

WISSENSCHAFT(-SFORSCHUNG) UND (COMPUTER-)SPIELFORSCHUNG

Bereits gemachte und noch mögliche Anfänge

Kathrin Klohs

Sunt pueri pueri; pueri puerilia tractant.
(Walther 1982-86, 30 797b)

1 EINLEITUNG

Auf der Basis eigener universitärer Lehre zu *Game Studies* und *Science and Technology Studies*¹ kartiert dieser Beitrag die vielfältigen Verbindungen von Computerspiel und Wissenschaft, Spieforschung und Wissenschaftsforschung: Wie und wo können diese Felder miteinander in Kontakt treten, also die in diesem Heft titelgebenden 'Anfänge' nehmen? Und warum sollten sie? Oder ist das längst geschehen?

Abgesehen von allgemeinen Aspekten der *Game Studies* wie Geschichte, Genres, Wirkung oder Analyse des Computerspiels sowie quer zu den entsprechenden Taxonomien im Feld wurde bislang besonders drei Verbindungen von Spiel und Wissenschaft Aufmerksamkeit zuteil, denen die folgenden Abschnitte nachgehen: Gemeint sind erstens der Einsatz von *Serious Games* in Forschung und Lehre, zweitens das wissenschaftliche Wissen, das in Computerspielen zur Darstellung oder Anwendung kommt, sowie drittens die Gemeinsamkeiten von Spielen und Forschen. Daher trägt unter der Überschrift „Computerspiele in der Wissenschaft“ der erste Abschnitt zusammen, wie Lehre und Forschung gegenwärtig *Serious Games* einsetzen. Der zweite Abschnitt „Wissenschaft

1 Dieser Überblick entstand aus meinem Hauptseminar „Wissenschaft im Computerspiel – Computerspiele in der Wissenschaft“ im Frühjahrssemester 2018 an der Universität Luzern. Mein Dank gilt dem Seminar für Kulturwissenschaften und Wissenschaftsforschung und allen Studierenden, die Ideen in die Diskussion eingebracht haben.

im Computerspiel“ dokumentiert Beobachtungen zur Darstellung von Akteuren², Räumen und Inhalten akademischer Betätigung in kommerziellen Spielen. Dass die Erzählmedien Roman, Film und Comic dabei als Vergleichspunkte dienen, heißt nicht, dass die narratologische Perspektive hier gegenüber der ludologischen verabsolutiert würde. In einem „Wissenschaft als Spiel“ genannten dritten Abschnitt wechselt die Blickrichtung erneut; er verlässt die Computerspiele im Besonderen und wendet sich dem Spielen im Allgemeinen zu. Um Spielerisches in Wissenserzeugung und Wissenschaftslaufbahn aufzuspüren, greife ich hier auf Vergleiche von forschender Erkenntnisgewinnung und *play* zurück, um darauf aufbauend den akademischen Werdegang als *game* zu skizzieren.

Diese drei Anläufe werden jeweils von einem Bei-Spiel begleitet: ETERNA (Stanford University/Carnegie Mellon University, 2010ff.), SUPER SCIENCE FRIENDS (Gorlami Games, 2017) und PEER REVIEW (Menke/JUNGE AKADEMIE 2015). Ziel ist es, drei ‘anfängliche’ Schlaglichter auf die zunächst überraschende Verzahnung beider Wissens- und Handlungsfelder zu werfen.

2 COMPUTERSPIELE IN DER WISSENSCHAFT

Computerspiele beanspruchen auf vielfältige Weise einen Platz in der Wissenschaft: Lange zeichneten nicht nur die öffentliche Meinung, sondern auch die Medienwirkungsforschung und die Pädagogik ein ausgesprochen negatives Bild von gamenden Jugendlichen: Sie blieben um Gewaltbereitschaft, Bewegungsmangel und Konzentrationsstörungen zentriert. Das so genannte Daddeln galt ihnen als genaues Gegenteil der erwünschten, sinnstiftenden, gesundheits- und ausbildungsfördernden juvenilen Arbeit am Selbst. Doch die empirischen Befunde sind differenzierter (umfassend Connolly et al. 2012): Von Wissenszuwachs oder Aufmerksamkeitssteigerung über die Verbesserung analytischer, räumlicher, strategischer und psychomotorischer Fähigkeiten, von der Einübung von

2 Dies ist kein generisches Maskulinum; tatsächlich sind männliche Akteure gemeint. Die Darstellung von Wissenschaftlerinnen ist seltener und folgt überwiegend anderen, anderswo zu erörternden Gesetzen.

Frustrationstoleranz bis zum gefahrlosen Probehandeln erstrecken sich mögliche Lerneffekte. Mit dem Vorsprung versierter Gamer im Wettbewerb um Arbeitsplätze an Mensch-Maschine-Schnittstellen und mit spielgenerierten *social skills* in Lebensläufen befasste sich bereits das Schweizer Wissenschaftsmagazin HORIZONTE (Schweizerischer Nationalfonds/Akademien der Wissenschaften 2018).

Derzeit wird jedoch nicht nur der wissenschaftlich anerkannte Wert des Spielens im Allgemeinen auf das digitale Spielen im Besonderen ausgedehnt. Längst haben auch Forschende und Spielbegeisterte, mitunter in Personalunion, wissenschaftsspezifische Fragestellungen *in* Spielen verankert. Einerseits didaktische sowie konzeptionelle Probleme beziehungsweise Fragen, andererseits handfeste Schwierigkeiten der Datenauswertung und -bewältigung haben sie in die digitale Entscheidungslogik spielbarer Benutzeroberflächen überführt. In der akademischen Lehre sollen häufig *Serious Games* eine attraktive Gestaltung mit einer gehirngerechten Vermittlung von Wissensinhalten verbinden (überblickshaft Susi et al. 2007). Im Bildungsraum Nordwestschweiz wird nicht das *Gaming*, sondern das *Game Design* als Motivator eingesetzt: Schon Schülerinnen und Schüler programmieren einfache Spiele, wobei sie jene abstrakten *Computational Thinking Patterns* erlernen, die auch weitaus komplexere MINT-Simulationen strukturieren: „Der eigentliche Unterschied besteht darin, dass sich der Kontext und die Objekte, die die Interaktionen in der Simulation ausführen, geändert haben“ (Repenning et al. 2018, 37).

In der Forschung wiederum speisen frequentierte Onlinespiele zahlreiche *Citizen Science*-Projekte. Damit sind professionelle Forschungsvorhaben gemeint, an denen sich interessierte Laien auf verschiedenen Ebenen beteiligen können (aktuell Eitzel et al. 2017; zu den Stufen der Partizipation Haklay 2013). Die Arbeitsleistung der spielenden *community* ist dabei der Wissenschaft ebenso von Nutzen wie die Rechenleistung der von ihnen genutzten Endgeräte. Wohlgemerkt beschränkt sich der Beitrag der User zur Wissenschaft nicht auf einen Erwerb von *Scientific Literacy*, die im Deutschen gemeinhin als ‘naturwissenschaftliche Grundbildung’ bezeichnet wird. Es bleibt also nicht bei einem lernenden Nachvollzug von vereinfachten Vorstufen realweltlicher Forschungsgegenstände. Vielmehr

stellen sich die Spielenden einem breiten Spektrum von Aufgaben, die aus Sicht der Wissenschaftsforschung teils wissenschaftspropädeutisch, teils wissenschaftlich, teils wissenschaftsunterstützend genannt werden können. Sie beteiligen sich nicht allein an der Materialerschließung, an der Sammlung oder Erzeugung von Daten, sondern auch an deren Auswertung sowie Interpretation, überdies an der Definition von Forschungsproblemen wie auch an der Auswahl von Forschungsmethoden (zur Typologie der Aufgaben und zu Motivationsanreizen Sprinks et al. 2017).

