Matrix: Koeffiziententabelle für Gleichungssysteme

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

$$A = \begin{array}{cc} \overbrace{\hphantom{1 \quad 2.5 \quad -2 \quad 9}}^{4} & \\ \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 7 & 2.5 & -2 & 9 \\ \pi & 0 & 17 & 4 \end{pmatrix} & \boxed{3} \end{array}$$

ist eine Matrix in $\mathbb{R}^{3 \times 4}$ also eine Matrix mit $\boxed{3}$ Zeilen und $\boxed{4}$ Spalten.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 9 & 3 & 5 & \\ 0 & 0 & 1 & \end{pmatrix}$$

Plätze in einer Matrix dürfen nicht frei bleiben.

Matrix: Koeffiziententabelle für Gleichungssysteme

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Matrizen bewahren die Koeffizenten von linearen Gleichungssystemen auf:

$$\begin{pmatrix} 4 & 6 & -8 \\ \mathbf{0} & -2 & -8 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{array}{rrrcl} 4x & +6y & -8z & = & 0 \\ & -2y & -8z & = & 0 \end{array}$$

$$\boxed{\begin{pmatrix} 4 & 6 & -8 \\ \mathbf{0} & -2 & -8 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4x & +6y & -8z \\ 0x & -2y & -8z \end{pmatrix}}$$

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} \cdot v_1 + A_{12} \cdot v_2 + \cdots + A_{1n} \cdot v_n \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + A_{m2} \cdot v_2 + \cdots + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}$$

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ \\ \\ \\ \end{pmatrix}$$

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} \cdot v_1 + A_{12} \cdot v_2 + \cdots + A_{1n} \cdot v_n \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \\ \\ \end{pmatrix}$$

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ \boxed{A_{21}} & \boxed{A_{22}} & \cdots & \boxed{A_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \boxed{A_{m1}} & \boxed{A_{m2}} & \cdots & \boxed{A_{mn}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ \boxed{A_{21} \cdot v_1} + \boxed{A_{22} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{2n} \cdot v_n} \\ \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \ddots \qquad\qquad \vdots \\ \boxed{A_{m1} \cdot v_1} + \boxed{A_{m2} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{mn} \cdot v_n} \end{pmatrix}$$

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ \boxed{A_{21}} & \boxed{A_{22}} & \cdots & \boxed{A_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \boxed{A_{m1}} & \boxed{A_{m2}} & \cdots & \boxed{A_{mn}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ \boxed{A_{21} \cdot v_1} + \boxed{A_{22} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{2n} \cdot v_n} \\ \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \ddots \qquad\qquad \vdots \\ \boxed{A_{m1} \cdot v_1} + \boxed{A_{m2} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{mn} \cdot v_n} \end{pmatrix}$$

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots \qquad \vdots \qquad \ddots \qquad \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + A_{m2} \cdot v_2 + \cdots + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}$$

- Die **Breite der Matrix** muss zu der **Höhe des Vektors** passen!

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ A_{21} & A_{22} & & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + & \boxed{A_{12} \cdot v_2} + & \cdots & + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ A_{21} \cdot v_1 + & A_{22} \cdot v_2 + & \cdots & + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + & A_{m2} \cdot v_2 + & \cdots & + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}$$

- Die **Breite der Matrix** muss zu der **Höhe des Vektors** passen!
- Für jede Zeile der Matrix wird eine Summe berechnet, das Verfahren nennt sich “Zeile-mal-Spalte”.

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ A_{21} & A_{22} & & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \ddots \qquad\qquad \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + A_{m2} \cdot v_2 + \cdots + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}$$

- Die **Breite der Matrix** muss zu der **Höhe des Vektors** passen!
- Für jede Zeile der Matrix wird eine Summe berechnet, das Verfahren nennt sich “Zeile-mal-Spalte”.

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ A_{21} & A_{22} & & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots \qquad \vdots \qquad \ddots \qquad \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + A_{m2} \cdot v_2 + \cdots + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}$$

- Die **Breite der Matrix** muss zu der **Höhe des Vektors** passen!
- Für jede Zeile der Matrix wird eine Summe berechnet, das Verfahren nennt sich "Zeile-mal-Spalte".

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ A_{21} & A_{22} & & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots \qquad \vdots \qquad \ddots \qquad \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + A_{m2} \cdot v_2 + \cdots + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}$$

- Die **Breite der Matrix** muss zu der **Höhe des Vektors** passen!
- Für jede Zeile der Matrix wird eine Summe berechnet, das Verfahren nennt sich “Zeile-mal-Spalte”.

