

Dipl.-Ing. Johann Gottfried Löwenstein

Bauen unter Gravitation

Verformungsausgleich im Baufortschritt

Das Errichten eines Bauwerks erfolgt nicht im gravitationsfreien Raum. Das Bauen erfolgt über eine so große Zeitspanne, dass bereits während der einzelnen Bauphasen Verformungen auftreten. Die jeweils folgenden Bauabschnitte entstehen auf dem verformten Teilsystem und gleichen die vorhandenen Verformungen im Baufortschritt wieder aus. Gleichzeitig führt jeder neue Bauabschnitt zu einer Verformung im bis dato erstellten Teilsystem. Sobald man ein Tragwerk im Gesamtsystem berechnet, muss man sich mit der Frage beschäftigen, welchen Einfluss dieser Ausgleich auf das statische System hat.



Quelle: wikipedia, Vinhtantran - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Slab_Formwork_Tables.JPG

Systemerkennung

Vor der ersten statischen Berechnung muss das statische Tragsystem erkannt werden. Erst danach kann das geeignete Berechnungsverfahren ausgewählt werden. Hierin liegt die erste wichtige Modellbildung, auf der die gesamte weitere Berechnung aufbaut.

Modellbildung

Die Verantwortung und die Kunst des Tragwerkplaners ist es, das geplante Tragwerk möglichst realitätsnah abzubilden. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist es, das dazu geeignete Berechnungsmodell zu verwenden. Die Grundlagen des Berechnungsmodells müssen bekannt sein und dessen Anwendungsgrenzen sind einzuhalten.

Gesamtmodell oder Positionsstatik

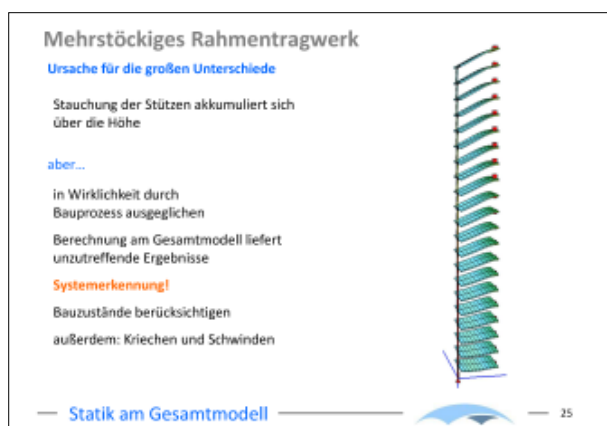
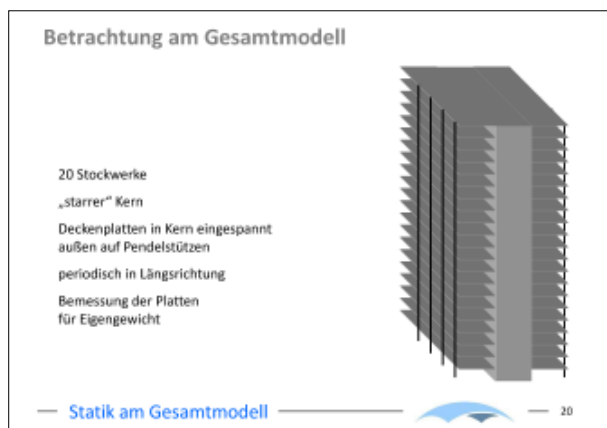
Bei einfach gegliederten Tragstrukturen bietet sich die Aufteilung in einzelne unabhängige Positionen an, wobei der Lastabtrag von oben nach unten konsequent verfolgt wird. Das heißt vom Sparren über die Pfetten auf die Stützen, über Decken in die Wände bis ins Fundament. Dabei müssen die gewählten Randbedingungen die vorhandene Konstruktion hinreichend sicher erfassen. Komplexere Tragsysteme erfordern ggf. eine Berechnung am Gesamtsystem. Als geeignete Berechnungsverfahren kommen dann ebene oder räumliche FE-Systeme zum Einsatz. In beiden Fällen folgen auf die erste Entscheidung weitere Modellbildungen.

Modellbildungen in der Positionsstatik

Innerhalb der Positionsstatik erfolgt für jede Position zur Wahl des richtigen Berechnungsverfahrens eine Modellbildung, deren Anwendungsgrenzen einzuhalten sind. Ein typischer Grenzwert wird z.B. erreicht, sobald ein Träger wegen seiner Abmessungen nicht mehr der Balkentheorie entspricht, sondern bereits als wandartiger Träger gilt.

