

Ablauf von mündlichen Prüfungen aus Baustatik

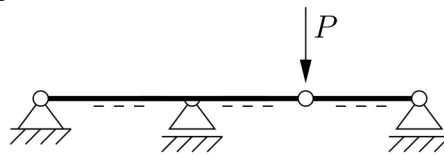
Mündliche Prüfungen aus Baustatik beinhalten „Einstiegsfragen“ und Verständnisfragen zum Vorlesungsstoff.

Einstiegsfragen

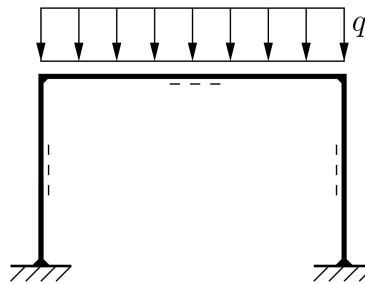
Studierende erhalten zu Beginn ihrer mündlichen Prüfung eine baustatische Aufgabenstellung (mit einer Einwirkungsgröße), die als „Einstiegsfrage“ bezeichnet wird. Der Grad der statischen Unbestimmtheit ist zu bestimmen (KO Kriterium), es ist zu erläutern, wie man die Momentenlinie und die Querkraftlinie sowie die verformte Lage der Baukonstruktion qualitativ richtig konstruiert, und das Lastabtragungsverhalten des untersuchten Stabtragwerks ist zu beschreiben.

Die dabei zugrunde zu legenden Annahmen lauten: *alle Stäbe sind dehnstarr, lineare Kinematik, Theorie I. Ordnung.*

Beispiel 1: Schubstarrer Gerberträger laut Abbildung.



Beispiel 2: Symmetrischer Rahmen bestehend aus Schubstarrstäben, mit symmetrischer Belastung.



Bewertung: Bei zufriedenstellender Beantwortung der Einstiegsfrage werden den Studierenden weitere Verständnisfragen zum Vorlesungsstoff gestellt. Sollte die Einstiegsfrage nicht zufriedenstellend gelöst werden, wird die mündliche Prüfung bis zu einem der nachfolgenden Prüfungstermine unterbrochen. In diesem Fall ist eine erneute Anmeldung erforderlich, wobei die in der Prüfungsordnung genannten An- und Abmeldefristen einzuhalten sind. Die Fortsetzung der mündlichen Prüfung erfolgt wieder mit einer Einstiegsfrage. Sollte diese abermals nicht zufriedenstellend gelöst werden, wird die Prüfung aus Baustatik beendet und negativ bewertet. Wird im Rahmen einer fortgesetzten mündlichen Prüfung die Einstiegsfrage zufriedenstellend beantwortet, werden den Studierenden weitere Verständnisfragen zum Vorlesungsstoff gestellt.

Verständnisfragen zum Vorlesungsstoff

Fragenkatalog:

Stand: 13. Februar 2024

**Im Vergleich zum Sommersemester 2023 wurden die Fragen 5, 6 und 13 neu formuliert.
Die Fragen 9 und 12 wurden aktualisiert. Die übrigen Fragen sind gleichgeblieben.**

1. Herleitung der Merkgel zur Einführung von Schnittgrößen
Hinweis: Erläutern Sie, wie die Definitionsfaser das lokale Stab-Koordinatensystem definiert. Identifizieren Sie durch Vergleich des Basisvektors \mathbf{e}_x und der Schnittnormalen \mathbf{n} das positive und negative Schnittufer. Führen Sie am positiven Schnittufer die vektoriell interpretierten Schnittgrößen in Richtung der Basisvektoren ein, am negativen Schnittufer in die Gegenrichtungen. Leiten Sie schließlich die gängigen Merkgel ab.
2. Herleitung der Gleichgewichtsbedingungen der Stabtheorie I. und II. Ordnung
Hinweis: Gehen Sie von einem *endlichen* Stabelement aus. Formulieren Sie die jeweils spezifisch gefragte Gleichgewichtsbedingung (Vertikalkräfte-, Horizontalkräfte- oder Momentengleichgewichtsbedingung nach Theorie I. oder II. Ordnung). Dividieren Sie die

erhaltene Gleichung durch die Länge des Stabelements. Führen Sie den Grenzübergang aus, dass die Länge des Stabelements gegen null geht. Erläutern Sie insbesondere auch die mathematischen Grundlagen, die den erforderlichen Grenzwertberechnungen zugrunde liegen.

