

Fragenkatalog zum Theorieteil der mündlichen Prüfung aus Baustatik 2

Änderungen, Ergänzungen und Abweichungen vorbehalten.
Die in der Folge gegebenen Hinweise dienen zur Vorbereitung.
Sie werden im Rahmen der mündlichen Prüfung nicht gegeben.

Stand: 26. Jänner 2018

Im Anschluss an die „Einstiegsfrage“ werden Verständnisfragen gestellt, die sich auf den vorgetragenen Lehrstoff beziehen. In der Folge ist ein Katalog mit Beispielfragen angeführt.

VO 1: Herleitung der Stabtheorie I. Ordnung mit dem Prinzip der virtuellen Leistungen

1. Herleitung der Stabtheorie I. Ordnung mit dem Prinzip der virtuellen Leistungen

Hinweis: Geben Sie durch Anschreiben essentieller Formeln einen konzeptionellen Überblick, wie geometrische Gleichungen, Einwirkungs- und Spannungsergebnanten, konstitutive Gesetze und Gleichgewichtsbedingungen der Stabtheorie I. Ordnung hergeleitet werden können. Erläutern Sie im Detail die Einschränkungen des Verschiebungs- und Deformationszustands eines geraden Stabes, die Herleitung der konstitutiven Beziehungen und der Formel zur Normalspannungsberechnung, die schlussendlich erhaltenen Grundgleichungen der Stabtheorie I. Ordnung und deren Anwendungsgrenzen sowie die Möglichkeit, das Normalkraft- und Biegeproblem getrennt voneinander zu behandeln.

VO 2: Übertragungsbeziehungen gerader Stäbe mit linear veränderlicher Querschnittshöhe

2. Herleitung der Übertragungsbeziehungen für einen geraden Stab mit Rechteckquerschnitt und linear veränderlicher Querschnittshöhe

Hinweis: Schreiben Sie die Grundgleichungen des Biegeproblems der Stabtheorie I. Ordnung an. Integrieren Sie diese Gleichungen Schritt-für-Schritt bis zum Querschnittsdrehwinkel auf. Gehen Sie auf die Behandlung der variablen Biegesteifigkeit ein. Erläutern Sie die Berechnung der dimensionslosen Funktion $f(x)$ für einen Rechteckquerschnitt. Verwenden Sie die Methode der Nullstellenfaktorisierung, um die Anzahl der Konstanten im Ausdruck für $f(x)$ zu reduzieren. Interpretieren Sie die Konstante r . Berechnen Sie die Hilfsfunktion $b_2(x)$. Erläutern Sie anhand eines Kragarms unter Eigengewicht die Berechnung der Integrationskonstanten, die in den Übertragungsbeziehungen aufscheinen.

VO 3: Prinzip der virtuellen Leistungen: Herleitung der Stabtheorie II. Ordnung

3. Prinzip der virtuellen Leistungen: Herleitungsunterschiede zwischen Stabtheorie I. und II. Ordnung

Hinweis: Stellen Sie die Herleitungen der Stabtheorien I. und II. Ordnung gegenüber. Diskutieren Sie Unterschiede in den Ausdrücken für die virtuelle Leistung der inneren und der äußeren Kräfte, der Annahmen zum Verschiebungszustand und der Beschreibung des Verzerrungszustands. Erläutern Sie anhand der Verschiebungsableitungen das Konzept zur Vereinfachung im Sinne einer Theorie 2. Ordnung (alle Terme werden als Taylorreihen interpretiert; es werden ausschließlich Terme 1. und 2. Größenordnung berücksichtigt). Stellen Sie die schlussendlich erhaltenen Differentialgleichungen gegenüber und diskutieren Sie die auftretenden Kopplungen zwischen Biege- und Normalkraftproblem.

