

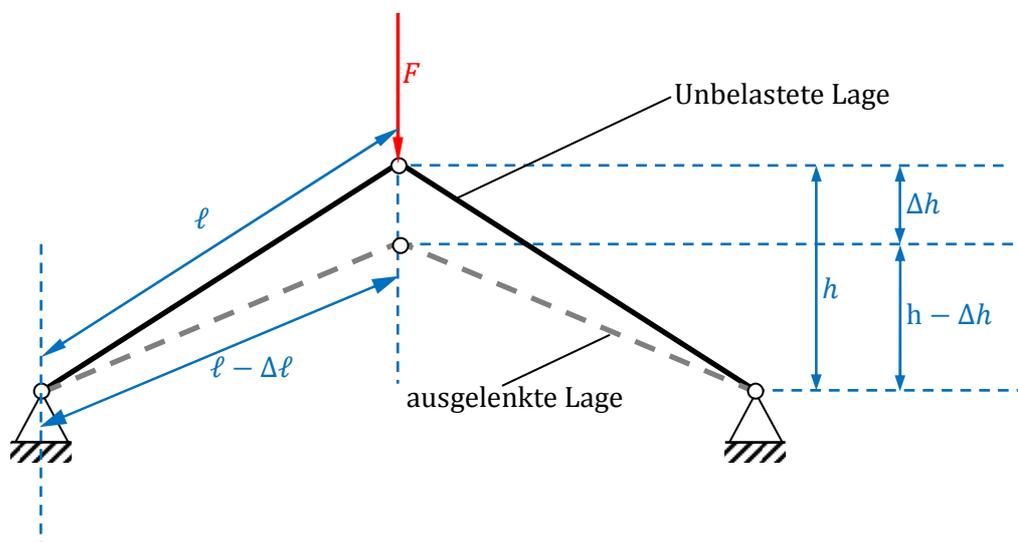
## Übung 12: Zweischlag

### Ziel der Übung

- Behandlung von geometrischen Nicht-Linearitäten
- Behandlung von Stabilitätsproblemen
- Zweischlag

### Teil I: Zweischlag

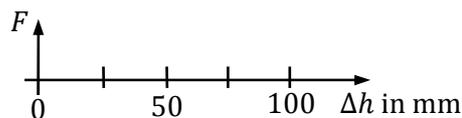
Wir betrachten einen Zweischlag, das heißt zwei Stäbe, die an jeweils einer Seite am Boden fest aber drehbar gelagert sind und am anderen Ende mit einem Gelenk verbunden wurden. An diesem Punkt ist eine Kraft  $F$  aufgeprägt. Dadurch werden die Stäbe zusammengedrückt und es kommt zu einer ausgelenkten Lage wie im Bild skizziert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Stäbe nicht einknicken können.



Für unser Modell betrachten wir folgende Annahmen: Im unbelasteten Zustand haben die Stäbe jeweils die Länge  $\ell = 100 \text{ mm}$  und der Verbindungspunkt der beiden Stäbe sei auf einer Höhe  $h = 50 \text{ mm}$  im unbelasteten Zustand. Damit ergibt sich ein Winkel  $\phi$  zum Boden von  $30^\circ$ . Die Durchchnittsfläche der Stäbe sei  $A = 1 \text{ mm}^2$ . Die Steifigkeit der Stäbe kann in diesem „eindimensionalen“ Modell als Federsteifigkeit angegeben werden und sei  $k = 10 \text{ N/mm}$ .

### Aufgaben

- Berechne den E-Modul der Stäbe. Hinweis: benutze die Formel  $E = \sigma/\varepsilon$ .
- Überlege dir, wie sich wohl der Verlauf der Kräfte  $F$  verhält, die nötig sind um unterschiedliche Auslenkungen, insbesondere  $\Delta h = h$ , zu erreichen. Skizziere deine Vermutung in einem Kraft-Auslenkungs-Diagramm wie rechts abgebildet.
- Berechne eine analytische Formel, die die nötige Kraft  $F$  in Abhängigkeit der Auslenkung  $\Delta h$  angibt. Dabei können die Stäbe wie Federn mit Federsteifigkeit  $k$  betrachtet werden. Schneide dazu auch im Verbindungspunkt der Stäbe frei.



- d. Implementiere die Funktion in Matlab und erzeuge einen Plot der Kräfte für Auslenkungen  $\Delta h$  zwischen  $-30$  mm und  $130$  mm. Benutze bei Bedarf das zur Verfügung gestellte m-File auf der Homepage.
- e. Ergänze den E-Modul im ANSYS Skript zur Simulation des Zweischlags. Betrachte die Abschnitte A.1.2, A.2.1, A.2.2 und A.3.1. Wie wird das Modell aufgebaut?
- f. In Abschnitt A.4.3 werden zwei Loadsteps definiert mit der initialen und der finalen Auslenkung des Zweischlags. Die Lösung wird dann in Abschnitt B zuerst für den initialen Loadstep gelöst und anschließend mit mindestens 100 Zwischenschritten bis zur finalen Auslenkung. In Abschnitt C.0.4 wird dann ein Array mit den Kräften der Zwischenschritte beschrieben. Versuche, die Abschnitte nachzuvollziehen und betrachte ggf. die entsprechenden Hilfeseiten (SET, FSUM, \*GET,kraft,FSUM, \*GET,weg,NODE, ...). Starte nun das Programm und berechne das Kraft-Auslenkungs-Diagramm.
- g. Anstelle der Beladung durch Displacement wollen wir nun Kräfte aufprägen und schrittweise erhöhen. Wie würde dann wohl ein Auslenkungs-Kraft-Diagramm aussehen? Skizziere deine Vermutung. Betrachte dazu auch den Plot aus Aufgabe d.
- h. Ergänze das ANSYS Skript im Abschnitt A.4.3 um Kräfte aufzuprägen und setze die Variable *whatload* auf *force*. Starte das Programm. Was fällt während der Berechnung der Iterationen auf? Woran könnte das liegen?
- i. Du kannst den Verlauf der Auslenkung auch mit dem Result Viewer betrachten...
- j. Mit dem Befehl SET,LIST kannst du eine Liste der Loadsteps und Substeps ausgeben. Was ist wohl im Bereich zwischen Substep 64 und 80 passiert?