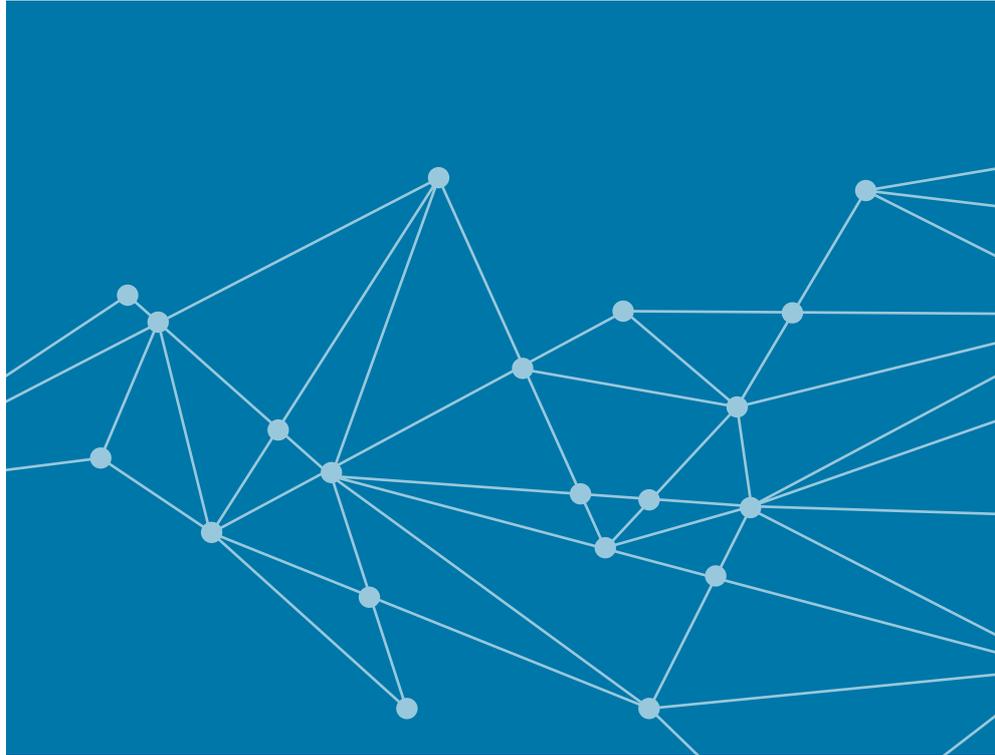
**Finite Elemente**

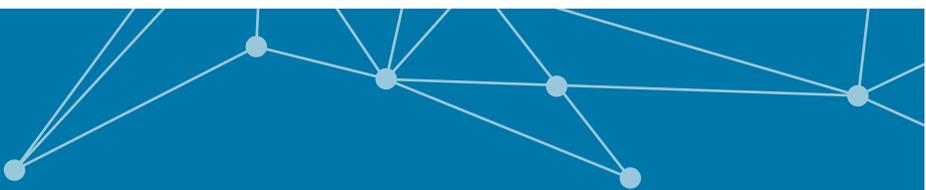
**Vorspannung**

**Stabwerke**

**Dynamik**

**BIM**





# Inhalt

Programmkonzept .....	1
Bedienungsoberfläche .....	2
Stahlbetonbau .....	6
Spannbetonbau .....	10
Brückenbau .....	12
Stahlbau .....	14
Dynamik .....	16
Nichtlineare Systemanalyse .....	18
Tragwerksanalyse für den Brandfall .....	20
Holzbau .....	21
Volumenmodelle .....	22
Bemessungsobjekte .....	24
NURBS .....	25
Daten und Preise .....	26

# Programmkonzept

Das **InfoCAD** Programmsystem ist eine speziell für die Tragwerksplanung optimierte Softwarelösung mit interaktiver Modellbearbeitung am Graphikbildschirm.

Berechnung und Nachweis beliebiger Tragwerksstrukturen, von einfachen Plattensystemen über vorgespannte räumliche Schalentragwerke bis zu dynamisch beanspruchten Volumenmodellen ermöglichen ein breites Anwendungsspektrum im Ingenieurbau. Modellaufbereitung, Berechnungssteuerung und Ergebnisausgabe erfolgen bei allen Tragwerkstypen in einer einheitlichen 3D-CAD-Oberfläche.

Die Verbindung zu Programmen anderer Hersteller ist durch spezielle Datenschnittstellen sichergestellt. Dabei gewinnt der Austausch digitaler Bauwerksmodelle (BIM) nach IFC-Standard zunehmend an Bedeutung.



## InfoGraph Programmsysteme - Benutzerfreundliche Hochleistungssoftware für die wachsenden Anforderungen im Bauwesen.

### Möglichkeiten in InfoCAD

- Ebene und räumliche Stab- und Flächentragwerke, Seiltragwerke und Volumenmodelle
- Laminat- und Pfahlberechnungen
- Geometrisch und physikalisch nichtlineare Berechnungen
- Schädigungsmodelle für Volumentragwerke
- Bodenmodell nach Mohr-Coulomb mit optionaler Phi-C-Reduktion
- Federelemente mit beliebiger nichtlinearer Kennlinie
- Ermittlung von Knickfiguren und Beuleigenformen
- Biege-, Schub- und Torsionsbemessung, Robustheitsbewehrung
- Durchstanznachweis, Ermüdungsnachweis, Beton- und Stahlspannungen, Rissbreitenbeschränkung
- Deutsche und europäische Normen (DIN, ÖNORM, Eurocode, BSI und SIA)
- Stahlbaunachweise für die Klassen 1-4 (automatische Querschnittsklassifizierung, Biegedrillknicken)
- Holznachweise unter Normaltemperatur und im Brandfall
- Dynamische Berechnungen, modale Antwortspektrenmethode und Pushover Berechnung für Erdbebenachweise, Zeitschrittintegrationen, dynamische Zugüberfahrt, nichtlineare Seildynamik
- Vorspannung von Stab-, Flächen- und Volumentragwerken
- Brückennachweise nach DIN-Fachbericht, ÖNORM, EN 1992-2 sowie gemäß Nachrechnungsrichtlinie
- Tragwerksanalyse für den Brandfall nach dem allgemeinen Rechenverfahren
- Behandlung von Bauzuständen mit Kriechumlagerungen
- Bemessungsobjekte zur Spannungsintegration an beliebigen Schnitten
- NURBS-Objekte zur Behandlung von Freiform-Geometrien
- Volumen-Elemente mit Kontakteigenschaften und thermischer Berechnung
- BIM Datenaustausch nach IFC-/SAF-Standard, BCF-Editor, BIM Add-In für Revit®, DXF

# Bedienungsoberfläche



## Intuitive Bedienung

Die Programmbedienung erfolgt über die graphische Eingabeoberfläche. Hier wird das gesamte Tragwerk mit Material- und Querschnittseigenschaften sowie seinen Belastungen definiert. Dazu stehen alle CAD-üblichen Funktionen wie Verschieben, Kopieren, Spiegeln etc. zur Verfügung. Die Layer- und Farbverwaltung ermöglichen die Behandlung auch von kompliziertesten Strukturen. Besonderer Wert wurde bei der Entwicklung auf die ergonomische und intuitiv zu bedienende Oberfläche gelegt. Dabei wurden die für ein Windows-Programm typischen Funktionalitäten wie kontextsensitive Menüführung,

ausführliche F1-Hilfe in allen Dialogen usw. konsequent verwirklicht.

## Übersichtliche Systemeingabe

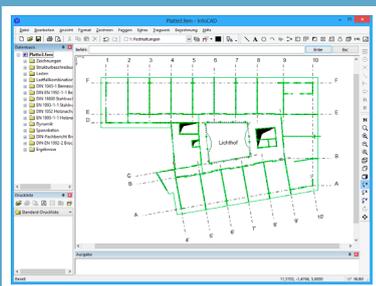
Das Tragwerk wird mit Hilfe der verfügbaren Modellobjekte im Grundriss oder als „Drahtmodell“ gezeichnet bzw. konstruiert. Zur Vervollständigung und Kontrolle können die eingegebenen Objekte automatisch vermaßt werden. Die Eingabe kann alternativ auch per DXF-Übernahme oder durch Import einer IFC-Struktur erfolgen.

## Automatische Netzgenerierung

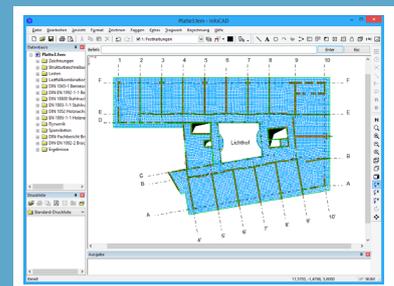
Anhand der vorhandenen Konstruktion wird automatisch das FEM-Netz erzeugt. Dabei werden

alle vorgegebenen Randbedingungen wie z. B. Öffnungen, Unterzüge, Stützen oder Lagerlinien mit berücksichtigt.

Optional kann das FEM-Netz anschließend weiter modifiziert werden. Der Anwender hat dabei die volle Kontrolle über jedes einzelne Element. Ausgereifte Kontrollfunktionen unterstützen bei der optimalen Modellbildung. Zusätzliche halbautomatische Netzgenerierer erlauben eine allen Ansprüchen genügende Elemententeilung.



Es brauchen keine Flächen oder Flächenmakros definiert zu werden. Das Programm erkennt alle Teilgebiete selbstständig und vernetzt diese automatisch.



## Material und Querschnitt

Für alle Elemente stehen die den Normen entsprechenden Stahl- und Betonklassen sowie frei definierbare Materialtypen zur Verfügung. Deren Eigenschaften werden bei allen Berechnungen und Nachweisen verwendet. Für die Betonklassen stehen zudem die zeitabhängigen Kennwerte für das Kriech- und Schwindverhalten zur Verfügung. Optional können die Beiwerte  $\varphi(t, t_0)$  und  $\varepsilon(t, t_0)$  berechnet werden. Flächenquerschnitte werden durch die Elementdicke beschrieben. Dabei kann zur Berücksichtigung von unterschiedlichen Steifigkeiten für die Haupt- und Querrichtung eine Orthotropie berücksichtigt werden.

Für Stäbe und Unterzüge können parametrisierte Standardquerschnitte sowie selbst definierte Polygone gewählt werden. Eine umfangreiche Bibliothek hält alle gängigen Stahlbauprofile vor.

## Lasten

Die zahlreich zur Verfügung stehenden Lastarten erlauben die komfortable Umsetzung aller erdenklichen Beanspruchungen. Sie werden direkt in der Graphikoberfläche auf das System aufgebracht und können dabei frei positioniert werden.

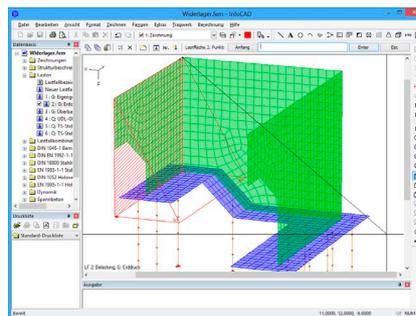
Die Lastarten umfassen z. B.:

- Eigenlasten
- Einzel-, Linien- und Flächenlasten
- Stützensenkung
- Kriechen und Schwinden
- Temperatur
- Flüssigkeitsdruck
- Einflusslinien und -flächen
- Vorspannung

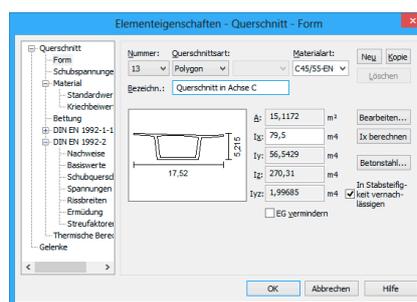
Eine spezielle Funktion erlaubt zusätzlich das Generieren von Lastenzügen.

## Einwirkungen und Bemessungssituationen

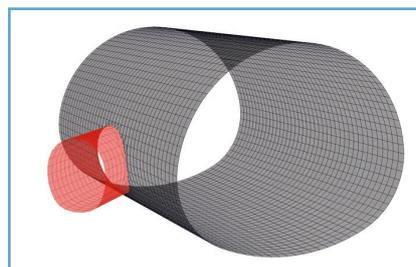
Die Bemessungswerte der Beanspruchung werden aus den Schnittgrößen von Einzellastfällen und Lastfallkombinationen automatisch berechnet. Durch zyklische Vertauschung werden vom Programm alle Variationen von Leit- und Begleiteinwirkungen unter Berücksichtigung der Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte der jeweiligen Norm gebildet. Die extremalen Schnittkräfte liefern dann die maßgebenden Bemessungswerte für die jeweiligen Situationen. Auf Knopfdruck können sofort die an einem Ergebnis beteiligten Lastfälle mit Ihrer jeweiligen Wichtung bestimmt werden.



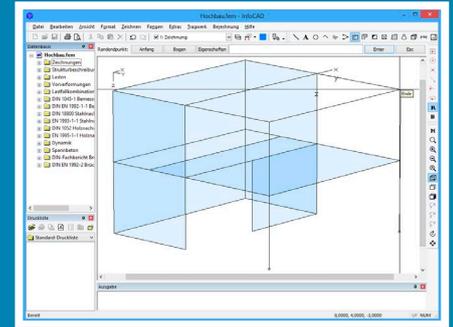
Belastungseingabe am System



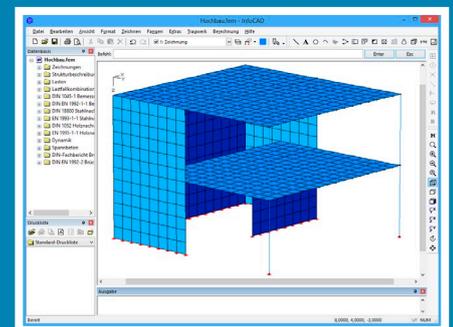
Definition der Elementeigenschaften



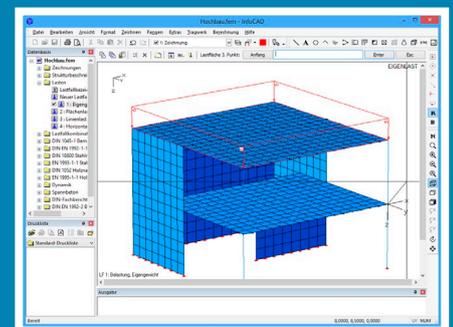
Automatische Vernetzung an einem Tunnelanschluss