VO 4: Übertragungsbeziehungen für gerade Stäbe nach Stabtheorie II. Ordnung (Biegeproblem)

4. Grundzüge der Herleitung der Übertragungsbeziehungen nach Stabtheorie II. Ordnung
Hinweis: Stellen Sie die das Biegeproblem beschreibenden Differentialgleichungen der Stabtheorien I. und II. Ordnung gegenüber. Erläutern Sie warum in der Stabtheorie II. Ordnung die Übertragungsbeziehungen nicht mehr durch „Schritt für Schritt Aufintegrieren“ erhalten werden können. Beschreiben Sie das Lösungskonzept der Stabtheorie II. Ordnung: Verwenden Sie das Eliminationsverfahren zur Herleitung der Differentialgleichung für das Biegemoment und geben Sie einen konzeptionellen Überblick, wie die übrigen Zustandslinien berechnet werden können, wenn $M(x)$ bekannt ist. Gehen Sie auf die $b_j(x)$ Hilfsfunktionen ein und erläutern Sie deren Ableitungs- und Integrationsregeln.
5. Gleichgewichtsbedingungen nach Stabtheorie II. Ordnung und Spannungsnachweise
Hinweis: Interpretieren Sie die Gleichgewichtsbedingungen nach Stabtheorie II. Ordnung durch Formulieren von Gleichgewichtsbedingungen für einen finiten Stabteil in der verformten Lage. Erläutern Sie insbesondere auch die mathematischen Grundlagen der entsprechenden Grenzwertberechnung. Gehen Sie weiters auf den Unterschied zwischen Spannungsrésultanten und Schnittgrößen in der Stabtheorie II. Ordnung ein. Erläutern Sie, dass Spannungsnachweise ausgehend von den Spannungsrésultanten geführt werden müssen. Leiten Sie her, wie man Schnittgrößen in Spannungsrésultanten umgerechnet, und gehen Sie abschließend auf die Annahme dominierender Längskräfte ein.

VO 6: Effektive Verkürzung von Stäben zufolge Durchbiegung

6. Herleitung einer Formel zur Berechnung der effektiven Stabverkürzung zufolge Durchbiegung
Hinweis: Schreiben Sie den in der Literatur häufig verwendeten Ausdruck für die effektive Verkürzung zufolge Durchbiegung an. Leiten Sie diesen Ausdruck her, indem Sie einen Kragarm mit großen Durchbiegungen analysieren. Verwenden Sie die Substitutionsmethode um im erforderliche Integral über die verformte Bogenlänge das Differential der Bogenlänge, ds , durch das Differential der unverformten Stabachsenkoordinate, dx , zu ersetzen. Gehen Sie bei der erforderlichen Taylorreihenentwicklung des Wurzelausdrucks auf das Konzept zur Vereinfachung im Sinne einer Theorie 2. Ordnung (siehe Prüfungsfrage 3) ein. Welche Grundannahmen liegen dem Literatúrausdruck zugrunde?

VO 5: Untersuchung der vier Eulerfälle nach Stabtheorie II. Ordnung

7. Herleitung der idealen Knicklast und der zugehörigen Knickform des ersten Eulerfalls
Hinweis: Spezialisieren Sie die grundlegenden Differentialgleichungen der schubstarren Stabtheorie II. Ordnung für die Aufgabenstellung und leiten Sie die erforderliche Differentialgleichung 4. Ordnung für die Biegeordinate durch ein Eliminationsverfahren her. Klassifizieren Sie mit dem Vokabular der Mathematik diese Differentialgleichung. Schreiben Sie die Lösungsfunktion an und identifizieren Sie die Integrationskonstanten anhand der Randbedingungen. Erläutern Sie das Eigenwertproblem: beweisen Sie, dass die triviale Lösung zur Lösung nach Stabtheorie I. Ordnung führt, und berechnen Sie den Eigenwert (= ideale Knickdruckkraft) sowie die zugehörige Eigenfunktion (= Knickbiegeline).
8. Die allgemein gültige Bedeutung des Dischingerfaktors
Hinweis: Schreiben Sie die Formel an, welche die allgemein gültige Bedeutung des Dischingerfaktors beschreibt. Heben Sie hervor, dass dazu die Vorverformungen identisch zur Knickform gewählt werden müssen. Beweisen Sie die Gültigkeit Ihrer Antwort exemplarisch am Beispiel des zweiten Eulerfalls, d.h. zeigen Sie ausgehend von den bekannten Ausdrücken für $w_{tot}(x)$, D , und $w_v(x)$, dass alle Differentialgleichungen der Stabtheorie II. Ordnung erfüllt sind und die Randbedingungen des zweiten Eulerfalls eingehalten werden. Erläutern Sie abschließend, warum derzeit in der Baupraxis nicht mit Vorverformungen identisch zur Knickform gerechnet wird.

