

## EINLEITUNG

---

„Serienweise kann die präzise  
elektronische Phantasie der Automatenhirne  
Gedankenexperimente ablaufen lassen und dabei  
neue Theorien oder technische Konstruktionen  
erproben – die Realisierung teurer  
oder gefährlicher Experimente  
ist nicht mehr nötig“  
(Der Spiegel 1965: 115).

Elektronische Computer sind Anfang der 1960er Jahre noch keine zwanzig Jahre alten Erfindungen und gerade einmal so leistungsfähig wie heutige Taschenrechner. Dennoch kündigt sich bereits ein tiefgreifender Wandel der Wissenschaften an, der das Verständnis wissenschaftlicher Erfahrung revolutioniert. Die zunehmende Leistungsfähigkeit der Computer – von zehntausend Operationen pro Sekunde 1965 zu mehreren Billionen Operationen heutzutage – verändert die Experimentalkultur der Wissenschaften: Experimente finden immer öfter im Computer statt, und das digitale Labor wird in vielen Wissenschaftsdisziplinen dem Experimentallabor vorgeschaltet.

## Historischer Kontext

Doch was sind Computereperimente? In welchem Zusammenhang stehen sie mit der bisherigen Experimentalkultur der Wissenschaften, mit Theorie, Messung und Beobachtung? Inwiefern revolutionieren sie die

wissenschaftliche Erfahrung und die Forschungslogik? Um diesen Fragen nachgehen zu können, werden Computerexperimente – numerische Berechnungen (Simulationsläufe) von algorithmierten Modellen – in einen größeren historischen Kontext eingeordnet. Denn mit der Herausbildung des neuzeitlichen Wissenschaftsverständnisses im 17. Jahrhundert formieren sich bereits die epistemischen Grundlagen heutiger Computerexperimente: Die Nutzung von Instrumenten, um neue Einsichten gewinnen und objektivieren zu können, die Verwendung der Mathematik als universelle Sprache der Wissenschaft und die Idee, durch Berechnung Vorhersagen treffen und Optimierungen erzielen zu können. Instrumentenbasierte Erkenntnis, mathematische Darstellungsweise und immer effizientere Berechnungsmethoden konvergieren in den 1940er Jahren mit der Mechanisierung und Automatisierung des Rechnens zu Computerexperimenten. Die Folge ist die zunehmende Transformation der Wissenschaften in Computational Sciences. Diese Entwicklung zeigt sich heute weltweit in der Entstehung von Computational Departments der Physik, der Chemie, der Biologie und anderer Disziplinen.

Trotzdem sich Computerexperimente in dieser historischen Tradition verorten lassen, brechen sie mit grundlegenden Bedingungen des empirischen Wissenschaftsverständnisses. Einer dieser Brüche besteht in der Nivellierung der ontologischen Differenz der material realisierten Experimente im Labor und der symbolischen Darstellungsweise der experimentellen Resultate. Indem das komplette Experimentalsystem ins Digitale des Computers transferiert wird, fehlt die materiale Widerständigkeit als Teil der experimentellen Anordnung wie auch als Evaluationskriterium der Resultate. Um Computerexperimente als wissenschaftlich valide Erkenntnismedien zu nutzen, müssen daher neue Evaluationsstrategien entwickelt werden. Eine weitere Bruchstelle ist wesentlich diffiziler, denn sie betrifft die Struktur wissenschaftlicher Erkenntnis selbst. Die Transformation ins Digitale des Computers bedeutet, Experimente unter dem Diktat von Algorithmen, diskreten Zuständen und rechnerischen Effizienzen zu gestalten, auszuführen und zu interpretieren. Dadurch sind Computerexperimente einer anderen Logik unterworfen als Experimente im Labor. Sie repräsentieren eine eigenständige epistemische Kultur der Wissensgenerierung. Da Computerexperimente relativ neue Erkenntnisinstrumente sind, ist es sinnvoll, diese vor Ort zu erforschen.

## Vor Ort im Computerlabor

Die numerische Meteorologie ist bestens geeignet diese neue epistemische Kultur des Simulierens zu untersuchen. Wettermodelle gehören zu den ersten Computersimulationen, die Anfang der 1950er Jahre auf Rechnern wie ENIAC und NORC berechnet wurden. Die Meteorologie mit ihren Wettervorhersagen, und ab den 1960er Jahren mit Klimasimulationen, entwickelt sich seither zur führenden Simulationswissenschaft. Ähnlich der Astronomie des 17. Jahrhunderts bezüglich des neuen Umgangs mit wissenschaftlichen Instrumenten und mathematischen Methoden setzt die Meteorologie heute Standards für den Umgang mit der Simulation als neuem Erkenntnisinstrument. Dabei stellt sich die Frage, ob die codierte und computerprozessierte Weise der Erkenntnisgewinnung denselben Bedingungen unterliegt wie die traditionell naturwissenschaftliche Handhabung von Erkenntnissen, die ihre Wissensbestände in Form mathematisierter und quantifizierter, aber eben noch nicht algorithmierter und numerisch simulierter Weise gewinnt. Diese Frage zielt auf den epistemischen Kern des Wandels der Wissenschaft im Zeitalter des Computers. Es erscheint einleuchtend, dass ein weiterer Transformationsschritt sowie der mediale Wechsel zum Computer neue Bedingungen generieren. Welche dies sind, soll anhand eines konkreten Fallbeispiels aus der Klimamodellierung untersucht werden. Die Analyse der numerischen Meteorologie soll dabei nicht nur Einblicke in die Praktik und Epistemik der Computerexperimente geben, sondern auch Anhaltspunkte für eine Philosophie des Simulierens liefern, die den Wandel der Wissenschaft im Zeitalter des Computers zu erfassen im Stande ist.

## Philosophische Verortung

Eine solche Philosophie des Simulierens hat die mathematischen und informatischen Bedingungen der Computerexperimente zum Untersuchungsgegenstand. Sie analysiert den Einfluss dieser Bedingungen auf die Forschungslogik und den wissenschaftlichen Erfahrungsbegriff. Dazu wird, basierend auf Ernst Cassirers *Philosophie der Symbolischen Formen*, der semiotische und epistemische Status der Computerexperimente untersucht. Weiter wird danach gefragt, ob sich die Veränderung des wissenschaftlichen Erfahrungsbegriffs in einem co-evolutionären Prozess auch nachhaltig auf unseren alltäglichen Erfahrungsbegriff auswirken wird. So wie Edmund Husserl bereits 1935 in seinem *Krisis* Vortrag die Sinnverschiebungen kritisierte, die in Form eines universalen Kausalstils der mathematisierten Wissenschaften als Apriori in unsere Le-

benswelt einprogrammiert sind, haben wir es heute mit weiteren Sinnverschiebungen aufgrund der simulierenden Wissenschaften zu tun. Welche Sinnverschiebungen dies sein werden, lässt sich aufgrund der fehlenden historischen Distanz nur andeuten. Aber die Bedingungen ihrer Möglichkeit lassen sich bereits heute untersuchen und in einer Philosophie des Simulierens formulieren.