

Fiktionalisierung & Spekulation: Innovieren im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Wissenschaftspolitik am Beispiel der Nanomedizin¹

Von Anton Schröpfer

Zusammenfassung: Wissenschaftliche Akteure befinden sich in heutiger Forschung mitunter vor einem zentralen Übersetzungsproblem, nämlich der herzustellenden Konvergenz zwischen wissenschaftlichen und wissenschaftspolitischen Ansprüchen an das Innovieren. Wie das Beispiel Nanomedizin zeigt, müssen die Forschenden nicht nur die wissenschaftspolitische Herausforderung bearbeiten, Nanomedizin im Spannungsfeld zwischen Schlüsseltechnologie und gesellschaftlichem Risiko zu verhandeln. Gleichzeitig müssen sie den wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht werden, epistemologisch relevantes Wissen zu produzieren. Mit Hilfe laborethnographischer Daten zu einem EU-Forschungsprojekt im Bereich des Tissue Engineernings wird gezeigt, wie das Konvergenzproblem forschungspraktisch bearbeitet wird. Beobachtet werden drei Forschungsphasen, die, definiert als Medien der Übersetzung, jeweils spezifische Übersetzungsleistungen beanspruchen: Adressierung & Re-Formulierung (Antrag), Hybridisierung & Re-Konfigurierung (Experiment), Inszenierung & Re-Konstruktion (Publikation). Es handelt sich hierbei, so der methodologische Vorschlag, um jeweils medienspezifische Praktiken der Fiktionalisierung und Spekulation. In heutigen Innovationsregimen sind Innovationsakteure solche, die den Balanceakt zwischen Fiktionalisierung und Spekulation meistern.

„Ne, was eine Frechheit ist und, ich mein‘ jetzt die Dinge, die sich aus der Natur ergeben, dass Dinge nicht funktionieren, damit kann man ja leicht umgehen, aber, was eine Frechheit ist, ist mit diesen Zeitverträgen und es ist völlig unproduktiv und im Endeffekt sind die Leute, die sich in die Wissenschaft begeben, die größten Idioten eigentlich, weil sie im Endeffekt, ja im Endeffekt kann man vielleicht sogar sagen, ihr Leben auf’s Spiel setzen. Und deswegen eine ja völlig inakzeptable Situation“ (Focus Group 2012).

Praktizierende Wissenschaftler/innen, die selbst in dem nicht unproblematischen Spiel um neue Fördergelder agieren, sind mit Aussagen wie dieser durchaus vertraut. Hier handelt es sich um ein Zitat eines Biochemikers der Technischen Universität München, der gezielt zur Konstruktion biosynthetischer Genvektoren für Gentransfer forscht. Es ist allgemein bekannt, dass insbesondere das Verhältnis zwischen Wissenschaftspolitik und Wissenschaft nicht nur einen Großteil des Alltags wissenschaftlichen Arbeitens mitbestimmt, sondern Wissenschaftler/innen vor grundlegende, oft kaum zu bewältigende Herausforderungen stellt. Wer wissenschaftlich innovativ sein will, muss heute gegenüber Akteuren der Forschungsförderung unter Beweis stellen, dass nicht nur Wissen für die *Scientific Community* generiert wird. Zusätzlich sehen sich wissenschaftliche Akteure politisch dazu angehalten, die gesellschaftliche Relevanz ihrer Forschung unter hochgradig kompetitiven Bedingungen unter Beweis zu stellen. Forschungsprozesse entlang verkürzter Zeitstrukturen zu organisieren, epistemologische Interessen auf konkrete Anwendungsszenarien auszurichten, öffentlichkeitswirksame Wissenschaftskommunikation zu betreiben oder neben Forschungs- und Entwicklungsarbeit auch Aufgaben des Managements zu übernehmen – und all dies nach europäischen Standards, die sich konti-

1 Die empirischen Daten dieses Beitrags wurden im Rahmen des von der Volkswagen Stiftung geförderten Projektes „Innovationen in der Nanomedizin“ (Michael Schillmeier) erhoben. Mein Dank gilt meinem ehemaligen Diplomarbeitsbetreuer Michael Schillmeier für die Ermöglichung des Forschungszuganges. Bedanken möchte ich mich auch bei Prof. Christian Plank und Dr. Martina Anton, die mich in ihre Arbeitsgruppen aufgenommen haben. Mein besonderer Dank gilt meiner Doktormutter Sabine Maasen für die intensive Betreuung und konzeptionelle Unterstützung.

niuerlich professionalisieren. Der vorliegende Beitrag adressiert genau dieses Problem: Wie ist es wissenschaftlichen Akteuren möglich, eine „Konvergenz“ (Callon 2006) zwischen all diesen verschiedenen, teils miteinander konfligierenden wissenschaftspolitischen und epistemischen Ansprüchen an das Innovieren herzustellen? Denn nur wenn dies gelingt, gilt etwas als Innovation:

Was es speziell für wissenschaftspolitische Akteure heißt, gesellschaftsrelevante Innovationen zu produzieren, wird mit Blick auf das Beispiel Nanotechnologie deutlich. Unter dem Titel „Nanomedicine: Open Innovation“ (2013) bezieht Nicolas Gouze, Mitglied der *European Technology Platform Nanomedicine* (ETPN), Stellung zu den aktuellen Herausforderungen, Nanomedizin – die Anwendung von Nanotechnologie im Bereich der Medizin – als gesellschaftsfähige Innovation zu stabilisieren:

Challenges include significantly improving the link between academia, industry, clinics and regulatory agencies, as well as creating and sustaining a continuous R&D supply chain from inventions to commercial take up. Also of interest is the setting up of integrated infrastructures to assist SMEs and academia to commercialise their innovations; providing advisory, educational, financial channels for early stage clinical proof of concept; and the better selection of preclinical projects according their translational potential and market needs (Gouze 2013).

Dieser Abschnitt spricht geradezu paradigmatisch für das gegenwärtige Wissenschafts- und Technologieregime, das im Diskurs der *Science and Technologie Studies* (STS) unter dem Begriff „mode 2“ (Gibbons et al. 1994; Nowotny et al. 2001) diskutiert wird. In wissenschaftspolitischen Begriffsapparaten herrscht nicht nur eine bestimmte Vorstellung darüber, wie, sondern auch zu welchem Zweck und unter welchen Voraussetzungen neues Wissen und neue Technologien für unsere Gesellschaft entwickelt werden sollen. Die Rede ist von inter- und transdisziplinärer Forschung mit klarem Anwendungsbezug, internationaler Orientierung und einer ausgeprägten offenen Kooperationskultur zwischen Universitäten, Politik, Wirtschaft und Industrie. Es liegt zudem in der Verantwortung von Forschungs- und Entwicklungsakteuren, bereits zu Beginn des Innovationsprozesses in einen ‚Dialog mit der Gesellschaft‘ zu treten, um in iterativer Weise Bedenken und Bedürfnisse von ‚User‘ (z.B. Patienten) in das Innovationsgeschehen miteinzubeziehen.

Gerade vor dem Hintergrund der ambivalenten und spannungsgeladenen Verhältnisse von Wissenschaftspolitik und Wissenschaft erscheint es für die soziologische Beobachtung verwunderlich, dass wir immer wieder aufs Neue mit empirischem Material konfrontiert werden, das unter Beweis stellt, dass das Innovieren unter diesen Bedingungen tatsächlich zu funktionieren scheint. Bereits ein Jahr vor der Stellungnahme von Gouze zu dem White Paper „Contributions of Nanomedicine to Hotizon 2020“ (2013) erschien, geradezu vorausschauend, ein Artikel in der Fachzeitschrift *European Journal for Nanomedicine* (2012), in dem nach nur eineinhalb Jahren Forschungslaufzeit erste Ergebnisse des Projekts GAMBA (“Gene Activated Matrices for Bone and Cartilage Repair in Arthritis”) vorgestellt wurden, das sich im Rahmen des FP7-Nanotechnologieprogramms² im Bereich der regenerativen Medizin (*Tissue Engineering*) der Europäischen Kommission bewilligt sah:

The GAMBA Consortium is developing a novel gene-activated matrix platform for bone and cartilage repair with a focus on osteoarthritis-related tissue damage. The scientific and technological objectives of this project are complemented with an innovative program of public outreach, actively linking patients and society to the development of this project (Plank et al. 2012: 17).

Anscheinend verläuft der Balanceakt zwischen den Anforderungen aus Wissenschaft und Wissenschaftspolitik harmonisch. Doch wie ist es möglich, dass die wissenschaftlichen Aussagen von GAMBA in nahezu perfekter Weise die Vielzahl der o.g. heterogenen Erwartungen

² „Cooperation: Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies“.

adressieren? Mehr noch: Ist das tatsächlich der Fall? Diese vermeintliche Harmonie fordert Wissenschaftsforscher heraus: „it is always [such] a result that causes one, appropriately, to wonder via which intermediary one managed to get there“ (Latour 2011: 325).

Am Beispiel der Nanomedizin arbeitet der Beitrag zunächst die Grundspannung heraus, die sich zum einen auf wissenschaftspolitischer Ebene und zum anderen auf epistemischer Ebene zeigt: Stehen wissenschaftspolitische Akteure vor der Herausforderung, Nanomedizin im Lichte des Spannungsfeldes zwischen Schlüsseltechnologie (Akzeptanz) und gesellschaftlichem Risiko (Absicherung) zu verhandeln (Kapitel 1.1), werden interdisziplinäre Gegenstandsbereiche wie das *Tissue Engineering* hingegen in die Verantwortung gezogen, diese Grundspannung forschungspraktisch zu realisieren. Gleichzeitig stehen sie vor der Aufgabe, neues Wissen zu produzieren, das für ihre *Scientific Community* von Relevanz ist. In einem zweiten Schritt wird die Heuristik vorbereitet, die das Praxisproblem einer herzustellenden Konvergenz zwischen wissenschaftspolitischen und epistemischen Ansprüchen analytisch fokussiert (Kapitel 1.2).

Die These der folgenden Studie ist, dass sich das Innovieren durch ein produktives Wechselspiel aus medienspezifischen Praktiken der *Fiktionalisierung* und *Spekulation* auszeichnet, mit deren Hilfe wissenschaftliche Akteure die herzustellende Konvergenz heterogener Anforderungen erarbeiten. Beschreibt „Fiktionalisierung“ (Rusch 1997) die Transformation epistemischen (Nicht)Wissens und fragiler Wissensobjekte in stabile und anschlussfähige Darstellungen (z.B. der Wissenschaftspolitik), bezeichnet „Spekulation“ (Whitehead 1974) hingegen subtile Praktiken der Dekonstruktion, um trotz (vor)bestimmter Bedingungen neue wissenschaftliche und gesellschaftsrelevante Erkenntnisse zu erzielen. Doch diese komplexe Problembearbeitung ist keine kompakt zu lösende Aufgabe. Tatsächlich, das soll die folgende Analyse schlaglichtartig zeigen, vollzieht sie sich als *Serie von Übersetzungen*, die in ein schließlich kohärent wirkendes Gesamtkonstrukt zusammengefügt werden.

Aus der Fallstudie GAMBA werden deshalb ausschließlich drei prototypische Phasen eines natur- und technikwissenschaftlichen Forschungsprozesses beobachtet: Forschungsantrag, Experiment und Publikationen. Mit Hilfe der Arbeiten von Marc Torka (2006, 2009), Hans-Jörg Rheinberger (2002) und Karin Knorr-Cetina (2000) werden sie als spezifische *Medien der Übersetzungen* (Lanzara 2009) betrachtet und in ihrer jeweiligen Funktion und Eigenlogik beschrieben (Kapitel 2). Es wird gezeigt, dass jeder dieser Teilprozesse eine *doppelte Übersetzungsleistung* im Sinne von sowohl Fiktionalisierung als auch Spekulation beansprucht. Zielen Praktiken der Fiktionalisierung auf das Innovieren *zu etwas* (z.B. ein ökonomisch kompetitives und heute auch gesellschaftlich nützliches Produkt), richten sich Praktiken der Spekulation auf das Innovieren *von etwas* (z.B. wissenschaftliche Methoden oder bestehende Lösungen für die Heilung von Arthrose) (s.a. Kapitel 3, 4, 5). Der Beitrag endet mit einem spekulativen Ausblick auf aktuelle Entwicklungen einer Soziologie der Innovation.

1. Nanomedizin im Lichte heterogener Anforderungen: Die Grundspannungen von und zwischen Wissenschaftspolitik und Wissenschaft

Das Charakteristische an Nano als einer „Technowissenschaft“ (Hayles 2004; McGrail 2010; Nordmann 2005; Weber 2001) ist die an sie gerichtete, geteilte Erwartung: Sie gilt einerseits als „Schlüsseltechnologie“, andererseits potentiell als „Risikotechnologie“ (vgl. u.a. BMBF 2009). Aus Erfahrungen der Gentechnologie lernend (Felt 2010; Guston / Sarewitz 2002; Sandler / Kay 2006) wird dies indessen nicht *a posteriori* reflektiert, sondern rückt gleich an den Ausgangspunkt der Forschung (Kaiser et al. 2010). Umso mehr drängt sich die Frage auf, wie die Grundspannung zwischen Schlüsseltechnologie und gesellschaftlichem Risiko wissenschaftspolitisch verhandelt wird.

Im Folgenden sollen die Fokussierung auf ein spezifisches Teilgebiet der Nanotechnologie (*Nanomedizin*) sowie die Zusitzung auf ein spezielles Anwendungsgebiet (*regenerative Medizin*) bei der Beobachtung dieses Aushandlungsprozesses helfen (1.1). Darüber hinaus gibt diese Fokussierung Aufschluss darüber, inwiefern spezielle Forschungsgebiete (z.B. *Tissue Engineering*) dazu angerufen werden, diese Grundspannung forschungspraktisch zu realisieren (1.2).

1.1 Die Bearbeitung eines wissenschaftspolitischen Dilemmas: Nanomedizin zwischen Schlüsseltechnologie und gesellschaftlichem Risiko

In wissenschaftspolitischen Diskursen sticht die Nanomedizin vor allem durch ihr wirtschaftliches Potential hervor. Die *US National Science Foundation* prognostizierte bereits im Jahr 2001, dass im Jahre 2015 die Hälfte aller pharmazeutischen Industrieprodukte auf Nanotechnologie basieren werden (NSF 2001: 3). Unter dem Argument der internationalen Wettbewerbsfähigkeit engagieren sich wissenschaftspolitische Akteure weltweit mit Nachdruck für die zeitnahe ‚Translation‘ nanomedizinischer Forschung in Markt und Industrie (BMBF 2006; ETPN 2009; EuroNanoMed 2011).

Nicht nur der pharmazeutische Industriemarkt soll vom großen „Innovationspotential“ (BMBF 2006: 9) der Nanomedizin profitieren. Darüber hinaus werden gesamtgesellschaftliche Effekte für das Gesundheitswesen erhofft: Heilung westlicher Volkskrankheiten, Verbesserung der Lebensqualität, Reduktion der Gesundheitskosten etc. (ETPN 2009: 6, 38). Wie der Call des FP7 Programms, aus dem heraus das GAMBA-Projekt entstand, verdeutlicht, gilt insbesondere die *regenerative Medizin* als spezielles Anwendungsgebiet der Nanotechnologie, in der diese Potentiale realisiert werden sollen:

Musculoskeletal disorders and arthritis have become common heavy burdens to the quality of life of people in Europe, causing sever long-term pain and physical disability. Promising cell-based therapies [...] should provide remedies and improved strategies to combat musculoskeletal disorders and arthritis (COM, NMP 2009-2.3-1).

Im Vergleich zu tradierten und kostenintensiven Behandlungsmethoden gegen degenerative Krankheiten wie die Arthrose-Krankheit setzt die regenerative Medizin nicht mehr auf eine schmerzlindernde Therapie (z.B. Spritzen gegen Entzündungen) oder gar einen vollständigen Ersatz des geschädigten Gelenks (z.B. Hüftprothesen). Das Ziel ist vielmehr, körpereigene Prozesse künstlich in Gang zu setzen, um den Körper zur ‚natürlichen‘ Selbstheilung anzuregen (Hogle 2009; Trommelmans et al. 2009).

Darüber hinaus sollen Prävention, Diagnostik und Therapie nicht mehr nach der Logik eines ‚one best way‘ verfahren, sondern auf molekularer Ebene individuell und am Patienten orientiert erfolgen, um effizientere und weniger invasive Behandlungsmethoden zu ermöglichen (BMBF 2011; ETPN 2009; NSF 2009). Die sogenannte *personalisierte Medizin* nimmt hierbei eine hervorgehobene Stellung ein (Nordmann 2006). Diese, so das BMBF, soll „spezifisch auf bestimmte Personengruppen zugeschnittene Pharmazeutika, selektive Drug-Delivery-Systeme sowie integrierte Konzepte von Diagnose und Therapie“ (BMBF 2011: 37) gewährleisten.

Es sind die Verweise auf alltagsweltliche Hoffnungen der Patienten (*Lebensqualität, Schmerzlinderung, Heilung*) sowie Semantiken der *Regeneration, Natürlichkeit, Lokalität* und *Personalisierung*, die sich als zentrale Strategien in wissenschaftspolitischen Diskursen zu erkennen geben, um nanomedizinische Forschung vor gesellschaftlicher Skepsis abzusichern. „In der Bevölkerung“, so das BMBF, „besitzt die Anwendung der Nanotechnologie in der Medizin eine sehr hohe Akzeptanz, sodass mögliche Risiken angesichts erhöhter Heilungschancen durchaus akzeptiert werden“ (2009: 40). Neben dem politischen Engagement für aktive Begleitforschung (ELSA) und Öffentlichkeitsarbeit (EGE 2009; Grube et al. 2008;

Thorbrietz / Zöller 2008) mag diese Akzeptanz auch darauf zurückzuführen sein, dass im Vergleich zu den Semantiken der *genetischen Manipulierbarkeit von Organismen* die *lokale Regeneration durch biomedizinische Implantate*, dessen Eigenschaften dem *natürlichen Gewebe* entsprechen sollen, eine weitaus risikosensiblere Beschreibung gentherapeutischer Verfahren darstellt:

Promising cell-based therapies, for example for osteoarthritis and osteoporosis, would involve the use of bioactive molecules coupled to engineered biomaterials locally implanted the area of injury [...] to achieve local tissue repair. [...] Biomedical implants having characteristics close to those of natural tissues (COM, NMP 2009-2.3-1).

Im wissenschaftspolitischen Diskurs über Nanomedizin, so lässt sich zusammenfassen, werden die Grenzen zwischen wissenschaftlicher und außerwissenschaftlicher sowie disziplinärer und transdisziplinärer Forschung unklar (Gibbons et al. 1994; Kurath / Kaiser 2010; Lucht et al. 2010; Nowotny et al. 2001; Schummer 2009). Zudem zeigt sich Nanomedizin darin im Sinne der *TechnoScience* als Ko-Existenz von Synthetik und Natürlichkeit, Natur- und Technikwissenschaft oder technologiekonzipierter Anwendungs- und wissensbasierter Grundlagenforschung (Hayles 2004; McGrail 2010; Nordmann 2008; Schiemann 2008). In wissenschaftspolitischen Diskursen verspricht sie die Lösung für das politische Dilemma, sowohl Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts als auch Absicherung gegen potentielle Risiken zu sein.

