

SIMULATOREN

Medien der Unfallverhinderung

VON JENS SCHRÖTER

Wie Virilio betonte, wird jede neue Technik unvermeidlich von einem neuen Typ des Unfalls begleitet.¹ Daher ist zu erwarten, dass wiederum zusätzliche Techniken erfunden werden, um Unfälle zu verhindern oder zumindest unwahrscheinlicher zu machen – Simulatoren sind solche Techniken, von denen Virilio aber nicht spricht.² Auch in anderer Literatur zum Unfall ist der Simulator merkwürdig unterbelichtet.³ Daher soll er hier Gegenstand sein – zumal er an etwas unerwarteter Stelle in der Philosophie und Literatur bereits einen großen Auftritt hatte: 1973 geben Bandmann, Blumenberg, Sachsse, Vormweg und Wellershoff in den *Abhandlungen der Geistes- und Sozialwissenschaftlichen Klasse* der Akademie der Wissenschaften und der Literatur einen Band mit dem Titel *Zum Wirklichkeitsbegriff* heraus. Der erste Text darin ist von Blumenberg selbst und heißt *Vorbemerkungen zum Wirklichkeitsbegriff*. Ich kann diesen interessanten und dichten Text hier nicht ausführlich diskutieren und möchte nur die Aufmerksamkeit auf den letzten Absatz lenken:

Eine letzte Bemerkung muß der Feststellung gelten, daß der neuzeitliche Wirklichkeitsbegriff der immanenten Konsistenz eine hochgradige Affinität zur Simulation hat. Man muß damit rechnen, daß in einer überfüllten Welt der authentische Umgang mit Realität immer mehr ersetzt werden muß durch Simulatoren. Ein intelligenter Druckfehler machte schon vor einem Jahrzehnt aus dem Projekt eines Weltraumsimulators einen ›Weltsimulator‹; er ist die Grenzidee der Konvergenz von Wirklichkeit und Unwirklichkeit. So wie Leibniz den idealen Traum gegen den radikalen Zweifel des Descartes verteidigte, können wir nicht einmal sagen, daß die Beendigung des Konfliktes der Ansprüche aller auf Wirklichkeit durch die Unerschöpflichkeit der Simulation der humanen Perspektive entbehrte.⁴

1 Vgl. Virilio: Der eigentliche Unfall, S. 23ff.

2 In ebd. tauchen nicht einmal die Begriffe »Simulation« oder »Simulator« auf.

3 Vgl. Kassung: Die Unordnung der Dinge. In dem Buch werden zwar mehrfach die Begriffe Simulation oder Simulator erwähnt (insbesondere im Beitrag von Jörg Potthast), aber nicht im Sinne jener Trainingssimulatoren, um die es hier wesentlich geht.

4 Blumenberg: »Vorbemerkung zum Wirklichkeitsbegriff«, S. 10. Ich danke Matthias Koch, der an einer Dissertation über Blumenberg und die Simulation arbeitet, dass er mich auf diese Passage aufmerksam gemacht hat. Siehe Koch: »Eine hochgradige Affinität zur Simulation«.

Ich möchte eine zweite Stelle bei Blumenberg erwähnen. In dem Band *Die Sorge geht über den Fluß* von 1987 gibt es eine kaum mehr als zweiseitige Passage mit dem Titel *Sorge um eine letzte Unverwechselbarkeit*, dort heißt es:

Die technischen Mittel der Simulation nähern sich ihrer Vollendung in dem Punkt, an welchem auf die Wirklichkeit Verzicht geleistet werden könnte. Wenn Schreib- und Sprechfehler nicht von ungefähr kommen, hatte jene schreibende Dame der größten deutschen Forschungsorganisation schon in den sechziger Jahren ein Vorgefühl, als sie in die Daten eines der großen Projekte hineinschrieb, es sei u.a. zur Durchführung ein Weltsimulator erforderlich. Man stutzte kaum. Doch war nur die Kleinigkeit eines Weltraumsimulators gemeint.⁵

Die Szene ist etwa dieselbe. Die *Sorge um eine letzte Unverwechselbarkeit* bezieht sich offenbar auf die Idee, eine perfekte Simulation könne die Wirklichkeit ersetzen bzw. von ihr ununterscheidbar sein. Der Sorgen bereitende Weltsimulator war aber in Wirklichkeit »nur die Kleinigkeit« eines Weltraumsimulators.

