2.2 Biologie: Vibe-Coding-Simulationen im Unterricht

Räuber-Beute-Dynamik (Lotka-Volterra-Modell)

Fach: Biologie · **Klassenstufe:** 9 (14–15 Jahre) · **Dauer:** 1 Doppelstunde (90 Min.) · **KI:** Lernen **MIT** KI

KI-bezogene Kompetenzen (DUAL.AI.TEACHer-Framework) – Lehrkräfteebene	**Fachspezifische Lernziele – Ebene der Schülerinnen und Schüler**
AF-TL-2b *(AI foundations and applications × Teaching & Learning, Stufe 2 – Reflektierte Umsetzung)*: „Lehrkräfte können Unterrichtselemente so gestalten, dass sie KI-Einsatz mit klaren pädagogischen Rollen und Strategien zur Überprüfung der Ausgabeelemente einbetten." **AF-FC-2b** *(AI foundations and applications × Facilitating Learners' (AI) Digital Competence, Stufe 2 – Reflektierte Umsetzung)*: „Lehrkräfte können Anleitungen umsetzen, die Lernenden helfen, praktische KI-Fähigkeiten zu entwickeln, wobei die Aufgaben an das Vorwissen der Lernenden und die verfügbaren KI-Werkzeuge angepasst werden."	Am Ende der Stunde können die Schülerinnen und Schüler: • die wichtigsten Variablen (Beutepopulation, Räuberpopulation) und Parameter (Wachstumsrate, Prädationsrate, Umwandlungseffizienz, Sterberate) des Lotka-Volterra-Modells beschreiben; • Hypothesen zur Populationsdynamik mithilfe einer interaktiven Simulation aufstellen und testen; • eine bestehende Simulation um zusätzliche Ebenen ökologischer Komplexität erweitern (z. B. eine Umweltkapazität, eine zweite Art, einen saisonalen Faktor), indem sie strukturierte Prompts für ein KI-Sprachmodell formulieren; • die Annahmen und Grenzen des Modells kritisch bewerten (Wissenschaftsverständnis/Nature of Science), einschließlich der Frage, warum das Einführen von Zufälligkeit oder eines zusätzlichen Faktors es destabilisieren kann.

> **Kernbotschaft:** Die Schülerinnen und Schüler müssen nicht von Grund auf programmieren. Es genügt, eine bestehende Simulation zu lesen und zu testen und dann ein Sprachmodell zu nutzen, um Schritt für Schritt eine Ebene ökologischer Realitätsnähe hinzuzufügen, um ein echtes Verständnis eines

> dynamischen biologischen Modells aufzubauen – und, früher oder später, selbst herauszufinden, wo genau dieses Modell an seine Grenzen stößt.



Abb. 1: „Räuber-Beute-Dynamik (Lotka-Volterra-Modell)“ (KI-generiertes Bild, ChatGPT GPT Image 2)

Inhalt

Mathematische Modelle und Computersimulationen sind in der Ökologie besonders wertvolle Werkzeuge, da sie hochkomplexe Systeme durch mathematische Gleichungen ausdrücken können. Das ermöglicht es, Experimente *in silico* durchzuführen und Hypothesen am Modell zu testen – in Situationen, in denen ein echtes Experiment zu teuer, zu langsam, ethisch schwierig oder schlicht gefährlich wäre. Eine reale Räuberpopulation zu manipulieren, ist zum Beispiel selten eine Option. Gleichzeitig ist jedes Modell zwangsläufig eine Vereinfachung der Realität, und genau darin liegen seine Schwächen: reale Ökosysteme sind weitaus komplexer, als ein Modell jemals vollständig erfassen könnte.

Das Lotka-Volterra-Modell ist ein klassisches Beispiel für eine solche Vereinfachung, angewandt auf die Räuber-Beute-Dynamik. Es bildet das System über zwei Zustandsvariablen ab (die Größe der Beute- und der Räuberpopulation) sowie vier Parameter (die intrinsische Wachstumsrate der Beute, den Koeffizienten der Prädationsrate, die Fortpflanzungsrate des Räubers pro erbeuteter Beute und die Sterberate des Räubers). Unter seinen idealisierten Annahmen sagt das Modell anhaltende, periodische Schwankungen voraus, bei denen Veränderungen der Räuberpopulation denen der Beutepopulation zeitlich nachfolgen. Dieses Verhalten entsteht durch einen Rückkopplungskreislauf: Wächst die Beutepopulation, steht den Räubern mehr Nahrung zur

Verfügung, wodurch die Räuberpopulation wachsen kann. Die verstärkte Prädation lässt dann die Beutepopulation sinken, was die Nahrungsgrundlage der Räuber verringert und zu einem Rückgang der Räuberpopulation führt. Mit weniger Räubern kann sich die Beutepopulation erholen, und der Zyklus beginnt von Neuem.