Def: Matrix

Eine *Matrix* $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ist eine rechteckige Tabelle aus m mal n Zahlen, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind.

Def: Matrix-Vektor-Multiplikation

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \boxed{A_{11}} & \boxed{A_{12}} & \cdots & \boxed{A_{1n}} \\ A_{21} & A_{22} & & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix}}_{m} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{v_1} \\ \boxed{v_2} \\ \vdots \\ \boxed{v_n} \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} \boxed{A_{11} \cdot v_1} + \boxed{A_{12} \cdot v_2} + \cdots + \boxed{A_{1n} \cdot v_n} \\ A_{21} \cdot v_1 + A_{22} \cdot v_2 + \cdots + A_{2n} \cdot v_n \\ \vdots \qquad \vdots \qquad \ddots \qquad \vdots \\ A_{m1} \cdot v_1 + A_{m2} \cdot v_2 + \cdots + A_{mn} \cdot v_n \end{pmatrix}}_{m}$$

- Die **Breite der Matrix** muss zu der **Höhe des Vektors** passen!
- Für jede Zeile der Matrix wird eine Summe berechnet, das Verfahren nennt sich “Zeile-mal-Spalte”.
- Heraus kommt ein Vektor mit der Höhe der Matrix.

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \cdot 1 & + 0 \cdot 2 & + 5 \cdot 3 \\ & & \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 5 \cdot 3 \\ \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \cdot 1 & + 0 \cdot 2 & + 5 \cdot 3 \\ 4 \cdot 1 & + 2 \cdot 2 & + 0 \cdot 3 \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \cdot 1 & + 0 \cdot 2 & + 5 \cdot 3 \\ 4 \cdot 1 & + 2 \cdot 2 & + 0 \cdot 3 \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \cdot 1 & + 0 \cdot 2 & + 5 \cdot 3 \\ 4 \cdot 1 & + 2 \cdot 2 & + 0 \cdot 3 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 7 & + 0 & + 15 \\ 4 & + 4 & + 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 22 \\ 8 \end{pmatrix}$$

Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \boxed{1} \\ \boxed{2} \\ \boxed{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \cdot \boxed{1} & + 0 \cdot \boxed{2} & + 5 \cdot \boxed{3} \\ 4 \cdot \boxed{1} & + 2 \cdot \boxed{2} & + 0 \cdot \boxed{3} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 7 \\ 4 \end{pmatrix} \cdot \boxed{1} + \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix} \cdot \boxed{2} + \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \boxed{3}$$

Geometrische Anschauung der Matrix-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} a & c \\ b & d \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} c \\ d \end{pmatrix} \cdot y$$

Geometrische Anschauung der Matrix-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

$$\begin{pmatrix} a & c \\ b & d \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} c \\ d \end{pmatrix} \cdot y$$

Geometrische Anschauung der Matrix-Multiplikation

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

$$\begin{pmatrix} 5 & 7 \\ 6 & 8 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 7 \\ 8 \end{pmatrix} \cdot y$$

Geometrische Anschauung der Matrix-Multiplikation

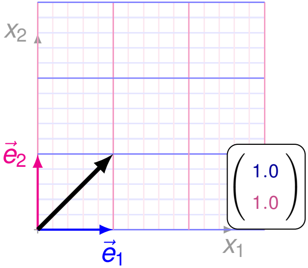
$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

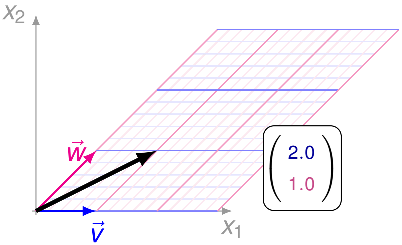
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



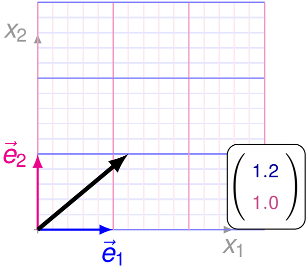


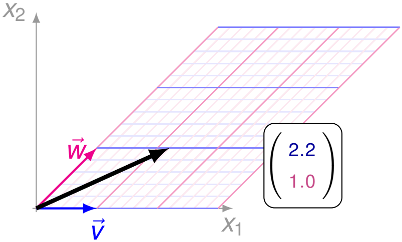
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 1.2 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 1.2 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