Um das genauer zu verstehen sei schließlich ein Text von Dieter Wellershoff, dem Mitherausgeber von *Zum Wirklichkeitsbegriff*, zitiert, nämlich sein Aufsatz *Fiktion und Praxis* von 1969(!):

Literatur ist in meinem Verständnis eine Simulationstechnik. Der Begriff ist in letzter Zeit populär geworden durch die Raumfahrt, deren vollkommen neuartige Situationen, der praktischen Erfahrung vorauslaufend, zunächst künstlich erzeugt und durchgespielt werden. Die Astronauten [...] lernen an Geräten, die die realen Bedingungen fingieren, das heißt, ohne um den Preis von Leben und Tod schon zum Erfolg genötigt zu sein.⁶

Hier wird konkreter, was mit dem »Weltraumsimulator« gemeint ist. Abb. 1 zeigt Neil Armstrong und Edwin E. Buzz Aldrin beim Training an einem Apollo 11 Simulator. Wellershoff spricht 1969 – also im Jahr der Mondlandung – genau davon. Blumenberg kommt nur wenige Jahre später erneut darauf zurück:

Man muß sich gegenwärtig halten, wie häufig in den vielen Nachrichten über die Vorbereitung der Weltraumflüge das Wort ›Simulation‹ aufgetreten war. Alle Zuverlässigkeit der Planung, alle souveräne Ruhe der Besatzungen beruhten darauf, daß fast alles in Simulatoren hatte geprobt werden können.⁷

5 Blumenberg: »Sorge um eine letzte Unverwechselbarkeit«, S. 203.

6 Wellershoff: »Fiktion und Praxis«, S. 210.

7 Blumenberg: »Sorge um eine letzte Unverwechselbarkeit«, S. 204.



Abb. 1: Neil Armstrong und Buzz Aldrin während der Probe für die Landung von Apollo 11 am 11. Juli 1969⁸

In der Tat: Ein Hochrisikounternehmen wie die Mondlandung kann man schlecht durchführen, wenn man nicht alle Beteiligten einübt. Viele kennen Ähnliches aus der Fahrschule – auch wenn man dort nicht immer mit Simulatoren übt, dazu ist die Autofahrt tatsächlich, man mag es kaum glauben, nicht gefährlich genug (auch wenn es für Busse und LKWs durchaus Simulatoren gibt).

Flugzeugpilot:innen hingegen müssen ebenfalls in Simulatoren trainieren. Abb. 2 zeigt einen frühen so genannten Link-Trainer, benannt nach Erfinder Ed Link, einen frühen Flugsimulator. Das Bild ist von 1943. In der frühen, v.a. militärischen, aber dann auch zivilen Luftfahrt gab es zu viele Unfälle, die oft auf menschliches Versagen zurückzuführen waren. Ein weiteres Beispiel findet sich in Atomkraftwerken – dort darf man erst in das Steuerzentrum, wenn man zuvor

8 Originale Bildbeschreibung: »KENNEDY SPACE CENTER, FLA. – Apollo 11 astronauts Neil A. Armstrong, left, and Edwin E. Aldrin, Jr., practice in lunar module simulator today in preparation for their planned descent to the Moon's surface. They will explore the lunar surface while astronaut Michael Collins orbits 60 miles overhead in the command spacecraft. The National Aeronautics and Space Administration directs the Apollo program.«

ausgiebig an einem Simulator geschult wurde. Ich denke, es ist klar warum. Es gibt noch viele weitere Beispiele.



