

# Spielregeln für das Evolutionsspiel

## Inhalt:

- 144 Kohlmeisenkarten:
  - 12 pro Merkmalskombination
  - Merkmale: aktiv – nicht-aktiv, schnell – „mittel“ – langsam, aggressiv – nicht-aggressiv
- Spielmodikarten:
  - 12 Umweltkarten
  - 3 Räuberarten
  - 18 Mutationszeichen (6 pro Mutationsart)
  - 54 Gewichtszeichen

Ziel dieses Spiels ist es, Evolution als einen natürlichen Prozess zu veranschaulichen, bei dem sich die Häufigkeit bestimmter Merkmale/Merkmalskombinationen der Kohlmeisenpopulation verändert. Das Spiel orientiert sich dabei an den drei Bedingungen, die nötig sind damit Evolution, mittels Selektion, wirken kann:

- Merkmale müssen in verschiedenen Varianten vorhanden sein
- Diese Merkmale müssen (zumindest teilweise) vererbbar sein
- Die Merkmalsvarianten müssen zu Unterschieden in der Fitness (Fortpflanzungserfolg) führen

## Anleitung:

Die Spielerin/Der Spieler ist eine Biologin/ein Biologe, der mindestens 10 Nistkästen (Anzahl nur durch die Kartenzahl begrenzt) besitzt in denen er Kohlmeisen aus einer größeren Population beobachtet. Dabei sind stets alle Nistkästen belegt und werden in 10er Reihen angeordnet. Jede Kohlmeise kann sich (im Gegensatz zur Natur) durch Klonen fortpflanzen und produziert stets 2 Nachkommen. D.h. alle Nachkommen haben genau dieselben Merkmale wie der ursprüngliche Vogel. Jede Spielrunde läuft nach den gleichen Schritten ab:

1. Auswählen der Kohlmeisenpopulation je nach gewünschter Komplexität, Spielmodus und Art der zu untersuchenden Selektion (siehe unten)
2. Anwenden von Mutationen (falls gewünscht) und Verteilung von Gewichtskarten (falls gewünscht)
3. Zählen der Häufigkeiten bestimmter Merkmale
4. Anwenden von Umwelt- oder Räuberarten
5. Berechnung der Nachkommenanzahl der Kohlmeisen anhand Grundanzahl Nachkommen und der gezogenen Karten
6. Zählen der Häufigkeiten bestimmter Merkmale bei den Nachkommen
7. Aus den Nachkommen besetzen 10 Kohlmeisen die Nistkästen, wobei die Merkmale der 10 Kohlmeisen den Häufigkeiten aller Nachkommen entsprechen sollten. Sollte es weniger als 10 Nachkommen geben, werden die leeren Nistkästen mit zufälligen Kohlmeisen aufgefüllt.

Es sollten stets mehrere Runden hintereinander gespielt werden, damit Effekte deutlicher zu Tage treten.

## Grundlegende Spielmodi

1. Gerichtete Selektion durch Räuber/Umwelt auf ein Merkmal:
  - 10 Kohlmeisen die sich in nur einem Merkmal unterscheiden werden ausgewählt
  - Nur eine Räuber- bzw. Umweltkarte wird gezogen und die Effekte angewandt
  - Dieselbe Räuber- bzw. Umweltkarte wird mehrfach hintereinander genutzt
2. Stabilisierende Selektion durch Räuber/Umwelt auf ein Merkmal:
  - 10 Kohlmeisen die sich in nur einem Merkmal unterscheiden werden ausgewählt
  - Nur eine Räuber- bzw. Umweltkarte wird gezogen und die Effekte angewandt
  - Gegensätzliche Räuber- bzw. Umweltkarten werden in aufeinanderfolgenden Runden genutzt
3. Selektion durch Räuber/Umwelt unter Berücksichtigung eines indirekten Merkmals (Gewicht):
  - 10 Kohlmeisen die sich in nur einem Merkmal unterscheiden werden ausgewählt
  - Gewichtszeichen werden zufällig auf die Kohlmeisen verteilt
  - Eine oder verschiedene Räuber- bzw. Umweltkarte werden mehrfach hintereinander genutzt
  - Die Effekte der Karten werden auf die Gewichte der Vögel und die Anzahl der Nachkommen angewandt
    - Vögel die unter 15 g fallen produzieren einen Nachwuchs weniger
    - Vögel die unter 13 g fallen produzieren keinen Nachwuchs
    - Vögel die auf über 20 g steigen produzieren einen zusätzlichen Nachwuchs
  - Spezialfall: Gewicht ist teilweise vererbbar. Nachkommen bekommen dasselbe Gewicht wie der Elternvogel +/-1 g
4. Mutation:
  - Pro Vogel werden zwei sechseitige Würfel geworfen
    - Fällt zweimal die 1 erhält der entsprechende Vogel eine negative Mutation. Der entsprechende Vogel produziert 0 Nachkommen
    - Fällt zweimal die 6 erhält der entsprechende Vogel eine positive Mutation. Der entsprechende Vogel produziert 4 Nachkommen
    - Fällt zweimal die 2,3,4 oder 5 erhält der entsprechende Vogel eine neutrale Mutation, die ohne Effekt bleibt.
    - Alle anderen Würfelkombinationen ergeben keinerlei Mutation
  - Anschließend wird eine Räuber- oder Umweltkarte gezogen und die weiteren Spielschritte werden befolgt

## Details:

### Komplexität:

Je nach Altersstufe, gewünschter Fragestellung und Erfahrung mit dem Spiel kann die Komplexität erhöht, bzw. verändert werden. Einige Hinweise:

1. Die grundlegenden Spielmodi folgen in ihrer Komplexität der folgenden Reihenfolge: Räuber < Umwelt < Mutation < Gewicht
2. Je weniger verschiedene Merkmale die Population enthält, desto simpler.

3. Je weniger die gewählte Räuber- oder Umweltkarte zwischen den Runden geändert wird, desto simpler.
4. Je weniger Spielmodi kombiniert werden und je weniger Karten pro Kategorie gezogen werden (mehrere Räuber- oder Umweltkarten), desto simpler.
5. Je größer die Population, desto aufwendiger, aber auch weniger zufällig.

#### Merkmale:

- Aggressivität: Kohlmeisen unterscheiden sich darin wie sie auf Eindringlinge reagieren. Manche Vögel singen als Reaktion um ihr Territorium zu verteidigen, andere greifen den Eindringling an. Aggressivität ist zwar effektiv, aber kann zu Verletzungen und dem Tod führen und ist daher mit Kosten verbunden.
- Geschwindigkeit: Die Geschwindigkeit einer Kohlmeise wird von ihrer Muskulatur und Morphologie bestimmt. Mehr Muskeln und größere Flügel können schneller machen, kosten aber auch mehr Energie.
- Aktivität: Aktivität kann auf viele Arten bestimmt werden. Generell bewegen sich aktive Vögel mehr durch ihre Reviere auf der Suche nach Futter und unterscheiden sich bei der Futtersuche von nicht-aktiven Vögeln. Aktivität kann zum Finden von mehr Futter führen, aber auch zu mehr Begegnungen mit Räubern. Außerdem sind aktive Vögel eher risikoaffin.

#### Mutationen:

Mutationen finden täglich in großer Anzahl, auch beim Menschen statt. Einen Großteil der Mutationen können die körpereigenen Reparaturmechanismen jedoch beheben. Durch den Aufbau der DNA aus den vier Basen und der repetitiven Codierung von Aminosäuren, sind viele der nicht behobenen Mutationen neutral (mehrere Basentriplets codieren für dieselbe Aminosäure). Nur sehr wenige Mutationen haben positive oder negative Effekte (wobei letztere häufig direkt zum Absterben des Organismus führen). Diese Häufigkeitsverteilung soll im Spiel durch die Würfelwürfe symbolisiert werden.

#### Gewicht:

Zusätzlich zu den restlichen Merkmalen im Spiel, gibt es mit dem Gewicht ein Merkmal das nicht direkt selektiert wird. Daher werden die Spielregeln leicht modifiziert. Kohlmeisen bekommen in der ersten Runde ein zufälliges Gewicht im gesunden Bereich von 15-20 g. In diesem Bereich produzieren Kohlmeisen weiterhin 2 Nachkommen. Umweltfaktoren beeinflussen das Gewicht der Kohlmeisen. Fällt eine Kohlmeise unter 15 g erzeugt sie einen Nachkommen weniger, unter 13 erzeugt sie gar keinen. Steigt das Gewicht auf über 20g erzeugt eine Kohlmeise einen Nachkommen mehr. Manche Faktoren können auch das Gewicht des Nachwuchses beeinflussen.

Für mehr Komplexität, kann das Gewicht teilweise vererbt werden. D.h. Nachkommen erhalten zufällig ein Gewicht, das ungefähr (+/-1 g) dem des Elternvogels nach Anwendung von Umwelteffekten entspricht. D.h. für die Nachkommen wird aus drei möglichen Gewichten gezogen, anstatt aus der gesamten Bandbreite.

## Arten der Selektion

### 1. Gerichtete Selektion:

Werden mehrere Runden mit derselben Räuber- oder Umweltkarte gespielt, werden stets die gleichen Merkmale selektiert. Dadurch sollten diese Merkmale fixiert werden, während andere Merkmale aus der Population verschwinden. Die Selektion ist daher in eine bestimmte Richtung gerichtet. Beispiel:

- Räuber erbeuten vor allem langsame Individuen → Nur schnelle Beute überlebt → Nur schnelle Jäger fangen Beute → Beide Populationen werden immer schneller (bis zu einer gewissen Grenze)
- Aufgrund einer Kälteperiode überleben vor allem Individuen mit wenig Oberfläche (weniger Wärmeverlust) → Population im nächsten Jahr sollte aus gedrungenen Individuen bestehen

### 2. Stabilisierende Selektion:

Werden mehrere Runden mit wechselnden, verschiedenen (insbesondere gegenteiligen) Karten gespielt (z.B. Hohe Brutdichte und Niedrige Brutdichte oder Katze und Futtermangel), werden Merkmale abwechselnd selektiert. Merkmale sollten daher nicht aus der Population verschwinden. Insgesamt verschiebt sich die Population im Schnitt weder in die eine noch die andere Richtung. Meist haben „extremere“ Merkmalsausprägungen Nachteile. Je nach Populationsgröße kann aber durch Zufall (so genannten genetische Drift) ein Merkmal verschwinden. Darunter können der reine Zufall aber auch drastische Umweltänderungen fallen.

