

38A Teilfertig-Elementdecke DIN 1045-1 mit Einzellasten nach Heft 240

(Stand: 21.06.2010)

Das Programm dient zur Bemessung von 1-achsig gespannten nachträglich mit Ortbeton ergänzten Stahlbetondecken nach DIN 1045-1:2001-07 oder 2008-08. Optional können konzentrierte Einzellasten gemäß Heft 240 berücksichtigt werden.

Eine Bemessung nach DIN 1045-1:2008 ist derzeit nur für Gitterträger zulässig deren Zulassungen entsprechend angepasst wurden.

Leistungsumfang

System:

- 1-12 Feld-Stahlbetondecke, 1-achsig gespannt.
- Elastische Endeinspannung oder Kragarme.
- Anordnung von Rahmenstielen an beliebigen Auflagern. Elastische Einspannung der abliegenden Rahmenstiellager.

Querschnitt:

- Rechteckplatte, feldweise unterschiedliche Dicken.
- Kragarme mit unterschiedlichen Dicken an der Einspannstelle und der Kragarmspitze.

Baustoffe:

- Normalbeton: C12/15 bis C55/67
- Leichtbeton: LC12/13 bis LC55/60
- Betonstahl: BSt 500S(A),(B), BSt 500M(A)
- Gitterträger: gemäß Zulassungen (→ Seite 6), Datenbank mit Standardlieferprogramm, freie Eingabe der Trägerdaten

Einwirkungen:

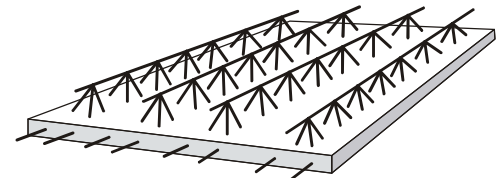
- Flächenlasten in $[\text{kN/m}^2]$ als Rechteck-, Trapez- oder Dreieckslast.
- Linienlasten quer zur Spannrichtung $[\text{kN/m}]$.
- Linienmomente quer zur Spannrichtung $[\text{kNm/m}]$.
- Normalkraft in Plattenlängsrichtung $[\text{kN/m}]$.
- Konzentrierte Einzellasten nach Heft 240.
- Linienlasten in Spannrichtung (Heft 240).
- Wahlweise Bildung von Einwirkungsgruppen und separaten Lastfällen.

Schnittgrößen:

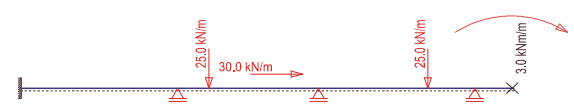
- Automatische Bildung der Einwirkungskombinationen nach DIN 1055-100 für den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit.
- Automatische feldweise Anordnung aller oder ausgewählter veränderlicher Einwirkungen.
- Linear-elastische Berechnung, wahlweise mit Umlagerung. Die zulässigen Umlagerungsfaktoren werden vom Programm berechnet.
- Linear-elastische Berechnung ohne Umlagerung für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. (Schlankheitsbegrenzung, Rissnachweis)
- Nichtlineare Berechnung der Verformungen (Zustand II)

Nachweis der Tragfähigkeit:

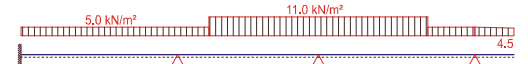
- Biegebemessung für das Hauptsystem
- Stütz- und Feldbewehrung jeweils als Matten- oder Stabstahlbewehrung.
- Ermittlung von Zulagen für Einzellasten nach Heft 240
- Nachweis/Bemessung für Querkraft und Verbundfuge mit Abstufung der Querkraftlinie. Ermittlung des erforderlichen Abstandes und der Länge der Schubzulagen (Gitterträger), falls erforderlich.
- Nachweis/Bemessung für Durchstanzen unter Einzellasten nach Heft 240.



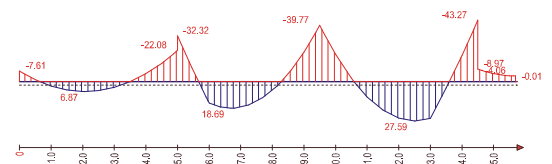
Linieinwirkungen



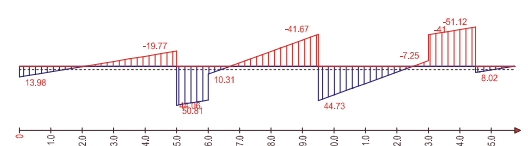
Flächeneinwirkungen



Grenzmomente ohne Umlagerung
Myd: 1 cm = 20 kNm/m / System 1:100



Grenzkraft ohne Umlagerung
Vzd: 1 cm = 35 kN/m / System 1:95



- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:
- Vereinfachter Nachweis der Begrenzung der Durchbiegung bzw. der Biegeschlankheit.
- Berechnung der Durchbiegung im Zustand II (gerissene Zugzone).
- Nachweis der Rissbreite (Last und/oder Zwang).

➡ Montagezustand:

- Ermittlung der zulässigen Montagestützweite gemäß Zulassung unter Einhaltung der zulässigen Durchbiegung von 1,0 cm.

➡ Grafische Ausgabe:

- System mit Einwirkungen.
- Schnittkraftverläufe.
- Verlauf der Durchbiegung (Zustand II).

System

Grundsystem

Statisches System ist eine 1-12 Feld-Decke mit/ohne Kragarm, wahlweise mit prozentualer Endeinspannung. Für jedes Deckenfeld ist die statische Stützweite (l, eff) und die Plattendicke (h) einzugeben. Die Plattendicke ist feldweise konstant, mit Ausnahme der Kragarme, welche an der Kragarmspitze eine geringere Dicke als an der Einspannstelle aufweisen können.

Auflager

Es ist das Auflagermaterial ("Mwk" = Mauerwerk oder "Bet" = Beton), die Lagerungsart ("dir" = direkt / "ind" = indirekt) und die Auflagerbreite einzugeben. Über Mwk-Lagern erfolgt später bei der Bemessung eine Momentenausrundung. Für Beton-Auflager werden die Anschnitt- und Mindestmomente berechnet. Ist keine Abminderungen der Stützmomente gewünscht, so kann alternativ ein Schneidenlager ("Sch") gewählt werden. Bei "indirekten" Lagern erfolgt, später beim Querkraftnachweis, keine Abminderung der Querkraft im auflagernahen Bereich.

Rahmenstiele

Optional können an beliebigen Lagern obere und/oder untere Rahmenstiele angeordnet werden. Die Abfrage der prozentualen Einspannung des Rahmenstiels bezieht sich auf das abliegende Rahmenstielende, welches generell als horizontal unverschieblich angenommen wird. Die oberen Rahmenstiele nehmen keine Normalkräfte auf. Die Auflagerkräfte der Decke werden nur in die unteren Rahmenstiele eingeleitet. Untere Rahmenstiele können nur an direkten Betonauflagern angeordnet werden. Eine Rahmenstielbreite von 100 cm bedeutet, dass der Rahmenstiel über die gesamte Plattenbreite angesetzt wird (z.B. Wand). Durch die Eingabe einer anderen Breite kann der Einfluss des Rahmenstiels entsprechend gewichtet werden.

Horizontal unverschiebliche Lager

Es können beliebige Lager als horizontal unverschieblich definiert werden. Wenn keine Rahmenstiele vorhanden sind, ist mindestens 1 horizontal unverschiebliches Lager erforderlich.

Einwirkungen

Einwirkungsgruppen

Vor der eigentlichen Eingabe der Einwirkungen können Einwirkungsgruppen (EWG) definiert werden. Diesen EWG können beliebig viele Einzel-, Linien- und Flächeneinwirkungen zugeordnet werden. EWG sind immer dann erforderlich, wenn sich Einwirkungen gegenseitig ausschließen (z.B. Einzellasten, die nicht in einer Linie stehen) oder immer zusammen auftreten. Die sich ausschließenden Einwirkungen sind unterschiedlichen und die zusammenwirkenden Einwirkungen der selben Einwirkungsgruppe zuzuordnen.

Lastfälle

Aus den Einwirkungsgruppen können bis zu 99 voneinander unabhängige Lastfälle (LF) gebildet werden. Innerhalb eines jeden Lastfalls werden automatisch alle erforderlichen Kombinationen für den Nachweis der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1055-100 gebildet. Treten in einem Lastfall z.B. außergewöhnliche Einwirkungen oder Einwirkungen infolge Erdbeben auf, so werden neben den entsprechenden außergewöhnlichen Kombinationen (DIN 1055-100, 9.4 Gl.(15)+(16)) auch die Kombinationen für die ständige und vor-übergehende Bemessungssituation (Gl.(14)) untersucht. In vielen Fällen dürfte daher 1 Lastfall ausreichen.