3. Grundgleichungen und Anwendungsgrenzen der Stabtheorie I. Ordnung
Hinweis: Schreiben Sie die drei Grundgleichungsgruppen an (geometrische Beziehungen, konstitutive Gleichungen, Gleichgewichtsbedingungen). Strukturieren Sie die Gleichungen auch nach Längs-, Quer- und Torsionsanteilen des Stabverhaltens. Benennen Sie alle Symbole. Erläutern Sie zugrundeliegenden Annahmen und die daraus resultierenden Anwendungsgrenzen aufgeschlüsselt nach Grundgleichungsgruppen. Wie kontrolliert man im Anschluss an eine Berechnung mit einem Stabstatikprogramm, dass die Anwendungsgrenzen eingehalten sind?
4. Bestimmung des Grads der statischen Unbestimmtheit eines Stabtragwerks
Hinweis: Erläutern Sie die allgemein gültige Vorgangsweise bei räumlichen Stabtragwerken auf Basis der Gegenüberstellung von Starrkörperverschiebungsfreiheitsgraden mit geometrischen Rand- und Übergangsbedingungen. Gehen Sie im Anschluss auf die Abzählformeln für ebene Systeme mit Beanspruchung in bzw. orthogonal zur Ebene über, indem Sie (a) verbleibende Starrkörperverschiebungsfreiheitsgrade identifizieren und (b) erläutern, mit welcher Art geometrischer Rand- und Übergangsbedingungen zu vergleichen ist (Quer-, und/oder Längs- und/oder Torsionsanteile).
5. Materiell lineare konstitutive Beziehungen der Stabtheorie I. Ordnung
Hinweis: Beschreiben Sie die vier konstitutiven Beziehungen der Stabtheorie I. Ordnung und ihre Anwendungsgrenzen. Benennen Sie alle in den konstitutiven Beziehungen aufscheinenden Symbole. Gehen Sie auf die Bedeutung des Begriffs „materiell linear“ ein. Leiten Sie die Momenten-Verkrümmungs-Beziehung und die Normalkraft-Längsdehnungs-Beziehung her und berücksichtigen Sie dabei temperaturinduzierte Eigenverzerrungen, die bei stationärer Wärmeleitung in z -Richtung eines Stabes auftreten.
6. Berücksichtigung der Schubnachgiebigkeit in baustatischen Berechnungen
Hinweis: Definieren Sie die Stabkennzahl ρ und interpretieren Sie sie als Schubgedrungenheit. Erläutern Sie die Auswirkung der Schubnachgiebigkeit auf berechnete Biegekoordinaten von biegebeanspruchten Einzelstäben. Gehen Sie auf Fehler zufolge Schubstarrer Berechnung ein. Wie kann man vor einer baustatischen Berechnung entscheiden, ob eine schubstarre Berechnung ausreichend oder eine schubelastische Berechnung notwendig ist? Wie erweitert man die Integraltafel, welche sich auf schubstarre Stäbe bezieht und im Prinzip der virtuellen Kräfte verwendet wird, um schubelastische Stäbe berechnen zu können.
7. Überblick über Methoden zur Schnittgrößenermittlung statisch bestimmt gelagerter Einzelstäbe
Hinweis: Beweisen Sie exemplarisch, dass die „Integration der Differentialgleichungen der Stabtheorie I. Ordnung und das Identifizieren der Integrationskonstanten durch Anpassen an dynamische Randbedingungen“ sowie die „Lösung mit Hilfe des Schnittprinzips und Gleichgewichtsbedingungen“ gleichwertig sind. Mögliche Stabkonfigurationen beinhalten Träger auf zwei Stützen bzw. Kragarme, z.B. unter Einzellast, Gleichlast, etc.
8. Herleitung der Übertragungsbeziehungen (Queranteile des Stabverhaltens) nach Stabtheorie I. Ordnung
Hinweis: Gehen Sie auf die allgemeine Lösungsstrategie von stabstatischen Problemen ein. Leiten Sie die gesuchten Übertragungsbeziehungen ausgehend von den Differentialgleichungen her. Gehen Sie insbesondere auf die vereinfachende Annahme beim dritten Integrationsschritt ein. Leiten Sie die Lastintegrale für eine Einzelkraft P her. Erläutern Sie die konzeptionelle Vorgangsweise zur Herleitung von Einzelstabformeln (Formulieren von Randbedingungen zur Identifikation von Integrationskonstanten = Zustandsgrößen am Stabanfang).
9. Einsatz des Prinzips der virtuellen Kräfte (PvK) in der Baustatik
Hinweis: Schreiben Sie die allgemein gültige Kurzformel aller virtuellen Arbeitsprinzipien an. Wie sind die virtuellen Arbeiten der inneren und äußeren Kräfte beim PvK für biegebeanspruchte Stabtragwerke definiert? Erklären Sie, dass das PvK zur gezielten Berechnung von Verschiebungsgrößen dient, wenn Schnittgrößen bekannt sind. Erläutern Sie, wie man Einträge in der verwendeten Integraltafel herleitet. Wenden Sie das PvK auf einfache, statisch bestimmte Tragwerke an. Arbeiten Sie die Rolle des PvK beim Kraftgrößenverfahren heraus. Gehen Sie auf den Einsatz bei statisch unbestimmten Tragwerken ein (Reduktionssatz) und erläutern Sie die Anforderungen an die virtuelle Kraftgruppe.
10. Methode der Belastungsumordnung bei statisch unbestimmten Systemen
Hinweis: Erläutern Sie die Sinnhaftigkeit des Verfahrens. Erklären Sie, wie man die Belastung im „Lastfall Symmetrie“ bzw. im „Lastfall Antimetrie“ findet. Erläutern Sie, dass man in beiden Fällen auf das jeweils halbe Analysesystem übergeht, indem man die wesentlichen Übergangsbedingungen am Symmetrieschnitt des Gesamtsystems zu Randbedingungen des halben Analysesystems macht. Erläutern Sie die Vorgangsweise am Beispiel eines dehntarren Dreistrahmens mit gelenkigen Stief Füßen und einer Horizontalkraft in einer Rahmenecke.

