universität wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Die Umsetzung eines *green nano* Konzepts in der aktuellen Nanotechnologie-Forschung. Zur Umweltrelevanz und Nachhaltigkeit der Nanotechnologie“

verfasst von

Daniela Fuchs

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 066 833
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Masterstudium Ökologie
Betreuer:	Ao. Univ. Prof. Dr. Harald Wilfing

DANKSAGUNG

Ganz egal, wie motiviert und positiv gestimmt man eine solche Arbeit beginnt – Stehzeiten, Irrwege, Planlosigkeit und Bibliothekstage bei strahlend schönem Wetter lauern an jeder Ecke. Deshalb möchte ich mich hier bei denjenigen Menschen bedanken, die mir geholfen haben, diesen Prozess zu bewältigen und mir häufig im richtigen Moment mit sehr unterschiedlichen, aber hilfreichen Inputs zur Seite gestanden haben:

- bei meinem Betreuer Professor Harald Wilfing für seine konstruktiven Ratschläge und hilfreichen Tipps während der Arbeit, sowie seine geduldige Begleitung während des Studiums;
- bei Herrn Dr. André Gazsó (Institut für Technikfolgen-Abschätzung), der sich nicht nur als Anspechperson für Fragen zur Nanotechnologieforschung im Rahmen dieser Diplomarbeit zur Verfügung gestellt, sondern mir über Jahre hinweg hilfreiche Einblicke in die Technikfolgenabschätzung ermöglicht hat;
- bei Frau Dr. Ulrike Bechtold für Spontaneinsätzen in interviewtechnischen Notfällen;
- bei meinen Interviewpartnern, die sich die Zeit genommen haben, alle meine Fragen ausführlich zu beantworten und freundlich Feedback zu geben;
- bei meinen Freundinnen und Freunden, die es durch die richtigen Worte zur richtigen Zeit, Essen auf Rädern und Urlaubsplanung immer wieder schaffen, meinen Launen mit einem Lächeln zu begegnen und es in selbiges zu verwandeln;
- bei meinen LektorInnen, die sich zusätzlich trotz erschöpfender Erzählungen spontan bereit erklärt haben, meine Miniaturwelt der deutschen Sprache zugänglich zu machen;
- und nicht zuletzt bei meinen Eltern, Marianne und Fritz Fuchs, die mich immer vorbehaltlos unterstützen, mir Rückhalt geben, mich motivieren und nie an mir zweifeln.

DANKE!

INHALT

1. Einleitung 9

1.1. Was sind Nanomaterialien und Nanotechnologien? 9

1.1.1. Definition 9

1.1.2. Risikopotential und Gefährdung durch Nanomaterialien 11

1.1.3. Risikoabschätzung von Nanomaterialien 12

1.1.4. Ethische Überlegungen zu Nanomaterialien 14

1.1.5. Forschungstrend und Entwicklung 14

1.1.6. Gesetzliche Regelungen 15

1.2. Nanotechnologie und Umwelt 16

1.2.1. Der Unterschied zwischen grüner und nachhaltiger Nanotechnologie 17

1.2.2. Bisherige Abschätzungen von Nachhaltigkeitspotenzialen 19

1.3. Konzepte zur zukünftigen Entwicklung der Nanotechnologie 20

1.3.1. Das Zusammenspiel zwischen Gesellschaftskonzept und Technik 20

1.3.2. Umweltfreundliche Chemie und grüne Technik 22

1.3.3. Konzept zur nachhaltigen Nanotechnologie (SAICM) 24

1.3.4. Designprinzipien für eine Grüne Nanotechnologie 25

2. Methode 28

2.1. Material und Methode in der vorliegenden Arbeit 28

2.2. Theoretische Annäherung 29

2.2.1. Was ist ein Experte? 30

2.2.2. Expertenwissen 31

2.2.3. Arten des ExpertInneninterviews 32

2.2.4. Rollen im Interview 33

2.3. Reflexion über den Interviewprozess während dieser Arbeit 33

2.4. Auswertung der ExpertInneninterviews und Verwendung des Materials 35

3. Forschungsfeldanalyse auf europäischer Ebene und im deutschsprachigen Raum 37
3.1. Motivation und Zielsetzung des Arbeitsschritts 37
3.2. EU 37
3.2.1. Allgemeine Ausrichtungen 37
3.2.2. Analyse der Calls und Projektübersicht 39
3.3. OECD 41
3.4. Deutschland 43
3.4.1. Aktionsplan Nano 2015 44
3.4.2. Durchführungsbericht zum EU-Aktionsplan 2007-2009 45
3.4.3. NanoNature 46
3.4.4. NanoDialog 47
3.4.5. Deutsche Forschungsgemeinschaft 48
3.4.6. Einbindung von Schwerpunkten laut Email-Anfrage 48
3.5. Schweiz 48
3.5.1. Aktionsplan Nano 2008 48
3.5.2. Übersicht über Forschungsinstitutionen mit Umweltbezug 49
3.5.3. Einbindung von Schwerpunkten laut Email-Anfrage 50
3.6. Österreich 51
3.6.1. BMVIT Nanostrategie 51
3.6.2. Aktionsplan Nano 2009 52
3.6.3. Umsetzungsbericht 53
3.6.4. Recherche der Datenbanken 54
4. Ergebnisse 59
4.1. Ergebnisse der ersten E-Mail Befragung (Step 01) 59
4.1.1. Fragen der ersten E-Mail- Befragung zur Übersicht 59

4.1.2. Umweltbereiche mit (erwarteten) positiven Auswirkungen durch Nanotechnologie 59

4.1.3. Gebiete mit größten erwarteten mittelfristigen Fortschritten 61

4.1.4. Gebiete zukünftiger Investitionen und Erkenntnisinteressen 62

4.2. Überblick über den Interviewprozess (Step 02) 62

4.2.1. Statistische Auswertung der Email-Anfragen (Step 02) 62

4.2.2. Allgemeines zu den Ergebnissen der Interviews 63

4.3. Vorstellung der Interviewpartner 63

4.3.1. Dr. Ralf Köber (Christian-Albrechts-Universität Kiel) 64

4.3.2. Prof. Dr. Mats-Olof Mattsson (Austrian Institute of Technology - AIT) 66

4.3.3. Dr. Ing. Sabine Matys (Technische Universität Dresden) 69

4.3.4. Interviewpartner einer außeruniversitären deutschen Forschungseinrichtung 70

4.3.5. Dr. Thomas Reichenauer (AIT) 72

4.3.6. Univ. Prof. Dr. Gottfried Strasser (TU Wien) 74

4.3.7. Dr. Ingolf Voigt (Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme - IKTS) 76

4.3.8. Mag. Alexander Pogány (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT) 80

4.3.9. Dipl.-Ing. Michael Steinfeldt (Universität Bremen) (Step 03) 81

4.4. Ergebnisse der Befragungen und Überprüfung der Hypothesen 82

4.4.1. Hypothese 1: Nanotechnologie wird als Möglichkeit für zukünftige Problemlösungen im Umweltbereich wahrgenommen, andere Motivationen sind nachrangig 82

4.4.2. Hypothese 2: *Green nano* ist als Konzept in aktueller Forschung bereits etabliert. 85

4.4.3. Hypothese 3: Die Rolle der staatlichen Förderung ist maßgeblich für die Implementierung für Umwelt-Forschungsprojekte im Nanobereich. 87

5. Diskussion 92

5.1. Diskussion der Hypothesen 92

5.1.1. Hypothese 1: Nanotechnologie wird als Möglichkeit für zukünftige Problemlösungen im Umweltbereich wahrgenommen, andere Motivationen sind nachrangig 92

5.1.2. Hypothese 2: *Green nano* ist als Konzept in aktueller Forschung bereits etabliert 94

5.1.3. Hypothese 3: Die Rolle der staatlichen Förderung ist maßgeblich für die Implementierung von Umwelt-Forschungsprojekten im Nanobereich 95

5.2. Anmerkungen zur Arbeit 97

5.3. Die Ergebnisse in einem quantitativen Kontext 98

6. The big picture – Ausblick auf Nachhaltigkeit, Technikentwicklung und Nanotechnologie 100

7. Referenzen 104

7.1. Literatur 104

7.2. Internetquellen und -verweise: 110

7.2.1. Europäische Union 110

7.2.2. Deutschland 110

7.2.3. Österreich 111

7.2.4. Schweiz 112

7.3. Abbildungsverzeichnis 112

7.4. Tabellenverzeichnis 113

8. Anhang 114

1. EINLEITUNG

1.1. Was sind Nanomaterialien und Nanotechnologien?

1.1.1. Definition

Die Sammelbegriffe Nanotechnologie und Nanomaterialien umfassen Stoffe und Techniken mit Abmessungen bis zu 100 nm in einer Dimension und inkludieren daher unterschiedlichste Formen (Kugeln, Plättchen, Stäbchen etc.) und Materialien. Teilweise werden auch Materialien mit innerer nanoskaliger Struktur in Verbundsystemen (z.B. Agglomeration) unterschieden (BMU 2010). Bei Nanopartikeln können Unterschiede zwischen natürlichen und künstlichen ausgemacht werden: Künstlich erzeugte Nanopartikel besitzen ein homogeneres Größenspektrum und höhere stoffliche Reinheitsgrade als „natürliche“ (Peralta-Videa et al., 2011: 2f).

Das Amtsblatt der EU vom 20.10.2011 definiert „Nanomaterial“ konkret als „ein natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material, das Partikel in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthält, und bei dem mindestens 50 % der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung ein oder mehrere Außenmaße im Bereich von 1 nm bis 100 nm haben. In besonderen Fällen kann der Schwellenwert von 50 % für die Anzahlgrößenverteilung durch einen Schwellenwert zwischen 1 % und 50 % ersetzt werden, wenn Umwelt-, Gesundheits-, Sicherheits- oder Wettbewerbserwägungen dies rechtfertigen.“ (Europäische Kommission, 2011a).

Eine Möglichkeit der Systematisierung bezieht sich auf die Herstellungsmaterialien (z.B. Peralta-Videa et al., 2011: 3-5). Hier erfolgt die Differenzierung Kohlenstoff-basierte Materialien (wie Fullerene und Kohlenstoff-Nanoröhrchen), Halbleiter (wie Quantum Dots) und anorganische Nanopartikel (Metalloxide) (Abbildung 1). Zu den am häufigsten vorkommenden Nanomaterialien zählen Titanoxid, nullwertiges Eisen (ZVI), Nano-Silber, Ruß (Carbon black), Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNTs) und Fullerene (Sellers et al., 2010: 25-30).

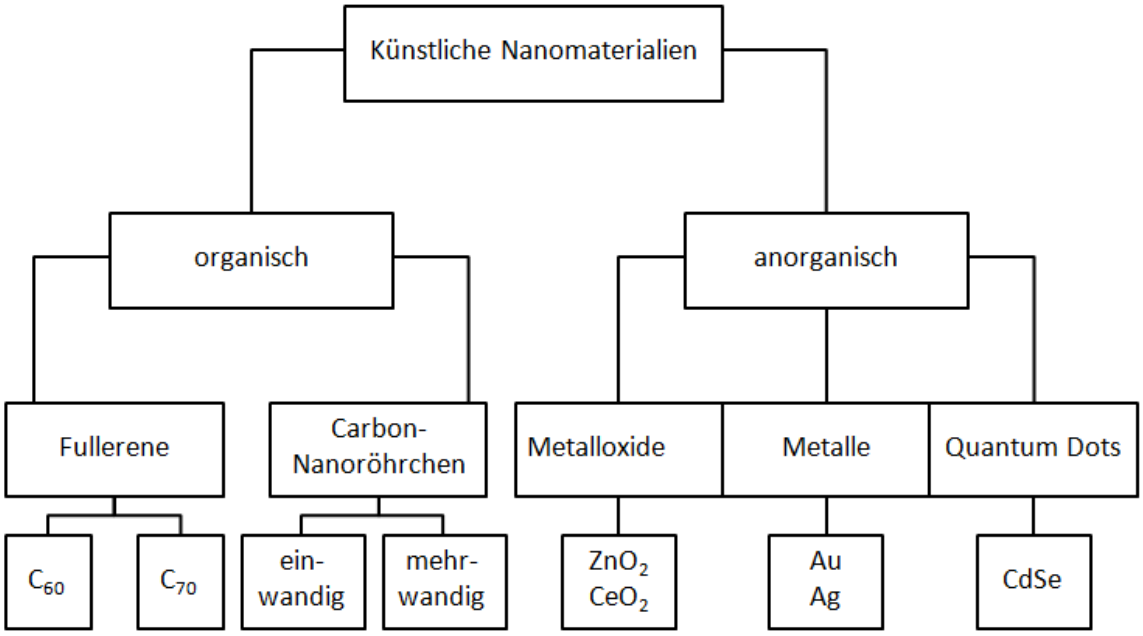

Abbildung 1: Übersicht über künstliche Nanomaterialien (aus: Peralta-Videa et al., 2011: 5 [übersetzt])

Die starke Varianz in Größe, Form und Kristallstruktur von Nanomaterialien und die Zusammensetzung der einzelnen Stoffe (z.B. einfache/ komplexe Strukturen) hat Auswirkungen auf ihre Mobilität sowie chemische und physikalische Eigenschaften in unterschiedlichen Umweltsystemen, wobei eine starke Differenz der Eigenschaften von Nanomaterialien zu jenen größeren Teilchen desselben Materials auftreten kann (Sellers et al., 2010: 16-23). Diese sind einerseits Ergebnis eines vergrößerten Volumen-Oberflächen-Verhältnisses (mehr Reaktionsfläche mit anderen Materialien) und andererseits von Quanteneffekten, wie die Beeinflussung optischer, magnetischer oder elektrischer Eigenschaften oder die Erhöhung ihrer Bindungsaffinität und Veränderungen von Bewegungen (Van der Waals-Kräfte). Neben allgemein gültigen Deskriptionskriterien durch physikalische oder chemische Eigenschaften eines Stoffs (z.B. Löslichkeit, Dampfdruck, Siedepunkt, Reaktivität und Abbaubarkeit, Toxizität) erfolgt die Verwendung spezieller Charakterisierungen wie beispielsweise Partikelgröße (relativ große Oberfläche, Einfluss auf Transportdistanz in der Umwelt, Suspension in Luft oder Wasser, Eindringen in Körper und Organe), Partikelform (Agglomeration, Beeinflussung der Eindringen in Körper und Organe, Verhinderung einer Reaktion aufgrund der physikalischen Form des Partikels [„steric hindrance“]), Explosivität, Flammpunkt und selbstentzündliche Temperatur (Gefahr des Transports der Teilchen zu statischen Zündquellen, z.B. Ladungen, durch Suspension in Luft), Agglomerationsgrad (Van der Waals-Kräfte, Erhöhung der

Nettopartikelgröße), Oberflächenladung (Beeinflussung der Lösung und Suspension in Wasser sowie Absorption). Grundsätzlich wird also davon ausgegangen, dass vor allem freie oder freigesetzte Nanopartikel aus Materialien und Technologien Gefahrenpotential bergen.

1.1.2. Risikopotential und Gefährdung durch Nanomaterialien

Die Toxizität von Nanomaterialien wird als abhängig von ihrer Lösung im Medium, ihrer Beschichtung und Größe und der Modifikation von Form und Oberfläche durch physikalische und chemische Eigenschaften wie Ladung charakterisiert (Peralta-Videa et al., 2011). Besondere Bedeutung kommt dem Verhalten von Nanomaterialien in wässrigen Lösungen zu, zurückzuführen auf die Anreicherung des finalen Austrags von Nanopartikeln in Wasser, wobei die Löslichkeit und Agglomerationsfähigkeit stark von verschiedenen Wasserparametern beeinflusst werden. Aufgrund der Dependenz der Toxizität und des Verhaltens mancher Nanopartikel vom Milieu sind Umweltfaktoren wichtige Parameter zur Bestimmung der Auswirkungen von Nanomaterialien.

In der Literatur aufgeführte Effekte von Nanopartikeln auf biologische Organismen sind beispielsweise akute Toxizität (z.B. Bor-Nanopartikel auf *Daphnia*), Internalisierung (z.B. nano-Silber in Bakterien), Wachstumshemmungen (nano-Silber/TiO_2 in Bakterien, ZnO in *Canorhabditis elegans* [LC50]), Ödemproduktion und Abnormalitäten bei LC50 von nano-Silber in *Oryzias latipes*, Bioakkumulationseffekte (CeO_2 in *Daphnia*), DNA-Schäden und erhöhte Mortalitätsraten, Eindringen in Gewebe (Penetration von Schweinehaut durch TiO_2-Partikel), Zytotoxizität, Aggregation in Pflanzenzellen und Reduktion von Biomasse und Wurzelwachstum bei *Lolium perenne*, negative Auswirkungen auf die Proteinexpression, Auslösung von programmiertem Zelltod, Generation genetischer Instabilität und Intergenerationseffekte. CNT-Exposition kann zu Mesotheliomen (ähnlich wie bei Asbest-Exposition) der Betroffenen führen. In In-vivo-Experimenten erfolgte die Beobachtung von Entzündungen, Granulome, Fibrosen und Arteriosklerosen (verantwortlich für Herzattacken und DNA-Schädigung). Zusätzliche Sorgen beziehen sich auf Bakterienresistenzen bei übermäßigem Nano-Silber-Einsatz und die Gefahr der Akkumulation von Nanopartikeln im Körper.

Positive Effekte konnten jedoch bei manchen Pflanzenarten beobachtet werden: Es kam zur Reduktion von antioxidativem Stress bei TiO_2-Exposition (H_2O_2-Reduktion) und geringen

Translokationsraten von nano-Zink in *Lolium perenne* sowie größeren Wasseraufnahmeraten bei der Keimung von Tomaten im Beisein von CNTs.
Eine umfassende Einschätzung gesundheitlicher Risiken kann jedoch aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit noch nicht erfolgen (Friends of the Earth, 2010: 49).

Studien zum Verhalten von Nanopartikeln in der Umwelt stellen sich als schwierig dar. Die Translokationsrate durch das Sediment beispielsweise ist ein wichtiger Faktor für mögliche Einträge ins Grundwasser, abhängig von der Beschichtung der Nanopartikel, ihrer Affinität zur Kolloidbildung und ihrer Interaktion mit Bodenpartikeln. Die Transportdistanz von Titaniumdioxid (TiO_2) von bis zu 370 cm in bestimmten Böden z.B. könnte durch die Blockierung der Aggregationsfähigkeit durch an Nanopartikel gebundenes organisches Material noch verlängert werden, wobei der Einfluss von Schichten um Nanopartikel und ihre Rolle für Agglomeration und Transport noch kaum verstanden sind (Friends of the Earth, 2010).
Erschwert wird die Feststellung des Eintrags durch die Emission von Nanopartikeln durch eine Mischung punktförmiger (z.B. Fertigungsstätten, Mülldeponien, Verbrennung) und diffuser Quellen (z.B. Ablagerung aus Atmosphäre mit Abriebsrückständen beispielsweise durch Auswaschungen von Fassadenanstrichen, Rückstände aus Pharmazeutika und Kosmetika in Körperausscheidungen) (Lebensministerium, 2009: 53).
Neben möglichen inhärenten Toxizitäten können Nanopartikel auch die Mobilisation von anderen Stoffen (z.B. Schwermetallen) beeinflussen und triggern Veränderungen von Transporteigenschaften und biologischer Verfügbarkeit (Trojanisches Pferd), wobei deren Toxizität durch die Anwesenheit von Nanopartikeln von Zinkoxid, Silber, Kupfer, Cobaltoxid, Manganoxid, Quantum Dots und anderen löslichen oder teilweise löslichen Materialien noch erhöht wird. Die Gefahr eines Austrags ist auch bei Einbettung in eine Matrix gegeben. Zusätzlich sind Abwasser- und Wasseraufbereitungsanlagen nicht geeignet, den Austrag auszufiltern, wobei davon ausgegangen wird, dass Agglomeration oder Aggregation die Eigenschaften der Nanomaterialien in der Umwelt verändert (Lebensministerium, 2009: 49).

1.1.3. Risikoabschätzung von Nanomaterialien

Das fundamentalste Problem der Risikoabschätzungen der Nanotechnologie sind die fehlenden Daten, was einerseits auf die ungenügende Anzahl von Experimenten, andererseits auf die Nichtanwendbarkeit klassischer Risikoparameter (beispielsweise von Dosis) auf Nanomaterialien zurückzuführen ist, deren Eigenschaften stark von Form, Beschichtungen,

Oberflächenladung, Umweltparametern etc. abhängen. Legislative Regelungen zeigen diese Unsicherheiten: In den USA erfolgt aufgrund des Vorsorgeprinzips beispielsweise die Vermeidung von Nanopartikeln in Nahrungsmitteln, während in allen anderen Bereichen ein risikobasierter Ansatz verfolgt wird.

Eine starke Differenz der Gefahrenwahrnehmung zwischen Gesellschaft, ExpertInnen und Stakeholdern erschwert eine umfassende Risikoabschätzung. Von wissenschaftlicher Seite ist die starke Veränderung der Eigenschaften durch geringe Abweichungen in Produktionsprozessen eine Schwierigkeit. Damit in Zusammenhang steht die Übertragung von Prozessen aus dem Labor auf die Großforschung und weiter in die Produktion, sowie die Möglichkeit unterschiedlicher Eigenschaften der Materialien in Abhängigkeit von der jeweiligen Produktionsstufe.

Zusätzlich besteht die Gefahr eines „risk-risk-trade-offs“: Sowohl die Einführung als auch die Unterlassung einer neuen Technologie bergen Schadenspotential. Aufgrund dieser Probleme existiert im Moment kein geeignetes Risikocharakterisierungsmodell (Williams et al., 2010).

Risikobewertung im Allgemeinen befasst sich mit der Konzentration einer Substanz, deren Aufnahmewege und der Exposition des untersuchten Individuums, wobei vor allem aggregierte und kumulative sowie synergetische oder antagonistische Effekte mit anderen Substanzen berücksichtigt werden müssen.

Für Umweltbewertungen müssen die Identifikation der Eigenschaften der untersuchten Substanz und die Interaktion mit anderen Substanzen einerseits, andererseits die betroffenen Wirkungsbereiche und Quellen (mit Daten zu Routen und Menge) zur Berechnung eines Risikoquotienten und des Risikos erfolgen. Erste Versuche von Risikoberechnungen und besonders Exposition wurden beispielsweise von Mueller und Nowack (2008) durchgeführt.

Eine Übertragung von Laborergebnissen (vereinfachter Experimentaufbau, Modellorganismen, stark erhöhte Stoffkonzentrationen im Vergleich zu tatsächlichem Austrag) auf reale Verhältnisse ist nur eingeschränkt möglich. Langzeitfolgen der Exposition sind prinzipiell noch nicht absehbar, jedoch haben jene Studien, die ökologisch repräsentative Verhältnisse untersuchten, bisher keine signifikant erhöhte Todesrate nach Exposition gegenüber Nanomaterialien festgestellt. (Bernhardt et al., 2010: 5)

1.1.4. Ethische Überlegungen zu Nanomaterialien

Bisher existiert keine eigene Nano-Ethik, sondern ein auf verschiedene Felder der Nanotechnologie bezogener Reflexionsrahmen, welcher Themen wie den Umgang mit Risiken angesichts der Unsicherheit des Folgewissens, Verteilungsgerechtigkeit in der Nutzung, die Beeinflussung und Gestaltung lebender Systeme und die Möglichkeit der Technikgestaltung umfasst (Reihlen/Jepsen, 2012a). Eine Diskrepanz zwischen gesellschaftlichen und Expertendebatten lässt sich in der Gewichtung ethischer Prinzipien im Rahmen der Diskussion feststellen: Ethische Prinzipien haben oft weniger Gewicht als wissenschaftliche Argumente, sind aber in gesellschaftlichen Debatten häufig bedeutsamer. Auf der Metaebene zur Diskussion um neue Technologien wird auch das Postulat der Grenzen des Wachstums reflektiert: Technologien sollen diese nach hinten verschieben (Ressourcen- und Energieeinsparung) und gleichzeitig den Spielraum innerhalb der Grenzen durch Priorisierung besser nutzbar machen (Reihlen/Jepsen, 2012b)

1.1.5. Forschungstrend und Entwicklung

Die Entwicklung am US-amerikanischen Markt als Vorreiter wird folgendermaßen antizipiert (Abbildung 2):

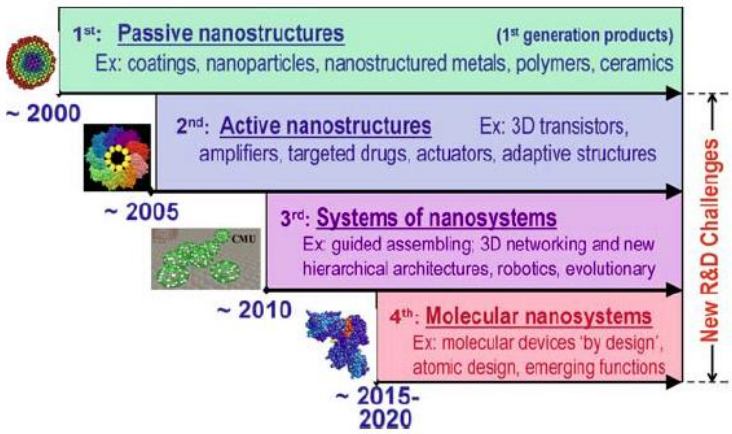

Abbildung 2: Vier Produktgenerationen - Industrielle Prototypen und beginnende Kommerzialisierung (aus: Roco, 2005: 708)

Die vier Stufen der Nanotechnologie-Entwicklung umfassen in der ersten Generation (ca. ab 2000) passive Nanostrukturen (z.B. Beschichtungen, Nanopartikel und nanostrukturierte Metalle, Polymere oder Keramiken). Die zweite Generation (ca. ab 2005) beinhaltet aktive Nanomaterialien beispielsweise Verstärker, gezielte Medikation oder adaptive Strukturen. In der dritten Generation von Nanomaterialien (ab 2010) spricht man bereits von systematischen

Nanosystemen, wie beispielsweise gezielter Agglomeration, dreidimensionalen Netzwerken oder neuer hierarchischer Architektur von Materialien, sowie Robotik oder evolutionärer Systeme. In der vierten und vorläufig letzten Generation (ca. ab 2015) tritt dann molekulares und atomares Design mit neuen Funktionen in den Vordergrund.

Dieses Entwicklungsmodell dürfte auch über die USA hinaus akzeptiert sein, allerdings befindet sich die Forschung aktuell nach wie vor auf der Stufe der ersten Generation (siehe Interview T8, S. 65) – in der zeitlichen Komponente bleiben die Entwicklungen (gekennzeichnet als „neue Herausforderungen für Forschung- und Entwicklung“) damit hinter den Erwartungen zurück.

Die Kommerzialisierung von Nanoprodukten mit Umweltrelevanz wird von der aktuellen Beschränkung auf Pilotprojekte in den nächsten 5-10 Jahren größere Bedeutung erlangen, wobei in der Untersuchung von möglichen Kritikpunkten oder neuen Themenbereichen (z.B. ethische, soziale oder eben Umweltaspekte) neue Betätigungsfelder von NGOs gesehen werden (EEB/EC, 2009: 20).

1.1.6. Gesetzliche Regelungen

Die EU-weit durch die ECHA (European Chemicals Agency) eingeführte REACH-Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) bietet grundsätzlich die Möglichkeit der Adaption von Nanomaterialien, umfasst aber bislang noch keine spezifischen Regelungen. 2009 wurde eine Novellierung der Verordnung (EG) 1223/2009 über kosmetische Mittel verabschiedet (BMU, 2010), eine Novellierung im Bereich Novel Food (EG) 258/97, unter Anderem zur Kennzeichnung von Nanomaterialien, scheiterte (Homepage BUND[1]). Details der Umsetzung einer Adaption der REACH-Verordnung werden diskutiert. Offene Fragen betreffen Höchsteinfuhrmengen und Informationsanforderungen, die Angabe von Nanoformen eines Stoffs und die (nachträgliche) Kennzeichnung so genannter Phase-in Stoffe. Die Angabe von Gefährdungen und die eventuelle Erstellung eines Sicherheitsdatenblatts (bei [sehr] persistenten, [sehr] bioakkumulierenden, toxischen Stoffen) sowie ein eventuelles Zulassungsdossier bei besonders besorgniserregenden Stoffen sind verpflichtend (Lebensministerium, 2009: 42).

Eine Überprüfung der Rechtsvorschriften zu Nanomaterialien der Europäischen Kommission (COM (2012) 572 final) kam zum Ergebnis einer impliziten Behandlung von Nanomaterialien in allen Umweltvorschriften. Aufgrund von Isolations- und Eliminierungsschwierigkeiten von

[1] http://www.bund.net/themen_und_projekte/nanotechnologie/recht_politik/gesetze_verordnungen/novel_food_verordnung/, 5.7.2013.

daher als nutzlos geltender nachsorgender Maßnahmen wird eine Einstufung unter die REACH-Verordnung als die momentan praktikabelste angesehen. Eine mögliche Identifikation als Schadstoff erfolgt v.a. aufgrund der CLP (globally harmonized system of Classification, Labelling & Packaging of chemicals) und der Expositionsinformationen, die keine nanospezifischen Regelungen aufweisen, aber verpflichtende Angaben über die Abweichungen von bereits gemeldeten Stoffen verlangen.

Die EU-Empfehlung lautet aktuell auf besondere Einstufung und Kennzeichnung von Nanomaterialien (Lebensministerium, 2009). Damit gibt es im Moment noch keine allgemein europaweit gültige spezifische Gesetzgebung zur Herstellung und Kennzeichnung von Nanoprodukten.

Zusätzlich existieren auf globaler Ebene zahlreiche teils verpflichtende, teils freiwillige Registrationssysteme. Die begrenzte Laufzeit aller bisherigen Projekte ließ sie aber lediglich komplementär zu gesetzlichen Rahmenbedingungen auftreten (Lebensministerium, 2009: 46).

1.2. Nanotechnologie und Umwelt

Nanotechnologie als so genannte „enabling technology“ erlaubt eine sprunghafte, weitreichende Änderung der technischen Möglichkeiten, wobei vor allem die Kombination von vielfältigen Eigenschaften in einem einzigen Material von Interesse ist. Ihr Marktanteil wird sich Abschätzungen zufolge 2014 bereits auf 15% des globalen Produktionsoutputs belaufen (Karn, 2008).

Die doppeldeutige Verwendung des Begriffs *green nanotechnology* / Grüne Nanotechnologie verweist einerseits auf die Möglichkeit, eine Fülle von Technologien durch sie effizienter, weniger toxisch und umweltfreundlicher zu gestalten (Ressourcen- und Energieeinsparung, Schadstoffsubstitution etc.), andererseits auf einen direkten Bezug zur Umwelttechnik. (Schwarz 2009, Karn 2008). Während beispielsweise Smith und Granqvist (2011) die Grüne Nanotechnologie als „environmentally benign and sustainable, contributing to the solutions of environmental problems or being at least better than the non-green alternative“ (Smith/Granqvist, 2011: 4) beschreiben, beschränken Friends of the Earth (2010) ihre Definition auf den nanotechnologischen Beitrag zu Lösungen für umweltrelevante Herausforderungen, ohne die Umwelt oder menschliche Gesundheit aufs Spiel zu setzen (Friends of the Earth, 2010).

Nach Schwarz (2009) beinhaltet die Nanotechnologie selbst einen potentiellen Widerspruch durch die Konfrontation zweier inhärenter Prinzipien, die auch Auswirkungen auf den Bezug der Nanotechnologie zur Umwelt nach sich ziehen: Kontrolle und Exzess. Durch die permanente

Auslotung von Grenzen um neues Verständnis für diese Beschränkungen zu generieren, ist das Prinzip des Exzesses der Restriktionseinheit der Kontrolle gegenübergestellt. Damit erfolgen aufgrund der Konzeption der Nanotechnologie bereits die Integration von Innovation und Nachhaltigkeit beziehungsweise Sicherheit in die Technologie selbst und der Entwurf eines Grenzkonzepts, in dem die Verbindung verschiedener Zugänge (z.B. technophile und technophobe Ideen, Innovation und Grenzen des Wachstums etc.) ermöglicht werden kann (Schwarz 2009).

1.2.1. Der Unterschied zwischen grüner und nachhaltiger Nanotechnologie

Eines der größten Zukunftspotentiale der Nanotechnologie ist die Möglichkeit einer proaktiven Ausrichtung auf Nachhaltigkeit bzw. Umweltnutzen von Beginn an (Schmidt, 2007: 9). Ein Erstentwurf zum Konzept der Grünen Nanotechnologie findet sich in einem Bericht des Woodrow-Wilson-Institutes zu dessen Umsetzung die Etablierung der *green nano* Initiative zur verantwortungsvollen Entwicklung der Nanotechnologie erfolgte. Risikominimierung wird durch die Ausrichtung auf drei komplementäre Ziele ermöglicht: die Entwicklung von sauberen Technologien, die Minimierung von potentiellen Gesundheits- und Umweltrisiken und eine verstärkte Substitution von existierenden Produkten (Schmidt, 2007: 3).
Die Vielfältigkeit umweltbezogener Potentiale der Nanotechnologie als Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung erstreckt sich von Energie- und Ressourceneffizienz über Produkt-Enhancement und Substitution und versprechen große Erfolge (Schmidt, 2007: 9f). Beispiele hierfür sind die Einsparung von Rohstoffen durch Miniaturisierung (UBA, 2009: 5-8, EEB/EC, 2009), die Verminderung oder Substitution gefährlicher Stoffe, nanoskalige Katalysatoren (z.B. für KHW-Abbau [UBA, 2009] oder zur Steigerung der Treibstoffeffizienz [Friends of the Earth, 2010]) und Anwendungen im Gesundheitsschutz (antimikrobielle Nanomaterialien, zielgerichtete Krankheitstherapie etc.). Indirekte positive Umwelteffekte treten beispielsweise beim Abbau von Schadstoffpartikeln durch Photokatalyse durch TiO_2 in Farben und Zement zur Reinhaltung von Hausfassaden oder durch langlebigere Lacke auf (EEB/EC, 2009: 16f).

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt allerdings auf Anwendungen, die über das Einsparungsparadigma hinausgehen, also direkten Bezug zur Umwelttechnik aufweisen. Beispiele hierfür sind neuartige Solarzellen, Remediationsmethoden und Wasserfilter sowie die

Weiterentwicklung von Mobilitätskonzepten auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Schmidt, 2007: 9f).

Die Europäische Kommission bietet hier einen Überblick über relevante Fragen in Bezug auf diese Umweltbereiche gemeinsam mit dem Bereich der nachhaltigen Produktion (Tabelle 1).

Tabelle 1: Relevante Fragen in Bezug auf Umweltverträglichkeit und nachhaltige Produktion (modifiziert und übersetzt nach: EEB/EC, 2009: 11-18)

	Abwasser-Behandlung	**Erneuerbare Energie**	**Umweltremediation**	**Nachhaltige Produktion**
Versprochene Vorteile	Sehr hoch	hoch	hoch	Sehr hoch
Technologisch machbar	Machbar, aber bisher hauptsächlich im Stadium von Pilot- / Feldstudien	Beginnende Verfügbarkeit	ja	Bereits in Anwendung
Technische Komplexität	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Aktuelle Vorteile	Ja, zumindest gleich oder besser als verfügbare Technologie	Ja, aber nicht so viele wie erhofft	Ja, einige sind besser als verfügbare Technologie, falls Sicherheit garantiert werden kann	Ja, obwohl sie durch Ökobilanzen (LCAs) bestätigt werden sollten
Umwelt, Gesundheit, Sicherheit	Auswirkungen der Nutzungsphase auf Mensch und Umwelt kaum bekannt; Berichte über Asbest ähnliche Auswirkungen von CNTs bei Tieren	Toxizität und Ökotoxizität konnte bisher nicht charakterisiert werden	Auswirkungen der Nutzungsphase auf Mensch und Umwelt nicht bekannt	Umweltauswirkungen der Herstellung und Human bzw. Ökosystemsicherheit im Fall chemischer Substitution unbekannt
Kommerzielle Verfügbarkeit	Produkte hauptsächlich in der Testphase, kommerzielle Verfügbarkeit in ca. ein bis fünf Jahren	Einige sind verfügbar, die meisten aber im Laborstadium oder in Pilotstudien	Einige sind verfügbar, viele im Stadium der Pilotstudien oder Feldstudien	Einige verfügbar
Finanzielle Vorteile (billiger als verfügbare Technologien)?	Einige (z.B. CNTs) versprechen finanzielle Vorteile, andere werden konkurrenzfähig bepreist	Wahrscheinlich, aber Preise müssen Entsorgungsszenarien berücksichtigen	wahrscheinlich	wahrscheinlich
Vorteilhafte Resultate in Bezug auf öffentliches Gut?	Potenziell sehr vorteilhaft, obwohl Zugang zu sauberem Wasser nicht nur von der technischen, sondern vor allem von der sozialen und politischen Dimension abhängt	Vorteilhafte Resultate können nur durch nachhaltige Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphasen garantiert werden	Ja, bei überprüfter Sicherheit; sehr vorteilhaft bei bereits erfolgten Schadensfällen	fraglich

Durch die Unschärfe des Begriffs der „grünen“ und „nachhaltigen“ Nanotechnologie auf verschiedenen Ebenen wird der Fokus der Arbeit präzisiert: Ausgangslage bildet die Annahme, dass Umweltpotenziale über reines Produkt-Enhancement im jeweiligen Bereich hinaus gehen und damit sowohl die Ausrichtung der Technik als auch die (geplante) Herstellung derselben nachhaltig bzw. grün sein sollen um unserer Definition zu genügen.

1.2.2. Bisherige Abschätzungen von Nachhaltigkeitspotenzialen

Die erhoffte Nullbelastung der Umwelt durch Nanotechnologie ist durch den grundsätzlichen Bedarf an Wasser, Energie, Chemikalien und Rohmaterialien für die Produktion zum Scheitern verurteilt (Schmidt, 2007: 12). Eine Bewertung des Umweltpotenzials hängt daher stark vom Verwendungskontext ab (Reihlen/Jepsen, 2012b), was aufgrund der frühen Forschungs- und Entwicklungsphase und der Schwierigkeit der Übertragung von Laborsituationen auf die Großtechnologien noch an empirischer Überprüfbarkeit mangelt (Friends of the Earth, 2010: 44). Bisherige Ergebnisse verweisen vor allem auf die Wichtigkeit der Art der Herstellung, die hohe Umweltbelastungen (hochspezialisiertes Produktionsumfeld, hoher Energie- und Wasserverbrauch, große Abfallmengen, Treibhausgase, giftige Chemikalien und Lösungsmittel) nach sich ziehen kann (EEB/EC, 2009: 19; Friends of the Earth, 2010: 44). Zusätzlich ausschlaggebend ist also die Effizienz der Gebrauchsphase (Friends of the Earth, 2010: 56-58) und der Anwendungskontext, um eventuellen Rebound-Effekten vorzubeugen (Türk/Kuhndt, 2003).

Das Entlastungspotential umfasst neben der Umwelttechnik im engeren Sinn (End-of-pipe-Technologien) den prozess-, produktions- und produktintegrierten Umweltschutz (z.B. Energieersparnis). Durch den bisherigen Fokus auf qualitative Darstellungen fehlt die Möglichkeit der Quantifizierung der Ergebnisse bislang, was für weitere Abschätzungen und die Ausgestaltung von High-Tech- und Klima-, sowie Nachhaltigkeitsstrategien notwendig wäre (Steinfeldt et al., 2010b).

Eine geeignete Methode zur Abschätzung von Umweltauswirkungen stellt die Ökobilanz (Life Cycle Analysis, LCA) dar. Sie betrachtet den gesamten Lebenszyklus eines Produkts bei Aussparung von sozialen und ökonomischen Implikationen und ist zur Vereinfachung von Vergleichen auf jedes beliebige Produkt anwendbar. Die problemlose Durchführung wird momentan aber noch durch das Fehlen von allgemein akzeptierten Wirkungsmodellen für alle

Wirkungskategorien der Nanotechnologie behindert und ihre Aussagekraft aufgrund der Aussparung von technischen Risiken und der Wirkmächtigkeit von Anwendungen begrenzt. Auch Gesundheits- und Umweltrisiken, sowie eventuell Recycling und Abbau (abhängig von Datenverfügbarkeit bzw. Relevanz beim Produktvergleich) werden bei dieser Methode vernachlässigt (Friends of the Earth, 2010: 56-58).

Per se kann nicht von einem hohen ökologischen Entlastungspotential für alle Nanoanwendungen ausgegangen werden, wobei die Auslotung visionärer Gebiete durch aktuelle mangelnde Datenverfügbarkeit teilweise als schwierig eingeschätzt wird (Steinfeldt et al., 2010b).

Aufgrund ungleich erhöhter Produktion und Konsumation, zurück zu führen auf die erhoffte Energieeffizienz der Nanotechnologie, besteht die Befürchtung, keine positiven Umwelteffekte oder eine gerechtere Verteilung zu etablieren (EEB/EC, 2009). Eine größere Effizienz muss folglich mit einer gleichzeitigen Reduktion der Nachfrage einhergehen um einen low-carbon Lebensstil zu entwickeln (Friends of the Earth, 2010: 57).

Ökonomisch betrachtet beinhaltet die Nanotechnologie aber großes Potential aufgrund ihrer Möglichkeit, als „enabling technology“ in vielen Bereichen zu Verbesserungen beizutragen. Dennoch besteht kein Automatismus für Umweltverbesserungen; eine Durchsetzung der Nanotechnologie gegen Trägheitseffekte des Marktes wird sich zeigen. Ökobilanzen sollen aber helfen, die Forschung und Entwicklung durch positive Rückmeldungen weiter in Richtung Nachhaltigkeit zu lenken (Steinfeldt et al., 2010b: 4).

1.3. Konzepte zur zukünftigen Entwicklung der Nanotechnologie

1.3.1. Das Zusammenspiel zwischen Gesellschaftskonzept und Technik

Das grundlegende gesellschaftlich anerkannte Konzept und Ziel der Nachhaltigkeit kann durch seine vage Ausrichtung an alle gesellschaftlichen AkteurInnen spezifischere Ansätze zu ihrer Ausgestaltung der Nachhaltigkeit (wie z.B. das Konzept der *green chemistry*) integrieren (Reihlen/Jepsen, 2012b) (Abbildung 3).

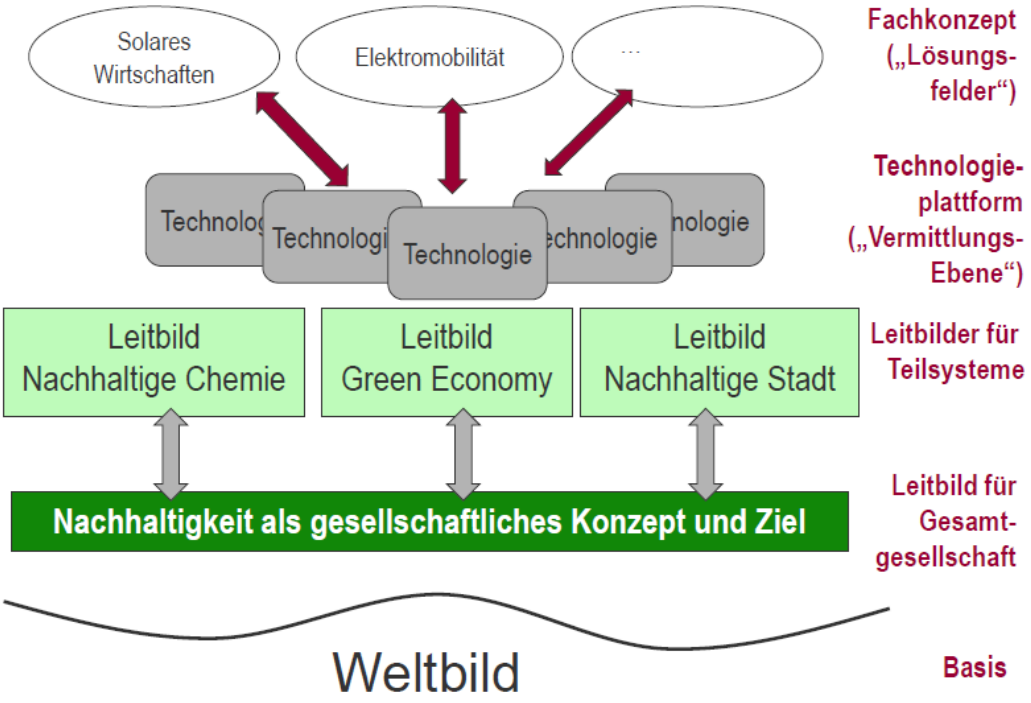

Abbildung 3: Mögliches Zusammenspiel zwischen Technik und Leitbild
(aus: Reihlen/Jepsen, 2012b: 18)

Die Effektivität von Leitbildern richtet sich nach dem Zeitpunkt ihres Einsatzes in der Technologieentwicklung: Treibt die Suche nach Lösungen die Technologieentwicklung, steuern Leitbilder bei der Gewichtung und der Bewertung der Dringlichkeit des formulierten Problems und der Auswahl der technologischen Lösungen (demand-pull). Idealerweise erfolgt zuerst die Definition des Problems inklusive einer Abschätzung der Lösungsrelevanz der Technologie; in der Praxis findet diese Entwicklung aber oft parallel statt (Reihlen/Jepsen, 2012b).

Die Steuerung der Nanotechnologie in Richtung Nachhaltigkeit wird durch die Entwicklung eines Leitbildes *green nano* zur längerfristigen Orientierung sämtlicher Forschungsinstitutionen erleichtert (Steinfeldt et al., 2010a). Ähnlich wie das Leitbild der *green chemistry* erfolgt die Etablierung eines Rahmens für nachhaltige Forschung und Entwicklung, da an dieser Stelle des Produktionszyklus (bestehend aus: Forschung und Entwicklung, Design: Prozess & Produkt, Produktion, Gebrauch und Abfalllagerung) die größte Beeinflussung und damit die grundlegende Steuerung seiner Richtung ermöglicht wird. Durch die zunehmende Komplexität aufgrund der steigenden Anzahl involvierter Akteure und komplizierterer gesellschaftlichter Zusammenhänge entlang der Wertschöpfungskette wird dies im Laufe des Produktionsprozesses schwieriger. Im Fall der Nanotechnologie ist diese Ausrichtung aufgrund der jungen Forschung relativ einfach

umzusetzen: Je früher Wissen um mögliche Wirkungen etabliert wird, desto einfacher die Formulierung von Guidelines (Steinfeldt et al., 2010a: 10-13). Dieser Ansatz beschäftigt sich vor allem mit der Verbesserung des Produktionszyklus (LCAs), wobei die Anwendungen selbst nicht zwingend umwelttechnisch ausgerichtet sein müssen (Steinfeldt et al., 2010a: 65).

Für die Entwicklung einer nachhaltigen Nanotechnologie ist die Verbesserung der Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette zur Identifikation von Einflüssen und der reflexiven Gestaltung von (Akteursspezifischen und –übergreifenden) Subsystemen unerlässlich.

In akteursübergreifenden Systemen (cooperative design approaches) spielen vor allem die Eigenschaften des Leitbildes, wie Stiftung der Gruppenidentität, Komplexitätsreduktion und Wahrnehmungsstrukturierung, eine Rolle. Die Einteilung von Leitbildern nach ihrer zeitlichen Machbarkeit inkludieren kurz- (Ressourceneffizienz, Fokus auf Produktlebenszyklus), mittel- (Eigensicherheit: schneller Verlust gefährlicher Nanoeigenschaften, gute Metabolisierung, geringe Bioverfügbarkeit, Verwendung in geschlossenen Anwendungen und die Vermeidung der Selbstvermehrung) und langfristige Ziele (Nanobionik). Letztere steht durch ihre Tendenz zur Selbstorganisation im Widerstreit mit einer top-down-Kontrolle der Technologie bei gleichzeitigem Versprechen von ökologischer Eingepasstheit, Ressourceneffizienz und Risikoarmut und repräsentiert die Idee, in welche Richtung sich die Nanotechnologie bewegen soll. (Steinfeldt et al., 2010a: 184-191).

Nach der Implementierung des nachhaltigen Nanodesigns in Forschung und Entwicklung erfahren kontextualisierte Einsatzbedingungen und ökologisches Produktdesign stärkere Berücksichtigung. Neben einer Verantwortung der Unternehmen bezüglich der Einbindung von EHS Themen in Forschungsbereiche (wie Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Ökoeffizienz, neue Kommunikations- und Kooperationsformen) ist auch die Kommunikation mit der Öffentlichkeit eine maßgebliche vertrauensbildende Maßnahme (Steinfeldt et al., 2010a: 203-221).

Die momentane schlechte Integration von Leitbildern in der Forschungsförderung ist unter anderem auf institutionelle und strukturelle Gründe der fördernden Institutionen (Querschnitts-Fragestellungen), sowie der Wunsch, v.a. die Grundlagenforschung nicht einzuengen, zurückzuführen (Reihlen/Jepsen, 2012b).

1.3.2. Umweltfreundliche Chemie und grüne Technik

Die Grundlage der Grünen Nanotechnologie bildet die (partielle) Adaption verschiedener anderer, im Rahmen von partizipativen (ExpertInnen-)Prozessen entwickelte, Konzepte, vorrangig der *green chemistry* und des *green engineering* (Schmidt, 2007) (Tabelle 2).

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Prinzipien der *green chemistry* und des *green engineering* (übersetzt)

	Green chemistry (Grüne Chemie)		**Green engineering (Grüne Technik)**
1.	Abfallvermeidung: Chemische Synthese soll so designed werden, dass Abfall möglichst vermieden wird	1.	Holistische Planung von Prozessen und Produkten unter Verwendung von Systemanalysen und Umweltauswirkungs-Abschätzungswerkzeugen
2.	Entwicklung sicherer Chemikalien und Produkte: Versuch der Herstellung möglichst wenig toxischer Rohmaterialien	2.	Schutz und Verbesserung des Zustands natürlicher Ökosysteme bei gleichzeitigem Schutz menschlicher Gesundheit und Wohlbefindens
3.	Gefahrlose chemische Synthese: Nutzung und Erzeugung nicht (öko-) toxischer Substanzen durch bewusste Synthese	3.	Integration von Lebenszyklus-Ansätzen in alle technischen Planungsaktivitäten
4.	Verwendung erneuerbarer Ressourcen: Verwendung von erneuerbaren Rohmaterialien, welche häufig aus landwirtschaftlichen Produkten oder aus Abfall anderer Prozesse gewonnen werden; nicht erneuerbare werden durch Minenabbau oder aus fossilen Brennstoffen (Treibstoff, Naturgas, Kohle) gewonnen	4.	Sicherstellung der inhärenten Sicherheit und Vorteilhaftigkeit aller Material- und Energiezufuhren
5.	Verwendung von Katalysatoren statt stöchiometrischer Reagenzien: Abfallminimierung durch die Nutzung katalysatorischer Reaktionen aufgrund ihrer wiederholten Verwendung in kleinen Mengen, während stöchiometrische Reagenzien exzessiv und lediglich einmal reagieren.	5.	Minimierung der Ausbeutung natürlicher Ressourcen
6.	Vermeidung chemische Derivate: Wenn möglich, Vermeidung der Verwendung von blockierenden oder schützenden chemischen Gruppen oder temporärer Modifikationen aufgrund zusätzlich benötigter Reagenzien und Abfalls	6.	Abfallvermeidung
7.	Maximierung der atomaren Ökonomie: Design der Synthese in Hinblick auf ein Maximum der Ursprungssubstanz im Produkt (Abfallvermeidung)	7.	Entwicklung und Anwendung von Lösungen unter Berücksichtigung lokaler Geographie, Zielen und Kulturen
8.	Verwendung sicherer Lösungsmittel und Reaktionsbedingungen: Vermeidung von Lösungs- und Trennmitteln, sowie anderer Hilfschemikalien oder Verwendung harmloser Substanzen bei Notwendigkeit	8.	Entwicklung technischer Lösungen über aktuell dominante Technologien hinaus; Verbesserung und Innovation bestehender Technologien um Nachhaltigkeit zu erreichen
9.	Erhöhung der Energieeffizienz durch chemische Reaktionen bei Umgebungstemperatur und -druck	9.	Aktive Einbindung von Gemeinden und Stakeholdern in die Entwicklung von technischen Lösungen

	Green chemistry (Grüne Chemie)	Green engineering (Grüne Technik)
10.	Abbaubare Chemikalien oder Produkte: Entwicklung von Substanzen, die sich nach Verwendung in harmlose chemische Produkte abbauen um eine Akkumulation in der Umwelt zu verhindern	
11.	Echtzeit-Analyse zur Vermeidung von Verschmutzung: Inkludierung von Echtzeit-Monitoring während des Prozesses und Kontrolle während der Synthese um die Formierung von Nebenprodukten zu minimieren	
12.	Minimierung des Unfallpotentials: Design von Chemikalien in allen Formen (fest, flüssig, gasförmig) um das Unfallpotenzial inklusive Explosionen, Feuer und Freisetzung in die Umwelt zu minimieren	
	Quelle: EPA, 2006a.	Quelle: EPA, 2006b.

Der erfolgende Versuch der Instrumentalisierung der Nanotechnologie für Nachhaltigkeit beruht auf einer breiten Akzeptanz von *green nano*-Praktiken: Der durch die Übertragung von Ansätzen der Grünen Chemie auf die Nanotechnologie erfolgte Wissenstransfer, der eine technologische Entwicklung aufgrund bereits getätigter Erfahrungen antizipiert, setzt die Nanotechnologie in den Kontext eines bereits bekannten Erfahrungshorizonts und ermöglicht eine Kanalisation dieser Schlüsseltechnologie (Schwarz, 2009).

Die Diskussion um Grüne Chemie und Grüne Technik beschäftigt sich ausschließlich mit umweltverträglichen Maßnahmen und damit mit der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit. Die soziale und ökonomische Dimension findet sich nur in indirekten Auswirkungen (z.B. enthält Ressourceneffizienz auch Implikationen für die Wirtschaft bzw. zukünftige Generationen, beispielsweise auch im Sinne eines Rebound-Effekts). Allgemein erfolgt der Verweis auf „weitere soziale und ökonomische Erfolge der Nutzung von Rohstoffen“ und „Kosten-Nutzen-Abwägungen“ in diesem Zusammenhang in der Literatur (Reihlen/Jepsen, 2012a).

1.3.3. Konzept zur nachhaltigen Nanotechnologie (SAICM)

Eine Integration sozialer und ökonomischer Nachhaltigkeit erfolgt unter anderem durch das SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management) durch die Berücksichtigung von Themen wie Nutzung von Chancen, Verbesserung des Lebensstandards

und Risikomanagement, aber auch das Vorsorgeprinzip und die globale Kooperation (Reihlen/Jepsen, 2012a). In Folge des Ziels des Weltgipfels in Johannesburg 2002, welches in der Minimierung von schädlichen Wirkungen von Chemikalien auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt bis zum Jahr 2020 lag, wurde das Konzept der nachhaltigen Chemie um soziale und wirtschaftliche Faktoren erweitert. Der Fokus des Konzepts richtete sich auf die Funktion einer Chemikalie (und die daraus folgende Substituierbarkeit), die Integration von Nutzen und Chancen, die Ausrichtung auf LCA und die Berücksichtigung von räumlicher und zeitlicher Reichweite sowie auf den gesellschaftlichen Bedarf für ein Produkt/ Prozess/ Verfahren und mögliche Rebound-Effekte.

Die Priorisierung der verschiedenen nachhaltigen Dimensionen wird von unterschiedlichen AkteurInnen unterschiedlich vorgenommen, was eine mannigfache Konkretisierung des Leitbilds für nachhaltige Chemie nach sich ziehen kann (Reihlen/Jepsen, 2012b).

1.3.4. Designprinzipien für eine Grüne Nanotechnologie

Die Arbeitsgruppe „Green Nano“ der deutschen NanoKommission (2011) schuf Designprinzipien zur Entwicklung von Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Technologieentwicklung, die einerseits die Orientierung an nachhaltigen Anwendungszwecken (z.B. Umweltentlastung) in den Vordergrund stellt, andererseits die nachhaltigere Gestaltung der technischen Lösungen selbst (*green nano*) (Reihlen/Jepsen, 2012b), wobei die beiden Begriffe auch synonym verwendet werden können (AG Green Nano, 2010: 4). Einige Experten plädieren für eine Implementierung dieser Designprinzipien um eine frühzeitige, orientierende Qualifizierung von nicht-nachhaltigen Verfahren unterstützen zu können. (Reihlen/Jepsen, 2012b).

Die Betonung der Eigenverantwortlichkeit des Ansatzes als Komplementärinitiative zu regulativen Maßnahmen und die Eigenschaft von Leitbildern als gesellschaftliches Konstrukt setzt für die Präzisierung und Operationalisierung einen öffentlichen Diskurs voraus, wobei aktuell der Risikodiskurs jenen der Potentiale überwiegt. Vor allem die Ablehnung der Dogmatisierung und Evaluation des Leitbilds erscheint besonders wichtig (AG Green Nano, 2010). Diese Art von partizipativer Entwicklung wird v.a. in Deutschland forciert (Schwarz, 2009).

Die wichtigsten Punkte der entwickelten Designprinzipien umfassen Kreislaufwirtschaft (kreislauffähige Materialien und Produkte), Ressourceneffizienz (hohe Energie- und Materialeffizienz, atomare Effizienz, molekulare Spezifität, geringe Entropie-Produktion),

Risikoarmut und Vorsorgeorientierung (geringe [Öko-]Toxizität, geringe technische Risiken inkl. Explosivität, Strahlung etc.) sowie solares Wirtschaften (regenerative Energiequellen und nachwachsende Rohstoffe) (AG Green Nano, 2010: 4) (Tabelle 3).

Tabelle 3: Die *green nano* Designprinzipien (aus: AG Green Nano, 2010: 6-10)

I. Biomimetik **a. Nutzung lokaler Stoff- und Energiequellen** (energetischer und stofflicher Opportunismus) Bevorzugung regenerative und lokale Energiequellen und nachwachsende Rohstoffe, sowie Stoffe, die in großen Mengen in bio-geo-chemischen Kreislaufen zirkulieren (z.B. Sonnenenergie, biogene Naturstoffe, Kalk etc.) **b. Selbstorganisation als Herstellungsparadigma** Nutzung molekularer Selbstorganisation und Kontextsteuerung (z.B. Self assembly, Biomineralisation zur Herstellung hierarchisch strukturierter, anisotroper, selbstheilende Werkstoffe) **c. Physiologische Herstellungsbedingungen (z.B. wässrige Synthese)**	**II. Risikoarmut – benign by design** **a. Vermeidung sicherheits-, umwelt- oder gesundheitsgefährdender Nanostrukturen und –morphologien sowie toxischer Stoffe** Bevorzugung risikoarmes Design (Vermeidung problematischer Strukturen und Gefahrenstoffe, z.B. Asbestähnlichkeit (problematische Morphologie und Strukturen) oder Bioakkumulation, persistent, Aufnahme in Zellen (Gefahrenmerkmale)). Möglicher Ansatzpunkt: quantitative Structure Activity Relations (QSAR) **b. Verantwortungsvoller Einsatz von Nanofunktionalitäten** Geringe Sicherheits-, Umwelt- und Gesundheitsgefährdende Nanofunktionalitäten bevorzugt bzw. Substitution momentan gefährlicher Stoffe (z.B. Wahl von Stoff und Gestalt, Coating, Oberflächenfunktionalisierung durch Liganden etc. Substitution im Bereich Lösungsmittel, Brandschutzmittel, Metalle etc.) **c. Minimierung und Vermeidung von Expositionsmöglichkeiten** z.B. durch Vermeidung von Mobilität, Bioverfügbarkeit, Bindung in Matrix oder Containment bei Verarbeitung
III. Ressourceneffizienz **a. Atomare Effizienz und molekulare Spezifität** Zur Vermeidung von Nebenreaktionen, Abfällen und Emissionen, bieten molekulare Erkennung, (Auto)Katalyse, enzymatische	**IV. Energie- und Umwelttechnik** **a. Emissionsminderung** (z.B. Filter, Membrane, Katalysatoren) **b. Umweltmonitoring** (Nanosensoren und –assays) **c. Umweltsanierung in und ex situ** (z.B. Eisennanopartikel zum katalytischen Abbau und Adsorption von Arsen)

Reaktionen, Präzisionsherstellung und –gestaltung. Desweiteren Miniaturisierung/ Dematerialisierung, Vermeidung von Reinigungsprozessen, Vermeidung seltener Stoffe, selbstreinigende Oberflächen, Vermeidung von dissipativen Verlusten etc. **b. Energieeffizienz** Hoher Wirkungsgrad (Strom, Licht), niedrige Prozesstemperaturen, Minimierung der Entropie-Produktion (Umwandlung in Wärme und Wärmeverluste), Leichtbau etc. **c. Kreislauffähigkeit** Vermeidung von unwiederbringlichen (dissipativen) Verlusten, z.B. durch geringe Materialvielfalt, Trennbarkeit/ Modularität, Minimierung von Zusatz- und Hilfsstoffen, Vermeidung dissipativer Nutzungsformen, diffuser Emissionen und von Materialverunreinigungen (Störstoffen). Besonders interessant: gezielte Beeinflussung der Kristallisation statt Legierung und Zusatzstoffen	**d. Regenerierbare Energiequellen und nachwachsende Rohstoffe**

Grenzen des nachhaltigen Designs zeigen sich sowohl in der Konzeption als auch im Anwendungskontext. Die vorwiegend technologiebetriebenen Lösungsansätze stecken noch in der Frühphase der Entwicklung, was eine Begrenzung der Reichweite des Designs darstellt und die Notwendigkeit einer weiteren Vertiefung des Kenntnisstands notwendig macht, während ihre Nachhaltigkeit gleichzeitig durch Anwendungszwecke, Einsatzbedingungen und Anwendungskontexte limitiert wird (AG Green Nano, 2010: 10).

Vorrangiges Ziel der breiten Umsetzungsmöglichkeiten eines solchen Leitbilds ist nicht nur eine Vermeidung von Risiken, sondern die Realisierung von positiven Wirkungen auf Mensch und Natur („benign by design“) (AG Green Nano, 2010).

2. METHODE

Zur Klärung des Verhältnisses zwischen akuteller Nanotechnologie-Forschung und Nachhaltigkeit, insbesondere der green nano Designprinzipien, bot sich durch die relative Neuheit der Nanotechnologie (Williams et al., 2010: 1673) und ihre weitgehende Begrenzung auf Forschungsinstitutionen ein expertenzentrierter, qualitativer Ansatz an.

2.1. Material und Methode in der vorliegenden Arbeit

Der Einleitung zur Einführung in die Nanotechnologie sowie in die Entwicklung des Konzepts der *green nanotechnology*, lagen aufgrund des geografischen Fokus vorrangig deutsche Beiträge aus Fachzeitschriften bzw. politischen Dokumenten zugrunde, die bei Bedarf durch englischsprachige Literatur ergänzt wurden.

Die Arbeit basiert auf einer Forschungsfeldanalyse (FFA) im europäischen Raum mit Fokus auf deutschsprachige Länder (Deutschland, Österreich, Schweiz), die Klarheit über an Nanotechnologie forschenden Institute und Ansprechpersonen lieferte, die im Folgenden durch qualitative Interviews als Experten der Wissenschaft befragt wurden.
Diese FFA basierte einerseits auf einer Internet- und Literaturrecherche, und umfasste andererseits einen systemimmanenten Ansatz: Durch Befragung von Förderungsinstitutionen, WissenschaftlerInnen und Schlüsselpersonen in der Nanotechnologieforschung wurden Institutionen und Entwicklungen durch die Befragten selbst priorisiert. Dadurch wurden die Hotspots der Nanotechnologieforschung zum aktuellen Zeitpunkt identifiziert. In weiterer Folge fand eine Konzentration auf diese statt (Themen Wasser / Boden und Sensorik). Diese Art der Forschungsfeldanalyse hat den Vorteil, aktuelle Dynamiken und implizite Bewertungen wiederzugeben, während ein Anspruch auf Vollständigkeit zurückgestellt werden muss (der auch den Rahmen dieses Projekts sprengen würde). Die Auswahl erfolgte durch persönliche Empfehlungen (siehe Step 01) sowie die interaktive Karte[2] der deutschen Nanotechnologieforschung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).
Dadurch ergab sich ein iterativer Fortgang der Arbeit, der lediglich eine grobe chronologische Abgrenzung einzelner Arbeitsschritte erlaubte:

[2] Kompetenzatlas Nanotechnologie in Deutschland: http://www.nano-map.de/#hide_2, 20.6.2013.

- **Internet- und Literaturrecherche zum Thema**
- **Step 01**
  Kontaktaufnahme per Mail mit Schlüsselpersonen (z.T. ausgehend von persönlichen Empfehlungen des Instituts für Technikfolgenabschätzung in Wien (ITA), z.T. sich aus der FFA-Recherche ergebend) mit Bitte um Identifikation wichtiger Anwendungsfelder der Nanotechnologie und weiterer Kontaktdaten. Die E-Mails werden in weiterer Folge anonym behandelt (zufällige Zuweisung von Nummern), wobei die Namen der VerfasserInnen der Autorin bekannt sind. Das Anschreiben befindet sich im Anhang.
- **Step 02**
  Kontaktaufnahme mit ForscherInnen respektiver Gebiete, Aussendung des Interview-Leitfadens zur Ansicht und Durchführung des Interviews bei Interesse. Die gesandte E-Mail sowie der erstellte Leitfaden für das Interview befinden sich im Anhang.
- **Step 03**
  Diskussion der Interviewergebnisse in Hinblick auf das Konzept. Dieser Teil wurde mit einem Experten der Universität Bremen durchgeführt und diente der Kommentierung und Einordnung der gewonnen Ergebnisse. Aufgrund der gesonderten Stellung, die dieser Schritt trotz der Interviewform inne hat, wird er extra referenziert (Step 03) und gesondert in die Diskussion eingearbeitet.

2.2. Theoretische Annäherung

Die Diskussion um das ExpertInneninterview als eigenständige Methode entstand erst mit dem Fokus auf ein qualitatives Forschungsparadigma und damit auf „Kontextspezifität, Situationsadäquanz und Subjektrelevanz“ (Bogner/Menz, 2009a:16) im Laufe der 1970er Jahre. Dennoch ist es innerhalb dieses Paradigmas nach wie vor in Diskussion, ob ExpertInneninterviews eine eigenständige Befragungsform darstellen oder nicht. Grundsätzliche Kritik an der Methode richtet sich z.B. gegen die Schwierigkeiten der systematischen Abgrenzung anderen Formen gegenüber und die hohe Kontextspezifität im Zusammenhang mit konkreten Forschungsanliegen, sowie dem Aberkennen einer eigenständigen Methodik als Verweis auf die Diskrepanz zwischen häufiger Anwendung im Forschungsalltag und geringer methodischer Reflexion (Bogner/Menz, 2009a: 16-18). Bogner und Menz (2009) erachten die Begrifflichkeit des ExpertInneninterviews nur im Zusammenhang mit einer einzigen Art davon (theoriegenerierendes Interview) als sinnvoll (Bogner/Menz, 2009b: 93).
Im Folgenden sollen nun kurz die Eigenheiten der Methodik erläutert werden.

2.2.1. Was ist ein Experte?

Als ExpertIn wird eine Person verstanden, die über ein nicht jedermann zugängliches Wissen verfügt (Sonderwissen) und gleichzeitig diesen damit relationalen Status vom Forscher/der Forscherin aufgrund seines Forschungsinteresses verliehen bekommt (Definitionsmacht) (Meuser/Nagel, 2009: 36). In Ergänzung zu dieser Konstruktion des Experten und des Expertenwissens durch den Forscher/die Forscherin wird aber auch auf eine gewisse Bestätigung präexistierender Zuschreibungen des sozialen Status verwiesen (Bogner/Menz, 2009b: 63). Der Experte/die Expertin verfügt nach Sprondel (1979) über Sonderwissen, das „komplex integrierte Wissensbestände umfasst und außerdem konstitutiv auf die Ausübung eines Berufs bezogen ist" (Sprondel, 1979 zitiert nach: Bogner/Menz, 2009b: 69). Das heißt, dass auch bedeutsame soziale Beziehungen integriert sind. Ein Forscher/eine Forscherin ist also in der Auswahl seiner ExpertInnen nicht vollständig frei, sondern greift häufig auf in der Fachliteratur einschlägig bekannte Personen zurück bzw. auf VertreterInnen entsprechender Verbände und Organisationen. Damit werden soziale Repräsentationen mit einem relationalen ExpertInnenbegriff verschränkt. Experte/ Expertin ist, wer einerseits dazu gemacht wird und andererseits einer Funktionselite angehört, wobei beides in der Praxis zusammenwirkt (Bogner/Menz, 2009b: 68f).

Der Wandel in der Definition der ExpertInnen geht mit der Veränderung der wahrgenommenen Problemlagen und der Legitimationsproblemen der „klassischen" Wissenschaft einher. Während Sprondel (1979) ExpertInnen noch als InhaberInnen eines spezialisierten Sonderwissens angeleitet von kognitiven und sozialen Normen des disziplinären Kontexts definiert, sieht Gibbons in der Modus-2-Wissenschaft die Aufweichung der LaiInnen-ExpertInnen-Unterscheidung und die damit einhergehende Wissensproduktion im transdisziplinären Kontext (Meuser/Nagel, 2009: 39). Die Legitimationsnotwendigkeit des klassischen Wissensbegriff rührt von selbstverursachten Risiken und anschließender Behebung her, was zu einer zunehmenden Unübersichtlichkeit der Problemlagen und einer vermehrten Nachfrage nach Deutungs- und Orientierungswissen führt; daraus folgt die „Bildung neuer Deutungsinstanzen mit neuen Relevanzen, netzwerkartigen Kommunikationskulturen und integrierten, laien- und lokales Wissen berücksichtigenden Formen der Wissensproduktion" (Meuser/Nagel, 2009: 40). Allerdings gibt es aus empirischer Sicht Zweifel an Gibbons Modus-Transformation. Das für Gorden (1975) ausschlaggebende Element von ExpertInnen ist ihre Aktivität und die Ausübung spezifischer Funktionen in einem gewissen Kontext, egal ob es sich um eine berufliche Rolle oder eine ehrenamtliche Tätigkeit handelt, womit der von Sprondel geprägte Begriff deutlich

erweitert wird (Meuser/Nagel, 2009: 43f). Bogner und Menz (2009) definieren Experten über den Besitz eines „technischen, Prozess- und Deutungswissens“ (siehe unten), das sich auf „ein spezifisches Handlungsfeld bezieht, in dem er in relevanter Weise agiert“, weshalb er die Chance hat, in seinem Feld hegemonial zu werden und seine Orientierungen durchzusetzen (Bogner/Menz, 2009b: 73).

Die Interviews dieser Studie beziehen sich auf „klassische“ ExpertInnen, wie sie von Pfadenhauer (2009) beschrieben werden:

> „Im Unterschied zu andern Typen von Experten kennzeichnet den Professionellen, dass er sich einen kanonisierten Sonderwissensbestand über eine institutionell spezialisierte, in Umfang und Dauer formalisierte Ausbildung in typischerweise ‚öffentlichen‘ Einrichtungen aneignet, der Erwerb dieses professionellen Sonderwissens (oft in berufsständisch-staatlicher Kooperation) geprüft und ihm qua Zertifikat bestätigt wird, das ihm seine professionelle Kompetenz – nicht nur im Sinne von Befähigung, sondern auch im Sinne von Befugnis – amtlich ‚bescheinigt‘. Insbesondere aufgrund dieser Kennzeichen ist der Professionelle eine typisch moderne – und damit historisch relativ ‚junge‘ – Erscheinungsform des Experten (vgl. dazu Hitzler 1994, sowie Pfadenhauer 1997)“ (Pfadenhauer, 2009: 108).

Zusätzlich kann der/die ExpertIn noch von SpezialistInnen unterschieden werden: Während zweitere über ein „aufgabenbezogenes, relativ genau umrissenes Teilwissen innerhalb eines Sonderwissensbereichs“ (Pfadenhauer, 2009: 100) verfügen, kennzeichnet ExpertInnen der darüber hinausgehende Überblick über einen Sonderwissensbereich. Wissen über die Ursachen von Problemen und Prinzipien von Problemlösungen sorgt für prinzipielle Problemlösungen innerhab eines Wissensbestands und kann auf Einzelfragen heruntergebrochen werden (Pfadenhauer, 2009: 100f).

2.2.2. Expertenwissen

Durch eine Verschränkung von „klassischem“ ExpertInnenwissen mit Wissen aus anderen Bereichen wird die Aufmerksamkeit auf die milieuhaften Umstände, unter denen Problemdefinitionen entwickelt werden, gelenkt. Diese Crossover werden als zentrale Dimension des Untersuchungsgegenstands von ExpertInneninterviews bezeichnet. Wichtig hierbei sind die Aushandlungsprozesse über Wissen, Schemata der Konsens- und Differenzherstellung zwischen ExpertInnen, Aushandlung von Verfahren und Partizipationskriterien sowie Inklusion und Exklusion. Das Ergebnis ist bei Beginn der Befragung unbekannt, wobei aber die Machtverteilung im sozialen Raum des Experten/ der Expertin berücksichtigt werden soll. Zusätzlich zu einem bewusst präsenten Sonderwissen wird also auch das nicht-explizite ExpertInnenwissen interessant. Daraus folgt, wie ExpertInnen zu Problemdefinitionen gelangen, welche Wissenssphären für sie wichtig sind und wie Globalisierung und Pluralität des Wissens

verarbeitet werden. Das konstruktive Element des ExpertInnenwissens ist damit offengelegt (Meuser/Nagel, 2009: 46-51).

Bogner und Menz (2009) unterschieden drei Arten des Wissens, das mit Hilfe von Interviews zugänglich gemacht werden kann: Erstens technisches Wissen über Operationen und Regelabläufe, sowie fachspezifische Anwendungsroutinen, zweitens Prozesswissen, das Informationen über Handlungsabläufe, Interaktionsroutinen, praktisches Erfahrungswissen aus dem eigenen Handlungskontext etc. umfasst und drittens das Deutungswissen, das sich aus Ideen und Ideologien, fragmentarischen, inkonsistenten Sinnentwürfen und Erklärungsmuster zusammensetzt und erst während des Deutungsprozesses als solches identifiziert wird, also eine Abstraktionsleistung des Forschers/der Forscherin darstellt (Bogner/Menz, 2009b: 71).

2.2.3. Arten des ExpertInneninterviews

Nach ihrem Zweck können drei Arten von ExpertInneninterviews unterschieden werden.

Das explorative ExpertInneninterview dient einem Kennenlernen eines thematisch neuen oder unübersichtlichen Feldes und hilft, ein Untersuchungsgebiet zu strukturieren und Hypothesen darüber zu generieren.

Das systematisierende ExpertInneninterview fokussiert auf das Akquirieren exklusiven ExpertInnenwissens, auf Handlung- und Erfahrungswissen. Systematische und lückenlose Informationsgewinnung durch einen ausdifferenzierten Leitfaden wird präferiert. Hier steht nicht der Experte/ die Expertin selbst im Fokus der Untersuchung, sondern die Information über eigentliche Forschungsobjekte in Hinblick auf eine Vergleichbarkeit der Daten.

Als abstrakteste Möglichkeit bleibt das theoriegenerierende Interview, das der analytischen Rekonstruktion der „subjektiven Dimension“ des ExpertInnenwissens dient. Persönliche Entscheidungsgründe und Handlungsorientierungen sollen Rückschlüsse auf „implizierte Wissensbestände, Weltbilder und Routinen zur Funktion von sozialen Systemen“ (Bogner/Menz, 2009b: 66) zulassen um Theorien zu generieren (Bogner/Menz, 2009b: 64-66).

Meine Arbeit fokussiert auf die beiden ersten genannten Arten des ExpertInnenwissens: Hierbei dient Step 01 dem Kennenlernen eines neuen Forschungsgebiets. Step 02 beinhaltet die eigentlichen Interviews zum Informationsgewinn über Forschungsprojekte und -fortschritte, bestimmte verwendete und bekannte Begrifflichkeiten, in Anspruch genommene Fördermöglichkeiten etc. und versucht Aussagen Richtung Verifizierung / Falsifizierung vorab erstellter Hypothesen zu tätigen. Dabei muss allerdings im Hinterkopf behalten werden, dass für eine quantitativ verlässliche Auswertung die Stichprobe zu klein ist. Deshalb soll auf die

Generierung einer Theorie verzichtet und lediglich Anregungen für weitere interessante Fragestellungen geboten werden.

2.2.4. Rollen im Interview

Durch die Abhängigkeit des Interviews von der jeweiligen Kommunikationssituation können mehrere unterschiedliche Rollentypen für den Interviewer/ die Interviewerin festgelegt werden. Um ein möglichst umfassendes und tiefgehendes Gespräch zu erzielen wird für ein freies und bewusstes Spiel mit den jeweiligen Möglichkeiten dieser Rollen plädiert. Durch die Kennzeichnung der sozialen Situation des Interviews durch Interaktionseffekte gehen Bogner und Menz (2009) davon aus, dass die Ideale der Neutralität und Offenheit in einem solchen Gespräch nicht oder kaum zu erreichen sind. Sie sprechen sich daher stärker für eine Nutzung diverser Interaktionseffekte als Möglichkeit der Bereicherung durch unbewussten Informationsgewinn aus und empfehlen Authentizität und die Offenlegung der InterviewerInnen-Position. Sie plädieren für eine variable Nutzung unterschiedlicher Interviewstrategien, die sie als konstitutive und produktive Komponenten einzubinden empfehlen. Angeführte Interviewstrategien sind die Rollen des Interviewers als Co-Experte, als Experte einer anderen Wissenskultur, als Laie, als Autorität, als potentieller Kritiker und als Verbündeter, die jeweils eigene Problemstellungen und Möglichkeiten bieten (Bogner/Menz, 2009b: 75-94).

2.3. Reflexion über den Interviewprozess während dieser Arbeit

Eine detaillierte Analyse des Interviewprozesses würde sowohl den Umfang der Arbeit sprengen. Um der Tatsache der (unbewussten) Interaktion während Interviews Rechnung zu tragen, soll dennoch kurz über den Prozess reflektiert werden.

Grundsätzlich wurden sämtliche Interviews leitfadennah geführt. Um die nach Froschauer und Lueger (2003: 51) geforderte Aufrechterhaltung der Eigendynamik des Gespräches zu gewährleisten, wurde bei Bedarf davon allerdings abgewichen. Die trotz der hohen Selektivität des Themas gegebene Breite in den Zugängen der Forschungsansätze – von Bakterien-Proteinstrukturen über nullwertiges Eisen bis hin zur hochleistungskeramischen Membrantechnologie - machten es unmöglich, eine andere Rolle als die der interessierten Laiin einzunehmen, was sich zwar in der Art der Kommunikation der ExpertInnen der Interviewerin gegenüber niederschlug, aber auch zur Unbefangenheit (zumindest) der Autorin beitrug.

Nach der Identifikation wichtiger Gebiete (Umwelttechnik: Remediation, Grundwassersanierung, Sensorik, Mikroelektronik, Membrantechnologie) und AnsprechpartnerInnen wurden diese zu den ihnen unterstellten Projekten zum Thema „Umweltrelevanz ihrer Forschung und Nachhaltigkeit“ befragt.
Durch die versuchte Ausrichtung auf Produkte und Anwendungen wird begrifflich von „der Nanotechnologie“ die Rede sein, in dem Bewusstsein, das den unterschiedlichen Verwendungen von Technologien, Materialien und Partikeln in den jeweiligen Forschungsfeldern hier nicht Rechnung getragen werden kann. Für eine Einschätzung der Forschung wurde diese Begrifflichkeit als ausreichend und leichter handhabbar befunden.

Die ETH Zürich sieht eine Erleichterung des Interviewvorgangs in der Formulierung von Hypothesen zur Strukturierung, weshalb dieser Zugang hier angewandt wurde (Mieg/Näf, 2005: 21).
Aus der Literatur wurden folgenden Hypothesen entwickelt:

- Hypothese 1: Nanotechnologie wird als Möglichkeit für zukünftige Problemlösungen im Umweltbereich wahrgenommen, andere Motivationen sind nachrangig.
- Hypothese 2: *Green nano* ist als Konzept in aktueller Forschung bereits etabliert.
- Hypothese 3: Die Rolle der staatlichen Förderung ist maßgeblich für die Implementierung von Umwelt-Forschungsprojekten im Nanobereich – Steuerung der Forschung durch Ausrichtung auf Nachhaltigkeit (z.B. stärker als privatwirtschaftliche Forschung)

Die von Pfadenhauer (2009: 100f) geforderte Unterscheidung zwischen ExpertInnen und SpezialistInnen konnte für diese Qualifikationsarbeit nicht aufrechterhalten werden, da Zugänge zum Forschungsfeld und Positionen bzw. Rollen innerhalb der Forschungseinrichtungen, sowie die Art der Forschungseinrichtungen (grundlagen- oder anwendungsbezogen) innerhalb der Stichprobe variierten. Hier wurde mehr Wert auf Repräsentanz denn auf die Unterscheidung zwischen ExpertInnen und SpezialistInnen gelegt, in der Annahme, dass im Forschungsalltag diese Grenzen aufweichen.

Abhängig von der Bereitschaft der InterviewpartnerInnen und der geografischen Nähe wurden die Interviews *face-to-face*, per Telefon oder Skype durchgeführt.
Zur Erhöhung des Vertrauens und der Transparenz zwischen den GesprächspartnerInnen wurden einerseits der Gesprächsleitfaden vorab ausgeschickt, andererseits die sprachlich geglätteten

Transkripte zur inhaltlichen Überarbeitung und Kommentierung an die InterviewpartnerInnen gesandt. Dadurch ist ein gewisser Verlust der Spontaneität der Antworten und eine eventuell unbewusste Fokussierung auf bestimmte Aspekte von Seiten der ExpertInnen nicht auszuschließen, erschien aber, gerade weil bei einigen Interviews auf *face-to-face*-Interaktion verzichtet werden musste, unvermeidlich; diese Annahme wurde durch einige unvermittelte Absagen nach Durchsicht des Leitfadens bestätigt.
Aus dieser Vorgangsweise resultiert die hohe Selektivität der Interview-Ergebnisse hin.

2.4. Auswertung der ExpertInneninterviews und Verwendung des Materials

Die Interviews wurden in persona, per Telefon oder Skype auf Deutsch und Englisch geführt, mit einem Aufnahmegerät digital aufgezeichnet und anschließend transkribiert und gegebenenfalls übersetzt. Nach Meuser und Nagel (1991) sind aufwendige Notationssysteme (Pausenlänge, Stimmlagen, non-verbale und parasprachliche Elemente) in der Transkription nicht notwendig, weil sie im Hinblick auf „gemeinsam geteiltes Wissen“ (Meuser/Nagel, 1991: 455) keine zusätzlich relevante Information für die Interpretation liefern, weshalb auch eine sprachliche Glättung der Transkripte (z.B. Transformation von Dialekt in Hochsprache) vorgenommen werden konnte. Die Transkripte wurden den ExpertInnen zur Durchsicht und Kommentierung vorgelegt, Namensnennungen erfolgten auf Einverständnis. Das anonymisierte Interview wurde dem Experten zusätzlich nochmals in der Endfassung zur Autorisierung vorgelegt. Das Interview mit Herrn Prof. Mattsson diente ursprünglich der Ergänzung und weist daher eine eigene Schwerpunktsetzung innerhalb des Leitfadens auf. Aufgrund der Ausführlichkeit der Antworten wurde während der Auswertung jedoch beschlossen, die Informationen gleich anderen Interviews einfließen zu lassen.

Zum Punkt der Wahrnehmung wird argumentiert, dass kaum Zweifelhaftigkeit an der Glaubwürdigkeit von ExpertInnen geübt werden braucht: Zum einen, weil meist kein Grund zu Unaufrichtigkeit und zum anderen, weil die Möglichkeit eines Interviews mit KollegInnen besteht (Meuser/Nagel, 1991: 466).
Für das ExpertInneninterview als Sonderform des qualitativen Interviews gibt es verschiedene Möglichkeiten der Auswertung. Meuser und Nagel (1991) schlagen ein explizit auf das ExpertInneninterview zugeschnittenes sechsstufiges Auswertungsverfahren vor, das aus *Transkription*, *Paraphrasierung* relevanter Teile und Sequenzierung nach thematischen

Einheiten, Finden von *Überschriften* für diese Einheiten, dem *thematischen Vergleich* verschiedener Textpassagen unterschiedlicher Interviews, der *soziologischen Konzeptualisierung* und der *theoretischen Generalisierung* besteht.

Die *Paraphrase* folgt dem Gesprächsverlauf und soll in eigenen Worten ohne Einschränkung wiedergeben, was allgemein im Gespräch geäußert wird. Die Sequenzierung erfolgt nach dem Alltagsverstand propositional zur Wichtigkeit des Inhalts der Paraphrase. Sie ist nicht selektierend auf den Inhalt, um keine nicht antizipierten Themen zu verlieren und wird in einem letzten Schritt erneut mit dem Interview verglichen. Sie stellt den ersten Schritt einer Verdichtung des Materials dar, zeigt deutlich Trennlinien zwischen den Themen, Erfahrungsbündel und Argumentationsmuster, sowie Relevanzen und Beobachtungsdimensionen.

In einem nächsten Schritt werden den Paraphrasen *Überschriften* zugeordnet, in denen die Terminologie der ExpertInnen aufgegriffen wird. Eine Passage kann je nach Thema mehreren Überschriften zugeordnet werden, wobei der Fokus auf das ExpertInnenwissen, nicht auf biografische Details gelegt wird. Bei leitfadennahen Interviews wird hier jedem Absatz ein Thema zugeordnet, bei freieren Gesprächen können einer einzigen Passage mehrere Überschriften zugeordnet werden. Danach erfolgt die Zusammenstellung ähnlicher Themen zu Hauptüberschriften.

Den nächsten Schritt stellt der *thematische Vergleich* über mehrere Interviews hinweg dar, wobei auch hier eine Reduktion der Terminologie durch die Vereinheitlichung der Überschriften erfolgt. Dennoch sollte weiter textnah gearbeitet werden (Meuser/Nagel, 1991: 451-471).

Nach diesem Schritt wurde von dem von Meuser und Nagel (1991) vorgeschlagenen Verfahren abgewichen:

Nach *Transkription, Paraphrasierung* und Wahl der *Überschriften* wurden die Themenkomplexe den jeweiligen Hypothesen (mit Hilfe des Leitfadens) zugeordnet und gegebenenfalls die Überschriften vereinheitlicht.

Beiträge aus der Forschungspolitik (Interviewpartner aus dem BMVIT) wurden gekennzeichnet und einerseits den Aussagen von ForscherInnen gegenübergestellt, andererseits direkt in der Forschungsfeldanalyse verwertet. Die Kommentierung der Hypothesen durch einen Experten wird ebenfalls gesondert behandelt.

3. FORSCHUNGSFELDANALYSE AUF EUROPÄISCHER EBENE UND IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

3.1. Motivation und Zielsetzung des Arbeitsschritts

Zur Herausarbeitung des Umgangs der Politik mit dem Thema Nanotechnologie und zur Verdeutlichung der Schwerpunktsetzung auf unterschiedlichen Ebenen erfolgte eine Analyse der Aktionspläne und Status-quo-Berichte der EU, sowie Österreichs, Deutschlands und der Schweiz, inklusive Förderprogrammen und geförderten Projekten unter dem Schlagwort *green nano* bzw. mit direktem Umweltbezug. Ziel dieses Schritts waren einerseits die Erarbeitung eines groben Überblicks über den State-of-the-Art der Nanotechnologieforschung, andererseits die Identifikation von Schwerpunktfeldern und Ausrichtung aktueller und zukünftiger Forschung zur Entwicklung der Hypothesen, sowie die Auswahl von ExpertInnen für die folgenden Interviews.

Da eine umfassende Analyse den Umfang der Arbeit sprengen würde, kann keine Vollständigkeit der Übersicht garantiert werden. Dennoch gab es den Versuch, eine möglichst umfassende Darstellung für die Fragestellung relevanter Projekte / Institute und AkteurInnen zu liefern.

3.2. EU

3.2.1. Allgemeine Ausrichtungen

In der Europäischen Strategie und im EU-Aktionsplan erfolgte die Definition einiger *key areas* bezüglich Nanotechnologie: Besondere Aufmerksamkeit liegt auf der Forschung (insbesondere Patentierung von Grundlagenwissen, Regulierung und Messbarkeit), der Infrastruktur (der Forschung), der Ausbildung von Jungwissenschaftlern, gesellschaftlicher Aspekte (inklusive öffentliche Debatten), Risikoabschätzung, Regulierung und internationale Kooperationen (Homepage der Europäischen Kommission zur Nanotechnologie[3]). Die österreichische Forschungspolitizik bezog sich daher ebenfalls auf diese Felder (T4:88-92).

[3] http://ec.europa.eu./nanotechnology/key_en.html, 7.11.2012.

Im europäischen Aktionsplan 2005-2009 der Europäischen Kommission wird der möglichst frühen Einbeziehung von Umweltrisiken in die aktuelle Forschung Rechnung getragen. Potenzielle Auswirkungen der Nanotechnologie, sowie die Entwicklung geeigneter Methoden und Instrumente stehen im Vordergrund, ebenso wie die Vernetzung der Forschung auf allen Gebieten, besonders aber im Umweltbereich. (KOM (2005) 243 endg.: 7) Wortwörtlich werden die hohen Anforderungen der Gemeinschaft zum Schutz der „Volksgesundheit, Sicherheit, der Verbraucher, der Arbeitnehmer sowie der Umwelt“ hervorgehoben (KOM (2005) 243 endg.: 11).

Grundlage der EU-Strategie ist eine verantwortungsvolle Technologieentwicklung beruhend auf ethischen Grundsätzen unter Berücksichtigung von gesellschaftlichen Auswirkungen und wissenschaftlicher Untersuchung möglicher Risiken für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt, gefolgt durch entsprechende Regulation, was vor allem im 7. Rahmenforschungsprogramm (2007-2013) verstärkt wird (Reihlen/Jepsen, 2012a). Die Zusammenhänge von Innovation und Nachhaltigkeit werden herausgestrichen, wobei eine Bewusstmachung gesellschaftlicher Problemstellungen vorrangig ist. Als Methode wird die Definition spezifischer und messbarer technologischer Ziele anhand eines verstärkten partizipativen Vorgehens vorgeschlagen. Um nachhaltige Schlüsselelemente wie Abfalls- und Emissionsreduktion zu unterstützen, wird auf die Einarbeitung neuer Technologien mit Hilfe von wissenschaftlichen Mitarbeitern in Kombination mit externen Reviewern verwiesen, aufbauend auf proaktiven Initiativen wie regulatorische Maßnahmen (Sabadie, 2011:7-9).

Als Grundlage für verantwortungsvolle Forschung im Bereich Nanotechnologie wurde 2008 der Kodex der Europäischen Kommission verfasst. Hier wird unter Berücksichtigung öffentlicher Konsultation die Präzisierung der Forschung in Richtung nachhaltige Entwicklung mit dem Schwerpunkt Umwelt- und Gesundheitsschutz gelenkt, wobei die Anwendung des Kodex freiwillig und in Bezug auf Konkretisierung überprüfbarer Kriterien verbessert werden muss. (KOM(2008) 424 endg.).

Im Rahmen der Horizon-2020-Strategie wird eine gezielte Weiterentwicklung der Nano-EHS (Environment, Health, Security)-Forschung mit ersten Forschungsanträgen ab 2014 forciert (Reihlen/Jepsen, 2012a: 13). Folgende drei Prioritäten der Entwicklung werden innerhalb dieser Strategie verfolgt: „Smart Growth“ als Entwicklung einer auf Wissen und Innovation basierenden Ökonomie, „Sustainable Growth“ fokussierend auf Ressourceneinsparung, sowie auf eine grünere und kompetitivere Ökonomie und „Integrated Growth“, das Vollbeschäftigung und in Folge soziale und territoriale Kohäsion fördern soll. Die Rolle der „enabling

technologies“ wird dabei als treibende Kraft in Richtung einer kohlenstoffarmen und wissensbasierten Ökonomie gesehen (KOM (2010) 2020 final in: Sabadie, 2011:1). In diesem Zusammenhang wirken die für das Arbeitsprogramm 2011 eingereichten Anträge sehr informativ: Anforderungen wie Recycling, kohlenstoffarme Ökonomie, Verbesserung der Umweltfreundlichkeit, Energieeffizienz etc. finden sich regelmäßig in Antragseinreichungen (Sabadie, 2011: 2).

3.2.2. Analyse der Calls und Projektübersicht

3.2.2.1. Calls des 7. Rahmenforschungsprogramms

Die Wichtigkeit des Stellenwerts der Nachhaltigkeit wird auch im EU Orientation Paper 2012 zu Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies – NMP explizit. Nanorelevante Calls des 7. EU-Rahmenforschungsprogrammes umfassen beispielsweise Nanokatalysatoren für nachhaltige Energieproduktion, für Bodensanierung, größere Off-shore Rotorblätter für Windkraftwerke, halogenfreie Brandschutzmaterialien, photokatalytische Materialien zum Schadstoffabbau, mit erneuerbarer Energie betriebene Chemiesynthese, neue Recyclingmethoden von wichtigen Metallen und die Substitution seltener Rohstoffe. Zusätzlich finden sich Anwendungen der Nanotechnologie noch in den Sonderkategorien „systematischer Ansatz zum Bauen“ und „green cars“. Eine generelle Orientierung in Richtung Nachhaltigkeit der Nanotechnologie ist hier mit einem großen Bedürfnis nach Sicherheit in Risiko- und Gefährdungsfragen der Umwelt bei gleichzeitig geforderter Steigerung des Wettbewerbs in Europa auf diesem Gebiet gekoppelt. Wirtschaftsfördernde Maßnahmen sollen die Konkurrenzfähigkeit der EU garantieren und diese Anforderung durch Forschungs- und Anwendungsförderung realisiert werden. (EU Orientation Paper, 2012: 6)

3.2.2.2. Aktuelle *green nano*-Projekte der EU

Die Datenbanksuche zum Stichwort *green nano* im 7. Rahmenforschungsprogramm des EU Forschungs- und Entwicklungsinformationsdienstes der Gemeinschaft (CORDIS[4]) ergab trotz der nachhaltigen Ausrichtung der Forschung laut EU-Papers keine Treffer. In Bezug auf Risikoforschung ist der Nanosafety Cluster zur Vernetzung der Forschung im Nanosicherheitsbereich zu nennen, dem beispielsweise auch das später im Interview genannte Projekt SIINN angehört (Riediker/Katalagarianakis, 2012).

[4] http://cordis.europa.eu/projects/home_en.html, 13.6.2013.

3.2.2.3. Erfolgreiche Projekte der EU-Förderung

Der Bericht der Europäischen Kommission „Successful European Nanotechnology Research“ (2011) stellt aus Sicht der EU erfolgreiche Nanotechnologieprojekte vor, welche für die allgemein erwünschte Richtung der zukünftigen Forschung im Umweltbereich repräsdentativ sind. Die nach vorheriger Definition der Umweltrelevanz ausgewählten Projekte stammen aus den Teilbereichen Umwelt und EHS-Forschung. Das Projekt NANOGLOWA zur Separation von CO_2 und Abgasen aus Kohlekraftwerken wurde aufgrund seines Anwendungsbereichs nicht berücksichtigt. Dennoch ist die Wichtigkeit von Kohlenstofffiltern als Beitrag zu den Reduktionszielen von Emissionen (20% bis 2020 und 50% bis 2050) anzumerken (Europäische Kommission, 2011b: 14).

Bereich Sensorik

Im Projekt PARNASS wurden auf CNTs basierte Sensoren für die Chemikaliendetektion auf niedrigsten Levels entwickelt (Europäische Kommission, 2011b: 16).

Bereich Wasseraufbereitung

Besonders vielversprechend sind Nanomaterialien in den Bereichen Separation, Reinigung und Entgiftungstechnologien (Nano4Water-Cluster). Das Projekt MONOCAT versucht dabei, persistente Schadstoffe durch katalytische Prozesse an CNTs rückstandsfrei (d.h. auch als Nebeneffekt entstehende Stoffe) zu zerlegen. MEMBAQ beschäftigt sich mit der Verwendung von Aquaporinen in Nanomembranen um eine hohe Durchflussrate bei Nulldurchlässigkeit von Salz zu gewährleisten. WATERMIM, das die Produktion von molekular geprägten Polymeren (eines der vielversprechendsten Adsorptionsmaterialien der Wasseraufbereitung) vorsieht, und NEW ED, das sich mit der Reinigung und Rezyklierung saliner Abflüsse von chemischen Produktionsstätten beschäftigt, sollen die Produktion von Abfall und Energieverbrauch in vielen industriellen Prozessen senken (Europäische Kommission, 2011b: 18f).

Nanomaterialien

Grundlegendes Interesse besteht an selbstorganisierenden Materialien (z.B. SA-NANO für die Konstruktion neuer Photovoltaikzellen), sowie am Ansatz, Maschinen auf Nanobasis zur Minimierung von Ressourcenverbrauch und Umweltverschmutzung im Produktionsprozess zu entwickeln (BIOMACH). Mit Metall-organischen Rahmenstrukturen zur Koordination von Polymeren und Metallen zur Verwendung bei Gaslagerung, Katalyse und Sensoren beschäftigt sich SURMOF, während das Projekt MOFCAT sich auf heterogene Katalysatoren und Gas-

Adsorbens konzentriert. Der Ersatz einzelner Kohlenstoffatome von CNTs durch Bor oder Nitrogen in BCN TUBES brachte Erkenntnisse für Sensoren und Energieersparnisse (Europäische Kommission, 2011b: 49-51).

Bereich EHS-Forschung

Neben Projekten zur Risikobewertung und Nanoökotoxikologie wurde das EUROPANANOFORUM gegründet, das auf Nanotechnologie für eine nachhaltige Wirtschaft fokussierte. Kritische adressierte Punkte waren die Notwendigkeit einer starken CO2-Reduktion, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, die Wichtigkeit von Energie- und Materialeffizienz, Schadstoffkontrolle, Wassermanagement und eine nachhaltige Lebensqualität für europäische Bürger. Die Konferenz (2009) diente vor allem der Herausarbeitung einer zukünftigen Politik der Nanoforschung zur Einarbeitung in einen neuen EU-Plan über Nanotechnologieforschung und –entwicklung, wobei Nanotechnologie als Weg aus globalen Krisen beschrieben wird. Wichtige Präsentationen im Bereich Nano waren Materialien für die verbesserte Energiespeicherleistung von Gebäuden und ihre effiziente Renovierung, NT für die Produktion von neuen Brennstoffzellen und organische Photovoltaik, Umweltschadstoff-Monitoring und Remediation (Wasseraufbereitung und Abflusswasserbehandlung) (Europäische Kommission, 2011b: 102f).

3.3. OECD

Die OECD befasst sich mit der Thematik der Nanomaterialien im Rahmen der Working Party on Manufactured nanomaterials (WPMN) und dem Committee for Scientific and Technological Policy (Sellers et al., 2009).

Die acht Leistungsgruppen der WPMN beschäftigen sich mit der Erstellung einer Datenbank mit Studien zur Nanosicherheit, Identifizierung von Wissenslücken und Forschungsstrategien, einem Sponsorship-Programm, dem Screening von OECD Testmethoden, der Kooperation bei freiwilligen und regulatorischen Maßnahmen, dem Screening von Risikobewertungsmodellen für Nanomaterialien, alternativen Prüfmethoden und Messmethoden zur Bestimmung der Exposition von Nanomaterialien. Zusätzlich fördert die OECD freiwillige regulative Maßnahmen von Firmen (Lebensministerium, 2009: 46).

Die Rolle der OECD wurde von einem Interviewpartner aus der Forschungspolitik als das Aufspüren von Trends in der Forschung angegeben (T4:152-154). Die beiden Nano-Arbeitsgruppen (Working Party of Nanotechnology - WPN und Working Party on Manufactured Nanomatierials - WPMN) sind allerdings abhängig vom Engagement der Leute und den Ressourcen im Hintergrund (T4:237-249). So ist die WPN aktuell in ein Projekt mit Korea,

USA, Israel, Deutschland, Italien und Polen involviert, während die WPMN in den Verantwortlichkeitsbereich des (österreichischen) Umweltressorts fällt und sich momentan mit der Erforschung des Verhaltens von Titandioxid in der Umwelt beschäftigt (in Kooperation mit Deutschland), aber momentan weniger aktiv ist (T4:229-236).

Beispiele für die Auseinandersetzung mit der *green nano* Thematik untersuchten beispielsweise die ökonomischen Beiträge der Nanotechnologie zu Green und Sustainable Growth (Shapira/Youtie, 2012). Hier wird im Zusammenhang mit der Definition von *green nanotechnology* die Überschneidung zur Grünen Chemie angesprochen, die Designideen beinhaltet, aber auch Beiträge anderer Disziplinen (inkl. Physik, Biologie und Lebenswissenschaften, Material-und Umweltwissenschaften und Elektronik & Computing, sowie der Ökonomie und der Sozialwissenschaften) übernimmt. Diese Vielschichtigkeit des Begriffes bezieht sich nicht nur auf die Definition von Anwendungen grüner Nanotechnologie, sondern auch auf die Nachhaltigkeit von Nanotechnologie-Anwendungen, die als „grün" beworben werden. Die beschriebenen Annäherungen zur Messung von grüner Industrie und Beschäftigungen des US Bureau of Labour Statistics umfassen die Identifikation von Establishments, die grüne Güter und Services produzieren (favorable impacts on the environment), und solche, die umweltfreundliche Produktionsprozesse nutzen (Shapira/Youtie, 2012: 4-6). Damit zeigen sich hier parallele Entwicklungen zur deutschen NanoKommission 2011.

Nach Shapira und Youtie (2012) fallen 9% der Nanotechnologie-Patente der USA unter die Definition der USPTO für *green technology*: „alternative and renewable energy production, energy storage (batteries and fuel cells), energy distribution, energy conservation and efficience improvements, greenhous gas reduction, carbon sequestration, environmental purification, protection or remediation, and enviornmentallly friendly farming" (Shapira/Youtie, 2012: 6). Die Autoren merken auch an, dass *green nano* eine Rolle in zukünftigen Road Maps spielt (Shapira/Youtie, 2012: 7). Auch der LCA-Approach für eine tatsächliche Feststellung des Umweltpotentials der Nanotechnologie wird betont (Shapira/Youtie, 2012: 14). In Bezug auf Wasserbehandlung, Entsalzung und Wiederverwertung werden neue saubere und sichere Wasserquellen als Vorteile der Nanotechnologie aufgezählt und das Marktpotential auf ca. 6,6 Mrd. US-Dollar in 2015 geschätzt. Als hauptsächliche Herausforderung werden die Diskrepanz zwischen der Herstellung in entwickelten Ländern und China und dem Bedarf in Entwicklungsländern gesehen. Zusätzlich könnten Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsbedenken die Kommerzialisierung hemmen (Shapira/Youtie, 2012: 19).

Die Working Party on Nanotechnology der OECD diskutierte im Februar 2012 einen Projektantrag bezüglich „Nanotechnology for Green Growth“ (WPN, 2012). Green Growth wird dabei als „maximising economic growth and development and assuring social benefits while avoiding unsustainbale pressure on […] natural assets“ (WPN, 2012: 3) beschrieben. Die Nanotechnologie wird in diesem Zusammenhang aufgrund ihrer Einsatzbreite als wichtiges Potential gesehen (aufgezählt werden clean car technologies/ materials, building materials and technologies, batteries, water purification and enviornmental sensing and remediation) (WPN, 2012: 3). Wichtig ist in weiterer Folge die Evaluierung von sozioökonomischen und Umwelt-Auswirkungen mit indikatorbasierten Kritieren um den Einfluss der Nanotechnologie auf *green and sustainble growth* abschätzen zu können. Dadurch soll eine Einordnung der Rolle der Nanotechnologie in die breitere *green growth policy* möglich werden. Das entstehende Paper soll vorrangig auf das politische Umfeld zur Entwicklung von Nanotechnologieanwendungen fokussieren um *green and sustainable growth* zu gewährleisten. Das technologische Potential und der politische Kontext sollen erarbeitet werden, ebenso wie *good practice* Beispiele und Werkzeuge, sowie ein Set von länderspezifischen Fallstudien, von denen sich zwei eventuell mit Wassermanagement (inklusive Remediation) und Energiegewinnung und Speicherung auseinandersetzen werden (WPN, 2012: 4-9).

3.4. Deutschland

Grundsätzlich ist in Deutschland Nanotechnologie-Forschung bereits etabliert: Sie ist eines von 17 Zukunftsfeldern (BMBF, 2006: 17-19) in der Hightech-Strategie 2020[5] der Deutschen Bundesregierung als Kooperation aller Ressorts und Politikfelder, welche daher die erste übergreifende nationale Innovationsstrategie darstellt. Wichtige gesellschaftliche Problemfelder, in denen Deutschland damit eine Vorreiterrolle einnehmen soll, umfassen die Bereiche Klima/ Energie, Gesundheit/ Ernährung, Mobilität, Sicherheit, Kommunikation). Die Strategie soll durch eine gestärkte Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft umgesetzt werden, vorrangig im innovativen Mittelstand und den Kleinen und Mittleren Unternehmen (KMUs). Postulierte enge Einbindung in die europäische Wachstumspolitik und eine Beratung durch unabhängige Partner zur Garantie nachhaltiger Entwicklung bilden damit die Grundlagen für die Hightech-Strategie.

Das Fördervolumen zur Nanotechnologie beläuft sich für 2010 auf ca. 400 Mio. Euro (Bundesförderung), wovon gemeinsam mit Länderförderungen ca. 178 Mio. Euro an die großen

[5] http://www.research-in-germany.de/dachportal/de/Forschungslandschaft/High-Tech_Strategie.html, 15.06.2013.

Forschungsförderungsinstitutionen Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, die Leibniz-Gemeinschaft, die Max-Planck-Gesellschaft und die Fraunhofer-Gesellschaft gehen (BMU, 2010: 16f). Der Risiko- und Begleitforschung kommen ca. 14 Mio. Euro zu (v.a. das Umweltbundesamt [UBA], die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA], das Bundesinstitut für Risikobewertung [BfR] und die Bunesanstalt für Materialforschung und –prüfung [BAM]). Mit ca. 950 Unternehmen, die in Deutschland an nanotechnischen Produkten und Verfahren arbeiteten, liegt Deutschland in Europa an der Spitze (BMU, 2010: 21), wobei das Gründungsdatum von 2/3 der Firmen nach 1990 auf die große Dynamik des Sektors hinweist (BMBF, 2011b: 11).

Ein Drittel der Forschungsinstitutionen Deutschlands ist auf Nanoforschung spezialisiert bei einem ausgelichenen Verhältnis zwischen Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Forschung. Zu den zukunftsträchtigsten Forschungsfeldern gehören Elektronik, Medizin/ Pharma und Energietechnik. Als größtes Marktpotential innerhalb der nächsten 5-10 Jahre gelten vor allem die Sektoren Energie und Umwelt unter Anderem in Bezug auf organisch/anorganische Nano-Komposite, nanooptimierte Lacke, leitfähige Nanokomposite, nanoporöse Filtermaterialien, funktionalisierte Nanopartikel, Nanomaterialien für Batterie- und Brennstoffzellentechnik, Membrantechnik, nanoskalige Katalysatoren, nanooptimierte Energiespeicher und anorganische Membranen (BMBF, 2011b: 16f). Verbunden damit wird der aktuelle Entwicklungsstand (2011) in Bezug auf die Anwendungsfelder Energie/ Umwelt auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut) mit 4-6 bewertet (BMBF, 2011b: 19).

3.4.1. Aktionsplan Nano 2015

Das Rahmenprogramm des Aktionsplans Nanotechnologie (BMBF, 2011a) setzt die Priorität der Forschung in Richtung der Stärkung der deutschen Wirtschaft und zum sicheren und nachhaltigen Vorteil der Bürger, wobei sowohl Risikomanagement als auch die Nutzung möglicher Potentiale der Nanotechnologie in Forschung und Bildung betont werden. Explizit werden ressourcen- und energieeffiziente Produkte genannt, in Bezug auf die Umwelttechnik die Entfernung und Vermeidung von Schadstoffen, Verfahren des produktionsintegrierten Umweltschutzes und optimierte Energie- und Stoffströme, sowie effiziente Energieumwandlung, -speicherung und –nutzung aufgezählt. Ein wichtiges Thema ist auch umweltfreundliche und energiesparende Mobilität und hier v.a. die Elektromobilität. Bezüglich Forschung wird vor allem die Grundlagenforschung betont, wobei die Forschungslandschaft neben

Forschungsinstituten (Max-Planck-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Fraunhofer Gesellschaft und Leibniz-Gemeinschaft) auch Technologie-Allianzen zu bestimmten Themen (z.B. Photokatalyse, Integration von Nano- und Mikrosystemen etc.) umfasst. Die Förderung der Nanotechnologie läuft häufig über eine Vernetzung von Industrie und Wissenschaft (Verbundprojekte), Leitinnovationen (strategisch angelegte Forschungskooperationen) und Innovationsallianzen sowie Spitzencluster (marktnahe Entwicklung).

Beispiele für Innovationsallianzen beschäftigen sich mit organischen Leuchtdioden (OLED), organischer Photovoltaik (OPV), Carbo-Nanotubes (Inno.CNT), molekularer Bildgebung und Lithium-Ionen-Batterien. Ein weiteres Beispiel wäre der Spitzencluster Forum Organic Electronics, der sich auch mit PV-Anwendungsmärkten beschäftigt.

Als Schwerpunkte werden die Themen Klima/ Energie, Gesundheit/ Ernährung, Mobilität, Sicherheit und Kommunikation angegeben. Wichtig im Klima/Energiebereich sind z.B. die Erhöhung der Energieeffizienz und flankierende Maßnahmen des Energieforschungsprogramms, welches durch Nanomaterialien für adaptive Gebäudetechnik (40% des Energieverbrauchs durch Betrieb von Gebäuden verursacht), wie z.B. starke isolierende, brandsichere Dämmstoffe für Sanierung und Neubau, thermochrome Fassadenfarbe passiver und aktiver „smart glazing"-Verglasungen, Mikrospiegelarrays, Phasenwechselmaterialien und die Verbesserung der Baustoffe, ergänzt wird. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Entwicklung dezentraler Energieversorgung mit Hilfe der Nanotechnologie, wobei hier v.a. eine gleichmäßige und bedarfsgerechte Einspeisung sowie Speichertechnologien und -systeme im Vordergrund stehen.

Aktionen im Umwelt- und Ressourcenschutz (z.B. Verfahren zur Gewässer- und Luftreinigung, Bodensanierung und Trinkwasseraufbereitung, Produktaufbereitung, Wertstoffrückgewinnung und umweltschonenden Trennprozesse (neue Fügetechniken), Nanokatalysatoren als Grundlage für alternative Reaktionspfade, neue Rohstoffquellen [Biokunststoffe]) werden durch die Ausschreibung NanoNature (siehe Kap. 3.4.4) abgedeckt (BMBF, 2011a:12-21).

3.4.2. Durchführungsbericht zum EU-Aktionsplan 2007-2009

Entsprechend dem EU-Aktionsplan (2007-2009) resümierte das VDI Technologiezentrum als Forschungsträger der Bundesrepublik Deutschland über die nationale Entwicklung der Nanotechnologie im Rahmen der EU-Förderung (Vogt, 2011). Folglich kristallisieren sich zum Thema Nanosicherheit ganzheitlichere Forschungsansätze heraus; mehr Gewicht wird auf unterstützende Technologien mit Schwerpunkt Energie, Umwelt und Gesundheit (Nanomedizin)

mit Konzentration auf die aussichtsreichsten Anwendungsbereiche und der Verbesserung bestehender Verfahren aus den NMP Arbeitsprogrammen 2011-2013 gelegt.

Themen in Bezug auf Nachhaltigkeit und Umwelt umfassen daher z.B. die Maximierung des Beitrags der Nanotechnologie zu nachhaltiger Entwicklung durch Nutzbarmachung von Materialien aus Recyclingprozessen, Entwicklung ressourceneffizienter Produktionsprozesse, *smart feature*- Komponenten wie z.B. Sensoren (biometrische Komponenten), ebenso wie vorteilhafte Nanotechnologie für Umwelt, Energie und Gesundheit (inklusive aktiver Nanomembranen/-filter/-adsorbens für effiziente Abwasserbehandlung mit stabilen oder erneuerbaren Low-fouling-Oberflächen (Vogt, 2011).

Die Nationale Kontaktstelle Nanotechnologie (NKS[6]) zeigt eine Übersicht über die Calls im Bereich NanoMatPro der EU, sowie die betreuten Themen im NMP-Arbeitsprogramm 2013, die v.a. auch das NMP.2013.1.2-1 (Nanotechnology-based sensors for environmental monitoring), das NMP.2013.1.1-1 (Exploration, optimisation and control of nano-catytic processes for energy applications) oder OCEAN 2013.1 (Biosensors for real time monitoring of biohazard and man-mae chemical contaminatns in the marine environment) umfassten. Ein eigener Call für „Nanotechnology solutions for in-situ soil and groundwater remediation – LARGE (NMP.2012.1.2-1)“ wurde in der 6. Ausschreibungsrunde des 7.FRP ausgegeben (VDI, 2011:2).

3.4.3. NanoNature[7]

Die Ausschreibung NanoNature, gefördert von BMBF und der Industrie, fokussiert auf den Einsatz von Nanotechnologie für den Umweltschutz in Hinblick auf Nutzen und Auswirkungen (gemeinsam mit NanoCare[8]: Auswirkungen synthetischer Nanomaterialien auf den Menschen), aufbauend auf Ergebnissen zu Auswirkungen synthetisch hergestellter Nanopartikel auf Mensch und Umwelt. Die Förderung umfasst 20 Projekte im Zeitraum von 2009-2013 mit einem Fördervolumen von ca. 36 Mio. Euro durch das BMBF. Dabei wird explizit versucht, potentielle Marktsegmente für Nanomaterialien im Umweltbereich zu stärken und gleichzeitig der Verbleib und die Wirkung in der Umwelt zu erforschen.

Das BMBF nennt hier wichtige Ziele wie eine neutrale CO2-Bilanz und die Unabhängigkeit von erdölbasierten Rohstoffen, sowie Verbesserungen für die Wasserwirtschaft (Filtermembranen, Katalysatoren, adsorptive Verfahren). Im Bedarfsfeld Mobilität bekommt die Elektromobilität

[6] www.nks-nano.de, 25.6.2013.

[7] http://nanopartikel.info/cms/Projekte, 23.6.2013.

[8] http://www.nanopartikel.info/cms/Projekte/NanoCare, 5.7.2013.

durch neue Abgasfilter, Batterietechnologie und Materialentwicklung für Bauteile einen besonderen Stellenwert (BMBF, 2011a:12-21).

Die in dieser Ausschreibung geförderten Projekte sind: Fe-NANOSIT, NADINE, NanoFlow, NanoKiesel (abgeschlossen), NanoMembrane, NanoPharm, NanoPurification, NanoSan, Nano-SCR, NanoTrack, NAPASAN, UMSICHT. Drei der Projekte (NanoMembrane – Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme, NanoSan – AIT und NAPASAN – Universität Kiel) wurden durch Interviews mit Projektpartnern in dieser Arbeit abgedeckt.

3.4.4. NanoDialog

Der NanoDialog auf Initiative der deutschen Bundesregierung bildete den Rahmen zur Entwicklung der *green nano* Designprinzipien und ihrer Vorläufer (BMU, 2010:6). In der ersten Phase (2006-2008) wurde ein verantwortungsvoller Umgang mit Nanoprodukten anhand von fünf Prinzipien definiert: Offenlegung von Verantwortung und Management (Good Governance), Transparenz hinsichtlich nanorelevanter Information, Daten & Prozesse, Bereitschaft zum Dialog mit Interessensgruppen, Etablierung eines Risikomanagements und Verantwortung in der Wertschöpfungskette (BMU, 2010:25). Die integrierte Betrachtung von Potentialen und Risiken wurde bereits während der ersten NanoKommission durchgeführt, deren Umsetzung durch Produktsteckbriefe, Kataloge für Nutzen- und Risikokriterien und branchenübergreifende Prüfkriterien inklusive Vergleichsprodukte ohne Nanotechnologieinput erreicht wurde. Nutzen und Risiken für verschiedene Bereiche, darunter auch Umwelt, werden in Tabellenform gegenübergestellt, mit nanofreien Produkten verglichen und vereinfacht. (BMU, 2010: 34) Als eine Möglichkeit der Risikobewertung von Produkten wurde der Schweizer Vorsorgeraster oder der SG9 der OECD angesehen (BMU, 2010: 35).

Eine offizielle Stellungnahme von Unternehmen in einer Umfrage im Winter 2009/10 zeigte jedoch den niedrigen Bekanntheitsgrad der Prinzipien. Ergänzend dazu wurde aber oft eine implizite Befolgung der Prinzipien (z.B. durch Firmeninterne Richtlinien) festgestellt, was aber in Konflikt mit oben genanntem Transparenz-Credo steht. Eine Verbindung von Fördermitteln mit verpflichtender Umsetzung bzw. Bekenntnis zu diesen Leitlinien wurde nicht von allen Teilnehmern akzeptiert, mit Hinweis auf eine ohnehin erfolgende Berücksichtigung des „Code of Conduct“ der EU (BMU, 2010:27-30), wobei hier anzumerken ist, dass diese Bemühungen mittlerweile zum Stillstand gekommen sind (siehe Interview Forschungspolitik).

3.4.5. Deutsche Forschungsgemeinschaft

Im Bereich der Grundlagenforschung ergab eine Suche auf der Homepage der Deutschen Forschungsgemeinschaft[9] keine Treffer zum Thema *green nano*; 95, davon einen relevanten, zu „nano* environment“ (meist technische Entwicklungen oder Risikofaktoren umfassend ohne Hinweis auf Umweltrelevanz im Sinne der Qualifikationsarbeit): FOR 1616: *Dynamics and Interactions of Semiconductor Nanowires for Optoelectronics*, wobei hier keine fachliche Eigenzuordnung zur Nanotechnologie erfolgt.
Dies zeigt die Irrelevanz des Begriffs *green nano*, sowie die Unsicherheit der begrifflichen Zurodnung im Feld Nanotechnologie allgemein.

3.4.6. Einbindung von Schwerpunkten laut Email-Anfrage

Allgemein wurde in der ersten E-Mail Erhebung (Step 01) das Umweltbundesamt[10] als eine zuständige Institution für Nanotechnologie angegeben, ebenso wie das Bundesministerium für Bildung und Forschung (M9). Hier wurde vor allem auf das Forschungsprogramm WING des BMBF (Werkstoffinnovationen) verwiesen, das verschiedene Initiativen, u.A. die Ausschreibungen NanoNature[11] und KMU-innovativ (Nanochance[12]), umfasst (M3).
Die Initiative NanoNature wurde mehrfach (M3, M4, M5) erwähnt und umfasst Nanotechnologie für den Umweltschutz (z.B. Gewässer- und Luftreinigung, Bodensanierung, sowie Trinkwasseraufbereitung), sowie die Entwicklung von neuartigen Messmethoden.

3.5. Schweiz

3.5.1. Aktionsplan Nano 2008

Der Nationale Forschungsplan 64 bildet die Basis für koordinierte Forschungsprojekte für die Lösung von wichtigen Gegenwartsproblemen mit gesamtschweizerischer Bedeutung, die weder der reinen Grundlagenforschung noch der Industrienahen Forschung zugerechnet werden können und eine Laufzeit von 5 Jahren nicht überschreiten. Dabei sollen Methoden und Werkzeuge der Evaluation von Umweltauswirkungen von Nanomaterialien entwickelt und die Chancen und

[9] dfg.de, 23.06.2013.

[10] http://www.umweltbundesamt.de

[11] http://www.bmbf.de/foerderungen/12531.php, 2.6.2013.

[12] http://www.bmbf.de/foerderungen/10758.php, 15.06.2013.

Vorteile synthetischer Nanomaterialien maximiert werden. Fokus liegt auf Projekten zur Untersuchung des Einsatzes von Nanomaterialien in Umweltanwendungen.
Die Koordination des Forschungsplans liegt beim Schweizerischen Nationalfond und deckt 5 Module mit insgesamt 23 Projekten ab, wobei der Umweltbezug hauptsächlich im Bereich Risikoabschätzung und Verhalten von Nanomaterialien zu finden ist. Es finden sich jedoch zwei Projekte, die sich mit der Entwicklung von umweltfreundlichen und biokompatiblen Lithium-Ionen-Batterien beschäftigen, sowie eine Aktivität im Bereich Nanokomposite.
Besonderes Augenmerk liegt auch auf der Förderung der internationalen Vernetzung von Forschungsergebnissen (Swiss National Science Foundation [SNF], 2009).

3.5.2. Übersicht über Forschungsinstitutionen mit Umweltbezug

Der Ausführungsplan des NFP 64 „Chancen und Risiken von Nanomaterialien“ bietet auch eine Übersicht über das nationale Forschungsumfeld und Akteure (SNF, 2009: 6f):

- NFS Materialien mit neuartigen elektronischen Eigenschaften (MaNEP), Leading House an der Universität Genf
- NFS Nanowissenschaften (NCCR Nanoscale Science), Leading House an der Universität Basel
- NFP 62 Intelligente Materialien
- Nano-tera.ch – the Swiss initiative in engineering and information technology for health and security of the human being and the environment
- Competence Centre for Materials Science and Technology (CCMX) des ETH-Bereichs
- Micro and Nano Science Platform (MNSP), ETH Zürich
- Material Research Centre (MRC), ETH Zürich
- Science et génie des matériaux, EPF Lausanne
- Institut de microtechnique, EPF Lausanne,
- Nanoscale materials science, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
- Nanotech@surfaces, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
- Fribourg Center for Nanomaterials (FriMat), Universität Freiburg
- Adolphe Merkle Institut (AMI), Universität Freiburg
- Swiss Nanoscience Insitute (SNI), Universität Basel
- Aktionspaln Synthetische Nanomaterialien (BAG, BAFU und SECO)

- ERA-Net Nanomedizin, Leading House an der Universität Basel

Forschungsprojekte im NFP 64 im Bereich Umwelt beziehen sich auf Umweltauswirkungen bestimmter Nanopartikel und Monitoring (*Modelling of nanomaterials in the environment*, PD Dr. Bernd Nowack, EMPA ST. Gallen; *Silver nanoparticle effects at the food web and ecosystem level*, Dr. Renata Behra, Eawag Dübendorf; *Behaviours of silver nanoparticles in a wastewater treatment plant*, Dr. Ralf Kaegi, Eawag Dübendorf; *Non-invasive continuous monitoring of the interaction between nanoparticles and aquatic microoraganisms*, Prof. Olivier Martin, EPF Lausanne, *Interaction of metallic nanoparticles with aquatic organisms*, Prof. Kristin Schirmer, Eawag Dübendorf, *Effects of nanoparticles on soil microbes and crops*, Dr. Thomas Bucheli, Research Institue Agroscope, Zürich). Ein einziges beschäftigt sich mit dem *Abbau von Karbon basierten Materialien* (Dr. Hans-Peter Kohler, Eawag Dübendorf). Das Programm hat eine Laufzeit von 5 Jahren, wobei ein zweiter Call im Juli 2012 stattfindet (SNF, 2012: 6). Dieser Call umfasst 15 neue Projekte in den Gebieten Energie, Nahrungsmitteltechnologie, Bau und Risiko/ hoch potentielle Projekte für innovative Nanomaterialien, und wird durch 2 Millionen CHF unterstützt (Homepage des SNF[13]).

3.5.3. Einbindung von Schwerpunkten laut Email-Anfrage

Im Laufe der ersten E-Mail-Umfrage (Step 01) wurde darauf hingewiesen, dass die Schweiz sich ausschließlich im Rahmen des NFP 64 mit Nanomaterialien und deren Umweltauswirkungen beschäftigt (M2), wobei es hier keine Forschung zum Thema *green nano* explizit, aber Projekte aus dem Bereich Energie und Umwelt gibt (M10). Als konkrete Projekte zum Thema Nanomaterialien wurde das Projekt DaNa (Wissensplattform Nanomaterialien, gefördert vom BMBF Deutschland und dem BAFU Schweiz) genannt (M11). Zusätzlich wurde auf unterschiedliche Projekte der EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne) verwiesen: explizit auf Projekte zur Solarzellen und Photovoltaik (NanoPEC - photoelectrochemical cells[14], Photovolatics laboratory[15]), halbleitenden Materialien (Laboratory of semiconductor materials[16]),

[13] http://www.snf.ch/E/current/SNFInfo/Pages/_xc_morearticles.aspx?NEWSID=1653&WEBID=F6B532FB-64ED-466F-8816-193D4DE8DC94, 13.6.2013.

[14] http://nanopec.epfl.ch/, 2.6.2013.

[15] http://pvlab.epfl.ch/, 2.6.2013.

[16] http://lmsc.epfl.ch/, 2.6.2013.

Elektrotechnik (CSEM - Centre Suisse d'Electronicque et de Microtechnique SA[17]) und auf das Department für Ingenieurswissenschaften (Engineering Faculty[18]) (M12). Die EAWAG gab an, keine Projekte mit umweltrelevanten Anwendungen zu unterhalten und sich eher auf Risikoabschätzungen zu spezialisieren (M13).
Durch die hauptsächliche Fokussierung des Rahmenforschungsprogramms auf Risikoaspekte bzw. Monitoring, weg von Produktentwicklung, und Zweifel über Aktivitäten darüber hinaus, wurde die Schweiz nicht in die nähere Auswahl für InterviewpartnerInnen inkludiert.

3.6. Österreich

3.6.1. BMVIT Nanostrategie

Zum Thema der Nanotechnologie-Förderung allgemein, zu Potentialen, Anwendungs- und Forschungsfeldern hauptsächlich in Österreich, aber auch EU-weit und international, wurde 2012 die BMVIT Nanostrategie publiziert. Darin findet sich ein erschöpfender Überblick der Nanotechnologie, eingeteilt in Wissens- und Anwendungsfeldern, zu ihren Potentialen, Strategien und Maßnahmen, welche aber nicht auf *green nano* speziell abzielen. Als Anwendungsfeld zählt das Thema Umwelt, u.A. die Mikro- und Nanoanalytik, die Reinigung und Sanierung von Abwässern und Böden & die Trinkwasseraufbereitung und Nanopestizide als mögliche Umsetzungen auf (Rhomber et al., 2012: 50). Hier werden, neben den Energietechnologien, auch die größten Potentiale erwartet, wobei vor allem das Wissensfeld der integrierten Nanodevices und Sensoren (in verschiedenen Anwendungsfeldern) hervortritt (Rhomber et al., 2012: 61f). Analog dazu wurde auch von einem Interviewpartner der Forschungspolitik das Feld der Photonik als größte Stärke der österreichischen Nanoforschung bezeichnet (T4:34-37), mit einer hauptsächlichen Verteilung auf Leoben, Graz und Wien (T4:45-48). Ebenfalls wurde im Bereich Umwelt auf zuvor genannte „Integrierte nano devices und Sensoren", sowie Untersuchungen zum Verhalten von Nanomaterialien (v.a. an der Universität Wien) genannt (T4:116-119). In Anlehnung daran wurden als aktive Forschungseinrichtungen und –cluster die TU Graz, speziell im Bereich Sensorik (Isotec) und das Nanotechnikcenter Weiz, sowie das PLATON-Verbundprojekt genannt (T4:123-136). Auch Hinweise auf Einzelpersonen des AIT erfolgten. Diese letzten beiden (Platon, AIT) wurden in weiterer Folge durch Interviews in diese Arbeit integriert.

[17] www.csem.ch, 2.6.2013.

[18] http://sti.epfl.ch/, 2.6.2013.

Der Interviewte gab allerdings zu bedenken, dass eine Abschätzung des Anteils an *green nano* an der österreichischen Forschung schwierig ist, da kein spezifisches Monitoring solcher Projekte existiert (T4: 268-271).

3.6.2. Aktionsplan Nano 2009

Die Entwicklung des österreichischen Nano-Aktionsplans erfolgte in vier Arbeitsgruppen aus verschiedenen Behörden, Interessensgruppen und Organisationen zu den Themen Gesundheit & ArbeitnehmerInnenschutz, Umwelt, Wirtschaft und Wissenschaft/ Forschung/ Entwicklung. Die Ergebnisse wurden einer öffentlichen Konsultation durch schriftliche Kommentare und einem Monitoringprozess im ersten Halbjahr 2012 unterzogen (Homepage des Lebensministeriums[19]).
Ziel des Aktionsplans war die Sicherstellung einer vorteilhaften Entwicklung der österreichischen Nanotechnologie, einer Unterstützung europäischer Konzepte, bestehender Instrumente, Strukturen und Ressourcen, sowie der Identifikation des österreichspezifischen Handlungsbedarfs und der AkteurInnen. Seine Rolle war als Impulsgeber eines politisch-strategischen Gesamtkonzepts gedacht und gliedert sich in fünf Aktionsfelder (Sicherstellung eines adäquaten rechtlichen Rahmens, Informationsmanagement, Qualifizierung und Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung und beruflich relevanten Feldern, solide Wissensbasis für Risikobewertung und –management und die Identifikation von Forschungsbedarf). In Bezug zu regulativen Systemen und nachhaltiger Nanotechnologie stehen freiwillige Ansätze im Mittelpunkt (Lebensministerium, 2009: 57-65). Wichtigstes Projekt in der österreichischen Forschungslandschaft ist die Nanoinitiative 2004, ein mehrjähriges Förderprogramm mit den Zielen der Stärkung der Vernetzung, der Schaffung einer kritischen Masse, Nutzbarmachung von Nanotechnologie für Wirtschaft und Gesellschaft, der Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und der ausreichenden Verfügbarkeit von Fachpersonal. Wichtigste öffentliche Stellen der Nanoforschungsförderung sind das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BMWF), die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), der Wissenschaftsfonds (FWF), der Austrian Wirtschaftsservice GmbH (AWS) und Landesstellen, wobei vor allem auf die Schlüsselrolle des FWF in der Förderung verschiedener Entwicklungsstadien der unterschiedlichen Bereiche verwiesen wird. Die Forschungslandschaft Österreichs wird als zersplittert wahrgenommen, mit Forschung vorrangig im Rahmen der Universitäten Wien, Linz, Graz, Leoben und Innsbruck, der

[19] http://www.lebensministerium.at/umwelt/chemikalien/nanotechnologie/aktionsplan_12.html, 2.12.2012.

Österreichischen Akademie der Wissenchaften (ÖAW), des Austrain Institute of Technology (AIT) und der Johanneum Research, wobei diese Aufstellung nichts über den Umweltbezug der diversen Forschungsinitiativen aussagt.

Bezüglich der Vorgangsweisen/ identifizierten Schwerpunktsetzungen des Aktionsplans fällt auf, dass sich nur wenige explizit auf Umweltanwendungen beziehen. Hauptaugenmerk liegt auf der Etablierung Österreichs als Wirtschaftsfaktor im Bereich der Nanotechnologie und damit auf der wirtschaftlichen Verwertbarkeit der Ergebnisse. Im Bereich der EHS-Maßnahmen wird eine wachsende Integration in internationale Forschungsprojekte gewünscht, die vor allem die Evaluierung von für Österreich relevanten Themen zum Gegenstand haben. Die Bündelung von EHS-Mitteln der beteiligten Ministerien ist wünschenswert, die Beteiligung der Industrie und anderer Institutionen freiwillig. Der verantwortungsvolle Umgang mit Nanotechnologie im Sinne des EU Nano-Aktionsplans wird langfristig eingeplant. Die Health&Environment-Forschung wird im internationalen Zusammenhang gesehen, da eine Vermarktbarkeit der Ergebnisse als wirtschaftlich schwierig angesehen wird, weshalb „davon Abstand genommen werden [muss], dass Österreich unverhältnismäßig hohe Mittel für diesen Zweig zur Verfügung stellt“ (Lebensministerium, 2009: 28).

Kritik am Aktionsplan[20] betrifft vor allem die fehlende Zukunftsperspektive und Objektivität, sowie die Ausrichtung des Plans an aktuelle Forschungs- und Entwicklungsvorgänge (Köck, 2009) und die fehlende Differenzierung zwischen österreichspezifischen und internationalen Themen (ITA, 2009). Prinzipielle Notwendigkeiten sind die Bündelung und Reorganisation des Nanoforschungsbereichs (Rescheneder, 2009), sowie die Erstellung eines gemeinsamen Bildes der Nanotechnologie in Österreich (FFG, 2009). Die fehlende Abstimmung der Unterstützung zwischen Förderorganisationen und Ministerien wird auf die momentane Übergangsphase der Nanotechnologie zwischen Grundlagenforschung und Anwendung zurückgeführt (FWF, 2009). Besonders wichtig wird die Erstellung einer Kriterienliste für Nano-Anwendungen und –Produkte, die keine Umwelt- und Gesundheitsrisiken darstellen, gesehen (IFZ, 2009).

3.6.3. Umsetzungsbericht

Ein Interviewpartner aus der Forschungspolitik nannte mehrere Auswirkungen des Nano-Aktionsplans, wobei er das Nano-EHS Programm zur Füllung von Forschungslücken im Bereich

[20] Stellungnahmen zum Österreichischen Aktionsplan auf: http://www.lebensministerium.at/umwelt/chemikalien/nanotechnologie/nano-aktionsplan.html, 25.6.2013.

der Sicherheit und die Nanoinformationsplattform[21] des österreichischen Gesundheitsministeriums nicht als einzige, aber augenscheinlichste Spin-Offs des Umsetzungsberichts („Hauptinitiativen“) bezeichnete (T4:216-226). Die Förderung des EHS-Programms könnte unter Umständen auch durch WPNM-Mittel der OECD erfolgen (T4:250-251). Als Beispiel für eine Initiative im EHS-Bereich wurde das EU-Projekt NANoREG genannt (T4:251-258).

Im Umsetzungsbericht des Österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie (2012) wurde auch Umwelt als ein Thema der Chancennutzung angesprochen. (Paumann/Mühlegger, 2012) International wurde vorrangig auf Analyse-Arbeit der OECD oder anderen EU-Staaten verwiesen. Als ein möglicher Nutzen wurde die Reinigung von Umweltmedien angesprochen; im Zuge dessen das Programm NanoSan (siehe Interview) explizit erwähnt. Eine Zusammenstellung von Nanoprojekten zu verschiedenen Themengebieten, darunter auch Umwelt, ist im Anhang II des Umsetzungsberichts des Nanoaktionsplans zu finden. Allerdings wird aufgrund der begrenzten Datenlage zu Umweltprojekten und –innovationsforschung eine gesamtheitliche Darstellung zurückgewiesen (Paumann/Mühlegger, 2012: 20-22).

3.6.4. Recherche der Datenbanken

3.6.4.1. Cordis Austria

Im Bereich der Europäischen Union wurde in Bezug auf Cordis Austria[22] unter *green nano* kein Treffer gefunden, auch bei Miteinbeziehung von Europa; ebenso wenig „umweltrelevante Nanotechnologie“.

Eine Übersicht aller mit österreichischer Unterstützung durchgeführten Projekte im Rahmen des Schwerpunkts „Nanosciences, Nanotechnologies, Materials & New Production Technologies“ im 7. Rahmenforschungsprogramms ist im Provisio-Bericht 2011 zu finden (Provisio, 2011).

3.6.4.2. Forschungswissenschaftsfonds

Allgemein wird auf die Schlüsselrolle des FWF in der Förderung verschiedener Entwicklungsstadien der unterschiedlichen Bereiche verwiesen (vgl. Interviews/Mails). In der Datenbank des Wissenschaftsfonds (FWF[23]) wurde daher nach unterschiedlichen key words

[21] http://nanoinformation.at, 5.7.2013.

[22]http://cordis.europa.eu/newsearch/index.cfm?page=resultListGET&formid=form_all&exactphrase=green%20nano&asft=only&useraction=advanced_search&controlsession=false, 12.06.2013.

[23] http://www.fwf.ac.at/asp/projekt_res.asp, 13.06.2013.

gesucht, wobei die Stichworte *green nano, Umwelt nano* keine Treffer brachten, lediglich *Nanotechnologie* zwei, jedoch als nicht für die Fragestellung relevant eingestufte Projekte. Der englische Begriff *nanotechnology* brachte 11 Treffer in unterschiedlichen Stipendien und Förderprogrammen, von denen sich fünf selbst in unterschiedlichem Ausmaß als dem Forschungsgebiet der Nanotechnologie (Gebiet 1245) zugehörig eingeordnet werden: Dies waren das Projekt *Plasmonische Organische Solarzellen (*TRP304, zu 50%), das Projekt *Nanoelektronik durch gentechnisch modifizierte Viren* (J2778, zu 40%), das Projekt *Surface Plasmon Polariton Nano-Optics* (M868, zu 20%), das Projekt *Surface Plasmon Polariton Nano-Optics* (M736, zu 20%) und das Projekt *New Methods for Quantum Optics with Clusters and Molecule* (Y177, zu 10%), wodurch sich eine eindeutige Zuordnung der Gebiete der organischen Solarzellen, der Nanoelektronik und der Nanooptik zur Nanotechnologie ergibt.

Unter dem keyword *membran* nano** wurden drei Projekte identifiziert, die eindeutig als zur Nanotechnologie zugehörig klassifiziert wurden: Erstens das Projekt einer *Einzelmolekül-Plattform für Protein-Interaktionsanalysen* (P25730, 50% Nanotechnologie, Schütz Gerhard J., Institut für Angewandte Physik, TU Wien), zweitens ein Projekt über *S-Schicht Lipidmembranen für den Einbau von Membranproteinen* (P20256, Zuordnung 50% Nanotechnologie, Schuster Bernhard, BOKU, Departement NanoBiotechnologie) und drittens *Metall-Komposite Nanocompositmenbranen für fortgeschrittene Infrarot Photonik* (L521, 50% Nanotechnologie, Matovic, Jovan, Institut für Sensor- und Aktuatorsysteme, Mikrosystemtechnik, TU Wien).

Von den 105 unter *membran** gefundenen Projekten ordnete sich, abgesehen von obigen 3, zusätzlich das Projekt *Poröse Membranen* (P17316, 40% Nanotechnologie, Holst Bodil) der Nanotechnologie zu. Das Projekt *Lipidmembran Nanotechnologie mit schichtartigen Strukturen* (P16295, Schuster Bernhard) trägt zwar den Begriff der Nanotechnologie im Namen, wird ihr aber nicht zugeordnet. Hier wird deutlich, dass die Begrifflichkeiten nicht klar abgegrenzt werden können bzw. sich die Zuordnung der Nanotechnologie verändert hat (man beachte Abschluss des Projekts 2007!).

Leider konnte die Homepage aufgrund eines Fehlers lediglich bis Eintrag 80 (von 105) der Artikel durchgesehen werden (Stand: 15.6.2013). Dennoch lässt diese magere Ausbeute entweder den Schluss zu, dass Umweltrelevanz bei den Projekten aufgrund mangelnden öffentlichen Förderungsinteresses klein geschrieben wird, oder aber durch die hauptsächliche Beschäftigung der Forschung mit Grundlagenforschung ohne konkrete Anwendung für die Entwicklung den Begrifflichkeiten nicht eindeutig zuordenbar sind.

3.6.4.3. Angewandte Forschung

Beim FFG ist der Bereich der Nanotechnologie in den Bereich „neue Materialien“ integriert und versteht sich hauptsächlich als Mediation der EU-Ausschreibungen unter dem 7. Rahmenprogramm. Unter den vier aufgeführten österreichischen „Erfolgsgeschichten“ befindet sich auch ein umweltrelevantes Projekt, das sich mit neuen Membrantechnologien beschäftigt (MultiPlat – Funktionelle Nanomembranen mit breiten Anwendungsfeldern) (Homepage der FFG - 7. RFP[24]). Die FFG fördert das österreichische Nano-EHS-Programm[25] (Nano Environment, Health and Safety) und verfügte während der 1. Ausschreibung über (Call Ende 19.12.2011) 440.000 Euro; für den 2. Call (Frühjahr 2012) wurden 260.000 Euro zur Verfügung gestellt, während weitere 300.000 in das ERANet SIINN investiert wurden (Impacts of manufactured nanomaterials on the environment) (Environmental Directorate OECD, 2013: 1).
Die strategischen Ziele des NANO-EHS Forschungsschwerpunktes sind einerseits die Schließung von „Wissenslücken im Bereich der Sicherheitsbewertung der Nanotechnologie […], vor allem in den Bereichen Umwelt- und Gesundheitsrisiken, bzw. Arbeitnehmer/innenschutz, sowie der Aufbau notwendiger Expertise im eigenen Forschungssystem“, wobei eine Zusammenarbeit und Koordination im europäischen und internationalen Umfeld aufgrund der Breite dieses Spektrums erwünscht ist (Homepage FFG[26]).
Damit wird das Thema Umwelt nicht explizit behandelt, sondern vorrangig über Einwirkungen im Bereich der Humantoxikologie verhandelt. Ausdrückliche Forschungslücken zu Umweltbelastung oder –schutz durch Nanomaterialien werden nicht erwähnt, der Sicherheitsaspekt steht im Vordergrund.

3.6.4.4. Nanoinitiative[27]

Die Österreichische Nanoinitiative wurde von 2004 bis 2012 zur Förderung von Nanoforschung von verschiedenen Ministerien, Bundesländern und Förderinstitutionen unter der Leitung des BMVIT unterstützt (für weiter Partner siehe Homepage), wobei die Ausrichtung des Programms von Forschern, Unternehmern und Mediatoren zwischen verschiedenen Ebenen entwickelt wurde. Die Nanoinitiative sollte die nationale und transnationale Zusammenarbeit im Bereich der nanotechnologischen universitären, außeruniversitären und privatwirtschaftlichen Forschung

[24] http://rp7.ffg.at/nmp_ergebnisse_success_stories, 17.11.2012.

[25] http://www.ffg.at/1-ausschreibung-nano-ehs, 13.06.2013.

[26] http://www.ffg.at/1-ausschreibung-nano-ehs, 21.6.2013.

[27] www.nanoinitiative.at, 25.6.2013.

und Entwicklung fördern. Als Ziele wurden unter anderem die verstärkte Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie, die Förderung der Kompetenz Österreichs in Bezug auf Anwendungen, der verbesserte Zugang zu Know-how und Kooperationspartnern innerhalb und außerhalb Österreichs und die Verringerung von Unsicherheiten und Informationsdefiziten in Bezug auf Gesundheits- und Umweltrisiken angegeben. Ein Interviewter der Forschungspolitik gab die Höhe der staatlichen Förderung während der Laufzeit 2004-2011 mit über 70 Millionen Euro an, welche durch ca. zusätzliche 40 Millionen industrieller Förderung unterstützt wurde (T4:263-267).

Die bewilligten neun Cluster umfassten folgende Projekte: NSI (Nanostructured Surfaces and Interfaces), NANO-Health (Nano-structured materials for Drug Targeting, release and imaging), NANOCOAT (Development of Nanostructured coating fort he Design of Multifunctional Surfaces), ISOTEC (Integrated Organic Sensor and Optoelectronics Technologies), NANOCOMP (Performacne Optimization of Polymer Nanocomposites), PHONAS (Photocatalytic Nano Layers), PLATON (Processing Light – Advandced Technologies for Optical Nanostructures), NILaustria (Nanoimprint Lithography in Austria: enabling emerging high added value applications) and NaDiNe (Nano Diamond Network). Aus dem Bereich des PLATON-Projekts konnte ein Wissenschaftler für ein Interview gewonnen werden. Sowohl in einem Interview mit einem Vertreter der Forschungspolitik als auch mit einem Vertreter der Forschung selbst wurde die Verschiebung der Finanzierung innerhalb der Nanoinitiative von Grundlagen- zu angewandter Forschung bis zu einem Verhältnis von 1:4 erwähnt (T4:284-292) und auch kritisch gesehen (T6:309-318).

3.6.4.5. Einbeziehung der Interviews

In Bezug auf Österreich wurde vor allem auf die Österreichische Nanoinitiative (M6), sowie auf von FFG und FWF geförderte Projekte und die Mediationsrolle der FFG in Bezug auf EU-Förderung verwiesen (M1). Österreichs Kompetenz wurde vorrangig in der Grundlagenforschung an Universitäten gesehen, wobei in Bezug auf Membrantechnologie explizit die Universität Wien, die Universität Graz und die Universität für Bodenkultur angegeben wurden, sowie die TU Graz in Bezug auf Energieforschung (M7).

Für Österreich wurde eine generell schwache Position auf dem Gebiet der Nanotechnologie postuliert, wobei Entwicklungen in Richtung Biowissenschaften und Biotechnologie an der Universität Graz erwähnt wurden, sowie grundlagenorientierte Forschung im Bereich Quantum Optics in Wien und der TU Graz.

Konkret genannte Projekte umfassten das Projekt NanoSan, das sich auch in Interviews wiederfindet, und das Projekt NanoLyse, das sich mit Nanodetektion in Nahrungsmitteln (Dr. Legros, Uni Wien) befasst (M8).

4. ERGEBNISSE

4.1. Ergebnisse der ersten E-Mail Befragung (Step 01)

Ziel dieser ersten Befragung war ein Kennenlernen des Feldes und die Identifikation von AkteurInnen und möglichen AnsprechpartnerInnn, sowie eine Fokussierung auf aktuelle Themen der Forschung. In diese Auswertung finden lediglich jene Antworten Eingang, die Information bezüglich meiner Fragen enthalten; Weiterverweise an Dritte bzw. das ausschließliche Zurverfügungstellen von Literatur wird hier nicht berücksichtigt. Insgesamt zeigt diese Überblicksdarstellung 13 E-Mail Antworten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz.

4.1.1. Fragen der ersten E-Mail- Befragung zur Übersicht

Zur Übersicht hier in aller Kürze die gestellten Fragen. In der folgenden Darstellung finden sich lediglich die Antworten auf ausgewählte Fragen des E-Mails, da andere bereits in Kapitel 3 (FFA) integriert wurden. Das gesamte Schreiben findet sich im Anhang.

1. Auf welche Umweltbereiche (Energieeffizienz, Ressourcenschonung etc.) könnte sich Nanotechnologie positiv auswirken?
2. In welchen Bereichen der Nanotechnologie in diesem Zusammenhang wird gerade am aktivsten geforscht und wo werden mittelfristig (in den nächsten 3 Jahren) die größten Fortschritte erwartet?
3. Welche Forschungsgebiete erweisen sich aktuell für Investoren am interessantesten und wo herrscht vorwiegend Interesse an Erkenntnisinteresse?

Im Folgenden finden sich die Antworten, nach Fragestellungen gruppiert.

4.1.2. Umweltbereiche mit (erwarteten) positiven Auswirkungen durch Nanotechnologie

Die folgende Tabelle (Tabelle 4) zeigt die Aufschlüsselung der genannten möglichen zukunftsträchtigen Einsatzgebiete der Nanotechnologie nach Häufigkeit der Nennung.

Tabelle 4: Mögliche zukünftige Einsatzgebiete der Nanotechnolgie laut E-Mails

Nennungen von Anwendungsfeldern im Bereich Energie nach Häufigkeit (10)			
Photovoltaik	2	Biologisch abbaubare Elektronik	1
Windkraft	1	Halbleitertechnologie	1
Synthetische Photosynthese		Wasserstofftechnologie	1
Energiespeicherung	2	Katalyse	1
Einsparungen (10)			
Energie	3	Ressourcen	3
Toxische Mittel	2	Substitution durch biologisch abbaubare Stoffe	1
Verringerte Bildung von Treibhausgasen	1		
Funktionalisierte Oberflächen (9)			
Easy –to-clean	2	Self-healing	1
Anti-bakteriell	1	Ersatzmethoden in in-vitro-Forschung	1
Filtertechnologie allgemein	1	Wasseraufbereitung	3
Sensorik (2)			
Biosensoren	1	Sensortechnologie allgemein	1
Signalverarbeitung (1)			
Signalverarbeitung	1		

Das Thema Energie wird teilweise in Datenbanken (z.B. Kompetenzatlas Nanotechnologie Deutschland[28]) als eigener Bereich behandelt und nicht dem Thema Umwelttechnologie zugeordnet, weshalb es nicht weiterverfolgt wurde.

Der Bereich der Einsparungen wurde durch vorherige Definition ausgeklammert. Er findet sich allerdings innerhalb der durchgeführten Interviews, angewandt auf die jeweiligen Forschungsgebiete, wieder.

Das Thema der funktionalisierten Oberflächen erfuhr eine Fokussierung auf die Umwelttechnologie, namentlich auf die Filtrations-/Membrantechnik und die (Wasser-) Aufbereitung. Dieses Thema wurde zum Komplex *Wasser & In-situ-Remediation* erweitert, im Hinblick darauf, dass Bodenremediation durch die Sanierung des Eintrags kontaminierten Materials eine Vorstufe zum Grundwasserschutz darstellt. Dadurch sind diese beiden Gebiete in der praktischen Anwendung sehr eng verknüpft, weshalb eine Einbindung von Remediation bei der Auswahl von InterviewpartnerInnen erfolgte.

[28] http://www.nano-map.de/#hide_2, 2.6.2013.

Das thematische Feld der Sensorik wurde in Bezug auf die Auswahl der Interviewpartner aufgrund des Themenkomplexes der Umweltanalytik berücksichtigt. Das Thema der Signalverarbeitung wurde als zu grundlagenorientiert empfunden um per se als Umwelttechnologie zu gelten, auch wenn Kombinationen mit anderen Technologien oder Anwendungsfeldern selbstverständlich im umweltrelevanten Bereich Niederschlag finden.

4.1.2.1. Die Auswahl der InterviewpartnerInnen

Die InterviewpartnerInnen wurden einerseits durch Hinweise aus Gesprächen und E-Mails identifiziert, andererseits durch das Tool des Kompetenzatlas Nanotechnologie Deutschland, der eine Suche nach unterschiedlichsten Anwendungsfeldern und Institutionen erlaubt. Der Schwerpunkt des Anwendungsfeldes „Umwelt“ auf Wasseraufbereitung, Filtration und Messmethoden/Analytik, sowie die Trennung der Anwendungsfelder „Umwelt“ und „Energie“ bestätigt den gewählten Fokus dieser Abschlussarbeit. Insgesamt fanden sich mit der Suchfunktion 85 Forschungsinstitute (davon 52 Hochschulforschung und 33 Forschungsinstitute), die sich unter „Umwelttechnik“ mit den Themen Schadstoffentfernung/-umwandlung (30 Zuordnungen), Umweltmesstechnik und Wasseraufbereitung (jeweils 20 Nennungen), Produktionsintegrierter Umweltschutz (10 Meldungen), Entsorgung/ Recycling (9 Meldungen) und Landwirtschaft/Pflanzenschutz (4 Meldungen) beschäftigen (Mehrfachzuordnungen möglich). Aus diesen Instituten wurde auf jene fokussiert, die zum Zeitpunkt der Recherche (16.1.2013) laufende Projekte zu den drei häufigsten Themen durchführten.

4.1.3. Gebiete mit größten erwarteten mittelfristigen Fortschritten[29]

Hier gaben zwei der durch Mails Befragten Auskunft, wobei die größten Potentiale nicht in der Umwelttechnik gesehen wurden: In zunehmendem Maße findet sich Nanotechnologie undeklariert in der Pharmazie- und Lebensmittelproduktion (hier z.B. Verpackungen mit Resistenz gegen Fäulnis oder integrierten Sensoren für Lebensmittelqualität), wobei hier das Prädikat „nano“ aufgrund der zurückhaltenden Konsumenteneinstellung vermieden wird (M1). Durch höhere finanzielle Budgets der Industrie und die Nachfrage von Konsumenten wurden auch die Kosmetikindustrie (M1), sowie die Halbleiterindustrie und die Medizin aufgrund des zu

[29] Verweise in Klammern zeigen willkürlich vergebene Nummern der anonym eingearbeiteten Mails der Befragten. Die Emails liegen der Autorin der Arbeit vor.

erwartenden Profits genannt (M2). Auf akademischem Gebiet ist ein beträchtlicher Teil der Forschung mit der Entwicklung von Karbon basierten Nanomaterialien beschäftigt, hauptsächlich für die Elektronik (M1).

4.1.4. Gebiete zukünftiger Investitionen und Erkenntnisinteressen

Diese Frage wurde lediglich von einem Befragten explizit beantwortet. Er nennt hier industrielle Interessenten auf dem Gebiet der Kosmetik und der pharmazeutischen Materialien, sowie der molekularen Elektronik (M1).

4.2. Überblick über den Interviewprozess (Step 02)

4.2.1. Statistische Auswertung der Email-Anfragen (Step 02)

Die folgende Übersicht (Tabelle 5) zeigt das Verhältnis von kontaktierten Instituten zu tatsächlich durchgeführten Interviews (links – Anschriebe, Mitte – Rückmeldungen, rechts - durchgeführte Interviews).

Tabelle 5: statistische Übersicht der Email-Anfragen für Interviews

	Universitäten	**Andere Hoch-schulen**	**Außer-universitäre Forschung**	**Unternehmen**	**Sonstige (Förderung, Interessensvertretung)**
Deutschland	14/6/2	3/3/0	7/6/2	14/2/0	1/1/0
Österreich	5/2/1	------	2/2/2	--------	4/2/1
SUMME	19/8/3	3/3/0	9/8/4	14/2/0	5/3/1

Insgesamt wurden 50 Personen in Deutschland und Österreich um ein Interview gebeten, von denen knapp die Hälfte die Anfrage beantwortete (24 Antworten). Im Endeffekt konnten acht Interviews im Zeitraum Februar bis Mai 2013 geführt werden, die einen repräsentativen Schnitt über die Forschungslandschaft zeigen: Befragt wurden drei VertreterInnen von Universitäten (davon zwei in Deutschland und einer in Österreich), vier VertreterInnen der außeruniversitären Forschung, (davon ein Forscher der Fraunhofer-Gesellschaft und ein/e ForscherIn einer weiteren außeruniversitären Forschungseinrichtung in Deutschland, sowie zwei Forscher des Austrian Institute of Technology (AIT) in Österreich), sowie ein Vertreter des österreichischen

Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie zu forschungspolitischen Aspekten. Insgesamt erklärten sich eine Frau und sieben Männer bereit, ein Interview zu geben.
Eine bemerkenswerte Konstellation ergab sich aus einer Absage einer/s Forschers/in einer deutschen Universität mit der Begründung, die gewählte Fragestellung sei nicht passend zum Thema, während zum selben Projekt ein Interviewpartner an einer anderen Universität gefunden werden konnte. Dies wird als Hinweis auf die Skepsis, denen Befragungen aus divergierenden Wissenschaftstraditionen ausgesetzt sind, interpretiert.
Die Problematik der fachlichen Zuordnung zur Nanotechnologie wird durch Äußerungen zweier InterviewpartnerInnen deutlich, die einerseits die Subjektivität ihrer Aussagen betonten, andererseits Zweifel an ihrem ExpertInnenstatus bezüglich der Fragestellung aufgrund geringer expliziter Beschäftigung mit Nanopartikeln ausdrücken (T1:5-9, T2:7-9).

Ergänzt wurden die Interviews durch einen Kommentar durch einen Experten im Feld Nanotechnologie und Nachhaltigkeit an der Universität Bremen, der eine Einordnung der gegebenen Antworten vornahm, sowie zusätzliche Informationen zur Deutschen NanoKommission lieferte. Dieser wird gesondert referenziert (Step03).

4.2.2. Allgemeines zu den Ergebnissen der Interviews

Die Interviews enthielten zwei unterschiedliche Arten von Aussagen: Einerseits eine rein deskriptive Ebene des Projekts und des Projektumfelds, der Institute, der in Anspruch genommenen Förderungen und aktiven Kooperationen, andererseits Zuschreibungen, Eindrücke, Zuordnungen und Interpretationen der Befragten. Den Ergebnissen und Zuordnungen zu den einzelnen Hypothesen geht daher eine Beschreibung der jeweiligen Arbeitsumfelder der Interviewten voraus, um einen gewissen Überblick über die Heterogenität der InterviewpartnerInnen zu bieten. Um eine einheitliche Sprache und die Anonymität eines Interviewpartners zu gewähren, wurde eine abstrakte Formulierung eingehalten und aufgrund der statistischen Verteilung einheitlich die männliche Form verwendet und auf eine gendergerechte Sprache verzichtet.

4.3. Vorstellung der Interviewpartner

Im Folgenden wird zuerst das Umfeld des jeweiligen Interviewpartners vorgestellt um dann auf die Überprüfung der Hypothesen überzugehen. Falls nicht anders angegeben, handelt es sich bei den Projektbeschreibungen etc. um Angaben durch die Interviewpartner.

Verweise auf Transkripte durch Nummern (z.B. T1) werden in der Reihenfolge der Durchführung der Interviews angegeben und beziehen sich auf die Zeilennummern im jeweiligen Transkript, das der Autorin der Arbeit vorliegt.
Die Interviews wurden mit einem standardisierten Leitfaden durchgeführt; eine Ausnahme bildete aus zuvor genanntem Grund das Gespräch mit Herrn Prof. Mattsson, dessen Aussagen an passender Stelle dennoch in die Auswertung mit aufgenommen wurde.

4.3.1. Dr. Ralf Köber (Christian-Albrechts-Universität Kiel)

4.3.1.1. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Angewandte Geologie am Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel

Der Schwerpunkt des Instituts liegt traditionell im Bereich der Altlastensanierung und beschäftigt sich klassischerweise mit Grundwasserreinigungsmethoden, ergänzt um Projekte zu aktuelleren Themen wie CO_2-Sequestrierung, CO_2-Speicherung im Untergrund und allgemein Energiespeicherung.
Die Beschäftigung mit Nanoeisenpartikeln entwickelte sich aus einer über zehnjährigen Beschäftigung mit Eisenreaktionswänden zum Schadstoffabbau im Untergrund, deren Weiterentwicklung die Verwendung von Nanoeisenpartikeln darstellt (T1:14-25).

Akademische Disziplinarität im Projektumfeld/ Institut

Im Projekt NAPASAN wird konkret die Zusammenarbeit mit Mikrobiologen und Ökotoxikologen genannt (T1:62-68).

4.3.1.2. Beschreibungen des für das Interview relevanten Projekts – NAPASAN

Das Projekt NAPASAN[30] dreht sich um die Entwicklung neuer Eisenpartikel mit Hilfe neuer Technologie, gemeinsam mit Partnern aus der Herstellung (Produktion) und der Forschung (Modifikation) - vorrangig aus Kostengründen. Es beschäftigt sich mit einer Herdbehandlung von Chlorkohlenwasserstoff (CKW)-Kontaminationen im Boden. Hier geht es darum, einerseits eine Möglichkeit zu finden, überhaupt eine Sanierung durchzuführen und andererseits eine Verbesserung zu anderen Ansätzen vorzuweisen (kosteneffizienter, weniger Nachteile) (T1:121-135).

[30] http://www.napasan.de/, 5.7.2013.

Die Schwierigkeiten des Projekts liegen einerseits in einer notwendigen guten Verteilbarkeit der Partikel im Untergrund (mehrere Meter durch Modifikation) und andererseits in einer entsprechenden Reaktivität.
Die Universität Kiel fokussiert auf den Transport und die Ausbreitung der Partikel durch Laboruntersuchungen über das Verhalten der Partikel unter variierenden Parametern, die Modellierung zur Prognose und Perfektion der Anwendung im Gelände und einen mit CKW kontaminierten und im Detail untersuchten Modellstandort zum Reaktionstest. Die abiotische Kernreaktion wird durch mikrobiellen Abbau durch von Eisenpartikeln induziertes Sinken der RedOx-Bedingungen des Milieus beschleunigt. Zur Verhinderung von Langzeiteffekten sind Ökotoxikologen in das Projekt eingebunden (T1:44-68).
Um Monitoring durchführen zu können, wurden zwei Methoden entwickelt. Einerseits erfolgte die Entwicklung von ca. zehn Zentimeter große Messspulen durch VEGAS, die in Bohrungen eingebracht werden können und durch die magnetische Suszptibilität des elementaren Eisens die Messung der Partikelmenge über die Zeit ermöglichen. Zusätzlich wurde an der Universität Kiel eine mobile Methodik zur Untersuchung von Grundwasserproben auf Partikelmengen entwickelt.
Die Quantifizierbarkeit ist also jedenfalls im Labor und eingeschränkt auch im Gelände gegeben, was für die Feststellung der Reichweite der Eisen-Injektionen maßgeblich ist (T1:72-86).

Partner des Projekts (siehe Homepage) umfassen das Institut für Wasserbau (VEGAS, Universität Stuttgart), Hermes Messtechnik (Stuttgart), das Institut für Technischen Umweltschutz (ITU, Technische Universität Berlin), das Karl-Winnacker-Institut (KWI, Frankfurt am Main) der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., das Technologiezentrum Wasser - Umweltbiotechnologie und Altlasten (TZW, Karlsruhe) des DVGW (deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs), das Institut für Umweltforschung – Ökosystemanalyse (RWTH Aachen), das Institut für Theorie der Elektrotechnik (ITE, Universität Stuttgart), die UVR-FIA GmbH – Verfahrensentwicklung-Umweltschutztechnik-Recycling (Freiberg), die geo-log GmbH (Braunschweig) und die **I**BL – Umwelt- und Biotechnik GmbH (Heidelberg).

Vorteile der Technologie

Ziel der Arbeit ist die Verbesserung bestehender Verfahren in punkto Funktionalität, Anwendbarkeit und Kostenreduktion für effektive und nachhaltige Durchführung (T1:171-175).

In diesem Zusammenhang sieht der Interviewte die Beschäftigung mit der Vorgängertechnologie und die Vertrautheit mit Know-how bezüglich nullwertigen Eisens von Vorteil (T1:191-198).

Interessenten/ Abnehmer/ Markt

Interessenten des Verfahrens zur Remediation ist die Privatwirtschaft (Ingenieurbüros), die diese Prozesse durchführt (T1:103-116).

4.3.1.3. Kooperationen (konkret)

Kooperationen gibt es aktuell, abgesehen von den Projektpartnern, keine, wobei Möglichkeiten für Zusammenarbeiten innerhalb neuer Projekte in Diskussion sind. Als Beispiele solcher Institute wurden das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Leipzig) und das Deutsche Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (Helmholtz-Zentrum München) genannt (T1:88-95).

4.3.1.4. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Der Interviewte ordnet sich aufgrund weniger Projekte in diesem Bereich und der Entwicklung aus der lange behandelten Vorgängertechnologie nicht der Nano-Community zu (T1:27-31).

4.3.2. Prof. Dr. Mats-Olof Mattsson (Austrian Institute of Technology - AIT)

4.3.2.1. Beruflicher Werdegang/ Hintergrund

Der Interviewte hat seinen beruflichen Hintergrund im Bereich der Biologie und erlangte seinen PhD in Physiologie, arbeitete aber während seiner Karriere meist in der Zell- und Molekularbiologie und unterrichtete an unterschiedlichen Universitäten (z.B. Umea, Rostock, Örebro, Wien (Lebenslauf[31]). Seine Interessen erstrecken sich außerdem auf Neurobiologie und Umwelttoxikologie, die er im Zusammenhang mit Nanotechnologie und Nanomaterialien sieht (T8:8-12).

4.3.2.2. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Tätigkeitsfeld

Am AIT arbeitet der Interviewte aktiv im Feld der Umweltsicherheit und der sicheren Implementierung von Emerging Technologies, u.A. Nanotechnologie, der er sich von der toxikologischen Seite her nähert (T8:12-15).

[31] http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/cv_scenihr_mattsson2_en.pdf, 18.6.2013.

Die Interessen des Interviewpartners beziehen sich auch auf Wireless-Technologien, Biotechnologie und Synthetische Biologie sowie Converging Technologies, wobei insbesondere Sicherheitsaspekte und die sichere Implementierung dieser neuen und emergierenden Technologien sein Arbeitsgebiet charakterisieren (T8:97-99).

4.3.2.3. Beschreibungen der für das Interview relevanten Projekte

Der Interviewte trägt Verantwortung in zwei EU-Verbundprojekten am AIT.

SIINN

SIINN[32] beschäftigt sich mit der sicheren Implementierung von neuen Technologien inklusive Nanotechnologien (T8:17-18).

Das Projekt mit einer Laufzeit von 3 Jahren (Start: 1.8.2011) wurde von der EU durch 1,5 Mio. Euro gefördert und umfasst 19 Partner.

Das Projekt soll vor allem dem schnellen Transfer von Ergebnissen bezüglich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien von der Wissenschaft zu industriellen Anwendungen durch die Schaffung von verlässlichen Bedingungen dienen und verbindet deshalb Ministerien, Förderungsgesellschaften, akademische und industrielle Institutionen im Zuge dieses ERANET (European Research Area)-Projekts. Im Vordergrund stehen vor allem nanosicherheitstechnische Fragen, was den Beitritt des SIINN-Projekts zum EU NanoSafety Cluster[33] rechtfertigt. Nach der Definition von wichtigen Toxikologiekriterien soll die aktuelle EHS-Information untersucht und strategisch günstige Verbindungen geschaffen werden, um ein Netzwerk innerhalb Europas und Übersee für diese Belange aufrecht zu erhalten, und relevante Information gesammelt sowie Forschungslücken identifiziert werden. Mindestens zwei Calls sollen im Zuge des Projekts zur Füllung dieser Forschungslücken hinausgehen. Für akutes Forschungsinteresse in bestimmten Bereichen soll ein „Fast Track“ ermöglicht werden, der maximal drei identifizierte, hochpriorisierte Forschungsgebiete umfasst.

NANoREG

NANoREG[34] beschäftigt sich mit der toxikologischen Regulierung von Nanomaterialien. Trotz großer Mengen an Daten zur spezifischen Toxikologie von einzelnen Nanomaterialien ist ihre Verwendung für regulatorische Zwecke noch unausgereift. Daher werden in diesem Projekt

[32] http://www.siinn.eu, 19.6.2013.

[33] http://www.nanosafetycluster.eu, 5.7.2013.

[34] http://www.nanoreg.eu/, 5.7.2013.

Guidelines für Behörden und andere interessierte Organisationen entwickelt, welche Richtlinien für den Umgang mit toxikologischen Daten geben sollen (T8:17-25).

Die Schwierigkeit dieser Entwicklung ergibt sich vorrangig aus den aktuell relativ einfachen Nanostrukturen (1.Generation), deren Entwicklung (und damit zukünftige Toxikologie) nicht vorhersehbar ist. Modelle – hier ein direkter Verweis auf Roco (2005) als Zeichen der Akzeptanz dieser Einteilung durch den Interviewten - sprechen von bis zu 4 Nanotechnologie-Generationen. Daher ist das Verlangen nach Wissen über das Verhalten solcher zunehmend komplexeren Nanomaterialien im Allgemeinen notwendig, da eine Erhebung von einzelnen Fallstudien nicht realistisch erscheint. Das Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Handbuchs basierend auf bestimmten Prinzipien zum Verhalten von Nanomaterialien (T8:25-38). In einer Laufzeit von 42 Monaten (Start: 1.3.2013) (T8:16, T8:126) involviert das Projekt über 50 Partner und wird mit ca. 50 Millionen Euro gefördert (T8:47-49). Bereits bestehende Bemühungen um Regulierung innerhalb der EU sollen somit vereinheitlicht werden (T8:52-58). Das erhoffte Endergebnis ist die Entwicklung einer Tool Box für Entscheidungsträger, die Hinweise enthält, welche Fragestellungen und Daten für die Sicherheitsabschätzung eines bestimmten Materials notwendig sind (T8:50-52).

Diese Basisliste von Fragen soll mit Hilfe experimenteller Forschung und Datenkompilierung wissenschaftlich beantwortet werden (T8:65-72). Das Ergebnis, eine Art Diagramm mit Zielansätzen, soll auch Information enthalten, ob die Daten erhoben werden müssen oder bereits in der Literatur vorhanden sind (T8:73-87).

Da die veranschlagte Zeit für dieses Projekt relativ kurz ist, gibt es bereits Bemühungen, ein zweites Projekt (NANoREG II) bei Vorhandensein von Ressourcen weiterzuführen (T8:126-129).

4.3.2.4. Förderungen (konkret)

Konkret wird der Interviewte aktuell in zwei Projekten (SIINN und NANoREG) aus Sicherheitsfonds der EU gefördert. Abgesehen davon hat der Interviewte mehrere Möglichkeiten der nationalen und internationalen Förderung (T8:171-172).

4.3.2.5. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Der Interviewte ordnet sich aufgrund langjähriger Beschäftigung mit dem Thema der Nanocommunity zu (T8:93).

4.3.3. Dr. Ing. Sabine Matys (Technische Universität Dresden)

4.3.3.1. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Institut für Werkstoffwissenschaft, Arbeitsgruppe „Environmental Nanotechnology“

In den beiden Forschungsgruppen des Instituts geht es zum einen um die Entwicklung von verschiedenen Biosensoren, in der Regel basierend auf halbleitenden oder metallischen Nanodrähten modifiziert durch funktionale Moleküle, zum anderen um die Entwicklung von Biosensoren auf Basis von lebenden Mikroorganismen. Zusätzlich gibt es eine theoretische Gruppe, die sich mit der Modellierung verschiedener, auf biologische Objekte bezogener Fragestellungen (z.B. DNA oder organische Moleküle) befasst (T2:7-17).

Tätigkeitsfeld

Das Tätigkeitsfeld der Interviewten[35] erstreckt sich auf das Gebiet der Biosensorik-Entwicklung mit lebenden Zellen in Bezug auf Verfahrenstechnik, aktuell im Bereich der toxischen Wasserinhaltsstoffe mit unterschiedlichen Schwerpunkten (T2:38-47).

Akademische Disziplinarität im Projektumfeld/ Institut

In der interdisziplinären Zusammenarbeit vieler gleichwertiger Wissenschaftsgebiete wird der Nanotechnologie hier keine Sonderstellung eingeräumt. Am Institut finden sich Disziplinen wie Biologie, Chemie, Physik und Biophysik, dementsprechend ist auch die Interdisziplinarität der Arbeitsgruppe gegeben (T2:70-71).

4.3.3.2. Beschreibungen der für das Interview relevanten Projekte

Vorteile der Technologie

Vorteile der Technologie sind eine verbesserte Analytik und die Entwicklung neuer Ansätze (T2:134-137, T2:148-153).

4.3.3.3. Kooperationen (konkret)

Kooperationen erfolgen bevorzugt mit nationalen Partnern und vorrangig regional im Raum Dresden, wo verschiedene Forschungsinstitutionen zu Technologien agglomerieren (z.B. die Technische Universität, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen mit teilweise ausgegründeten Forschungseinrichtungen, hauptsächlich zur Thematik Mikroelektronik

[35] Siehe: http://nano.tu-dresden.de/pages/resline_2.html, 5.7.2013.

und Biotechnologie), sowie mit anderen sächsischen Universitäten (T2:52-60). Kooperationen fanden und finden sich auch zu lokalen Problemlagen (Aufreinigung von Uranbergbauwässern) in Kooperation mit Unternehmen (beispielsweise der Wisutec GmbH).
Als enge Kooperationspartner werden im Raum Dresden das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, verschiedene Fraunhofer- und Leibniz-Institute (z.B. für Polymerforschung) genannt (T2:253-266). Die Kooperation mit der Privatwirtschaft wird als abhängig von den jeweiligen Förderprogrammen beschrieben, in denen der Rahmen und Spielraum der einzelnen Institute festgelegt wird, wobei die Integration von Unternehmen in der anwendungsbezogenen Forschung mitunter vorgeschrieben wird (T2:111-116).

4.3.3.4. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Durch die gleichwertige Einschätzung mehrerer Wissensgebiete ordnet sich die Interviewte nicht explizit der Nanocommunity zu.

4.3.4. Interviewpartner einer außeruniversitären deutschen Forschungseinrichtung

4.3.4.1. Beruflicher Werdegang/ Hintergrund

Der Interviewte ist beruflich im Fach der Mikrobiologie und Biochemie verankert und setzte sich im Laufe seiner Karriere intensiv mit Enzymen und Enzymwechselwirkungen, sowie mikrobiellen Oberflächenproteinen in Wechselwirkungen mit Metallen auseinander (T7:7-14). Kern der Arbeit sind daher die Wechselwirkungen von Metallen und Organismen mit Liganden (T7:24-26).

4.3.4.2. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Tätigkeitsfeld

Der Interviewte gibt an, an anwendungsorientierte Grundlagenforschung an selbstassemblierenden Proteinen von Bakterien und ihren Wechselwirkungen mit Metallen zu arbeiten und sowohl die Auswirkungen der Metalle auf Mikroorganismen, als auch den Einfluss von Bakterien auf Metallmobilisierung, -freisetzung, -einschleusung in die Nahrungskette etc. zu untersuchen, wobei der Fokus von neueren Arbeiten in Richtung Nutzung von Bakterien zur Metallgewinnung oder Metallrecycling tendiert (T7:31-43). Der ökologische Aspekt bleibt allerdings ein zusätzlicher Schwerpunkt.

Die bearbeiteten Projekte setzen sich mit verschiedenen Schwerpunkten auseinander: Erstens beschäftigen sie sich mit der Nutzung von Bakterien und Bakterienoberflächen zur Herstellung von Filtermaterialien (Entfernung giftiger Metalle aus Wasser/ Rückgewinnung wertvoller Metalle) und zweitens mit der Entwicklung zellbasierter Sensoren zur Detektion von Metallen (aktuell auch organischen Verbindungen). Drittens bearbeiten sie die Thematik der Herstellung von Katalysatoren über die Nutzung von bakteriellen Oberflächenstrukturen zum Abbau organischer Kontaminationen in Wasser, aktuell mit Fokus auf Abwasserbehandlung (T7:57-74, T7:96-102). Der Interviewte selbst setzt sich vorrangig mit dieser letzten Problemstellung in mehreren Projekten auseinander (T7:81-91).

Akademische Disziplinarität im Projektumfeld/ Institut

Der Interviewte beschreibt sein Institut als stark interdisziplinär orientiert, mit Chemikern, Chemie-Ingenieuren, Mineralogen, Geologen, Physikern, Biophysikern, Biochemikern und Materialwissenschaftlern, wobei er als Leitdisziplin das Feld der Biotechnologie angibt (T7:106-112).

4.3.4.3. Beschreibungen der für das Interview relevanten Projekte

Vorteile der Technologie

Grundsätzlich werden die Nutzungsgrenzen von nicht modifizierten Proteinen mit einem pH-Wert zwischen 4-9, in salzhaltigen Lösungen und einer Temperatur von 40°C angegeben. Modifiziert für gewisse Anwendungen (abhängig von der Notwendigkeit des Vorhandenseins des Proteins im Endprodukt) können Stabilitäten des pH-Werts zwischen 0,5-11 und bei Temperaturen bis ca. 250°C erreicht werden (T7:208-224).

Die genannten Vorteile der Technologie beziehen sich auf größere Umweltfreundlichkeit, Effizienz und Wirtschaftlichkeit als Vergleichsprodukte und die Erschließung neuer Anwendungsfelder und umweltfreundlicherer Zugänge (T7:198-206) aus dem breiten Anwendungsspektrum der Entwicklungen (T7:239). Der Interviewte verweist auf die zweifache Nutzung des „bio“-Prädikats im Bezug auf die Technologie, aber auch auf die erhöhte Umweltfreundlichkeit der Verfahren (T7:308-309).

Interessenten/ Abnehmer/ Markt

Der Interviewte nennt vielfache Beispiele von an Anwendungen interessierten Industrien, z.B. Katalyse und Abwasserbehandlung/ Wasseraufbereitung durch Filtration in der chemischen Industrie oder in Industriezweigen mit metallischen oder schwermetallischen Rückständen im

Wasser, wie Bergbauunternehmen oder Recycling-Unternehmen bis hin zur Verwendung für Medizinprodukte mit antimikrobiellen Oberflächen (T7:226-238).

4.3.4.4. Kooperationen (konkret)

Die Zusammenarbeit des Interviewten findet hauptsächlich national in der Region, aber auch international statt (T7:117-123), wobei die Entwicklung von Prototypen mit (industriellen) Kooperationspartnern angestrebt wird (T7:252-254).

In Bezug auf die Rekrutierung von Jungwissenschaftlern und ausgebildetem Personal wird auf den Austausch mit regionalen Universitäten und Fachhochschulen verwiesen (T7:327-340).

4.3.4.5. Förderungen (konkret)

Die grundsätzliche Förderung erfolgt über eine Grundfinanzierung. Zusätzliche Gelder kommen meist vom Bund, des Öfteren auch von Stiftungen und aus der Industrieforschung; aktuell werden keine Landesförderungen beansprucht (T7:256-266).

4.3.4.6. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Der Interviewte ordnet sich selbst und seine Arbeitsgruppe aufgrund des Schwerpunkts der Nanotechnologie zu (T7:177, 188, 50-51).

4.3.5. Dr. Thomas Reichenauer (AIT)

4.3.5.1. Beruflicher Werdegang/ Hintergrund

Der Interviewte studierte Genetik mit Nebenfach Immunologie, promovierte aber im Fach Pflanzenphysiologie. Die Dissertation wurde im Rahmen des damaligen Forschungszentrums Seibersdorf (seit 2009: AIT) zum Thema „Auswirkungen von bodennahem Ozon auf die Photosynthese von Schwarzpappeln“ abgeschlossen. Über die Beschäftigung mit Phytoremediation (= Einsatz von Pflanzen zur Sanierung kontaminierter Standorte) und anderen Methoden im Bereich der Sanierung kontaminierter Standorte gelangte der Interviewte letztendlich zur In-situ-Remediation mit (Nano-)Eisenpartikeln (T5:6-23).

4.3.5.2. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Tätigkeitsfeld

Das Tätigkeitsfeld des Interviewten erstreckt sich auf den Bereich der In-situ-Sanierung, also dem Abbau konkreter Schadstoffe vor Ort mit unterschiedlichen Methoden aus dem mikrobiellen und chemischen Bereich. Bei (Nano-)Eisen erfolgt eine chemische Reduktion der Schadstoffe (CKW) zu Chlorid und Kohlenwasserstoff (T5:26-52).

Akademische Disziplinarität im Projektumfeld/ Institut

Das Institut wird als problemlösungsorientiert und interdisziplinär beschrieben (T5:294-295), ebenso wie das Forschungsfeld der „green processes“ (T5:228-231), dem der Interviewte angehört und das er in den Bereich der Umweltwissenschaften einordnet (T5:235-236).

4.3.5.3. Beschreibungen der für das Interview relevanten Projekte

Das AIT verfolgt in drei Projekten verschiedene Strategien um einen ausreichenden Kontakt zwischen den Reaktionspartnern Eisen und chlorierte Kohlenwasserstoffe zu erreichen (T5:53-58) und beschäftigt sich sowohl mit Herd- als auch Fahnenbehandlungen der CKW (T5:60-67).

NanoSan[36]

In diesem Projekt wird durch Modifikation des Nanoeisens versucht, eine höhere Mobilität im Untergrund durch Einschluss in eine einfach transportierbare und im Untergrund lösliche Matrix und eine höhere Affinität zum Schadstoff zu gewährleisten. Dies wäre eine Möglichkeit einer Mischung aus Herd- und Fahnenbehandlung (T5:68-75).

Halocrete

Das Verfahren der Hochdruckbodenvermörtelung wird durch Einbringung von (Nano-) Eisenpartikeln, wahrscheinlich einer Mischung zur Erhaltung längerer Reaktivität, erweitert, um eine (Nano-)Eisensuspension in den mit CKW verseuchten Boden einzumischen und den Abbau direkt im Schadensherd zu induzieren. Das Projekt befindet sich gerade am Übergang zwischen Labormaßstab und Säulenversuchen. Als nächster Schritt ist ist die Testung im Technikumversuch geplant (T5:79-98).

Testung für Füllmaterialien für permeable Wände

Das dritte Projekt beschäftigt sich mit permeablen Wänden (hier aufgrund der erhöhten Reaktivität und der damit einhergehenden kurzen Reaktivitätsdauer wahrscheinlich eher kein Nanoeisen), die von der Schadstofffahne durchströmt werden und an denen die CKW abreagieren (T5:101-108).

Vorteile der Technologie

Im Vergleich zu anderen Sanierungsmethoden wird durch In-situ-Remediation (allgemein) die Sanierung von Standorten ermöglicht, die für die Anwendung konventioneller Methoden aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht geeignet sind (T5:155-158).

---

[36] Projekthomepage: http://www.nanoobjects.info/cms/Projekte/NanoSan;jsessionid=ACD3F0939397005 2DDF120DE02D812EF, 5.7.2013.

Interessenten/ Abnehmer/ Markt

Der Interviewte schätzt den österreichischen Markt an Nanomaterialien als nichtexistent ein. Die Entwicklung von Produkten erfolgt marktnah mit gewissen Abnehmern im Fokus (Beispiel Halocrete: Impuls zur Zusammenarbeit kam von Keller-Grundbau, die Ausprägung mit Nanoeisen jedoch vom AIT) (T5:134-139).

4.3.5.4. Kooperationen (konkret)

Kooperationen erfolgen Projektbezogen:

Das Team des Projekts Halocrete

Das Team umfasst einen Chemiker, einen BOKU-Absolventen der Kulturtechnik und Wasserwirtschaft, Chemie-Laboranten und Techniker. Ein Mitarbeiter von Keller-Grundbau, der mit dem Verfahren der Hochdruckbodenvermörtelung vertraut ist, und Mitarbeiter einer Firma, zuständig für Zuschlagstoffe, sowie ein Geotechnik-Institut der Universität Graz, das die Testung des Technikumsmaßstabs ermöglicht, wurden ebenfalls genannt (T5:115-131).

Das Team des Projekts NanoSan

Hier beteiligt sich ein zweites Geschäftsfeld, die sich mit Nanomaterialien beschäftigen, mit der Herstellung des Nanoeisens und der Komposit-Materialien, sowie die Uni Wien für das Monitoring des Transports des Nanoeisens im Untergrund (T5:143-145).

Das Team des dritten Projekts

Das dritte Projekt ist ein internes Projekt (T5:145-147).

4.3.5.5. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Der Interviewte ordnet sich durch die Schwerpunktsetzung seiner Arbeit nicht der Nanocommunity zu, da sich die Beschäftigung mit Nanomaterialien aus dem Fokus auf neue Methoden in der In-situ-Remediation ergibt (T5:287-289). Die österreichische Nanocommunity allgemein wird als klein, geschlossen und inaktiv bezeichnet (T5:284-287).

4.3.6. Univ. Prof. Dr. Gottfried Strasser (TU Wien)

4.3.6.1. Beruflicher Werdegang/ Hintergrund

Der Interviewte studierte Physik an der Universität Innsbruck und promovierte trotz zwischenzeitlicher Arbeit an der TU München am Walter-Schottky-Institut (Halbleitertechnologie) in Innsbruck. Er nahm eine Assistentenstelle an der Universität Wien, am Institut für Festkörperelektronik, an, wo er sich habilitierte, gefolgt von einem Ruf an die State

University of New York für eine Professur, die sowohl der Physik als auch der Elektrotechnik zugeordnet war. Seit 2009 ist er Professor am Institut für Festkörperelektronik und eines Instituts, das den Reinraum (Zentrum für Mikro- und Nanostrukturen – ZMNS) für die Herstellung von Halbleiterstrukturen und Lithographie, sowie elektronische und optoelektronischer Chips repräsentiert (T6:8-28).

4.3.6.2. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Tätigkeitsfeld

Der Interviewte bezeichnet das Feld der Mikroelektronik durch die Verwendung von Strukturen im Submikrometerbereich in elektronischen Bauelementen als zu großen Teilen aus Nanotechnologie bestehend. Er weist aber darauf hin, dass das Feld vor allem im außeruniversitären Umfeld nicht so bezeichnet wird (T6:40-52).

Der Interviewte sieht seine Rolle in der Entwicklung von first principles (T6:118-122) in seinem Bereich (z.B. Entwicklung von Spektrometer-Bauelementen in PLATON, T6:138-141) und die Expertise in der Verbesserung von Laserquellen (T6:147-151). Die Ergebnisse können für Grundlagen- und angewandte Forschung verwendet werden, haben aber per se keinen Fokus in der Entwicklung auf ein bestimmtes Anwendungsfeld (T6:87-92).

4.3.6.3. Beschreibungen des für das Interview relevanten Projekts/ der für das Interview relevanten Projekte

Vorteile der Technologie

Der Vorteil der Technologie (z.B. Entwicklung von Spektrometern etc.) liegt in einer einfacheren Handhabung für die Anwender (T6:1818-194). Die großflächige Herstellung der Mikroelektronik wird in Bezug auf Ressourcenintensität und die Verwendung schädigender Stoffe als umweltproblematisch erwähnt, was im Gegensatz zu umweltrentablen Anwendungen derselben steht (T6:276-281).

4.3.6.4. Kooperationen (konkret)

Kooperationen des Interviewten erfolgen z.T. über die gemeinsame Nutzung des Reinraums (z.T. auch mit Externen nicht-elektrotechnischer Institute wie der Universität Wien, der TU Wien, Firmen, des AIT etc.) (T6:23-29).

Aktuelle Kooperationen umfassen die Universitäten Linz, Graz und Innsbruck, sowie die Montanuniversität Leoben, aktuell nicht die Universitäten Salzburg oder Klagenfurt oder die BOKU Wien (T6:61-64). Der Interviewte gibt an, im Bereich der Grundlagenforschung in zwei Spezialforschungsbereichen (SFBs) mit mehreren Partnern involviert zu sein: Einerseits mit

Partnern aus Linz mit ähnlich ausgerichteter Forschung, andererseits mit der Universität Graz im Bereich der Optik. Als Beispiel für angewandte Projekte wird die Nanoinitiative und darin das Projekt PLATON (Processing Light: Advanced Technologies for Optical Nanostructures) (T6:30-36), für den Bereich der Umweltanalytik die Chemie als Partner und Anwender genannt (T6:172-174).

Neben universitärer Zusammenarbeit gibt es auch Kooperationen mit der einschlägigen Industrie, beispielsweise Infinion (u.A. auch über den Transfer von Studenten), Spin-Offs und Kleinindustrie (KMUs) (T6:61-69). Das Interesse an Kooperationen resultiert vorrangig einerseits aus persönlichen Verbindungen, andererseits aus der Möglichkeit der Prototypenherstellung (T6:68-70).

Der Interviewte erwähnt zusätzlich internationale Kooperationen, vor allem mit den USA (durch persönlichen Aufenthalt, aber auch Post-Docs [Harvard/ Boston]) (T6:92-99).

Das Interesse von so unterschiedlichen Instituten und Gebieten zeigt, dass sowohl anwendungsnah als auch grundlagenorientiert ausgebildet wird (Kommentar T6).

4.3.6.5. Förderungen (konkret)

Die aktuelle Förderung läuft wenig über die Einbindung in internationale Projekte, sondern Großteils über nationale Fördertöpfe, was einer zeitnahen Rückkehr aus den USA geschuldet ist. Aktuell liegt das Verhältnis der nationalen zur EU-Förderung bei 1:3. Die internationale persönliche Einbindung wird durch Arbeit in drei EU-Projekten abgedeckt, wohingegen im Reinraum aktuell über 10 EU-Projekte laufen (T6:71-74).

4.3.6.6. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Nanotechnologie wird verwendet, um Halbleiterbauelemente zu realisieren; der verwendete Begriff lautet allerdings immer noch Mikroelektronik (T6:40-49, T6:55-60).

4.3.7. Dr. Ingolf Voigt (Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme - IKTS)

4.3.7.1. Beruflicher Werdegang/ Hintergrund

Der Interviewte promovierte 1993 im Bereich der Festkörperchemie mit Spezialisierung auf Partikelsynthese von Nanopulvern über flüssige Vorstufen mit bestimmten Zusammensetzungen mit bestimmten Eigenschaften elektrischer Leitfähigkeit und Katalyse, also mit Bezug zur Hochleistungskeramik.

Nach der Promotion forschte er am Hermsdorfer Institut für technische Keramik (selbstständige Forschungseinrichtung) rund um das Feld der Membranentwicklung mit definierten Poren auf Basis von SolGel-Beschichtungen und hatte ab 2000 die Bereichsleitung am Institut inne, das 2010 Teil des Fraunhofer Instituts für keramische Technologien und Systeme wurde. Der Interviewte leitete 2010 bis 2013 die Abteilung Umwelttechnik und Bioenergie und wurde mit Anfang April 2013 stellvertretender Institutsleiter für das gesamte Fraunhofer IKTS (T3:7-37).

4.3.7.2. Beschreibungen des Arbeitsumfelds

Institut. Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme

Das Institut wurde 2010 Teil des Fraunhofer Instituts für keramische Technologien und Systeme, was den Vorteil einer 20%igen Grundfinanzierung und die Möglichkeit zu größeren Projekten mit sich bringt (T3:24-32). Das Institut verfügt selbst über die Möglichkeit der Prototypenherstellung (Technikumsversuch), überlässt die Serienproduktion aber Partnern in Projekten (T3:63-71).

Tätigkeitsfeld

Der Bereich der Membranentwicklung nimmt am Institutsteil in Hermsdorf des Fraunhofer IKTS geschätzte 50-60% der Aktivitäten ein, wobei hier Membrane für Flüssigfiltration, v.a. Abwasserbehandlung (z.B. NANOMEMBRANE), aber auch für Gastrennung, Dampfpermeation und Hochtemperatur entwickelt werden (T3:37-42).

Akademische Disziplinarität im Projektumfeld/ Institut

Der Interviewte betont die Wichtigkeit der Chemie für den Membranherstellungsprozess (T3:15-16).

4.3.7.3. Beschreibungen des für das Interview relevanten Projekts – NANOMEMBRANE

Das Verbundprojekt NANOMEMBRANE[37] mit einem Konsortium von 11 Partnern (Rauschert Kloster Veilsdorf GmbH [Membranentwicklung], Fa. Andreas Junghans [Anlagenbau], PTS Papiertechnische Stiftung [Verfahrensentwicklung], Merck KGaA [Chemie], Benseler Sachsen GmbH&Co.KG [Metallverarbeitung], Color Textil Veredelung Peppermint Holding GmbH [Textilindustrie], Koehler Kehl GmbH, Zellstoff Stendal [Papier- und Zellstoffindustrie],

[37] http://www.nanopartikel.info/cms/Projekte/NanoMembrane;jsessionid=6C6780728E0770EE580055E977625935, 5.7.2013.

Lehrstuhl für Bauphysik [Universität Stuttgart, ganzheitliche Bilanzierung]) hatte eine 3-jährige Laufzeit bis April 2013.

Ausgangspunkt des Projekts war die Verbesserung der Trennfähigkeit aktuell hergestellter Nanofiltrationsmembranen von 450g/mol hin zur unteren Grenze der Nanofiltration (200 g/mol), weil in diesem Bereich viele Verbindungen mit Relevanz für die Abwasserbehandlung liegen (z.B. Pestizide in der Landwirtschaft, Tenside in der Industrie etc.). Zur Ermöglichung der Wiederverwendung des eingesetzten Wassers sollte zusätzlich die Salzrückhaltung (für Härtebildner wie z.B. Carbonate, Sulfate), sowie die pH-Beständigkeit der Membran verbessert werden (v.a. Molarität der Säure/Lauge: industrielle Anwendungen haben bis zu 15-20%ige Nantronlauge in ihren Prozessen). Als letzter Punkt sollte die Verwendbarkeit der Membranen in organischen Lösungsmitteln durch eine Einstellung der Benetzbarkeit von hydrophil zu hydrophob ermöglicht werden. Insbesondere hier wurde ein Vorteil gegenüber der in organischem Lösungsmittel sehr gut löslichen Polymermembrantechnik erwartet.

Diese Ziele des Projekts konnten größtenteils erreicht werden: Die Trenngrenze wurde auf 210g/mol reduziert (Genauigkeit der Bestimmungsmethoden), die pH-Beständigkeit konnte vor allem im Alkalischen stark verbessert werden (bis 16%ige Natronlauge bei 60°C), im Sauren immerhin bis hin zu 2-molarer Säure.

Die Trennfähigkeit im organischen Lösungsmittel wurde auf 350 g/mol gesenkt, wobei nicht eindeutig herausgefunden werden konnte, welche Faktoren das Verhalten der Membran in verschiedenen organischen Lösungsmitteln beeinflussen.

Untersuchte Anwendungen umfassten das Thema Abwasser in der Textilveredelung, der Metallbearbeitung, der chemischen Synthese und im Bereich der Papier- und Zellstoffverarbeitung.

Im Bereich der Textilveredelung ging es um die Kreislaufführung der Waschprozesswässer nach Abtrennung organischer Farbstoffe, im Bereich Metall (v.a. “electro-chemical machining“) um die Abtrennung von Tensiden und Elektrolyten zur Erhöhung der Standzeit von Bädern und Wasserersparnis. Hier wurde die Einsetzbarkeit der Membrantechnik nachgewiesen.

Im Bereich der chemischen Industrie war die Reinigung organischer Lösungsmittel von Belang, die bisher weitgehend entsorgt wurden und damit mit Beschaffungs- und unter Umständen auch Entsorgungskosten verbunden waren. Hier gibt es den Willen, einerseits mit dem Projektpartner Merck, andererseits mit anderen Firmen an der Einsetzbarkeit der Membran weiterzuarbeiten.

Im Bereich der Papier- und Zellstoffverarbeitung wurde die Effizienz der Nanofiltrationsmembran durch von Fasern und Partikeln verstopfte Kanälchen aufgrund hoher

Volumenströme eingeschränkt; hier bietet sich zumindest eine Verfahrenskombination an. Trotz der erwünschten Trennleistung wird hier also die Einsetzbarkeit bezweifelt (T3:82-270).

Vorteile der Technologie

Die Vorteile der Technologie sieht der Interviewte in Alleinstellungsmerkmalen der Hochleistungskeramik gegenüber den Polymer-Membranen bei extremen Parametern (z.B. pH, Temperatur, eingeschränkte Lösungsmittelstabilität) (T3:42-53, T3:135-139), sowie gegenüber Verfahren außerhalb der Membrantechnik auf dem Gebiet der Energieeffizienz (T3:57-61).

Interessenten/ Abnehmer/ Markt

Als aktuelle und zukünftige Interessenten an der Forschung im Bereich der organischen Lösungsmittel wird die chemische Industrie genannt (T3:262-270).

4.3.7.4. Kooperationen (konkret)

Kooperationen erfolgen vor allem in der Region: Durch Verbindungen an die Universität und die Fachhochschule Jena (diverse Betreuungsverhältnisse mit Studenten/ Doktoranden, Projekte) gibt es hier enge regionale Zusammenarbeit. Für den zweiten Standort des Fraunhofer IKTS in Dresden werden enge Beziehungen zur Universität Dresden und zur Universität Freiberg angegeben, sowie überregionale Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich und dem Forschungszentrum Karlsruhe für das gesamte Fraunhofer IKTS (T3:353-358, T3:361-364).
Weiters gibt es enge Kooperationen innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft zu bestimmten Schwerpunkten (z.B. Keramik) (T3:358-361).
Zusätzlich wird noch die Zusammenarbeit in verschiedenen Gremien (z.B. Arbeitskreis keramischer Membranen) betont und die engen Kontakte auf die geringe Größe der deutschen Forschungslandschaft zurückgeführt (T3:364-370).

4.3.7.5. Förderungen (konkret)

Das Projekt NANOMEMBRANE wurde im Rahmen der Ausschreibung NanoNature eingereicht (T3:340-341).

4.3.7.6. Verortung der eigenen Forschung in Bezug auf eine Nano-Community

Der Interviewte beschreibt hier eine Diskrepanz zwischen der Verwendung von nanoskaligen Werkstoffen, aufgrund derer er sich auf der Werkstoffseite zur Nanotechnologie zurechnet (T3:274-282), und der Orientierung von Kunden, Projektpartnern und Fördergebern an Problemfeldern und ihr Interesse an Produkten (T3:282-287), die zwar Nanomaterialien beinhalten, aber nicht mehr als „Nanotechnologie“ erkennbar sind (T3:287-291).

4.3.8. Mag. Alexander Pogány (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT)

Um die Perspektive der Forschung um jene aus der Forschungsförderung zu erweitern, wurde dieses Interview gemeinsam mit den anderen eingearbeitet. Die Aussagen sind jeweils als forschungspolitisch gekennzeichnet um Verwirrungen mit Aussagen der ForscherInnen zu vermeiden.

4.3.8.1. Beruflicher Werdegang/ Hintergrund

Nach seinem Studium der Mikrobiologie arbeitete der Interviewte drei Jahre lang bei Baxter in Orth an der Donau bevor er für die Umsetzung des mittlerweile beendeten Programms Nanoinitiative in die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) kam und danach in das strategische, forschungspolitische Umfeld des BMVIT wechselte. Er benennt sein beginnendes Interesse an Nanotechnologie mit der Arbeit an der Nanoinitiative (T4:9-18).

4.3.8.2. Start des österreichischen Nanotechnologie-Schwerpunkts

Das Thema der Nanotechnologie wurde vom Interviewten als 2001 extern (von EU-Ebene aus) induziertes forschungspolitisches Feld im Zuge des 6. Rahmenforschungsprogramms der EU, das die Österreichische Nanoinitiative hervorbrachte, angegeben (T4:18-26). Dieses Programm beinhaltete keinen Schwerpunkt zum Thema Umwelt (T4:26-30).

4.3.8.3. Förderung der Nanotechnologie in Österreich

Die staatliche Förderung umfasste während der Laufzeit von 2004-2011 über 70 Millionen Euro, die durch ca. zusätzliche 50%, also 40 Millionen, von der Industrie unterstützt wurden. Basisprogramme, die die FFG als marktnahe Forschung unterstützt, umfassen Einzelprojekte der Nanotechnologie allgemein [nicht *green nano*], die mit ca. 6 Mio. Euro gefördert werden. (T4:263-267)

4.3.8.4. Förderung innerhalb der Nanoinitiative

Die Verteilung zwischen Grundlagenforschung und Entwicklung innerhalb der Nanoinitiative veränderte sich während ihrer Laufzeit. Von einem grundlagennahen Start der Nanoinitiative erfolgte eine Verschiebung in Richtung Anwendung, die im Verhältnis 25:75 endete. Somit wird die Verteilung innerhalb der FFG als 75%ig mit industriellen Partnern und 25%ig unter Beteiligung der Grundlagenforschung geschätzt (T4:284-292).

4.3.8.5. Aktuelle Entwicklung im Bereich der Forschung und am Markt

Als wichtiger Schritt wird eine „Normalisierung“ des Umgangs mit dem Thema der Nanotechnologie zwischen Euphorie und Skeptizismus bezeichnet (T4:53-56). Durch externen

Druck auf Firmen aufgrund eines möglichen negativen Images der Technologie befürchtet der Interviewte eine erneute Abnahme der Präsenz des Themas in der Forschung (T4:56-59). Der momentanen Nicht-Deklaration von Nanoprodukten aufgrund der gültigen Regulierung (T4:61-63) stellt er die Einführung eines neuen Nano-EHS-Programms entgegen (T4:63-65).

4.3.8.6. Umgang mit dem Thema in zukünftigen Forschungsprogrammen

Die Nanotechnologie-Forschung wird zukünftig im neuen Programm *Future Production* integriert, in dem Nanotechnologien als eigener Schwerpunkt gefördert werden sollen (T4:70-77). Dadurch findet eine erneute Aktivierung des Themas nach zweijähriger Ruhephase statt (T4:77-78). Das Programm umfasst die Bereiche Material, Produktion, Bauteile und Sensorik; Umwelt und Medizin werden nicht explizit angesprochen, das Programm ist aber offen ihnen gegenüber (T4:81-83). Der Interviewte wähnt durch diese Einbettung einfachere Handhabung Fördernehmern gegenüber (T4:78-81). Er merkt aber die fehlende Nano-Industrie in Österreich an (T4:277-281).

4.3.8.7. Kooperationen außerhalb der EU mit der Schweiz

Der Interviewte weist auf Zusammenarbeit mit der Schweiz im Zuge von ERA-NET-Ausschreibungen und dem Projekt NANoREG hin (T4:314-326).

4.3.9. Dipl.-Ing. Michael Steinfeldt (Universität Bremen) (Step 03)

Die Arbeitsgebiete des Interviewten im Fachgebiet 10 (Technikgestaltung und Technologieentwicklung[38]) umfassen neben der Thematik der Nanotechnologie und Nachhaltigkeit auch Sustainability Assessment, Umweltmanagement, ökologisch-ökonomische Bewertung von Produkten, Technologien und Ökobilanzen. Seine Dissertation befasst sich mit Ökoprofilen der Herstellung ausgewählter Nanomaterialien unter der Betreuung von Prof. Dr. Arnim von Gleich, dem Sprecher der Arbeitsgruppe *green nano* der deutschen Nanokommission (Homepage des FG 10[39], 4.7.2013).

[38] http://www.tecdesign.uni-bremen.de/typo3/index.php, 5.7.2013.

[39] Fachgebiet 10 - Technik Gestaltung & Technologie Entwicklung. Online: http://www.tecdesign.uni-bremen.de/typo3/mitarbeiter/wissenschaftliche-mitarbeiter/michael-steinfeldt.html, 4.7.2013.

4.4. Ergebnisse der Befragungen und Überprüfung der Hypothesen

4.4.1. Hypothese 1: Nanotechnologie wird als Möglichkeit für zukünftige Problemlösungen im Umweltbereich wahrgenommen, andere Motivationen sind nachrangig

4.4.1.1. Rolle der Kosteneffizienz

Die Rolle der Kosteneffizienz wurde in den Interviews unterschiedlich aufgegriffen. Einerseits spielt diese Frage in Bezug auf die konkrete Produkt-/ Verfahrensentwicklung eine Rolle, kann aber häufig nicht im Vorhinein, sondern erst in Serienproduktion geklärt werden (T5:152, T5: 158-159; T6: 198-206). Andererseits wurde die ökonomische Rentabilität der Produkte/ Verfahren im Vergleich zu bestehenden als ausschlaggebend für ihre Entwicklung genannt (T2:163-168). Die Trennung von Nachhaltigkeit und Kosten wurde in der Praxis als unrealistisch dargestellt (T5:171-173) - durch die Einbindung von Unternehmen wurden diese Faktoren besonders im Bereich der außeruniversitären Forschung eng verknüpft (T3:457-467).

In manchen Bereichen, namentlich der In-situ-Sanierung, wurde explizit darauf verwiesen, dass hier die (auf lange Sicht) teureren auch die weniger nachhaltigen Methoden sind, sich in diesem Fall also eine zufällige positive Verknüpfung von ökonomischen und ökologischen Faktoren ergibt (T5: 159-162, T5:173-177). Ähnlich verhielt es sich im Bereich der Membrantechnik: Auch hier ziehen die durch die eingesetzten Membranen gewonnenen Einsparungen eine relativ kurze Amortisationszeit nach sich (T3:384-388).

4.4.1.2. Bilanzierung

Die Rolle der Bilanzierung in Forschungsprojekten wurde in zwei Interviews kurz diskutiert. Ein Interviewpartner gab an, Ökobilanzierungen innerhalb der eigenen Grenzen des Instituts zu integrieren (T7:297-300). Ein anderer wies darauf hin, dass durch die fehlende Expertise im Haus (T3:379-380) zwar konkrete Umweltfaktoren (z.B. Wasserersparnis) untersucht (T3:394-404), aber bislang keine Bilanzierung durchgeführt wurde, diese aber als Neuerung im aktuellen Projekt zu finden ist, um den Verbrauch einzelner Fertigungsschritte zu untersuchen (T3:378-379). Überlegungen zur Kosten-Nutzen-Überlegung wurden laut einem weiteren Interviewten in bisherige Projekte integriert, aber keine explizite Ökobilanz durchgeführt (T5:257-260).

4.4.1.3. Die Rolle der Nachhaltigkeit in der Forschung

Die Rolle der Nachhaltigkeit in der Forschung wurde von den befragten Experten in verschiedenen Dimensionen verstanden: Zum einen die Nachhaltigkeit der Forschungsergebnisse selbst, zum anderen die ergebnis- oder prozessbezogene ökologische Nachhaltigkeit und zum Dritten ein starker Einschlag in Richtung Nanoumwelttoxikologie. Zusätzlich wurde noch die Problematik des Begriffs der Nachhaltigkeit sowohl im konkreten Forschungsumfeld als auch prinzipiell von einigen Experten diskutiert. Ein einziger Interviewpartner verwies auf eine soziale Dimension der Nachhaltigkeit des Instituts im Forschungsalltag.

Die Nachhaltigkeit der Forschung

Die Frage der Nachhaltigkeit wurde von zwei Interviewpartnern auch als Weiterführung der Forschung selbst aufgefasst und diskutiert. Ein außeruniversitärer Interviewpartner der Fraunhofer-Gesellschaft sah diese Art der Nachhaltigkeit vor allem in Bezug auf Grundlagenforschungsinstitute als wichtig an; in der angewandten Forschung durch die Einbindung der Industrie und die kommerzielle Verwertung der Ergebnisse sei sie ohnehin als gewährleistet. Er sah auch die Fraunhofer-Institute selbst in Verbundprojekten als Möglichkeit, die Ergebnisse der Grundlagenforschung weiter zu verwenden und damit „ein Stück weit Nachhaltigkeit in ihre Forschung“ zu bringen (T3:413-445).

Nachhaltigkeit in Bezug auf Ergebnis und Prozess der Forschung und Produktion

In mehreren Interviews wurde eine Trennung der Zuständigkeiten zwischen Forschung und Produktion/ Industrie/ Anwendung in Bezug auf die Entwicklung eines nachhaltigen Produktionsprozesses postuliert. Dies wurde durch eine klare Expertisen-Trennung und durch die grundsätzliche Zuschreibung der Verantwortung zu den Projektpartnern zwischen diesen Bereichen ausgedrückt (T2:180-183, T1:155-158, T3:380-382). Allerdings wurde die Frage der Nachhaltigkeit indirekt integriert: Entweder durch die durch Förderung verpflichtende Abdeckung dieser Frage durch Projektpartner (T2:184-186), die direkte Kooperation mit der Industrie in der außeruniversitären Forschung (T3: 421-428), die den Anforderungen der Regulierung, Normierung oder auch der Nachfrage genügen muss, oder der Zuordnung der Projekte zum Forschungsfeld „green processes“ (T5:166-170). Dennoch wurde die Thematik der Nachhaltigkeit oder Umweltfreundlichkeit hauptsächlich im Bereich des Ergebnisses (Umweltwiederherstellung, -verbesserung, -schutz) verortet und als Grundvoraussetzung für die Beschäftigung mit diesen Fragestellungen gesehen (T1:163-170, T2:172-176, T5:248-251).

(Ökologische) Nachhaltigkeit im Zusammenhang der Toxikologie/ des Risikodiskurses

Mehrere Interviewpartner sahen den Zusammenhang zwischen Nanotechnologie und Forschung in ihrem aktuellen Gebiet hauptsächlich über den Risikodiskurs. Dies zeigte sich durch die Erwähnung eines neuen Schwerpunkts in der Forschung bezüglich Hydrotoxikologie und dem Interesse an ökotoxikologischen Fragestellungen (T1:148-154, T1:200-207) oder die Einschätzung der eigenen Arbeit als im Zusammenhang der Sicherheitsabschätzung relevant (T2:121-127, T8:108-111).

Vorbildwirkung

Ein Interviewpartner strich die Vorbildwirkung im Zusammenhang mit grünem Verhalten im Labor gegenüber Studenten stark hervor (T6:287-294) und brachte somit einen Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit in das Gespräch ein.

Problematik der „Nachhaltigkeit“

Ein Interviewpartner verwies auf die Problematik der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit konkreten Forschungsprogrammrichtlinien in Bezug auf die Ambivalenz zwischen Informationspflicht (über verwendete Materialien, Entsorgungswege etc.) bei gleichzeitig niedrigem Risiko durch Beschäftigung mit bekannten, nicht funktionalisierten Strukturen in kleinerem Maßstab als bisher. Dadurch wurde die Frage der Nachhaltigkeit unter Umständen zu einer Schwierigkeit in der Forschung, weil kein Wissen über die Gefährlichkeit der Partikel vorhanden ist und dennoch durch die Einbindung in Bauteile nach eigener Einschätzung kaum Risiko besteht (T6:232-234). Ähnlich kritisierte auch ein zweiter Interviewpartner eine zu starke Abstraktion und Bewertung der Nachhaltigkeit (T3:411-413).

4.4.1.4. Fokussierung der Forschung auf Themengebiete durch Anwendung

Im Bereich der Grundlagenforschung gab ein Interviewpartner an, die Umweltthematik hauptsächlich über Kooperationen mit der Chemie und die daher rührende umweltanalytische Verwendung seiner Grundlagen-Entwicklungen der Halbleitertechnologie einzubinden, da die Forschung selbst Anwendungen in unterschiedliche Richtungen erlaubt (T6:145-163, T6:172-178). Als Beispiele möglicher Anwendungsfelder wurden die Petrochemie mit den einhergehenden Umweltauflagen (T6:123-135), die Analytik verunreinigter Chemikalien (T6:151-160) und Wasseranalyse (T6:179-188) genannt. Als weiterer indirekt umweltrelevanter Bereich wurde die Entwicklung von energiesparenden Elektronikbauteilen erwähnt (T6:235-255).

4.4.1.5. Diskrepanz zwischen Wissenschaft und Praxis

Zwei der Interviewten gaben an, dass sich in ihrem respektiven Forschungsfeld (Mikroelektronik, Abwasseraufbereitung) der Begriff der Nanotechnologie zwar bis zu einem gewissen Grad findet, aber im Rahmen praktischer Anwendungen kaum Relevanz hat. Im Fall der Abwasserbehandlung war ein problemlösungsorientierter Ansatz vorherrschend um Projekte, Kunden und Kooperationen zu induzieren (T3: 274-287), während sich das Feld der Mikroelektronik als stehender, nicht negativ besetzter Begriff etablierte, aber bereits seit geraumer Zeit auch Nanostrukturen umfasst (T6:49-52, T6:55-56).

4.4.2. Hypothese 2: *Green nano* ist als Konzept in aktueller Forschung bereits etabliert.

Zur Klärung dieser Hypothese wurde nicht nur das Konzept der Designprinzipien der Deutschen Nanokommission, sondern auch die Verbreitung der Begrifflichkeit an und für sich, sowie die individuelle Zuordnung der einzelnen Forscher abgefragt.

4.4.2.1. *Green nano* als Begriff

Der Begriff *green nano* war lediglich zwei Forschern vor dem Interview bekannt (T6:265-266, T7:282), drei verneinten (T1:178, T3:374, T5:239) und zwei gaben zur Begrifflichkeit selbst keine Auskunft (T2:192, T8:39-41). Ein Interviewpartner verwies auf die grundsätzliche Schwierigkeit von unterschiedlichen Begriffen in verschiedenen Sprachen, Forschungsrichtungen und Forschungsprogrammen (T6:440-457). Durch die relativ breiten Fragestellungen soll dieser Einengung auf fachspezifische Termini etwas entgegen gewirkt werden.

Auf einer forschungspolitischen Meta-Ebene wurde der Begriff lediglich in der OECD in Vorfeldarbeiten ohne breite Basis behandelt (T4:148-151, T4:178-179). Auf EU-Ebene wurde er nicht diskutiert (T4:164-168), wobei eine Übernahme von der OECD nicht ausgeschlossen wurde (T4:174-178). Die Diskussion um *green nano* wurde als abstrakt ohne realpolitischen Niederschlag gesehen (T4:202-205).

Dieser Interviewpartner äußerte auch eine gewisse Skepsis gegenüber der Notwendigkeit eines *green nano* Begriffs (T4:159-160), weil eine Behandlung von Umweltthemen innerhalb des Überbegriffs der Nanotechnologie ohne der Einführung eines neuen Schlagworts als ausreichend empfunden wurde (T4:184-188, T4:193-202).

4.4.2.2. Zuordnung zum Begriff

Trotz der Unbekanntheit des Begriffs wurde eine gewisse Assoziation der jeweiligen Forschungsgebiete mit dem Begriff in verschiedenen Aspekten angegeben. Intuitive Zuordnungen erfolgten über die Definition der eigenen Forschung als Technologie „zur Erhaltung und Wiederherstellung eines guten natürlichen Zustands“ (T1:178-180), über die durch Verwendung von Nanomaterialien erreichbare Umweltrentabilität in Bezug auf Anwendungszwecke (T6:267-273-275), über eine möglichst nachhaltige und umweltfreundliche Erzielung von Ergebnissen (T2: 170-176), aber auch über die explizite Berücksichtigung ökotoxikologischer Aspekte (T5:263-266).

4.4.2.3. Bekanntheit und Rolle der Designprinzipien

Die g*reen nano* Designprinzipien waren lediglich einem Forscher etwas näher bekannt (T6:261). Einem weiteren war zwar die Deutsche Nanokommission und auch der Endbericht 2011 ein Begriff, die Designprinzipien allerdings nicht (T8:39-41).

Interessant war, dass einem der Interviewten die Designprinzipien über die *green chemistry* geläufig waren und als wichtiger fest verankerter Bestandteil im Forschungsalltag beschrieben wurden, wobei als wichtigste Kriterien die Verwendung nachwachsender Rohstoffe, gefahrlose Synthesen, Abfallvermeidung und minimale Umweltgefahr genannt wurden (T7:304-307). In einem anderen Forschungsgebiet wurden vor allem die Aspekte der Energieeffizienz und der gasförmigen und flüssigen Emissionen angesprochen und damit verbunden die Setzung von Grenzwerten um eine Effizienz der Trennung zu steigern, aber den technischen und finanziellen Aufwand nicht aus den Augen zu verlieren (T3:447-457).

Auch ein weiterer Interviewter hielt den Transfer der *green chemistry* Prinzipien auf die Nanotechnologie für denkbar (T5:272-275).

Durch einen anderen Interviewpartner wurde herausgestrichen, dass er eine nachhaltige und grüne Arbeitsweise am Institut selbst für wichtig erachtete, allerdings die Umsetzung bei kleinen in der Forschung verwendeten Mengen an Material relativ einfach handhabbar sei (T6:282-287).

Von forschungspolitischer Seite her wurde die Einführung eines verpflichtenden Code of Conduct oder von Konzepten für *green nano* kritisch gesehen und auf das Scheitern in Bezug auf die Initiierung eines solchen für Nanotechnologie allgemein verwiesen (T4:211-213).

4.4.3. Hypothese 3: Die Rolle der staatlichen Förderung ist maßgeblich für die Implementierung für Umwelt-Forschungsprojekte im Nanobereich.

4.4.3.1. Allgemeine Fördermöglichkeiten

Die Förderung der Nanotechnologie wurde aufgrund ihrer Breite der Anwendungen als variabel beschrieben und reichte bis zum Beispiel der österreichischen Umweltförderungen (z.B. Klima- und Energiefonds; T4:86-88, 92-94).

Deutschland

In Deutschland wurde eine Vielfalt an Möglichkeiten angegeben, Fördermittel einzuwerben (T2:85-86; T3:520-541). Ein universitärer Interviewpartner verwies allgemein auf Bundes- und EU-Förderung (T1:182-189). Der DFG wurde als wichtiger Fördergeber für Grundlagenforschung deklariert, wobei ein Interviewpartner eine Veränderung in den Zugangskriterien wahrnahm (T2:86-89). Als Förderer der angewandten Forschung wurden Bundes- und Landesministerien genannt (T2:89-92).

Ein Interviewpartner erwähnt die starke Nanotechnologieförderung der EU, die jedoch mit höherem Bewerbungsaufwand verbunden ist (T2:93-96).

Abhängig von der Art der Förderung resuliterte auch die Art der Zusammenarbeit mit Partnern: Ein Interviewpartner gab an, häufig bei Unternehmen unter Inanspruchnahme der Industrieförderung im Subauftrag zu arbeiten (T3:523-526).

Österreich

In Österreich wurde die Förderung als durch nationale (FFG/ FWF) und internationale Quellen (EU, WHO, UN, europäisch-U.S. amerikanische Kooperationen, Asien, Kanada, Norwegen, Schweiz) finanziert angegeben (T8:165-169, T153-155). In der EU als Fördergeber für Projekte mit Praxisbezug (T5:206) wurde eine spezielle Förderwürdigkeit von *key enabling technologies* (Nanotechnologien, Material, Produktion, Biotechnologie, Photonik, Mikronanoelektronik) postuliert (T4:88-92). Besondere Aufmerksamkeit als eigenes Thema innerhalb eines Calls bekam auch die Altlastensanierung (T5:206-210).

Die Förderung des Forschungsbereichs der In-Situ-Remediation unterlag dem Lebensministerium und umfasste damit auch Projekte zur Remediation mit Nanoeisen (T5:214-215). Im Bereich der In-situ-Remediation erfolgte Förderung generell durch die Kommunalkredit Public Consulting, allerdings lediglich mit zwei konkreten Projekten in Bezug auf Nano-Eisen. (T5:338-350).

Die Landesförderung als ausschlaggebender Faktor zur Etablierung einer Technologie wurde anhand des Beispiels Steiermark erwähnt (T4:37-45).

4.4.3.2. Einschätzung der Förderbereitschaft

Deutschland

Die Förderbereitschaft wurde in einem Interview in Zusammenhang mit allgemeinen wirtschaftlichen Schwankungen mit Auswirkung auf Bewilligungsraten von Projekten gesehen (T2:205-211). Die generelle Budgetsituation für die Forschung in Deutschland wurde von einem Interviewpartner als zufriedenstellend eingeschätzt (T3:501-503).

Österreich

In Österreich wurde die Förderbereitschaft von einzelnen Interviewpartnern als gering (T5:210-212) bzw. als der Größe des Landes und der Community angemessen (T8:159-161) angegeben.

4.4.3.3. Auswirkung der Förderung auf die Forschung

Durch eine Veränderung in der Aufmerksamkeit in Richtung bestimmter Forschungsfelder z.B. durch explizite Förderung der Nanotechnologie, fanden sich Auswirkungen auf die Anzahl und Zusammensetzung der Nanocommunity (T8:140-149). Im Gegensatz dazu wurde die Verwendung von Schlagworten und „Schubladen“ von forschungspolitischer Seite als für die Community selbst als wichtig erachtet und nicht als entscheidend für den Fördergeber (T4:94-102). Die Verwendung gewisser Schlagworte um Fördergelder einzuwerben erntete auch die Kritik eines anderen Interviewpartners (T6:431-438).

Besonders in einem Interview wurden die Auswirkungen der Förderung besonders hervorgehoben. Die Themen orientierten sich vorrangig an gesellschaftlichem und damit finanziellem Background und auch die Schwerpunktsetzung innerhalb eines Gebiets hänge maßgeblich davon ab, wodurch sich eine Fokussierung der Forschung ergebe (T2:31-36). Durch fehlende feste Budgets wurde Fingerspitzengefühl für die Unterbringung der eigenen Forschung in Ausschreibungen als ausschlaggebend genannt (T2:215-218). Auch ein weiterer Interviewpartner betonte, dass die Schwerpunktsetzung durch Ausschreibungen auf die die Passfähigkeit der Projekte abziele (T7:270-272, T7:277-279). Nachhaltigkeitskriterien der Forschung seien von den Förderungsbedingungen abhängig (T2:198-199). Von forschungspolitischer Seite in Österreich wurde demgegenüber eine selteneres Auftreten von Lobbying mit attraktiven Schlagworten erhofft und begrüßt (T4:154-159).

Ein Interviewpartner verwies auf die Notwendigkeit der Einbindung von industriellen Partnern in Projekte der Fraunhofer-Gesellschaft und die damit zusammenhängende notwendige Flexibilität in der Forschung für die Anpassung an Ansprüche der Industrie (T3:417-425).

4.4.3.4. Förderungsinteresse und Förderungstendenzen

Ein deutscher Interviewpartner eines außeruniversitären Forschungsinstituts verwies auf die positive Bewertung der Einbindung von Industrie, besonders in Führungsrollen innerhalb des Projekts, von Seiten der Fördergeber, die dadurch die Anwendungsbezogenheit und den Nutzen der Forschung sicherstellen wollen (T3:188-192).

Die erneute Ausschreibung von Seiten des BMBF im Bereich Umwelt (NanoCare) wurde als Indikator für erneuten Handlungs- und Forschungsbedarf interpretiert (T1:202-206).

Tendenziell beschrieb ein Interviewpartner die Lage der Energie- und Umwelttechnikförderung als positiver Trend in absolutem Volumen, wobei aber ein erhöhter Wettbewerb um Fördermittel (v.a. im Bereich der universitären Forschung durch Einbindung von Drittmitteln) zu berücksichtigen sei (T3:484-488).

Im Bereich der Methoden zur Wassersanierung wurde der Level als stabil, aber mit einer wechselnden Schwerpunktsetzung angegeben (T2:222-229).

Sowohl in Deutschland (T2:153-155) als auch in Österreich (T6:404-405) wurde ein erhöhtes Interesse an biologischen Verfahren von Seiten der Fördergeber wahrgenommen.

Im Bereich der Mikroelektronik stellte man keine allgemein rückläufige Tendenz in der Förderung fest (T6:404), aber eine Veränderung der Rolle (Zulieferprodukte) im Zusammenhang mit der Bevorzugung anderer Forschungszweige (T6:405-409).

4.4.3.5. Kritik an Aufwand

Der Trend zeigte sich hingehend zu einer Verlagerung der Förderung auf europäische Ebene, wodurch ein erhöhter Bewerbungsaufwand aufgrund größerer Projekte befürchtet wurde (T2: 93-96, T3:488-495). Ein Interviewpartner kritisierte die Länge des Antragsprozesses sowohl bei nationaler, aber vor allem bei internationaler Förderung. Hier zeigte sich der Wunsch nach einer Lockerung der Förderungshürden und nach einer schnell verfügbaren Kleinfinanzierung (T3:334-335, T3:495-499, T3:509-515).

4.4.3.6. Verhältnis von Grundlagen- und angewandter Forschung in der Förderung in Österreich

Ein universitärer Interviewpartner strich die einfachere Einwerbung von Fördermitteln des FWF heraus, die maßgeblich am Finanzierungsmodell (100%ige Finanzierung) liegt (T6:352-356, 364-367). Das anhaltende Defizit in universitären Budgets durch erschwerende

Förderbedingungen der FFG (60%ige Finanzierung) wurde kritisiert (T6:372-377). Ein Interviewpartner erwähnte auch die Verlagerung innerhalb der österreichischen Nanoinitiative von einer Co-Finanzierung durch FWF und FFG in Richtung angewandter Forschung (T6:381-389).

Die Veränderung der Verteilung von Mitteln zwischen FWF und FFG zu Gunsten des FFG wurde aufgrund der Gefahr eines Komplettausfalls der technologischen Entwicklung bei ausschließlicher Fokussierung auf Produktentwicklung kritisch gesehen (T6:409-425).

Zwei Interviewte hoben die freie Forschung allgemein (jeweils eines in Deutschland und Österreich) positiv hervor (T3:432-434, T6:438-440).

4.4.3.7. Zusammenhang zwischen Gesetzgebung und Forschung

Die Auswirkungen von gesetzlichen Neuerungen im jeweiligen Gebiet in Richtung strengerer Umweltauflagen oder aufgrund veränderter politischer Einstellungen gegenüber bestimmten Themen wurde als maßgeblich für Modifikationen der Forschungslandschaft genannt: Zum einen wurde dieser Einfluss durch die direkte Gründung von Instituten zur Klärung gewisser Sachverhalte bzw. zur Sicherung des Know-hows auf als für die Politik relevant eingeschätzte technische Wissensgebiete (T7:20-23, T7:148-156) oder zur Ermöglichung des deutschen Atomausstiegs durch Intensivierung der Forschung an alternativen Energieträgern (T3:477-482, T7:20-23) sichtbar. Andererseits wirkte dieser Einfluss indirekt über Bedarfssteigerung an alternativen/neuen Methoden durch die Einführung neuer Normen (Bsp. Wasserrahmenrichtlinie, T2:137-148), die somit auch neue Anwendungen durch die Privatwirtschaft ermöglichen (z.B. Wasserwerke (T2:142-143), Automobilhersteller wg. Emissionsausstoß (T3:467-471) etc.). Im Sonderfall der Kontaminierung (z.B. ALSAG (T5:311-336)) wurden neue Anwendungsmöglichkeiten durch die Erweiterungen von Gesetzeslagen legalisiert. Diese Zusammenhänge wurden von vier Interviewpartnern selbstständig ins Gespräch eingeführt und als Treiber der Entwicklung auf ihrem Gebiet genannt, weshalb ihnen eine besondere Relevanz zukommt.

4.4.3.8. Rolle von Netzwerken

Ein österreichischer Interviewpartner verwies auf die Wichtigkeit von persönlichen Beziehungen für den Austausch von In-Kind-Leistungen zwischen Instituten. Netzwerke im Sinn von institutionalisierten Verbänden hielt er für die österreichische Nano-Forschungslandschaft aufgrund der Größe für überflüssig, allerdings sah er eine gewisse Notwendigkeit der Finanzierung des Wissensaustauschs im Sinne von Tagungen, um diese Verbindungen aufrecht zu erhalten (T6:330-351). In der deutschen Förderung bewertete ein Interviewpartner die

Finanzierung von Networking-Aktivitäten (T3:341-347) zur Stärkung der Community positiv (T2:59-60).

4.4.3.9. Image der Forschung

Die Zusammenarbeit mit prestigeträchtigen Kooperationen wurde als erleichternder Umstand geschildert, um Förderungen zu bekommen (z.B. Verbindungen in die USA oder das Involvieren eines großen Unternehmens in Projekte) (T3:188-192, T6:94-100).

5. DISKUSSION

5.1. Diskussion der Hypothesen

Die a priori formulierten Hypothesen wurden anhand Interviews auf zwei ausgewählte Bereiche (Wasser/ Boden, Sensorik/ Mikroelektronik) angewandt und ausgewertet. Durch die Forschungsgebiete und unterschiedlichen Zugänge der Befragten ergaben sich trotz dieser gebietlichen Einschränkungen recht unterschiedliche Schwerpunktsetzungen in den Antworten.

5.1.1. Hypothese 1: Nanotechnologie wird als Möglichkeit für zukünftige Problemlösungen im Umweltbereich wahrgenommen, andere Motivationen sind nachrangig

Ob Hypothese 1, ausgehend von der Annahme, dass die Anwendung von umweltrelevanter Nanotechnologie als zukünftige Problemlösung im Umweltbereich als ausschließliches Motiv wahrgenommen wird, lässt sich nicht eindeutig beantworten.

Deutlich wird die Relevanz der Produktions- und Anwendungskosten postuliert. In manchen Forschungsgebieten fällt allerdings die Kosteneffizienz zufällig mit nachhaltigeren Lösungsmethoden zusammen (z.B. In-situ-Remediation und Membrantechnik). Somit muss der Ökonomie ein wichtiger Stellenwert in der Beschäftigung mit Umweltproblemen durch Nanotechnologie eingeräumt werden.

Ein reflexiver Umgang im Sinne einer Bilanzierung des eigenen Herstellungsprozesses oder möglicher Einsparungen durch das Produkt wurde nicht für alle Bereiche angegeben: Fallweise wurden solche Bilanzierungen durchgeführt, allerdings lediglich einmal durch einen eigens dafür vorgesehenen Partner in das Projekt integriert. Häufiger finden sich Kosten-Nutzen-Analysen oder Indikatoren basierte Reflexionen, sowie Bilanzierungen innerhalb der institutseigenen Personalressourcen.

Nachhaltigkeit in Bezug auf die nanotechnologischen Forschungsergebnisse wurde unterschiedlich angelegt: Einige Antworten bezogen sich auf die Weiterführung der Forschung selbst und die Rolle der jeweiligen Institute um diese zu gewährleisten. Bezogen auf den Forschungsprozess wurde eine klare Expertisen-Trennung zwischen Forschung und Produktion (und damit klare Zuschreibungen von Verantwortlichkeiten) identifiziert. Indirekt wurde die Frage allerdings mehrfach aufgegriffen, einerseits in der obligatorischen Berücksichtigung dieser Faktoren bei der Wahl von Projektpartnern, bei der Adaption an Ansprüche der Industrie um die Verwertbarkeit der Forschung zu garantieren, sowie in einer Zuordnung der Forschung zu

gewissen Forschungsfeldern (namentlich: „green processes“). Gemeinsam ist diesen Antworten ein Fokus auf die Ergebnisse der Forschung, weniger auf den Prozess, wobei je nach Grundlagenorientiertheit auch die mögliche Verwendung für unterschiedliche Anwendungszwecke angesprochen wurde.

Mehrfach wurde die Frage der Nachhaltigkeit als Grundvoraussetzung zur Beschäftigung mit diesen Fragestellungen gesehen. Allerdings wurde auch die Problematik der Informationspflicht gegenüber Fördergebern in bestimmten Forschungsgebieten angesprochen. Häufig wurde auch die Frage der Nachhaltigkeit als Bezugnahme auf die Ökotoxikologie- und Risikoforschung verstanden. Als sozialer Aspekt von Nachhaltigkeit wurde die Vorbildwirkung in Bezug auf grünes Verhalten im Labor erwähnt.

Zusätzlich muss auf begriffliche Diskrepanz zwischen Forschung und Markt beziehungsweise Anwendungsfeld Rücksicht genommen werden – der Begriff der Nanotechnologie wird hier zwar verwendet, aber (aus unterschiedlichen Gründen) nicht immer kommuniziert.

Damit lässt sich zusammenfassen, dass in den abgefragten Forschungsgebieten Nanotechnologie sehr wohl als Möglichkeit zukünftiger Problemlösungen im Umweltbereich wahrgenommen, andere Motivationen (v.a. finanziell, sowohl Umsatz- als auch Förderungsbezogen) aber zumindest gleichberechtigt gesehen werden.

Die Trennung zwischen prozess- und ergebnisorientierter Nachhaltigkeit spielt bereits in den Bereich der Hypothese 2 hinein: Hier zeigt sich, dass die individuelle Stellung von Energie- und Umwelttechnik und damit die Ausklammerung aus prozessbezogenen Designprinzipien im Konzept durchaus gerechtfertigt ist.

5.1.1.1. Expertenkommentar zu den Antworten der Hypothese

Die Antworten zur ersten Hypothese wurden als nicht überraschend bezeichnet: Die Verortung des Umweltbereichs als einer von mehreren Anwendungsbereichen deckt sich mit der Erfahrung des Experten, ebenso wie die unterschiedliche Bezugnahme darauf abhängig vom Forschungsfeld des Interviewten. Als logische Konsequenz finden immer nur einzelne Aspekte in Richtung grüner Nanotechnologie Anwendung in der Forschung. Auch die Schwerpunktsetzung der Forschung auf Themengebiete durch die Anwendung wird auf die Auswahl der Interviewpartner und ihr Feld zurückgeführt und nicht als auf die gesamte Bandbreite der Nanotechnologie zutreffend gesehen.

Kritisch ist die Frage nach der Rolle der Toxikologie insofern, als diese die Ausgangslage für den Sicherheitsdiskurs bildet, einerseits „klassisch“ im Zusammenhang der Humantoxikologie, andererseits durch das jüngere Feld der Umwelttoxikologie, das aufgrund erhöhten

Forschungsbedarfs aktuell forciert wird. Daher wird hier von einer Überbewertung von Einzelmeinungen von Interviewten gewarnt (Step03:8-23).

5.1.2. Hypothese 2: *Green nano* ist als Konzept in aktueller Forschung bereits etabliert

Die Antworten der Experten ließen erkennen, dass der Begriff der *green nanotechnology* zwar unter Umständen vom Hörensagen bekannt, jedoch im Forschungsalltag nicht wirklich relevant ist, obwohl eine häufige Zuordnung nach Selbsteinschätzung der Experten erfolgt. Die Unbekanntheit des Begriffs gibt allerdings keinen Hinweis auf die tatsächliche Beschäftigung mit Aspekten der Umwelterhaltung/ des Umweltschutzes oder der Nachhaltigkeit während des Forschungsprozesses, da diese Teilgebiete durchaus in Überlegungen integriert und berücksichtigt werden. Dies wurde auch von forschungspolitischer Seite bestätigt, die zwar die Diskussion auf OECD-Ebene um den Begriff erwähnte, aber keinerlei konkreten Niederschlag in der realen Forschung sah.

Die Designprinzipien selbst finden ebenfalls wenig bis keine Anwendung in dem Sinn, dass sie explizit genannt oder als solche angewandt werden, allerdings ist eine Verankerung von grünen Verhaltensweisen (teilweise über die Richtlinien der *green chemistry*) in Forschungslabors zu sehen. Daher wird eine allgemeine Einführung eines Leitfadens für *green nano* von forschungspolitischer Seite eher kritisch beziehungsweise als obsolet betrachtet.

Konkret als wichtig beurteilte Umweltkriterien richten sich stark an der jeweiligen Forschung aus und variieren damit ebenso wie die durch die Interviews abgedeckten Forschungsrichtungen. Genannte Kriterien finden sich in den Designprinzipien wieder, obwohl sie nach Angaben der Interviewten nicht darauf zurückgeführt werden können. Dies spricht sowohl für die Wichtigkeit der genannten Kriterien (und damit notwendigen Verankerung in einem Konzept zur nachhaltigen Technikentwicklung), als auch für eine Auseinandersetzung mit relevanten Teilaspekten der Umweltrelevanz in der Forschung ohne die Referenz auf Konzepte.

Die Hypothese muss damit als widerlegt angesehen werden.

5.1.2.1. Expertenkommentar zu den Antworten der Hypothese

Die Hypothese selbst wurde als überraschend bezeichnet und die Problematik des Transfers von Ideen, Leitbildern oder Konzepten in eine Forschungscommunity angesprochen: Eine erste Verankerung erfolgt hauptsächlich über offene Personen, die entsprechende Diskursprozesse verfolgen und benötigt längere Zeit um tatsächlich Fuß zu fassen. Daher weckte die offensichtlich erfolgte Etablierung der *green chemistry* als Vorbild für die *green nano*

Designprinzipien Interesse. Ihre allumfassende Ausrichtung muss im Kontext spezifischer Anwendungen konkretisiert werden, wie die Antworten der Interviewpartner zeigten. Die Verankerung des Inhalts der Prinzipien, wenn auch nicht notwendigerweise unter dieser Bezeichnung, konnte dargestellt werden (Step03: 24-37).

In der Entwicklung der Designprinzipien während des Nanodialogs (bis 2011, siehe Homepage des BMU[40] und Kapitel 3.4.4) lag der Schwerpunkt eher auf gesellschaftlichen Akteuren wie Konsumenten und Unternehmen. Eine Verankerung von in der ersten Phase (2006-2008) mit Stakeholdern entwickelten Leitfäden zur Einbeziehung von Umweltaspekten in der Industrie war zwar geplant, konnte rückblickend aber nicht erreicht werden. Die *green nano* Designprinzipien als Ergebnis einer Arbeitsgruppe wurden auf einer Abschlusskonferenz präsentiert und publiziert, aber in dieser Form nicht weiterverfolgt, wobei hier die Frage der weiteren Vermittlung aufgeworfen werden muss. Aktiv und direkt wurden sie jedenfalls nicht lobbyiert und sind zu unverbindlich um von Seiten der Forschungsministerien als Kriterien in Projekt-Ausschreibungen einzufließen. Eher finden sich Ausschreibungen, deren Anforderungen stark in Richtung einiger dieser Bereiche laufen (z.B. Ressourceneffizienz): Durch impliziten Einfluss wirkt die Diskussion in Richtung nachhaltiger oder grüner Produkte, aber es ergeben sich keine direkte Auswirkungen auf Ausschreibungen mit daraus folgender Relevanz für die Forscher (Step03:73-104).

5.1.3. Hypothese 3: Die Rolle der staatlichen Förderung ist maßgeblich für die Implementierung von Umwelt-Forschungsprojekten im Nanobereich

Hypothese 3 muss erweitert werden: Nicht allein die staatliche Förderung ist ausschlaggebend, sondern die Forschungsförderung generell, die sich auf Bundesebene abspielen, aber auch andere Ebenen umfassen kann (z.B. EU oder Länder). Schlagworte („Schubladen“) werden aus unterschiedlichen Gründen wechselseitig von Forschern und Forschungsförderung als hilfreich erachtet.

Es werden eindeutig Schwerpunkte und Zielsetzungen durch den Fokus von verfügbaren Förderprogrammen beeinflusst, wobei „Lobbying“ auch kritisch gesehen wird. Die Art der in Anspruch genommenen Förderung hängt vorrangig von ihrer Anwendungs- beziehungsweise

[40] Online: http://www.bmu.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/ergebnisse-aus-der-zweiten-nanodialog-phase-2009-2011/, 4.7.2013.

Grundlagenorientiertheit ab (für außeruniversitäre und universitäre Institute), variiert aber durch die Rolle der Forschung innerhalb von Projekten (z.B. Forschung im Subauftrag der Industrie für spezifische Anwendungen). Die Tendenz der Förderung im Umweltbereich wurde, wenn angesprochen, als positiv gesehen, wenn auch auf das Herauskristallisieren bestimmter Forschungsrichtungen oder –teilgebiete verwiesen wurde. In der Österreichischen Nanoinitiative wurde von den Interviewten eine tendenzielle Verschiebung in Richtung angewandter Forschung beobachtet und teilweise kritisiert.
Während ein Forscher in Deutschland mit der generellen Budgetsituation der Forschung zufrieden war, wurde der Investitionsumfang in Österreich speziell für die Nanotechnologie sehr unterschiedlich eingeschätzt (von „nicht ausreichend", bis „der Community angemessen").

Eine sich abzeichnende Tendenz war die Intensivierung von internationaler Förderung (EU-Ebene), deren gleichzeitig höherer administrativer Aufwand kritisiert wurde. Ein Interviewpartner befand den Bewilligungsaufwand auch auf nationaler Ebene (Deutschland) als zu hoch und sprach auch den Wunsch nach generell schnellerer Kleinfinanzierung aus.
Als maßgebliches indirektes Steuerungselement wurde auch die Veränderung strategischer oder Gesetzeslagen genannt: Durch dadurch veränderte Marktbedingungen ergeben sich neue Schwerpunktsetzungen innerhalb der angewandten Forschung.
Zusätzlich positiv bewertet wurde die Finanzierung von Netzwerkaktivitäten, da diese häufig Anregungen von außen benötigen.

Damit kann die Wichtigkeit der Förderungspolitik im Forschungsbereich allgemein bestätigt werden, sie bleibt aber nicht auf eine politische Ebene oder eine spezifische Art der Forschungseinbindung in Projekte beschränkt.

5.1.3.1. Expertenkommentar zu den Antworten der Hypothese

Die dritte Hypothese greift die Ausrichtung des Leitbild-Ansatzes mit der Intention einer bewussten Setzung der Rahmenbedingungen durch staatliche Förderung eindeutig auf, wobei die Vielfältigkeit der Fördermöglichkeiten in Deutschland und Österreich gut abgedeckt wurde (international/ national, Grundlagen-/ angewandte Forschung) inklusive der dazugehörigen Prämissen (z.B. höherer Verwaltungsaufwand bei EU-Projekten, Ausrichtung der Forschung auf Industrie bein angewandter Forschung).
Die Wichtigkeit der Umwelt- und Risikoforschung in Deutschland und ihr Ausdruck in Förderschwerpunkten wurden bestätigt. Das gängige Prozedere der Einbindung dieser

Thematiken (Ökobilanzierung, Risikoaspekte, Kostenaspekte) durch spezifische Projektpartner wird als Trend bezeichnet, der sich in EU-Calls, aber auch in Ausschreibungen des BMBF wiederfinden, da Forscher inhaltlich oder ressourcenbedingt nicht alle diese Punkte abdecken können. Die dadurch entstehende gegenseitige geistige Anregung führt zu einer stärkeren bewussten Konfrontation der ForscherInnen mit Fragestellungen „über den eigenen Tellerrand hinaus“ (Step03:39-54).

5.2. Anmerkungen zur Arbeit

In dieser Diplomarbeit wurde die Thematik der Umweltfreundlichkeit beziehungsweise der Umweltrentabilität und Nachhaltigkeit in Bezug auf nanotechnologische Entwicklungen auf dem Gebiet der Umwelttechnik diskutiert.

Von einem Experten kommentiert wurde vor allem die Prägung der Hypothesen durch den Fokus der InterviewpartnerInnen, der keine Abdeckung des gesamten Querschnittbereichs der Nanotechnologie bietet (Step03:4-7).

Es ist zu berücksichtigen, dass diese Arbeit aufgrund der limitierten Anzahl der ExpertInnenantworten nicht den Anspruch erhebt, unumstößliche Schlussfolgerungen zu bieten: Die Auswahl und die Teilnahmebereitschaft der Experten selektierten die vorliegende Zusammenstellung, ebenso wie ExpertInnen alternativer Themenbereiche aus dem Gebiet *green nano* und/ oder andere Auswertungsmethoden die Ergebnisse maßgeblich verändern könnten.

Zusätzlich kann davon ausgegangen werden, dass einige der angesprochenen Problemlagen nicht spezifisch für Nanotechnologie, sondern eine gewisse allgemeine Gültigkeit für Technologieentwicklungen generell besitzen.

Da dem Begriff der Nanotechnologie(n) oder der Nanomaterialien bereits eine gewisse Unschärfe anhaftet und für diese Qualifikationsarbeit versucht wurde, ein Teilgebiet dieses Felds zu untersuchen, kann sich die Arbeit dem Vorwurf einer gewissen Künstlichkeit der Abgrenzung ihres Untersuchungsgegenstands nicht erwehren. Die hier durchgeführte ist eine mögliche Dimension der Analyse, schließt aber, wie in den Interviews deutlich wurde, Mehrfachzuordnungen zu Wissens- und Anwendungsgebieten nicht aus und trägt ihrerseits dadurch zu einer gewissen Verwässerung der Begrifflichkeiten beziehungsweise einer artifiziellen Aufrechterhaltung von In- und Exklusionen bei (z.B. bei der Auswahl der InterviewpartnerInnen). Dies sollte aber weniger als Schwäche der Arbeit gesehen werden, als vielmehr die Differenziertheit des Untersuchungsgegenstands und der Anwendungskontexte

widerspiegeln, die einen ebenso differenzierten und spezifischen Umgang sowohl in der Begleitforschung als auch in der Regulierung verlangt.

5.3. Die Ergebnisse in einem quantitativen Kontext

Um einen quantitativen Bezug herzustellen, wurden die Ergebnisse einer Studie zum Thema „Umwelt und Nanomaterialien in EU-Projekten“ einbezogen (EU, 2012), die sowohl Projekte mit Umweltbezug im Sinne dieser Diplomarbeit (Umweltverbesserung als Basis) als auch Projekte zur Entwicklung neuer Materialien (ohne Umweltbezug) aber unter Miteinbeziehung eventueller damit verbundener Umweltthematiken umfasste.
Insgesamt beantworteten 61 von 103 FP7 NMP Projekten die gestellten Fragen (EU, 2012:3). Da sich diese (insgesamt 6) nicht komplett mit den Leitfäden der Interviews deckten, wurden lediglich die Antworten der folgenden in der Quantifizierung berücksichtigt und mit den Antworten der Interviews abgeglichen:

1. Does the work in your FP7 NMP materials project cover environmental issues?
2. What are the advantages of including enviornmental issues in your materials project?
3. Does your project follow any recognised procedures in handling enviornmental issues, e.g. REACH, LCA (ILCD or ISO 14040) or OECD guidelines for testing of chemicals etc.?
4. How do the environmental issues influence the outcome of your materials project? (EU, 2012:7)

Im Großen und Ganzen lässt sich feststellen, dass die Tendenzen der geführten Interviews sich in der Beantwortung des Fragebogens widerspiegeln, was für die akkurate Ausrichtung der Interviews spricht. Dabei ist aber eine Varianz in der Wertigkeit der Umweltthematik innerhalb der aktuellen Forschung auszumachen.

Die größtenteils (74%) erfolgende Einbindung von Umweltthemen in die Forschung wird auf die (zum Teil indirekte) Inklusion dieser Thematik in Call-Anforderungen zurückgeführt, eine Praxis, die sich auch auf Ebene der Interviews wiederfindet: Die Behandlung der Umweltthemen als Schwerpunktsetzung wurde, neben anderen Beweggründen, stark als von spezifischen Bedingungen der Förderung abhängig (Hypothese 3) angegeben.
Die Frage nach Vorteilen der Berücksichtigung der Umweltthematik in Projekten brachte eine häufige Nennung in der EU-Studie als mehrfach vorteilhaft (60%), wobei meist „Entwicklung von weniger schädlichen Materialien oder Prozessen“ (48%) und „höhere Attraktivität der

Forschungsergebnisse für die Industrie“ (40%), gefolgt von „Erhöhter Ressourceneffizienz“ (37%) und „Früher Berücksichtigung von Umwelt- und Risikoabschätzung“ (27%) genannt wurden. Diese Frage kann nur über Umwege mit den Ergebnissen der Arbeit verglichen werden: Die Attraktivität der Forschungsergebnisse für die Industrie spielte in den Interviews eine große Rolle. Durch die grundsätzliche Integration mit Umwelttechnik wurde die Berücksichtigung der Umweltthematik in den meisten Interviews als Basis der Projekte angenommen, die durch die zusätzliche Beachtung ökonomischer Faktoren ein erhöhtes Interesse der Industrie weckte. Damit wurde der höhere Reiz neuer Technologien unter anderem in Kosteneinsparungen für umweltfreundlichere Produkte im Vergleich zu konventionellen Methoden am Markt gesehen.
In einem Interview wurde, ebenso wie im Fragebogen die Notwendigkeit einer nachhaltigen und umweltfreundlichen Forschung mit der Anwendung durch die Industrie erklärt (T3).

Die „frühe Berücksichtigung von Umwelt- und Risikoabschätzung“ wurde in den Interviews nicht explizit als Vorteil genannt, aber dennoch häufig in unterschiedlicher Form und unter Berücksichtigung verschiedener Grenzen integriert (Hypothese 1): Im Gegensatz zu den Antworten des Fragebogens wurden bei den Interviews wenige externe Kriterien zur Umweltverträglichkeit angegeben (abgesehen von Ausschreibungskriterien). Meist erfolgten Abschätzungen, lediglich ein Projekt inkludierte den Punkt der (Öko-)Bilanzierung als eigenen Projektpartner (Hypothese 1). Standardisierte Methoden und Richtlinien, wie im Fragebogen angeführt, wurden nicht erwähnt; allerdings kann durch die explizite Ausrichtung des Leitfadens auf Nanotechnologie und damit verbundene Bewertungskriterien nicht auf ein automatisches Fehlen von z.B. aktuell ausschließlich konventionelle Chemikalien betreffende Standards (REACH etc.) geschlossen werden, da diese nicht eigens adressiert wurden.
Ein Einfluss der Umweltthematik auf die Ergebnisse der Projekte wurde in der EU-Studie bestätigt (70%, EU, 2012:20), wobei ein Großteil davon eine dadurch entstehende Steuerung des Forschungsprozesses (63%) und/oder eine darauf basierende Entwicklung angibt (33%). Angaben über eher geringe Auswirkungen auf Projekte wurden der Grundlagenorientiertheit der jeweiligen Forschung zugeschrieben. Der Umweltaspekt wurde in sämtlichen Interviews als Basis beziehungsweise zumindest wichtige Leitlinie der Forschung gesehen, wobei hier, ähnlich der Studie, teilweise zwischen Produktions- und Anwendungs-Ökorentabilität unterschieden wurde (vgl. T6: fragwürdige Produktionskette mikroelektronischer Bauteile, aber Entwicklung sensiblerer Umweltsensorik). Vergleichbar den Studienergebnissen wurde der Zusammenhang davon abhängig gemacht, inwieweit die Umweltthematik selbst als Basis des Projekts fungierte.

Die in der Studie enge Verbindung zwischen Vorteilen in Bezug auf Umwelt und/oder Nachhaltigkeit im Projekt (oder der Anwendungsentwicklung) und anderen Effekten (weniger Müll, Verwendung weniger schädlicher Materialien, größerer Produktivität, größere Innovation) (EU, 2012:22) wurde auch in den Interviews bestätigt.

Damit lässt sich festhalten, dass Entwicklungen innerhalb der Forschung durch politische, aber auch industrielle Anforderungen Ameliorationen im Umweltbereich explizit integrieren, diese größtenteils positiv bewertet werden und unter unterschiedlich starker Berücksichtigung die Wichtigkeit der Thematik erkannt wird.

6. THE BIG PICTURE – AUSBLICK AUF NACHHALTIGKEIT, TECHNIKENTWICKLUNG UND NANOTECHNOLOGIE

Wie in der Einleitung dargestellt, geht die nachhaltige Forschung und Technikentwicklung weit über den Fokus dieser Arbeit hinaus.

Seit der ersten Definition der „Nachhaltigen Entwicklung“ im sogenannten „Brundtland-Report“ (WCED, 1987[41]) sind sowohl Bedürfnisse aktueller und zukünftiger Generationen als auch die Berücksichtigung globaler ökologischer Grenzen zu deren Garantie inkludiert:

> „Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts:
>
> - the concept of 'needs', in particular the essential needs of the world's poor, to which overriding priority should be given; and
> - the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment's ability to meet present and future needs.“ (WCED, 1987: 2.IV)

Dieser Ansatz dient als Rahmen für die Einbettung rein techinscher Lösungen in einen größeren gesellschaftlichen Kontext.

Pohl et al. (2010) sehen den Begriff der nachhaltigen Entwicklung als *essentially contested concept* mit einer einleuchtenden abstrakten Idee mit breiter Zustimmung, jedoch ohne inhaltliche genauere Bestimmung und konkreter Umsetzung. Eine Reflexion der mit konkreten Handlungsoptionen verbundenen Wertkonflikte und der empirischen Unsicherheiten ist daher in

[41] WCED 1987. Online: http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I, 28.6.2013.

der Nachhaltigkeitsforschung als wissenschaftlicher Niederschlag des gesellschaftlichen Konzepts unumgänglich (Pohl et al., 2010). Einen Versuch der Konkretisierung in einem spezifischen Bereich der Nachhaltigkeit stellen die *green nano* Designprinzipien dar. Allerdings wird die Schwierigkeit der Integration von Nachhaltigkeit und Technikentwicklung durch eine Analyse deutscher Forschungsprogramme, die sowohl der Nanotechnologie als auch der Nachhaltigkeit eine gewisse Relevanz auf der Forschungsagenda seit den 1990er Jahren einräumt, durch eine gleichzeitige Verortung in verschiedenen Programmen trotz thematischer Überschneidungen klar (Zweck et al., 2007). Die 2001 publizierte deutsche Nachhaltigkeitsstrategie umfasste vier Prinzipien (intergenerationelle Gerechtigkeit, Lebensqualität, soziale Kohäsion, internationale Verantwortlichkeit), sechs Aktivitätsfelder und 21 Indikatoren für Monitoring, wobei 11 der letzteren durch die Nanotechnologieforschung abgedeckt werden, die neben ökologischen auch soziale und ökonomische Indikatoren (Beschäftigungsrate und Gender) beinhaltet. Die Wandlung von rein erkenntnisgetriebener zu anwendungsorientierter Forschung und der Konzentration auf mögliche industrielle Interessen zeigt hier den Schwerpunkt nicht auf Nachhaltigkeit sondern auf die Öffnung neuer Märkte, was eine Vernachlässigung anderer Felder mit möglichen Beiträgen zur Nachhaltigkeit (Bodenremediation, Wasserreinigung oder Schadstoffkontrolle) laut Zweck et al. (2007: 985) nach sich ziehen könnte. Dies ist, wie der Fokus meiner Arbeit zeigt, mittlerweile zumindest wahrgenommen worden.

Dennoch besteht die Vermutung, dass die von Sotoudeh (2005) postulierte Annahme der Zielkonflikte zwischen Nachhaltigkeit und Technikentwicklung, selbst in der grünen Produktion, ein großes Hemmnis für die Integration der beiden Agenden auch in der Forschung darstellt, obwohl Antworten der Interviewten erste Schritte in diese Richtung erkennen lassen. Eigendynamiken verschiedener gesellschaftlicher Teilsysteme und verschärfte Konflikte entlang ihrer Grenzen ermöglichen punktuelle Kooperation, erschweren aber von der Nachhaltigkeit geforderte holistischere Reaktionen, Informationen und gemeinsame Entscheidungen maßgeblich (Sotoudeh, 2005).

Die nicht erfolgende Umsetzung von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen im direkten Bezug auf die *green nano* Designprinzipien könnte daher zeigen, dass hier trotz Stakeholder-Einbindung eine Parallelentwicklung zur Forschungsrealität beziehungsweise zur Forschungspolitik – zurückzuführen auf unterschiedliche Prämissen - stattgefunden hat. Andere Gründe hierfür könnten allerdings der kurze Zeitraum zwischen Entwicklung des Konzepts und der Erstellung

dieser Arbeit, Interviews mit PartnerInnen an falschen Instituten oder der mangelnde Gewinn durch das Konzept für die Forschung aufgrund zu genereller Richtlinien sein.

Bereits 2007 wurde die Frage der Rolle der nachhaltigen Nanotechnologie und der Rolle der Technikfolgenabschätzung in ihrer Entwicklung von Fleischer und Grunwald (2007) diskutiert. Dabei sehen sie Technologieentwicklung als ambivalent der Nachhaltigkeit gegenüber, verantwortlich für eine erhöhte Nachfrage nach Ressourcen, Energie, Infrastruktur, Materialflüssen etc. und als gleichzeitiger Schlüsselfaktor von Innovationssystemen mit Einfluss auf Wohlstand, Konsummuster, sozialen Beziehungen und kulturellen Entwicklungen. Nachhaltige Technikentwicklung wird im Rahmen limitierter Ressourcenverfügbarkeit (daher benötigte Effizienz), limitierter *carrying capacity* der Umwelt, intra- und intergenerationaler Gerechtigkeit und Partizipation gesehen und ihr Einfluss als ein Produkt von sowohl technischen Parametern als auch sozialer Einbettung argumentiert, weshalb eine adäquate Formung der Technologie und ihres sozialen Umfelds gleichsam für eine Entwicklung in Richtung Nachhaltigkeit notwendig sind. Interessanterweise wird Nanotechnologie hier als Beitrag zur *green chemistry* verstanden (Fleischer/Grunwald, 2007: 892), im Gegensatz zu den in der Arbeit diskutierten eigenen Richtlinien für eine *green nanotechnology*, was für eine einfache Übertragbarkeit der Prinzipien und gegen die Notwendigkeit einer Trennung zwischen verschiedenen Gebieten wie der Chemie und Nanotechnologie in gewissen Zusammenhängen spricht.
Die Diskussion der Rolle der TA zeigt einen ähnlichen Zugang wie der Leitbildansatz (siehe Kap. 1.3), was auf eine Konformität der ideellen Ausrichtung und der dahinterstehenden Vorstellungen oder eine direkte gegenseitige Bezugnahme hindeutet. Sie wird einerseits als Angebot von Wissen und Orientierung für Akteure, andererseits als Beeinflussung der Technologie in Richtung Frühwarnung und Potentialfeststellung gesehen. Da der Prozess zwischen Nanotechnologie und Gesellschaft als gegenseitige Beeinflussung beschrieben wird, inkludieren die Effekte der Nanotechnologie auf nachhaltige Entwicklung auch soziale Aspekte, weshalb ihre Möglichkeiten des Beitrags zur nachhaltigen Entwicklung nicht allein von der Technologie, sondern auch von gesellschaftlichen Mechanismen in ihrem Zusammenhang abhängen (Kap. 1.3). „The systemic nature of societal interactions with new technologies, for example through feedback loops and by emerging effects by self-organisation, needs to be taken into account. Such systemic effects (like rebound-effects) could undermine achieving the expected potentials of nanotechnology with regard to sustainable development.“

(Fleischer/Grunwald, 2007: 895). Der Entwurf von Nanotechnologie für nachhaltige Entwicklung muss daher beide Seiten - Nachhaltigkeitskriterien genauso wie die gesellschaftliche Einbettung der Technologie und eventuelle Wechselwirkungen – bedenken und spezifische Indikatoren passend für die Vielfalt nachhaltiger Aspekte entwickeln. In dieser Mannigfaltigkeit kann jedoch die Gefahr möglicher Zielkonflikte und Zweifel an der Beständigkeit der Indikatoren gesehen werden (z.B. ökologische Vorteilhaftigkeit der grünen Chemie vs. ökonomische Wettbewerbsfähigkeit, wie teilweise in Interviews angegeben). Verschiedene Ziele, darunter Ähnlichkeiten zum Leitbild-Ansatz (Kap 1.3) zukünftiger Forschungsprogramme nachhaltiger Nanotechnologie werden genannt (unter Anderem vorausblickende Versuche zur Identifikation relevanter und vielversprechender Themen in den R&D-Agendas, Effekte und Implikationen der Integration der *green chemistry* an der Quelle, Entwicklung von „problemorientierten" Roadmaps), gleichzeitig weisen die Autoren jedoch auf einen gewissen experimentellen Charakter der Einführung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen hin (Fleischer/Grunwald, 2007: 897). Das *green nano* Konzept könnte als ein solches Experiment gesehen werden und einen Teil dieses Roadmappings „nachhaltiger Nanotechnologie" darstellen, ohne freilich über den Rahmen der ökologischen Produktion hinaus zu gehen.

Um zukünftige Entwicklungen und Konsequenzen auszuloten, bestehen in der Erarbeitung von Szenarien basierend auf verschiedenen sozioökonomischen Annahmen (z.B. Wiek et al., 2009) mögliche Ansätze um auch gesellschaftliche Rahmenbedingungen in Überlegungen zu integrieren. Das Wachstumsparadigma nimmt durch seinen hohen Stellenwert in Agenden und Aktionsplänen, auch aktuell in der Technikentwicklung eine wichtige Rolle ein, eine Aussicht, die in der Nachhaltigkeitsforschung und Einzelinitiativen besonders in den letzten Jahren nicht immer vorbehaltlos geteilt wird (z.B. Initiative *Wachstum im Wandel* des österreichischen Lebensministeriums[42]).
Insofern kann kurz resümiert werden, dass der zugrunde liegende Begriff bzw. die Vorstellung von Nachhaltigkeit ausschlaggebend für die Richtung zukünftiger Nanotechnologie-Entwicklung ist und die Integration unteschiedlicher Ausrichtungen und Credos verschiedener gesellschaftlicher Akteursgruppen eine Herausforderung bleiben wird.

[42] http://www.wachstumimwandel.at/, 5.7.2013.

7. REFERENZEN

7.1. Literatur

AG Green Nano der deutschen Nanokommission (2010) Aspekte einer nachhaltigen Gestaltung von Nanotechnologien – 13 Designprinzipien. Stand 30.8.2010. Online abrufbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nano_designprinzipien_bf.pdf, 30.11.2012.

Bernhardt, Emily S., Colman, Benjamin P., Hochella, Mike F. Jr., Cardinale, Bradley J., Nisbet, Roger M., Richardson, Curt J., Yin, Liyan (2010): An Ecological Perspective on nanomaterial Impacts in the Environment. In: Journal of Environmental Quality, Vol. 39, Nov./ Dez. 2010.

Berloznik, Robert und Van Langenhove, Luk (1998) Integration of Technology Assesssment in R&D Management Practices. In: Technological Forecasting and Social Change 58, 23-33.

Bogner, Alexander und Menz, Wolfgang (2009a) Experteninterviews in der qualitativen Sozialforschung. Zur Einführung in eine sich intensivierende Methodendebatte. In: Bogner, Alexander, Littig, Beate, Menz, Wolfgang (Hrsg.) (2009) *Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfelder*. 3., grundlegend überarbeitete Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer, 7-31.

Bogner, Alexander und Menz, Wolfgang (2009b) Das theoriegenerierende Experteninterview. Erkenntnisinteressse, Wissensformen, Interaktion. In: Bogner, Alexander, Littig, Beate, Menz, Wolfgang (Hrsg.) (2009) *Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfelder*. 3., grundlegend überarbeitete Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer, 61-98.

Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF (2006) Die Hightechstrategie für Deutschland. Online: http://www.research-in-germany.de/dachportal/de/Forschungslandschaft/High-Tech_Strategie.html, 5.7.2013.

Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF (2011a) Aktionsplan Nanotechnologie 2015. Online unter: http://www.bmbf.de/pub/aktionsplan_nanotechnologie.pdf, 23.6.2013.

Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF (2011b) nano.de-Report 2011. Status quo der Nanotechnologie in Deutschland. Online unter: http://www.bmbf.de/pub/nanoDE-Report_2011.pdf, 27.6.2013.

Deutsches Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - BMU (Hrsg.) (2010): Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien. Bericht und Empfehlungen der NanoKommission 2011. Online: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nano_schlussbericht_2011_bf.pdf, 30.11.2012.

Deutsches Umweltbundesamt – UBA (2009): Nanotechnik für Mensch und Umwelt – Chancen fördern und Risiken mindern. Stand Oktober 2009. Online: http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3765.pdf, 25.6.2013.

EEB and European Commission (2009): Nanotechnologies in the 21st century-challenges and opportunities to green nanotechnologies. Issue 1st April 2009.

Environment Directorate OECD (2013) Current Developments in Delegations on the Safety of Manufactured Nanomaterials. Tour de Table. Sereis on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 37 (ENV/JM/MONO(2013)2) Online: http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono%282013%292&doclanguage=en, 25.6.2013.

EPA (2006a) Green Chemistry. Online abrufbar unter: http://www.epa.gov/opptintr/greenchemistry/pubs/principles.html, 18.11.2012.

EPA (2006b) Green Engineering. Online abrufbar unter: http://www.epa.gov/oppt/greenengineering/pubs/whats_ge.html, 18.11.2012.

Europäische Kommission (2011a) Empfehlung der Kommission vom 18. Oktober 2011 zur Definition von Nanomaterialien (2011/696/EU). Online unter: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:de:PDF, 4.7.2013.

Europäische Kommission (2011b) Successful European Nanotechnology Research. Outstanding science and technology to match the needs of future society (EUR 24524 EN) Online: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/successful-eu-nanotech-research_en.pdf, 13.6.2013.

European Commission (2012): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee. Second Regulatory Review on Nanomaterials. COM (2012) 572 final. Online abrufbar unter: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0572:FIN:en:PDF, 30.11.2012.

EU Orientation Paper (2012; Draft) Cooperation Theme 4. Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new production technologies – NMP. Online: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nmp-2012-orientation-paper_en.pdf, 27.6.2013.

EU (2012) Report on Responses to Questionnaire on Environmeal Issues in FP7 NMP Projects on Materials. European Commission (EUR 12366 EN). Online: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/env-questionnaire-report_en.pdf, 28.6.2013.

Fleischer, Torsten, Decker, Michael, Fiedeler, Ulrich (2004) Assessing emerging technologies – methodological challenges and the case of nanotechnologies. In: *Technological Forecasting & Social Change* 72 (2005) 1112-1121.

Fleischer, Torsten, Grunwald, Armin (2008) Making nanotechnology developments sustainable. A role for technology assessment? In: Journal of Cleaner Production 16 (2008) 889-898.

Friends of the Earth (2010): Nanotechnology, climate and energy: over-heated promises and hot air? Online: http://www.foe.co.uk/resource/reports/nanotechnology_climate.pdf, 19.7.2012

Froschauer, Ulrike und Lueger, Manfred (2003) Das qualitative Interview – zur Praxis interpretativer Analyse sozialer Systeme. UTB-Verlag, Stuttgart.

Karn, Barbara (2008) The Road to Green Nanotechnology. In: Journal of Industrial Ecology (2008), vol. 112, no. 3, 263-266.

KOM (2005) Mitteilung der Kommission an den Rat, das europäische Parlament und den Wirtschafts- und Sozialausschuss. Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Ein Aktionsplan für Europa 2005-2009 (KOM(2005) 243 endg.). Online: http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nano_action_plan2005_de.pdf, 25.6.2013.

KOM (2008) Empfehlung der Kommission vom 07/02/2008 für einen Verhaltenskodex für verantwortungsvolle Forschung im Bereich der Nanowissenschaften und –technologien (KOM(2008) 424 endg.). Online: http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nanocode-rec_pe0894c_de.pdf, 27.6.2013.

Meuser, Michael und Nagel, Ulrike (1991) Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht. In: Garz, Delef, Kraimer, Klaus (Hrsg.) (1991) Qualitativ-empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen. Opladen, Westdeutscher Verlag.

Meuser, Michael und Nagel, Ulrike (2009) Experteninterview und der Wandel der Wissensproduktion. In: Bogner, Alexander, Littig, Beate, Menz, Wolfgang (Hrsg.) (2009) *Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfelder*. 3., grundlegend überarbeitete

Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer, 35-60.Mieg, Harald A. und Näf, Matthias (2005): Skript zur Experteninterviews in den Umwelt- und Planungswissenschaften. Eine Einführung und Anleitung. ETH Zürich. Download unter: http://www.mieg.ethz.ch/education/Skript_Experteninterviews.pdf, 20.6.2013.

Mueller, Nicole C., Nowack, Bernd (2008): Exposure Modeling of Engineered Nanoparticles in the Environment. In: Environmental Science and Technology, 2008, 42, 4447-4453.

Österreichisches Lebensministerium – LM (2009) Österreichischer Aktionsplan Nanotechnologie. Wien. Download unter: http://nanoinformation.at/oesterreichischer-aktionsplan/der-oesterreichische-aktionsplan-nanotechnologie.html, 25.6.2013.

Paumann, Renate, Mühlegger, Simone (Hg.) (2012) Österreichischer Aktionsplan Nanotechnologie – Umsetzungsbericht 2012.

Peralta-Videa, Jose R., Zhao, Lijuan, Lopez-Moreno, Martha L., Rosa, Guadalupe de la, Hong, Jie, Gardea-Torresdey, Jorge L. (2011): Nanomaterials and the environment: A review fort he biennium 2008-2010. In: Journal of Hazardous Materials 186 (2011) 1-15.

Pfadenhauer, Michaela (2009) Auf gleicher Augenhöhe. Das Experteninterview- ein Gespräch zwischen Experte und Quasi-Experte. In: Bogner, Alexander, Littig, Beate, Menz, Wolfgang (Hrsg.) (2009): Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfelder. 3., grundlegend überarbeitete Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer, 99-116.

Pohl, Christian, Wülser, Gabriela und Hadorn, Gertrude Hirsch (2010) Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung: Kompromittiert die Orienteirung und der gesellschaftlichen Leitidee den Anspruch als Forschungsform? In: Bogner, Alexander, Kastenhofer, Karen und Torgersen, Helge (Hrsg.) Inter- und Transdisziplinarität im Wandel? Neue Perspektiven auf problemorientierte Forschung und Politikberatung, Nomos, Baden-Baden, 2010.

Proviso (2011): Midtermbericht. Online unter: http://www.bmwf.gv.at/fileadmin/user_upload/europa/proviso/publikationen/MBNMP2556sch021210_neu.pdf, 21.6.2013.

Reihlen, Antonia und Jepsen, Dirk (2012a) FachDialog 3 – Nachhaltige Nanotechnologien. Hintergrunddokument. ÖKOPOL, Institut für Ökologie und Politik. Hamburg. Online abrufbar unter: http://www.oekopol.de/de/themen/chemie/nano/nanofachdialog/fd3/FD3_Hintergrund_120601.pdf, 30.11.2012.

Reihlen, Antonia und Jepsen, Dirk (2012b) Nachhaltige Nanotechnologien. Bericht. ÖKOPOL, Institut für Ökologie und Politik. Hamburg. Online: http://www.oekopol.de/de/themen/chemie/nano/nanofachdialog/fd3/FD3_Bericht_201220_v2.pdf, 30.11.2012.

Rhomber, Wolfram, Budde, Björn, Leitner, Karl-Heinz (Hg.) (2012) BMVIT Nanostrategie. Perspektiven für eine FTI-Politik im Bereich der Nanotechnologie. AIT – F&PD –Report, Vol. 68.

Riediker, Michael, Katalagarianakis, Georgios (Hg) (2012) Compendium of Projects in the European NanoSafety Cluster. 2012 Edition. Online: http://www.nanosafetycluster.eu/uploads/files/pdf/Compendium2012_u2_web.pdf, 4.7.2013.

Roco, Mihail C. (2005): International perspective on government nanotechnology funding in 2005. In: Journal of Nanoparticle Research, Vol. 7: 707-712. 2005.

Sabadie, Jesús Alquézaer (2011) Investing in Green R&D: The experience of EU R&D funding and the possible role of financial institutions. European Commission, DG Research & Innovation Directorate G, "Industrial technologies". Konferenzbeitrag. Online unter: http://www.etechgermany.com/en/sustainablefinanceconference2011/conference_material/day1/Paper-%20Greening%20R&D.pdf, 25.6.2013.

Schmidt, Karen F. (2007) Green nanotechnology: It's easier than you think. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on Emerging Nanotechnologies. Pen 8, 2007. Online abrufbar unter: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2701/187_greennano_pen8.pdf, 30.11.2012.

Schwarz, Astrid E. (2009) Green Dreams of Reason. Green Nanotechnology Between Visions of Excess and Control. In: Nanoethics (2009) 3: 109-118.

Sellers, Kathleen, Mackay, Christopher, Bergeson Lynn L., Clough, Stephen R., Hoyt, Marilyn, Chen, Julie, Hendry, Kim, Hamblen, Jane (2009): Nanotechnology and the Environment. CRC Press, Talyor & Francis Group.

Shapira, Philip und Youtie, Jan (2012) The economic contributions of nanotechnology to green and sustainable growth (DSTI/STP/NANO(2012)14) Online: http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=DSTI/STP/NANO%282012%2914&docLanguage=En, 27.6.2013.

Smith, Geoffrey B., Granqvist Claes G. (2011): Green Nanotechnology – Solutions for Sustaiability and Energy in the Built Environment. Taylor & Francis Inc 2010.

Sotoudeh, Mahshid (2005) Nachhaltigkeit und Technikentwicklung: Anmerkungen zu Wechselwirkungen und Hemmnissen. In: Nentwich, Michael und Peissl, Walter (Hrsg.) (2005) Technikfolgenabschätzung in der österreichischen Praxis. Festschrift für Gunther Tichy. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

Stahel, Walter R. (1998) Ökologische Lösungsansätze: Von der Produktgestaltung zu Systemlösungen. In: Wächter, Christine, Getzinger, Günther, Oehme, Ines, Rohracher, Harald, Spök, Armin, Suschek-Berger, Jürgen, Tritthart, Wibke, Wilding, Peter et al. (Hg.) Technik Gestalten. Interdisziplinäre Beiträge zu Technikforschung und Technologiepolitik, S. 273-281. Technik- und Wissenschaftsforschung, Bd. 31 (Hg: Bammé, Arno, Baumgartner, Peter, Berger, Willhelm, Kotzmann, Ernst). München-Wien 1998. Profil Verlag.

Steinfeldt, Michael, Gleich, Arnim von, Petschow, Ulrich, Haum, Rüdiger (2010a): Nanotechnologies, Hazards and Resource Efficiency. A three-tiered approach to assessing the implications of nanotechnology and influencing its development. Springer 2010.

Steinfeldt, Michael, von Gleich, Arnim, Petschow, Ulrich, Pade, Christian und Sprenger Rolf-Ulrich (2010b): Entlastungseffekte für die Umwelt durch nanotechnische Verfahren und Produkte. Kurzfassung. UBA, Texte 22/2010.

Swiss National Science Foundation (2009) Chancen und Risiken von Nanomaterialien. Ausführungsplan des Nationalen Forschungsprogramms NFP 64. Bern. Online abrufbar unter: http://www.nfp64.ch/SiteCollectionDocuments/nfp64_ausfuehrungsplan_d.pdf, 2.12.2012.

Swiss National Science Foundation – SNF (2012) Porträt des Nationalen Forschungsprogramms (NFP64) Chancen und Risiken der Nanotechnologie. 2.Auflage. Download unter: http://www.nrp64.ch/SiteCollectionDocuments/nfp64_programmportraet_d.pdf, 25.6.2013.

Türk, Volker, Kuhndt, Michael (2003): Will Nanotechnology Contribute to Sustainable Development? Wuppertal Papers. Wuppertal Instiute for Climate, Energy and Environment, Germany.

VDI (2011) Informationsbrief Nr. 27. Online unter: http://www.nks-nano.de/files/FP7_27_Infobrief.pdf, 25.6.2013.

Vogt, Martin (2011) Das NMP-Arbeitsprogramm 2011 – Schwerpunkt Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Neue Chancen im 7. FRP der EU. Präsentation online: http://tu-

dresden.de/forschung/epc/infoveranstaltung_IKT_NMP_Juni_2010/FP7_NMP-Arbeitsprogramm%202011_Vogt.pdf, 27.6.2013.

Wiek, Arnim, Gasser, Lukas, Siegrist, Michael (2009) Systemic scenarios of nanotechnology: sustainable governance of emerging technologies. In: Futures 41 (2009) 284-300.

Williams, Richard A., Kulinowski, Kristen M., White, Ronald, Louis, Garrick (2010): Risk Characterization for Nanotechnology. In: Risk Analysis 30 (2010) 11: 1671-1679.

Working Party on Nanotechnology – WPN (2012) Nanotechnology for Green Growth (DSTI/STP/NANO(2012)3).

World Commission on Environment and Development - WCRD (1987) Our Common Future. „Brundtland“ Report. Online: http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I, 28.6.2013.

Von Gleich, Arnim, Steinfeldt, Michael, Petschow, Ulrich (2007) A suggested three-tiered approach to assessing the implications of nanotechnology and influencing its development. In: Journal of Cleaner Production 16 (2008) 899-909.

Zweck, Axel, Bachmann, Gerd, Luther, Wolfgang und Ploetz, Christiane (2007) Nanotechnology in Germany: from forecasting to technological assessment to sustainability studies. In: Journal of Cleaner Production 16 (2008) 977-987.

7.2. Internetquellen und -verweise:

7.2.1. Europäische Union

- Cordis-Datenbank: http://cordis.europa.eu/projects/home_en.html, 13.6.2013, Suche: 7.RFP.
- Homepage der Europäischen Kommission zur Nanotechnologie: http://ec.europa.eu./nanotechnology/key_en.html, 7.11.2012.
- Nanosafetycluster: www.nanosafetycluster.eu, 5.7.2013.

7.2.2. Deutschland

- Arbeitsgruppe Environmental Nanotechnology (TU Dresden): http://nano.tu-dresden.de/pages/resline_2.html, 5.7.2013.
- BUND: http://www.bund.net/themen_und_projekte/nanotechnologie/recht_politik/gesetze_verordnungen/novel_food_verordnung/, 5.7.2013.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG: www.dfg.de, 23.6.2013.

- Fachgebiet 10 (Universität Bremen): http://www.tecdesign.uni-bremen.de/typo3/index.php, 4.7.2013.
- Hightech-Strategie 2020: http://www.research-in-germany.de/dachportal/de/Forschungslandschaft/High-Tech_Strategie.html, 15.06.2013.
- Kompetenzatlas Nanotechnologie in Deutschland: http://www.nano-map.de/#hide_2, 20.6.2013.
- NanoCare: http://www.nanopartikel.info/cms/Projekte/NanoCare, 5.7.2013.
- NanoChance-Ausschreibung: http://www.bmbf.de/foerderungen/10758.php, 15.06.2013#
- NanoDialog: http://www.bmu.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/ergebnisse-aus-der-zweiten-nanodialog-phase-2009-2011/, 4.7.2013.
- NanoNature-Ausschreibung: http://www.bmbf.de/foerderungen/12531.php, 2.6.2013.
- NanoNature - Information: http://nanopartikel.info/cms/Projekte, 23.6.2013.
- NAPASAN: http://www.nanoobjects.info/cms/Projekte/NAPASAN;jsessionid=2C33729965C953641BA0256D6947791B, 5.7.2013.
- Nationale Kontaktstelle Nanotechnologie - NKS: www.nks-nano.de, 25.6.2013.
- Steinfeldt, Michael, Fachgebiet 10 (Universität Bremen): http://www.tecdesign.uni-bremen.de/typo3/mitarbeiter/wissenschaftliche-mitarbeiter/michael-steinfeldt.html, 4.7.2013.
- Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de

7.2.3. Österreich

- Cordis Austria: http://cordis.europa.eu/newsearch/index.cfm?page=resultListGET&formid=form_all&exactphrase=green%20nano&asft=only&useraction=advanced_search&controlsession=false, 12.06.2013.
- EHS-Programm: http://www.ffg.at/1-ausschreibung-nano-ehs, 13.06.2013.
- FWF: http://www.fwf.ac.at/asp/projekt_res.asp, 13.06.2013.
- FFG: 7. Rahmenforschungsprogramm: http://rp7.ffg.at/nmp_ergebnisse_success_stories, 17.11.2012.

- Lebensministerium – Nanotechnologie: http://www.lebensministerium.at/umwelt/chemikalien/nanotechnologie/aktionsplan_12.html, 2.12.2012.
- Mattsson EU-Lebenslauf: http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/cv_scenihr_mattsson2_en.pdf, 18.6.2013.
- Nanoinformationsplattform: http://nanoinformation.at, 5.7.2013.
- Stellungnahmen zum Österreichischen Aktionsplan auf: http://www.lebensministerium.at/umwelt/chemikalien/nanotechnologie/nano-aktionsplan.html, 25.6.2013.
- Österreichische Nanoinitiative: www.nanoinitiative.at, 25.6.2013.
- NANoREG: www.nanoreg.eu
- NanoSan: http://www.nanoobjects.info/cms/Projekte/NanoSan;jsessionid=ACD3F09393970052DDF120DE02D812EF, 5.7.2013.
- SIINN: http://www.siinn.eu, 19.6.2013.
- Wachstum im Wandel: www.wachstumimwandel.at, 5.7.2013.

7.2.4. Schweiz

- EPFL: NanoPEC: http://nanopec.epfl.ch/, 2.6.2013.
  Elektrotechnik (CSEM): www.csem.ch, 2.6.2013.
  Engineering Faculty http://sti.epfl.ch/, 2.6.2013.
  Laboratory of semiconductor materials: http://lmsc.epfl.ch/, 2.6.2013.
  Photovolatics laboratory: http://pvlab.epfl.ch/, 2.6.2013.
- Homepage des SNF: http://www.snf.ch/E/current/SNFInfo/Pages/_xc_morearticles.aspx?NEWSID=1653&WEBID=F6B532FB-64ED-466F-8816-193D4DE8DC94, 13.6.2013.

7.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über künstliche Nanomaterialien (aus: Peralta-Videa et al., 2011: 5 [übersetzt]) 10

Abbildung 2: Vier Produktgenerationen - Industrielle Prototypen und beginnende Kommerzialisierung (aus: Roco, 2005: 708) 14

Abbildung 3: Mögliches Zusammenspiel zwischen Technik und Leitbild (aus: Reihlen/Jepsen, 2012b: 18) 21

7.4. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Relevante Fragen in Bezug auf Umweltverträglichkeit und nachhaltige Produktion (modifiziert und übersetzt nach: EEB/EC, 2009: 11-18) 18
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Prinzipien der *green chemistry* und des *green engineering* (übersetzt) 23
Tabelle 3: Die *green nano* Designprinzipien (aus: AG Green Nano, 2010: 6-10) 26
Tabelle 4: Mögliche zukünftige Einsatzgebiete der Nanotechnolgie laut E-Mails 60
Tabelle 5: statistische Übersicht der Email-Anfragen für Interviews 62

8. ANHANG

Anschreiben Step 01

Sehr geehrter Herr/ Frau XY!

mein Name ist Daniela Fuchs und ich schreibe momentan an meiner Diplomarbeit im Fach Humanökologie an der Universität Wien in Kooperation mit dem Institut für Technikfolgenabschätzung (ITA) zum Themenbereich Nanotechnologie im deutschsprachigen Raum.

Ich setze mich mit der Umsetzung eines „green nano“ Konzepts und nachhaltiger Ausrichtung der Nanotechnologie, vorrangig im Gebiet der Umwelttechnologie, auseinander. Besonders interessiert mich hierbei die implizierten Nachhaltigkeitsauffassungen von Projekten in aktuell aktiven Gebieten der Nanotechnologie und die Übereinstimmung mit politischen Konzepten zu „green nano“.

Da ich mich gerade in der explorativen Phase meiner Forschungsfeldanalyse befinde, würde ich Sie bitten, mir hierzu einige Fragen zu beantworten:

1 Auf welche Umweltbereiche (Energieeffizienz, Ressourcenschonung etc.) könnte sich Nanotechnologie positiv auswirken?

2 In welchen Bereichen der Nanotechnologie in diesem Zusammenhang wird gerade am aktivsten geforscht und wo werden mittelfristig (in den nächsten 3 Jahren) die größten Fortschritte erwartet?

3 Welche Forschungsgebiete erweisen sich aktuell für Investoren am interessantesten und wo herrscht vorwiegend Interesse an Erkenntnisinteresse?

4 Wissen Sie von Forschungsprogrammen im Zusammenhang mit dieser Fragestellung bzw. können Sie mir Institute und/oder Kontaktpersonen nennen?

5 Wissen Sie von konkreten Forschungsprojekten bzw. können Sie mir Institute und/oder Kontaktpersonen nennen, die diese durchführen bzw. finanzieren?

6 Haben Sie ansonsten Hinweise für mich, wo ich ansonsten noch Informationen dazu finden könnte?

Vielen Dank im Voraus für Ihre Hilfe!

Mit freundlichen Grüßen,

Leitfaden ForscherInnen

1. Eingang/ Projekt

1.1. Könnten Sie bitte kurz sich selbst und ihren beruflichen Hintergrund vorstellen?

1.1.1. Womit beschäftigen Sie sich aktuell und in welchen Ihrer Projekte geht es um Nanotechnologie?

1.2. Könnten Sie mir bitte kurz etwas zu Ihrem Projekt erzählen?

1.3. In welche Disziplin ordnen Sie Ihr Projekt ein? Bei Interdisziplinarität: Gibt's eine Leitdisziplin? Würden Sie sich zur Nano-Community zuordnen?

1.4. Abgesehen von den Projektpartnern – mit welchen Institutionen arbeiten Sie auf Ihrem Gebiet zusammen?

1.5. Welchen Markt erwarten Sie sich durch das Projekt zu erreichen? Wer sind Ihre Auftraggeber bzw. Abnehmer des Verfahrens (Sektoren)?

2. Nanotechnologie als Problemlösung (zukünftiger) Probleme

2.1. In welchem Zusammenhang sehen Sie Nanotechnologie und Nachhaltigkeit im ökologischen Sinn? Wo sehen Sie Möglichkeiten des Umwelt-, Klima-, Ressourcenschutzes, wird durch Ihr Projekt ein bisheriges Verfahren/ Produkt verbessert oder neue Möglichkeiten geöffnet? Gibt es Aspekte, die Ihnen besonders wichtig sind oder die Sie in Ihrem Projekt besonders berücksichtigen?

2.2. Kann Ihrer Meinung nach die Nanotechnologie einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in Hinblick auf Umweltschutz bzw. –wiederherstellung leisten? Wenn ja, auf welche Weise?

2.3. Ist für eine nachhaltige Entwicklung in Bezug auf Umweltschutz bzw. –wiederherstellung Nanotechnologie auf technischer Seite Ihrer Meinung nach eine effiziente Lösung? Wenn ja, warum, bzw. warum nicht?

2.4. Könnten Vorteile der Nanotechnologie auch realistisch auf anderem Weg erzielt werden? Gibt es ähnlich gute, nicht-nanotechnologische Verfahren?

2.5. Welche Vorteile gibt es auf Umwelt- und ökonomischer Sicht (direkt und indirekt)?

3. Green nano als Begriff/ Konzept in der Forschung

3.1. Sind Sie mit den Prinzipien, die aus der Green Chemistry kommen, vertraut?

3.1.1. Falls nicht, was erscheint Ihnen im Hinblick auf Gestaltungsprinzipien für eine umweltbezogene Nanotechnologie wichtig (Produktion, Anwendung etc.)? Was

könnten/ sollten diese umfassen?

3.2. Ist Ihnen der Begriff „green nano“ vertraut? Was verstehen Sie darunter?

3.2.1. Wenn ja, würden Sie ihn im Zusammenhang mit Ihrer Forschung verwenden?

3.3. Sind für Sie in Ihrem Feld Nachhaltigkeitskriterien bei der Forschung relevant? Wenn ja, welche und auf welche Bereiche beziehen sie sich (Fertigungsprozess, Anwendung, etc.)? Sind es institutsinterne oder -externe Kriterien?

4. Rolle der staatlichen/ überstaatlichen Förderung

4.1. Welche Fördermöglichkeiten erachten Sie besonders sinnvoll im Bereich der Umwelttechnologie/ Nanotechnologie?

4.2. Welche Möglichkeiten der Förderung gibt es bisher für Integrierte Produktion?

5. Ende/Ergänzung

5.1. Was war für Sie ausschlaggebend, sich in diesem Bereich zu vertiefen? Möchten Sie noch etwas ergänzen (z.B. weitere Ansprechpartner)?

Leitfaden Research Mr. Mattsson (English, short)

1. **To start/ about the project**
   - 1.1. Could you please tell me shortly about your professional carreer?
     - 1.1.1. What's the main focus of your work and which projects dealing with nanotechnology are you working on currently (are there any reports or homepages where I can look it up?)
     - 1.1.2. Could you please tell me a little bit about your projects?
   - 1.2. Would you consider you and your work as part of nanotechnology-community? Or is nanotechnology just one among different disciplines important for your work? Is there a leading discipline?
   - 1.3. What are the main institutes you are cooperating with?
2. **Nanotechnologie als Problemlösung (zukünftiger) Probleme**
   - 2.1. In your work, is there a specific relation between sustainability and nanotechnology? Are you considering sustainability in any way, no matter if within your research results or the manufacturing process of the prototypes if there are any?
     - 2.1.1. Are there any sustainability criteria relevant for your lab?
   - 2.2. What are the alternatives to nanotechnology regarding the results of your projects? Are there any?
3. **The term Green nano and it's use as research concept**
   - 3.1. Would you consider your work as „green"?
   - 3.2. Are you familiar with the green nano design principles?
     - 3.2.1. If not, which issues should they comprise?
     - 3.2.2. Do you consider them (coming from green chemistry) in any way as necessary or helpful?
4. **Role of financial support**
   - 4.1. Which are the main funding possibilities in your field? Which are especially useful for environmental engineering and nanotechnology?
5. **Additions**
   - 5.1. Do you have any additions?

Leitfaden Forschungsförderung/ OECD (Mag. Pogány)

1. **Eingang**
   - 1.1. Könnten Sie bitte kurz sich selbst und ihren beruflichen Hintergrund vorstellen?
   - 1.2. Welche sind die wichtigsten Institutionen (national/international) für Zusammenarbeit im Nano/Umwelt-Bereich?
2. **Hypothese 1:**
   - 2.1. In welchem Zusammenhang sehen Sie Nanotechnologie und Nachhaltigkeit? (Aspekte!)
   - 2.2. In welchen gesellschaftlichen Bereichen wird diese besonders wichtig?
   - 2.3. Ist für eine nachhaltige Entwicklung in Bezug auf Nanotechnologie die technische Seite Ihrer Meinung nach eine effiziente Lösung? Wenn ja, warum, bzw. warum nicht?
   - 2.4. Könnten die Vorteile der Nanotechnologie auch realistisch auf anderem Weg erzielt werden? Gibt es ähnlich gute, nicht-nanotechnologische Verfahren?
   - 2.5. Welche Vorteile gibt es auf Umwelt- und ökonomischer Sicht (direkt/ indirekt)?
3. **Hypothese 2:**
   - 3.6. Was verstehen Sie unter green nano?
   - 3.7. Was wird aktuell dazu in der OECD diskutiert? Stand der Dinge?
     - 3.7.1. In welchen Bereichen ist dieses Schlagwort Ihrer Meinung nach relevant?
   - 3.8. Sind Sie mit den Prinzipien, die aus der Green Chemistry kommen, vertraut?
     - 3.8.1. Falls nicht, was erscheint Ihnen im Hinblick auf Gestaltungsprinzipien für nachhaltige Nanotechnologie wichtig? Was könnten/sollten diese umfassen?
     - 3.8.2. Ist die Entwicklung eines Codes of Conducts in Österreich im Gespräch?
     - 3.8.3. Wo ist Ihrer Meinung nach eine Weiterentwicklung wünschenswert und in welche Richtung sollte die gehen?
4. **Hypothese 3:**
   - 4.6. Welche Fördermöglichkeiten erachten Sie besonders sinnvoll im Bereich der Umwelttechnologie/ Nanotechnologie/ ihrem Bereich?
   - 4.7. Gibt es dafür ein einheitliches Konzept, zusätzlich zu EU-Richtlinien?
   - 4.8. Einfluss von Designprinzipien sichtbar? Andere/ eigene Entwicklung (je nach Nationalität)?
5. **Ende**
   - 5.1. Möchten Sie noch etwas ergänzen (Ansprechpartner)?

Leitfaden Kommentierung (Dipl.-Ing. Steinfeldt)

1. Bitte um allgemeine Kommentare zu den Aussagen (Auffälligkeiten, neue Assoziationen)

2. Gab es Versuche, die *green nano* Designprinzipien konkret in der Forschung zu etablieren?

3. Wurde nach der Veröffentlichung der Designprinzipien 2010 noch weitere Anläufe unternommen, den Ansatz weiter zu entwickeln?

Kurzfassung

Durch das Potential der Nanotechnologie, Zugänge zu Technologien fundamental zu revolutionieren, hofft die Umwelttechnik auf umweltverträglichere Anwendungen, die einen nachhaltigen Lebensstil ermöglichen ohne eventuelle Risiken der Materialien außer Acht zu lassen.

Diese Abschlussarbeit setzte sich mit der Frage nach einem Ansatz für bewusste Technologieentwicklung, dem *green nano* Konzept der Deutschen Nanokommission (2011), auseinander und überprüfte mit Hilfe von ExpertInneninterviews in spezifischen Anwendungsfeldern der Umwelttechnologie (Wasser/ Sensorik) einerseits die Bekanntheit des Begriffs *green nano*, andererseits den konkreten Einfluss dieser Designprinzipien auf den Forschungsprozess, sowie Zugänge der ForscherInnen zum Thema Nachhaltigkeit und dessen Niederschlag in der aktuellen Förderungslandschaft im deutschen Raum. Dazu wurden drei Hypothesen aus der Literatur und im interaktiven Austauschprozess mit Schlüsselpersonen und ForscherInnen entwickelt und gleichzeitig sowohl potentielle Felder mit Umweltrentabilität als auch mögliche InterviewpartnerInnen identifiziert. Die Ergebnisse der Interviews wurden einem weiteren Experten aus dem Fachgebiet „Nanotechnologie und Nachhaltigkeit“ zur Kommentierung und Verortung vorgelegt.

Die Ergebnisse spiegeln einerseits die Schwierigkeit wieder, abstrakte Konzepte in der konkreten Forschungslandschaft zu etablieren, da die *green nano* Designprinzipien als Begriff kaum bekannt und auch kaum relevant erscheinen. Interessant ist hingegen, dass sich in der praktischen Umsetzung sowohl das Thema der Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit, z.B. durch die Integration von Bilanzierung (teils durch externe Projektpartner), als auch durch die Berücksichtigung einzelner spezifisch auf das Forschungsgebiet zugeschnittener Punkte der Designprinzipien (teilweise über die *green chemistry*) wiederfinden. Die Forschungsförderung hat durch Ausschreibungsanforderungen relativ großen Einfluss auf die Schwerpunktsetzung der Forschungsprojekte, wobei eine generelle Tendenz zu größeren Projekten mit mehreren unterschiedlichen Partnern, sowie eine gleichbleibende oder leicht ansteigende Förderbereitschaft im Bereich der Nano-Umwelttechnik wahrnehmbar sind.

Die idealistische Ansicht, dass Umweltschutz und –wiederherstellung unabhängig von anderen Motiven Haupttreiber einer Entwicklung in Richtung umweltrelevanter Anwendungen sind, wurde durch die Realität eingeholt; Marktfähigkeit, Kosteneffizienz und Ausrichtung auf industrielle Anwendungen (v.a. bei anwendungsorientierter Forschung) waren wichtige Faktoren der Technikentwicklung, welche sich allerdings nicht mehr von Umweltfragen abkoppeln lassen.

Abstract

Due to the potential of nanotechnology to revolutionize the generel access to various technologies, environmental technologies are hoping for environmentally sound applications which allow a more sustainable lifestyle without ignoring possible risks of nanomaterials.

My diploma thesis grapples with an approach of a conscious technology development, the *green nano* concept of the German NanoCommission (2011) by interviewing experts of specific application fields of environmental technologies (water/ sensor technolgy). On the one hand, it examined the reputation of the term *green nano*, on the other hand the specific influence of the former mentioned design principles on the research progress as well as the accesses of the researchers to the topic of sustianability and its reflection in the actual funding landscape in the German area.

In order to accomplish these targets, three hypothesis were developed by literature review and an interactive process with key persons and reserachers to identify potential fields of environmental benefits as well as possible interview partners. The results of the interviews were commented by another expert on the field of „nanotechnology and sustainability".

First, the results show the difficulty to implement abstract concepts in concrete research programmes and projects due to the fact that the design principles are hardly known as terms and seem to be of little relevance. Thus, it's very interesting that when it comes to practical research, both, the topics of environmental friendlyness and sustainability (e.g. in the form integration of LCAs) as well as specific design principles relevant for a certain research field (partially by using the concept of *green chemistry*) can be retrieved.

Research funding, due to call conditions, has a big influence on the focus of research projects. In general, tendencies toward bigger projects with more different project partners and a steady or lightly increasing willingness for funding in the area of environmental technology can be perceived.

The rather idealistic thinking that protection and restoration of the environment independent from other motives are main triggers of a development toward environmental friendly applications was proven wrong: marketability, cost efficiency and orientation toward industrial application (especially when it comes to applied research) were important factors for technology development, which, however, can't be seperated from environmental issues.

Lebenslauf

Persönliche Daten	
Name	Daniela Fuchs
Geburtsdatum	7.12.1987 in Linz
Wohnort	Wien
Schulausbildung in Linz	
September 1994 – Juli 1998	Volksschule 26
September 1998 – Juni 2006	Bundesgymnasium Raumsauerstraße
Studium an der Universität Wien	
Oktober 2006 – vorauss. Herbst 2013	Diplom- bzw. Bachelor- und Masterstudium der Biologie/ Ökologie, Schwerpunkt Humanökologie
Oktober 2006 – Juni 2009	Diplomstudium Anglistik
Oktober 2008 – vorauss. Herbst 2013	Bachelorstudium Geschichte
Wintersemester 2011/12	Auslandssemester an der Freien Universität Brüssel (Masterstudiengang Human Ecology)
Praktika und Werkverträge	
Jeweils August 2005-2009	Buchhandlung Quirin Haslinger, Linz
September 2009	Landesmuseen OÖ, Biologiezentrum, Linz
August – Mitte September 2010	Institut für Technikfolgenabschätzung (ITA), Wien
Juli 2011	Institut für Technikfolgenabschätzung (ITA), Wien Recherche zu umweltrelevanten Anwendungen der Nanotechnologie
Mitte Mai – Mitte Juni 2012	Sustainability European Research Institute (SERI), Wien
Juni 2012 – Mitte Juli 2012	Institut für Technikfolgenabschätzung (ITA), Wien Überblick zur Technikfolgenabschätzung, Mitarbeit zu verschiedenen Projekten in Hinblick auf Fertigkeiten für die Masterarbeit
August 2012 – Januar 2013	SERI, Wien
18.-20. März 2013	Teilnahme an der European Climate Change Adaptation Conference (Hamburg)
April 2013 – Juni 2013	SERI, Wien
Sprachkenntnisse	
Deutsch	Muttersprache
Englisch	Fließend
Französisch	Gute Kenntnisse