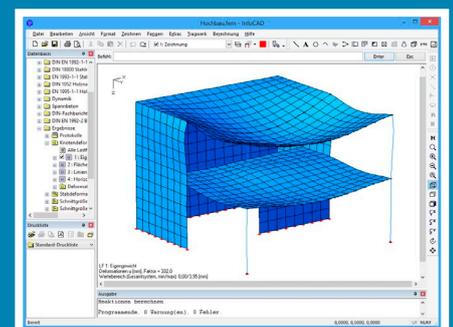
1. Drahtmodell zeichnen



2. Netz generieren

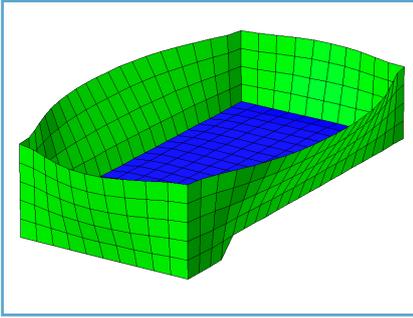


3. Lasten aufbringen

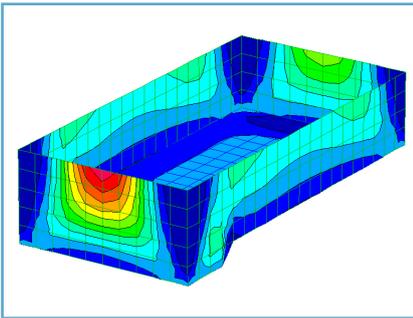


4. Ergebnisse abrufen

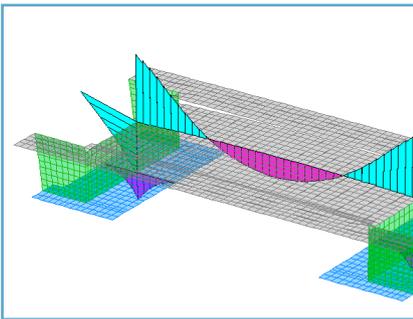




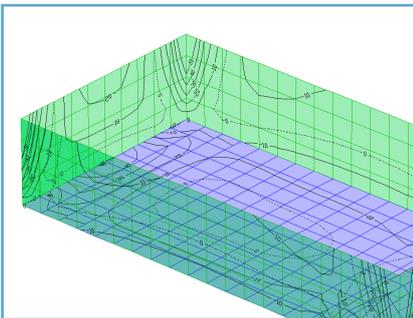
Verformungsfigur



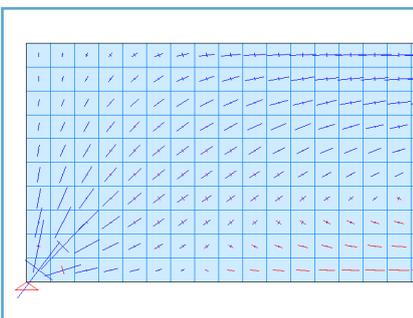
Farbverlaufsflächen



Schnittdarstellung



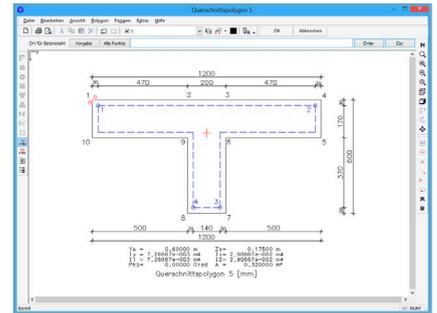
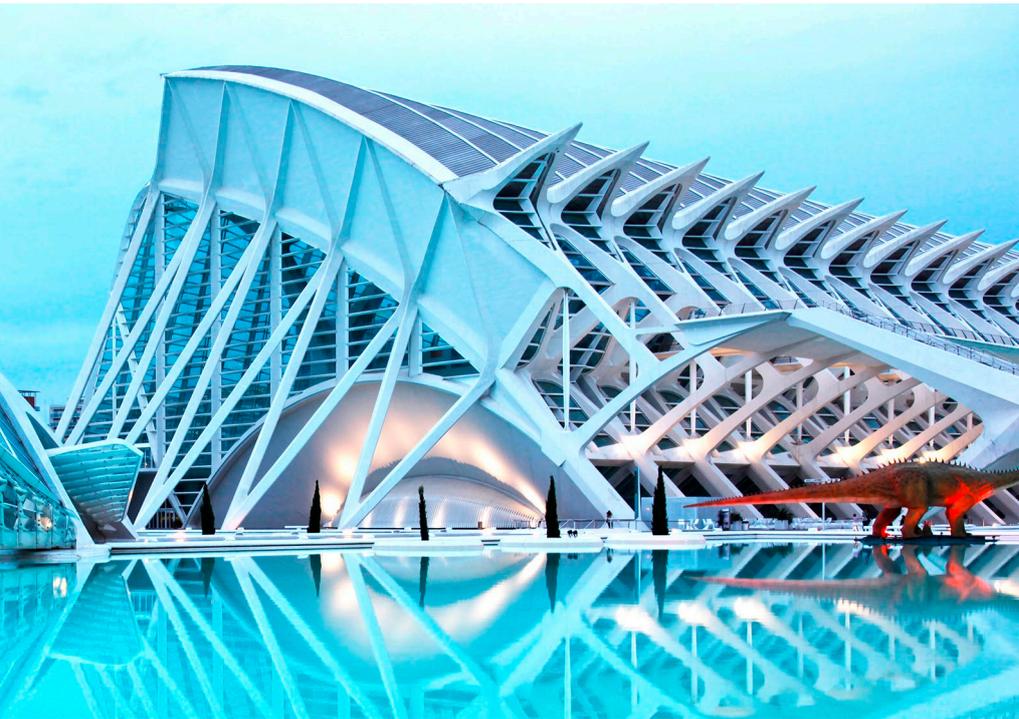
Höhenlinien



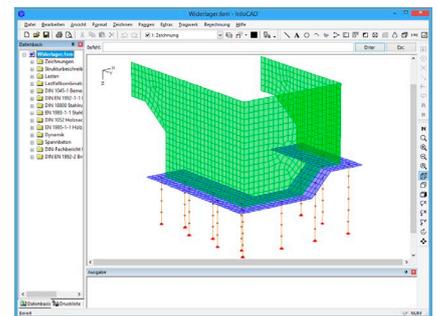
Vektordarstellung



# Stahlbetonbau



Bemessungsquerschnitt mit Stahllagen



Entscheidend für den Einsatz eines Programmes im Massivbau sind die Umsetzung und Integration der gültigen Bemessungsnormen sowie die Nachvollziehbarkeit der Nachweise. Hierfür stehen im Programmsystem **InfoCAD** umfangreiche Funktionen wie z.B. die Einzelbemessung oder ausführliche Protokolle für jedes einzelne Element zur Verfügung. Unterstützt werden die aktuellen Eurocodes unter Berücksichtigung der nationalen Anhänge sowie die Schweizer Norm.

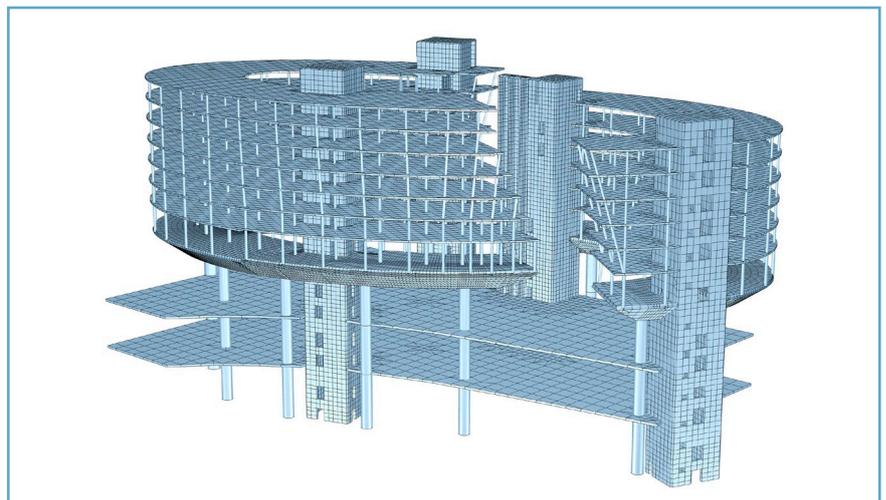
## Balken, Stützen, Unterzüge

Der Betonquerschnitt wird mit seinen Stahllagen im Querschnittsdialog graphisch eingegeben. Dabei stehen die im Massivbau üblichen Standardquerschnitte vordefiniert zur Verfügung. Aufwändige Geometrien können per DXF-Import eingelesen werden. Die Biegebemessung erfolgt an diesem beliebig geformten Polygonquerschnitt für zweiachsige Biegung mit Normalkraft. Für die Schub- und Torsionsbemessung werden Ersatzquerschnitte herangezogen.

## Flächenelemente

Platten, Scheiben oder Schalen werden mit ihrer Querschnittsdicke beschrieben. Betonstahllagen können für jede Richtung getrennt gesteuert werden und geben zugleich die Nutzhöhe für die Querkraftbemessung vor. Die Bemessungsschnittgrößen für die Längsbewehrung werden nach einem plastizitätstheoretischen Ansatz nach Wolfensberger und Thürlimann, der die Abweichung der Bewehrung von der Rissrichtung berücksichtigt, ermittelt. Die Bemessung von Platten mit

schiefwinkligen Bewehrungsscharen erfolgt nach Kuyt bzw. Rüschi. Hierbei errechnen sich die Bemessungsmomente mit Hilfe der Hauptmomente  $m_1$ ,  $m_2$  entsprechend den z. B. in Heft 166 DAfStB angegebenen Gleichungen. Bei kombinierter Beanspruchung (Biegung und Längskraft) werden zusätzlich die Bemessungsnormalkräfte aus  $n_1$ ,  $n_2$  ermittelt und mit den Bemessungsmomenten der Berechnung zugrundegelegt. Die Schubbemessung erfolgt für die extreme Bemessungsquerkraft  $q_r = \sqrt{q_x^2 + q_y^2}$ .



## Einwirkungen und Kombinationen

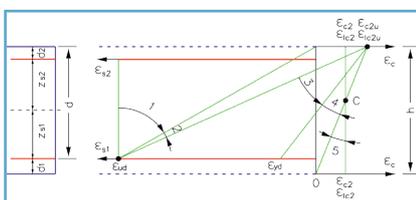
Aus den Einwirkungen bildet das Programm mit den jeweiligen Sicherheits- und Kombinationsbeiwerten automatisch die Bemessungssituationen für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit. Die daraus resultierenden extremalen Bemessungswerte werden den Nachweisen zur Verfügung gestellt. Alternativ können die Nachweise statt für die Extremwerte der Beanspruchung auch für alle Kombinationen durchgeführt werden.

## Sicherstellung des duktilen Bauteilverhaltens

Um das Versagen eines Bauteils bei Erstrissbildung ohne Vorankündigung zu vermeiden, wird eine Mindestbewehrung zur Abdeckung des Rissmomentes mit  $A_s = M_{r,ep} / (f_{yk} \cdot z_s)$  angeordnet.

## Biegebemessung

Im Rahmen der Biegebemessung wird der Nachweis der Tragsicherheit für Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein für räumlich beanspruchte Stab- und Flächenquerschnitte durchgeführt. Die für jede Schnittkraftkombination erforderliche Bewehrung wird unter Beachtung der von der jeweiligen Norm vorgegebenen Grenzdehnungslinie ermittelt. Das endgültige Resultat ergibt sich aus dem Extremwert aller berechneten Bewehrungen. Bei einer Druckgliedbemessung wird die Bewehrung symmetrisch angeordnet und zusätzlich die entsprechende Mindestbewehrung vorgesehen.



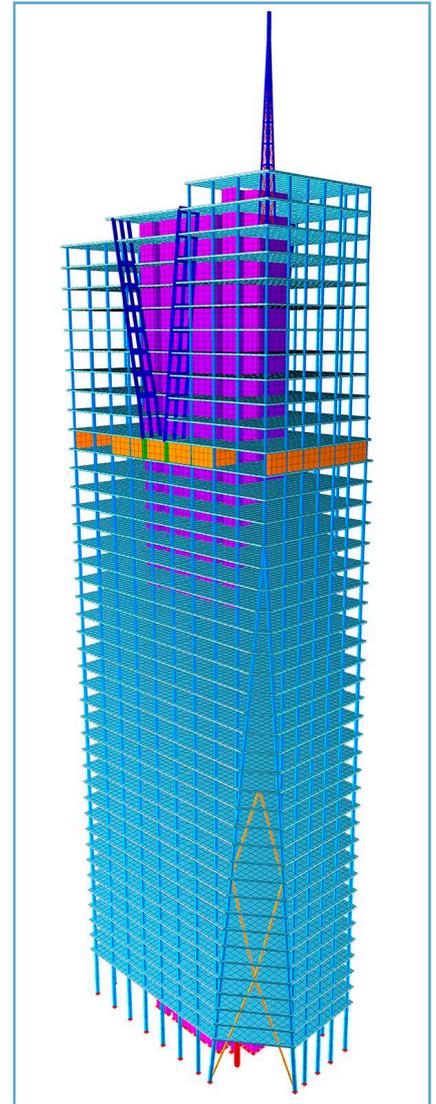
Dehnungsbereiche für die Bemessung

## Querkraft

Die Bemessung für Querkraft umfasst die Ermittlung der Schrägzugbewehrung und den Nachweis der Betondruckstreben. Dabei wird zunächst die Notwendigkeit einer Querkraftbewehrung untersucht. Bei Bauteilen mit erforderlicher Querkraftbewehrung wird der Bemessungswert der Betondruckschubspannungen berücksichtigt und die Neigung der Druckstreben beanspruchungsabhängig begrenzt. Der erforderliche Mindestbewehrungsgrad wird ausgewiesen. Optional wird die anrechenbare Biegezugbewehrung bis zur Vermeidung von Schubbügeln erhöht.

## Torsion

Die Bemessung für Torsion beinhaltet die Ermittlung der Schrägzugbewehrung, die Ermittlung der Längsbewehrung, den Nachweis der Betondruckstreben unter maximaler Torsionsbeanspruchung sowie den Nachweis der Betondruckstreben bei gleichzeitig wirkender Querkraft.



## Nachweise für den Stahlbetonbau:

### Grenzzustand der Tragfähigkeit

- Mindestbewehrung zur Sicherstellung des duktilen Bauteilverhaltens
- Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein
- Querkraft unter Berücksichtigung des Mindestbewehrungsgrades
- Reine Torsion und Torsion mit Querkraft
- Nachweis der Schubkraftübertragung in Fugen
- Nachweis gegen Durchstanzen
- Nachweis gegen Ermüdung (Beton und Betonstahl)

### Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

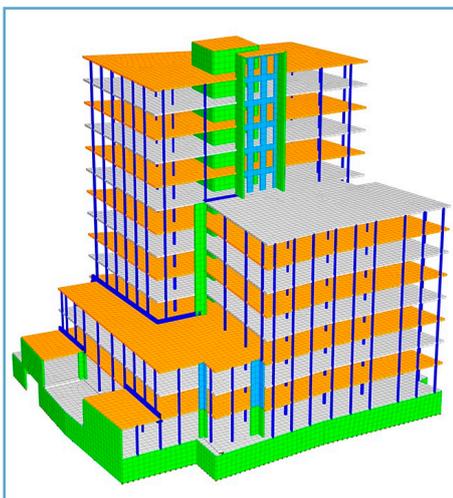
- Begrenzung der Betondruckschubspannungen
- Begrenzung der Betonstahlspannungen
- Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite
- Begrenzung der Rissbreite durch direkte Berechnung
- Begrenzung der Verformungen

# Stahlbetonbau



## Durchstanzen

Der Nachweis der Tragsicherheit gegenüber Durchstanzen wird interaktiv am Lager eines Flächen-tragwerkes durchgeführt. Dabei kann die maßgebende Durchstanzkraft der statischen Berechnung entnommen werden (z.B. aus der ständigen und vorübergehenden oder der außergewöhnlichen Bemessungssituation). Vom Programm werden Vorschläge für die erforderliche Längs und/oder Bügelbewehrung angeboten. Die Lage der Stütze zum Rand sowie eventuelle Öffnungen werden berücksichtigt. Alle erforderlichen Rundschnitte sowie die Mindestbewehrung werden nachgewiesen und aufgetragen. Ein ausführliches Protokoll dokumentiert die gesamte Berechnung.



## Nachweis gegen Ermüdung

Für tragende Bauteile, die nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen unterworfen sind, wird der Nachweis gegen Ermüdung für Beton und Stahl geführt. Dabei wird die sich im Zustand II ergebende Spannungsschwingbreite für jede Stahllage nachgewiesen und gegebenenfalls erhöht. Der Nachweis für Beton unter Druck wird ebenfalls am gerissenen Querschnitt geführt.

## Begrenzung der Betondruckspannungen

Die Betondruckspannungen werden zur Vermeidung von Längsrissen unter der seltenen Einwirkungskombination begrenzt.

