Fachhochschule Kiel
Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Fachbereich Maschinenwesen

Maschinenbau

Bericht

"Titel der Arbeit"

---

vorgelegt von

Daniel Mansfeldt, XXXXXXXX

Kiel, den 8. Juni 2020

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

In dieser Arbeit soll das Stabwerk aus 1.1 analysiert und optimiert werden.

Die Arbeit teilt sich in drei Aufgabenteile auf.

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

1.1 Modellierung eines Stabwerks in Pythoncode

Um die Berechnung des Stabwerks durch Programmierung numerischer Methoden zu ermöglichen, wird das Stabwerk, im Sinne einer objekt-orientierten Programmierung, in Python-Code umgesetzt. Zwei Klassen von Objekte sind dazu nötig. Eine für die Stäbe und eine für globale Knoten. Durch die Erzeugung von Stab- bzw. Knotenobjekten können beliebige Stabwerke abgebildet werden.

Die Abbildungen **??** und **??** stellen die Klassendiagramme dar.

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

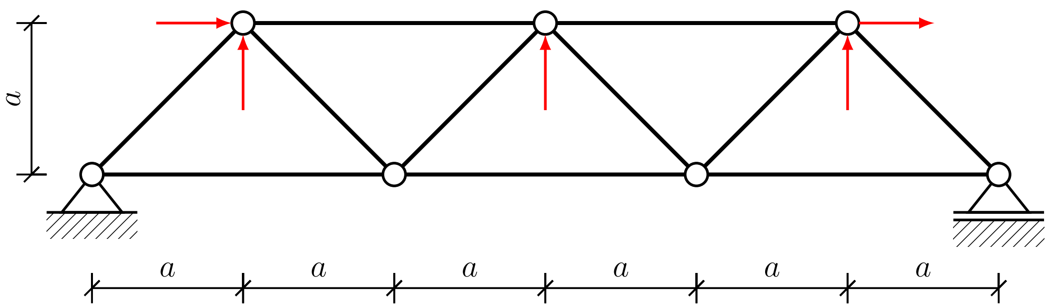

Abb. 1.1: Stabwerk

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

Knoten
- u : float
- v : float

Abb. 1.2: Klassendiagramme

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

Ausschlaggebende Attribute der globalen Knoten sind deren Verschiebungen u und v, die aus der Belastung 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 $\underline{K}$ 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.

$\underline{K}$ berechnet sich aus den lokalen Steifigkeitsmatrizen der Stäbe, deren Orienteirung im globalen Koordinatensystem (ausgedrückt durch den Winkel α) 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 $\underline{K}$ und $\vec{F}$ ermittelt werden.

2.2.1 Globale Steifigkeitsmatrix

Die globale Steifigkeitsmatrix $\underline{K}$ des Stabwerks wird in drei Schritten bestimmt. Zunächst wird mit Hilfe der allgemeinen globalen Steifigkeitsmatrix der Stäbe $\underline{K}_{Stab}$ 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 $\underline{K}_{Stab}$ einzusetzen.!!!!!Zitat Moldenhauer!!!!!!!!

Im zweiten Schritt wird die Koinzidenzmatrix $\underline{I}_{Stab}$ für jeden der Stäbe aufgestellt. Eine Koinzidenztabelle gemäß Moldenahueer wurde dazu in Python umgesetzt.

Für den letzten Schritt wird die Steifigkeitsmatrix des Stabwerks wie folgt bestimmt !!!!zitat moldenhauer!!!!!!.

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

2.2.2 Kraftvektor

Die Komponenten des Kraftvektors $\vec{F}$ sind größtenteils gegebene Größen. Sie werden entsprechend ihrer Richtung und dem Knoten an dem sie angreifen in den Kraftvektor eingetragen. Lediglich die Auflagerreaktionen sind nicht bekannt.

2.3 Aufbereitung des Gleichungssystems

Um die Verschiebungen trotz der unbekannten Lagerreaktionen bestimmen zu können, muss das Gleichungssystem reduziert werden. Zu diesem Zweck wird $\vec{u}$ in die Vektoren $\vec{u}_b$ und $\vec{u}_g$ aufgeteilt, sodass gilt

$$\vec{u} = \vec{u}_b + \vec{u}_g \tag{2.3}$$

$\vec{u}_b$ enthält dabei alle vorgegebenen Verschiebungen und den Wert 0 an den Stellen die gesuchten Verschiebungen entsprechen. $\vec{u}_g$ trägt folglich nur die gesuchten Verschiebungen und Nullen für die die durch die Lagerungen bekannt sind.

Da alle bekannten Verschiebungen aus der Lagerung stammen und diese null sind, ist $\vec{u}_b = \vec{0}$. Für die weitere Berechnung ist $\vec{u}_b$ also nicht relevant.

Um das Gleichungssystem auf die gleiche Anzahl Gleichungen zu reduzieren wie die Anzahl gesuchter Verschiebungen, werden die Zeilen und Spalten der Matrixschreibweise gestrichen, in denen der Vektor der gesuchten Verschiebungen $\vec{u}_g$ den Wert null hat. Das so reduzierte Gleichungssystem kann jetzt gelöst werden.

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 Histogramm erstellt. Die Daten scheinen eine Normalverteilung abzubilden.

Literatur

[1] ttttt. „ttttt“. In: (312).

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis