

# Mauerwerksprogramme MW+

Dieses Handbuch informiert über die Arbeitsweise der MW+ Programme. Es beschränkt sich dabei generell auf die Beschreibung der Grundlagen und verfügbaren Funktionalitäten bei einem Nachweis nach EN 1996. Zu den ggf. abweichenden Hintergründen zum Nachweis nach DIN 1053-1 und DIN 1053-100 konsultieren Sie bitte die Vorgängerversion dieses Handbuchs, welches gegebenenfalls bei uns angefordert werden kann.

## Inhaltsverzeichnis

Anwendungsmöglichkeiten	3
Allgemeine Merkmale der MW+ Programme	3
Merkmale von MWX+/MWM+/MWK+	4
Merkmale von MWP+	5
Berechnungsgrundlagen	6
Allgemeines	6
Lastfälle zur Ermittlung der Schnittgrößen	7
Besondere Regelung nach DIN EN 1996 - quasi-ständige Einwirkungen	7
Vertikale veränderliche Einwirkungen	8
Horizontale veränderliche Einwirkungen	8
Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen	8
Lastfallkombinationen zur Ermittlung der Schnittgrößen	9
Berechnung der charakteristischen Werte der Stabschnittgrößen	10
Schnittgrößen infolge Nutzlasten auf Geschossdecken	12
Schnittgrößen infolge Einzellasten	14
Schnittgrößen infolge Teilstrecken- und Trapezlasten	15
Schnittgrößen infolge Aussteifungslasten (MWX+)	16
Rücksatzregel und Momentenumlagerung bei Horizontalbeanspruchung	17
Ermittlung der Bemessungswerte der Schnittgrößen	18
Einstellungen	19
Allgemeines	19
Allgemeine Parameter	21
Parameter für das vereinfachte Verfahren	24
Parameter für das genauere Verfahren	25
System	26
Wände	26
Geschossdecken	30
Gründung (MWM+, MWK+)	32
Lasten	33
Vertikale Wandlasten	33
Horizontale Wandlasten	37
Deckenlasten	38
Aussteifungslasten (MWX+)	42
Erddruck (MWM+)	43
Vereinfachtes Verfahren	43
Genaueres Verfahren	43

Erddruck (MWK+)	45
Bodenparameter	45
Bodenschichten	47
Wasser und Böschung (MWK+)	48
Lasten auf Gelände (MWK+)	49
Linien –oder Einzellast auf Geländeoberfläche (MWK+)	50
Nachweisführung	51
Nachweisstellen	51
Nachweise nach EN 1996-1-1	51
Bemessungssituationen und Lastkombinationen	54
Ausgabe	55
Allgemeines	55
System	55
Lasten	55
Ergebnisse	56
Ergebnisgrafiken	56
Verbundene Programme / Schnittstellen	57
Streifenfundament FDS+	57
Randstreifenfundament FDR+	57
SCIA Engineer Schnittstelle	58
Häufig gestellte Fragen	59

## Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

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

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

## FAQ - Frequently asked questions

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

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

## Anwendungsmöglichkeiten

### Allgemeine Merkmale der MW+ Programme

Die MW+ Programme sind allgemeine Programme zum Nachweis von Wänden und Pfeilern aus künstlichem Mauerwerk mit rechteckigen Querschnitten. Für die Nachweisführung stehen lizenzabhängig folgende Regelwerke zur Verfügung:

- DIN 1053-1:1996-11 (globales Sicherheitskonzept)
- DIN 1053-100:2007-09 (Teilsicherheitskonzept)
- EN 1996-1-1 und EN 1996-3  
in Verbindung mit den Nationalen Anhängen für
  - Deutschland
  - Österreich
  - Großbritannien
  - Tschechien
  - Niederland
  - Belgien
  - Polen
- Erdbebennachweise nach DIN 4149 bzw. EN 1998-1  
(Bestimmung zulässige Erdbebenzone)



Der Nachweis kann nach dem vereinfachten oder dem genaueren Berechnungsverfahren erfolgen. Bei Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens wird die Einhaltung der Anwendungsgrenzen geprüft. Sind diese nicht eingehalten, steht als Alternative stets das genauere Berechnungsverfahren zur Verfügung.

Alle Beanspruchungen werden über ihre charakteristischen Werte eingegeben und können zusätzlich über eine Zuordnung zu Alternativ- und Zusammengehörigkeitsgruppen konfiguriert werden.

Entsprechend der gewählten Einwirkungen werden automatisch die entsprechenden Lastfälle und Lastfallkombinationen gebildet und die notwendigen Nachweise geführt. Für jeden Einzelnachweis wird dabei jede theoretisch mögliche Lastfallkombination auf Maßgeblichkeit geprüft.

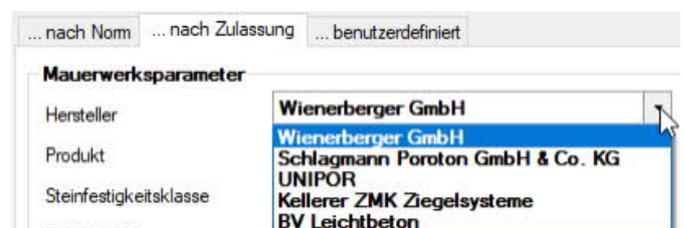
Sowohl die Berechnung als auch die Ausgabe von System-, Last- und Ergebniswerten kann durch umfangreiche Einstellungsmöglichkeiten detailliert gesteuert werden.

System- und Lasteingabe sind übrigens auch vollständig über die interaktive 3D-Grafik möglich.

### Weiter Leistungsmerkmale

#### Materialdatenbank

- Material nach gewählter Bemessungsnorm
- benutzerdefiniertes Material
- Materialdatenbank für Ziegelmauerwerk nach bauaufsichtlicher Zulassung durch das DIBt für die Bemessung nach DIN EN 1996 sowie für ÖNORM EN 1996
- Herstellerdatenbank für Mauerziegel:
  - Wienerberger
  - Schlagmann Poroton
  - UNIPOR
  - Kellere ZMK Ziegelsysteme
  - BV Leichtbeton



## Lastweiterleitung bzw. Systemübergabe an die FRILO-Fundamentprogramme

Je nach Programm:

- FD+ Einzelfundament
- FDS+ Streifenfundament
- FDR+ Randstreifenfundament
- MWX+ Mauerwerk Bemessung
- GEO Gebäudemodell  
Wandpositionen aus [GEO](#) können an MWX+ übergeben werden, so dass die Lasten darüberliegender Geschosse übernommen werden.
- SCIA Engineer Schnittstelle zur Bemessung in MWX – siehe auch [Workflowpaper](#)

## Merkmale von MWX+/MWM+/MWK+

Das Programm MWX+ dient zum Nachweis der Tragsicherheit von einzelnen Wänden. Der Übergang zum Gesamtsystem wird dabei über entsprechende Randbedingungen aus den anschließenden Bauteilen hergestellt (Biegesteifigkeiten von Wänden unter- und oberhalb der betrachteten Wand, wandabseitige Lagerungsbedingungen der Deckenplatten). Für die Berechnung können neben der Einzelwand die statischen Systeme von Unter-, Zwischen- und Obergeschosswänden gewählt werden.

Mit MWX+ können darüber hinaus aussteifende Wandscheiben unter Scheibenschubbeanspruchung nachgewiesen werden.

MWM+ ist ein Berechnungsprogramm zum Nachweis der Tragsicherheit von mehrgeschossigen Wänden. Die Berechnung schließt auch den Nachweis von Kellerwänden ein, ggf. mit Erddruckberechnung für Standardfälle.

Das Programm MWK+ führt den Tragsicherheitsnachweis für erddruckbelastete Kellerwände. Ein Hauptmerkmal des Programms ist die umfangreiche Erddruckermittlung auf die Kellerwand. Für die Berechnung können die statischen Systeme einer Einzelwand und einer Kellerwand mit einem darüber liegenden Geschoss gewählt werden. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die nachzuweisende Wand durch eine flächig aufgelagerte Massivdecke abgedeckt ist.

Geschossdecken können links und/oder rechts abliegend beliebig definiert werden. Die Eingabe von auskragenden Deckenplatten (Balkonplatten) ist ebenfalls möglich. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die nachzuweisende Wand durch eine flächig aufgelagerte Massivdecke abgedeckt ist. Alternativ kann ein Ringbalken zur Aussteifung definiert werden.

Die nachzuweisende Mauerwerkswand kann vertikal durch

- vertikale Wandlasten aus darüber liegenden Geschossen
- konzentrierten Einzellasten in beliebiger Wandhöhe
- Deckenlasten
- Linienlasten auf Decken

und horizontal durch

- Wandlasten senkrecht zur Wandebene
- Erddruck senkrecht zur Wandebene (MWM+/MWK+)
- Aussteifungslasten parallel zur Wandebene (MWX+)

beansprucht werden.

## Merkmale von MWP+

Das Programm MWP+ führt die Tragsicherheitsnachweise für Mauerwerkspfeiler, d.h. stabförmige Bauteile mit rechteckigem Querschnitt, die vorwiegend auf Druck unter planmäßig einachsiger oder zweiachsiger Biegung beansprucht werden.

Der Nachweis kann für planmäßig zentrisch beanspruchte Pfeiler nach dem vereinfachten, in anderen Fällen nach dem genaueren Berechnungsverfahren erfolgen. Die Nachweisführung erfolgt ggf. unter Berücksichtigung einer zweiachsigen Ausmitte.

Der Mauerwerkspfeiler kann als

- Kragstütze
- Pendelstütze
- eingespannte Stütze

berechnet werden. Die Lagerbedingungen werden dabei getrennt für die beiden Hauptachsen angegeben.

Der nachzuweisende Mauerwerkspfeiler kann durch

- zentrische oder exzentrische vertikale Einzellasten am Kopf
- und / oder durch
- horizontale Gleichlasten
  - horizontale Einzellasten
  - horizontale Trapezlasten

beansprucht werden.

# Berechnungsgrundlagen

## Allgemeines

Die Berechnungsgrundlage der MW+ Programme ist der Eurocode 6 in seinen Teilen EN 1996-1-1 und EN 1996-3. In der aktuellen Version sind die Nationalen Anhänge für Deutschland, Österreich, Großbritannien, Tschechien, Niederlande und Belgien implementiert. Die Verwendbarkeit der Nationalen Anhänge wird über die auf dem Installationsrechner vorhandene Programmlizenz gesteuert.

An dieser Stelle sei auf die hausinternen Fachdokumentationen zum Thema Mauerwerksbau hingewiesen, in denen die prinzipielle Nachweisführung im Mauerwerksbau und somit auch die bemessungstechnischen Grundlagen für das Programm MWX ausführlich dargestellt sind. In diesem Kapitel wird deshalb auf Fragen der Bemessung nicht weiter eingegangen. Vielmehr wird sich auf die Beschreibung der Vorgehensweisen zur Ermittlung der Bemessungswerte der Beanspruchungen konzentriert.

### Literaturhinweise

- [1] Wagner, Ingo; Hoffmann, Jens: Berechnung von Mauerwerk Vergleich DIN 1053-1/ DIN 1053-100, FRILO-Magazin 2008: Sonderheft Mauerwerk, Friedrich+Lochner GmbH, Stuttgart, 2008.
- [2] Wagner, Ingo; Hoffmann, Jens: Berechnung von Mauerwerk nach ÖNORM EN 1996, FRILO-Magazin 2010: Sonderheft Mauerwerk ÖNORM EN 1996, Friedrich+Lochner GmbH, Stuttgart, 2010.
- [3] Wagner, Ingo; Hoffmann, Jens: Berechnung von unbewehrten Mauerwerkspfeilern aus künstlichen Steinen nach DIN 1053 und EN 1996, FRILO-Magazin 2010, Friedrich+Lochner GmbH, Stuttgart, 2010.

## Lastfälle zur Ermittlung der Schnittgrößen

Unabhängig vom Berechnungsverfahren werden aus den vom Anwender eingegebenen Lasten Lastfälle gebildet. Es werden grundsätzlich Lastfälle getrennt für ständige und veränderliche Einwirkungen generiert.

Bei der Erstellung der Lastfälle wird zwischen vertikalen und horizontalen Einwirkungen unterschieden. Vertikale Einwirkungen beinhalten Strecken- und Einzellasten auf der nachzuweisenden Wand. Horizontale Einwirkungen werden in Platten- und Scheibenbeanspruchung eingeteilt. Die genaue Systematik kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Die dort aufgeführte Symbolik findet bei der Dokumentation der jeweils nachweismaßgebenden Lastfallkombinationen im Programmausdruck Verwendung.

lfd. Nr.	Name	Beschreibung
1	$G_v$	Eigengewichte aus Konstruktion und alle ständigen Anteile der vertikalen Wand- und Deckenlasten. Grundwert
2	$G_h$	ständige Anteile horizontaler Wandlasten, nur bei genaueren Berechnungsverfahren. Grundwert
3	$G_s$	ständige Anteile der Aussteifungslasten
4	$Q_G$	Die vom ihrem Betrag her halben veränderliche Anteile aller vertikalen Deckenlasten, die nach DIN EN 1996-1-1 wie ständige Einwirkungen behandelt werden dürfen.
5	$Q_v$	veränderlicher Anteil je einer vertikalen Last
6	$Q_h$	veränderlicher Anteil je einer horizontal wirkenden Last (Plattenbeanspruchung)
7	$Q_s$	veränderlicher Anteil je einer horizontale Aussteifungslast
8	$A_h$	außergewöhnlicher Anteil von horizontalen Wandlast
9	$A_s$	außergewöhnlicher Anteil von Aussteifungslasten

### Ständige Einwirkungen

Die ständigen Einwirkungen unterscheiden sich von der veränderlichen u.a. dadurch, dass diese auch dann in Rechnung zu stellen sind, wenn sie günstig wirken.

Die Lastfälle der ständigen Wirkungen werden dabei entweder mit ihrem unteren oder oberen Teilsicherheitsbeiwert angesetzt. Eine Kombination dieser beiden Werte innerhalb der ständigen Lastfälle findet ausschließlich zwischen vertikalen und horizontalen Lasten statt. So werden z.B. alle vertikalen ständigen Lasten stets mit dem gleichen Teilsicherheitsbeiwert beaufschlagt.

Bei Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens dürfen keine wesentlichen Horizontallasten (Plattenbeanspruchungen, Erddruck) vorhanden sein. Aus diesem Grund werden die  $G_h$ -Lastfälle nur bei Anwendung des genaueren Berechnungsverfahrens erstellt.

### Besondere Regelung nach DIN EN 1996 - quasi-ständige Einwirkungen

Veränderliche vertikale Nutzlasten auf den Geschossdecken dürfen die halben Werte der Nutzlasten auf den Deckenplatten entsprechend dem Nationalen Anhang zu DIN EN 1996-1-1 als ständig wirkend angenommen werden, um die Spreizung zwischen Knotenmomenten und Auflagerkräften (Lastausmitte) in realistischeren Grenzen zu halten. Diese Sonderbehandlung ist bei Anwendung des vereinfachten Verfahrens nicht notwendig, da hier der Nachweis der Standsicherheit über lastunabhängige Abminderungsfaktoren erfolgt und somit Ausmitten nicht explizit berechnet werden. Im Rahmen des vereinfachten Berechnungsverfahrens wird daher kein Lastfall  $Q_G$  gebildet.

Obwohl vertikale Wandlasten auch aus Deckenlasten resultieren können, betrifft diese Problematik im Programm nur die Geschossdeckenlasten. Vertikale Wandlasten werden dieser Regelung nicht unterworfen.

Der Grundtext von EN 1996 sieht vor, dass auf beiden Deckenseiten gleichzeitig von der Wirkung der Nutzlasten in ihrer vollen Höhe ausgegangen werden darf. Das Programmverhalten kann über eine Options

dahingehend modifiziert werden, dass diese Regelung übergangen wird und somit die Nutzlasten der beiden Deckenseiten untereinander vollständig durchkombiniert werden.

## Vertikale veränderliche Einwirkungen

Bei Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens wird genau ein Lastfall  $Q_v$  aus allen vertikalen Streckenlasten gebildet. Darüber hinaus wird für jede definierte Einzellast ein separater Lastfall  $Q_v$  angelegt, um bei gleichzeitiger Wirkung von Aussteifungslasten die maximale Exzentrizität in Wandlängsrichtung korrekt erfassen zu können.

Im Rahmen des genaueren Berechnungsverfahrens wird für jede veränderliche Last ein eigener Lastfall erstellt, in den die vertikalen Wandlasten jeweils mit ihren vollen und die vertikalen Deckenlasten entsprechend mit ihren halben Werten eingehen (nur DIN EN 1996).

## Horizontale veränderliche Einwirkungen

Die Lastfälle  $Q_h$  werden nur bei Anwendung des genaueren Berechnungsverfahrens generiert. Diese Lastfälle nehmen den veränderlichen Anteil je einer gewöhnlichen horizontalen Einwirkung auf. Außergewöhnliche horizontale Einwirkungen werden in je einen Lastfall  $A_H$  eingeordnet.

In Lastfälle  $Q_s$  werden veränderlichen Anteile jeder Aussteifungslast gruppiert, sofern diese einer gewöhnlichen Einwirkung entspringen, anderenfalls werden  $A_s$ -Lastfälle gebildet.

## Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen

Die programminterne Erstellung von Lastfällen kann für Aussteifungslasten in MWX+ und Horizontallasten in MWP+ vom Anwender über Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen gesteuert werden. Damit können vom Anwender Lastdefinitionen vorgenommen werden, die nicht den für die Lastfallkombinatorik notwendigen Lastfällen entsprechen.

Lasten, die einer Zusammengehörigkeitsgruppe zugeordnet sind, wirken stets gemeinsam und dürfen nicht aus unterschiedlichen Einwirkungen resultieren. Die veränderlichen Anteile solcher zusammengehörender Lasten werden in einem Lastfall eingeordnet.

Zusammengehörigkeitsgruppen können nur innerhalb einer Lastart definiert werden. Dies findet u.a. seine Begründung darin, dass die Schnittgrößen aus vertikalen und horizontalen Lasten an unterschiedlichen statischen Systemen berechnet und innerhalb der Bemessung (bspw. Momentenumlagerung) unterschiedlich behandelt werden. Würden vertikale und horizontale Lasten einer Zusammengehörigkeitsgruppe zugeordnet werden, müssten die Schnittgrößen für beide Lastarten auch an ein und demselben statischen System berechnet werden. Eine Momentenumlagerung wäre dann nicht mehr möglich, da ausschließlich die Momente aus Horizontallasten umgelagert werden dürfen.

Lasten, die einer Alternativgruppe zugeordnet sind, wirken grundsätzlich nicht gemeinsam. Einwirkungskombinationen, die Lastfälle gleicher Alternativgruppen aufweisen, werden aus der Nachweisführung ausgeschlossen. Alternativgruppen können über alle Lasten hinweg definiert werden.

Lasten, denen vom Anwender sowohl eine gleiche Zusammengehörigkeits- als auch eine gleiche Alternativgruppe zugeordnet wurden, werden wie zusammengehörige Lasten behandelt. Zusammengehörigkeitsgruppen haben praktisch eine Vorrangschaltung. Lasten, die durch eine gleiche Zusammengehörigkeitsgruppe einem Lastfall zugeordnet wurden, können zusätzlich einer Alternativgruppe zugewiesen werden. Dies hat zur Folge, dass sich die so definierten Lastfälle untereinander ausschließen. Die Kombination von Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen ermöglicht so die Formulierung komplexer Belastungssituationen. Diese Möglichkeiten sind insbesondere dann zu nutzen, wenn bspw. Windbelastungen aus verschiedenen Richtungen zu untersuchen sind oder Lasten aus ein und derselben Einwirkung resultieren.

### Beispiel für die Wirkungsweise von Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen

Das folgende Beispiel soll die Wirkungsweise der Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen verdeutlichen:

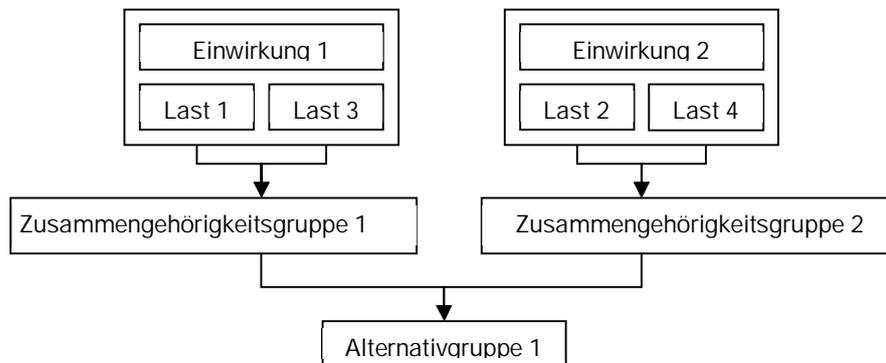


Abbildung 1: Wirkungsweise von Zusammengehörigkeits- und Alternativgruppen

Last 1 ist eine Horizontallast in x-Richtung und Last 2 wirkt entgegengesetzt. Die Lasten 3 und 4 stellen die gleiche Situation dar, jedoch in y-Richtung. Beide Richtungen sollen gleichzeitig wirken. Die entgegengesetzten Richtungen sind nicht gemeinsam anzusetzen. Demzufolge soll Last 1 und 3 sowie Last 2 und 4 stets gemeinsam wirken, wobei sich Last 1 und 2 sowie Last 3 und 4 gegeneinander ausschließen. Dies bewirkt, dass zwei Lastfälle, der eine mit Last 1 und 3 und der andere mit Last 2 und 4, gebildet werden. Beide Lastfälle wirken jedoch alternativ.

