

VDI

Technologiezentrum

2020



2015

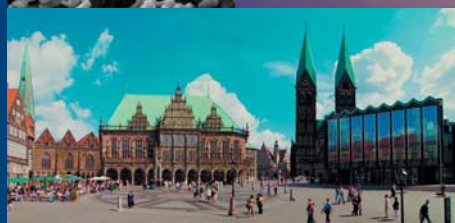
2010

Regionalstudie

Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen

Christoph Glauner, Gerd Bachmann, Vera Grimm, Axel Zweck

Zukünftige Technologien Consulting



big bremen
Die Wirtschaftsförderer.

Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen

Regionalstudie

Christoph Glauner, Gerd Bachmann, Vera Grimm, Axel Zweck

Herausgeber:
Zukünftige Technologien Consulting
der VDI Technologiezentrum GmbH
Graf-Recke-Str. 84
40239 Düsseldorf

Diese Publikation der Abteilung Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) der VDI Technologiezentrum GmbH entstand im Rahmen des Projektes „Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“ und im Auftrag der Bremer Investitions-Gesellschaft mbH (BIG Bremen).

Durchführung: Christoph Glauner
Dr. Gerd Bachmann
Dr. Vera Grimm
Dr. Dr. Axel Zweck

Kontakt: Dr. Gerd Bachmann (bachmann@vdi.de)

Kontakt bei der BIG Bremen: Dr. Detlef Pukrop (detlef.pukrop@big-bremen.de)

Dank gilt einer Vielzahl von Experten, die wertvolle Beiträge und Anregungen geliefert haben – vor allem jedoch den Teilnehmern der Fragebogenumfrage und den Ansprechpartnern der geförderten Projekte für ihre Kurzbeiträge.

Zukünftige Technologien Nr. 73
Düsseldorf, im Januar 2008
ISSN 1436-5928

Für den Inhalt zeichnen die Autoren verantwortlich. Die geäußerten Auffassungen stimmen nicht unbedingt mit der Meinung der Bremer Investitions-Gesellschaft mbH überein.

Außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte sind alle Rechte vorbehalten, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen photomechanischen Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie) und das der Übersetzung.

Titelbild:

oben links: Nanosilber (Bio-Gate AG Bremen)

oben rechts: Hydrophobe Beschichtung (Fraunhofer IFAM Bremen)

unten: Marktplatz in Bremen (BTZ Bremer Touristik-Zentrale)

Zukünftige Technologien Consulting (ZTC)
der VDI Technologiezentrum GmbH

Graf-Recke-Straße 84
40239 Düsseldorf

Vorwort

Nanotechnologie gilt weltweit als eine der bedeutendsten Zukunftstechnologien: In der „Nano-Welt“, die 50.000 Mal kleiner ist als der Durchmesser eines Menschenhaares, wirken Mechanismen, die makroskopisch nicht erfahrbar sind. Diese Effekte lassen sich für verbesserte oder auch gänzlich neue Produkte nutzen: Antibakteriell wirksame Oberflächen, punktgenau wirksame Medikamente, verstärkte Leichtbauteile, schnellere und leistungsfähigere Computerchips, schmutz- und wasserabweisende Lacke, kratzfeste Gläser oder auch Displays aus sparsamen organischen Leuchtdioden sind Beispiele für solche innovativen Verfahren und Produkte.

Das Land Bremen hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2010 zu einer der führenden Technologieregionen Deutschlands zu werden. Im Rahmen seiner Innovationsstrategie „InnoVision 2010“ verfolgt das Land dazu bei der Förderung von Wirtschaft und Wissenschaft Leitthemen, bei denen nanotechnologischen Prinzipien eine große Bedeutung zukommen kann. Dies gilt insbesondere für die Leitthemen „Innovative Materialien“, „Ökologische Intelligenz“ und „Zukunftsmarkt Gesundheit“.