Für die Realisierung dieser vielschichtigen Erwartungen wird *Tissue Engineering* wissenschaftspolitisch als *das* zentrale Forschungsgebiet erachtet. Im nächsten Ausschnitt wird dieses genauer fokussiert.

1.2 Die Bearbeitung eines wissenschaftlichen Dilemmas: Epistemische Kulturen zwischen Fiktionalisierung und Spekulation

In dreierlei Hinsicht wird der interdisziplinäre Gegenstandsbereich des *Tissue Engineering* dazu angehalten, sich im Sinne wissenschaftspolitischer Erwartungen zu re-organisieren: Zum einen sollen unterschiedliche Disziplinen und Felder (Biochemie, Materialwissenschaften, Industrie, Medizin...) unter dem Aspekt der *Multidisziplinarität* zusammengeführt werden, um der allgemeinen Anforderung zu genügen, sowohl „den Transfer von Forschungsergebnissen aus dem Labor an den Patienten“ als auch die Umsetzung industrieller Produkte „zu beschleunigen“ (BMBF 2009: 39; vgl. ETPN 2009: 31). Zum anderen werden die wissenschaftlichen Akteure dazu angerufen, aktiv an einer „epistemologischen Reorganisation“ (Foucault 1988: 206) zu arbeiten, um von einer makroskopischen in eine – jetzt *explizit* zu machende – *nanoskopische* Selbstbeschreibung ihrer Forschungspraxis zu gelangen. Obwohl „derzeit [...] im Tissue Engineering noch mit makroskopischen Strukturen gearbeitet“ werde, müssten, „um natürliche Organsysteme herstellen zu können“, jetzt „auch die subzellularen Strukturen rekonstruiert werden“ (BMBF 2009: 27). Darüber hinaus müssen ihre Forschungsinhalte hinsichtlich *lokaler, natürlicher, regenerativer und personalisierter* Anwendungszusammenhänge spezifiziert werden: „Research should be focused on the development of biomaterials based on natural or synthetic biomimetic gels and polymers, having bioactive agents, which show clear potential for medical applications“ (COM, NMP 2009-2.3-1).

Wie das Beispiel der Nanomedizin zeigt, fordern wissenschaftspolitische Förderrichtlinien wissenschaftliche Akteure dazu auf, ihre Forschung auf *vorbestimmte* Erwartungen auszurichten. Ganz im Sinne des Medienforschers Gebhard Rusch stehen sie vor der Aufgabe, auf „die Erfüllung der Rezeptions-Erwartungen“ wissenschaftspolitischer Adressaten „aktiv“ hinzuarbeiten, um durch „aktive Informationserzeugung“ eine mit den wissenschaftspolitischen Erwartungen „verträgliche Lesart“ (Rusch 1997: 130) ihrer Forschung zu konstruieren. Der Prozess dieser Ausrichtung wird im Folgenden als *Fiktionalisierung* verstanden. Rusch bezeichnet Fiktionalisierung als eine spezifische Form der „Referentialisierungsoperation“,

die „aufgrund der Möglichkeit des Redens über Nicht-Tatsachen entwickelt, erlernt oder sophistiziert werden kann“ (Rusch 1997: 131).³ Wissenschaftspolitische Darstellungen können deshalb als Fiktionen bezeichnet werden. Sie sind relativ resistent gegenüber ihren Transformationen und Widerlegungen, die wissenschaftliche Forschungspraktiken hervorrufen. Die Aufrechterhaltung ihrer Bedeutungen wird quasi zum Eigenzweck (Latour 2011: 324). Uwe Schimank (2009) verfolgt ein ähnliches Argument mit seinen „Akteurfiktionen“ der binären Codes. Die Aufrechterhaltung dieser Codes „vollzieht sich so, dass die teilsystemischen Codes von den Akteuren als *Fiktionen* herangezogen werden und dies – womit bereits die jeweils situative ‚Logik der Aggregation‘ angesprochen wird – zu einer ‚self-fulfilling prophecy‘ wird“ (Schimank 2009: 206; Hvg.i.O.). Demzufolge liegt es in der Verantwortung wissenschaftlicher Akteure, ihre instabilen Wissensojekte an die stabilen Erwartungen der Wissenschaftspolitik anzupassen. Doch können auch theoretische Modelle und Aussagen wissenschaftlicher Autoren als Fiktionen verstanden werden (Stengers 1997). Gerade darin liegt ihre generalisierbare Funktion: „to silence other fictions“ (Stengers 1997: 157).

Jan Hendrik-Passoth und Werner Rammert folgend reicht es konzeptionell also nicht mehr aus, lediglich die „Erneuerung von *etwas*“ zu beobachten. Ergänzend hierzu muss berücksichtigt werden, dass das Innovieren stets „zu *etwas*“ (Passoth / Rammert 2016: 51) erfolgt. Denn wer innoviert, tut dies schließlich stets mit Blick auf das, was „als Referenzwert für die Bewertung, Rechtfertigung und Verbreitung“ (Passoth / Rammert 2016: 51) von Innovationen beobachtet werden kann. Fiktionalisierung bedeutet unter diesen Annahmen die Transformation epistemologischen (Nicht-)Wissens in stabile Darstellungen und beschreibt Praktiken, die durch Referentialisierung auf das Innovieren *zu etwas* zielen. Beispielsweise können in Anträgen konzipierte Forschungsansätze nur dann als Innovation gelten, wenn sie Bezug zu Ansprüchen an Multidisziplinarität oder industrielle Nutzbarkeit herstellen.

Wie spätestens seit den wissenschaftssoziologischen Laborstudien (Knorr-Cetina 1984; Latour / Woolgar 1979; Rheinberger 2002) bekannt ist, verlaufen lokale Handlungsprozesse im Forschungslabor oft quer zur Vorstellung eines stabilen Forschungsprozesses. Gerade experimentelle Natur- und Technikwissenschaften sind darauf angewiesen, ihr eigenes Wissen und ihre Wissensojekte unter kontrollierten Voraussetzungen zu destabilisieren. Sie produzieren mehr Fragen und transformieren mehr Bedeutungen, als sie Antworten geben. Genau darin liegt das „Kennzeichen produktiver Experimentalssysteme“: Experimentelle Wissensproduktion schreitet fort, indem Wissenschaftler/innen „beständig ihre eigene Perspektive dekonstruieren“ (Rheinberger 2002: 39). Die subtilen Praktiken der Dekonstruktion, um trotz (vor)bestimmter Bedingungen neue wissenschaftliche Erkenntnis zu erzielen, werden als *Spekulation* verstanden. Alfred North Whitehead (1974) versteht unter Spekulation kein willkürliches Konstrukt. Vielmehr versteht er sie als spezifische Methode, um unter gegebenen Tatsachen *Differenz* zu erzeugen:

Es gehört zum Wesen der Spekulation, daß sie über die unmittelbar gegebenen Tatsachen hinausgeht. Ihre Aufgabe ist es, das Denken schöpferisch in die Zukunft wirken zu lassen, und sie erfüllt diese Aufgabe durch das Erschauen von Ideen, die das Beobachtbare umfassen (Whitehead 1974: 68).

Spekulative Praktiken zielen, anders als Fiktionalisierung, auf das Innovieren *von etwas*, d.h. von skalensensiblen, relationalen Konstellationen aus „Objekten, Praktiken und Modellen“ (Passoth / Rammert 2016: 51).

3 Rusch verwendet den Begriff der Fiktionalisierung aus der Perspektive des Rezipienten von z.B. Texten. Hier wird er aus der Perspektive der Produzenten von Medieninhalten betrachtet. Zum Begriff der Medien vgl. Kapitel 2 dieses Beitrags.

Interdisziplinäre Gegenstandsbereiche wie das *Tissue Engineering*, so lässt sich zusammenfassen, sind einerseits auf die Dekonstruktion ihrer Perspektiven angewiesen, um epistemologisch relevantes Wissen zu generieren (Spekulation). Andererseits stehen sie vor der Herausforderung, unvorhersehbare Wissensproduktion an die vorbestimmte Gussform wissenschaftspolitischer Erwartungen anzupassen (Fiktionalisierung). Es braucht nicht nur spekulative De-Konstruktionsarbeit, sondern auch fiktionale Konvergenzerzeugungen, um etwas (z.B. genaktivierte Matrizen) für jemanden *als* Innovation kenntlich zu machen.

Wie dies forschungspraktisch bearbeitet wird und wie Praktiken der Fiktionalisierung und Spekulation aussehen können, wird an der Fallstudie GAMBA empirisch verdeutlicht. Zuvor wird das methodische Design vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf den Medien der Übersetzung.

2. Medien der Übersetzung: Eigenlogiken und Funktionen

Über sieben Monate wurden zwei Forschungsgruppen in München ethnographisch beobachtet, deren Leiter die Koordinatoren des Projekts waren. Beide Forschungsgruppen waren bereits vor GAMBA im Bereich nanoskalierter Forschung tätig. Während die eine Gruppe Expertisen in der Herstellung magnetischer Nanopartikel sowie in der Entwicklung eines patentierten, bereits in klinischen Tierstudien getesteten Verfahrens namens ‚Magnetofection‘ zur Verfügung hat, forscht die andere Gruppe mittlerweile seit mehreren Jahren erfolgreich an dem adenoviralen⁴ Gentransfer. Neben Feldnotizen wurden qualitative Interviews sowie eine abschließende Fokusgruppe durchgeführt. Ergänzt wurde eine Dokumentenanalyse zu wissenschaftspolitischen und wissenschaftlichen Diskursen über die Nanomedizin.

Konzeptionell ist zu bedenken, dass wir es mit „situativer Praxis der Innovation“ (Passoth / Rammert 2016: 43) zu tun haben. Innovieren erfolgt situiert, fragmentiert und (un)gleichzeitig mit jeweils unterschiedlichen Praktiken. Für diese Prozesse des Innovierens braucht es nicht nur den soziologischen Blick für situierte Praktiken, sondern auch den relationalen Blick auf *Serien von Übersetzungen*. Dies begründet die hier durchgeführte Fokussierung auf ein konkretes Teilgebiet (Nanomedizin), ein konkretes Forschungsfeld (*Tissue Engineering*), ein konkretes Projekt (FP7-Call / GAMBA), ein konkretes Experimentsystem („dox-regulierte Gen-expression“) und seiner Veröffentlichung (*European Journal of Nanomedicine*). Beobachtung und Analyse nutzen die laborethnographische und skalensensible ANT-Heuristik (Latour 2007; Schillmeier 2014; Doubleday / Viseu 2010; PourGashtasbi 2015).

Antrag, Experiment und Publikation werden zudem als *Medien der Übersetzung* beobachtet, die für die Akteure sowohl eine Vermittlung zwischen den einzelnen Teilprozessen der GAMBA-Forschung bewerkstelligen als auch die Bedeutungen mitkonstruieren, die sie transportieren (McLuhan 1964). In Anlehnung an Giovan Francesco Lanza werden Medien definiert als „any material carrier of objects and relations that function as signs conveying information and meaning. [...] the medium is an active material structure, not an inert substratum ‚given‘ once and for all. It actively shapes the entities and relations embedded within it, supporting and structuring specific modes of perception and action“ (Lanza 2009: 1372). Medien besitzen aus dieser Perspektive spezifische Funktionen und Eigenlogiken, die Praktiken der Akteure mitkonstruieren (Altheide / Snow 1979). Ihr technischer und formeller Aufbau ist hier von zentraler Bedeutung: „it refers to the rules or ‚codes‘ for defining, selecting, organizing, presenting, and recognizing information as one thing rather than another“ (Altheide 2004: 4). Praktiken des Innovierens gestalten sich in Abhängigkeit von den jeweiligen Medien,

4 Adenoviren fungieren als virale Genvektoren, die DNA in die Stammzellen transportieren, damit spezifische Proteine produziert werden und so die Stammzellen dazu gebracht werden, sich zu spezifischen Zelltypen (z.B. Knorpelzellen) zu differenzieren.

die im Übersetzungsprozess als *Akteure der Schließung* hervorgehen. Antrag, Experiment und Publikation prägen mit ihren jeweiligen Eigenlogiken das Handeln der wissenschaftlichen Akteure im Laufe des Forschungs- und Innovationsprozesses. Im Einzelnen:

a) Der Forschungsantrag

In Forschungsanträgen wird die spezielle Aufgabe bewältigt, die Vielzahl heterogener Anforderungen in die Form eines bearbeitbaren Projekts zu bringen. In GAMBA ist dies die Form eines nanomedizinischen Projekts im Bereich regenerativer Medizin. Das Ziel ist, unter die *sachliche Entscheidung* der Förderung zu fallen. In seinen Arbeiten zur „Projektifizierung der Forschung“ hat Marc Torka (2006, 2009) den analytischen Blick auf die sogenannte ‚Antragsprosa‘ gerichtet. Wissenschaftliche Forschung muss im Antrag so dargestellt werden, dass sie genau die Erwartungen abdeckt, die eine Entscheidung zur Förderung begünstigen. Damit „Organisationen der Forschungsförderung [...] sachliche Entscheidungen über Förderung/ Nichtförderung treffen“ können, „bedarf es Personen unabhängiger Entscheidungen und verbindlicher Erwartbarkeiten, worüber entschieden werden soll“ (Torka 2006: 81). Doch sind Antragssemantiken nicht nur ‚talk‘, sondern stellen „verbindliche Versprechen“ her, die praktische Konsequenzen für die „soziale Organisation, die internen Bewertungskriterien und den Inhalt der Forschung“ (Torka 2006: 73) haben. Forschungsanträge weisen als Medien klare formale Strukturen und Anordnungsregeln auf, die festlegen, welche Informationen für die Entscheidungen der Wissenschaftspolitik relevant sind, in welcher Reihenfolge diese präsentiert werden müssen und welche inhaltliche Fokussierung dabei notwendig ist (Torka 2006, 2009). Im Medium des GAMBA-Antrags interessieren sowohl die Transformation wissenschaftspolitischer und wissenschaftlicher Ansprüche in ein zu bearbeitendes epistemologisches Problem als auch umgekehrt die Transformation eines epistemologischen Problems hinsichtlich dieser Ansprüche.

b) Die Laborexperimente

In Laborexperimenten wird die Aufgabe bewältigt, das im Antrag beschriebene Projekt forschungspraktisch durchführbar zu machen. Um diesen Prozess soziologisch nachzuvollziehen, werden die Arbeiten von Hans Jörg Rheinberger zu „Experimentalsystemen und epistemischen Dingen“ (2002) zu Hilfe genommen. Nanomedizinische Wissenobjekte der GAMBA-Forschung werden als *epistemische Dinge* beobachtet. „Epistemische Dinge“ sind Rheinberger zufolge zukunftsoffene und mit Nichtwissen beladene Dinge (Objekte, Funktionen, Strukturen), denen „die Anstrengung des Wissens gilt“ (Rheinberger 2002: 28). Diese unterscheiden sich von *technischen Dingen*. Die „technischen Dinge“ von GAMBA (Instrumente, Methoden, Modellorganismen usw.) bestimmen „den Horizont und die Grenzen“ ihrer Experimentalsysteme sowie die „Sedimentationspunkte“ lokaler und disziplinärer „Arbeitstraditionen“ (Rheinberger 2002: 29) des *Tissue Engineernings*. Rheinberger schreibt Experimentalsystemen ein spezifisches (materielles und zeitliches) „Eigenleben“ zu, das die Prozesshaftigkeit und Kontingenz wissenschaftlicher Erkenntnis begründet (Rheinberger 2002: 9). Selbst die technischen Dinge des Experimentalsystems können als Medien verstanden werden, da sie als „technische Konstruktionen“ darauf ausgelegt sind, „die Zwecke zu erfüllen, für die sie gebaut worden sind“ (Rheinberger 2002: 33). Jedes Forschungssystem wird durch sie „definiert, umgrenzt und in seinen Rahmenbedingungen fixiert“ (Rheinberger 2002: 33). Am Beispiel eines speziellen GAMBA-Experiments wird die Transformation wissenschaftspolitischer und wissenschaftlicher Ansprüche in ein bestimmtes Experimentalsystem beobachtet sowie umgekehrt

die Transformation bestehender Experimentsysteme hinsichtlich dieser zu realisierenden Ansprüche.

c) Die Publikation

Die spezifische und zu bewältigende Aufgabe in wissenschaftlichen Artikeln besteht in der angemessenen Berichterstattung gegenüber einem Fachpublikum. In ihrer Studie zur „Fabrikation von Erkenntnis“ spricht Karin Knorr-Cetina (1984) von dem Anspruch, lokale Forschungspraktiken in (außer-)wissenschaftliche Diskurse zu integrieren. Dies geschieht mittels wissenschaftlicher Papiere und den dafür notwendigen literarischen Fähigkeiten der Akteure. Forschungsprozesse gleichen Knorr-Cetina zufolge keinem objektiven Räsonieren, sondern sind als situierte Praktiken und lokale Idiosynkrasien zu begreifen. Methodische Rationalität wird erst in und mit Hilfe des wissenschaftlichen Artikels nachkonstruiert. Insbesondere die Einleitung als Ort der „Relevanz-Inszenierung“ (Knorr-Cetina 1984: 207), die Abschnitte zu „Material und Methoden“ sowie „Ergebnisse“ und abschließende „Diskussion“ stellen zentrale Bereiche dieses literarischen Räsonierens dar (Knorr-Cetina 1984: 185). Auch Artikel sind mediale Schließungsakteure, da „die Einteilung in Abschnitte, die Wahl des Vokabulars und die grammatischen Ausdrucksmittel standardisiert erscheinen“ (Knorr-Cetina 1984: 176). In dieser Studie soll der Fokus nicht auf die Frage gerichtet sein, wie die GAMBA-Forschenden ‚nachträglich‘ Rationalität inszenieren. Beobachtet wird die Transformation des experimentellen (Nicht-)Wissens in anschlussfähige Aussagen für ein wissenschaftliches und außerwissenschaftliches Publikum im Lichte der Nanomedizin.

