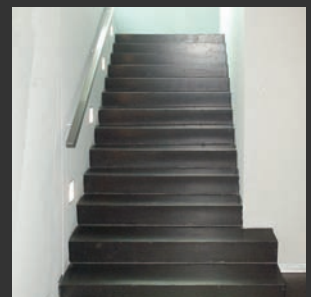
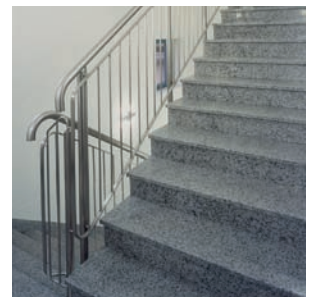
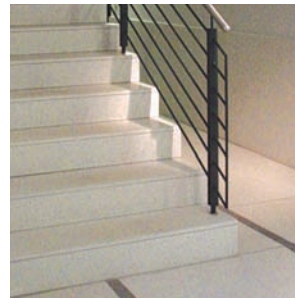




# Bemessung von Belägen und tragenden Bauteilen aus Betonwerkstein



■ Vorstellung komfortabler Diagramme zur optimalen Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften

# Bemessung von Belägen und tragenden Bauteilen aus Betonwerkstein

**Betonwerkstein gehört von jeher zu den schönsten Varianten des Betons. Betonwerkstein wird den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht. Zu den wichtigsten Einsatzbereichen zählen seit**

**langem Plattenbeläge, tragende Stufen, Fensterbänke und Gesimse, zu deren Bemessung dieser Aufsatz einen wichtigen Beitrag leisten soll.**

Beton ist in seiner Vielseitigkeit ein kaum zu überbietender Baustoff. So ist es auch nicht verwunderlich, dass das Bauen mit Beton bei Architekten und Bauherren zurzeit eine ungeahnte Renaissance erlebt. Es gibt kaum eine Bauaufgabe von Rang, bei der nicht auf die eine oder andere Weise der Baustoff zum Einsatz kommt. Während es noch vor einigen Jahren so aussah, als habe man sich satt gesehen am (leider) oftmals tristen Grau des Baustoffs, so werden heute immer mehr Objekte in Beton ausgeführt. Dass Beton grau und trist ist – diese Formel gilt mittlerweile schon lange nicht mehr. Die Betonindustrie hat die Tristesse der früheren Jahre abgelegt. Beton ist ein vielfältiger, technisch und gestalterisch anspruchsvoller Werkstoff, der unbestritten auch ökologische Qualitäten hat.

Das gilt auch für den Betonwerkstein. Seine Definition als „ein vorgefertigtes Erzeugnis aus bewehrtem oder unbewehrtem Beton, welches bearbeitet oder besonders gestaltet ist, hergestellt unter Zuhilfenahme von Zement nach DIN 1164 oder DIN EN 197 und Gesteinskörnungen“ wird seinen vielfältigen Erscheinungsformen nur unzureichend gerecht.

## **Innovationen in der Betonwerkstein-Technologie**

Schneller, höher, weiter – dieses olympische Motto hat sich in den vergangenen Jahren auch die Beton- und Betonwerksteinindustrie zu eigen gemacht. Dies untermauern zahlreiche Innovationen, wie zum Beispiel selbstverdichtende Betone oder hochfeste Betone.

Auch auf dem Gebiet des Betonwerksteins hat es in der jüngsten Vergangenheit richtungsweisende Entwicklungen

gegeben, und zwar gleich auf mehreren Sektoren: Da ist zunächst die Entwicklung im Maschinenbau zu nennen: Hochleistungsmischer, Hochleistungspressen und Diamantsägen, wie sie heute zum Einsatz kommen, ermöglichen die Herstellung von Betonwerksteinen höchster Qualität. Hinzu kommen modernste Verfahrenstechnologien, die nicht nur eine Optimierung der Produktionsabläufe, sondern auch der Produkte erlauben.

Entscheidende Impulse kommen auch von der Materialseite. Neben neuen Betonzusatzstoffen sind hier vor allem die neuen Hochleistungsbindemittel zu nennen, wie beispielsweise Flowstone. Sie wurden speziell für die Herstellung von hochwertigsten Betonzeugnissen entwickelt. Betone auf Basis dieser Bindemittel können bei Wasser-Zementwerten von 0,29 bis 0,35 Biegezugfestigkeiten bis zu 15 MPa und Druckfestigkeiten von mehr als 100 MPa erreichen. Damit können insbesondere schlanke und dünnwandige Bauteile mit der nötigen Sicherheit realisiert werden. In Verbindung mit modernen Verfahren zur Oberflächenveredelung, die beispielsweise für eine erhöhte Kratz- und Verschleißfestigkeit oder eine gesteigerte Säure- und Fleckresistenz der Betonwerksteinoberfläche sorgen, entstehen daher heute völlig neue Baustoffe. Baustoffe, die nur noch wenig mit den Betonwerksteinen vergangener Tage gemeinsam haben. Baustoffe, die in neue Dimensionen vorstoßen und dadurch in vielen Bereichen eine echte Alternative zu Materialien wie beispielsweise zu Fliesen oder Naturstein bilden. Damit hat sich der Betonwerkstein neue, attraktive Einsatzgebiete erschlossen, die bislang weitgehend anderen Werkstoffen vorbehalten waren.

Leider haben die bestehenden Regel-

werke mit den hier beschriebenen technischen Entwicklungen nicht immer Schritt gehalten. Die heute geltenden Normen entsprechen oftmals nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik. Viele der für die Planung und Ausführung wichtigen Bemessungsregeln orientieren sich immer noch an herkömmlichen Standards und berücksichtigen nicht die oben skizzierten Entwicklungen bei Material und Technik. Die nachfolgenden Anleitungen zur Planung und Ausführung sollen daher dazu dienen, moderne Betonwerksteintechnologie und Bemessungsregeln wieder in Einklang zu bringen. Denn nur mit bautechnischen Regeln und Rechenwerken, die sich an den Weiterentwicklungen orientieren, lässt sich das Potential voll ausschöpfen, das in der Steigerung der technischen und ästhetischen Qualitäten von modernem Betonwerkstein steckt.

Betonwerkstein, der aus werkseitig gefertigten, bewehrten oder unbewehrten Bauteilen besteht und in seiner Zusammensetzung und geometrischen Formbarkeit in Verbindung mit den verschiedensten Arten der Oberflächenbearbeitung, wie schleifen, polieren, bürsten, strahlen, waschen, steinmetzmäßig bearbeiten, einen nahezu unbegrenzten Facettenreichtum der Gestaltbarkeit bietet, ist in der Lage, höchsten architektonischen Ansprüchen zu genügen. Gerade diese beliebige Gestaltbarkeit in Form und Farbe ist es, was vielfach seine Vorteile gegenüber anderen Baustoffen, wie Keramik oder Naturstein ausmacht.

Mit der neuen Bemessungsregel, die in diesem Aufsatz vorgestellt wird, können moderne Betonwerksteine durch die optimale Ausnutzung der werkstoffspezifischen Parameter zukünftig noch besser eingesetzt werden.

## Neue Bemessungsdiagramme für Betonwerkstein

Im Verlaufe der vergangenen vier Jahre ist diese Bemessungsregel mit 24 Bemessungsdiagrammen und -tafeln erarbeitet worden. Insgesamt wurden zur Erstellung der Kurven ungefähr 1400 einzelne Statiken berechnet, deren Ergebnisse zu den Diagrammen führten, von denen im nachfolgenden Text auszugsweise Beispiele gezeigt werden.

Zur Erstellung der Diagramme wurden die Anforderungen folgender Normen berücksichtigt:

- DIN 18333 (12/2000) VOB/C - ATV - Betonwerksteinarbeiten
- DINV 18500 (12/2006) Betonwerkstein - Begriffe, Anforderung, Prüfung, Überwachung
- DIN 18065 Gebäudetreppen - Definition, Messregeln, Hauptmaße
- DIN 1045-1 (06/2005) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1 Bemessung und Konstruktion
- DIN 1055-3 (10/002) Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 3 Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten

Diese Bemessungsregeln sind demzufolge auf das aktuelle deutsche Vorschriftenwerk abgestellt. Die Ausarbeitung ist von einem akkreditierten Prüfstatiker geprüft. Um dieses neue technische Regelwerk richtig anwenden zu können, müssen gewisse Einflussgrößen beachtet werden.

### Einflussgrößen auf die Beanspruchung der Bauteile

In DINV 18500 - Betonwerkstein heißt es in Abschnitt 5.1., Absatz 9: „für tragende und aussteifende Bauteile aus Betonwerkstein mit Bewehrung gilt zusätzlich DIN 1045“. Bewehrte Bauteile sind also nach DIN 1045-1 (07/ 2001) zu bemessen. Diese Vorschrift besitzt jedoch im Bemessungs-

Tabelle 1: Expositionsklassen gemäß DIN 1045-1

Bewehrungskorrosion durch Carbonatisierung	
XC1	Beton trocken oder ständig nass
XC2	nass, selten trocken
XC3	mäßige Feuchte
XC4	wechselnd nass, trocken
Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser	
XS	
Bewehrungskorrosion durch Chloride, inkl. Taumittel	
XD1	mäßige Feuchte
XD2	nass, selten trocken
XD3	wechselnd nass, trocken
Frost mit und ohne Taumittel	
XF1	mäßige Feuchte ohne Taumittel
XF2	mäßige feuchte mit Taumittel
XF3	hohe Feuchte ohne Taumittel
XF4	hohe Feuchte mit Taumittel

Tabelle 2: Betondeckung der Bewehrung gemäß DIN 1045-1

<b>Betondeckung</b>	Abstand zwischen Betonoberfläche und Außenkante Stahl
<b>Aufgabe</b>	Sicherung des Verbunds zwischen Bewehrung und Beton; Schutz der Bewehrung gegen Rosten; Schutz der Bewehrung gegen Brandeinwirkung
<b>Anforderungen</b>	Ausreichende Dicke und Dichte der Betondeckung; Einhaltung der Maße der Betondeckung für Normalbeton Nennmaß = Mindestmaß + Vorhaltemaß $c_{nom} = c_{min} + \Delta c$ Einhaltung des Verlegemaßes $c_v$ , das sich aus den verschiedenen Nennmaßen ergibt (s. Skizze)
$c_{min}$	Mindestmaß der Betondeckung; Kontrollmaß für das erhärtete Bauteil
$\Delta c$	Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von $c_{min}$ im erhärteten Bauteil: $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse XC1 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklassen XC2, XC3, XC4, XD, XS Angabe auf Bewehrungszeichnung erforderlich
$c_{nom}$	Nennmaß der Betondeckung; maßgebend für die Bemessung in der statischen Berechnung (Nutzhöhe d)
$c_v$	Verlegemaß der Bewehrung (s. Skizze); Angabe auf Bewehrungszeichnung erforderlich; maßgebend für die durch Abstandshalter zu unterstützende Bewehrung, z. B. bei Bügeln in Balken

sungsverfahren eine Anwendungsbeschränkung hinsichtlich der Plattendicken kleiner 70 mm. Gleichzeitig verbietet sich meist schon aus der Berücksichtigung der Anforderungen an die Betondeckung nach DIN 1045-1 die Ausführung bewehrter Betonwerksteinelemente in kleineren Dicken als 70 mm.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, solche Bauteile in erforderlichenfalls extrem kleinen Dicken, die vorwiegend als Bekleidungen und Beläge eingesetzt werden, als unbewehrte Elemente auszuführen.

Die Bemessung solcher Teile nach DIN 1045-1 ist aber nicht möglich. Unbewehrte, dünnwandige Betonwerksteinelemente müssen deshalb nach der Elastizitätstheorie bemessen werden.

Dieser statischen Berechnung liegen normierte Werkstoffeigenschaften zugrunde. Um eine sichere schadensfreie Ausführung zu gewährleisten, ist es außerordentlich wichtig, dass die Annahmen der statischen Berechnung unter Praxisbedingungen umgesetzt werden.

Außergewöhnliche Beanspruchungen müssen durch richtigen Einbau oder geeignete Maßnahmen weitestgehend ausgeschlossen werden. Solche zusätzlichen Beanspruchungen sind:

- Kräfte aus Formänderungen infolge außergewöhnlicher Temperaturunterschiede
- Kraft aus werkstoffbedingtem Kriechen und Schwinden
- Kräfte aus Formänderungen, infolge

Tabelle 3: Betondeckung der Bewehrung

Expositionsklasse <sup>1)</sup>	Mindestmaße	Nennmaße	Bewehrungsstahl Ø mm
	$c_{min}$ mm	$c_{nom}$ mm	
XC1	10	20	bis $d_s = 10$
XC2, XC3	20	35	bis $d_s = 20$
XC4	25	40	bis $d_s = 25$
XD1, XD2, XD3 <sup>2)</sup>	40	55	bis $d_s = 28$
XS1, XS2, XS3	40	55	bis $d_s = 28$

<sup>1)</sup> Bei mehreren zutreffenden Expositionsklassen für ein Bauteil ist jeweils die Expositionsklasse mit der höchsten Anforderung maßgebend. Vergrößerung bzw. Verminderung der Betondeckung siehe DIN 1045-1

<sup>2)</sup> Für XD3 können im Einzelfall besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung notwendig sein

einseitiger Wasseraufnahme oder einseitiger Austrocknung

Einflüsse auf die Konstruktion, wie Karbonatisierung, Chloride, Frost mit und ohne Taumittel, fließen über die Expositions-klassen in die Berechnung ein.

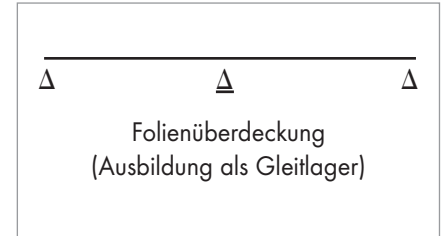
Die Betondeckung der Bewehrung ist abhängig von der Expositions-klasse (vgl. Tab. 3).

Bei Betonwerksteinfertigteilen müssen gegebenenfalls die Maße zwischen äußerer Oberfläche und größten Vertiefungen, infolge der Profilierung bzw. aus verschiedenen Oberflächenbearbeitungen, dem Nennmaß  $c_{nom}$  hinzugerechnet werden.