Modellbildungen beim Rechnen am Gesamtmodell

Neben dem Gesamttragwerk müssen je nach Tragstruktur auch Bauabschnitte berechnet werden, um bei schwierigen Aufgabenstellungen die Standsicherheit auch während den Bauphasen jederzeit zu gewährleisten. Außerdem müssen u.U. auch herstellungsabhängige Einflüsse berücksichtigt werden. Dazu gehört der Verformungsausgleich im tatsächlichen Baufortschritt.



Prof. Dr.-Ing. Manfred Bischoff, Universität Stuttgart

Verformungsausgleich im Baufortschritt

Der Verformungsausgleich findet fast unbemerkt statt, weil es durch den Ortbeton zu einem automatischen Höhenausgleich kommt. Im Stahlbau wird durch sogenannte Futterbleche ausgeglichen. Setzungen und Verdrehungen an den Verbindungsstellen zwischen zwei Bauabschnitten werden so automatisch oder ganz bewusst ausgeglichen.

Immanente Berücksichtigung in der Positionsstatik

Solange ein Tragwerk durch Zerlegen in einzelne Bauglieder berechnet werden kann, findet dieser Verformungsausgleich, der ja je nach Bauweise tatsächlich auf der Baustelle erfolgt, seine Berücksichtigung im Modell durch die Betrachtung herausgelöster Bauteile, den Positionen.

Fehlende Berücksichtigung im Gesamtsystem

In Berechnungen am Gesamtsystem fehlen in der Regel die Korrekturen der durch den Verformungsausgleich veränderten Bauteillängen im statischen Modell. Wird stattdessen unverändert mit der idealisierten Systemlänge gerechnet, kann es zu fehlerhaften Ergebnissen kommen. Das gilt sinngemäß für Stützen und Wände und dort für den Ausgleich von Verschiebungen und Verdrehungen gleichermaßen.

Stand der Diskussion

Der Verformungsausgleich im Baufortschritt ist einerseits ein in der Praxis bislang kaum wahrgenommener Effekt, andererseits beschäftigen sich Diplom- und Masterarbeiten seit Jahren mit diesem Thema und in Fachkonferenzen wird regelmäßig dazu berichtet. Dabei fallen zwei grundlegende Forderungen auf:

Berücksichtigung der Bauzustände

Im einzelnen Bauzustand kann es zu höheren Beanspruchungen kommen als im Gesamtsystem. Deshalb dürfen Bauzustände in der Beurteilung eines Tragwerks nicht vernachlässigt werden.

Gesamtsystem entspricht nicht dem Bauwerk

Bei Berechnungen am Gesamtsystem wird von idealisierten Stützen- und Wandhöhen ausgegangen. Dabei bleibt der während des Baufortschritts implizit vorgenommene Verformungsausgleich unberücksichtigt.

Bekannte Lösung

Als Lösungsansatz werden aufeinander aufbauende Berechnungen an Teilsystemen unter Ansatz differenzieller Belastungen beschrieben, der sogenannte „Systemwechsel“ oder auch das „Step by Step - Verfahren“ genannt.

M531 MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt

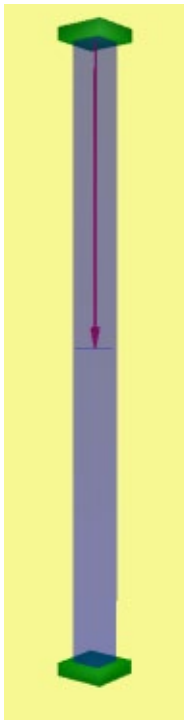
Die folgenden Artikel vertiefen diese Problematik und stellen einen neuen Lösungsansatz vor, der bereits als MicroFe-Modul verfügbar ist und sich durch eine vielfältige und trotzdem einfache Anwendung auszeichnet.

Dipl.-Ing. Johann Gottfried Löwenstein

Eingespannte Stütze

Heranführung an das Thema Verformungsausgleich

Anhand eines einfachen Systems soll die Bedeutung des Verformungsausgleichs im Baufortschritt auf das Tragverhalten, die Verformungen und Schnittgrößen prinzipiell demonstriert werden.



Gegeben:

- Stütze über zwei Geschosse
- Oben und unten voll eingespannt
- Das Eigengewicht soll vernachlässigt werden
- In der Mitte der Stütze wirkt eine Kraft von 100 kN

Gesucht:

- Normalkraft in der Stütze unterhalb und oberhalb der Lasteinleitungsstelle.
- Später wird die Last entfernt. Welche Normalkraft wirkt jetzt in der Stütze unterhalb und oberhalb der früheren Lasteinleitungsstelle?

Dieses Beispiel soll problematisieren. Deshalb ist die Aufgabenstellung absichtlich unvollständig formuliert. Was fehlt, ist eine Aussage zum Bau- und Belastungsablauf. Je nachdem, wie diese Stütze errichtet wird und zu welchem Zeitpunkt die Belastung einsetzt und beendet wird, ergeben sich unterschiedliche Aufgabenstellungen.

