

**Lineare Algebra und analytische Geometrie II****Arbeitsblatt 58****Übungsaufgaben**

AUFGABE 58.1.\*

Drücke das Dachprodukt  $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 5 \end{pmatrix}$  in der Standardbasis von  $\wedge^2 \mathbb{R}^3$  aus.

AUFGABE 58.2. Es sei

$$\varphi: \mathbb{R}^2 \longrightarrow \mathbb{R}^3$$

die durch die Matrix

$$\begin{pmatrix} 4 & -1 \\ 0 & 7 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$$

gegebene lineare Abbildung. Bestimme die Matrix zu  $\wedge^2 \varphi$  bezüglich der Standardbasen der Dachprodukte.

AUFGABE 58.3. Es sei  $V$  ein endlichdimensionaler  $K$ -Vektorraum und sei  $v_1, \dots, v_m$  eine Basis von  $V$ . Beschreibe die Matrix zur natürlichen Abbildung ( $n$  Faktoren)

$$V \otimes_K \cdots \otimes_K V \longrightarrow \wedge^n V$$

bezüglich der zugehörigen Basen.

AUFGABE 58.4. Es sei

$$V = U \oplus W$$

eine direkte Zerlegung in Untervektorräume der Dimension  $\dim(U) = r$  und  $\dim(W) = s$ . Zeige, dass es eine kanonische Isomorphie

$$\wedge^{r+s} V \cong \wedge^r U \otimes \wedge^s W$$

gibt.

AUFGABE 58.5. Es sei  $K$  ein Körper und  $V$  ein  $K$ -Vektorraum. Es seien  $u_1, \dots, u_n \in V$ . Zeige, dass es zu jedem  $k \in \mathbb{N}$  eine eindeutig bestimmte lineare Abbildung

$$\bigwedge^k V \longrightarrow \bigwedge^{k+n} V$$

mit  $v_1 \wedge \dots \wedge v_k \mapsto v_1 \wedge \dots \wedge v_k \wedge u_1 \wedge \dots \wedge u_n$  gibt.

AUFGABE 58.6.\*

Es sei  $V$  ein Vektorraum über dem Körper  $K$  und

$$\varphi: V \longrightarrow V$$

ein Endomorphismus. Es sei

$$\bigwedge^m \varphi: \bigwedge^m V \longrightarrow \bigwedge^m V$$

das  $m$ -te Dachprodukt von  $\varphi$ . Es seien  $v_1, \dots, v_m$  linear unabhängige Eigenvektoren zu  $\varphi$  zu den Eigenwerten  $a_1, \dots, a_m$ . Zeige, dass  $a_1 \cdots a_m$  ein Eigenwert von  $\bigwedge^m \varphi$  ist.

AUFGABE 58.7. Es sei  $K$  ein Körper und sei  $V$  ein  $K$ -Vektorraum. Es sei

$$\varphi: V \longrightarrow V$$

eine diagonalisierbare  $K$ -lineare Abbildung. Zeige, dass auch das Dachprodukt

$$\bigwedge^n \varphi: \bigwedge^n V \longrightarrow \bigwedge^n V$$

diagonalisierbar ist.

AUFGABE 58.8. Es sei  $K$  ein Körper und sei  $V$  ein  $K$ -Vektorraum. Es sei

$$\varphi: V \longrightarrow V$$

eine trigonalisierbare  $K$ -lineare Abbildung. Zeige, dass auch das Dachprodukt

$$\bigwedge^n \varphi: \bigwedge^n V \longrightarrow \bigwedge^n V$$

trigonalisierbar ist.

AUFGABE 58.9. Beweise den Determinantenmultiplikationssatz mit Hilfe des Dachproduktes.

### Aufgaben zum Abgeben

AUFGABE 58.10. (4 Punkte)

Drücke das Dachprodukt

$$4 \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 3 \end{pmatrix} + 5 \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} - 2 \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \\ 3 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix}$$

im  $\wedge^2 \mathbb{R}^3$  als Linearkombination der Dachprodukte  $e_1 \wedge e_2$ ,  $e_1 \wedge e_3$  und  $e_2 \wedge e_3$  aus.

AUFGABE 58.11. (2 Punkte)

Drücke das Dachprodukt  $\begin{pmatrix} -2 \\ 5 \\ -4 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 7 \\ -2 \\ 4 \end{pmatrix}$  in der Standardbasis von  $\wedge^2 \mathbb{R}^3$  aus.

AUFGABE 58.12. (4 Punkte)

Drücke das Dachprodukt

$$-2 \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \\ -2 \\ 5 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 2 \\ 7 \\ 4 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ -4 \\ -2 \end{pmatrix} + 4 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 7 \\ 6 \\ 5 \\ -4 \end{pmatrix}$$

in der Standardbasis von  $\wedge^3 \mathbb{R}^4$  aus.

AUFGABE 58.13. (5 Punkte)

Wir betrachten die Basis

$$v_1 = \begin{pmatrix} 9 \\ 8 \\ 1 \end{pmatrix}, v_2 = \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \\ -3 \end{pmatrix}, v_3 = \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ -2 \end{pmatrix}$$

von  $\mathbb{R}^3$  und die dadurch induzierte Basis

$$\mathbf{v} = v_1 \wedge v_2, v_1 \wedge v_3, v_2 \wedge v_3$$

von  $\wedge^2 \mathbb{R}^3$ . Bestimme die Übergangsmatrizen (in beide Richtungen) zwischen der Basis  $\mathbf{v}$  und der Standardbasis  $e_1 \wedge e_2$ ,  $e_1 \wedge e_3$ ,  $e_2 \wedge e_3$ .

4

AUFGABE 58.14. (5 Punkte)

Es sei

$$\varphi: \mathbb{R}^3 \longrightarrow \mathbb{R}^3$$

die durch die Matrix

$$\begin{pmatrix} 4 & -2 & 5 \\ 6 & 8 & -3 \\ 1 & 4 & -1 \end{pmatrix}$$

gegebene lineare Abbildung. Bestimme die Matrix zu  $\wedge^2 \varphi$  bezüglich der Standardbasen der Dachprodukte.