Als Wirtschaftsförderungs- und Landesentwicklungsgesellschaft hat die Bremer Investitions-Gesellschaft mbH (BIG Bremen) das Thema Nanotechnologie aufgegriffen, um die regionalen Potenziale zu erheben, zu bewerten und fortzuentwickeln. Gerade den mittelständischen Unternehmen soll die Gelegenheit gegeben werden, Chancen der Nanotechnologie für eigene Produkte und Geschäftsideen zu erkennen. Regionale Kooperationen von Wirtschaft und Wissenschaft bis hin zu Netzwerkstrukturen sowie innovative Produktentwicklungen sollen initiiert werden.

Zur Nanotechnologie-Initiative der BIG Bremen zählt die hier dokumentierte Untersuchung der Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) der VDI Technologiezentrum GmbH. Das Fazit der ZTC bestärkt die BIG Bremen in ihrem Ansatz, Wirtschaft und Wissenschaft in der Nanotechnologie auf dem eingeschlagenen Weg weiter sichtbar zu machen: „Auch wenn das Land derzeit nicht zu den am stärksten beachteten deutschen Standorten zählt, ist doch eine deutlich positive Entwicklung am Standort zu sehen. Setzt sich diese Entwicklung fort und werden in den angesprochenen Handlungsfeldern Fortschritte erreicht, so kann der Nanotechnologie-Standort Bremen seinen klaren Platz in der deutschen Nanotechnologie-Landschaft finden und langfristig sichern.“

Wir danken den Kolleginnen und Kollegen der ZTC für die kompetente Bearbeitung dieser Studie und für die freundliche Zusammenarbeit. Für die finanzielle Unterstützung der Nanotechnologie-Initiative danken wir dem Senator für Wirtschaft und Häfen und dem Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa.

BREMER INVESTITIONS-GESELLSCHAFT GMBH

Dr. Detlef Pukrop

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	9
1 EINLEITUNG	13
1.1 Hintergrund	13
1.2 Ziel der Studie	14
1.3 Methodisches Vorgehen	15
1.4 Aufbau der Studie	16
2 NEUE KONZEPTE REGIONALER WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG	19
3 KURZVORSTELLUNG DES LANDES BREMEN	23
4 NANOTECHNOLOGIE IM LAND BREMEN	29
4.1 Bremen im nationalen Vergleich	29
4.2 Analyse des Nanotechnologie-Standortes Bremen	31
5 INNOVATIONEN IM LAND BREMEN - KURZVORSTELLUNG DER PROJEKTE	45
5.1 Funktionalisierte Nanocontainer	48
5.2 Makrozyklische Nanocontainer	49
5.3 Antimikrobielle Ausrüstung von Implantaten	50
5.4 Fügen von Bauteilen mit nanostrukturierten Folien	51
5.5 Nanodispers	52
5.6 LaFON	53
5.7 Nanoskalige Membranstrukturen	54
5.8 Risikoabschätzungsstrategie für Nanoprodukte	55
FAZIT UND AUSBLICK ZUM BREMISCHEN NANOTECHNOLOGIE-STANDORT	57
QUELLENVERZEICHNIS	61
ANHANG	
Bremische Nanotechnologie-Unternehmen	63
Bremische FuE-Einrichtungen im Bereich Nanotechnologie	65
Ansprechpartner der geförderten Projekte	66
Fördersituation im Bereich Nanotechnologie	69

ZUSAMMENFASSUNG

Das Land Bremen hat sich im Rahmen seiner Innovationsstrategie Inno-Vision 2010 zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2010 zu einer der führenden Technologieregionen Deutschlands zu werden.

Eine der Technologien, die dabei im besonderen Fokus steht, ist die Nanotechnologie. Sie gilt als eine der wichtigsten Zukunftstechnologien. Im Jahr 2015 wird weltweit mit einem Marktvolumen der Nanotechnologie im Bereich von ca. 1.000 Mrd. US\$ gerechnet.