Um diesen sauberen Zyklus zu erzeugen, trifft das Modell mehrere starke Annahmen. Es ist **deterministisch** (dieselben Startwerte erzeugen immer exakt dieselbe Kurve); es ist ein **geschlossenes Zwei-Arten-System**, das jeden abiotischen Faktor (Temperatur, Niederschlag, Jahreszeit) und jeden weiteren biotischen Faktor (Nahrungspflanzen der Beute, eine dritte Art, Krankheit) ausschließt; und es lässt das Wachstum jeder Population ausschließlich von der Größe der jeweils anderen Population abhängen.

Reale Populationen erfüllen diese Annahmen selten. Geburten, Todesfälle und Begegnungen unterliegen dem Zufall, und eine stochastische (zufallsbasierte) Version desselben Modells neigt dazu, vom sauberen Zyklus abzuweichen, und kann sogar kollabieren (z. B. wenn die Räuberpopulation ausstirbt) – in Fällen, in denen die deterministische Version eine stabile Schwingung vorhersagt. Ebenso genügt oft schon das Hinzufügen eines einzigen fehlenden Faktors (z. B. eine temperaturabhängige Wachstumsrate oder eine Begrenzung der eigenen Nahrungsgrundlage der Beute), um den sauberen Zwei-Variablen-Zyklus zu durchbrechen. Das ist kein Makel, der vor den Schülerinnen und Schülern verborgen werden sollte, sondern die zentrale wissenschaftstheoretische Lektion dieser Aktivität. Ein Modell kann echten Nutzen haben und dennoch eine bewusst enge Annäherung an die Realität sein – und es gut zu nutzen bedeutet, genau zu wissen, welche Faktoren es außer Acht lässt. In der Hauptaktivität dieser Stunde entdecken die Schülerinnen und Schüler dies selbst, indem sie versuchen, genau solche Faktoren hinzuzufügen.

Unterrichtsverlauf

Phase	Zeit	Aktivität
Einstieg	8 Min.	Die Lehrkraft zeigt einen unbeschrifteten Graphen einer realen Räuber-Beute-Datenreihe (z. B. Luchs/Hase); die Schülerinnen und Schüler beschreiben das Muster und stellen erste Hypothesen auf.
Input	12 Min.	Die Lehrkraft stellt die Variablen und Parameter des Modells anhand eines einfachen Diagramms vor (keine Differentialgleichungen erforderlich).
Erkundung	15 Min.	Die Schülerinnen und Schüler testen ihre Hypothesen paarweise an einer vorgefertigten HTML-Simulation und halten ihre Beobachtungen fest.
Erweiterung	35 Min.	In Paaren durchlaufen die Schülerinnen und Schüler 2–3 Runden von *vorhersagen* → *prompten* → *testen* → *diagnostizieren* (Leitfragen unten); dabei bitten sie das Sprachmodell jedes Mal, eine weitere Ebene ökologischer Realitätsnähe zur Simulation hinzuzufügen (eine Begrenzung der Nahrungsgrundlage der Beute, eine zweite Art, einen saisonalen/abiotischen Faktor), bis der saubere Zwei-Variablen-Zyklus sichtbar zusammenbricht.

Reflexion	20 Min.	Klassengespräch, geleitet von Fragen wie: In welcher Runde hörte die Simulation auf, einen sauberen, sich wiederholenden Zyklus zu erzeugen? Was lässt das ursprüngliche Modell bewusst aus, und warum? Was macht es zu einer nützlichen Vereinfachung statt einfach nur falsch zu sein?

