

# Balken auf elastischer Bettung – BEB+

## Inhaltsverzeichnis

Anwendungsmöglichkeiten	2
Berechnungsgrundlagen	4
Eingabe	5
Grundparameter	6
System	7
Abschnitte	8
Auflager	9
Gelenke	9
Querschnitte	10
Boden	11
Grundwasser	11
Belastung	12
Lastfälle	12
Lasten bearbeiten	14
Lastfallkombination	15
Lastenzug	16
Bemessung	17
Bewehrung	18
Bewehrungsdialog / Bemessung	19
Zugkraftdeckung	20
Querkraftdeckung	21
Ausgabe	24
Ergebnisse / weitere Symbole	24
Literatur	25

## Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie grundlegende Erläuterungen zur Bedienung der Programme auf unserer Homepage [www.friilo.eu](http://www.friilo.eu) im Downloadbereich (Handbücher).

*Tipp: Zurück - z.B. nach einem Link auf ein anderes Kapitel/Dokument – geht es im PDF mit der Tastenkombination „ALT“ + „Richtungstaste links“*

## FAQ - Frequently asked questions

Häufig auftkommende Fragen zu unseren Programmen haben wir auf unserer Homepage im Bereich

► Service ► Support ► [FAQ](#) beantwortet.

## Anwendungsmöglichkeiten

Mit dem Programm *BEB+* können elastisch gebettete Balken und einachsrig gespannte Platten nach dem Bettungsmodul- in Verbindung mit dem Verschiebungsgrößen-Verfahren berechnet werden.

Bettung und Steifigkeiten können konstant, linear oder sprunghaft veränderlich sein.

Die Bettung kann auch ganz oder bereichsweise zu Null gesetzt werden. Außerdem kann wahlweise mit Zugfederausfall gerechnet werden.

Wenn die Bettung über den ganzen Balken zu Null gesetzt wird, müssen mindestens zwei Lager vorhanden sein. Zusätzlich können starre oder elastische Lager eingeführt werden.

### Normen

- DIN EN 1992
- ÖNORM EN 1992
- BS EN 1992
- NTC EN 1992
- PN EN 1992
- EN 1992

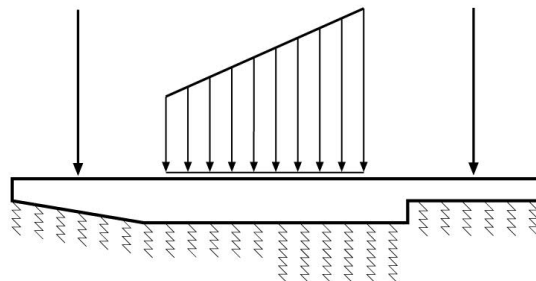
Weiterhin auch nach DIN 1045 07-88 / DIN 1045-1 / DIN 1045-1/2008/ ÖNorm B4700.

Passend zur Stahlbetonnorm wird programmseitig die Grundbaunorm gewählt.

### Belastung

- Gleichlasten
- Einzellasten
- Einzelmomente
- Trapezlasten

Zusätzlich können Lastenzüge von Einzellasten berechnet werden.



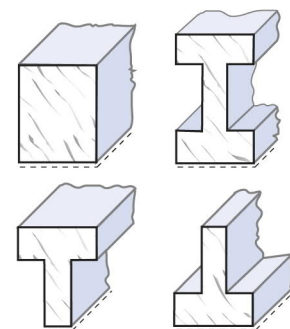
### Gelenke

An beliebigen Punkten ist die Anordnung von Biege gelenken möglich.

### Querschnitte / Querschnittsprünge

- Rechteckquerschnitt
- Plattenbalken oben und/oder unten.

Der Balken kann in einzelne Abschnitte mit jeweils Anfangs- und Endquerschnitt aufgeteilt werden.



## Ergebnisse / Bemessung

- Schnittgrößen
- Verschiebungen
- Bemessung
- Betonspannungen
- Betonstahlspannungen
- Rissbreite
- Anschluss von Druck- und Zuggurt
- Querkraftbemessung mit Vouten
- Optional: Schubbemessung als Platte

Um auch für aus einer Platte herausgeschnittene Streifen eine korrekte Plattenschubbemessung zu erhalten, ist es möglich die Option Schubnachweis als Platte zu wählen, obwohl der zu bemessende Querschnitt ein Balken ist.

## Ergebnisse / geotechnische Nachweise

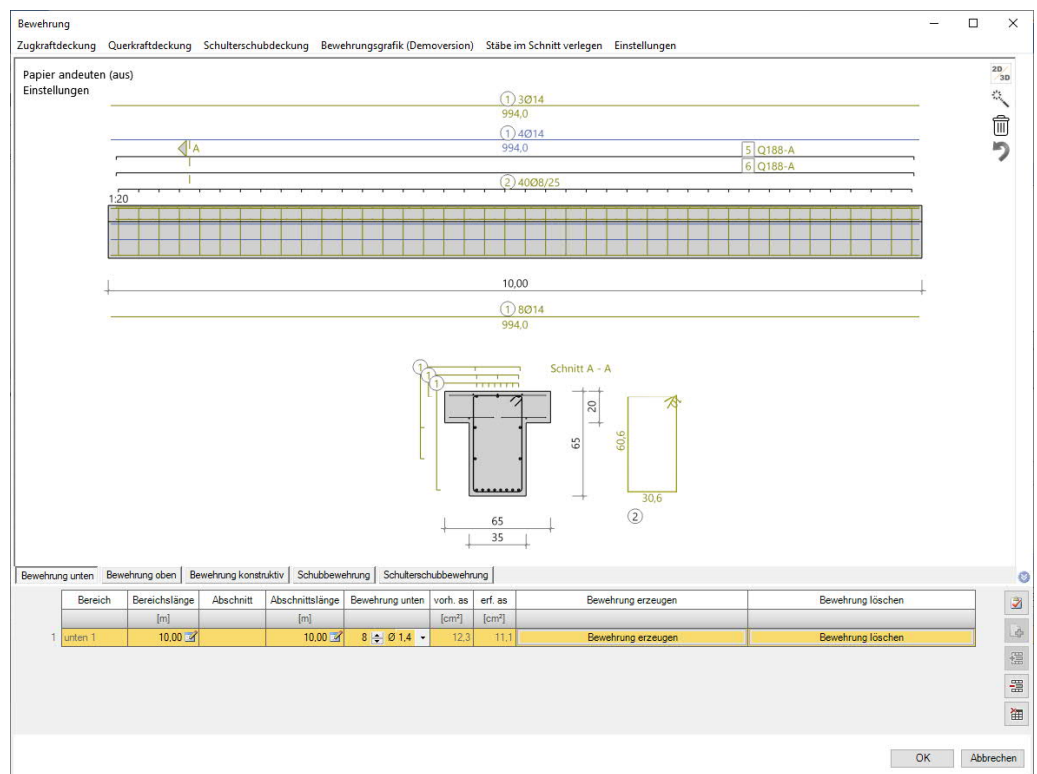
- Klaffende Fuge
- Lagesicherheit
- Vereinfachter Nachweis

Das Programm führt die geotechnischen Nachweise für eine Flachgründung. Falls das System dies auf Grund von Gelenken, Auflagern, Vouten oder Querschnittsprüngen nicht ermöglicht, kann ein vereinfachter und auf der sicheren Seite liegender Nachweis über die maximale Sohldruckordinate aus der Schnittgrößenermittlung geführt werden. Dabei wird die Ordinate dem Bemessungswert des Sohldruckwiderstands aus der jeweils verwendeten Grundbaunorm gegenübergestellt.

## Zusatzoption

Eine [Bewehrungsführung](#) mit Bewehrungsgrafik für die Ausgabe im Dokument oder im großen Planformat kann als Zusatzoption BEB-BEW erworben werden.

Ist diese nicht lizenziert, kann sie für 30 Tage als Demoversion getestet werden.



Bereich	Bereichlänge [m]	Abschnitt	Abschnittlänge [m]	Bewehrung unten	vorh. as [cm²]	erf. as [cm²]	Bewehrung erzeugen	Bewehrung löschen
1 Unten 1	10,00		10,00	8 ⚡ Ø 14	12,3	11,1	Bewehrung erzeugen	Bewehrung löschen

## Berechnungsgrundlagen

Grundlage der Berechnung ist das Bettungsmodulverfahren und die Verschiebungsgrößenmethode.

Es wird vorausgesetzt, dass ein linearelastisches Verhalten des Bodens vorliegt, d.h. an jeder Stelle des Balkens ist die dort auftretende Einsenkung proportional der Bodenpressung an dieser Stelle. Der Proportionalitätsfaktor ist das Bettungsmodul (auch: Bettungsmodul oder Bettungszahl). Er ist als Federkonstante interpretierbar. Das Programm berücksichtigt diese Feder als Druck- und auch als Zugfeder. Da eine Zugfeder dem tatsächlichen Bodenverhalten widerspricht, sollte in den Balkenbereichen, in denen die Bettung auf Zug beansprucht würde, kein Bettungsmodul vorgegeben werden.

Die Gesamtsteifigkeit des Systems wird aus den Elementsteifigkeiten der einzelnen Balkenabschnitte und der Bettung zusammengesetzt.

Die Systemunbekannten des Gleichungssystems sind die Verschiebungen und Verdrehungen an den Knoten. Aus diesen Größen werden die Schnittgrößen und die Bodenpressung ermittelt.

### Bettungsmodul

Der Bettungsmodul  $C$  [ $\text{kN/m}^3$ ] ist der allgemeinen Fachliteratur oder einem Bodengutachten zu entnehmen. Sie liegt in der Größenordnung von  $10.000 \text{ kN/m}^3$ .

Als Anhaltspunkt für die Bettungsmodul  $C$  ergibt sich nach Hahn:

Lehmboden nass:	20.000	...	30.000 $\text{kN/m}^3$
Lehmboden trocken:	60.000	...	80.000 $\text{kN/m}^3$
feiner Kieselsandboden:	80.000	...	100.000 $\text{kN/m}^3$
grober Kiessandboden:	150.000	...	200.000 $\text{kN/m}^3$

Häufig wird in den Bodengutachten nicht der Bettungsmodul, sondern die Steifzahl  $E_s$  in  $\text{kN/m}^2$  vorgegeben. Der vom Programm verlangte Bettungsmodul ist abhängig von der Steifzahl.

Nach /2/ gilt für rechteckige Flächen:

$$C = \zeta \cdot \frac{E_s}{(1 - \nu_s^2) \cdot b}$$

Dabei ist  $\zeta$  ein Beiwert, der sich aus dem Verhältnis  $\frac{L}{b}$  ergibt.

$\frac{L}{b}$	1,00	1,50	2,00	3,00	5,00	10,00	20,00	30,00	50,00
$\zeta$	1,05	0,87	0,78	0,66	0,54	0,45	0,39	0,33	0,30

Nach /2/, S.283, gilt:	für Sand, Kies:	$\nu_s$	=	0,125	..	0,5
	für Ton:	$\nu_s$	=	0,2	..	0,4

Das Bettungsmodulverfahren ist nur anwendbar, wenn der Stab in Abschnitte unterteilt wurde, die kleiner als die elastische Länge  $L_e$  sind.

$$\text{Elastische Länge: } L_e = 4 \sqrt{\frac{4 \cdot E \cdot J}{C \cdot b_{\text{Balken}}}} \quad (\text{Hinweis: } L_e \text{ wird vom Programm ermittelt})$$

## Eingabe

Die Eingabe der Werte und Steuerparameter erfolgt im Menü auf der linken Seite. In der Grafik auf der rechten Seite lässt sich die Wirkung der Eingaben sofort kontrollieren. Vor der ersten Eingabe können Sie bei Bedarf die Maßeinheiten (cm, m ...) über Datei ▶ [Programmeinstellungen](#) ändern.

### Assistent

Der [Eingabeassistent](#) erscheint standardmäßig/automatisch beim Programmstart, kann aber abgeschaltet werden. Hier können schnell die wichtigsten Eckdaten des Systems eingegeben werden, die dann im Eingabebereich oder/ und in der interaktiven Grafikoberfläche editiert werden können.

### Eingabemöglichkeiten in der 3D-Grafik

Eine allgemeine Beschreibung der Eingabemöglichkeiten im Grafikfenster finden Sie im Dokument „[Bedienungsgrundlagen-PLUS](#)“.

- Ein Klick auf ein Grafikelement (Balken, Last, Gelenk...) öffnet den entsprechenden Eingabedialog mit den passenden Parametern.
- Ein Klick mit der rechten Maustaste auf ein Grafikelement öffnet das passende Kontextmenü.
- Abschnitte können geteilt/gelöscht werden.
- Die Maße können direkt editiert werden.
- Die Texte oben links im Grafikfenster können angeklickt werden (Textlinks).

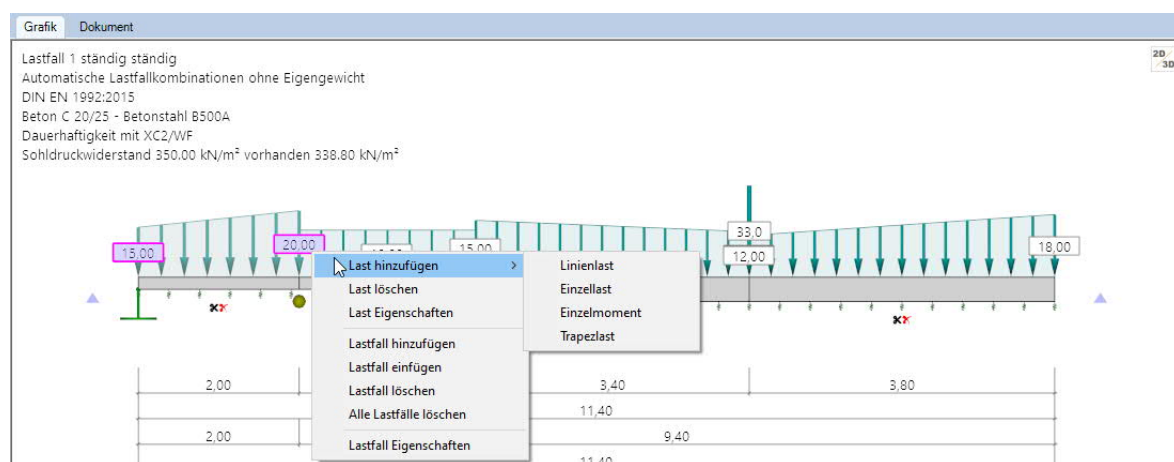


Abb.: Das Kontextmenü bei rechtem Mausklick auf die Last.

## Grundparameter

### Bemessungsnorm

Hier wählen Sie die gewünschte [Stahlbetonnorm](#) aus.

### Schnee außergewöhnlich

Legt fest, ob zusätzlich zu den gewöhnlichen Bemessungssituationen die Schneelasten automatisch auch als außergewöhnliche Einwirkung angesetzt werden sollen. Der Lastfaktor für die außergewöhnlichen Schneelasten kann dabei frei vorgegeben oder automatisch vom Programm ermittelt werden.

### Lastfaktor für Schnee

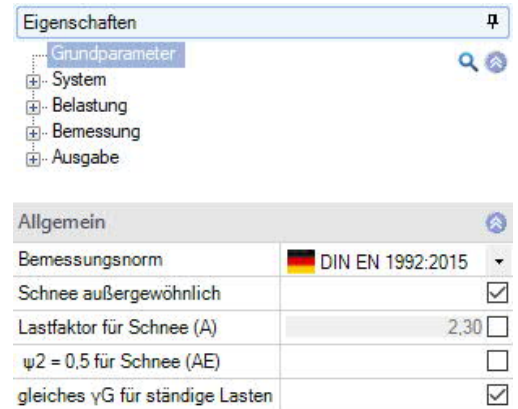
Wechselt zwischen automatischer und nutzerdefinierten Festlegung des Lastfaktors, mit dem - bezogen auf ihren charakteristischen Wert - die Schneelast als außergewöhnliche Einwirkung angesetzt werden soll.


### $\psi_2=0,5$

Gibt an, ob in der Bemessungssituation Erdbeben (AE) der Kombinationsbeiwert  $\psi_2$  (Psi2) für die Einwirkung Schnee auf den Wert 0,5 angehoben werden soll. (Siehe Einführungserlasse der Bundesländer, z.B. Baden-Württemberg).

### Gleiches $\gamma_G$ für ständige Lasten

Gibt an, ob alle ständigen Lasten bzw. Lastfälle zusammen mit dem gleichen Teilsicherheitsbeiwert ( $\gamma_{G,sup}$  oder  $\gamma_{G,inf}$ ) angesetzt werden sollen. Andernfalls werden alle ständigen Lasten bzw. Lastfälle untereinander mit  $\gamma_{G,sup}$  und  $\gamma_{G,inf}$  kombiniert.



Allgemein	
Bemessungsnorm	 DIN EN 1992:2015
Schnee außergewöhnlich	<input checked="" type="checkbox"/>
Lastfaktor für Schnee (A)	2,30 <input type="checkbox"/>
$\psi_2 = 0,5$ für Schnee (AE)	<input type="checkbox"/>
gleiches $\gamma_G$ für ständige Lasten	<input checked="" type="checkbox"/>

## System

### Beton / Ortbetonergänzung / Betonstahl

Die Auswahl der Beton-, Ortbeton- und Betonstahlgüte ist abhängig von der gewählten Norm und der Betonart (Normal- oder Leichtbeton).

### Wichte


Wichte des Betons, welche bei der Berechnung des Eigengewichts berücksichtigt werden soll.

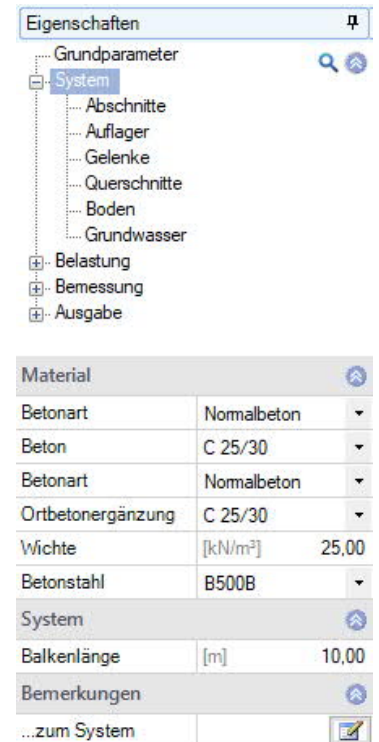
### Balkenlänge


Gesamtlänge des Balkens.