Falls die Gebrauchstauglichkeit, Tragfähigkeit oder Dauerhaftigkeit des Bauwerks durch das Kriechen wesentlich beeinflusst werden, sind diese zusätzlich unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination zu begrenzen.

## Begrenzung der Betonstahlspannungen

Der Nachweis der Stahlspannungen erfolgt durch Ermittlung des Dehnungszustands am gerissenen Betonquerschnitt. Die Zugspannungen werden dabei unter der seltenen Einwirkungskombination

begrenzt. Als Bewehrung wird das Maximum aus Robustheits-, Riss- und Biegebewehrung einschließlich einer evtl. Erhöhung aus dem Ermüdungsnachweis angenommen.

## Rissbreitenbeschränkung

Rissbildung ist in Betonzugzonen nahezu unvermeidbar. Die Rissbreite ist so zu beschränken, dass die ordnungsgemäße Nutzung des Tragwerks sowie sein Erscheinungsbild und die Dauerhaftigkeit als Folge von Rissen nicht beeinträchtigt werden. Der Nachweis zur Begrenzung der Rissbreite beinhaltet den Nachweis der Mindestbewehrung und die Berechnung der Rissbreite.

## Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite

Diese wird zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen und Eigenspannungen angeordnet und für die der Anforderungsklasse entsprechende Schnittgrößenkombination, die zur Erstrissbildung führt, bemessen.

## Nachweis der Rissbreite

Die Rissbreite wird für die endgültige Längsbewehrung (Maximum aus Robustheits-, Riss- und Biegebewehrung einschließlich einer evtl. Erhöhung aus dem Ermüdungs-

nachweis) ermittelt. Die Stahlspannung der Bewehrung ergibt sich mit der Nachweiskombination gemäß Anforderungsklasse im Zustand II. Dabei wird die Bewehrung so lange erhöht, bis die geforderte Rissbreite eingehalten wird.

### Begrenzung der Verformungen

Die Verformungen im Gebrauchszustand werden unter Berücksichtigung der vorhandenen Bewehrung und den daraus resultierenden Biegesteifigkeiten ermittelt. Die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen (tension stiffening) kann durch eine verbleibende Zugspannung erfasst werden.

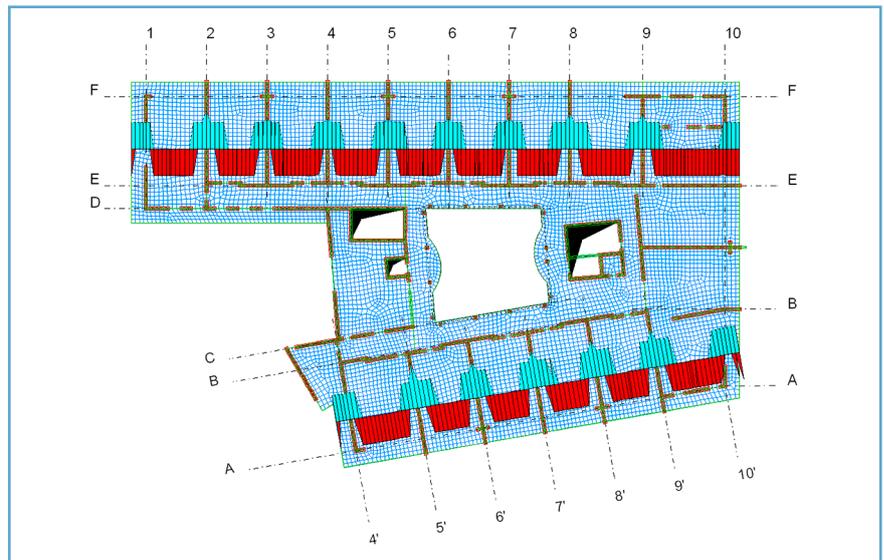
### Ermittlung der maximalen Bewehrung

Die Bemessung der extremalen Schnittgrößen aus Einwirkungskombinationen führt nicht unbedingt zur maximalen Betonstahl-

bewehrung. Häufig existieren Kombinationen geringerer Schnittgrößen, die zu höheren Bewehrungsgraden führen. Optional können daher im Programmsystem InfoCAD **alle** Schnittkraftkombinationen nachgewiesen werden.

### Tragsicherheitsnachweis und Verformungen im Zustand II

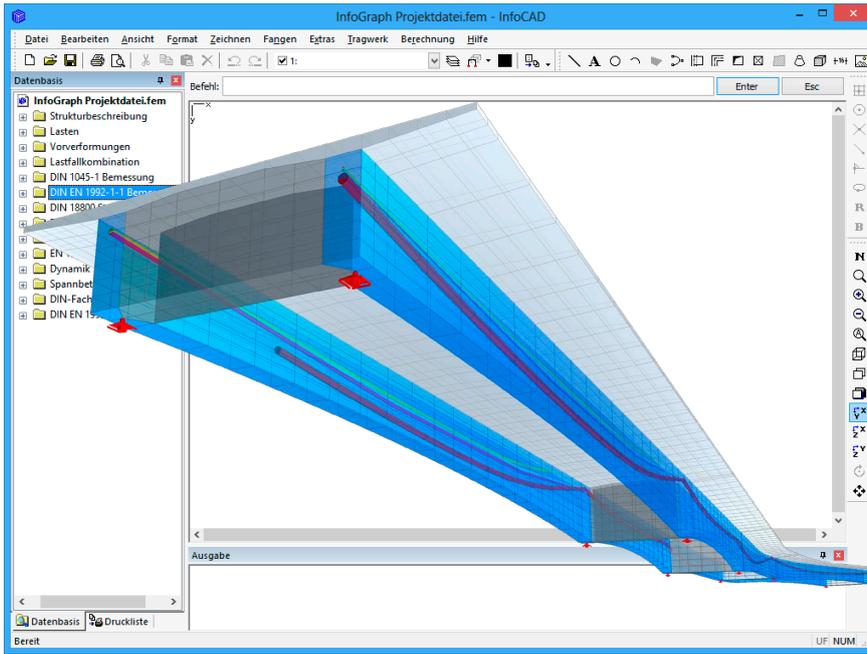
Zur Durchführung eines Tragfähigkeitsnachweises am Gesamtsystem z.B. für verschiebliche Rahmen unter Berücksichtigung der effektiven Steifigkeiten oder zur Ermittlung der Verformungen im Zustand II steht die nichtlineare Systemanalyse für alle Normen und Tragwerkstypen zur Verfügung.



## Bemessungssituationen nach EN 1992-1-1

Situation	Tragfähigkeit	Kapitel	Gebrauchstauglichkeit	Kapitel
Ständig, vorübergehend Außergewöhnlich Erdbeben	Längsbewehrung Querbewehrung Torsionsbewehrung	6.1 6.2 6.3		
Charakteristisch (selten)	Robustheitsbewehrung (in Anlehnung an EN 1922-2, 6.1 (110))	9.2.1.1	Betondruckspannungen Betonstahlspannungen Spannstahlspannungen Rissbreite, Vorspannung mit sofortigem Verbund	7.2 (2) 7.2 (5) 7.2 (5) 7.3.1 DE
Häufig	Ermüdung vereinfacht	6.8.6 (2)	Dekompression XD1-XS3 Rissbreite Vorspannung mit Verbund	7.3.1 7.3.1
Quasi-ständig			Betondruckspannungen Spannstahlspannungen Dekompression XC2-XC4 Rissbreite, Vorspannung ohne Verbund Verformungen	7.2 (2) 7.2 (5) DE 7.3.1 7.3.1 7.4
Ermüdung	Betonstahl Spannstahl Beton	6.8.6 (1) 6.8.4 6.8.4		

# Spannbetonbau



## Programmkonzept

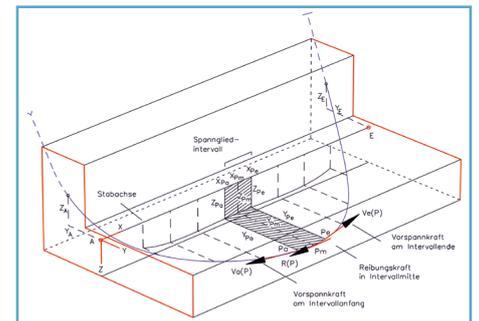
Das Spannbetonmodul wurde für alle Anwendungen von Vorspannung mit nachträglichem und ohne Verbund, insbesondere also zur Berechnung von Spannbetonbrücken, Behältern und Deckenplatten entwickelt. Hierbei wird von einer räumlichen Spannliedführung ausgegangen, welche bei allen Stab-, Schalen- und Volumenmodellen eingesetzt werden kann. Die Funktionen sind gegliedert in die Eingabe der Spannstränge, die

Lastaufbereitung im FEM-Berechnungsteil und die Nachweise nach DIN 1045-1, DIN-Fachbericht, Nachrechnungsrichtlinie, ÖNORM, SIA sowie EN 1992-1-1 und EN 1992-2 mit den jeweiligen nationalen Anhängen.

## Einwirkungen aus Vorspannung

Spannstränge werden interaktiv am vorhandenen Tragmodell eingegeben. Dabei ist deren Definition elementunabhängig, sodass diese beliebig durch das Tragwerk

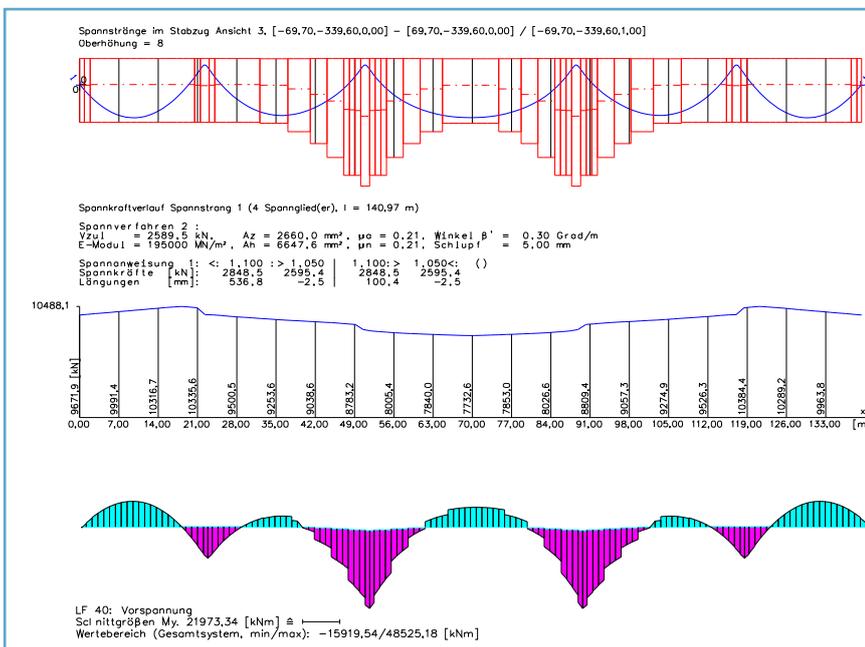
verlaufen und ebenso kopiert oder verschoben werden können. Für den Entwurf der Spannstranggeometrie stehen vielfältige Hilfsmöglichkeiten wie die Bearbeitung in Längs- oder Querschnittsdarstellung zur Verfügung. Dabei kann z. B. direkt der Spannkraftverlauf unter Berücksichtigung von Anspannen, Nachlassen, Ankerschlupf und Reibung beurteilt werden. Die maximal zulässige Höchstspannkraft wird unter Verwendung des Vorhaltemaßes  $\kappa$  bestimmt. Die sich aus der Spannstranggeometrie und dem Spannkraftverlauf ergebenden Kräfte werden auf das System aufgebracht. Die berechneten Schnittgrößen, Verformungen etc. stehen im Anschluss für weitere Nachweise zur Verfügung.



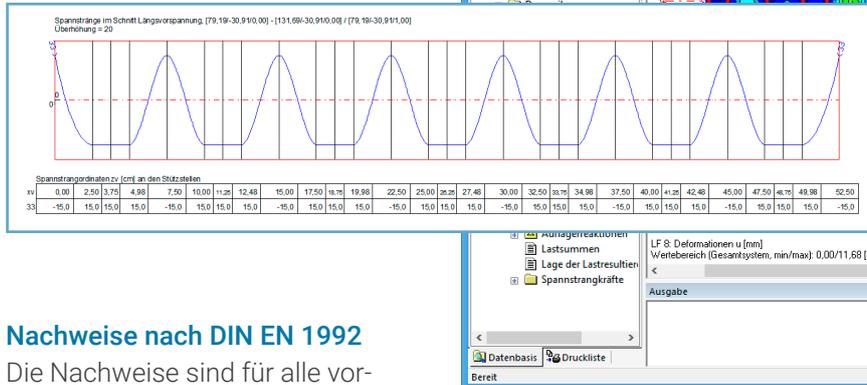
Lasteinleitung am Stabelement

## Kriechen und Schwinden

Berechnungsgrundlage für die im Programm verwendeten Ansätze zur Erfassung von Betonkriechen und Schwinden ist ein zeitabhängiges Spannungs-Dehnungs-Gesetz nach Trost. Hierzu werden die Spannstahleinlagen bei der Berechnung des Lastfalls Kriechen und Schwinden während der Aufbereitung der Gesamtsteifigkeitsmatrix mit berücksichtigt. Somit werden Verbundelemente realisiert, über deren Dehnungszustand der jeweilige Schnittgrößenanteil der Verbundkomponenten angegeben werden kann. Diese Vorgehensweise ist für alle Elementtypen imple-



mentiert. Kriechumlagerungen können somit auch für Flächen- und Volumenmodelle ermittelt werden. Die erforderlichen Kriech- und Schwindbeiwerte können optional berechnet werden.



### Nachweise nach DIN EN 1992

Die Nachweise sind für alle vorgespannten Ingenieurbauwerke anwendbar. Dabei sind innerhalb des Tragwerkmodells verschiedenartige Bauteile kombinierbar:

- nicht vorgespannte Bauteile
- vorgespannte Bauteile mit nachträglichem Verbund
- vorgespannte Bauteile ohne Verbund
- Bauteile mit externer Vorspannung
- Bauteile in Mischbauweise

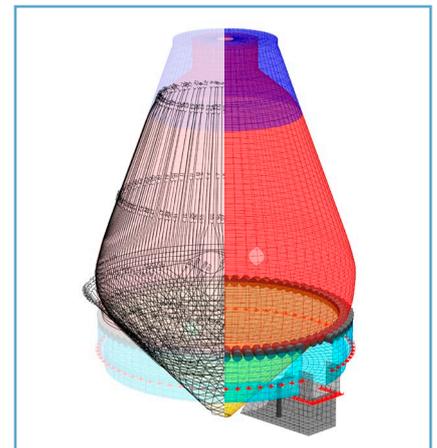
Zusätzlich zu den schon im Abschnitt Stahlbetonbau beschriebenen Nachweisen werden in Verbindung mit der Vorspannung die Ermüdung der Spannglieder und deren zulässige Spannungen sowie die Dekompression nachgewiesen. Die für vorgespannte Bauteile geltenden Zusatzregelungen, wie z.B. die Berücksichtigung von Streufaktoren für die Wirkung aus innerer Vorspannung beim Bau- und Endzustand oder der Verbundbeiwert  $\xi$  kommen dabei zur Anwendung.

### Nachweise nach ÖNORM

Die Bemessung und Nachweise folgen den nationalen Vorschriften für den allgemeinen Spannbeton- und Brückenbau nach ÖNORM EN 1992-1-1 und ÖNORM EN 1992-2.

### Nachweise nach SIA

Für Bemessung und Nachweis kommen die nationalen Vorschriften für den allgemeinen Spannbetonbau nach SIA 262 zur Anwendung.