### Auflagerbedingungen als Einflussgrößen

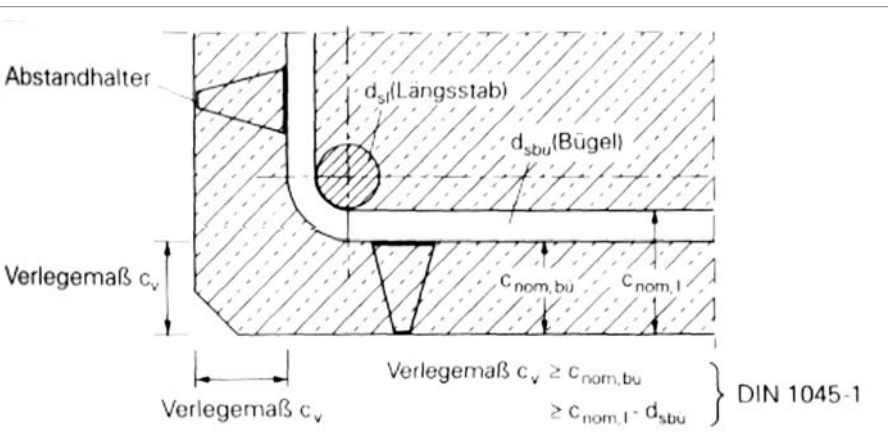
In VOB/C - ATV - DIN 18333 - Betonwerksteinarbeiten, Abschnitt 3.2.2., heißt es: „Treppenstufen und Belagsplatten sind zwangungsfrei, z. B. auf Mörtelstreifen, zu

verlegen.“ Die Anzahl der Mörtelstreifen ist dabei nicht definiert. Es ist deshalb normkonform, Treppenstufen auf zwei oder drei Mörtelstreifen zu verlegen. Zwei Mörtelstreifen bedeuten zwei feste Auflager, somit ist ein statisch unbestimmtes Tragwerk vorhanden, genauso wie bei Auflagerung auf drei Mörtelstreifen – hierbei wirkt sich lediglich das Stützmoment durch das bewegliche Auflager zusätzlich positiv aus:



Die Ausführung des mittleren Mörtelauflagers als festes Auflager ist unbedingt zu vermeiden! Bei einem festen Auflager würde ein anderes statisches System mit verändertem Spannungsverlauf entstehen. Der dann erforderliche statische Nachweis wird von der Bemessungsregel, die in diesem Aufsatz vorgestellt wird, nicht abgedeckt.

Mörtelstreifen sind auf 16 cm Breite zu begrenzen, um die Annahmen der statischen Berechnung einzuhalten und zusätzliche Einwirkungen aus Formänderung durch einseitige Wasseraufnahme auszuschließen. Die Lagerung in elastischen Massen (Silikon, P85) z. B. auf Stahlplatten ist unproblematisch. Bei Verwendung von Dünn- und Mittelbettklebern wird die Verwendung von Schnellklebern mit bis zu 95%-iger Wasserbindung empfohlen.



Betondeckung der Bewehrung (vgl. DIN 1045-1)

**Einflussfaktor Einwirkungen auf Tragwerke**

Nach DIN 1055/3 (10/2002) - Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 3; Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten - ist für Treppenbeläge in Wohngebäuden und gewerblich genutzten Gebäuden nur noch eine Einzellast von  $Q_k = 2 \text{ kN}$  an ungünstigster Stelle anzusetzen.

Für die Bemessung von Fensterbänken und Gesimsen sowie von Treppen, die nur zu Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten begangen werden, ist gemäß DIN 1055-3 (10/2002), Tab. 1, eine Einzellast von  $Q_k = 1,0 \text{ kN}$  zu berücksichtigen. Für Zugänge und Treppen von Tribünen, ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtweg dienen, ist  $Q_k$  mit  $3,0 \text{ kN}$  anzusetzen. Dieser Lastfall ist in den nachfolgenden Diagrammen nicht enthalten. Für diese Einzelfälle ist ein gesonderter statischer Nachweis zu führen. Die nachfolgenden Bemessungstabellen wurden bisher ausschließlich für die beiden zuerst genannten Laststufen erarbeitet:

- 1) Laststufe für baurechtlich notwendige und nicht notwendige Treppen und Beläge nach DIN 1055/3, 2002 - 10 mit  $Q_k = 2,0 \text{ kN}$
- 2) Laststufe für Bauteile, die nur zu Ausbesserungs- und Reinigungsarbeiten begangen werden mit  $Q_k = 1,0 \text{ kN}$

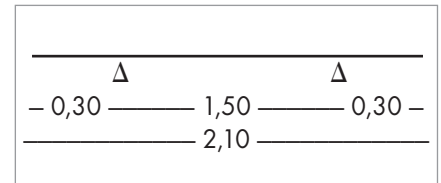
**Bemessungsdiagramme für bewehrten Betonwerkstein**

Bauteile aus Betonwerkstein mit einer Dicke größer  $70 \text{ mm}$  sind gemäß DIN 1045-1 als bewehrte Bauteile zu bemessen. Für diese Bemessungen wurden neuartige Diagramme entwickelt, die sehr einfach handhabbar sind. Die Diagramme wurden für verschiedene Eingangsgrößen individuell erstellt - es ist daher stets darauf zu achten, dass man mit dem korrekten Diagramm arbeitet.

Das Bemessungsdiagramm in Abb. 1 dient zur Bemessung der Feld- und Kragarmbewehrung von Treppenstufen für  $c_{nom} = 20\text{mm}$ , Betongüte C25/30 und Expositionsklasse XC1. Für weitere Eingangs-

größen sind weitere Diagramme erhältlich.

Ein Beispiel soll die Anwendung des Diagramms erläutern:

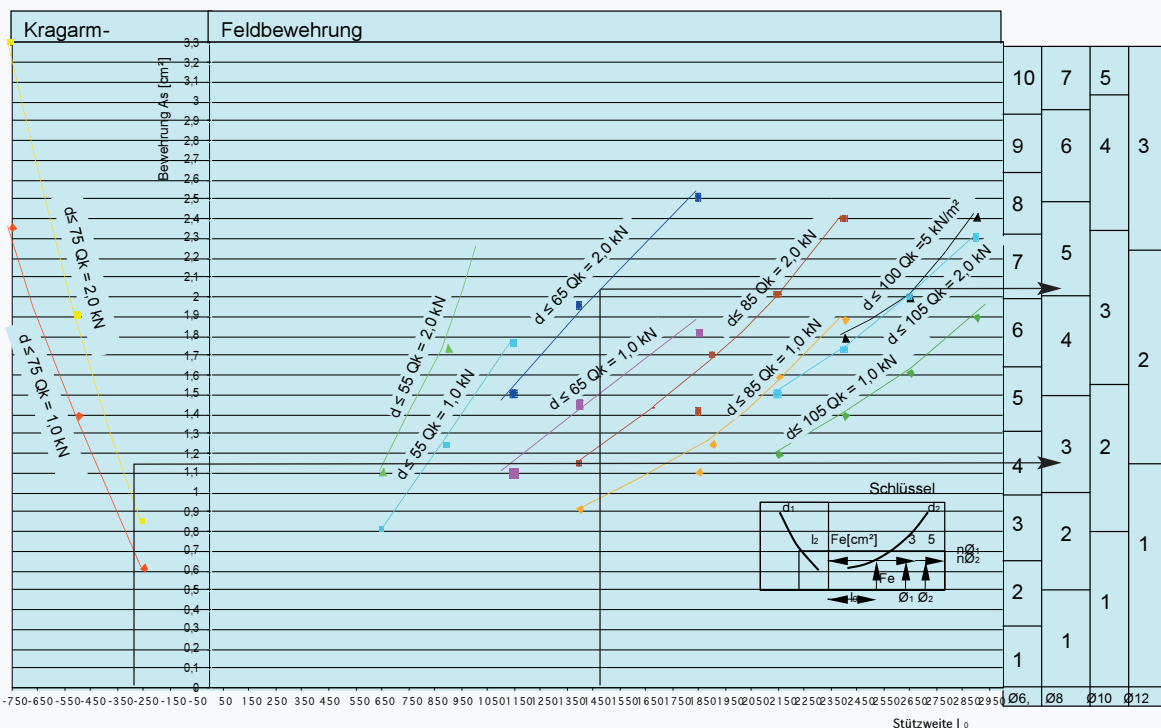


Gegeben sei eine Treppenstufe als Einfeldträger mit beidseitigem Kragarm gemäß nebenstehender Skizze, die mit Bewehrungsstäben  $\delta = 8 \text{ mm}$  bewehrt werden soll. Aus der Beschränkung der Biegeschlankheit ergibt sich als grobe Abschätzung für die Nutzhöhe  $d$  (Abstand Unterkante Bewehrung bis zur Betonoberfläche)

$$d = l_1 : 35 = 1500 \text{ [mm]} : 35 \approx 43 \text{ mm}$$

**1. Diagramm - Hauptbewehrung von tragenden Stufenelementen**

in Abhängigkeit von Belastung, Dicke und Stützweite für  $c_{nom} = 20\text{mm}$  nach DIN 1045-2 C25/30 XC1



1

**Hauptbewehrung von tragenden Stufenelementen aus Betonwerkstein**



Unter Berücksichtigung der Betondeckung folgt

$$D = d + c_{\text{nom}} = 43 + 20 = 63 \text{ mm}$$

Dieses wäre die erforderliche Stufendicke ohne Berücksichtigung etwaiger Anforderungen an den Brandschutz. Diese Stufendicke ist die maßgebende Eingangsgröße für das Bemessungsdiagramm.

Gefordert sei aber außerdem im Rahmen dieses Beispiels noch die Feuerwiderstandsklasse F90A für die Stufe. Bei einer Mindestbreite vom 250 mm (das wird in diesem Beispiel angenommen für die Stufenbreite) beträgt der geforderte Bewehrungsachsabstand nach unten 40 mm.

$$D_{F90} = d + (40 - \delta/2) = 43 + (40 - 8/2) = 43 + (40 - 4) = 79 \text{ mm}$$

Gewählt wird bei der geforderten Feuer-

widerstandsklasse aus konstruktiven Gründen im Folgenden eine Stufendicke für die Treppenstufe von 80 mm.

Für die Ermittlung der Stahlbewehrung ist die Dicke der Trittstufe, ohne Berücksichtigung etwaiger Anforderungen an den Brandschutz, anzusetzen ( $D = 63 \text{ mm}$ , siehe oben).

Bei einer angenommenen Bemessungslast  $Q_k = 2,0 \text{ kN}$  kann man aus dem Diagramm bei

$$l_i = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{und } d = 63 \text{ mm} \Rightarrow d \leq 65 \text{ mm}$$

$$\text{und } Q_k = 2,0 \text{ kN}$$

die erforderliche Feldbewehrung ablesen zu  $\text{erf } A_s = 2,32 \text{ cm}^2 = 5 \text{ } \varnothing 8 \text{ mm}$ .

Ebenso lässt sich bei  $l = 300 \text{ mm}$  auf der

linken Seite des Bemessungsdiagramms die erforderliche Bewehrung des Kragarms ablesen:  $\text{erf } A_s = 1,05 \text{ cm}^2 = 3 \text{ } \varnothing 8 \text{ mm}$ .

Die auszuführende Dicke des Kragarms wird aus konstruktiven Gründen ebenso zu 80 mm gewählt wie im Feld, entsprechend einer durchgängigen Treppenstufe. Wenn sich aber, wie im vorliegenden Fall, aus der Berücksichtigung o. g. Normen-anordnung eine Bewehrungsgrundlage nahe der 0-Zone ergibt, ist die Elementdicke um den Faktor 0,1 bis 0,2 zu erhöhen. Somit ergibt sich eine Ausführungsdicke von  $D = 1,2 \times 79 \text{ mm} = 95 \text{ mm}$ .

## Bemessungsdiagramme von unbewehrtem Betonwerkstein

Bauteile aus Betonwerkstein mit einer Dicke kleiner 70 mm, die vorwiegend als Bekleidungen und Beläge eingesetzt werden, können unbewehrt ausgeführt wer-

### Bemessungsbeispiele

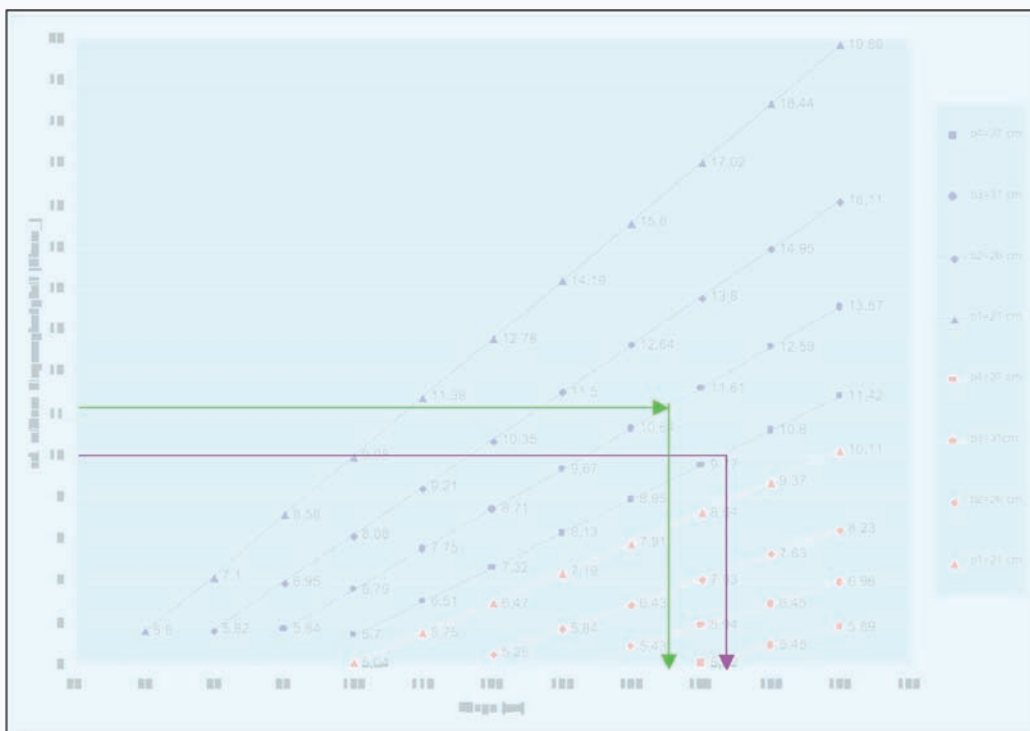
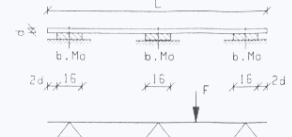
#### Unbewehrte Beläge zur Wartung begehbar

Bauteildicke  $d = 3 \text{ cm}$   
 Mortelstreifen  $b, Mo = 16 \text{ cm}$   
 Bauteilbreite  $b_l = 21/26/31/37 \text{ cm}$   
 Zweifeldträger  $F = 1,0 \text{ kN}$



#### Unbewehrte Beläge Treppen und Podeste außer Tribünen

Bauteildicke  $d = 3 \text{ cm}$   
 Mortelstreifen  $b, Mo = 16 \text{ cm}$   
 Bauteilbreite  $b_l = 21/26/31/37 \text{ cm}$   
 Zweifeldträger  $F = 2,0 \text{ kN}$



Beispiele:  
**Betonwerkstein**  
 $f_{ct} = 11,1 \text{ N/mm}^2$   
 $d = 3,0 \text{ cm}$   
 $b = 31 \text{ cm}$   
 $l_{\text{max}} = 144 \text{ cm}$   
**Granit Rosa Beta**  
 $\beta_B = 10$   
 $d = 3,0 \text{ cm}$   
 $b = 37 \text{ cm}$   
 $l_{\text{max}} = 152 \text{ cm}$

den, da die Bemessung nach DIN 1045-1 nicht möglich ist. Diese unbewehrten, dünnwandigen Bauteile werden dann nach der Elastizitätstheorie unter Ausnutzung der Biegezugfestigkeit bemessen.

