

<p>Jede Bilinearform β auf K^n liefert eine Matrix ...</p>	<p>Jede Bilinearform β auf K^n liefert eine Matrix $M(\beta) \in \text{Mat}_K(n \times n)$ der Gestalt</p> $M(\beta) := \beta(\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_j)_{ij}$ <p>→ Satz 10.2</p>
<p>Jede Matrix $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ liefert eine ... wie folgt:</p>	<p>Jede Matrix $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ liefert eine Bilinearform auf K^n wie folgt:</p> $\begin{aligned} \beta_A : K^n \times K^n &\longrightarrow K \\ (\mathbf{v}, \mathbf{w}) &\mapsto \mathbf{v}^T A \mathbf{w} \end{aligned}$ <p>→ Satz 10.2</p>
<p>Die Menge der Bilinearformen auf K^n und die Menge der $n \times n$ Matrizen über K sind ...</p>	<p>Die Menge der Bilinearformen auf K^n und die Menge der $n \times n$ Matrizen über K sind isomorph.</p> <p>→ Satz 10.2</p>
<p>Die darstellende Matrix einer Bilinearform β bezüglich einer Basis $B = (\mathbf{b}_i)_i$ ist gegeben durch ...</p>	<p>Die darstellende Matrix einer Bilinearform β bezüglich einer Basis $B = (\mathbf{b}_i)_i$ ist gegeben durch</p> $M_B(\beta) := \beta(\mathbf{b}_i, \mathbf{b}_j)_{ij}$ <p>→ Def. 10.3</p>

<p>Zwei Matrizen A, A' sind kongruent, falls es ...</p>	<p>Zwei quadratische Matrizen A, A' sind kongruent, falls es eine invertierbare Matrix S gibt mit</p> $A' = S^T A S$ <p>→ Def. 10.5</p>
<p>Eine Bilinearform β auf V ist symmetrisch, falls ...</p>	<p>Eine Bilinearform β auf V ist symmetrisch, falls für alle $\mathbf{v}, \mathbf{w} \in V$</p> $\beta(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = \beta(\mathbf{w}, \mathbf{v})$ <p>→ Def. 10.7</p>
<p>Eine Bilinearform β auf V ist schiefsymmetrisch, falls ...</p>	<p>Eine Bilinearform β auf V ist schiefsymmetrisch, falls für alle $\mathbf{v}, \mathbf{w} \in V$</p> $\beta(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = -\beta(\mathbf{w}, \mathbf{v})$ <p>→ Def. 10.7</p>
<p>Eine Bilinearform β auf V ist alternierend, falls ...</p>	<p>Eine Bilinearform β auf V ist alternierend, falls für alle $\mathbf{v} \in V$</p> $\beta(\mathbf{v}, \mathbf{v}) = 0$ <p>→ Def. 10.7</p>

