

40G Mehrfeld-Stahlbetondecke DIN 1045-1 mit Einzellasten nach Heft 240

(Stand: 11.05.2009)

Das Programm dient zur Bemessung von 1-achsig gespannten Stahlbeton-Decken nach DIN 1045-1:2001-07 bzw. DIN 1045-1:2008-08. Optional können konzentrierte Einzellasten gemäß Heft 240 berücksichtigt werden.

Leistungsumfang

System:

- 1-12 Feld-Stahlbetondecke, 1-achsig gespannt.
- Elastische End einspannung 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)

Einwirkungen:

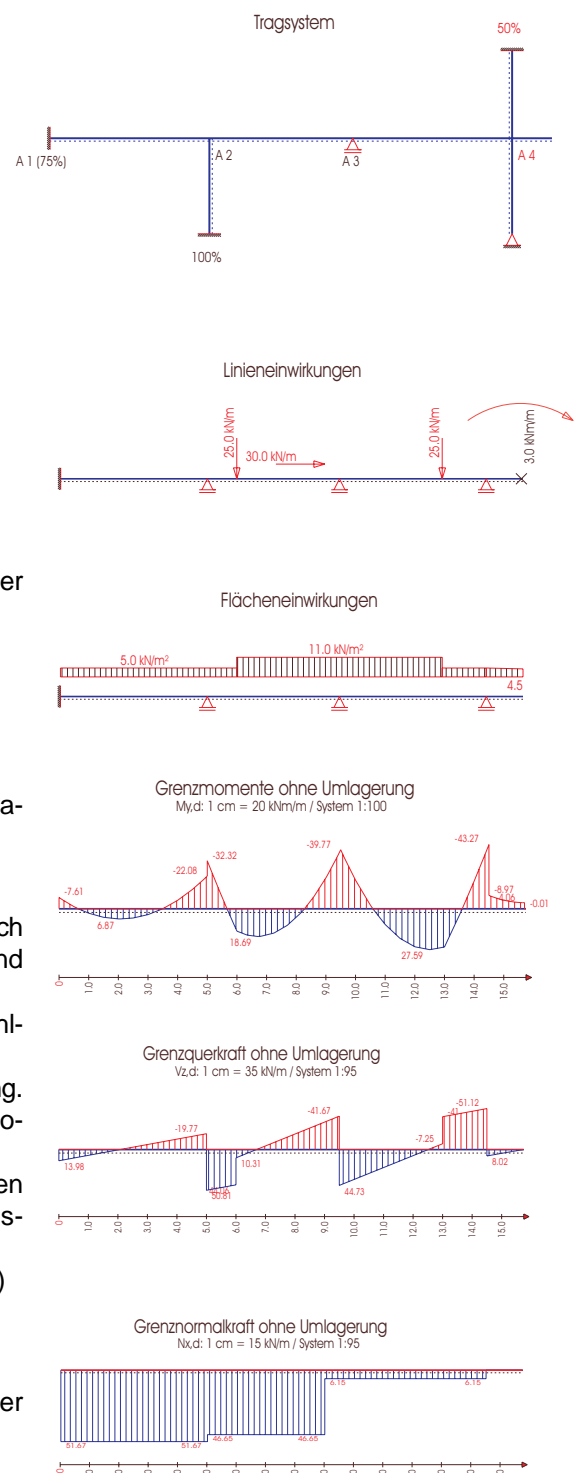
- Flächenlasten in $[kN/m^2]$ als Rechteck-, Trapez- oder Dreieckslast.
- Linienlasten quer zur Spannrichtung $[kN/m]$.
- Linienmomente quer zur Spannrichtung $[kNm/m]$.
- Normalkraft in Plattenlängsrichtung $[kN/m]$.
- Konzentrierte Einzellasten nach Heft 240.
- Linienlasten in Spannrichtung (Heft 240).
- 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 mit Abstufung.
- Nachweis/Bemessung für Durchstanzen unter Einzellasten nach Heft 240.



➡➡➡ **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).

➡➡➡ **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 Tragfähigkeit 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 vorübergehende Bemessungssituation (Gl.(14)) untersucht. In vielen Fällen dürfte daher 1 Lastfall ausreichen.

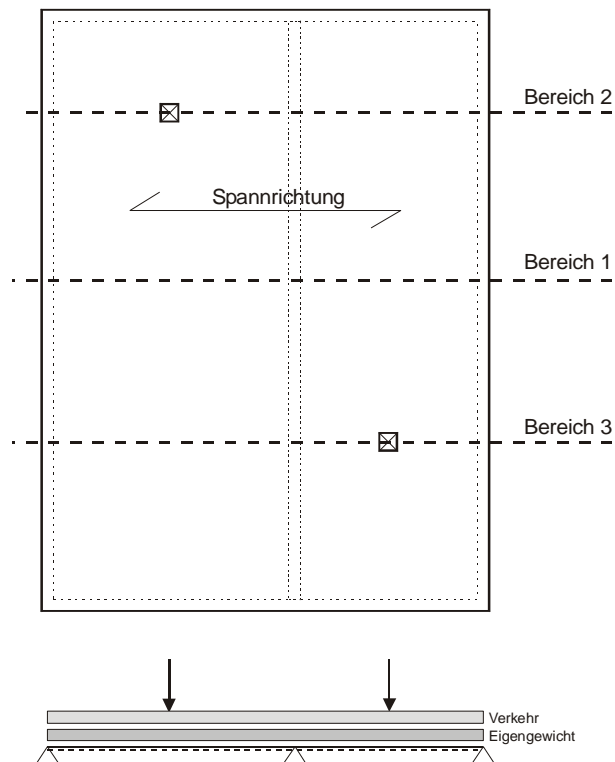
Eingabevarianten

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 könne 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 ein 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.