11. Anschauliche Fassung des Kraftgrößenverfahrens (KGV)

Hinweis: Erläutern Sie die Anzahl und Art der Unbekannten beim KGV. Erläutern Sie die anschauliche Fassung des KGV anhand eines linksseitig eingespannten und rechtsseitig gelenkig gelagerten Stabes unter Gleichlast und eingepprägter Auflagerabsenkung. Transformieren Sie den Stab in das rechenstechnisch günstigste statisch bestimmte Grundsystem. Berechnen Sie die dadurch ermöglichte Verschiebungsgröße mit dem PvK. Interpretieren Sie das Ergebnis. Formulieren Sie schließlich die Formänderungsbedingung. Erläutern Sie warum Verträglichkeitsbedingungen (und keine Gleichgewichtsbedingungen) formuliert werden.
12. Herleitung der Dreimomentengleichung (DMG)

Hinweis: Erläutern Sie, dass ein Durchlaufträger mit n Zwischenlagern n -fach statisch unbestimmt ist. Führen Sie an allen Zwischenlagern Gelenke ein, um das statisch bestimmte Grundsystem zu erhalten. Leiten Sie die DMG durch Anwendung des KGV in der anschaulichen Fassung her, unter Annahme schubstarrer Stäbe. Geben Sie einen konzeptionellen Überblick, welche Teile der Herleitung adaptiert werden müssen, wenn folgende drei Erweiterungen vorgenommen werden: (a) Drehfedern statt biegesteife Stabanschlüsse, (b) schubelastische Stäbe statt schubstarrer Stäbe, (c) eingepprägte Auflagerabsenkungen. Nennen Sie abschließend die Anwendungsvoraussetzungen der DMG.
13. Modellieren äußerlich unbelasteter Tragwerksteile durch Ersatzfedern, Anwendung auf Windverbände

Hinweis: Erläutern Sie lineare Weg- und Drehfedergesetze, ihre Rolle im Kontext der Randbedingungen sowie die physikalischen Dimensionen und Einheiten von Weg- und Drehfedersteifigkeiten. Erklären Sie die Berechnung von Ersatzfedersteifigkeiten. Wenden Sie die Vorgangsweise auf einen Dreistabrahmen mit einem kreuzförmigen Windverband an. Arbeiten Sie die Unterschiede zwischen schlaffen und vorgespannten Windverbänden heraus. Gehen Sie auf die Berücksichtigung von Federn beim Prinzip der virtuellen Kräfte ein. Erläutern Sie die beiden Varianten, die sich bei auf Federn gelagerten Tragwerken anbieten, um ihren Grad der statischen Unbestimmtheit zu bestimmen.
14. Anschauliche Fassung des Drehwinkelverfahrens (DWV)