VO 7 & 8: Stabilitätsanalyse von Rahmen, Drehwinkelverfahren nach Stabtheorie II. Ordnung9. Drehwinkelverfahren für *verschiebliche* Systeme nach Stabtheorie II. Ordnung

Hinweis: Wenden Sie das Drehwinkelverfahren auf einen stabilitätsgefährdeten Zweistabrahmen¹ an. Erläutern Sie die Vorgangsweise: Identifikation der gesuchten Drehwinkel, Grundzustände, Ermittlung der Volleinspannmomente, Systemcharakter von N'' , Grundzustands-Superposition, Knoten- und System-Gleichgewichtsbedingungen. Zeichnen Sie die verformten Lagen der Grundzustände. Beweisen Sie, dass sie geometrisch kompatibel sind aber nicht im Gleichgewicht stehen. Zeigen Sie durch Berechnung des Einspannmoments eines Kragarms², dass mit dem Prinzip der virtuellen Verschiebungen Gleichgewichtsbedingungen in der unverformten und verformten Lage formuliert werden können.

10. Stabilitätsanalyse eines Dreistabrahmens mit Hilfe des Drehwinkelverfahrens

Hinweis: Geben Sie einen kurzen konzeptionellen Überblick über das Drehwinkelverfahren, von der Identifikation der gesuchten Drehwinkel bis zum schlussendlich erhaltenen Gleichungssystem. Erläutern Sie das Eigenwertproblem: beweisen Sie, dass die triviale Lösung zur Lösung nach Stabtheorie I. Ordnung (= Zustand 0) führt, und erklären Sie, wie man die nichttriviale Lösung (= Eigenwert) berechnet. Rechtfertigen Sie Ihre Vorgangsweise mit mathematischen Argumenten. Erläutern Sie die abschließende Berechnung der Knickform. Visualisieren Sie die Knicklänge, indem Sie die Knickform über die physikalische Ausdehnung des Stabes hinaus verlängern.

VO 9: Stabilitätsanalyse von Stäben, die auf Dreh- und Wegfedern gelagert sind

11. Herleitung eines Knicklängendiagramms

Hinweis: Interpretieren Sie kurz die Ecken des Knicklängendiagramms für einen Stab mit Drehfeder am Stabanfang und Wegfeder am Stabende. Erläutern Sie, wie man einen Punkt des Diagramms ausgehend von den Übertragungsbeziehungen nach Stabtheorie II. Ordnung berechnet. Schreiben Sie die Randbedingungen des Stabes an und erklären Sie die Vorzeichen. Erläutern Sie, wie man durch Identifikation der Integrationskonstanten zum Gleichungssystem kommt. Erklären Sie wie man die nichttriviale Lösung (= Eigenwert) berechnet. Rechtfertigen Sie Ihre Vorgangsweise mit mathematischen Argumenten. Bestimmen Sie nach Lösung der transzendenten Gleichung die Knicklänge.