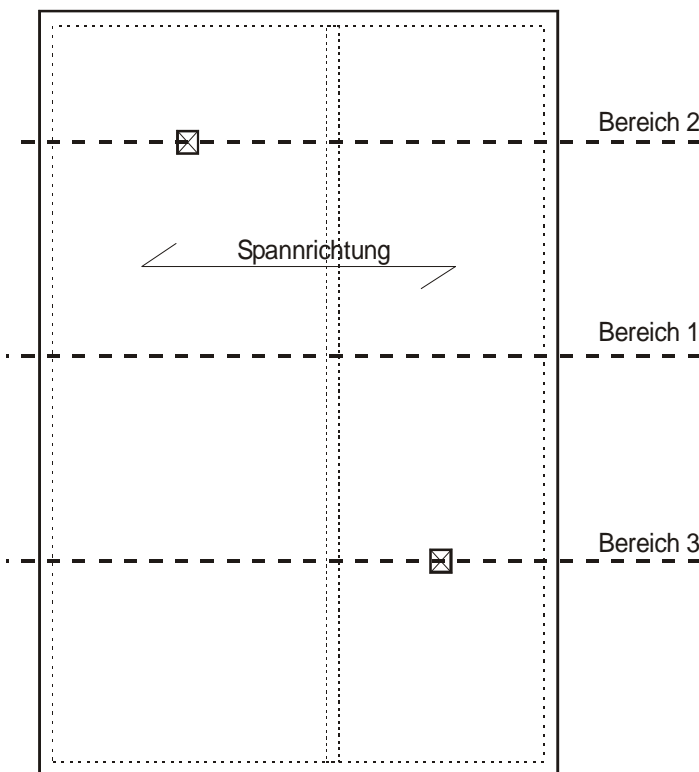
Eingabevarianten

Variante 1: Es werden keine Einwirkungsgruppen verwendet. Die Definition von Lastfällen entfällt. Aus allen Einwirkungen werden die Kombinationen nach DIN 1055-100 gebildet, wahlweise mit ungünstigster Laststellung der veränderlichen Einwirkungen. Dieses ist für Standard-Deckenplatten in vielen Fällen die schnellere Variante.

Variante 2: Es werden Einwirkungsgruppen (EWG) verwendet. Jede Einwirkung der Lasttabellen ist einer EWG zuzuordnen. Aus den EWG können beliebige voneinander unabhängige Lastfälle gebildet werden.

Beispiel:

Es soll die 2-Feldplatte eines Wohnhauses bemessen werden. Die Decke wird durch 2 Stützen, eine im Feld 1 und eine im Feld 2, belastet, welche jedoch nicht in einer Linie stehen. Es entstehen für die Bemessung 3 Bereiche.



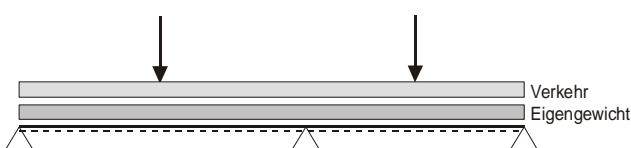
Hier sollten 3 Einwirkungsgruppen gebildet werden:

- EWG1: Hauptlasten, Grundsystem
- EWG2: Einzellast im Feld 1
- EWG3: Einzellast im Feld 2

Bei der Eingabe der Einwirkungen sind dann die Verkehrslasten und das Eigengewicht des Hauptsystems der EWG1 zuzuordnen. Alle Einwirkungen der Einzellast im Feld 1 kommen in die EWG2 und die Einwirkungen der Einzellast im Feld 2 in die EWG3.

Es sind dann folgende Lastfälle zu bilden:

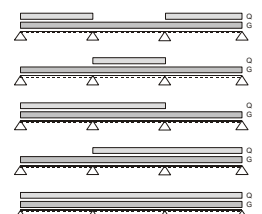
- LF1: EWG1
- LF2: EWG1 + EWG2
- LF3: EWG1 + EWG3



Der Lastfall 1 ist im Grunde nicht erforderlich, da die Hauptbewehrung immer ohne Einzellasten ermittelt wird. Jedoch können so die Auflagerkräfte des Hauptsystems separat ohne Einzellasten in Folgebauteile übernommen werden.

Ungünstigste Laststellung

Bei Mehrfeldsystemen werden für jede Kombination nach DIN 1055-100, auf Wunsch, die veränderlichen Einwirkungen feldweise angesetzt um die ungünstigste Laststellung für jede Schnittgröße zu ermitteln. Wird mit Einwirkungsgruppen gearbeitet, so kann für jede Gruppe bestimmt werden, ob sie feldweise oder nicht feldweise angesetzt werden soll. So kann die ungünstigste Laststellung z.B. für Verkehrslasten aktiviert und für Schneelasten deaktiviert werden. Wird ohne Einwirkungsgruppen gearbeitet, so erfolgt nur eine



pauschale Abfrage, welche sich dann auf alle veränderlichen Einwirkungen bezieht. Momente auf Auflagern werden bei allen Laststellungen angesetzt, da sie sich keinem Feld zuordnen lassen. **Ständige Einwirkungen (G) werden nicht feldweise angesetzt** (unabhängig von der Auswahl "ungünstig" oder "Volllast"). Es werden jedoch 2 Rechenläufe, einmal mit $\gamma_{G,inf}$ und einmal mit $\gamma_{G,sup}$, gemacht, wobei γ_G gemäß DIN 1045-1:5.3.3(5) jeweils für das gesamte System konstant angesetzt wird.

Kategorien

Die Einwirkungen sind entsprechend der Häufigkeit ihres Auftretens gemäß DIN 1055-3 zu kategorisieren:

- G = Ständige Einwirkungen (z.B. Eigengewicht)
- Q = Veränderliche Einwirkungen (z.B. Nutzlasten)
- A = Außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Transport, Montagelasten)

Für die einzelnen Einwirkungskategorien werden die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte γ und die Kombinationsbeiwerte (ψ_0 , ψ_1 , ψ_2) nach DIN 1055-100 ermittelt. Für die automatische Berücksichtigung des Deckeneigengewichtes ist die spezifische Wichte [kN/m³] anzugeben. Der automatische Ansatz des Eigengewichtes kann durch Eingabe von "0" unterdrückt werden.

Hauptlasten

Bei der Eingabe der Einwirkungen stehen eine Vielzahl von Eingabehilfen, automatische Lastübernahme, QUICKLAST usw., zur Verfügung.

Die Tabellenspalten im Einzelnen:

aus Freie textliche Beschreibung der Einwirkung. An dieser Stelle können auch die verschiedenen Eingabehilfen aufgerufen werden. Mit „?“ kann ein Hilfefenster mit Erläuterungen zu den Eingabehilfen aufgerufen werden.

Last

- qz = vertikale Flächen-Einwirkung (Gleichlast, Trapezlast, Dreieckslast) [kN/m²]
- Fz = vertikale Linien-Einwirkung [kN/m] (quer zur Spannrichtung)
- My = Linien-Moment [kNm/m], rechtsdrehend positiv (quer zur Spannrichtung)
- Fx = Normalkraft-Beanspruchung [kN/m] von links nach rechts positiv (+)

Art/Kat. Kategorie der Einwirkung (G, Q,A1...Q,W, A). Bei der Eingabe werden in einem Menü die Einwirkungskategorien der DIN 1055-3 angeboten.

Wert Charakteristische Größe der Einwirkung.

a Abstand der Einwirkung vom linken Systemende.

c Länge der Einwirkung (nur für "qz").

Alpha Abminderungsfaktor (α_a) nach DIN 1055-3:2002-1, 6.1 für die Nutzlasten nach Tabelle 1

Konzentrierte Einzellasten nach Heft 240

Es können beliebig viele konzentrierte Einzellasten eingegeben werden. Für jede Last ist deren Mittelpunkt (= Abstand vom linken Systemende) und die Aufstandsfläche einzugeben. Es werden drei Lasttypen unterschieden: Punktlast [kN], Linienlast [kN/m] oder Flächenlast [kN/m²]. Diese Unterscheidung ist jedoch nur rein eingabetechnischer Natur. Intern werden alle Einzellasten in eine begrenzte Flächenlast [bx/by] umgerechnet.

x Abstand der Lastachse vom linken Systemende

h Deckendicke an der Stelle x

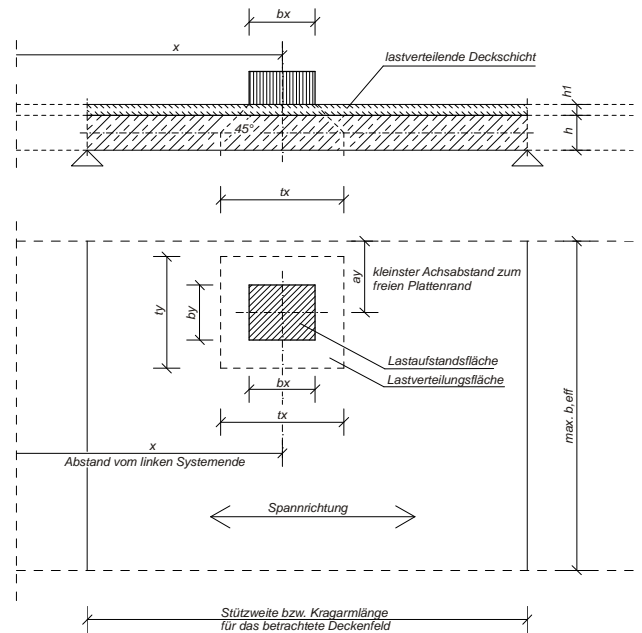
h1 Dicke der lastverteilenden Deckschicht

bx / by Lastaufstandfläche (z.B. Stützenabmessung)

tx / ty Lasteintragungsfläche in der Mitte der Plattendicke (Lastausbreitung unter 45°)

ay Kleinster Achsabstand zum freien Rand (quer zur Spannrichtung gemessen). Durch dieses Maß kann die Verteilungsbreite zu einer Seite hin begrenzt werden. Die Eingabe von "0" bedeutet, dass die Last bezogen auf die Plattenquerrichtung mitten auf der Platte steht und eine ungehinderte Lastverteilung stattfinden kann.

max.b,eff Maximal mögliche Verteilungsbreite (z.B. Fertigungsbreite der Platte). Alle Verteilungsbreiten werden auf dieses Maß begrenzt.



Aus der eingegebenen Geometrie werden vom Programm die Verteilungsbreiten für Querkräfte und Momente nach Heft 240 berechnet und ausgegeben.

Für jede Einzellast steht eine Lasttabelle zur Verfügung, in der die Einwirkungen für die jeweilige Stelle zusammengestellt werden können. Wie bei den Hauptlasten sind die Einwirkungen jeweils einer Kategorie und evtl. einer Einwirkungsgruppe zuzuordnen.

Schnittgrößen

Für den Nachweis der Tragfähigkeit werden die Design-Schnittgrößen linear-elastisch für einen 1 Meter breiten Bemessungsstreifen ermittelt.

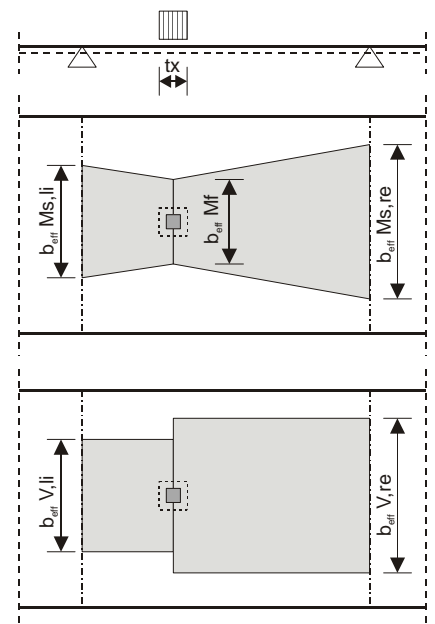
Schnittgrößen aus Einzellasten (Heft 240)

Grundlage: Die DIN 1045-1 und Heft 525 stellen kein geeignetes Verfahren zur Berücksichtigung von konzentrierten Einzellasten auf 1-achsig gespannten Stahlbetonplatten zur Verfügung. In den "Auslegungen zur DIN 1045-1" (Lfd.207 von 07/2005) wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Regelungen von Heft 240 weiterhin angewendet werden dürfen.

Einzellasten nach Heft 240 werden auf die Lasteintragungslänge (tx) verteilt und als begrenzte Linienlast auf einen Durchlaufbalken (gleiches statisches System wie die Platte) angesetzt. Die sich daraus ergebenden Schnittgrößen werden auf die jeweiligen Verteilungsbreiten (b,eff) verteilt und mit den Schnittgrößen des Grundsystems überlagert.

Um einen harmonischen Übergang zwischen der Verteilungsbreite für das Feldmoment und der Verteilungsbreite für die Stützmomente zu erreichen, werden die Verteilungsbreiten für die Momente zwischen der Last und Stütze interpoliert.

Die Verteilungsbreiten für die Querkraft werden links und rechts der Last konstant angenommen. Die dabei vernachlässigten Querkraftspitzen im Bereich der Lasteinleitung werden durch einen separaten Durchstanznachweis nachgewiesen.



Umlagerung

Wahlweise kann eine begrenzte Umlagerung der Momente gemäß DIN 1045-1:8.3 durchgeführt werden, wenn es die Stützweiten- und Steifigkeitsverhältnisse benachbarter Felder zulassen. Die Grenzen für die Stützweiten

verhältnisse werden gemäß DIN 1045-1:8.3(3) geprüft. Als "annähernd gleiche" Steifigkeit toleriert das Programm eine Differenz von max. 10% zwischen benachbarten Feldern. Die zulässigen Umlagerungsfaktoren δ für die Stützmomente werden vom Programm ermittelt und zur Korrektur angeboten. Die umgelagerten Schnittgrößen werden für alle Nachweise der Tragfähigkeit verwendet. Die Schnittgrößen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit werden generell ohne Umlagerung ermittelt (DIN 1045-1:8.3(1), Heft 525 S.31).

Ausgaben

- Bemessungs-Schnittgrößen ohne Einzellasten nach Heft 240
- Bemessungs-Schnittgrößen mit Einzellasten nach Heft 240, falls vorhanden
- Umgelagerte Bemessungs-Schnittgrößen ohne Einzellasten nach Heft 240
- Umgelagerte Bemessungs-Schnittgrößen mit Einzellasten nach Heft 240, falls vorhanden
- Grafische Schnittkraftverläufe (Momente, Querkräfte, Normalkräfte) ohne Umlagerung
- Grafische Schnittkraftverläufe (Momente, Querkräfte, Normalkräfte) mit Umlagerung
- Anlagen mit den detaillierten Schnittkraftverläufen aller Kombinationen (Grafik und Text)

Nachweis der Tragfähigkeit

Baustoffe

Für die Bemessung sind die Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion und Betonangriff auszuwählen. Die Eingabe erfolgt per Menü mit Erläuterungen. Die sich aus den Umweltbedingungen ergebende Mindestbetongüte und Mindestbetondeckung wird vom Programm ermittelt und zur Korrektur angeboten. Folgende Baustoffe stehen zur Wahl:

- Normalbeton: C12/15 bis C55/67
- Leichtbeton: LC12/13 bis LC55/60
- Betonstahl: BSt 500S(A), BSt 500S(B), BSt 500M(A)
- Gitterträger:
 - FILIGRAN-D-Gitterträger (Z-15.1-90)
 - FILIGRAN-E-Gitterträger (Z-15.1-147)
 - FILIGRAN-EQ-Gitterträger (Z-15.1-93)
 - KAISER-OMNIA-Gitterträger KT 800 (Z-15.1-1) **
 - KAISER-OMNIA-Gitterträger KT 100 "MONTAQUICK" (Z-15.1-136) **
 - KAISER-OMNIA-Gitterträger KTS (Z-15.1-38) **
 - INTERSIG-Gitterträger (Z-15.1-149) *
 - VAN-MERKSTEIJN-Gitterträger (Z-15.1-142) *

* Für diese Träger liegt kein Lieferprogramm vor, nur freie Eingabe möglich
 ** Bemessung nach DIN 1045-1:2008-08 möglich.

Die Standardgrößen der gängigen Gitterträgerfabrikate (FILIGRAN und KAISER-OMNIA) sind in einer Datenbank hinterlegt. Abweichend hiervon können für alle Fabrikate die Trägerdaten auch frei eingegeben und in einer kundenbezogenen Datenbank gespeichert werden.

Biegebemessung

Die Bemessung erfolgt für reine Biegung bzw. Biegung mit mäßiger Normalkraft (kein Knicken, keine Theorie II.Ordnung). Die Flächenbewehrung (Hauptbewehrung) wird getrennt nach Stützen und Felder in separaten Tabellen ausgegeben bzw. vom Programm vorgeschlagen. Die Untergurtstäbe der Montageträger werden bei der Bemessung für die positiven Feldmomente angerechnet. Für glatte Gurtstäbe wird dabei eine Reduzierung der zulässigen Stahlspannung gemäß der jeweiligen Zulassung vorgenommen ($f_{yk} = 420 \text{ N/mm}^2$).

Vorgaben

In den Vorgaben zur Bemessung kann jeweils eine Bewehrung aus Stabstahl oder Matten, getrennt für Felder und Stützen, vorgewählt werden.

Es ist der Abstand der Montage-Gitterträger vorzugeben, welcher bei Programmvorschlägen zugrunde gelegt wird. Bei Bedarf kann der Abstand der Montageträger, später bei der Bewehrungswahl, feldweise angepasst werden.

Die statische Höhe (bzw. die Schwerpunktlage der Bewehrung d') kann wahlweise automatisch ermittelt oder fest vorgegeben werden. Bei der Automatik wird die statische Höhe jeweils mit der gewählten Bewehrung neu

berechnet. Ist die Differenz zum vorherigen Rechengang zu groß (≥ 1 mm), wird eine Wiederholung der Bemessung vorgeschlagen. Bei einem komplett neuen Bemessungsvorschlag iteriert das Programm selbstständig bis die endgültige statische Höhe gefunden ist.

Bemessungsvarianten

Für den Fall, dass Einzellasten nach Heft 240 eingegeben wurden, stehen 2 Bemessungsvarianten zur Verfügung:

Variante 1: "Flächenbewehrung + Zulagen". Es erfolgt zunächst eine Bemessung des Hauptsystems (Flächenlasten) ohne Heft 240-Lasten. In einem zweiten Schritt erfolgt die Bemessung für die zusätzlichen Beanspruchungen infolge der Einzellasten in Form von Stabstahl-Zulagen separat für jede Einzellast.

$$\text{erf.}A_{s_{Zulage}} = (\text{erf.}a_{s_{(H+E)}} - \text{erf.}a_{s_{(H)}}) \cdot b_{\text{eff}} - A_{s_{\text{res}(H)}} \quad \begin{matrix} \text{(H)} & = & \text{infolge Hauptlasten} \\ \text{(H+E)} & = & \text{infolge Hauptlasten + Einzellast} \end{matrix}$$

Dabei wird die Tragreserve der Hauptbewehrung ($A_{s_{\text{res}(H)}}$) wie folgt ermittelt:

$$\begin{aligned} \text{im Feld:} \quad A_{s_{\text{res}(H)}} &= (\text{vorh.}a_{s_{(H)}} - \text{erf.}a_{s_{(H)}}) / (\text{Anzahl Einzellasten im Feld}) \cdot c \\ \text{an Stütze:} \quad A_{s_{\text{res}(H)}} &= (\text{vorh.}a_{s_{(H)}} - \text{erf.}a_{s_{(H)}}) / (\text{Anzahl Einzellasten in Nachbarfeldern}) \cdot c \end{aligned}$$

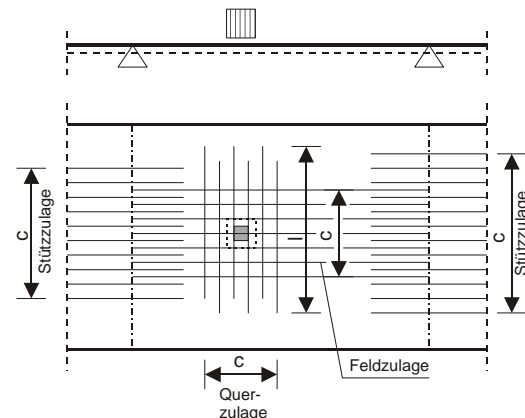
Um eine Konzentration der Bewehrung unter der Einzellast zu gewährleisten wird nur die Tragreserve der Hauptbewehrung im Bereich der Verlegebreite c angesetzt. Der Ansatz der Tragreserve kann wahlweise unterdrückt werden.

Neben den Längszulagen werden auch Quersulagen in Höhe von 60% der zusätzlich erforderlichen Längsbewehrung infolge der Einzellast ermittelt:

$$\text{erf.}A_{s_{Zulage, \text{quer}}} = 0,60 \cdot (\text{erf.}a_{s_{\text{längs}(H+E)}} - \text{erf.}a_{s_{\text{längs}(H)}}) \cdot b_{\text{eff}} - A_{s_{\text{res}(H), \text{quer}}}$$

$$A_{s_{\text{res}(H), \text{quer}}} = (\text{vorh.}a_{s_{(H), \text{quer}}} - \text{erf.}a_{s_{(H), \text{quer}}}) \cdot c$$

Für die Zulagen wird jeweils eine Verlegebreite ($c = b_{\text{eff}} / 2$) ausgegeben. Die Längszulagen im Feld sind ungestaffelt über die Feldlänge durchzuführen, die Zulagen an den Stützen sind mindestens bis zu den Nullpunkten der Stützmomente der Gesamtmomentenumhüllenden zu führen und dort zu verankern. Für die Quersulagen wird die erforderliche Mindestlänge ($l = b_{\text{eff}(Mf)} + 2 \cdot l_{b, \text{net}}$) ausgegeben.



Die Zulagen sind additiv einzulegen, d.h. wenn sich mehrere Einzellasten in einem Feld befinden sind alle ermittelten Zulagen zusätzlich zur Hauptbewehrung einzulegen. Dies gilt auch für die Zulagen an den Stützen wenn sich z.B. Einzellasten in den Nachbarfeldern befinden.

Variante 2: "Nur Flächenbewehrung". Die gesamten Beanspruchungen, einschließlich der Heft 240-Lasten, werden durch die Hauptbewehrung abgedeckt. **Eine konstruktive Querbewehrung unter den Einzellasten wird nicht ermittelt.**

Die gewählte Längsbewehrung hat einen Einfluss auf den Querkraftnachweis, Durchstanznachweis, Verformungen im Zustand II und den Rissnachweis. Der Bewehrungsvorschlag des Programms ist für eine optimale Biegebemessung ausgelegt. Es kann daher mitunter erforderlich sein aufgrund der Anforderungen der weiteren Nachweise, eine größere als die vorgeschlagene Bewehrung zu wählen.

Bemessung für Querkraft und Verbundnachweis in der Fuge

Druckstrebenwinkel Θ



siehe auch Anlage 1

Der $\cot \Theta$ (Druckstrebenwinkel) kann wahlweise automatisch bestimmt oder manuell vorgegeben werden. Er wird für den Verbundnachweis nach DIN 1045-1:2001, nicht jedoch für den Verbundnachweis nach DIN 1045-1:2008 benötigt. Falls Querkraftbewehrung erforderlich ist geht Θ in den Nachweis der Druckstrebe ein. Bei der automatischen Bestimmung wird der größte mögliche Wert für $\cot \Theta$ ermittelt. Dieses Vorgehen führt zu der geringsten möglichen Querkraft- bzw. Verbundbewehrung. Wird $\cot \Theta$ fest vorgegeben, so wird dennoch der Wert für $\cot \Theta$ gemäß DIN 1045 Gl.(73) bzw. Gl.(86) verwendet, falls dieser kleiner ist als die Vorgabe.

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft bzw. Schubkraft in der Fuge

Der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft wird, bei direkter Lagerung, gemäß DIN 1045-1:10.3.2 ermittelt. Zunächst wird geprüft, ob mit der gewählten Längsbewehrung eine Querkraftbewehrung erforderlich ist oder nicht ($V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$). Falls ja, so hat dies einen ungünstigen Einfluss auf den weiteren Verbundnachweis in den betreffenden Abschnitten (zul. Abstand der Gitterträger, innerer Hebel z , $\cot \Theta$ nach Gl.(73)).

Nachweis und Bemessung der Verbundfuge $v_{Rd,sy}$

Aus dem Bemessungswert der einwirkenden Querkraft wird die Schubkraft in der Fuge gemäß Gl.(83) ermittelt, wobei $F_{cdj} / F_{cd} = 1,0$ angenommen wird.

$$V_{Ed} = \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} \cdot \frac{V_{Ed}}{z}$$

Für den eigentlichen Verbundnachweis ist die Art der Fugenbeschaffenheit nach DIN 1045-1 Tabelle 13 vorzuwählen. Mit dieser Fugenbeschaffenheit und den vorhandenen Montageträgern wird zunächst geprüft, ob die auftretenden Verbundspannungen ohne zusätzliche Verbundbewehrungen aufgenommen werden können. Falls nicht, so ist die Auswahl des Gitterträgertyps für die Schubzulagen erforderlich. Dabei kann der gleiche Trägertyp wie der Montageträger oder ein beliebiger anderer Trägertyp gewählt werden. Es werden nun feldweise die maximalen Abstände und die erforderlichen Längen der Zulageträger für das linke und/oder rechte Auflager ermittelt und ausgegeben. Die Abstände der Zulageträger können nun manuell angepasst werden. Alternativ kann in den betroffenen Abschnitten auch die Fugenbeschaffenheit verbessert werden (z.B. von "glatt" nach "rau"), wodurch evtl. die Abstände der Zulageträger vergrößert, oder die Zulagen ganz entfallen können. Für die gewählte Verbundbewehrung wird nun die aufnehmbare Schubkraft in der Fuge ermittelt und als Nachweis ausgegeben.

Nachweis der Betondruckstrebe $V_{Rd,max}$

In Abschnitten, in denen rechnerisch Querkraftbewehrung erforderlich ist, wird die aufnehmbare Querkraft der Betondruckstrebe $V_{Rd,max}$ ermittelt und der Nachweis $V_{Ed} / V_{Rd,max} \leq 1,0$ geführt. V_{Ed} ist dabei die volle Querkraft ohne Reduzierungen.

Besteht die Schub- bzw. Querkraftbewehrung aus Gitterträgerdiagonalen mit unterschiedlichen Neigungen, so wird $V_{Rd,max}$ für jede Diagonalenneigung α_i ermittelt. Der Nachweis erfolgt dann mit der Gleichung:

$$\sum \frac{V_{Rd,sy,\alpha_i}}{V_{Rd,max,\alpha_i}} \leq 1,0$$

Wobei V_{Rd,sy,α_i} hier mit der erforderlichen Verbundbewehrung ermittelt wird und somit dem gewichteten Anteil von V_{Ed} entspricht, welcher auf die jeweilige Diagonale entfällt. Der Ansatz der vorhandenen Verbundbewehrung würde dazu führen, dass eine Überbemessung (gewählt $a_{sw} > \text{erf.}a_{sw}$) einen ungünstigeren Nachweis ergäbe (Anlage 2).

Alle ausgegebenen Druckstrebenwiderstände $V_{Rd,max}$ sind bereits auf 30% (25% bei $\alpha_i < 55^\circ$) reduziert, sodass bis zu einem Nachweiswert von 1,0 die gesamte Querkraftbewehrung mit Gitterträgern ausgeführt werden darf (siehe Zulassungen).



Ist rechnerisch Querkraftbewehrung erforderlich, so müssen die Gitterträger bis an die obere Längsbewehrung reichen.

Bei einem Nachweiswert $> 0,5$ müssen die Gitterträgerobergurte und die obere Längsbewehrung in einer Lage liegen. Bei einem Nachweiswert $\leq 0,5$ darf die obere Querbewehrung zwischen Gitterträgerobergurt und der Längsbewehrung angeordnet werden.

Falls erforderlich werden entsprechende Hinweise, in Form von Fußnoten zur Bemessungstabelle, ausgegeben.