*Hinweis: Werden nachfolgend mehrere Abschnitte definiert, so bleibt diese Gesamtlänge konstant.*

### Bemerkungen

Klicken Sie auf die Schaltfläche , um eigene Bemerkungen zum System einzugeben – siehe auch [Bemerkungseditor](#).



Material		
Betonart	Normalbeton	▼
Beton	C 25/30	▼
Betonart	Normalbeton	▼
Ortbetonergänzung	C 25/30	▼
Wichte	[kN/m <sup>3</sup> ]	25,00
Betonstahl	B500B	▼
System		
Balkenlänge	[m]	10,00
Bemerkungen		
...zum System		

## Abschnitte


Der Stab wird in beliebig viele Abschnitte unterteilt. Stababschnitte müssen an Stellen von Querschnittsprüngen oder Sprüngen in der elastischen Bettung gesetzt werden.

*Hinweis: Die eingegebene Balkenlänge bleibt bei der Definition mehrerer Abschnitte konstant.*

Den ersten Abschnitt (< Balkenlänge) geben Sie direkt in die Eingabemaske ein oder alternativ direkt in die Abschnittstabelle, die Sie über das Register

 unter der Grafik einblenden können.

Symbolleiste:  3/3 siehe [Tabelleneingabe](#) (Bedienungsgrundlagen)

Für jeden weiteren Abschnitt erzeugen Sie zunächst über das -Symbol eine neue Tabellenzeile.

*Tip:* Die Erklärung zu den einzelnen Eingabefeldern wird in der Statuszeile angezeigt, sobald Sie in ein Eingabefeld klicken.



Abschnitte		
Abschnittslänge	[m]	2.00
Querschnitt Anfang		2 - Rechteck 35/50
Querschnitt Ende		1 - Rechteck 35/65
Bettungsmodul Anfang	Z [kN/m <sup>2</sup> ]	10000
Bettungsmodul Ende	Z [kN/m <sup>2</sup> ]	10000

### Abschnittslänge

Definieren Sie hier die Länge des Abschnittes.

*Hinweis: Die Längenänderung eines Abschnittes führt nicht zur Längenänderung des Balkens. Bei nur einem Abschnitt ist die Abschnittslänge auf die Balkenlänge begrenzt.*

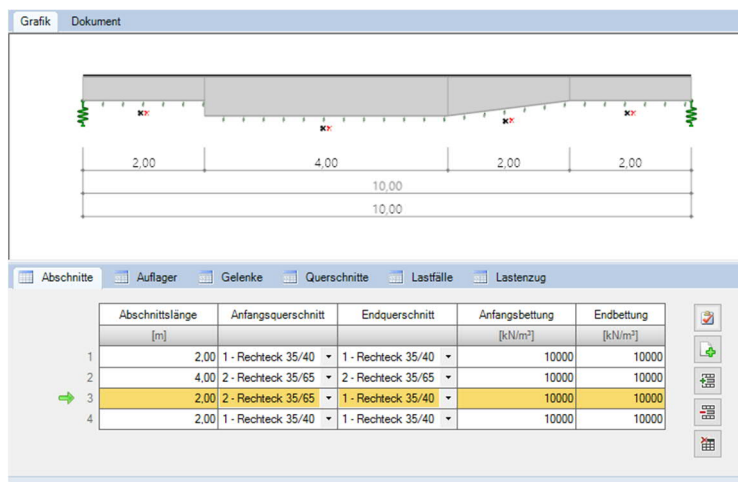
### Querschnitt Anfang / Ende

Querschnittsauswahl für den Anfang (links) und das Ende (rechts) des Abschnittes aus. Zwischenwerte werden interpoliert. Über „[Querschnitte](#)“ gelangen Sie direkt in die Querschnittseingabe.

### Bettungsmodul Anfang (links) / Ende (rechts)

Häufig wird in den Bodengutachten nicht der Bettungsmodul, sondern die Steifezahl  $E_s$  in kN/m<sup>2</sup> vorgegeben. Der vom Programm verlangte Bettungsmodul ist abhängig von der Steifezahl. Siehe hierzu „[Berechnungsgrundlagen](#)“.

*Hinweis: Wenn die Bettung über den ganzen Balken zu Null gesetzt wird, müssen mindestens zwei Lager vorhanden sein.*



Abschnittslänge	Anfangsquerschnitt	Endquerschnitt	Anfangsbettung	Endbettung
[m]			[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	2,00	1 - Rechteck 35/40	10000	10000
2	4,00	2 - Rechteck 35/65	10000	10000
3	2,00	2 - Rechteck 35/65	10000	10000
4	2,00	1 - Rechteck 35/40	10000	10000



## Auflager

### Art

Auswahl der Auflagerart: Mauerwerk, Schneide, indirekt, direkt ohne Mindestmoment.

### Position

Abstand vom Balkenanfang.

### Lagerung/Starr

Markieren Sie diese Option für ein unverschiebliches Auflager in Z-Richtung.

### Einspannung

Elastische Lagerung wird durch Eingabe der entsprechenden Federsteifigkeit definiert.

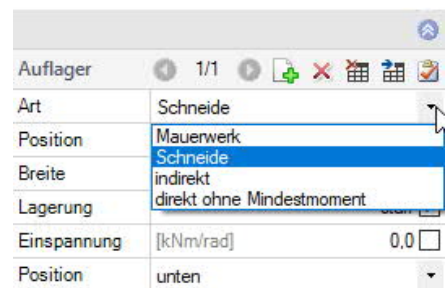
Die Dimension der Federsteifigkeit ist [Kraft/Länge].

Die Federsteifigkeiten können Sie ermitteln, indem Sie das lastabnehmende Bauteil mit einer Einheitskraft belasten. Die Federsteifigkeit ergibt sich zu:

$$C = \frac{\text{Einheitslast}}{\text{Verformung}}$$

### Position

Einspannung unten oder oben und unten.



## Gelenke

Momentengelenke werden definiert durch Angabe der Position des Gelenkes vom Balkenanfang (Vorderkante des Balkens links).

Gelenke im Abstand  $a < \text{Balkenhöhe}$  vom Balkenanfang und Balkenende sind nicht empfohlen.

## Querschnitte

### Art

- Rechteck
- Plattenbalken oben und/oder unten

### Plattenbreite oben / unten

Siehe Grafik:  $b_{po}$  bzw.  $b_{pu}$ .

Plattenbreiten müssen stets 4 cm breiter sein als die Stegbreite.

### Plattendicke

Siehe Grafik:  $d_{po}$  bzw.  $d_{pu}$ .

### Breite / Höhe

Siehe Grafik:  $b_0$  bzw.  $d_0$ .

### as,bpo / as,bpu

Eingabe der Menge an Biegebewehrung, welche in den Plattenbereich ausgelagert ist. Diese Angabe ist erforderlich für den Schulter Schubnachweis beim Plattenbalken.

### Z

Definieren Sie hier einen Höhenversatz für Querschnittssprünge an der Oberkante des Balkens.

### Fuge

Definieren Sie hier, ob dieser Querschnitt eine Ortbetonergänzung hat, in dem Sie die Rauigkeit einstellen.

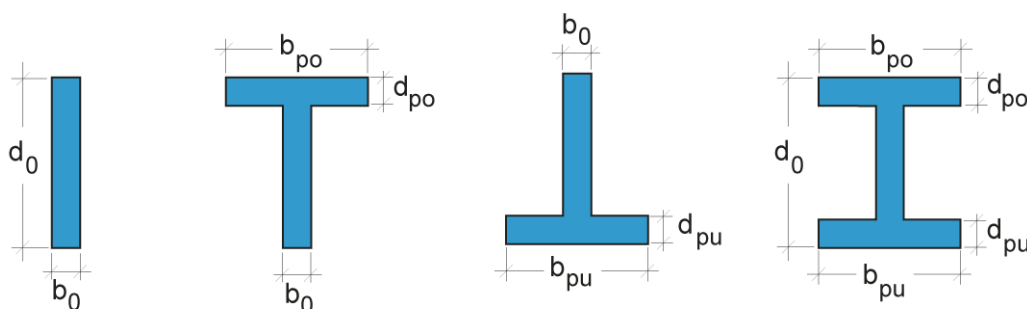
### hE / bi

Höhe bzw. Breite der Ortbetonergänzung

Querschnitte		1/1
Art	Plattenbalken oben und unten	
Plattenbreite oben	Rechteck Plattenbalken oben	
Plattendicke oben	Plattenbalken unten	
Breite	Plattenbalken oben und unten	
Höhe	[cm]	65,0
Plattenbreite unten	[cm]	39,0
Plattendicke unten	[cm]	5,0
as,bpo	[%]	40,0
as,bpu	[%]	40,0
Z	[cm]	0,0
Fuge	keine	
hE	[cm]	5,0
bi	[cm]	0,0
Zs	[cm]	32,5
A	[cm <sup>2</sup> ]	2315,0
ly	[cm <sup>4</sup> ]	837073