Hinweis: Erläutern Sie die Identifikation der Anzahl und Art der gesuchten Drehwinkel. Analysieren Sie z.B. einen Zweistabrahmen mit eingespanntem Stiefuß und Gleitlager am Riegelende unter Gleichlast längs des Riegels. Stellen Sie für alle Grundzustände jeweils die verformte Lage und die Momentenlinie dar. Zeigen Sie, dass alle Grundzustände geometrisch kompatibel aber nicht im Gleichgewicht sind. Erläutern Sie die Ermittlung der Volleinspannmomente mit Hilfe von Einzelstabformeln sowie die Zustands-Superposition. Erklären Sie die Art und Anzahl der abschließend erforderlichen Gleichgewichtsbedingungen.
15. Analogien und Unterschiede zwischen dem Kraftgrößenverfahren und dem Drehwinkelverfahren

Hinweis: Erläutern Sie das Beispiel aus dem Vorlesungsskriptum, um die Dualität zwischen KGV und DWV aufzuzeigen. Vergleichen Sie daher in allen Detailspekte jeweils immer Kraft- und Verschiebungsgrößen. Stellen Sie die Art und Anzahl der gesuchten Zustandsgrößen gegenüber. Arbeiten Sie die Eigenschaften der Grundzustände exemplarisch anhand aussagekräftiger verformter Lagen und Momentenlinien heraus. Mit welchen Bedingungen werden die gesuchten Größen am Berechnungsende schließlich ermittelt?
16. Einflusslinien für Verschiebungsgrößen von Stabtragwerken

Hinweis: Leiten Sie den Satz von Betti her. Nennen Sie die zugrunde liegenden Annahmen und Anwendungsgrenzen. Erklären Sie insbesondere, wie man aus dem Reziprozitätstheorem die Merkregel zur Ermittlung von Einflusslinien für Verschiebungsgrößen ablesen kann. Wenden Sie diese Merkregel an, um eine Einflusslinie für eine Biegeordinate eines dreifeldrigen Durchlaufträgers zu bestimmen. Verwenden Sie dazu die Systemanalyse aus der Anschauung. Erläutern Sie, wie man eine Einflusslinie auswertet.
17. Einflusslinien für Schnittgrößen von Stabtragwerken

Hinweis: Erläutern Sie kurz die Vorgangsweise bei statisch bestimmten Tragwerken (PvV). Formulieren Sie die Merkregel: „Die zur gesuchten Kraftgröße energetisch konjugierte Verschiebungsgröße wird so eingepprägt, dass die gesuchte Kraftgröße entlang eines Einheitsweges negative virtuelle Arbeit leistet“. Leiten Sie diese Merkregel bei statisch unbestimmten Tragwerken mit einer Formänderungsbedingung und dem Reziprozitätstheorem her. Erläutern Sie, wie man eine Einflusslinie auswertet.
18. Grundgleichungen und Anwendungsgrenzen der Fließgelenktheorie I. Ordnung

Hinweis: Schreiben Sie die geometrischen Beziehungen und die Gleichgewichtsbeziehungen nach Stabtheorie I. Ordnung an (nur Queranteile). Nennen Sie ihre Anwendungsgrenzen. Zeichnen Sie ein Spannungs-Dehnung-Diagramm für linear-elastisches – ideal-plastisches Materialverhalten. Hauptteil der Prüfungsfrage: Leiten Sie ausgehend von der Annahme vom Ebenbleiben der Querschnitte die vollständige Momenten-Verkrümmungsbeziehung eines

Rechteckquerschnitts nach Fließzonentheorie her und erläutern Sie die Idealisierung der Fließgelenktheorie. Erläutern Sie die strukturelle und die materielle Anwendungsgrenze.