Folgende Grundlagen sind bei der Bemessung zu beachten:

**Baustoff**

- Als Baustoff wird Betonwerkstein nach DIN V 18500 - Begriffe Anforderungen, Prüfung, Überwachung eingesetzt.

**Festigkeiten**

- Gemäß DIN V 18500 Betonwerkstein-; Punkt 5.5. Festigkeiten
  - Bodenplatten, Stufen und Stufenbeläge müssen eine mittlere Biegezugfestigkeit von mindestens 5 N/mm<sup>2</sup> aufweisen, der kleinste Einzelwert darf 4 N/mm<sup>2</sup> nicht unterschreiten.
  - Alle sonstigen Bauteile müssen entweder die oben angegebenen Biegezugfestigkeiten oder

der Betondruckfestigkeitsklasse C25/30 entsprechen.

- Nach DIN EN 13748-2, muss in der zu deklarierenden Klasse mindestens eine Biegezugfestigkeit von 2,8 N/mm<sup>2</sup> und im Mittel von 3,5 N/mm<sup>2</sup> erreicht werden.

**Geometrie**

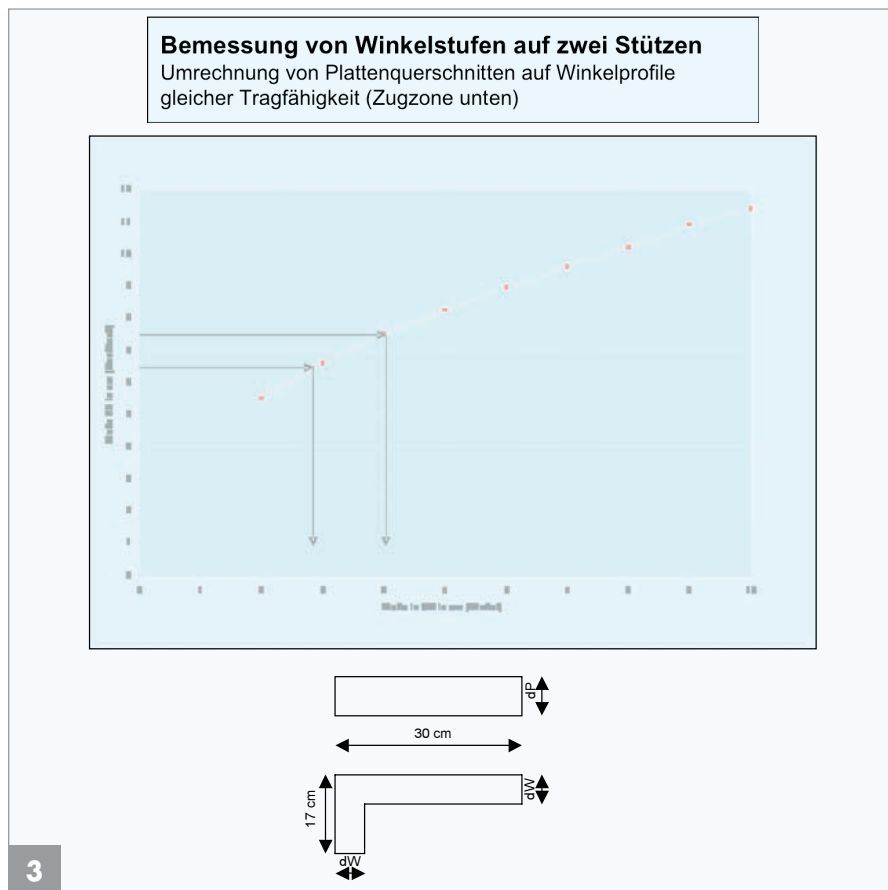
- Erfahrungsgemäß und in Anlehnung an die DIN 18065 - Gebäudetreppen - Definition, Messregeln, Hauptmaße, bewegt sich der größte Teil der möglichen Breite an Trittstufen, Fensterbänken, Simsen und Podestrandplatten in einer Breite von 21 cm ≤ a ≤ 37 cm.
- Treppenbeläge dürfen dabei nach DIN 18333 - Betonwerksteinarbeiten - Abschnitt 3.2.5. als unbewehrtes Bauteil mit einer Kragarmlänge von weniger als dem 2-fachen der Dicke der Trittstufen an beiden Enden auskragen.

**Berechnungsgrundlagen für die Bemessung unbewehrter Betonwerksteinteile**

- Die DIN 1045-1 (07/2001) „Trag-

werke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1 Bemessung und Konstruktion“ ist für solch feingliedrige Elemente nicht anwendbar. Sie enthält eine Dickenbeschränkung. Eine Bemessung unter 70 mm ist nicht möglich. Deshalb wurde die Bemessung nach der Elastizitätstheorie durchgeführt.

- Für unbewehrte Betonquerschnitte wird nach DIN 1045 (07/1988), Abschn. 17.2.2., bei Versagen des Querschnittes ohne Vorankündigung mit einem Sicherheitsbeiwert von  $\gamma = 2,1$  bemessen. Dieser Sicherheitsbeiwert erfüllt auch die Anforderungen der Europäischen Normen.
- Bei unbewehrten Treppenbelägen werden die Biegezugspannungen zur Tragwirkung ausgenutzt.
- Die Berechnungen wurden deshalb auch hier mit dem Sicherheitsbeiwert  $\gamma = 2,1$  für die mittlere Biegezugfestigkeit  $f_{CT}$  durchgeführt.
- Mit diesen Sicherheitsbeiwerten sind die Toleranzen aus den Einspannungszuständen der Mörtelaufleger und die Ebenheitstoleranzen abgedeckt, wobei die Bemessung für die effektive Elementdicke durchgeführt wurde.
- Im Diagramm wird für die effektive Elementdicke die Bezeichnung Bauteildicke verwendet.
- Die Dickentoleranzen (z. B. aus der Fertigung) wurden daher noch nicht berücksichtigt

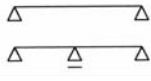
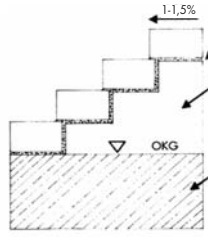
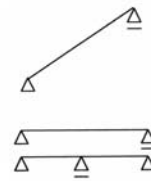
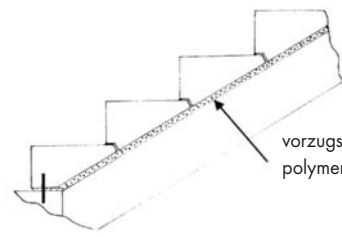

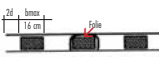
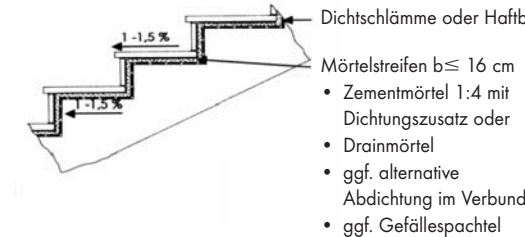
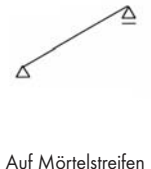
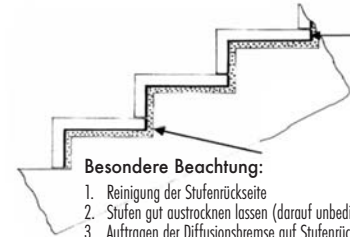


3

Umrechnung von Plattenquerschnitten auf Winkelprofile gleicher Tragfähigkeit (Zugzone unten)

Das nachfolgende Bemessungsdiagramm in Abb. 2 ist für eine Bauteildicke von 3,0 cm und eine Belastung von  $Q_k = 1,0$  und  $Q_k = 2,0$  kN ausgelegt. Auch hier gibt es für andere Bauteildicken wieder alternative Diagramme, die entsprechend genutzt werden können.

Diese Diagramme sind im Übrigen ebenso für die Bemessung von Naturstein gültig, da als Eingangsgröße lediglich die Biegezugfestigkeit  $f_{CT}$  erforderlich ist. Somit lassen sich mit diesem Diagramm auch auf sehr einfache Weise die Potenziale verschiedener Baustoffe miteinander vergleichen. Bei diesen Vergleichen wird somit beispielsweise auch die Überlegenheit des zuvor schon erwähnten Flowstones gegenüber vielen Naturwerkstoffen deutlich, denn aufgrund der hervorragenden Materialeigenschaften (insbesondere der Biegezugfestigkeit) lassen

Pos.	Stufenart	Verlegeart/Auflagerbedingungen	Verlegeempfehlung - Dies sind Verlegeempfehlungen basierend auf dem neuesten Stand der Technik, teilweise von DIN 18333 abweichende Regelungen, sollten besonders vereinbart werden und sind als besondere Leistungen besonders zu vergüten
1	<b>tragende Stufen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blockstufen</li> <li>• Keilstufen</li> <li>• Trittstufen</li> <li>• Winkelstufen</li> </ul>	<b>außen/innen:</b> auf Mauerwerksauflagen 	 <p><b>Verlegemörtel:</b> Zementmörtel MGIII</p> <p><b>Mauerwerk:</b> Mindestwerte: Festigkeit: 0,5 MN/m<sup>2</sup>, Sperrung: MGIII mit Dichtungszusatz</p> <p><b>Fundament:</b> Mindestwerte: Festigkeit: C12/C15, Dicke: 30 cm, Tiefe: 80 cm - 120 cm</p> <p>Gemäß ATV DIN 18333, Pkt. 3.2.2. sind Treppenstufen zwängungsfrei zu verlegen.</p>
2	<b>tragende Stufen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blockstufen</li> <li>• Keilstufen</li> <li>• Trittstufen</li> <li>• Winkelstufen</li> </ul>	<b>außen/innen:</b> auf Stahlunterkonstruktionen 	 <p>vorzugsweise mit polymeren Massen</p> <p>Gemäß ATV DIN 18333, Pkt. 3.2.2. sind Treppenstufen zwängungsfrei zu verlegen.</p>
3	<b>Belagstufen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tritt- und Setzstufen</li> <li>• Winkelstufen</li> </ul>	<b>außen</b> auf Mauerwerk oder Stahlbetonläufen  <p>Auf Mörtelstreifen</p> 	 <p>Dichtschlämme oder Haftbrücke als Diffusionsbremse</p> <p>Mörtelstreifen <math>b \leq 16</math> cm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zementmörtel 1:4 mit Dichtungszusatz oder</li> <li>• Drainmörtel</li> <li>• ggf. alternative Abdichtung im Verbund</li> <li>• ggf. Gefällespachtel</li> </ul> <p>Gemäß ATV DIN 18333, Pkt. 3.2.2. sind Treppenstufen zwängungsfrei zu verlegen.</p> <p><b>Besondere Beachtung:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reinigung der Stufenrückseite</li> <li>2. Stufen gut austrocknen lassen (darauf unbedingt achten!)</li> <li>3. Einstreichen der Stufenrückseite mit                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• dichtenden Stoffen</li> <li>• oder geeigneter kunststoffvergüteter Haftbrücke vollflächig.</li> </ul> </li> <li>4. Untergrund reinigen</li> <li>5. Untergrundfeuchte begrenzen</li> <li>6. ggf. Gefällespachtel</li> <li>7. Haftsclämme und ggf. Abdichtung im Verbund auf Untergrund auftragen</li> <li>8. Verlegung auf Mörtelstreifen <math>b \leq 16</math> cm mit Überstand <math>U_{max} \leq 2d</math></li> </ol> <p>Bewegliche Auflager sind als Mörtelstreifen überdeckt mit Folie auszubilden. Die Mörtelstreifen müssen in Flucht von oben nach unten liegen. In den sich bildenden Entwässerungskanälen zwischen den Mörtelstreifen muss für Staunässeabfluss gesorgt sein (Gefälle 1-1,5%).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Fugen lange offen lassen, nicht mit Kleber verbinden. Verschluss mit Fugenmörtel oder Silikon.</li> <li>10. Keine Verlegung unter +5 °C</li> <li>11. Möglichst keine Entwässerung des Podestbelages über die Treppenunterseite</li> </ol>
4	<b>Belagstufen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tritt- und Setzstufen</li> <li>• Winkelstufen</li> </ul>	<b>innen</b> auf Stahlbetonläufen  <p>Auf Mörtelstreifen</p>	<p>Gemäß ATV DIN 18333, Pkt. 3.2.2. sind Treppenstufen zwängungsfrei zu verlegen.</p>  <p>Dichtschlämme oder kunststoffvergütete Haftbrücke</p> <p><b>Mörtelstreifen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zementmörtel 1:4</li> <li>• Kalkzementmörtel 1:2:8</li> <li>• Dünnbettmörtel, flexibel, schnell</li> <li>• schnell bindender Werkmörtel mit 95%iger Wasserbindung</li> </ul> <p>nicht normenkonform mit derzeit geltender DIN 18333</p> <p><b>Besondere Beachtung:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reinigung der Stufenrückseite</li> <li>2. Stufen gut austrocknen lassen (darauf unbedingt achten!)</li> <li>3. Auftragen der Diffusionsbremse auf Stufenrückseite</li> <li>4. Haftbrücke auftragen</li> <li>5. Verlegung auf Mörtelstreifen <math>b \leq 16</math> cm</li> <li>6. Fugen zwischen Tritt- und Setzstufe lange offen lassen. Verschluss mit Fugenmörtel oder Silikon.</li> <li>7. Untergrundfeuchte begrenzen</li> <li>8. Keine Verlegung unter +5 °C</li> </ol>

4

## Spezielle Hinweise zur Verlegung von Betonwerkstein-Treppen



sich mit diesem Hochleistungsbindemittel schlankere Bauteile realisieren als mit Natursteinprodukten.

Anhand eines Beispiels soll auch hier wieder die Anwendung erläutert werden: Gegeben sei ein Zweifeldträger mit beidseitigem Kragarm, der entsprechend DIN 18333 weniger als das 2-fache der Dicke der Trittstufen an beiden Enden auskragt. Das Material sei ein Betonwerkstein mit einer mittleren Biegezugfestigkeit von  $f_{ct} = 11,1 \text{ N/mm}^2$ . Bei einer Stufenbreite von 31 cm und einer Belastung von  $Q_k = 2,0$  kann sofort abgelesen werden, dass die maximal baubare Gesamtlänge der Stufe 144 cm beträgt (bei einer gewählten Dicke von 3 cm).

Bei anderen Stufenbreiten oder bei einer anderen Belastung lässt sich auf die gleiche Weise ebenso einfach die maximal baubare Länge der Bauteile ablesen.

Wichtig ist allerdings dabei immer, dass die Randbedingungen, die als Grundlage für die Erstellung der Diagramme vorausgesetzt wurden, eingehalten werden – in diesem Falle insbesondere die geometrischen Randbedingungen an die Auflager, sowie auch deren Ausführung mit einem Gleitlager in der Mitte (s. oben).

### Umrechnung von Winkelstufen und Rechteckquerschnitten

Das zuvor vorgestellte Bemessungsdiagramm geht stets von Rechteckquerschnitten aus, die den Bauteilen zugrunde liegen. Sollte eine Ausführung mit Winkelstufen erwünscht oder gefordert sein, so lassen sich diese auf einfache Weise über das Widerstandsmoment in ideale Rechteckquerschnitte umrechnen. Mit diesen ideellen Rechteckquerschnitten können die zuvor gezeigten Bemessungsdiagramme dann in gleicher Weise sehr komfortabel genutzt werden.

Das Diagramm in **Abb. 3** ist gültig für ein Steigungsverhältnis 17/30 – prinzipiell sind aber auch für andere Steigungsverhältnisse ähnliche Diagramme erstellbar. Passend zu dem Wert  $dW$  für die Dicke der Winkelstufe auf der x-Achse kann man auf der y-Achse unmittelbar den korrespondierenden Wert  $dP$  für einen Rechteckquerschnitt ablesen.

In gleicher Weise ist das Diagramm auch umgekehrt nutzbar, so dass man ausgehend von der Dicke der (Rechteck-) Stufe eine gleichwertige Winkelstufe ermitteln kann.

### Verlegehinweise für bewehrte und unbewehrte Betonwerksteinbauteile

Die Dimensionierung der Betonwerksteinbeläge aus statischen Gesichtspunkten ist unbedingt mit der nötigen Vorsicht zu behandeln, um eine Unterdimensionierung zu vermeiden. Vor allem aber muss durch die Verlegung sichergestellt werden, dass die Annahmen der statischen Berechnung auch in der Praxis eingehalten werden. Die wichtigsten Aspekte sind:

- Die realen Auflagerbedingungen müssen den Annahmen der statischen Berechnung entsprechen. Zu breite Mörtelstreifen (>16 cm) führen zu einem veränderten Spannungsverlauf, insbesondere sind Spannungsänderungen und auch Rissbildungen infolge von Kontraktionen durch erhöhten Wassereintrag möglich. Aus diesem Grund ist auch unbedingt beim Einbau auf die Trockenheit der Belagsbaustoffe und der Unterkonstruktion zu achten.
- Für Abfluss der Staunässe ist zu sorgen.
- Bei der Verlegung der Außenstufen auf Mörtelstreifen ist unbedingt darauf zu achten, dass die Mörtelstreifen übereinander angeordnet sind, damit Diffusionskanäle entstehen, welche eine Entwässerung unter der Stufe ermöglichen. Die darunter befindlichen Stufenrohlinge müssen in der Trittlfläche nach vorn geneigt sein, um Staunässe zu vermeiden. Ggf. sind Gefällespachtelungen und alternative Verbundabdichtungen vornehmen. Die Rückseite des Belagsmaterials muss dann eine Dichtschlämme oder geeignete Haftbrücke erhalten, damit die in den Diffusionskanälen befindliche Feuchte nicht nach oben durchschlagen kann.
- Das Alter der Belagsbaustoffe ist so zu wählen, dass keine schädigenden Schrumpf-, Schwind- und Kriechpro-

zesse zu erwarten sind.

- Thermische Beanspruchungen sind zu vermeiden oder durch geeignete Auflagerausbildung zu berücksichtigen
- Geeignete normgerechte Materialien sind zu verwenden.
- Herstellerinfos sind zu beachten.

Weitere Empfehlungen, speziell für die Verlegung von Treppenstufen aus Betonwerkstein, enthält **Abb. 4**.

### Zusammenfassung

In diesem Aufsatz wurden neuartige Diagramme zur Bemessung von Betonwerksteinbauteilen vorgestellt. Sowohl für bewehrte als auch für unbewehrte Betonwerksteinbauteile sind entsprechende Diagramme für die verschiedenen Eingangsgrößen verfügbar.

Desweiteren wurde ein einfaches Diagramm zur Umrechnung von Plattenquerschnitten auf Winkelprofile gleicher Tragfähigkeit vorgestellt, das die Anwendbarkeit der zuvor genannten Diagramme auch für Winkelstufen ermöglicht.

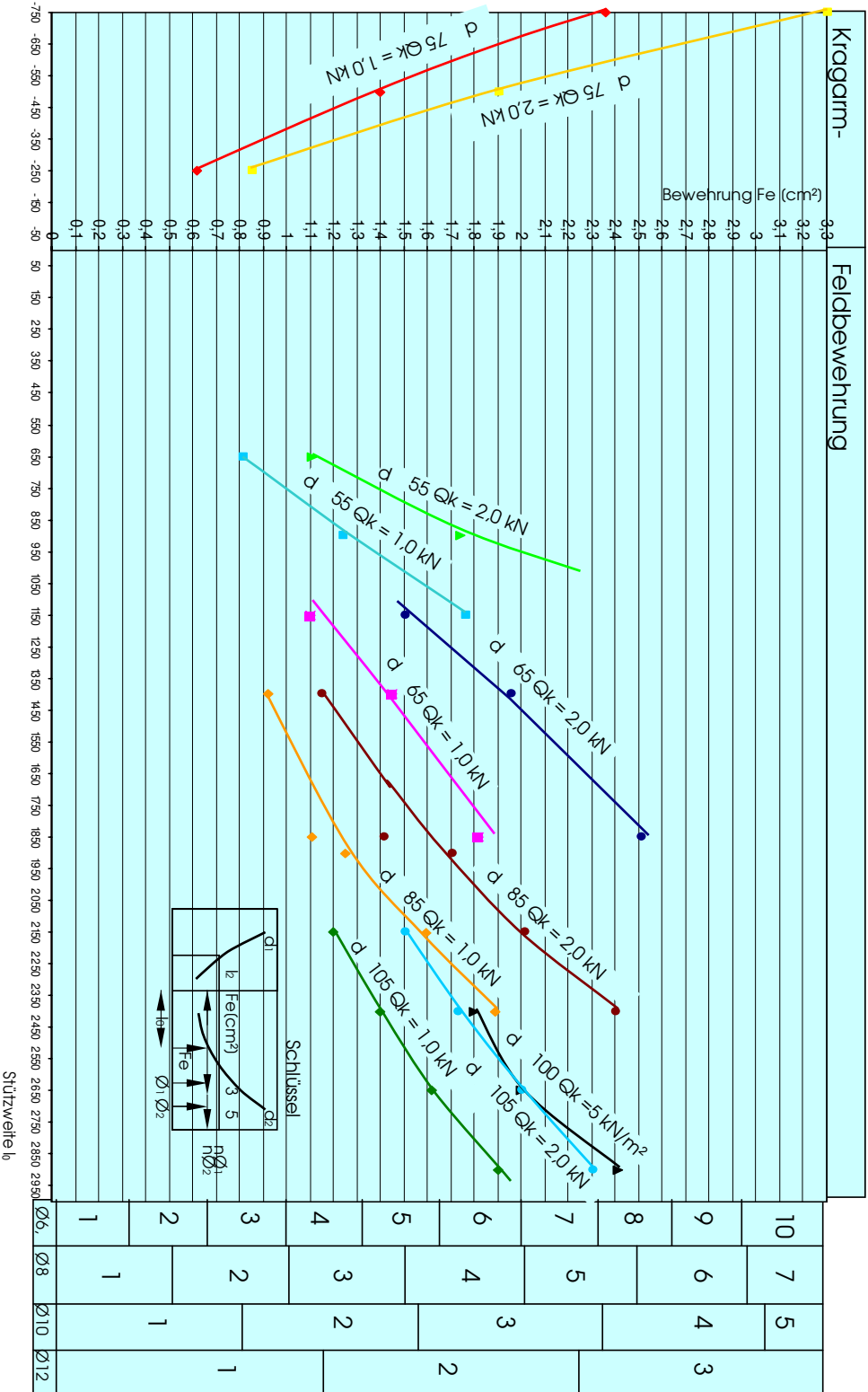
### Weitere Informationen:



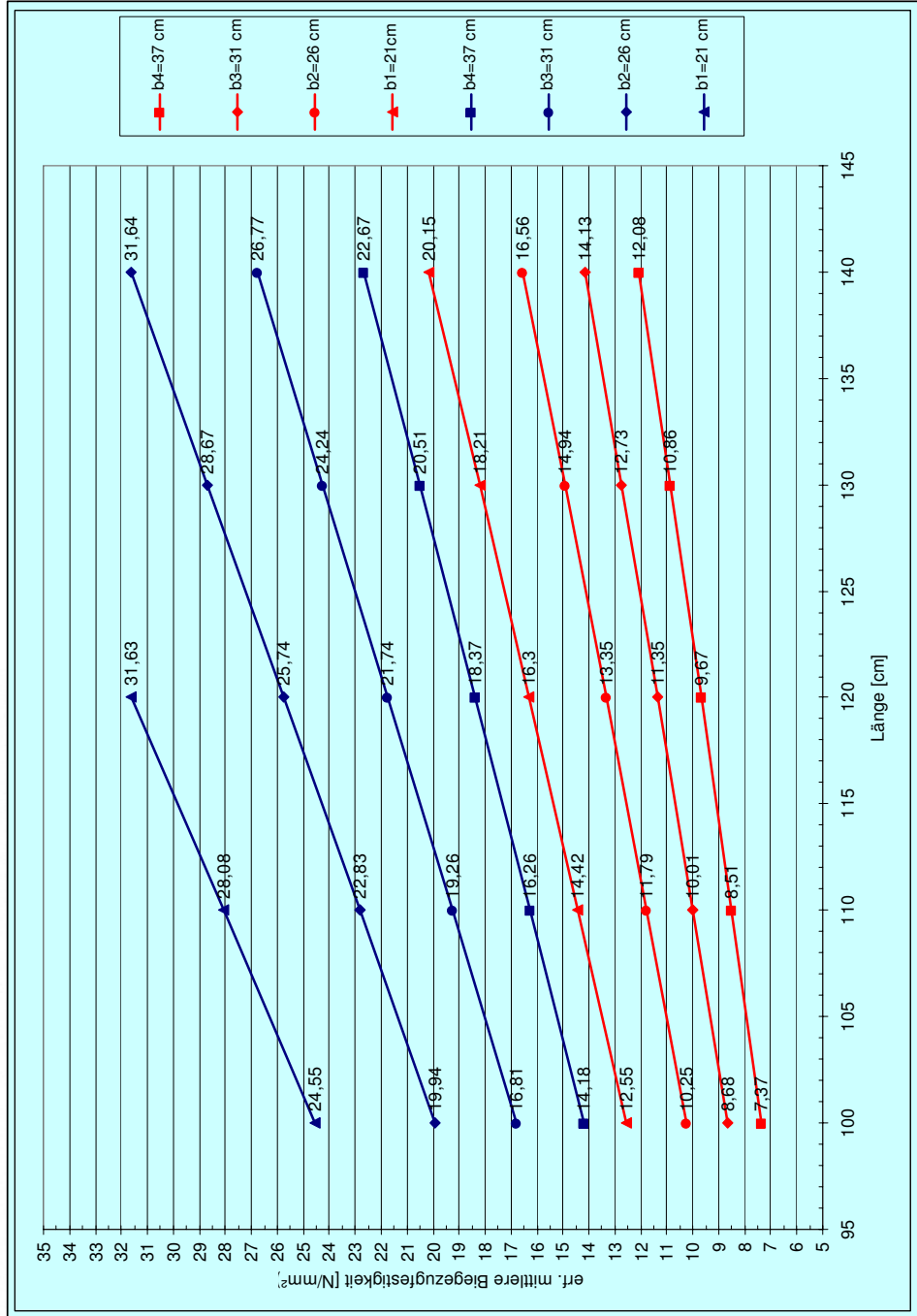
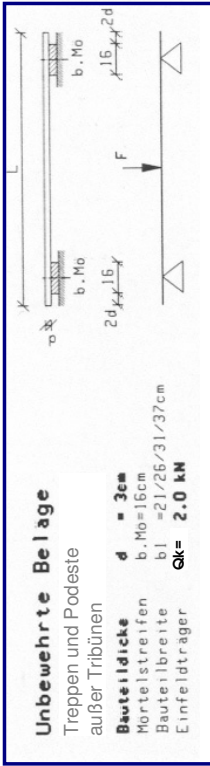
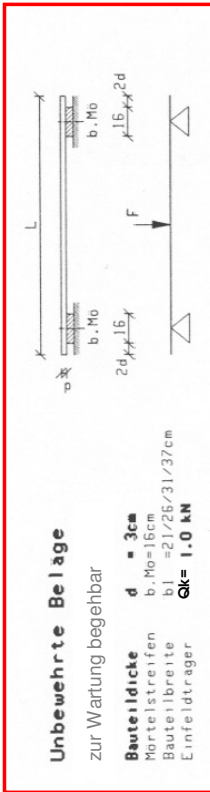
**Innovationswerkstatt Reinhardt**  
 Stollberger Straße 44  
 09387 Jahnsdorf OT Pfaffenhain, DEUTSCHLAND  
 T +49 37296 7630  
 F +49 37296 76324  
 info@reinhardt-stein.de  
 www.reinhardt-stein.de

# 1. Diagramm - Hauptbewehrung von tragenden Stufenelementen

in Abhängigkeit von Belastung, Dicke und Stützweite für  $\text{nom } C=20\text{mm}$  nach DIN 1045-2 C25/30 XC1



## 2. Diagramm



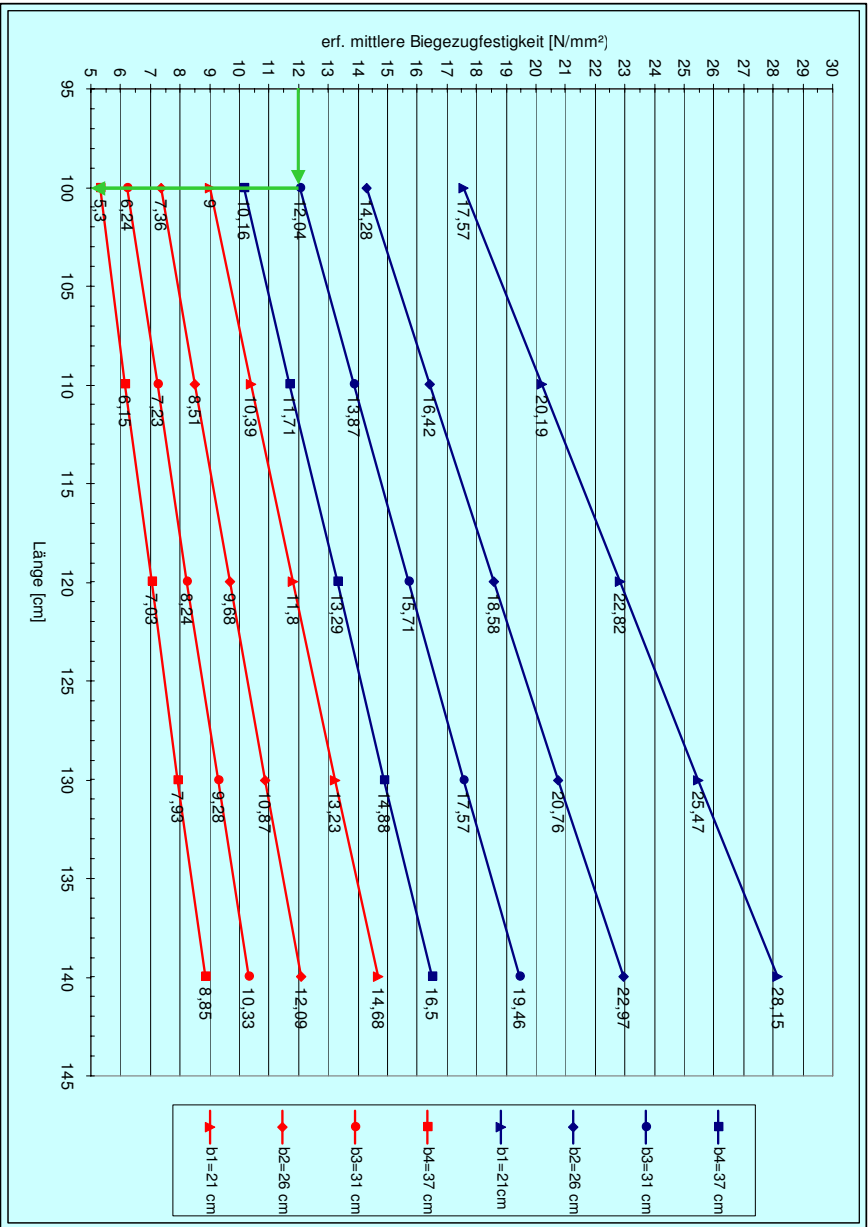
### 3. Diagramm

**Unbewehrte Beläge**  
zur Wartung begehbar

**Bauteildicke**  $d = 3,5\text{cm}$   
 Mortelstreifen  $b \cdot h_0 = 15\text{cm}$   
 Bauteilbreite  $b_l = 21/26/31/37\text{cm}$   
 Einflüdräger  $G_k = 1,0\text{ kN}$

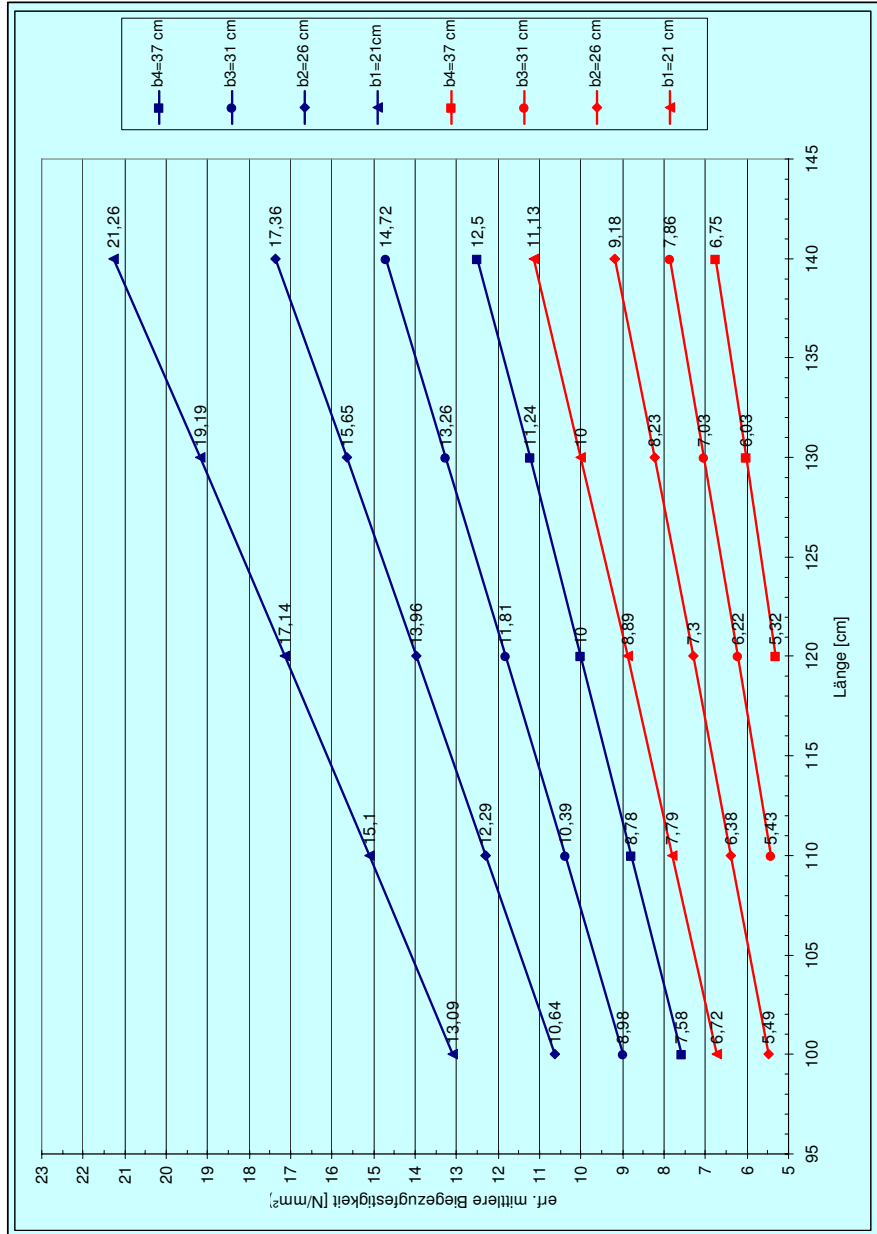
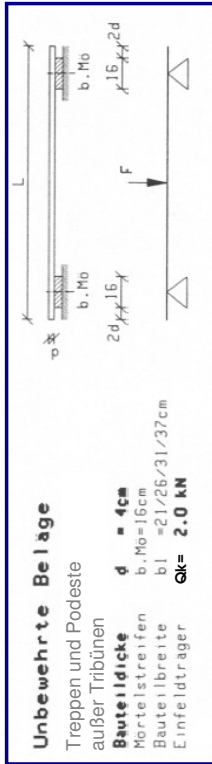
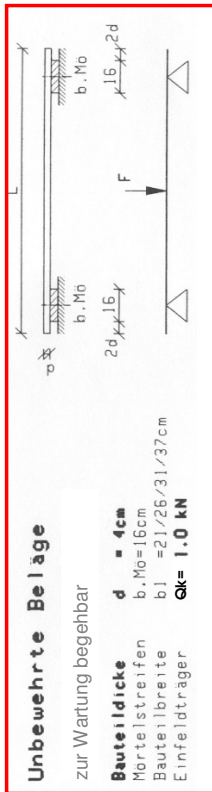
**Unbewehrte Beläge**  
Treppen und Podeste  
außer Tribünen

**Bauteildicke**  $d = 3,5\text{cm}$   
 Mortelstreifen  $b \cdot h_0 = 15\text{cm}$   
 Bauteilbreite  $b_l = 21/26/31/37\text{cm}$   
 Einflüdräger  $G_k = 2,0\text{ kN}$



**Beispiel**  
 Flowstone  
 $d=3,5\text{cm}$   $b=31\text{cm}$   
 $f_{ct}=12,0\text{N/mm}^2$   
 $L_{max}=100\text{cm}$   
 BW/HB  
 $L_{max}=90\text{cm}$

4. Diagramm





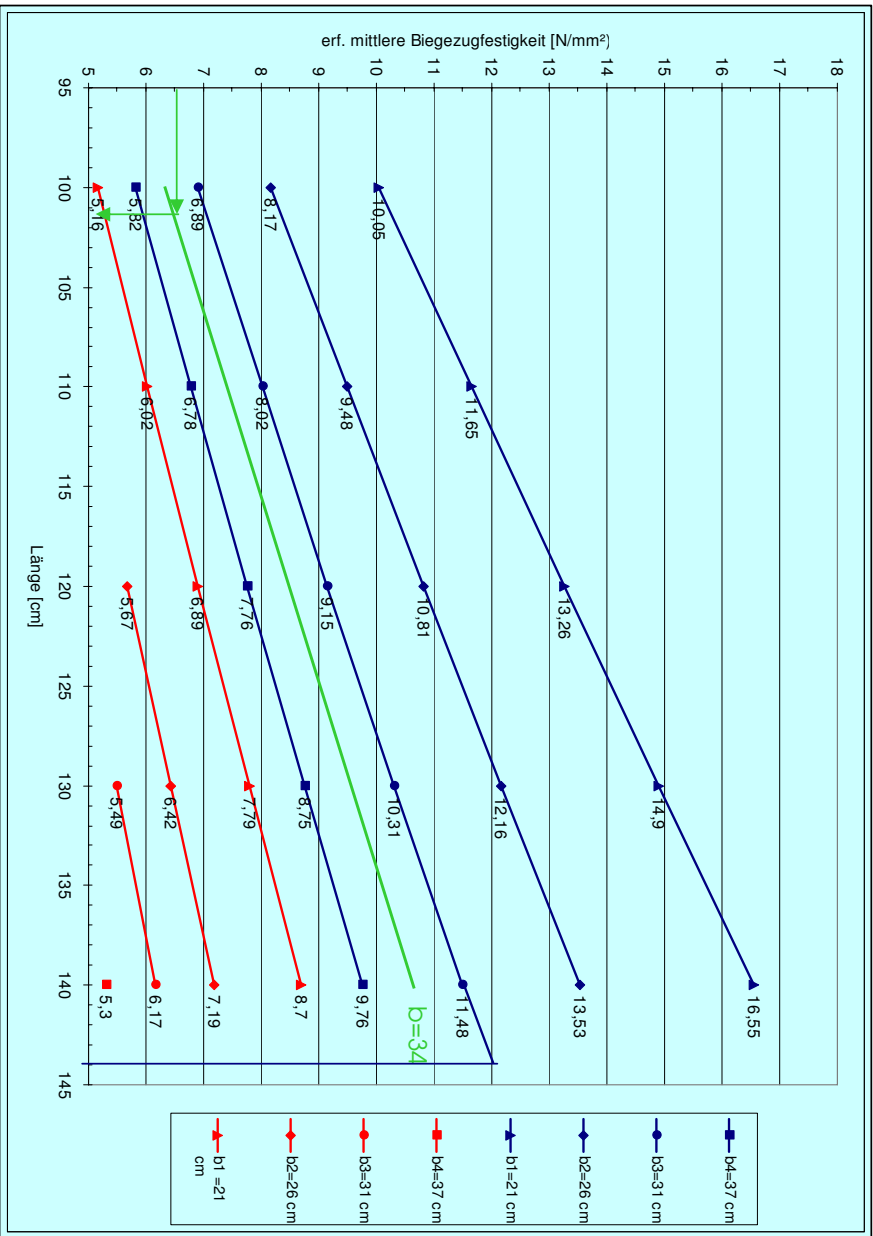
### 5. Diagramm

**Unbewehrte Beläge**  
zur Wartung begehbar

**Bauteildicke**  $d = 4,5\text{ cm}$   
 Mortelstreifen  $b, h_0 = 16\text{ cm}$   
 Bauteilbreite  $b_1 = 21/26/31/37\text{ cm}$   
 Einflüßträger  $q_k = 1,0\text{ kN}$