Vorgespannter Faulbehälter mit räumlicher Spanngliedführung

### Vorspannung von Stab-, Flächen- und Volumentragwerken:

- Räumliche elementunabhängige Spanngliedführung
- Kubische Splinefunktion
- Spanngliedbearbeitung am System und in beliebigen Schnitten
- Reibung, ungewollte Umlenkung und Schlupf
- Berücksichtigung des Vorhaltemaßes  $\kappa$
- Interaktive Darstellung des Spannkraftverlaufes und der Spanngliedradialen
- Ermittlung der Systemreaktionen aus Vorspannung
- Berechnung der Kriech- und Schwindbeiwerte
- Kriechen und Schwinden mit Spannstahumlagerungen
- Bemessung und Nachweise nach DIN 1045-1, DIN-Fachbericht, SIA, ÖNORM sowie EN 1992-1-1 und EN 1992-2 mit nationalen Anhängen.

# Brückenbau



## Brückenbaunachweise

Dieses Modul ist für Brücken- und andere Ingenieurbauwerke einzusetzen, soweit Einwirkungen aus Straßen- oder Eisenbahnverkehr zu berücksichtigen sind. Als Tragwerksmodelle sind ebene und räumliche Stab-, Flächen- und Volumenkonstruktionen zugelassen. Dabei können Bauteile ohne Vorspannung sowie vorgespannte Bauteile mit nachträglichem Verbund, Bauteile ohne Verbund, mit externer Vorspannung und in Mischbauweise untersucht werden. Optional lässt sich die *Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand* (Nachrechnungsrichtlinie) berücksichtigen. Die zahlrei-

chen Ergebnisse können detailliert abgerufen und übersichtlich dargestellt werden. Für die graphische Ausgabe stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung.

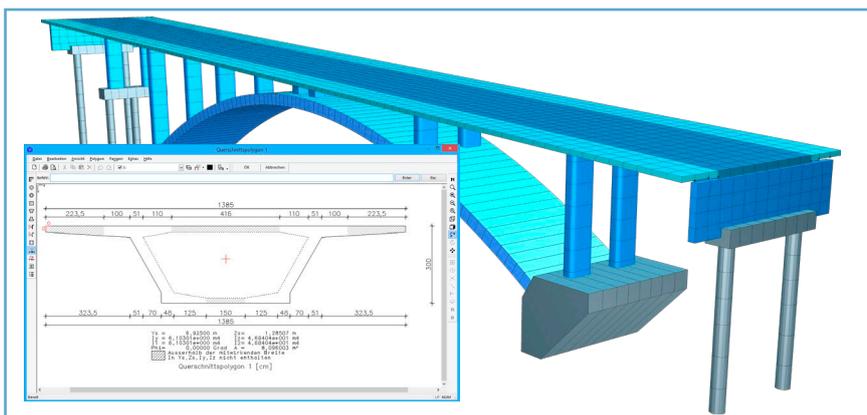
## Lastmodell 1

Die beweglichen Verkehrslasten aus dem Lastmodell 1 werden mit einer speziellen Lastfunktion aufbereitet. Hiermit werden die Stellungen des Tandemsystems sowie die UDL-Lasten übersichtlich auf der Brücke angeordnet. Dabei können beliebige Laststellungen und Fahrstreifenanordnungen definiert werden. Der Fahrzeugabstand, die Lastverteilungshöhe und die Zentrifugallast der Tandemsysteme

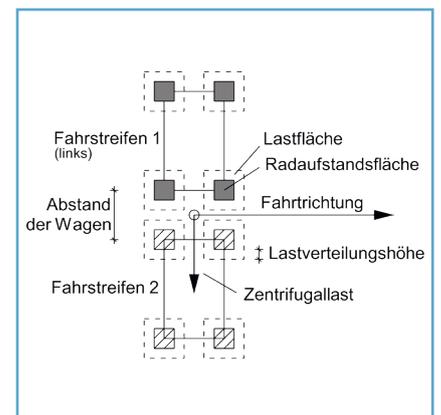
werden automatisch berücksichtigt. Das Programm bildet daraus die erforderlichen Einwirkungskombinationen.

## Einwirkungen und Kombinationen

Die vorhandenen Lastfälle werden den entsprechenden Einwirkungen zugeordnet und bilden mit diesen die Einwirkungskombinationen nach der jeweilig anzuwendenden Norm. Dabei können unterschiedliche Situationen z. B. für den Bau- oder den Endzustand angelegt werden. Die Teilsicherheits- und die Kombinationsbeiwerte werden hierfür vom Programm normgemäß vorgegeben. Bei der Bearbeitung können alle Beiwerte ergänzt oder abgeändert



Brückentragwerk und mitwirkende Breiten am Hohlkastenquerschnitt



Tandemsystem mit 2 Fahrstreifen

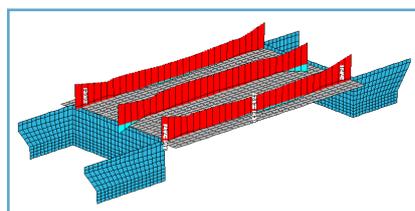
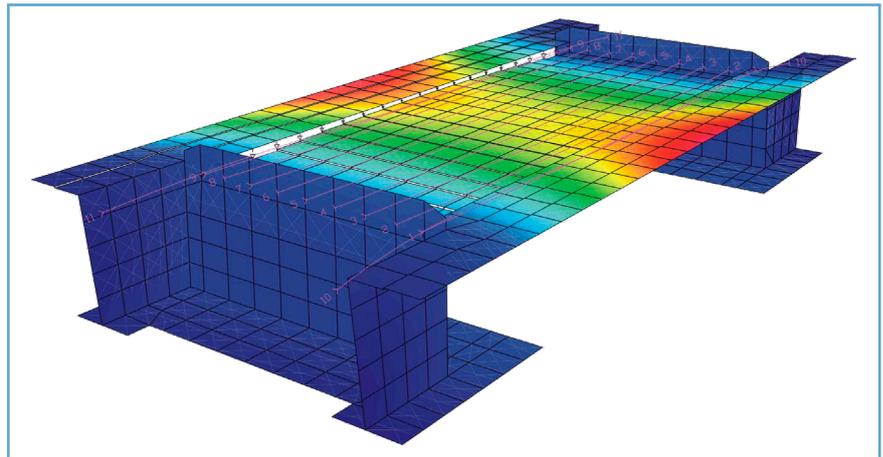
werden. Aus diesen Angaben kann das Programm gemäß den Kombinationsvorschriften die extremalen Systemreaktionen bestimmen.

### Nachweise

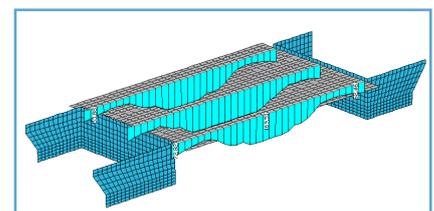
Den Anforderungsklassen entsprechend werden die Nachweise für die jeweils vorgeschriebenen Bemessungssituationen durchgeführt. Situationsbedingt kommen dabei unterschiedliche Vorschriften für den Bau- oder Endzustand zur Anwendung. Die ermittelten Bewehrungen werden den Nachweisen zugrundegelegt und dabei gegebenenfalls bis zu deren Einhaltung erhöht. Die Längs- und Bügelbewehrung wird nach Nachweisen getrennt gespeichert und steht neben dem Extremum aller Bewehrungen für die Darstellung bereit. Die nachgewiesenen Spannungen und Ausnutzungen infolge Ermüdung, Dekompression etc. werden ebenfalls abgelegt und können am System aufgetragen werden. In einem ausführlichen Protokoll werden alle für die Prüfung relevanten Angaben übersichtlich aufgeführt und lassen sich damit leicht nachvollziehen.

### Bauzustände

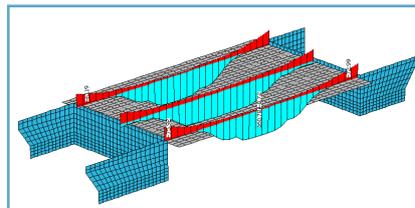
Eine wichtige Funktionalität für den Brückenbau ist die Behandlung von Bauzuständen. Damit können auf einfache Weise Kriech- und Schwindumlagerungen verschiedener Bauabschnitte ermittelt werden. Für jeden Bauzustand wird eine eigene Datei erzeugt, für die alle Berechnungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Eine Mehrfachverwendung von Lastfällen und Elementen wird unterbunden. Die Ergebnisse aller Bauzustände können miteinander kombiniert und überlagert werden.



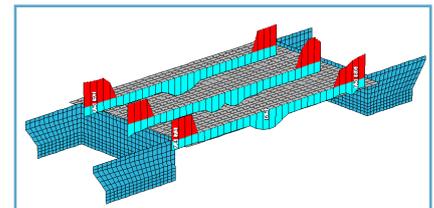
Dekompressionsnachweis



Schwingbreite



Min/Max Spannungen



Extremale Bewehrung

### Brückenbaunachweise:

- DIN-Fachberichte und EN 1992-2 (Basisdokument, NAD Deutschland und Österreich)
- Berücksichtigung beliebiger Belastungen und Laststellungen
- Spezielle Aufbereitung der Lastmodelle LM 1 und LMM
- Automatische Kombination der Einwirkungen
  - Bau- und Endzustände für alle Einwirkungskombinationen
  - Optionale benutzerdefinierte Einwirkungen
- Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
  - Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit
  - Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein
  - Querkraft unter Berücksichtigung des Mindestbewehrungsgrades
  - Reine Torsion und Torsion mit Querkraft
  - Nachweis gegen Ermüdung (Beton, Betonstahl und Spannstahl)
- Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
  - Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite
  - Begrenzung der Rissbreite durch direkte Berechnung
  - Nachweis der Dekompression
  - Begrenzung der Betondruck-, Stahlzug- und Spannstahlspannungen
  - Nachweis der schiefen Hauptzugspannungen
- Nachrechnung von Straßenbrücken (Nachrechnungsrichtlinie)

# Stahlbau

Die Stahlbaunachweise sind für polygonale Stabquerschnitte der Materialgüten S235 bis S450 nach EN 1993-1-1, Tabelle 3.1 sowie für Stahl mit freier Definition der Materialeigenschaften anwendbar. Dazu werden die berechneten Lastfälle den Einwirkungen nach EN 1991, Teil 1, zugeordnet. In den gewünschten Nachweissituationen ermittelt das Programm unter Berücksichtigung der Sicherheits- und Kombinationsbeiwerte nach EN 1990 automatisch die maßgeblichen Bemessungsschnittgrößen.

## Tragfähigkeit

Die Querschnittstragfähigkeit wird für alle Querschnitte der Klassen 1 bis 4 untersucht. Querschnitte der Klasse 4 sind wie Klasse 3 nachweisbar, wenn das c/t-Verhältnis die mit dem Faktor nach Kapitel 5.5.2(9) erhöhten Grenzwerte für Klasse 3 nicht überschreitet. Anderenfalls wird der Nachweis mit effektiven Querschnittswerten nach EN 1993-1-5, Kapitel 4.3, geführt. Die plastische Querschnittstrag-

fähigkeit wird für alle Querschnitte der Klassen 1 und 2 untersucht, sofern für den betrachteten Schnittkraftsatz die elastische Querschnittstragfähigkeit überschritten wird.

$$\sigma(y, z) = N_x \frac{1}{A} + M_y \frac{\bar{z} I_z - \bar{y} I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} + M_z \frac{\bar{y} I_y - \bar{z} I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2}$$

*Normalspannungen für einen Querschnittspunkt*

## Querschnittsklassifizierung

Für jeden Schnittkraftsatz wird automatisch die Querschnittsklasse nach EN 1993-1-1, Kapitel 5.5, ermittelt. Dazu wird die Spannungsverteilung für die gleichzeitige Beanspruchung aus zweiachsiger Biegung mit Normalkraft in der Mittellinie der Querschnittsteile betrachtet. Ein Querschnitt wird generell durch die ungünstigste Klasse seiner druckbeanspruchten Querschnittsteile klassifiziert.

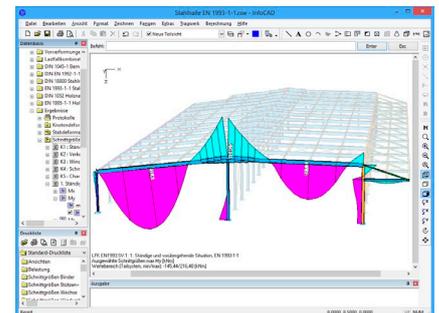
## Querschnittsanalyse

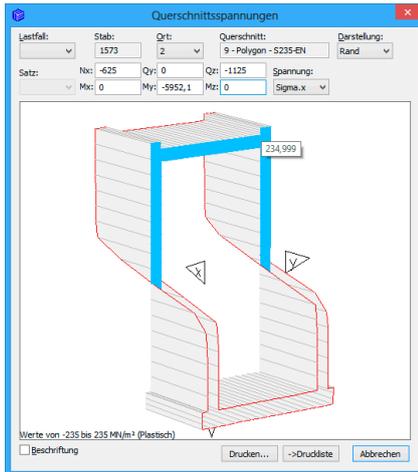
Im Rahmen der Systemnachweise werden für alle verwendeten Querschnitte die folgenden Kenngrößen

zur Verfügung gestellt:

- Schwerpunktkoordinaten
- Fläche des Querschnitts
- Trägheitsmomente bzgl. der Koordinaten- und der Hauptachsen
- Deviationsmoment
- Winkel der Hauptachsen
- Torsionsträgheitsmoment
- Schubkennwerte für  $Q_y$ ,  $Q_z$  und  $M_x$  und die Widerstandsmomente  $W_{ty}$ ,  $W_{oz}$  und  $W_{oz}$ .

Dabei wird für die Beanspruchung infolge St. Venant'scher Torsion die Differentialgleichung der Einheitsverwölbung und für die Beanspruchung infolge Querkraft die Differentialgleichung der Schubver-





Spannungsverlauf an einem Querschnitt

wölbung gelöst. Die Analyse erfolgt für beliebige dick- oder dünnwandige Polygonquerschnitte und alle Bibliotheksquerschnitte.

### Stabilitätsuntersuchungen

Zur Untersuchung von Stabilitätsproblemen stehen grundsätzlich 2 Methoden zur Verfügung:

- Die Berechnung von Tragwerken nach Theorie 2. Ordnung.
- Die Ermittlung von Knick- und Beuleigenformen mit den jeweiligen Verzweigungslastfaktoren.

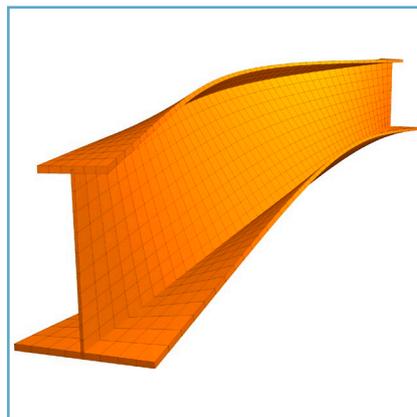
Bei der Systemberechnung nach der Elastizitätstheorie 2. Ordnung (Gleichgewicht am verformten System) wird das Knicken und Kippen von Stäben sowie das Beulen von Flächenelementen nachgewiesen. Im Rahmen der Berechnung können weitere nicht-lineare Effekte wie z. B. der Ausschluss von Zugspannungen bei der Bettung und der Lagerung, der Ausfall von Zug- oder Druckstäben sowie nichtlichtlineares Materialverhalten berücksichtigt werden. Das Iterationsverfahren konvergiert i.d.R. bereits nach wenigen Schritten. Stabilitätsversagen wird dabei durch Singularität der Gesamtsteifigkeitsmatrix angezeigt. Die Ermittlung von Knick- und Beulei-

genformen ermöglicht eine direkte Bestimmung des Verzweigungslastfaktors. Mit der zugehörigen Versagensfigur kann die Konstruktion leicht beurteilt werden.

