



# Theoretische Physik Ia

Rechenmethoden der Mechanik – Tutorium 14

Aufgabe 38/Beweise

Erwartungen...

Klausur: Spickzettel...

- a) Es seien  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ,  $B \in \mathbb{R}^{n \times p}$  und  $C \in \mathbb{R}^{p \times q}$  mit  $m, n, p, q \in \mathbb{N}$ . Zeigt, dass das Matrizenprodukt assoziativ ist, das heißt es gilt:  $A(BC) = (AB)C \in \mathbb{R}^{m \times q}$ . (3 Punkte)

Es sei

$$\mathbb{1} := \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n}$$

die sogenannte Einheitsmatrix. Eine Matrix  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$  heißt invertierbar, falls eine Matrix  $A^{-1} \in \mathbb{R}^{n \times m}$  existiert, sodass  $A \cdot A^{-1} = \mathbb{1}$  gilt.

- b) Zeigt, dass für eine beliebige Matrix  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  gilt:  $M\mathbb{1} = M$  und  $\mathbb{1}M = M$ . (2 Punkte)
- c) Zeigt die Eindeutigkeit der Einheitsmatrix, also dass  $\mathbb{1}$  die *einzige* Matrix ist, für die für alle  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  gilt:  $M\mathbb{1} = M = \mathbb{1}M$ . (2 Punkte)
- d) Nutzt b) und c) um zu zeigen: Ist  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar, dann ist auch  $M^{-1} \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar und es gilt  $(M^{-1})^{-1} = M$ . (2 Punkte)
- e) Zeigt: Sind  $A, B \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar, dann ist auch  $AB$  invertierbar. Wie lautet also die Inverse  $(AB)^{-1}$ ? (2 Punkte)

- a) Es seien  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ,  $B \in \mathbb{R}^{n \times p}$  und  $C \in \mathbb{R}^{p \times q}$  mit  $m, n, p, q \in \mathbb{N}$ . Zeigt, dass das Matrixprodukt assoziativ ist, das heißt es gilt:  $A(BC) = (AB)C \in \mathbb{R}^{m \times q}$ . (3 Punkte)

Es sei

$$\mathbb{1} := \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n}$$

die sogenannte Einheitsmatrix. Eine Matrix  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$  heißt invertierbar, falls eine Matrix  $A^{-1} \in \mathbb{R}^{n \times m}$  existiert, sodass  $A \cdot A^{-1} = \mathbb{1}$  gilt.

- b) Zeigt, dass für eine beliebige Matrix  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  gilt:  $M\mathbb{1} = M$  und  $\mathbb{1}M = M$ . (2 Punkte)
- c) Zeigt die Eindeutigkeit der Einheitsmatrix, also dass  $\mathbb{1}$  die *einzige* Matrix ist, für die für alle  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  gilt:  $M\mathbb{1} = M = \mathbb{1}M$ . (2 Punkte)
- d) Nutzt b) und c) um zu zeigen: Ist  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar, dann ist auch  $M^{-1} \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar und es gilt  $(M^{-1})^{-1} = M$ . (2 Punkte)
- e) Zeigt: Sind  $A, B \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar, dann ist auch  $AB$  invertierbar. Wie lautet also die Inverse  $(AB)^{-1}$ ? (2 Punkte)

$$a) \quad A \in \mathbb{R}^{m \times n}, \quad B \in \mathbb{R}^{n \times p}, \quad C \in \mathbb{R}^{p \times q}$$

$$\begin{aligned} [A(BC)]_{ij} &= \sum_{k=1}^n A_{ik} (BC)_{kj} = \sum_{k=1}^n A_{ik} \sum_{l=1}^p B_{kl} C_{lj} \\ &= \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^p A_{ik} B_{kl} C_{lj} = \sum_{l=1}^p \left( \sum_{k=1}^n A_{ik} B_{kl} \right) C_{lj} \\ &= \sum_{l=1}^p [AB]_{il} C_{lj} = [A(B)C]_{ij} \end{aligned}$$

$$b) \quad [M \cdot \mathbb{1}]_{ij} = \sum_{k=1}^n M_{ik} \delta_{kj} = M_{ij} = \sum_{k=1}^n \delta_{ik} M_{kj} = [\mathbb{1}M]_{ij}$$

$$M \cdot \mathbb{1} = M = \mathbb{1} \cdot M$$

- a) Es seien  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ,  $B \in \mathbb{R}^{n \times p}$  und  $C \in \mathbb{R}^{p \times q}$  mit  $m, n, p, q \in \mathbb{N}$ . Zeigt, dass das Matrixprodukt assoziativ ist, das heißt es gilt:  $A(BC) = (AB)C \in \mathbb{R}^{m \times q}$ . (3 Punkte)