Für dieses Beispiel werden drei Bau- und Belastungsabläufe A, B und C vorgestellt. Diese Aufgabenstellungen werden mit unterschiedlichen Berechnungsverfahren bearbeitet und deren Ergebnisse vorgestellt. Es wird deutlich, dass Systemerkennung und Modellbildung elementare Voraussetzungen für korrekte Ergebnisse sind.

Zusammenstellung aller Ergebnisse

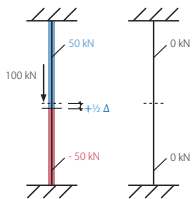
Rechnen im Gesamtsystem		Bauablauf von unten nach oben	System- und Lastsituationen		Verformungsausgleich im Baufortschritt		Berechnung mit Systemwechsel				
N _{unten} [kN]	N _{oben} [kN]		N _{unten} [kN]	N _{oben} [kN]	N _{unten} [kN]	N _{oben} [kN]	Last [kN]	N _{unten} [kN]	Summe (N _{unten}) [kN]	N _{oben} [kN]	
		untere Stütze mit Lager herstellen	0	0	0	-	0	0	0	0	-
		Last aufbringen, 100 kN	-100	0	-100	-	-100	-100	0 - 100	-100	-
		Stütze oben herstellen	-100	0	-100	0	0	0	0 - 100 + 0	-100	0
-50	50	Lager oben herstellen	-50	50	-100	0	0	0	0 - 100 + 0 + 0	-100	0
0	0	Last entfernen	0	0	-50	-50	100	50	0 - 100 + 0 + 0 + 50	-50	-50

Bauablauf A: Nachträgliche Belastung nach Fertigstellung des Tragwerks

A, Berechnung am Gesamtsystem

Die klassische Berechnung am Gesamtsystem: Hier wird ein gesamtes Tragsystem komplett belastet oder nicht belastet.

Dieses Berechnungsverfahren kann dann eingesetzt werden, wenn die gesamte Belastung nach Fertigstellung des Tragwerks einsetzt. Diese Annahme wird aber bereits durch die Wirkung des Eigengewichts aus dem EG auf ein gesamtes Tragwerk verletzt.

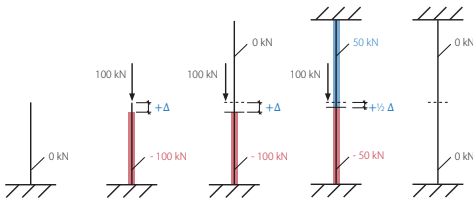


Die Ergebnisse entsprechen dem unterstellten Bau- und Belastungsablauf.

Bauablauf B: Belastung während des Baufortschritts von unten nach oben

B1, MicroFe, System- und Lastsituationen

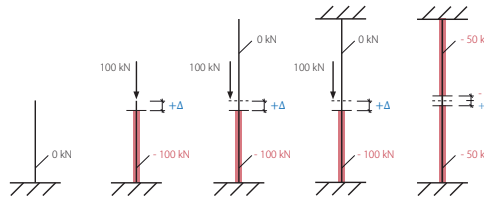
Die einzelnen Bauabschnitte werden als fünf unabhängige FE-Systeme berechnet, deren Ergebnisse in einer MIN/MAX-Auswertung die Umhüllenden über alle Bauabschnitte liefern. Letztendlich werden aber wieder mit den beiden letzten Situationen das gleiche System wie unter A berechnet. Ein Verformungsausgleich findet nicht statt.



Dieses Verfahren ist für eine Aufgabenstellung, in der ein Baufortschritt berücksichtigt werden muss, nicht geeignet.

B2, MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt

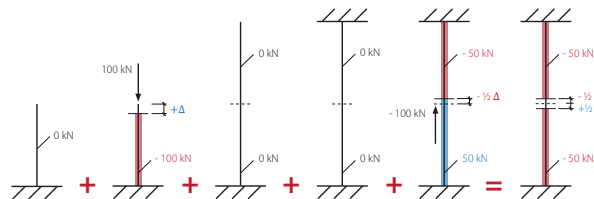
Die einzelnen Bauabschnitte werden modelliert und als fünf eigenständige FE-Systeme berechnet. Zusätzlich wird die Verformung eines Bauabschnitts im nächsten Bauabschnitt ausgeglichen. Dadurch wirken sich die Lasten aus einem Bauabschnitt nicht mehr auf die später erst entstehenden Bauabschnitte aus.



„MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt“ liefert für diese Konstellation die korrekten Ergebnisse. Diese entsprechen dem in der Aufgabenstellung unterstellten Bau- und Belastungsablauf.