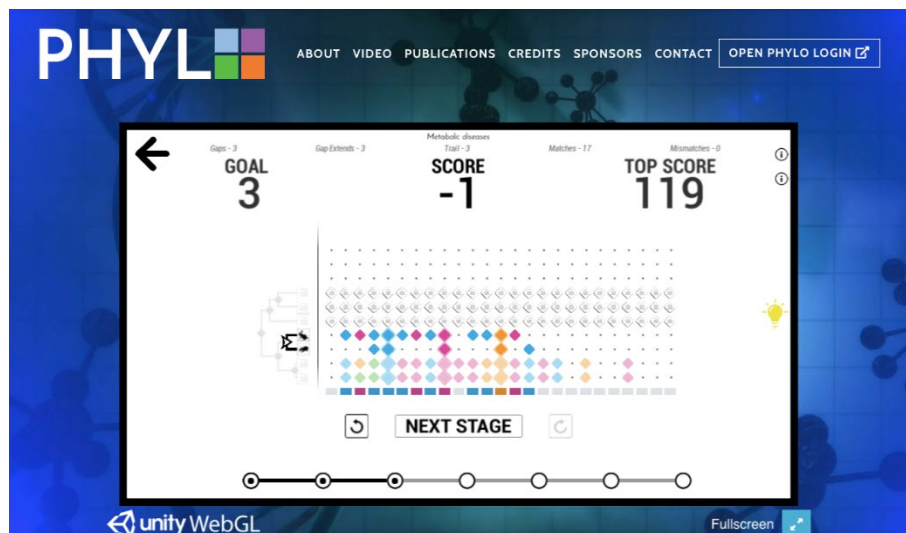


Abbildung 1: Multiples Sequenzalignment in PHYLO.
Quelle: Eigener Screenshot (<https://phylo.cs.mcgill.ca/play.html>).

Vermutlich wegen der eindrucksvollen Möglichkeiten von Abbildung, Visualisierung und Simulation zeigt sich diese Entwicklung in den Natur- und Lebenswissenschaften besonders deutlich. Sie ist aber nicht auf diese beschränkt. So versammelt die Plattform ZONIVERSE.ORG neben den Kategorien 'Biology', 'Climate' oder 'Medicine' ebenso Projekte aus den Bereichen 'Arts', 'History' und 'Literature'. Ein ähnliches Bild bieten im deutschsprachigen Raum die Projektsammlungen unter BUERGERSCHAFFENWISSEN.DE, SCHWEIZ-FORSCHT.CH und CITIZEN-SCIENCE.AT. Die Grenzen zwischen Spiel und Datenerhebung sind freilich fließend – ein kleines Panorama: FOLDIT (University of Washington 2008ff.) gibt Proteine vor, die von den Spielenden bestmöglich gefaltet werden sollen.

PHYLO (McGill University 2010ff.) stellt ein Raster bereit, das die Erbinformation verschiedener Tierarten zu vergleichen ermöglicht (Abb. 1). Die User von SCIENCE GOSSIP (Constructing Scientific Communities/Biodiversity Heritage Library 2015ff.) arbeiten Quellen der Wissenschaftsgeschichte auf, indem sie in Digitalisaten historische Abbildungen klassifizieren (Abb. 2). Und wer SHAKESPEARE'S WORLD (Folger Shakespeare Library/Zooniverse.org/Oxford English Dictionary 2016ff.) spielt, transkribiert und kommentiert Manuskripte aus elisabethanischer Zeit.



Abbildung 2: Klassifikation historischen Bildmaterials in SCIENCE GOSSIP.
Quelle: Eigener Screenshot (<https://www.sciencegossip.org/#/classify>).

Mit Recht mag man einwenden, dass eine solche Gamification forschungsnaher Aufgaben den Druck auf den wissenschaftlichen Nachwuchs weiter erhöht, der solche Zuarbeit gegen Bezahlung ausüben will und muss. Doch in anderen Fällen generiert die Spielaktivität überhaupt erst Daten und damit auch Stellen, Projekte und Ausgründungen; und zwar weit umfangreicher und kostensparender als herkömmliche Testreihen. Aus einer solchen Zusammenarbeit zwischen der Universität Basel und der Fachhochschule Nordwestschweiz entstand beispielsweise das Forschungsprojekt COSMOS (<https://cosmos.psych.unibas.ch>), aus dem wiederum das Start-Up ADVANCIENCE hervorging (<https://www.advancience.io>).

BEI-SPIEL 1: ETERNA

Wie sich die Rollen von Forschenden und Spielenden annähern, zeigt das im Netz viel diskutierte, daher hier nur kurz gestreifte Beispiel ETERNA: Hier platzieren User die Nukleinbasen Adenin, Cytosin, Guanin und Uracil möglichst so, dass durch Basenpaarung bestimmte, favorisierte, dreidimensionale Strukturen von Ribonukleinsäure (RNA) entstehen. Sie manipulieren aber nicht nur eigens simulierte Moleküle *in silico*, beschränken sich also nicht auf nachvollziehendes Lernen, sondern sie partizipieren auch direkt an Forschungsentscheidungen: Einerseits erläutern die Laien den Forschenden *online* ihre Faltstrategien; ihre Vorgehensweise wird daraufhin für die Verbesserung maschineller Prozesse ausgewertet. Die menschliche Fähigkeit zur Problemlösung und Mustererkennung kommt, wie hier, immer dann zum Einsatz, wenn zeitgenössische Computerprogramme die zur Verfügung stehenden Ressourcen – vergleichsweise – unökonomisch einsetzen, sich mit den Aufgaben überfordert zeigen oder unterlegene Vorhersagen liefern. Auf der Basis zahlreicher ETERNA-Spielrunden entstand so der Algorithmus ETERNABot, der die konventionelle automatische Erkennung zuverlässig übertrifft.

Andererseits können die Spielenden mit zunehmender Übung Zugänge zu realen Forschungsobjekten freischalten. Ausgewählte Spielergebnisse synthetisieren die Forschenden *in vitro* im Labor, das dadurch zum *Massive Open Online Laboratory* wird (Lowe 2014). Schliesslich schlagen Spielende auch neue Zielstrukturen proaktiv vor. An ETERNA lässt sich also eine zumindest *prinzipielle* nahezu vollständige Öffnung von Forschung für ein Amateurpublikum beobachten (Abb. 3).



Abbildung 3: Partizipationsaufrufe auf der Website von ETERNA.
Quelle: Eigener Screenshot (<https://eternagame.org/web/about/>).

Das so entstehende Netzwerk verbindet nicht nur professionelle und nicht-professionelle, sondern auch menschliche und nicht-menschliche Aktanten, die einander ergänzen und verbessern (vgl. Callon/Latour 1981; dies. 1992 und weitere). „These results show that an online community can carry out large-scale experiments, hypothesis generation, and algorithm design to create practical advances in empirical science“, bilanzieren auch die Entwickler selbstbewusst (Lee et al. 2014: 2122).