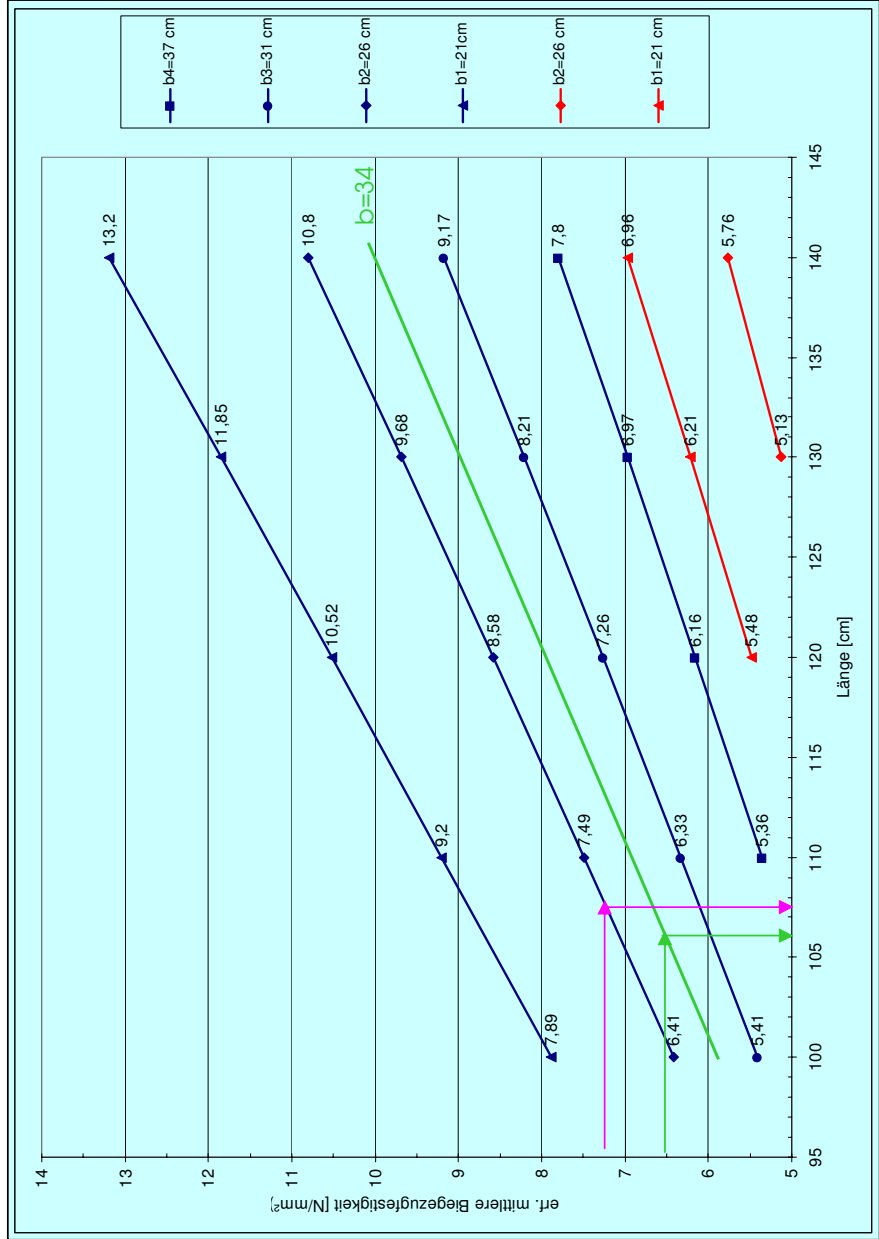
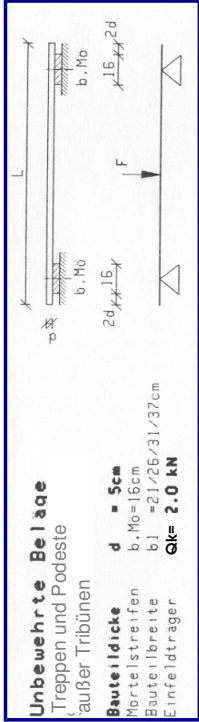
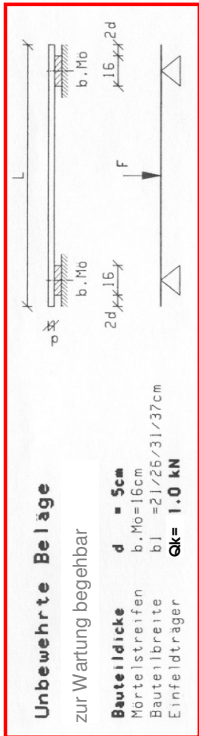
**Unbewehrte Beläge**  
Treppen und Podeste  
außer Tribünen

**Bauteildicke**  $d = 4,5\text{ cm}$   
 Mortelstreifen  $b, h_0 = 16\text{ cm}$   
 Bauteilbreite  $b_1 = 21/26/31/37\text{ cm}$   
 Einflüßträger  $q_k = 2,0\text{ kN}$



<b>Beispiel</b>
Betonwerkstein-
Trittschufen
d=4,5 cm;
b=34 cm
f <sub>ct</sub> =6,5 N/mm²
L <sub>max</sub> =101,5 cm
<b>BW HB</b>
f <sub>ct</sub> =6,5 N/mm²
L <sub>max</sub> =102 cm
f <sub>ct</sub> 12
BW HB
L <sub>max</sub> = 128

# 6. Diagramm



**Beispiel 5**

Stufenbelag aus Betonwerkstein  $f_{ct} = 7.2\text{ N/mm}^2$

$b = 26\text{ cm}$

$d_{erf} = 5\text{ cm}$

$l_{max} = 107.6\text{ cm erf}$

---

BWFB  $d = 5\text{ cm}$

$f_{ct} = 7.2\text{ N/mm}^2$

$l_{max} = 108\text{ cm}$

Betonwerksteintrittsstufen

$B = 34\text{ cm}$

$f_{ct} = 6.5\text{ N/mm}^2$

$l_{max} = 106\text{ cm}$

$l_{max} > l_{erf} = 105\text{ cm}$

$d_{erf} = 5.0\text{ cm}$

---

BWFB  $f_{ct} = 6.5\text{ N/mm}^2$

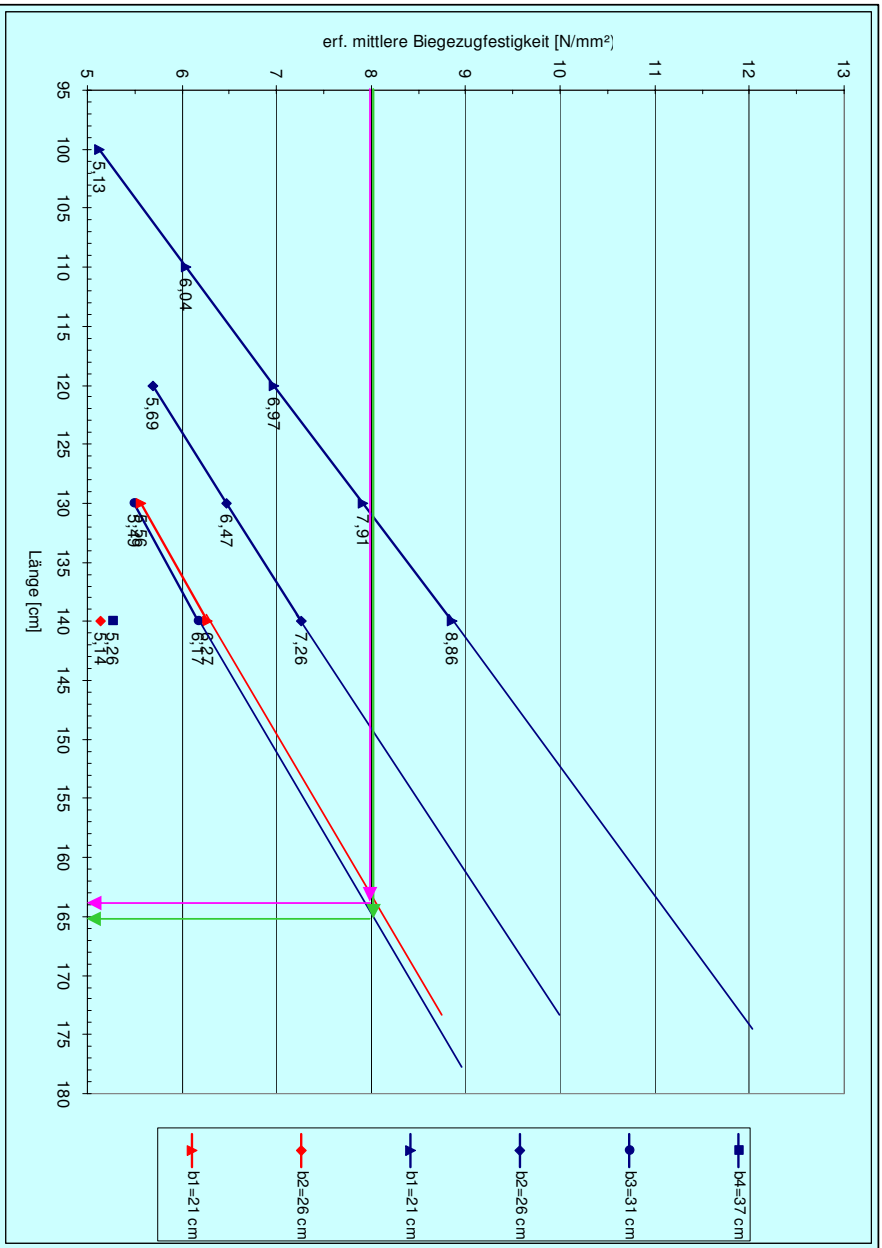
## 7. Diagramm

**Unbewehrte Beläge**  
zur Wartung begehbar

**Bauteildicke**  $d = 6\text{ cm}$   
Mortelstreifen  $b, Mo = 16\text{ cm}$   
Bauteilbreite  $b_l = 21/26/31/37\text{ cm}$   
Einfeldträger  $GK = 2.0\text{ kN}$

**Unbewehrte Beläge**  
Treppen und Podeste  
außer Tribünen

**Bauteildicke**  $d = 7\text{ cm}$   
Mortelstreifen  $b, Mo = 16\text{ cm}$   
Bauteilbreite  $b_l = 21/26/31/37\text{ cm}$   
Einfeldträger  $GK = 2.0\text{ kN}$

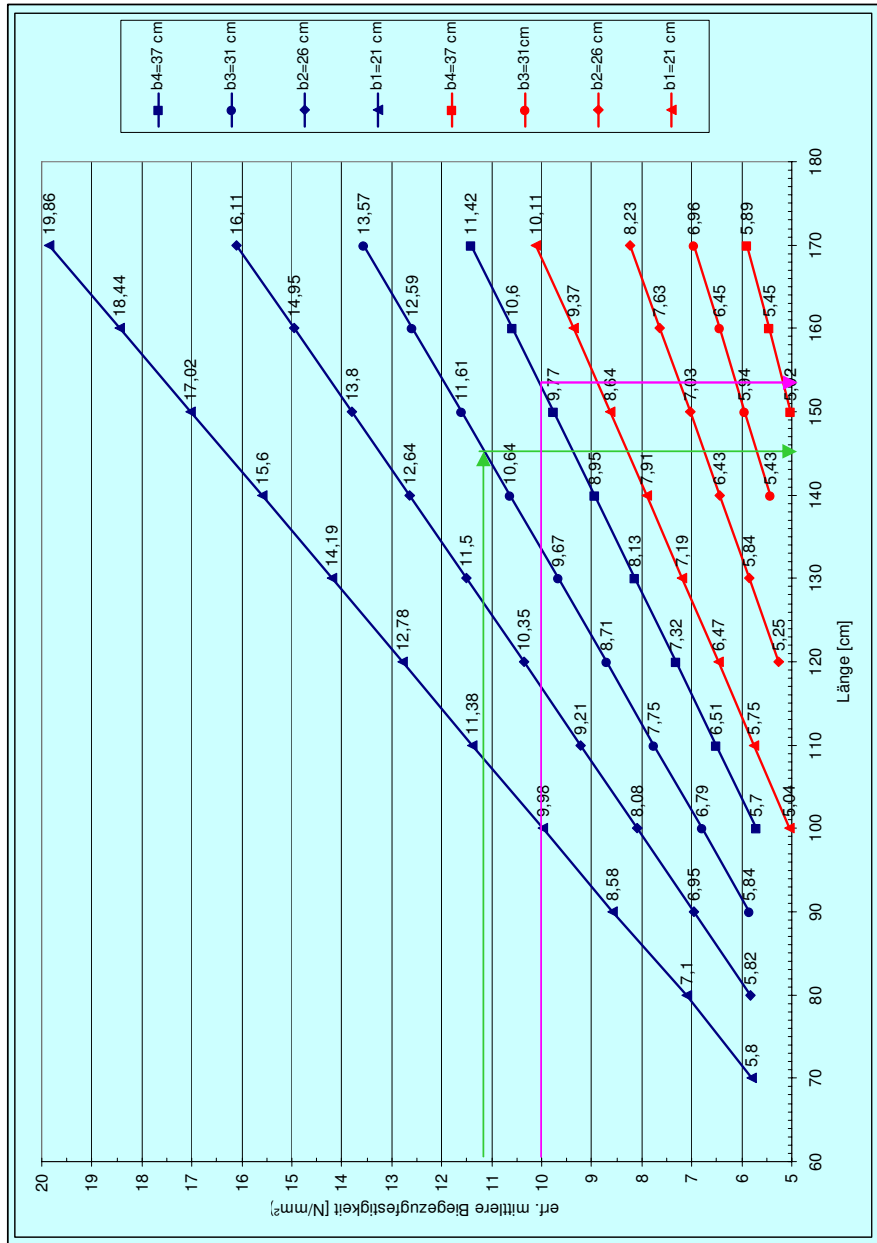
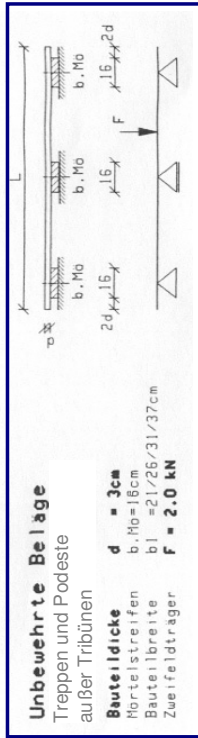
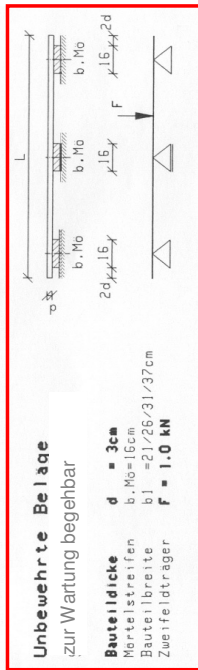