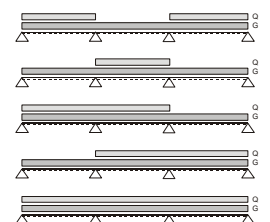
Es sind dann folgende Lastfälle zu bilden:

- 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 "Vollast"). 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 Hilfenfenster 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_s) nach DIN 1055-3:2002-1, 6.1 für die Nutzlasten nach Tabelle 1

Konzentrierte Einzellasten nach Heft 240

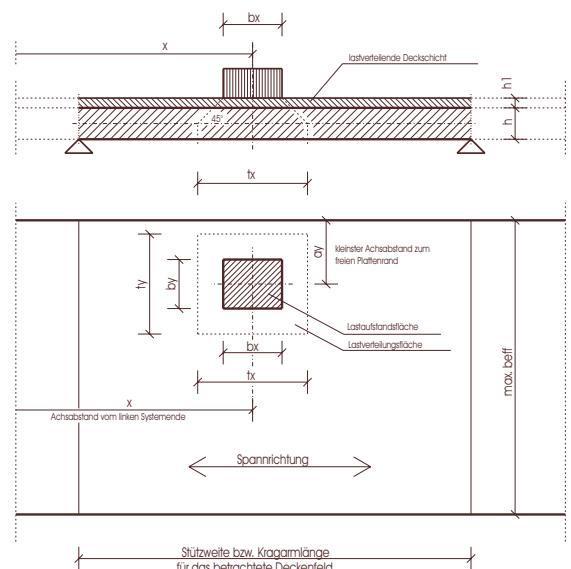
Es können beliebig viele konzentrierte Einzellasten eingegeben werden. Für jede Last ist deren Mittelpunkt (= Abstand vom linken Systemende) und die Aufstandsfläche einzugeben. Es werden drei Lasttypen unterschieden: Punktlast [kN], Linienlast [kN/m] oder Flächenlast [kN/m²]. Diese Unterscheidung ist jedoch nur rein eingabeteknischer 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 Lastaufstandsfläche (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.

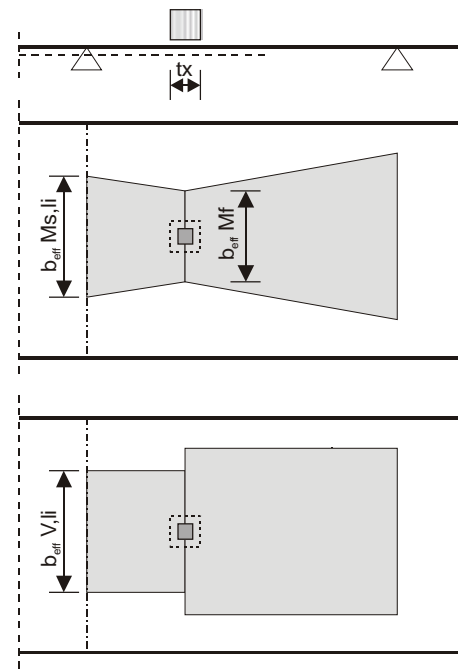
Schnittgrößen aus Einzellasten (Heft 240)

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 Stützweitenverhältnisse 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)

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.

Vorgaben

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

Für die automatische Ermittlung der statischen Höhen kann ein Bügeldurchmesser angegeben werden, um den sich die statische Höhe verringert. Die statische Höhe wird 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.

Wird als Bügeldurchmesser "-1" eingegeben, so kann die Schwerpunktlage der Bewehrung (d') für jedes Feld und jede Stütze manuell eingegeben werden. Eine automatische Ermittlung der statischen Höhe aus der gewählten Bewehrung erfolgt dann nicht mehr.

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.

$$\text{erf.}As_{\text{Zulage}}^{[\text{cm}^2]} = (\text{erf.}as_{(\text{H+E})}^{[\text{cm}^2/\text{m}]}) - \text{erf.}as_{(\text{H})}^{[\text{cm}^2/\text{m}]} \cdot b, \text{eff}^{[\text{m}]} - As_{\text{res}(\text{H})}^{[\text{cm}^2]} \quad \begin{matrix} (\text{H}) & = & \text{infolge Hauptlasten} \\ (\text{H+E}) & = & \text{infolge Hauptlasten + Einzellast} \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} \text{im Feld:} & As_{\text{res}(\text{H})}^{[\text{cm}^2]} & = & (\text{vorh.}as_{(\text{H})}^{[\text{cm}^2/\text{m}]} - \text{erf.}as_{(\text{H})}^{[\text{cm}^2/\text{m}]}) / (\text{Anzahl Einzellasten im Feld}) \cdot c^{[\text{m}]} \\ \text{an Stütze:} & As_{\text{res}(\text{H})}^{[\text{cm}^2]} & = & (\text{vorh.}as_{(\text{H})}^{[\text{cm}^2/\text{m}]} - \text{erf.}as_{(\text{H})}^{[\text{cm}^2/\text{m}]}) / (\text{Anzahl Einzellasten in Nachbarfeldern}) \cdot c \end{matrix}$$

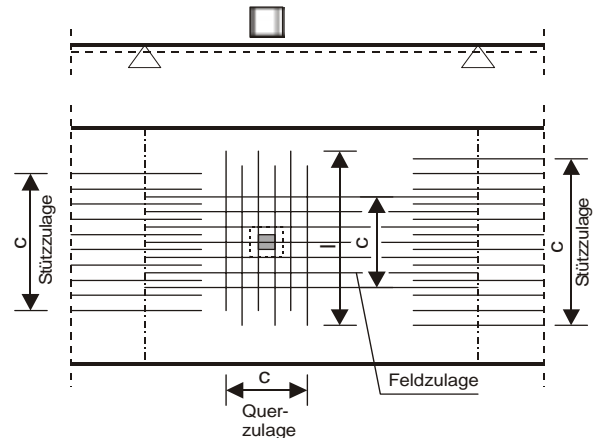
Um eine Konzentration der Bewehrung unter der Einzellast zu gewährleisten wird nur die Tragreserve der Hauptbewehrung im Bereich der Verlegebreite c angesetzt. Der Ansatz der Tragreserve kann wahlweise unterdrückt werden.

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

$$\text{erf.}A_{s_{Zulage,quer}} \text{ [cm}^2\text{]} = 0,60 \cdot (\text{erf.}a_{s_{l\ddot{a}ngs(H+E)}} \text{ [cm}^2\text{/m]} - \text{erf.}a_{s_{l\ddot{a}ngs(H)}} \text{ [cm}^2\text{/m]}) \cdot b_{,eff} \text{ [m]} - A_{s_{res(H),quer}} \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s_{res(H),quer}} \text{ [cm}^2\text{]} = (\text{vorh.}a_{s_{(H),quer}} \text{ [cm}^2\text{/m]} - \text{erf.}a_{s_{(H),quer}} \text{ [cm}^2\text{/m]}) \cdot c \text{ [m]}$$

Für die Zulagen wird jeweils eine Verlegebreite ($c = b_{,eff} / 2$) 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 Querszulagen wird die erforderliche Mindestlänge ($l = b_{,eff(Mf)} + 2 \cdot l_{b,net}$) 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 Einzel-lasten 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

Es ist zunächst die minimale Plattenbreite (z.B. Fertigungsbreite einer Treppenhausplatte) einzugeben, welche zur Bestimmung der Mindestquerkraftbewehrung gemäß DIN 1045-1:13.3.3(2) zugrunde gelegt werden soll. Eine Mindestbewehrung wird nur erforderlich, wenn das Verhältnis $b/h < 5$ ist. Durch die Eingabe von "0" entfällt die Ermittlung der Mindestbewehrung (breite Platte).