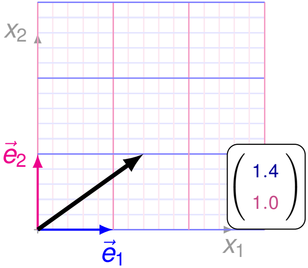


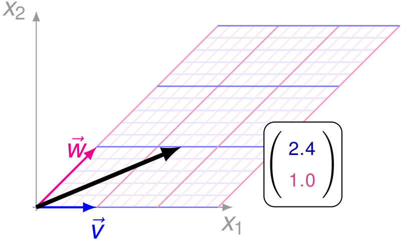
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 1.4 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 1.4 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



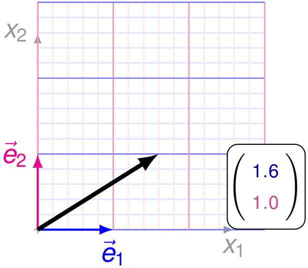


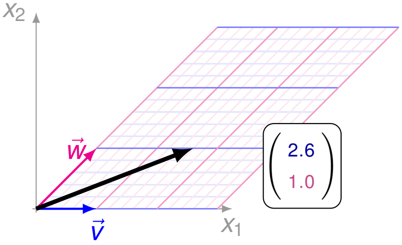
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 1.6 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 1.6 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



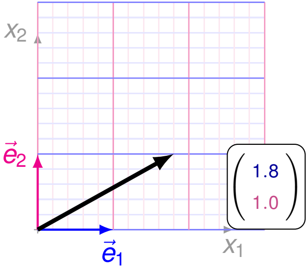


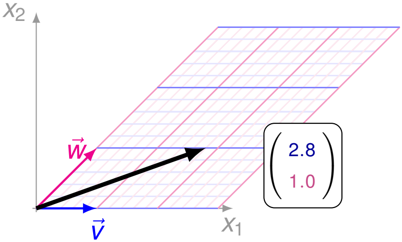
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 1.8 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 1.8 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



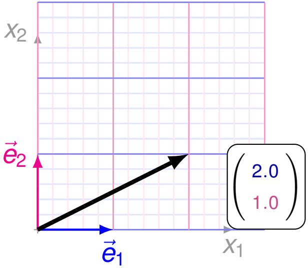


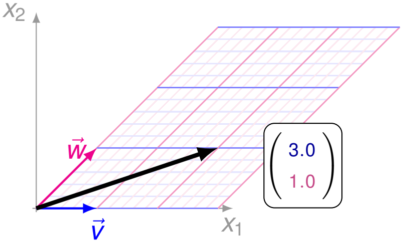
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + 1.0 \cdot \begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix}$$



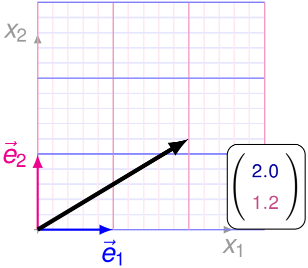


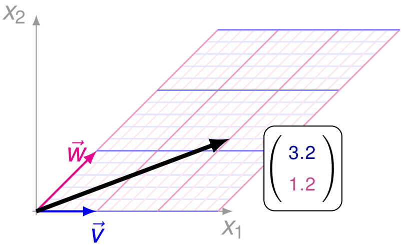
$$\begin{pmatrix}1 & 1\\0 & 1\end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.2 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.2 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



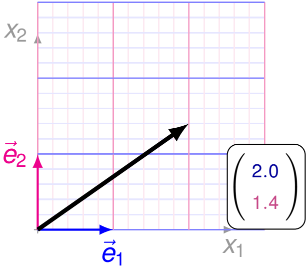


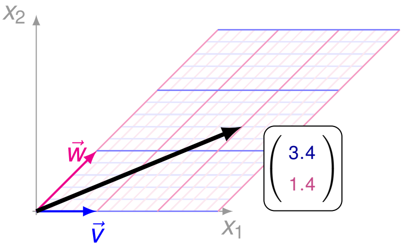
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.4 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.4 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



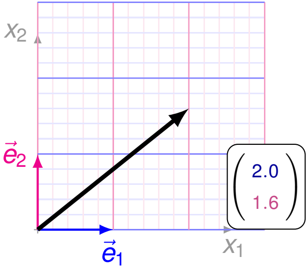


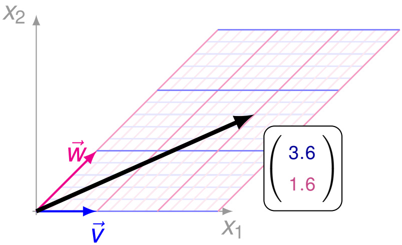
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.6 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.6 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