Es sei

$$\mathbb{1} := \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n}$$

die sogenannte Einheitsmatrix. Eine Matrix  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$  heißt invertierbar, falls eine Matrix  $A^{-1} \in \mathbb{R}^{n \times m}$  existiert, sodass  $A \cdot A^{-1} = \mathbb{1}$  gilt.

- b) Zeigt, dass für eine beliebige Matrix  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  gilt:  $M\mathbb{1} = M$  und  $\mathbb{1}M = M$ . (2 Punkte)

- c) Zeigt die Eindeutigkeit der Einheitsmatrix, also dass  $\mathbb{1}$  die *einzige* Matrix ist, für die für alle  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  gilt:  $M\mathbb{1} = M = \mathbb{1}M$ . (2 Punkte)

- d) Nutzt b) und c) um zu zeigen: Ist  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar, dann ist auch  $M^{-1} \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar und es gilt  $(M^{-1})^{-1} = M$ . (2 Punkte)

- e) Zeigt: Sind  $A, B \in \mathbb{R}^{n \times n}$  invertierbar, dann ist auch  $AB$  invertierbar. Wie lautet also die Inverse  $(AB)^{-1}$ ? (2 Punkte)

c) angenommen es gibt  $\mathbb{1}'$  mit  $M \cdot \mathbb{1}' = \mathbb{1}' \cdot M = M$   
dann muss gelten  $\mathbb{1}' = \mathbb{1} \cdot \mathbb{1}' = \mathbb{1}' \cdot \mathbb{1} = \mathbb{1}$

d)  $A \cdot A^{-1} = \mathbb{1} \Leftrightarrow \underbrace{A^{-1} \cdot A \cdot A^{-1}} = A^{-1} \mathbb{1} = A^{-1}$   
 $= \mathbb{1} \Rightarrow A$  ist das Inverse zu  $A^{-1}$

e)  $(AB)(B^{-1}A^{-1}) = A \underbrace{B B^{-1}}_{= \mathbb{1}, \text{ da } B \text{ invertierbar}} A^{-1} = AA^{-1} \stackrel{\text{da } A \text{ invertierbar}}{=} \mathbb{1}$

$\rightarrow AB$  ist invertierbar mit der Inversen  $B^{-1}A^{-1}$

# Erwartungen... (s. Tutorium 1)

- ... ans Studium
  - Was verbinde ich mit dem Studiengang?
  - Lieblingsthema
- ... an mich
  - Was kann ich gut?
  - Wo sehe ich Luft nach oben?

**Brief an dich selbst (per E-Mail an dich)**

# Erwartungen...

- ... ans Studium
  - Was verbinde ich mit dem Studiengang?
  - Lieblingsthema
- ... an mich
  - Was kann ich gut?
  - Wo sehe ich Luft nach oben?

**Was hat sich bestätigt?**  
**Was hat sich geändert?**

$$\exists C > 0 \exists \varepsilon > 0 \forall x \in \{x : d(x, a) < \varepsilon\} : |f(x)| \leq C \cdot |g(x)|$$

$$|\vec{\mathbf{a}}| |\vec{\mathbf{b}}| \sin \left[ \sphericalangle \left( \vec{\mathbf{a}}, \vec{\mathbf{b}} \right) \right] \vec{\mathbf{n}}$$

# Spickzettel/Gedächtnisstütze: mein Beispiel aus WS23/24

**Ableitung**  $\leftarrow$  **Integral**  $\rightarrow$  beides lineare Abb.:  $L(Af+Bf) = L(Af) + L(Bf)$

**Produktregel:**  $(f \cdot g)' = f'g + fg'$   $\rightarrow \int f'g dx = fg - \int fg' dx$  (Part. Int.)

**Kettenregel:**  $(f \circ g)' = f'(g) \cdot g'$   $\rightarrow \int f(u) \cdot \frac{du}{dx} dx = \int f(u) du$  (Subst.)

**Quotientenregel:**  $(\frac{f}{g})' = \frac{f'g - fg'}{g^2}$

**Umkehrfkt.:**  $(f^{-1})' = \frac{1}{f'(f^{-1}(x))}$

**Wichtige Abl.:**  $\arcsin' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ ,  $\arccos' = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ ,  $\arctan' = \frac{1}{1+x^2}$

**Satz von Taylor:**  $f(x) = \sum_{k=0}^n \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x-x_0)^k + R_n(x)$

**Wichtige Abl. (Zusatz):**  $\arcsin' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ ,  $\arccos' = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ ,  $\arctan' = \frac{1}{1+x^2}$

**Partielle vs. totale Zeitableitung:**  
 - partielle:  $\frac{\partial}{\partial x_i}$  (nur  $x_i$  variiert)  
 - totale:  $\frac{d}{dt}$  (alle  $x_i$  variieren)  
 -  $\frac{d}{dt} f(x(t)) = \sum \frac{\partial f}{\partial x_i} \dot{x}_i + \frac{\partial f}{\partial t}$

**Stationäre Punkte:**  $\frac{\partial f}{\partial x_i} = 0$   $\rightarrow$  Hessesche Matrix  $H = (\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j})$   
 -  $\det H > 0$  und  $H_{11} > 0$ : lok. Min.  
 -  $\det H < 0$ : lok. Max.  
 -  $\det H = 0$ : Sattelpunkt

**Potentialkoordinaten:**  $x = r \cos \varphi$ ,  $y = r \sin \varphi$   
 $dx = -r \sin \varphi d\varphi - dr \cos \varphi$   
 $dy = r \cos \varphi d\varphi - dr \sin \varphi$   
 $dA = r dr d\varphi$

**Kreuzprodukt:**  $\vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$   
 -  $|\vec{a} \times \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \alpha$   
 -  $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = \det(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c})$

**Skalarprodukt:**  $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \alpha$   
 -  $\vec{a} \perp \vec{b} \iff \vec{a} \cdot \vec{b} = 0$

**Spezialprodukt:**  $\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c}) = \det(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c})$   
 -  $\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{c} \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) = \vec{b} \cdot (\vec{c} \times \vec{a})$

**Oberflächenintegral:**  $\int_S \vec{f} \cdot d\vec{A} = \int_D \vec{f}(\vec{r}(u,v)) \cdot \vec{r}_u \times \vec{r}_v du dv$

**Vektorielles Oberflächenintegral:**  $\int_S \vec{v} \cdot d\vec{A} = \int_D \vec{v}(\vec{r}(u,v)) \cdot (\vec{r}_u \times \vec{r}_v) du dv$

**Satz von Gauss:**  $\int_V \text{div } \vec{v} dV = \int_{\partial V} \vec{v} \cdot \vec{n} dA$

**Satz von Stokes:**  $\int_C \vec{v} \cdot d\vec{s} = \int_S \text{rot } \vec{v} \cdot \vec{n} dA$

**Green'sche Formel:**  $\int_D \left( \frac{\partial \psi}{\partial x} - \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) dx dy = \int_{\partial D} \psi dx + \phi dy$

**Green'sche Formel (Zusatz):**  $\int_D \left( \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) dx dy = \int_{\partial D} \psi dx - \phi dy$

**Green'sche Formel (Zusatz):**  $\int_D \left( \frac{\partial \psi}{\partial x} - \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) dx dy = \int_{\partial D} \psi dx + \phi dy$

**Green'sche Formel (Zusatz):**  $\int_D \left( \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) dx dy = \int_{\partial D} \psi dx - \phi dy$

**Vektorraum:**  $V$  abgeschlossen,  $v, w \in V \implies v+w \in V$   
 - Assoziativ, kommutativ, distributiv  
 - inverses und neutrales Element

**Vektoren:** Objekte, die man addieren und mit einem Skalar multiplizieren kann

**Teilraum:**  $U \subseteq V$  ist Teilraum von  $V$  wenn  $U$  abgeschlossen ist und  $0 \in U$

**Linear unabhängig:**  $\sum \alpha_i v_i = 0 \implies \alpha_1 = \dots = \alpha_n = 0$   
 -  $\{v_1, \dots, v_n\} \subseteq \text{span}(U) \iff \text{span}(U) = \text{span}\{v_1, \dots, v_n\}$

**Matrix:**  $M \in \mathbb{R}^{n \times m}$   $\rightarrow$   $n$  Zeilen,  $m$  Spalten

**Rotationsmatrix:**  $R(\varphi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix}$   
 -  $L \circ R$  gegen den Uhrzeigersinn

**Matrixrechnung:**  $(AB)_{ij} = \sum_k a_{ik} b_{kj}$ ,  $(\alpha A)_{ij} = \alpha a_{ij}$

**Addition:**  $(A+B)_{ij} = A_{ij} + B_{ij}$   
 $A+B = B+A$

**Multiplikation:**  $C = AB$  nur für  $\text{Spalten}(A) = \text{Zeilen}(B)$   
 $C_{ij} = \sum_k a_{ik} b_{kj} = \sum_k a_{ik} b_{kj}$

**Spur:**  $\text{tr}(A) = \sum_{i=1}^n a_{ii}$   
 $\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA)$

**Einheitsmatrix:**  $1_n \cdot A = A \cdot 1_n = A$   
**Transponiert:**  $(AB)^T = B^T A^T$   
**Inverse:**  $A \cdot x = b \iff A^{-1} A \cdot x = A^{-1} b$   
 $\iff x = A^{-1} b$

**Lin. Abb.  $L: V \rightarrow W$  kann invertierbar sein, wenn  $\dim V = \dim W$   
 wobei  $A^{-1}$  lin. Abb. ist  
 $(A^{-1})^{-1} = A$   
 wenn  $A$  invertierbar, dann gilt:  $(AB)^{-1} = B^{-1} A^{-1}$**

**Basistausch:**  $v_B = B^{-1} L(v_C) v_C$ ,  $L(v_C) = (L \circ B^{-1})(v_C)$   
 mit  $S^{-1} = B^{-1} L^{-1} B$  und  $S = L B^{-1}$   
 wo Basistransformationsmatrizen

**Ähnlichkeitstransformation:**  $B^{-1} S^{-1} C S$

**orthogonale Matrix:**  $S^{-1} = S^T = (s_{ij})$ ,  $s_{ij} = \vec{v}_i \cdot \vec{v}_j$

**Raumkurve:**  $\alpha(t)$ , wenn  $\alpha'(t) \neq 0 \forall t$  exist. Tangente

**Boogenlänge:**  $L(C) = \int_a^b |\alpha'(t)| dt$

**Weg-/Flächenintegral:**  $\int_C \vec{f} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \vec{f}(\alpha(t)) \cdot \alpha'(t) dt$

**Stumpfwinkel:**  $\alpha_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i$

**vektorielle Weg-/Flächenintegral über Vektorfeld  $\vec{v}(x)$ :**  
 $\int_C \vec{v} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \vec{v}(\alpha(t)) \cdot \alpha'(t) dt$

**Konservatives Vektorfeld:** wenn  $\text{rot } \vec{v} = 0$   
 - wenn  $\text{rot } \vec{v} = 0 \implies$  Gradientenfeld  $\vec{v} = \nabla \phi$   
 -  $\text{rot } \vec{v} = 0 \implies$  Gradientenfeld  $\vec{v} = \nabla \phi$   
 -  $\text{rot } \vec{v} = 0 \implies$  Gradientenfeld  $\vec{v} = \nabla \phi$

**Wegintegral über konservatives Vektorfeld:**  
 $\int_C \vec{v} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \nabla \phi \cdot \alpha'(t) dt = \phi(\alpha(b)) - \phi(\alpha(a))$   
 $\implies$  hängt nicht vom Weg ab

**Rotation (Wirbelstärke):**  $\text{rot } \vec{v} = \nabla \times \vec{v} = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ \partial_x & \partial_y & \partial_z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$