Abb. 2: Früher Flugsimulator (1943), nach Ed Link als »Link Trainer« benannt

In der hoch technologisierten Welt der Moderne muss ein Simulationsraum, eine Simulationsinfrastruktur, diese Welt partiell und approximativ verdoppeln – damit diese Welt überhaupt funktionieren kann. Entscheidend ist dabei, dass die Simulation im Simulator sich einerseits offenkundig an das zu Simulierende realistisch annähert – ein Flugsimulator, der das zu trainierende Flugzeug nicht hinreichend genau nachbildet, wäre nutzlos. Andererseits wäre eine vollkommene Verdopplung auch sinnlos: Ein Flugsimulator, in dem man bei fehlerhafter Bedienung sterben würde, verfehlt offenkundig seinen Zweck.

An dieser Stelle muss betont werden, dass es (mindestens) zwei verschiedene, sogar widersprüchliche Bedeutungen von Simulation gibt.⁹ Diese Bedeutungen werden oft verwechselt, was zu seltsamen Missverständnissen führt. Die eine Bedeutung betont den Begriff der Täuschung – im Deutschen wird eine Person, die vorgibt krank zu sein, als *Simulant* bezeichnet. In diesem Fall geht es bei der Simulation darum, etwas vorzutäuschen, was nicht real ist. Dieser *negative* Begriff der Simulation ist eigentlich identisch mit der Lüge. Die andere Bedeutung, der *positive* Begriff der Simulation, der heute bei der Computersimulation eine viel wichtigere Rolle spielt, bedeutet genau das Gegenteil. In Simulationen werden reale Prozesse und Entitäten nachgebildet, um deren Verhalten zu verstehen und Theorien zu überprüfen. In diesem Fall geht es bei der Simulation darum, etwas zu

9 Vgl. Dotzler: »Simulation«.

verstehen, das real ist. In ähnlicher Weise geht es bei einem Flugsimulator darum, Menschen darin zu schulen, wie sich ein echtes Flugzeug verhält. Nach den Worten des Wissenschaftlers J. C. R. Licklider sind Simulationen performative Modelle, die eine Bearbeitung des Modells auf der Zeitachse ermöglichen.¹⁰

Blicken wir zurück auf Blumenberg. Man kann mindestens drei Punkte hervorheben:

I. ES GIBT EINEN UNTERSCHIED ZWISCHEN SIMULATION UND SIMULATOR.

Das ist ein wichtiger Punkt: Simulationen müssen keine Simulatoren sein, aber alle Simulatoren sind (früher analoge, heute meistens digitale) Simulationen. Computersimulation ist seit ca. 1945 eine zentrale Technik aller Naturwissenschaften, Galison hat das etwa am frühen Einsatz von Monte Carlo-Simulationen in der Teilchenphysik gezeigt.¹¹

In its narrowest sense, a computer simulation is a program that is run on a computer and that uses step-by-step methods to explore the approximate behavior of a mathematical model. Usually this is a model of a real-world system (although the system in question might be an imaginary or hypothetical one). Such a computer program is a *computer simulation model*. One run of the program on the computer is a computer simulation of the system.¹²

Z.B. wäre ohne auf dem quanten-mechanischen Standardmodell basierende Computersimulationen sowie Simulationen des Detektors selbst die Entdeckung des Higgs-Bosons am CERN, verkündet 2012, gar nicht möglich gewesen.¹³ Diese Simulationen erzeugten Daten, mit denen man wiederum *Machine Learning*-Systeme trainierte, die dann die Realdaten des Beschleunigers filterten.¹⁴ Solche Simulationen aus den *computational sciences* sind aber nicht dazu gedacht, Menschen zu trainieren – *Simulationen hingegen, die einen Platz für Nutzer:innen einräumen, um sie zu trainieren, nennen wir Simulatoren*. Sie werfen neuartige Fragen

10 Vgl. Licklider: »Interactive Dynamic Modeling«. Es ist bemerkenswert, dass bereits im Titel des Bandes, in welchem Lickliders Text 1967 erschien, zwischen Simulation und Simulatoren unterschieden wird.