Beobachtet wird im Folgenden, wie genau das Spannungsverhältnis zwischen wissenschaftspolitischen und epistemischen Ansprüchen in den jeweiligen Phasen bearbeitet wird. Pro Phase werden jeweils zwei ko-konstitutive Übersetzungspraktiken hervorgehoben. Die Benennung dieser Praktiken erschließt sich zum einen aus dem Begriffsapparat der hier vorgestellten Arbeiten (Rheinberger 2002; Knorr-Cetina 1984). Zum anderen benennen sie sowohl Praktiken der Referenzerzeugung (Adressierung, Hybridisierung, Relevanz-Inszenierung) als auch das Innovieren von bereits vorhandenen Ordnungen und Referenzrahmen (Re-Formulierung, Re-Konfigurierung und Re-Konstruktion).⁵

3. Übersetzungsarbeit im GAMBA-Antrag: Das Spiel zwischen wissenschaftspolitischen und wissenschaftlichen Anforderungen

Die Beobachtung des GAMBA-Antrags zeigt ein erstes Transformationsproblem: Wie werden wissenschaftspolitische und wissenschaftliche Anforderung in die Form eines bearbeitbaren Projekts gebracht, das den Ansprüchen beider Bereiche gerecht wird? Um dieser Frage nachzugehen, lohnt sich ein erster Blick auf das im Antrag formulierte Forschungsvorhaben:

The main objective of this project is developing a biomimetic implant system using a nanobiotechnological approach that delivers regenerative bioactivity in a temporally and spatially controlled fashion [...]. In this manner, the system shall respond to and control [...] OA-related tissue defects (Annex 1: 4).

Bereits hier wird deutlich, dass ein wesentlicher Teil der Antragsarbeit darin besteht, spezifische Referenzen *zu* den wissenschaftspolitischen Ansprüchen im Call und epistemischen

5 Für die Leser dieser Studie muss noch gesagt werden: Es werden viele Fachbegriffe des Feldes folgen. Da es sich um eine sozialitätsstiftende Sprache bestimmter Kollektive handelt, über die hier soziologisch-interpretierend geschrieben wird, ist es wichtig, diese Sprache sichtbar zu machen. Im Fokus steht weniger das detaillierte Verständnis von Fachbegriffen als die Frage, wie das Konvergenzproblem medienspezifisch bewältigt wird.

Ansprüchen an das *Tissue Engineering* herzustellen. Das anvisierte Konstrukt ‚biomimetischer Implantationssysteme‘ mit der Fähigkeit zur ‚zeitlich und räumlich regulierten Bioaktivität‘ adressiert genau die wissenschaftspolitischen und wissenschaftlichen Anforderungen, die im Call transportiert werden („promising cell-based therapies“, „local tissue repair“, „biomaterials“, „bioactive agents“ ...). Wie das Beispiel zeigt, werden mit Hilfe von *Adressierung* noch herzustellende Realitäten an bereits formulierte Zustände angepasst.

Obwohl klar ist, dass „die Stabilisierung eines Argumentes erst am Ende des Forschungsprozesses stehen kann, muss dieses“, so Torka, „bereits vor Beginn der Forschung hinreichend klar konturiert sein“ (Torka 2006: 73). Viele dieser Stabilisierungsversuche sind im GAMBA-Antrag zu beobachten. Bedient werden spezifische wissenschaftspolitische Erwartungen wie medizinischer Anwendungsbezug (Call identifier FP7-NMP-2009: 9), ökonomische Einsparungspotentiale (Annex 1: 42) oder industrielle Relevanz (Annex 1: 42). Auch die Organisation der Forschung im Sinne von zum Beispiel Multidisziplinarität (Call identifier FP7-NMP-2009: 6) oder ‚Gesellschaftsdialog‘ (ebd.: 44) erfolgt in der Logik dieser Konturierung. Dass es sich hierbei um scheinbar alternativlose Fiktionen handelt, zeigt ein Interviewzitat mit der Hauptkoordinatorin des Projektes: „das sind Vorgaben; man muss industrielle Partner drin haben [...]. Also die EU möchte das. Die möchte die europäische Gemeinschaft, oder Staaten oder Firmen [...] gegenüber USA stärken, das ist eigentlich der Hauptsinn“ (Interview mit Projektkoordinatorin 2011).

Adressierung begründet sich vor diesem Hintergrund als spezifische Praxis der Fiktionalisierung im Medium des Antrags. Sie bedient aber auch wissenschaftliche Anforderungen an neue fachspezifische Erkenntnisse wie zum Beispiel „New engineered multifunctional gene vectors“ oder „Novel transfection strategies“ (Call identifier FP7-NMP-2009: 40).

Doch können wissenschaftliche Akteure beim Antragschreiben nicht einfach nur vordefinierte Referenzen erzeugen. Sie müssen zugleich in spekulativer Manier eine *Re-Formulierung* bisheriger Lösungen für Arthrose-Erkrankung im Bereich der regenerativen Medizin und bereits existierender Forschungsmethoden des *Tissue Engineering* bewältigen. Bisherige Praktiken (z.B. „The gene activated matrix (GAM) concept“) werden so re-formuliert, dass sie nanoskalierter Problematiken beinhalten, für die der GAMBA-Ansatz neue methodische und technologische Lösungen bereitstellt: „a variety of promising innovative approaches are underway. None of these approaches so far has comprehensively implemented the concept of spatiotemporal control of bioactivity on demand and command“ (ebd.: 7).

Dieser Vorgang ist nicht willkürlich. Vielmehr liegt ihm eine spekulativen Suche danach zugrunde, was vor dem Hintergrund der Münchener Forschungsexpertise sowie innerhalb der Wissensvorräte spezifischer Fachdisziplinen noch möglich sein kann: Bei jeder Spekulation, so Whitehead, muss es „ein gewisses Maß von Wahrheit geben“ (Whitehead 1974: 66). Die spekulativen Idee der biomimetischen Implantationssysteme mit zeitlich und räumlich regulierbarer Bioaktivität muss das „Beobachtbare umfassen“ (Whitehead 1974: 68). Gemeint sind Methoden, Modelle, Materialien oder Theorien, die das Forschungsvorhaben wissenschaftlich nachvollziehbar gestalten.

Diese schlaglichtartigen Einblicke zeigen, dass das genehmigte Forschungsvorhaben als Resultat eines Wechselspiels antragspezifischer Übersetzungspraktiken von Adressierung und Re-Formulierung verstanden werden kann. Bezeichnet Adressierung – als Praxis der Fiktionalisierung – das Zuschneiden epistemologisch interessanter Konstrukte auf vorgefertigte Darstellungen (regenerativ, multidisziplinär, nanobiotechnologisch usw.), erweist sich Re-Formulierung als spezifische Form spekulativer Praxis, um auf semantischer Ebene der Antragsprosa bestehendes Wissen in praktische Probleme zu übersetzen, für die das GAMBA-Konstrukt eine Lösung in Aussicht stellt.

Die nächste Frage wird sein, wie sich die im Antrag formulierten Vereinbarungen auf die lokalen Forschungspraktiken auswirken. Die Forschenden stehen vor der Herausforderung, genau die im Antrag formulierten Ziele und Erwartungen in den materiellen Horizont des Experiments einzuarbeiten. Am Beispiel eines spezifischen GAMBA-Experiments gibt der nächste Abschnitt Einblick, wie dies bewerkstelligt wird.

4. Übersetzungsarbeit im GAMBA-Experiment: Forschungspraxis zwischen vertraglichen Vereinbarungen und experimenteller Dekonstruktion

Hier geht es um folgendes Transformationsproblem: Wie werden sowohl wissenschaftspolitische als auch wissenschaftliche Anforderungen von GAMBA forschungspraktisch durchführbar gemacht? Und wie werden sie durchgeführt?

Ein Beispiel, um diesen Fragen nachzugehen, ist die Transfektionsstudie zur ‚dox-regulierten Genexpression‘. Je nach Zweck – so wurde die Innovativität dieser Studien im Antrag spezifiziert – solle die Genexpression (d.h. die Bildung therapeutisch wirksamer Proteine) mit entweder biologischen, medikamentösen oder physikalischen Mechanismen gezielt gestartet oder gestoppt werden. Ein spezifischer Startmechanismus für die Genexpression ist die Zugabe von Doxycyclin (ein bereits zugelassenes Antibiotikum). Eine Doktorandin, die diese Transfektion durchführt, erklärt, dass es hierzu einer Neuanordnung bisheriger Konstrukte bedarf: „Co-Infektion ist nur die Infektion von Zellen mit zwei Viren gleichzeitig. Normalerweise infizieren wir nur mit einem Virus, aber für die Dox-regulierte Expression brauchen wir diese zwei Viren“ (Feldnotizen, Tag 56).

Die „technischen Dinge“ (Rheinberger 2002), die zur Durchführung von Transfektionsstudien notwendig sind, werden im Zuge von GAMBA neu angeordnet. Bereits elaborierte Genvektoren (Adenoviren mit magnetischen Nanopartikel) kommen mit einer anderen Zellkultur („mesenchymale Stammzellen“ statt Nervenzellen), einem anderen Coating⁶ („PEG-Moleküle“ statt „PEI-Moleküle“), mit neuen methodischen Qualitäten („dox-regulierte Genexpression“) oder anderen technischen Verfahren wie der adenoviralen „Co-Infektion“ in Berührung. Der Prozess dieser Neuanordnung wird als *Hybridisierung* bezeichnet.

Rheinberger definiert den Begriff Hybridisierung als Umstand, dass Dinge zusammengebracht werden, „von denen man eine solche Artikulation, Amalgierung oder auch Vermischung nicht erwartet hätte“ (Rheinberger 2002: 170). Unter *Hybridisierung* soll im Folgenden nicht nur das ‚zufällige‘ Stoßen auf Dinge im engen Bereich des experimentellen Prozessierens verstanden werden, sogenannte „unvorwegnehmbare Ereignisse“ (Rheinberger 2002: 167), sondern auch die Vermischung von im Antrag geplanten Dingen. Die Vermengung von Methoden und Materialien erfolgt stets in Referenz zu den stabilisierten Darstellungen des Calls und des Antrags. *Hybridisierung* erweist sich als fiktionalisierende Praxis im Medium des Experimentsystems.

