

Spiel und Wettkampf in der Technikentwicklung

Maibaum, Arne

Veröffentlichungsversion / Published Version

Arbeitspapier / working paper

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Maibaum, A. (2012). *Spiel und Wettkampf in der Technikentwicklung*. (Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien, 03/2012). Duisburg: Universität Duisburg-Essen Campus Duisburg, Fak. für Gesellschaftswissenschaften, Institut für Soziologie. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-408610>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



**KULTUR- UND
TECHNIKSOZIOLOGISCHE STUDIEN**

no 03/2012





Working Papers
kultur- und techniksoziologische Studien

<http://www.uni-due.de/wpkts>
no 03/2012

Herausgeber:
Diego Compagna, Stefan Derpmann
Layout:
Vera Keyzers

Kontaktadresse:
Universität Duisburg-Essen
Institut für Soziologie
Diego Compagna
diego.compagna@uni-duisburg-essen.de

Ein Verzeichnis aller Beiträge befindet sich hier:
<http://www.uni-due.de/wpkts>

ISSN 1866-3877
(Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien)

Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien - Copyright

This online working paper may be cited or briefly quoted in line with the usual academic conventions. You may also download them for your own personal use. This paper must not be published elsewhere (e.g. to mailing lists, bulletin boards etc.) without the author's explicit permission.

Please note that if you copy this paper you must:

- include this copyright note
- not use the paper for commercial purposes or gain in any way

You should observe the conventions of academic citation in a version of the following form:

Autor (Year): Title. In: Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien (no xx/Jahr). Eds.: Diego Compagna / Stefan Derpmann, University Duisburg-Essen, Germany, at: <http://www.uni-due.de/wpkts>

Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien - Copyright

Das vorliegende Working Paper kann entsprechend der üblichen akademischen Regeln zitiert werden. Es kann für den persönlichen Gebrauch auch lokal gespeichert werden. Es darf nicht anderweitig publiziert oder verteilt werden (z.B. in Mailinglisten) ohne die ausdrückliche Erlaubnis des/der Autors/in.

Sollte dieses Paper ausgedruckt oder kopiert werden:

- Müssen diese Copyright Informationen enthalten sein
- Darf es nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden

Es sollten die allgemein üblichen Zitationsregeln befolgt werden, bspw. in dieser oder einer ähnlichen Form:

Autor/in (Jahr): Titel. Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien (no xx/Jahr). Hrsg.: Diego Compagna / Stefan Derpmann, Universität Duisburg-Essen, Deutschland, in: <http://www.uni-due.de/wpkts>

Vorwort

In der Reihe "Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien" (WPktS) soll einerseits Nachwuchswissenschaftler_innen, die eine sehr gute Seminar- oder Abschlussarbeit in einem vornehmlich kultur- *und* techniksoziologischen Rahmen verortet haben, die Möglichkeit gegeben werden diese in Form eines Aufsatzes einer breiteren wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Andererseits soll die Reihe aber auch als Plattform für den inhaltlichen Austausch mit Kolleg_innen dienen und steht insofern auch (Nachwuchs-)Wissenschaftler_innen anderer Universitäten und Instituten für die Veröffentlichung ihrer Arbeiten offen.

Eine soziologische Betrachtung von Technik zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass das Bedingungsverhältnis zwischen den technischen Artefakten und den sozialen Kontexten, in die jene eingebettet sind, als ein interdependentes - zu beiden Seiten hin gleichermaßen konstitutives - angesehen wird. Diesem Wesenszug soziologischer Perspektiven auf Technik trägt der Titel dieser Reihe Rechnung, insofern von einer kulturellen Einfärbung von Technik sowie - vice versa - eines Abfärbens von technikhärenten Merkmalen auf das Soziale auszugehen ist. Darüber hinaus schieben sich zwischen den vielfältigen Kontexten der Forschung, Entwicklung, Herstellung, Gewährleistung und Nutzung zusätzliche Unschärfen ein, die den unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen und Orientierungen dieser Kontexte geschuldet sind: In einer hochgradig ausdifferenzierten Gesellschaft ist das Verhältnis von Sozialem und Technik von je spezifischen Ent- und Rückbettungsdynamiken gekennzeichnet. Die vorliegende Working Paper Reihe möchte mit jeder Ausgabe einen kleinen Beitrag zur Klärung dieses verschlungenen Verhältnisses leisten.

Die Reihe WPktS erscheint seit 2008; jede Ausgabe kann Online (<http://www.uni-due.de/wppts>) als PDF-Dokument abgerufen werden.

Die Herausgeber

Köln und Essen, im Januar 2012

Spiel und Wettkampf in der Technikentwicklung

Arne Maibaum

Dipl.-Soz.-Wiss. / Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl Techniksoziologie, TU Dortmund /
arne.maibaum@tu-dortmund.de

Keywords

RoboCup, Technikentwicklung, Spiel, Wettkampf, Innovationsforschung

Abstract

Technische Wettkämpfe waren als Innovationsmotor bis zur Einführung des Patentsystems bedeutend; sie erfahren im 21. Jahrhundert ein Comeback. In ihnen treten Artefakte technischer Entwicklung gegeneinander zur Gütemessung an. Für die Akteure bedeutet der Wettkampf durch seine spielartige Struktur die Möglichkeit zum kreativen Entwickeln.

1 Einleitung

Am 4. Oktober 2004 stieg das SpaceShipOne das zweite Mal in den Weltraum hinaus und beanspruchte damit die zehn Millionen Dollar Preisgeld des Ansari-X-Prize für seine Entwickler. Der Nachfolgewettbewerb läuft mit dem Google-X-Prize bereits. Auch die NASA und das US Verteidigungsministerium offerieren Preise für Innovations-Wettkämpfe.

Ziel dieses Paper ist es, sich dem Feld dieser Wettkämpfe soziologisch zu nähern und ihre Funktion für die Technikentwicklung abschätzen. In einem ersten Schritt soll die Herkunft und Historie solcher Wettkämpfe geklärt werden. Im Vergleich der klassischen und modernen Preise wird versucht die dem Wettkampf immanenten Funktionsmechanismen zu identifizieren. Wettkämpfe sollen in einem zweiten Schritt als Spiel betrachtet und mit Hilfe der Terminologie von Johan Huizinga und Roger Caillois als agonales Spiel beschrieben werden. Zudem ist zu prüfen, ob sich das Feld mit diesen Begrifflichkeiten beschreiben lässt. An die Ergebnisse Martin Meisters, vom RoboCup als standardisierte Messmethode oder Benchmark, soll angeknüpft und versucht werden dies im Feld zu reproduzieren, und gegebenenfalls zu erweitern. Um sich den Wettkämpfen zu nähern, dient die deutsche Meisterschaft des RoboCups als Empirie. Mit Interviews der Teilnehmer, sowohl während als auch vor und nach dem RoboCup, der Beobachtung des Wettkampfes vor Ort sowie Primärliteratur sollen Mechanismen und Gegebenheit inner-

halb des RoboCup aufzudecken versucht und anschließend als Ergebnisse auf die Theorie zurückgespiegelt werden.

2 Theorie

2.1 Prizes

Mit einem Preis ausgezeichnete Innovations-Wettkämpfe blicken auf eine lange Tradition zurück. Einen der ersten solcher ‚Prizes‘ schrieb der Königs von Spanien 1567 für eine Methode, mit der Längengrade auf See ermittelt werden können, aus. Knapp 150 Jahre später offerierte die Britische Regierung bis zu £20,000 für die stabile und zuverlässige Messung des Längengrades eines Schiffes (vgl. Masters/Delbecq 2008). Obwohl sie durch die Einführung des Patentsystems an Bedeutung verloren haben, spielten Prizes im 20. Jahrhundert eine wichtige Rolle in der Technikentwicklung; der Wichtigste war dabei der Orteig-Preis, auf den sich heute noch Preise berufen. Dieser berühmte Preis war eine Prämie, die für den ersten Solo-Transatlantischen-Flug von New York nach Paris auslobt wurde, finanziert von Raymond Orteig, einem New Yorker Hotelbesitzer. Diesen Preis gewann bekanntermaßen 1927 Charles Lindbergh (ebd.).

Anhand des Orteig-Preis lässt sich zeigen, dass das Preisgeld von den Investitionen der Entwickler meist deutlich übertroffen wird, besonders dann, wenn eingerechnet wird, dass alle Teilnehmer entwickeln, aber nur an einen Gewinner ausgezahlt wird. Gleichzeitig zeigt sich hier aber auch, dass sich die Investitionen, sowohl die der Preis-Sponsoren als auch der Entwickler, auszahlen, indem sie an dem durch die Investition entstandenen Markt verdienen.

Ab dem Jahr 2000 lassen sich wieder deutlich mehr Preise für Innovationen feststellen. Aktuelle Wettkämpfe sind nach Masters und Delbecq ex post finanziert, was zur Folge hat, dass das ‚Value Capture‘ bei diesen Preisen schwer einzuschätzen ist und so Sponsoren anspricht, die auf keinen schnellen und direkten Gewinn angewiesen sind. Solche Sponsoren sind typischer Weise öffentliche oder halb öffentlichen Träger, die DARPA kann als typischer Vertreter einer solchen Wettkampfkategorie angesehen werden.

Die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums ließ seit 2004 in ihrer ‚Grand‘ bzw. Urban Challenge‘ autonom fahrende Fahrzeuge gegeneinander antreten und erreichte darüber ihr Ziel; „to accelerate the development of autonomous vehicle technologies“ (vgl. DARPA 2005).

Der X-Prize kann als Prototyp des privaten ‚philanthrotischen‘ Prize betrachtet werden. Die X-Prize-Foundation wurde 1995 von einem privaten Spender, Peter Diamandis, gegründet. Sie gibt als „höheres Ziel“ an, dass ihre Preise „radikale Durchbrüche“ (vgl. X-Prize-Foundation 1995) zum Wohl der Menschheit schaffen sollen (ebd. Übersetzt durch den Autor).

Diese Durchbrüche lassen sich in der soziologischen Terminologie als radikale Innovationen übersetzen. Radikale Innovationen werden allerdings nur dann erreicht, wenn mit alten Paradigmen gebrochen wird, anstatt alte Techniken zu verbessern. Da dies schwierig und kostspielig ist, und die Gewinnchancen unübersichtlich sind, wird solche Grundlagenforschung in Netzwerke verlagert. Technische Wettkämpfe können als solche Netzwerke angesehen werden. Hier treffen sich Universitäten, Förderungsgemeinschaften, Unternehmen und Sponsoren.

Festzuhalten bleibt, dass sich moderne technische Wettkämpfe offenbar für ein Feld eignen, in dem hochtechnologische Grundlagenentwicklung betrieben wird. Hochtechnologie ist dabei zum Beispiel die Weltraumtechnologie (X-Prize), die Biotechnologie (iGEM), Nanotechnologie (Mobile Microrobotics Challenge) und autonome System-Technologie, besonders Roboter (DARPA Grand Challenge, RoboCup). Der RoboCup dient hier als empirischer Grundlage.

2.2 RoboCup

Die erste Roboter-Fußball Weltmeisterschaft (Robot World Cup, kurz RoboCup) fand 1997 in Japan statt. Die Idee, Roboter gegeneinander Fußball spielen zu lassen, wurde dabei von verschiedenen Forschern als Alternative zum populären Computer-Schachspielen als Test für Künstliche Intelligenz vorgeschlagen (RoboCup 2011). Fußball bietet im Gegensatz zum Schachspiel eine größere Fülle an Möglichkeiten für komplexe Rechnerleistungen.

gen und Künstliche Intelligenz: Zum einen ist Fußball kein deterministisches Spiel und kann so nicht vollständig mit Hilfe von Datenbank und Rechnerleistung abgedeckt werden. Darüber hinaus ergibt sich im Fußball eine Fülle von Interaktionen - nicht nur mit dem Gegner, sondern auch mit Mitspielern (vgl. Burkhard/Marsiske 2003: 50). Zum anderen muss, im Gegensatz zum Schach, die Komplexität des Spiels in Echtzeit abgerufen werden.

Die Integration von Künstlicher Intelligenz und mechanischer Bewegung eröffnet dabei ein weiteres Feld der Innovationsmöglichkeit. Vor allem die autonome Erfassung und Verarbeitung des Spielfeldes ist dabei eine der größten Herausforderungen für die Entwickler. Insgesamt bietet Fußball also eine geradezu optimale Plattform für Entwicklungsarbeit:

„RoboCup offers an integrated research task covering the broad areas of AI and robotics. Such areas include: real-time sensor fusion, reactive behavior, strategy acquisition, learning, real-time planning, multi-agent systems, context recognition, vision, strategic decision-making, motor control, intelligent robot control, and many more.“ (RoboCup 2011)

Als visionäres Ziel des RoboCups steht von Anfang an, dass ein Roboter-Team den amtierenden Weltmeister der FIFA schlagen kann (vgl. Burkhard/Marsiske 2003: 15).

Im Zuge der Entwicklung des RoboCups erweiterten sich auch die unterschiedlichen Roboter-Versionen. Neben der 'Simulation' (2D, ab 2004 auch 3D), die vor allem an der Erweiterung der Künstlichen Intelligenz arbeitet, gibt es eine ‚Small Size‘, ‚Middle Size‘ und eine ‚Humanoid League‘. In der ‚Standard Platform‘ arbeiten alle Teams mit dem gleichen Robotermodell, derzeit dem Aldebaran NAO. Die letzten Erweiterungen sind der RoboCup-Rescue und der RoboCup@Home, in dem autonome Rettungs- und Haushaltsroboter antreten.

2.3 Innovatives Handeln

Wenn also die Struktur der Wettkämpfe innovatives Handeln begünstigt, muss auch das untersucht werden. Der Innovationsprozess soll nun als Handeln begriffen werden:

„Das Herstellen technischer Werke z.B. ist weder ein geniales Ideenfinden, noch ein bloßes Problemlösen, und auch kein bezugsloses Basteln. Technisches Machen ist ein besonderes soziales Handeln, das sich kreativ, kombinierend und experimentierend an Sinn in vielfältigen Bezügen orientiert“ (Rammert 2008: 3).

Obwohl Kreativität dabei genauso inflationär und interpretationsoffen verwendet wird wie Innovation (vgl. Joas 2002: 106), beinhaltet sie doch meistens eine enthusiastische Konnotation. Dabei stellen Neuerungen vor allem erst einmal das Alte und Bewährte in Frage: „Innovation trifft auf Tradition, zerstört sie oder scheitert selbst“ (Rammert 2008: 5). So lässt sich innovatives Handeln von zwei Seiten betrachten, einmal als deviantes Verhalten (z.B. mit Robert K. Merton) und als ein kreatives und experimentell erprobendes Handeln (z.B. mit Hans Joas) (vgl. ebd.).

Das zerstörerische Potential von innovativem Handeln hat lange dafür gesorgt, „dass es sich nur im Schutz klösterlicher Mauern oder unter der Kontrolle mächtiger Zünfte im Mittelalter ereignen und institutionell eingeehgt stattfinden konnte“ (ebd. 5). Auch in der Moderne wird das unberechenbare innovative Handeln in akademischen Forschungsinstitutionen und Entwicklungsabteilungen eingefangen. Allerdings stellt Werner Rammert für die Gegenwart fest, „dass die Innovationen die räumlichen Grenzen des Labors und die institutionellen Grenzen akademischer Wissenschaft überschreiten“ (ebd.). Als Teil dieser Tendenz können technische Wettkämpfe gedeutet werden. Scheinbar schaffen diese Wettkämpfe das, was in innovatives Handeln ausmacht: „das Paradox der Innovation zu balancieren, nämlich die Kraft der Kreativität zu entfalten und gleichzeitig die Gewalten der Zerstörung einzudämmen“ (ebd.).

Auch Hans Joas betont die „institutionstheoretischen Konsequenzen“ (Joas 2002: 255), die die Möglichkeit zum kreativen Handeln bringt. Für Joas ist der kreative Charakter des menschlichen Handelns ein „drittes Modell“ (ebd.) neben rationalem und normativ orientiertem Handeln. Dabei sieht er hier vor allem die schöpferischen Aspekte, die aus dem Brechen mit alten Handlungsrouninen hervorgehen (ebd. 287). Dieses Handlungsmoment aber nutz- oder steuerbar zu machen ist schwierig, denn die Organisationsstrukturen die den Moment ermöglichen sollen, vereiteln ihn auch gleichzeitig. Trotzdem gibt es Situationen der „changierenden Über- und Unterinstitutionalisierung“ (Derpmann 2010: 7), die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit innovatives Handeln erlaubt. Tom Kehrbaum fasst die wichtigsten Bedingungen für Innovatives Handeln in einer Liste zusammen:

„Neue Erkenntnisse können nicht zwingend oder systematisch herbeigeführt werden;
Geistige Selbstbestimmung [...] ist die Grundlage für 'freies' Reflektieren;

Diese geistige Grundhaltung kann durch Handlungsdruck oder durch die Abwesenheit eines Handlungsdruckes herbeigeführt werden;

Situationen ohne echten Handlungsdruck sind Momente der Muße, des 'sinnfreien' Reflektierens;

Viel 'Wissen' (als vorbewusstes 'Datenmaterial') erhöht die Wahrscheinlichkeit des 'zufälligen' Aufblitzens neuer Erkenntnisse, weil neue Erkenntnisse nur aus vorhandenen Ideen entstehen, die in einer neuen Verbindung zusammengesetzt werden;

Bildung und Reflexion verstärken den Praxisbezug des Wissens und fördern dadurch Antizipationsfähigkeit;

Es muss die Bereitschaft bestehen, die Gültigkeit von bisher erarbeitetem Wissen prinzipiell in Frage zu stellen" (Kehrbaum 2009: 110f, gekürzt A.M.).

Das ‚nicht zwingen können‘ von neuen Erkenntnissen beschreibt auch Robert K. Merton schon in seinen *The Travels and Adventures of Serendipity* (Merton/Barber 2004). Dabei geht es nicht nur darum, dass es Neben- oder Zufallsprodukte von Forschung gibt, sondern um die überzufälligen Entdeckungen, die entstehen, wenn viel an einer Innovation gearbeitet, aber erst in einem ungezwungenen Moment auftauchen, in dem nicht direkt darüber nachgedacht wurde. ‚Viel Wissen erhöht die Wahrscheinlichkeit‘ wie Kehrbaum schreibt: ‚Der Zufall begünstigt nur einen vorbereiteten Geist‘. Das heißt das ‚Aufblitzen‘ der Erkenntnis kommt vor allem in Phasen starker Beschäftigung und Einarbeitung in ein Feld, allerdings dann, wenn es nicht um das eigentliche Problemlösen geht: „the discovery through chance by a theoretically prepared mind of valid findings which were not sought for" (Merton 1957: 12). Kehrbaum nennt dies „Abduktive Geistesblitze“ (Kehrbaum 2009: 103). Die Bedingungen bezeichnet er als „Handlungsdruck“ und „Muße“ (vgl. Liste oben). Anzunehmen wäre, dass Wettkämpfe für innovativ Handelnde genau dieses Spannungsfeld zwischen Muße und Druck bieten, in einem Umfeld, das stark geprägt ist von Wissen und theoretischem Vermögen.

Neuberger fasst ein solches Spannungsfeld zusammen, in dem er es als Spielraum bezeichnet: „Es muss immer Spielraum für Initiative und Innovation geben.“ (Neuberger 1992: 82). Die ‚Spielmetapher‘ nimmt er aus Crozier und Friedbergs organisationstheoretischen Buch *Macht und Organisation* (Crozier/Friedberg 1979). Hier heißt es, das Spiel „vereint Freiheit und Zwang“ der handelnden Akteure in einer Organisation (ebd. 68). So schlagen sie auch ein „Management Revisited“ vor, in dem ein möglichst großer Freiraum aufgemacht werden soll (ebd. 73), um die Vorzüge nutzbar machen zu können.

Dieser Spielbegriff zeigt generell eine Überschneidung mit der Innovationsforschung (Derpmann 2010). Die „judischen Muster“ (ebd. 10) im Innovationsprozess öffnen Deutungsmuster, die die Grundlage für neue Entwicklung bieten. Dabei wird der erfahrenen Kontingenz mit „Spielwissen“ begegnet, welches „kein theoretisches, sondern ein körperliches, performatives, praktisches Wissen [ist], das in mimetischen Prozessen erworben, erinnert und gestaltet wird“ (Wulf 2005: 172 zitiert nach Derpmann 2010). So wird das zerstörerische Potential von Innovation und die Kontingenz des Neuen nicht mehr als Bedrohung empfunden. Der Handlungsraum der Akteure wird mit Hilfe der spielerischen Deutungsmuster „qua Selbstorganisation“ (ebd.) – ganz in Sinne Neuberger – gestaltet und ersetzt damit alte routinierte Kontexte, die als insuffizient und kreativitätshemmend empfunden werden. Diese Art zu Handeln ist allerdings nicht dauerhaft aufrechtzuerhalten, da sie sonst selber der Routine anheimfällt oder den Alltagsanforderungen nicht dauerhaft genüge tut.

2.4 Wettkämpfe als Spiel

Neben dem Spiel als ‚Metapher‘ sind die konkreten Wettkämpfe selbst auch ‚Spiele‘. Wenn oben gesagt wurde, dass diese mit den Begriffen der soziologischen Spieltheorie untersucht werden sollen, muss diese nun aufgezeigt werden.

Beim theoretischen Umgang mit Spiel führt nichts an dem Kulturhistoriker Johann Huizinga und seinem Werk *Homo Ludens* vorbei (Huizinga 2006). Er definiert Spiele als grundlegende menschliche Aktivität; als freie und sinnvolle Tätigkeit, durchgeführt allein für ihren eigenen Zweck, räumlich und zeitlich getrennt von den Anforderungen des alltäglichen Lebens (ebd. 16). Über die Zweckfreiheit von Spiel und dem Gegensatz zur Arbeit wurde viel geschrieben (vgl. Gebauer 1996). Ohne hier weiter auf den Diskurs einzugehen, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass Spiel nicht ein Gegenbegriff zur Arbeit darstellt und sich in der modernen Welt Spiel auch immer den Arbeitsverhältnissen angenähert hat. Eine Adaption des Begriffes wie durch Neuberger ist somit möglich. Zudem ist Spiel auch nicht der Gegenbegriff von Ernst, wie schon Johan Huizinga feststellt:



„Spiel ist ein dem Ernst übergeordneter Begriff, denn der Ernst sucht das Spiel auszuschließen, während das Spiel sehr wohl den Ernst in sich einschließen kann. So kann niemand spielend ernst sein, aber Spiel kann sehr wohl ernsthaft sein.“ (Johan Huizinga 2006: 14)

Mit Hilfe von Roger Caillois lassen sich Wettkämpfe als eine bestimmte Art des Spiels identifizieren (Caillois 1982). Roger Caillois Erweiterung von Johan Huizinga bietet vier Prinzipien des Spieles an: Alea (Chance), Mimicry (Verkleidung), Ilinx (Rausch) und Agon, den Wettkampf (ebd. 46). Agon steht dabei für den Wettkampfcharakter der Spiele:

„Eine ganze Gruppe von Spielen erscheint als Wettkampf, das heißt als ein Kampf, bei dem eine künstliche Gleichheit der Chancen geschaffen wird, damit sich die Wettkämpfer unter idealen Bedingungen miteinander messen können, unter Bedingungen, die es ermöglichen, dem Triumph des Siegers einen ganz präzisen und unbestreitbaren Wert zu verleihen“ (ebd. 21).

Um einen agonalen Wettkampf zu gewinnen sind nach Möglichkeit immer nur die Fähigkeiten entscheidend, die in dem jeweiligen Wettkampf gefragt sind. Beim Fußballspiel zum Beispiel, zählt nichts weiter als das Geschick, den Ball mit den Füßen zu bewegen. Alle anderen Einflüsse werden ausgeschaltet. Die räumliche und zeitliche Trennung erlaubt diese ‚Messung‘ der Fähigkeit erst: Nur wer als Spieler innerhalb des Spielfeldes und zur Zeit des Spieles Tore erzielt gewinnt. Außerhalb dieses begrenzten Spielfeldes zählt die Fähigkeit erst einmal nicht. Äußere Einflüsse werden von dem Spiel ferngehalten, das Spielfeld ist perfekt präpariert, so dass Leistung gezeigt werden kann. Um zu verhindern, dass eine Partei Vorteile hat, werden sogar zur Hälfte der Spielzeit die Seiten gewechselt. Wo das Prinzip des Agons nicht mehr ausgereizt werden kann, muss die Chance (Alea) entscheiden: Wer auf welcher Seite startet wird ausgelost. Ermöglicht wird der Wettkampf durch ein besonderes Merkmal des Spiels: die Spielregeln (Huizinga 2006: 20). Mit Hilfe dieser Regeln wird das Spiel zu einem besonderen Ort und einer besonderen Zeit: „In der Sphäre eines Spiels haben die Gesetze und Gebräuche des gewöhnlichen Lebens keine Geltung“ (ebd. 21). Dies heißt nicht, dass in Spielen Chaos herrscht; Spielregeln werden zwar freiwillig angenommen, sind aber unbedingt bindend (vgl. ebd. 20):

„Innerhalb des Spielplatzes herrscht eine eigene und unbedingte Ordnung. Hier sieht man also noch einen neuen, noch positiveren Zug des Spiels. Es schafft Ordnung, ja es ist Ordnung. In die unvollkommene Welt und in das verworrene Leben bringt es eine zeitweilige, begrenzte Vollkommenheit. Das Spiel fordert unbedingte Ordnung“ (ebd. 19).

Huizinga hält fest: „Alles Spiel ist zunächst und vor allem ein freies Handeln. Befohlenen Spiel ist kein Spiel mehr“ (ebd. 16). Nur auf diese Weise kann die oben aufgemachte Metapher auch funktionieren.

Das bedeutet auch, dass trotz der unbedingten Qualität der Regeln der Umgang mit ihnen kritisch sein kann. Johan Huizinga erkennt zwei Arten von Regelbrechern: den Spielverderber und den Falschspieler. Letzterer setzt sich mit den Regeln auseinander, befindet sich aber immer noch im Spiel. Der Spielverderber ist wesentlich gefährlicher für das Spiel (vgl. ebd. 20).

Spiele existieren natürlich in unterschiedlich regulierten Arten. Die strenge Regelhaftigkeit ist ein Merkmal des agonalen Spiels, aber auch hier gibt es mehr oder weniger fixe Regeln. Vor allem im spontanen Spiel sind Regeln improvisiert und kurzfristig. Caillios nennt das spontane (auch kindliche) Spiel „Paidia“ (Caillois 1982: 36). Um einen gleichen und gerechten Wettkampf zu gewährleisten erweitern sich Regeln im Normalfall sukzessiv. Der Gegenpart zur Paidia ist so das völlig geregelte und ausgearbeitete Spiel, der „Ludus“:

„Ludus erscheint als Komplement und Weiterentwicklung der Paidia, die er diszipliniert und bereichert. Er bietet Gelegenheit zu einem Training und endet normalerweise in der Erwerbung einer auf ein bestimmtes Ziel gerichteten Geschicklichkeit, der Erringung einer besonderen Meisterschaft, der Handhabung dieses oder jenes Apparates oder in der Fähigkeit, eine befriedigende Antwort auf streng abgegrenzte Probleme zu finden“ (ebd. 39).

Paidia und Ludus lassen sich als eine Skala verstehen, auf der Spiele eingeordnet werden können. Am Beispiel des Fußballs lässt sich auch das wieder zeigen: Ein spontanes Spiel mit improvisierten Toren und einer Dose als Ball ist Paidia „Lärm, Bewegung, unbändiges Lachen“ (ebd. 46). Die hier entstehenden Ungerechtigkeiten – unterschiedlich große Tore, schräger Platz, zufällig rollende Dose – verhindern, dass die Fähigkeit des Fußballspiels das Spiel entscheidet. Während das bei spontanem Spiel nicht entscheidend sein mag, will der ehrgeizige Spieler doch bessere Bedingungen: Regeln regulieren die Größe der Tore, der Ball wird genormt, der Platz wird abgesteckt, Schiedsrichter beginnen die Regeln zu überwachen. Zwangsläufig folgt so auf dem Weg zum Ludus - den Regeln - die Organisation.

Dies geschieht auch deshalb, weil „die Spielgemeinschaft [...] allgemein die Neigung [hat],

eine dauernde zu werden, auch nachdem das Spiel abgelaufen ist“ (Huizinga 2006: 21). Die Konsequenz ist, ganz auf der Ludus-Seite, eine organisierte Liga mit völlig geregelter Fußballspiel. Dabei geht aber die Spielhaftigkeit des Wettkampfes auch im Ludus nicht verloren. Im Gegenteil fördert erst der Ludus die wirklichen Fähigkeiten, auch durch den realistischen Vergleich mit Konkurrenten.

Für Wettkämpfe im Sinne dieser Untersuchung gelten diese Feststellungen auch. Vor allem die Wettkämpfe, die sich in mehrere Etappen gliedern, erweitern ihre Regeln und damit ihre Qualität, aber auch ihren Organisationsgrad. Gleichzeitig ist die Spielhaftigkeit, besonders die Art des agonalen Wettkampfes, für die Fähigkeit und Motivation der Beteiligten förderlich. Alleine die Möglichkeit seine forschenden und entwickelnden Fähigkeiten im Konkurrenzkampf zu testen kann diese verbessern:

„Just competing for a prize can improve the skills or behavior of entrants, so a few sponsors have made participation a primary objective, designing prizes for which the competitive process is at least as important as the outcome.“ (Bays/Jansen 2009: 2)

2.5 Wettkämpfe als Benchmarks

Schon beim Orteig Prize zeigt sich ein weiterer Vorteil von Wettkämpfen, indem sie ein objektives Kriterium bieten, anhand dessen neue Technologie gemessen werden kann: „A second fundamental feature of successful prize contests is that they offer a clear measure of success, in a field where achievement is desirable but measurement had been lacking“ (Masters/Delbecq 2008: 9). Diese Messungen sind also vor allem in Bereichen wichtig, in denen zuvor keine verlässlichen Vergleiche möglich waren, z.B. im Falle der zivilen Luftfahrt:

„At the start of civilian aviation, for example, barnstorming airplanes would make local demonstrations under diverse conditions, but performance comparisons were difficult. The aviation prize contests created well-defined, unambiguously measurable criteria of success“ (ebd.).

Martin Meister führt den Erfolg von Wettkämpfen für die Roboterentwicklung auf eben diese Fähigkeit zurück: „This tremendous success has to be interpreted as the fields answer to the absence of any standardized measures or even benchmarks for a comparison of the performance of advanced robots“ (Meister 2010: 7).

Auch für die anderen Wettbewerbe zeigt sich wie wichtig ein standardisiertes Feld und eine einfach zu definierende Erfolgsmessung ist. Keiner der Wettkämpfe weist spezielle Ziele auf, die von der Aufgabenstellung nicht auch für jeden Laien nachzuvollziehen sind: Eine bestimmte Strecke absolvieren, ein Raumschiff ins Weltall bringen oder eben Tore schießen. Dies ist dabei besonders wichtig, da bei komplexer moderner Technologie die Entwickler aus unterschiedlichen Fachdisziplinen kommen, deren Erfolgsprioritäten dementsprechend ganz unterschiedlich sein können.

Ein besonderer Effekt der Messung innerhalb eines Wettkampfes ist, dass die Entwickler ihre Labore verlassen müssen, um die Fähigkeiten ihres Innovationsprodukts zu demonstrieren und zu testen: „As single-unit platforms inhabiting their creators' labs, these creatures can hardly be compared and overall progress in the field at large can hardly be measured“ (ebd. 7) Also schaffen Wettkämpfe ein Feld außerhalb der Labore, die gleiche Bedingungen für alle bieten. In dem Feld des Wettkampfes passieren zudem unerwartete Ereignisse, die in der kontrollierten Umgebung des Labors ausgeschlossen sind, es treten Bedingungen auf, die vorher nicht eingerechnet worden sind. Außerdem kann in den Verlauf des Wettkampfes nicht korrigierend eingegriffen werden. So ist bereits die Teilnahme an einem Wettkampf für die Entwickler hilfreich, da aus dieser Situation gelernt werden kann: „These reasons for losing a game can be very interesting from a scientific standpoint, and researchers can learn a lot from them. But in the game, excuses – other than in a laboratory environment – are ruled out“ (ebd. 8). Meister beschreibt Begebenheiten, in denen die Laborsituation als Entschuldigung für Fehler genutzt wird, wie vermeintlich oder tatsächlich ausgeschaltete Teilsysteme, Batterieprobleme oder ähnliches. Innerhalb der Wettkämpfe wird derartiges ausgeschlossen und somit ein Test unter Realbedingungen gefördert.

Ermöglicht wird die Messung der Qualität über Regeln, die für alle Teilnehmer gleich sind. Die Regeln folgen dabei ganz der Beschreibung der Spieltheorie in der der Argon eine „künstliche Gleichheit der Chancen schafft, damit sich die Wettkämpfer unter idealen Bedingungen miteinander messen können, (...) die es ermöglichen, dem Triumph des Siegers einen ganz präzisen und unbestreitbaren Wert zu verleihen“ (siehe oben). Sie bilden den Rahmen des Wettkampfes und sind Objekt der Aushandlung der Beteiligten:

„In contrast to the simplicity and rigidity of the measure and the rules, the setting, consisting of the specification of the playground, the robots and the software platform, is permanently negotiated by all potential participants (mainly in mailing lists). The results are drawn together and fixed by a technical committee, and only in the few days of the tournament itself the rules are fixed. In these negotiations the participants have to find a compromise for two different types of requirements – those of measurable development progress in many research areas, and those of assuring a fair game itself” (Meister 2010: 8).

Die Herstellung des ‚fair play‘ ist dabei besonders interessant, weil es einerseits in einem Umfeld in dem kommerzieller Erfolg zählt wenig zu erwarten ist, aber andererseits für einen erfolgreichen Wettkampf immanent notwendig ist (siehe oben). Meister zitiert aus dem RoboCup@Home Technical Committee Bericht:

„That means, “trying to cheat (e.g. pretending autonomous behavior where there is none)” and “trying to exploit the rules (e.g. not trying to solve the task but trying to score)” (RoboCup@Home Technical Committee 2009: 16) is not legitimate.” (ebd.)

Ein weiteres Zitat aus dem Technical Committees zeigt einen Mechanismus der mutmaßlich fundamental für Wettkämpfe ist:

“To foster advance in technology and to keep the competition interesting, the scenario and the tests will steadily increase in complexity. While in the beginning necessary abilities are being tested, tests will focus more and more on real applications with a rising level of uncertainty” (ebd.)

Die Regeln sind nicht fix, sondern werden benutzt, um die Schwierigkeit des Wettkampfes zu erhöhen und damit den Progress der Innovationen sicherzustellen.

Sichtbar ist dies nicht nur beim RoboCup, sondern auch zum Beispiel bei der DARPA Grand Challenge. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der RoboCup als Beispiel für einen technischen Wettkampf eine Plattform bietet, um Innovationen, in diesem Fall autonome Roboter zu testen, vergleichen und deren Fähigkeiten zu demonstrieren. Die Kombination aus einfacher Messmethode mit klaren Regeln erlaubt dies für ein Feld, in dem Vergleich und Messung bisher nicht objektiv möglich waren: „In this situation, the brilliant trick of Robocup is to combine three organizing principles in one scenario: first, a very simple measure; second, well-known rules; and third a detailed and permanently negotiated description of the setting“ (ebd. 8).

Die monetäre Entlohnung für Wettkämpfe als Anreiz kann nicht als Schlüsselement

ausgemacht werden. Da der RoboCup nicht mit Geldpreisen dotiert ist (und bei den Wettkämpfen die ein Preisgeld ausloben die Teilnehmer mehr für ihre Entwicklungen ausgeben als der potentielle Erfolg verspricht, siehe oben), müssen die Mechanismen innerhalb des Wettkampfes betrachtet werden.

3 Daten

Die Daten stammen aus Ad-hoc Interviews mit Teammitgliedern und Teamleitern während der RoboCup German Open 2011 und Leitfaden-Interviews mit Teamleitern in den Instituten von vier RoboCup Teams.

3.1 Zeitdruck und Zielgerichtetheit

Der erste identifizierte Vorteil der Wettkämpfe ist der Zeitdruck. Schon in den Interviews von Marsiske wurde darauf hingedeutet, dass die Deadline eine wichtige Rolle für den RoboCup spielt:

„Auch der vorherbestimmte Zeitpunkt für diesen Test ist wichtig. Die Entwicklung ist dann auf diese spezielle Deadline ausgerichtet. Das setzt bei den beteiligten Mitarbeitern Energien frei, die man sonst wahrscheinlich gar nicht mobilisieren könnte.“ (Marsiske 2010b)

Der Zeitdruck erschafft eine Phase der Entwicklung in der nur für den Wettkampf gearbeitet wird:

„Ich würde das so sagen: bis ein paar Wochen vor den RoboCup ist das solide Arbeit in Führungszeichen und danach wird auch viel - wir nennen das halt 'hacken'. Viel so mal eben schnell eingebaut oder mal eben so vereinfacht, dass wir was haben was funktioniert, das aber aus theoretischer Sicht, oder auch aus dem was man sich vorgestellt hat nicht optimal ist, aber unter den meisten Bedingungen gut oder wie auch immer funktionieren könnte. Man weiß ja auch nicht was da hinten bei raus kommen könnte.“ (Informatiker)

Dieser Unterschied zeigt sich in der Aufteilung aller Teams. Zum einem gibt es die klassische Forschungsarbeit und zum anderen eine Phase, in der nur für den Wettkampf gearbeitet wird. Diese geht dann mit viel Arbeit und Kurzfristigkeit einher:

„Ja also es ist so, dass wir zwar mit unsere, wir versuchen unserer Forschung nachzugehen und ein Teil unserer Forschung auch hier für dieses Team anzuwenden, aber eigentlich sind das zwei verschiedene Standbeine. Zum einen forscht man sehr theorielastig und zum anderen bei diesen Wettkämpfen versucht man dann halt, wie ich es schon sagte, seine Ergebnisse auch wettkampftauglich umzusetzen, das heißt in der Theorie hat man

schon sehr viel Vorarbeit geleistet, aber die eigentliche praktische Umsetzung, die Algorithmen zu schreiben et cetera, das machen wir erst kurz vor oder halt eben während eines solchen Wettbewerbes.“ (Ingenieur)

Dabei wird das gesamte Jahr auch auf den Wettkampf hingearbeitet und Ideen gesammelt, welche aber erst in der konzentrierten Phase vor dem Wettkampf genutzt und umgesetzt werden:

„Also man sammelt natürlich Ideen jetzt was man so machen könnte über das ganze Jahr, man hat das ja immer so im Hinterkopf laufen, denkt so Ohh ja, das wäre ja vielleicht auch ein ganz schönes Feature und dann wird es aber umgesetzt dann im erst relativ kurzfristig immer.“ (Software Engineer)

Dass diese Phase dabei tatsächlich sehr effektiv und anspornend sein kann, sagen die Teammitglieder aus:

„In den letzten Wochen davor sehr, sehr viel, also nicht nur unter der Woche, sondern auch am Wochenende, Samstag, Sonntag, so viel, wie es eigentlich ging – ja - die Zeit noch zu nutzen, zehn Stunden am Tag oder so, also das war schon echt richtig extrem.“ (Computervisualistiker)

Die Teilnehmer lassen sich offenbar dank des Wettkampfdrucks weit über ihre eigentlichen Arbeitszeiten und Pflichten motivieren und sind bereit, viel mehr zu investieren.

Diese Zeit ist aber nicht vom chaotischen Handeln oder überstürzter Arbeit geprägt, sondern sie ist eine besondere Phase. Geleitet wird sie von dem, was Manuela Veloso, ehemalige Präsidentin der RoboCup Federation, ‚Systemsicht‘ nennt:

„Ganz entscheidend ist die Systemsicht. Hier entscheidet nicht die einzelne Komponente über Erfolg oder Misserfolg, es sei denn es ist die schwächste. Man muss bei dem Gesamtsystem daher schauen, an welcher Stelle es zuerst bricht, und dieser Stelle besondere Aufmerksamkeit widmen. Dagegen hat es wenig Sinn, die beste Komponente noch ein wenig besser zu machen.“ (Marsiske 2010)

Zusammen mit der Deadline entstehen so ‚klare Ziele‘, auf die zugearbeitet wird:

„(...) Also - wie gesagt - wenn man kein klares Ziel hätte, keine klare Deadline mit dem Wettbewerb, dann würde bestimmt auch nicht so viel Zeit reingesteckt werden, wie es der Fall ist im Moment in den Wochen vor dem Wettbewerb.“ (Computervisualistiker)

Dieses ‚klare Ziel‘ wird durch den Wettkampf vorgegeben und ist der zweite Mechanismus. Es ermöglicht eine gewisse Art der Forschung, in der nicht mehr einzelne Themen oder

Projekte verfolgt werden, sondern gezielt auf einen erfolgreichen Roboter hin gearbeitet wird:

„Das ist ein Vorteil auf jeden Fall im Wettkampf, dass man dazu gezwungen wird oder man die Deadline hat so ungefähr, wenn man jetzt wirklich am nächsten Tag oder in zwei Wochen meinetwegen auch so nen Wettkampf hat, dann wird da darauf zugearbeitet und man ist sehr zielgerichtet. Wenn man jetzt einfach nur jetzt, man hat ne Plattform im Labor stehen und macht da dran Forschungsprojekte, dann sieht das von der Demonstration her oft nicht so schön aus, als wie im Wettkampf halt. Natürlich für den Wettkampf dann wirklich die ganze Energie reingesteckt wird um ne schöne Präsentation zu haben. Und natürlich es werden auch viele Ressourcen gebündelt jetzt auf dieses Ziel hinzuarbeiten, was vielleicht sonst auch, wenn man den Wettkampf nicht hätte vielleicht nicht so passiert wäre.“
(Software Engineer)

Spannend hierbei ist die Kombination aus ‚Vorteil‘ und ‚gezwungen‘. Scheinbar schafft es der Wettkampfcharakter des RoboCups eigentlich negative Aspekte wie Druck und Abbruch eigener Forschungsansätze eine positive Wendung zu geben. Das Ergebnis des Drucks ist, dass die Entwicklung nach vorne gebracht wird:

„Das war auf jeden Fall ein Vorteil, also wenn wir, wenn wir jetzt nicht den Wettkampf gehabt hätten, wären wir auf jeden Fall nicht so weit jetzt mit der Plattform, das ist ganz klar.“
(Software Engineer)

Dabei zeigt sich auch, dass diese Zielgerichtetheit etwas ist, das ohne Wettkampfdruck offenbar nicht funktioniert:

„Also dieses Praktikum hat vor vielen Jahren auch einmal im Sommer stattgefunden und da war die Idee, dass das System stabilisiert werden soll, man soll Wartungsarbeiten machen zum Beispiel oder - ja - nicht auf den Wettbewerb hinarbeiten, weil den gab es da eben nicht und das hat wohl nicht so gut funktioniert, weil es eben keinen Wettbewerb gab.“ (Computervisualistiker)

So bleibt festzuhalten bleibt, dass es (mindestens) zwei Phasen der Arbeit für die Entwickler gibt. Die erste wird geprägt von ‚theorielastiger‘, eher isolierter Forschungsarbeit und dem Umgang mit normalen Aufgaben im universitären Kontext. Dabei werden Ideen und Überlegungen für den Roboter gesammelt. Die zweite Phase vor (und während) des Wettkampfes ist geprägt von dem Zeitdruck, den die ‚Deadline‘ mit sich bringt. Hier wird Arbeit bis ins Extreme (10 Stunden pro Tag, Wochenendarbeit) gesteigert. Auch die Interaktion zwischen den Entwicklern wird gesteigert. Diese Phase wird als besonders fokussiert und Energie freisetzend beschrieben. Im Allgemeinen wird dies als sehr positiv

erlebt (als ein ‚Vorteil‘) und ist Aufgrund des Wettkampfcharakters etwas anderes als der Druck, der durch andere Situationen wie zum Beispiel Paper oder Auftragsarbeiten.

3.2 Kreative Phase

Die Wettkampfphase ist aber nicht nur eine Zeit gesteigerter Aktivität, sondern auch besonderer Kreativität und Einfällen. Zum einen werden die Ideen praktisch angegangen, die das Jahr über ‚im Hinterkopf‘ schwelten, zum anderen kommen spontan noch ganz neue Innovationen hinzu:

„Ja, also zum Beispiel, wir haben ja Flaschenwiegen gemacht so ungefähr mit unserem Manipulator, also wir man konnten dem Arm unterschiedlich volle Flaschen in die Hand geben und der hat gesagt ob die jetzt voll, halbvoll oder leer ist und das war ne Entscheidung, die wir am Abend vorher uns überlegt hatten, dass man das vielleicht machen könnte und dann haben wir das die Nacht über programmiert.“ (Computervisualistiker)

Wichtig hierfür sind Freiräume, die der Wettkampf bietet, um solche Ideen zu schaffen:

„Ja, wir haben da komplette Freiräume. Das ist auch das Schöne am RoboCup@Home, dass die Openchallenge, Demochallenge und Final, wo man eigentlich alles zeigen kann, was man will. Zum Beispiel, wir haben im Final gezeigt die Soundlokalisierung, also das man wirklich das ja Sound, die Richtung erkannt wird. Was jetzt in der normalen, in den anderen Test, brauch man das nicht, also es wird nirgends nachgefragt. Aber da eben eine Studentin da dran gearbeitet hat und das auf den Roboter gebracht hat, wars eben schön zu zeigen. Das heißt man hat wirklich seine kompletten Freiheiten und kann alles was irgendwie in der Service-Robotik irgendwie nutzbar ist, kann man da zeigen und kann man da ausprobieren.“ (Software Engineer)

Für die Wettkampfteilnehmer werden solche Freiräume von den Strukturen außerhalb des Teams, sprich vom universitären Rahmen her, erlaubt. Organisatorisch ergibt sich damit ein selbst eingeteiltes Feld mit Raum für eigene Vorstellungen:

„Ja, also von Professoren oder von irgendwelchen Autoritäten - sage ich mal - bekommen wir eigentlich keine Vorgaben oder nicht viel aufgedrückt, also da können wir schon unsere eigenen Dinge umsetzen, die wir machen wollen.“ (Software Engineer)

Innerhalb der Auswertung werden neue Ideen auch belohnt und gefördert. Diese Freiheit kann auch ganz offen ausgenutzt werden:

„(...) Oder man probiert eben ganz eigene Ansätze, also man macht einfach mal ein Schuss ins Blaue und probiert wirklich seine eigenen Ansätze die man überlegt hat, das könnte vielleicht funktionieren, einfach mal auf den Roboter auszuprobieren, ganz klar.

Also da ist wirklich den wissenschaftlichen Grundgedanken keine Grenzen gesetzt, alles wird ausprobiert und dann geforscht in jegliche Richtung.“ (Software Engineer)

Der Wettkampf selber fordert zusätzlich zum Umdenken und kreativen Ideen auf:

„Manche Sachen entstehen ja erst durch den Wettkampf. Also man hat eben sehr komplexe Regeln und die erfordern von einem, dass man halt bestimmte Probleme angeht, die man vorher vielleicht auf einfachere Art gelöst hat, da muss man jetzt plötzlich was komplexeres, man muss dann ein viel komplexeres Problem plötzlich lösen, dann muss man halt was neues entwickeln. (...)“ (Informatiker)

Das heißt für die Teilnehmer, dass in dem Wettbewerb ein Klima herrscht, das Neues fordert und belohnt. Ermöglicht wird dies durch die Freiräume, die sowohl der Wettkampf als auch die Organisation der Teams bieten.

Die Beschreibung der zweiten, der Wettkampf Phase der Entwicklungsarbeit durch die Entwickler gleicht ganz eindeutig den Erwartungen der Theorie für innovatives Handeln. Diese Wettkampfphase ist eine kreativ-schaffende Zeit, deren Bedingungen mit der Liste von Tom Kehrbaum übereinstimmen. Der Zeitdruck bringt den von Kehrbaum als förderlich beschreibenden Handlungsdruck mit sich, der durch ‚Anspannung und Aufmerksamkeit‘ gekennzeichnet ist, was eine Zielgerichtetheit der Akteure bewirkt.

Gleichzeitig gibt es eine Atmosphäre der ‚Selbstbestimmung‘, die die Grundlage für Reflexionen bietet. Diese Freiräume werden von den Beteiligten mehrfach bestätigt, sowohl innerhalb des Wettkampfes, als auch im Umgang der Beteiligten von Seiten ihrer Vorgesetzten. Dieser Umgang entspricht deutlich den Ideen Nebergers: Wenn die Teilnehmer erklären, dass ihre Professoren und Vorgesetzten keine Einschränkungen machen, ergibt das eine ‚Selbstorganisation‘, die vor allem in dem Teil der Arbeit auftaucht, der nicht von den alltäglichen Pflichten, wie universitäre Lehraufträgen oder der eigenen Dissertation, bestimmt ist.

Tatsächlich entsteht innerhalb dieser Selbstorganisation das beschriebene ‚Spannungsfeld aus Druck und Muße‘: Das Team ist selbstbestimmt und hat Freiräume, gleichzeitig steht es aber unter Zeitdruck und Zielgerichtetheit. Dabei wird der Druck von den Beteiligten als positiv angenommen und spornt sie an, anstatt Unwillen hervorzurufen. Dies funktioniert auch deshalb, weil es eine nicht alltägliche Phase ist. Es kann also gesagt werden, dass

sich die Teilnehmer hier das Gegenstück zu ihrer Selbstbestimmtheit und ihren Freiräumen selber schaffen, indem sie den Wettkampfdruck aufbauen; Neuberger würde einer solchen Vermutung innerhalb des ‚Spielraums Organisation‘ zustimmen.

Die Unterteilung in Phasen bietet auch eine Erklärung, warum die kreative, selbstorganisierte Struktur nicht selber zur Routine wird: sie lässt sich mit ihren hohen Anforderungen nur für die kurze Zeit um den Wettkampf aufrechterhalten und geht danach wieder in die ‚normale‘ Haltung über. Sie bleibt so immer eine besondere Phase.

Die Entwickler sagen zudem aus, dass sie in der anderen Zeit des Jahres sich vor allem theoretisch mit ihren Robotern beschäftigen und Gedanken über diese das ganze Jahr ‚im Hinterkopf‘ mit sich tragen, bis sie kurzfristig vor dem Wettkampf angewendet werden. Dieses Prozedere entspricht Kehrbaums Kategorie des ‚viel Wissen‘, welches die Wahrscheinlichkeit des ‚zufälligen Aufblitzens neuer Erkenntnisse‘ steigert und der Reflexion, die den Praxisbezug verstärkt und Antizipationsfähigkeit mit sich bringt. Dementsprechend gibt es spontane erfolgreiche Entwicklungen wie zum Beispiel das ‚Flaschenwiegen‘, eine typische adaptive (serendipische) ‚überzufälligen Entdeckungen‘ die einem ‚vorbereiteten Geist‘ widerfährt.

Auch berichten die Entwickler von gesteigerter Interaktion, nicht nur beim Wettkampf mit anderen Teams, sondern sogar bereits vor dem Wettkampf innerhalb der Teams. Gesteigerte Interaktion ist eine Voraussetzung, die innovatives Handeln begünstigt und von der Feuerwerkstheorie beschrieben wird.

Auch das Infragestellen von altem Wissen produziert der Wettkampf, indem die Regeln immer wieder erweitert und verändert werden und die Teilnehmer so zum Um- und Neudenken zwingt. Die Bereitschaft, die Gültigkeit von bisher erarbeitetem Wissen prinzipiell in Frage zu stellen, ist eine weitere Bedingungen für innovatives Handeln.

Zusammengefasst bedeutet das, dass der RoboCup eine Phase schafft, in der für die Entwickler alle Bedingungen innovativen Handelns erfüllt sind. Diese Wettkampfphase kann also als kreative Phase erkannt werden, ihre Ergebnisse lassen sich auch im Feld nachweisen. Diese Erkenntnis scheint nicht auf den RoboCup beschränkt, da es sich den Mechanismen, die die Phase erzeugen, nicht um RoboCup exklusive Mechanismen

handelt.

3.3 Testmethode

Wettkämpfe schaffen die Möglichkeit das Ergebnis dieser Kreativität sofort gegen die Entwicklung anderer Forscher zu testen und ihren Erfolg zu messen. Die Regeln ermöglichen, dass der RoboCup als Testmethode für die Teams einsetzbar ist.

„Und da sind auch die Regeln relativ wichtig, weil die relativ stark durchspezifiziert sind, weiß man eben schon, und alle Teams eben mit den gleichen Regeln arbeiten, da kann man dann schon sagen, ja das ist ein Vergleichstest und auch, man kann auch einzelne Ansätze miteinander vergleichen. Wenn man vorher mal was ausprobiert hat und jetzt probiert man einen neuen Ansatz, kann man den direkt vergleichen, wie ist jetzt der, also die Performance von dem neuen Ansatz.“ (Software Engineer)

Dabei lassen sich drei verschiedene Modi des Testens erkennen. Zum einem ist es der hier angesprochene ‚Vergleichstest‘, mit dem die Arbeit der Entwickler in Relation gesetzt werden kann. Vor allem im Bereich der NAOs ist dies sehr wichtig, denn ohne den RoboCup könnten die Entwickler ihre eigenen Roboter nur gegeneinander antreten lassen, also gegen ihren eigenen Quellcodes, und so können sie kaum einen Gütetest ihrer Arbeit vorlegen.

Wie das Eingangszitat zeigt, gilt dies aber auch für die @Home Liga, auch wenn es hier nicht so direkt sichtbar ist, wie beim Fußballspiel der NAOs. Dennoch ist der Wettkampf eine objektive Messung der Qualität des Produktes:

„Ja klar, sicher sicher. Also das ist ja, die Test sind relativ strikt und von den Punkten auch sehr objektiv zu vergeben. Also wie beim Fußball gibts ja auch objektive Kriterien um zu sagen Okay, ist jetzt ein Tor gefallen oder nicht, gewonnen hat. Und da hat man probiert in den @Home-Liga auch bestimmte Punkte zu vergeben um so ne Objektivität zu erreichen und äh danach klar, da gibts schon auf jeden Fall Wettbewerb und jeder probiert natürlich soviele Punkte wie möglich zu erreichen.“ (Software Engineer)

Diese Art des Tests ist eng verbunden mit der Motivation zum Siegen, was als Wettkampfcharakter beschrieben worden ist.

Die zweite Art der Testmethode ist die Übertragung der eigenen Arbeit in ein fremdes Feld. Dies bedeutet, dass die Roboter, die bisher im Labor der Entwickler getestet worden sind, hier in eine objektivierte Umgebung gebracht werden:

„Also es hat hier eben funktioniert unter Laborbedingungen, also innerhalb der Räume hier, und dort hat man dann eben gesehen unter welchen Umständen es dann auch in einer anderen Umgebung funktioniert, wo etwas... Es ist eher ein technischer Punkt, da haben wir damals noch eine Kamera benutzt, die Probleme hatte, wenn man in die Fern geschaut hat und dann ja, zum Beispiel, dann haben wir halt gesehen unter welchen Bedingungen das noch funktioniert und so weiter und so fort. Aber...“ (Informatiker)

Der Unterschied zwischen einem eigenen Labor und einer gemeinsamen Testarena darf weder für den @Home noch für die Rescue Liga unterschätzt werden.

„Ja natürlich, also die Situation ist ja dynamisch, der Gegner, also bei Fußball zum Beispiel, weiß man nicht was der Gegner genau macht und bei @Home weiß man nicht so genau wie die Arena vorher aussieht oder wie die Situation konkret ist, das heißt, dann zeigt sich natürlich ob das System unter solchen Bedingungen funktioniert und ob man das gut gemacht hat.“ (Informatiker)

Diese ‚Dynamik‘ ist etwas, was nur der Wettkampf erzeugen kann, innerhalb eines Labors ist sie nicht gegeben und kann auch nicht hergestellt werden.

„Ja auch, also natürlich, wenn man natürlich ein Experiment macht für jetzt im Labor, dann ist natürlich schon so, dass da, dass das sorgfältig gemacht wird und dass das alles funktioniert und dass alles gut ist, aber es ist halt nicht so, dass man, dass, also dass man das in so einer völlig fremden Umgebung, also die man sich nicht selber ausgesucht hat, zeigt, sondern auch öffentlich und live und zu einem gewissen Zeitpunkt und ja. Man macht halt nicht, man man probiert nicht zehnmals und hat vielleicht das Problem, dass man sich auf die Umgebung overfittet, sagt man, und ja. Das ist vielleicht ein Vorteil.“ (Informatiker)

Definiert sind hier alle Kategorien des ‚Nicht-Labors‘: die Umgebung ist unbekannt, nicht vom Entwickler präpariert, sie ist öffentlich dokumentiert und alle Resultate müssen zu einem bestimmten Zeitpunkt ‚live‘ abgeleistet werden. Das Gegenstück, das Labor, also der Entwicklungsraum der jeweiligen Teams, ist im ungünstigsten Fall ‚overfittet‘, was heißt, dass viele Dinge speziell für den Roboter passend gemacht worden sind (oder der Roboter zu stark an dieser Umgebung entlang entwickelt wurde). Zudem ist die Darbietung zu ‚live‘-Konditionen ein realistisches Testen des Roboters, da hier alle in dem Moment eventuell widrigen Umstände hingenommen werden müssen, so kann auch nicht noch einmal gestartet werden oder mehrmals versucht werden. Auf diese Weise wird die ‚Alltagstauglichkeit‘ nur in einer solchen Arena getestet und auch bewiesen:

„Ja genau, also dass also für den, das jetzt die German Open jetzt grade als Test für die Weltmeisterschaften ganz stark benutzt. Aber auch natürlich für die Plattform an sich oder auch für die Forschungsansätze die man hat, ob die jetzt wirklich alltagstauglich sind oder

nicht, also jetzt zum Beispiel die Studenten arbeiten an bestimmten Projekten und da können sie wirklich sehen: funktioniert mein theoretische Gedanken, die ich mir gemacht habe, jetzt zum Beispiel zur Objekterkennung oder irgendwas anderes, funktioniert das wirklich auf einem richtigen Roboter und unter vergleichbaren realistischen Umgebungen, was ja die @Home-Arena eigentlich darstellen soll.“ (Software Engineer)

Erst der Test über den RoboCup bietet also eine Möglichkeit, effektiv den Sprung von Theorie zu Praxis zu testen:

„Naja es gibt einen großen Vorteil, wenn man, also in der Uni überlegen wir uns das ja alles in der Theorie, entwickeln das und testen auch so ein bisschen aber es ist natürlich schwer dann zu sehen ob Praxis und Theorie zusammenpasst. Und hier hat man die Möglichkeit das einmal zu testen und einmal auch zu sehen wie weit sind die anderen, sich neue Ideen vielleicht zu holen und auszutauschen.“ (Informatiker)

Der dritte Modus des Testens ist das Experiment. Hier geht es noch über das reine Testen in einem neutralen objektivierten Feld hinaus. Im Sinne eines Experiments werden die Roboter losgeschickt und es wird damit gerechnet, dass etwas völlig Unerwartetes passiert. Alle Interviewten beantworten die Frage nach ‚Überraschungen‘ im Wettkampf positiv. Eine typische Situation, in der der Experimentcharakter den simplen Test überschreitet, zeigt sich dabei hier:

„Ja wir hatten zum Beispiel Probleme mit den Strahlern da oben. Wir haben also einen Wärmesensor, und wenn er dann auf einer Rampe steht und nach oben guckt, dann erkennt er so einen Strahler als Opfer und versucht dann auch den Strahler anzufahren, was er natürlich nicht schafft.“ (Informatiker)

Der Rescue-Roboter sucht in diesem Fall nach Opfern innerhalb der Arena. Diese werden unter anderem über die Körperwärme in Form von Heizkörpern simuliert, so dass die Roboter mit Hilfe eines Wärmesensors in Richtung der Opfer fahren. In besagtem Fall entdeckte der Roboter eine von der Decke hängende Lampe, die er als Hitzequelle erkannte, als Opfer ansah und seinem Programm entsprechend vergeblich anfuhr. Eine solche Situation stand nie auf dem Testprogramm der Entwickler, war vorher überhaupt nicht im Bereich der Möglichkeiten. Insofern erzeugt der Wettkampf Kontingenz für die Weiterentwicklung: als Ergebnis des ‚Deckenstrahler-Zwischenfalls‘ prüft der Roboter in der nächsten Runde den Abstand zum Opfer dreidimensional, eine Erweiterung, die im Labor nicht aufgetreten wäre.

Der Unterschied zwischen Test und Experiment ist, dass Testen die Fähigkeiten des Roboters in einer fremden und dynamischen Umgebung beweist, das Experiment aber völlig neue Aspekte aufbringt. Der RoboCup bietet gegenüber einem reinen Performance-Test beides.

3.4 Wettkampf als Arena

Insgesamt lässt sich so feststellen, dass keine der Kategorien exklusiven Erklärungscharakter hat. Zwar ist die Testmethode auch aus der geschichtlichen Entwicklung des RoboCups ursprünglich als Messung für Künstliche Intelligenz einer der Hauptaspekte des RoboCups, sie lässt sich aber nicht als Hauptmotivation der Teilnehmer darstellen. Zum einen gibt es zusätzliche Testmethoden unter völlig gleichen Bedingungen (sogenannte Demonstrationen), so dass dies allein den Aufwand des RoboCups nicht rechtfertigen würde. Zum anderen sehen es die Interviewpartner als Vorteil an, dass ihre Arbeit aus dem Labor gebracht wird, aber nicht als eigentlichen Zweck. Die Messung beim RoboCup ist somit mehr eine Mischung aus Praxistest, Vergleichsmaßstab und Demonstration.

Der Zeitdruck und die Zielgerichtetheit scheinen mehr Folge als Absicht des Wettkampfs zu sein. Auch wenn die kreative Phase sicherlich eine sehr günstige Eigenschaft des RoboCups ist, wird der Zeitdruck auch von anderen Situationen ausgelöst, zum Beispiel von einem Paper.

Auch andere Aspekte wie die Öffentlichkeit, die der RoboCup mit sich bringt, ist nicht exklusiv. Die Entwickler berichten von ‚Demos‘ in denen der gleiche Effekt erzielt wird. Auch das Sichtbarmachen von Technik hat eine positive Wirkung auf die Teams, ist aber insgesamt eher ein Seiteneffekt der Arbeit am RoboCup. Dennoch würden Wettkämpfe nicht ohne diesen Aspekt funktionieren. Auch wenn der öffentliche Effekt bei den Prizes größer ist, kommt auch der RoboCup nicht ohne diesen aus, da er auch die Sponsoren der Teams anlockt. Die Karrierechancen sind zwar auszumachen, aber auch mehr ein Nebeneffekt als eine Motivation.

Bezieht man das ein, so drängt sich der Eindruck auf, dass der RoboCup nicht durch einen Aspekt erklärt werden kann, sondern durch die günstigen Kombinationen aus

Möglichkeiten und Effekten. Eine Messung alleine erklärt nicht den Erfolg, aber eine Messung, die gleichzeitig anspornt und Kreativität freisetzt, ist für die Entwicklung extrem attraktiv. Wenn dadurch auch noch Öffentlichkeit und Sichtbarkeit hergestellt werden, zeichnet sich ein Bild ab, dass die Attraktivität einleuchtend erscheinen lässt: Die Funktion des Wettkampfs ist die Bündelung und Ausführung verschiedener Teile der Technikentwicklung.

Vorgeschlagen werden soll daher der Begriff der Arena als Metapher für den Wettkampf. Die Arena umfasst den direkten Vergleich der Konkurrenten, in dem sie sich gegeneinander messen können. Sie bietet gleiche, kontrollierte Bedingungen für alle, ist dabei aber kein Labor, sondern offen für Licht und Lärm und andere Umweltkontingenzen. Die Arena stellt den besonderen Raum dar, den Wettkämpfe bieten, in der das agonale Spiel entsteht, das Motivation und Kreativität hervor ruft. Überdies bietet sie Raum für Publikum, also Öffentlichkeit. Alles, was in der Arena passiert, ist sichtbar und eindeutig.

Es ist also die erfolgreiche Kombination, die Wettkämpfe zu einer günstigen Arena für Technikentwicklung macht:

„Ja, eine Mischung daraus, dass es eben viel, dass ein Wettbewerb ist, man kann sich mit den anderen vergleichen und - ja - neue Ideen von anderen auch mitbekommen - ja. Und es macht auch einfach Spaß.“ (Computervisualistiker)

4 Fazit

Bei der soziologischen Erkundung des Feldes der technischen Wettkämpfe lassen sich bereits viele Ergebnisse darlegen. Als Grundlage für die Abdeckung des Feldes ließen sich am RoboCup viele Phänomene aufzeigen, die helfen, Wettkämpfe in der Technikentwicklung zu erklären.

Die Geschichte der Wettkämpfe lässt sich weit zurückverfolgen, ihre Wirksamkeit hat aber mit der Einführung des Patentsystems nachgelassen. Anhand des Orteig-Prizes, auf den sich auch heutige Wettkämpfe noch berufen, sind die ersten Punkte festzumachen. Das Preisgeld ist nicht entscheidend für die Entwicklung, denn die meisten Entwickler zahlen mehr als die Preisgelder abdecken, ein Ergebnis, das auch im Feld bestätigt wurde. Aufgrund dieser Erkenntnis kann davon ausgegangen werden, dass der RoboCup, obwohl er nicht direkt Preis-dotiert ist, den anderen Wettkämpfen gleicht.

Die Mechanismen, die Kreativität steigern, wurden im Zeitdruck und der daraus entstehenden Zielgerichtetheit entdeckt. Durch diese beiden Effekten entstehen zwei Phasen, die die Arbeit der Entwickler in ihre normale Arbeit am Institut und die Arbeit für den Wettkampf einteilen. Die Arbeit für den Wettkampf wird dabei trotz, oder gerade wegen des Drucks, als positiv und kreativ empfunden. Sie zeichnet sich durch stark gesteigerten Arbeitsaufwand auf, ist aber selbst-organisiert. Die kreative Phase gleicht dabei stark den Erwartungen der Theorie: Sie ist von Handlungsdruck geprägt, ist aber durch die große Freiheit von Seiten des Wettkampfs und der Universität gekennzeichnet und lässt sich so als chargierende Über- und Unterinstitutionalisierung beschreiben. Ebenso treffen die Erwartungen zu, dass das Beschäftigen und der Praxisbezug in der Arbeit in der ersten Phase die Möglichkeit für überzufällige Entdeckung in der zweiten Phase erhöht. Von derartigen ‚Geistesblitzen‘ wurde beim RoboCup berichtet. Der Handlungsraum der Akteure ist so aufgeteilt in einen kreativen und einen alltäglichen Raum. Der kreative Raum wird dabei durch den Druck und die Selbstorganisation strukturiert, ist aber zeitlich begrenzt und dem besonderen Raum des Wettkampfs angegliedert und lässt so die Beteiligten weder ausbrennen noch entwickelt er sich selbst zu etwas Alltäglichen.

Dieser besondere Raum ist Teil des Wettkampfs und lässt sich über die Spieltheorie begreifen. Wettkämpfe können als agonales Spiel beschrieben werden, in dem über die Regeln sichergestellt wird, dass nur die Fähigkeit, die das Spiel verlangt, den Ausschlag für den Sieg gibt. Die Regeln lassen sich beim RoboCup auch als Triebfeder der Entwicklung ausmachen: Über ihre Änderungen wird der Wettkampf dynamisch gehalten und Entwicklung von den Teilnehmern gefordert. Die Regeln können dabei alles betreffen, vom Spielfeld bis zu den Robotern selbst.

Die Regeln ermöglichen auch die Gütemessung, die schon beim Orteig-Prize im Zentrum stand. Wettkämpfe lassen sich so als Messmethode für komplexe Technik klassifizieren. Der Vorteil der Messung ist eine eindeutige quantifizierbare Leistung, wie Tore beim Fußball, auf die sich alle Beteiligten einigen können und die für alle, auch Laien, sichtbar sind. Auch für die Wettbewerbe im RoboCup, in denen nicht Fußball gespielt wird, lässt sich dies zeigen. Als ein großer Vorteil wird dabei der Fakt angesehen, dass die Roboter aus ihrem Labor herausgeholt werden, das sonst als Umgebung overfittet ist. Der Wett-

kampf bietet demgegenüber eine herausfordernde Umwelt, zum Beispiel durch unterschiedliche Lichtverhältnisse, hinzu kommt der Vorteil der Live-Präsentation. Darüber hinaus ermöglicht der RoboCup auch eine Gelegenheit, die Roboter im Real-Experiment zu testen. Der RoboCup als Messmethode kann also in drei zusammenhängende Faktoren gegliedert werden: Benchmark, Praxistest und Experiment.

Literatur

- Bays, J./Jansen, P., 2009: Prizes: a winning strategy for innovation. McKinsey Quarterly 1/09.
- Caillois, R., 1982: Die Spiele und die Menschen. Maske und Rausch. Frankfurt/Main, Berlin, Wien: Ullstein Verlag.
- Crozier, M./Friedberg, E., 1979: Macht und Organisation Königstein: Athenäum.
- DARPA, 2005: DARPA Grand Challenge 2005. <http://archive.darpa.mil/grandchallenge05/> [letzter Abruf: 15.8.12].
- Derpmann, S., 2010: Ludische Gestaltungs- und Handlungsmuster im Innovationsprozess. Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien no 04/2010.
- Gebauer, G., 1996: Das Spiel in der Arbeitsgesellschaft. Über den Wandel von Spiel und Arbeit. Paragrana Band 5: 23-39.
- Huizinga, J., 2006: Homo Ludens. Vom Ursprung der Kultur im Spiel. Hamburg: Rowohlt.
- Joas, H., 2002: Die Kreativität des Handelns. Frankfurt am Main: Fischer.
- Kehrbaum, T., 2009: Innovation als sozialer Prozess. Die Grounded Theory als Methodologie und Praxis der Innovationsforschung. Wiesbaden: VS.
- Marsiske, H.-A., 2010a: Es gibt keinen vorgezeichneten Entwicklungspfad. <http://www.heise.de/ct/artikel/Es-gibt-keinen-vorgezeichneten-Entwicklungspfad-1028649.html> [Letzter Abruf: 10.8.12].
- Marsiske, H.-A., 2010b: RoboCup ist ein Leuchtturmprojekt. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/RoboCup-ist-ein-Leuchtturmprojekt-979958.html> [Letzter Abruf: 10.8.12].
- Marsiske, H.-A., 2011: RoboCup-WM: B-Human und NimbRo erneut Weltmeister. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/RoboCup-WM-B-Human-und-NimbRo-erneut-Weltmeister-1276553.html> [Letzter Abruf: 10.10.12].
- Masters, W.A./Delbecq, B., 2008: Accelerating Innovation with Prize Rewards - History and Typology of Technology Prizes and a New Contest Design for Innovation in African Agriculture. International Service for National Agricultural Research.
- Meister, M., 2010: Investigating the Robot in the Loop. Technology Assessment in the Interdisciplinary Research Field Service Robotic. hg. v. Berlin: TU Berlin.
- Merton, R.K., 1957: Social Theory and Social Structure. Glencoe: The Free Press.
- Merton, R.K./Barber, E., 2004: The Travels and Adventures of Serendipity: A Study in Sociological Semantics and the Sociology of Science. Princeton: Princeton University Press.

Neuberger, O., 1992: Spiele in Organisationen, Organisationen als Spiel. S. 53-86 in: W. Küpper (Hrsg.), Mikropolitik. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Rammert, W., 2008: Technik und Innovation. The Technical University Technology Studies TUTS-WP-1-2008.

RoboCup, 1998: A Brief History of RoboCup. <http://www.robocup.org/about86robocup/a-brief-history-of-robocup/> [letzter Abruf 15.9.12].

Sutton-Smith, B., 1978: Die Dialektik des Spiels. Eine Theorie des Spielens, der Spiels und des Sports. Schorndorf: Verlag Karl Hoffmann.

Van de Ven, A./al., e., 2008: The Innovation Journey. Oxford: Oxford Univ. Press.

X-Prize-Foundation, 2011: Incentivized Competition Heritage. <http://www.xprize.org/x-prizes/incentivized-competition-heritage> [letzter Abruf 17.8.12].