Der Druckstrebenwinkel Θ kann wahlweise automatisch bestimmt oder manuell vorgegeben werden. Bei der automatischen Bestimmung wird der kleinst mögliche Winkel ermittelt, bei dem der Druckstrebenachweis eingehalten ist ($V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$). Dieses Vorgehen führt zu der geringst möglichen Querkraftbewehrung. 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 auf eine Querkraftbewehrung verzichtet werden kann ($V_{Rd,ct} \geq V_{Ed}$). Nur wenn dies nicht der Fall ist oder eine Mindestbewehrung erforderlich ist, wird eine Tabelle angelegt, in der die Querkraftbewehrung vorgeschlagen und zur Korrektur angeboten wird. Die Abschnitte gleicher Querkraftbewehrung können dabei automatisch durch das Programm oder manuell vorgegeben werden.

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 Bemessungstreifen geführt. Beim Nachweis mit Einzellasten wird die vorhandene Zulagebewehrung $[cm^2]$ auf die Verlegebreite (c) verteilt, wodurch sich eine Bewehrung in $[cm^2/m]$ ergibt, welche zur vorhanden 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.

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 $> 5,0 \text{ kN/m}^2$ vorhanden, so ist dieser Nachweis nur eingeschränkt aussagekräftig, da die zulässigen Schlankheiten für Decken gelten, die nur durch Flächenlasten $\leq 5,0 \text{ kN/m}^2$ 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 vorhanden 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 $[\text{cm}^2/\text{m}]$ 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 vorhanden 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.

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:

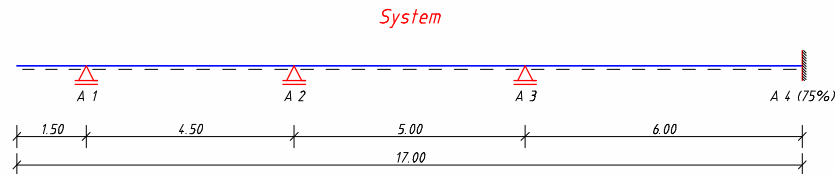
- [1] DIN 1045-1:2001-07 inkl. Berichtigung 2
- [2] DIN 1045-1:2008-08
- [3] DIN 1055-100:2001-03
- [4] DIN 1055-3:2006-03
- [5] Auslegungen zur DIN 1045-1, Normenausschuss Bauwesen, Internet: <http://www2.nabau.din.de/>
- [6] Heft 240: "*Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formveränderungen von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045, Ausgabe Juli 1988*", DAfStb, Auflage 3, Ausgabe 1991
- [7] Wommelsdorf: "*Stahlbetonbau, Bemessung und Konstruktion*", Teil 1, Auflage 8, Ausgabe 2005

POS. 238 MEHRFELDDECKE

Hinweis: Um den Leistungsumfang des Programmes zu dokumentieren, wurde in diesem Beispiel der maximale Ausdruckumfang gewählt. Bei Bedarf ist es möglich, verschiedene Listen und Tabellen auszublenden, und so das Ausgabevolumen stark zu reduzieren.

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

System:



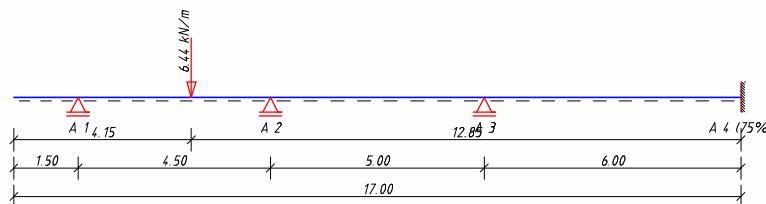
Endeinspannung: links = 0 %, rechts = 75 %
 Kragarm links: $l_{\text{eff}} = 1.50 \text{ m}$, Plattendicke links/rechts = 16.0/18.0 cm

		Stützweite	Plattendicke	-----Auflagerinformation-----			
	Nr.	l_{eff}	h	Nr.	auf	Art	la
Feld	1	4.50 m	16.0 cm	Lager	1	Bet	dir 25.0 cm
Feld	2	5.00 m	18.0 cm	Lager	2	Mwk	dir 24.0 cm
Feld	3	6.00 m	20.0 cm	Lager	3	Mwk	dir 24.0 cm
				Lager	4	Mwk	dir 24.0 cm

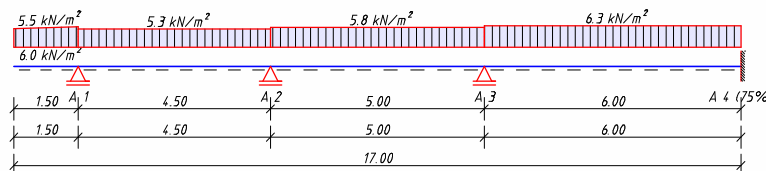
Horizontal unverschiebliche Lager: 4

Einwirkungen:

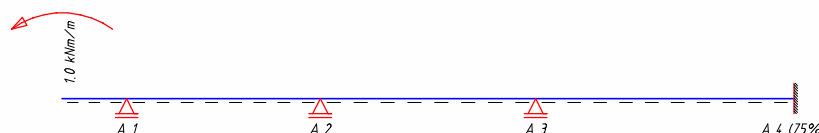
LF 1 Kategorien: G (Linieneinwirkungen)



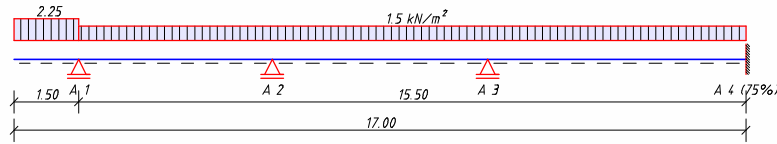
LF 1 Kategorien: G (Flächeneinwirkungen)



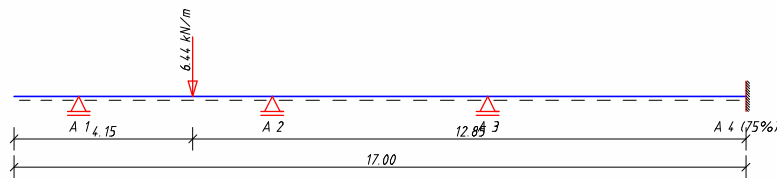
LF 1 Kategorien: Q, S+Q, A (Linieneinwirkungen)



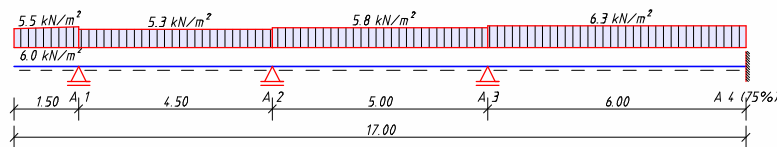
LF 1 Kategorien: Q, S+Q, A (Flächeneinwirkungen)



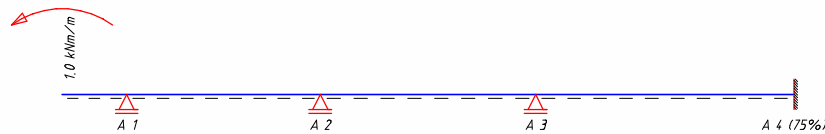
LF 2 Kategorien: G (Linieneinwirkungen)



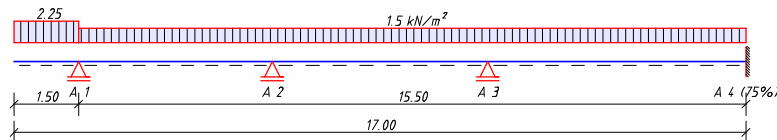
LF 2 Kategorien: G (Flächeneinwirkungen)



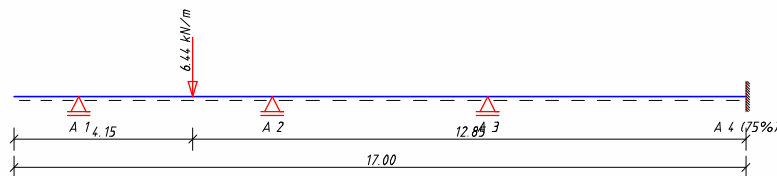
LF 2 Kategorien: Q, S+Q, A (Linieneinwirkungen)



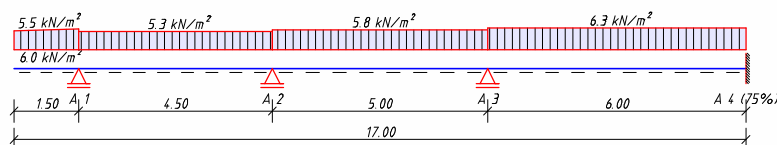
LF 2 Kategorien: Q, S+Q, A (Flächeneinwirkungen)



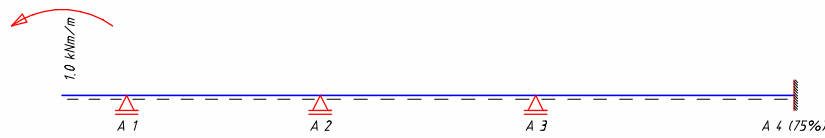
LF 3 Kategorien: G (Linieneinwirkungen)



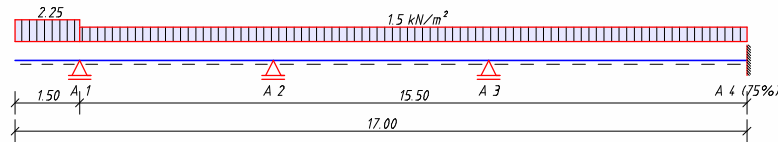
LF 3 Kategorien: G (Flächeneinwirkungen)



LF 3 Kategorien: Q,S+Q,A (Linienwirkungen)



LF 3 Kategorien: Q,S+Q,A (Flächeneinwirkungen)



EWG	Einwirkungsgruppe	ungünst. Lastst.
1	Hauptlasten	Ja
2	Punktlast in Feld 2	Ja
3	Linienlast in Feld 3	Ja

Das Bauteileigengewicht wird mit einer wichte von 25.0 kN/m³ berücksichtigt.
 Lasten: F = Linienlast, quer [kN/m], q = Flächenlast [kN/m²]

M = Linienmoment, quer [kNm/m]

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

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

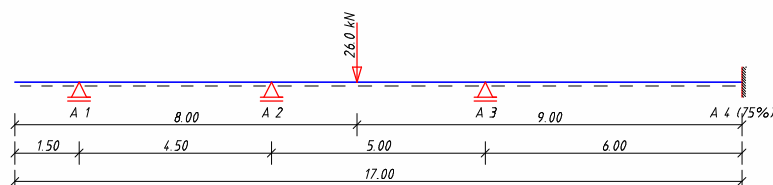
Einwirkung aus	Art, Last Kat.	EWG	- wert, k li.	- re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz G	1	4.00	4.50	0.00	1.50	-
Eigengewicht	qz G	1	4.00	4.00	1.50	4.50	-
Eigengewicht	qz G	1	4.50	4.50	6.00	5.00	-
Eigengewicht	qz G	1	5.00	5.00	11.00	6.00	-
Putz und Belag	qz G	1	1.30	1.30	1.50	15.50	-
Putz und Belag	qz G	1	1.50	1.50	0.00	1.50	-
Nutzlast wohnraum mit Quervert.	qz Q,A2	1	1.50	1.50	0.00	17.00	-
Schnee	qz Q,S1	1	0.75	0.75	0.00	1.50	-
Wand(0.115*16.0+0.50)*2.75*100%	Fz G	1	6.44	-	4.15	-	-
Gländerholm	My Q,A2	1	-1.00	-	0.00	-	-

1. Zusatzeinwirkung als Punktlast [kN] bei x = 8.000 m

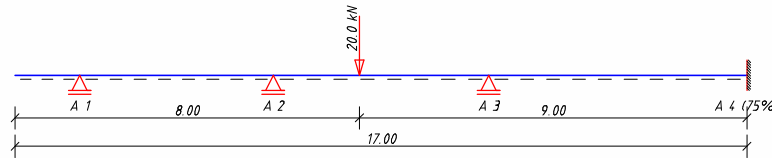
Platten-Dicke/-Deckschicht h/h1 = 18.0/ 5.0 cm, zuge. Feldlänge = 5.00 m
 Lastaufstandsweite bx/by = 14.0/ 14.0 cm, Randabstand ay = 1.00 m
 Lasteintragungsbreite tx/ty = 42.0/ 42.0 cm, max. b,eff = 5.00 m

Verteilungsbreiten nach Heft 240 für das Feldmoment: b,eff = 1.62 m
 für die Stützmomente: b,eff links/rechts = 2.01/ 2.26 m
 für die Querkräfte: b,eff links/rechts = 1.02/ 1.32 m

LF 2 Kategorien: G (Einzelnwirkungen)



LF 2 Kategorien: Q,S+Q,W (Einzeleinwirkungen)



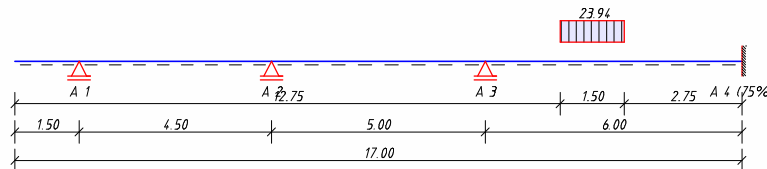
Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert,k	Alpha
Dach	G	2	26.00	-
	Q,S1	2	12.00	-
	Q,W	2	8.00	-

2. Zusatzeinwirkung als Linienlast [kN/m] bei x = 13.500 m

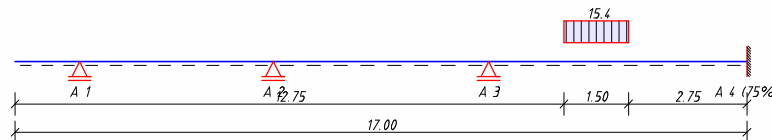
Platten-Dicke/-Deckschicht $h/h_1 = 20.0/ 0.0$ cm, zuge. Feldlänge = 6.00 m
 Lastaufstandsbreite $b_x/b_y = 150.0/ 24.0$ cm, Randabstand $a_y = -$ m
 Lasteintragungsbreite $t_x/t_y = 170.0/ 44.0$ cm, max. $b_{eff} = 5.00$ m

Verteilungsbreiten nach Heft 240 für das Feldmoment: $b_{eff} = 1.90$ m
 für die Stützmente: b_{eff} links/rechts = 2.42/ 2.92 m
 für die Querkräfte: b_{eff} links/rechts = 1.19/ 1.49 m

LF 3 Kategorien: G (Streckeneinwirkungen)



LF 3 Kategorien: Q,A (Streckeneinwirkungen)



Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert,k	Alpha
Wand(0.240*16.0+0.50)*2.75*100%	G	3	11.94	-
Pos.4 Auflager 3	G	3	12.00	-
	Q,A2	3	15.40	-

Kombinationsbeiwerte und Lastfälle:

Kategorie	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	-
Q,S1	Schnee-,Eislasten: Höhe <= NN +1000 m	0.50	0.20	-	1.50	-
Q,W	windlasten	0.60	0.50	-	1.50	-

Lastfall	Einwirkungsgruppen (EWG), Beschreibung
LF 1	1 Hauptlasten
LF 2	1,2 Hauptlasten + Punktlast in Feld 2

Lastfall Einwirkungsgruppen (EWG), Beschreibung
 LF 3 1,3
 Hauptlasten + Linienlast in Feld 3

Schnittgrößen:
Schnittgrößen ohne Umlagerung, ohne Heft240-Einwirkungen (DESIGN):

Stützmente:

Betonlager M_s', M_s'' = Anschnittmomente, Mwk-Lager M_s'' = reduziertes Moment

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]	$x_{0,li}$ [m]	$x_{0,re}$ [m]
1	-13.27	-11.37	-11.03	-6.38	-5.34	-4.79	-	0.98
2	-23.35	-	-21.72	-11.21	-	-10.35	1.05	1.76
3	-28.55	-	-26.75	-14.88	-	-13.89	1.95	1.23
4	-27.35	-	-	-	-	-	1.00	-

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	16.76	2.39	7.05	2.61	0.49	3.71	-	-
2	9.54	2.38	1.19	2.40	0.93	3.80	-	-
3	22.81	2.95	11.67	3.15	0.86	5.08	-	-

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	39.26	21.56	-	-	-15.86	23.39	-8.63	12.93
2	54.33	28.58	-	-	-29.22	25.11	-15.76	12.82
3	60.03	32.98	-	-	-27.27	32.76	-14.21	18.77
4	32.85	17.96	-	-	-32.85	-	-17.96	-

Schnittgrößen ohne Umlagerung, mit Heft240-Einwirkungen (DESIGN):

Stützmente:

Betonlager M_s', M_s'' = Anschnittmomente, Mwk-Lager M_s'' = reduziertes Moment

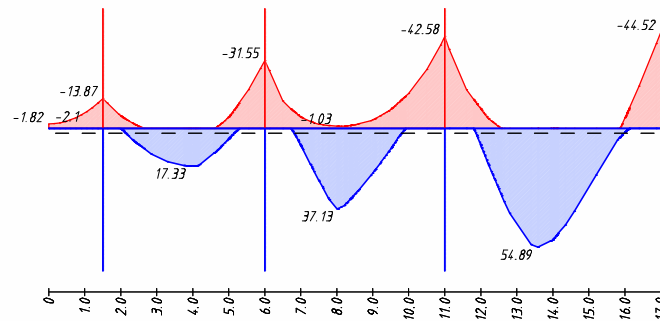
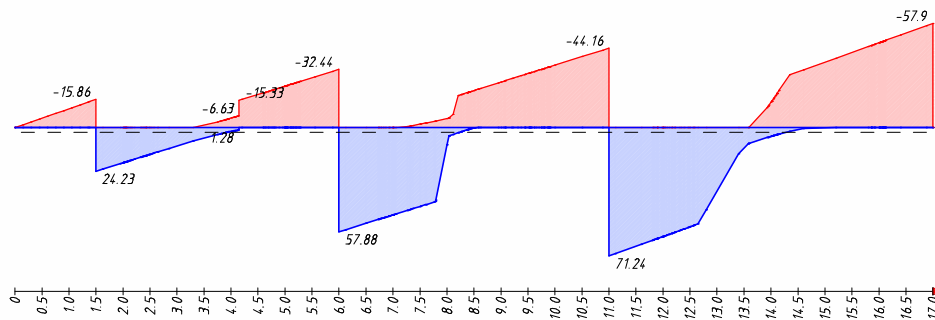
Stz. Nr.	min. M_s [kNm/m]	M_s' [kNm/m]	M_s'' [kNm/m]	max. M_s [kNm/m]	M_s' [kNm/m]	M_s'' [kNm/m]	$x_{0,li}$ [m]	$x_{0,re}$ [m]
1	-13.87	-11.97	-11.71	-6.38	-5.34	-4.77	-	1.14
2	-31.55	-	-28.94	-9.64	-	-8.99	1.40	-
3	-42.58	-	-39.41	-14.88	-	-13.89	-	1.56
4	-44.52	-	-	-	-	-	1.14	-

