

Aufgabe 1

- a) $(1\ 5\ 6\ 4\ 8\ 9)(2\ 7\ 2)$
- b) $(1\ 9\ 2\ 6\ 3\ 7\ 8\ 4)$
- c) Sei $\pi = (c_1\ c_2\ \dots\ c_k)$ ein beliebiger Zyklus. Es gilt $\pi(c_i) = c_{i+1}$ und $\pi^{-1}(c_{i+1}) = c_i$, also $\pi^{-1} = (c_k\ c_{k-1}\ \dots\ c_1)$. Konkret gilt nun

$$\begin{aligned}\pi &= (1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4) \\ \pi^{-1} &= (4\ 5\ 2\ 7\ 3\ 1) \\ \pi^{-2} &= (1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4) \\ \pi^{-3} &= (4\ 5\ 2\ 7\ 3\ 1)\end{aligned}$$

- d) Es gilt

$$\begin{aligned}(1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4)^2 &= (1\ 7\ 5)(3\ 2\ 4) \\ (1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4)^3 &= (1\ 5\ 7)(2\ 3\ 4) \\ (1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4)^4 &= (1\ 7\ 5)(3\ 2\ 4) \\ (1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4)^5 &= (1\ 5\ 7)(2\ 3\ 4) \\ &\dots \\ (1\ 3\ 7\ 2\ 5\ 4)^{1000} &= (1\ 7\ 5)(3\ 2\ 4).\end{aligned}$$

Aufgabe 2

- a) Man wähle aus S_2 die Permutation $(\frac{1}{2}\ \frac{2}{1})$. Diese Permutation besteht nur aus dem Zyklus (12) , müsste aber gemäß der gegebenen Aussage aus mindestens zwei Zyklen bestehen.
- b) Eine Permutation $\pi \in S_n$ sei in disjunkte Zyklen zerlegt. Die Summe der Längen dieser Zyklen ist n , nachdem sie disjunkt sind. Die kleinste Länge eines Zyklus ist 1. Somit kann π in höchstens n disjunkte Zyklen zerlegt werden.
- c) Man wähle aus S_2 die Permutation $\pi = (\frac{1}{2}\ \frac{2}{1})$ mit dem Zyklus (12) . Die Permutation $\pi^2 = (\frac{1}{1}\ \frac{2}{2})$ besteht aus den disjunkten Zyklen $(1)(2)$. Somit besteht π aus weniger Zyklen als π^2 .
- d) Es gelte $\pi \in S_n$. Es gibt nun disjunkte Zyklen c_1, c_2, \dots, c_k derart, dass $\pi = c_1 c_2 \dots c_k$ und $\pi^2 = c_1^2 c_2^2 \dots c_k^2$. Ist c ein Zyklus so besteht c^2 aus mindestens einem Zyklus. Somit sind in π^2 mindestens so viele Zyklen wie in π enthalten, in anderen Worten besteht π aus höchstens so vielen disjunkten Zyklen wie π^2 .

Aufgabe 3

1. Zu zeigen ist $\forall x, y, z \in G : (x * y) * z = x * (y * z)$. (Assoziativität.)

Seien $(a_1, a_2), (b_1, b_2), (c_1, c_2) \in G$ beliebig. Es gilt

$$\begin{aligned} & ((a_1, a_2) * (b_1, b_2)) * (c_1, c_2) = \\ & (a_1 b_1 - a_2 b_2, a_1 b_2 + a_2 b_1) * (c_1, c_2) = \\ & ((a_1 b_1 - a_2 b_2) c_1 - (a_1 b_2 + a_2 b_1) c_2, (a_1 b_1 - a_2 b_2) c_2 + (a_1 b_2 + a_2 b_1) c_1) = \\ & ((a_1 b_1 c_1 - a_2 b_2 c_1) - (a_1 b_2 c_2 + a_2 b_1 c_2), (a_1 b_1 c_2 - a_2 b_2 c_2) + (a_1 b_2 c_1 + a_2 b_1 c_1)) = \\ & (a_1 b_1 c_1 - a_2 b_2 c_1 - a_1 b_2 c_2 - a_2 b_1 c_2, a_1 b_1 c_2 - a_2 b_2 c_2 + a_1 b_2 c_1 + a_2 b_1 c_1) \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} & (a_1, a_2) * ((b_1, b_2) * (c_1, c_2)) = \\ & (a_1, a_2) * (b_1 c_1 - b_2 c_2, b_1 c_2 + b_2 c_1) = \\ & (a_1(b_1 c_1 - b_2 c_2) - a_2(b_1 c_2 + b_2 c_1), a_1(b_1 c_2 + b_2 c_1) + a_2(b_1 c_1 - b_2 c_2)) = \\ & ((a_1 b_1 c_1 - a_1 b_2 c_2) - (a_2 b_1 c_2 + a_2 b_2 c_1), (a_1 b_1 c_2 + a_1 b_2 c_1) + (a_2 b_1 c_1 - a_2 b_2 c_2)) = \\ & (a_1 b_1 c_1 - a_1 b_2 c_2 - a_2 b_1 c_2 - a_2 b_2 c_1, a_1 b_1 c_2 + a_1 b_2 c_1 + a_2 b_1 c_1 - a_2 b_2 c_2) \end{aligned}$$

und somit

$$((a_1, a_2) * (b_1, b_2)) * (c_1, c_2) = (a_1, a_2) * ((b_1, b_2) * (c_1, c_2)).$$

2. Zu zeigen ist $\exists e \in G : \forall x \in G : x * e = e * x = x$. (Neutralelement.)

Für $e = (1, 0)$ und beliebige $(a, b) \in G$ gilt

$$\begin{aligned} (a, b) * (1, 0) &= (1, 0) * (a, b) = (a, b) \\ (a - 0, 0 + b) &= (a - 0, 0 + b) = (a, b). \end{aligned}$$

3. Zu zeigen ist $\forall x \in G : \exists y \in G : x * y = y * x = e$, wobei $e \in G$ das Neutralelement ist. (Invertierbarkeit.)

Für beliebige $(a, b) \in G$ gebe es ein $c \in G$ derart, dass

$$(a, b) * c = c * (a, b) = (1, 0).$$

Man wähle

$$c = \left(\frac{a}{a^2 + b^2}, -\frac{b}{a^2 + b^2} \right),$$

nun gilt

$$\begin{aligned} (a, b) * \left(\frac{a}{a^2 + b^2}, -\frac{b}{a^2 + b^2} \right) &= \left(\frac{a}{a^2 + b^2}, -\frac{b}{a^2 + b^2} \right) * (a, b) = (1, 0) \\ \left(\frac{a^2}{a^2 + b^2} + \frac{b^2}{a^2 + b^2}, \frac{ab}{a^2 + b^2} - \frac{ab}{a^2 + b^2} \right) &= (1, 0) \\ \left(\frac{a^2 + b^2}{a^2 + b^2}, \frac{ab - ab}{a^2 + b^2} \right) &= (1, 0) \\ (1, 0) &= (1, 0). \end{aligned}$$