

Seite bearbeitet Oktober 2024	Kontakt	Progra	ammübersicht 🚺	Bestelltext
Infos auf dieser Seite				als pdf 🔼
undo-Funktion	i Skalierun	gseigenschaften 3D	i Rechenlaufo	ptionen [i]
Darstellungseigenschaften	i Sichtbarke	eitsstatus	i Steifemodul	verfahren
Blickrichtung manuell	i Auswahlli	sten	i Detailnachwe	eispunkte 🚺
Blickwinkelspeicher	i Systemdr	uckliste	i	

Die grafische Eingabe eines Platten-/Scheibentragwerks gliedert sich in die fünf logischen Eingabekapitel

- Modellierung
- Bildung des statischen Systems
- Festlegung der Belastung
- und der zu führenden Nachweise, sowie die
- Kontroll- und Steuerungsfunktionen

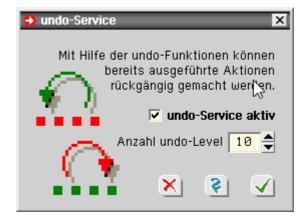
### Eigenschaften der undo-Funktionen



Der nebenstehend dargestellte *undo*-Button dient dazu, Auswirkungen versehentlich gestarteter Aktionen rückgängig zu machen.

Unter Verwendung der Voreinstellung operiert der undo-Mechanismus mit 10 undo-Levels und einem redo-Level. Dies bedeutet, dass die letzten 10 Änderungen am aktuellen Datenzustand sukzessive rückgängig gemacht werden können. Wird die undo-Funktion einmal zu oft aufgerufen, kann mit der redo-Funktion (Wiederherstellen) auch dies bereinigt werden.

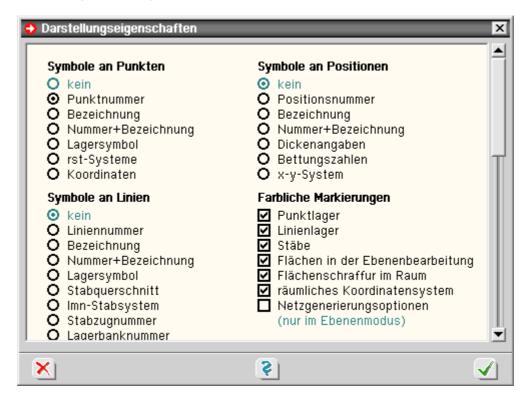
Die undo/redo-Funktionen speichern den kompletten Datenzustand in temporären undo-Dateien, die nach regulärer Beendigung des grafischen Eingabemoduls gelöscht werden.



#### Eigenschaften der Darstellung



Nach Anklicken des nebenstehend dargestellten Buttons, der sich im rechten Bereich der oberen Buttonzeile befindet, erscheint das Eigenschaftsblatt zur Einstellung der Darstellungseigenschaften der Grafik im Darstellungsfenster.



#### Symbole in der Systemfolie

Jedem Objekt (Punkt, Linie, Flächenposition) kann ein Symbol zur Darstellung zugeordnet werden. Welche Symbole bestehen, kann den Auswahllisten entnommen werden.

o normaler Punkt

#### farblich markieren

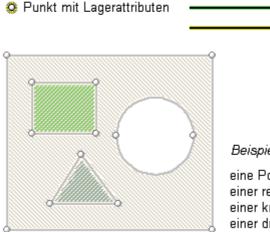
Punktlager, Linienlager und Stäbe können farblich markiert werden.

Weiterhin kann festgelegt werden, ob Flächen gefüllt werden sollen.

In der Ebenenbearbeitung ist es sinnvoll, das Füllen der Flächen auszublenden, wenn eine untergelegte DXF-Folie genutzt werden soll.

Im Raum wird die Position durch Schraffurlinien gefüllt, die nach Bedarf ausgeblendet auch werden können.

Darüber hinaus kann die Darstellung des räumlichen Koordinatensystems im Raum an- bzw. abgeschaltet werden.



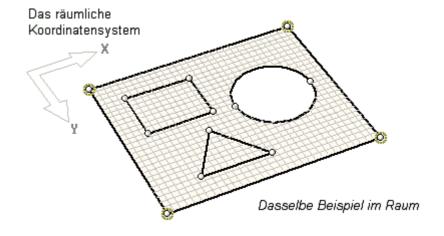
Beispiel (Ebenendarstellung):

eine Position mit einer rechteckförmigen Verstärkung einer kreisförmigen Aussparung und einer dreieckigen Lastfläche

normale Linie

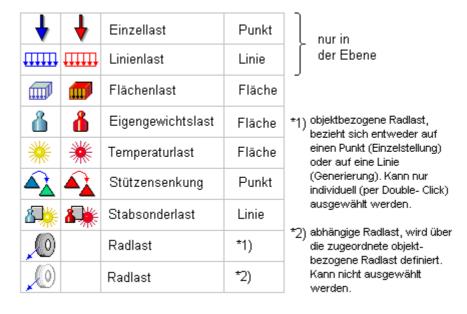
Linie mit Stabattributen

Linie mit Lagerattributen



#### Lastbilder in der Lastfallfolie

Befindet sich die Interaktion in einer Lastfallfolie, werden die hierin definierten Lastbilder dargestellt. Der nachfolgend dargestellten Tabelle kann die Bedeutung der Symbole entnommen werden.



In der ersten Spalte ist das Symbol in normaler Form und in der zweiten Spalte im ausgewählten Zustand dargestellt. Die letzte Spalte gibt den zugeordneten, belasteten Objekttyp an.



Einzellasten und Linienlasten werden im Raum "realistisch" unter Berücksichtigung ihrer Größe und Richtung dargestellt.

Jeder Lastbildtyp kann von der Darstellung ausgeschlossen und mit oder ohne Ordinatenangabe dargestellt werden.