11 Vgl. Galison: *Image and Logic*, Kapitel 8.

12 Winsberg: »Computer Simulation in Science«. Vgl. Schröter: »Computer/Simulation«; Pias: »On the Epistemology of Computer Simulation«. Die in Computersimulationen erstellten Computersimulationsmodelle produzieren virtuelle Objekte. Ein simulierter physikalischer Prozess ist kein tatsächlicher, sondern ein virtueller physikalischer Prozess (und kein fiktiver). Vgl. Schröter: *Das Netz und die Virtuelle Realität*, S. 156ff.

13 Vgl. z.B. Hall: *Discovery and Measurement*, Kapitel 2.

14 Vgl. Radovic: »Machine Learning«.

auf, etwa die nach einer *simulativen Subjektivität*, denn schließlich implizieren Simulatoren selbst wiederum Nutzer:innen-Modelle.¹⁵

II. BLUMENBERG: DER ›NEUZEITLICHE WIRKLICHKEITSBEGRIFF‹ HAT OFFENBAR EINE ›AFFINITÄT‹ ZUR SIMULATION.

Das ist eindeutig richtig: In den Naturwissenschaften, die heute eigentlich alle *computational sciences* sind, gilt, wie es einmal Baudrillard formulierte¹⁶, nicht nur als real, was reproduzierbar ist, sondern mehr und mehr: real ist, was modelliert, dann simuliert und dann an Daten validiert werden kann. In der hochtechnischen Welt gilt darüber hinaus: funktional real kann nur werden, wofür Menschen in Simulatoren trainiert werden können.

III. BLUMENBERG DENKT AN EINEN ›WELTSIMULATOR‹, DER DIE FINALE KONVERGENZ VON WIRKLICHKEIT UND UNWIRKLICHKEIT MARKIERT.

Dies ist interessanterweise eine Vorstellung, die die Simulation im Grunde seit langer Zeit begleitet und immer wieder große Popularität hat, man denke nur an den Wirbel um den Kinofilm *The Matrix* (USA 1999), in der die Welt, in welcher die Menschen leben nur eine für sie unerkennbare Simulation ist, konstruiert von KIs, die sie beherrschen wollen. Solche Ideen haben eine lange Geschichte in der Science-Fiction. Ray Bradbury schrieb 1950 z.B. seine Erzählung *The Veldt*, in der es um einen – eigentlich zu Unterhaltungszwecken genutzten – Simulator geht, der sich als tödliche Gefahr entpuppt, da die in ihm simulierten Löwen die Gäste tatsächlich zerreißen können.¹⁷ Auch in Lems *Summa technologiae* von 1964 geht es etwa um eine »Phantomatik« als *imaginary* einer totalen Simulation.¹⁸ Es wäre interessant zu wissen, ob Blumenberg diese einschlägige Science-Fiction kannte.

Wie man aber oben sieht, haben solche *imaginaries* der totalen Simulation keinen Grund in der tatsächlichen Simulatorpraxis, die ja gerade keine vollständige Welt bieten will. Also selbst wenn der »*genius malignus* von Menschenhand«¹⁹, wie Blumenberg es mit Descartes sagt, machbar wäre, könnte das gar nicht wünschenswert sein. Außerdem ist es nicht möglich – zumindest nicht mit allen vorhersehbaren Technologien. Mit heutigen Technologien wie Head-Mounted-

15 Vgl. Jeon: »The Virtual Flier«. Vgl. auch Nanz: »Blindflug«. Mit Dank an Dominik Maeder. Vgl. auch Potthast: »Papier, Bleistift und Bildschirm«, S. 320, wo ein Konflikt zwischen traditionellen und stärker auf simulative Verfahren gestützten Formen der Ausbildungen thematisiert wird.