**Beispiele:**

**Winkelstufe**  
 $b=26$   
2 Aufflager  
 $d_w = 4\text{ cm}$   
 $d_p = 7.4\text{ cm}$   
 $f_{ct} = 8\text{ N/mm}^2$   
 $L_{max} = 164\text{ cm}$

**Winkelstufe**  
2 Aufflager  
 $b=31\text{ cm}$   
 $d_w = 3\text{ cm}$   
 $d_p = 6.3\text{ cm}$   
 $d = 6\text{ cm}$   
 $f_{ct} = 8.1\text{ N/mm}^2$   
 $L_{max} = 165\text{ cm}$

# 8. Diagramm



**Beispiele:**

**Betonwerkstein**  
 $f_{ct} = 11,1\text{ N/mm}^2$   
 $d = 3,0\text{ cm}$   
 $b = 31\text{ cm}$   
 $l_{max} = 144\text{ cm}$

**Granit Rosa Beta**  
 $\beta_{BZ} = 10$   
 $d = 3,0\text{ cm}$   
 $b = 37\text{ cm}$   
 $l_{max} = 152\text{ cm}$

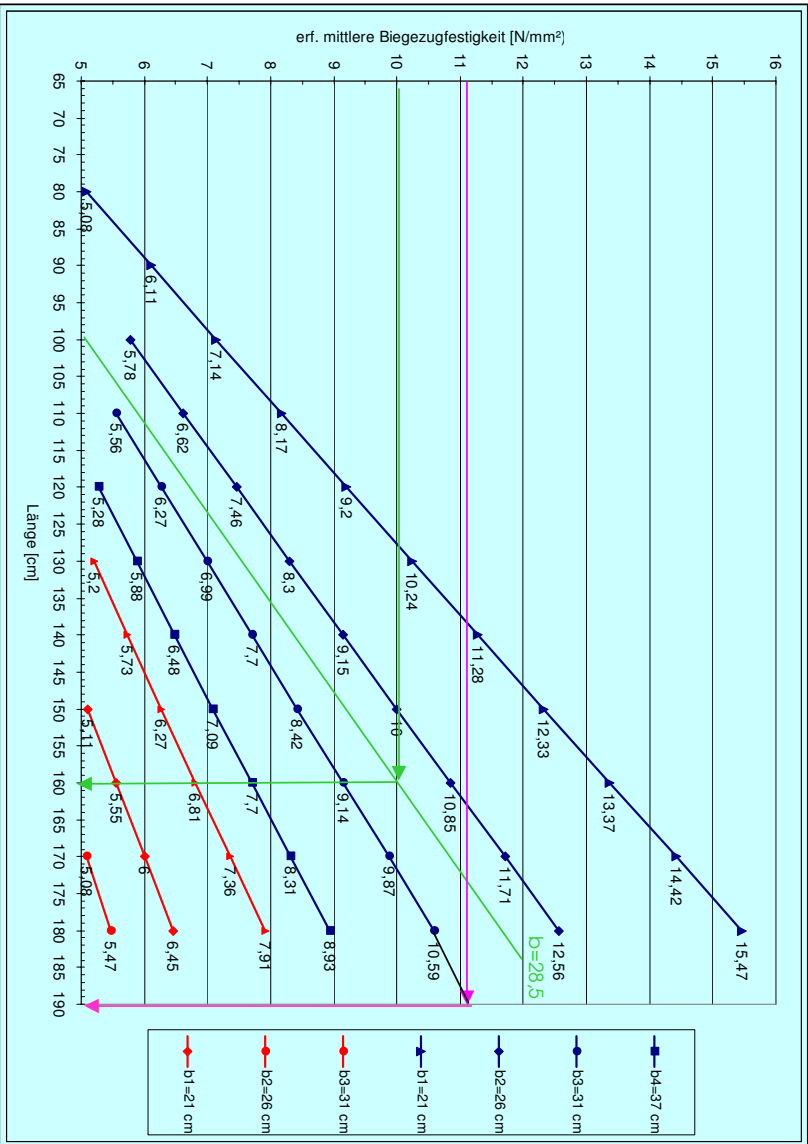
## 9. Diagramm

**Unbewehrte Beläge**  
zur Wartung begehbar

Baueteildicke  $d = 3,5\text{cm}$   
Mortelstreifen  $b, Mo = 15\text{cm}$   
Bauteilbreite  $b_j = 21/26/31/37\text{cm}$   
Zweifeldträger  $Q_k = 1,0\text{ kN}$

**Unbewehrte Beläge**  
Treppen und Podeste  
außer Trittschwellen

Baueteildicke  $d = 3,5\text{cm}$   
Mortelstreifen  $b, Mo = 16\text{cm}$   
Bauteilbreite  $b_j = 21/26/31/37\text{cm}$   
Zweifeldträger  $Q_k = 2,0\text{ kN}$

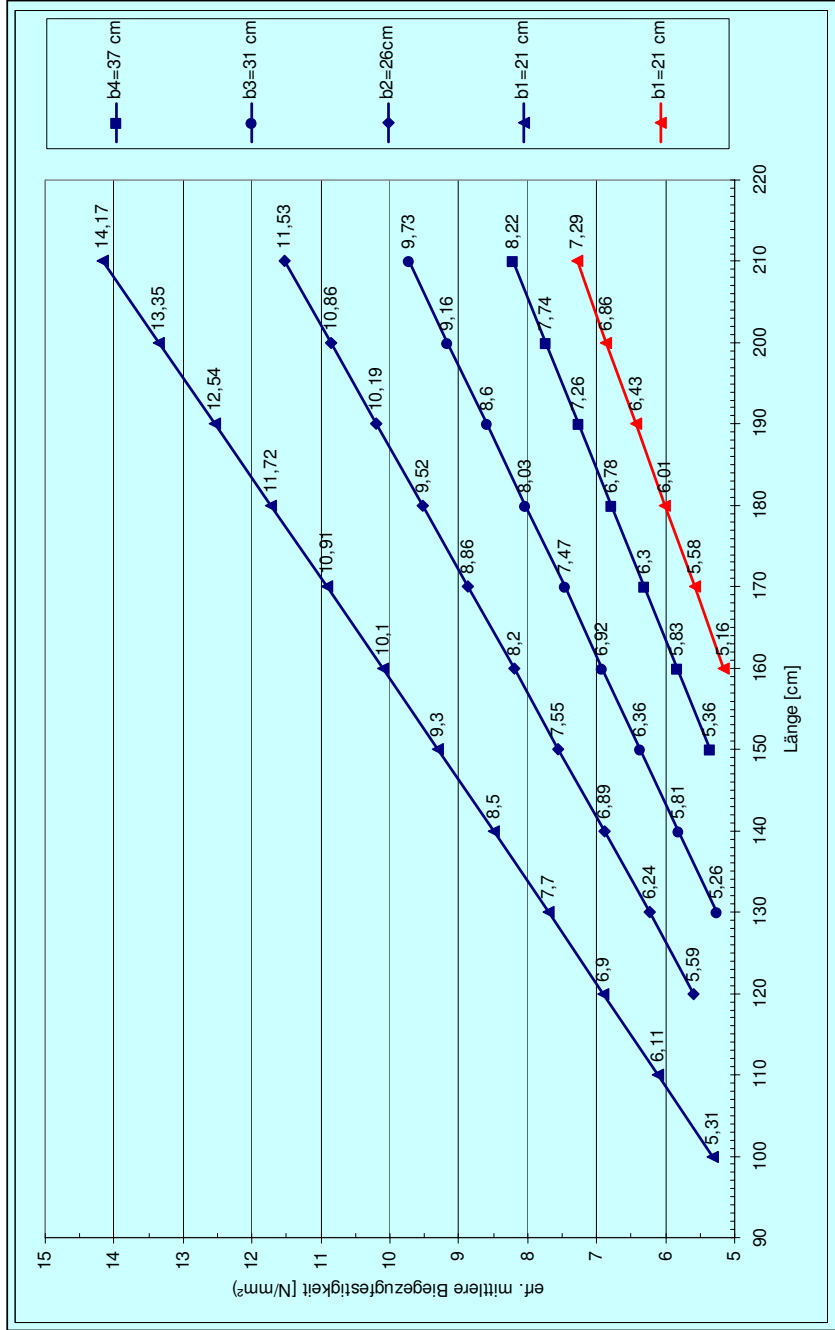
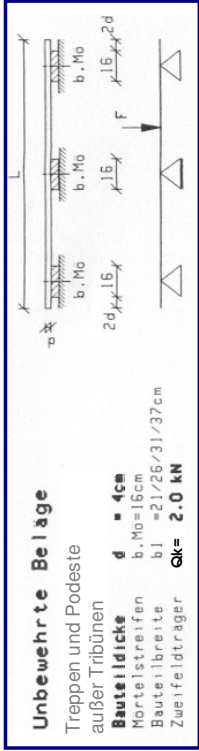
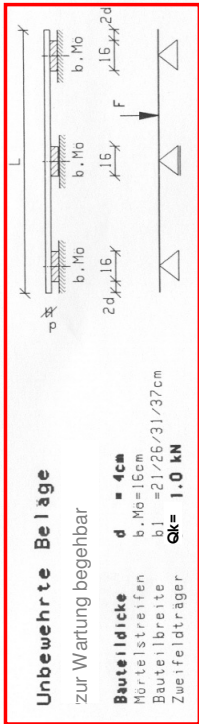


**Beispiele:**  
 Betonwerkstein-  
 Trittschwellen  
 $b = 31\text{ cm}$   
 $l_{erf} = 181\text{ cm}$   
 $d_{erf} = 3,5\text{ cm}$   
 $f_{ct} = 11,1\text{ N/mm}^2$   
 $l_{max,ul} = 190\text{ cm}$   
 $> l_{erf} = 181\text{ cm}$

Trittschwellen  
 $b = 28,5\text{ cm}$   
 $d_{erf} = 3,5\text{ cm}$   
 $f_{ct} = 10\text{ N/mm}^2$   
 $l_{max} = 160\text{ cm}$