BottomZ	Art	bpo	dpo	b0	d0	bpu	dpu	as,bpo	as,bpu	Z	Fuge	hE	bi	Zs	A	ly
		[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[%]	[%]	[cm]		[cm]	[cm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]
1	-65,00 Rechteck	---	---	35,0	65,0	---	---	0,0	0,0	0,0	keine	10,0	35,0	32,5	2275,0	800990
2	-50,00 Rechteck	---	---	35,0	50,0	---	---	0,0	0,0	0,0	keine	10,0	35,0	25,0	1750,0	364583
3	-65,00 Plattenbalken oben und unten	39,0	5,0	35,0	65,0	39,0	5,0	40,0	40,0	0,0	keine	5,0	0,0	32,5	2315,0	837073
4	-65,00 Rechteck	---	---	35,0	65,0	---	---	0,0	0,0	0,0	keine	10,0	35,0	32,5	2275,0	800990
5	-65,00 Plattenbalken oben und unten	---	---	35,0	65,0	---	---	0,0	0,0	0,0	keine	10,0	35,0	32,5	2275,0	800990

Abb.: Querschnittsmaße / Bezeichnungen



## Boden

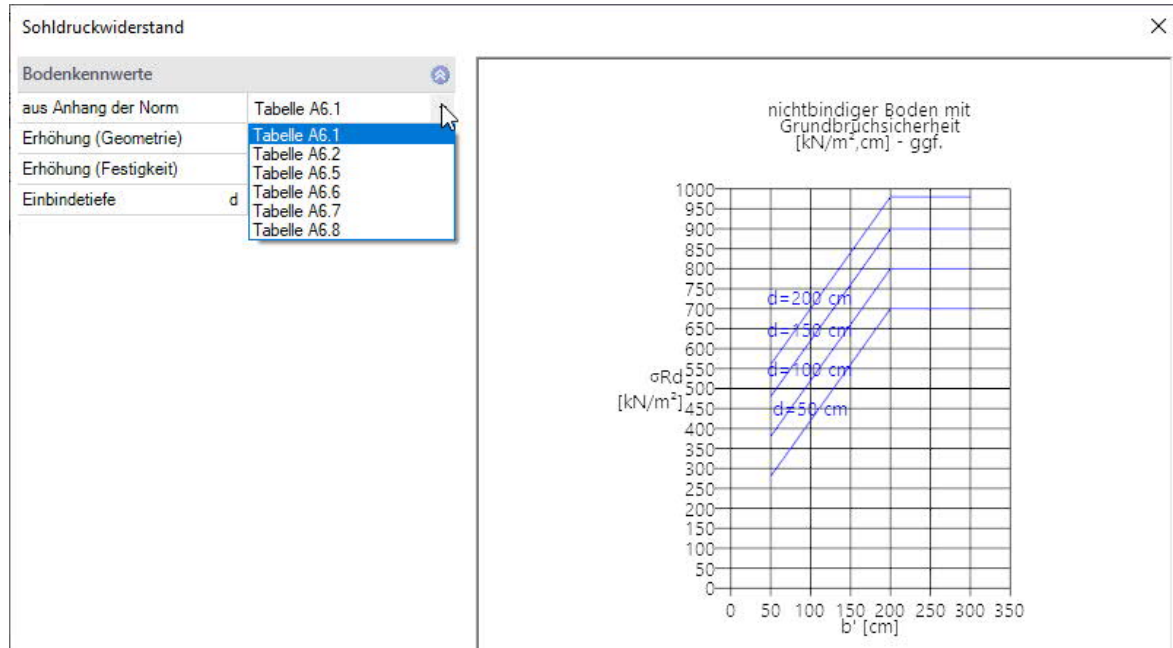
### Bodenkennwerte

Ermittlung  $\sigma_{R,d}$

Wählen Sie hier, ob der Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes direkt vorgegeben werden, aus einer genormten Tabelle (DIN 1054:2021) oder aus einer selbst definierten Tabelle kommen soll.

Die entsprechenden Tabellendialoge werden automatisch geöffnet.

Bodenkennwerte		
Ermittlung	$\sigma_{R,d}$	DIN 1054:2021
Tragwiderstand	$\sigma_{R,d}$	direkte Vorgabe
Dialog		DIN 1054:2021
		Aus eigener Tabelle



Tragwiderstand

Bei direkter Vorgabe geben Sie hier den Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  für die ständige Bemessungssituation BS-P ein. Für Bemessungssituationen BS-A, BS-E und BS-T wird der Bemessungswert entsprechend der Verhältniszerte der Teilsicherheitsbeiwerte des Grundbruchwiderstandes erhöht.

Beispielsweise  $1,4/1,2 = \text{ca. } 116\%$  oder  $1,4/1,3 = \text{ca. } 107\%$ .

## Grundwasser

Grundwasser vorhanden

Markieren Sie diese Option, um das Eingabefeld für den Grundwasserstand einzublenden. Für Grundwasser unterhalb der Gründungssohle können Sie negative Werte definieren.

## Belastung

Optional kann das Eigengewicht berücksichtigt werden.

Automatische Lastfallkombination:

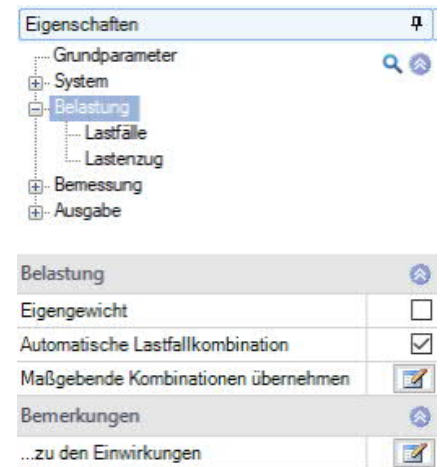
Diese ist standardmäßig aktiviert.

Ist die automatische Lastfallkombination deaktiviert, so werden ausschließlich anwenderseitig definierte [Lastfallkombinationen](#) berücksichtigt.

Lastzugstellungen werden bei aktivierter automatischer Lastfallkombination mit den Lastfällen gemeinsam kombiniert. Bei deaktivierter automatischer Lastfallkombination wirkt jede [Lastzugstellung](#) wie eine einzelne zusätzliche anwenderseitig definierte Lastfallkombination.






Maßgebenden Kombinationen übernehmen:


Per Klick auf den Button werden die maßgebenden Kombinationen als vorgegebene Lastfallkombinationen übernommen - die automatische Lastfallkombination wird dann deaktiviert (kann auch wieder aktiviert werden).











## Lastfälle

Den ersten Lastfall geben Sie direkt in die Eingabemaske ein oder alternativ direkt in die Lastfalltabelle, die Sie über das Register Lastfälle unter der Grafik einblenden können.

Lastfallsymbolleiste:  1/2     siehe [Tabelleneingabe](#) (Bedienungsgrundlagen)

Für jeden weiteren Lastfall erzeugen Sie zunächst über das -Symbol einen neuen Lastfall (eine neue leere Lastfalleingabemaske wird angezeigt).

*Tip:* Die Erklärung zu den einzelnen Eingabefeldern wird in der Statuszeile angezeigt, sobald Sie in ein Eingabefeld klicken.

Lastfälle		1/1				
Bezeichnung		Lastfall 1				
Einwirkung		ständig				
Zusammengehörigkeitsgruppe		0				
Alternativgruppe		0				
Lasten		2/3				
Lastart		Trapezlast				
Lastwert Anfang	pi	Linienlast				
Lastwert Ende	Pj	Einzellast				
Abstand	a	Trapezlast				
Länge	l [m]	0,00				

Bezeichnung

Hier können Sie eine eigene Bezeichnung für den Lastfall eingeben.

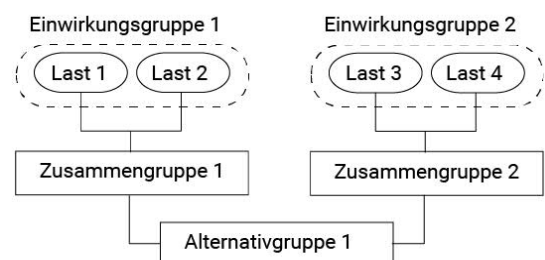
Einwirkung

Einwirkungen in Anlehnung an EN 1990:2010 Tabelle A.1.1 - Empfehlungen für Zahlenwerte für Kombinationsbeiwerte im Hochbau.

Zusammengehörigkeitsgruppe

Lasten aus einer Einwirkungsgruppe können mit Hilfe von Zusammengehörigkeitsgruppen als „immer gemeinsam wirkend“ zusammengefasst werden.

*Abb.:* Beispiel für die Funktionsweise von Alternativ- und Zusammengehörigkeitsgruppen.

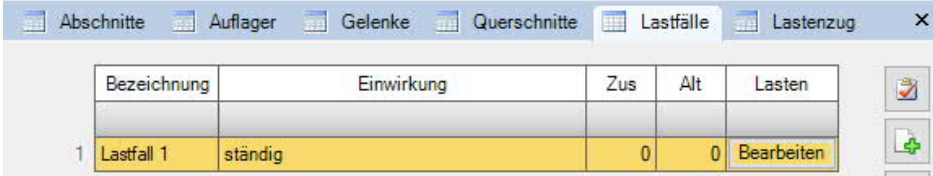


## Alternativgruppe

Verschiedene veränderliche Lastfälle mit gleichen Einwirkungen können durch Zuweisung einer Alternativgruppennummer einer alternativen Lastfallgruppe zugeordnet werden. Aus dieser alternativen Lastfallgruppe wird nur der maßgebende Lastfall zur Lastfallkombination für einen Nachweis herangezogen.