16 Baudrillard: *L'échange symbolique et la mort*, S. 144: »La définition même du réel est: ce dont il est possible de donner une reproduction équivalente.«

17 Die Geschichte erschien erstmals als »The World the Children Made«, in: *The Saturday Evening Post*, am 23. September 1950.

18 Vgl. Lem: *Summa Technologiae*, S. 327.

19 Blumenberg: »Sorge um eine letzte Unverwechselbarkeit«, S. 205.

Displays, Datenanzügen usw., würde das Eintauchen einer Versuchsperson in eine virtuelle Welt aufgrund des Unterschieds zwischen propriozeptiver und audiovisueller Wahrnehmung schnell zur Simulatorkrankheit (Schwindel, Übelkeit usw., ähnlich der Seekrankheit) führen.²⁰ Nur eine heute noch für unmöglich gehaltene Technologie, die wirklich Materie und eine wirklich greifbare Welt, in der sich das Subjekt bewegt, erzeugen könnte, würde diese Probleme vermeiden.²¹

Dennoch scheint Blumenberg Angst vor dem »Weltsimulator« zu haben. Lem schreibt in der *Summa* von neuartigen psychischen Störungen, die mit der Existenz des »Weltsimulators« auftreten würden:

[I]n den Wartezimmern der Psychiater [würden] gewisse Neurotiker auftauchen [...], die von einer neuartigen Plage gequält wären, nämlich der Angst, das, was sie erlebten, sei überhaupt nicht wahr, »jemand« halte sie in der »phantomatischen Welt« gefangen.²²

Doch um Blumenberg zu beruhigen: Man braucht, jedenfalls einstweilen, keine »Sorge um die letzte Unverwechselbarkeit« zu haben. Mit dem Sprung vom Weltraumsimulator zum Weltsimulator verfehlt er zudem den entscheidenden Punkt, nämlich dass Simulationen und Simulatoren das Rückgrat vieler Facetten der heutigen High-Tech-Realität sind. Er schreibt: »Man muß damit rechnen, daß in einer überfüllten Welt der authentische Umgang mit Realität immer mehr ersetzt werden muß durch Simulatoren.«²³ Das ist falsch. Er beklagt in einem moralisierenden Ton, dass Authentizität durch Simulation ersetzt wird. Aber das ist nicht das, was Simulatoren von ihrer Funktion her tun. Die authentische Erfahrung des Fliegens in einem Flugzeug kann nur dann ohne die unmittelbare Gefahr des Todes genossen werden, wenn die Pilot:innen richtig ausgebildet sind. Man kommt nicht umhin, Jean Mitry zu zitieren: »The minimum of technical know-how would have spared our theoreticians looking for difficulties where there are none.«²⁴

Simulation und Simulatoren, die simulationale Infrastruktur, sind konstitutiv für den Wirklichkeitsbegriff oder doch zumindest die Praktiken der Produktion des Wirklichen, ab ca. 1945 – eben genau um schreckliche Unfälle zu vermeiden oder doch zumindest unwahrscheinlicher zu machen. Eine detaillierte Medienarchäologie solcher Simulatoren steht ebenso wie die Frage nach den konkreten Problemen ihrer Nutzung, die technik- und medienethnographisch zu eruieren wäre, noch aus.

Ein weiteres interessantes Problem ist die fiktive Nutzung solcher Simulatoren. Das Verhältnis von Simulation und Fiktion ist ein durchaus kompliziertes

20 Vgl. Gower: »Simulator Sickness«.

21 Das so genannte »Holodeck« in der Fernsehserie *Star Trek – The Next Generation* (USA, 1987-1994) ist eine fiktive Darstellung eines solchen Super-Simulators.