# 10. Diagramm



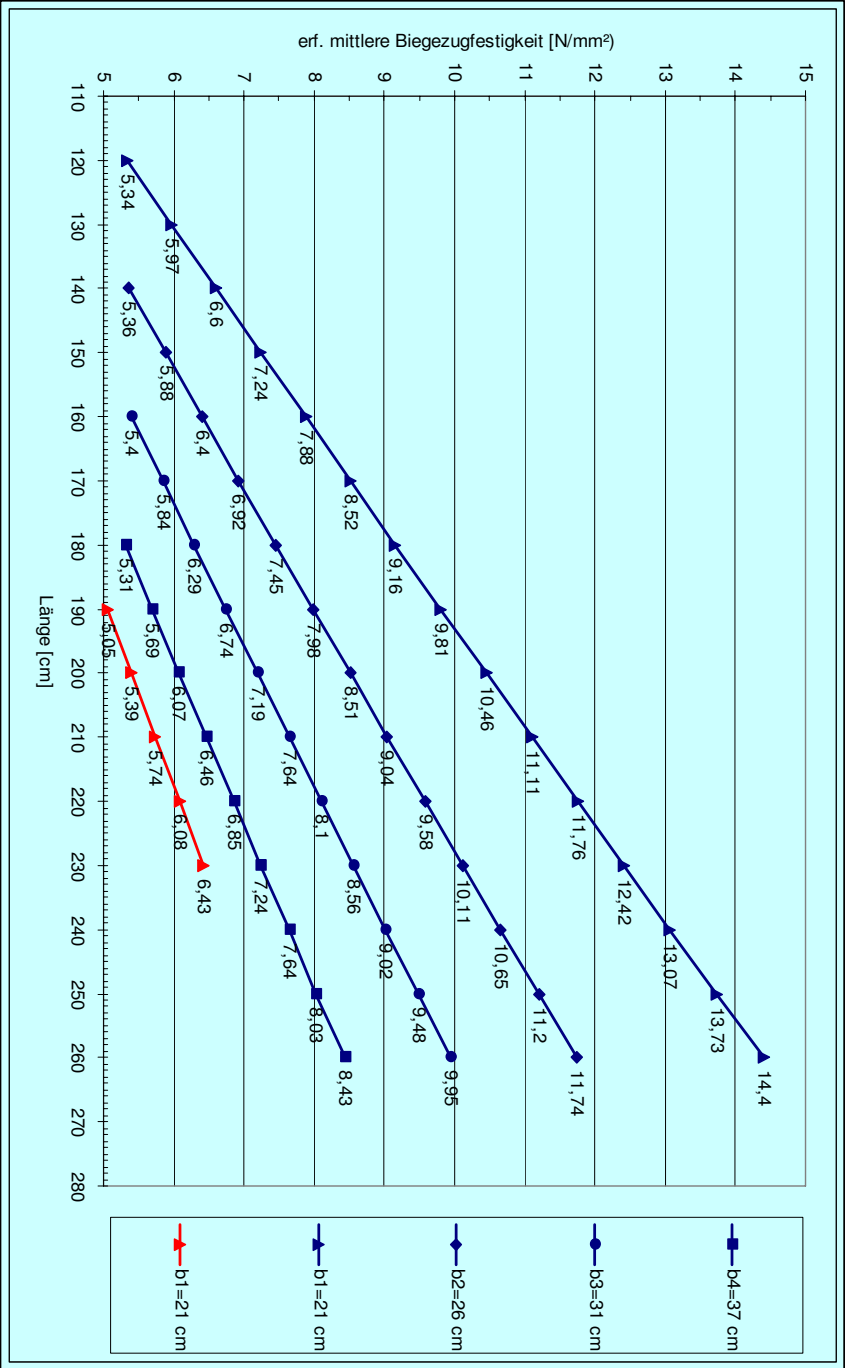
# 1.1. Diagramm

**Unbeehrte Beläge**  
zur Wartung begehbar

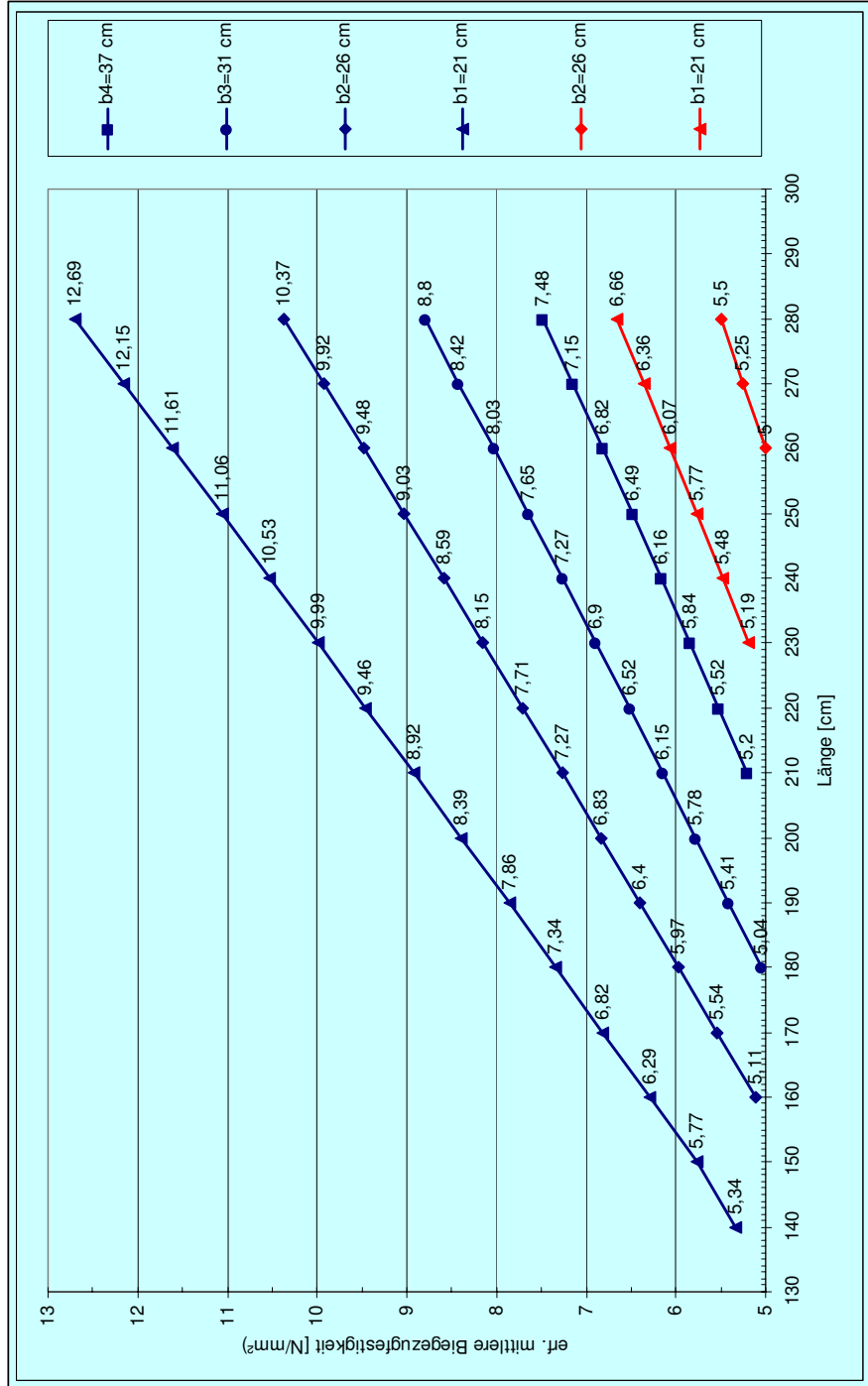
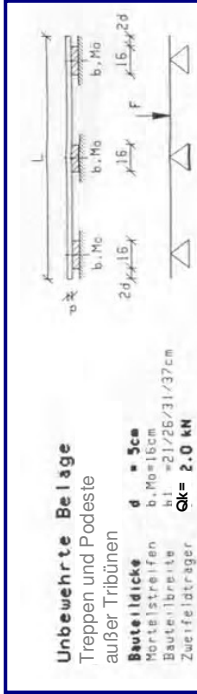
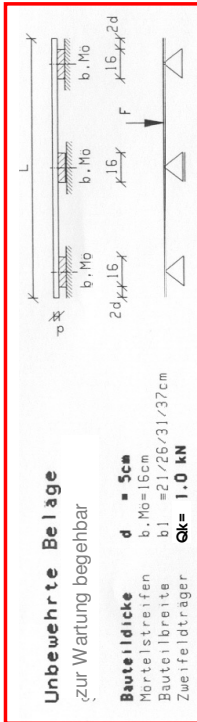
**Bauteildicke**  $d = 4,5\text{cm}$   
**Mortelstreifen**  $b, Mo = 15\text{cm}$   
**Bauteilbreite**  $b_l = 21/26/31/37\text{cm}$   
**Zweiteilsträger**  $GK = 1,0\text{ kN}$

**Unbeehrte Beläge**  
Treppen und Podeste  
außer Tribünen

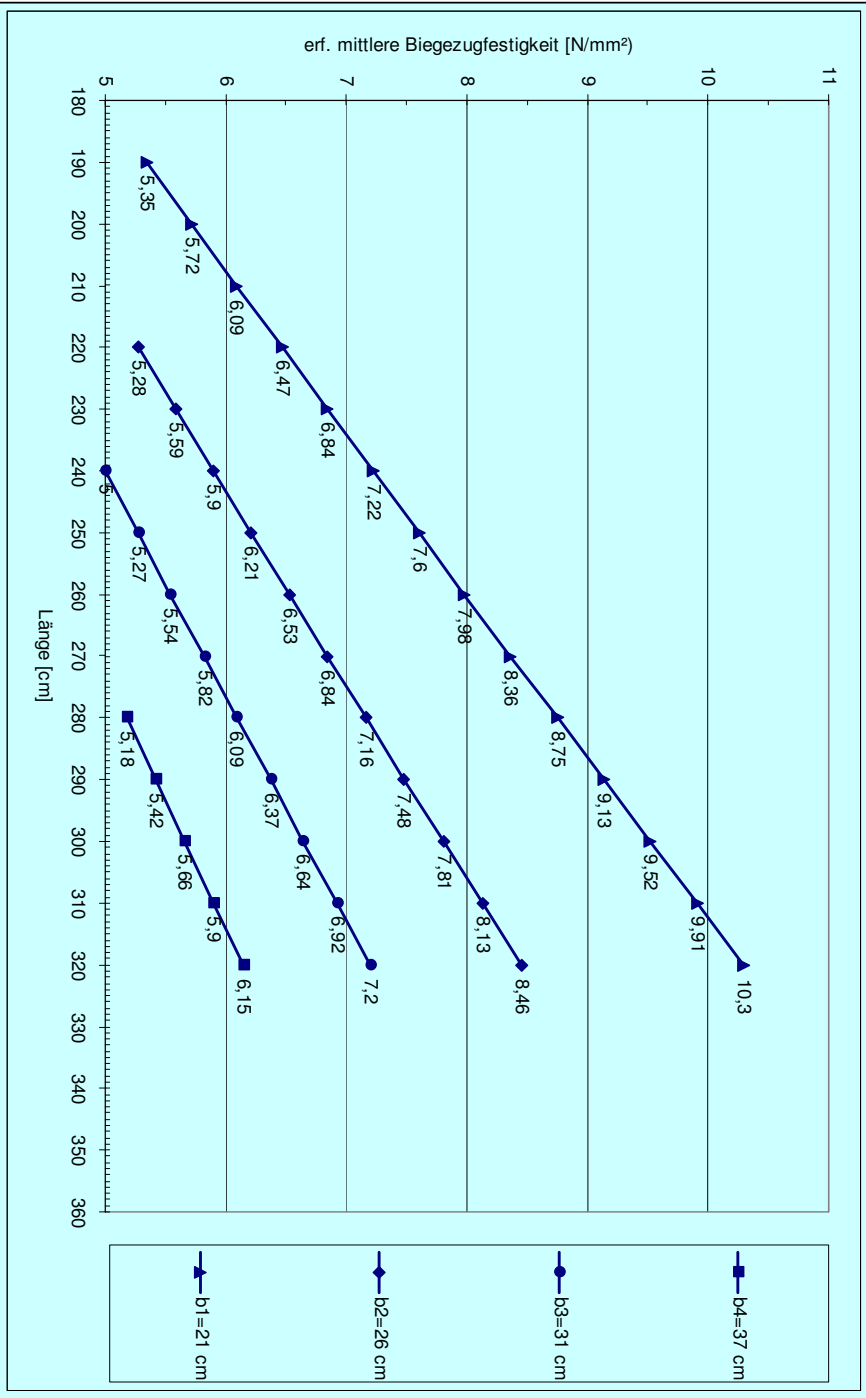
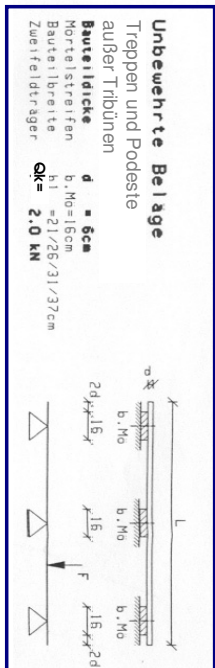
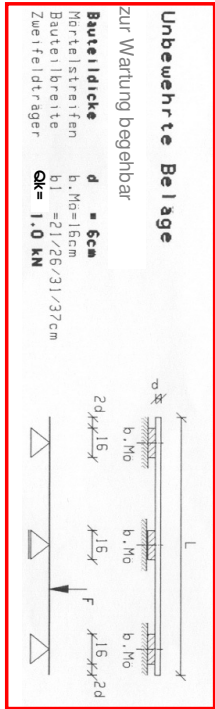
**Bauteildicke**  $d = 4,5\text{cm}$   
**Mortelstreifen**  $b, Mo = 15\text{cm}$   
**Bauteilbreite**  $b_l = 21/26/31/37\text{cm}$   
**Zweiteilsträger**  $GK = 2,0\text{ kN}$



# 12. Diagramm

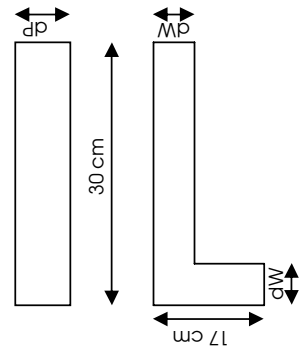
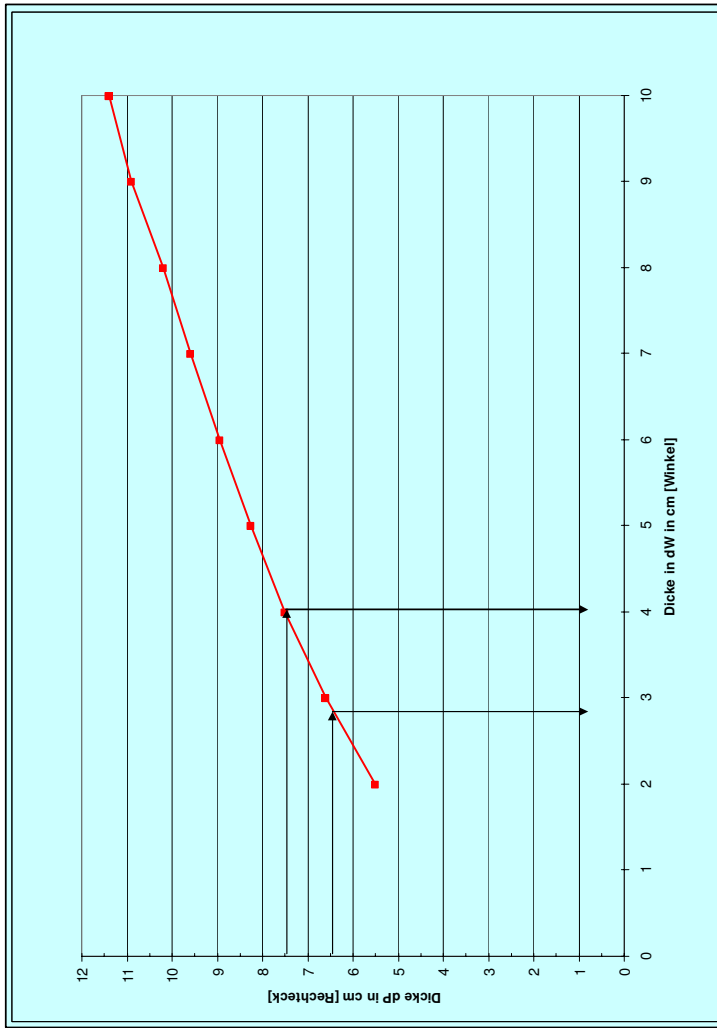


### 13. Diagramm



### 14. Diagramm – Bemessung von Winkelstufen auf zwei Stützen

Umrechnung von Plattenquerschnitten auf Winkelprofile gleicher Tragfähigkeit (Zugzone unten)





**Beton**  
**WERKSTEIN**

**info-b**  
Informationsgemeinschaft  
Betonwerkstein e.V.

info-b  
Informationsgemeinschaft  
Betonwerkstein e.V.  
Postfach 3407  
65024 Wiesbaden  
service@info-b.de  
www.info-b.de