Fachhochschule Kiel
Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Fachbereich Maschinenwesen

Maschinenbau

Bericht

"Titel der Arbeit"

vorgelegt von

Daniel Mansfeldt, XXXXXXXX

Kiel, den 4. Juni 2020

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

In dieser Arbeit soll das abgebildete Stabwerk analysiert und optimiert werden. Dies teilt sich sich drei Aufgabenteile auf.

- Bestimmung der Knotenverschiebung für gegebene Belastung
- Bestimmung eines konservativen Werts der Materialdichte aus Messdaten
- Gewichtsoptimierung durch Variation der Stab-Querschnitte

Um die Berechnung des Stabwerks durch Programmierung numerischer Methoden zu ermöglichen, wird das Stabwerk, im Sinne einer objekt-orientierten Programmierung, im Python Objekte überführt. Objekte, die das STabwerk digital abbilden gehören zu einer von zwei Klassen; Stäben oder Knoten. Beide Klassen werden zunächst in Python implementiert. So können leicht sämtliche Eigenschaften des Stabwerks übertragen werden, während eine Betrachtung und Variation der individuellen Elemente möglich bleibt.

Klassendiagramme:

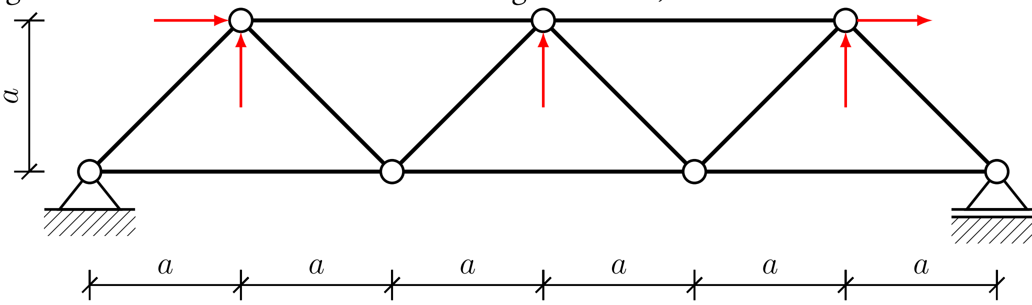
Stab
- Winkel α am lokalen Knoten 1 : float
- Querschnittsfläche : float
- Länge : float
- lokale Steifigkeitsmatrx : 2d-array
- Koinzidenzmatrix : 2d-array
- lokaler Knoten 1 : Knoten_Global
- lokaler Knoten 2 : Knoten_Global

Die Attribute der Klasse „Stab“ beschreiben einen Stab vollständig für das Stabwerk in dem er sich befindet. Dabei wird davon ausgegangen, dass der E-Modul für alle Stäbe der selbe, nämlich $E = 210\,\mathrm{N}^2\,\mathrm{m}^{-1}$ ist. Dieser Wert ist typtisch für Stähle. Den lokalen Knoten werden Objekte der Klasse „Knoten_Global“ zugeordnet, um (zusammen mit dem Winkel α) die Position des Stabs im Stabwerk eindeutig zu definieren. Die Koinzidenzmatrix leitet sich aus den den lokalen Knoten zugeordneten globalen Knoten ab und dient dazu die Gesamtsteifigkeitsmatrix K zu bestimmen.

Globale Knoten

Knoten_Global
- u : float
- v : float

Ausschlaggebende Attribute der globalen Knoten sind deren Verschiebungen u und v, die aus der Belas-



tung des Stabwerks resultieren.

2 Knotenverschiebung

Zunächst soll bestimmt werden, welche Knotenverschiebungen die Belastungen hervorrufen.

2.1 Grundlagen

Für Stabwerke gilt der folgende Zusammenhang.

$$K\vec{u} = \vec{F} \tag{2.1}$$

Dabei ist K die Gesamtsteifigkeitsmatrix des Stabwerks, $\vec{F}$ der Kraftvektor und $\vec{u}$ der Schiebungsvektor. Der Kraftvektor ist enthält alle Kräfte, die je Knoten in Richtung der Abzisse bzw. der Ordinate verlaufen.