Im Experimentsystem sind nanomedizinische Objekte keine singulären Objekte. Gemäß „epistemischer Dinge“ (Rheinberger 2002) sind sie ein „Gefüge von materiellen Spuren in einem historisch lokalisierbaren Repräsentationsraum“ (Rheinberger 2002: 130). Technische Verfahren wie die dox-regulierte Genexpression sollen zum Beispiel innerhalb einer Fibrinmatrix auf „Knochenersatzmaterial“ (Tricos) funktionieren. Zumindest wurde dies so im Antrag versprochen. Ein weiterer Biochemiker des Labors erzählt während dieses Experiments: „Sprich in der, in der Fibrinmatrix eben ist jetzt der Genvektor drin. So und was ich

6 Coating ist eine Art Hülle, um die adenoviralen Vektoren beispielsweise vor Immunreaktionen zu schützen.

jetzt versuche ist die Kombination zwischen Tricos, das ist beladen mit nem andern Genvektor, und dieser Fibrinmatrix. Und ich hab das noch nicht gemacht“ (Feldnotizen, Tag 30).

Es ist nur unschwer zu vermuten, dass diese Experimente meistens nicht funktionierten. Dies hatte insbesondere skalensensible physikalische Gründe. Die Nanoskala ist so sensibel gegenüber Erschütterungen von maschineller oder menschlicher Hand, dass sich jede Bewegung, jede Minute oder jeder Mikroliter zu viel negativ auf den Ausgang des Experiments auswirkt. Die Neuheit experimenteller Praxis in Diskursen der Nanomedizin zeigt sich im Labor unter dem Lichte einer zeitintensiven und geduldigen Übung im sozialen Umgang mit neuen, skalensensiblen Umgebungen.

Die materiellen Spuren, die durch die Hybridisierung produziert werden, stehen in der Regel im Widerspruch zu den fingierten Anordnungen im GAMBA-Antrag. Die Erwartungen der Forschenden (z.B. höhere Transfektionseffizienz unter speziellen Bedingungen) müssen an die materiellen Spuren experimenteller Konfigurationen angepasst werden. Dieser Korrekturprozess wird als *Re-Konfigurierung*⁷ bezeichnet. Darin müssen die „Bedingungen“ erst geschaffen werden, unter denen ihre Untersuchungsobjekte unter spezifischen Erwartungsstrukturen „zum Vorschein kommen“ (Rheinberger 2002: 31 f). Diese Erwartungen sind jedoch nicht stabil, sondern werden im Prozess erlernt. Es ist die „Materialität dieser Einschreibung“, die „sie widerständig gegenüber beliebig an sie herangetragene[r] Interpretationen“ (Rheinberger 2002: 130) macht. Im Experiment sind es gerade Objektrelationen, die wissenschaftliche Experten aktiv zum (Um)Denken und Zögern herausfordern (Stengers 2010: 14). „A true experimental setting“, so Isabelle Stengers, „enhances the abilities of nonhumans as actors“ (Stengers 2010: 12; vgl. Latour 2002). Objektrelationen erschweren den Versuch einer voreiligen Realisierung fiktionaler Ansprüche und fordern zu spekulativer Re-Konstruktionsarbeit auf.

Das Beispiel der dox-regulierten Genexpression zeigt, wie intensiv und detailliert wissenschaftliche Akteure durch Hybridisierung und Re-Konfigurierung darauf hinarbeiten, die Neu-Anordnung experimenteller Settings hinsichtlich der im Call und Antrag formulierten Ziele zu erreichen. Doch sind es vor allem bestimmte Objektrelationen, die im Medium des Experimentalsystems auf Unstimmigkeiten menschlicher Ideen aufmerksam machen.

Die nächste Herausforderung besteht in der Berichterstattung zu den Forschungsarbeiten gegenüber wissenschaftlichen Adressaten. Der folgende Abschnitt zeigt, wie GAMBA auch dieses Problem bearbeitet.

5. Übersetzungsarbeit in der GAMBA-Veröffentlichung: Das sich wiederholende Spiel zwischen wissenschaftlichen und wissenschaftspolitischen Anforderungen

Das letzte hier analysierte Transformationsproblem lautet: Wie werden lokale Laborpraktiken einer Berichterstattung gegenüber wissenschaftlichem Publikum zugänglich gemacht? Was muss getan werden, damit die GAMBA-Forschung auch hier der Vielzahl heterogener Anforderungen gerecht wird?

Um diesen Fragen nachzugehen, wird im Folgenden ein genauerer Blick in den wissenschaftlichen Artikel im European Journal for Nanomedicine (Plank et al. 2012) geworfen. In der Einleitung des wissenschaftlichen Artikels heißt es:

⁷ Gemeint sind hier nicht nur Rekonfiguration natürlicher Vorbilder (z.B. die Re-Konfiguration des „natürlichen“ Schnupfenvirus in einen labortauglichen Adenovirus), sondern die Re-Konfiguration bereits existenter Laborobjekte, um sie in ein spezifisches Experimentalsystem einzubetten.

Due to demographic and life style changes, degenerative diseases are an enormous medical and socio-economic challenge in industrialised nations. Among them osteoarthritis, rheumatoid arthritis [...] are the most prevalent. [...] there is currently no gold standard for the repair or prevention [...] and the disease represents a tremendous burden in terms of suffering and costs (Plank et al. 2012: 17 f.).

Knorr-Cetina zufolge spielt die Einleitung im wissenschaftlichen Papier eine besondere Rolle. Als „Ort der Relevanz-Inszenierung“ ermöglicht sie die Außendarstellung der Forschungsrelevanz. Diese wird durch „die (Re-)Konstruktion eines vorhergehenden *Stadiums* und einer *Entwicklungsrichtung* des Diskurses“, in das sich das Papier „eingliedert“ (Knorr-Cetina 1984: 207, Hvg.i.O.), inszeniert.⁸ Eine derartige literarische Strategie – im Folgenden als *Inszenierung* bezeichnet – zielt darauf ab, epistemische Dinge erneut in eine „Ressource“ für „praktische Adressaten“ (Knorr-Cetina 1984: 207) und Dimensionen außerhalb des wissenschaftlichen Handlungsfelds (z.B. Ökonomie oder Gesundheitssystem) zu verwandeln. Inszenatorische Schreibpraxis stellt in einer bestimmten Anordnung Referenzen zu akzeptanzbeschaffenden Semantiken her, die – ähnlich zum Forschungsantrag – Wissensobjekte der Forschung in schlüsseltechnologisch relevante Bedeutungen transformieren. Inszenierung ist unter dieser Perspektive als spezifische Praxis der Fiktionalisierung zu verstehen. Gesprochen wird über die Dinge im Sinne praktischer Konsequenzen, die den Anforderungen ihrer außerwissenschaftlichen Adressaten gerecht werden sollen.

Wie sich im Methoden- und Ergebnisteil des wissenschaftlichen Artikels herausstellt, können die inszenierten Reichweiten der Forschung nicht vollständig erfüllt werden. Experimentelle Ergebnisse müssen deshalb in neue Begründungszusammenhänge verwoben werden. Dies geschieht durch die *Re-Konstruktion* erwartungsrelativierender Experimente in Hinblick auf die Erwartungen ihrer Adressaten.

In der Ergebnispräsentation des wissenschaftlichen Artikels werden solche Ergebnisse präsentiert, die sich in den Bedeutungszusammenhang einer grundsätzlichen Machbarkeit („proof of principle“) und eines Vergleichs mit anderen feldspezifischen Substanzen einordnen lassen. „In both cases“, so heißt es in Bezug auf das Experiment der dox-regulierten Genexpression, „reporter gene expression resulted in higher values than the CMV-promoter driven constructs, which were not doxycycline inducible“ (Plank et al. 2012: 24). Ohne dabei eindeutige Schlussfolgerungen in Aussicht stellen zu müssen, können experimentelle Ergebnisse so für weitere fachspezifische Diskurse geöffnet werden (Knorr-Cetina 1984: 221ff). Im standardisierten Medium des Antrags entwirft diese Praxis sozusagen anschlussfähige Fragen, um auf produktive epistemische Antworten hoffen zu können. Re-Konstruktion erweist sich als spekulative Praxis im Erstellen wissenschaftlicher Papiere.

Auch hinsichtlich außerwissenschaftlicher Erwartungen an die medizinische Anwendbarkeit der GAMBA-Forschung muss eine Re-Konstruktion erfolgen: „given the fact that a composite gene-activated matrix comprising multiple therapeutic genes is unlikely to obtain regulatory approval in near future, the question is whether this objective is reasonable“ (Plank et al. 2012: 24).

Wie hier zu beobachten ist, wird das Forschungsvorhaben von GAMBA nicht mehr unter dem Ziel der Bereitstellung einer nanomedizinischen Lösung thematisiert, sondern durch das Zugeständnis ihrer unwahrscheinlichen Realisierung in eine Frage der Sinnhaftigkeit rekonstruiert. Die Autoren verschaffen sich einen „rhetorischen Horizont“ (Foucault 1974), aus dem heraus erneut plausibel über die nicht-funktionalen Laborobjekte gesprochen werden kann. Wie Bruno Latour sagen würde: „a fictional cosmos has to be rebuilt“ (Latour 2011: 325).

8 Im Gegensatz zu Knorr-Cetina sollen in diesem Abschnitt Inszenierung und (Re-)Konstruktion analytisch (nicht praktisch!) getrennt werden.

