

# Formelsammlung, Klausur 1

## Mathematik I, M, Übungen WS18

### Komplexe Zahlen

$$(a + bi) \cdot (c + di) = (ac - bd) + (ad + bc)i$$

$$\frac{a + bi}{c + di} = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + \frac{bc - ad}{c^2 + d^2}i$$

$$z = a + bi \Rightarrow \begin{cases} \bar{z} = a - bi \\ |z| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{z\bar{z}} \end{cases}$$

Polarkoordinaten:

$$z = r(\cos(\varphi) + i \sin(\varphi)) = re^{i\varphi}$$

$$\bar{z} = r(\cos(-\varphi) + i \sin(-\varphi)) = re^{-i\varphi}$$

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{r}(\cos(-\varphi) + i \sin(-\varphi)) = \frac{1}{r}e^{-i\varphi}$$

$$r(\cos(\varphi) + i \sin(\varphi)) \cdot s(\cos(\theta) + i \sin(\theta)) = rs(\cos(\varphi + \theta) + i \sin(\varphi + \theta))$$

Wurzeln: Die  $n$ -ten Wurzeln von  $r(\cos(\varphi) + i \sin(\varphi))$  sind

$$\sqrt[n]{r} \left( \cos \left( \frac{\varphi}{n} + k \frac{2\pi}{n} \right) + i \sin \left( \frac{\varphi}{n} + k \frac{2\pi}{n} \right) \right), k = 0, \dots, n-1$$

### Vektorrechnung

$$\|\vec{x}\| = \begin{cases} \sqrt{x_1^2 + x_2^2} & \text{zweidimensional} \\ \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} & \text{dreidimensional} \end{cases}$$

$$\langle \vec{x}, \vec{y} \rangle = \begin{cases} x_1y_1 + x_2y_2 & \text{zweidimensional} \\ x_1y_1 + x_2y_2 + x_3y_3 & \text{dreidimensional} \end{cases}$$

Winkel zwischen  $\vec{x}, \vec{y}$ :  $\cos(\varphi) = \frac{\langle \vec{x}, \vec{y} \rangle}{\|\vec{x}\| \cdot \|\vec{y}\|}$

Kreuzprodukt:  $\vec{x} \times \vec{y} = \begin{pmatrix} x_2y_3 - x_3y_2 \\ x_3y_1 - x_1y_3 \\ x_1y_2 - x_2y_1 \end{pmatrix}$

Geradengleichungen im  $\mathbb{R}^2$ :

$$\vec{x} = P + t \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix} \quad \text{Parameterform}$$

$$\langle \vec{n}, \vec{x} \rangle = \langle \vec{n}, P \rangle \quad \text{mit } \vec{n} = \begin{pmatrix} r_2 \\ -r_1 \end{pmatrix} \quad \text{Normalform}$$

Ebenengleichungen im  $\mathbb{R}^3$ :

$$\vec{x} = P + s\vec{q} + t\vec{r} \quad \text{Parameterform}$$

$$\langle \vec{n}, \vec{x} \rangle = \langle \vec{n}, P \rangle \quad \text{mit } \vec{n} = \vec{q} \times \vec{r} \quad \text{Normalform}$$

Abstand  $Q$  zu  $\langle \vec{n}, \vec{x} \rangle = \langle \vec{n}, P \rangle$  (Gerade in  $\mathbb{R}^2$ /Ebene in  $\mathbb{R}^3$ ):

$$\frac{|\langle \vec{n}, Q \rangle - \langle \vec{n}, P \rangle|}{\|\vec{n}\|}$$

Zu  $Q$  nächster Punkt auf  $\vec{x} = P + t\vec{r}$  ist  $P - \frac{\langle \vec{Q}P, \vec{r} \rangle}{\|\vec{r}\|^2} \vec{r}$ .