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	17.33	2.44	4.50	2.37	0.49	3.79	-	-
2	37.13	2.04	-1.72	1.50	0.73	3.91	-	-
3	54.89	2.59	10.39	3.11	0.80	5.13	-	-

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	40.10	18.22	-	-	-15.86	24.23	-8.63	9.60
2	89.36	21.72	-	-	-32.44	57.88	-14.97	6.75
3	105.59	32.98	-	-	-44.16	71.24	-14.21	18.77
4	57.90	14.68	-	-	-57.90	-	-14.68	-

Grenzmomente ohne Umlagerung
My,d: 1 cm = 35.0 kNm/m / System 1:210

Grenzkraft ohne Umlagerung
Vz,d: 1 cm = 42.0 kN/m / System 1:140

Baustoffe: Normalbeton C 25/30 **BSt 500S(A)+BSt 500M(A)**
Größtkorn des Zuschlags dg = 20.0 mm

Expositionsklassenauswahl				mit Betondeckung:		c.min	delta.c	gew.c
Ort	x1[m]	x2[m]	Expositionsklassen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
oben	0.00	1.50	XC4 XF1	25	15	40		
oben	1.50	17.00	XC1	10	10	20		
unten	0.00	1.50	XC4 XF1	25	15	40		
unten	1.50	17.00	XC1	10	10	20		

Feuchtekategorie: W0 nach Erhärtung weitgehend trocken

Erläuterungen: XC1 Trocken oder ständig nass

XC4 wechselnd nass und trocken

XF1 Mäßige wassersättigung ohne Taumittel

Biegebemessung: Hauptbewehrung (ohne Zusatzeinwirkungen nach Heft 240)

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+Q,i	-11.03	-	4.4	2.4	2.00	2.15	-
2	1 G,sup+Q,A2	-21.72	-	2.5	2.4	1.74	3.69	-
3	1 G,sup+Q,A2+Q,i	-26.75	-	2.5	2.4	1.90	3.95	-
4	1 G,sup+Q,A2	-27.36	-	2.5	2.4	1.90	3.55	-

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	2.39	16.76	-	2.4	2.4	1.57	-	2.80
2	1 G,sup+Q,A2+Q,i	2.38	9.54	-	2.4	2.3	1.72	-	1.36
3	1 G,sup+Q,A2	2.95	22.81	-	2.4	2.4	1.89	-	2.93

Bewehrung gewählt:

o = obere Bewehrung, u = untere Bewehrung

Stütze Nr. Ort		-----Längsbewehrung-----				-Querbewehrung-		
		erf.as [cm ² /m]	Baustahl n Matte	Baustahl n Matte	Ds/ a [mm/cm]	vorh.as [cm ² /m]	Ds/ a [mm/cm]	vorh.as [cm ² /m]
1	o	2.15	1 R257 A	- -	- / -	2.57	- / -	-
2	o	3.69	1 R424 A	- -	- / -	4.24	- / -	-
3	o	3.95	1 R424 A	- -	- / -	4.24	- / -	-
4	o	3.55	1 R424 A	- -	- / -	4.24	- / -	-

Feld Nr.Ort		---erf.as--- -----Längsbewehrung-----				vorh. ges.as [cm ² /m]	Querbew. Ds/ a [mm/cm]
		gesamt durch. [---cm ² /m---]	-----Baustahlmatten----- n Bez.	n Bez.	Ds/ a [mm/cm]		
1	u	2.80	1.57	1 R335 A	- -	3.35	- / -
2	u	1.72	1.72	1 R188 A	- -	1.88	- / -
3	u	2.93	1.89	1 R335 A	- -	3.35	- / -

Zulagebewehrung unter konzentrierten Zusatzeinwirkungen (Heft 240):

Erforderliche Gesamtbewehrung infolge Haupt-Ew. und jeweils einer Zusatz-Ew.

Ew. Ort	LF	Kombination	x [m]	Md [kNm/m]	d'o [cm]	d'u [cm]	aso [---cm ² /m---]	asu
1 Stütze 2	2	G,sup+Q,A2+Q,i	-	-29.0	3.0	2.9	5.31	-
1 Feld 2	2	G,sup+Q,S1+Q,i	2.04	37.09	2.9	2.8	-	5.76
1 Stütze 3	2	G,sup+Q,A2+Q,i	-	-35.1	3.0	2.9	5.51	-
2 Stütze 3	3	G,sup+Q,A2+Q,i	-	-39.4	3.0	2.9	6.26	-
2 Feld 3	3	G,sup+Q,A2	2.59	54.91	2.9	2.9	-	7.73
2 Stütze 4	3	G,sup+Q,A2	-	-44.5	3.0	2.9	6.15	-

Zulagen gewählt:

Ri = Richtung der Zulage:

x = Längsbewehrung, y = Querbewehrung

c = Verlegebreite der Bewehrung,

l = Länge der Querbew.(=b,eff+2*lb,net)

erf.As = (erf.as/m - erf.as,Hauptbew./m) * b,eff - Reserve,Hauptbew./m * c

Ew. Ort	Ri.	c [m]	l [m]	erf.As [cm ²]	Zulagen n [mm]	vorh.As [cm ²]	
1 Stütze 2	oben	x	1.01	-	2.70	4 Ds 10	3.14
1 Feld 2	unten	x	0.81	-	6.42	9 Ds 10	7.07
1 Feld 2	unten	y	0.81	2.22	3.29	7 Ds 8	3.52
1 Stütze 3	oben	x	1.13	-	3.36	5 Ds 10	3.93
2 Stütze 3	oben	x	1.21	-	5.41	7 Ds 10	5.50
2 Feld 3	unten	x	0.95	-	8.72	12 Ds 10	9.42
2 Feld 3	unten	y	1.70	2.48	4.55	10 Ds 8	5.03
2 Stütze 4	oben	x	1.46	-	6.58	9 Ds 10	7.07

Querkraftbemessung (ohne Heft240-Einwirkungen) für ungestaffelte Feldbew.:

Die Querkraftlinie wird gemäß DIN 1045-1, 13.2.3 (9) eingeschnitten.