Eine hervorgehobene Stellung in der Legitimationsbeschaffung der GAMBA-Forschung nimmt am Ende des Artikels die personalisierte Medizin ein:

Every patient suffers his/her own personalised history and manifestation of arthritis. Future medical therapies will require a choice of therapeutic modules selected according to the individual patient's needs and, if feasible, responding at a molecular level to the individual patient's disease. It is worthwhile to explore such systems (Plank et al. 2012: 30).

Die epistemischen Dinge der GAMBA-Forschung, so zeigt die Veröffentlichung, werden durch Inszenierung und Re-Konstruktion so transformiert, dass ihre Integration in die Erwartungen epistemischer Kulturen (neues methodisches Wissen) und wissenschaftspolitischer Akteure (Schlüsseltechnologie & Absicherung) ermöglicht wird. Neben praktischen Adressaten und praktischen Konsequenzen (Inszenierung) werden argumentative Horizonte konstruiert, aus denen heraus an die zeitlich-räumlich regulierte Genexpression *als* Innovation angeschlossen werden kann, obwohl sie nicht ‚tatsächlich‘ realisiert wurde (Re-Konstruktion).

Dieser Beitrag schließt nach einer kurzen Zusammenfassung mit einem spekulativen Ausblick auf die Entwicklungen einer Soziologie der Innovation.

6. Spekulativer Ausblick: Aktuelle Entwicklungen einer Soziologie der Innovation

Abschließend lohnt sich ein erneuter Blick auf den Anfang dieses Beitrags. Gerade der Biochemiker der TU München, der den immensen Anforderungsdruck an experimentelle Praktiker als „inakzeptable Situation“ beklagte, erfüllte dennoch sowohl die wissenschaftlichen als auch wissenschaftspolitischen Ansprüche. Es wurde die Frage formuliert, wie eine derartige Konvergenz forschungspraktisch immer wieder aufs Neue hergestellt wird.

Ausgehend von einem Call zur Forschungsförderung im interdisziplinären Gegenstandsbereich des *Tissue Engineernings* wurde deshalb am Beispiel des Projekts GAMBA der Verlauf eines prototypischen Forschungsprozesses beobachtet: Antrag, Experimentalsystem und Publikation. In diesen, als *Medien der Übersetzung* definierten Teilprozessen wurde mit jeweils spezifischen Praktiken der *Fiktionalisierung* (Adressierung, Hybridisierung und Inszenierung) und *Spekulation* (Re-Formulierung, Re-Konfigurierung und Re-Konstruktion) gearbeitet. Zielen Praktiken der Fiktionalisierung auf die Erzeugung von Referenzen zu stabilisierten Darstellungen der Wissenschaftspolitik und Wissenschaft, sorgen Praktiken der Spekulation für subtile Differenzerzeugungen (innerhalb) dieser stabilisierten Referenzrahmen. Genau diese Beobachtung bestätigt stellvertretend für alle FachwissenschaftlerInnen, Fachgemeinschaften und Forschungslandschaften, dass in gegenwärtigen Innovationsregimen relevante Innovationsakteure solche sind, die den Balanceakt zwischen medienspezifischen Praktiken der Fiktionalisierung und Spekulation meistern.

Selbst die Soziologie artikuliert sich im Regelwerk heutiger Innovationsregime, die sie reflexiv zu beobachten versucht. Derzeit zielt sie auf die *Ausweitung* ihrer empirischen und konzeptionellen Arbeitsweisen. Am deutlichsten hierfür sprechen Michael Hutter und Kollegen (2016) in ihrem spekulativen Entwurf einer „systematisierende[n] Perspektive“ auf Innovation. Diese solle leisten, „bislang unbearbeitete Felder für stärker interdisziplinär angelegte Innovationsforschung und ihre spezifischen Fragestellungen zu öffnen“. Ebenso sei der Aufbau einer „stärkere[n] Beziehung“ zwischen unterschiedlichen Bindestrichsoziologien wie der „Wirtschaftssoziologie, der Wissens- und Kultursoziologie, der institutionalistischen Organisationssoziologie und der ‚Science, Technology and Innovation Studies‘“ (Hutter et al. 2016: 17) notwendig. Schließlich müssten „Beobachtungsformen“ der „Semantik, Pragmatik und Grammatik“, „Aggregationsebenen“ von „Handeln, Organisation und Gesellschaft“, „Gesellschaftsbereiche und Felder“ wie „Technik/Wissenschaft, Industrie/Dienstleistung und ent-

sprechende Vergleichsfelder“ wie Kunst (Hutter et al. 2016: 22ff) miteinander in Verbindung gebracht werden. Doch wie ist all dies forschungspraktisch zu bewerkstelligen?

Gerade in Zeiten einer „Ausweitung der Innovationszone“, in der das Innovieren „überall“, zu „aller Art“ und „jederzeit“ (Rammert et al. 2016: 3 f) stattfindet, ist, so das abschließende Argument, methodologische Entschleunigung gefragt. Wie der Fall Nanomedizin zeigt, sind Innovationsgesellschaften „emergierende, skalensible Prozesse der Interaktion, Wechselbeziehung und Übersetzung von Nano-, Mikro- und Makrozusammenhängen und daran beteiligter Akteure“ (Schillmeier 2014: 197). Diese Übersetzungsprozesse sind so zahlreich und detailliert, dass sie sich der soziologischen Beobachtung entziehen, wenn sie nicht *en detail* verfolgt und neu geordnet werden (Latour / Woolgar 1979). Deshalb ist es die empirische und konzeptionelle *Fokussierung* und gerade *nicht* die Ausweitung, die eine systematische Analyse des gesellschaftlichen Innovationsgeschehens ermöglicht. Die hier vorgeschlagene Heuristik des *seriellen Nachvollzugs medienspezifischer Praktiken der Fiktionalisierung und Spekulation* könnte diesbezüglich hilfreich sein.

Literatur

- Altheide, D.L. (2004): Media logic and political communication, in: Political Communication 21, S. 293-296.
- Altheide, D.L. / Snow, R.P. (1979): Media Logic, Beverly Hills.
- BMBF (2006): Nano-Initiative – Aktionsplan 2010, Bonn, Berlin, abruffbar unter: http://www.inplas.de/files/1684_nano_initiative_aktionsplan_2010_51322c.pdf, letztes Abrufdatum: 18.1.2016.
- BMBF (2009): nano.DE-Report 2009. Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland, Bonn, Berlin, abruffbar unter: https://www.bmbf.de/pub/nanode_report_2009.pdf, letztes Abrufdatum: 18.1.2016.
- BMBF (2011): nano DE-Report 2011. Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland, Bonn, Berlin, abruffbar unter: https://www.bmbf.de/pub/nanoDE-Report_2011.pdf, letztes Abrufdatum: 18.1.2016.
- Callon, M. (2006): Die Sozio-Logik der Übersetzung. Auseinandersetzungen und Verhandlungen zur Bestimmung von Problematischem und Unproblematischem, in: A. Belliger, / D.J. Krieger (Hrsg.), ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie, Bielefeld, S. 51-74.
- Doubleday, R. / Viseu, A. (2010): Questioning Interdisciplinarity: What Roles for Laboratory based Social Science, in: K.L. Kjolberg / F. Wickson (Hrsg.), Nano meets Macro, Social Perspectives on Nanoscale Sciences and Technologies, Singapore, S. 55-84.
- EGE – European Group on Ethics (2009): Ethical Aspects of Nanomedicine: A Condensed Version of the EGE Opinion 21, in: F. Allhoff / P. Lin (Hrsg.), Nanotechnology & Society. Current and Emerging Ethical Issues, Dordrecht, S. 187-206.
- ETPN – European Technology Platform on Nanomedicine (2009): Roadmaps in Nanomedicine towards 2020, Joint European Commission/ETP Nanomedicine Expert Report 2009, abruffbar unter: <http://www.etp-nanomedicine.eu/public/press-documents/publications/etpn-publications>, letztes Abrufdatum: 19.4.2012.
- ETPN – European Technology Platform Nanomedicine (2013): Nanomedicine 2020. Contribution of Nanomedicine to Horizon 2020. White Paper to the Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation – Recommendations from Nanomedicine Community, abruffbar unter: <http://www.etp-nanomedicine.eu/etpn-white-paper-2013>, letztes Abrufdatum: 18.1.2016.
- EuroNanoMed (2011): Nanomedicine, from research to patient and industry, abruffbar unter <http://www.cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/119870481EN6.pdf>, letztes Abrufdatum: 20.2.2012.
- Felt, U. (2010): Leben in Nanowelten. Zur Ko-Produktion von Nano und Gesellschaft, in: P. Lucht / M. Erleemann / E. Ben Ruiz (Hrsg.), Technologisierung gesellschaftlicher Zukünfte. Nanotechnologien in wissenschaftlicher, politischer und öffentlicher Praxis, Freiburg, S. 19-38.

- Foucault, M. (1974): Die Ordnung des Diskurses. Inauguralvorlesung am Collège de France – 2. Dezember 1970, München.
- Foucault, M. (1988): Die Geburt der Klinik. Eine Archäologie des ärztlichen Blicks, Frankfurt / Main.
- Gibbons, M. / Limoges, C. / Nowotny, H. / Schwartzman, S. / Scott, P. / Trow, M. (1994): The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies, London.
- Gouze, N. (2013): Nanomedicine: Open Innovation, abrufbar unter: <http://horizon2020projects.com/innovation/interviews/nanomedicine-open-innovation/>, letztes Abrufdatum: 23.5.2017
- Grube, A. / Schneider, C. / Rekić, Schetula, V. (2008): Nanomedizin – Chancen und Risiken. Eine Analyse der Potentiale, der Risiken und der ethisch-sozialen Fragestellungen um den Einsatz von Nanotechnologien und Nanomaterialien in der Medizin. Im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin, abrufbar unter: <http://library.fes.de/pdf-files/stabsabteilung/05709.pdf>, letztes Abrufdatum: 24.4.2012.
- Guston, D.H. / Sarewitz, D. (2002): Real-time technology assessment, in: American Perspectives on Science and Technology Policy 24, S. 93-109.
- Hayles, K.N. (2004) (Hrsg.): Nanoculture. Implications of the new Technoscience, Bristol.
- Hogle, L.F. (2009): Pragmatic Objectivity and the Standardization of Engineered Tissues, in: Social Studies of Science 39, S. 717-742.
- Hutter, M. / Knoblauch, H. / Rammert W. / Windeler, A. (2016): Innovationsgesellschaft heute. Die reflexive Herstellung des Neuen, in: W. Rammert / A. Windeler / H. Knoblauch / M. Hutter (Hrsg.), Innovationsgesellschaft heute. Perspektiven, Felder und Fälle, Wiesbaden, S. 15-38.
- Kaiser, M. / Kurath, M. / Maasen, S. / Rehmann-Sutter, C. (2010) (Hrsg.): Governing Future Technologies. Nanotechnology and the Rise of an Assessment Regime, Dordrecht – New York.
- Kearnes, M. / Grove-White, R. / Macnaghten, P. / Wilsdon, J. / Wynne, B. (2006): From bio to nano? Learning lessons from the UK agricultural biotechnology controversy, in: Science as Culture 15, S. 291-307.
- Kenneth, D. / Thompson, P.B. (2008) (Hrsg.): What Can Nanotechnology Learn From Biotechnology? Social and Ethical Lessons for Nanoscience from the Debate over Agrifood Biotechnology and GMOs, Burlington / MA.
- Knorr-Cetina, K. (1984): Die Fabrikation von Erkenntnis. Zur Anthropologie der Naturwissenschaft, Frankfurt / Main.
- Kurath, M. / Kaiser, M. (2010): Fragile Disziplinen: Identitäts-Diskurse und Transformationsprozesse in den Nanowissenschaften und Nanotechnologien, in: P. Lucht / M. Erlemann / E. Ruiz Ben (Hrsg.), Technologisierung gesellschaftlicher Zukünfte. Nanotechnologien in wissenschaftlicher, politischer und öffentlicher Praxis, Freiburg im Breisgau, S. 93-108.
- Latour, B. (2002): Die Hoffnung der Pandora: Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft, Frankfurt / Main.
- Latour, B. (2007): Eine Neue Soziologie für eine neue Gesellschaft: Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie, Frankfurt / Main.
- Latour, B. (2011): Reflections on Etienne Souriau's Les différents modes d'existence, in: L. Bryant / N. Srnicek / G. Harman (Hrsg.): The Speculative Turn. Continental Materialism and Realism, Melbourne, S. 304-333.
- Latour, B. / Woolgar, S. (1979): Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts, Beverly Hills / CA.
- Lanzara, G.F. (2009): Reshaping Practice Across Media: Material Mediation. Medium Specificity and Practical Knowledge in Judicial Work, in: Organization Studies 30, S. 1369-1390.
- Lucht, P. / Erlemann, M. / Ruiz Ben, E. (2010) (Hrsg.): Technologisierung gesellschaftlicher Zukünfte. Nanotechnologien in wissenschaftlicher, politischer und öffentlicher Praxis, Freiburg im Breisgau.

- McGrail, S. (2010): Nano Dreams and Nightmares: Emerging Technoscience and the Framing and (re)Interpreting of the Future, Present and Past, in: *Journal of Future Studies* 14, S. 23-48.
- McLuhan, M. (1964): *Understanding media: The extensions of man*, London.
- Nordmann, A. (2006): Personalisierte Medizin? – Zum Versprechen der Nanomedizintechnik, in: *Hessisches Ärzteblatt*, 5, abrufbar unter: http://www.philosophie.tu-darmstadt.de/media/institut_fuer_philosophie/diesunddas/nordmann/aerzteblatt.pdf, letztes Abrufdatum: 24.4.2012.
- Nordmann, A. (2005): Was ist TechnoWissenschaft? Zum Wandel der Wissenschaftskultur am Beispiel von Nanoforschung u. Bionik, in: T. Rossmann / C. Tropea (Hrsg.), *Bionik. Neue Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften*, Berlin, S. 209-218.
- Nordmann, A. (2008): Mit der Natur über die Natur hinaus?, in: K. Köchy / M. Norwig / G. Hofmeister (Hrsg.), *Nanobiotechnologien. Philosophische, anthropologische und ethische Fragen*, Freiburg, München, S. 131-147.
- Nowotny, H. / Gibbons, M. / Scott, P. (2001): *Re-Thinking Science Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, Cambridge.
- NSF – National Science Foundation (2001): *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, Arlington, Virginia, abrufbar unter: <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosi.pdf>, letztes Abrufdatum: 25.4.2012.
- NSF – National Science Foundation (2009): *NSF Workshop Report on Re-Engineering Basic and Clinical Research to Catalyze Translational Nanoscience*. Los Angeles, California, abrufbar unter: http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/reengineering_basic_and_clinical_4_9_09.pdf, letztes Abrufdatum: 19.4.2012.
- Passoth, J.H. / Rammert, W. (2016): Fragmentale Differenzierung und die Praxis der Innovation. Wie immer mehr Innovationsfelder entstehen, in: W. Rammert / A. Windeler / H. Knoblauch / M. Hutter (Hrsg.), *Innovationsgesellschaft heute. Perspektiven, Felder und Fälle*, Wiesbaden, S. 39-68.
- Plank, C. / Eglin, D. / Fahy, N. / Sapet, C. / Borget, P. / van Osch, G. / Gentili, C. / Miramond, T. / Zöller, K. / Anton, M. (2012): Gene activated matrices for bone and cartilage regeneration in arthrosis, *European Journal of Nanomedicine* 4, S. 17-32.
- PourGashtasbi, G. (2015): Nanotoxicology and challenges of translation, in: *Nanomedicine* 10, S. 3121-3129.
- Rammert, W. / Windeler, A. / Knoblauch, H. / Hutter, M. (2016): Die Ausweitung der Innovationszone, in: W. Rammert / A. Windeler / H. Knoblauch / M. Hutter (Hrsg.), *Innovationsgesellschaft heute. Perspektiven, Felder und Fälle*, Wiesbaden, S. 3-14.
- Rheinberger, H.J. (2002): Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas, Göttingen.
- Rusch, G. (1997): Fiktionalisierung als Element von Medienhandlungsstrukturen, in: C. Oberwagner / C. Scholz (Hrsg.), *Literaturwissenschaft als Wissenschaft über Fiktionalität*, Szeged, S. 123-138.
- Sandler, R. / Kay, W.D. (2006): The GMO-Nanotech (Dis)Analogy?, in: *Bulletin of Science, Technology & Society* 26, S. 57-62.
- Schiemann, G. (2008): Nanotechnologie und Naturverständnis, in: K. Köchy / M. Norwig / G. Hofmeister (Hrsg.), *Nanobiotechnologien. Philosophische, anthropologische und ethische Fragen*, Freiburg – München, S. 67-83.
- Schimank, U. (2009): Wie sich funktionale Differenzierung reproduziert – eine akteurtheoretische Erklärung, in: P. Hill / F. Kalter / J. Kopp / C. Kroneberg / R. Schnell (Hrsg.), *Hartmut Essers Erklärende Soziologie – Kontroversen und Perspektiven*, Frankfurt / Main, S. 201-226.
- Schillmeier, M. (2014): Black Box ‚Gesellschaft‘. Produktive Kontraste in der Wissenschaftsforschung, in: N. Braun / J. Müller / A. Nassehi / I. Saake / T. Wolbring (Hrsg.), *Begriffe – Positionen – Debatten*, Baden-Baden, S. 192-207.
- Schummer, J. (2009): *Nanotechnologie: Spiele mit Grenzen*, Frankfurt / Main.

- Stengers, I. (2010): Including Nonhumans in Political Theory. Opening Pandora's Box, in: B. Braun / S.J. Whatmore (Hrsg.), Political matter. Technoscience, democracy, and public life, Minneapolis, S. 3-34.
- Stengers, I. (1997): Power and Invention: Situating Science, Minneapolis / MN.
- Thorbrietz, P. / Zöller, K. (2008): Jugendforen Nanomedizin. Chancen und Risiken, ethische und soziale Fragen der Nanomedizin aus der Sicht junger Erwachsener. Nanomedizin: Anwendungsfelder, mögliche Risiken und ethische Fragen. Ein Überblick, abrufbar unter: <http://www.nano-jugend-dialog.de/daten/MPSNanomedVorstudieEnd.pdf>, letztes Abrufdatum: 6.5.2012.
- Torka, M. (2006): Die Projektfähigkeit der Forschung, in: Die Hochschule 15, S. 63-83.
- Torka, M. (2009): Die Projektfähigkeit der Forschung, Baden-Baden.
- Trommelmans, L. / Selling, J. / Dierickx, K. (2009): Is tissue engineering a new paradigm in medicine? Consequences for the ethical evaluation of tissue engineering research, in: Medicine, Health Care and Philosophy 12, S. 459-467.
- Weber, J. (2003): Umkämpfte Bedeutungen. Naturkonzepte im Zeitalter der TechnoScience, Frankfurt – New York.
- Whitehead, A.N. (1974): Die Funktion der Vernunft, Stuttgart.

Anton Schröpfer
Technische Universität München
Friedrich Schiedel-Lehrstuhl für Wissenschaftssoziologie
Marsstraße 20-22
80335 München
anton.schroepfer@tum.de