3 WISSENSCHAFT IM COMPUTERSPIEL

Ein zweites Feld möglicher Begegnungen und Anfänge bildet nun die Darstellung von Wissenschaft im Computerspiel. Damit sind nicht etwa die einleitend erwähnten Wissenschaften hinter dem Spiel gemeint, die von mathematischen, informatischen oder verhaltenswissenschaftlichen Grundlagen in seiner Anlage bis zu historischen, ethnologischen oder künstlerischen Anleihen bei der Gestaltung seiner Welten reichen. Vielmehr erscheinen in dieser Suchrichtung die Handelnden, Tätigkeiten, Prozesse, Räumlichkeiten und Gegenstände, die im Zusammenhang mit Wissenschaft sichtbar und spielbar werden, als Motive. Aus der Sicht der Computerspielforschung charakterisieren sie Avatare, bahnen Pfade oder evozieren Milieus; aus der Sicht der Wissenschaftsforschung spiegeln und

co-konstruieren sie das *Public Understanding of Science*. Doch während dieses in virtuellen *Lernumgebungen* breit erforscht ist, bleibt die Auswertung kommerzieller Spiele – mit Ausnahme etwa der PAIDIA-Sonderausgabe *Wissenschaft & Technologie in digitalen Spielen 2017* – eine Forschungslücke (Dudo et al. 2014). Der Grund liegt vermutlich darin, dass auf dieser Analyseebene Machart und Gestaltung der Spiele an Bedeutung gewinnen. *Idealer* sind daher Wissenschaftsforschung und Computerspielforschung gemeinsam beteiligt, dazu intermediale Erzählforschung, Thematologie oder Motivforschung, Bildwissenschaften oder Raumtheorie – was *realiter* freilich Zugangs- und Verstehenshindernisse birgt.

Grundsätzlich erstreckt sich die Darstellung von Wissenschaft im Computerspiel über alle Genres und Spielarten, vom studentischen Alltag in der Lebenssimulation (THE SIMS 2 UNIVERSITY, Maxis 2005; THE SIMS 3 UNIVERSITY LIFE, Electronic Arts 2013) bis zur fiktiven ‘Astrobiologie’ in XCOM: ENEMY UNKNOWN (2K Games 2012). In der Regel variieren Computerspiele die aus anderen Erzählmedien überkommenen Muster der Wissenschaftsdarstellung nur wenig. Für Literatur und Film sind diese gut erschlossen: Fiktionale Wissenschaftlerfiguren sind in der westlichen Welt überwiegend weiss, mittelalt und männlich und lassen sich wenigen gleichbleibenden Stereotypen mit festen Attributen zuordnen (vgl. Haynes 2003; Weingart 2005, 2007; Frayling 2005; Horn 2006; Perkowitz 2007 und weitere). Dies gilt zumindest bis zur Jahrtausendwende (vgl. Haynes 2016), wirkt aber über diese hinaus nach. Zu positiven Figuren wie dem *heroic adventurer* (INDIANA JONES-Reihe, USA 1981ff., Steven Spielberg) gesellen sich lächerlich-harmlose wie der *absent-minded professor* (BACK TO THE FUTURE-Reihe, USA 1985ff., Robert Zemeckis) oder negative wie der *alchemist* (FRANKENSTEIN-Adaptionen aller Art) (zur Terminologie vgl. Haynes 1994). Beispiele für den wohl bekanntesten und häufigsten Typus, den *mad scientist*, geben in kommerziellen Spielen etwa Dr. Suchong in BIOSHOCK (2K Games, 2007ff.) (dazu Görden/Kirschel 2012) und Dr. Stanislaus Braun in FALLOUT (Interplay 1997ff.). Wie Pfister (2017) gezeigt hat, treten solche wahnsinnigen Wissenschaftler entweder als Verursacher eines im Spiel bereits vorgefundenen irreversiblen Grau-

ens auf oder als Antagonisten der Spielfigur, die im Spielverlauf noch bekämpft oder vom Guten überzeugt werden können („press X to reason“, *ibid.*, S. 7). Je heikler die akademische Disziplin des fiktiven Professors in den Augen der Öffentlichkeit, je verwerflicher und gefährlicher also seine Forschung, desto wahnsinniger und besessener erscheint er. Im kollektiven Imaginären werden auf diese Weise die Auswirkungen (natur-)wissenschaftlichen Fortschritts personifiziert und auf die Charaktere ihrer Repräsentanten übertragen. Die Negativfiguren verkörpern folgerichtig Ängste vor der Zerstörungskraft der Neuerungen, wohingegen sich ihre positiven Gegenbilder aus Machbarkeitsglauben und Optimierungswünschen speisen. Allemal steht hinter solchen populärkulturellen Imaginationen der Versuch, eine zunehmend komplexe Wissenschaft zu begreifen.

Mag sein, dass wir den Wissenschaftler auch im Computerspiel an ur-eigenen Stereotypen erkennen, denen bereits Margaret Mead in ihrem DRAW A SCIENTIST-TEST mit amerikanischen Grundschulkindern begegnete und an denen sich bis heute nicht viel geändert hat. Doch allein deswegen sind solche Darstellungen und ihre Strahlkraft nicht automatisch trivial. Derartige ‘Schlüsselbilder’ (Heßler 2007) oder ‘emblematischen Gegenstände’ (Schummer/Spector 2009) der Wissenschaft sind allgegenwärtig, einprägsam und breitenwirksam; sie verweisen über das Abgebildete hinaus auf ganze Konzepte, Epochen oder Disziplinen. Sie schließen gleichermaßen an ikonografische Traditionen an und bleiben offen für zeitgenössische Projektionen. Das Reagenzglas und der weiße Kittel etwa vertreten die Naturwissenschaften, somit die neuzeitliche experimentelle Wissenschaft überhaupt, wohingegen das Buch oder der Globus auf das Gelehrtenportrait und damit auf die Vorgeschichte der Geistes- und Kulturwissenschaften verweisen. Schließen also die oben erwähnten *Serious Games* hauptsächlich an die etablierten Bildgebungsverfahren *aus den* Wissenschaften an, so bauen die kommerziellen Spiele eher auf Bildern *von den* Wissenschaften auf.³

3 Mit eben solchen Schlüsselbildern von Wissenschaft in Romanen, Filmen und Comics beschäftigt sich auch ein Kapitel meiner Dissertation, die im Jahr 2018 unter

BEI-SPIEL 2: SUPER SCIENCE FRIENDS

Auf den ersten Blick streift die als Freeware verfügbare Beta-Version von SUPER SCIENCE FRIENDS, hervorgegangen aus der gleichnamigen Zeichentrickserie (Jubenville 2015ff.), die Wissenschaft nur im Hintergrund. Anfangs scheint sie das Stereotyp hagiografisch überhöhter genialer Einzelforscher zu bekräftigen. Die Spielenden steuern den Avatar eines jugendlichen Einstein-Klons und befreien weitere Kultfiguren der Wissenschaft gewaltsam aus der Gefangenschaft von Nationalsozialisten und Monstern: darunter Nikola Tesla, Marie Curie, Charles Darwin und Sigmund Freud. Auch sie verwandeln sich daraufhin in spielbare Avatare. Raumgestaltung und Bewegung im Raum erscheinen ebenfalls gleichförmig, erlauben doch nur wenige Tastenkombinationen stets dieselben Kampfhandlungen gegen kaum je variierte Gegenspieler; und dies in Level für Level parallel angelegten Welten. Gerade auf diese äußerst ökonomische Weise bedient sich SUPER SCIENCE FRIENDS aber weniger Schlüsselbilder, die für einzelne Wissenschaftsdisziplinen und für einzelne Wissenschaftlerpersönlichkeiten charakteristisch geworden sind. Die engen Vorgaben der gleichförmigen Spielebenen und des *Jump 'n' Run* ermöglichen überhaupt erst die pointierte Charakterisierung.

Schon in den ersten Spielminuten durchstreift der Einstein-Avatar die verlassen Räumlichkeiten der gefangen genommenen *peers*. Im Vordergrund entledigt er sich der dortigen Wachposten; der Hintergrund informiert uns darüber, in wessen Zimmer wir uns aufhalten. Einstein Junior startet daheim, daran lassen eine Kreidetafel mit der kanonischen Formel $E=mc^2$, eine Newton-Lampe und ein Poster vom Aufprall des Apfels keinen Zweifel (Abb. 4). In ganz ähnlicher Weise zeigt sich Darwins Zuhause als Ort des gegenwärtigen, vergangenen und hypothetischen Lebens von Pflanze und Tier. Das florale Ornament der Tapete, der Blumentopf, die Fressnäpfe und die Hundetür, die Wandbilder und sogar Deko-Skelette gipfeln im stilisierten Motiv des Darwin-Fisches (Abb. 5). Gänzlich anders sieht es bei Freud aus: Er platziert das unverzichtbare Sofa vor schweren

dem Titel „Akademisches Erzählen: Eine Wissenschaftsforschung fiktional erzählter Wissenschaft“ an der Universität Basel verteidigt wurde.

Teppichen und Bücherwänden nahe seinem Schreibtisch, auf dem Büste und Schädel Eros und Thanatos vertreten (Abb. 6). Nach demselben Prinzip tauchen auf weiteren Leveln unter anderem das konventionalisierte grelle Neongrün für die Gammastrahlung (bei Curie) (vgl. Vrckovski 2016) und die helle Glühbirne für die Elektrizität (bei Tesla) auf. So stellen in SUPER SCIENCE FRIENDS Arbeitsgeräte und Dekorationsgegenstände, Möbel, Farbgebung und Lichtverhältnisse eine unmittelbare Zugehörigkeit des Spiel-Raums zur Wissenschaft her. Rauminhalte und Wissensinhalte vertreten einander ganz selbstverständlich (zur Analyseebene des *object inventory* vgl. Consalvo/Dutton 2006).



Abbildung 4: Wissenschafts-Räume in SUPER SCIENCE FRIENDS.
Quelle: Eigener Screenshot [Ausschnitt].



Abbildung 5: Wissenschafts-Räume in SUPER SCIENCE FRIENDS.

Quelle: Eigener Screenshot [Ausschnitt].



Abbildung 6: Wissenschafts-Räume in SUPER SCIENCE FRIENDS.

Quelle: Eigener Screenshot [Ausschnitt].

Was die Rezeption von Spielen durch die *gaming community* betrifft, erzeugen solche Attribute durch ihr bloßes Vorhandensein in der Spielumgebung eine Stimmung, die gemeinhin aufgrund von Sehgewohnheiten und Medien- bzw. Genrewissen mit 'Wissenschaft' verbunden wird. Sie tragen also nicht nur zum Spielerleben bei, das die *Game Studies* interessiert. Darüber hinaus sind sie auch als Wissensträger zu bewerten, in denen sich Kenntnis von und Vorwissen über Wissenschaft verdichten. In ihnen werden Theorien, Paradigmen, Heureka-Momente oder Jahre des Überlegens auf den Punkt, oder besser: *in den Gegenstand* gebracht. Wie un-/differenziert und wie un-/wahr diese auch sein mögen, ist weniger wichtig: Bereits als *kursierende Vorstellung* von Wissenschaft sind sie für die Wissenschaftsforschung von Bedeutung.

Was hingegen die Interpretation der Spiele durch die *scientific community* betrifft, handelt es sich bei solchen Gegenständen und ihren Anordnungen um nichts weniger als um die Bedingung der Möglichkeit zur Hervorbringung und Strukturierung von Wissen. In der extradiegetischen Welt verhalten sich experimentelle Umgebungen und Schreibszenen zur dort erzeugten Erkenntnis keineswegs neutral, sondern stehen als involvierte Materialitäten in unauflöslichem kausalem Zusammenhang mit den

Praktiken und Inhalten (vgl. Latour [1987]2003; Barthes [1973]2006; Campe 1991; Rheinberger 1992 und weitere; überblickshaft Krause/Pethes 2017). Sie legen überdies von etwas Zeugnis ab, was wissenschaftliche Erfolgsgeschichten gerne zugunsten von Linearität und Evidenz invisibilisieren: von der tastenden Suchbewegung entlang zahlreicher Hypothesen, Zufälle und Redefinitionen (vgl. Knorr-Cetina 1984 und weitere). Experimentalanordnungen und Schreiborte als „lokale Ansammlung materialisierter früherer Selektionen“ (ibid., 28) bewahren also ein Mäandrieren und Scheitern auf, das in der „edierten, polierten Kohärenz des schriftlichen Diskurses“ (ibid., 175) später verloren geht. Sie als stereotype Hintergrunddekoration abzutun, greift daher entschieden zu kurz.

4 WISSENSCHAFT ALS SPIEL

Diese Suchbewegung leitet bereits über zu einer dritten Verzahnung beider Bereiche. Auf die Spiegelungen von Wissenschaft und Computerspiel im Besonderen folgen abschließend eine Skizze zu Wissenschaft und Spiel im Allgemeinen und das *close reading* eines analogen Spiels. Das Vorhaben, die Passungen und Inkompatibilitäten beider dingfest zu machen, ist intrikat. Zahlreiche Wissensfelder treibt die Frage um, was denn überhaupt ein 'Spiel' sei – was mithin *kein* 'Spiel' sei und in keiner Weise aus dem Spielen hervorgehe (Krämer 2007). Einem vorwissenschaftlichen Alltagsverständnis gilt das nicht näher definierte Spiel zudem grundsätzlich als ausgeschlossenes Anderes alles Ernsten, also als unvereinbar mit der Wissenschaft. Allenfalls betrachten es Disziplinen wie die Ethnologie oder die Kulturanthropologie als *Objekt*, jedoch nicht als *Verfahren* der Erkenntnisgewinnung.

Doch spätestens seit dem HOMO LUDENS (Huizinga 1938) werden Merkmale wie Abgeschlossenheit, Regelmäßigkeit oder Wiederholbarkeit für das Spiel diskutiert, die auch für die Wissensproduktion und ganz besonders für das Laborexperiment gelten können. Ebenso wie das Experimentieren ist auch das Spielen *trial and error*: ein operationalisiertes, iteratives Ausprobieren in einem modellhaften Raum – mithin abstrakt,

produktiv und ästhetisch, ausgezeichnet durch Zweckfreiheit, selbstvergessene Hingabe an die Sache, Ungerichtetheit der Suche und ihres Ausgangs (vgl. etwa Adamowsky 2005; Rheinberger 1992, 2001). Solche Tätigkeiten interessieren gleichermaßen die Spielforschung und die Wissenschaftsforschung, und leicht ist denkbar, dass von der Beobachtung der einen Handlungsweise auch die der anderen profitieren kann. Auch an der wirkmächtigen Einteilung, die Roger Caillois (1982) in *DIE SPIELE UND DIE MENSCHEN* vornimmt, fallen zumindest zwei Parallelen zur Wissenschaft unmittelbar ins Auge. Ohne Zweifel ist auch sie zu einem Großteil *agôn*, Wettstreit: nämlich Konkurrenz von Forschenden, Forschungsgruppen, Paradigmen, Disziplinen oder Nationen darum, „der Erste, Beste, Brillanteste zu sein“ (Bourdieu 1998, 27). Überhaupt ist Bourdieus Beschreibung aller Felder von Spiel-Metaphern(?), Spielregeln und der Akzeptanz feldspezifischer Spiele durchzogen; so heißt etwa „derjenige ein guter Wissenschaftsspieler, der sich [...] für das entscheidet, was sich auszahlt“ (ibid., 24; Herv. K.K.). In geglückten Momenten jenseits unaufgeregter ergebnisloser Forschungsroutinen ist Wissenschaft außerdem immer wieder *ilinx*, Rausch: etwa bei Heureka-Erlebnissen oder wenn Forschende intrinsisch motiviert „im Flow“ arbeiten. An diesen exzeptionellen Zustand knüpfen popkulturelle Inszenierungen des Forschergenies gerne an. Sie speisen ihrerseits sowohl die Selbstdarstellung der Wissenschaft als auch die Fremderwartung an ihre Akteurinnen und Akteure.

Allerdings adressieren die bislang angerissenen Gemeinsamkeiten ausschließlich das *play*, also den *Vollzug* der Spielhandlung (respektive der Erkenntnisgewinnung). Demgegenüber scheint die bis hierher befragte Forschungsdiskussion das Spiel als *game*, also das zugrundeliegende *System* der angelegten Möglichkeiten nicht mit der Wissenschaft verglichen zu haben. Auf diesen kaum je beobachteten Aspekt zielt daher mein Anlauf, die akademische Laufbahn einmal als *game* zu verstehen: zuerst mit einem Klassiker der Wissenschaftsforschung gelesen, sodann durch eine satirische Selbstreflexion der Wissenschaft *als* Spiel.

Im fünften Kapitel ihrer viel beachteten Studie *LABORATORY LIFE* wenden sich Bruno Latour und Steve Woolgar ([1979]1986) der Wissenschaftslaufbahn zu. Befragt zu seiner Arbeit, begründet der Nachwuchs

Laufbahnentscheidungen demzufolge unternehmerisch und greift auf Modelle und Begriffe der Ökonomie zurück. *Credit* und *credibility* sind jedoch keine Metaphern für die ersehnte Anerkennung und Glaubwürdigkeit im Feld, sondern tatsächlich dessen Währung. Folgerichtig verleiht ein *credibility circle* einem wissenschaftsspezifischen Ressourcen- und Investitionskreislauf Gestalt: „The notion of credibility makes possible the conversion between money, data, prestiges, credentials, problem areas, argument, papers, and so on” (ibid., 200, Abb. 7).

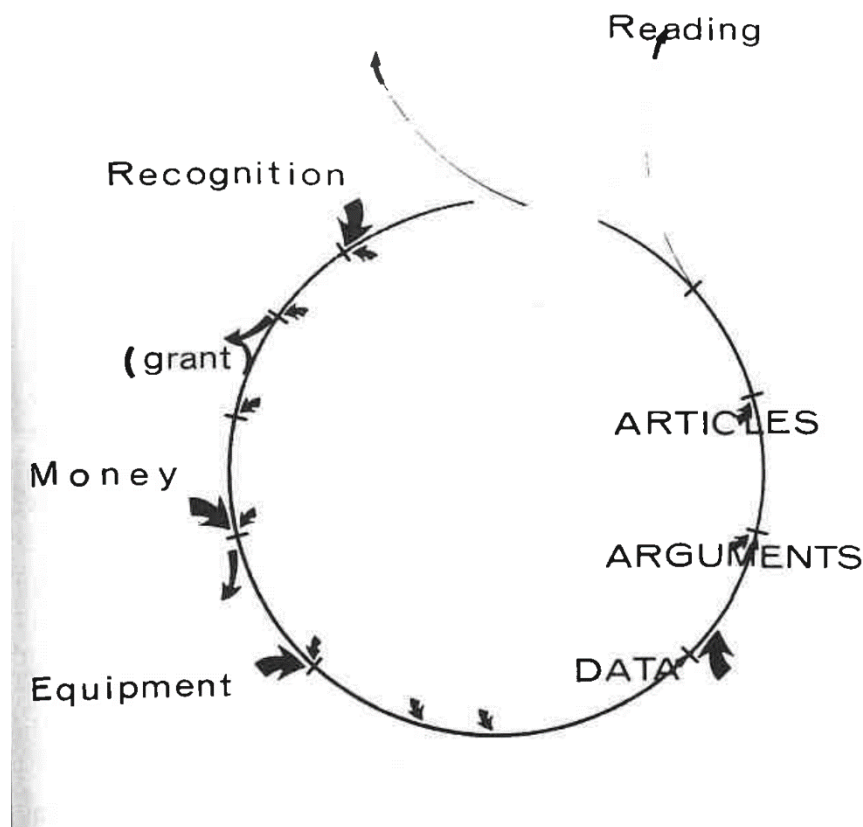


Abbildung 7: Latour/Woolgars *credibility circle*.
Quelle: Latour/Woolgar [1979] 1986, 201.

Diese operative Bildlichkeit (Krämer 2009) als Spielbrett aufzufassen, ja überhaupt die Stationen und Weggabelungen der akademischen Laufbahn probenhalber als *game* und die individuelle Wissenschaftsbiografie entsprechend als *play* zu begreifen, liegt von hier aus nahe. Beginnen wir

beim Punktestand zu Anfang jeder Spielrunde: Den standardisierten Aufbau eines wissenschaftlichen CV lesen die Autoren nachgerade als Saldo bisheriger, vom Individuum und in dieses getätigter Investitionen. Die abgeschlossene Ausbildung, in der Regel der Doktorgrad, bekräftigt eine legitime Zugehörigkeit zur *scientific community*: die Grundvoraussetzung, am Spiel überhaupt teilzunehmen. Bisherige Positionen, Publikationen und Co-Autorschaften, Referenzen, Forschungsgelder, Stipendien und Preise bezeugen darüber hinaus den Erfolg im Spiel. Je umfangreicher die getätigten Kapitalanlagen und je hochkarätiger die Anleger/innen, desto höher der aktuelle Wert einer Spielfigur.

Diese statisch wirkende Bestandsaufnahme impliziert in LABORATORY LIFE durchaus dynamische Elemente: Gegen den Strich gelesen, wird der Erwerb von *credibility* als *task* eines Spiels verstehbar – lerne, andere zu überzeugen, dich durchzusetzen und dich fördern zu lassen! Die *peers* geben sich umstandslos als Helfer oder Gegenspieler zu erkennen und die eroberten Positionen im Feld als Ergebnisse der sukzessiven Erzeugung eines Raumes und einer Erzählung aus Wahlmöglichkeiten (vgl. Mersch 2008, 20f.). Auf Veränderung angelegt und Spielzügen durchaus vergleichbar sind ebenso die *moves* – kann sich doch die Position von Forschenden in ihrem Feld mit jeder neuen Anstellung, mit jedem neuen Projekt entlang mehrerer Achsen zum Guten oder zum Schlechten verändern: Sie können respektive müssen erstens in der akademischen Rangfolge auf- oder absteigen; zweitens die Gegenstände und Methoden ihrer Arbeit variieren; drittens ihren Arbeitgeber und damit den Arbeitsort wechseln. Jeder Spielzug soll durch einen oder mehrere solcher Schritte den eigenen Stand optimieren, wohingegen unbedachte Entscheidungen im Extremfall den Ausstieg aus der Wissenschaft erzwingen: *game over!*

BEI-SPIEL 3: PEER REVIEW

Eine solche Spielbarkeit des Wissenschaftssystems suggeriert auch das von der JUNGEN AKADEMIE herausgegebene Spiel PEER REVIEW. „Es dient der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Selbstrefle-

xion etablierter Forscher sowie dem Ziel, einer breiteren interessierten Öffentlichkeit Grundkenntnisse über die Funktionsweise des Wissenschaftssystems zu vermitteln“, so die durchweg ironische Anleitung (Junge Akademie 2015, 1). Unter expliziter Berufung auf die Wissenschaftssoziologie gibt PEER REVIEW vor, den organisierten Skeptizismus als wichtigste der Merton'schen Normen (Merton 1942) einzuüben, mithin ein *Serious Game* zu sein. Allerdings wird die titelgebende kollegiale Kritik in einem wissenschaftskritischen Rahmen vorgebracht, den Zufälle, widerstrebende Normen und ein Nebeneinander offener und verdeckter Kapitalien abstecken. Zu Beginn bestimmt das Annuitätsprinzip über Vorsitz und Referate, und drei Typen von Spielkarten werden ausgegeben. Sie verzeichnen teils Forschungsthemen, teils Begutachungskriterien, teils Meriten der Wissenschaft. Eine Spielrunde besteht in der dreiminütigen Verteidigung eines zugelosten Forschungsgebiets und der anschließenden Kritik aller *peers*, die es erlaubt – oder eben nicht –, zusätzliche Meriten von verschiedenem Wert anzuhäufen: Gastprofessuren, Wissenschaftspreise, Fellowships und Akademiemitgliedschaften. „Ziel des Spiels ist zu verhindern, dass einer der anderen gewinnt“ (ibid., 3).

Abgesehen davon, dass PEER REVIEW vermittelt seiner Punktwerte das neoliberale Gebot genauer Messbarkeit von wissenschaftlicher Leistung karikiert und so das Spiel die selten thematisierten Werteskalen in der Wissenschaft beziffert, ruft es auch die beiden hier bislang unberücksichtigten Dimensionen des Spiels bei Caillois (1982) auf. Zum einen bestimmen über Startposition und Spielverlauf wesentlich die Karten, was eine wissenschaftsspezifische *alea*, ein Glücksspiel, andeutet: Die anfängliche Verteilung von Kapitalien und Themen, die zufällige Gruppierung von Vorliebe und Eloquenz, aber nicht die selbstverantwortete Qualität von Idee und Ausführung entscheidet in PEER REVIEW über Erfolg und Misserfolg. Über die Rolle des Zufalls, zur richtigen Zeit am richtigen Ort bei den richtigen Leuten den richtigen Ton zum richtigen Thema zu treffen, wird aus laubahnstrategischen Gründen auch in der extradiegetischen Welt eher selten offen gesprochen. Zum anderen und brisanter noch stehen die Begutachtungsstandards in offenkundigem Missverhältnis zu den Forschungsthemen und widersprechen einander nicht nur, sondern schließen

sich auch gegenseitig aus. So sind etwa Fachbegriffe zu verwenden, zu definieren *und* zu vermeiden; ebenso gilt es Theorie, Methode, empirische Grundlage und historische Dimension zu erläutern; zusätzlich müssen stets Systemtheorie, Neurowissenschaften und Klimawandel berücksichtigt werden – in drei Minuten und in deutscher Sprache unter Verwendung englischer Ausdrücke, aber auch altgriechischer, zur Not lediglich lateinischer Zitate (ibid., 6f.). Indem es also die wissenschaftliche Argumentation als bloße Rhetorik und ihre Bewertung als reine Willkür präsentiert, spielt PEER REVIEW auf *mimikry*, das Caillois'sche Illusionsspiel, in der Wissenschaft an. Denn in den Spielrunden ebenso wie in den wirklichen akademischen Ritualen und auf wechselnden Positionen des universitären *cursus honorum* durchkreuzt das Soziale das Epistemische; hier spielen Forschende Rollen und verwandeln zeitweise sich und andere. In einem Wort ermöglicht die Wahl des Mediums Spiel, *via* Vergleich Seitenhiebe gegen ungeschriebene Regeln des Systems zu platzieren und so Wissenschaftskritik aus Nachwuchsperspektive umso schärfer zu konturieren.

5 FAZIT

Was lässt sich nach diesen kurzen Testläufen durch drei Begegnungsfelder von Wissenschaft, (Computer-)Spiel und mit ihnen beschäftigten Forschungen mit Blick auf die Ausgangsfrage nach Anfängen festhalten? Zum Ersten hat durch *Serious Games* in *Citizen Science*-Projekten sowohl die Öffnung der Wissenschaft für interessierte Laien als auch die ernsthafte nutzbringende Anwendung des Dispositivs Computerspiel neue quantitative Ausmaße angenommen. Dabei dürften die beteiligten Akteursgruppen unterschiedliche Interessen verfolgen: die *gaming community* vermutlich Herausforderung und Unterhaltung, Wissenszuwachs und Teilhabe am Wissen, Zugehörigkeit zu und Kontakt mit Gleichgesinnten und insgesamt eine gesteigerte Akzeptanz des Gamens im Mainstream; die *scientific community* schätzungsweise den Rückgriff auf private Ressourcen, unverbrauchte und unverstellte Ideen, die Diversität von Lösungsansätzen und einen Zuwachs an demokratischer Öffnung und

Transparenz. So besehen liegt es nahe (vgl. Hanke 2008, 8, 13), Computerspiele auf beiden Forschungsfeldern als *boundary objects* weiter zu bearbeiten: als jene Ausschnitte der Realität also, die laut Susan Leigh Star und James R. Griesemer in unterschiedlichen sozialen Welten verschiedene Bedeutungen annehmen: „objects which both inhabit several intersecting social worlds [...] and satisfy the informational requirements of each of them. [...] Boundary objects are objects which are both plastic enough to adapt to local needs and the constraints of the several parties employing them, yet robust enough to maintain a common identity across sites” (Star/Griesemer 1989, 393).