Fläche des von  $\vec{x}$  und  $\vec{y}$  aufgespannten Parallelogramms:

$$\|\vec{x} \times \vec{y}\|$$

Volumen des von  $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$  aufgespannten Parallelepipeds:

$$|\langle \vec{x}, \vec{y} \times \vec{z} \rangle|$$

### Folgen

Geometrische Folge:  $\lim_{n \rightarrow \infty} q^n = \begin{cases} 0 & \text{für } |q| < 1 \\ 1 & \text{für } q = 1 \\ \text{divergent} & \text{sonst} \end{cases}$

Harmonische Folge:  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0$

Einschließungskriterium: Konvergieren  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}, (c_n)_{n \in \mathbb{N}}$  beide gegen  $a$  und gilt für jedes  $n \in \mathbb{N}$  ab einem Index  $N$

$$a_n \leq b_n \leq c_n,$$

dann konvergiert auch  $(b_n)_{n \in \mathbb{N}}$  gegen  $a$ .

Häufungspunkt: Ein Punkt  $a$  ist ein Häufungspunkt der Folge  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  falls  $a$  Grenzwert einer Teilfolge von  $(a_n)$  ist.

Limes Superior und Limes Inferior: Der Limes Superior  $\limsup_{n \rightarrow \infty} a_n$  (bzw. Limes Inferior  $\liminf_{n \rightarrow \infty} a_n$ ) der Folge  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  ist der größte (bzw. kleinste) Häufungspunkt.

Lineare Rekursionen: Hat das Polynom

$$x^t - c_1x^{t-1} - c_2x^{t-2} - \dots - c_{t-1}x - c_t$$

lauter verschiedene Nullstellen  $\beta_1, \dots, \beta_t$ , dann hat die Lösung der linearen Rekursion

$$a_n = c_1a_{n-1} + c_2a_{n-2} + \dots + c_t a_{n-t}$$

die Form

$$a_n = \alpha_1\beta_1^n + \alpha_2\beta_2^n + \dots + \alpha_t\beta_t^n,$$

wobei die Konstanten  $\alpha_1, \dots, \alpha_t$  durch die Werte der ersten  $t$  Folgenglieder bestimmt werden.

### Reihen

konvergent	divergent
$\sum_{n=0}^{\infty} q^n = \frac{1}{1-q}$ für $ q  < 1$	$\sum_{n=0}^{\infty} q^n$ für $ q  \geq 1$
$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$	$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$

Notwendige Bedingung: Eine Reihe kann nur konvergieren, wenn die Folge ihrer Summanden eine Nullfolge ist.

Majorantenkriterium: Ist die Reihe  $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$  konvergent und gilt  $|a_n| \leq b_n$  für alle  $n$  ab einem Index  $N$ , dann konvergiert auch  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ .

Minorantenkriterium: Ist die Reihe  $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$  divergent und gilt  $0 \leq b_n \leq a_n$  für alle  $n$  ab einem Index  $N$ , dann divergiert auch  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ .

Wurzelkriterium: Ist  $\sqrt[n]{|a_n|} \leq q$  für ein  $q < 1$  und alle  $n$  ab einem Index  $N$ , dann konvergiert die Reihe  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ . Insbesondere konvergiert sie, falls  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|} < 1$ . Ist  $\sqrt[n]{|a_n|} \geq 1$  für unendlich viele  $n$ , so divergiert die Reihe.

Quotientenkriterium: Ist  $\left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| \leq q$  für ein  $q < 1$  und alle  $n$  ab einem Index  $N$ , dann konvergiert  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ . Insbesondere konvergiert sie, falls  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| < 1$ . Ist  $\left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| \geq 1$  für alle  $n$  ab einem Index  $N$ , dann divergiert die Reihe.

Leibniz-Kriterium: Ist  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  eine monotone Nullfolge, dann konvergiert die Reihe  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n$ .

### Funktionen

$$e^{x+y} = e^x e^y, \quad e^0 = 1, \quad e^x = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{x}{n} \right)^n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$$

$$\ln(xy) = \ln(x) + \ln(y), \quad \ln(1) = 0, \quad \ln(x^a) = a \ln(x)$$

$$\sin(x+y) = \sin(x)\cos(y) + \cos(x)\sin(y)$$

$$\cos(x+y) = \cos(x)\cos(y) - \sin(x)\sin(y)$$

$$\sinh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2}, \quad \cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$f$  gerade:  $f(x) = f(-x)$ ; ungerade:  $f(x) = -f(-x)$