#### auswählbar sind

Nicht nur die Darstellung, sondern auch die Auswählbarkeit der Objekte kann vom Benutzer festgelegt werden. Objekte, deren Auswählbarkeit abgewählt wurde, reagieren nicht mehr auf einen Mausklick.

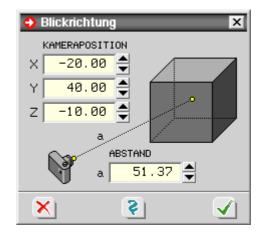
## Skalierungen

Siehe hierzu Skalierungseigenschaften der Darstellung im 3D.

### Blickrichtung manuell vorgeben

numerisch

Der nebenstehend dargestellte Button gehört zur Buttongruppe *Ansicht* und ist nur im 3D-Modus aktivierbar. Wird er angeklickt, kann die Blickrichtung (Kameraposition) numerisch eingestellt werden.



#### Blickwinkelspeicher

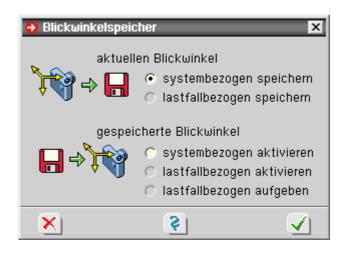


Nach Anklicken des dargestellten Buttons, der sich im rechten Bereich unter der Überschrift *Ansicht* befindet, erscheint das Eigenschaftsblatt zur Speicherung und Aktivierung der Blickwinkel.

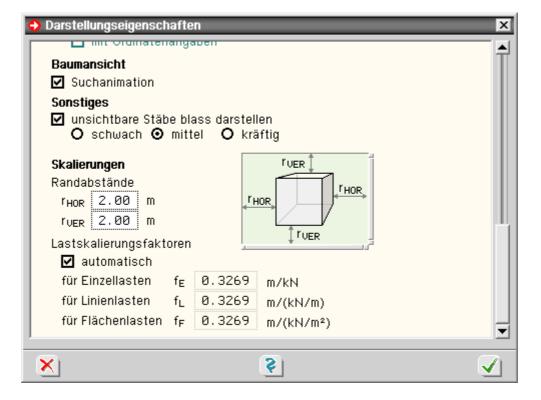
Im Blickwinkelspeicher kann die aktuelle Kameraposition system- oder lastfallbezogen gespeichert werden.

Ist ein Blickwinkel systembezogen gespeichert, wird dieser Blickwinkel auch bei der Generierung des DTE<sup>®</sup>-Bauteilsymbols verwendet.

Zudem werden die gespeicherten Blickwinkel bei der Erstellung der Grafiken in der Systemdruckliste berücksichtigt.



## Skalierungseigenschaften der 3D-Darstellung



### Randabstände

Unter *Randabstände* wird festgelegt, wie viel "Luft" in horizontaler und vertikaler Richtung um die 3D-Konstruktion herum im Objektfenster dargestellt werden soll.

### Skalierungsfaktoren

Für die Einzel-, Linien- und Flächenlasten können Faktoren zur Größenskalierung angegeben werden.

Die Voreinstellung für diese Eigenschaft ist *automatisch*. Hierbei werden die Lastfaktoren für jeden Lastfall unabhängig voneinander programmintern berechnet, indem die größte Ordinate mit 12 % der Raumdiagonalen des umgebenden Quaders des Bauwerks angenommen wird.

Der sich hieraus ergebende Skalierungsfaktor wird auf alle Lastordinaten angewandt, jedoch wird eine Mindestgröße bei der Darstellung nicht unterschritten, um die Auswählbarkeit kleiner Einzel- und Linienlasten per Mausklick zu gewährleisten.



Die Einstellungen bzgl. der Skalierungsfaktoren werden auch bei der Ausgabe der Lastgrafiken in der Systemdruckliste berücksichtigt.

#### Sichtbarkeitsstatus



Über den dargestellten Buttons besteht die Möglichkeit, ausgewählte Objekte unsichtbar zu schalten.

Hierdurch kann innerhalb von komplexen Strukturen mit sehr vielen Objekten an ausgewählten Detailbereichen gearbeitet werden. Sichtbarkeitsstatus

1 2 3 4 5 6

Folgende Funktionen stehen zur Verfügung

- 1. alle Objekte werden unsichtbar geschaltet, die aktuell nicht ausgewählt sind. Es wird mit den aktuell ausgewählten Objekten weitergearbeitet.
- 2. Es werden alle Objekte unsichtbar geschaltet, die aktuell ausgewählt sind. Es wird mit den aktuell nicht ausgewählten Objekten weitergearbeitet.
- 3. Sichtbarkeit invertieren: Es werden alle Objekte unsichtbar geschaltet, die aktuell sichtbar sind und umgekehrt.
- 4. Normalzustand: alle Objekte werden sichtbar geschaltet.
- definierter Sichtbarkeitsstatus rückwärts: Es wird der Zustand wieder hergestellt, der vor der letzten Änderung des Sichtbarkeitsstatus vorherrschte (Sinnvoll bei sukzessiver Ausschaltung der Sichtbarkeit).
- 6. definierter Sichtbarkeitsstatus vorwärts: Es wird der Zustand wieder hergestellt, der vor dem letzten Rücksprung vorherrschte. Hierdurch kann zwischen benachbarten Sichtbarkeitszuständen hin- und hergeschaltet werden.

### Auswahllisten

Der aktuelle Auswahlzustand kann in einer Auswahlliste gespeichert werden.

Durch Anklicken des markierten Buttons erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem der aktuellen Auswahl eine Bezeichnung zugeordnet werden kann.

Diese Auswahl kann durch Anklicken des entsprechenden Symbols im Baumansichtsfenster aktiviert werden.