## Lastfallkombinationen zur Ermittlung der Schnittgrößen

Im Mauerwerksbau sind unter Berücksichtigung aller möglichen Systemdefinitionen und Einwirkungen eine bestimmte Anzahl von Nachweisen zu führen. Für jeden dieser Nachweise existiert genau eine maßgebende Lastfallkombination. Dabei ist bei Bemessung nach dem teilsicherheitskonzept die gewöhnliche (ständige und vorübergehende) und die außergewöhnliche Bemessungssituation zu unterscheiden. Eine Übersicht über die Zuordnung der Lastfallkombinationen zu den entsprechenden Nachweisen enthält die nachfolgende Tabelle.

Nachweis	Bemessungssituation	Beschreibung
Druck	Ed <sup>1)</sup> EdA <sup>2)</sup>	Nachweis bei Druckbeanspruchung
Plattenschub	Ed EdA	Nachweis bei Plattenschub
Scheibenschub	Ed EdA	Nachweis bei Scheibenschub
Randdehnung	Ed	Randdehnungsnachweis bei Scheibenschub. Nur bei Bemessung nach DIN EN 1996.
Klaffende Fuge	Ed EdA	Begrenzung der klaffenden Fuge in Wanddickenrichtung (Plattenbeanspruchung) und Wandscheibenrichtung (Aussteifungslasten). Nur bei Bemessung nach DIN EN 1996.

<sup>1)</sup> ständige und vorübergehende Bemessungssituation

<sup>2)</sup> außergewöhnliche Bemessungssituation

## Berechnung der charakteristischen Werte der Stabschnittgrößen

Die charakteristischen Werte der Schnittgrößen werden für jeden Lastfall getrennt berechnet. Hierfür werden entsprechend der zu ermittelnden Schnittkräfte unterschiedliche statische Systeme zugrunde gelegt. Generell erfolgt die Schnittgrößenermittlung an einem ebenen Ersatzsystem (linear elastische Stabtheorie).

### Besonderheiten im Mauerwerksbau

Die Bemessung von Bauteilen aus Mauerwerk ist durch einige Besonderheiten gekennzeichnet. Eine dieser Besonderheiten ist die Herangehensweise bei der Ermittlung der Beanspruchungen.

Während beim vereinfachten Berechnungsverfahren infolge vertikaler Lasten nur Wandnormalkräfte am gelenkig gelagerten Stab berechnet werden müssen, sind beim genaueren Berechnungsverfahren Rahmensystem zu definieren, anhand derer der traglastmindernde Einfluss der Deckenendverdrehung über dem Wandaufleger abgeschätzt wird. Schnittgrößen aus Horizontallasten dürfen wiederum am gelenkig gelagerten Stab berechnet werden, wobei unter Einbehaltung des Gleichgewichts eine Umlagerung des Wandmoments in die Kopf- und Fußmomente bei Berücksichtigung gerissener Querschnitte bis zur Volleinspannung erfolgen darf. (Hintergrund dieser Regelung ist die Modellannahme, dass die vorausgesetzten Massivdecken wesentlich Biegesteifer als die Wände selbst sind und somit die Wände in den einzelnen Stockwerken bezüglich der Auswirkungen von Horizontallasten weitgehend entkoppeln).

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass die Schnittgrößen infolge Deckenendverdrehung und Plattenbeanspruchung (Horizontalbelastung) an unterschiedlichen statischen Systemen zu berechnen sind. Auf diese wird im Folgenden eingegangen.

### Statische Systeme für den genaueren Nachweis

Die Normalkräfte werden an einem gelenkig gelagerten Stab ermittelt. Die Durchlaufwirkung von Geschossdecken kann über die Durchlaufkoeffizienten, die Abbildung der Decke als Zweifeldträger oder die Vorgabe von Deckenauflegerkräften (z.B. aus FE-Bemessung der Deckenplatten) berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Momente in den Wand-Decken-Knoten erfolgt an Stabersatzsystemen. Der Übergang zum Gesamtsystem erfolgt durch Annahme, dass die ggf. oberhalb und/oder unterhalb angeordneten Wände an den jeweils abseitigen Enden voll eingespannt sind. Um einen realistischen Schnittkraftverlauf über die Wandhöhe abzubilden ist es von großer Bedeutung auch die zutreffende Einbaulage (Ober-, Unter- oder Zwischengeschoss) im Programm auszuwählen.

Insgesamt werden bei Anwendung des genaueren Berechnungsverfahrens bis zu drei statische Systeme generiert, an denen anschließend für jeden Lastfall getrennt die Schnittgrößen ermittelt werden (linear elastisch, Theorie 1. Ordnung, keine Schubverformungen).

System	Beschreibung	Systemskizze (am Beispiel einer Zwischengeschosswand)
System I <sup>1)</sup>	<p><i>Berechnung der Fuß- und Kopfmomente infolge Deckenauflagerverdrehung</i></p> <p>Wände und Decken sind biegesteif miteinander verbunden. Darüber- und darunter liegende Wände an ihren Enden volleingespannt angenommen. Die abliegenden Deckenseiten werden entsprechend den benutzerdefinierten Lagerbedingungen gelenkig gelagert, eingespannt oder frei auskragend angenommen.</p>	
System II	<p><i>Berechnung der Wandnormalkräfte sowie der Biegemomente und Querkräfte infolge horizontaler Wandlasten (Plattenbeanspruchung)</i></p> <p>Wände und Decken werden gelenkig miteinander verbunden. Darüber- und darunter liegende Wände an ihren Enden gelenkig angenommen. Die abliegenden Deckenseiten werden gelenkig gelagert. Normalkräfte werden entsprechend der Nutzervorgaben modifiziert (Durchlaufaktor oder vorgegebene Auflagerkräfte). Die an diesem System ermittelten Wandmomente entsprechen den nicht umgelagerten Werten.</p>	
System III	<p><i>Berechnung der Volleinspannmomente infolge horizontaler Wandlasten (Plattenbeanspruchung)</i></p> <p>Alle Knoten, an denen Deckenplatten einbinden, werden eingespannt. Somit entsteht ein beidseitig eingespannter Stab. Als Ergebnis der Berechnung an diesem System werden die Volleinspannmomente, d.h. die max. umlagerbaren Momente am Wandfuß und am Wandkopf, bestimmt.</p> <p>Bei Ringbalken ergeben sich die max. umlagerbaren Momente aus der elastischen Einspannung durch die anschließenden Wände. (Entspricht Durchlaufwirkung über den Ringbalken als gelenkiges Widerlager.)</p>	
1)	<p>Zusätzlich erfolgt eine Reduktion der Biegemomente und Querkräfte infolge Deckenendverdrehung mit dem Faktor <math>k_m</math> entsprechend Gleichung (C.2) aus EN 1996-1-1, Anhang C.</p>	

## Statische Systeme für den vereinfachten Nachweis

Bei Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens sind am Stabsystem lediglich Normalkräfte zu berechnen. Daher beschränkt sich die Schnittgrößenermittlung auf die Betrachtung des oben definierten Systems II.

## Schnittgrößen infolge Nutzlasten auf Geschossdecken

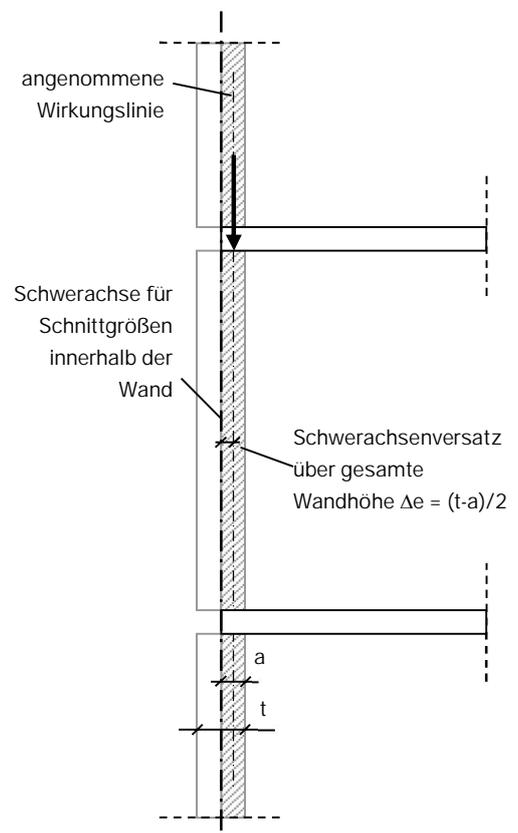
Bei Anwendung des genaueren Verfahrens sind die Biegemomente infolge vertikaler Nutzlasten auf den Geschossdecken zu ermitteln. Dies erfolgt wie oben erläutert am System I. Die Ergebnisse dieser Berechnung liegen auf der sicheren Seite, da durch die lineare Schnittgrößenermittlung am Wand-Decken-Knoten das Aufreißen der Querschnitte und der damit einhergehenden Steifigkeitsverlust nicht erfasst werden kann. Die Biegemomente dürfen daher entsprechend EN 1990-1-1, Anhang C, reduziert werden. Die dort angegebene Formel wurde empirisch abgeleitet und ist auf Abminderungsgrade im Bereich von 50 - 100% begrenzt.

### Schnittgrößenermittlung bei teilaufliegenden Deckenplatten

Im Gegensatz zu allen Vorgängernormen schreibt DIN EN 1996-1-1 die Berücksichtigung von nicht über die gesamte Wanddicke aufgelagerten Deckenplatten (teilaufgelagerte Deckenplatten) schon bei der Schnittkraftermittlung vor. Im Rahmen der Schnittgrößenermittlung an ebenen Rahmensystemen ist dieser Einfluss jedoch nicht exakt abbildbar. Die Frilo-Mauerwerksprogramme implementieren daher die in DIN EN 1996-1-1, Anhang C, vorgeschlagene vereinfachte Vorgehensweise. Dabei wird die Schnittgrößenermittlung mit einer rechnerischen Wanddicke durchgeführt, die der Deckenauflagertiefe entspricht (bzw. dem Mittelwert bei abweichenden Auflagertiefen an Wandkopf und Wandfuß). Die Tragfähigkeitsnachweise werden anschließend an Wandkopf und Wandfuß wiederum für Deckenauflagertiefe als rechnerische Wanddicke geführt. An sämtlichen Nachweisstellen innerhalb der Wandhöhe erfolgt der Nachweis mit den tatsächlich vorhandenen Wanddicken, jedoch unter Hinzunahme einer Versatzausmitte, die sich aus dem Abstand der Wandmittelebene zur Mittellinie der Auflagertiefe ermittelt.

Abbildung 2: Modell zur Berücksichtigung teilaufliegender Deckenplatten nach DIN EN 1996-1-1, informativer Anhang C

Dieser Ansatz liefert i.d.R. konservative Nachweisergebnisse, nicht zuletzt weil dabei die zumeist günstige Wirkung von eventuell vorhandenen Vormauersteinen keine Beachtung findet. Vorsicht ist jedoch bei gleichzeitigem Vorhandensein von Windlasten senkrecht zu Wandebene geboten. Die Tragfähigkeit gegenüber Windsog kann hier aufgrund der generell zur Wandinnenseite versetzt angenommenen Wirkungslinie der Vertikallasten und gleichzeitig richtungsabhängig begrenzten Einspannmomente wesentlich geringer sein, als gegenüber Winddruck (vgl. Anschauungsmodell Druckbogen in Abbildung 3). Es empfiehlt sich daher stets beide Fälle zu untersuchen.



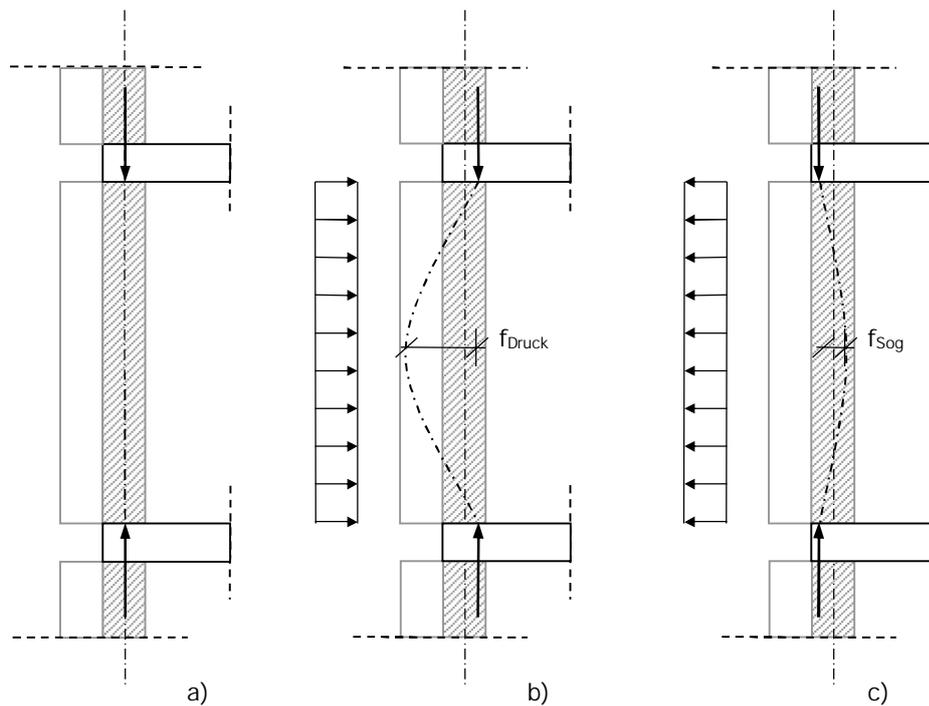


Abbildung 3: Unterschiedliche Horizontallasttragfähigkeit bei Druck und Sog. a) Ausgangszustand (Deckenendverdrehung vernachlässigt), max. möglicher Stich für Druckbogen bei Winddruck (b) und Windsog (c)

Beim Nachweis nach DIN EN 1996-3 (vereinfachtes Nachweisverfahren) entfällt jegliche Momentenbetrachtung. Der Einfluss teilaufliegender Deckenplatte ist vollständig über die im Nationalen Anhang modifizierten Gleichungen für die Abminderungsfaktoren der Wandtragfähigkeit an Wandkopf und Wandfuß sowie bei Knickgefahr abgedeckt. Für die Normalkrafttragfähigkeit an Wandkopf- und fuß wird je nach gewähltem Berechnungsparameter „Nachweisstellen“ die tatsächliche oder die kleinste Deckenaufлагertiefe am Wandkopf bzw. die Wandaufstandstiefe am Wandfuß angesetzt. Der Knicknachweis in halber Wandhöhe wird stets mit dem Mittelwert geführt.

#### Schnittgrößenermittlung bei Vorgabe von Zentrierleisten oder Weichstreifeneinlagen

Für den Fall, dass am Wandkopf Zentrierleisten vorgegeben wurden sind, wird in der oben erläuterten Systematik in System II (Momente infolge Deckenendverdrehung) und System III (Volleinspannmomente infolge Horizontalbeanspruchungen) am oberen Ende des Stabes ein Momentengelenk angeordnet. Auf diese Weise wird eine exakt zentrische Wirkung der Vertikallasten an der Zentrierleiste erzwungen.

Bei definierten Weichstreifeneinlagen wird hingegen analog der Vorgehensweise bei teilaufgelagerten Deckenplatten vorgegangen, d.h. die Schnittgrößenermittlung erfolgt mit einer rechnerischen Wanddicke, die der Wanddicke abzüglich der Weichstreifenbreiten entspricht. Außerdem wird in analoger Weise der Schwerachsenversatz zwischen Wandmittelebene und Mittellinie der resultierenden Auflagerfläche berücksichtigt.

*Hinweis: Weichstreifeneinlagen werden erst ab einer späteren Programmversion zur Auswahl stehen.*

## Schnittgrößen infolge Einzellasten

Das Programm setzt bei der Verteilung der Last standardmäßig einen Winkel von  $60^\circ$  an. Abweichend von der Literatur (vgl. auch [4]) kann aber ein Lastausbreitungswinkel definiert werden, der sich im Bereich  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  bewegen kann. Dabei entspricht  $\alpha = 90^\circ$  dem Fall, dass keine Lastausbreitung angenommen wird (z.B. für Mauerwerk ohne ausreichende Querkzugfestigkeit entsprechend abZ oder ETA.)

Aus den Einzellasten resultieren ausschließlich Wandnormalkräfte. Eventuelle Ausmitten von Einzellasten können nicht berücksichtigt werden.

Ist eine Wand mit Einzellasten beansprucht, dann werden die Schnitte in allen Stützstellen entlang der Wandlängsachse berechnet. Die Stützstellen sind in diesem Fall die Schnittpunkte der linken und rechten Schenkel der Lastverteilungsdreiecke mit den jeweiligen Höhenlinien. Die Höhenlinien liegen am Wandkopf, Wandmitte, am Wandfuß sowie ggf. an der Stelle des maximalen Biegemomentes.

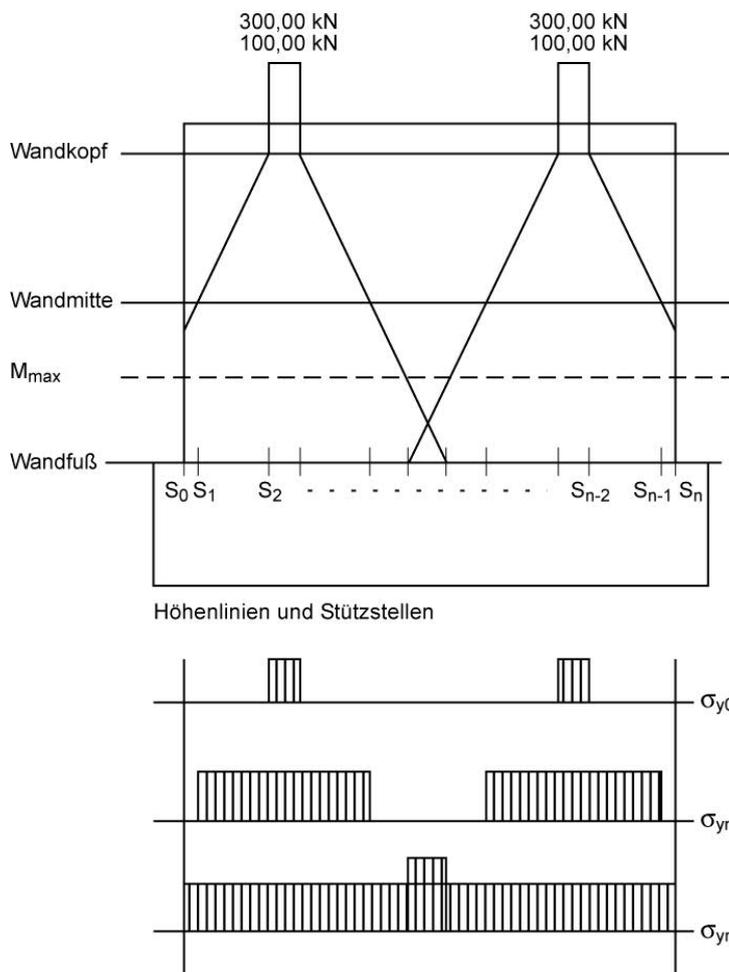


Abbildung 4: Form der angenommenen Lastausbreitung und Nachweisschnitte in Wandlängsrichtung

## Schnittgrößen infolge Teilstrecken- und Trapezlasten

Die Ausbreitung von Vertikallasten über die Wandhöhe wird analog zur Lastausbreitung bei Einzellasten entsprechend der folgenden Tabelle verfolgt.

Lastart	Ausbreitung	Erläuterung
Gleichlast	nein	Gleichlasten wirken über die gesamte Länge einer Wand. Eine Lastausbreitung ist nicht möglich.
Einzellast	ja	Dient zur Abbildung von Auflagerlasten aus vergleichsweise steifen Unterzügen, so dass für den Nachweis von einer gleichmäßigen Auflagerpressung in der Auflagerfläche ausgegangen werden kann. Unter Einzellasten wird der gewöhnliche Nachweis der Druckbeanspruchung am Wandkopf durch den Lasteinleitungsnachweis (Nachweis der Teilflächenpressung) ersetzt.
Teilstreckenlast	ja	Dient zur Abbildung begrenzter Wandaufasten, die im Zusammenspiel mit der Deckenverdrehung betrachtet werden müssen. Unter Teilstreckenlasten erfolgt der gewöhnliche Nachweis der Druckbeanspruchung und kein Nachweis der Lasteinleitung.
Trapezlast	nein	Dient zur Abbildung veränderlicher Wandaufasten über die Wandlänge, z.B. für Auflagerreaktionen von Deckenlasten aus FE-Berechnungen (vorrangig für das vereinfachte Nachweisverfahren). Eine Berücksichtigung der Lastausbreitung würde aufgrund der Problematik der Überschneidung von Lastausbreitungsbereichen bei Lastzügen aus Trapezlasten zu unsinnigen Wandnormalkraftverläufen führen.