22 Lem: *Summa Technologiae*, S. 334.

23 Blumenberg: »Vorbemerkung zum Wirklichkeitsbegriff«, S. 10.

24 Mitry: *The Aesthetics and Psychology of the Cinema*, S. 192.

Problem – es gibt z.B. einen vieldiskutierten (und, z.B. von Engell, kritisierten) Text von Kittler dazu, der hier nicht ausführlich referiert werden soll.²⁵ Kommen wir nochmals zu Wellershoff zurück – das oben gegebene Zitat geht noch weiter:

Literatur ist in meinem Verständnis eine Simulationstechnik. Der Begriff ist in letzter Zeit populär geworden durch die Raumfahrt, deren vollkommen neuartige Situationen, der praktischen Erfahrung vorauslaufend, zunächst künstlich erzeugt und durchgespielt werden. Die Astronauten [...] lernen an Geräten, die die realen Bedingungen fingieren, das heißt, ohne um den Preis von Leben und Tod schon zum Erfolg genötigt zu sein. Das ist, wie mir scheint, eine einleuchtende Analogie zur Literatur. Auch sie ist ein der Lebenspraxis beigeordneter Simulationsraum, Spielfeld für ein fiktives Handeln, in dem man als Autor und als Leser die Grenzen seiner praktischen Erfahrungen und Routinen überschreitet, ohne ein wirkliches Risiko einzugehen.²⁶

Hier werden expressis verbis die Simulationstechniken wie der »Weltraumsimulator« mit den Potentialen fiktionaler Diegesen der Literatur – und a fortiori des Kinos, des Theaters, ja des Computerspiels, aber auch des Bildes etc. – eingeführt. So wie man in Simulatoren »neuartige Situationen« durchspielt, so kann man das mit den Fiktionen, ja vielleicht sogar Gedankenexperimenten der Literatur. Man kann aus Literatur, Kino, Theater etc., soziologisch gesprochen, Rollenmuster für den Alltag entnehmen; man kann denken lernen, wie die Welt anders sein könnte, dass sie kontingent ist – und dann vielleicht entsprechend aktivistisch handeln. Fiktionen stellen semantische Repertoires bereit, mit denen man die Welt, frei nach Husserl, eidetisch variieren, *umphantasieren* kann, um evtl. (aber nicht notwendigerweise) anders zu handeln in der Zukunft.

Soweit, so gut. Aber man kann auch argumentieren, dass es hier eine tiefgreifende Differenz gibt. Simulatoren bereiten auf eine reale Situation vor, die schon feststeht. Ein Flugsimulator simuliert etwa eine Boeing 747 und trainiert die potentiellen Pilot:innen für genau dieses Modell – und nicht etwa für ein kontingentes Flugzeug im Allgemeinen.²⁷ Der Simulator muss sich bewähren. Simulationen

25 Vgl. dazu detailliert Schröter: »Überlegungen zu Medientheorie und Fiktionalität«.

26 Wellershoff: »Fiktion und Praxis«, S. 210.

27 Ich danke Dominik Maeder für einen wichtigen Hinweis: »Boeing 747« wäre sogar noch zu unspezifisch. Ob es sich um eine 747-400 (Indienststellung 1989) oder eine 747-8 (2006) handelt, macht einen Unterschied – auch wenn das Flight Deck so gebaut ist, dass basale Steuerungselemente zwischen den beiden Typen gleich geblieben sind und Pilot:innen keine ganz neue Musterberechtigung (*type rating*) erwerben müssen, sondern bestehende Lizenzen einfach erweitern können. In diesem Sinne ist der Simulator im Übrigen selbst bereits Teil der Flugzeugentwicklung: Flugzeuge werden so entworfen, dass sie möglichst wenig *Simulatorzeit* bei der Umschulung der Pilot:innen erfordern, weil die Simulator- als Arbeitszeit für Fluggesellschaften ein Kostenfaktor ist.

als performative Modelle haben einen referentiellen Anspruch. Sie können falsch sein.