B3, Berechnung mit Systemwechsel, „Step by Step“

Hier werden ebenfalls verschiedene Bauabschnitte modelliert. Als Belastung wird die differenzielle Last zwischen zwei Bauabschnitten angesetzt. Auswirkungen der Eigenlast auf später errichtete Bauabschnitte werden so ausgeschlossen. Das jeweilige Ergebnis erhält man durch lineare Superposition aller bisherigen Bauabschnitte.

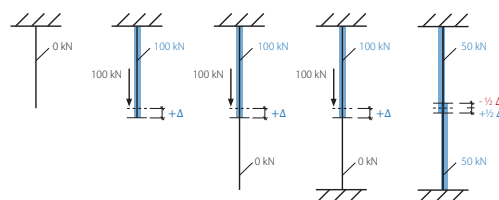


Das Verfahren bildet die Aufgabenstellung korrekt ab, die lineare Superposition aus einzelnen FE-Systemen ist in MicroFe nicht möglich.

Bauablauf C: Belastung während des Baufortschritts von oben nach unten

C, MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt

Dieser fiktive Bauablauf soll nur noch exemplarisch als weitere mögliche Alternative angesprochen werden. Zunächst wird die obere Stütze hängend am oberen Lager hergestellt, dann wird die Last aufgebracht, danach die untere Stütze eingefügt und zuletzt wird die Last entfernt.



„MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt“ liefert auch für diese Konstellation korrekte Ergebnisse.

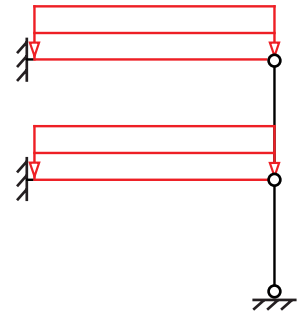
Summe (N_{oben}) [kN]		Bauablauf von oben nach unten	Verformungsausgleich im Baufortschritt	
			N_{unten} [kN]	N_{oben} [kN]
-	-	obere Stütze mit Lager herstellen	-	0
-	-	Last aufbringen, 100 kN	-	100
0	0	Stütze unten herstellen	0	100
0 + 0	0	Lager unten herstellen	0	100
0 + 0 - 50	50	Last entfernen	50	50

Dipl.-Ing. Johann Gottfried Löwenstein

Rechnen am Gesamtsystem

„Systemwechsel“ oder „MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt“

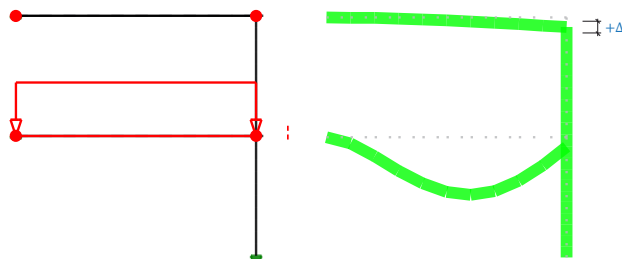
Gegenübergestellt wird ein konventionelles Verfahren, in welchem die Effekte des Verformungsausgleichs im Baufortschritt durch gezielte Maßnahmen vermieden werden, mit einem neuen Verfahren, in welchem die gleichen Effekte zum wesentlichen Bestandteil der Methode werden.



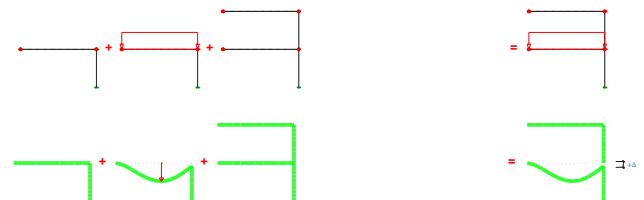
Aufgabenstellung

Typische Hochhäuser bestehen aus einem steifen Kern und angehängten Deckenplatten auf weichen Pendelstützen. Vereinfachend erhält man ein System mit links eingespannten Decken, die rechts auf Pendelstützen lagern.

Beim Rechnen im Gesamtsystem hat das Eigengewicht auf der Decke des EG Auswirkungen auf die Struktur des OG. In der Praxis würde das OG aber unverformt hergestellt werden.

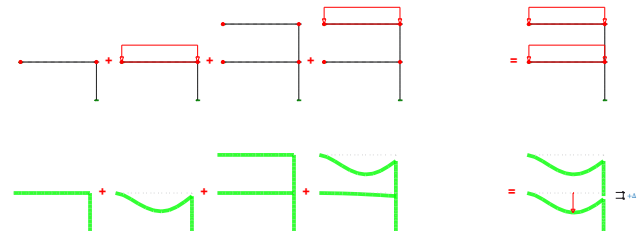


Kritik am Rechnen am Gesamtsystem:
Verformungen im Obergeschoss aus dem Eigengewicht im EG



Die Verformungen aus dem Eigengewicht der Decke über EG wirkt sich nicht auf die Verformung der später erst hinzugefügten Struktur des OG aus.

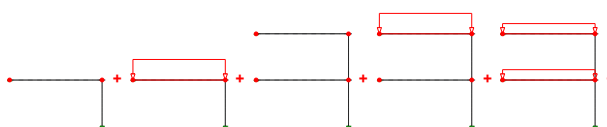
Die danach hinzugefügte Belastung aus Eigengewicht im OG wirkt sich aber auch auf die bereits bestehende Struktur des EG aus.



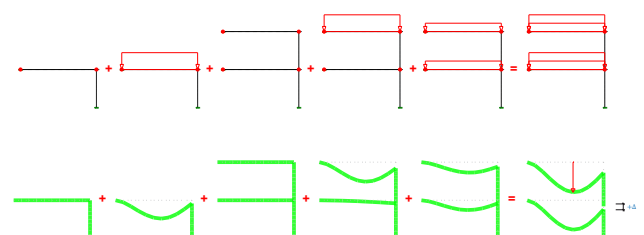
In der Summe ist die Verformungsdifferenz zwischen der Decke und Stütze des EG und der danach erstellten Struktur des OG deutlich zu erkennen.

Rechnen mit Systemwechsel

Ein konventionelles Verfahren zur Berechnung eines Gesamttragwerks inklusive der Bauzustände ist das Rechnen mit Systemwechsel. Hier wird durch eine geschickte Vorgehensweise am jeweiligen Gesamtsystem gerechnet. Die Belastungen bestehen nur aus den Lastdifferenzen zwischen den einzelnen Bauabschnitten.



Dadurch wird ausgeschlossen, dass die Eigenlast aus dem EG einen Einfluss auf den erst noch kommenden Bauabschnitt des OG hat.



Das Ergebnis für jeden Bauabschnitt wird aus einer linearen Superposition mit den Ergebnissen aller vorherigen Bauabschnitte gebildet.

Die Verkehrslast wird im letzten Bauabschnitt am gesamten System, dann aber ohne Eigenlast, aufgebracht.

Entfallen Bauteile in einem neuen Bauabschnitt, z.B. bei einem Stützensausfall, wird der Wegfall der Stütze wie ein Wegschneiden interpretiert und die freigeschnittenen Schnittgrößen müssen als Belastungen auf das System aufgebracht werden. Das gilt für alle Schnittgrößen in allen Freiheitsgraden. Auch die Ergebnisse aus einem Bauzustand mit wegfallenden Bauteilen werden mit den Ergebnissen aller vorherigen Bauzustände linear superponiert.

Bewertung des Verfahrens

Das Verfahren der Systemwechsel ist ein anerkanntes, gängiges Verfahren zur Berücksichtigung verschiedener Bauzustände.

In diesem Verfahren wird dem Verformungsausgleich im Baufortschritt dadurch Rechnung getragen, dass das Eigengewicht nur in den zuletzt hinzugefügten Bauteilen angesetzt wird und die Verkehrslast nur in dem idealisierten, eigenlastfreien System wirkt. Dadurch werden negative Effekte durch das Rechnen am Gesamtsystem vermieden.

Auch der Wegfall von Bauteilen ist abbildbar, setzt aber eine genaue Kenntnis aller Beanspruchungen des entsprechenden Bauteils in allen Freiheitsgraden voraus.

Die lineare Superposition funktioniert nur bei entsprechenden Systemen. Das Verfahren ist auch gut für Handrechnungen geeignet.

Verformungsausgleich im Baufortschritt

Das hier neu vorgestellte Verfahren berücksichtigt die Verformungen aus dem Baufortschritt direkt im statischen System. Das Verfahren vermeidet nicht den auf der Baustelle vorgenommenen Verformungsausgleich, sondern integriert ihn in das Berechnungsverfahren.

Darin unterscheidet es sich von der Berechnung mit Systemwechsel.

Vorgehensweise

Das Gesamtsystem wird in Bauabschnitte unterteilt, die sogenannten „System- und Lastsituationen“. Jede Situation ist ein eigenständiges, vollständiges FE-System. Von Situation zu Situation können Bauteile, Lasten oder Randbedingungen hinzukommen oder entfallen.

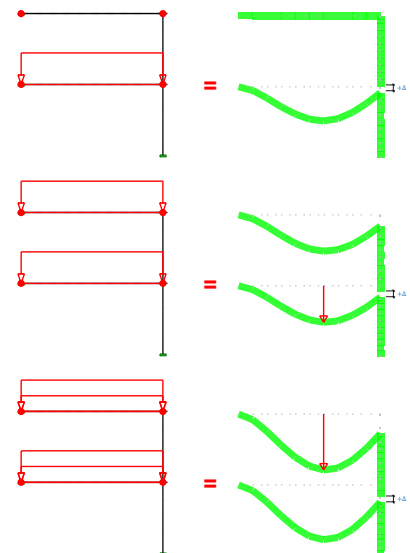
Alle Situationen werden nacheinander, in der Reihenfolge der Bauhistorie, berechnet.