Durch Doppelklicken einer definierten Auswahlliste erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem die definierten Auswahllisten eingesehen und verwaltet werden können.

Durch Doppelklicken des Wurzelobjekts mit der Bezeichnung *Auswahllisten* kann in dem hierdurch eingeblendeten Eigenschaftsblatt festgelegt werden, wie das grafische Eingabemodul auf einen Klick auf eine Auswahlliste reagieren soll.



### Eigenschaften der Systemdruckliste



Durch Anklicken des dargestellten Buttons erscheint ein Eigenschaftsblatt auf dem Sichtgerät, in dem die Inhalte der Systemdruckliste festgelegt werden können.

Gleichbedeutende Menüfunktion Bearbeiten → Systemdrucklistenoptionen



In dem Auswahlfenster können alle Elemente der Systemdruckliste (Grafiken und Tabellen) an- bzw. abgeschaltet werden.

Grafiken können hinsichtlich ihrer Größe und ihres Inhalts fein eingestellt werden.

### Rechenlaufoptionen



Durch Klicken der nebenstehend dargestellten Buttons können die Angaben zum Rechenmodus eingesehen bzw. geändert werden. Das Eigenschaftsblatt ist in mehrere Register eingeteilt.

Register 1: Rechenmodus



Der Rechenmodus unterscheidet auf oberster Ebene zunächst zwischen der Art der Bettungsberechnung.

Beim *linearen Rechenlauf* werden etwaige elastisch gebettete Flächenpositionen grundsätzlich nach dem Bettungsmodulverfahren berücksichtigt. Sind den definierten Nachweisen Extremalbildungsvorschriften und Lastkollektive zugeordnet, werden auch beide Lastkombinationstypen zur Bildung des extremalen Bemessungswerts herangezogen. Die Angaben zum Ausfall von Zug- bzw. Druckfedern der Linienlager werden ignoriert, d.h. die Lagerung wirkt immer.

Beim *nichtlinearen Rechenlauf* werden für die Berechnung nur die Lastkollektive verwendet, da hier das Superpositionsgesetz keine Gültigkeit mehr besitzt. Die Nichtlinearität besteht bei Stab- und Flächenpositionen grundsätzlich in der Möglichkeit, Zug- bzw. Druckfedern auszuschalten.

Für Flächenpositionen kann das Verfahren zur Berücksichtigung der Bettungen bei der nichtlinearen Berechnung gewählt werden. Hier besteht alternativ zum Bettungsmodulverfahren die Möglichkeit, das Steifemodulverfahren zu verwenden.

#### Steifemodulverfahren

Beim Steifemodulverfahren kann der Boden vereinfacht als *elastischer Halbraum* oder mit einem genaueren Modell als *geschichteter Boden* (kostenpflichtiges Zusatzmodul) beschrieben werden.

Es wird die Ebene angegeben, die der Bodenoberfläche entspricht. Alle gebetteten Positionen, die in der angegebenen Ebene liegen, werden dann automatisch beim Steifemodulverfahren berücksichtigt (Ausnahme: siehe weiter unten).

Der der Position zugeordnete Bettungsmodul gilt hierbei nur als Startwert der Iteration.

Die Durchbiegungen der Flächenpositionen werden zunächst unter Annahme einer Verteilung des Bettungsmoduls berechnet. Aus den sich daraus ergebenden Bodenpressungen wird mit dem verwendeten Bodenmodell eine Setzungsmulde ermittelt.

Die angenommenen Bettungsmoduln werden dann solange iterativ angepasst, bis die Durchbiegungen hinreichend genau der Setzungsmulde entsprechen.

Grundlage der Bodenberechnung ist die Kenntnis der Setzungsmulde, die sich für eine Einzellast bzw. eine kreisförmige Last ausbildet. Die Setzungsmulde der Flächenpositionen ergibt sich dann durch Überlagerung dieser Grundzustände, so dass beliebige Geometrien vorliegen können.

Zur Berechnung der Setzungen des elastischen (unendlichen) Halbraums reicht die Angabe des Verformungsmoduls aus. Die Setzungsmulde läßt sich nach den Formeln von Boussinesq berechnen (*Boussinesq, J.: "Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques", (1885*)).

In natürlichen Böden sind die das Verformungsverhalten des Materials kennzeichnenden Größen auf Grund der Inhomogenitäten in den seltensten Fällen konstant. Um realistischere Setzungen zu erhalten, können beim geschichteten Boden mehrere horizontal verlaufende Bodenschichten mit unterschiedlichen Stoffparametern verwendet werden.

Die Schichten unterscheiden sich in ihrer Dicke und den elastischen Eigenschaften, die durch die Querkontraktionszahl (Poissonzahl) und dem E-Modul beschrieben werden.

Der E-Modul kann abhängig von den vom Bodenmechaniker ermittelten Bodenkennwerten als Elastizitätsmodul E, Steifemodul  $E_s$  oder Verformungsmodul  $E_v$  (auch Rechenmodul) eingegeben werden.

Die Setzungsmulde des Bodens mit mehreren Schichten wird wie in Small, J.C., Booker, J.R.: "Finite layer analysis of layered elastic materials using a flexibility approach. Part 2 - Circular and rectangular loadings", (1986) ermittelt.

Weitere Informationen finden sich unter Steifemodulverfahren mit geschichtetem Boden.

#### nichtlineares Verhalten der Lagerangaben

Bei der Definition von Punkt- und Linienlagern sowie bei der Festlegung von elastisch gebetteten Flächenpositionen kann der Anwender Eigenschaften zum nichtlinearen Verhalten festlegen.

Diese Eigenschaften werden nur bei der nichtlinearen Berechnung berücksichtigt und geben an, ob die definierte Lagerung immer oder nur bei Verschiebung (des Punkts, der Linie oder der Fläche) in eine bestimmte Richtung wirkt.

Hierdurch kann zwischen frei aufliegenden und verankerten Auflagern unterschieden werden.

Erfolgt die Berechnung nach dem Steifezahlverfahren und sind elastisch gebettete Positionen in der Bodenebene mit der Festlegung *wirkt immer* markiert, werden diese Positionen nach dem Bettungszahlverfahren berücksichtigt.

Register 2: Abstände



Im zweiten Register können vom System in der Interaktion im Eingabemodul als auch im Netzgenerierungsmodul verwendete Abstände festgelegt werden, die an unterschiedlichen Stellen benötigt werden und für die Eingabe des statischen Systems und die fehlerfreie Umsetzung des Systems in ein Finite-Elementnetz maßgeblich sind

#### Fangabstand f ür Datenzustandsbereinigung

Dieser Wert wird bei der automatischen Datenzustandsbereinigung berücksichtigt, die vor der Erzeugung der Eingabedatei für das Rechenmodul durchlaufen wird.

Punkte werden bei der Datenzustandsbereinigung vereinigt, wenn ihr räumlicher Abstand zueinander kleiner ist als dieser Fangabstand.

Aus diesem Grunde sollte der Wert kleiner sein als der systembedingt kleinste Abstand zweier Fixpunkte.

Der eingegebene Wert gilt als Voreinstellung für die manuelle Datenzustandsbereinigung.

#### globale, mittlere Elementkantenlänge

Mit diesem Wert wird die Elementdichte für das Gesamtsystem festgelegt und hat maßgeblichen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse.

Der Wert wird auch bei der Festlegung der Netzgenerierungsoptionen von Flächenpositionen zur Editierung angeboten.

#### Fangabstand des Netzgenerierers

Dieser Wert wird bei der Vernetzung der generierten Knoten vom Netzgenerierungsmodul benötigt und sollte deutlich kleiner sein als die Elementkantenlänge, jedoch etwas größer als der größte Fangabstand der definierten Ebenen.

Letztere Bedingung stellt sicher, dass alle in einer Ebene definierten Objekte auch vom Netzgenerierungsmodul als solche erkannt werden.

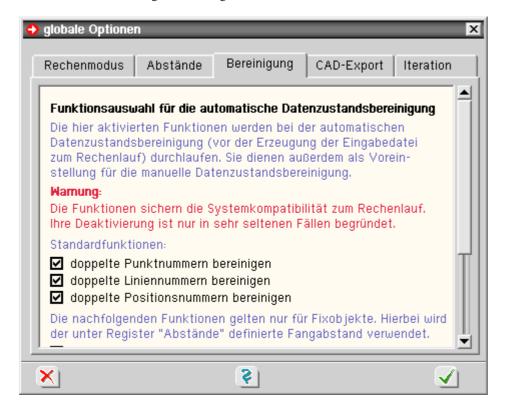
Ist der hier vorgegebene Wert größer als 1/20 der Elementkantenlänge, so wird er automatisch vom Netzgenerierer verkleinert.

### Fangabstände der Ebenen

Mit diesen Fangabständen entscheidet das grafische Eingabemodul, welche der insgesamt definierten Objekte Teil der betrachteten Ebene sind.

Es empfiehlt sich, bei der Festlegung der Punktkoordinaten möglichst exakt zu arbeiten, um einen zu großen Fangabstand zu vermeiden.

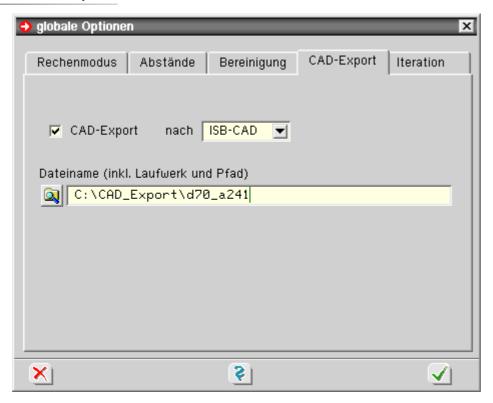
#### Register 3: Bereinigung



Im dritten Register kann festgelegt werden, welche Funktionen bei der automatischen Bereinigungsfunktion durchlaufen werden sollen.

Da alle hier angebotenen Funktionen den fehlerfreien Ablauf der Berechnung sicherstellen, sollten die Operationen auch teilweise nur in sehr begründeten Fällen deaktiviert werden.

### **Register 4: CAD-Export**



Im vierten Register kann das Rechenprogramm angewiesen werden, die Informationen bzgl. der erforderlichen Bewehrung über programmspezifische Dateien an ein CAD-System weiterzuleiten.

Hierzu existieren Datenformate unterschiedlicher CAD-Hersteller. Für den CAD-Export ist die Eingabe des Namens einer externen Datei erforderlich.

### **Register 5: Iteration**

Im letzten Register können Parameter zur Steuerung iterativer Berechnungen gesetzt werden.

### Steifemodulverfahren mit geschichtetem Boden

Das Kapitel Steifemodulverfahren mit geschichtetem Boden kann als pdf-Dokument heruntergeladen werden.



Bestelltext Zusatzmodul Plattentragwerke



Bestelltext Zusatzmodul Räumliche Faltwerke



#### Bettungsmodulverfahren

Beim Bettungsmodulverfahren wird der Boden durch ein Federsystem ersetzt. Das Modell geht davon aus, dass die Federn keine Verbindung untereinander haben. Eine Belastung des Bauwerks auf dem Baugrund verursacht nur in der Feder unter der Last eine Verformung. Die aus der Federkonstante resultierenden Durchbiegungen der Bodenplatte stimmen nicht mit der zu erwartenden Setzungsmulde überein.