Ist eine Wand mit Teilstrecken- oder Trapezlasten beansprucht, dann werden die Nachweise an einer Anzahl von Vertikalschnitten entlang der Wandlängsachse berechnet. Die Stützstellen liegen in diesem Fall in der Mitte (bzw. bei Trapezlasten am Rand) der sich aus den Schnittpunkten mit jeder Höhenlinie ergebenden Segmente der bezogenen Wandnormalkraft (siehe Abbildung 5). Programmintern wird unter Berücksichtigung der definierten Horizontallasten mit mindestens 14 Höhenschnitten gerechnet.

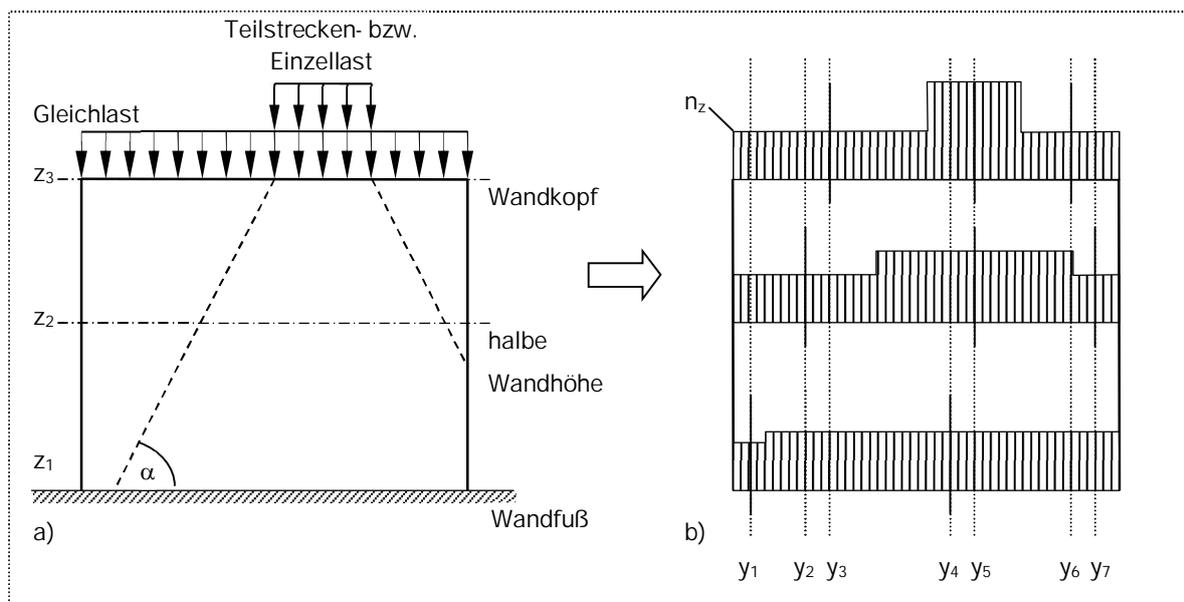


Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung zur Lage der untersuchten Vertikalschnitte mit nur 3 Höhenschnitten. a) Belastungssituation und Höhenschnitte, b) Normalkraftverteilung in den Höhenschnitten und Lage der Vertikalschnitte

## Schnittgrößen infolge Aussteifungslasten (MWX+)

Beanspruchungen aus Gebäudeaussteifung (Scheibenschub) werden im Programm MWX+ stets als Schnittkraftsatz (Normalkraft, Querkraft in Scheibenrichtung, Biegemoment um die starke Achse der Wand) am Wandkopf eingegeben. Der weitere Verlauf dieser Schnittgrößen innerhalb der Geschosshöhe wird anhand des einfachen statischen Modells eines Kragarmes bestimmt. Somit hat der Anwender die größtmögliche Flexibilität bei der globalen Berechnung des Aussteifungskerns (z.B. mit Einspannwirkung der Deckenplatten). Die einzugebenden Schnittkräfte entsprechen demnach einfach den Schnittkräften am der Aussteifungswand auf Höhe der Wandoberkante. Prinzipiell dient die vorgebbare Normalkraft der Berücksichtigung von Aussteifungswänden, deren Achse nicht mit der Schwerelinie des Aussteifungskerns übereinstimmt. Das globale Aussteifungsmoment (bezogen auf den kompletten Kern) trägt sich dabei über Kräftepaare (oder allgemeiner über Kräftegruppen) ab, die je nach Wirkungsrichtung der Aussteifungslast für die einzelne Wand bezüglich der Schubtragfähigkeit günstig (=normalkrafterhöhend) oder ungünstig (=abhebend) wirken kann.

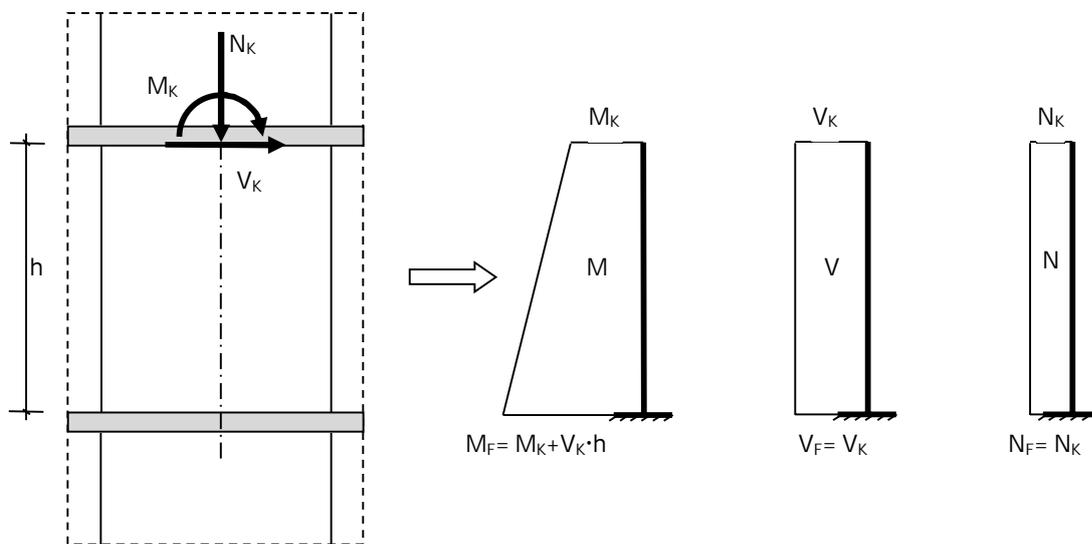


Abbildung 6 Schnittkraftverlauf über die Wandhöhe für Scheibenschubnachweis infolge vorgegebener Schnittkräfte am Wandkopf (Modell Kragarm)

## Rücksatzregel und Momentenumlagerung bei Horizontalbeanspruchung

Von großer Bedeutung im genaueren Nachweisverfahren ist die unter dem Namen „Rücksatzregel“ bekannte Berücksichtigung des tatsächlich nichtlinearen Tragverhaltens, dass Lastausmitten infolge der Knotenmomente ab einem Wert von  $e > 0,333 \cdot t$  (siehe DIN EN 1996-1-1, Anhang C) begrenzt werden dürfen. Ab etwa diesem Grenzwert kann nicht mehr von einer starren Verbindung zwischen Wand und Decke ausgegangen werden, sondern das Verhalten nähert sich dem an einem Gelenk. Diese Begrenzung ist mechanisch zulässig, da die Knotenmomente Zwangsbeanspruchungen darstellen und nicht zum Lastabtrag herangezogen werden. Gleichzeitig kommt es noch zu einem Selbstzentrierungseffekt, der ebenfalls im Wortlaut des Normtextes verankert ist. Dieser Sachverhalt ist ausreichend durch Experiment und Numerik belegt.

Der in DIN 1053 enthaltene Hinweis, dass Wandmomente infolge dieser Lasten an einem Ersatzstab bestimmt werden dürfen, dessen Einspanngrad an den Enden unter Einhaltung des Gleichgewichts beliebig gewählt werden kann (DIN 1053-100, Abschn. 9.2.5), trägt ebenfalls dem nichtlinearen Tragverhalten am Wand-Decken-Knoten Rechnung.

Da diese Vorgehensweise auf dem tatsächlichen Tragverhalten der Wand beruht, ist sie aber auch im Rahmen des Nachweises nach DIN EN 1996-1-1 anwendbar. Die praktische Anwendung erfolgt dabei in den folgenden Schritten, siehe auch nachfolgendes Bild:

1. Bestimmung der Knotenmomente an beiden Wand-Decken-Knoten der Wand, ggf. mit Anwendung der Rücksatzregel
2. Ermittlung der Volleinspannmomente infolge Horizontallast
3. ggf. Reduzierung der Volleinspannmomente, so dass die Überlagerung mit den Momenten am Wand-Decken-Knoten zu Lastausmitten führt, die nicht größer als der durch die Rücksatzregel vorgegebene Grenzwert ist; gleichzeitig Anpassung des Momentenverlaufs unter Beibehaltung des Gleichgewichts (Feldmoment)
4. Überlagerung der Momentenverläufe aus beiden Anteilen

Der so ermittelte Momentenverlauf entspricht dem Grundgedanken der Gelenkbildung mit zunehmender Lastausmitte am Wand-Decken-Knoten. Als Grenzfall enthält dieser Ansatz unter Vernachlässigung der Deckenendverdrehung auch das unter dem Namen „Bogenmodell“ bekannte vereinfachte Nachweisverfahren für Kellerwände. Dazu angemerkt sei, dass seit dem Übergang auf das Teilsicherheitskonzept größere Lastausmitten ( $e=0,45 \cdot t$ ) an den Wandenden zugelassen werden müssen, um der durch das Sicherheitskonzept bedingten größeren Spreizung zwischen ungünstig wirkender Horizontallast und günstig wirkender Wandauflast Rechnung zu tragen.

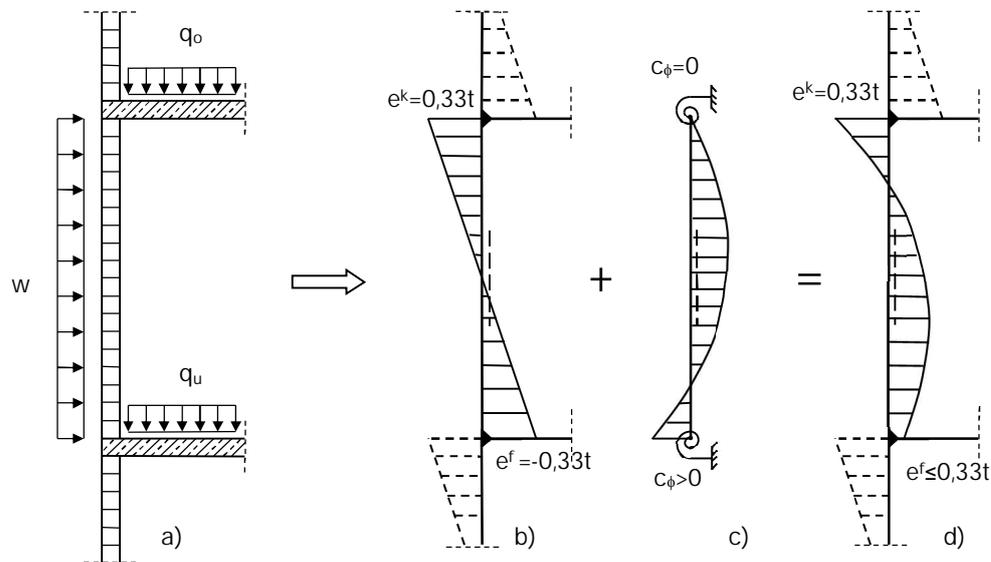


Abb.: Beispiel für Bestimmung der Wandmomente infolge Deckenendverdrehung und Horizontallast. a) System und Belastung, b) beispielhafter Momentenverlauf infolge Deckenendverdrehung, c) verträgliches Ersatzsystem für Horizontallasten, d) überlagerter Momentenverlauf für Wandnachweis

Beim Nachweis von Mauerwerkpfiler mit MWP+ wird aufgrund der angenommenen Zweiachsigkeit analog mit einer kombinierten Ausmitte

$$e = \sqrt{\left(\frac{e_y}{t_y}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{t_z}\right)^2}$$

verfahren.

## Ermittlung der Bemessungswerte der Schnittgrößen

Für alle intern angelegten Lastfälle liegen die Stabschnittgrößen für das berechnete Gesamtsystem als charakteristische Werte vor. Sie werden unter Beachtung der Regelungen von EN 1990 in Verbindung mit den zugehörigen Nationalen Anhängen zu Bemessungswerten der Stabschnittgrößen kombiniert. Sonderfälle wie „maximaler Biegebeanspruchung bei minimaler Auflast ( $1,5 \cdot M_k \oplus 1,0 \cdot N_k$ )“ sind damit automatisch eingeschlossen.

Im weiteren Verlauf wird intern jede theoretisch mögliche Lastfallkombination nachgewiesen. Ausgegeben werden abschließend jedoch nur die Kombinationen, die für jeweils einen Nachweis maßgebend geworden sind.

Innerhalb der Nachweisführung findet anschließend die Überlagerung der Stabschnittgrößen mit den bezogenen Schnittgrößen infolge Lastausbreitung unter Einzellasten sowie die Bestimmung der max. bezogenen Normalkraft unter Berücksichtigung der Exzentrizität in Wandlängsrichtung und klaffender Fugen statt, auf Grundlage derer dann die Nachweise geführt werden.

# Einstellungen

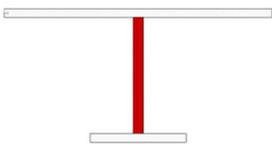
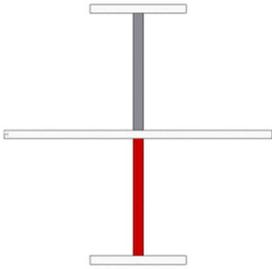
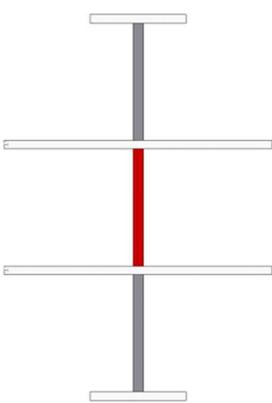
## Allgemeines

### Wandsystem (MWX+, MWK+)

Definiert das der Berechnung zugrunde liegende statische System der nachzuweisenden Mauerwerkswand entsprechend der folgenden Zusammenstellung. Die Realitätsnähe der Nachweisführung wird in wesentlichem Maße von der Wahl des zutreffenden statischen Systems beeinflusst. Einerseits beeinflusst auch die Durchbiegung der Deckenplatten direkt unterhalb der nachzuweisenden Wand den Momentenverlauf innerhalb der Wandhöhe. Andererseits üben die Mauerwerkswände in den angrenzenden Geschossen eine stützende Wirkung auf die Wand-Decken-Knoten aus und tragen somit zu einer wirtschaftlichen Bemessung im Rahmen des genaueren Nachweisverfahrens bei.

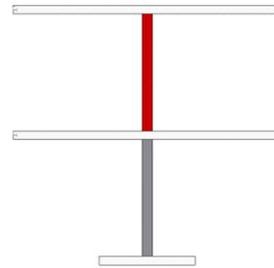
Da bei einem Nachweis nach dem vereinfachten Nachweisverfahren die Abminderungsfaktoren der Tragfähigkeit allein aus der Systemgeometrie abgeleitet werden, ist hier der Übergang vom System „Einzelwand“ auf einen anderen Wandtyp nur dann zwingend notwendig, wenn die Deckenplatten oberhalb und unterhalb der nachzuweisenden Wand unterschiedliche Spannweiten bzw. Eigenschaften aufweisen.

Achtung bei Außenwänden (nur einseitig abliegende Deckenplatten) im vereinfachten Verfahren: Aufgrund der fehlenden Definition für eine Wand im darüber liegenden Geschoss geht MWX beim System „Einzelwand“ standardmäßig von einer „Wand im obersten Vollgeschoss“ mit einer dementsprechend starken Abminderung der Tragfähigkeit aus. Falls dies nicht zutreffend sein sollte, kann unter den Grundparametern die Option „Abminderungsfaktor im DG“ auf „wie im Zwischengeschoss“ gesetzt werden.

Wert	Beschreibung	Systemskizze (nachzuweisende Wand rot hervorgehoben)
Einzelwand (MWK+: nur Kellerwand)	Eingeschossiges Mauerwerk, bestehend aus einer Wand. Die Wand steht auf einem Fundament bzw. einer Bodenplatte und dient als Auflager für eine Geschossdecke.	
Untergeschoss wand (MWK+: Kellerwand + Erdgeschoss)	Zwei- oder mehrgeschossiges Mauerwerk, bestehend aus zwei Wänden. Die nachzuweisende Wand steht auf einem Fundament bzw. einer Bodenplatte und dient als Auflager für eine Geschossdecke. Zur Berechnung der Knotenmomente ist die Definition der darüber liegenden Wand erforderlich.	
Zwischen- geschoss wand	Zwei- oder mehrgeschossiges Mauerwerk, bestehend aus drei Wänden. Die untere Wand kann auf einem Fundament bzw. einer Bodenplatte oder auf einer weiteren Wand stehen. Zur Berechnung der Knotenmomente ist die Definition der darüber- und darunter liegenden Wände erforderlich.	

Obergeschoss-  
wand

Zwei- oder mehrgeschossiges Mauerwerk, bestehend aus zwei Wänden. Die untere Wand kann auf einem Fundament bzw. einer Bodenplatte oder auf einer weiteren Wand stehen. Zur Berechnung der Knotenmomente ist die Definition der darunter liegenden Wand erforderlich.



### Norm

Definiert die dem Tragsicherheitsnachweis zugrunde liegende Bemessungsnorm. Die jeweilige nationale Fassung schließt den zugehörigen Nationalen Anhang mit ein (d.h. DIN EN 1996 = EN 1996 + NA Deutschland).

### Nachweisverfahren

Gibt an, ob die Wand nach dem vereinfachten oder dem genaueren Verfahren nachgewiesen werden soll.

Die Nachweisführung nach EN 1996-1-1 („allgemeines Nachweisverfahren“) entspricht dem genaueren Nachweisverfahren nach DIN 1053. Das vereinfachte Verfahren, welches in den wesentlichen Teilen dem der DIN 1053 entspricht, ist in EN 1996-3 enthalten.

Bei Auswahl des vereinfachten Verfahrens prüft das Programm die Einhaltung der dem Verfahren zugrundeliegende Randbedingungen. Bei Nichteinhaltung wird eine entsprechende Meldung ausgegeben und es erfolgt kein Nachweis. Der Anwender muss in diesem Fall manuell auf das genauere Verfahren umschalten.

Sofern anwendbar sollte dem vereinfachten Nachweisverfahren der Vorzug gegeben werden, da es nur unwesentlich konservativere Nachweisergebnisse liefert und aufgrund der geringeren Anzahl von Eingangsparametern wesentlich robuster in der Anwendung ist. Die Wahrscheinlichkeit von Eingabefehlern und damit unzutreffenden Berechnungen minimiert sich dabei.

## Allgemeine Parameter

### Kopplung Scheibe/Platte (MWX+)

Gibt an, wie beim Nachweis der Normalkrafttragfähigkeit die Beanspruchungen aus Scheibenbeanspruchung und Plattenbeanspruchung überlagert werden soll.

Wandscheiben können in Wandlängenrichtung exzentrisch beansprucht sein, wenn

- Einzellasten asymmetrisch angeordnet sind
- Aussteifungskräfte in Wandlängenrichtung wirken (Scheibenschub)
- der Normalkraftverlauf am Wandkopf über die Wandlänge veränderlich ist.

Durch die exzentrische Belastung ergibt sich eine im Vergleich zur zentrischen Belastung erhöhte Druckbeanspruchung am gedrückten Wandende.

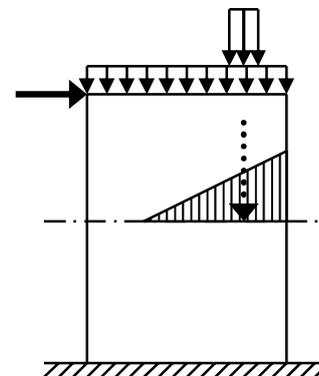
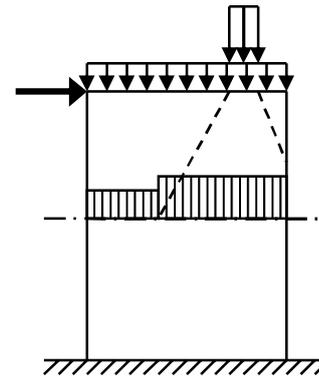
Die Sinnhaftigkeit der Berücksichtigung dieser Beanspruchungserhöhung hängt von mehreren Faktoren ab und sollte in jedem Einzelfall überprüft werden. Bedeutsam wird sie vor allem bei relativ kurzen Aussteifungswänden, deren gedrücktes Wandende seitlich nicht gehalten ist. Ungeeignet ist diese Vorgehensweise bei langen Wänden, da hier die Hypothese des ebenbleibenden Querschnittes i.A. nicht mehr zutreffend ist. (MWX+ prüft intern, ob eine Vernachlässigung der Kopplung ggf. ungünstiger ist.