Für jede Situation wird die Verformung aus ständiger Last ermittelt.

An den Kontaktstellen zu den nächsten Situationen werden in das neue FE-System Spreizungen und gegenseitige Verdrehungen eingefügt, die den im vorherigen Bauabschnitt ermittelten Deformationen entsprechen.

Durch die eingefügten Spreizungen und gegenseitigen Verdrehungen bleiben Bauteile in späteren Bauabschnitten durch die Eigengewichtbelastung aus Bauteilen früherer Bauabschnitte verformungs- und spannungsfrei. Verkehrslasten können in jedem Bauabschnitt einsetzen und belasten dann immer alle Bauteile in dem jeweiligen Bauabschnitt und sofern gewünscht auch in den folgenden.

Der auf der Baustelle durch das Herstellungsverfahren implizite Verformungsausgleich wird so zum neuen Modellbestandteil der Berechnung. Einmal hinzugefügte Ausgleiche bleiben für alle weiteren Bauzustände unverändert erhalten. Entfallen Bauteile in einem neuen Bauabschnitt, wird dieser Bauabschnitt einfach ohne das entsprechende Bauteil modelliert. Die Ausgleiche aus der bisherigen Herstellungshistorie bleiben unverändert erhalten. Ersatzlasten für die wegfallenden Stützungen müssen nicht ermittelt werden.



Die roten Pfeile an dem grün dargestellten verformten System zeigen die Stelle und Richtung der größten Verformung

Bewertung des Verfahrens

Die Berechnung am Gesamtsystem wird mit der Berücksichtigung des Verformungsausgleichs im Baufortschritt wesentlich weiterentwickelt.

Es wird nicht mehr mit einem idealisierten System, sondern in einem ausgeglichenen System gerechnet. Der Verformungsausgleich aus der Herstellungshistorie wird in das FE-Gesamtsystem implementiert.

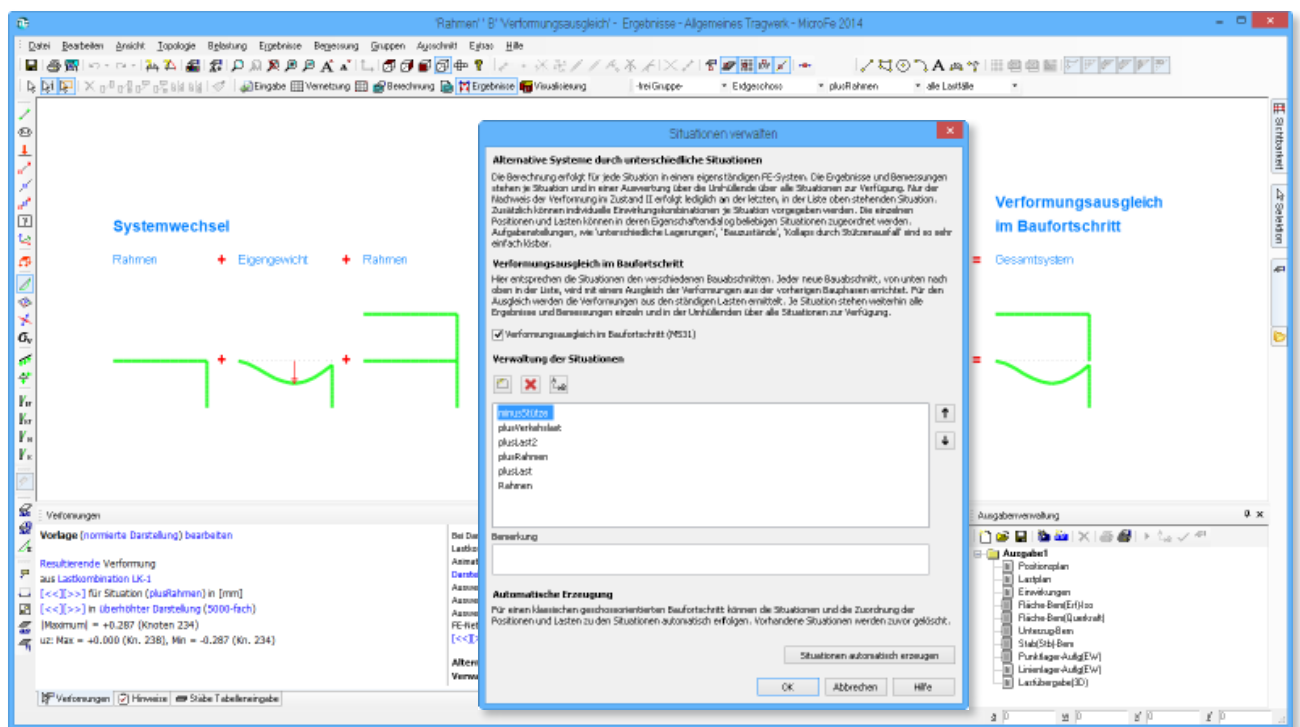
Die Ermittlung der Umhüllenden über alle Bauzustände besteht aus einer MIN/MAX-Suche über alle Bauzustände. Durch Wegfall der linearen Superposition, im Vergleich zum Verfahren mit Systemwechsel, eröffnen sich weitere Anwendungsgebiete, die über die linearen Berechnungsverfahren herausgehen. Hier kann weiter geforscht werden. Dieses Berechnungsverfahren ist als Handrechnung nicht sinnvoll einsetzbar.