<div data-bbox="57 60 748 132" data-label="Text"> <p>Eine Bilinearform β ist symmetrisch genau dann, wenn ... (darstellende Matrix)</p> </div> <div data-bbox="57 510 748 546" data-label="Page-Footer"> <p>Satz LinA-II-10-Skalarproduktefb0e2cdc-bbf2-11ec-8422-0242ac120002</p> </div>	<div data-bbox="855 60 1546 132" data-label="Text"> <p>Eine Bilinearform β ist symmetrisch genau dann, wenn ihre darstellende Matrix $M(\beta)$ symmetrisch ist:</p> </div> <div data-bbox="1094 156 1297 197" data-label="Equation-Block"> $M(\beta)^T = M(\beta)$ </div> <div data-bbox="1433 271 1536 288" data-label="Text"> <p>→ Satz 10.9</p> </div> <div data-bbox="57 1072 748 1106" data-label="Page-Footer"> <p>Satz LinA-II-10-Skalarproduktefb0e2cdc-bbf2-11ec-8422-0242ac120002</p> </div>
<div data-bbox="57 622 748 692" data-label="Text"> <p>Eine Bilinearform β ist schiefsymmetrisch genau dann, wenn ... (darstellende Matrix)</p> </div> <div data-bbox="57 1072 748 1106" data-label="Page-Footer"> <p>Satz LinA-II-10-Skalarproduktefb0e2cdc-bbf2-11ec-8422-0242ac120002</p> </div>	<div data-bbox="855 622 1546 723" data-label="Text"> <p>Eine Bilinearform β ist schiefsymmetrisch genau dann, wenn ihre darstellende Matrix $M(\beta)$ schiefsymmetrisch ist:</p> </div> <div data-bbox="1083 725 1308 766" data-label="Equation-Block"> $M(\beta)^T = -M(\beta)$ </div> <div data-bbox="1433 826 1536 844" data-label="Text"> <p>→ Satz 10.9</p> </div> <div data-bbox="57 1072 748 1106" data-label="Page-Footer"> <p>Satz LinA-II-10-Skalarproduktefb0e2cdc-bbf2-11ec-8422-0242ac120002</p> </div>
<div data-bbox="57 1182 748 1252" data-label="Text"> <p>Eine Bilinearform β ist alternierend genau dann, wenn ... (darstellende Matrix)</p> </div> <div data-bbox="57 1630 748 1666" data-label="Page-Footer"> <p>Satz LinA-II-10-Skalarproduktefb0e2cdc-bbf2-11ec-8422-0242ac120002</p> </div>	<div data-bbox="855 1182 1546 1252" data-label="Text"> <p>Eine Bilinearform β ist alternierend genau dann, wenn für ihre darstellende Matrix $M(\beta)$ gilt:</p> </div> <div data-bbox="1083 1276 1308 1317" data-label="Equation-Block"> $M(\beta)^T = -M(\beta)$ </div> <div data-bbox="855 1348 903 1377" data-label="Text"> <p>und</p> </div> <div data-bbox="1064 1384 1327 1422" data-label="Equation-Block"> $M(\beta)_{ii} = 0 \text{ für alle } i$ </div> <div data-bbox="1433 1480 1536 1498" data-label="Text"> <p>→ Satz 10.9</p> </div> <div data-bbox="57 1630 748 1666" data-label="Page-Footer"> <p>Satz LinA-II-10-Skalarproduktefb0e2cdc-bbf2-11ec-8422-0242ac120002</p> </div>
<div data-bbox="57 1742 748 2145" data-label="Text"> <p>Eine Sesquilinearform η auf einem \mathbb{C}-Vektorraum V ist eine Abbildung $\eta: V \times V \longrightarrow \mathbb{C}$ mit folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> ... η ist semilinear in der zweiten Koordinate: $\eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_1 + \mathbf{w}_2) = \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_1) + \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_2)$ $\eta(\mathbf{v}, s\mathbf{w}) = \bar{s} \cdot \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w})$ für alle $\mathbf{v}, \mathbf{w}, \mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2 \in V$ und alle $s \in \mathbb{C}$ </div>	<div data-bbox="855 1742 1546 2145" data-label="Text"> <p>Eine Sesquilinearform η auf einem \mathbb{C}-Vektorraum V ist eine Abbildung $\eta: V \times V \longrightarrow \mathbb{C}$ mit folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> η ist linear in der ersten Koordinate: $\eta(\mathbf{v}_1 + s\mathbf{v}_2, \mathbf{w}) = \eta(\mathbf{v}_1, \mathbf{w}) + s \cdot \eta(\mathbf{v}_2, \mathbf{w})$ für alle $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{w} \in V$ und alle $s \in \mathbb{C}$ η ist semilinear in der zweiten Koordinate: $\eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_1 + \mathbf{w}_2) = \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_1) + \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_2)$ $\eta(\mathbf{v}, s\mathbf{w}) = \bar{s} \cdot \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w})$ für alle $\mathbf{v}, \mathbf{w}, \mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2 \in V$ und alle $s \in \mathbb{C}$ </div> <div data-bbox="1425 2195 1536 2213" data-label="Text"> <p>→ Def. 10.10</p> </div>