**Divergenz (Quellstärke):**  $\text{div } \vec{v} = \nabla \cdot \vec{v} = \partial_x v_x + \partial_y v_y + \partial_z v_z$

**Laplace-Operatoren:**  $\Delta = \nabla^2 = \partial_x^2 + \partial_y^2 + \partial_z^2$

# Basiswechsel und Eigenwerte

Basiswechsel:  $v_B = B^{-1} M(\text{id}_V)_C v \stackrel{v \in C}{=} c$ ,  $B^{-1} M(\text{id}_V)_C = ((e_1)_B \dots (e_n)_B)$   
mit  $S^{-1} = B^{-1} M(\text{id}_V)_C$  und  $S = C^{-1} M(\text{id}_V)_B$   
↳ Basistransformationsmatrizen

Ähnlichkeitstransformation:  $B^{-1} A B = S^{-1} C S$

orthogonale Matrix:  $S^{-1} = S^T = (S u) \cdot (S v) = u \cdot v$  "orthogonale Abb."

Raumkurve:  $\alpha(t)$ , wenn  $\dot{\alpha}(t) \neq 0 \forall t \in I$ : exist. "regulär"

Bogenlänge:  $L(C) = \int_a^b |\dot{\alpha}(t)| dt$

Weg-/Kurveintegral:  $\int_C f(x) ds = \int_a^b f(\alpha(t)) |\dot{\alpha}(t)| dt$   
(Skalar)

Eigenwertproblem:  $A v = \lambda v$   
mit  $\lambda$ : EW und  $v$ : EV

Eigenraum:  $\text{Eig}_A(\lambda) = \{v \in \mathbb{K}^n \mid A v = \lambda v\}$

Eigenwerte:  $\det(A - \lambda I_n) = 0$

algebraische Vielfachheit:  $(x - \lambda_i)^{k_i} = 0$  hat alg. Vielf.

geometrische Vielfachheit:  $\dim \text{Eig}_A(\lambda)$

entartet:  $\dim \text{Eig}_A(\lambda) > 1$

Basis aus EV:  $B^{-1} A B = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \lambda_n \end{pmatrix}$

Diagonalisieren:  $D = S^{-1} A S$

$b_1, \dots, b_n$ : EV und:  $S = (b_1, \dots, b_n)$

# Basiswechsel und Eigenwerte

Basiswechsel:  $v_B = B^{-1} M(\text{id}_V)_C v \stackrel{v \in C}{=} c$ ,  $B^{-1} M(\text{id}_V)_C = \left( \begin{pmatrix} (e_1)_B \\ \vdots \\ (e_n)_B \end{pmatrix} \right)$   
mit  $S^{-1} = B^{-1} M(\text{id}_V)_C$  und  $S = c M(\text{id}_V)_B$   
↳ Basistransformationsmatrizen

Ähnlichkeitstransformation:  $B L B^{-1} = S^{-1} C S$  orthogonal

orthogonale Matrix:  $S^{-1} = S^T = \langle S u | \cdot \rangle = \langle \cdot | S v \rangle = u \cdot v$  "Abb"

Raumkurve:  $\alpha(t)$ , wenn  $\dot{\alpha}(t) \neq 0 \forall t \in I$ : "ist, regulär"

Bogenlänge:  $L(C) = \int_a^b |\dot{\alpha}(t)| dt$

Weg-/Kurveintegral:  $\int_C f(x) ds = \int_a^b f(\alpha(t)) |\dot{\alpha}(t)| dt$   
(skalar)

Eigenwertproblem:  $A v = \lambda v$   
mit  $\lambda$ : EW und  $v$ : EV

Eigenraum:  $\text{Eig}_A(\lambda) = \{ v \in \mathbb{K}^n \mid A v = \lambda v \}$

Eigenwerte:  $\det(A - \lambda I_n) = 0$

algebraische Vielfachheit:  $(x - \lambda_i)^{k_i} = 0$  alg. Vielf.

geometrische Vielfachheit:  $\dim \text{Eig}_A(\lambda)$

entartet:  $\dim \text{Eig}_A(\lambda) > 1$

Basis aus EV:  $B L B^{-1} = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \lambda_n \end{pmatrix}$