Zum Zweiten greifen die Erkenntnisinteressen von Computerspielforschung und Wissenschaftsforschung möglicherweise genau dort ineinander, wo das Milieu ‘Wissenschaft’ im Spiel evoziert wird. Nehmen wir die Untrennbarkeit von Darstellungsform und Dargestelltem, wie sie neuere Ansätze entwickeln, tatsächlich ernst und gestehen wir den Formaten der Aufzeichnung, Speicherung und Verbreitung von Wissen wirklich wissensgenerierende Kraft zu: Ähnlich wie Romane, Filme oder Comics über Wissenschaft bieten unter dieser Prämisse auch Computerspiele über Wissenschaft eine einzigartige Möglichkeit, mit medienspezifischen Mitteln sinnlich erfahrbar und konkret begreiflich zu machen, wie sich kursierende Vorstellungen der wissenschaftlichen Praxis wie auch der wissenschaftlichen *persona* (Daston/Sibum 2003) in fiktiven und realen Szenarien co-konstituieren. Anders als andere Medien können Computerspiele zu diesem Zweck nicht nur die Register des Narrativen ziehen, sondern dazu über die des Ludischen verfügen. Zum Imaginativen und Identifikatorischen – zum Beispiel zur Figurencharakterisierung oder zur Wirkung von Farben, Formen und Klängen – tritt also im Medienvergleich Interaktives und Immersives hinzu – etwa die Spielzüge und die resultierenden Verzweigungen möglicher Spielverläufe. Dank eben dieser Elemente lässt sich überdies am *Beispiel* des Erzählgegenstands ‘Wissenschaft’ nachvollziehen, wie Charaktere und ihre Aktionen und Attribute an Glaubwürdigkeit und *playfulness* gewinnen: sei es im kleineren Rahmen, etwa in Milieus und Spielumgebungen, sei es im größeren Rahmen ihrer Handlungsräume, Objekte, Regeln und Ziele. Ob sich solche

medienspezifischen Aussagemöglichkeiten auf der Ebene einer Darstellung fiktiver Wissenschaft entfalten oder Parallelen zur realen Wissenschaft eröffnen, ist demgegenüber sekundär.

Drittens und letztens finden sich neben Gemeinsamkeiten des Forschens und Spielens auf performativer Ebene durchaus auch solche auf struktureller Ebene. Wenig überraschend ist dabei unwichtig, ob Wissenschaft ein Unterfall des Phänomens Spiel *ist* oder die Spielforschung in vergleichender Perspektive Hinweise zu ihrem genaueren Verständnis liefert. Letzteres vorausgesetzt könnte ein spielerisches Verständnis des Wissenschaftssystems den Blick weiter öffnen: Das Spiel und die Wissenschaft zu vergleichen, würde die Aufmerksamkeit stärker darauf lenken, dass Laufbahnen nur bedingt planbar sind. Die Wissenschaft zu betrachten, *als ob* sie ein Spiel sei, gäbe iterative, rekursive oder rhizomatische Spielverläufe als Alternativen zum linearen *Up or Out* akademischer Laufbahnen zu denken. Im Vergleich mit den strikt egalitären Startpositionen im spielerischen Wettbewerb einerseits (vgl. Krämer 2007, 247), mit den willkürlichen im Glücksspiel andererseits träte außerdem deutlicher hervor, wie ungleich verteilt die Wissenschaft ihre Spielchancen dank Herkunft, Familienstand, Geschlecht und Vermögen immer schon vorfindet und worauf sie ihre Fremdzuschreibung individueller Eignung wirklich gründet. Wissenschaft wie ein Spiel zu denken, würde außerdem ermöglichen, die Motivation für den forschenden Ehrgeiz und die Faszination für die wissenschaftliche Tätigkeit breitenwirksamer zu kommunizieren. Welche emergenten metakulturellen Elemente realweltlicher Wissenschaft darüber hinaus dem Modding und der Fan Fiction, der Machinima und der Game Art ähneln könnten, bleibt weiterem spielerischen Erforschen vorbehalten.

6 QUELLEN

LITERATUR

Adamowsky, Natascha (2005): Spiel und Wissenschaftskultur. Eine Anleitung. In: dies. (Hg.): *Die Vernunft ist mir noch nicht begegnet – zum*

konstitutiven Verhältnis von Spiel und Erkenntnis. Bielefeld: transcript, S. 11-30.

Barthes, Roland (2006 [1973]): *Variations sur l'écriture*. Französisch – Deutsch. Übersetzt von Hans-Horst Henschen. Mainz: Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung.

Bourdieu, Pierre (1998): *Vom Gebrauch der Wissenschaft: für eine klinische Soziologie des wissenschaftlichen Feldes*. Übersetzt von Stephan Egger. Konstanz: UVK Universitäts-Verlag Konstanz.

Callon, Michel/Latour, Bruno (1981): Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macro-Structure Reality and How Sociologists Help Them to Do so. In: Karin Knorr-Cetina/Aaron V. Cicourel (Hg.): *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro- and Macro Sociologies*. Boston/London/Henley: Routledge & Kegan Paul, S. 277-303.

Callon, Michel/Latour, Bruno (1992): Don't Throw the Baby out With the Bath School. A Reply to Collins and Yearley. In: Andrew Pickering (Hg.): *Science as Practice and Culture*. Chicago: Chicago University Press, S. 343-368.

Campe, Rüdiger (1991): Die Schreibszene. Schreiben. In: Hans Ulrich Gumbrecht/K. Ludwig Pfeiffer (Hg.): *Paradoxien, Dissonanzen, Zusammenbrüche. Situationen offener Epistemologie*. Frankfurt/Main: Suhrkamp, S. 759-772.

Connolly, Thomas M. et al. (2012): A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. In: *Computers & Education* 59, 2, S. 661-686. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.03.004

Consalvo, Mia/Dutton, Nathan (2006): Game Analysis: Developing a Methodological Toolkit for the Qualitative Study of Games. In: *Game Studies: The International Journal of Computer Game Research* 6 (1). Online: http://gamestudies.org/0601/articles/consalvo_dutton

- Daston, Lorraine/Sibum, Otto H. (2003): Introduction: Scientific Personae and Their Histories. In: *Science in Context* 16 (1/2), S. 1-8. DOI: 10.1017/S026988970300067X
- Distelmeyer, Jan/Hanke, Christine/Mersch, Dieter (Hg.) (2008): *Game Over!? Perspektiven des Computerspiels*. Bielefeld: transcript.
- Eitzel, Melissa V. et al. (2017): Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. In: *Citizen Science: Theory and Practice* 2,1, S.1. DOI: 10.5334/cstp.96
- Görge, Arno/Kirschel, Matthias (2012): Dystopien von Medizin und Wissenschaft. Retro-Science-Fiction und die Kritik an der Technikgläubigkeit der Moderne im Computerspiel *Bioshock*. In: Uwe Frauenholz/Anke Woschech (Hg.): *Technology Fiction. Technische Visionen und Utopien in der Moderne*. Bielefeld: transcript, S. 271-288.
- Haklay, Muki (2013): Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. In: Daniel Sui/Sarah Elwood/Michael Goodchild (Hg.): *Crowdsourcing Geographic Knowledge*. Dordrecht: Springer, S. 105-122. DOI: 10.1007/978-94-007-4587-2_7
- Hanke, Christine (2008): Next Level. Das Computerspiel als Medium. Eine Einleitung. In: Distelmeyer/Hanke/Mersch (Hg.): *Game Over!?*, S. 7-18.
- Haynes, Roslynn D. (1994): *From Faust to Strangelove: Representations of the Scientist in Western Literature*. Baltimore/London: The John Hopkins University Press.
- Haynes, Roslynn D. (2003): From Alchemy to Artificial Intelligence: Stereotypes of the Scientist in Western Literature. In: *Public Understanding of Science* 12, S. 243-253. DOI: 10.1177/0963662503123003
- Haynes, Roslynn D. (2016): Whatever Happened to the 'Mad, Bad' Scientist? Overturning the Stereotype. In: *Public Understanding of Science* 25, S. 31-44. DOI: 10.1177/0963662514535689

- Heßler, Martina (2007): Die „Mona Lisa der modernen Wissenschaften“. Die Doppelhelix-Struktur als kulturelle Ikone. In: Alexander Gall (Hg.): *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*. Göttingen: Wallstein, S. 291-315.
- Heßler, Martina/Mersch, Dieter (2009): Einleitung: Bildlogik oder Was heißt visuelles Denken? In: dies. (Hg.): *Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft*. Bielefeld: transcript, S. 8-62.
- Horn, Eva (2006): Abwege der Forschung. Zur literarischen Archäologie der wissenschaftlichen Neugierde (Frankenstein, Faust, Moreau). In: dies./Bettine Menke/Christoph Menke (Hg.): *Literatur als Philosophie – Philosophie als Literatur*. München: Fink, S. 153-172.
- Junge Akademie (2015): *Peer Review* [Spielanleitung]. Druck: Spielkartenfabrik Altenburg GmbH.
- Knorr-Cetina, Karin (1984): *Die Fabrikation von Erkenntnis. Zur Anthropologie der Naturwissenschaft*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Krämer, Sibylle (2007): Die Welt – ein Spiel? Über die Spielbewegung als Umkehrbarkeit. In: Rolf Niehoff/Rainer Wenrich (Hg.): *Denken und Lernen mit Bildern: interdisziplinäre Zugänge zur ästhetischen Bildung*. München: kopaed, S. 238-253.
- Krämer, Sybille (2009): Operative Bildlichkeit. Von der 'Grammatologie' zu einer 'Diagrammatologie'? Reflexionen über erkennendes 'Sehen'. In: Martina Heßler/Dieter Mersch (Hg.): *Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft*. Bielefeld: transcript, S. 94-122.
- Krause, Marcus/Pethes, Nicolas (2017): Scholars in Action. Zur Autoreferentialität philologischen Wissens im Wandel medialer Praktiken. In: *Deutsche Vierteljahresschrift für Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte* 91, S. 73-108.
- Latour, Bruno (2003 [1987]): *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno/Woolgar, Steve (1986 [1979]): *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Second Edition. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

- Lee, Jeehyung et al. (2014): RNA design rules from a massive open laboratory. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, 6, S. 2122–2127. DOI: 10.1073/pnas.1313039111
- Lowe, David (2014): MOOLs: Massive Open Online Laboratories: An analysis of scale and feasibility. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.: *Proceedings of International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, S. 1–6. DOI: 10.1109/REV.2014.6784219
- Mersch, Dieter (2008): Logik und Medialität des Computerspiels. Eine medientheoretische Analyse. In: Distelmeyer/Hanke/Mersch (Hg.): *Game Over!?*, S. 19–41.
- Merton, Robert K. (1942): A Note on Science and Democracy. In: *Journal of Legal and Political Sociology* 1, S. 126.
- Pfister, Eugen (2017): „Doctor Nod Mad. Doctor Insane.“ Eine kurze Kulturgeschichte der Figur des *mad scientist* im digitalen Spiel. In: *Paidia. Zeitschrift für Computerspielforschung*. Online: www.paidia.de/?p=10074
- Repenning, Alexander/Lamprou, Anna/Fahrni, Nicolas/Escherle, Nora (2018): Scalable Game Design Switzerland. In: *MedienPädagogik* 33, S. 27–52. DOI: 10.21240/mpaed/33/2018.10.31.X.
- Rheinberger, Hans-Jörg (1992): *Experiment, Differenz, Schrift. Zur Geschichte epistemischer Dinge*. Marburg: Basiliken-Press.
- Rheinberger, Hans-Jörg (2001): *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Göttingen: Wallstein.
- Schummer, Joachim/Spector, Tami I. (2009): Visuelle Populärbilder und Selbstbilder der Wissenschaft. In: Bernd Hüppauf/Peter Weingart (Hg.): *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*. Bielefeld: transcript, S. 341–372.
- Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung/Akademien der Wissenschaften Schweiz (Hg.) (2018): *Horizonte* 31, 116.

- Sprinks, James et al. (2017): Task Workflow Design and its impact on performance and volunteers' subjective preference in Virtual Citizen Science. In: *International Journal of Human - Computer Studies* 104, S. 50-63. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2017.03.003
- Star, Susan Leigh/Griesemer, James R. (1989): Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. In: *Social Studies of Science* 19, S. 387-420. <https://www.jstor.org/stable/285080>
- Susi, Tarja/Johannesson, Mikael/Backlund, Per (2007): *Serious Games - An Overview*. Technical Report School of Humanities and Informatics University of Skövde, Sweden. Online: http://www.scangame.dk/downloads/HS-IKI-TR-07-001_PER.pdf
- Vrckovski, Simone (2016): Grüne Fluoreszenz? Voraussetzungen der visuellen Vermittelbarkeit von Radioaktivität. In: *Closure. Kieler e-Journal für Comicforschung* 3, S. 112-136. Online: www.closure.uni-kiel.de/closure3/vrckovski.
- Walther, Hans (1982-86): *Proverbia sententiaequae Latinitatis medii aevi ac recentioris aevi*. Nova series. 9 Bände. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

SPIELE

- 2K Games (2007ff.): BIOSHOCK.
- 2K Games (2012): XCOM: ENEMY UNKNOWN.
- Constructing Scientific Communities/Biodiversity Heritage Library (2015ff.): SCIENCE GOSSIP. <https://www.sciencegossip.org>
- Cornelis Menke/Die Junge Akademie (2015): PEER REVIEW.
- Electronic Arts (2013): THE SIMS 3 UNIVERSITY LIFE [Extension Pack].
- Folger Shakespeare Library/Zooniverse.org/Oxford English Dictionary (2016ff.): SHAKESPEARE'S WORLD <https://www.shakespearesworld.org>

Gorlami Games (2017): SUPER SCIENCE FRIENDS <https://gorlami.itch.io/super-science-friends-the-video-game>

Interplay (1997ff.): FALLOUT.

Maxis (2005): THE SIMS 2 UNIVERSITY [Extension Pack].

McGill University (2010ff.): PHYLO. <https://phylo.cs.mcgill.ca>

Stanford University/Carnegie Mellon University (2010ff.): ETERNA.
<https://eternagame.org>

University of Washington (2008ff.): FOLDIT. www.fold.it

FILME

Robert Zemeckis (USA, 1985-1990): BACK TO THE FUTURE (ZURÜCK IN DIE ZUKUNFT).

Steven Spielberg (USA 1981-2008): INDIANA JONES [Filmreihe].

Brett Jubinville (Canada 2015ff.): SUPER SCIENCE FRIENDS.