

Evolution und kooperatives Verhalten von Einzellern

Julian Heer, Kantonsschule Uster 2026, betreut von Theresa Luternauer

In dieser Arbeit wird die Entwicklung von Einzellern in einer computerbasierten Simulation untersucht. Ziel ist es, zu erforschen, ob evolutionäre Vorgänge simuliert werden können und dabei kooperative Verhaltensmuster unter den Einzellern entstehen.

Fragestellung

Mein Ziel war es, meine Interessen in der Informatik, Biologie und Physik zu verbinden. So kam ich auf folgende Fragestellung:

Kann eine biologische Evolution simuliert werden und entstehen dabei kooperative Verhaltensmuster unter simulierten Einzellern?

Programm

Das Projekt wurde in Rust, CUDA C++ und Python implementiert. Vor dem Start wird jede Simulation konfiguriert. 34 mögliche Einstellungen ermöglichen vielfältige Szenarien. Die Simulation (Rust, CUDA C++) ist in eine Physik-Engine und einen biologischen Teil gegliedert. Kollisionen werden durch die Physik-Engine erkannt und behoben. Um die Effizienz zu steigern, wurden diese Mechanismen auf der Grafikkarte parallelisiert. Der biologische Teil implementiert das oben beschriebene Modell. Nach Abschluss der Simulation erfolgt die Auswertung mit Python-Skripten.



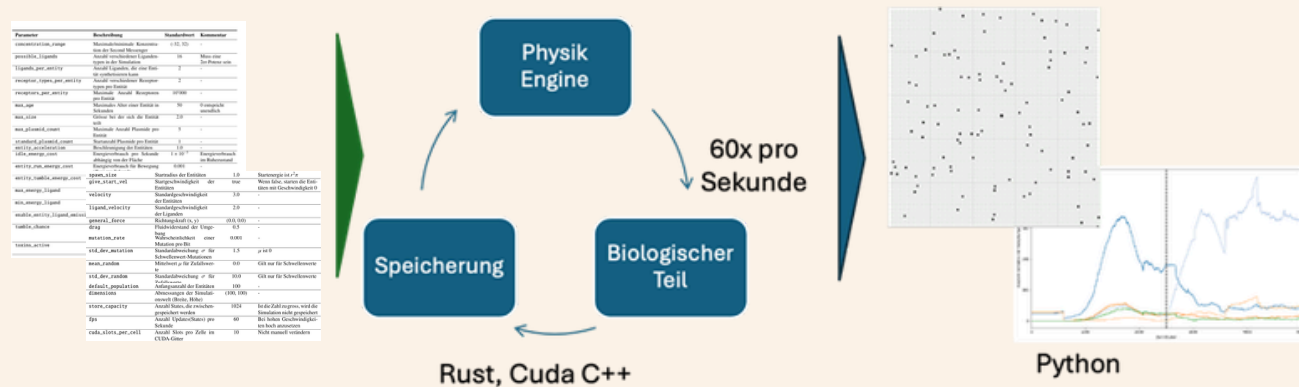
QR-Code zum Code auf GitHub

Modell

Um die Fragestellung zu beantworten, mussten die Einzeller stark vereinfacht werden. Es galt, einen Kompromiss zwischen der angestrebten biologischen Genauigkeit und einer begrenzten Komplexität der Simulation zu erzielen. Besonderes Fokus lag auf der Darstellung von Genetik, Plasmiden, Rezeptoren, Second Messengern und Fortbewegung, da diese Komponenten entscheidend für die Fragestellung sind.

Resulate

Um Evolution nachweisen zu können, wurden Experimente mit abrupten Umweltveränderungen durchgeführt. In dem Experiment konnte gezeigt werden, dass ein zuvor ausgestorbener Phänotyp nach der Umweltveränderung erneut entstehen konnte. Die Mutationsrate war dabei entscheidend. Um Kooperation zu beobachten, wurden die Einzeller mit Plasmiden ausgestattet. Diese Plasmide funktionieren hier als Resistenzgene gegen toxische Stoffe in der Simulation und können zwischen verschiedenen Einzellern ausgetauscht werden. In allen Versuchen konnte jedoch keine signifikante Übertragung dieser Resistenzgene festgestellt werden.



Fazit

In der Arbeit wurde gezeigt, dass Evolution in einer simulierten Umgebung stattfinden kann. Kooperation konnte jedoch nicht beobachtet werden. Durch die Modifizierbarkeit des Programms könnte trotzdem kooperatives Verhalten entstehen. Dazu müssten mehr Versuche durchgeführt werden.



Video einer Simulation