### 3. Disruptive Selektion:

Bei der disruptiven Selektion werden extreme Merkmalsausprägungen bevorzugt. Daher teilt sich die Population langsam aber sicher auf. Im Spiel kann diese Art der Selektion nur am Beispiel der Geschwindigkeit dargestellt werden. Disruptive Selektion kann aus vielen verschiedenen Gründen auftreten. Zwei Beispiele:

- 1) Ein Vogel bevorzugt eine bestimmte Farbvariante eines Insekts, da er diese am besten wahrnimmt/diese Variante am häufigsten ist. Insekten mit anderen Farben, also „extremere“ Werten überleben besser.
- 2) Bei einer invasiven Art gibt es die „Invasionsfront“, also den Bereich in dem sich die Tiere weiter ausbreiten, und die sesshaften Populationsteile, die nicht mehr weiter wandern. An der Invasionsfront haben Tiere mit längeren Beinen und Flügeln und einem stärkeren Wandertrieb mehr Erfolg, während es in den etablierten Populationen umgekehrt ist. Tiere mit durchschnittlichen Merkmalen (Beine, Flügel, Wandertrieb) haben in keiner der beiden Situationen Vorteile.

**Beachte:**

Dieses Spiel ist eine starke Vereinfachung der Natur, mit wenigen, kategorischen Umweltfaktoren, einer vereinfachten Fortpflanzung, nicht-überlappenden Generationen und lediglich einer Tierart und drei Raubtieren.

In der Natur braucht es zwei Kohlmeisen um Nachwuchs zu erzeugen. Eine Kohlmeise legt im Schnitt 7/8 Eier, kann zweimal im Jahr brüten und wird bis zu 8 Jahre alt. D.h. ein Pärchen kann rechnerisch bis zu 128 Küken großziehen. Dabei ist die Überlebensquote der Küken in ihrer natürlichen Umgebung sehr niedrig und teilweise unter 10%. Es wirken dabei natürlich stets zahlreiche Umweltfaktoren, Räuber reduzieren nicht nur den Nachwuchs, sondern erbeuten auch erwachsene Vögel, wodurch gar kein Nachwuchs produziert wird. Außerdem pflanzen sich nicht alle Kohlmeisen jedes Jahr fort (aus verschiedenen Gründen) und müssen auch mit anderen Tierarten konkurrieren. All diese Faktoren wirken nicht nur von einer auf die nächste Generation (in diesem Spiel durch die Runden symbolisiert), sondern ändern sich in ihrer Stärke innerhalb von Generationen.

In der Natur sind Faktoren und viele Merkmale selten kategorisch. Es gibt nicht nur extreme Jahre, z.B. Heiße und kalte, sondern auch Zustände dazwischen. Genauso wie es nicht schnelle und langsame oder große und kleine Kohlmeisen gibt. Die meisten Merkmale, z.B. Gewicht, sind kontinuierlich. Gesunde Kohlmeisen wiegen zwischen 15 und 21 Gramm. Das kann sich aber innerhalb kurzer Zeit ändern, und es gibt nicht nur 15 g und 21 g schwere Kohlmeisen, sondern Kohlmeisen mit Gewichten zwischen diesen Extremwerten. Außerdem ist das Gewicht bei Kohlmeisen nicht zufällig verteilt, sondern hängt von zahlreichen Faktoren ab (Größe, Genetik, Futtermittelverfügbarkeit, etc.).

Zudem ist dieses Spiel auf eine simple Form der natürlichen Selektion reduziert. Sexuelle Selektion, die manchmal gegensätzlich zur natürlichen Selektion wirkt, wird hier, der Einfachheit halber, ausgeklammert.

**Beispielrunde:** Gerichtete Selektion durch Räuber/Umwelt auf ein Merkmal

1. Auswahl der Kohlmeisen: 5 aktive Kohlmeisen und 5 nicht-aktive Kohlmeisen → 50/50 Merkmalsverteilung



2. Auswahl der Räuber- bzw. Umweltkarte: Katze → aktive Kohlmeisen haben eine erhöhte Chance einer Katze zu begegnen und produzieren einen Nachkommen weniger



3. Berechnung der Nachkommenzahlen: Die 5 aktiven Kohlmeisen produzieren nur noch einen Nachwuchs, die nicht-aktiven Vögel sind nicht betroffen
4. Zählen der Häufigkeiten bestimmter Merkmale bei den Nachkommen: 5 aktive Nachkommen, 10 nicht-aktive Nachkommen. Aus der 50/50 Verteilung ist eine 33/66 Verteilung geworden.
5. Eine weitere Runde, bei Einhaltung der neuen Verteilung, sollte in einer 20/80 Verteilung resultieren