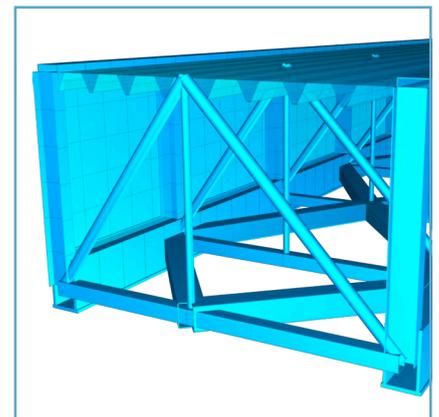
### Biegedrillknicken

Das Biegedrillknickproblem wird für einfach- und doppelsymmetrische I- und U-Profile nach dem Ersatzstabverfahren gelöst. Durch die Vorgabe von Stabendschnittgrößen und einer Gleich- oder Einzellast in beiden Hauptrichtungen wird die Beanspruchung erzeugt. Die Berechnung des idealen Biegedrill-

knickmomentes  $M_{cr}$  erfolgt durch Variation des elastischen Potentials. Das hieraus resultierende Eigenwertproblem liefert den kleinsten positiven Lastfaktor und damit das gesuchte Biegedrillknickmoment. Dies bietet den Vorteil, dass der Benutzer keine Angaben zum Momentenbeiwert  $\chi$  machen muss. Lastexzentrizität und Drehbettung können vom Benutzer vorgegeben werden. Die Berechnung liefert ein ausführliches Ergebnisprotokoll mit Systemskizzen und allen für den Nachweis erforderlichen Formeln.



Biegedrillknicken an einem FEM-Modell



Visualisierung einer Wehrbrücke

### Optionen für den Stahlbau:

- Theorie 1. und 2. Ordnung, Seiltragwerke nach 3. Ordnung
- Knick- und Beulfiguren mit Verzweigungslastfaktor
- Berücksichtigung von spannungsfreien Vorverformungen
- Untersuchung von Einzelstabversagen
- Überlagerungen und Nachweise nach EN 1993-1-1
- Elastisch-Elastisch, Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch
- Automatische Klassifizierung der Querschnitte und Ermittlung der Ausnutzung für die Klassen 1-4
- Querschnittsanalyse für beliebige Polygone (dick- und dünnwandig)
- Federgelenke
- Exzentrische Stabanschlüsse
- Druck- und Zugstäbe
- Umfangreiche Profilbibliothek
- Benutzerdefinierte Anwenderdatenbank
- Biegedrillknicknachweis
- DXF-, DSTV- und IFC-Import/Export

# Dynamik



Anspruchsvolle Ingenieurbauwerke erfordern neben der statischen immer häufiger auch dynamische Tragwerksanalysen. Diese können von der Eigenfrequenzermittlung über Zeitschrittberechnungen bis zur nichtlinearen Seildynamik reichen. Der Programmmodul Dynamik erlaubt die Analyse ebener und räumlicher Stab-, Seil-, Flächen- und Volumenmodelle.

## Eigenfrequenzermittlung

Grundlage der meisten dynamischen Untersuchungen bildet die Ermittlung der Eigenwerte und Eigenvektoren. Die dabei berücksichtigte Massenverteilung ergibt sich aus der Systemgeometrie, zusätzlichen Einzelmassen sowie aus äquivalenten Massen ausgewählter Lastfälle.

## Antwortspektrenmethode für Erdbebennachweise

Hierbei werden für beliebige Stab- oder Flächentragwerke in Abhängigkeit von der Erdbebenzone, dem Baugrund und der Bauwerksklasse die Bodenbeschleunigung und die

Berechnungsbeiwerte gemäß Norm vorgegeben. Anschließend werden die den Eigenfrequenzen zugehörigen Bauwerksreaktionen nach der Antwortspektrenmethode berechnet und nach der SRSS- oder CQC-Methode überlagert. Die daraus resultierenden Schnittgrößen stehen für weitere Überlagerungen mit den statischen Lastfällen und anschließender Bemessung zur Verfügung. Zur Beurteilung der zu berücksichtigenden Schwingungsformen werden die aufgebrachten effektiven modalen Massen gegenübergestellt. Bei Bedarf können eigene Antwortspektren definiert werden.

## Pushover Berechnung

Die Pushover Berechnung ist ein nichtlineares Verfahren zum Nachweis der Erdbebensicherheit von Bauwerken. Die Berechnung stellt die Kapazitätskurve im Mehrmassensystem und in Spektraldarstellung zur Verfügung.

## Schwingungsberechnungen

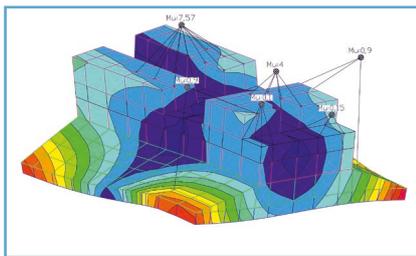
Zeitschrittberechnungen werden für

periodische und instationäre Last-Zeit-Verläufe sowie definierte Knotenbeschleunigungen durchgeführt. Dabei können gleichzeitig Erreger unterschiedlicher Frequenz berücksichtigt werden. Die Anzahl und Dauer der einzelnen Zeitschritte kann frei gewählt werden. Je nach Berechnung kann eine massen- und steifigkeitsproportionale Dämpfung, das Lehr'sches Dämpfungsmaß, eine Rayleigh'sche Systemdämpfung und/oder viskose Einzeldämpfer eingesetzt werden. An ausgewählten Knoten kann die Systemantwort über einen festgelegten Frequenzbereich im eingeschwungenen Zustand berechnet werden (stationärer Response).

## Dynamische Zugüberfahrt

Auf einfache Weise kann hiermit die dynamische Beanspruchung durch vordefinierte Regelzüge wie ICE, Thalys etc. oder selbstdefinierte Zuglasten für beliebige Stab- und Flächentragwerke untersucht werden. Die Beschreibung der Fahrwege erfolgt durch die Eingabe beliebiger Linienzüge auf dem Trag-

werk. Die Lastbilder der Typenzüge für Hochgeschwindigkeitsstrecken werden programmseitig vorgehalten. Zusätzlich können benutzerdefinierte Zuglasten eingegeben werden. Weitere Vorgabeparameter sind die Geschwindigkeit und die Startzeit für jeden Zug. Jeder Zug ist einem Fahrweg zugeordnet. Durch die Variation der Startzeiten kann der zeitliche Abstand verschiedener Züge festgelegt werden. Die dynamische Zugüberfahrt wird im Rahmen einer direkten oder modalen Zeitschrittintegration analysiert. Anzahl und Dauer der Zeitschritte können vom Anwender vorgegeben werden. Hierbei sind das Schwingverhalten und die

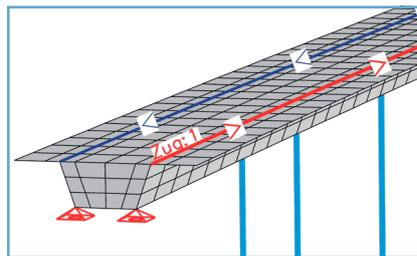


Eigenform eines Maschinenfundamentes

gewünschte Fahrstrecke der Züge zu berücksichtigen.

### Ergebnisausgabe und Weiterverarbeitung

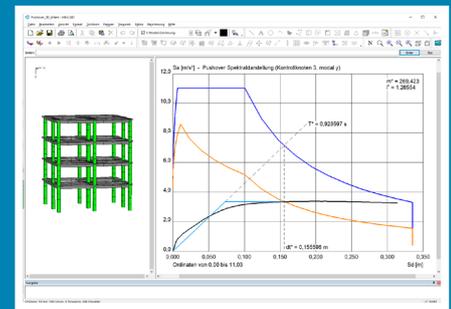
Als Berechnungsergebnisse stehen die Deformationen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Schnittgrößen und Lagerreaktionen für jeden Zeitschritt zur Verfügung. Diese können einzeln oder in Zeitdiagrammen dargestellt werden. Zusätzlich lassen sich die Verformungen im Systemviewer dynamisch animieren. Für weitere Untersuchungen können die Ergebnisse mit Reaktionen aus statischen Berechnungen überlagert und anschließend bemessen werden.



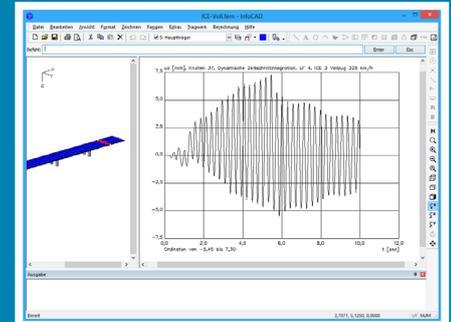
Wegstrecke einer Zugüberfahrt

### Dynamische Analysen:

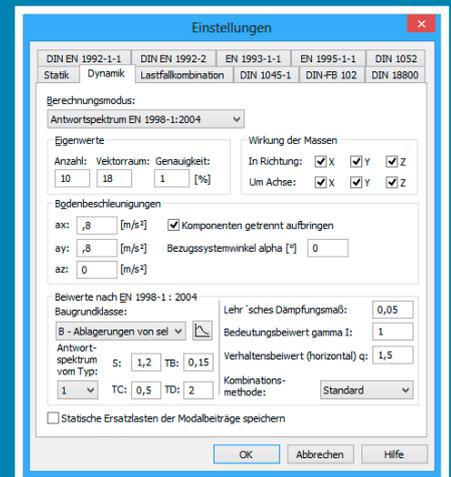
- Berechnung von Stab-, Seil-, Flächen- und Volumenmodellen
- Ermittlung der Eigenwerte und Eigenvektoren
- Verteilte Eigenmassen, Einzelmassen und Massen aus Lasten
- Periodische sowie freie Last-Zeit-Verläufe
- Gleichzeitig unterschiedlich wirkende Erreger an beliebigen Knoten
- Freie Knotenbeschleunigungen
- Lehr'sche Dämpfung, Massen- und steifigkeitsproportionale Dämpfung, Rayleigh'sche Systemdämpfung und viskose Einzeldämpfer
- Modale Analyse und direkte Integration der Bewegungsgleichung
- Zeitschrittintegration für alle Systemreaktionen mit wählbaren Iterationsschritten
- Stationärer Response
- Auswertung von Antwortspektren nach EC 8, DIN, ÖNORM und SIA
- ZPA-Methode zur Berücksichtigung fehlender effektive Massen
- Benutzerdefinierte Antwortspektren
- Berechnung und Ausgabe der effektiven modalen Massen
- Pushover Berechnung nach EN 1998
- Dynamische Zugüberfahrt mit beliebigen Fahrwegen
- Kollapsberechnung z.B. bei Bauteilversagen
- Animation aller Zeitschrittberechnungen



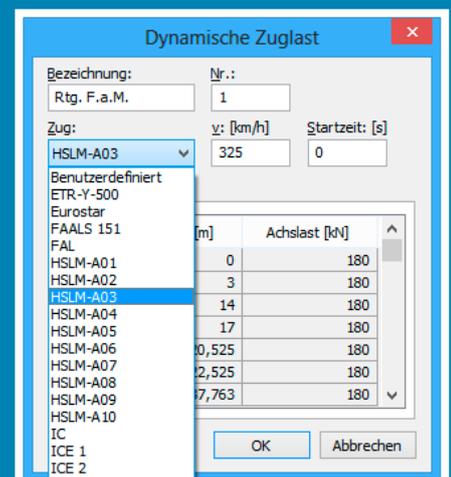
Ergebnis einer Pushover Berechnung



Verschiebung  $u_z$  eines ausgewählten Knotens

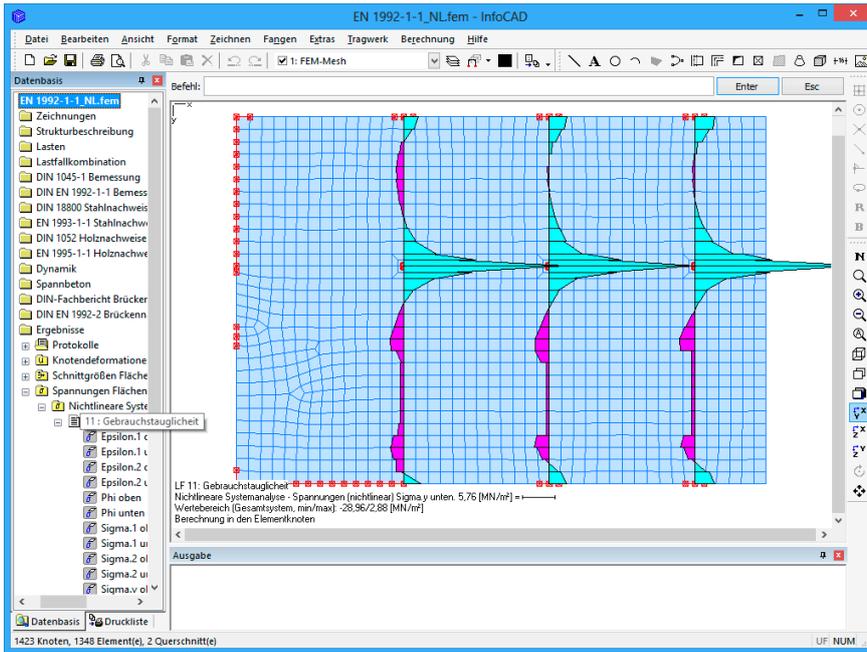


Eingabedialog für die Antwortspektrenmethode



Zugdefinition mit Geschwindigkeitsvorgabe und Startzeit

# Nichtlineare Systemanalyse



Betonspannungen in einer Deckenplatte infolge der nach Erstrissbildung verbleibende Betonzugfestigkeit (Tension Stiffening).

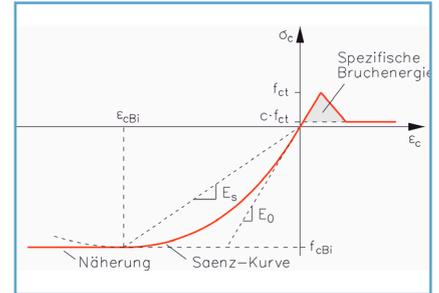
Die nichtlineare Systemanalyse ermöglicht die Ermittlung der Schnitt- und Formänderungsgrößen von ebenen und räumlichen Stab- und Flächentragwerken aus Stahlbeton und Stahl unter Berücksichtigung geometrischer und physikalischer Nichtlinearitäten. Für Volumenelemente wird der Spannungszustand nach der Fließbedingung von Raghava, Rankine, Drucker-Prager oder Lubliner berechnet. Zusätzlich stehen die Schädigungsmodelle nach Mazars, De Vree sowie ein elasto-plastisches Schädigungsmodell (Lubliner, Lee & Fenves) zur Verfügung. Das Programm ist damit insbesondere dazu geeignet, den Nachweis der Tragfähigkeit (Knicksicherheitsnachweis) und der Gebrauchstauglichkeit (Verformungen, Schnittgrößen) am Gesamtsystem zu führen.

## Tragwerke aus Stahlbeton

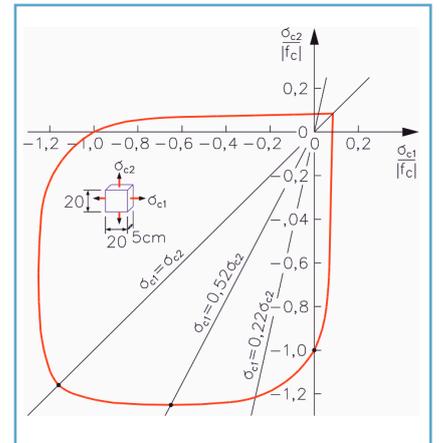
In Abhängigkeit von der gewählten Materialart kommen die Spannungs-Dehnungs-Linien für die nichtlineare Schnittgrößenermittlung

der jeweiligen Norm zur Anwendung. Dabei werden die zugehörigen Material-Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt. Die Betonzugfestigkeit kann mit Entfestigung oder bilinearem Verhalten erfasst werden. Dieser Berechnung wird der aus einer vorangegangenen Bemessung resultierende Betonstahl zugrundegelegt. Alternativ kann der Benutzer auch direkt die Bewehrungsmenge vorgeben. Die Berücksichtigung des Betonkriechens erfolgt durch Modifikation der zugrundeliegenden Spannungs-Dehnungs-Linie.