Querkraftnachweis bei Heft 240-Lasten:

Für den Fall, dass Heft 240-Lasten vorhanden sind, werden 2 Querkraftnachweise, einer ohne und einer mit Einzellasten, geführt. Beide Nachweise werden für einen 1 Meter breiten Bemessungsstreifen geführt. Beim Nachweis mit Einzellasten wird die vorhandene Zulagebewehrung [cm²] auf die Verlegebreite (c) verteilt, wodurch sich eine Bewehrung in [cm²/m] ergibt, welche zur vorhandenen Längsbewehrung des Hauptsystems hinzuaddiert wird. Der Querkraftnachweis wird separat für die Lastfälle geführt, in denen unterschiedlich viele Einzellasten pro Feld gleichzeitig wirken.

Durchstanzen

Für jede Heft 240-Last wird ein Durchstanznachweis geführt. Hierbei wird zu der vorhandenen Hauptbewehrung in Längs- und Querrichtung die Zulagebewehrung der jeweiligen Einzellast, verteilt auf die Verlegebreite (c), hinzuaddiert. Es wird nun im ersten kritischen Rundschnitt untersucht, ob eine Durchstanzbewehrung erforderlich ist. Falls dies so ist, kann eine Durchstanzbewehrung in Form von Bügeln oder Schrägstäben gewählt werden. Es werden dann weitere Rundschnitte gebildet, bis im äußersten Rundschnitt keine Durchstanzbewehrung mehr erforderlich ist. Bei randnahen Einzellasten erfolgt eine entsprechende Reduzierung des Rundschnittumfangs. Um eine Durchstanzbewehrung zu vermeiden sollte die Längs- und Querbewehrung des Hauptsystems oder der Einzellasten (Zulagen) erhöht werden. Zusätzlich wird im Durchstanzbereich der Nachweis der Verbundfuge geführt, bei dem, falls erforderlich, nur die Montageträger als Verbundbewehrung angerechnet werden.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Begrenzung der Verformungen

Diese Nachweise können für die "quasi-ständige", "häufige" oder "seltene" Kombination geführt werden.

Biegeschlankheit

Für die Ermittlung der Biegeschlankheit wird die Ersatzlänge l_i , der Abstand zwischen den beiden Momentennullpunkten, aus der o.g. Kombination ermittelt und der Nachweis wahlweise nach DIN 1045-1 Absatz 11.3.2 oder "Krüger / Mertzsch" geführt.



Sind Einzellasten nach Heft 240 oder Flächenlasten > 5,0 kN/m² vorhanden, so ist dieser Nachweis nur eingeschränkt aussagekräftig, da die zulässigen Schlankheiten für Decken gelten, die nur durch Flächenlasten ≤ 5,0 kN/m² belastet sind.

Durchbiegung Zustand II

Für das System wird wahlweise die Durchbiegung im Zustand II (gerissene Betonzugzone) ermittelt. Dazu wird das System intern in Abschnitte unterteilt (mind. 10 Abschnitte pro Feld), in denen die Steifigkeit des Querschnittes jeweils unter der vorhandenen Beanspruchung an Hand der Momenten-Krümmungsbeziehung bestimmt wird. Die Momentenbeanspruchungen aus den Heft 240-Lasten werden hierbei mit den gleichen Verteilungsbreiten wie bei der Schnittgrößenberechnung der Tragsicherheitsnachweise ermittelt. Die Steifigkeit hängt sehr stark von der vorhandenen Längsbewehrung ab. Bei zu großen Verformungen sollte daher die Längsbewehrung erhöht werden. Die Längszulagen unter Heft 240-Lasten werden auf die Verlegebreite (c) verteilt und gehen in [cm²/m] in die Berechnung ein.

Weiterhin wird die Verformung sehr stark durch das Kriechen und Schwinden beeinflusst. Die Kriechzahl ϕ und das Schwindmaß ϵ_{cs} können manuell eingegeben oder durch das Programm bestimmt werden.

Die maximalen und minimalen Durchbiegungen werden als grafischer Verlauf ausgegeben. Für jedes Feld und jeden Kragarm wird der Nachweis des Durchhangs für die Stelle der maximalen Durchbiegung geführt. Als zulässiger Durchhang ist $l/250$ voreingestellt. Die Bezugslänge l entspricht bei Kragarmen der 2,5-fachen Kragarmlänge. Der Ansatz einer Überhöhung ($\ddot{u}z$) ist möglich, sollte aber nicht größer als $l/250$ gewählt werden (DIN 1045-1:11.3.1(9)).

Begrenzung der Rissbreite

Diese Nachweise können für die "quasi-ständige", "häufige" oder "seltene" Kombination geführt werden. Folgende Nachweise können wahlweise geführt werden:

- Lastbeanspruchung: Nachweis der Mindestbewehrung nach DIN 1045-1:11.2.2
Nachweis der vorhandenen Rissbreite nach DIN 1045-1:11.2.4
- Zwangsbeanspruchung: Nachweis der Mindestbewehrung nach DIN 1045-1:11.2.2

Für den Nachweis auf Zwang (z.B.: Abfließende Hydratationswärme bei massigen Bauteilen) ist an jeder Stelle der Decke eine untere und obere Längsbewehrung erforderlich. Diese kann schon bei der Biegebemessung eingegeben werden. Die gewählte Biegebewehrung beeinflusst die Mindestbewehrung aus Zwang, weshalb mitunter mehrere Rechengänge erforderlich werden können.

Montagezustand

Für den Montagezustand wird die zulässige Montagestützweite ermittelt. Gemäß den Zulassungen werden dafür folgende Annahmen getroffen.

- Statisches System: Frei drehbar gelagerter 1-Feld-Träger
- Lasten: Eigengewicht der Rohdecke und als Verkehrslast 1,5 kN/m² oder, falls ungünstiger, eine Einzellast von 1,5 kN.
- Lastenverteilung: Die Einzellast wird auf einer Breite verteilt, welche gleich dem halben Abstand zwischen der Einzellast und dem nächsten Auflager ist. Die Verteilungsbreite wird jedoch nicht größer als die Elementbreite angenommen.
- Schnittgrößen: Es wird mit einem einheitlichen $\gamma_F = 1,0$ gerechnet.
Die Schnittgrößen werden auf einen Montageträger bezogen.
- Durchbiegung: Bei Obergurten mit $d_s \geq 12$ mm wird die Durchbiegung auf 1,0 cm beschränkt.

Es wird für jedes Deckenfeld (und die Kragarme, falls vorhanden) die Stützweite ermittelt, bei der die zulässigen Momente und Querkräfte aus den Zulassungen nicht überschritten werden. Die zulässigen Stützweiten, infolge der Beschränkung der Durchbiegung auf 1,0 cm und die Mindestzulagebewehrung je Gitterträger aus den Tabellen der Zulassungen sind in einer Datenbank hinterlegt und werden entsprechend geprüft.

Lastweiterleitung

Für die Übernahme in andere Positionen werden die charakteristischen Auflagerkräfte getrennt nach Lastfällen und Kategorien abgelegt, welche in Folgepositionen erneut mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu versehen sind. Neben den Auflagerkräften werden für jedes Deckenfeld "anteilige" Lasten weitergeleitet, die bei der Bemessung von Bauteilen unter den freien Rändern zu berücksichtigen sind.

Literatur:

- [1] DIN 1045-1:2001-07 inkl. Berichtigung 2 und DIN 1045-1:2008-08
- [2] DIN 1055-100:2001-02
- [3] DIN 1055-3:2002-10
- [4] Auslegungen zur DIN 1045-1, Normenausschuss Bauwesen, Internet: <http://www2.nabau.din.de/>
- [5] Heft 240: "Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formveränderungen von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045, Ausgabe Juli 1988", DAfStb, Auflage 3, Ausgabe 1991
- [6] Wommelsdorf: "Stahlbetonbau, Bemessung und Konstruktion", Teil 1, Auflage 8, Ausgabe 2005
- [7] FI-NORM E-1-4539, FILIGRAN-Elementdecken
- [8] VPI-Tech-News 10/2005, Landesvereinigung der Prüfungenieure für Baustatik in Baden-Württemberg e.V.
- [9] "Teilfertigdecken nach DIN 1045-1", Hartmut Land, Beton- und Stahlbetonbau Heft 1/2006

Anlage 1: Begrenzung des Druckstrebenwinkels Θ

Anfrage der PBS-GmbH an Herrn Dr.-Ing. Frank Fingerloos (*Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin*) vom 22.06.2006:

Frage 1: Begrenzung von $\cot \theta$ gemäß DIN 1045-1 Gleichung (86)

Im Grunde ist die Begrenzung von $\cot \theta$ durch die Auslegungen Nr.26 zur DIN ja scheinbar eindeutig geklärt:

„Die Grenze $\cot \theta \geq 1,0$ gilt für alle Fugen als obere Tragfähigkeitsbegrenzung. Ergibt sich aus Gl. (86) für $\cot \theta < 1$, so ist die Anrechnung der Verbundbewehrung nach den Regeln dieser Norm nicht zulässig.

Für die Anwendung von Gitterträgern als Verbund- bzw. Querkraftbewehrung gelten die Regelungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.“

In einigen Zulassungen (z.B. Z-15.1-1 = Kaiser-Gitterträger KT 800) werden für $\cot \theta$ die Untergrenzen 1,2 für Diagonalenwinkel $\alpha < 55^\circ$ und 1,0 für Diagonalenwinkel $\alpha \geq 55^\circ$ angegeben.

Frage: Gilt auch hier die Auslegung, dass wenn sich aus Gl.(86) ein $\cot \theta < 1,0$ (bzw. 1,2) ergibt, die Anrechnung als Verbundbewehrung nicht mehr zulässig ist? Oder darf dann mit 1,0 (bzw. 1,2) weitergerechnet werden?

Die Frage ist deshalb aufgekomen, weil in den Auslegungen zur DIN 1045-1 extra auf die Zulassungen verwiesen wird und für die Zulassung keine Auslegungen existieren. Aus Rücksprachen mit Herstellern von Teilfertigdecken weiß ich, dass in der Praxis bei Unterschreitung der Untergrenze für $\cot \theta$ mit der Untergrenze 1,0 bzw. 1,2 weitergerechnet wird und dieses jetzt auch von unseren Programmen verlangt wird.

Beispiel: Errechnet $\cot \theta = 0,92 \rightarrow$ gewählt zur weiteren Bemessung $\cot \theta = 1,2$????

Antwort von Herrn Dr.-Ing. Fingerloos:

zu Frage 1)

"Es gilt der Grundsatz, dass in den abZ nur die von DIN 1045-1 (usw.) abweichenden Regelungen aufgenommen werden, so dass alle anderen nicht in abZ behandelten Regeln der DIN anzuwenden sind. Das gilt auch für die untere Begrenzung von \cot_{θ} , welche die Nachweisgrenze darstellt, d. h. die Auslegung ist auch für Gitterträger verbindlich. Der Hinweis auf die abZ in der Auslegung soll auf ggf. abweichende \cot_{θ} Grenzen abheben.

Tatsächlich war diese scharfe Auslegung bei den ersten Zulassungen noch nicht in der Form bekannt, im Gegenteil war im DAfStb-Heft 525 die nicht korrekte Auslegung veröffentlicht, dass man, wenn $\cot_{\theta} < 1,0$ berechnet wird, mit 1,0 (volle Schubdeckung) weiter bemessen darf. Das hat sicher zu dieser fehlgeleiteten Praxisanwendung geführt. Seit das Heft 525 aber auch an dieser Stelle berichtigt wurde (2005-05), gilt die Berichtigung auch für die abZ."

Anlage 2: Nachweis der Betondruckstrebe

Anfrage der PBS-GmbH an Herrn Dr.-Ing. Frank Fingerloos (*Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin*) vom 22.06.2006:

Frage 2: Nachweis der Druckstrebe bei verschiedenen Diagonalenwinkeln

Werden in Teilfertigdecken zusätzlich zu den Montage-Gitterträgern noch Zulageträger angeordnet, so liegen bis zu 3 verschiedene Diagonalneigungen α_i vor. Die Zulassungen (z.B.: Z-15.1-38 = Kaiser-Gitterträger KTS) und die einschlägige Literatur sehen, für den Fall dass Querkraftbewehrung erforderlich ist, an dieser Stellen folgen Nachweis vor:

$$\sum \frac{V_{Rd, sy, \alpha_i}}{V_{Rd, max, \alpha_i}} \leq 1,0$$

Dabei soll für alle Neigungen der gleiche Wert für $\cot \theta$ angesetzt werden. In die Berechnung von V_{Rd, max, α_i} nach Gl.(78) fließt zwar der Winkel α_i , jedoch nicht die Bewehrungsmenge (A_{sw}) ein. V_{Rd, sy, α_i} nach Gl.(77) ist hingegen von der Bewehrungsmenge abhängig. Das bedeutet, dass eine konstruktive Überbemessung zu einem ungünstigeren Nachweiswert bis hin zu Überschreitung führen kann. Das ist so doch wahrscheinlich nicht gewollt.

Frage: Ist es nicht sinnvoller den Nachweis wie folgt zu führen?

Bei mehreren Neigungen α_i wird V_{Ed} anteilig für jede Neigung α_i ermittelt und der Nachweis wie folgt geführt:

$$\sum \frac{V_{Ed, \alpha_i}}{V_{Rd, max, \alpha_i}} \leq 1,0 \quad \text{mit} \quad V_{Ed, \alpha_i} = \frac{V_{Ed} \cdot V_{Rd, sy, \alpha_i}}{\sum V_{Rd, sy, \alpha_i}}$$

Diese Form des Nachweises würde harmonisch in den Sonderfall mit nur einer Neigung übergehen:

$$V_{Ed} / V_{Rd, max} \leq 1,0.$$

Antwort von Herrn Dr.-Ing. Fingerloos:

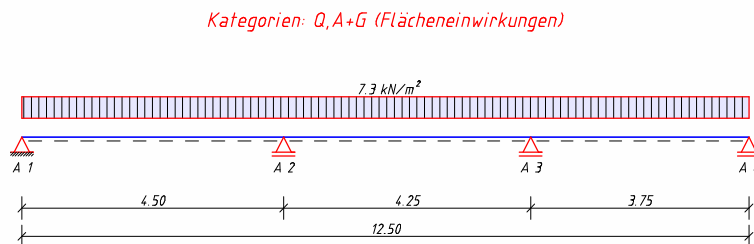
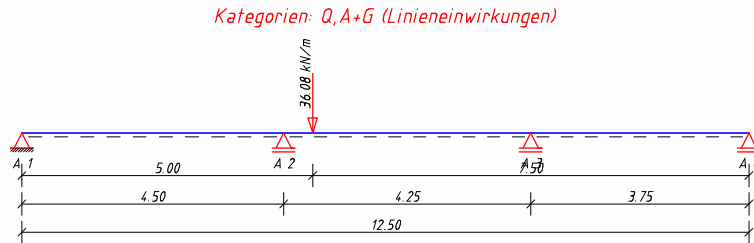
zu Frage 2)

"Ich meine auch, dass Ihr Vorschlag der Berücksichtigung verschiedener Neigungen sinnvoll sein kann. Allerdings kann sich das Druckstrebenfeld im Beton praktisch nur unter einem Winkel einstellen. Mechanisch sinnvoll ist es schon, einen möglichen (zulässigen) Druckstrebenwinkel zu wählen, und die Druckstreben Tragfähigkeit interaktiv nachzuweisen. Wenn eine Überbemessung zu ungünstigen Werten führt, ist ggf. die Form des Nachweises zu überdenken oder der Nachweis mit erf A_{sw} zu führen. Hierzu kann Dr. Beutel von Hegger+Partner sicher sachkundigere Auskunft geben."

POS. 37 ELEMENTDECKE

Grundlagen: DIN 1045-1:2008-08, DIN 1055-100:2001-03

System:



Feld	Nr.	Stützweite l_{eff}	Plattendicke h	-----Auflagerinformation-----			
				Nr.	auf	Art	l_a
1	1	4.50 m	18.0 cm	Lager	Mwk	dir	24.0 cm
2	2	4.25 m	18.0 cm	Lager	Bet	dir	20.0 cm
3	3	3.75 m	18.0 cm	Lager	Mwk	dir	17.5 cm
				Lager	Mwk	dir	24.0 cm

Horizontal unverschiebliche Lager: 1

Einwirkungen:

 Das Bauteileigengewicht wird mit einer wichte von 25.0 kN/m^3 berücksichtigt.
 Lasten: F = Linienlast, quer $[\text{kN/m}]$, q = Flächenlast $[\text{kN/m}^2]$
 M = Linienmoment, quer $[\text{kNm/m}]$

 Richtung: x = Spannrichtung, y/z = horiz./vertikale Querschnittsachse

 Lastangriff: a = Lastanfang/-achse v. linken Plattenende, c = Lastlänge

Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k -	- a	c	Abmin. Alpha	
		l_i	l_r	$[\text{m}]$	$[\text{m}]$	
Eigengewicht	qz G	4.50	4.50	0.00	12.50	-
Putz und Belag	qz G	1.30	1.30	0.00	12.50	-
Verkehrslast	qz Q, A2	1.50	1.50	0.00	12.50	-
wand(0.240*16.0+0.50)*2.75*100%	Fz G	11.94	-	5.00	-	-
	Fz Q, A2	12.80	-	5.00	-	-
wand(0.115*16.0+0.50)*2.75*100%	Fz G	6.44	-	5.00	-	-
	Fz Q, A2	4.90	-	5.00	-	-

Kombinationsbeiwerte:

Kate- gorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi0	Psi1	Psi2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
Q, A2	wohnfläche: ausreichende Querverteilung	0.70	0.50	0.30	1.50	-

Schnittgrößen: ungünstigste Laststellung
Schnittgrößen ohne Umlagerung (DESIGN):

Stützmente:

Betonlager M_s', M_s'' = Anschnittmomente,		Mwk-Lager M_s'' = reduziertes Moment				$x_{0,li}$	$x_{0,re}$	
Stz. Nr.	min. M_s [kNm/m]	M_s' [kNm/m]	M_s'' [kNm/m]	max. M_s [kNm/m]	M_s' [kNm/m]	M_s'' [kNm/m]	[m]	[m]
2	-30.36	-27.46	-23.42	-14.68	-13.08	-11.79	1.68	0.97
3	-20.02	-	-18.92	-9.28	-	-8.72	1.18	1.33

Mindestmomente nach DIN 1045-1, 8.2(5):