<p>Eine Sesquilinearform η auf einem \mathbb{C}-Vektorraum V ist eine Abbildung $\eta: V \times V \longrightarrow \mathbb{C}$ mit folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> η ist linear in der ersten Koordinate: $\eta(\mathbf{v}_1 + s\mathbf{v}_2, \mathbf{w}) = \eta(\mathbf{v}_1, \mathbf{w}) + s \cdot \eta(\mathbf{v}_2, \mathbf{w})$ für alle $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{w} \in V$ und alle $s \in \mathbb{C}$... 	<p>Eine Sesquilinearform η auf einem \mathbb{C}-Vektorraum V ist eine Abbildung $\eta: V \times V \longrightarrow \mathbb{C}$ mit folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> η ist linear in der ersten Koordinate: $\eta(\mathbf{v}_1 + s\mathbf{v}_2, \mathbf{w}) = \eta(\mathbf{v}_1, \mathbf{w}) + s \cdot \eta(\mathbf{v}_2, \mathbf{w})$ für alle $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{w} \in V$ und alle $s \in \mathbb{C}$ η ist semilinear in der zweiten Koordinate: $\eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_1 + \mathbf{w}_2) = \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_1) + \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}_2)$ $\eta(\mathbf{v}, s\mathbf{w}) = \bar{s} \cdot \eta(\mathbf{v}, \mathbf{w})$ für alle $\mathbf{v}, \mathbf{w}, \mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2 \in V$ und alle $s \in \mathbb{C}$ <p>→ Def. 10.10</p>
<p>Eine Sesquilinearform η ist hermitesch, falls ...</p>	<p>Eine Sesquilinearform η ist hermitesch, falls gilt</p> $\eta(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = \overline{\eta(\mathbf{w}, \mathbf{v})}$ <p>für alle $\mathbf{v}, \mathbf{w} \in V$</p> <p>→ Def. 10.10</p>
<p>Jede Sesquilinearform η liefert eine Matrix der Form ...</p>	<p>Jede Sesquilinearform η liefert eine Matrix $M(\eta) \in \text{Mat}_{\mathbb{C}}(n \times n)$ der Form</p> $M(\eta)_{ij} = \eta(\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_j)$ <p>→ Satz 10.11</p>
<p>Zu einer gegebenen komplexen Matrix A existiert eine Sesquilinearform η wie folgt: ...</p>	<p>Zu einer gegebenen komplexen quadratischen Matrix A existiert eine Sesquilinearform η wie folgt:</p> $\eta_A(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = \mathbf{v}^T A \overline{\mathbf{w}}$ <p>→ Satz 10.11</p>

Eine symmetrische Bilinearform β auf einem \mathbb{R} -Vektorraum ist **positiv definit**, falls ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte

ca81504e-bc10-11ec-8422-0242ac120002

Eine symmetrische Bilinearform β auf einem \mathbb{R} -Vektorraum ist **positiv definit**, falls

$$\beta(\mathbf{v}, \mathbf{v}) > 0 \text{ für alle } \mathbf{v} \in V \setminus \{\mathbf{0}\}$$

→ Def. 10.14

Eine hermitesche Bilinearform β auf einem \mathbb{C} -Vektorraum ist **positiv definit**, falls ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte

ca81504e-bc10-11ec-8422-0242ac120002

Eine hermitesche Bilinearform β auf einem \mathbb{C} -Vektorraum ist **positiv definit**, falls

$$\beta(\mathbf{v}, \mathbf{v}) > 0 \text{ für alle } \mathbf{v} \in V \setminus \{\mathbf{0}\}$$

→ Def. 10.14

Ein **Skalarprodukt** auf einem \mathbb{R} -Vektorraum ist ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte

d1b1125a-bc10-11ec-8422-0242ac120002

Ein **Skalarprodukt** auf einem \mathbb{R} -Vektorraum ist eine positiv definite symmetrische Bilinearform.

→ Def. 10.15

Ein **Skalarprodukt** auf einem \mathbb{C} -Vektorraum ist ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte

d1b1125a-bc10-11ec-8422-0242ac120002

Ein **Skalarprodukt** auf einem \mathbb{C} -Vektorraum ist eine positiv definite hermitesche Bilinearform.

→ Def. 10.15

Ein **euklidischer Vektorraum** ist ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte
d1b1125a-bc10-11ec-8422-0242ac120002

Ein **euklidischer Vektorraum** $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ist ein \mathbb{R} -Vektorraum V zusammen mit einem Skalarprodukt $\langle \cdot, \cdot \rangle$.

→ Def. 10.15

Ein **unitärer Vektorraum** ist ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte
d1b1125a-bc10-11ec-8422-0242ac120002

Ein **unitärer Vektorraum** $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ist ein \mathbb{C} -Vektorraum V zusammen mit einem Skalarprodukt $\langle \cdot, \cdot \rangle$.

→ Def. 10.15

Die assoziierte **Norm** zu einem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ist gegeben durch

$$\begin{aligned} \|\cdot\| : V &\longrightarrow \mathbb{R} \\ \mathbf{v} &\mapsto \end{aligned}$$

Die assoziierte **Norm** zu einem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ist gegeben durch

$$\begin{aligned} \|\cdot\| : V &\longrightarrow \mathbb{R} \\ \mathbf{v} &\mapsto \sqrt{\langle \mathbf{v}, \mathbf{v} \rangle} \end{aligned}$$

(Die Norm wird durch das Skalarprodukt **induziert**.)

→ Def. 10.15

In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:

- (i) (Verhältnis Norm und 0) ...
- (ii) $\|s \cdot \mathbf{v}\| = |s| \|\mathbf{v}\|$
- (iii) **Dreiecksungleichung:**
 $\|\mathbf{v} + \mathbf{w}\| \leq \|\mathbf{v}\| + \|\mathbf{w}\|$
- (iv) **Cauchy-Schwarz-Ungleichung:**
 $|\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle| \leq \|\mathbf{v}\| \cdot \|\mathbf{w}\|$

In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:

- (i) $\|\mathbf{v}\| \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$
 $\|\mathbf{v}\| = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$
- (ii) $\|s \cdot \mathbf{v}\| = |s| \|\mathbf{v}\|$
- (iii) **Dreiecksungleichung:**
 $\|\mathbf{v} + \mathbf{w}\| \leq \|\mathbf{v}\| + \|\mathbf{w}\|$
- (iv) **Cauchy-Schwarz-Ungleichung:**
 $|\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle| \leq \|\mathbf{v}\| \cdot \|\mathbf{w}\|$

→ Satz 10.18

<p>In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:</p> <p>(i) $\ \mathbf{v}\ \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$ $\ \mathbf{v}\ = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$</p> <p>(ii) $\ s \cdot \mathbf{v}\ = \dots$</p> <p>(iii) Dreiecksungleichung: $\ \mathbf{v} + \mathbf{w}\ \leq \ \mathbf{v}\ + \ \mathbf{w}\$</p> <p>(iv) Cauchy-Schwarz-Ungleichung: $\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \leq \ \mathbf{v}\ \cdot \ \mathbf{w}\$</p>	<p>In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:</p> <p>(i) $\ \mathbf{v}\ \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$ $\ \mathbf{v}\ = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$</p> <p>(ii) $\ s \cdot \mathbf{v}\ = s \ \mathbf{v}\$</p> <p>(iii) Dreiecksungleichung: $\ \mathbf{v} + \mathbf{w}\ \leq \ \mathbf{v}\ + \ \mathbf{w}\$</p> <p>(iv) Cauchy-Schwarz-Ungleichung: $\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \leq \ \mathbf{v}\ \cdot \ \mathbf{w}\$</p> <p>→ Satz 10.18</p>
<p>In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:</p> <p>(i) $\ \mathbf{v}\ \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$ $\ \mathbf{v}\ = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$</p> <p>(ii) $\ s \cdot \mathbf{v}\ = s \ \mathbf{v}\$</p> <p>(iii) (Dreiecksungleichung:) \dots</p> <p>(iv) Cauchy-Schwarz-Ungleichung: $\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \leq \ \mathbf{v}\ \cdot \ \mathbf{w}\$</p>	<p>In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:</p> <p>(i) $\ \mathbf{v}\ \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$ $\ \mathbf{v}\ = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$</p> <p>(ii) $\ s \cdot \mathbf{v}\ = s \ \mathbf{v}\$</p> <p>(iii) Dreiecksungleichung: $\ \mathbf{v} + \mathbf{w}\ \leq \ \mathbf{v}\ + \ \mathbf{w}\$</p> <p>(iv) Cauchy-Schwarz-Ungleichung: $\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \leq \ \mathbf{v}\ \cdot \ \mathbf{w}\$</p> <p>→ Satz 10.18</p>
<p>In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:</p> <p>(i) $\ \mathbf{v}\ \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$ $\ \mathbf{v}\ = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$</p> <p>(ii) $\ s \cdot \mathbf{v}\ = s \ \mathbf{v}\$</p> <p>(iii) Dreiecksungleichung: $\ \mathbf{v} + \mathbf{w}\ \leq \ \mathbf{v}\ + \ \mathbf{w}\$</p> <p>(iv) (Cauchy-Schwarz-Ungleichung): \dots</p>	<p>In jedem euklidischen oder unitären Vektorraum $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ gilt:</p> <p>(i) $\ \mathbf{v}\ \geq 0$ für alle $\mathbf{v} \in V$ $\ \mathbf{v}\ = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \mathbf{0}$</p> <p>(ii) $\ s \cdot \mathbf{v}\ = s \ \mathbf{v}\$</p> <p>(iii) Dreiecksungleichung: $\ \mathbf{v} + \mathbf{w}\ \leq \ \mathbf{v}\ + \ \mathbf{w}\$</p> <p>(iv) Cauchy-Schwarz-Ungleichung: $\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \leq \ \mathbf{v}\ \cdot \ \mathbf{w}\$</p> <p>→ Satz 10.18</p>
<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ein euklidischer oder unitärer Vektorraum. $v \in V$ heißt normiert, falls \dots</p>	<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ein euklidischer oder unitärer Vektorraum. $v \in V$ heißt normiert, falls $\ v\ = 1$</p> <p>→ Def. 10.20</p>

<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ein euklidischer oder unitärer Vektorraum. $v, w \in V$ sind zueinander orthogonal, falls ...</p>	<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ein euklidischer oder unitärer Vektorraum. $v, w \in V$ sind zueinander orthogonal, falls $\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle = 0$ [Notation: $\mathbf{v} \perp \mathbf{w}$]</p> <p>→ Def. 10.20</p>
<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ein euklidischer oder unitärer Vektorraum. Eine Basis B von V heißt Orthonormalbasis von V, falls ...</p>	<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ ein euklidischer oder unitärer Vektorraum. Eine Basis $B = (\mathbf{b}_i)_i$ von V heißt Orthonormalbasis von V, falls</p> <ul style="list-style-type: none"> • jedes $\mathbf{b}_i \in B$ normiert ist, und • jeweils $\mathbf{b}_i \perp \mathbf{b}_j$ für $i \neq j$ <p>→ Def. 10.20</p>
<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ euklidisch oder unitär. Das orthogonale Komplement eines Untervektorraums $W \subseteq V$ ist</p> $W^\perp :=$	<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ euklidisch oder unitär. Das orthogonale Komplement eines Untervektorraums $W \subseteq V$ ist</p> $W^\perp := \{ \mathbf{v} \in V \mid \mathbf{v} \perp \mathbf{w} \text{ für alle } \mathbf{w} \in W \}$ <p>→ Def. 10.23</p>
<p>Ein affiner Unterraum eines Vektorraums V ist ...</p>	<p>Ein affiner Unterraum eines Vektorraums V ist eine Teilmenge der Form</p> $\mathbf{u}_0 + U = \{ \mathbf{v} \in V \mid \mathbf{v} - \mathbf{u}_0 \in U \}$ <p>für einen Untervektorraum $U \subseteq V$.</p>

Eine **affine Hyperebene** ist ...

Def
LinA-II-10-Skalarprodukte
bd8678f8-bdc1-11ec-9d64-0242ac120002

Eine **affine Hyperebene** ist ein affiner Unterraum, dessen zugehöriger Untervektorraum U die Dimension $\dim U = \dim V - 1$ hat.

Jede affine Hyperrebene in einem euklidischen oder unitären VR hat die Form

$$H =$$

Jede affine Hyperrebene in einem euklidischen oder unitären VR hat die Form

$$H = \{ \mathbf{v} \in V \mid \langle \mathbf{v}, \mathbf{n} \rangle = d \}$$

für einen normierten Vektor \mathbf{n} und ein $d \in \mathbb{R}$ mit $d \geqslant 0$

→ Satz 10.25

Für $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^3$ gilt:

- 1. (Winkel zwischen Vektoren und ihrem Kreuzprodukt) ...
- 2. $\| \mathbf{x} \times \mathbf{y} \| = \| \mathbf{x} \| \cdot \| \mathbf{y} \| \cdot \sin \sphericalangle(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

Für $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^3$ gilt:

- 1. $(\mathbf{x} \times \mathbf{y}) \perp \mathbf{x}$ und $(\mathbf{x} \times \mathbf{y}) \perp \mathbf{y}$
- 2. $\| \mathbf{x} \times \mathbf{y} \| = \| \mathbf{x} \| \cdot \| \mathbf{y} \| \cdot \sin \sphericalangle(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

→ Satz 10.28

Für $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^3$ gilt:

- 1. $(\mathbf{x} \times \mathbf{y}) \perp \mathbf{x}$ und $(\mathbf{x} \times \mathbf{y}) \perp \mathbf{y}$
- 2. (Norm des Kreuzprodukts) ...

Für $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^3$ gilt:

- 1. $(\mathbf{x} \times \mathbf{y}) \perp \mathbf{x}$ und $(\mathbf{x} \times \mathbf{y}) \perp \mathbf{y}$
- 2. $\| \mathbf{x} \times \mathbf{y} \| = \| \mathbf{x} \| \cdot \| \mathbf{y} \| \cdot \sin \sphericalangle(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

→ Satz 10.28

<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ euklidischer oder unitärer Vektorraum. Eine Isometrie ist eine lineare Abbildung $f: V \rightarrow V$, für die gilt ...</p>	<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ euklidischer oder unitärer Vektorraum. Eine Isometrie ist eine lineare Abbildung $f: V \rightarrow V$, für die gilt:</p> $\langle f(\mathbf{v}), f(\mathbf{w}) \rangle = \langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \text{ für alle } \mathbf{v} \in V$ <p>→ Def. 11.1</p>
<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ euklidischer oder unitärer Vektorraum. Eine Isometrie ist ... , für die gilt:</p> $\langle f(\mathbf{v}), f(\mathbf{w}) \rangle = \langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \text{ für alle } \mathbf{v} \in V$	<p>Sei $(V, \langle \cdot, \cdot \rangle)$ euklidischer oder unitärer Vektorraum. Eine Isometrie ist eine lineare Abbildung $f: V \rightarrow V$, für die gilt:</p> $\langle f(\mathbf{v}), f(\mathbf{w}) \rangle = \langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle \text{ für alle } \mathbf{v} \in V$ <p>→ Def. 11.1</p>
<p>Alle Eigenwerte einer Isometrie ...</p> <p>Satz LinA-II-11-Isometrien 21857eac-bf03-11ec-9d64-0242ac120002</p>	<p>Alle Eigenwerte einer Isometrie haben Betrag 1.</p> <p>→ Satz 10.2</p> <p>Satz LinA-II-11-Isometrien 21857eac-bf03-11ec-9d64-0242ac120002</p>
<p>Eigenwerte einer Isometrie in einem euklidischen Vektorraum haben die Form</p> $a =$	<p>Eigenwerte einer Isometrie in einem euklidischen Vektorraum haben die Form</p> $a = \pm 1$ <p>→ Satz 10.2</p>

Eigenwerte einer Isometrie in einem unitären Vektorraum haben die Form

$$a =$$

Eigenwerte einer Isometrie in einem unitären Vektorraum haben die Form

$$a = x + iy \text{ mit } x^2 + y^2 = 1$$

→ Satz 10.2

Eigenvektoren zu verschiedenen Eigenwerten einer Isometrie ...

Eigenvektoren zu verschiedenen Eigenwerten einer Isometrie stehen senkrecht zueinander.

→ Satz 10.2

Satz
LinA-II-11-Isometrien

21857eac-bf03-11ec-9d64-0242ac120002

Satz
LinA-II-11-Isometrien

21857eac-bf03-11ec-9d64-0242ac120002

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) ...
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

→ Satz 11.3

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) ...
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

→ Satz 11.3

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
 Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) ...
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
 Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

→ Satz 11.3

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
 Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) ...

Sei $K \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$ und $V = K^n$ versehen mit dem entsprechenden Standardskalarprodukt.
 Für $A \in \text{Mat}_K(n \times n)$ sind äquivalent:

- (i) f_A ist eine Isometrie auf V .
- (ii) A ist invertierbar und $A^{-1} = \overline{A}^T$
- (iii) Die Spalten von A bilden eine Orthonormalbasis von V .
- (iv) Die Zeilen von A bilden eine Orthonormalbasis von V .

→ Satz 11.3

Die **allgemeine lineare Gruppe** über einem Körper K ist definiert als

$$\text{GL}_n(K) := \dots = (\{A \in \text{Mat}_K(n \times n) \mid \det(A) \neq 0\}, \cdot)$$

Die **allgemeine lineare Gruppe** über einem Körper K ist definiert als

$$\text{GL}_n(K) := (\{A \in \text{Mat}_K(n \times n) \mid f_A \text{ Isomorphismus}\}, \cdot) = (\{A \in \text{Mat}_K(n \times n) \mid \det(A) \neq 0\}, \cdot)$$

→ Def/Satz 11.5

Die **allgemeine lineare Gruppe** über einem Körper K ist definiert als

$$\text{GL}_n(K) := (\{A \in \text{Mat}_K(n \times n) \mid f_A \text{ Isomorphismus}\}, \cdot) = \dots$$