## Lasten

Auswahl der Lastart (Linien-, Einzel-, Trapezlast und Einzelmoment) und Eingabe der zugehörigen Lastparameter. Aufruf auch über den „Bearbeiten“-Button unter dem Register „Lastfälle“. Siehe nachfolgendes Kapitel [Lasten bearbeiten](#).



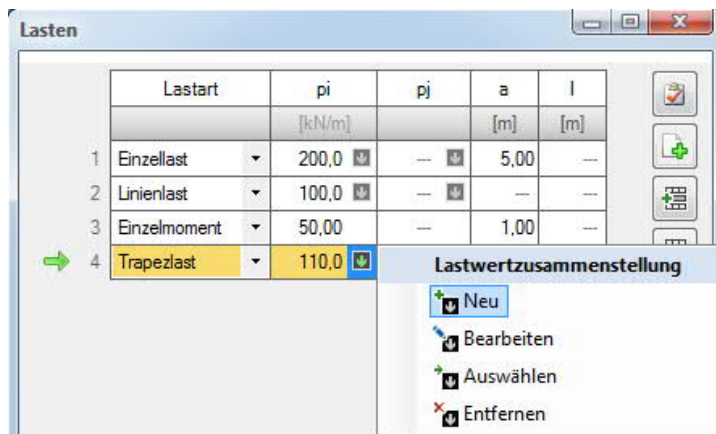
	Bezeichnung	Einwirkung	Zus	Alt	Lasten
1	Lastfall 1	ständig	0	0	Bearbeiten

## Lasten bearbeiten

Aufruf auch über den „Bearbeiten“-Button unter dem Register „Lastfälle“.

Folgende Lastarten sind wählbar:


- Linienlast über den ganzen Träger
- Einzellast (abhebende Lasten sind negativ einzugeben)
- Einzelmoment (Links drehende Momente sind negativ einzugeben.)
- Trapezlast

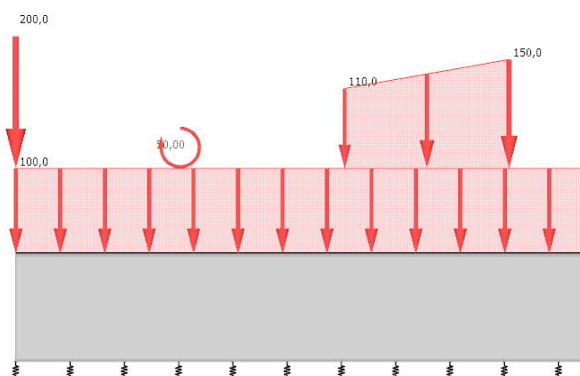


pi / pj Lastwert pi in kN/m (bei Trapezlast pi=linker und pj=rechter Lastwert)

a Abstand a vom linken Balkenende (Vorderkante).

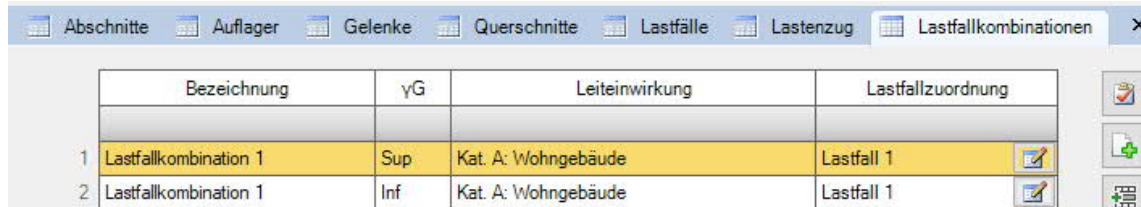
l Lastlänge bei Trapezlast

Über das „Pfeilsymbol“  kann eine Lastwertzusammenstellung aufgerufen werden – siehe Beschreibung im Programm [LAST+](#).



## Lastfallkombination

Dieser Menüpunkt wird nur bei deaktivierter „automatischer Lastfallkombination“ eingeblendet.



	Bezeichnung	$\gamma_G$	Leiteinwirkung	Lastfallzuordnung
1	Lastfallkombination 1	Sup	Kat. A: Wohngebäude	Lastfall 1
2	Lastfallkombination 1	Inf	Kat. A: Wohngebäude	Lastfall 1

Falls die [automatische Erzeugung der Lastfallkombination](#) inaktiv geschaltet ist, so werden die vorgegebenen Lastfallkombinationen gebildet.

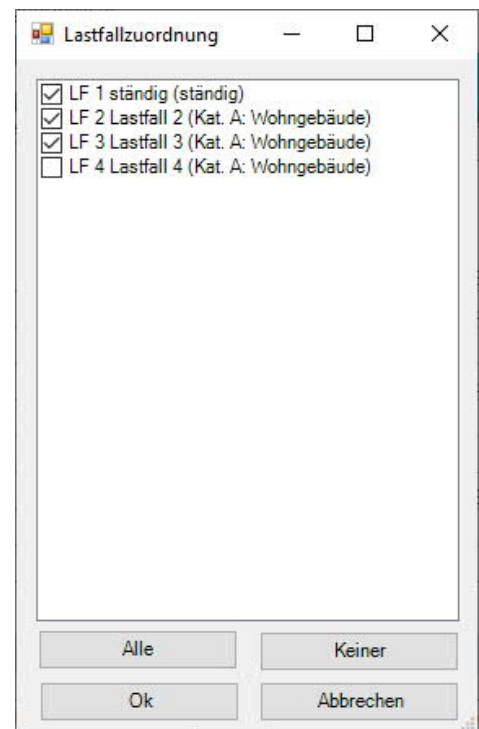
Für jede Lastfallkombination lässt sich ein

- Name / Bezeichnung,
- der obere oder untere Teilsicherheitsbeiwert ( $\gamma_G$ , Inf/Sup) für ständige Lasten,
- die Leiteinwirkung und natürlich die
- Zuordnung der einzelnen Lastfälle definieren (Button anklicken).

Die Lastfallkombination wird programmseitig für alle Grenzzustände und Bemessungssituationen automatisch variiert.

Das Ergebnis sind immer die Maximalwerte aller Lastfallkombinationen.

Ist zusätzlich ein Lastenzug definiert, so wirken dessen Laststellungen alternativ zu allen einzelnen Lastfallkombinationen.



## Lastenzug

Hier können Sie einen Lastenzug aus Einzellasten definieren.

Beschrieben wird dieser Lastenzug durch die Angabe des Betrages jeder Einzellast und des jeweiligen Abstandes dieser Last zum (linken) Balkenanfang.

Der Lastenzug muss sich in der Anfangsstellung bereits vollständig auf dem Balken befinden.

Dies bedeutet, dass es zur Zeit nicht möglich ist, einen Lastenzug von außerhalb auf den Balken zu schieben.

Im Rahmen der Berechnung wird der Lastenzug so weit über den Balken geschoben, bis die am weitesten rechts stehende Last das Balkenende erreicht.

Einstellungen Lastenzug			
Grenzstellung	Rad 1	[m]	5,00
Einwirkung		Kat. G: Fahrzeuge 30 kN	
Alternativgruppe			1
Anzahl Lastzugstellungen			10
Lastenzug 1/1			
Last		[kN]	10,0
Abstand		[m]	0,00

### Grenzstellung Rad 1

Hier handelt es sich um die Wegstrecke, welche der Lastenzug von seiner definierten Position aus über mehrere Laststellungen nach rechts beschreitet.

### Einwirkung

Die hier gewählte Einwirkung hat Einfluss auf die Faktorisierung der einzelnen Laststellungen in den Lastfallkombinationen, welche aus den Lastfällen und den alternierenden Laststellungen des Lastenzuges gebildet werden.

### Alternativgruppe

Wählen Sie hier eine [Alternativgruppe](#) für die alternierenden Laststellungen des Lastenzuges aus. Hat eine Lastfall die gleiche Alternativgruppe wie der Lastenzug, so wird dieser Lastfall niemals mit irgendeiner Laststellung gemeinsam überlagert.

### Anzahl Lastzugstellungen

Definieren Sie hier die Anzahl der Lastzugstellungen, die der Lastenzug auf seinem Weg bis zur Grenzstellung einnehmen soll.

### Last

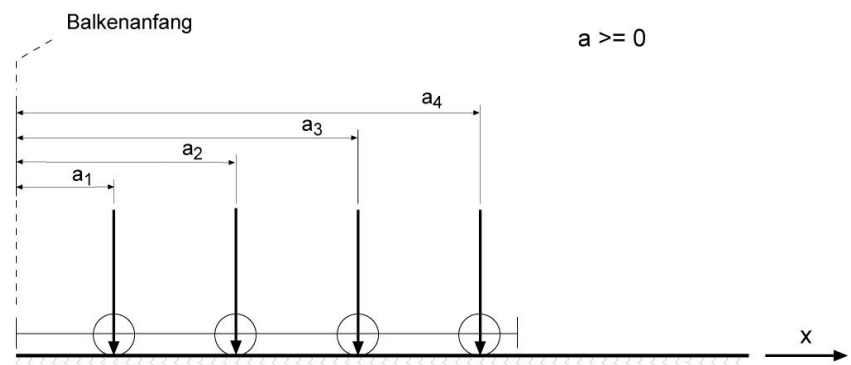
Definieren Sie hier die Größe dieser Last aus dem Lastenzug.