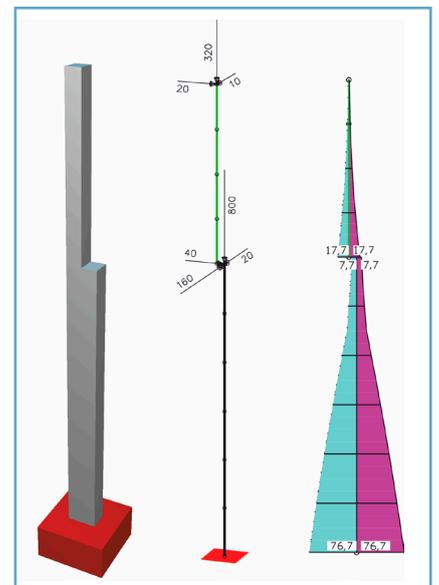
Für Stabwerke kann zur Erreichung der gewünschten Tragsicherheit oder zur Einhaltung des zulässigen Dehnungszustandes eine automatische Bewehrungserhöhung durchgeführt werden. Das biaxiale Betonverhalten wird bei Flächenelementen unter Berücksichtigung der Festigkeiten nach Kupfer/Hilsdorf/Rüsch und dem Konzept der äquivalenten einachsigen Dehnungen realisiert. Neben den Deformationen und Schnittgrößen im Zu-



Normierte äquivalente Spannungs-Dehnungs-Linie für Beton unter mehrachsiger Beanspruchung



Biaxiale Versagenskurve nach Kupfer/Hilsdorf/Rüsch

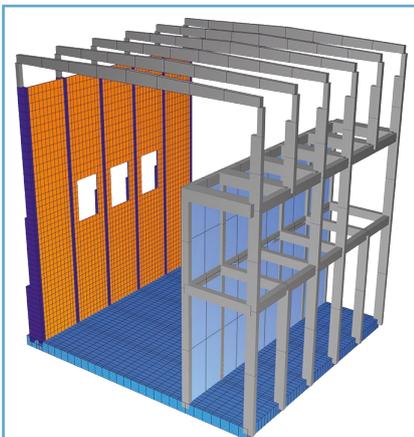


Bewehrungsverteilung an einer räumlichen Stütze nach dem Tragsicherheitsnachweis

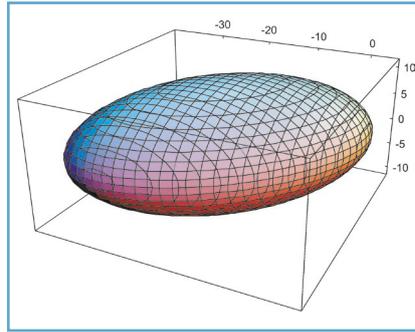
stand II werden die verbleibenden Beton- und Betonstahlspannungen und die zugehörigen Dehnungen ausgegeben.

## Tragwerke aus Stahl und bilinearem Material

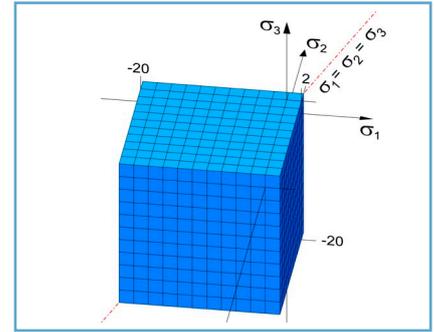
Die Berechnung erfolgt nach der Plastizitätstheorie. Der Nachweis gewährleistet, dass unter Beachtung der Schnittgrößeninteraktion keine Überschreitung der vollplastischen Grenzschnittgrößen auftritt und dass sich das System in einem stabilen Gleichgewichtszustand befindet. Neben den Schnittgrößen und Verformungen steht die nichtlineare Spannungs- und Dehnungsverteilung im Tragwerk zur Verfügung.



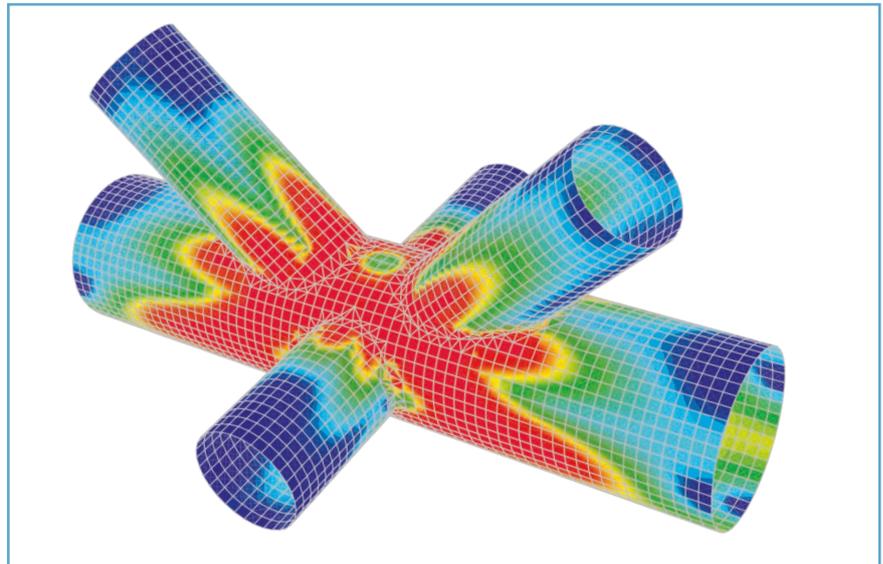
Abminderung der Zwangsschnittgrößen durch die Rissbildung an einem Müllbunker



Fließbedingung nach Raghava



Fließfläche nach Rankine



An dem abgebildeten Rohrknotten sind deutlich die plastifizierte Bereiche zu erkennen. Die Tragfähigkeit ist unter der vorhandenen Beanspruchung nahezu erreicht.

### Nichtlineare Systemanalyse:

- Stahlbeton mit Spannungs-Dehnungs-Linie nach EN 1992, DIN, ÖNORM und SIA 262
- Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen
- Grenzzustand der Tragfähigkeit
  - Nachweis unter Berücksichtigung der vorhandenen Bewehrung
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
  - Verformungen unter Berücksichtigung der vorhandenen Bewehrung
- Berücksichtigung von Langzeitverformungen aus Kriechen und Schwinden
- Stahl mit bilinearer Spannungs-Dehnungs-Linie unter Berücksichtigung der Huber-v. Mises-Fließbedingung sowie Interaktion sämtlicher Schnittgrößen
- Bilineare Spannungs-Dehnungs-Linie und getrennt definierbare Druck- und Zugfestigkeit (Fließbedingung nach Raghava, Rankine, Drucker-Prager und Lubliner)
- Schädigung nach Mazars und De Vree sowie elasto-plastische Schädigung (Lubliner, Lee & Fenves)
- Bodenmodell nach Mohr-Coulomb mit Phi-C-Reduktion
- Berechnungen im überkritischen Bereich mit dem Bogenlängenverfahren
- Berechnung von Last-Verschiebungskurven
- Gleichgewicht am verformten System nach Theorie II. Ordnung und erweiterter geometrisch nichtlinearer Theorie
- Bettung mit bilinearem Bettungsverlauf für Stabwerke
- Automatische Bewehrungserhöhung beim Nachweis der Tragfähigkeit für Stabwerke

# Tragwerksanalyse für den Brandfall

Mit diesem Modul kann die Tragwerksanalyse für den Brandfall nach dem allgemeinen Rechenverfahren für ebene und räumliche Stab- und Flächentragwerke durchgeführt werden. Dabei kommen Stahl-, Stahlbeton-, Verbund- und Holzquerschnitte zur Anwendung. Für Volumenmodelle stehen darüber hinaus folgende Berechnungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Stationäre und instationäre Temperaturverteilung
- Veränderliche Wärmequellen
- Spannungsberechnung infolge der ermittelten Temperaturverteilung

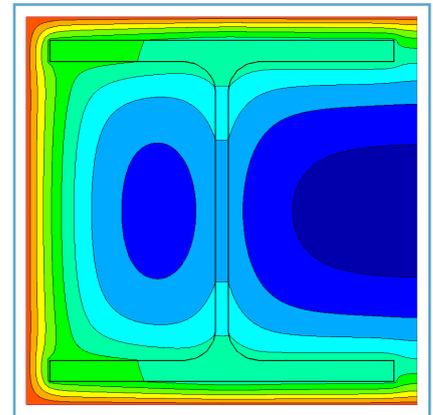
## Thermische Berechnung

Die Temperaturverteilungen in den Querschnitten infolge der thermischen Beanspruchungen werden im Rahmen einer nichtlinearer Zeitschritt-Integration ermittelt. Den Querschnittsrändern werden die nötigen Wärmeübergangsbedin-

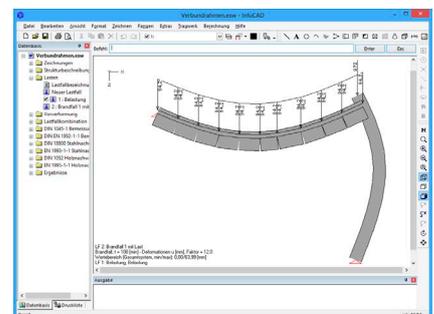
gungen und Brandbeanspruchungen (z. B. die Einheits-Temperaturzeitkurve - ETK) zugeordnet. Als Ergebnis stehen die Temperaturprofile für alle Zeitpunkte zur Verfügung. Das gewählte Zeitinkrement sowie die Zeitdauer werden sowohl bei der thermischen als auch bei der anschließenden mechanischen Berechnung verwendet.

## Mechanische Berechnung

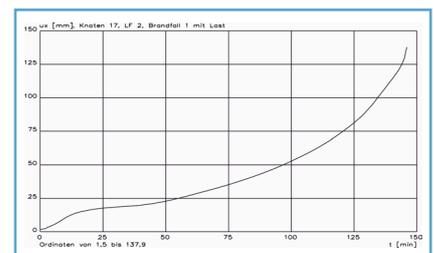
Im Rahmen der mechanischen Analyse wird eine nichtlineare Zeitschritt-Berechnung nach dem ‚Allgemeinen Rechenverfahren‘ gemäß Kapitel 4.3 der EN 1992-1-2 durchgeführt. Die thermischen Dehnungen und Spannungs-Dehnungslinien im Querschnitt werden mit den Temperaturprofilen aus der thermischen Berechnung bestimmt. Anschließend stehen die zeitabhängigen Verformungen, Schnittgrößen und Auflagerreaktionen zur Verfügung.



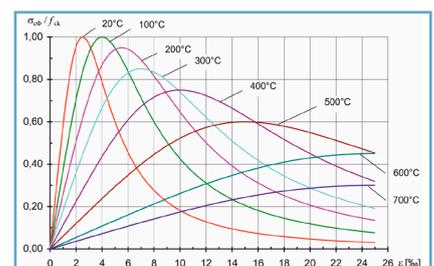
Dreiseitig beflamarter Verbundquerschnitt



Systemdeformationen zu einem gewählten Zeitschritt



Zeit-Verschiebungskurve an einem ausgewählten Systemknoten



Bezogene Spannungs-Dehnungslinien für Beton mit quarzhaltigen Zuschlägen

## Tragwerksanalyse für den Brandfall:

- Beliebige Querschnittsgeometrie
- Stahl, Stahlbeton sowie freie Materialien (z. B. Dämmung) innerhalb eines Querschnitts
- Vordefinierte und benutzerdefinierte thermische Eigenschaften
- Einheits-Temperaturzeitkurve, Hydrokarbon-Brandkurve, etc.
- Benutzerdefinierbare Brandkurven, unterschiedliche Brandfälle
- Berechnung der Temperaturprofile im Querschnitt mittels nichtlinearer Zeitschritt-Integration
- Strahlung und Konvektion in Hohlräumen von Querschnitten
- Temperaturabhängige thermische Dehnungen und Spannungs-Dehnungslinien
- Nichtlineare Zeitschritt-Berechnung des Tragwerkes nach dem allgemeinen Rechenverfahren
- Graphische Ausgabe der zeitabhängigen Verformungen, Schnittgrößen, Auflagerreaktionen und Querschnittsspannungen
- Thermische Berechnung von Volumenmodellen

# Holzbau

Die Holznachweise sind für Hoch- und Ingenieurbauwerke unter Berücksichtigung der EN 1995-1-1 und EN 1995-1-2 sowie der DIN 1052 für Stabquerschnitte konzipiert.

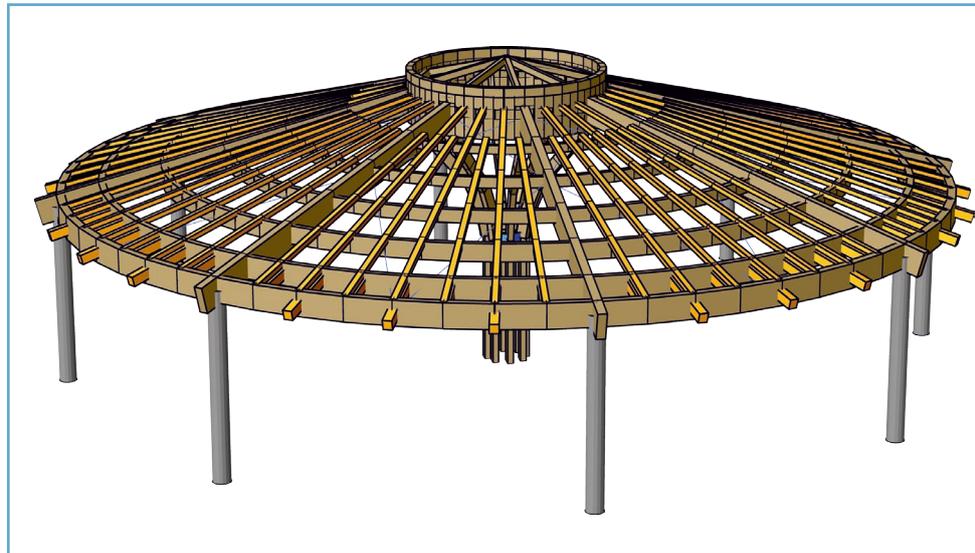
## Einwirkungen, Situationen

Die Nachweise erfolgen im Nachlauf zur statischen Berechnung. Dazu werden die berechneten Lastfälle den Einwirkungen zugeordnet. Für die gewünschten Nachweis-situationen nach EN 1990 oder DIN 1052 bzw. DIN 1055-100 ermittelt das Programm unter Berücksichtigung der Sicherheits- und Kombinationsbeiwerte automatisch die maßgeblichen Bemessungs-schnittgrößen.

## Querschnittsnachweise

Für jeden Schnittkraftsatz wird der Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  aus der Nutzungsklasse des Querschnitts und der maßgebenden Lasteinwirkungsdauer ermittelt. Hierfür werden dann die folgenden Nachweise geführt:

- Zug in Faserrichtung
- Druck in Faserrichtung
- Biegung
- Biegung und Zug
- Biegung und Druck
- Schub aus Querkraft
- Torsion
- Schub aus Querkraft und Torsion



## Knicknachweise

Die Nachweise gegen Knicken werden gem. EN 1995, Kap. 6.3.2, bzw. DIN 1052, Kap. 10.3, nach dem Ersatzstabverfahren geführt.

