

BLEYMEHL, Sonja & BESCHERER, Christine  
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

## **Understanding the Nature of (Computer-)Simulations**

Schon lange ist das Erstellen von (Computer-)Simulationen eine zentrale Methode zur Erkenntnisgewinnung in der Wissenschaft. „Simulationen erfüllen [...] eine Erkenntnisfunktion, indem sie Wissen generieren.“ (Scheer, 2013, S.26). Neben ihrem Beitrag zum Erkenntnisgewinn dienen Simulationen aber auch der Kommunikation. Expert\*innen können sich untereinander austauschen oder ihr Wissen an andere gesellschaftlich Handelnde, zum Beispiel Politiker\*innen weitergeben. Somit sind durch Simulationen getroffene Prognosen auch Grundlage für gesellschaftsrelevante Entscheidungen (Scheer, 2013) und betreffen alle Bürger\*innen.

Im Rahmen des Dissertationsprojekts von S. Bleymehl wird erforscht, welche Kenntnisse und Fähigkeiten notwendig sind, um visualisierte Simulationsergebnisse zu verstehen. Wir stellen die Hypothese auf, dass neben einem Verständnis für die verwendete Darstellung auch allgemeines Wissen über Simulationen von Bedeutung ist. In diesem Zusammenhang wird der Begriff „Nature of Simulation“ (NoSim) in Analogie zu „Nature of Science“ (NoS) verwendet. Um NoSim genauer zu umreißen, konzentrieren wir uns in einem ersten Schritt auf die Definition des Begriffs Simulation.

**„No single definition of computer simulation is appropriate.“**  
(Winsberg, 2022, 1. What is Computer Simulation?)

Der Begriff „simulieren“ kommt aus dem Lateinischen „simulare“, was übersetzt „nachbilden“, „nachahmen“ bedeutet. Alltagssprachlich beschreibt „simulieren“, dass jemand etwas vortäuscht, vorspielt, vorgibt. Bildungssprachlich bezeichnet es hingegen das modellhafte Nachbilden von Vorgängen (Scheer, 2013, S.75f). Simulationen lassen sich je nach ihrem Zweck in verschiedene Kategorien unterteilen: Simulationen zu Unterhaltungszwecken, Simulationen, die primär der persönlichen Erfahrungsgewinnung dienen (z.B. Flugsimulator, digitale Rollenspiele zur Lehrer\*innenbildung), und Simulationen, die wissenschaftliche Erkenntnisse fördern und die Forschung vorantreiben (Gilbert & Troitzsche, 2005, S.4f). Des Weiteren wird zwischen digitalen Simulationen (Computersimulationen) und analogen, realweltlichen Simulationen (z.B. Crashtest) unterschieden (Greefrath & Weigand, 2012, S.3). Im Rahmen dieses Beitrags wird der Begriff Simulation für Computersimulationen in der Wissenschaft verwendet.

Selbst in einer engeren Auslegung existiert keine einheitliche Definition des Begriffs Simulation (Ören, 2011; Winsberg, 2022). Um herauszufinden, welche Kompetenzen für das Verständnis von Simulationen notwendig sind,

wurden zunächst 15 Definitionen aus den Bereichen Mathematikdidaktik (8), Informatikdidaktik (1), Didaktiken der Naturwissenschaften (2), Sozialwissenschaften (2) und Politikwissenschaften (1) sowie Philosophie (1) untersucht. Fachwissenschaftliche Definitionen wurden dabei außer Acht gelassen, da im Rahmen dieser Forschungsarbeit das Verstehen und weniger das Erstellen oder Anwenden von Simulationen im Fokus steht. Die Definitionen (siehe Zusatzmaterial, Tabelle 1) lassen sich in drei Kategorien einteilen:

1. Eine Simulation ist ein Experiment mit einem Modell.
2. Eine Simulation dient der Analyse eines Modells.
3. Eine Simulation ist ein bestimmter Modelltyp.

Die Definitionen in Kategorie 1 beschreiben eine Auswertung des Modells für einen Parametersatz, d. h. ein bestimmtes Szenario. Die Definitionen in Kategorie 2 beziehen sich auf eine wiederholte Auswertung des Modells für systematisch angepasste Parameter und Eingangswerte, die so Rückschlüsse auf das System erlaubt.

Die Definitionen des Simulationsbegriffs sind vielfältig, aber trotz aller Unterschiede machen die Kategorien auch deutlich, dass in jedem Fall ein Modell die Grundlage einer Simulation bildet. Im Kontext von Computersimulationen handelt es sich dabei speziell um mathematische Modelle. Das bedeutet auch, dass einer Simulation stets eine Modellierung (auch Modellbildungsprozess) vorausgeht bzw. eine Simulation stets eine Modellierung beinhaltet (Winsberg, 2022). Dazu kommt, dass, egal aus welcher Perspektive auf die Simulation geschaut wird, Ziel ist, die Dynamik des modellierten Systems zu imitieren.

### **Nature of Simulation**

„Nature of Science“ (NoS): Die naturwissenschaftsdidaktische Verwendung des Begriffs NoS umfasst „u. a. ein Verständnis über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, über soziale Strukturen innerhalb der Naturwissenschaften und über den epistemischen Status naturwissenschaftlicher Aussagen.“ (Krüger et al., 2018, S.105). Analog verwenden wir den Begriff „Nature of Simulation“ (NoSim) und zählen hierzu ein Verständnis der Erkenntnisgewinnung mit Simulationen, des Einflusses von Simulationsergebnissen auf unseren Alltag und des epistemischen Status von Aussagen auf Grundlage von Simulationen.