Bereich [-]	Bem.-Sit. [-]	x [m]	cot Theta	VEd [kN/m]	VRd,max [kN/m]	VEd,red [kN/m]	VRd,ct [kN/m]	erf.asw,90 [cm ² /m]
Kr.li	T,P/T	0.00	3.00	0.0	286.9	0.0	79.2	0.00
		1.50	3.00	15.9	210.4	13.2	67.3	0.00
Feld 1	T,P/T	0.00	3.00	23.4	242.3	21.2	57.4	0.00
		4.50	3.00	29.2	302.8	26.8	66.8	0.00
Feld 2	T,P/T	0.00	3.00	25.1	366.6	22.3	76.7	0.00
		5.00	3.00	27.3	366.6	24.4	76.7	0.00
Feld 3	T,P/T	0.00	3.00	32.8	430.3	29.5	86.6	0.00

Bereich	Bem.-Sit.	x	cot	VEd	VRd,max	VEd,red	VRd,ct	erf.asw,90
[-]	[-]	[m]	Theta	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm ² /m]
		6.00	3.00	32.9	430.3	29.6	86.6	0.00

Querkraftbemessung mit Heft240-Einw. Nr. 1 (LF 2) für ungestaffelte Feldbew.

Die Querkraftlinie wird gemäß DIN 1045-1, 13.2.3 (9) eingeschnitten.

Bereich	Bem.-Sit.	x	cot	VEd	VRd,max	VEd,red	VRd,ct	erf.asw,90
[-]	[-]	[m]	Theta	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm ² /m]
Feld 2	T,P/T	0.00	3.00	57.9	359.8	55.3	75.7	0.00
		5.00	3.00	44.2	359.4	41.6	75.6	0.00

Querkraftbemessung mit Heft240-Einw. Nr. 2 (LF 3) für ungestaffelte Feldbew.

Die Querkraftlinie wird gemäß DIN 1045-1, 13.2.3 (9) eingeschnitten.

Bereich	Bem.-Sit.	x	cot	VEd	VRd,max	VEd,red	VRd,ct	erf.asw,90
[-]	[-]	[m]	Theta	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm ² /m]
Feld 3	T,P/T	0.00	3.00	71.2	422.1	68.1	85.3	0.00
		6.00	3.00	57.9	421.8	54.8	85.3	0.00

Durchstanznachweis:

für den kritischen Rundschnitt (Ew.1: LF 2, VEd= 60.3 kN), Beta = 1.05

$$r_{crit} = 22.4 \text{ cm (für 1.5d)} \quad u_{crit} = 196.4 \text{ cm} \quad A_{crit} = 3016.9 \text{ cm}^2$$

aufzunehmende Querkraft:

$$v_{Ed} = \text{Beta} * V_{Ed} / u_{crit} = 0.0322 \text{ MN/m} < v_{Rd,ct} = 0.0976 \text{ MN/m}$$

Es ist keine Durchstanzbewehrung erforderlich!

Durchstanznachweis:

für den kritischen Rundschnitt (Ew.2: LF 3, VEd= 83.1 kN), Beta = 1.05

$$r_{crit} = 25.1 \text{ cm (für 1.5d)} \quad u_{crit} = 301.4 \text{ cm} \quad A_{crit} = 9178.6 \text{ cm}^2$$

aufzunehmende Querkraft:

$$v_{Ed} = \text{Beta} * V_{Ed} / u_{crit} = 0.0290 \text{ MN/m} < v_{Rd,ct} = 0.1041 \text{ MN/m}$$

Es ist keine Durchstanzbewehrung erforderlich!

Gebrauchstauglichkeit

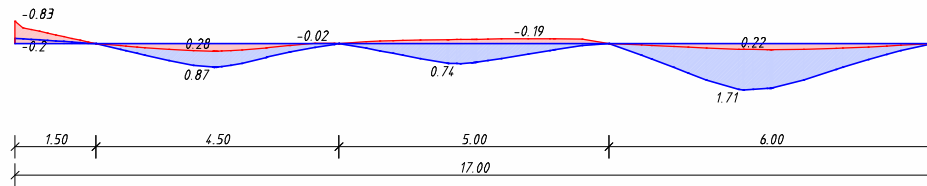
Begrenzung der Verformungen für die quasi-ständige Kombination

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

Ort	Msl	Mf	Msr	x	li	li/d	zul.li/d
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[m]	[m]	[-]	[-]
Kr.li.	-	-	-7.30	-	3.60	28.57	< 30.10 (1/250)*
Feld 1	-7.30	10.74	-18.68	2.47	3.13	23.01	< 30.10 (1/250)*
Feld 2	-18.68	16.77	-24.39	2.04	2.89	18.43	< 30.10 (1/250)*
Feld 3	-24.39	30.26	-25.54	2.59	4.21	23.91	< 29.57 (1/250)*

* = nach Krüger/Mertzsch, 'Beton- u. Stahlbetonbau' Heft 11/2002, kc = 0.963

Biegelinie im Zustand II
 Maßstäbe: 1 cm = 2.80 cm / System 1:140



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

Ort	Phi [-]	E, cds [o/oo]	Ort	Phi [-]	E, cds [o/oo]
Kr.li	2.788	-0.646	Feld 2	2.762	-0.646
Feld 1	2.816	-0.647	Feld 3	2.715	-0.644

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

Ort	l [m]	x [m]	fz [cm]	üz [cm]	vorh.fz' [cm]	zul.fz' [cm]
Kr.li	3.75	1.500	0.000	-	1/ - = 0.000	< 1.500 = 1/250
Kr.li	3.75	0.000	-0.834	-	1/ 450 = -0.834	< 1.500 = 1/250
Feld 1	4.50	2.189	0.865	-	1/ 520 = 0.865	< 1.800 = 1/250
Feld 2	5.00	2.248	0.736	-	1/ 679 = 0.736	< 2.000 = 1/250
Feld 2	5.00	3.904	-0.189	-	1/2644 = -0.189	< 2.000 = 1/250
Feld 3	6.00	2.489	1.713	-	1/ 350 = 1.713	< 2.400 = 1/250