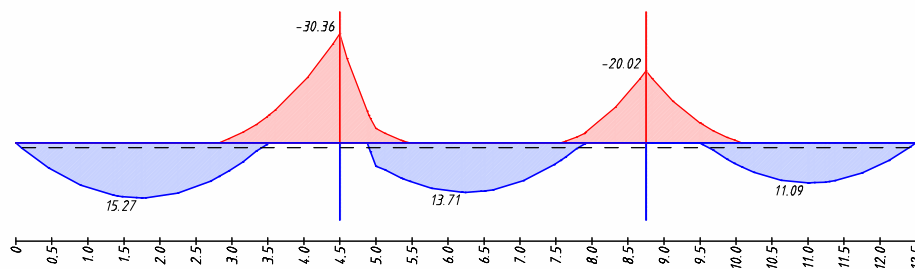
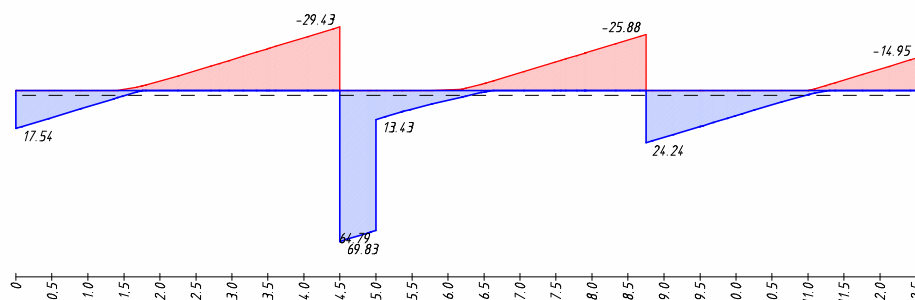
Stz. Nr.	$M_{s,li}$ [kNm/m]	$M_{s,re}$ [kNm/m]	Stz. Nr.	$M_{s,li}$ [kNm/m]	$M_{s,re}$ [kNm/m]
1	-	-	3	-	-
2	-15.86	-19.86	4	-	-

Feldmomente:

Feld Nr.	max. M_f [kNm/m]	x [m]	min. M_f [kNm/m]	x [m]	x_{01} [m]	x_{02} [m]	max. N_x [kN/m]	min. N_x [kN/m]
1	15.27	1.74	5.77	1.41	-	3.52	-	-
2	13.71	1.74	3.19	2.02	0.38	3.41	-	-
3	11.09	2.27	4.24	2.54	0.75	-	-	-

Auflager-, Querkräfte:

Stz. Nr.	max. A_z [kN/m]	min. A_z [kN/m]	max. A_x [kN/m]	min. A_x [kN/m]	min. V_l [kN/m]	max. V_r [kN/m]	max. V_l [kN/m]	min. V_r [kN/m]
1	17.54	8.18	-	-	-	17.54	-	8.18
2	99.26	45.46	-	-	-29.43	69.83	-16.31	29.15
3	50.12	25.72	-	-	-25.88	24.24	-12.37	13.35
4	14.95	7.01	-	-	-14.95	-	-7.01	-

Grenzmomente ohne Umlagerung
 $M_{y,d}: 1\text{ cm} = 21\text{ kNm/m} / \text{System } 1:105$

Grenzquerkraft ohne Umlagerung
 $V_{z,d}: 1\text{ cm} = 35,0\text{ kN/m} / \text{System } 1:105$


Baustoffe: Normalbeton C 20/25 **BSt 500S(A)+BSt 500M(A)**
 Größtkorn des Zuschlags dg = 16.0 mm

Ort	x1[m]	x2[m]	Expositionsklassen	c.min [mm]	delta.c [mm]	gew.c [mm]
oben	0.00	12.50	XC1	10	10	20
unten	0.00	12.50	XC1	10	10	20

Feuchtekategorie: WO nach Erhärtung weitgehend trocken

Dicke der Fertigteilplatte hf = 5.0 cm, Elementbreite bf = - m

Montageträger: Kaiser-Gitterträger (KT 813 - 12A/7A/6A)

Zulassung: Z-15.1-1 vom 27.01.2010 gültig bis 31.03.2014

Obergurt: 1 Ds 12.0 mm, BSt 500G(A), Trägerhöhe = 13.0 cm
 Untergurt: 2 Ds 6.0 mm, BSt 500S(A), UG-Abstand = 7.0 cm
 Diagonale: 2 Ds 7.0 mm, BSt 500G(A), Knotenabst. = 20.0 cm, Winkel = 56.9°

Schubzulagen: Kaiser-Omnia-Träger (KTS 12 - 6A/7A/6A)

Zulassung: Z-15.1-38 vom 14.12.2009 gültig bis 31.12.2014

Obergurt: 1 Ds 6.0 mm, BSt 500G(A), Trägerhöhe = 12.0 cm
 Untergurt: 2 Ds 6.0 mm, BSt 500G(A), UG-Abstand = 7.0 cm
 Diagonale: 2 Ds 7.0 mm, BSt 500G(A), Knotenabst. = 20.0 cm, Winkel = 45.0°
 2 Ds 7.0 mm, BSt 500G(A), Knotenabst. = 20.0 cm, Winkel = 90.0°

Biegebemessung:

Nicht erfasste Einspannwirkungen gemäß 13.2.1(1) werden berücksichtigt.

d'o, d'u = Randabstand des Bewehrungsschwerpunktes oben bzw. unten
 aso, asu = Erforderliche Bewehrung oben bzw. unten; min.as aus Rissmoment

Stütze			Md	Nd	d'o	d'u	min.as	aso	asu
Nr	LF	Kombination	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[cm]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
1	1	G,sup+Q,A2	-3.82	-	3.1	3.2	-	0.57	-
2	1	G,sup+Q,A2	-27.46	-	3.3	3.2	1.67	4.40	-
3	1	G,sup+Q,A2	-18.92	-	3.2	3.2	1.66	2.92	-
4	1	G,sup+Q,A2	-2.77	-	3.1	3.2	-	0.41	-

Feld			x	Md	Nd	d'o	d'u	min.as	aso	asu
Nr	LF	Kombination	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[cm]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
1	1	G,sup+Q,A2	1.74	15.27	-	3.2	3.1	1.65	-	2.32
2	1	G,sup+Q,A2	1.74	13.71	-	3.2	3.1	1.65	-	2.08
3	1	G,sup+Q,A2	2.27	11.09	-	3.2	3.1	1.65	-	1.67

Bewehrung gewählt: o = obere Bewehrung, u = untere Bewehrung

a, Mo = Abstand der Montageträger quer zur Spannrichtung
 as, Mo = vorh. Trägerbewehrung/Meter, fyk = 500 N/mm² -> Abmind.Faktor = 1.00

-----Längsbewehrung-----						-Querbewehrung-			
Stütze	erf.as	Baustahl	Baustahl	Ds/ a	vorh.as	Ds/ a	vorh.as	vorh.as	vorh.as
Nr.	Ort	[cm ² /m]	n Matte	[mm/cm]	[cm ² /m]	[mm/cm]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
1	o	0.57	1 R188 A	- / -	1.88	- / -	- / -	- / -	- / -
2	o	4.40	1 R524 A	- / -	5.24	- / -	- / -	- / -	- / -
3	o	2.92	1 R335 A	- / -	3.35	- / -	- / -	- / -	- / -
4	o	0.41	1 R188 A	- / -	1.88	- / -	- / -	- / -	- / -

-----Längsbewehrung-----										Querbew.
Feld	erf.as	a,Mo	as,Mo	-----Baustahlmatten-----				Ds/ a	vorh.as	Ds/ a
Nr.Ort	[cm ² /m]	[cm]	[cm ² /m]	n	Bez.	n	Bez.	[mm/cm]	[cm ² /m]	[mm/cm]
1	u	2.32	75.0	0.75	1	R188	A	- / -	2.63	- / -
2	u	2.08	75.0	0.75	1	R188	A	- / -	2.63	- / -
3	u	1.67	75.0	0.75	1	R188	A	- / -	2.63	- / -

Querkraft-/Verbundbemessung für ungestaffelte Feldbew.:

Min.Verbundbew. Abs.13.4.3(5) = 6.0 cm²/m auf 0.75 m Länge -> 8.00 cm²/m/m erforderlich für linkes und rechtes Endauflager.

s,Mo = Abstand der Montageträger,
s,Zu = Abstand der Zulageträger,

D1 = Diagonalen der Montageträger
D2,D3 = Diagonalen der Zulageträger

Bereich	x1 - x2		Fugenart	s,Mo	s,Zu	vorh. as,Fuge			
	[m]	[m]				D1 +	D2 +	D3 = ges.	[cm ² /m/m]
Feld 1	0.00-	0.75	glatt	75.0	150.0	5.13	2.57	2.57	10.3
	0.75-	4.50	glatt	75.0	-	5.13	-	-	5.13
Feld 2	0.00-	0.58 ²⁾	glatt	75.0	85.0	5.13	4.53	4.53	14.2
	0.58-	4.25	glatt	75.0	-	5.13	-	-	5.13
Feld 3	0.00-	3.00	glatt	75.0	-	5.13	-	-	5.13
	3.00-	3.75	glatt	75.0	150.0	5.13	2.57	2.57	10.3

²⁾ Die Obergurte der Gitterträger müssen in gleicher Lage wie die obere Längsbewehrung angeordnet werden. Die Querbewehrung darf darüber liegen.