Leitfragen: Komplexität schrittweise aufbauen

Die Paare bearbeiten so viele der folgenden Runden, wie die 35 Minuten zulassen (die meisten schaffen zwei; die dritte ist eine Erweiterung für schnelle Paare). Jede Runde folgt demselben Vier-Schritte-Zyklus:

1. **Runde 1 — die Nahrungsgrundlage der Beute begrenzen (eine Umweltkapazität):**
   - *Vorhersagen:* Bevor Sie mit dem Prompten beginnen, fragen Sie sich: Was erwarten Sie für den Zyklus, wenn sich das Wachstum der Beute verlangsamt, sobald die Population groß wird, statt unbegrenzt weiterzuwachsen? Skizzieren Sie die erwartete Kurve.
   - *Prompten:* Bitten Sie die KI, eine maximale nachhaltige Beutepopulation in die Simulation einzubauen und in eigenen Worten zu erklären, wie sie die Wachstumsgleichung dafür verändert hat.
   - *Testen & vergleichen:* Führen Sie die neue Simulation mit denselben Startwerten wie zuvor aus. Vergleichen Sie die vorherige Simulation mit der neuen: Wie haben sich die Variablen verändert? Warum?
   - *Diagnostizieren:* Welche Annahme des ursprünglichen Modells (unbegrenzte Nahrung für die Beute) haben Sie gerade entfernt? Ist dieser Faktor biotisch oder abiotisch?
2. **Runde 2 — einen weiteren (biotischen oder abiotischen) Faktor hinzufügen:**
   - *Vorhersagen:* Wenn nun eine dritte Art mit der Beute um Nahrung konkurriert oder sie ebenfalls erbeutet, oder wenn das Wachstum der Beute nun von der Temperatur abhängt – was erwarten Sie für den ursprünglichen Zwei-Arten-Zyklus?
   - *Prompten:* Wählen Sie einen weiteren Faktor und formulieren Sie einen Prompt, der die KI bittet, ihn als neue, mit den bestehenden Variablen verknüpfte Variable hinzuzufügen — geben Sie genau an, wie er mit der Beute- oder Räuberpopulation interagieren soll.
   - *Testen & vergleichen:* Beobachten Sie die Simulation über mehrere Zyklen. Bleibt der ursprüngliche Zwei-Arten-Rhythmus erhalten, wird er verzerrt, oder verschwindet er?
   - *Diagnostizieren:* Das ursprüngliche Modell nahm an, dass jede Population nur von der anderen abhängt. Stimmt das nach dieser Runde noch? Welche reale ökologische Beziehung stellt Ihr neuer Faktor dar?
3. **Optionale Runde 3 — Zufälligkeit einführen:**
   - *Vorhersagen:* Wenn ein Parameter (z. B. die Prädationsrate) nicht mehr fest ist, sondern bei jedem Zeitschritt zufällig aus einem Bereich gezogen wird, was erwarten Sie für die langfristige Stabilität der Populationen?
   - *Prompten:* Bitten Sie die KI, einen konstanten Parameter durch einen zufälligen Wert zu ersetzen und zu verfolgen, ob eine der beiden Populationen den Wert null erreicht.

- *Testen & vergleichen:* Führen Sie die Simulation mehrmals mit denselben Einstellungen aus. Erhalten Sie jedes Mal dasselbe Ergebnis? Bricht jemals eine der Populationen zusammen?
- *Diagnostizieren:* Warum kann derselbe „durchschnittliche“ Parameterwert hier manchmal zum Aussterben führen, obwohl das deterministische Modell das nie vorhergesagt hat?

Abschlussfrage (für die Reflexionsphase): In welcher Runde hörte die Simulation auf, einen sauberen, sich wiederholenden Zyklus zu erzeugen — und was sagt Ihnen das darüber, wie viele reale Faktoren das ursprüngliche Lotka-Volterra-Modell auslassen muss, um lösbar und leicht interpretierbar zu bleiben?

Materialien

- Ein Laptop pro Schülerpaar, mit Browser
- Zugang zu einer KI-Chat-Oberfläche über das Internet, oder ein lokal installiertes Modell, falls der Internetzugang an der Schule eingeschränkt ist
- Vorgefertigte HTML-Räuber-Beute-Simulation (einzelne Datei, Schieberegler für ausgewählte Parameter)
- Eine kurze Prompting-/Arbeitsblattvorlage für die Runden „Komplexität schrittweise aufbauen“ (vorhersagen → prompten → testen → diagnostizieren)
- Leitfragen für die Erkundungsphase und die wissenschaftstheoretische Reflexion (Zweck des Modells vs. Grenzen des Modells)

Revision #7
Created 2026-09-01 09:16:52 UTC by Alexander
Updated 2026-10-29 14:14:50 UTC by Jannik