

**Aufgabe 1: Hauptachsentransformation.** Skizzieren Sie die Lösung der (impliziten) Gleichung

$$x^2 - y^2 - 4xy = 1,$$

indem Sie die entsprechende quadratische Form diagonalisieren (6 Punkte).

**Aufgabe 2: Diagonalisierung.** Wir betrachten die Matrix

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ -1 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{pmatrix}.$$

- (a) Verifizieren Sie, dass die Eigenvektoren eine orthonormierte Basis bilden (3 Punkte).
- (b) Diagonalisieren Sie  $A$ , d.h. schreiben Sie  $A$  als  $A = P \Lambda P^{-1}$ , wobei  $\Lambda$  eine diagonale Matrix ist (3 Punkte).

**Aufgabe 3: Satz von Cayley und Hamilton.** Wir betrachten die Matrix

$$B = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & -3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

- (a) Zeigen Sie, dass das charakteristische Polynom den Ausdruck  $P_n(\lambda) = -\lambda^3 + 7\lambda^2 - 7\lambda + 1$  hat (2 Punkte).
- (b) Verifizieren Sie, dass  $B$  ihre Säkulargleichung erfüllt, d.h. dass  $P_n(B) = 0_{n \times n}$  gilt (4 Punkte).

**Aufgabe 4: Exponentialfunktion.**

- (a) Sei  $M = \exp(\sigma_1 \theta)$ , wobei  $\sigma_1$  die erste Pauli-Matrix ist, d.h.

$$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Zeigen Sie, dass  $M$  als

$$M = \mathbb{1} \cosh \theta + \sigma_1 \sinh \theta$$

geschrieben werden kann (3 Punkte).

- (b) Seien  $A, B$  zwei Matrizen. Zeigen Sie, dass für  $t \in \mathbb{R}$  Folgendes gilt:

$$e^{tA} B e^{-tA} = B + t[A, B] + \frac{t^2}{2!} [A, [A, B]] \dots,$$

wobei  $[, ]$  einen Kommutator bezeichnet, vgl. Aufgabe 9.4 (3 Punkte).