19. Inkrementell-elastische Fließgelenksanalyse

Hinweis: Nennen Sie das Ziel inkrementell-elastischer Fließgelenksanalysen. Erläutern Sie das Beispiel aus dem Vorlesungsskriptum. Beachten Sie dabei insbesondere die unterschiedliche Darstellung von „normalen Gelenken“ und Fließgelenken. Zeigen Sie, dass die Traglast statisch bestimmt ist. Gehen Sie dazu von der Momentenlinie unter Traglast aus und verwenden Sie die in der Baustatik übliche Konstruktion von Momentenlinien.

20. Traglastsätze

Hinweis: Erläutern Sie die vier Traglastbedingungen des Eindeutigkeitsatzes, den statischen Satz und den kinematischen Satz. Erläutern Sie die für das Erreichen der Traglast erforderliche Anzahl an Fließgelenken anhand lokaler bzw. globaler Versagensmechanismen. Erklären Sie wie man an einem Fließgelenk plastische Grenzmomente einführt, sodass positive Dissipationsarbeit geleistet wird. Wenden Sie den Eindeutigkeitsatz auf einfache Beispiele zur Berechnung der Traglast an.

21. Grundgleichungen und Anwendungsgrenzen der Stabtheorie II. Ordnung

Hinweis: Schreiben Sie die Grundgleichungen für die Quer- und die Längsanteile des Stabverhaltens an. Gehen Sie auf die Kopplungsterme ein. Unter welcher Voraussetzung können die Queranteile entkoppelt betrachtet werden? Nennen Sie die Anwendungsgrenzen. Erläutern Sie die Bedeutung von $w(x)$ und $w_v(x)$ sowie von $R(x)$ und $N^II(x)$ anhand von Skizzen. Rechnen Sie die *Schnittgrößen* „Transversalkraft“ und „Normalkraft nach Theorie II. Ordnung“ in die *Spannungsergebnisse* „Querkraft“ und „Normalkraft“ um. Gehen Sie dabei auf den Unterschied zwischen „statisch äquivalent“ und „im Gleichgewicht“ ein.

22. Einsatz der Stabtheorie II. Ordnung, Knicklänge, Vorverformungen

Hinweis: Definieren Sie „Stabilitätsgefährdung“ und erläutern Sie die Konsequenzen. Erklären Sie den Begriff der Knicklänge anhand der Knickformen der vier Eulerfälle. Schreiben Sie den Zusammenhang zwischen idealer Knickdruckkraft und Knicklänge an. Geben Sie Schranken für die Knicklängen von Dreistabrahmen an. Erläutern Sie, wie man den richtigen Vorverformungstyp auswählt, wenn die Knickform bekannt ist. Wenden Sie diese Regeln auf zweistöckige und zweischiffige Rahmen an. Leiten Sie her, wie man parabelförmige Vorverkrümmungen durch eine äquivalente Ersatzgleichlast berücksichtigen kann.

23. Stabilitätsuntersuchung des zweiten Eulerfalls

Hinweis: Spezialisieren Sie die Differentialgleichungen für die Queranteile des Stabverhaltens nach Stabtheorie II. Ordnung für die Aufgabenstellung. Verwenden Sie ein Eliminationsverfahren zur Herleitung der Differentialgleichung 4. Ordnung in der Biegeordinate. Geben Sie die Lösung der Differentialgleichung an. Identifizieren Sie die Integrationskonstanten anhand der Randbedingungen. Beschreiben Sie die triviale und die nichttriviale Lösung. Bestimmen Sie die Knicklast und die Knickform.

24. Herleitung der Knicklängendiagramme für verschiebliche, symmetrische, einstöckige Rahmen.

Hinweis: Leiten Sie durch Systemtransformation das Berechnungsmodell her. Nennen Sie die Randbedingungen des auf Federn gelagerten Stabes. Schreiben Sie die zu lösende Differentialgleichung 4. Ordnung in der Biegeordinate an und geben Sie die Lösung an. Skizzieren Sie die Struktur des Gleichungssystems, das nach Formulieren der Randbedingungen erhalten wird. Erläutern Sie die triviale und die nichttriviale numerische Lösung der transzendenten Gleichung. Gehen Sie schließlich von der kritischen Stabkennzahl auf die Knicklänge über.

Änderungen, Ergänzungen und Abweichungen vorbehalten.

Die angeführten Hinweise dienen zur Vorbereitung. Sie werden bei der mündlichen Prüfung nicht gegeben.