Eine Fiktion kann aber nicht falsch sein – Fiktionen stehen jenseits von wahr und falsch, wie z.B. Searle argumentiert hat.²⁸ Daher hat Giere etwa betont, dass man wissenschaftliche Modelle nicht als Fiktionen betrachten sollte.²⁹ Es macht Sinn zu fragen, ob der Boeing-Simulator das reale Flugzeug richtig wiedergibt; es macht aber keinen Sinn gegen ein Buch von Arthur Conan Doyle einzuwenden, es gäbe diesen Sherlock Holmes doch gar nicht und sein Buch sei mithin falsch, ja eine freche Lüge. Wenn Wellershoff betont, Literatur biete ein »Spielfeld für ein fiktives Handeln« dann stimmt das – d.h. aber, obwohl davon Handlungen ausgehen können, die die reale Welt verändern, ist das nur potentiell. Das fiktive Handeln kann auch ein – nach heutigem Wissen – vollkommen unmögliches Handeln sein, das nur metaphorische Ressourcen für das reale Handeln bereithält. Simulatoren hingegen bieten ein »Spielfeld für reales Verhalten«, das sich letztlich aktual bewähren muss.

Nun können Simulatoren eben auch fiktiv genutzt werden – in Computerspielen ist das sogar ziemlich häufig, z.B. wenn in einem Autorennspiel, welches ein fiktives Szenario zeigt, eine *physics engine*, also eine Simulation z.B. die Bewegungen der dargestellten Objekte und das Feedback der Spieler:in an realer Physik ausrichtet. Es gibt zu den, sozusagen, *serious games* der Simulatoren populäre Doubles – etwa zahllose AKW-Simulatoren im Netz.³⁰ So gesehen gibt es populäre *simulator cultures*, die das Modell einer simulativen Subjektivität distribuieren, aber auch verschieben, denn die Spieler:innen solcher *simulator games* werden normalerweise nicht für reale Einsätze trainiert (auch wenn das US-Militär gelegentlich kommerzielle Spiele nutzt).

Offensichtlich ist mit dem Thema des Simulators ein erhebliches Desiderat der Medien- und Wissensgeschichte des Unfalls benannt.

LITERATURVERZEICHNIS

Baudrillard, Jean: *L'échange symbolique et la mort*, Paris 1976.

Blumenberg, Hans: »Sorge um eine letzte Unverwechselbarkeit«, in: ders. (Hrsg.): *Die Sorge geht über den Fluß*, Frankfurt a. M. 1987, S. 203-205.

Blumenberg, Hans: »Vorbemerkung zum Wirklichkeitsbegriff«, in: Bandmann, Günter u.a. (Hrsg.): *Zum Wirklichkeitsbegriff (=Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Abhandlungen der Geistes- und sozialwissenschaftlichen Klasse 1973, Nr. 4)*, Mainz/Wiesbaden 1973, S. 3-10.