12. Stabilitätsanalyse eines zweifeldrigen Stabes mit Wegfeder in Feldmitte

Hinweis: Erläutern Sie die beiden möglichen Arten des Stabilitätsverlusts eines beidseits gelenkig gelagerten Stabes mit Wegfeder in Feldmitte. Zeichnen Sie ein Diagramm, in dem Sie die Knicklänge als Funktion der Wegfedersteifigkeit auftragen. Erläutern Sie, wie man unter Ausnutzung der Symmetrie des Stabes eine Stabilitätsanalyse ausgehend von der Übertragungsbeziehungen nach Stabtheorie II. Ordnung vornimmt, um die *Knicklänge* zu berechnen (Randbedingungen, Identifikation der Integrationskonstanten, Eigenwertproblem, analog zu Frage 11). Gehen Sie dabei insbesondere auch auf die Berechnung der Knickform ein und zeigen Sie, wie man die Knicklänge visualisieren kann.

VO 10: Hängebrücke

13. Baustatische Analyse erdverankerter Hängebrücken

Hinweis: Vergleichen Sie erdverankerte und in-sich-verankerte Hängebrücken. Nennen Sie die vereinfachenden Annahmen, mit Hilfe derer eine erdverankerte Hängebrücke in der Vorlesung berechnet wurde. Erläutern Sie die Montagestrategie und berechnen Sie für den Referenzzustand „ständige Lasten“ die geometrische Form des Tragkabels im Bereich der Hänger. Erweitern Sie diese Berechnung auf den Nutzlastzustand. Interpretieren Sie, warum man das Kabel nach Theorie II. Ordnung berechnen muss, den Fahrbahnträger aber nach Theorie I. Ordnung berechnen kann. Leiten Sie her, wie man das Problem der Theorie II. Ordnung vom Tragkabel auf den Fahrbahnträger verschiebt.

¹ Lagerungs- und Anschlussbedingungen sowie Belastung: Eingespannter Stiefuß, Gleitlager am freien Riegelende (verschiebliches System), vertikale Einzelkraft an der biegesteifen Rahmenecke, Gleichlast entlang des Stiels.

² Belastung: vertikal wirkende Einzelkraft und horizontal wirkende Einzelkraft, jeweils am freien Kragarmende.

VO 11: Herleitung der Grundgleichungen der Kreisbogentheorie I. Ordnung

14. Grundlagen des Prinzips der virtuellen Kräfte zur Herleitung der Kreisbogentheorie I. Ordnung

Hinweis: Skizzieren Sie den charakteristischen Verschiebungszustand schlanker Kreisbögen und formulieren Sie ihn mathematisch. Berechnen Sie davon ausgehend die Normalverzerrungskomponente in Tangentialrichtung des linearisierte Verzerrungstensors. Gehen Sie konzeptionell auf die weiteren Schritte des PvL ein, d.h. auf die Identifikation leistungsmotivierter Einwirkungs- und Spannungsergebnisse sowie auf die Herleitung der konstitutiven Gesetze, der Formel zur Berechnung der Normalspannungen in Tangentialrichtung und der Gleichgewichtsbedingungen. Arbeiten Sie anhand der Grundgleichungen die Kopplungen zwischen Biege- und Normalkraftproblem heraus.

VO 12: Herleitung der Übertragungsbeziehungen der Kreisbogentheorie I. Ordnung

15. Herleitung der Übertragungsbeziehungen der Kreisbogentheorie I. Ordnung

Hinweis: Leiten Sie ausgehend von den Grundgleichungen der Kreisbogentheorie I. Ordnung ein Schema her, mit dem die 6 Zustandslinien in 6 aufeinander folgenden Schritten ermittelt werden können. Wenden Sie das Schema an, um die Kraftgrößen für einen unbelasteten Bogenabschnitt zu berechnen. Ersetzen Sie die mathematisch motivierten durch baustatisch interpretierbare Integrationskonstanten. Skizzieren Sie die mathematische Form der Übertragungsbeziehungen und erläutern Sie, wie man die Integrationskonstanten identifiziert. Leiten Sie abschließend eine Bedingung für die Stützlinientragwirkung eines Kreisbogens her. Geben Sie zwei Beispiele für Stützlinienbelastungen.

Änderungen und Ergänzungen vorbehalten