Der Bettungsmodul ist keine Baugrundkonstante, da er von der Bauwerksgeometrie bzw. der Größe und dem Angriffspunkt der Lasten abhängig ist. Besonders an Bauwerksrändern oder unter konzentrierten Lasten wirkt der Boden mit einem erhöhten effektiven Bettungsmodul, so dass bei der praktischen Anwendung in diesen Bereichen der Bettungsmodul oftmals um den Faktor 2 bis 4 vergrößert wird.

Der große Vorteil des Bettungsmodulverfahrens liegt darin begründet, dass die Berechnung, falls keine Zugspannungen in der Bodenfuge vorliegen, linear durchgeführt werden kann. Die Nachweisschnittgrößen dürfen also durch Überlagerung der Lastfallergebnisse ermittelt werden.

Demgegenüber steht die Unsicherheit, eine realistische Verteilung des Bettungsmoduls zu finden.

#### Steifemodulverfahren

Beim Steifemodulverfahren wird iterativ eine Verteilung des effektiven Bettungsmoduls ermittelt, so dass die Verformungen des Bauwerks in der Bodenfuge mit der Setzungsmulde aus den Bodenpressungen übereinstimmen.

Die Durchbiegungen der Flächenpositionen werden zunächst unter Annahme einer Verteilung des Bettungsmoduls berechnet. Aus den sich daraus ergebenen Bodenpressungen wird mit dem verwendeten Bodenmodell die Setzungsmulde ermittelt.

Die angenommenen Bettungsmoduln werden dann solange iterativ angepasst, bis die Durchbiegungen hinreichend genau der Setzungsmulde entsprechen.

Grundlage der Bodenberechnung ist die Kenntnis der Setzungsmulde, die sich für eine Einzellast bzw. eine kreisförmige Last ausbildet. Die Setzungsmulde der Flächenpositionen ergibt sich dann durch Überlagerung dieser Grundzustände, so dass beliebige Geometrien und Laststellungen vorliegen können.

Zur Berechnung der Setzungen eines elastischen (unendlichen) Halbraums reicht die Angabe des Verformungsmoduls aus. Die Setzungsmulde lässt sich nach den Formeln von Boussinesq berechnen /1/.

#### Boden mit mehreren Schichten

In natürlichen Böden sind die das Verformungsverhalten des Materials kennzeichnenden Größen auf Grund der Inhomogenitäten in den seltensten Fällen konstant.

Um realistischere Setzungen zu erhalten, können beim geschichteten Boden mehrere horizontal verlaufende Bodenschichten mit unterschiedlichen Stoffparametern verwendet werden.

Die Schichten unterscheiden sich in ihrer Dicke und den elastischen Eigenschaften, die durch die Querkontraktionszahl (Poissonzahl) und dem E-Modul beschrieben werden.

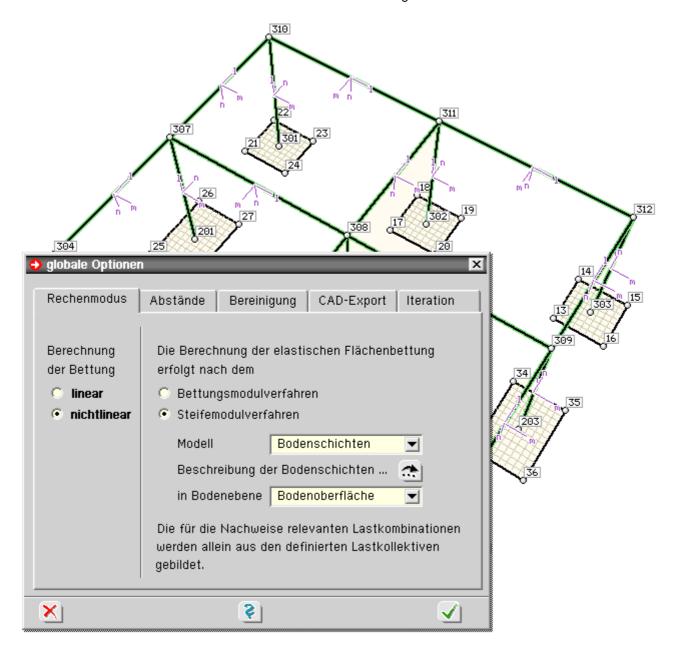
Der E-Modul kann abhängig von den vom Bodenmechaniker ermittelten Bodenkennwerten als Elastizitätsmodul E, Steifemodul  $E_s$  oder Verformungsmodul  $E_v$  (auch Rechenmodul) eingegeben werden.

An die letzte Schicht schließt sich eine unnachgiebige Schicht an.

	Elastizitätsmodul E	Steifemodul E <sub>s</sub>	Verformungsmodul E <sub>v</sub>
E	1	$E = \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu} \cdot E_s$	$E = (1 - v^2) \cdot E_{v}$
Es	$E_{s} = \frac{1 - v}{1 - v - 2 \cdot v^{2}} \cdot E$	1	$E_s = \frac{(1-\nu)\cdot(1-\nu^2)}{1-\nu-2\cdot\nu^2}\cdot E_v$
E <sub>v</sub>	$E_v = \frac{1}{1 - v^2} \cdot E$	$E_{v} = \frac{1 - v - 2 \cdot v^{2}}{(1 - v) \cdot (1 - v^{2})} \cdot E_{s}$	1

### Besonderheiten bei der Berechnung in 4H-ALF3D (Faltwerk)

Bei der Berechnung mit dem Steifemodulverfahren im Faltwerkprogramm 4H-ALF3D ist zu beachten, dass das Bodenmodell nur bei Positionen einer wählbaren Ebene zur Anwendung kommt.



Positionen außerhalb dieser Ebene werden mit dem Bettungsmodulverfahren und dem angegebenen Bettungsmodul Cbz behandelt.

