

Aufgaben zur Veranstaltung Lineare Algebra 2

Jacqueline Gottowik, Matthias Grajewski, Anke Kreuzer

Übungsblatt 4

Selbstlernaufgaben

Aufgabe 1

Gegeben sind die Matrizen

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 9 & 16 \\ 25 & 36 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}.$$

Bestimmen Sie die Matrixprodukte $AB, BA, A^2, B^2, A^\top B, B^\top A, A^\top A, AA^\top$, falls sie existieren. Welche der Matrixprodukte existieren auf jeden Fall, unabhängig von der Zeilen- und Spaltenzahl von A ? Begründen Sie Ihre Aussagen.

Aufgabe 2

Gegeben ist die Matrix

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -i \\ i & -1 \end{pmatrix}$$

wobei i die imaginäre Einheit ist. Stellen Sie eine Behauptung für A^n auf und beweisen Sie diese mit vollständiger Induktion.

Aufgabe 3

Es sei A eine 2×2 -Matrix mit

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

Zeigen Sie, dass dann gilt:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}$$

Benutzen Sie dazu zwei Rechenwege:

- (a) Überprüfen Sie, dass das Produkt von A und A^{-1} die Einheitsmatrix gibt.
- (b) Berechnen Sie die Inverse von A nach dem Gauß-Verfahren.

Aufgabe 4

Berechnen Sie jeweils die Inverse folgender Matrizen, falls diese existiert:

$$(a) \quad A = \begin{pmatrix} 2 & 4 & -1 \\ 0 & 3 & 5 \\ 0 & 0 & 6 \end{pmatrix} \qquad (b) \quad B = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 1 & 3 & 5 \\ 3 & 7 & 11 \end{pmatrix}$$

Hausaufgaben

Aufgabe 5

Gegeben sind die Matrizen

$$A = \begin{pmatrix} 8 & -2 & 4 \\ 5 & 5 & -3 \\ -2 & 3 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 5 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad C = \begin{pmatrix} -4 & 7 \\ 2 & 3 \\ 3 & 6 \end{pmatrix}.$$

Welche der folgenden Matrixprodukte sind wohldefiniert?

- (a) $A \cdot B$ (b) $C \cdot B$ (c) $A \cdot C$ (d) $A \cdot B \cdot C$
(e) $A \cdot C \cdot B$ (f) $C \cdot B \cdot A$

Begründen Sie Ihre Aussagen und bestimmen Sie gegebenenfalls das Produkt der Matrizen.

Aufgabe 6

Es sind folgende Abbildungsmatrizen gegeben:

$$A_\phi = \begin{pmatrix} \cos(\phi) & -\sin(\phi) \\ \sin(\phi) & \cos(\phi) \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Durch Matrix A_ϕ wird ein Vektor im \mathbb{R}^2 um den Winkel ϕ gedreht, die Matrix B spiegelt selbigen an der x -Achse.

- (a) Veranschaulichen Sie die Behauptungen am Beispiel des Vektors $x_0 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$ und $\phi = \frac{\pi}{2}$, wobei $A = A_{\frac{\pi}{2}}$, indem Sie den Vektor selber und dessen Abbildungen $f_A(x_0) = A \cdot x_0$ und $f_B(x_0) = B \cdot x_0$ in ein Koordinatensystem einzeichnen.
- (b) Zeichnen Sie auch die hintereinander geschalteten Abbildungen $f_{AB}(x_0) = A \cdot B \cdot x_0$ und $f_{BA}(x_0) = B \cdot A \cdot x_0$ von x_0 .
- (c) Wie sehen die Umkehrabbildungen zu $f_A(x)$ und $f_B(x)$ aus? Stellen Sie dazu die Abbildungsmatrizen A^{-1} und B^{-1} auf.
- (d) Bestimmen Sie die zugehörigen Abbildungsmatrizen zu den Umkehrabbildungen f_{AB}^{-1} und f_{BA}^{-1} .
- (e) Verifizieren Sie die Ergebnisse aus b) und d), indem Sie die Vektoren $f_{AB}(x_0)$ und $f_{BA}(x_0)$, die Sie zeichnerisch bei b) erhalten haben mit den Matrizen aus d) multiplizieren.

Aufgabe 7

Berechnen Sie mit Hilfe des Gauß-Algorithmus die Inverse zu folgenden Matrizen:

(a) $\begin{pmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -3 & 0 \\ 2 & 1 & 5 & 3 \end{pmatrix}$ (b) $\begin{pmatrix} a & 1 & 0 \\ 1 & b & 1 \\ 0 & 1 & c \end{pmatrix}$

Aufgabe 8

Die Spur einer quadratischen Matrix $M = (m_{ij})$ ist definiert durch

$$\text{Spur}(M) = \sum_{i=1}^n m_{ii}.$$

(a) Zeigen Sie, dass die Spur eine lineare Abbildung darstellt.

(b) Sei $\hat{A} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ und $\hat{B} = \hat{A}^\top$.

(i) Verifizieren Sie $\text{Spur}(\hat{A}\hat{B}) = \text{Spur}(\hat{B}\hat{A})$.

(ii) Zeigen Sie, dass $\text{Spur}(AB) = \text{Spur}(BA)$, wobei $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ und $B \in \mathbb{R}^{n \times m}$.

(iii) Zeigen Sie, dass $\text{Spur}(A^\top A) = 0$ genau dann, wenn $A = (0)$.

(iv) Man zeige weiter: $\text{Spur}(ABC) = \text{Spur}(BCA)$, aber i.a. $\text{Spur}(ABC) \neq \text{Spur}(BAC)$.