Um ein Verständnis für NoSim zu entwickeln ist entsprechend der Definition von Simulation ein theoretisches Verständnis von Modellen, Modellierung und Systemdynamik notwendig (siehe Abbildung 1).

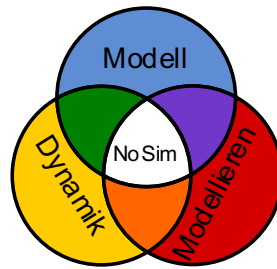


Abbildung 1: Nature of Simulation (NoSim)

Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass die Begriffe Modell, Modellieren und Dynamik ebenfalls komplex sind. Im weiteren Verlauf werden die für NoSim relevanten Aspekte beschrieben. Diese wurden aus den 15 Quellen zur Definition von Simulation abgeleitet.

Modell: Die formale Beschreibung ausgewählter Wirkungszusammenhänge innerhalb eines Systems (Definition System; Bossel, 2004) (grün), welche subjektive Werte, Urteile und implizites Wissen des Modellierers enthält (violett).

Modellieren: Ein iterativer Prozess aus Konstruktion, Testen und Ändern von Modellen (violett), mit dem Zweck, die ausgewählte Wirkungszusammenhänge innerhalb eines Systems möglichst realitätsgetreu nachzubilden (orange).

Dynamik: Die Veränderlichkeit eines Systems aufgrund der im System vorhandenen Wirkmechanismen.

### **Nature of Simulation in MINT-Fächern**

In der Schule werden Simulationen als Instrument genutzt, durch das Schüler\*innen zwar mit Simulationen interagieren, jedoch nicht notwendigerweise etwas über NoSim lernen. Es stellt sich die Frage inwiefern die Teilaspekte von NoSim, Modell, Modellieren und Systemdynamik, in der Schule vermittelt werden. Im Mathematikunterricht spielt mathematisches Modellieren eine große Rolle. In den deutschen Bildungsplänen für Mathematik wird Modellieren als prozessbezogene Kompetenz aufgezählt und auch in PISA 2022 gilt Modellieren als eine von sechs Schlüsselkompetenzen (OECD, 2018). Mathematisches Modellieren im Unterricht ist prozessorientiert, der Fokus liegt auf den auszuführenden Tätigkeiten, Verstehen, Vereinfachen/Strukturieren, Mathematisieren, mathematisch Arbeiten, Interpretieren, Validieren und Vermitteln (Blum & Leiss, 2006). Dem mathematischen Modell als ein Zwischenergebnis kommt keine gesonderte Aufmerksamkeit zu. Anders gelagert ist der Fokus in den Naturwissenschaften, gerade in der Biologie spielt das Modell eine große Rolle. Modelle werden hier „als Mittel zur Erkenntnisgewinnung“ verstanden (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010, S. 41). Darüber hinaus gibt es auch Ansätze, Wissen über Modellieren und

Modelle in den Naturwissenschaften zu vermitteln (Schwarz et al., 2009). Allerdings sind hier i. d. R. keine mathematischen Modelle gemeint. Der Systemdynamik wird in der Didaktik die Kompetenz System Thinking oder auch systemisches Denken zugeordnet. Hiermit beschäftigen sich vor allem Biologie und Geographie (Kompetenzstrukturmodell, Rieß et al., 2015; Messinstrument, Bräutigam, 2014). Allerdings wird auch hier auf eine mathematische Darstellung verzichtet. Auch wenn in den MINT-Fächern Modell, Modellieren und systemisches Denken angesprochen werden, fehlt hier vor allem der Blick auf mathematische Modelle, die Grundlage einer Computersimulation.

### Link zum Zusatzmaterial

Tabelle 1: <https://bwsyncandshare.kit.edu/s/3ySwi6AjzNwQgw>

### Literatur

- Blum, W., Leiss, D. (2006). Modellieren mit der „Tanken“-Aufgabe. *mathematik lehren*, 128, 18-21.
- Bräutigam, J. I. (2014). *Systemisches Denken im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Dissertation, Pädagogische Hochschule Freiburg.
- Bossel, H. (2004). *Systeme Dynamik Simulation*. Books on Demand GmbH.
- Gilbert N., & Troitzsche K. G. (2005). *Simulation for the Social Scientist*. Open University Press.
- Greefrath, G., & Weigand, H.-G. (2012). Simulieren - mit Modellen experimentieren. *mathematik lehren*, 174, 2-6.
- Krüger, D, Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.) (2018). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer.
- OECD (2018). *PISA 2022 Mathematics Framework (Draft)*. <https://pisa2022-maths.oecd.org/ca/index.html>
- Ören, T. (2011). The Many Facets of Simulation through a Collection of about 100 Definitions. *SCS M&S Magazine*, 2, 82 - 92.
- Rieß, W., Schuler, S. & Hörsch, C. (2015). Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? *Geographie aktuell und Schule*, 215, 16 - 29.
- Scheer, D. (2013). *Computersimulationen in politischen Entscheidungsprozessen*. Springer VS.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, y. Hug, B. Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 632 - 654.
- Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41 - 57.
- Winsberg, E. (2022). Computer Simulations in Science. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2022 Edition), E. N. Zalta & U. Nodelman (Hrsg.). <https://plato.stanford.edu/archives/win2022/entries/simulations-science/>