Mit den Bettungszahlen Crx und Cry in der Ebene kann eine kontinuierliche Festhaltung durch Flächenfedern als eine Art Reibung modelliert werden, ohne Punkt- bzw. Linienfedern verwenden zu müssen. Diese Federn werden bei allen Bodenmodellen (Bettungsmodulverfahren und Steifemodulverfahren) zusätzlich zu den Bettungsmoduln angesetzt.

#### Beispiel: Starres Fundament auf geschichtetem Untergrund

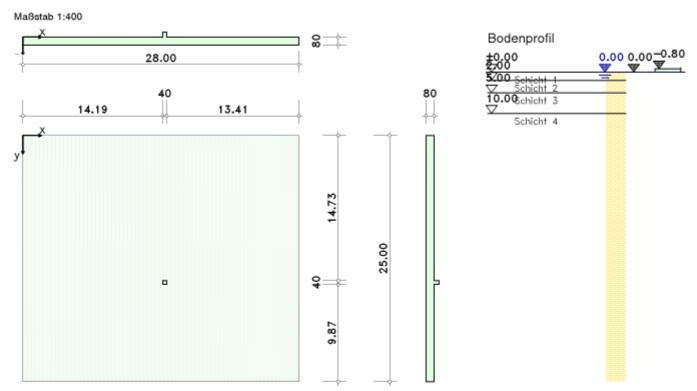
Eine starre Platte mit exzentrischer Einzellast (142.000 kN) wurde mit dem Programm 4H-FUND berechnet. Die Setzungsberechnung erfolgt hier unter Anwendung geschlossener Formeln entspr. DIN 4019:2015-05.

## **FUNDAMENT**

4H-FUND Version: 12/2022-11

### Einzelfundament

Äußere Standsicherheit nach DIN EN 1997-1:2014-03 mit NA-Deutschland Ergänzende Regeln nach DIN 1054:2021-04, DIN 4019:2015-05



### Bodensituation

Die Einbindetiefe des Fundamentes beträgt t = 0.00 m.

#### 1.1. Bezeichnung und Kennwerte der Bodenschichten

Hinweis: Die Dicke der letzten Schicht wird als unendlich angenommen.

Schicht	d	z	γ	γ,	φ	Ck	Em	$\delta_p$
	m	m	kN/m³	kN/m3	0	kN/m²	MN/m <sup>2</sup>	0
Schicht 1	2.00	0.00	19.00	9.00	32.0		25.20	auto
Schicht 2	3.00	2.00	19.00	9.00	32.0		27.50	auto
Schicht 3	5.00	5.00	19.00	9.00	32.0		31.40	auto
Schicht 4	20.00	10.00	19.00	9.00	32.0		44.40	auto

z - Kote an Oberkante der Schicht  $\gamma$  - Wichte  $\gamma$  - Wichte unter Auftrieb  $\varphi$  - Reibungswinkel  $c_k$  - char. Kohāsion des drānierten Bodens  $E_m$  - mittl. Zusammendrückungsmodul  $\delta_p$  - Wandreibungswinkel auf der passiven Seite

# 4.2.2. Ermittlung von Setzungsbeiwerten und Setzungsanteilen je Bodenschicht

Beiwert f für Setzung unter dem kennzeichnenden Punkt nach [3], Bnd. 2, Tab. 4 Beiwerte fwfly für Schiefstellung eines starren Fundamentes nach [4], Abb. 19 Setzungsanteile aus mittiger Last 2m₁ = σ0′ by/(fi - fi-1)/Em₁

Setzungsanteile aus  $M_{0,y}$   $s_{x,i} = b_x/2 \cdot M_{0,y}'(E_{m,i}b_yb_x^2)\cdot(f_{x,i} \cdot f_{x,i-1})$  Setzungsanteile aus  $M_{0,x}$   $s_{y,i} = b_y/2 \cdot M_{0,x}/(E_{m,i}b_xb_y^2)\cdot(f_{y,i} \cdot f_{y,i-1})$ 

LK 1:	Kote	Z	f	fx	fy	Sm	Sx	Sy
σ0' = 202.86 kN/m <sup>2</sup>	m	m	-	-	-	cm	cm	cm
$M_{0,x} = 345060.00 \text{ kNm}$ $M_{0,y} = -55380.00 \text{ kNm}$	2.00	2.00	0.079	0.879	0.981	1.58	-0.14	0.96
MO, y = -55500.00 KMIII	5.00	5.00	0.178	1.410	1.558	1.83	-0.08	0.52
	10.00	10.00	0.295	2.295	2.519	1.88	-0.11	0.75
	30.00	30.00	0.547	3.463	3.726	2.88	-0.10	0.67

#### 4.2.3. Resultierende Setzungen und Schiefstellung je LK

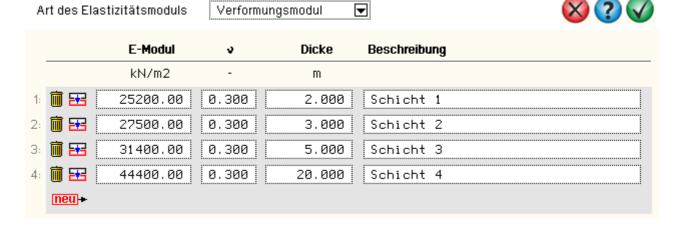
 $\mathbf{s}_1 = \Sigma(\mathbf{s}_{m,i} + \mathbf{s}_{\chi,i} * \mathbf{s}_{\chi,i}) \quad \mathbf{s}_2 = \Sigma(\mathbf{s}_{m,i} * \mathbf{s}_{\chi,i} * \mathbf{s}_{\chi,i}) \quad \mathbf{s}_3 = \Sigma(\mathbf{s}_{m,i} * \mathbf{s}_{\chi,i} + \mathbf{s}_{\chi,i}) \quad \mathbf{s}_4 = \Sigma(\mathbf{s}_{m,i} + \mathbf{s}_{\chi,i} + \mathbf{s}_{\chi,i}) \quad \mathbf{s}_5 = \Sigma \mathbf{s}_{m,i} + \mathbf{s}_{\chi,i} + \mathbf{s}_{\chi,i$ 