## Nachweisverfahren im Brandfall

Die Bemessung für den Brandfall erfolgt gem. EN 1995-1-2, Kapitel 4.2.2, mit reduzierten Querschnitten. Dazu werden die beflamnten Ränder, die Dauer der Brandeinwirkung und die Abbrandrate  $\beta_n$  ausgewertet.

## Durchbiegungen von Biegestäben

Die Durchbiegungen sollen die in Tabelle 7.2 angegebenen Werte nicht übersteigen. Dazu wird die Anfangs- und Endverformung für die charakteristische und die quasi-ständige Situation ermittelt.

## Ausnutzung, Ergebnisse

Die Ausnutzung ist das Verhältnis zwischen der Beanspruchung  $E_d$  und der Beanspruchbarkeit  $R_d$  eines Querschnitts. Das Programm stellt folgende Ergebnisse zur Verfügung:

- Ausnutzung der Stäbe für jede einzelne Nachweissituation.
- Max. Ausnutzung der Stäbe aus allen Situationen.
- Max. Ausnutzung der Querschnitte aus allen Situationen.

Zusätzlich werden für alle Nachweissituationen die extremalen Bemessungswerte der Schnittgrößen, Auflagerreaktionen, Deformationen, Bodenpressungen und Spannungen gespeichert. Das ausführliche Protokoll gibt darüber hinaus für jeden Berechnungsort die maßgebenden Kombinationsschnittgrößen aller Bemessungssituationen aus.

## Holznachweise:

- EN 1995-1-1, EN 1995-1-2 und DIN 1052
- Automatische Kombination
- Nachweis aller Schnittkraftsätze unter Berücksichtigung der Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse
- Nachweis im Brandfall
- Integrierter Knicknachweis
- Nachweis der Durchbiegungen von Biegestäben

# Volumenmodelle



Volumenelemente kommen dann zum Einsatz, wenn eine zu untersuchende Tragwerksgeometrie mit Stab- oder Flächenelementen nur unzureichend abgebildet werden kann oder die Erfassung des räumlichen Spannungszustandes für die Beurteilung des Tragverhaltens erforderlich wird. Beispiele hierfür sind dynamische Untersuchungen an Maschinenfundamenten oder die Berechnung von Massivbrücken mit komplexer Geometrie. Auch die Fähigkeit, mittels Kontaktbedingungen oder nichtlinearer Bettung realistische Lagerungs- und Anschlussbedingungen zu modellieren, lässt eine Anwendung von Volumenelementen als zweckmäßig erscheinen.

## Modellbildung

Die Definition eines Tragwerksmodells erfolgt über Modellobjekte. Diese bestehen aus frei kombinierbaren Teilvolumina, welche mittels Querschnittsextrusion oder durch Eingabe von vier- bis achteckigen Polyedern gebildet werden können. Objekteigenschaften wie Material, Farbe, Layer usw. können unmittelbar zugewiesen werden. Bettungs- und Kontakteigenschaften werden auf den jeweiligen Modellober-

flächen definiert. Anschließend wird das fertige Modellvolumen unter Beachtung sämtlicher Randbedingungen mit Tetraederelementen vernetzt.

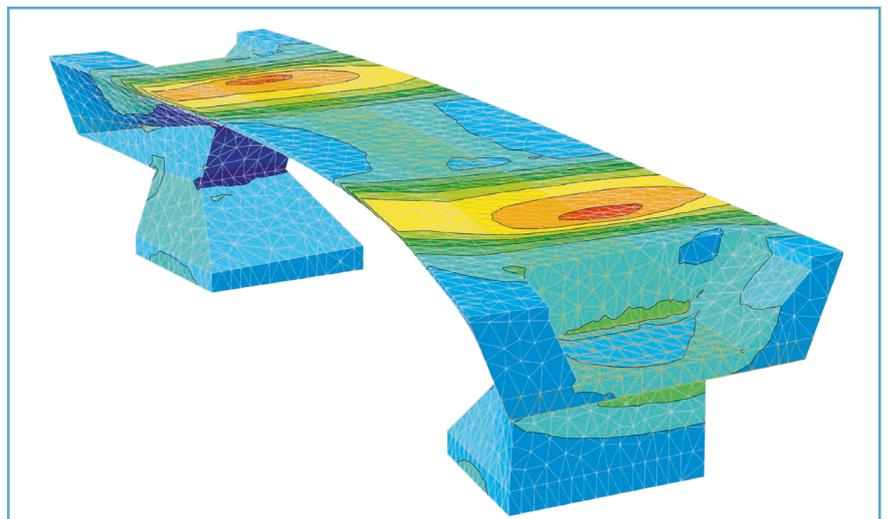
## Beanspruchung

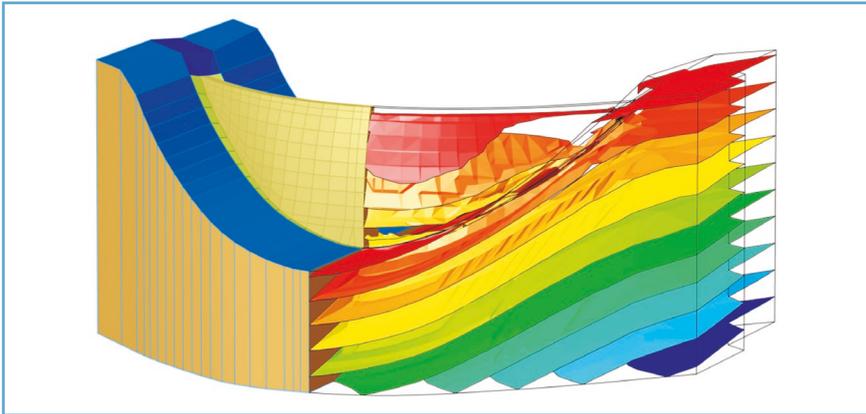
Für die Berechnung von Volumenmodellen stehen alle erforderlichen Lastarten zur Verfügung:

- Eigen- und Knotenlasten
- Freie Einzel-, Linien- und Flächenlasten
- Stützensenkung
- Lineare Temperaturfelder
- Freie Spanngliedlagen / Vorspannung
- Kriechen und Schwinden
- Lastmodelle für den Brückenbau
- Dynamische Zugüberfahrt

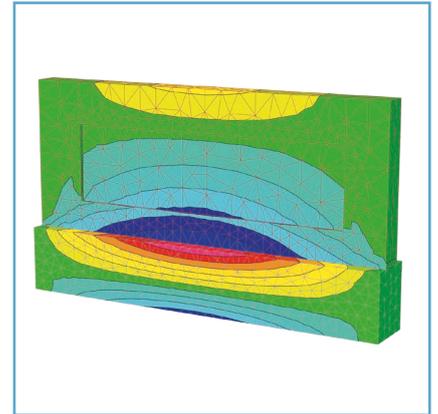
## Berechnung

Für die FEM-Analyse steht ein Tetraederelement mit 10 Knoten zur Verfügung, welches eine lineare Spannungsverteilung exakt wiedergibt und somit über eine sehr gute Ergebniskonvergenz verfügt. Darüber hinaus zeichnet sich das Element durch eine hohe Berechnungsgeschwindigkeit aus. Neben den bereits erwähnten statischen und dynamischen Fähigkeiten sind Stabilitätsuntersuchungen (Theorie 2. Ordnung, Knicken, Beulen usw.), Kontaktelemente sowie plastisches Materialverhalten (Huber-von Mises, Raghava, Rankine, Drucker-Pareger und Lubliner) und Schädigungsmodelle implementiert.





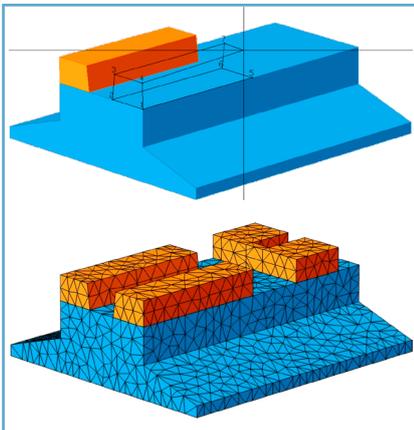
Staumauer mit Felsgründung - Isoflächen der Spannungsverteilung



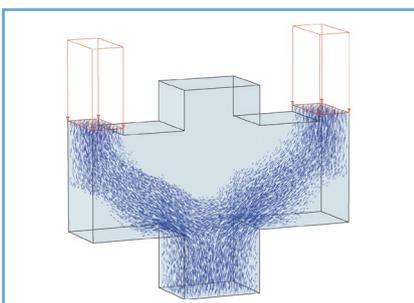
Spannungsverteilung infolge Temperaturdifferenz

### Thermische Berechnung

Diese erlaubt die Ermittlung von stationären oder instationären Temperaturverteilungen in beliebigen Volumenmodellen. Hierzu werden den Oberflächen die thermischen Einwirkungen und den Körpern ggf. die Wärmequelle mit ihrer Leistungsdichte zugewiesen. Für die ermittelten Temperaturzustände können die Spannungen und die Dehnungen berechnet werden.



Volumenkörper und Tetraedervernetzung



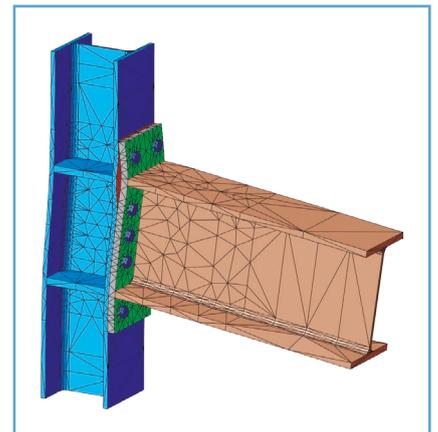
Hauptdruckspannungen

### Ergebnisse

Der Wert einer Berechnung zeigt sich erst mit den Möglichkeiten der Ergebnisaufbereitung. Diese tragen in besonderem Maße dazu bei, die Struktur und das Tragverhalten zu verstehen und zu dokumentieren. Für Volumenmodelle stehen u.a. die folgenden Ergebnisdarstellungen zur Verfügung:

- Deformationen mit Animation
- Farbflächen
- Räumliche Isoflächen
- Oberflächenschnitte
- Volumenschnitte
- Hauptspannungsvektoren
- Integrale Schnittgrößen zur Nachweisführung
- Temperaturverteilungen

Nach Integration der Spannungen mit Bemessungsobjekten stehen Schnittgrößen zur Weiterverarbeitung durch die Nachweisprogramme bereit.

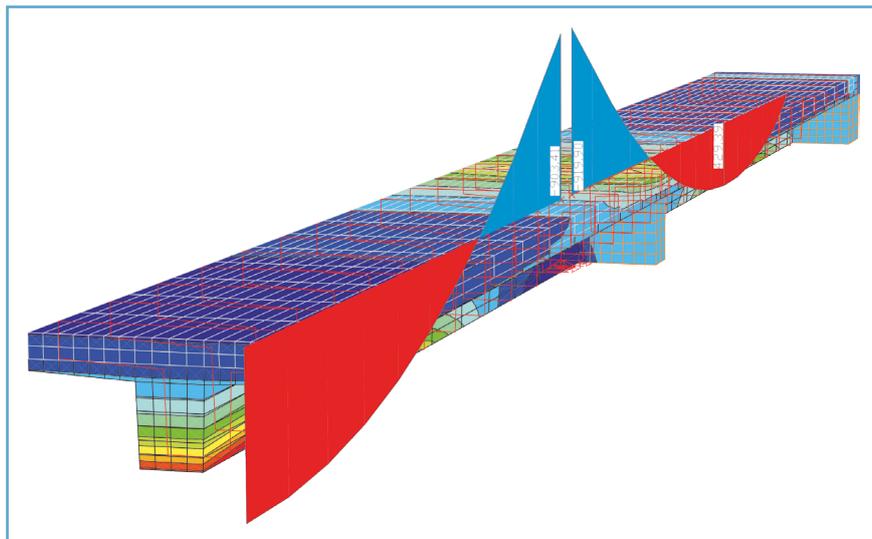


Kopfplattenanschluss mit Kontakteigenschaften

### Volumenmodelle:

- Tragwerksmodellierung mit Modellobjekten
- Definition durch Querschnittsextrusion oder Polyederobjekte
- Direkte Vernetzung von ICF Körpern (B-Rep)
- Automatische Vernetzung mit Verfeinerung (Tetradisierung)
- 8- und 10-Knotenelemente
- Freie Lasten
- Lineare Temperaturfelder
- Freie Spanngliedlagen / Vorspannung
- Stabilitätsuntersuchungen
- Nichtlineare Lagerung und Bettung
- Kontakt
- Plastizitätstheorie (Huber-von Mises, Raghava, Rankine, Drucker-Prager, Lubliner)
- Schädigung nach Mazars, De Vree oder elasto-plastisch (Lubliner, Lee & Fenves)
- Thermische Berechnung

# Bemessungsobjekte



Volumenmodell mit Gesamtschnittgrößen

## Bemessungsobjekte

Im Massivbau werden häufig Berechnungsmodelle verwendet, die aus einer Kombination von Stab- und Flächenelementen oder aus Volumenelementen bestehen. Diese Modelle erlauben z. B. die Betrachtung von unterschiedlichen Bauzuständen und die dadurch auftretenden Kriechumlagerungen innerhalb eines Querschnittes. Da diese Modelle Schnittgrößen getrennt für die Stab- und Flächenelemente ermitteln, können sie nicht direkt für die Stahlbeton- bzw. Spannbetonnachweise benutzt werden. Mit den Bemessungsobjekten können die Reaktionen der Einzelelemente zu 'Gesamtschnittgrößen' aufintegriert werden. Diese

stehen anschließend zur Weiterverarbeitung durch die Nachweisprogramme zur Verfügung.

## Integration

Die Integration der Reaktionen erfolgt für alle Elemente, die sich innerhalb eines Querschnittes des Bemessungsobjektes befinden. Die integrierten Schnittgrößen stehen

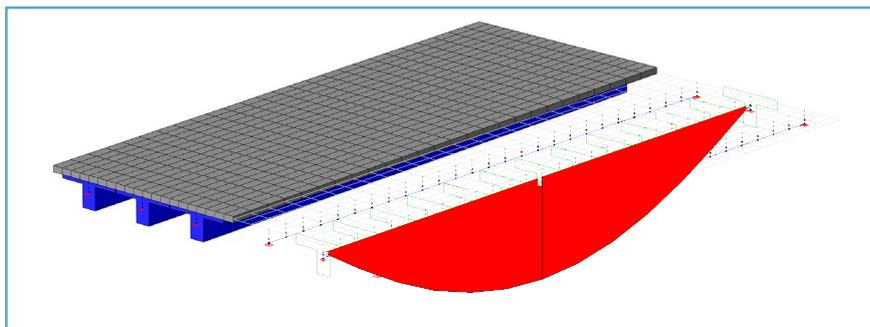
dann Lastfallweise für die Darstellung und Weiterverarbeitung in den Nachweisen zur Verfügung.

## Massivbaunachweise

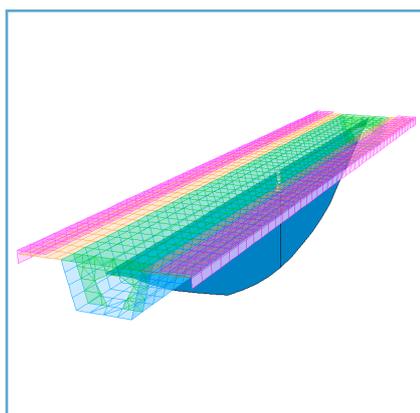
Für die Querschnitte der Bemessungsobjekte können anschließend alle Stahlbeton- und Spannbetonnachweise durchgeführt werden. Alle Bemessungsvorgaben werden dabei querschnittsabhängig voreingestellt. Damit ist es z. B. auch möglich, vorgespannte Volumenträgerwerke nachzuweisen.