Dipl.-Ing. Johann Gottfried Löwenstein

M531 MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt

Ein neues Modul für MicroFe und EuroSta,
als Ergänzung zu „System- und Lastsituationen“

Der Verformungsausgleich im Baufortschritt findet tatsächlich auf der Baustelle statt. Die Wahl des statischen Systems muss diesen Effekt berücksichtigen. Sobald nicht mehr mit der Positionsstatik an einzelnen, herausgelösten Bauteilen gerechnet werden kann, fällt oft die Entscheidung zum Rechnen im Gesamtmodell. Hier muss so modelliert werden, dass der Verformungsausgleich im Baufortschritt – eine Eigenlast erzeugt keine Verformungen und Schnittgrößen in späteren Bauabschnitten – zur Systemeigenschaft wird. Das kann durch eine geschickte Lastanordnung im Verfahren der Systemwechsel erfolgen oder sehr elegant mit dem neuen Verfahren im Modul M531 Verformungsausgleich im Baufortschritt für MicroFe und EuroSta.



Effekt 1: Jeder Bauabschnitt gleicht die vorhandenen Verformungen wieder aus

Das ist die elementare Forderung an das statische System. Weil jeder neue Bauabschnitt auf das bisherige, bereits verformte System unter Ausgleich der Verformung errichtet wird, muss dieser Vorgang auch im statischen System erfasst werden. Das ist das grundlegend Neue. Dadurch ist die Reihenfolge der Situationen wichtig. Vorher konnten die Situationen ganz unabhängig voneinander, in jeder beliebigen Reihenfolge berechnet werden. Es waren ganz eigenständige Systeme.

Effekt 2: Die Masse eines Bauabschnitts belastet nur frühere Abschnitte

Das Eigengewicht eines Bauabschnitts belastet nur die bis zu diesem Zeitpunkt vorhandene Struktur, aber nicht die erst noch zu bauende Struktur. Was in der praktischen Vorstellung ganz selbstverständlich klingt, wird beim bisherigen Rechnen im Gesamtsystem nicht eingehalten. Hier existiert nur ein Modell und in diesem FE-System hat das Eigengewicht z.B. des Erdgeschosses Auswirkungen auf die Verformungen und Schnittgrößen der Struktur vom Obergeschoss. Das ist prinzipiell falsch.

Effekt 3: Verkehrslasten wirken auf alle vorhandenen Strukturen des Bauabschnitts

Verkehrslasten werden in der Regel zu einem späteren Zeitpunkt angesetzt, als der Entstehungszeitpunkt der Teilstruktur, auf der sie wirken. Zu diesem Zeitpunkt existieren dann ggf. bereits weitere Teilsysteme, die dann ebenfalls von der Verkehrslast insgesamt beansprucht werden. In MicroFe können die Verkehrslasten jeder beliebigen Situation zugeordnet werden. Als veränderliche Lasten werden sie zur Bildung der maßgeblichen Ergebnisse jeweils ungünstigst angesetzt.

Der wesentliche Unterschied der Verkehrslasten zu den ständigen Lasten liegt darin, dass Verkehrslasten auch Auswirkungen auf die Tragwerksstruktur haben, welche erst nach der Struktur errichtet wurde, die sie selbst direkt belasten. Ständige Lasten dagegen wirken nur auf das bereits zuvor errichtete Teilsystem und haben keine Auswirkung auf später errichtete Bauabschnitte.

Abschätzung der Relevanz zum Einsatz des Verfahrens ist sehr schwierig

Welche Indikatoren können gegeben werden, ab wann mit dieser Methode gerechnet werden muss?