### Abstand

Definieren Sie hier den Abstand dieser Last in der ersten Laststellung - gemessen ab linker Vorderkante des Balkens. Die Last bewegt sich in weiteren Laststellungen nach rechts.

Die einzelnen Lastzugstellungen werden wie Lastfälle mit einer Alternativgruppennummer behandelt. Sie gehen in das Gesamtergebnis der Berechnung ein. Wird mit vorgegebenen Lastfallkombinationen gearbeitet, so wirken die Lastzugstellungen alternativ zu den Lastfallkombinationen.

Abb.: Lastenzug in Anfangsstellung





## Bemessung

### Einstellungen

#### Mit Zugfederausfall

Bei Zugfederausfall prüft das Programm für jede Lastfallkombination, ob Zugfedern vorhanden sind und eliminiert diese. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis alle Zugfedern ausgefallen sind. Falls das System kinematisch wird, werden die Ergebnisse verworfen und eine Fehlermeldung wird ausgegeben.

#### Geotechnik DIN 1054..

Bei aktivierter Option, wird der gebettete Balken als Flachgründung entsprechend gültiger Norm nachgewiesen. Falls dies auf Grund von Querschnittssprüngen, Vouten, Auflagern und Gelenken nicht ohne weiteres möglich ist, so kann ein vereinfachter und auf der sicheren Seite liegender Nachweis über die maximale Sohldruckordinate geführt werden - dazu können Sie diese Option deaktivieren.

#### Mindestbewehrung

Duktilitätsbewehrung nach DIN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)

#### Mindestbew. Druckglieder

Mindestbewehrung für Druckglieder

#### Schubnachweis als Platte

Der Schubnachweis wird bei markierter Option als Platte geführt (statt als Balken), auch bei einem Balkenquerschnitt.

#### Druckstrebenneigung

Aktivieren Sie diese Option, um das Eingabefeld für den Druckstrebenneigungswinkel einzublenden.

#### Hebelarm $k_z=0.9$

Definieren Sie hier, ob der innere Hebelarm bei der Querkraftbemessung mit konstantem  $k_z$ -Wert 0,9 oder mit den  $k_z$ -Werten aus der Biegebemessung ermittelt werden soll.


#### Zusätzliche Begrenzung $k_x$

Ist diese Option deaktiviert, so erfolgt die Begrenzung der Druckzonenhöhe nur durch die Stahlfließgrenze. Bei linear- elastischer Berechnung von Durchlaufträgern ist die Druckzonenhöhe zu begrenzen, sofern keine konstruktiven Maßnahmen ergriffen werden. Die Einhaltung des Kriteriums wird durch eine entsprechend modifizierte Stahlgrenzdehnung erreicht, ab der eine Druckbewehrung ermittelt wird.

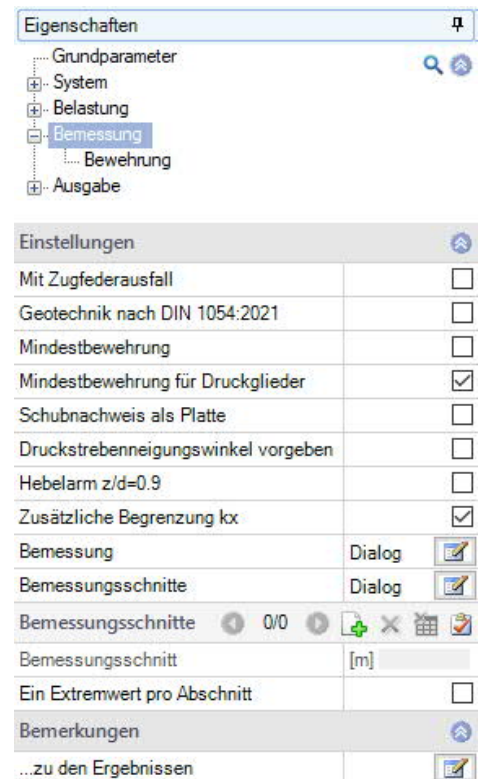
#### Bemessung

Aufruf des [Bemessungsdialoges](#).


#### Bemessungsschnitte

Über die Schaltfläche  rufen Sie den Dialog zur Eingabe von Bemessungsschnitten in eine Tabelle auf. Die hier definierten Bemessungsschnitte erscheinen in Text und Grafik zusätzlich zu den programmseitig ermittelten Extremwerten der definierten Balkenabschnitte. Über Buttons können Sie Tabellenzeilen hinzufügen bzw. löschen (Info zu den Buttons erscheinen als Tooltips).

Ein Extremwert pro Abschnitt: Ist diese Option aktiviert, so wird pro Abschnitt im Balken jeweils nur der maßgebende Extremwert dargestellt. Ansonsten werden alle Extremwerte dargestellt.





## Bewehrung

Betondeckung	Diese Betondeckung bezieht sich auf die die Biegebewehrung umschließende Querkraftbewehrung und hat Einfluss auf die Querkraftbemessung.
Bewehrungslage	Schwerpunktlage der Bewehrung.
Minstdurchmesser	Hier definieren Sie einen Minstdurchmesser, welcher bei der Berechnung der Betondeckung und der Schwerpunktlage der Bewehrung verwendet wird. Im <a href="#">Bewehrungsdialog</a> wird dann versucht ab diesem Minstdurchmesser Bewehrung zu erzeugen.
Dauerhaftigkeit	Über die Schaltfläche  rufen Sie die Dialoge zur <a href="#">Dauerhaftigkeit</a> auf. Wird dieser Dialog mit OK verlassen, so werden Betondeckungen, Bewehrungslagen und Durchmesser geprüft und ggf. angepasst.
Kriechzahl $\psi$	Aufruf des Dialoges für <a href="#">Kriechzahl und Schwindmaß</a> .
Zulässige Rissbreite	Hier definieren Sie die zulässige Rissbreite für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Alternativ können Sie den Dauerhaftigkeitsdialog aufrufen, welcher nach Verlassen mit OK die zulässige Rissbreite einstellt, sofern der aktuelle Wert zu groß ist. Um den Nachweis der Rissbreite zu führen, rufen Sie den <a href="#">Bewehrungsdialog</a> auf und bemessen mit eher kleineren Stabdurchmessern. Im <a href="#">Ausgabeprofil</a> ist der Nachweis der Rissbreite nicht standardmäßig aktiviert.

**Eigenschaften** ⌵

- ..... Grundparameter 🔍 ⚙️
- ⊞ System
- ⊞ Belastung
- ⊞ Bemessung
  - ..... **Bewehrung**
- ⊞ Ausgabe

Betondeckung	oben	[cm]	2,2
	unten	[cm]	2,2
	links	[cm]	2,2
	rechts	[cm]	2,2
Bewehrungslage	unten	[cm]	6,0
	oben	[cm]	6,0
Minstdurchmesser	unten	[cm]	1,4
Minstdurchmesser	oben	[cm]	1,4
Minstdurchmesser	Bügel	[cm]	0,8
Dauerhaftigkeit		XC2/WF	
Kriechzahl	$\psi$	3	
Zulässige Rissbreite	w	[cm]	0,0

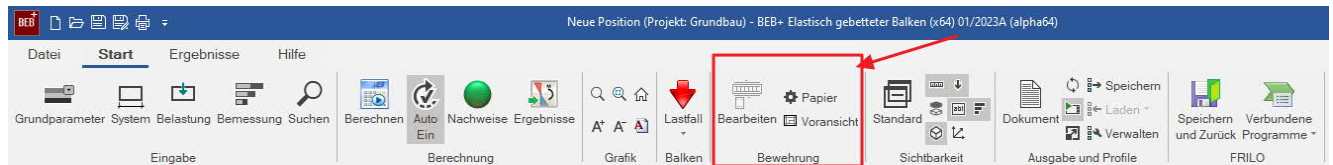
Bewehrungsdialog siehe folgendes [Kapitel](#).

## Bewehrungsdialg / Bemessung

### Allgemeines

Die Bewehrungsführung BEB-BEW kann als Zusatzoption lizenziert werden. Die neue Bewehrungsführung ist in einer ersten Vorabversion verfügbar.

Um den Bewehrungsdialg aufzurufen, klicken Sie mit der Maus auf das Symbol „Bearbeiten“ im Menüband.



Hier kann die Position entsprechend der Zugkraft- und Querkraftdeckungsline mit Bewehrung abgedeckt werden.

Sollte noch keine Bewehrung definiert sein, so wird programmseitig eine Bewehrung vorgeschlagen.

Es öffnet sich der Bewehrungsdialg mit den Registern für die Zugkraftdeckungsline, Querkraft, Gebrauchstauglichkeit, Bewehrungsgrafik (Zusatzoption BEB-BEW), Details, Stäbe im Schnitt verlegen und den Einstellungen.

**Bewehrung**

Zugkraftdeckung    Querkraftdeckung    Gebrauchstauglichkeit    Bewehrungsgrafik (Demoversion)    Details    Stäbe im Schnitt verlegen    Einstellungen

erste Lage durchlaufend (aus)  
Bewehrungslänge = Abschnittslänge (aus)  
Feldbewehrung staffeln (aus)  
Einstellungen

20,00

As [cm<sup>2</sup>] 4,0  
3,0  
2,4  
2,0  
1,0  
0,0  
-1,0  
-2,0  
-3,0  
-4,0

1,2    1,9    1,2,3    1,5    1,2

1 3Ø10

3,9    1 5Ø10

Zugkraftdeckungsline

- Pos. 1 Grundbewehrung Feld 1 87%
- Pos. 1 Grundbewehrung Feld 1 39%
- Pos. 1 Grundbewehrung Stützbereich 1 55%
- Pos. 1 Grundbewehrung Feld 1 79%
- unten insgesamt 87%
- oben insgesamt 79%

Bereich	Bereichslänge [m]	Abschnitt	Abschnittslänge [m]	Bewehrung unten	vorh. as [cm <sup>2</sup> ]	erf. as [cm <sup>2</sup> ]	Bewehrung erzeugen	Bewehrung löschen
1 unten 1	20,00		20,00	5 Ø 1	3,9	3,4	Bewehrung erzeugen	Bewehrung löschen

Feldlänge

OK    Abbrechen

In der Grafik kann interaktiv gearbeitet werden - klicken Sie mit der rechten Maustaste, um das Pop-upmenü aufzurufen.

Über die Bearbeitungssymbole (+/-, 1/2) können Sie z.B. Stütz- und Feldbewehrung hinzufügen/entfernen, einen Abschnitt teilen oder löschen, sowie die Abschnittslänge in der Maßkette direkt ändern.

Verharren Sie mit der Maus über einem Symbol oder den Bewehrungsinfos, werden die entsprechenden Hinweise/Infos als Tooltip eingeblendet.

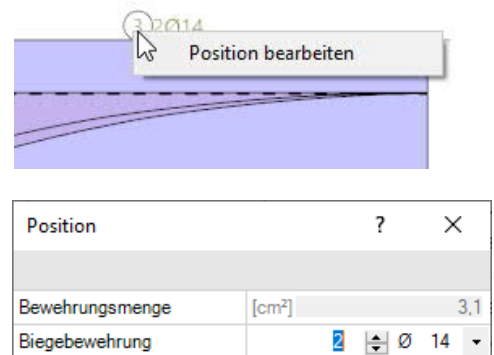
## Zugkraftdeckung

Die Zugkraftdeckungslinie wird mit Versatzmaß konstruiert und ein Bewehrungsvorschlag wird gemacht, falls noch keine Bewehrung definiert ist.

Die Positionen können über das Kontextmenü (Rechtsklick direkt auf die angezeigte Position, siehe Bild rechts) ergänzt, gelöscht und editiert werden.

Die Stabanzahl der Positionen kann durch vertikales Verschieben mit der Maus geändert werden. Hierbei die Maustaste direkt auf der Position gedrückt halten und verschieben.

Weitere Optionen stehen über das Kontextmenü (rechte Maustaste) zur Verfügung.



Die Stützbewehrung über dem Endauflager wird zu mindestens 25% der Feldlänge in das Feld hineingeführt und soll mindestens 25% der Feldbewehrung betragen.

Die Stützbewehrung über den Mittelauflagern wird zu 25% der Feldlängen in die Felder hineingeführt.

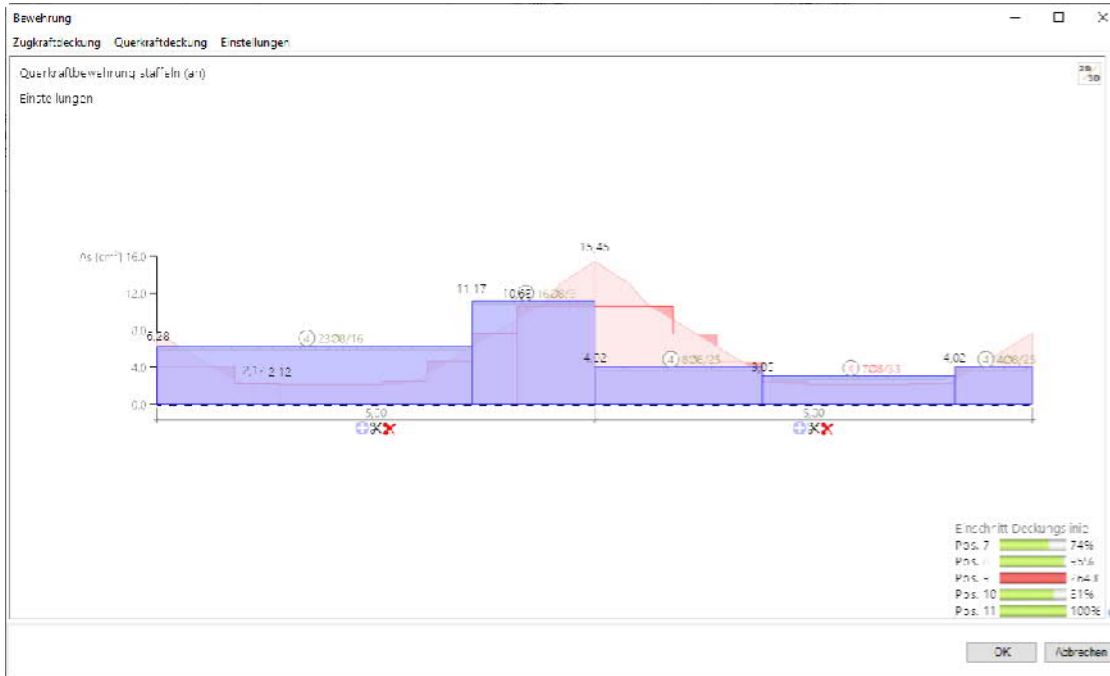
Die Stützbewehrung wird mindestens so lang konstruiert, dass Sie die Umhüllende, das Versatzmaß und die Verankerung abdeckt.

Die Feldbewehrung ist am Endauflager 3 cm kürzer als der Balken bzw. die Platte. Sie wird mindestens über die rechnerische Auflagerlinie geführt und verankert. In den Maßketten kann über die Plus-Symbole Feld- und Stützbewehrung vorgegeben werden. Das 1/2-Symbol unterteilt einen Abschnitt. Das rote Kreuz-Symbol löscht einen Abschnitt.

Es besteht auch die Möglichkeit, die Tabelleneingabe zu aktivieren. Klicken Sie dazu auf den kleinen Doppelpfeil unten rechts im Dialog oder aktivieren Sie diese über „Einstellungen“.

## Querkraftdeckung

Mit einem Klick auf Querkraftdeckung wird die Querkraftdeckungsline eingeblendet.



Das für die Bemessung maßgebende Maximum der Querkraftverläufe befindet sich im Abstand der statischen Nutzhöhe  $d$  zum Anschnitt des Auflagers. Handelt es sich um ein indirektes Auflager, so befindet sich das maßgebende Maximum direkt am Anschnitt des Auflagers. Üblicherweise wird für dieses Maximum bemessen und die Bewehrung dann konstant im ganzen Bauteil verlegt. Die Ausführbarkeit ist einfach und in Abhängigkeit von Lohn- und Materialkosten eventuell unwirtschaftlich.

Wird am ganzen Bauteil bemessen und die Bewehrung gestaffelt eingelegt, so spricht man von Querkraftdeckung. Der Stahlbedarf sinkt. Der Arbeitsaufwand und die Komplexität in der Ausführung steigen.

### Einschneiden der Querkraft

Programmseitig wird die Querkraftdeckungsline eingeschnitten. Dazu begrenzt das Programm die Querkraft zwischen den zugehörigen Bemessungsschnitten eines Auflagers der Bemessungsschnitte. Danach folgen in Feldrichtung abwechselnd Auftragsflächen und Einschnittflächen. Diese haben zusammen immer die Länge der zugehörigen statischen Nutzhöhe und sind von der Höhe so angeordnet, dass Auftrag und Einschnitt flächengleich sind.

### Bewehrungswahl für Querkraft

In einer späteren Version wird es möglich sein, die Querkraftbewehrung in einem Feld bzw. Abschnitt zu staffeln oder konstant zu wählen. Bei konstanter Querkraftbewehrung im Abschnitt lässt sich trotzdem eine beliebige Staffelung erreichen, wenn der Abschnitt in weitere Abschnitte unterteilt wird.

Ist die Option für gestaffelte Querkraftbewehrung gewählt, so berechnet das Programm pro Abschnitt drei Bewehrungsbereiche. Dabei wird zuerst untersucht, wie breit der mittlere Bereich maximal sein darf, damit die aktuell dort gewählte Bewehrung die erforderliche Bewehrung abdeckt. Danach ergeben sich die Längen der linken und rechten Bereiche des Abschnittes.

Für alle Bereiche werden Ausnutzungsgrade der gewählten Bewehrung unten rechts in der Grafik angezeigt. Der Bügelabstand kann mit gedrückter linker Maustaste und einer vertikalen Mausebewegung angepasst werden. Werden maximale oder minimale Bügelabstände überschritten, so wird die Position in roter Schrift dargestellt. Sollen andere Eigenschaften der Bügel, wie Durchmesser oder Bügelform geändert werden, so wird dieses über die rechte Maustaste auf die Position im Kontextmenü unter dem Punkt "Bearbeiten" angeboten.

### Tabellen

Es besteht auch die Möglichkeit, die Tabelleneingabe zu aktivieren. Klicken Sie dazu auf den kleinen Doppelpfeil unten rechts im Dialog.

The screenshot shows the 'Bewehrung' software interface. At the top, there are menu options: 'Zugkraftdeckung', 'Querkraftdeckung', 'Bewehrungsgrafik', 'Details', 'Stäbe im Schnitt verlegen', and 'Einstellungen'. Below the menu, there are settings for 'Felder aus Auflagerdefinition (aus)', 'erste Lage durchlaufend (aus)', and 'Einstellungen'. The main area displays a reinforcement diagram with a vertical axis 'As (cm²)' ranging from -24.0 to 24.0 and a horizontal axis with values 12.3, 14.1, 12.3, 14.1. A central peak is labeled '22,0'. Reinforcement bars are shown with diameters like Ø14 and Ø10. A table at the bottom lists section lengths and reinforcement details. A red arrow points to a double-headed arrow icon in the bottom right corner of the table area.

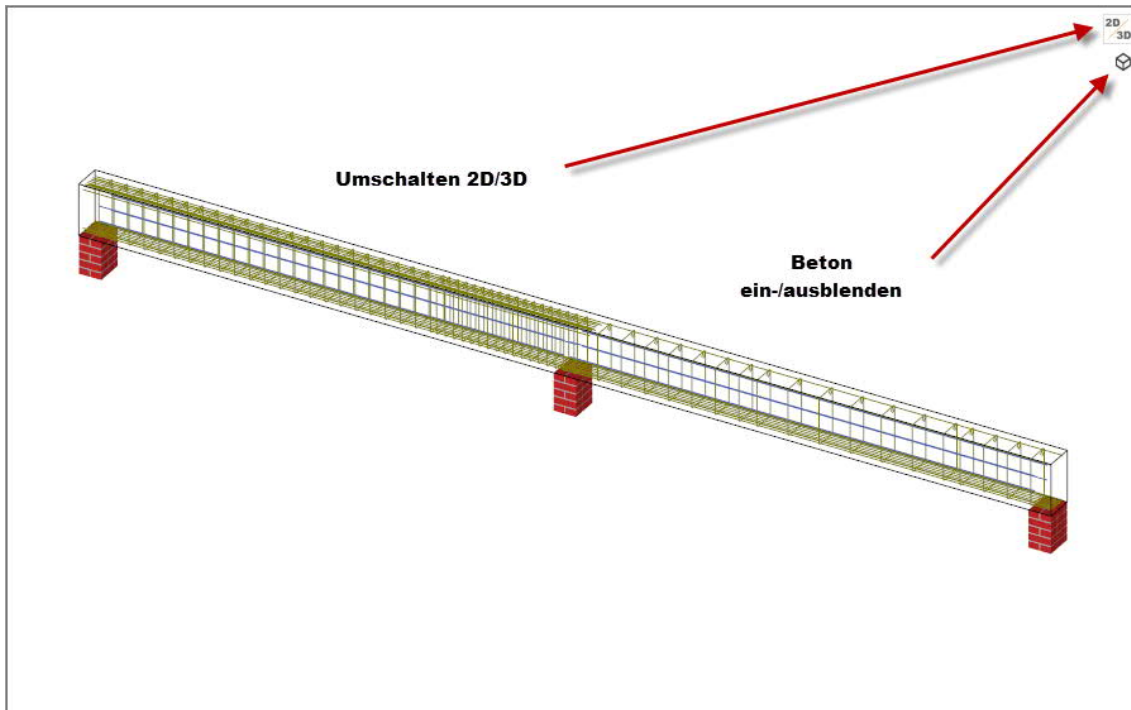
Abchnittlängen	Bewehrung unten	Bewehrung oben	Bewehrung konstruktiv	weitere Bewehrung		
[m]						
1	5,00	0	0	4	Bearbeiten (5)	Bewehrung erzeugen
2	5,00	8	2	4	Bearbeiten (5)	Bewehrung erzeugen

Additional data from the diagram and table:

- Zugkraftdeckungsline: Pos. 1: 100%, Pos. 3: 100%, Pos. 1: 100%, Pos. 3: 100%, unter: 117%, oben: 64%
- Buttons: OK, Abbrechen

### 3D- Grafik

Um die 3D-Grafik anzuzeigen, klicken Sie auf das 2D/3D-Symbol oben rechts. Der Beton kann aus- und eingeblendet werden.

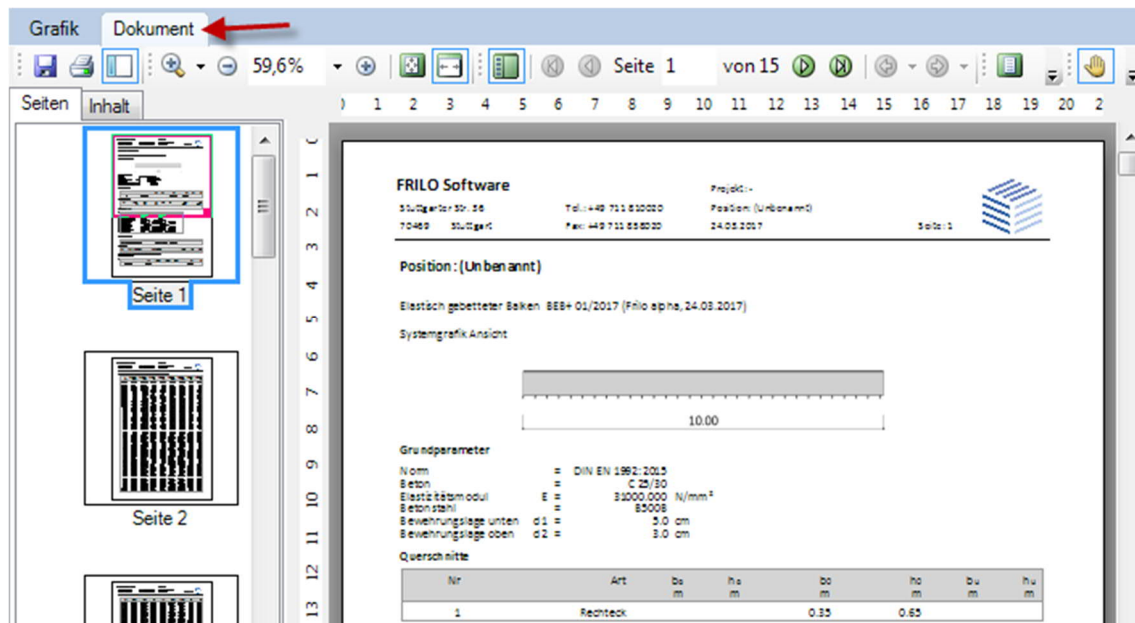


## Ausgabe

Der Ausgabeumfang kann durch die Wahl der vordefinierten Ausgaben Kurz, Standard oder Ausführlich oder durch Markieren der einzelnen Optionen definiert werden.

Weiterhin stehen Möglichkeiten zur Verfügung, Schriftgrößen für die Grafik zu wählen.

Um die Ausgabe anzuzeigen, klicken Sie auf das Register „Dokument“.



Siehe auch [Ausgabe und Drucken](#)

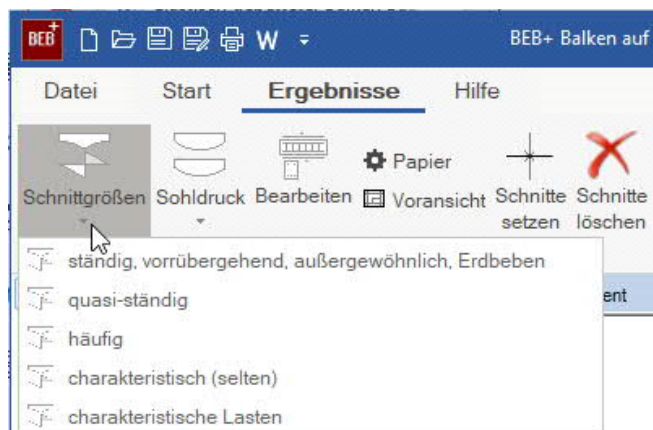
*Hinweis: Unter „Datei“ stehen verschiedene Exportoptionen (DXF, IFC, Word, PDF usw. zur Verfügung).*

## Ergebnisse / weitere Symbole

Hier können Sie Ergebnisgrafiken anzeigen (Schnittgrößen, Sohldruck, Bemessung/Bewehrung).

Sie können auch Schnitte in der Grafik setzen – zu Beenden dieser Aktion klicken Sie wieder auf das „Schnitte setzen“ Symbol.

Die Funktionen der einzelnen Symbole ersehen Sie aus den Tooltips, wenn Sie mit der Maus auf ein Symbol zeigen.





## Literatur

- /1/ *Beton-Kalender 1980*, Teil II, Seite 592.
- /2/ Hahn, J.: *Durchlaufträger, Rahmen, Platten und Balken auf elastischer Bettung*. (Werner) Düsseldorf 1970.