Rissnachweis für die quasi-ständige Kombination

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort [m]	Md [kNm/m]	Nd [kN/m]	Dsm [mm]	min.As [cm ² /m]	vorh.As [cm ² /m]	vorh.wk [mm]	zul.wk [mm]
Feld 1 unten	3.94	10.37	0.0	8.0	-	3.35	0.17 < 0.40	
Feld 2 unten	8.41	4.51	0.0	6.0	-	1.88	0.06 < 0.40	
Feld 3 unten	13.99	13.90	0.0	8.0	-	3.35	0.18 < 0.40	
Feld 1 unten *	3.97	10.74	0.0	8.0	-	3.35	0.18 < 0.40	
Feld 2 unten *	8.41	4.51	0.0	6.0	-	1.88	0.06 < 0.40	
Feld 3 unten *	13.99	13.90	0.0	8.0	-	3.35	0.18 < 0.40	
Stütze 1 oben	1.50	-7.18	0.0	7.0	-	2.57	0.16 < 0.40	
Stütze 2 oben	6.00	-14.43	0.0	9.0	-	4.24	0.23 < 0.40	
Stütze 3 oben	11.00	-17.20	0.0	9.0	-	4.24	0.25 < 0.40	
Stütze 4 oben	17.00	-16.68	0.0	9.0	-	4.24	0.18 < 0.40	
Stütze 1 oben *	1.50	-7.30	0.0	7.0	-	2.57	0.17 < 0.40	
Stütze 2 oben *	6.00	-14.43	0.0	9.0	-	4.24	0.23 < 0.40	
Stütze 3 oben *	11.00	-17.20	0.0	9.0	-	4.24	0.25 < 0.40	
Stütze 4 oben *	17.00	-16.68	0.0	9.0	-	4.24	0.18 < 0.40	

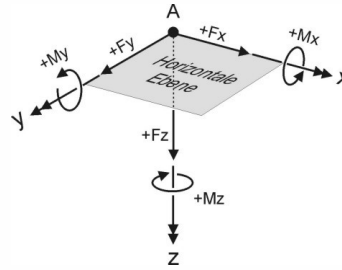
* = mit Ansatz der Heft240-Einwirkungen

Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

Die Kraftarttrichtungen 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	21.64	21.64	21.64	3.75
			Q,A2	5.66	6.01	-0.06	3.75
			Q,S1	1.37	1.37	0.00	3.75
			Summe,k	28.67	29.02	21.58	3.75
		2	G	19.75	19.75	19.75	3.75
			Q,A2	5.66	6.01	-0.06	3.75
			Q,S1	0.50	1.37	-0.87	3.75
			Q,W	-0.58	0.00	-0.58	3.75
		Summe,k	25.33	27.13	18.24	3.75	
		3	G	21.79	21.79	21.79	3.75
			Q,A2	5.81	6.44	0.00	3.75
			Q,S1	1.37	1.37	0.00	3.75
Summe,k	28.97		29.60	21.79	3.75		
2	qz	1	G	31.30	31.30	31.30	4.75
			Q,A2	6.76	8.05	-1.66	4.75
			Q,S1	-0.31	0.00	-0.31	4.75
			Summe,k	37.75	39.35	29.33	4.75
		2	G	48.18	48.18	48.18	4.75
			Q,A2	6.76	8.05	-1.66	4.75
			Q,S1	7.48	7.79	-0.31	4.75
			Q,W	5.20	5.20	0.00	4.75
		Summe,k	67.62	69.22	46.21	4.75	
		3	G	28.17	28.17	28.17	4.75
			Q,A2	4.63	7.57	-4.15	4.75
			Q,S1	-0.31	0.00	-0.31	4.75
Summe,k	32.49		35.74	23.71	4.75		
3	qz	1	G	33.94	33.94	33.94	5.50
			Q,A2	8.69	9.43	-0.64	5.50
			Q,S1	0.08	0.08	0.00	5.50
			Summe,k	42.71	43.45	33.30	5.50
		2	G	43.82	43.82	43.82	5.50
			Q,A2	8.69	9.43	-0.64	5.50
			Q,S1	4.64	4.64	0.00	5.50
			Q,W	3.04	3.04	0.00	5.50
		Summe,k	60.19	60.93	43.18	5.50	
		3	G	53.52	53.52	53.52	5.50
			Q,A2	21.37	22.18	-0.49	5.50
			Q,S1	0.08	0.08	0.00	5.50
Summe,k	74.97		75.78	53.03	5.50		
4	mx	1	G	15.36	15.36	15.36	3.00
			Q,A2	3.50	4.42	-0.95	3.00
			Q,S1	-0.03	-0.03	0.00	3.00
			Summe,k	18.83	19.75	14.41	3.00
	qz	1	G	18.83	18.83	18.83	3.00
			Q,A2	4.39	4.95	-0.58	3.00
			Q,S1	-0.02	0.00	-0.02	3.00
			Summe,k	23.20	23.78	18.23	3.00
	mx	2	G	14.59	14.59	14.59	3.00
			Q,A2	3.50	4.42	-0.95	3.00
			Q,S1	-0.38	-0.38	0.00	3.00
			Q,W	-0.24	-0.24	0.00	3.00

Lager	Kraft	LF	Kategorie	volllast	Maximal	Minimal	a
			Summe, k	17.47	18.39	13.64	3.00
	qz	2	G	17.06	17.06	17.06	3.00
			Q, A2	4.39	4.95	-0.58	3.00
			Q, S1	-0.83	0.00	-0.83	3.00
			Q, W	-0.55	0.00	-0.55	3.00
			Summe, k	20.07	22.01	15.10	3.00
	mx	3	G	22.79	22.79	22.79	3.00
			Q, A2	8.27	9.18	-0.96	3.00
			Q, S1	-0.03	-0.03	0.00	3.00
			Summe, k	31.03	31.94	21.83	3.00
	qz	3	G	29.68	29.68	29.68	3.00
			Q, A2	11.35	11.91	-0.61	3.00
			Q, S1	-0.02	0.00	-0.02	3.00
			Summe, k	41.01	41.59	29.05	3.00