

## Determinanten 1

- Als einführendes Beispiel betrachten wir ein lineares Gleichungssystem mit zwei Gleichungen für die beiden Unbekannten  $x$  und  $y$ .

$$\begin{aligned}ax + by &= r \\ cx + dy &= s\end{aligned}$$

Mit einfachen Umformungen ergeben sich die Lösungsformeln

$$x = \frac{dr - bs}{ad - bc}, \quad \text{falls Nenner} \neq 0$$

und

$$y = \frac{as - cr}{ad - bc}, \quad \text{falls Nenner} \neq 0.$$

Der Wert  $D = ad - bc$  des Nenners bestimmt (determiniert) die Lösbarkeit des Gleichungssystems. Wir führen eine neue Schreibweise für  $D$  ein, und bezeichnen diese Darstellung als **Determinante**:

$$D = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc.$$

- Anmerkung: Wir können in den beiden Lösungsformeln auch die Zähler mit der neuen Schreibweise als Determinanten darstellen:

$$x = \frac{\begin{vmatrix} r & b \\ s & d \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}}, \quad \text{und} \quad y = \frac{\begin{vmatrix} a & r \\ c & s \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}}.$$

- Definition (Determinante)

Eine **Determinante** ist ein quadratisches Zahlenschema, das eine Zahl darstellt, die folgendermaßen bestimmt wird:

(a) Determinante 1. Ordnung,

$$|a| = a,$$

(b) Determinante 2. Ordnung,

$$\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc,$$

(c) Determinante 3. Ordnung,

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{vmatrix} = a \cdot \begin{vmatrix} e & f \\ h & i \end{vmatrix} - b \cdot \begin{vmatrix} d & f \\ g & i \end{vmatrix} + c \cdot \begin{vmatrix} d & e \\ g & h \end{vmatrix}.$$

- Anmerkung: Entsprechend werden Determinanten höherer Ordnung rekursiv definiert; eine Determinante  $n$ -ter Ordnung wird auf Determinanten  $(n - 1)$ -ter Ordnung zurückgeführt.

Damit erhalten wir schrittweise höhere Ordnungen und haben insgesamt den Begriff der Determinante für beliebige Ordnungen festgelegt.

- Bezeichnungen: Zeilen, Spalten, Hauptdiagonale; Schreibweise der Elemente mit Indizes (Zeilen zuerst).

- Beispiele

- Anmerkung: Bei Determinanten 3. Ordnung (und nur dort) gibt es eine alternative Berechnungsmethode, die *Regel von Sarrus*.

- Definition (Unterdeterminante)

Zu einer Determinante  $D$  entsteht die **Unterdeterminante**  $D_{ik}$  durch Streichen der  $i$ -ten Zeile und  $k$ -ten Spalte von  $D$ .

Hat  $D$  die Ordnung  $n$ , so hat  $D_{ik}$  die Ordnung  $n - 1$ .

- Anmerkung: Damit ist eine vereinfachte Schreibweise möglich, z.B. für die Entwicklung einer Determinante dritter Ordnung nach der ersten Zeile,

$$D = a_{11} \cdot D_{11} - a_{12} \cdot D_{12} + a_{13} \cdot D_{13}.$$

Noch einfacher wird die Schreibweise, wenn man die Vorzeichen der Summanden mit den Unterdeterminanten zusammenfasst.

- Definition (Adjunkte)

Zu einer Determinante  $D$  heißt das Produkt  $(-1)^{i+k} \cdot D_{ik}$  die **Adjunkte** (oder das *algebraische Komplement*) des Elementes  $a_{ik}$ , geschrieben  $A_{ik}$ .

- Beispiel

- Bestimmung des Vorzeichens mit der Schachbrettregel.

- Anmerkung: Die rekursive Berechnung einer Determinante  $D$  der Ordnung  $n > 1$  kann jetzt einfach als  $D = \sum_{k=1}^n a_{1k} A_{1k}$  geschrieben werden.