Die **allgemeine lineare Gruppe** über einem Körper K ist definiert als

$$\text{GL}_n(K) := (\{A \in \text{Mat}_K(n \times n) \mid f_A \text{ Isomorphismus}\}, \cdot) = (\{A \in \text{Mat}_K(n \times n) \mid \det(A) \neq 0\}, \cdot)$$

→ Def/Satz 11.5

Die **spezielle lineare Gruppe** über einem Körper K ist definiert als

$$\mathrm{SL}_n(K) :=$$

Die **spezielle lineare Gruppe** über einem Körper K ist definiert als

$$\mathrm{SL}_n(K) := (\{A \in \mathrm{Mat}_K(n \times n) \mid \det(A) = 1\}, \cdot)$$

→ Def/Satz 11.5

Die **orthogonale Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{O}(n) &:= \dots \\ &= (\{A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{R}) \mid A^{-1} = A^T\}, \cdot) \end{aligned}$$

Die **orthogonale Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{O}(n) &:= (\{A \in \mathrm{Mat}_{\mathbb{R}}(n \times n) \mid f_A \text{ Isometrie}\}, \cdot) \\ &= (\{A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{R}) \mid A^{-1} = A^T\}, \cdot) \end{aligned}$$

→ Def/Satz 11.5

Die **orthogonale Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{O}(n) &:= (\{A \in \mathrm{Mat}_{\mathbb{R}}(n \times n) \mid f_A \text{ Isometrie}\}, \cdot) \\ &= \dots \end{aligned}$$

Die **orthogonale Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{O}(n) &:= (\{A \in \mathrm{Mat}_{\mathbb{R}}(n \times n) \mid f_A \text{ Isometrie}\}, \cdot) \\ &= (\{A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{R}) \mid A^{-1} = A^T\}, \cdot) \end{aligned}$$

→ Def/Satz 11.5

Die **spezielle orthogonale Gruppe** ist definiert als

$$\mathrm{SO}(n) :=$$

Die **spezielle orthogonale Gruppe** ist definiert als

$$\mathrm{SO}(n) := \mathrm{O}(n) \cap \mathrm{SL}_n(\mathbb{R})$$

→ Def/Satz 11.5

Die **unitäre Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{U}(n) &:= \dots \\ &= (\{A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{C}) \mid A^{-1} = \overline{A}^T\}, \cdot) \end{aligned}$$

Die **unitäre Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{U}(n) &:= (\{A \in \mathrm{Mat}_{\mathbb{C}}(n \times n) \mid f_A \text{ Isometrie}\}, \cdot) \\ &= (\{A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{C}) \mid A^{-1} = \overline{A}^T\}, \cdot) \end{aligned}$$

→ Def/Satz 11.5

Die **unitäre Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{U}(n) &:= (\{A \in \mathrm{Mat}_{\mathbb{C}}(n \times n) \mid f_A \text{ Isometrie}\}, \cdot) \\ &= \dots \end{aligned}$$

Die **unitäre Gruppe** ist definiert als

$$\begin{aligned} \mathrm{U}(n) &:= (\{A \in \mathrm{Mat}_{\mathbb{C}}(n \times n) \mid f_A \text{ Isometrie}\}, \cdot) \\ &= (\{A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{C}) \mid A^{-1} = \overline{A}^T\}, \cdot) \end{aligned}$$

→ Def/Satz 11.5

Die **spezielle unitäre Gruppe** ist definiert als

$$\mathrm{SU}(n) :=$$

Die **spezielle unitäre Gruppe** ist definiert als

$$\mathrm{SU}(n) := \mathrm{U}(n) \cap \mathrm{SL}_n(\mathbb{R})$$

→ Def/Satz 11.5

Eine Isometrie auf \mathbb{R}^2 ist ... oder eine Spiegelung an einer Ursprungsgeraden.

Eine Isometrie auf \mathbb{R}^2 ist eine Rotation um **0** oder eine Spiegelung an einer Ursprungsgeraden.

→ Lemma 11.6

Eine Isometrie auf \mathbb{R}^2 ist eine Rotation um $\mathbf{0}$ oder ...

Eine Isometrie auf \mathbb{R}^2 ist eine Rotation um $\mathbf{0}$ oder eine Spiegelung an einer Ursprungsgeraden.