Über die Berechnungsoption „Kopplung Scheibe/Platte“ lässt sich eine der drei folgenden Vorgehensweisen bei der Ermittlung der Beanspruchungen einstellen:

1. jegliche Exzentrizität der Resultierenden der Normalkraft in Wandlängsrichtung wird vernachlässigt, der Normalkraftverlauf über die Wandlänge ist konstant bzw. stufenförmig.
2. Bestimmung des Normalkraftverlaufs über die Wandlänge (unter Berücksichtigung klaffender Querschnittsbereiche), anschließend Nachweis des Maximalwertes der Normalkraft (gewöhnlich am Wandende, „ingenieurmäßige Vorgehensweise“)
3. nach DIN EN 1996 - zusätzlich zur Abminderung der zentrischen Tragfähigkeit aus Exzentrizitäten in Wanddickenrichtung erfolgt eine nochmalige Abminderung mit entsprechenden Abminderungsfaktoren für Exzentrizitäten in Wandlängsrichtung. DIN EN 1996 fordert diesen Nachweis ausschließlich in halber Wandhöhe.

Wert	Beschreibung
nicht berücksichtigen	<p>Der Nachweis der Normalkrafttragfähigkeit erfolgt ohne Berücksichtigung von evtl. vorhandenen Exzentrizitäten infolge Aussteifungslasten oder asymmetrisch angreifenden Einzellasten. Es wird ein abschnittsweise konstanter Verlauf der bezogenen Normalkraft unterstellt.</p> <p>Der Plattenschubnachweis und der Nachweis der klaffenden Fuge erfolgt im jeweils ungünstigsten Vertikalschnitt auf Grundlage der bezogenen Werte der Schnittgrößen.</p>
über Normal-kraftverteilung	<p>Der Nachweis der Normalkrafttragfähigkeit erfolgt mit dem Maximalwert der bezogenen Normalkraft, der sich unter Beachtung der Exzentrizität infolge Aussteifungslasten oder asymmetrisch angreifender Einzellasten ergibt. Es wird ein linear veränderlicher Verlauf der bezogenen Normalkraft unter Berücksichtigung einer klaffenden Fuge in Wandlängsrichtung unterstellt. Für den Fall, dass die entkoppelte Betrachtung (s.o.) eine höhere bezogene Normalkraft ergibt, wird der Nachweis für genau diesen Wert geführt.</p> <p>Der Plattenschubnachweis und der Nachweis der klaffenden Fuge erfolgt global auf Grundlage der resultierenden Werte der Schnittgrößen.</p>
über Abminderungs-faktor	<p>Der Nachweis der Normalkrafttragfähigkeit erfolgt mit der Resultierenden der Normalkraft. Die Abminderungsfaktoren zur Berücksichtigung der Ausmitten in beide Achsrichtungen werden multiplikativ überlagert.</p>

Systemskizze



### Abminderung Knicklänge

Gibt an, ob die Knicklänge der Wand unter Berücksichtigung der genormten Randbedingungen abgemindert werden darf.

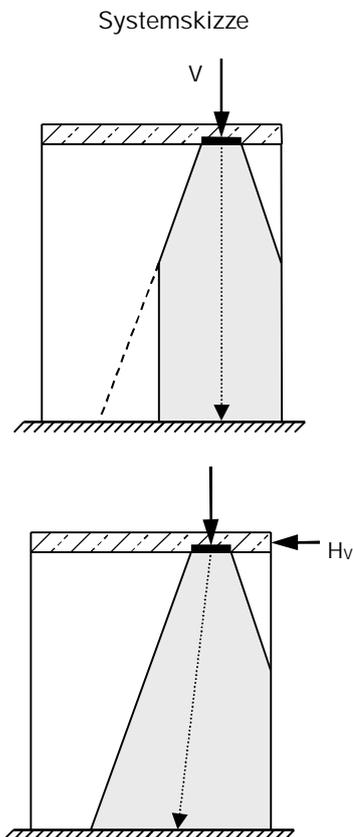
Bei Anwendung von Rezeptmauerwerk aus genormten Mauersteinen ist die Möglichkeit der Abminderung der Knicklänge stets gegeben, sofern die dafür definierten Randbedingungen eingehalten sind. Bei Anwendung von Mauerwerk nach Zulassung besteht die Möglichkeit, dass im Rahmen der Zulassung die Abminderung der Knicklänge ausgeschlossen wird.

Der Anwender muss sich ggf. über eine solche Regelung in der Zulassung informieren und die entsprechende Einstellung vornehmen.

### Lastausbreitung

Gibt an, ob der Lastausbreitungsbereich unter Einzellasten stets symmetrisch angenommen werden soll oder ob er sich auch asymmetrisch entfalten kann. Der korrekten Wahl dieser Option kommt nur dann Bedeutung zu, wenn der sich einstellende Lastausbreitungsbereich durch die Überschneidung mit den vertikalen Wandenden eingeschränkt ist. Wird asymmetrische Lastausbreitung zugelassen, so müssen die durch Schrägstellung des Lastpfades entstehenden Ablenkkräfte durch benachbarte aussteifende Wandscheiben aufgenommen werden können!

Wert	Beschreibung
symmetrisch	Nur der symmetrische Anteil des Lastausbreitungsbereiches wird zur Bestimmung der bezogenen Normalkraft angesetzt
asymmetrisch	Lastausbreitungsbereich wird zur Bestimmung der bezogenen Normalkraft vollständig angesetzt. Die entstehende Abtriebskraft $H_v$ muss von benachbarten Wandscheiben aufgenommen werden können.



### Stoßfugenvermörtelung

Gibt an, ob die Stoßfugen des Mauerwerksverbandes vermörtelt sind. Dies hat Auswirkung auf die Größe der Haftscherfestigkeit des Mauerwerks und somit auf die Schubtragfähigkeit der Wand (sowohl Scheiben- als auch Plattenschub).

### Deckeneigengewicht

Mit dieser Option kann der Anwender entscheiden, ob das Konstruktionsgewicht der tragenden Schicht der Geschossdecke automatisch von MWX in Rechnung gestellt wird oder nicht. Diese Option ist dann sinnvoll, wenn die Wandlasten bereits die Deckenlasten beinhalten.

### Lastausbreitungswinkel

Definiert den Lastausbreitungswinkel für Einzellasten. Er wird entsprechend EN 1996 mit  $60^\circ$  vorbelegt, was einem näherungsweise ideal elastischen Materialverhalten (elastische Halbebene) entspricht.

Mauerwerk nach Zulassung schreibt aber zum Teil die Annahme eines größeren Verteilungswinkel vor. Wird bei der Materialeingabe ein Mauerwerk nach Zulassung aus der Materialdatenbank ausgewählt, so erfolgt automatisch eine Übernahme des dort hinterlegten Wertes für den Lastausbreitungswinkel.

Soll der Ansatz einer Lastausbreitung auch bei Rezept- oder nutzerdefiniertem Mauerwerk unterdrückt werden, so kann dies durch die Wahl des Lastausbreitungswinkels von  $90^\circ$  erfolgen.

### Ausführungskontrolle (Nur bei Nachweis nach BS EN 1996)

EN 1996-1-1, A(1) gibt die den jeweiligen Nationalstaaten die Möglichkeit, die Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände in Abhängigkeit der Ausführungskontrolle festzulegen. Von dieser Möglichkeit macht zurzeit nur der britische National Anhang gebrauch. Die entsprechende Klasse muss also hier gewählt werden.

## Parameter für das vereinfachte Verfahren

Die hier zusammengestellten Parameter dienen im Wesentlichen der Beurteilung der Abgrenzungskriterien für die Anwendbarkeit des vereinfachten Berechnungsverfahrens.

### Gebäudeart

Gibt an, ob es sich um ein Gebäude zum dauernden Aufenthalt von Personen (bspw. Wohngebäude) oder um untergeordnete Gebäude (bspw. Garagen) handelt.

Diese Option dient ausschließlich der Beurteilung der Abgrenzungskriterien für das vereinfachte Berechnungsverfahren.

### Gebäudehöhe

Gibt die Gebäudehöhe über OK Gelände an.

Bei Gebäuden mit geneigten Dächern darf das Mittel von First- und Traufhöhe angenommen werden.

Diese Option dient ausschließlich der Beurteilung der Abgrenzungskriterien für das vereinfachte Berechnungsverfahren.

### Bemessungswert der Windlast (nicht bei Nachweis nach DIN EN 1996-3)

Gibt den Wert einer gleichmäßig verteilten Windlast an, auf deren Grundlage die Auswertung des Anwendungskriteriums der Mindestwanddicke erfolgen soll.

Die durch DIN EN 1996 modifizierten Anwendungskriterien nehmen keinen Bezug auf diesen Wert.

### Abminderungsfaktor im DG

Gibt an, wie der Abminderungsfaktor für den Deckendrehwinkel bei Endauflagern im Dachgeschoss zu berechnen ist.

Bei Endauflagern von Decken über dem obersten Vollgeschoss wird dieser von EN 1996-3:  $\Phi_s = 0,4$  (DIN EN 1996-3:  $\Phi_s = 1/3$ ).

Über die Einstellung „wie Zwischengeschoss“ wird die gewöhnliche Abminderung auf Grundlage der Deckenspannweiten vorgenommen. Diese Option ist immer dann zu wählen, wenn eine Wand im untersten Geschoss bzw. im Zwischengeschoss aufgrund von Regelmäßigkeiten im statischen System der Deckenplatten in den Geschossen als Einzelwand abgebildet wird.

Wird die Traglastminderung jedoch durch konstruktive Maßnahmen wie Zentrierleisten vermieden, darf der Abminderungsfaktor unberücksichtigt bleiben. Es wird  $\Phi_s = 1,0$  gesetzt.

### Nachweisstellen

Gibt an, ob die Nachweisführung nur am Wandfuß oder getrennt am Wandkopf, in halber Wandhöhe und am Wandfuß erfolgt.

Im Rahmen von Handrechnungen wird der Drucknachweis nach dem vereinfachten Verfahren gewöhnlich mit dem Maximalwert der Drucknormalspannung geführt (tritt in der Regel am Wandfuß auf, bei Vorhandensein von Einzellasten mitunter auch in halber Wandhöhe), unabhängig davon, ob der Abminderungsfaktor am Wandkopf, am Wandfuß oder in halber Wandhöhe den ungünstigsten Wert annimmt.

Nach EN 1996-3 ist eine differenzierte Betrachtung der Nachweisstellen und der damit einhergehenden Koinzidenz vom Ort der Beanspruchungsermittlung und wirksamen traglastmindernden Einflüssen nicht erforderlich. Gewöhnlich werden können so aber günstigere Nachweisergebnisse erzielt werden.

Nachweis	Nachweisstelle „Wandfuß“	Nachweisstelle „differenziert“
Druck	max. Beanspruchung über gesamte Wandhöhe (Wandfuß, ggf. halbe Wandhöhe)  Nachweis mit größter sich ergebende Traglastminderung (Schlankheit oder Deckenverdrehung am Wandkopf oder Wandfuß)	Nachweis mit Traglastabminderung inf. Deckenverdrehung an Wandkopf und Wandfuß  Nachweis Traglastminderung inf. Schlankheit in halber Wandhöhe
Scheibenschub	Nachweis am Wandfuß	Nachweis am Wandkopf und Wandfuß
Randdehnung	Nachweis am Wandfuß	Nachweis am Wandkopf und Wandfuß
Exzentrizität	Nachweis am Wandfuß	Nachweis am Wandkopf und Wandfuß

## Parameter für das genauere Verfahren

### Deckenlasten (nicht bei Nachweis nach DIN EN 1996)

Gibt an, ob für die Bestimmung der Knotenmomente von einer stets gleichzeitigen Wirkung der Verkehrslasten auf beiden Seiten einer Deckenebene ausgegangen werden soll (vgl. EN 1996-1-1, Abs. 2.4.2, Anmerkung 2).

Nach DIN EN 1996 werden stets auch alle schachbrettartigen Anordnungen der Deckenlasten untersucht.

### Momentenumlagerung

Gib an, ob für horizontale Wandlasten eine Momentenumlagerung durchgeführt wird. Bei der Momentenumlagerung wird in Anlehnung an das tatsächliche Tragverhalten der Einspanngrad an Wandkopf und -fuß so groß wie möglich gewählt (Kriterium max. zulässige Ausmitte bzw. Volleinspannmomente) und der Momentenverlauf über die Wandhöhe unter Einhaltung des Gleichgewichts angepasst. Wird die Momentenumlagerung nicht gewählt, so wird der Momentenverlauf über die Wandhöhe unter Annahme einer gelenkigen Lagerung der Wand an Kopf und Fuß ermittelt.

### Lastabtrag Kellerwand (MWK+, MWM+)

Gibt an, ob bei 4-seitig gehaltenen Kellerwänden eine Erddruckabminderung analog dem vereinfachten Verfahren vorgenommen werden soll, um einen möglichen 2-achsigen Lastabtrag zu berücksichtigen.

(Im vereinfachten Nachweisverfahren für Kellerwände darf für 4-seitig gehaltene Kellerwände die nachzuweisende Mindestauflast in Abhängigkeit des Seitenverhältnisses der Kellerwand reduziert werden, was effektiv einer Reduzierung des Erddrucks entspricht. EN 1996-1-1 trifft keine speziellen Aussagen zu Kellerwänden.)

## System

### Wände

#### Art

Gibt an, ob es sich um eine ein- oder mehrschalige Wand handelt.

In bestimmten Fällen ist es erforderlich zu wissen, ob es sich bei der zu berechnenden Wand um eine Innen- oder Außenwand (ein- oder mehrschalig) handelt. Bspw. ist diese Information erforderlich, um die Abgrenzungskriterien für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens zu prüfen.

#### Material

Blendet einen Dialog für die Definition von Rezeptmauerwerk, für die Auswahl von Mauerwerk nach Zulassung oder für die Eingabe von benutzerdefiniertem Material ein.

##### ... nach Norm

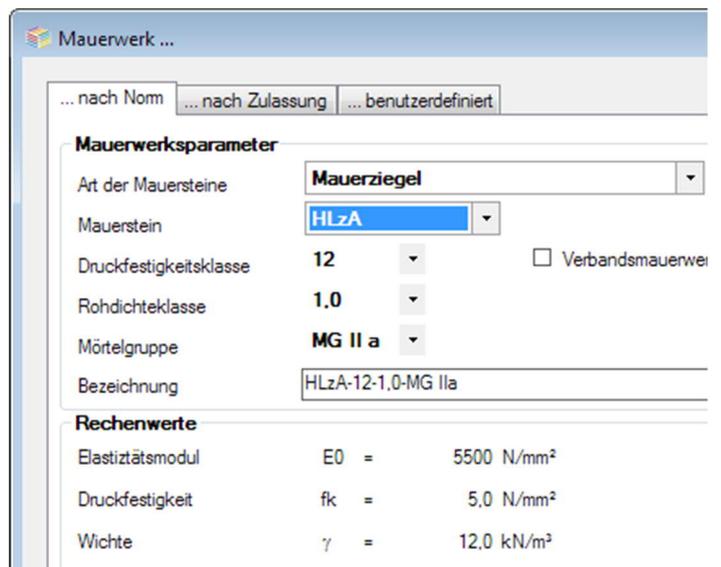
Art der Mauersteine:

- Mauerziegel
- Kalksandsteine
- Normalbetonsteine
- Leichtbetonsteine
- Porenbetonsteine

Mauerstein:

Je nach gewählter Art werden die passende Steinauswahl sowie die entsprechenden Werte angeboten.

Optional kann Verbandsmauerwerk gewählt werden.



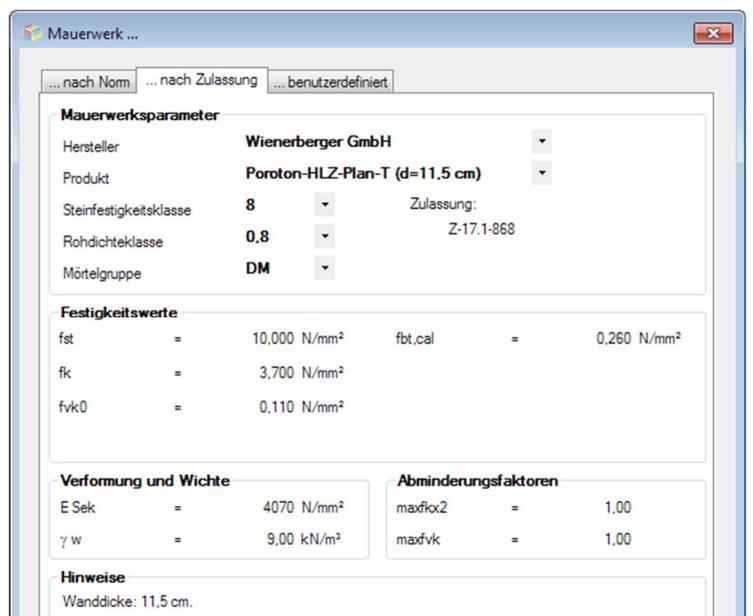
Mauerwerksparemeter			
Art der Mauersteine	Mauerziegel		
Mauerstein	HLzA		
Druckfestigkeitsklasse	12	<input type="checkbox"/>	Verbandsmauerwerk
Rohdichteklasse	1.0		
Mörtelgruppe	MG II a		
Bezeichnung	HLzA-12-1,0-MG IIa		
Rechenwerte			
Elastizitätsmodul	E0 =	5500 N/mm²	
Druckfestigkeit	fk =	5,0 N/mm²	
Wichte	γ =	12,0 kN/m³	

##### ... nach Zulassung

Hier können Sie Material der Hersteller Wienerberger und Schlagmann wählen.

##### ... benutzerdefiniert

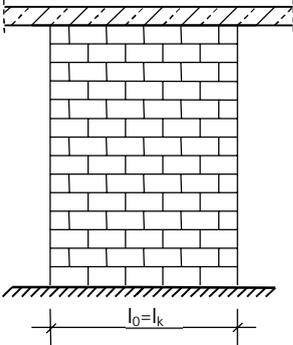
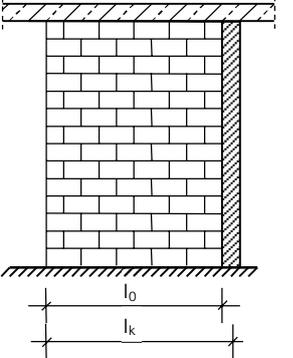
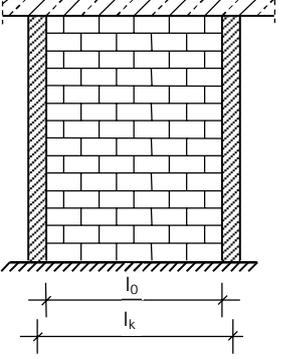
Hier können Sie die Materialparameter selbst festlegen und einen eigenen Namen vergeben. Über „Normwerte übernehmen“ können Sie ein Normmaterial als Grundlage zum Bearbeiten der Parameter vorgeben.



Mauerwerksparemeter			
Hersteller	Wienerberger GmbH		
Produkt	Poroton-HLZ-Plan-T (d=11,5 cm)		
Steinfestigkeitsklasse	8	Zulassung:	
Rohdichteklasse	0,8	Z-17.1-868	
Mörtelgruppe	DM		
Festigkeitswerte			
fst	=	10,000 N/mm²	fbt.cal = 0,260 N/mm²
fk	=	3,700 N/mm²	
fvk0	=	0,110 N/mm²	
Verformung und Wichte		Abminderungsfaktoren	
E Sek	=	4070 N/mm²	maxflox2 = 1,00
γ w	=	9,00 kN/m³	maxfvk = 1,00
Hinweise			
Wanddicke: 11,5 cm.			

## Lagerung

Gibt an, ob die Wand zwei-, drei- oder vierseitig gelagert ist.

Wert	Beschreibung	Systemskizze
zweiseitig	Die Wand ist am Wandkopf und –fuß gegen seitliche Verschiebung gehalten	
dreiseitig	Die Wand ist sowohl am Wandkopf und –fuß als auch an einem vertikalen Rand gegen seitliche Verschiebung gehalten	
vierseitig	Die Wand ist sowohl am Wandkopf und –fuß als auch an beiden vertikalen Rändern gegen seitliche Verschiebung gehalten	

( $l_k$  = rechnerische Wandlänge für Knicklängenberechnung,  $l_0$  = lichte Wandlänge für Lastabtrag/Nachweisführung)

Entsprechend der gewählten Anzahl der vorhandenen Lagerungen müssen zusätzlich die Dicken der zur Halterung herangezogenen Wandscheiben eingegeben werden. Programmintern erfolgt eine Überprüfung, ob diese Wanddicken im Sinne der gewählten Bemessungsnorm wirksam sind oder nicht. Die in EN 1996-1-1 geforderten Mindestlängen dieser Wände werden nicht überprüft. Die Einhaltung obliegt dem Programmanwender!

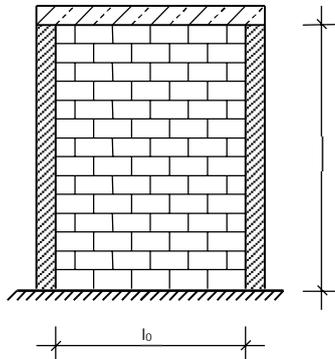
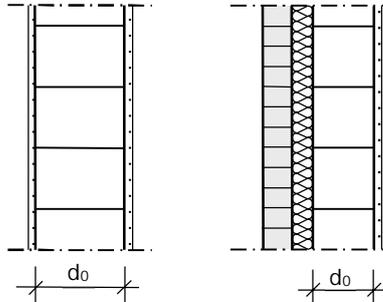
Auf Grundlage der Anzahl der wirksamen Halterungen wird die effektive Wandlänge  $l_k$  sowie die entsprechende Knicklänge der Wand bestimmt.

## Zentrierleiste

Gibt an, ob am Wandkopf mit einer Zentrierleiste in der Schwerachse der Wand gerechnet werden soll. Es wird eine zentrische Lasteinleitung erzwungen und es werden keine Einspannmomente infolge Horizontallasten aktiviert.

### Geometrie der Wand (nicht MWP+)

Definiert die maßgebenden Abmessungen von Mauerwerkswänden. Details siehe nachfolgende Tabelle.

Wert	Beschreibung	Systemskizze
$h_0$	lichte Wandhöhe	
$l_0$	lichte (=rechnerische) Wandlänge, die dem Lastabtrag zugrunde gelegt wird. (Wird aufgrund der häufigen Verwendung der Stumpfstoßtechnik unter Verwendung von Flachstahlankern zum Wandanschluss als effektive Wandlänge beim Nachweis von Scheibenschub angesetzt)	
$d_0$	Dicke einer einschaligen Wand bzw. Dicke der Tragschicht einer mehrschichtigen Wand	

### Abstände der aussteifenden Querwände (nicht MWP+)

Wert	Beschreibung
$d_1$	Dicke der aussteifenden Wand am linken vertikalen Wandende.
$d_2$	Dicke der aussteifenden Wand am rechten vertikalen Wandende.

### Abmessungen des Pfeilers (MWP+)

Definiert die maßgebenden Abmessungen von Mauerwerkswänden. Details siehe nachfolgende Tabelle.

Wert	Beschreibung	Systemskizze
$h_0$	Lichte Pfeilerhöhe	
$t_x$	Pfeilerdicke in x-Richtung	
$t_y$	Pfeilerdicke in y-Richtung	

### Lasteinleitung am Pfeilerkopf (MWP+)

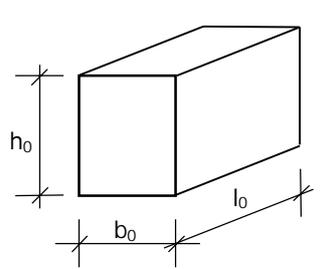
Die Lasteinleitung am Pfeilerkopf erfolgt entweder über die Gesamtquerschnittsfläche (i.d.R. bei Stahlbetonbalken der Fall) oder über eine Teilfläche, die durch je zwei Randabstände in die Querschnittsachsen definiert wird.

Wert	Beschreibung	Systemskizze
Randabstände in x-Richtung	$a_{x1}$	
	$a_{x2}$	
Randabstände in y-Richtung	$a_{y1}$	
	$a_{y2}$	

Liegt ein Unterzug vollständig auf, so sind alle Randabstände auf Null zusetzen. Läuft ein Träger über den Pfeiler hinaus, so sind die Randabstände in diese Richtung auf Null zu setzen.

## Gründung (MWP+)

Für die Gründungskonstruktion kann im Programm MWP bereits ein Einzelfundament vordefiniert werden. Diese Definition dient nur der grafischen Darstellung und einer Vorbelegung der Geometriewerte für den Export in die Frilo - Grundbauprogramme. In MWP+ erfolgt keine Bemessung des Fundamentes.

Wert	Beschreibung	Systemskizze
Fundamenthöhe	$h_0$	
Fundamentbreite	$b_0$	
Fundamentlänge	$l_0$	

## $g_z$

Eigengewichtszuschlag bspw. für Wandverkleidung als Gewichtskraft je  $m^2$  Wandfläche. Der so definierte Gewichtszuschlag wird nur einfach angesetzt, d.h. er muss der Summe des Flächengewichtes des Putzes auf beiden Wandoberflächen (innen + außen) entsprechen.

*Hinweis: (MWX+, MWK+) Es wird nur das Wandeigengewicht der nachzuweisenden Wand berücksichtigt! Die Wände oberhalb bzw. unterhalb dienen ausschließlich der Bestimmung der Knotensteifigkeit im jeweiligen statischen Ersatzsystem.*

## Überstand Fundament (MWX+)

Erlaubt die Eingabe eines Wandüberstandes der untersten Wand über die Fundamentkante hinaus. Die rechnerische Verarbeitung erfolgt analog zur Teilauflagerung von Deckenplatten.

## Text

Text für die verbale Beschreibung der Wand bzw. Bezeichnung des Geschosses. Wird in Ausgabe übernommen.

## Geschossdecken

### Art

Gibt die Art der Geschossdecke an: einseitig nach links/rechts oder beidseitig abliegend.

### Typ

Gibt an, welche Konstruktionsart bei der Geschossdecke vorliegt. Derzeit werden nur Massivdecken unterstützt.

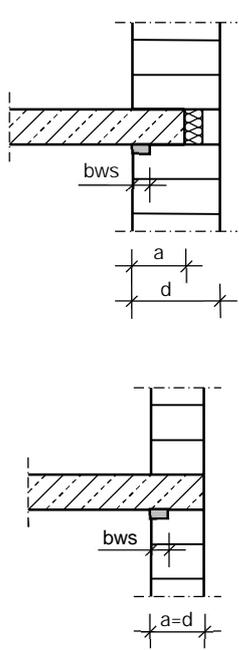
Wert	Beschreibung
Stahlbetondecke	Stahlbetondecke steht für eine flächig aufgelagerte Massivdecke.

Zurzeit wird vom Programm nur die Berechnung unter Annahme einer flächig aufgelagerten Massivdecke unterstützt. Die Berechnung unter Balkendecken kann vom Anwender über die Eingabe von Einzellasten bzw. verschmiert über exzentrisch angreifende vertikale Wandlasten simuliert werden, siehe dazu auch Kapitel [„FAQ-Häufig gestellte Fragen“](#).

## E-Modul

Rechenwert bzw. charakteristischer Wert des E-Moduls der Geschossdecke. Ist nur beim Nachweis nach dem genaueren Berechnungsverfahren von Bedeutung (Schnittkraftermittlung infolge Deckenauflagerverdrehung). Hat dort jedoch einen maßgeblichen Einfluss auf die Knotenmomente und somit den Momentenverlauf über die Wandhöhe.

## Geometrie der Geschossdecke

Wert	Beschreibung	Systemskizze
Auflagertiefe $a_{li/re}$	Auflagertiefe der linken / rechten Geschossdecke.	
Breite Weichstreifen $bws_{li/re}$ (geplant, erst ab späterer Programmversion verfügbar)	Breite einer Weichstreifeneinlage zur Vorbeugung von Putzabplatzungen bzw. als Zentrierungsmaßnahme. Die definierte Deckenaufлагertiefe abzüglich der Breite der Weichstreifeneinlagen auf beiden Wandseiten (Nettoaufлагertiefe) darf die von DIN EN 1996 vorgeschriebene Mindestaufлагertiefe nicht unterschreiten!	
Dicke $d_{li/re}$	Dicke der linken / rechten Geschossdecke. Unterschiedliche Deckenstärken auf der linken und rechten Seite sind derzeit nicht zugelassen.	
Spannweite $l_{li/re}$	Spannweite der linken / rechten Geschossdecke; Abstand vom linken / rechten Wandoberfläche bis zum Lagerknoten.	
Breite $b_{li/re}$	Einflussbreite der linken / rechten Geschossdecke. Hinweis: muss mindestens gleich der lichten Wandlänge sein!  Ist die Wandlänge kleiner als die Deckenbreite, so wird für die Berechnung eine gleichmäßige Verteilung der Deckenauflagerlast über die Wandlänge unterstellt!	
Lagerung $Lag_{li/re}$	Lagerbedingung der linken / rechten Geschossdecke: auskragend, gelenkig oder eingespannt (definiert statisches Ersatzsystem für Bestimmung der Knotenmomente und ggf. für die automatische Bestimmung der Durchlaufkoeffizienten von Deckenlasten)	

## Gründung (MWM+, MWK+)

Art	Geometrie
Streifenfundament	
Randstreifenfundament	
Bodenplatte	

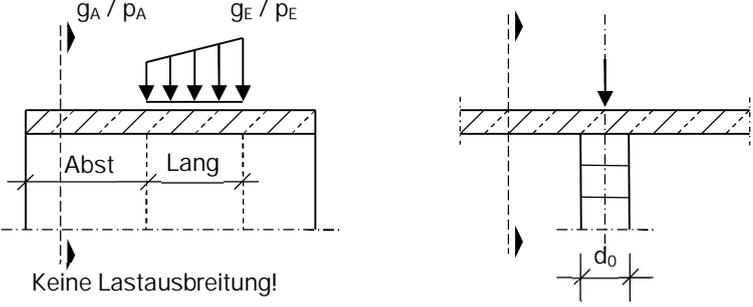
# Lasten

## Vertikale Wandlasten

### Art

Einzellasten werden grundsätzlich zentrisch in Wanddickenrichtung und gleichzeitig über die gesamte Wanddicke wirkend angenommen. Gleichlasten kann eine Ausmitte (Exzentrizität) in Wanddickenrichtung zugewiesen werden.

<p>Gleichlast: Wirkt stets über die gesamte Wandlänge</p>	
<p>Einzellast: Überschneidungen der Lastaufstandsflächen mehrerer Einzellasten sind nicht zugelassen.</p>	
<p>Teilstreckenlast<sup>1)</sup>: Konstante Streckenlast über einen Teil der Wandlänge.</p>	

<p>Trapezlast<sup>2)</sup>: Entspricht einer Teilstreckenlast mit veränderlichen Lastordinaten</p>	
1)	<p>Die Definition einer Teilstreckenlast dient der Abbildung von Auflagerreaktionen darüber stehender Wände, die ggf. auch durch Einzellasten beansprucht werden. Dies entspricht nicht einer Teilflächenpressung infolge Lasteinleitung im Sinne der Norm. Aus diesem Grund werden auch für diese Lasten keine Nachweise auf Teilflächenpressung geführt. Ein weiterer Unterschied zur Einzellast liegt darin, dass diese stets am Wandkopf wirkend angenommen wird. Hinweis: Unter Teilstreckenlasten wird Lastausbreitung angenommen.</p>
2)	<p>Dient wie die Teilstreckenlast der Abbildung von Auflagerreaktionen, die jedoch abschnittsweise linear veränderlich sind. Bspw. Auflagerkräfte aus FE-Plattenberechnungen infolge vertikaler und horizontaler Lasten oder exzentrisch angeordneter darüber stehender Wände (z.B. kurze Aussteifungswände etc). Hinweis: Unter Trapezlasten wird keine Lastausbreitung angenommen.</p>

### Abstand

Abstand der Wirkungslinie einer Einzellast vom linken Wandende bzw. Abstand der linken Lastordinate einer Teilstreckenlast oder einer Trapezlast.

### G / Q bzw. g<sub>0</sub> / q<sub>0</sub>

Ständiger (G/g) und veränderlicher (Q/q) Lastanteil der vertikalen Wandlast. Streckenlasten werden in [kN/m], Einzellasten in [kN] angegeben.

### Lastlänge

Länge der Aufstandsfläche einer Einzellast in Wandlängenrichtung bzw. Länge der Lastausbreitung von Teilstrecken- oder einer Trapezlasten.

### e<sub>y</sub>

Ausmitte der Wirkungsebene einer Last in Wanddickenrichtung. Nur bei Gleichstreckenlasten über die gesamte Wandlänge verfügbar.

Die max. Exzentrizität der Last wird bei Wänden unterhalb der Dachdecke auf  $d_0/3$  beschränkt, ansonsten auf  $d_0/2$ . Die Möglichkeit zur Angabe einer Exzentrizität wurde vorrangig im Hinblick auf die Abbildung teilaufliegender Deckenplatten mit sehr geringer Auflagertiefe eingebaut.

### d<sub>1</sub>

Abmessung der Aufstandsfläche einer Einzellast in Wanddickenrichtung. Für die Nachweisführung wird stets davon ausgegangen, dass die Wirkungslinie der Einzellast in der Wandmittelebene liegt bzw. eine vorhandene Ausmitte keine Auswirkung auf die Wandtragfähigkeit hat.

### Einwirkung

Einwirkung des veränderlichen Lastanteils. Der ständige Lastanteil wird stets der ständigen Einwirkung zugeordnet.

*Achtung: Nutzlasten der Kategorie A bis D nach EN 1990 sind entsprechend EN 1991-1-1 keine unabhängigen veränderlichen Lasten. Alle Nutzlasten dieser Kategorien sind somit nicht mit der tatsächlichen, sondern mit der ungünstigsten aller vorhandenen Kategorien zu definieren!*

### Lastwerte (MWP+)

Wert	Beschreibung
G	Ständiger Anteil der vertikalen Einzellast.
Q	Veränderlicher Anteil der vertikalen Einzellast.
$e_x$	Ausmitte des Lastangriffspunktes in x-Richtung
$e_y$	Ausmitte des Lastangriffspunktes in y-Richtung

### Text

Hier besteht die Möglichkeit, einen kurzen Hinweis oder eine Positionsbezeichnung einzugeben. Der Text wird in die Ausgabe übernommen.

### Hinweis zur Verwendung von Teilstreckenlasten

Bei der Verwendung von Teilstreckenlasten ist zu beachten, dass die Lastausbreitung unter jeder Teilstreckenlast separat angenommen wird, d.h. ohne Berücksichtigung der benachbarten Lasten. Dies kann unter Umständen zu unrealistischen Überschneidungen der Lastausbreitungskegel führen (siehe nachfolgende Abbildung). Die Definition eines Lastenzuges aus mehreren Lastabschnitten sollte daher nicht segmentweise erfolgen, sondern „pyramidenförmig“. Damit wird dem Fakt Rechnung getragen, dass sich nur die Lastdifferenz zur Nachbarlast ausbreitet. Soll auf eine Lastausbreitung gänzlich verzichtet werden, so können die Lastabschnitte aus Trapezlasten zusammengesetzt werden.

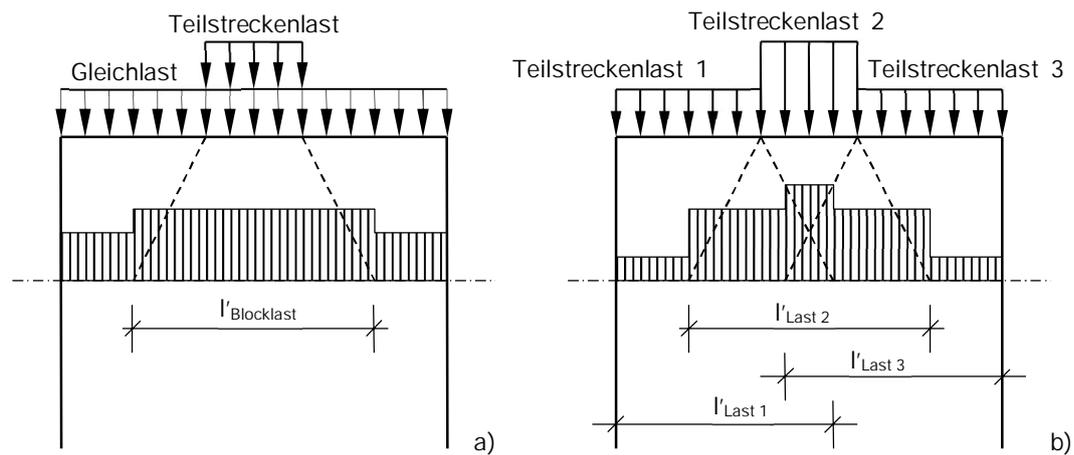


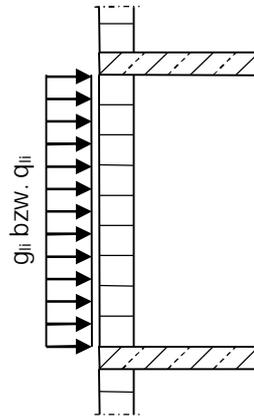
Abbildung: Verwendung von Teilstreckenlasten: a) ingenieurmäßig korrekte Lastausbreitung, b) unrealistische Überschneidung der Lastausbreitungskegel

## Horizontale Wandlasten

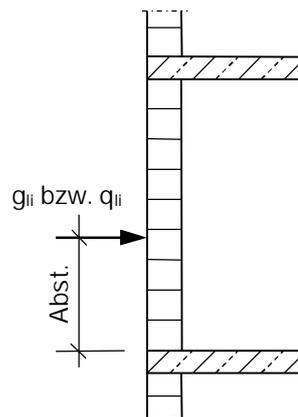
### Art

Gibt an, ob es sich um eine Gleichlast (konstante Flächenlast), Einzellast (über Wandlänge konstante Linienlast) oder Trapezlast (über Wandhöhe linear veränderliche Flächenlast) handelt.

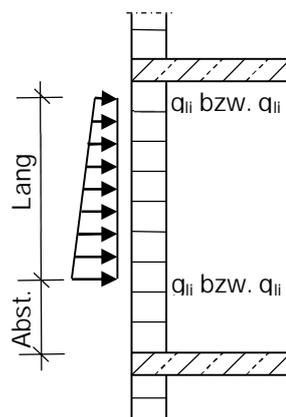
Gleichlast  
(konstante  
Flächenlast)



Einzellast  
(über Wandlänge  
konstante  
Linienlast)



Trapezlast  
(über Wandhöhe  
linear  
veränderliche  
Flächenlast)



## Lastwerte

Wert	Beschreibung	
$g_u / q_u$	Gleichlast	ständiger bzw. veränderlicher Lastanteil am unteren Ende der Wand in [kN/m <sup>2</sup> ]
	Einzellast	ständiger bzw. veränderlicher Lastanteil in [kN/m]
$g_o / q_o$	Trapezlast	ständiger bzw. veränderlicher Lastanteil am unteren Ende der Last in [kN/m <sup>2</sup> ]
	Gleichlast	ständiger bzw. veränderlicher Lastanteil am oberen Ende der Wand in [kN/m <sup>2</sup> ]
	Einzellast	nicht verwendet
Lang	Trapezlast	ständiger bzw. veränderlicher Lastanteil am oberen Ende der Last in [kN/m <sup>2</sup> ]
	Trapezlast	Lastausdehnung über die Wandhöhe in [m]
Abst.	Gleichlast	nicht verwendet
	Einzellast	Abstand der Wirkungslinie der Last vom Wandfuß in [m]
	Trapezlast	Abstand des unteren Endes der Last vom Wandfuß in [m]

*Hinweis:* Ist die Einflussbreite der Last größer als die Wandlänge (z.B. bei anschließenden Wandöffnungen), ist der Lastwert manuell im Verhältnis Einflussbreite zu Wandlänge zu vergrößern.

## Einwirkung

Die Einwirkung des veränderlichen Lastanteils. Der ständige Lastanteil wird stets den ständigen Einwirkungen zugeordnet.

## Text

Hier besteht die Möglichkeit, eine kurzen Hinweis oder eine Positionsbezeichnung einzugeben. Der Text wird in die Ausgabe übernommen.

## Deckenlasten

### Art

Gibt die Lastart an. Es können konstante Flächenlasten oder Linienlasten parallel zur Wand gewählt werden.

### Ebene

Gibt die fortlaufende Nummer der Wand an, auf der die belastete Geschossdecken liegt. Die unterste Wand hat stets die Nummer 1. Siehe auch Ebene der vertikalen Wandlasten.

### Einwirkung

Einwirkung des veränderlichen Lastanteils. Der ständige Lastanteil wird stets der ständigen Einwirkung zugeordnet.