K berechnet sich aus den lokalen Steifigkeitsmatrizen der Stäbe, deren Orienteirung im globalen Koordinatensystem (ausgedrückt durch den Winkelα) und deren Koinzidenzmatrix, die eine Zuordnung der lokalen zu den globalen Knoten beschreibt.

Der Verschiebungsvektor $\vec{u}$ enthält sämtliche Verschiebungen aller Knoten. Die Verschiebungen sind entsprechend ihrer Richtungsanteile aufgeteilt.

2.2 Problembeschreibung

Um die Verschiebungen aller Knoten zu bestimmen, die nicht durch die Definition eines Lagers beschrieben werden, müssen zunächst K und $\vec{F}$ ermittelt werden.

2.2.1 Globale Steifigkeitsmatrix

Die globale Steifigkeitsmatrix K des Stabwerks wird in drei Schritten bestimmt. Zunächst wird mit Hilfe der allgemeinen globalen Steifigkeitsmatrix der Stäbe K_{Stab} die Steifigkeitsmatrizen jedes einzelnen Stabs in globalen Koordinaten bestimmt. Dazu sind der E-Modul E, die Querschnittsfläche A, die Länge l und der Winkel α um den lokalen Knoten 1 in K_{Stab} einzusetzen.!!!!!Zitat Moldenhauer!!!!!!!!

Im zweiten Schritt wird die Koinzidenzmatrix I_{Stab} für jeden der Stäbe aufgestellt.

Im zweiten Schritt wird die Steifigkeitsmatrix des Stabwerks wie folgt bestimmt !!!!zitat moldenhauer!!!!!!.

$$\underline{K} = \sum_i \underline{I}_i^T \underline{K}_i \underline{I}_i \tag{2.2}$$

$\vec{u}$ Anhand der Geometrie des Stabwerks lassen sich, mit Hilfe der allgemeinen Steifigkeitsmatrix K_{Stab}, für jeden Stab dessen Steifig

Ehe also ein Gleichungssystem aufgestellt werden kann, das nach den Verschiebungen aufgelöst werden kann. Muss der Kraftvektor und die Gesamtsteifigkeitsmatrix bestimmt werden.

Durch Aufstellen der Kräfte- und Momentengleichgewichte am Stabwerk, lassen sich die Auflagerkräfte bestimmen. Damit sind alle Kräfte und deren Angriffspunkte (die Knoten) bekannt. Entsprechend der Definition des Kraftvektors lautet dieser also

$$\vec{F} = \begin{pmatrix} 123\,\mathrm{N} \\ 123\,\mathrm{N} \\ 123\,\mathrm{N} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

K ergibt sich laut Moldenhauer nach

"Formel für Gesamtsteifigkeitsmatrix"

Aus 2.1 lässt sich nun ein lineares Gleichungsystem bilden. Jedoch sind nicht alle Verschiebungen gesucht. Die Lagerung des Stabwerks verlangt das die Verschiebungen xxxxxxxxx null sind. Entsprechend entfallen Gleichungen aus dem LGS.

3 Teil 2: Dichte

Um die Masse des Stabwerks bestimmen zu können, muss zunächst die Dichte des verwendeten Werkstoffs festliegen. Es wird davon ausgegangen, dass alle Stäbe aus dem gleichen homogenen Material bestehen.

Um einen geeigneten Wert der Dichte zu bestimmen, steht eine Tabelle mit 1000 Werten zur Verfügung. Die Werte simulieren streuende Messwerte. Es gilt anhand dieser Daten auf einen Wert zu schließen, der die Dichte für das gesamte Stabwerk möglichst gut annähert.

Um einen ersten Eindruck über den gegebenen Datensatz zu erhalten, wird ein Histogram erstellt.

Literatur

[1] ttttt. „ttttt“. In: (312).

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis