

Inhalt

Vorwort | 7

1. Einleitung: Dynamik von Wissenschaft | 9

2. Neue Wissenschaftsfelder | 19

2.1 Die Theorie des Handelns von Anselm L. Strauss | 20

2.2 Bricolage als Form prozessualen Ordners | 36

2.3 Wissenschaftliche Disziplin als Strukturmerkmal der Makroebene | 47

2.4 Forschungsarbeit als Interaktionen der Mikroebene | 55

2.5 Entstehung von Wissenschaftsfeldern durch Forschungsarbeit | 65

2.6 Konstruktion eines Wissenschaftsfeldes | 79

**3. Nanowissenschaftliche Forschung
und soziologischer Zugang** | 83

3.1 Was ist nanowissenschaftliche Forschung? | 84

3.2 Methodisches Vorgehen und Forschungspraxis | 91

3.3 Schweizer Nanowissenschaften – eine Ortsbegehung | 105

3.4 Empirieauftritt | 121

**4. Entwicklung der Nanowissenschaften
an der Universität Basel** | 123

4.1 Ein Symposium zu Ehren des »Nano-Papstes« | 124

4.2 Rastersondenmikroskopie und Instrumentationskollektiv | 129

4.3 Zwischenstand: eine nanowissenschaftliche Physik-Trajektorie | 148

4.4 Disziplinäre und institutionelle Erweiterung | 149

4.5 Institutionalisierung durch Arenenmanagement | 160

5. Technologische Plattformen der Nanowissenschaften	165
5.1 Technologische Plattformen in der Schweiz	167
5.2 Passive Infrastruktur vs. handlungsleitende soziotechnische Arena	170
5.3 Technologieentwicklung und technische Ausbildung	175
5.4 Prägung der Nanowissenschaften in technologischen Plattformen	193
6. Nanowissenschaftliche Events	199
6.1 Nanowissenschaftliche Events, deren Teilnehmer und Formate	200
6.2 Events als eine spezifische Veranstaltungsform	203
6.3 Situative Vergemeinschaftung	207
6.4 Adressierungsdimensionen	211
6.5 Sichtbarkeit, Legitimation, Kontaktgenerierung	221
6.6 Prägung der Nanowissenschaften auf Events	226
7. Schluss: verteilte Interaktionen und aggregierte Wissenschaftsfelder	229
7.1 Arenen der Nanowissenschaften und komplementäre Prägung	229
7.2 Beständige Vielfalt und fortwährende Assoziation	235
7.3 Konstruktion der Nanowissenschaften: weiterführende Thesen	237
7.4 Aggregation durch verteilte Forschungsaktivitäten	240
Anhang	243
Anhang A – Geführte Interviews	243
Anhang B – Durchgeführte Beobachtungen	244
Literatur	247

Vorwort

Die vorliegende Publikation ist das Ergebnis meiner Promotion und stellt Resultate aus dem vom Schweizerischen Nationalfonds finanzierten Projekt »EpistemicPractice, Social Organization, and Scientific Culture: Configurations of NanoscaleResearch in Switzerland« (2006-2012) unter Leitung von Prof. Martina Merz an der Universität Luzern vor. Ich danke dem Nationalfonds für die Finanzierung des Projekts, der Universität Luzern für die Bereitstellung von Infrastruktur und Dienstleistungen sowie den beiden Gutachtern der Dissertation Martina Merz und Prof. Ingo Schulz-Schaffer.

Verschiedene weitere Personen haben zu einem erfolgreichen Abschluss der Promotion beigetragen. Ich bin vor allem dem Projektteam der Universität Luzern für dessen Unterstützung bei der Anfertigung der Dissertation zu Dank verpflichtet: sowohl insbesondere Martina Merz als auch Dr. Daniela Baus und Philippe Sormani PhD für inhaltliche Diskussionen, kritische Anmerkungen und konstruktive Anregungen sowie Anna Chudozilov, Nina Hochstrasser, Marianne Jossen und Laura Schneider für Transkriptionen, Auswertungen von Datenbanken und andere Hilfestellungen.

Ebenso möchte ich die kollektive Leistung der Forschungs- und Doktorierendenwerkstatt der Universität Luzern hervorheben, die mir immer wieder zu einer sachdienlichen Reflexion meines Vorhabens verholfen hat. Ich spreche zudem Prof. Jürgen Raab und Prof. Jörg Strübing für die gewinnbringenden Diskussionen zur handlungstheoretischen Fundierung im Allgemeinen und zu Strauss' Theorie des Handelns im speziellen meinen Dank aus.

Weiterhin ist die hohe Bereitschaft der Schweizer Nanowissenschaftler zu betonen, sich als Interviewpartner zur Verfügung zu stellen und mir Zugang zu den Orten ihrer Forschung zu gewähren. Im Einzelnen möchte ich mich ausdrücklich bei den Wissenschaftlern des »Swiss Nanoscience Institute« der Universität Basel bedanken. Zudem danke ich der Leitungsgruppe des »Centre of MicroNanotechnology« an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne für

die Erlaubnis zum Besuch des Reinraums, dem PoILux-Team dafür, dass sie mir Zutritt zu ihrer Strahlenlinie und ihren Arbeitsplätzen am Paul Scherrer Institut ermöglicht haben, und den Organisatoren nanowissenschaftlicher Events für deren Unterstützung beim Besuch von Veranstaltungen wie der »NanoConvention«.

Nicht zuletzt bin ich Carola Biniok für ihr Vertrauen in meine Arbeit und die andauernde Ermunterung sowie Doreen Marke für ihr Verständnis für mein Vorhaben und ihre Geduld zu Dank verpflichtet.

1. Einleitung: Dynamik von Wissenschaft

Wissenschaft befindet sich in steter Veränderung. Die der Publikation zugrunde liegende Studie zur Konstruktion eines Wissenschaftsfeldes untersucht diesen Wandel am Fallbeispiel der Schweizer Nanowissenschaften.¹

In den letzten zwanzig Jahren haben die mit der frühen Nanotechnologie verbundenen Versprechen auf Erhöhung der allgemeinen Lebensqualität, Minderung gesundheitlicher Beschwerden, volkswirtschaftliche Produktivitätssteigerung usw. das Interesse wissenschaftlicher, politischer und wirtschaftlicher Akteure geweckt. Ausgehend von diesen Versprechen sind vielfältige Aktivitäten in Bezug auf das sich entwickelnde Wissenschaftsfeld zu beobachten.

An Universitäten konstruieren Physiker leistungsfähige Mikroskope für die Beobachtung und Manipulation von Atomen, synthetisieren Chemiker Moleküle zur Fertigung neuer funktionaler (z.B. kratzfester und beschlagfreier) Oberflächen und erforschen Biologen und Mediziner, wie Medikamente ›verpackt‹ und präzise an die Stellen des Körpers transportiert werden können, an denen sie ihre Wirkung entfalten sollen.²

Dem jungen Wissenschaftsfeld wird auch eine große forschungspolitische Aufmerksamkeit zuteil, die auf den von prognostizierten Innovationspotentialen nanowissenschaftlicher Forschung gründet. Weltweit werden finanzintensive nationale Forschungsförderprogramme aufgelegt, und die Nanotechnologie avanciert zu *der* Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Es entstehen vielerorts Forschungszentren und -cluster eigens für nanowissenschaftliche Forschung,

1 Ich werde in dieser Arbeit zunächst – bevor definatorische Festlegungen eingeführt werden (vgl. Kapitel 3.1) – die Begriffe Nanowissenschaft bzw. Nanowissenschaften und Nanotechnologie synonym verwenden. Der Präfix »Nano« bezieht sich auf die Längeneinheit Meter: 1 Nanometer (nm) = 10^{-9} Meter (m).

2 Mit Nennung der männlichen Funktionsbezeichnung ist in diesem Buch, sofern nicht anders gekennzeichnet, immer auch die weibliche Form mitgemeint.

während sich anderenorts altherwürdige Forschungsinstitute in Hinblick auf die wissenschaftliche Exploration der Nanometerebene neu ausrichten.

Im wirtschaftlichen Umfeld stößt eine erhebliche Zahl von Großunternehmen eine strategische Reorientierung ihrer Geschäftstätigkeiten mit dem Ziel an, die technologischen Anwendungspotentiale des neuen Wissenschaftsfeldes sowie die Realisierung entsprechender Entwicklungsvorhaben einer Prüfung zu unterziehen. Gleichzeitig nehmen, vor allem im Bereich der Geräteherstellung, zahlreiche kleine Unternehmen als universitäre Ausgründungen oder Start-ups ihre Arbeit auf.

Nanowissenschaftliche Forschung gilt unter den beteiligten Akteuren verschiedener Gesellschaftsbereiche als ein Wissenschaftsfeld, das bislang keine festen Konturen aufweist, das quer zu den üblichen disziplinären und institutionellen Grenzen liegt und von Angehörigen der verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen und Spezialgebiete gemeinsam bearbeitet wird. Der fächerübergreifende Charakter der Forschung wird als außerordentliche Chance für große wissenschaftliche Entdeckungen und technologische Innovationen wahrgenommen. Zugleich begreifen sowohl Vertreter der Wissenschaft als auch der Wirtschaft und Politik die damit verbundene Integration unterschiedlichster Akteure in den Forschungsprozess und die Koordination der jeweiligen Aktivitäten als eine besondere Herausforderung zur fruchtbaren Überwindung bestehender Grenzen.

Die vorliegende Arbeit ist im Kontext eines sozialwissenschaftlichen Projektes zur Konfiguration nanowissenschaftlicher Forschung in der *Schweiz* entstanden.³ Dieses Feld bietet insofern einen besonders interessanten Untersuchungsgegenstand, als dass in der Schweiz die Rastersondenmikroskopie, die sowohl von nanowissenschaftlichen Akteuren, als auch von Forschern der »Science and Technology Studies« als besonders bedeutsam für die Konstitution der Nanowissenschaften angesehen wird, ihren Ursprung hat. Zudem sind mit der Konstruktion dieser Technologie im Jahr 1981 frühzeitig einsetzende Forschungsaktivitäten verbunden, die mehr als zwanzig Jahre zurückliegen. Sie markieren insofern eine Differenz zur Entwicklung nanowissenschaftlicher Forschung in anderen Ländern. Ebenso lässt die im internationalen Vergleich eher geringe finanzielle Unterstützung von staatlicher Seite darauf schließen, dass es sich bei den Nanowissenschaften in der Schweiz um einen außergewöhnlichen Fall handelt.

3 Es handelt sich um das vom Schweizerischen Nationalfonds finanzierte Projekt »Epistemic Practice, Social Organization, and Scientific Culture: Configurations of Nanoscale Research in Switzerland« (2006-2012) unter Leitung von Prof. Martina Merz.

FORSCHUNGSVORHABEN UND FRAGESTELLUNG

Die Prominenz eines fachlich und institutionell heterogenen, sich in Wandlungsprozessen befindlichen Wissenschaftsfeldes wie den Nanowissenschaften gibt Anlass, die Entstehung und Entwicklung des damit assoziierten Forschungszusammenhangs genauer zu untersuchen. Ziel des *empirischen* Teils der vorliegenden Studie ist es, ein besseres Verständnis der Bedingungen und Grundlagen dafür, dass sich nanowissenschaftliche Forschung heute auf die gegebene Weise und nicht anders präsentiert, zu erarbeiten. Insbesondere die Charakterisierung der fortwährenden Dynamik des Feldes stellt dabei ein zentrales analytisches Moment dar. An dieser Stelle setzt mein Forschungsvorhaben zunächst mit der Frage an, auf welche spezifische Weise das Wissenschaftsfeld Nanowissenschaften hervorgebracht wird.

In den Science and Technology Studies, zumal soziologischer Prägung, wird die Dynamik von Wissenschaft bereits seit vier Jahrzehnten als zentrales Forschungsthema behandelt.⁴ Bis heute hat diese Forschung nicht an Aktualität verloren, da immer wieder andersartige Formen wissenschaftlichen Arbeitens entstehen und sich fortwährend neue wissenschaftliche Strukturen und Institutionen herausbilden. Nanowissenschaften erscheinen hier als ein aufschlussreiches kontrastierendes Fallbeispiel. *Einerseits* lassen sich Beobachtungen zur Entstehung und Entwicklung von Wissenschaftsfeldern aus anderen Forschungszusammenhängen überprüfen und die derart gewonnenen Erkenntnisse differenzieren.

Andererseits stellen die spezifischen Charakteristika nanowissenschaftlicher Forschung eine Herausforderung für die soziologische Analyse des Phänomens und des damit verbundenen konzeptuellen und methodischen Zugangs dar. Denn obwohl nanowissenschaftliche Forschung bislang nicht als kohärentes Wissenschaftsfeld oder neue Disziplin in Erscheinung tritt, präsentiert sich dem Beobachter inzwischen eine kontinuierlich bestehende und relativ stabile Konfiguration nanowissenschaftlicher Forschungsaktivitäten. Die o.g. Frage nach der Hervorbringung der Nanowissenschaften lässt sich vor diesem Hintergrund bezüglich des Ursprungs der Feldentfaltung konkretisieren: Auf welche Weise wird das Wissenschaftsfeld Nanowissenschaften durch Interaktionen *fachlich und institutionell heterogener Akteure* konstruiert?

Die Reformulierung impliziert, dass die Entstehung und Entwicklung eines Wissenschaftsfeldes aus interaktionistischer Perspektive erklärt werden kann. Diese Annahme gründet auf dem theoretischen Argument, dass die Dynamik der Nanowissenschaften über einen strukturalistischen oder (struktur-)funktionalisti-

4 Vgl. zu den Arbeiten der Science and Technology Studies bspw. Heintz/Nievergelt 1998; Sismondo 2003; Weingart 2003; Jasanoff u.a. 2007; Rammert 2007.

schen Ansatz nicht hinreichend gefasst werden kann. Denn »systematische Aussagen zum sozialen Wandel sind diesen Theorien schon aufgrund ihrer Anlage nicht ›entsprungen« (Joas/Knöbl 2004: 516, Hervorhebung weggelassen). Solche theoretischen Ansätze fokussieren Ursachen für die Beständigkeit sozialer Strukturen, Formen der Reproduktion von Gesellschaft und andere allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten.

Bei der Formierung neuer Wissenschaftsfelder liegen – im Gegensatz zu etablierten Disziplinen, die insbesondere in den Organisationsstrukturen von Universitäten verankert und als Forschungsrichtungen institutionalisiert sind – jedoch kaum profilierte Strukturen vor, an denen eine sozialwissenschaftliche Untersuchung ansetzen könnte. Auch sind die fachspezifischen Institutionen, die die Konstitution und Etablierung des Wissenschaftsfeldes unterstützen – zu denken wäre dabei an nanowissenschaftliche Forschungs- und Technologiezentren, Abteilungen in Forschungsförderorganisationen, Gerätehersteller und Zulieferer von Forschungsinfrastruktur oder behördliche Instanzen zur Regulierung von Nanoprodukten – oft ebenfalls noch im Entstehen begriffen, unterliegen kurzfristigen Wandlungsprozessen oder sind erst das zukünftige Ergebnis der Modifikation und Transformation bestehender Strukturen.

Da sich nanowissenschaftliche Forschung einer strukturalistischen Konzeptualisierung entzieht und *ex ante* nicht beurteilt werden kann, inwiefern entsprechend stabile Strukturen innerhalb des Wissenschaftsfeldes vorliegen, bedarf es einer alternativen Zugangsweise seitens der Sozialwissenschaften. Aus diesen Gründen favorisiert die vorliegende Untersuchung eine interaktionistische Perspektive. Ihr liegt die Prämisse zugrunde, dass durch die Interaktionen der Akteure gesellschaftliche Strukturen erzeugt und gestaltet und demzufolge auch neue Wissenschaftsfelder durch das Handeln der Akteure konstruiert werden. Dies bezeichnet den Versuch, über einen interaktionistischen Ansatz insofern hinauszugehen, als dass auf dessen Grundlage auch Strukturbildungsprozesse erschlossen werden.

In diesem Strukturbildungs- bzw. Konstruktionsprozess, so ein weiteres empirisch begründetes Argument der Arbeit, stellt *Bricolage* eine besondere Handlungsform dar. Die Befunde, dass nanowissenschaftliche Forschung in der Schweiz aufgrund der Erfindung des Rastertunnelmikroskops schon sehr früh einsetzte, jedoch ohne dass ein besonderes Engagement staatlicher Institutionen und eine gesonderte Bereitstellung erforderlicher Ressourcen zu erkennen sind, deuten auf eine wichtige Hypothese hin: dass die Akteure unter den gegebenen Bedingungen vergleichsweise spontan, opportunistisch und situativ im Umgang mit den ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen nanowissenschaftliche Forschung betreiben.

Dies würde implizieren, dass im Unterschied zur Konstitution der Nanowissenschaften in manch anderen Ländern anscheinend gerade das Fallbeispiel Schweiz die Chance bietet, im Konstruktionsprozess und Entwicklungsverlauf spezifische Interaktions- und Handlungsmuster mit Bricolagecharakter zu identifizieren. Diese Überlegungen führen zu der folgenden ausdifferenzierten zentralen Forschungsfrage: *Auf welche Weise wird das Wissenschaftsfeld Nanowissenschaften durch Interaktionen fachlich und institutionell heterogener Akteure konstruiert und inwiefern sind diese Interaktionen durch Bricolage charakterisiert?*

THEORETISCHER ZUGANG: THEORIE DES HANDELNS UND BRICOLAGE

Entsprechend der Fragestellung und den obigen Überlegungen wurde als theoretische Grundlage für die Untersuchung die *Theorie des Handelns* von Anselm Strauss (1978b, 1993) gewählt, die den Dualismus von Handeln und Struktur zugunsten eines wechselseitigen Konstitutionsverhältnisses auflöst (vgl. Kapitel 2.1). In der Strauss'schen Theorie wird einerseits Struktur als ein Kontext des Handelns begriffen, der die Interaktionen und Aktivitäten der Akteure ermöglicht und beschränkt. Andererseits wirkt Handeln auf die Strukturen zurück und verändert diese. Akteure stellen demzufolge in kurz- und langfristigen Wandlungsprozessen durch ihre Interaktionen soziale Strukturen her, die als Handlungsbedingungen dieser Aktivitäten wiederum wirksam werden.

Entsprechend der Strauss'schen Konzeption ist die Konstruktion des Wissenschaftsfeldes Nanowissenschaften als ein kontinuierlicher Prozess zu verstehen, der sich aus heterogenen und verteilten Interaktionen zusammensetzt und zu einem gegebenen Zeitpunkt die Konfiguration des nanowissenschaftlichen Forschungszusammenhangs bestimmt. In dieser Hinsicht ist es erforderlich, die bislang vorherrschende wissens- und wissenschaftssoziologische Auslegung von Wissenschaft als System disziplinärer Einzelwissenschaften zu überdenken und entsprechend der Strauss'schen Theorie zu reformulieren.

Eine solche Reformulierung stellt das *konzeptuelle Ergebnis* meiner Untersuchung dar und bildet zugleich den theoretischen Ausgangspunkt für den empirischen Teil der Arbeit. In Analogie zum wechselseitigen Konstitutionsverhältnis von Handeln und Struktur wird auf eine analytische Trennung von wissenschaftlichen Disziplinen als Struktur (vgl. Kapitel 2.3) und Forschungsarbeit als Handeln (vgl. Kapitel 2.4) abgestellt (vgl. ähnlich Stichweh 1994; Weingart 1997). So gelingt es, die durch Forschungsarbeit hervorgerufenen Veränderungen im

Gefüge wissenschaftlicher Spezialgebiete und die damit verbundene Entstehung und Entwicklung neuer Wissenschaftsfelder zu erfassen.

Unter *Forschungsarbeit* sind verschiedene Formen wissenschaftlicher Praxis zu verstehen, die von den beteiligten Akteuren (Wissenschaftler, Unternehmer, Techniker, Politiker etc.) mehr oder weniger gemeinsam, kooperativ und grenzüberschreitend vollzogen werden und wissenschaftliche Strukturen verändern. Projektarbeit als eine dieser Formen beinhaltet das Vorbereiten von Proben und das Mikroskopieren ebenso wie das Konstruieren von Instrumenten und das Schreiben von Artikeln. Um Projektarbeit durchführen zu können, sind sowohl Vermittlungsarbeit, wie etwa Akquirieren von Fördergeldern und die Pflege von Netzwerken, als auch Organisationsarbeit (Projektleitung) notwendig.

Neben diesen Formen der Forschungsarbeit treten außerdem Grenz- und Identifikationsarbeit zur Bestimmung der eigenen Forschungsrichtung und des eigenen wissenschaftlichen Selbstverständnisses auf. In Bezug auf die Fragestellung der vorliegenden Studie ist von besonderem Interesse, wie und in welchem Umfang verschiedene Disziplinen und Forschungsgebiete an der Konstruktion des Wissenschaftsfeldes nanowissenschaftlicher Forschung beteiligt sind, ob einzelne Akteure besonders aktiv sind und ob bestimmte Forschungseinrichtungen durch fortwährende Präsenz hervortreten.

Strukturen (als interaktionale Sedimente) sind kontextspezifische Bedingungen, unter denen Forschungsarbeit an unterschiedlichen Orten des Wissenschaftsfeldes stattfindet, bspw. in akademischen Laboren und Instituten, in Technologiezentren und auf Konferenzen. Der strukturelle Kontext reicht dabei von Nationalstaaten, Hochschulen und organisatorischen Regelungen über die räumliche Aufteilung von Laboren und Infrastruktur bis hin zu den Routinen in der Handhabung von Technologien und dem spezifischen Know-how der Akteure. Die Analyse der an diesen Orten stattfindenden Interaktionen wird von der Frage begleitet, unter welchen Voraussetzungen welche relevanten Strukturen in diesen Situationen wirksam und/oder von den Akteuren auf welche Weise eingesetzt werden. Insbesondere interessiert hier die Rolle von *Technologie* bei der Entwicklung nanowissenschaftlicher Forschung. Denn es scheint, dass Technologie in Form von Forschungsinfrastruktur, d.h. Mikroskopen, technischen Anlagen und Maschinen, als Verbindungsmechanismus zwischen den Akteuren zur Konstruktion des Wissenschaftsfeldes beiträgt.

Eine weitere zentrale Frage der Untersuchung lautet, wie sich die Konstruktion der Nanowissenschaften näher charakterisieren lässt, ob bspw. in Bezug auf das Handeln der Akteure bestimmte Interaktionsmuster existieren und als besondere Kennzeichen des Konstruktionsprozesses hervortreten. In diesem Zusammenhang wird die These problematisiert, dass die Konstruktion und der Verlauf

nanowissenschaftlicher Forschung Merkmale von Bricolage aufweisen, einem spezifischen Typus des Handelns, der sich bspw. von Durchbruch (›Breakthrough‹) oder Routine unterscheidet (vgl. Kapitel 2.2). Dementsprechend argumentiere ich, dass die Entstehung und Entwicklung des Wissenschaftsfeldes wenig geplant verläuft, situativ ausgehandelt wird und auf vorhandenen Ressourcen, d.h. nutzbar gemachten Strukturen (Technologien, finanzielle Mittel, Kontakte, etc.), aufbaut.

Zwei Aspekte sollen durch das Konzept der Bricolage betont werden: zum einen die lokale Verankerung der Interaktionen und zum anderen die Materialität der Interaktionssituation, d.h. die Berücksichtigung von Objekten und Technologien im Konstruktionsprozess. Was Lévi-Strauss für das mythische Denken konstatiert, gilt ähnlich für das wissenschaftliche Denken: Die Forschungsarbeit eines Wissenschaftlers ist in einem hohen Masse dadurch gekennzeichnet, »jederzeit mit dem, was ihm zur Hand ist, auszukommen« (Lévi-Strauss 1968: 30).

METHODE UND VORGEHENSWEISE

Im Zentrum meiner Studie steht die Untersuchung der ›Laufbahn‹ des Wissenschaftsfeldes unter Berücksichtigung des Beginns der Konstruktionsprozesse, richtungweisender Ereignisse in der weiteren Entwicklung und der für die Forschung spezifischen Technologien sowie der individuellen und institutionellen Akteure, die in Interaktionsbeziehungen miteinander verknüpft sind. Im Einzelnen stellen sich Fragen wie folgt: Wie werden die grenzüberschreitenden Forschungsaktivitäten der unterschiedlichen Akteure ermöglicht und organisiert? Durch welche sozialen Mechanismen und Triebkräfte wird die Kohärenz und Bindungskraft zwischen den heterogenen Komponenten des Wissenschaftsfeldes erzeugt? Und inwiefern werden derartige Konstruktionsprozesse durch vorhandene und/oder in diesem Kontext entstehende Strukturen unterstützt?

Dabei erweist sich die Tatsache, dass das Wissenschaftsfeld *in actu* beobachtet werden kann, als besonderer Vorteil. Die sozialen Wandel anstoßenden Konstruktionsprozesse werden direkt erfasst und nicht *ex post*, nachdem sie bereits Rationalisierungsprozessen unterlegen haben. Die Schweiz bietet als kleines Land zusätzlich den forschungspraktischen Vorteil, besonders umfassend Daten erheben und demzufolge detaillierte(re) und differenzierte(re) Schlussfolgerungen zur Entstehung und Entwicklung des Wissenschaftsfeldes Nanowissenschaften ziehen zu können. Dieser Sachverhalt läuft zugleich konform mit der Forderung einer ganzheitlichen Fallbetrachtung innerhalb des qualitativen Forschungsparadigmas, das der Arbeit zugrunde liegt.

Ausgehend von der theoretischen Verankerung der Studie in der interaktionistisch-pragmatischen Forschungstradition basiert das empirische Vorgehen auf einem *ethnographischen Forschungsansatz* (vgl. Kapitel 3.2). Ethnographische Methoden bieten die Möglichkeit, an der Forschungsarbeit der Akteure zu partizipieren und diese im Vollzug zu beobachten (vgl. Amann/Hirschauer 1997). Gespräche während der Beobachtung und eigens geführte Interviews bilden zudem den Ausgangspunkt für die Rekonstruktion der Entwicklung des Wissenschaftsfeldes. Dessen Existenz offenbart sich in den retrospektiven Erzählungen der Akteure, die dem Feld eine Geschichte verleihen, und gleichsam in den prospektiven Darstellungen, die eine Zukunft des Feldes entstehen lassen.

Vor Ort haben mir einerseits Professoren und Leiter nanowissenschaftlicher Institute und Organisationen sowie Nachwuchswissenschaftler verschiedener Forschungseinrichtungen in *qualitativen Interviews* ihre Arbeit innerhalb des nanowissenschaftlichen Forschungszusammenhangs erläutert und ihre Einschätzungen zum Status von Nanowissenschaft und Nanotechnologie in Wissenschaft und Forschung dargelegt. Andererseits hatte ich Gelegenheit, mittels *teilnehmender Beobachtung* in zentralen Forschungseinrichtungen und auf Konferenzen einen Einblick in die Abläufe und die Organisation nanowissenschaftlicher Forschung zu gewinnen. Dieses Vorgehen wurde von einer Dokumentenanalyse verschiedener Jahresberichte, Selbstdarstellungen, Rundbriefe, Konferenzreports usw. begleitet.

EMPIRIE: KONSTRUKTION DER NANOWISSENSCHAFTEN

Ausgehend vom wechselseitigen Konstitutionsverhältnis von Forschungsarbeit und Wissenschaft werden in drei Kapiteln verschiedene Interaktionskontexte der Schweizer Nanowissenschaften analysiert (vgl. Kapitel 4 bis 6). Anhand der gewonnenen Daten lässt sich empirisch begründen, wie Akteure durch kollektive Interaktionsprozesse in den verschiedenen organisationalen Milieus das Wissenschaftsfeld Nanowissenschaften konstruieren.

An *erster* Stelle wird die Entstehung und Entwicklung eines regionalen nanowissenschaftlichen Forschungszusammenhangs an einer Universität nachgezeichnet (vgl. Kapitel 4). Ausgehend von einer kleinen physikalischen Forschergruppe, die ihre Forschung frühzeitig auf Rastersondenmikroskopie ausrichtet, etabliert sich (relativ ungeplant) im Laufe der Zeit ein national anerkanntes und bis heute in der Schweiz einzigartiges nanowissenschaftliches Forschungsinstitut. An diesem Konstruktionsprozess, der inkrementell, kontinuierlich und kon-

tingent verläuft, sind fachlich und institutionell heterogene Akteure beteiligt. Der Technologie Rastersondenmikroskopie kommt dabei eine besondere Rolle zu.

In einem *zweiten* und *dritten* Teil der Analyse stehen technologische Plattformen und nanowissenschaftliche Events als weitere Orte der Nanowissenschaften im Zentrum des Interesses. Technologische Plattformen (vgl. Kapitel 5) sind zentralisierte Einrichtungen, in denen verschiedene Technologien einer großen Zahl heterogener Akteure zur Nutzung bereitgestellt werden. Plattformen zeichnen sich durch eine besondere Form der Arbeitsteilung aus. Wissenschaftlich-technisches Personal mit spezifischem Know-how leitet und betreut die Einrichtungen. Nutzer unterschiedlicher wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Bereiche verrichten kopräsent instrumentelle Forschungsarbeit in den Plattformen – sie stellen mikroelektronische Bauelemente her, charakterisieren die Oberflächen von Materialien oder untersuchen biologische Proben.

Von Bedeutung für die Konstitution der Nanowissenschaften sind schließlich auch Events (vgl. Kapitel 6), eine besondere Form von Veranstaltungen, an denen Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik aufeinander treffen. Anders als bei den Konferenzen homogener wissenschaftlicher Gemeinschaften steht hier nicht die Erhaltung und Erweiterung eines spezifischen Wissenskorporus im Vordergrund. Stattdessen richten sich Events an unterschiedliche Öffentlichkeiten aus Wirtschaft, Politik usw., denen Wissen über Nanotechnologie vermittelt wird und zwischen denen eine Kontaktaufnahme angeregt werden soll.

Die drei untersuchten organisationalen Milieus Hochschullabore, technologische Plattformen und nanowissenschaftliche Events zeichnen sich durch spezifische Akteurskonstellationen, Interaktionszusammenhänge und Konstruktionsprozesse aus. Im Ergebnis zeigt sich eine hinsichtlich dieser Kontexte komplementäre Prägung der Schweizer Nanowissenschaften, aus der die spezifische Beschaffenheit des Wissenschaftsfeldes resultiert.

WISSENSCHAFTEN IN BEWEGUNG

In der vorliegenden Arbeit wird aufgezeigt, auf welche Weise sich in der Schweiz trotz Heterogenität und hoher Dynamik des nanowissenschaftlichen Forschungszusammenhangs kohärente Entwicklungslinien in Bezug auf *ein gemeinsames* Wissenschaftsfeld herausbilden. Die Form des nanowissenschaftlichen Forschungsfeldes wird in der Studie in einen Zusammenhang mit den fortwährenden Aushandlungen der Akteure und den Verläufen konstituierender Trajektorien gestellt. Wegleitend ist dabei die Vermutung, dass sich Nanowissen-

schaften (derzeit) als dauerhafte Aggregation heterogener Komponenten manifestieren.

Im Rahmen der Wissenschafts- und Techniksoziologie leistet die Untersuchung damit einen Beitrag zum Verständnis der Dynamik von Wissenschaft, d.h. der Entstehung und Entwicklung von Wissenschaftsfeldern, Spezialgebieten und Disziplinen. Komplementär zur Akzentuierung einzelner Entstehungsfaktoren wie bspw. Erwartungen, Diskursen und Erfindungen wird der Blick auf konkrete Interaktionen und Situationen gelenkt und gezeigt, inwiefern durch verteilte Interaktionen institutionell und fachlich heterogener Akteure in verschiedenen organisationalen Milieus ein neues Wissenschaftsfeld konstruiert wird.

Zusammenfassend ist das Ziel dieser Arbeit, das Verständnis der Konfiguration von disziplinären Wissenschaften zur Diskussion zu stellen, die Dynamik von Wissenschaftsstrukturen interaktiv zu begründen und damit dem kontinuierlichen Fluss von Forschungsaktivitäten mehr Bedeutung zuzumessen.