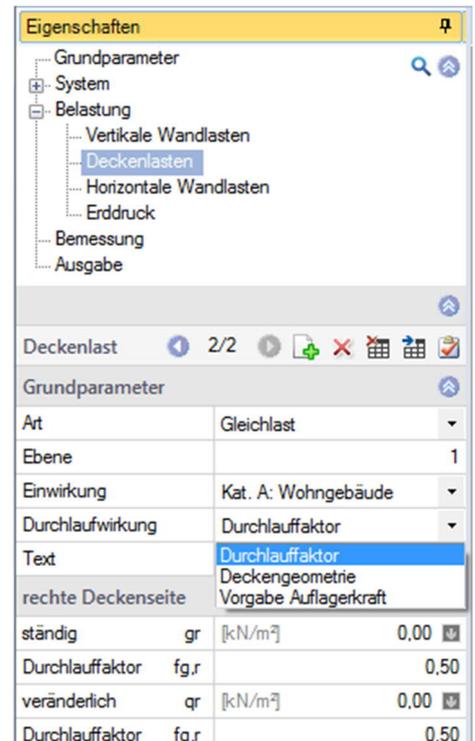
*Achtung:* Nutzlasten der Kategorie A bis D nach EN 1990 sind entsprechend EN 1991-1-1 keine unabhängigen veränderlichen Lasten. Alle Nutzlasten dieser Kategorien sind somit nicht mit der tatsächlichen, sondern mit der ungünstigsten aller vorhandenen Kategorie zu definieren!

## Durchlaufwirkung

Die Tragfähigkeit einer Mauerwerkswand wird maßgeblich durch die Größe der vorhandenen Normalkraft sowie dem Wandmoment infolge der Deckenverdrehung am Wandaufleger bestimmt. Die Frilo-Mauerwerksprogramme berechnen die Wandmomente stets aus den Deckenlasten am statischen Ersatzsystem nach EN 1996-1-1, Anhang C unter Berücksichtigung der vorgegebenen Deckenspannweiten und deren Lagerungsbedingungen.

Gibt an, über welchen Vorgabewert die Durchlaufwirkung der Deckenplatte (auf der die Deckenlasten wirken) quantifiziert, d.h. die Deckenauflegerkraft infolge der Deckenlast berechnet werden soll.

Durchlauffaktor	Durchlauffaktor (Winklerzahl) getrennt für den ständigen und den veränderlichen Lastanteil auf der linken / rechten Deckenseite
Deckengeometrie	Die Deckenauflegerkraft wird unter Berücksichtigung der definierten Lagerungsbedingungen an den Enden der Deckenfelder am Ein- oder Zweifeldträger bestimmt.
Vorgabe Auflagerkraft	Die Deckenauflegerkraft wird direkt als Eingabewert vorgegeben, wenn dieser z.B. aus einer vorangegangenen FE-Plattenberechnung bekannt ist.



## Text

Hier besteht die Möglichkeit, eine kurzen Hinweis oder eine Positionsbezeichnung einzugeben. Der Text wird in die Ausgabe übernommen.

## Lastwerte

Wert	Beschreibung
g li/re	Ständiger Lastanteil auf der linken / rechten Deckenseite in [kN/m <sup>2</sup> ]
q li/re	Veränderlicher Lastanteil auf der linken / rechten Deckenseite in [kN/m <sup>2</sup> ]

## Durchlauffaktoren

Mauerwerk ist auf Grund der nicht anzusetzenden Zugfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen auch dadurch gekennzeichnet, dass höhere Auflasten (Drucknormalkräfte) nicht zwingend zu höherer Auslastung des Wandquerschnittes führen müssen (Widerstand gegenüber Plattenbeanspruchungen). Geringere Auflasten können zu frühzeitigem Versagen der Wand führen. Aus diesem Grund muss die Durchlaufwirkung von Decken ggf. berücksichtigt werden.

DIN EN 1996 stellt vereinfachende Regelungen bereit, wann die Durchlaufwirkung der Deckenplatten vernachlässigt werden darf. Zur allgemeingültigen Umsetzung dieses Konzeptes werden Deckenlasten in MWX mit sog. Durchlauffaktoren definiert. Der Durchlauffaktor ist hier wie folgt definiert:

$f$  = Auflagerkraft auf der Wand (inf. der Last) zu Betrag der Lastung (Resultierende)

Wert	Beschreibung
Fac g li/re	Durchlauffaktor (Winklerzahl) für den ständigen Lastanteil auf der linken / rechten Deckenseite
Fac q li/re	Durchlauffaktor (Winklerzahl) für den veränderlichen Lastanteil auf der linken / rechten Deckenseite

### Beispiel 1:

Deckensystem ist Zweifeldträger mit gleichen Stützweiten  $l$  unter Gleichlast  $q$ , Mittelaufleger

$$\text{Fac } q_{li} = \text{Fac } q_{re} = 1,250/2 \cdot q \cdot l / (q \cdot l) = 0,625$$

### Beispiel 2:

wie Beispiel 1, jedoch Endaufleger

$$\text{Fac } q_{li} = \text{Fac } q_{re} = 0,438 \cdot q \cdot l / (q \cdot l) = 0,438$$

### Beispiel 3:

wie Beispiel 1, jedoch Einspannung an den abliegenden Auflagern

$$\text{Fac } q_{li} = \text{Fac } q_{re} = 1,000/2 \cdot q \cdot l / (q \cdot l) = 0,500$$

### Beispiel 4:

Sonderfall „Durchlaufwirkung braucht nicht berücksichtigt werden“, Mittelaufleger

$$\text{Fac } q_{li} = \text{Fac } q_{re} = 0,500$$

*Hinweis: Für Flächenlasten auf auskragenden Deckenfeldern ergeben sich i.d.R. Durchlauffaktoren >1,0.*

Falls das Ersatz-Rahmen-System auch für die Bestimmung der Deckenauflegerkräfte zutreffend ist, erlaubt die Option „Deckengeometrie“ die automatische Generierung der Durchlauffaktoren aus der Geometrie und den Auflagerbedingungen der definierten Geschossdecken.

**Achtung:** *Dieser Befehl wirkt sich ausschließlich auf die aktuelle Deckenlast aus, d.h. er muss für jede Deckenlast erneut ausgeführt werden.*

*Alle automatisch erzeugten Durchlauffaktoren verlieren ggf. ihre Gültigkeit, wenn nachträglich die Deckendefinition oder die Deckenlasten auf der jeweiligen Deckenebene geändert werden!*

## Vorgabe von Auflagerkräften aus Plattenberechnung

Während die Einflüsse aus der Deckenverdrehung beim vereinfachten Berechnungsverfahren bereits in den Abminderungsfaktoren enthalten sind, müssen diese traglastmindernden Einflüsse bei Anwendung des genaueren Berechnungsverfahrens durch Berechnung der Momente am Wand-Decken-Knoten an entsprechenden Ersatzsystemen berücksichtigt werden (vereinfachtes Rahmensystem).

Häufig erfolgt jedoch die Bestimmung der Deckenauflegerkräfte nicht am Ersatzsystem sondern im Rahmen der Deckenbemessung mittels FEM. Solange die Abgrenzungskriterien für die Anwendung des vereinfachten

Berechnungsverfahren eingehalten sind, können diese Auflagerkräfte unmittelbar für Bemessung der Wand herangezogen werden (Eingabe in MWX als vertikale Wandlasten).

Schwieriger gestaltet sich dies dann, wenn auf das genauere Berechnungsverfahren zurückgegriffen werden muss. In diesem Fall sind Ersatzsysteme zu bilden. Die Belastungssituation auf den Geschossdecken führt sowohl zu den Momenten am Wand-Decken-Knoten als auch zu den Normalkräften. Diese Normalkräfte sind jedoch nur in den seltensten Fällen identisch mit den tatsächlich berechneten Auflagerkräften. Um dieses Problem lösen zu können, sind die Durchlaufkoeffizienten eingeführt worden, die bei der Berechnung der Normalkräfte berücksichtigt werden.

Im dargestellten Dialog werden die Auflagerkräfte aus der Deckenberechnung in [kN/m], getrennt für Lastanteile infolge ständiger Lasten und Nutzlasten auf der linken bzw. rechten Deckenseite, eingegeben. Das Programm ermittelt aus diesen Auflagerkräften und den angegebenen Belastungen auf der linken und rechten Deckenseite die äquivalenten Durchlaufkoeffizienten wie folgt:

Deckenlast			
Grundparameter			
Art	Gleichlast		
Erwirkung	Kat. A: Wohngebäude		
Durchlaufwirkung	Vorgabe Auflagerkraft		
Text			
linke Deckenseite			
ständig	gl	[kN/m <sup>2</sup> ]	5,80
Auflagerkraft	Ag,l	[kN/m]	14,93
veränderlich	ql	[kN/m <sup>2</sup> ]	2,00
Auflagerkraft	Aq,l	[kN/m]	5,15
rechte Deckenseite			
ständig	gr	[kN/m <sup>2</sup> ]	5,80
Auflagerkraft	Ag,r	[kN/m]	14,93
veränderlich	qr	[kN/m <sup>2</sup> ]	2,00
Auflagerkraft	Aq,r	[kN/m]	5,15

Durchlaufkoeffizient für den ständigen Lastanteil auf linker Deckenseite

$$f_{Gk,li} = 0,5 \cdot \frac{G_k}{g_{k,li} \cdot l_{li}}$$

Durchlaufkoeffizient für den ständigen Lastanteil auf rechter Deckenseite

$$f_{Gk,re} = 0,5 \cdot \frac{G_k}{g_{k,re} \cdot l_{re}}$$

Durchlaufkoeffizient für den veränderlichen Lastanteil auf linker Deckenseite

$$f_{Qk,li} = 0,5 \cdot \frac{Q_{k,li}}{q_{k,li} \cdot l_{li}}$$

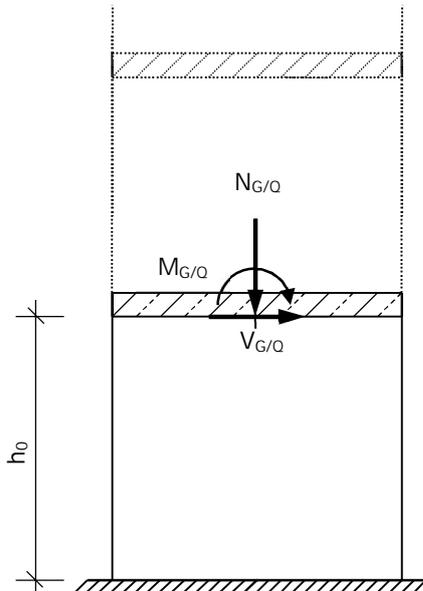
Durchlaufkoeffizient für den veränderlichen Lastanteil auf rechter Deckenseite

$$f_{Qk,re} = 0,5 \cdot \frac{Q_{k,re}}{q_{k,re} \cdot l_{re}}$$

## Aussteifungslasten (MWX+)

### Art

Stellt eine Einfügezeile für die Liste von Aussteifungslasten dar. Es können beliebig viele Aussteifungslasten definiert werden. Es wird kein Nachweis der Lasteinleitung in die Wand geführt, d.h. es wird davon ausgegangen, dass die Aussteifungslasten kontinuierlich (z.B. über die Deckenebenen) eingetragen werden.



### Lastwerte

Die Aussteifungslasten werden in Form der charakteristischen Werte der belastenden Schnittgrößen, d.h. Normalkraft, Querkraft und Biegemoment, definiert, die vorab anhand eines geeigneten Modells (z.B. vereinfachtes Ersatzmodell für die Aussteifungswand oder genauere Berechnung über das Frilo-Gebäudemodell GEO) bestimmt werden müssen.

(Die Normalkräfte ergeben sich bei im Geschossgrundriss exzentrisch angeordneten Wandscheiben.)

Wert	Beschreibung
$N_G$	Ständiger Anteil der Normalkraft am Wandkopf in [kN]
$N_Q$	Veränderlicher Anteil der Normalkraft am Wandkopf in [kN]
$V_G$	Ständiger Anteil der Querkraft am Wandkopf in [kN]
$V_Q$	Veränderlicher Anteil der Querkraft am Wandkopf in [kN]
$M_G$	Ständiger Anteil des Biegemoments am Wandkopf in [kNm]
$M_Q$	Veränderlicher Anteil des Biegemoments am Wandkopf in [kNm]

Da über die Wandhöhe keine weiteren Aussteifungslasten angreifen, sind die Querkräfte am Wandfuß mit denen am Wandkopf identisch. Die Momente am Wandfuß unterscheiden sich von denen am Wandkopf um den Anteil  $V \cdot h_0$ , d.h. jegliche Einspannwirkung am Wandkopf wird vernachlässigt.

### Einwirkung

Einwirkung des veränderlichen Lastanteils. Der ständige Lastanteil wird stets der ständigen Einwirkung zugeordnet. Wird eine Schublast als außergewöhnlich (nicht Erdbeben) definiert, wird im Programm davon ausgegangen, dass es sich um eine Windlast handelt. Bei Einwirkungskombinationen, die dann diese

Einwirkung beinhalten, gilt die Wandscheibe als Windscheibe und der Schubkorrekturfaktor  $\alpha_c$  wird in Rechnung gestellt.

Bei Nachweis nach DIN 1053-1 ist die Zuordnung der Einwirkungsgruppen nicht erforderlich. Es ist lediglich festzulegen, ob eine Aussteifungslast als Erdbebenwirkung behandelt werden soll. In diesem Fall werden in jeder Lastfallkombination, an der diese Last beteiligt ist, die zusätzlichen Regelungen aus DIN 4149 berücksichtigt.

#### ZusGrp

Gibt die Nummer der Lastfallgruppe an, deren Lastfälle stets gleichzeitig wirkend angenommen werden sollen. Eine Zuweisung der Nummer „0“ bedeutet, dass keine Zuordnung der Last zu einer „Zusammengehörigkeitsgruppe“ bestehen soll.

#### AltGrp

Gibt die Nummer der Lastfallgruppe an, deren Lastfälle niemals gleichzeitig wirkend angenommen werden sollen. Eine Zuweisung der Nummer „0“ bedeutet, dass keine Zuordnung der Last zu einer „Alternativgruppe“ bestehen soll.

#### Text

Hier besteht die Möglichkeit, einen kurzen Hinweis oder eine Positionsbezeichnung einzugeben. Der Text wird in die Ausgabe übernommen.

*Hinweise: Die zur Berechnung des Schubspannungsverteilungsfaktors benötigte Gesamthöhe der Wandscheibe muss vom Benutzer bei der Wanddefinition vorgegeben werden.*

*Für die ordnungsgemäße Bestimmung des Schubanpassungsfaktors nach DIN EN 1996-1-1 ist die zutreffende Wahl der Einwirkungsgruppe des veränderlichen Lastanteils wichtig! Windscheiben werden nur dann als solche erkannt, wenn der Windlastanteil mindestens 75% der Gesamtlast ausmacht.*

## Erddruck (MWM+)

### Vereinfachtes Verfahren

#### Höhe Erdanschüttung

Gibt die Anschütthöhe des Füllmaterials, gemessen vom Wandfuß, an.

#### Wichte

Gibt die Wichte des Füllmaterials an.

Hinweis: Sobald eine Anschütthöhe  $> 0$  definiert worden ist interpretiert MWM+ die unterste Wand als Kellerwand und führt auch die Nachweise auf Grundlage der vereinfachten Regelungen für Kellerwände (ohne Berechnung des Erddrucks). Bei sehr geringen Anschütthöhen und gleichzeitig sehr hohen vorhandenen vertikalen Auflasten kann der Nachweis daher weit auf der sicheren Seite liegen.

### Genauerer Verfahren

Sobald eine Anschütthöhe  $> 0$  eingegeben wird, erfolgt programmintern eine Erddruckermittlung auf Grundlage von DIN 4085 bzw. EN 1997 (getrennt für Bodeneigengewicht und Verkehrslast auf Geländeoberfläche). Der ermittelte Erddruck wird dann als äußere Belastung bei der Schnittgrößenermittlung und der anschließenden Nachweisführung angesetzt.

### Höhe Erdanschüttung

Gibt die Anschütthöhe des Füllmaterials, gemessen vom Wandfuß, an. Im Rahmen des vereinfachten Nachweisverfahrens wird die max. Anschütthöhe auf die lichte Höhe des Kellergeschosses begrenzt. Im genaueren Verfahren kann die Anschüttung auch über die Höhe der Kellerdecke hinausgehen, wobei in diesem Fall die Horizontalbeanspruchung aus Erddruck auch auf die entsprechend höher gelegenen Wände angesetzt wird.

### Wandreibungswinkel

Definiert die bei der Erddruckberechnung anzusetzende Rauigkeit der Wandoberfläche in den grundbautypischen Klassen: glatt, weniger rau, rau und verzahnt.

### Wichte

Gibt die Wichte des Füllmaterials an.

### Effektiver Reibungswinkel

Gibt den effektiven inneren Reibungswinkel des Bodens an, der zur Beurteilung der Scherfestigkeit des Bodens herangezogen wird.

### Kohäsion

Gibt die effektive Kohäsion des Bodens an, die zur Beurteilung der Scherfestigkeit des Bodens herangezogen wird. Bei Kohäsionswerten  $> 0$  wird - falls notwendig - automatisch der Mindesterdruddruck angesetzt.

### Erddruckansatz

Gibt den Faktor für die Berechnung des Spannungszustandes im erhöhten aktiven Erddruck an. Die Berechnung erfolgt nach  $E'_a = E_a \cdot \mu + E_0 \cdot (1 - \mu)$ . Damit gilt für aktiven Erddruck:  $\mu = 1$ , für den Erdruhdruddruck:  $\mu = 0$  und für erhöhten aktiven Erddruck:  $\mu$  zwischen 0 und 1.

### Verkehrslast

Gibt eine gleichmäßig verteilte Flächenverkehrslast auf der Geländeoberfläche an, die als unendlich ausgedehnt betrachtet werden darf.

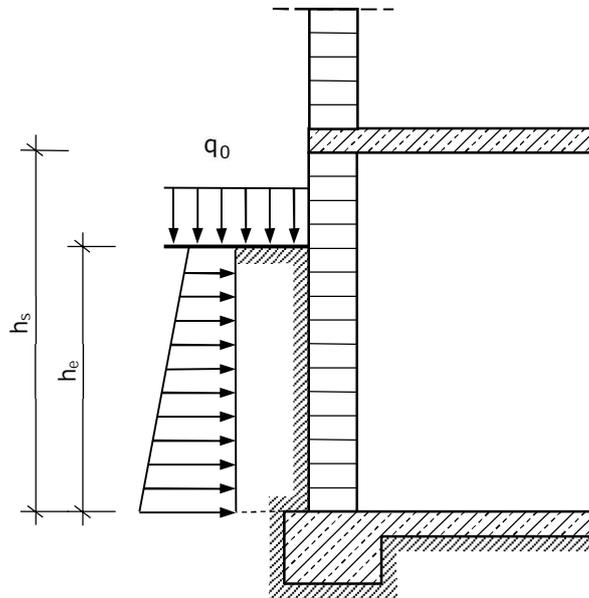
### Einwirkung

Gibt die Einwirkung der definierten Verkehrslast an.

## Erddruck (MWK+)

### Bodenparameter

#### Höhe der Erdanschüttung $h_e$



#### Wandreibungswinkel $\delta$

Gibt die Oberflächenbeschaffenheiten der Kellerwand an, auf Grundlage dessen der Wandreibungswinkel berechnet wird.

Wandflächenbeschaffenheit	Wandreibungswinkel		
	DIN 4085 Tabelle AAA.1	ÖNORM B 4434 Tabelle 2 <sup>1)</sup>	BS 8002
verzahnt Betonoberflächen, die sich mit dem angrenzenden direkt verzahnen.	$\delta = \varphi'_k$	$\delta = \frac{2}{3} \cdot \varphi'_k$	
rau Unbehandelte Oberflächen aus Stahl, Beton oder Holz	$\delta = \frac{2}{3} \cdot \varphi'_k$		
weniger rau Wandbekleidungen aus Kunststoffplatten	$\delta = \frac{1}{2} \cdot \varphi'_k$		
glatt Schmierige Hinterfüllungen, Dichtungsschichten	0		

#### Wichtes des Bodens $\gamma$

Rechenwert bzw. charakteristische Wert der Wichte des anstehenden Bodens an.

#### Effektiver Reibungswinkel

Gibt den effektiven inneren Reibungswinkel des Bodens an, der zur Beurteilung der Scherfestigkeit des Bodens herangezogen wird.

### Kohäsion

Gibt die effektive Kohäsion des Bodens an, die zur Beurteilung der Scherfestigkeit des Bodens herangezogen wird.

### Erddruckansatz

Gibt den Faktor für die Berechnung des Spannungszustandes im erhöhten aktiven Erddruck an. Die Berechnung erfolgt nach  $E'a = E_a \cdot \mu + E_0 \cdot (1 - \mu)$ . Damit gilt für aktiven Erddruck:  $\mu = 1$ . Damit gilt für den Erdrückdruck:  $\mu = 0$ . Damit gilt für erhöhten aktiven Erddruck:  $0 < \mu < 1$ .

### Erddruckfigur

Gibt an, ob die Erddruckfigur als klassische Dreiecksverteilung oder als äquivalente konstante Erddrucklast angesetzt wird.

### Verdichtungserddruck

Gibt an, ob und wie ein Verdichtungserddruck angesetzt werden soll.