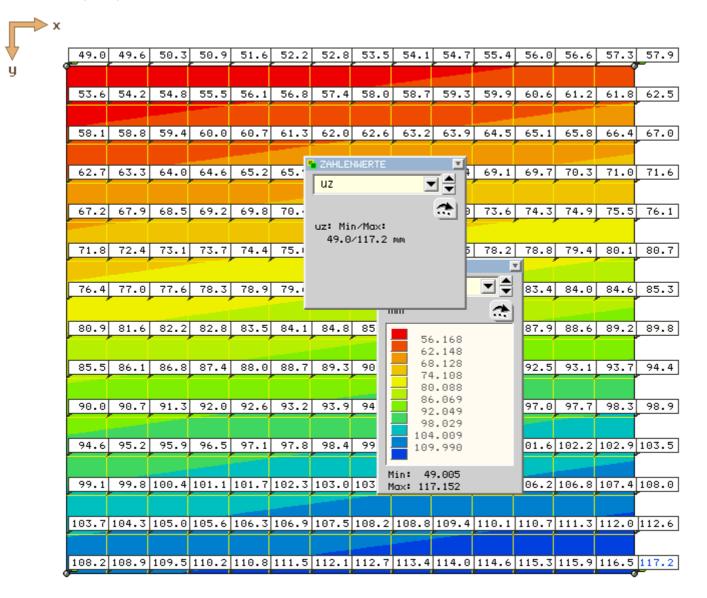
LK	s <sub>1</sub> cm	S2 CM	S3 CM	S4 CITI	S5 CM	Smax CM	α <sub>X</sub>	αy ∘
1	4.9	5.7	11.5	10.7	8.2	11.5	0.1	-0.0

Zur Berechnung mit 4H-ALFA werden die Bodenschichten unter **globale Optionen**, Register Rechenmodus, Button **Beschreibung der Bodenschichten...** eingegeben.





Die von 4H-ALFA (in mm) errechneten Setzungen in den Eckpunkten stimmen sehr gut mit denen von 4H-FUND (in cm) überein.

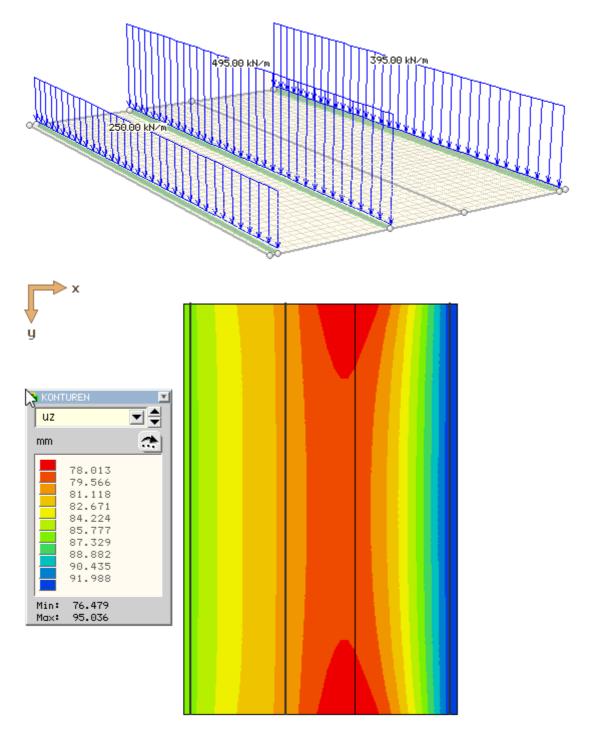


## Beispiel: Einachsig ausgesteiftes Fundament auf horizontal geschichtetem Untergrund

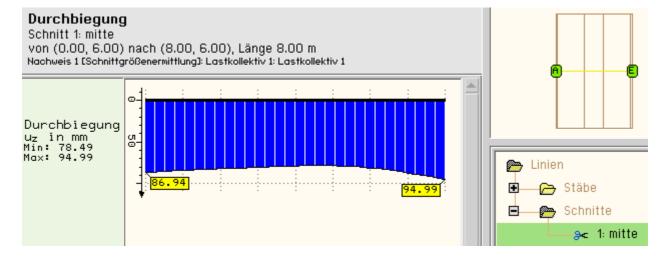
Das Beispiel ist dem Grundbau-Taschenbuch, fünfte Auflage, Teil 3 (Bsp. 6.2.2) entnommen. Der Untergrund besteht aus drei nachgiebigen Schichten.

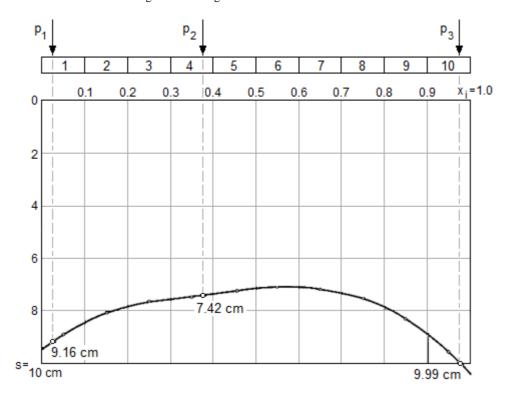
А	rt des Elasti:	zitätsmoduls	Elastizität	smodul <u></u>	2	$\otimes$ ? $\checkmark$		
		E-Modul	v	Dicke	Beschreibung			
		kN/m2	-	m				
1:		5000.00	0.000	3,500	Schluff sandig			
2:	<u> </u>	8000.00	0.000	2.500	Ton			
3:		11000.00	0.000	1.500	Ton sandig			
	<u>neu</u> +							

Die Belastung setzt sich aus den Lastfällen Gleichlast (8.4 kN/m²), den drei Linienlasten (s. unten) und der Summe aus Aushub (-25 kN/m²) und Auftrieb (-14 kN/m²) zusammen.



