

(1)  $M \neq \emptyset$ , gilt da,  $e \circ e = e$  ist, ist  $e \in M$

$$\begin{aligned}
 \forall x \in M : x^{-1} \in M, \text{ denn } x \in M & \Leftrightarrow x \circ x = e \\
 & \Leftrightarrow (x^{-1} \circ x) \circ e = x^{-1} \circ e \\
 (2) & \Leftrightarrow x = x^{-1} \\
 & \Leftrightarrow x^{-1} \circ x \circ x^{-1} \circ x^{-1} = e \\
 & \Leftrightarrow e = x^{-1} \circ x^{-1} \in M
 \end{aligned}$$

(3)  $\forall x, y \in M : x \circ y \in M$ , denn:

$$(x \circ y) \circ (x \circ y) = (x \overset{e}{\circ} x) \circ (x \overset{e}{\circ} \cdot) = e \circ e = e$$

Also ist  $M$  eine Untergruppe von  $G$ . □

b) Sei  $n \geq 3$  und  $G = S_n$ , dann ist  $M$  keine Untergruppe von  $G$

$$S_n := \pi 1, \dots, n \rightarrow 1, \dots, n : \pi \text{ bijektiv}$$

Verkettung von Abbildungen:

$$\tau_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & \dots & n \\ 3 & 2 & 1 & 4 & \dots & n \end{pmatrix} \in M$$

$$\tau_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & \dots & n \\ 2 & 1 & 3 & 4 & \dots & n \end{pmatrix} \in M$$

$(\tau_1 \circ \tau_2) \circ (\tau_1 \circ \tau_2) = 3$ , also  $\neq 1$ , d.h.  $\tau_1 \circ \tau_2 \notin M$ . Also  $M$  keine Untergruppe.

## 0.17 Übung 17, 25.04.2005

### 0.17.1 Aufgabe 1

a)  $\Phi : V \rightarrow V$  End.,  $\Phi$  ist diag.,  $V$  ist  $n$ -dim  $\mathbb{R} - VR$ .

z.z.: Es existiert  $\Psi : V \rightarrow V$  End., mit  $\Psi^3 = \Psi \circ \Psi \circ \Psi = \Phi$ .

**Beweis:**  $\Phi$  ist diagonalisierbar, d.h. es existiert eine Abbildungsmatrix von  $\Phi$  der Form

$$A_\Phi = \begin{pmatrix} c_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & c_n \end{pmatrix}$$

Definieren wir  $A_\Psi := \begin{pmatrix} \sqrt[3]{c_1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \sqrt[3]{c_n} \end{pmatrix}$ , so gilt:  $A_\Psi \circ A_\Psi \circ A_\Psi = A_\Phi$ .

Nach Vorlesung existiert genau eine lineare Abbildung  $\Psi : V \rightarrow V$  mit  $A_\Psi$  und es gilt:  $\Psi^3 = \Phi$ . □

b) Man rechnet nach:  $c_1 = -8$  und  $c_2 = 8$  sind die Ew. von A.

Der Eigenraum zum Eigenwert  $c_1 = -8$  ist  $E_{-8} = \left[ \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right]$ .

Der Eigenraum zum Eigenwert  $c_1 = 8$  ist  $E_8 = \left[ \begin{pmatrix} 2 \\ -5 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ -5 \end{pmatrix} \right]$ .

Dann gilt (vgl. Aufgabe 1, Blatt 1):

$$\underbrace{\begin{pmatrix} 8 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & -8 \end{pmatrix}}_{B^3} = \underbrace{\begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 \\ -5 & 0 & 2 \\ 0 & -5 & -1 \end{pmatrix}^{-1}}_S \cdot A \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 \\ -5 & 0 & 2 \\ 0 & -5 & -1 \end{pmatrix}}_S$$

$$\Leftrightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}}_{\tilde{B}} = S^{-1}AS \Leftrightarrow S\tilde{B}S^{-1} = A \Leftrightarrow (S\tilde{B}S^{-1})(S\tilde{B}S^{-1})(S\tilde{B}S^{-1}) = A$$

wählen wir:

$$B := S\tilde{B}S^{-1} = \begin{pmatrix} -2 & -\frac{8}{5} & -\frac{16}{5} \\ -8 & -\frac{6}{5} & -\frac{32}{5} \\ 4 & \frac{8}{5} & \frac{26}{5} \end{pmatrix}, \text{ so gilt: } B^3 = A$$

## 0.17.2 Aufgabe 2

$A \in \mathbb{R}^{n \times n}$  mit  $\text{Rang } A = 1$ .

$v$  sei eine Spalte von A mit  $v \neq 0$

a) z.Z.:  $\exists w \in \mathbb{R}^n$  mit  $A = vw^\top$  und  $w$  ist eindeutig bestimmt. Da  $v \neq 0$  ist, ex.  $a_1, \dots, a_n \in \mathbb{R}$  mit  $A = (a_1 v | \dots | a_n v)$

Wenn wir  $w = \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix}$  setzen, so gilt  $A = vw^\top$ .

Sei  $\tilde{w} = \begin{pmatrix} \tilde{a}_1 \\ \vdots \\ \tilde{a}_n \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^n$  mit  $A = v \cdot \tilde{w}^\top$ . Für  $i = 1, \dots, n$  gilt:  $a_1 v = \tilde{a}_1 v \stackrel{v \neq 0}{\Rightarrow} a_i = \tilde{a}_i$  für  $i = 1, \dots, n$ .

b)  $A = ((a_{ij}))$ , dann ist  $\text{Spur}(A) = \sum_{i=1}^n a_{ii}$ . In unserem Fall:

$\text{Spur}(A) = \sum_{i=1}^n a_i v_i$ , wobei  $v = (v_1, \dots, v_n)^\top$ .

z.Z.:  $Av = \text{Spur}(A)v$

**Beweis:**