Einstellung	Bemerkungen	
keiner	Es wird kein Verdichtungserddruck in Ansatz gebracht.	
DIN 4085	Der Verdichtungserddruck wird nach DIN 4085 berechnet.	
	b	Gibt die Breite des Verdichtungsbereiches in [m] an.
ÖNORM B 4434	Der Verdichtungserddruck wird nach ÖNORM B 4434 berechnet.	
	V	Vertikale Verdichtungslast als Linienlast in [kN/m].
nach Franke	Der Verdichtungserddruck wird nach <i>Franke</i> für leichte Verdichtung auf Grundlage des Ansatzes nach DIN 4085 berechnet. Demnach darf bei Beschränkung auf leichtes Verdichtungsgerät (Vibrationsplatten mit einer Masse von nicht mehr als 250 kg) sowohl bei nachgiebigen als auch bei unnachgiebigen Wänden ein Verdichtungserddruck von 15 kN/m <sup>2</sup> anstatt der Werte aus DIN 4085 in Ansatz gebracht werden.	
nach Spottka	DIN 4085 (1987), Beiblatt 1, legitimierte den Verdichtungsansatz von <i>Spottka</i> für den Fall mittlerer Verdichtungsenergien. Die Gültigkeit des Ansatzes beschränkt sich auf Verdichtungsgeräte mit max. Verdichtungsbreiten von 50 cm und max. Zentrifugalkräften von 15 kN. Die Wirkungstiefe $z_1$ ergibt sich in Abhängigkeit von der Schwinglast zu $z_1 = 0,35$ m für Schwinglasten $\leq 1,2$ kN, ansonsten zu $z_1 = 0,60$ m.	
	Schwinglast < 1.2 kN	
	Schwinglast > 1.2 kN	
	b	Breite des Verdichtungsgeräts in [m].

Bei Bemessung nach DIN 1053-1 und DIN 1053-100 sowie nach BS EN 1996-1-1 wird in Verdichtungserddruck nach DIN 4085 angesetzt. Bei Bemessung ÖNORM EN 1996-1-1 wird in Verdichtungserddruck nach ÖNORM B 4434 angesetzt.

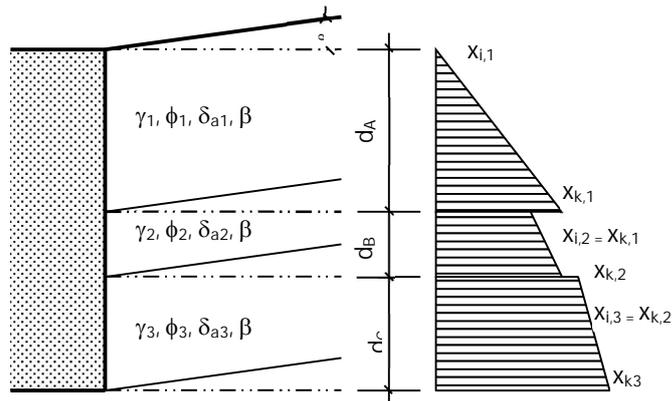
## Bodenschichten

### Bezeichnung

Bezeichnung der Bodenschicht.

### $x_i / x_k$

Anfangs- und Endkoordinate der Bodenschicht, gemessen von Oberfläche Gelände.



### Gamma/Gamma'

Rechenwert der Wichte des Bodens und Wichte unter Auftrieb.

### phi'

Effektiver innerer Reibungswinkel der Bodenschicht.

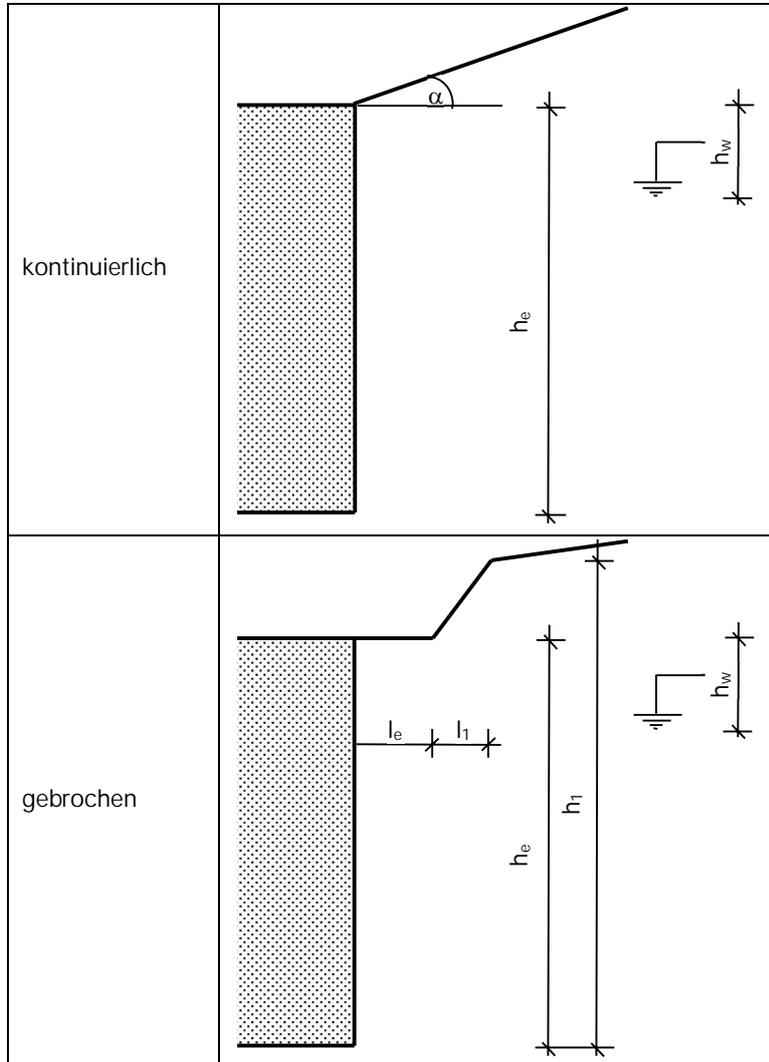
### $c'$

Effektive Kohäsion der Bodenschicht.

## Wasser und Böschung (MWK+)

### Böschungstyp

Gibt an, ob und wie das Gelände ansteigt.

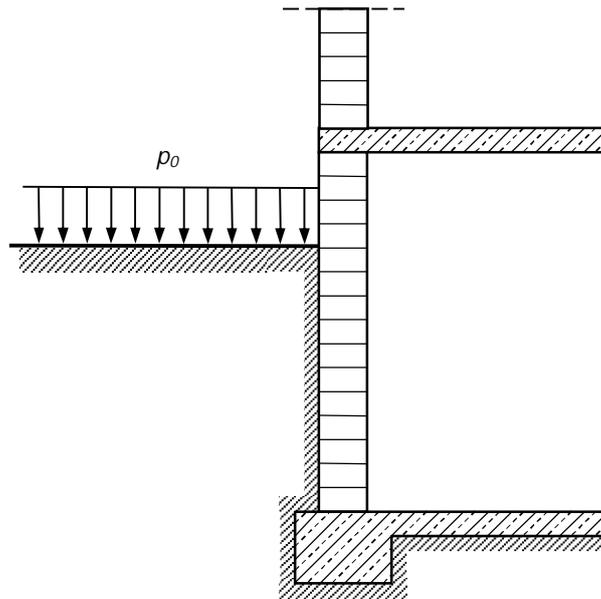


## Lasten auf Gelände (MWK+)

### Gleichmäßig verteilte Verkehrslast auf Geländeoberfläche

#### $p_0$

Es wird von einer unendlich ausgedehnten, gleichmäßig verteilten, veränderlichen Oberflächenlast ausgegangen, die in eine Einwirkungsgruppe zugeordnet wird.



#### Einwirkung

Einwirkung der gleichmäßig verteilten Verkehrslast. Bei Nachweis nach DIN 1053-1 ist die Zuordnung der Einwirkungsgruppen nicht erforderlich.

## Linien –oder Einzellast auf Geländeoberfläche (MWK+)

### Art

Gibt an, ob es sich um eine Linienlast oder Einzellast handelt. Eine Linienlast erstreckt sich über die gesamte Wandlänge.

### Lastwerte

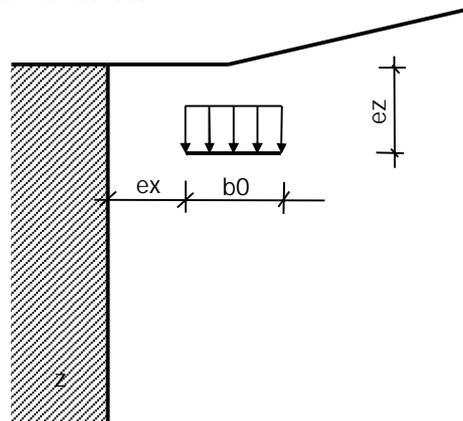
Wert	Beschreibung
$G / g_0$	Ständiger Lastanteil in [kN] bzw. [kN/m]
$Q / q_0$	Veränderliche Lastanteil in [kN] bzw. [kN/m]

### $b_0$

Breite der Linienlast

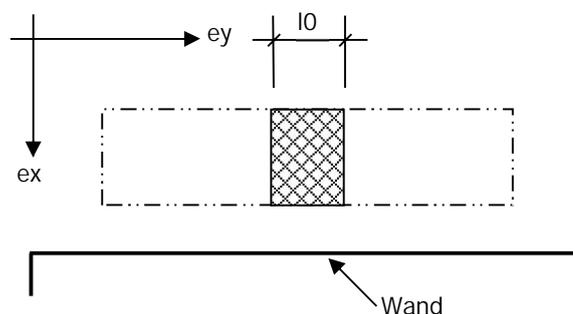
### $e_x / e_z$

Horizontaler (bezogen auf die Außenkante der Kellerwand) und vertikaler Lastabstand (bezogen auf Geländeoberfläche) der Linien- bzw. Einzellast.



### $l_0 / e_y$

Länge der Einzellast [ $l_0$ ]. Abstand der Einzellast von der Wandkante [ $e_y$ -Richtung].



### Einwirkung

Einwirkung des veränderlichen Lastanteils. Der ständige Lastanteil wird stets der ständigen Einwirkung zugeordnet. Bei Nachweis nach DIN 1053-1 ist die Zuordnung der Einwirkungsgruppen nicht erforderlich.

### Text

Hier besteht die Möglichkeit, eine kurzen Hinweis oder eine Positionsbezeichnung einzugeben. Der Text wird in die Ausgabe übernommen.

## Nachweisführung

### Nachweisstellen

Es werden die folgenden Nachweise geführt, sofern die vom Benutzer definierten Belastungen eine entsprechende Beanspruchung hervorrufen.

Die Nachweise werden an den maßgebenden Stellen Wandkopf, halbe Wandhöhe und Wandfuß geführt. Um darüber hinaus auch die Tragfähigkeit von Wänden bei dominierender Plattenbeanspruchung (z.B. windbeanspruchte Außenwände mit geringer Auflast) korrekt nachweisen zu können, wird als zusätzliche Nachweisstelle der Höhengchnitt untersucht, an dem sich ein lokales Maximum der Exzentrizität in Wanddickenrichtung einstellt. (Sofern dieser Höhengchnitt nicht mit der halben Wandhöhe zusammenfällt. In diesem Fall fällt der Knicknachweis in halber Wandhöhe stets ungünstiger aus.)

Beim Nachweis von aussteifenden Wandscheiben ist von Bedeutung, ob es sich bei der nachzuweisenden Wand um eine Windscheibe handelt (in diesem Fall darf der günstig wirkende Schubkorrekturfaktor  $\alpha$  angewendet werden). Es wird genau dann von dem Vorliegen einer Windscheibe ausgegangen, wenn als Aussteifungslasten ausschließlich

- ständige Lasten (gewöhnlich ständiger Anteil aus Gebäudeschiefstellung, nicht dominierend!)
- Windlasten
- sonstige Lasten (gewöhnlich veränderlicher Anteil aus Gebäudeschiefstellung)
- außergewöhnliche Lasten (gewöhnlich Windlasten, die als außergewöhnlich angesehen werden dürfen) definiert worden sind.

### Nachweise nach EN 1996-1-1

#### Nachweis nach dem vereinfachten Rechenverfahren

Wird unter Einstellung für das vereinfachte Rechenverfahren für den Parameter „Nachweisstellen“ der Wert „maximale Normalkraft“ gewählt, werden folgende Nachweise geführt:

Nachweisstelle	Nachweise	Bemerkung
Wandfuß	Normalkrafttragfähigkeit <sup>1)</sup>	
	Schubtragfähigkeit unter Scheibenschub	
	Randdehnung	mit $E = 1000 \cdot f_k$
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängsrichtung	
Wandkopf	Teilflächenpressung unter Einzellasten	

1) Falls sich infolge Lastausbreitung unter Einzellasten in halber Wandhöhe höhere Beanspruchungen als am Wandfuß ergeben, werden diese dem Nachweis zu Grunde gelegt.

Wird unter Einstellung für das vereinfachte Rechenverfahren für den Parameter „Nachweisstellen“ der Wert „getrennt Wandfuß, Wandmitte, Wandkopf“ gewählt, werden folgende Nachweise geführt:

Nachweisstelle	Nachweise	Bemerkung
Wandkopf	Normalkrafttragfähigkeit	Traglastminderung inf. Deckendrehwinkel der aufgelagerten Deckenebene
	Schubtragfähigkeit unter Scheibenschub	
	Randdehnung	mit $E = 1000 \cdot f_k$
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängsrichtung	
	Auflagerpressung unter Einzellasten	
halbe Wandhöhe	Normalkrafttragfähigkeit	Traglastminderung inf. Knickschlankheit
Wandfuß	Normalkrafttragfähigkeit	Traglastminderung inf. Deckendrehwinkel der unteren Deckenebene
	Schubtragfähigkeit unter Scheibenschub	
	Randdehnung	mit $E = 1000 \cdot f_k$
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängsrichtung	

## Nachweis nach dem genaueren Rechenverfahren

Nachweisstelle	Nachweise	Bemerkung
Wandkopf	Normalkrafttragfähigkeit	
	Schubtragfähigkeit bei Scheiben- und Plattenschub	
	Randdehnung	mit $E = 1000 \cdot f_k$
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängs- und Wanddickenrichtung	
	Teilflächenpressung unter Einzellasten	
halbe Wandhöhe	Normalkrafttragfähigkeit	
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängs- und Wanddickenrichtung	
max. Ausmitte in Wanddickenrichtung	Normalkrafttragfähigkeit	ohne Berücksichtigung einer ungewollten Ausmitte
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängs- und Wanddickenrichtung	
Wandfuß	Normalkrafttragfähigkeit	
	Schubtragfähigkeit bei Scheiben- und Plattenschub	
	Randdehnung	mit $E = 1000 \cdot f_k$
	Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität in Wandlängs- und Wanddickenrichtung	

## Bemessungssituationen und Lastkombinationen

Nachweis	Bemessungssituation/Lastkombination
Normalkrafttragfähigkeit	ständige/vorübergehende oder außergewöhnliche Situation (inkl. Erdbeben)
Schubtragfähigkeit	ständige/vorübergehende oder außergewöhnliche Situation (inkl. Erdbeben)
Begrenzung der planmäßigen Exzentrizität	charakteristische Lasten (beinhalten außergewöhnliche Lasten, aber kein Erdbeben)
Randdehnung	seltene oder häufige Kombination (beinhalten keine außergewöhnlichen Lasten)

Nach DIN EN 1996-1-1 darf der Randdehnungsnachweis anstatt für die seltene Bemessungssituation alternativ für die häufige Bemessungssituation nach DIN EN 1990 erbracht werden, wenn gleichzeitig auf den Ansatz der Haftscherfestigkeit beim Nachweis der Schubtragfähigkeit verzichtet wird.

In diesem Sinne wird vom MWX+ zunächst der Nachweis der Wand für die seltene Bemessungssituation geführt. Geht dabei der Nachweis der Randdehnung nicht auf und birgt der Schubnachweis gleichzeitig noch Reserven, so wird anschließend der gesamte Nachweis der Wand wiederholt, dann jedoch unter Verzicht des Ansatzes der Haftscherfestigkeit beim Schubnachweis und Zugrundelegung der häufigen Bemessungssituation beim Randdehnungsnachweis.

## Ausgabe

Siehe auch [Ausgabe und drucken](#).

### Allgemeines

Einstellung	Beschreibung
Systemgrafik	Ausdruck der Systemgrafik des Gesamtsystems
Kurzdruck	Kompakter System- und Ergebnisausdruck. Wird der Kurzdruck gewählt, wird vom Programm die Ausgabe automatisch gewählt. Der Anwender hat dann nur noch beschränkt Einfluss auf den Inhalt der Textausgabe.
Legenden	Wird diese Option gewählt, werden im Ausdruck sämtliche Tabellen durch Legenden detailliert beschrieben. Steht im Kurzdruck nicht zur Verfügung.

### System

Einstellung	Beschreibung
Bemerkungen	Ausdruck der Bemerkungen zum System.
Materialkennwerte	Ausdruck detaillierter Materialkennwerte in Tabellenform.
Wände	Ausdruck der Mauerwerkswände in Tabellenform.
Geschossdecken	Ausdruck der Geschossdecken in Tabellenform.

### Lasten

Einstellung	Beschreibung
Bemerkungen	Ausdruck der Bemerkungen zum System.
Einwirkungen	Ausdruck der Einwirkungen einschließlich ihrer Teilsicherheitsfaktoren und Kombinationsbeiwerte.
Wandlasten	Ausdruck der vertikalen Lasten, die unmittelbar am Wandkopf definiert werden. Die Eigengewichte und die Eigengewichtszuschläge werden bei den Wänden mit ausgegeben.
Deckenlasten	Ausdruck der vertikalen Lasten, die unmittelbar auf den Geschossdecken definiert werden.
Horizontallasten	Ausdruck der horizontalen Lasten auf die zu bemessende Wand.
Aussteifungslasten	Ausdruck der Aussteifungslasten auf die zu bemessende Wand.

## Ergebnisse

Einstellung	Beschreibung
Bemerkungen	Ausdruck der Bemerkungen zu den Berechnungsergebnissen.
Lastfallkombinationen	Ausdruck der den Nachweisen zugrunde liegenden Lastfallkombinationen.
Schnittgrößen	Ausdruck der den Nachweisen zugrunde liegenden Bemessungswerte der Schnittkräfte
Druckbeanspruchung	Ausdruck Nachweis bei Druckbeanspruchung. I.d.R. immer enthalten.
Plattenschub	Ausdruck Nachweis auf Plattenschub.
Scheibenschub	Ausdruck Nachweis auf Scheibenschub.
Randdehnungsnachweis	Ausdruck Randdehnungsnachweis bei Scheibenschub. Nur bei Bemessung nach DIN 1053
klaffende Fuge	Nachweis der klaffenden Fuge in Wanddicken- und Wandlängsrichtung. Nur bei Bemessung nach DIN 1053-1 und DIN 1053-100

## Ergebnisgrafiken

Einstellung	Beschreibung
Schnittkraftbilder	Ausdruck der Schnittkraftbilder für jeden Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

## Verbundene Programme / Schnittstellen

In den Mauerwerksprogrammen ist unter dem Button „Verbundene Programme“ in der Ribbonbar am oberen Bildschirmrand eine Lastweiterleitung an die Fundamentprogramme

- FD+ Einzelfundament (nur MWP+)
- FDS+ Streifenfundament (nicht MWP+)
- FDR+ Randstreifenfundament (nicht MWP+)

sowie an die Mauerwerksprogramme selbst implementiert.

Mit der Lastweiterleitung an ein Mauerwerksprogramm kann z.B. eine Wand aus MWX+ direkt in eine MWK+-Position konvertiert werden (Kennzeichnung „System“, Geometrie und Lasten werden unverändert übernommen) oder aber eine neue Position, die sich belastungsmäßig unterhalb der betrachteten Wand befindet, erzeugt werden (Kennzeichnung „Last“).

Die Lastweiterleitung an die Fundamentprogramme erlaubt dem Benutzer, die Auflagerkräfte von Wänden im untersten Geschoss bzw. Pfeiler für den Nachweis direkt darunter liegender Fundamente zu verwenden.

Nach Auswahl des zutreffenden Fundamentprogramms wird dieses direkt gestartet und automatisch die Belastungen in Form der im Mauerwerkprogramm verwendeten Einzellastfälle generiert. Dem Benutzer obliegen anschließend nur noch die Vervollständigung der fundamentspezifischen Angabe sowie die Kontrolle der übernommenen Lastwerte.

Aufgrund der spezifischen Funktionalitäten der Fundamentprogramme FDS+ und FDR+ werden unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Lastaufbereitung verfolgt, die im Folgenden kurz erläutert werden.

### Streifenfundament FDS+

Das Programm FDS+ verarbeitet ausschließlich Stabschnittgrößen (kein abgetreppter Verlauf der bezogenen Normalkraft über die Wandlänge, z.B. aus Lastausbreitung etc.), d.h. die Anwendung ist beschränkt auf

1. kurze Wände, bei denen von einer starren Kinematik in Wandlängsrichtung ausgegangen werden kann
2. Wände mit konstantem Verlauf der Auflagerreaktionen in Wandlängsrichtung (auch keine Exzentrizitäten in Wandlängsrichtung vorhanden!)