- **~ Tragwerkshöhe:** Manchmal ist die Auswirkung des Verformungsausgleichs proportional zur Tragwerkshöhe. Je mehr Geschosse, um so mehr Höhe, desto größer ist dieser Effekt.
- **> 10 Geschosse:** Manchmal ist der Effekt erst an dem 10. Geschoss signifikant feststellbar.
- **< 5 Geschosse:** Manchmal tritt der Effekt bereits bei sehr kleinen Systemen auf, also auch schon bei drei Geschossen.
- **Unterschiedliche Steifigkeiten:** Dadurch kommt es zu den differenziellen Verschiebungen und Verdrehungen, welche im Baufortschritt ausgeglichen werden. Eine konstante Verformung wäre verträglich.

Lösungen in MicroFe und EuroSta

MicroFe, System- und Lastsituationen

In MicroFe und EuroSta steht seit einiger Zeit das Modul „System- und Lastsituationen“ zur Verfügung. Mit diesem Modul können innerhalb eines FE-Modells mehrere FE-Systeme beschrieben, generiert, berechnet und ausgewertet werden.

System- und Lastsituationen werden eingesetzt, wenn z.B. Gründungen mit unterschiedlichen Bettungsziffern, Kollaps durch Stützensausfall oder verschiedene Bauzustände berücksichtigt werden sollen.

MicroFe, Verformungsausgleich im Baufortschritt

Aufbauend auf dem Modul „System- und Lastsituationen“ können nun die Situationen in festgelegter Reihenfolge unter Ausgleich der bereits aus ständiger Last auftretenden Verformungen berechnet werden.

Einfaches Handling

Der Effekt des Verformungsausgleichs im Baufortschritt macht sich besonders im Geschossbau bemerkbar. Im Zusammenhang mit der geschossorientierten Eingabe kann die Einteilung des Gesamttragwerks in einzelne Situationen direkt aus der Geschosszugehörigkeit übernommen werden. Anschließend muss lediglich die Berechnungsoption „Verformungsausgleich im Baufortschritt“ aktiviert werden, dann stehen die Ergebnisse pro Bauabschnitt und als Umhüllende zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Johann Gottfried Löwenstein
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de



mb-Tutorials

Zwei mb-Tutorials behandeln den vorgestellten Themenkomplex. Ein Vortrag während des mb-Verbleibstreffens 2014 und eine Vorführung über das Handling und die Ergebnisdiskussion. Diese und weitere Videos finden Sie unter: www.mbaec.de/modul/detail/M531/

Literatur

- [1] Jochen Bauer, Bachelorarbeit, Baufortschrittsmodelle für den Hochbau, Jochen Bauer, 2013, Universität Stuttgart
- [2] Bischoff, M., Computerstatik am Gesamtsystem - Modellbildung, Berechnung und Kontrolle, 16. Dresdner Baustatik-Seminar, Praxisgerechte Modellierung und Tragwerksberechnung 19.10.2012
- [3] Bischoff, M., Nicht auf Knopfdruck, Computerstatik am Gesamtmodell: Gedanken über Modellierung, Berechnung und Kontrolle, Deutsches Ingenieurblatt 12, 2011, S. 18
- [4] Bischoff, M., Kimmich, S., Computerstatik am Gesamtsystem – Modellierung ohne Grenzen?, Tagungsband Baustatik-Baupraxis 11, Universität Innsbruck/TU Graz (2011)
- [5] Sven Hohenstern, System- und Lastsituationen, mb-news 8/2010, S. 34
- [6] Bischoff, M., Statik am Gesamtmodell: Modellierung, Berechnung und Kontrolle, Der Prüferingenieur 36, April 2010, S. 27
- [7] Bischoff, M., Statik in Theorie und Praxis, Was muss ein Bauingenieur im Beruf heute wissen?, vpi Arbeitstagung 2009
- [8] Bischoff, M., Bletzinger, K.-U., Statik am Gesamtmodell – Möglichkeiten und Ansprüche, Tagungsband Baustatik-Baupraxis 10, Universität Karlsruhe (2008)
- [9] Rita do Carmo de Noronha de Paiva Couceiro, Diplomarbeit, Berücksichtigung des Baufortschritts bei Finite-Elemente Berechnungen komplexer Tragwerksstrukturen, 2001, TU Kaiserslautern



Aktuelle Angebote

M531 Verformungsausgleich im Baufortschritt für MicroFe und EuroSta	1.599,- EUR
Zusatzmodul zu M530, M630, M730	
Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel	
M530 System- und Lastsituationen	1.499,- EUR
(Bauzustände, Lagerwechsel, Lagerausfall, Kollaps, Rückbauzustände)	
MicroFe comfort	3.999,- EUR
MicroFe-Paket „Platten + räumliche Systeme“	
PlaTo	1.499,- EUR
MicroFe-Paket „Platten“	

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgekosten/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Juli 2014
Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe www.mbaec.de