## Verbundquerschnitte

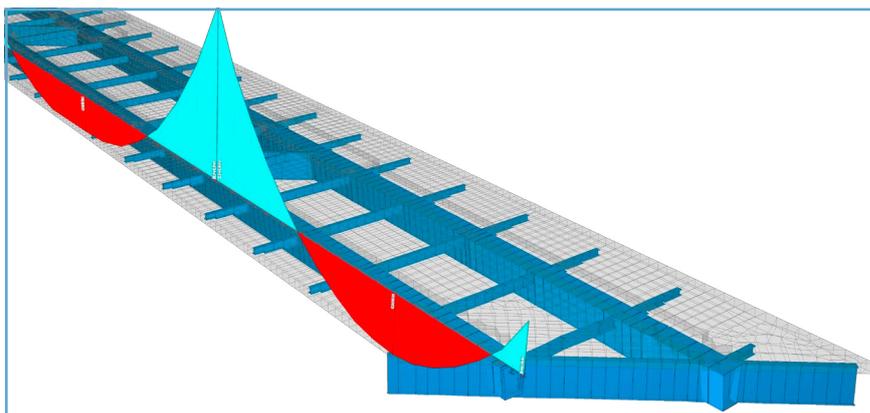
Zur Behandlung von Querschnitten mit unterschiedlichen Materialien können den Bemessungsobjekten Verbundquerschnitte zugeordnet werden. Diese setzen sich aus mehreren Teilquerschnitten zusammen. Für Verbundquerschnitte aus Stahl und Beton kann eine Einzelbemessung durchgeführt werden.



Fertigteilträger mit Ortbetonerfüllung und integrierte Schnittgrößen

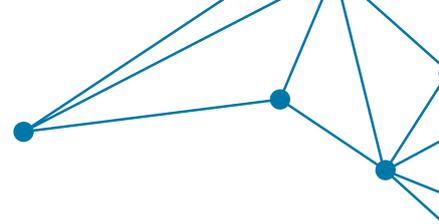


Integration am Schalenmodell



Gesamtschnittgrößen aus Platte und Hauptträger

# NURBS



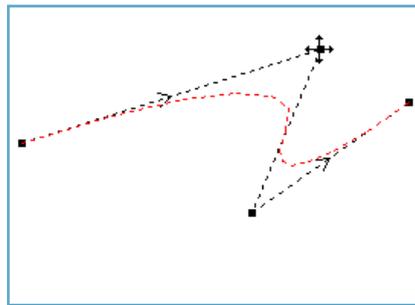
## Freiform-Strukturen mit NURBS

Zur Eingabe von Freiform-Strukturen stehen NURBS-Kurven, -Flächen und -Volumen zur Verfügung (**Non-Uniform Rational Basic-Spline**).

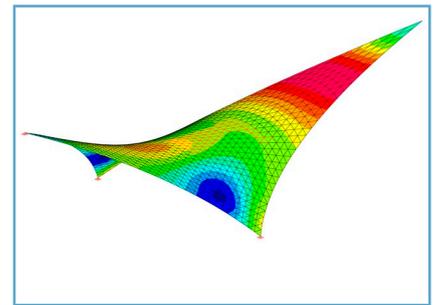
Hiermit lassen sich sehr einfach Strukturen erstellen, die keiner Regelgeometrie entsprechen. Auf den NURBS können sofort Elementnetze generiert werden.

Eine NURBS-Kurve wird durch ein Kontrollpolygon beschrieben. Der Grad des NURBS gibt dabei an, wie stark sich dieser an das Polygon anschmiegt. Durch bloßes Verschieben der Kontrollpunkte kann der NURBS in nahezu jede beliebige Form verzerrt werden.

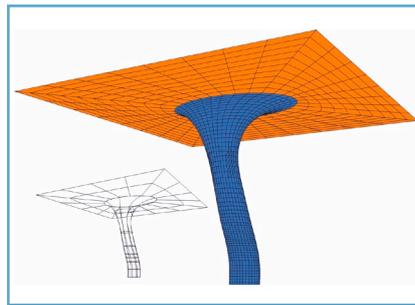
NURBS-Flächen werden dann in der Regel durch mehrere Profilkurven oder aus Randkurven erzeugt. Weiterhin können beliebige Rotationsflächen generiert oder Volumenkörper extrudiert werden. Vielfältige Funktionen erlauben die einfache Behandlung von sehr komplexen Strukturen.



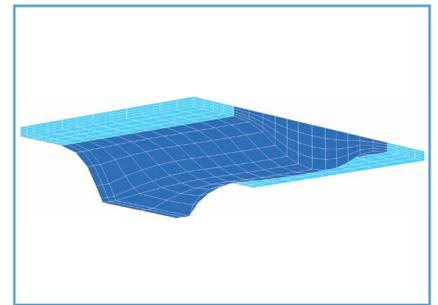
NURBS-Kurve mit Kontrollpunkten



FEM-Netz mit Spannungsverlauf



NURBS-Fläche und FEM-Netz



Volumenmodell

## Freiformgeometrien mit NURBS:

- NURBS-Kurven, -Flächen und -Volumen
- Eingabe von Kontroll- oder Interpolationspunkten
- Erzeugung von NURBS-Flächen aus Profilkurven
- NURBS-Flächen aus 4 Randkurven (Coons-Patch)
- Einfügen von zusätzlichen Knoten in einzelnen Richtungen
- Verbinden von NURBS
- NURBS durch Rotation von Kurven oder Flächen
- Automatische Vernetzung mit Flächen- oder Volumenelementen

# Daten und Preise

## Funktionalität der Grundpakete InfoCAD

### Systemaufbereitung

---

Interaktive 3D CAD-Oberfläche mit Layertechnik  
CAD-Funktionen wie Kopieren, Spiegeln, Bewegen etc. für alle Objekte  
NURBS-Objekte zur Behandlung von Freiformgeometrien  
Zeichnungsobjekte als Konstruktionshilfen  
Automatische und manuelle Vermaßung  
Vollautomatische Netzgenerierung für ebene und räumliche Systeme, optional manuelle Teilvernetzungen  
Durchdringungen und Generierung von Regelflächen  
Manuelle Elementbearbeitung mit Verdichten, Anpassen, Knotenbewegen etc.  
Beliebige Schnittkraft- und Bewehrungsrichtungen  
Unabhängige Netzkontrollen  
Automatisches Ausrichten von Elementexzentrizitäten  
Liniengelenke, Stabgelenke mit Federsteifigkeiten, Koppelfugen und Einzelkopplungen  
Federelemente mit beliebiger nichtlinearer Kennlinie (FEM)  
Elastische Bettung unter Ausschluss von Zugspannungen nach dem Bettungsziffer- oder Steifemodulverfahren  
Starre und gefederte Einzel und Linienlager, Ausschluss von Zuglagern (FEM)

### Berechnung

---

Vordefinierte Betongüten, Stahl, Holz, frei definierbare Werkstoffe  
Polygonale Querschnitte, Stahlbauprofilbibliothek, benutzereigene Profildatenbank  
Zug- und Druckstäbe  
Verwaltung von Bauzuständen  
Elementunabhängige Einzel-, Linien- und Flächenlasten, Stützensenkung, Temperatur, Flüssigkeitsdruck (FEM)  
Generieren von Lastenzügen, Ermittlung von Einflusslinien und Einflussflächen  
Schnittkraft- und Spannungsermittlung  
Bemessungsobjekte zur Spannungsintegration an beliebigen Schnitten  
Lastfallkombination mit min/max Ermittlung aller Systemreaktionen  
Einwirkungen und Situationen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit  
Kombinationsinfo zur Bestimmung der an einem Ergebnis beteiligten Lastfälle mit ihrer jeweiligen Wichtung

### Massivbaunachweise

---

Robustheit, Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein  
Querkraft, Torsion und kombinierte Beanspruchung, Durchstanzen  
Schubkraftübertragung in Fugen, Ermüdung für Beton und Betonstahl, Rissnachweis

### Stahlbaunachweise

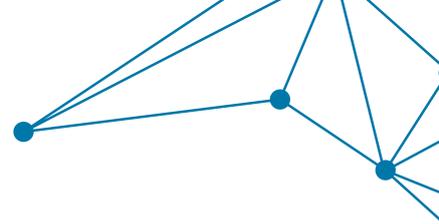
---

Spannungen und Ausnutzungen der Klassen 1–4 nach EN 1993-1-1  
Allgemeine Querschnittsanalyse und Spannungsnachweise für polygonale Querschnitte

### Ergebnisausgabe und Datenaustausch

---

Graphische und tabellarische Darstellungen, Visualisierung und Animation  
Seriendruck mit automatischer Aktualisierung von Ergebnisplots  
DXF-Schnittstelle, Windows-Zwischenablage, DSTV-, IFC- und SAF-Datenaustausch (BIM), BCF-Editor  
BIM Add-In für Revit®, Bewehrungsübergabe an Konstruktionsprogramme



## Preisübersicht der Grundpakete und Zusatzausstattungen InfoCAD

### Grundpakete

---

<b>Finite Elemente 2D</b> .....	3.900,00 €
Platten und Scheiben mit Unterzügen, ebene Stabwerke nach Theorie 2. Ordnung und Trägerroste.	
<b>Finite Elemente 3D</b> .....	8.950,00 €
Platten, Scheiben, Schalen, Faltwerke sowie ebene und räumliche Stabwerke nach Theorie 2. Ordnung.	
<b>Ebene Stabwerke</b> .....	1.900,00 €
<b>Räumliche Stabwerke</b> .....	2.500,00 €
<b>Rotationsschalen</b> .....	2.300,00 €
Rotationssymmetrische Flächentragwerke nach der Finiten Element Methode.	

### Zusatzausstattungen

---

<b>Gebrauchstauglichkeitsnachweise Stahlbeton</b> .....	750,00 €	
Begrenzung der Beton- und Stahlspannungen, Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite, Begrenzung der Rissbreite durch direkte Berechnung.		
<b>Holznachweise</b> .....	750,00 €	
<b>Seilelemente</b> .....	1.500,00 €	
Seilstrukturen mit und ohne Vorspannung nach der Theorie großer Verformungen.		
<b>Theorie 2. Ordnung</b> .....	1.250,00 €	
Flächentragwerke nach der Elastizitätstheorie 2. und 3. Ordnung, Ermittlung der Knick- und Beuleigenformen inkl. Lastfaktoren.		
<b>Gleichungslöser</b> .....	1.250,00 €	
Paralleler Sparse Solver, Substrukturtechnik und iterativer Gleichungslöser für große Tragwerkssysteme.		
<b>Biegedrillknicknachweis</b> .....	500,00 €	
Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren für einfach- und doppelsymmetrische I- und U-Profile.		
<b>Volumenmodelle</b> .....	2.950,00 €	
<b>Dynamik</b> .....	3.900,00 €	
<b>Vorspannung</b> .....	4.900,00 €	
<b>Brückenbaunachweise</b> .....	3.900,00 €	
Nachweise für Stab-, Flächen- und Volumentragwerke. (Sonderpreis in Verb. mit dem Modul 'Vorspannung') .....		2.900,00 €
<b>Brückennachrechnung</b> .....	2.900,00 €	
Programmergänzung zu den Brückenbaunachweisen		
<b>Nachrechnung Stufe 4 für Querkraft und Torsion</b> .....	750,00 €	
Programmergänzung zur Brückennachrechnung		
<b>Nichtlineare Systemanalyse</b>		
Ergänzung zum Programmmodul 'Ebenes Stabwerk' .....	1.500,00 €	
Ergänzung zum Programmmodul 'Räumliches Stabwerk' .....	2.000,00 €	
Ergänzung zum Programmmodul 'Finite Elemente 3D' .....	3.500,00 €	
<b>Tragwerksanalyse für den Brandfall</b>		
Ergänzung zum Programmmodul 'Nichtlineare Systemanalyse' .....	2.450,00 €	
<b>InfoCAD BIM RV</b>		
BIM Add-In für Autodesk® Revit® .....	kostenfrei	



## Allgemeines

### Lieferumfang

---

Das Programmsystem InfoCAD wird mit dem zugehörigen Benutzerhandbuch und ausgearbeiteten Einführungsbeispielen auf CD ausgeliefert. Es ist lauffähig auf den Windows Betriebssystemen ab Version 8. Die Programme sind mit einem Softwareschutz versehen und werden wahlweise als Einzelplatz oder Netzwerklizenz geliefert, ohne dass hierfür besondere Gebühren berechnet werden.

### Preisstellung

---

Alle Lieferungen und Leistungen erfolgen zu den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der InfoGraph GmbH. Preise verstehen sich ab Lager Aachen zzgl. MwSt. Installationen vor Ort werden nach Aufwand berechnet.

### Mehrfachlizenzen

---

In der Preisliste werden die Gebühren für die Erstlizenz der Programmkomponenten angegeben.

Bei mehrfacher Installation innerhalb einer Betriebsstätte gilt die folgende Rabattstaffel:

- 2. Lizenz: 40% Rabatt auf die Erstlizenz
- ab der 3. Lizenz: 70% Rabatt auf die Erstlizenz

### Gewährleistungszeit

---

Die Gewährleistungszeit beträgt 6 Monate. Innerhalb dieser Zeit kann der Lizenznehmer die Programmpflege und Anwendungsberatung kostenfrei nutzen.

### Programmschulung

---

Aktuell werden Schulungen als Online-Seminare durchgeführt. Die Seminargebühren betragen Euro 250,00 zzgl. MwSt. pro teilnehmendem Computer. Zu Präsenzveranstaltungen, ggf. auch vor Ort, unterbreiten wir auf Anfrage gerne ein Angebot.

### Software-Wartungsvertrag

---

Mit Abschluss eines Software-Wartungsvertrags nimmt der Lizenznehmer während der Vertragsdauer an allen Programmrevisionen und -ergänzungen teil. Zusätzlich kann er jederzeit fermündlich, schriftlich oder per Internet die Beratung des Lizenzgebers bei der Anwendung des Programmsystems in Anspruch nehmen.

### Erweiterung von Programmlizenzen

---

Alle Programmlizenzen lassen sich modular erweitern. Während der Gewährleistungs- oder Wartungszeit werden bereits erworbene Programmkomponenten ihrem Funktionsumfang entsprechend angerechnet. Außerhalb dieser Zeiten kann vor der Erweiterung eine kostenpflichtige Aktualisierung älterer Programmteile notwendig werden.



## Beratung

Investitionen im Software-Bereich sind langfristige Entscheidungen für eine Produktlinie. Fachkompetente Beratung nimmt auch im Hinblick auf die neuen Normengenerationen eine immer wichtigere Rolle bei der wirtschaftlichen Arbeit ein. Durch den ausschließlichen Einsatz von berufserfahrenen Bauingenieuren sind das Verständnis für Ihre Anliegen und die kompetente Beratung gewährleistet.

## Pflege

Das Produkt muss sich unter den komplexen Anforderungen in der Praxis ständig bewähren. Kontinuierliche Weiterentwicklung und die Anpassung an sich ändernde Randbedingungen sichern dauerhaft die Leistungsfähigkeit.

Stand: April 2024

### Bildnachweis

---

Stock Fotos von 123rf.com: Bild 30695480, Urheber: Lev Kropotov, Bild 11558331, Urheber: Dmytro Surkov, Bild 3679075, Urheber: Iurii Konoval, Bild 7746636, Urheber: Emanuel Kaplinsky, Bild 34179967, Urheber: Pan Demin, Bild 39741873, Urheber: PaylessImages, iStockphoto.com: Bild 19814856, Urheber: Sara Winter

**InfoGraph GmbH**

Kackertstraße 10  
D-52072 Aachen

Tel.: +49 241 88 99 80  
Fax: +49 241 88 99 88 8

[info@info-graph.de](mailto:info@info-graph.de)  
[www.info-graph.de](http://www.info-graph.de)