→ Lemma 11.6

Die orthogonale Gruppe $O(2)$ hat die Form

$$O(2) = \dots \cup \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ b & -a \end{pmatrix} \mid a, b \in \mathbb{R}, a^2 + b^2 = 1 \right\}$$

Die orthogonale Gruppe $O(2)$ hat die Form

$$O(2) = \left\{ \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix} \mid a, b \in \mathbb{R}, a^2 + b^2 = 1 \right\} \cup \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ b & -a \end{pmatrix} \mid a, b \in \mathbb{R}, a^2 + b^2 = 1 \right\}$$

→ Lemma 11.6

Die orthogonale Gruppe $O(2)$ hat die Form

$$O(2) = \left\{ \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix} \mid a, b \in \mathbb{R}, a^2 + b^2 = 1 \right\} \cup \dots$$

Die orthogonale Gruppe $O(2)$ hat die Form

$$O(2) = \left\{ \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix} \mid a, b \in \mathbb{R}, a^2 + b^2 = 1 \right\} \cup \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ b & -a \end{pmatrix} \mid a, b \in \mathbb{R}, a^2 + b^2 = 1 \right\}$$

→ Lemma 11.6

Struktursatz für euklidische Isometrien
Jede Isometrie eines ... euklidischen Vektorraums hat bezüglich einer geeigneten ON-Basis eine darstellende Matrix der Form

$$\begin{pmatrix} +1 & & & & & \\ & \ddots & & & & \\ & & +1 & & & 0 \\ & & & -1 & & \\ & & & & \ddots & \\ & 0 & & & & -1 \\ & & & & & & A_1 \\ & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & A_k \end{pmatrix}$$

mit A_i Rotationsmatrizen.

Struktursatz für euklidische Isometrien
Jede Isometrie eines endlich-dimensionalen euklidischen Vektorraums hat bezüglich einer geeigneten ON-Basis eine darstellende Matrix der Form

$$\begin{pmatrix} +1 & & & & & \\ & \ddots & & & & \\ & & +1 & & & 0 \\ & & & -1 & & \\ & & & & \ddots & \\ & 0 & & & & -1 \\ & & & & & & A_1 \\ & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & A_k \end{pmatrix}$$

mit A_i Rotationsmatrizen.

→ satz 11.7

Struktursatz für euklidische Isometrien

Jede Isometrie eines endlich-dimensionalen euklidischen Vektorraums hat ... eine darstellende Matrix der Form

$$\begin{pmatrix} +1 & & & & & \\ & \ddots & & & & \\ & & +1 & & & \\ & & & -1 & & \\ & & & & \ddots & \\ & 0 & & & & -1 & \\ & & & & & & A_1 \\ & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & A_k \end{pmatrix}$$

mit A_i Rotationsmatrizen.

Struktursatz für euklidische Isometrien

Jede Isometrie eines endlich-dimensionalen euklidischen Vektorraums hat bezüglich einer geeigneten ON-Basis eine darstellende Matrix der Form

$$\begin{pmatrix} +1 & & & & & \\ & \ddots & & & & \\ & & +1 & & & \\ & & & -1 & & \\ & & & & \ddots & \\ & 0 & & & & -1 & \\ & & & & & & A_1 \\ & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & A_k \end{pmatrix}$$

mit A_i Rotationsmatrizen.

→ satz 11.7

Struktursatz für euklidische Isometrien

Jede Isometrie eines endlich-dimensionalen euklidischen Vektorraums hat bezüglich einer geeigneten ON-Basis eine darstellende Matrix der Form ...

Struktursatz für euklidische Isometrien

Jede Isometrie eines endlich-dimensionalen euklidischen Vektorraums hat bezüglich einer geeigneten ON-Basis eine darstellende Matrix der Form

$$\begin{pmatrix} +1 & & & & & \\ & \ddots & & & & \\ & & +1 & & & \\ & & & -1 & & \\ & & & & \ddots & \\ & 0 & & & & -1 & \\ & & & & & & A_1 \\ & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & A_k \end{pmatrix}$$

mit A_i Rotationsmatrizen.

→ satz 11.7

Sei K eine Körper, V ein K -Vektorraum, $f: V \rightarrow V$ ein Endomorphismus.
Ein Untervektorraum $W \subseteq V$ heißt **f-stabil**, falls ...

Sei K eine Körper, V ein K -Vektorraum, $f: V \rightarrow V$ ein Endomorphismus.
Ein Untervektorraum $W \subseteq V$ heißt **f-stabil**, falls $f(W) \subseteq W$.

→ Satz 11.7