Diagonalisieren:  $D = S^{-1} A S$

$b_1, \dots, b_n$ : EV und:  $S = (b_1, \dots, b_n)$

# DGLs

Argument:  $\varphi = \arg(z) = \begin{cases} \arctan(b/a) & \text{für } a > 0 \\ \arctan(b/a) + \pi & \text{für } a < 0 \\ \pm \frac{\pi}{2} & \text{für } a = 0, b \geq 0 \end{cases}$

---

**DGL:**  
gewöhnliche: Funktion einer Variable  
partielle: Funktion mehrerer Variabl.  
n-ter Ordnung: Enthält bis n-te Ableitung  
Lineare: Fkt. und Abl. nur in erster Potenz  
inhomogenes additiver Term  
homogenes: kein additiver Term

**Lösungen:** Ansatz  $y(x) = C \cdot e^{\lambda x}$

- direkte Integration
- Trennung der Variable
- inhomogene lin. DGL:  
Allg. Lsg. des homogenen  
+ spez. Lsg. des inhomogenen
- Variation der Konstanten

**DGL-  
Ansatz:**  
EW:  $\lambda$   
partikul.  
mit  $v_i$   
allg. Lsg.

## ▼ Probeklausur

Zur Klausurvorbereitung stellen wir euch hier eine Probeklausur zur Verfügung. Diese Probeklausur war im Original eine der Klausuren der TP1a aus dem WS 19/20. Diese Probeklausur stellt nur eine mögliche Aufgabenzusammenstellung dar. Die Haupt- und Nachklausur müssen nicht eins zu eins die gleichen Aufgabentypen und Themen beinhalten. Bitte bereitet euch auf alle Themen vor, die in der Vorlesung und Übung gelernt wurden.

Es wird ein Tutorium zur Klausurvorbereitung geben, in dem unter anderem Fragen zur Probeklausur besprochen werden können:

Dienstag, den 11.2., um 14 Uhr im Raum E04 Gebäude E2 6

Zusätzlich bietet Philipp eine offene Sprechstunde an:

Mittwoch, den 12.2., zur Vorlesungszeit 8.30 – 10.00 Uhr

Wir wünschen allen eine produktive und erfolgreiche Klausurvorbereitung.

[Probeklausur.pdf](#)

# Klausur (Anmeldung bis 1 Woche vorher)

- 1. Klausur: Do. 13.2., 9-12, Geb. C6 4 gr. HS (0.10)
- 2. Klausur: Fr. 14.3., 9-12, Geb. C6 4 gr. HS (0.10)
- Erlaubte Hilfsmittel in den Klausuren:
  - Ein selbst handschriftlich beidseitig beschriebenes DIN A4-Blatt.
  - Keine weiteren Hilfsmittel.
- Mitbringen: Stift (kein Bleistift), Getränk, (Nerven-)Nahrung  $\sqrt{-1}$   $2^3$   $\Sigma$   $\pi$

# Klausur (Anmeldung bis 1 Woche vorher)

- 1. Klausur: Do. 13.2., 9-12, Geb. C6 4 gr. HS (0.10)
- 2. Klausur: Fr. 14.3., 9-12, Geb. C6 4 gr. HS (0.10)
- Erlaubte Hilfsmittel in den Klausuren:
  - Ein selbst handschriftlich beidseitig beschriebenes DIN A4-Blatt.
  - Keine weiteren Hilfsmittel.
- Mitbringen: Stift (kein Bleistift), Getränk, (Nerven-)Nahrung

 $\sqrt{-1}$ 
 $2^3$ 
 $\Sigma$ 
 $\pi$ 

 |  
|

 8  
ate

 sum  
some

 pi  
pie

**Wer braucht eine Note?**

# Klausur (meine Tipps...)

1. Vor der Klausur: **Anmeldung (bis 1 Woche vorher)**
  - Probeklausur (auf Zeit rechnen/Realbedingungen simulieren)
  - Übungsblätter und Aufgaben aus den Übungen
  - Sorgfalt beim Spickzettel erstellen
2. Während der Klausur:
  - Reihenfolge der Aufgaben
  - Spickzettel konsultieren
  - Ergebnisplausibilität
  - Fragen fragen
3. Nach der Klausur: Freiversuch und Notenverbesserung



Bis 6.2.