Bereich	Bem.-Sit.	x1 - x2	VEd	VEd,red	VRd,ct	Querkraft-	z	
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	bewehrung?	[cm]	
Feld 1	T,P/T	0.00-	3.56	19.2	19.2	< 66.0	nein	13.4
		3.56-	4.50	29.4	28.2	< 65.1	nein	13.2
Feld 2	T,P/T	0.00-	0.35	69.8	68.6	> 65.1	ja	10.7
		0.35-	3.33	65.6	65.6	< 66.0	nein	13.4
Feld 3	T,P/T	3.33-	4.25	25.9	24.9	< 65.5	nein	13.3
		0.00-	0.78	24.2	23.3	< 65.5	nein	13.3
		0.78-	3.75	15.7	15.7	< 66.0	nein	13.4

Bereich	Bem.-Sit.	x	VEd, red	Schub	*)	VRdj, -----VRdj,sy-----				
						VEd	<= VRdj =	ct +	D1 +	D2 +
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m/m]	[kN/m/m]	[kN/m/m]	[kN/m/m]	[kN/m/m]
Feld 1	T,P/T	0.00	16.5	123.4	< 569.2	= 172.2	+215.5	+114.0	+ 67.5	
		0.70	10.5	78.3	< 569.2	= 172.2	+215.5	+114.0	+ 67.5	
		0.75	10.5	78.3	< 387.7	= 172.2	+215.5	+ 0.0	+ 0.0	
Feld 2	T,P/T	4.50	28.2	213.8	< 387.7	= 172.2	+215.5	+ 0.0	+ 0.0	
		0.00	68.6	641.4	< 708.0	= 172.2	+215.5	+201.2	+119.1	
		0.50	64.8	483.5	< 708.0	= 172.2	+215.5	+201.2	+119.1	
Feld 3	T,P/T	0.65	11.9	88.9	< 387.7	= 172.2	+215.5	+ 0.0	+ 0.0	
		4.25	24.9	187.1	< 387.7	= 172.2	+215.5	+ 0.0	+ 0.0	
		0.00	23.3	174.8	< 387.7	= 172.2	+215.5	+ 0.0	+ 0.0	
		3.00	7.9	58.9	< 387.7	= 172.2	+215.5	+ 0.0	+ 0.0	
		3.05	7.9	58.9	< 569.2	= 172.2	+215.5	+114.0	+ 67.5	
		3.75	13.9	104.1	< 569.2	= 172.2	+215.5	+114.0	+ 67.5	

*) = Minimalwert von VRdj nach Gl.(84) bzw. VRdj,max nach Gl.(86).

Bereich	Bem.-Sit.	x	cot		VEd	VRd,max,i ¹⁾			VRd,sy,i ²⁾			f,VRd
			Theta	[m]		D1	D2	D3	D1	D2	D3	
[-]	[-]	[m]	[-]	[kN/m]	[----kN/m----]			[----kN/m----]			<=1.0	
Feld 2	T,P/T	0.00	3.00	69.8	103	90.9	129	26.0	21.2	22.5	0.662	
		0.12	3.00	68.6	103	90.9	129	25.6	20.9	22.1	0.650	
		0.27	3.00	67.1	103	90.9	129	25.0	20.4	21.7	0.636	

¹⁾= VRd,max nach Gl.(78) auf 30%(bzw. 25%) reduziert.

²⁾bei Zulagen = SUMME(VRd,sy,i/VRd,max,i)
ohne Zulagen = VEd/VRd,max,i

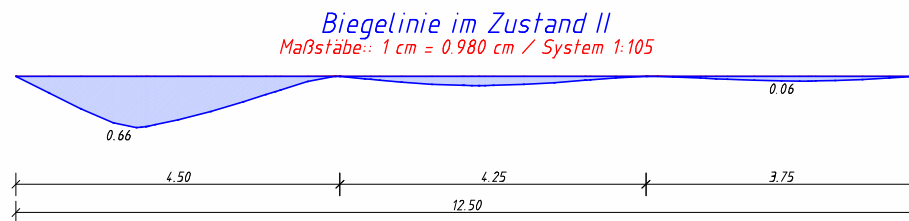
Gebrauchstauglichkeit

Begrenzung der Verformungen für die quasi-ständige Kombination

Begrenzung der Schlankheit nach DIN 1045-1 Abs.11.3.2:

Ort	MsI	Mf	MsR	x	li	li/d	zul.li/d
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[m]	[m]	[-]	[-]
Feld 1	-	8.95	-17.14	1.69	3.37	22.61	< 29.00 (1/250)*
Feld 2	-17.14	6.46	-11.39	1.89	2.73	18.30	< 29.00 (1/250)*
Feld 3	-11.39	6.42	-	2.32	2.86	19.16	< 29.00 (1/250)*

* = nach Krüger/Mertzsch, 'Beton- u. Stahlbetonbau' Heft 11/2002, kc = 1.000



Kriechen, Schwinden: Lastbeginn nach 28 Tagen, RH = 50%, Zementtyp N,R

Ort	Phi	E,cds	Ort	Phi	E,cds
	[-]	[o/oo]		[-]	[o/oo]
Feld 1	3.279	-0.670	Feld 3	3.279	-0.670
Feld 2	3.279	-0.670	-	-	-

Durchhang Zustand II: fz = Durchbiegung, fz' = Durchhang, üz = Überhöhung

Ort	l	x	fz	üz	vorh.fz'	zul.fz'
	[m]	[m]	[cm]	[cm]	l/... [cm]	[cm] l/...
Feld 1	4.50	1.671	0.664	-	l/678 = 0.664	< 1.800 = 1/250
Feld 2	4.25	1.925	0.119	-	l/3571 = 0.119	< 1.700 = 1/250
Feld 3	3.75	2.128	0.062	-	l/6048 = 0.062	< 1.500 = 1/250

Rissnachweis für die quasi-ständige Kombination

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

Nachweis der Mindestbewehrung min.As 11.2.2

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort	Md	Nd	Dsm	min.As	vorh.As	vorh.wk	zul.wk
	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[mm]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[mm]	[mm]
Feld 1 unten	1.69	8.95	0.0	6.0	1.51	< 2.63	0.15	< 0.40
Feld 2 unten	6.39	6.46	0.0	6.0	1.51	< 2.63	0.08	< 0.40
Feld 3 unten	11.07	6.42	0.0	6.0	1.51	< 2.63	0.08	< 0.40
Stütze 2 oben	4.50	-17.14	0.0	10.0	1.95	< 5.24	0.23	< 0.40
Stütze 3 oben	8.75	-11.39	0.0	8.0	1.75	< 3.35	0.20	< 0.40

Montagestützweite: Nachweise bezogen auf den einzelnen Gitterträger

- Annahmen: - Frei drehbar gelagerter Balken auf 2 Stützen
 - Einwirkungen: Eigengew. Rohdecke + $q = 1.5 \text{ kN/m}^2$ bzw. $Q = 1.5 \text{ kN}$
 - Schnittgrößen unter Gebrauchslast ($\gamma_{F, S} = 1.0$)

Ort	gew.Montage-Stützweite[m]	vorh./zul.M [kNm]	≤ 1 [-]	vorh./zul.V [kN]	≤ 1 [-]	min.As [cm ²]	vorh.As [cm ²]
Feld 1	2.25	2.85/ 3.50	= 0.81	5.30/ 7.00	= 0.76	1.01	< 1.97
Feld 2	2.13	2.55/ 3.50	= 0.73	5.09/ 7.00	= 0.73	1.01	< 1.97
Feld 3	1.88	2.02/ 3.50	= 0.58	4.67/ 7.00	= 0.67	1.01	< 1.97

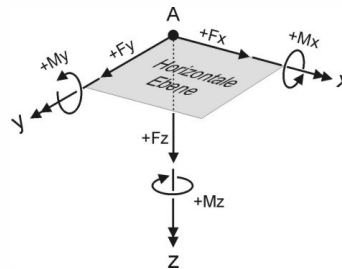
Durchbiegungsnachweis ($\leq 1.0 \text{ cm}$): $f = \text{gew./zul.Montagestützweite}$

Feld:	Kr.li	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Kr.re
f[-]:	-	0.90	0.86	0.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

Lastfall 1 = Alle Einwirkungen

Die Kraftartrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten q in [kN/m] und m in [kNm/m]. a [m] ist Lasteinzugsbreite für Alpha, A nach DIN 1055-3 ('02) 6.1 (5)/Bild 1



Lager	Kraft	LF	Kategorie	volllast	Maximal	Minimal	a
1	qz	1	G	9.68	9.68	9.68	1.80
			Q, A2	1.98	2.98	-1.00	1.80
			Summe, k	11.66	12.66	8.68	1.80
2	qz	1	G	46.15	46.15	46.15	4.37
			Q, A2	24.18	24.64	-0.46	4.37
			Summe, k	70.33	70.79	45.69	4.37
3	qz	1	G	26.87	26.87	26.87	4.00
			Q, A2	8.46	9.23	-0.77	4.00
			Summe, k	35.33	36.10	26.10	4.00
4	qz	1	G	8.18	8.18	8.18	1.50
			Q, A2	1.83	2.61	-0.78	1.50
			Summe, k	10.01	10.79	7.40	1.50