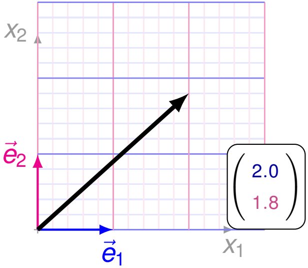


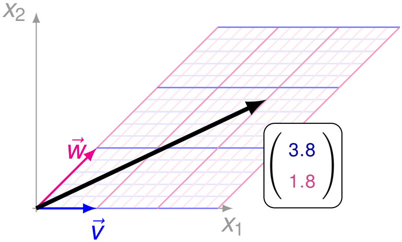
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.8 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 1.8 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



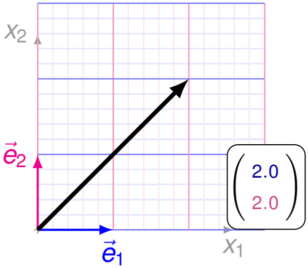


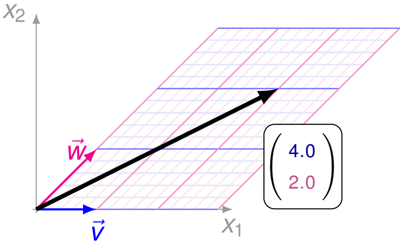
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + 2.0 \cdot \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + 2.0 \cdot \begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix}$$



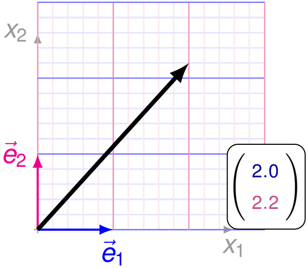


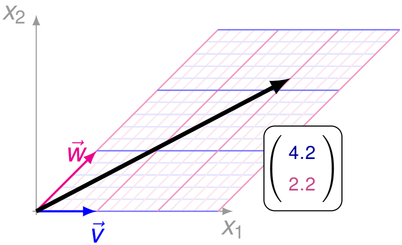
$$\begin{pmatrix}1 & 1\\0 & 1\end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.2 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.2 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



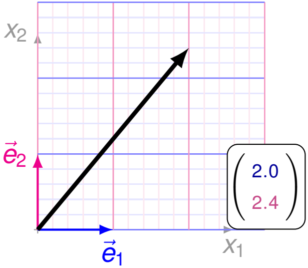


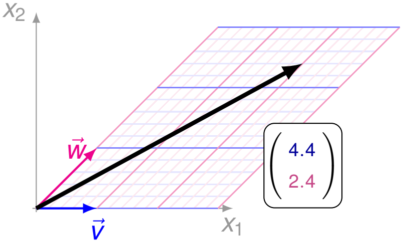
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.4 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.4 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



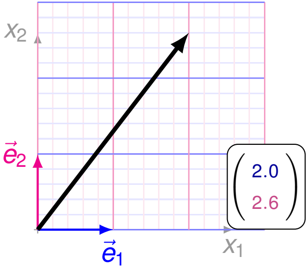


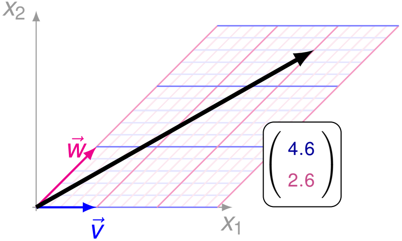
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.6 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.6 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



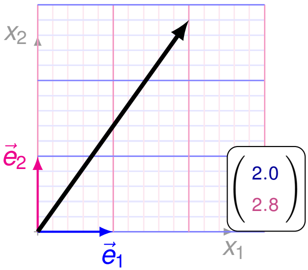


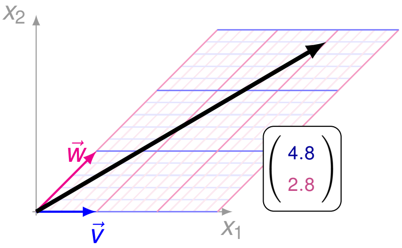
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.8 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 2.8 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



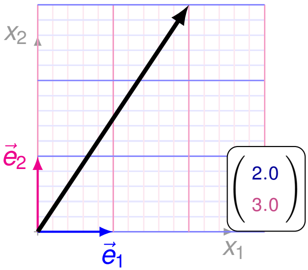


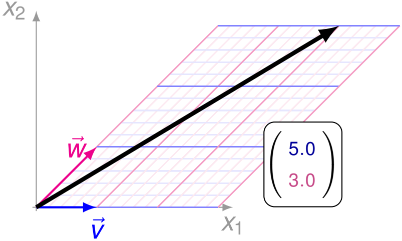
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$

Verhalten der Matrix-Multiplikation

$$\vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 3.0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot \vec{x} = 2.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + 3.0 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$





$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot y$$