Die von 4H-ALFA errechneten Durchbiegungen im mittleren Schnitt (in mm) stimmen recht gut mit den in der Literatur dargestellten Werten (in cm) überein.



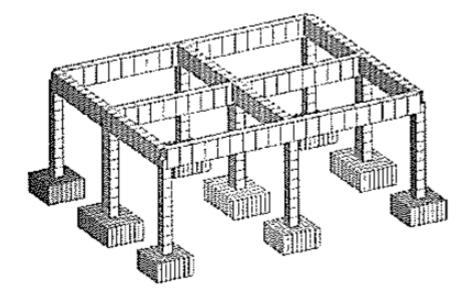


## Beispiel: Faltwerk, Gruppe von Einzelfundamenten mit Überbau

Das Beispiel ist dem DIN Fachbericht 130, 1. Aufl. 2003 (Bsp. 8.1), entnommen.

Eine Gruppe von neun Einzelfundamenten wird über einen Überbau belastet. Die Setzungen der einzelnen Fundamente beeinflussen sich gegenseitig. In der Literatur werden drei Ausführungen des Überbaus auf unterschiedlich geschichtetem Boden untersucht.

Die Ergebnisse lassen sich mit 4H-ALF3D sehr gut reproduzieren.



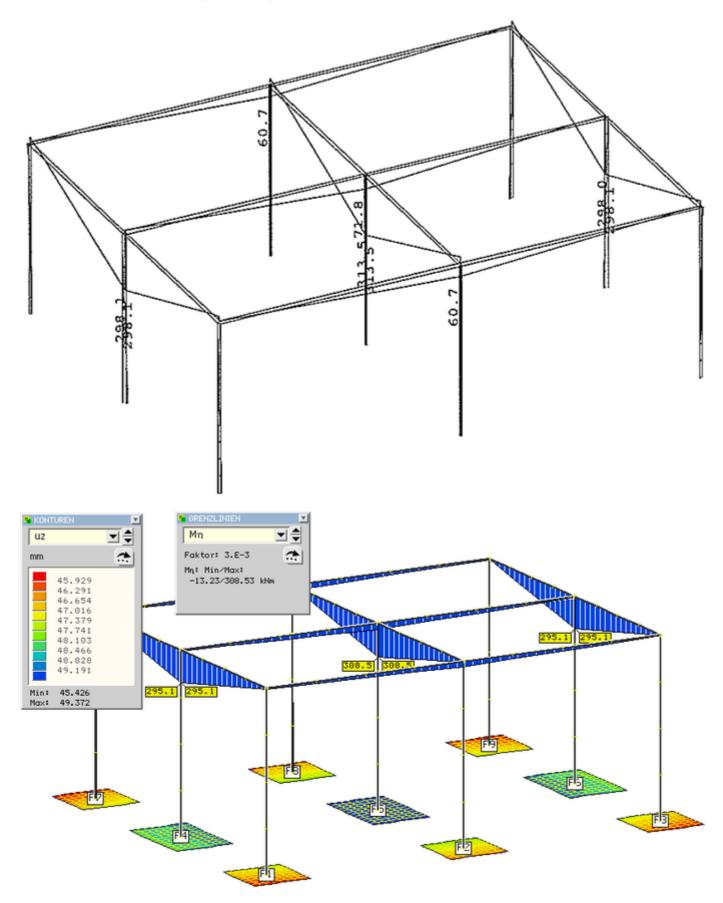


Bild vergrößern 🍳

Der Vergleich der vertikalen Setzungen (in mm) der Fundamente zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Fundament	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Heft 130	45.46	46.13	45.46	47.55	48.31	47.55	45.46	46.13	45.46
4H-ALF3D	46.55	47.08	46.55	48.75	49.37	48.75	46.55	47.08	46.55

#### Literatur

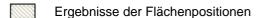
- /1/ J. Boussinesq: Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, Gauthier-Villars, 1885
- /2/ J.C. Small, J.R. Booker: "Finite layer analysis of layered elastic materials using a flexibility approach. Part 2 - Circular and rectangular loadings", International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 23, May 1986
- /3/ Ulrich Smoltczyk (Herausgeber): Grundbau-Taschenbuch, fünfte Auflage, Teil 3, Ernst & Sohn, 1997
- /4/ D. Fischer: Interaktion zwischen Baugrund und Bauwerk Zulässige Setzungsdifferenzen sowie Beanspruchungen von Bauwerk und Gründung, Schriftenreihe Geotechnik Universität Kassel, Heft 21, Oktober 2009
- /5/ DIN Fachbericht 130: Wechselwirkung Baugrund/Bauwerk bei Flachgründungen, 1. Auflage 2003, Beuth Verlag GmbH

### Detailnachweispunkte

Detailnachweispunkte sind Punkte, an denen zusätzlich zum normalen Umfang Zwischenergebnisse ausgegeben werden, um die Berechnung der Bemessungsergebnisse nachvollziehbar zu machen.



Hierzu wird eine eigenständige Druckliste vom Rechenmodul mit der Bezeichnung *Detailnachweispunkte* erzeugt. Die Eingabe der Detailnachweispunkte erfolgt in den Registern



Ergebnisse der Stäbe

\_△\_ Ergebnisse der Lagerlinien

O Punktergebnisse

Der Ergebnisumfang kann für alle Detailnachweispunkte desselben Typs (über die *standard*-Umfangseinstellungen) oder individuell eingestellt werden.

zur Hauptseite 4H-ALFA, Platte

4H-ALFA3D, Faltwerke

<del>~</del>