Es werden daher ausschließlich die Normalkraftresultierenden der Auflagerreaktionen, genauer die Resultierende der Normalkraft und des Biegemoments in Wandlängsrichtung (Klaffen in diese Richtung verursachend) weitergegeben. Schubkräfte in Wandlängsrichtung können vom FDS+ ebenfalls nicht verarbeitet werden (es werden keine Nachweise der Gleitsicherheit geführt).

Einspannmomente und Schubkräfte infolge Plattenbeanspruchung werden ebenfalls nicht weitergeleitet, da im FDS+ keine Vorkehrungen zur Begrenzung der Einspannmomente (entspr. der im Mauerwerksbau eingeführten Rücksatzregel) implementiert sind.

Sofern aufgrund der gewählten Fundamentabmessungen Biegemomente um die Fundamentlängsachse dennoch bedeutsam werden sollten, muss hier der Benutzer manuell die übergebenen Lasten im Eingabedialog des FDS+ ergänzen.

### Randstreifenfundament FDR+

Im Fundamentprogramm FDR+ wird die Bemessung für einen 1-m Streifen vorgenommen, d.h. über die Fundamentlänge veränderliche Belastungsverläufe finden keine Berücksichtigung. Die Bemessung des Fundaments muss an der Stelle der größten bzw. maßgebenden Belastung stattfinden.

Bei Vorhandensein mehrerer Einzellasten und somit einem mehrfach abgetreppten Verlauf der Auflagerkraft über die Wandlänge ist jedoch aus Gründen der Lastkombinatorik vorab nicht klar, welche Stelle für den Fundamentnachweis maßgebend wird (u.U. unterschiedliche Lastfaktoren für jede Einzellast).

Bei der Lastweiterleitung wird auf der sicheren Seite liegend angenommen, dass sich die Lastausbreitungsbereiche aller Einzellasten am Wandfuß überschneiden. Es ist leicht nachzuvollziehen, dass für max. Abstände zwischen den beiden äußersten Einzellasten von ca. 1,2-facher lichter Wandhöhe diese Überschneidung tatsächlich stattfindet (ausgehend von einem Lastausbreitungswinkel von  $60^\circ$ ). Anderenfalls kann der Benutzer eigenverantwortlich einzelne Lastfälle aus der automatisch generierten Lastzusammenstellung im FDR+ entfernen.

Einspannmomente und Schubkräfte infolge Plattenbeanspruchung werden nicht weitergeleitet, da im FDR+ keine Vorkehrungen zur Begrenzung der Einspannmomente (entspr. der im Mauerwerksbau eingeführten Rücksatzregel) implementiert sind. Wie eingangs erläutert müssen Scheibenbeanspruchungen ebenfalls unberücksichtigt bleiben.

Sofern aufgrund der gewählten Fundamentabmessungen Biegemomente um die Fundamentlängsachse dennoch bedeutsam werden sollten, so muss hier der Benutzer manuell die übergebenen Lasten im Eingabedialog des FDR+ ergänzen.

## SCIA Engineer Schnittstelle

Über eine Schnittstelle von SCIA Engineer zu MWX können Mauerwerkswände bemessen werden. Siehe hierzu [Workflowpaper SCIA-MWX](#)

## Häufig gestellte Fragen

Sollte ich stets das genauere Nachweisverfahren wählen, weil die aufwändigeren Berechnungen ja ohnehin durch die Software erledigt werden?

Nein! Sofern anwendbar sollte dem vereinfachten Nachweisverfahren der Vorzug gegeben werden, da es nur unwesentlich konservativere Nachweisergebnisse liefert und aufgrund der geringeren Anzahl von Eingangsparametern wesentlich robuster in der Anwendung ist. Die Wahrscheinlichkeit von Eingabefehlern und damit unzutreffenden Berechnungen minimiert sich dabei.

Insgesamt erfordert ein Nachweis nach dem genaueren Verfahren eine wesentlich tiefgründigere Vertrautheit mit den Grundlagen des Tragverhaltens von Mauerwerk und deren rechnerischer Umsetzung als ein Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren!

Kann ich mit dem Programm MWX+ auch Stockwerkswände nachweisen?

Nein. Das Programm MWX+ wurde ausschließlich zum Nachweis von einzelnen Wänden konzipiert. Seine Stärke liegt im isolierten Nachweis einzelner Wände, deren Einbindung ins Gesamttragwerk näherungsweise über die ober- und unterhalb anschließenden Wände mit entsprechenden Lagerungsbedingungen erfasst werden. Zum Nachweis von Stockwerkswänden kann auf das Programm MWM+ zurückgegriffen werden.

Wie ist die in den Programmen verwendete Deckenstützweite definiert?

Die in den Programmen eingegebene Deckenstützweite wird als lichter Abstand zwischen Wandoberfläche und der Achse des abseitigen Deckenlagers interpretiert. Der Eingabewert geht zuzüglich der halben Wanddicke direkt in sämtliche Nachweise ein.

Ein möglicher zweiachsiger Lastabtrag wird nicht automatisch über eine reduzierte Deckenstützweite berücksichtigt. Hier muss der Anwender einen Effektivwert der Deckenstützweite vorgeben, so dass die Deckenendverdrehung im ebenen Ersatzsystem (= Balken) der Endverdrehung der Platte entspricht.

Wo kann ich einstellen, ob Nutzlasten als abhängig oder unabhängig betrachtet werden sollen?

Sämtliche veränderliche Lasten werden generell als unabhängig betrachtet. Nutzlasten der Kategorie A bis D nach EN 1990 sind entsprechend EN 1991-1-1 keine unabhängigen veränderlichen Lasten. Alle Nutzlasten dieser Kategorien sind somit nicht mit der tatsächlichen, sondern mit der ungünstigsten aller vorhandenen Kategorie zu definieren.

Wieso können in MWX+, MWM+ und MWK+ keine freistehenden Wände nachweisen?

Die Programme sind auf den Nachweis von Mauerwerkswänden im Hochbau ausgelegt, d.h. als statische Ersatzsysteme kommen ebene Rahmen zum Einsatz. Ferner gehen die meisten Nachweisansätze von unverschieblichen Halterungen der Wand am Kopf und am Fuß aus, so dass freistehende Wände einen Sonderfall darstellen, der nur unzureichend mit der allgemeinen Nachweisalgorithmik abgebildet werden kann.

Freistehende Wände können jedoch mit dem Programm MWP+ nachgewiesen werden, da hier die definierten Vertikallasten direkt mit ihren max. anzunehmenden Exzentrizitäten eingegeben werden. In MWP+ ist dafür als statisches System der Kragarm einzustellen.

Als statisches Ersatzsystem zur Ermittlung der Schnittgrößen infolge Aussteifungslasten (innerhalb der nachzuweisenden Wand) findet ein Kragarm Verwendung. Wieso?

Der Kragarm stellt eine konservative Idealisierung der tatsächlichen Verhältnisse an Aussteifungsscheiben dar. Günstige Auswirkungen der Deckenplatten (Verdrehungsbehinderungen u.Ä.) sind in der Fachwelt bekannt, jedoch existiert bislang noch ein allgemeingültiges Verfahren zur zuverlässigen Quantifizierung dieser Effekte.

### Können mit MWX+ auch Kellerwände nachgewiesen werden?

Ja, mit Einschränkungen. MWX+ untersucht ausschließlich den vertikalen Abtrag von Horizontallasten, d.h. ein Pendant zur Abminderung der erforderlichen Mindestauflast bei kurzen Wänden (z.B. aus dem bekannten Nachweis von Kellerwänden ohne Berücksichtigung des Erddrucks) ist nicht implementiert.

### Was muss beachtet werden, wenn teilaufliegende Deckenplatten verwendet werden?

Die Berechnung von Systemen mit teilaufgelagerten Deckenplatten basiert auf dem einfach nachzuvollziehenden Ansatz aus DIN EN 1996-1-1, Anhang C. Demnach wird zunächst davon ausgegangen, dass die rechnerische Wanddicke der Deckenauflagertiefe entspricht. An Wandkopf und Wandfuß werden alle Nachweise mit dieser Wanddicke geführt. Beim Knicknachweis in halber Wandhöhe wäre dieser Ansatz zu unwirtschaftlich. Daher wird hier die gesamte Wanddicke zusammen mit einer Zusatzausmitte in Größe des Schwerachsenversatzes zwischen Deckenauflagertiefe und Wandmittelachse berücksichtigt.

Zu identischen Nachweisergebnissen an Wandkopf und Wandfuß würde man auch gelangen, wenn man diese Vorgehensweise gewissermaßen invertiert, also die Nachweise unter Ansatz der gesamten Wanddicke führt, dort die vorhandenen Exzentrizitäten aber um den vorhandenen Schwerachsenversatz vergrößert.

### Ist es sinnvoll, eine über die Wandlänge veränderliche Wandauflast durch eine Aneinanderreihung von Einzellasten zu simulieren?

Nein. Einzellasten werden im genaueren Verfahren nicht mit den Momenten aus Deckenauflagerdrehwinkel kombiniert, sondern erst in halber Wandhöhe berücksichtigt. Eine derartige Vorgehensweise würde demzufolge zu einer Überschätzung der Tragfähigkeit am Wandkopf führen. Des Weiteren können aufgrund der Überschneidung der Lastausbreitungskegel unerwartete/unrealistische Beanspruchungsverläufe über die Wandlänge entstehen.

*Hinweis: Im Gegensatz zu den Einzellasten werden Teilstreckenlasten auch beim Nachweis am Wandkopf berücksichtigt. Aufgrund der Überschneidungsproblematik bei den Lastausbreitungsbereichen sollten über die Wandlänge treppenförmige Belastungen mit Hilfe von Trapezlasten abgebildet werden, da unter diesen keine Lastausbreitung vorgenommen wird.*

### Was muss ich beim Nachweis von Positionen beachten, die aus dem FRILO-Gebäudemodell (GEO) exportiert worden sind?

Beim Export aus dem Gebäudemodell wird vom Programm GEO versucht, möglichst viele Eingangswerte zu belegen. Der Übergang vom Gebäudemodell zum mauerwerkstypischen statischen Ersatzsystem erfordert in vielen Fällen jedoch die Hinzuziehung tragwerksplanerischen Urteilsvermögens. Derzeit müssen nach dem Export im MWX+ noch die folgenden Eingangsgrößen kontrolliert und ggf. modifiziert bzw. hinzugefügt werden:

- alle Grundparameter, hierbei insbesondere das Wandsystem und die Festlegung der Option zur Berücksichtigung des Deckeneigengewichts auf „manuell“
- die Knickhalterungen der Wand, sowie in der vorliegenden Programmversion auch alle Materialparameter
- die maßgebenden Deckenstützweiten mit den entsprechenden Lagerungsbedingungen am abliegenden Deckenaufleger
- Deckenlasten, hierbei vor allem die Erweiterung um Lastgrößen, die durch die Lastdefinition im MWX+ nicht direkt erfasst werden (z.B. Wirkung von Teilflächenlasten auf den Deckenplatten)
- Horizontallasten (z.B. Wind auf Außenwände)

Hinsichtlich der übergebenen Lasten sind die folgenden Punkte von Bedeutung:

- Deckenlasten werden als vertikale Wandlasten übergeben. Um die Biegemomente am Wand-Decken-Knoten korrekt bestimmen zu können, werden gleichzeitig entsprechende Deckenlasten auf Grundlage der in GEO definierten Flächenlasten angelegt. Hierbei wird der Durchlauffaktor auf den Wert „0“ gesetzt, um einen Beitrag dieser Lasten zur Wandnormalkraft auszuschließen.
- Aussteifungslasten greifen i.d.R. nicht am Wandkopf an, sondern der Hebelarm der Aussteifungslasten wird so angepasst, dass sich am Wandfuß in Scheibenrichtung das korrekte Biegemoment aus der Tragwirkung des Gebäudemodells ergibt.

### Die Mauerwerksprogramme lassen nur die Eingabe von Massivdecken, nicht aber von Balkendecken zu. Wieso? Wie kann ich trotzdem den Nachweis der Wand führen?

Die Mauerwerksprogramme lassen grundsätzlich nur die Berechnung von Mauerwerkswänden zu, die durch massive und flächig aufgelagerte Deckenplatten beansprucht werden. Sämtliche Tragsicherheitsnachweise in EN 1996 gehen von dieser Prämisse aus.

Für die seitliche Halterung am Wandkopf können auch statisch nachgewiesene Ringbalken bzw. Ringanker vorgesehen werden, so dass die Nachweise zumindest nach dem vereinfachten Verfahren identisch geführt werden können.

Beim genaueren Verfahren besteht jedoch das Problem, dass die Biegemomente infolge Deckendrehwinkel nicht an den üblichen Ersatzsystemen berechnet werden können, da bei Balkendecken nicht von einer Einspannung ausgegangen werden darf. Das größte Problem besteht also in der Festlegung der Ausmitte infolge Deckendrehwinkel. Hier kann man insofern Abhilfe schaffen, dass man von der Ausmitte am Spannungsblock unter Beachtung von der sogenannten Rücksatzregel ausgeht. Diese Ausmitte kann man dann mit verschmierten Einzellasten (= Streckenlast) direkt auf die Wand als vertikale Wandlast aufbringen. Einzellasten mit einer Ausmitte in Wanddickenrichtung sind nicht möglich.

### Kann ich mit dem Programm MWM+ auch einzelne Wände nachweisen?

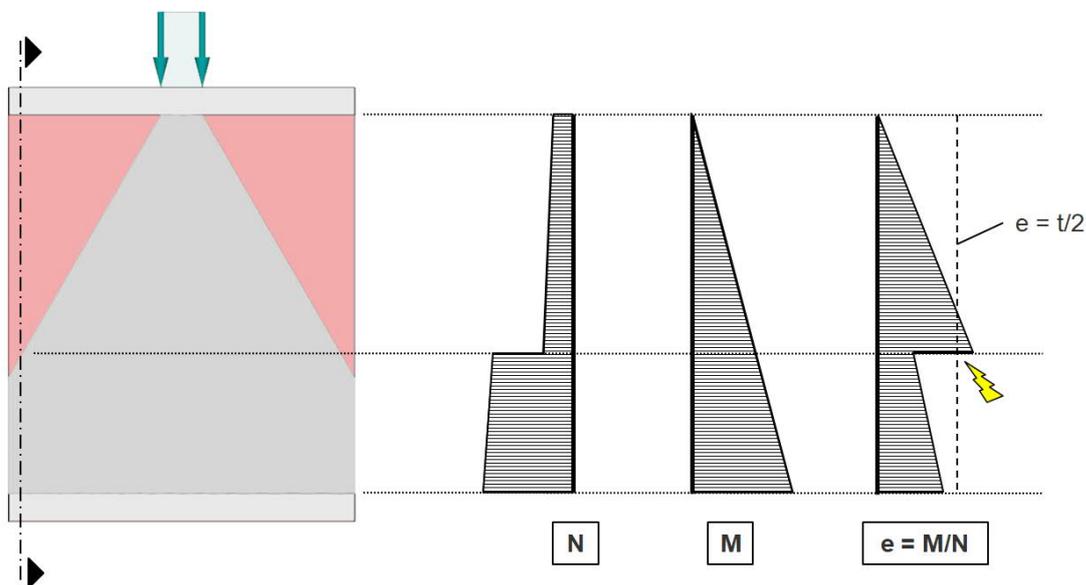
Solange Ihnen der Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren ausreicht, können sie mit MWM+ auch einzelne (d.h. aus dem Gesamtsystem heraus getrennte) Wände nachweisen, da hier keine Interaktion mit den darüber- oder darunterliegenden Wänden berücksichtigt werden muss. Bitte vergessen Sie nicht bei den Parametern für das vereinfachte Verfahren festzulegen, wie der Abminderungsfaktor der Tragfähigkeit am Wandkopf der einzelnen Wand bestimmt werden soll, da eine einzelne Wand vom Programm stets als Wand im obersten Vollgeschoss erkannt wird und somit ggf. ungewollt Tragreserven verschenkt werden.

Falls ein Nachweis nach dem genaueren Verfahren notwendig ist, sollten sie auf das Programm zum allgemeinen Mauerwerksnachweis MWX+ (bzw. Nachweis von Kellerwänden MWK+) zurückgreifen, wo je nach Einbauort der Wand der rechnerische Anschluss an das Gesamtsystem mit den in EN 1996-1-1

vorgegebenen statischen Systemen erfolgt. Aus dem Programm MWM+ heraus können Sie jede einzelne Wand über die Lastweiterleitungsfunktionen an das Programm MWX+ bzw. MWK+ exportieren.

**Wieso lassen sich manche Wände im genaueren Verfahren nicht mehr nachweisen, wenn zusätzlich eine Einzel- oder Teilstreckenlast am Wandkopf definiert wird?**

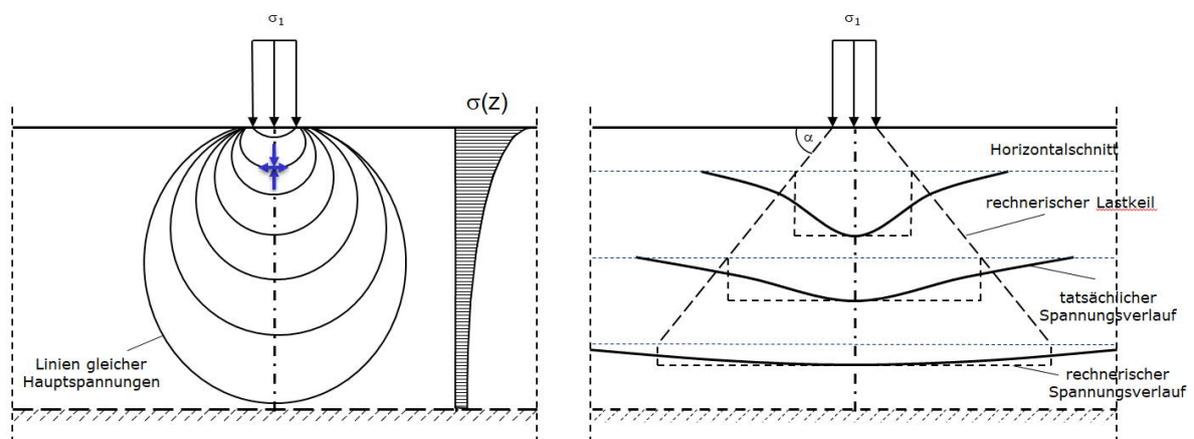
Das Problem liegt in der ingenieurmäßigen Verarbeitung der Lastausbreitung unterhalb der Einzellasten begründet. Die Annahme der Lastausbreitungskegel führt als Seiteneffekt in einigen vertikalen Nachweisschnitten (nicht unmittelbar unter der Einzellast!) Normalkraftsprünge ein, wohingegen der Momentenverlauf unverändert bleibt. Die Lastausmitte, als Grundlage sämtlicher Drucknachweise im Mauerwerksbau, weist dann innerhalb der Wandhöhe auch einen Sprung auf, der im Gegensatz zu den Nachweisstellen Wandkopf und Wandfuß nicht durch die Rücksatzregel korrigiert werden kann. Liegt die Resultierende der Normalkraft außerhalb des Wandquerschnitts, so liegt ein mechanisch unmöglicher Zustand vor. Die Wand „schlägt durch“.



### Wieso sind Lastausbreitkegel nur ingenieurmäßige Hilfsmittel?

Das Konzept des Lastausbreitwinkels eignet sich sehr gut zur Approximation der Spannungsverteilung direkt unterhalb einer Einzellast auf einem elastischen Halbraum. Der bekannte Wert  $\alpha = 60^\circ$  für den Lastausbreitwinkel basiert auf einer Auswertung der Spannungsamplituden in verschiedenen Abständen unterhalb der Einzellast. Umgekehrt ergeben sich diese Spannungswerte in beliebiger Tiefe, wenn man den Betrag der Einzellast durch deren ausgebreitete Aufstandslänge teilt.

Ingenieurmäßig wird der Ausbreitwinkel aber auch dafür verwendet, die Spannungsamplituden neben der Wirkungslinie der Einzellast zu approximieren. Es ergibt sich durch die blockförmige Abbildung der Vertikalspannung mit zunehmendem seitlichen Abstand eine immer größere Differenz zwischen Realität und Rechenmodell. Insbesondere die rechnerische Überschneidung der Ausbreitkegel mehrerer nebeneinander liegender Einzellasten kann somit schnell recht unrealistisch werden. Abhilfe würde hier eine genauere Erfassung mittels Scheibenberechnung schaffen, welche jedoch numerisch sehr aufwändig ist und gleichzeitig weitere Probleme in Form von Spannungssingularitäten u.ä. schaffen würde.



### Einwirkungsgruppen – Achtung bei Nutzlasten der Kategorie A bis D

Nutzlasten der Kategorie A bis D nach EN 1990 sind entsprechend EN 1991-1-1 keine unabhängigen veränderlichen Lasten. Alle Nutzlasten dieser Kategorien sind somit nicht mit der tatsächlichen, sondern mit der ungünstigsten aller vorhandenen Kategorien zu definieren!