

Schrittfolge bei der Lösung von (Übungs-)Aufgaben aus der (ebenen) Statik

Vorbereitung der Lösung

Bildung des Ersatzsystems (Im Aufgabenheft Statik Ersatzsystem meist schon gegeben)
Annahmen, Vereinfachungen zu:

- Geometrie (z. B. Art der Lagerung)
- Belastung (z. B. Einzelkräfte oder Streckenlasten)
(in Festigkeitslehre zusätzlich: Materialverhalten)

Analyse des Ersatzsystems

- Balkengeometrie
- Lasten
- Lagerungen
- Prüfung der statischen Bestimmtheit
(Festlegung des Lösungsweges: Analytisch, grafisch, numerisch)

Lösung

- Lagerreaktionen

Freischneiden des Gesamtsystems

Virtuelles Lösen aller Bindungen zur Umgebung durch geschlossenen virtuellen Schnitt
Pendelstützen (Stäbe, Seile) beachten (Pendelstützen sind keine „Festlager“).

Darstellung des Inhaltes der umfahrenen Fläche

Antragen der Reaktionslasten (Lasten der Umgebung auf frei geschnittenes System)

Falsch ist das gleichzeitige Darstellen von Lagerungen und Lagerreaktionen in einem Bild.

Lagerkräfte sollten mit F , Einspannmomente mit M symbolisiert werden.

Bei notwendiger Indizierung der Lagerreaktionen ist der Lagerpunkt als erster Index (Großbuchstabe) zu benutzen. Ist eine (weitere) Unterscheidung der Lagerkräfte in einem Punkt notwendig, sind dafür weiter geeignete Indizes, z. B. h und v zu benutzen. Kleinbuchstaben sollten für Punkte des Ersatzmodells nicht vergeben werden. Diese dienen u. a. der symbolischen Darstellung der Beanspruchungsarten.

Die Pfeilrichtungen der Reaktionslasten sind beliebig wählbar, das Buchstabensymbol repräsentiert die Koordinate des jeweiligen Vektors (Negative Koordinaten bedeuten, dass der Einheitsvektor entgegengesetzt zur Annahme orientiert ist – die Rechnung aber nicht wiederholt werden muss).

Im Aufgabenheft Statik gibt es Vereinbarungen über die Pfeilrichtungen der unbekanntes Lasten.

Formulierung der **Bilanzgleichungen** (Kräfte-, Momentengleichgewichte)

Es sind nicht mehr als drei linear voneinander unabhängige Gleichungen formulierbar.

Es sind nicht mehr als zwei beliebige Kräftebilanzen (in der Ebene) möglich.

Eine oder beide Kräftebilanzen können durch weitere Momentengleichgewichte (bezüglich weiterer Punkte) ersetzt werden (s. z. B. RITTERscher Schnitt)

Günstige Wahl des Momentenbezugspunktes in der Ebene: z. B. Schnittpunkt der Wirkungslinien zweier Kräfte, ...

Eine vierte Bilanzgleichung (Momentengleichgewicht um weiteren Punkt) ist von den ersten drei (richtigen) Bilanzen linear abhängig und liefert keine neue Erkenntnis. (Das „Verfahren“ ist also nicht geeignet, statisch unbestimmte Aufgaben zu lösen) Einzelmomente erscheinen nur in der Momentenbilanz (ohne „Abstand“).

Lösung des Gleichungssystems

(Entkopplung anstreben s. o.)

- Schnittreaktionen (in der Regel nach der Ermittlung der Lagerreaktionen)

Einteilung des (freigeschnittenen) Balkens in Bereiche

Bereichsgrenzen sind:

Lastangriffspunkte

Sprunghafte Änderung von Streckenlasten (auch von/auf Null)

Geometrische Unstetigkeiten:

Balkenabwinkelungen

Balkenverzweigungen

Zusammentreffen gerader und gekrümmter Balkenbereiche)

Schnitte jeweils zwischen zwei benachbarten Bereichsgrenzen

Nicht an ausgezeichneten Stellen, z. B. Bereichsgrenzen schneiden.

Schnittführung nach außen schließen (Balken kein weiteres Mal schneiden).

Es gibt keine Notwendigkeit, jede Last einmal „eingekreist“ zu haben.

Für jeden Bereich (Schnitt):

Darstellung des Inhaltes der umfahrenen Fläche

Eintragen der laufenden Koordinate s_i ($i = 1, \dots, n$, n Anzahl der Bereiche) von einem Randpunkt des Bereichs i bis zur Schnittstelle.

Antragen der Schnittgrößen lt. Definition in Formelsammlung

Auch Formelzeichen nach Formelsammlung wählen.

Formulierung der Bilanzgleichungen (2 Kräftegleichgewichte, Momentengleichgewicht)

Momentenbezugspunkt in Schnittstelle legen (damit Kopplung $F_{Qi} - M_{bi}$ vermeiden)

Lösung der drei Einzelgleichungen

Ergebnisse: $F_{Li}(z_i)$ (meist konst.), $F_{Qi}(z_i)$, $M_{bi}(z_i)$

Eventuell Anlegen von Wertetabellen

Ermittlung der Werte an den Bereichsgrenzen

Bei Funktionen ab quadratischer Abhängigkeit: Untersuchung auf Bereichsextrema

Für Gesamtsystem:

Grafische Darstellung der Schnittgrößen

Empfehlenswert (besonders bei Durchlaufträgern):

1. Bild mit Freischnitt des Gesamtsystems (Aktions- und berechnete Reaktionslasten einzeichnen)

Je ein Bild für Längskraft, Querkraft und Schnittmoment (Bereichsgrenzen aus erstem Bild übernehmen)

Mindestanforderungen:

In Fläche(n) des Längskraftverlaufs Vorzeichen (+ für Zug, - für Druck) eintragen
Biegemomentenverlauf auf Zugseite des Balkens

(Im Sinne einer besseren Vergleich- und Bewertbarkeit der Ergebnisse vertrete ich nach wie vor die Meinung der weitergehenden Definition:

Positive Werte unterhalb des Balkens, negative oberhalb des Balkens eintragen.)

Angabe ausgezeichneter Werte (Bereichs-, Randextrema), Angabe ausgezeichneter Stellen (z. B. für Bereichsextrema).

Bei Werten gleich Null symbolisch 0 auf den Balken setzen.

Kurventyp sollte erkennbar sein.

Kontrolle, Wertung der Ergebnisse

- Lagerreaktionen

Wertung der Vorzeichen der Koordinaten der Lagerreaktionen

Prüfung der Ergebnisse auf Plausibilität (Größe, Richtung der Lagerreaktionen)

Keine vorgetäuschte Genauigkeit

Richtige Maßeinheit der Lasten

Zusätzliches Momentengleichgewicht (zur Kontrolle!)

- Schnittreaktionen

Kontrolle an Bereichsgrenzen, Balkenabwinkelungen, Balkenverzweigungen

Zusammenhänge Funktion – Ableitung (s.: <http://www.georgi-dd.de/ubersichten.html>)

Zusammenhänge Funktion – Integral

Ablesen der Lagerreaktionen

Betrachtung des jeweils anderen Teils des Balkens