28 Vgl. Searle: »The Logical Statues of Fictional Discourse«.

29 Vgl. Giere: »Why Scientific Models Should Not Be Regarded as Fictions«.

30 Vgl. <https://akwsimulator.de>, 01.02.22.

- Dotzler, Bernhard: »Simulation«, in: Barck, Karlheinz u.a. (Hrsg.): Ästhetische Grundbegriffe, Vol. 5, Stuttgart/Weimar 2001, S. 509-534.
- Galison, Peter: Image and Logic. A Material Culture of Microphysics, Chicago/London 1997.
- Giere, Ronald N.: »Why Scientific Models Should Not Be Regarded as Fictions«, in: Suárez, Mauricio (Hrsg.): Fictions in Science. Philosophical Essays on Modeling and Idealization, New York/London 2009, S. 248-258.
- Gower, D. W.: »Simulator Sickness in the UH-60 (Black Hawk) Flight Simulator«, USAARL Report No. 89, 25, United States Army Aeromedical Research Laboratory, 1989, <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA214434>, 14.11.2021.
- Hall, David: Discovery and Measurement of the Higgs Boson in the WW Channel, Cham 2015.
- Jeon, Chihyung: »The Virtual Flier: The Link Trainer, Flight Simulation, and Pilot Identity«, in: Technology and Culture, Jg. 56, Nr. 1, 2015, S. 28-53.
- Kassung, Christian (Hrsg.): Die Unordnung der Dinge. Eine Wissens- und Medien-geschichte des Unfalls, Bielefeld 2009.
- Koch, Matthias: »Eine hochgradige Affinität zur Simulation«. Zu Hans Blumenbergs Phänomenologie der Geschichte«, in: Journal Phänomenologie, Nr. 48, 2017, S. 44-63.
- Lem, Stanislaw: Summa Technologiae, Frankfurt a.M. 1978.
- Licklider, J.C.R.: »Interactive Dynamic Modeling«, in: Shapiro, George/Rogers, Milton (Hrsg.): Prospects for Simulation and Simulators of Dynamic Systems, London/New York 1967, S. 281-289.
- Mitry, Jean: The Aesthetics and Psychology of the Cinema, Bloomington/Indianapolis 1997 [1963].
- Nanz, Tobias: »Blindflug. Instrumente und Psychotechnik des Piloten«, in: Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften, Jg. 14, Nr. 3, 2003, S. 29-49.
- Pias, Claus: »On the Epistemology of Computer Simulation«, in: Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Nr. 1, 2011, S. 29-54.
- Potthast, Jörg: »Papier, Bleistift und Bildschirm. Die Bodenhaftung der Flugsicherung«, in: Kassung, Christian (Hrsg.): Die Unordnung der Dinge: Eine Wissens- und Mediengeschichte des Unfalls, Bielefeld 2009, S. 303-328.
- Radovic, Alexander: »Machine Learning at the Energy and Intensity Frontiers of Particle Physics«, in: Nature, Nr. 560, 2018, S. 41-48.
- Schröter, Jens: »Computer/Simulation. Kopie ohne Original oder das Original kontrollierende Kopie«, in: Fehrmann, Gisela u.a. (Hrsg.): Originalkopie. Praktiken des Sekundären, Köln 2004, S. 139-155.
- Schröter, Jens: Das Netz und die Virtuelle Realität. Zur Selbstprogrammierung der Gesellschaft durch die universelle Maschine, Bielefeld 2004.

Schröter, Jens: »Überlegungen zu Medientheorie und Fiktionalität«, in: Enderwitz, Anne/Rajewsky, Irina (Hrsg.): Fiktion im Vergleich der Künste und Medien, Berlin/Boston 2016, S. 97-124.

Searle, John R.: »The Logical Statues of Fictional Discourse«, in: New Literary History, Jg. 6, Nr. 2, 1975, S. 319-332.

Virilio, Paul: Der eigentliche Unfall, Wien 2009.

Wellershoff, Dieter: »Fiktion und Praxis«, in: ders. (Hrsg.): Werke, Bd. 4, Köln 1997, S. 202-217.

Winsberg, Eric: »Computer Simulation in Science«, in: The Stanford Encyclopedia of Philosophy, <https://plato.stanford.edu/entries/simulations-science/>, 14.11.2021.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Neil Armstrong und Buzz Aldrin während der Probe für die Landung von Apollo 11, am 11. Juli 1969, Foto Nr. 108-KSC-69P-590 Copyright: Gemeinfrei,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Armstrong_and_Aldrin_during_Apollo_11_landing_rehearsal_%2848230363551%29.jpg

Abb. 2: Early Link Trainer at Freeman Field, Seymour, Ind., 1943, Copyright: Encyclopædia Britannica, <https://www.britannica.com/technology/Link-Trainer#/media/1/342473/147402>