Das Projekt „Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“ hatte die gezielte Analyse und Stärkung der wirtschaftlichen Potenziale der Nanotechnologie im Land Bremen zum Ziel. Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Aktivitäten durchgeführt, u. a. die Recherche von bremischen Nanotechnologie-Akteuren, eine schriftliche Befragung von Unternehmen, bei denen Nanotechnologie eine Rolle spielen könnte, sowie eine Veranstaltung zum Thema. Schwerpunkt war die Ausschreibung „Ideenwettbewerb – Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“, in deren Ergebnis sieben herausragende Nanotechnologie-Forschungsprojekte mit bremischen Akteuren von der Bremer Investitions-Gesellschaft mbH (BIG) gefördert werden.

Projekt zur Analyse und Stärkung wirtschaftlicher Potenziale: „Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“

Hintergrund derart expliziter Förderung von Akteuren aus einer Region ist die Erkenntnis, dass räumliche Branchencluster häufig selbstverstärkende Systeme bilden, die erstens durch ihre hohe Attraktivität Unternehmen von Außen anziehen, in denen zweitens Unternehmen eine höhere Innovationskraft besitzen als außerhalb des Clusters und daher schneller wachsen und die drittens eine höhere Gründungsdynamik besitzen, wodurch die regionale Wirtschaft zusätzlich schneller wächst.

Explizite Förderung von Akteuren aus der Region

Die Ausgangslage des Landes Bremen für die Schaffung einer führenden Technologieregion hat Licht- und Schattenseiten: Das Land befindet sich in einem noch nicht abgeschlossenen Strukturwandel, der sich bspw. in einer hohen Arbeitslosenquote oder einer sehr hohen Schuldenbelastung des Landes äußert. Auf der anderen Seite lassen sich aber auch zahlreiche positive Entwicklungen identifizieren, wie bspw. hohe Studierendenzahlen, eine überdurchschnittliche Entwicklung bei der Anmeldung von Patenten oder die technologische Ausrichtung auf Zukunftsthemen.

Ausgangslage im Land Bremen insgesamt gut jedoch noch mit einigen Herausforderungen

Bremen ist bislang nicht als explizites Nanotechnologie-Cluster wahrgenommen worden, auch wenn einzelne Institutionen sicherlich nationales bis internationales Renommée in diesem Bereich aufweisen können. Die absolute Anzahl der in der Nanomap¹ verzeichneten Nanotechnologie-Akteure weist zwar auf eine vergleichsweise gute Aktivität im Land Bremen hin und bei der Zahl der Nanotechnologie-Akteure pro 1 Mio. Einwohner liegt das Land sogar an erster Stelle. Doch die relative Stärke

¹ Vgl. hierzu Fußnote 13 auf Seite 28.

Bremen weist eine hohe Konzentration an Nanotechnologie-Akteuren auf

alleine ist keine aussagekräftige Messzahl. So sind in Bremen kaum Großunternehmen für die Massenproduktion von nanorelevanten Anwendungen ansässig, die lokalen Akteure sind eher mit nicht-bremischen Partnern in Kooperation und für eine international herausragende Positionierung fehlt noch die kritische Masse.

Unternehmen:
Keine deutlichen Branchenschwerpunkte erkennbar

Generell ist die Basis für eine zukünftige Entwicklung des Themas in Bremen aber gut. Im Rahmen der Unternehmensumfrage antworteten immerhin 20 Unternehmen, dass für sie Nanotechnologie in Zukunft von Interesse sein könnte, neun Unternehmen sind bereits in der Nanotechnologie aktiv. Bei den Unternehmen lassen sich keine deutlichen Branchenschwerpunkte erkennen – jedoch sprechen die im Rahmen des Ideenwettbewerbs eingereichten Projektskizzen für ein leichtes Übergewicht von Akteuren im Anwendungsbereich Biotechnologie/Medizintechnik.

Insgesamt wird bei den Unternehmen die hohe FuE-Intensität deutlich, der häufig (noch) keine Massenprodukte gegenüber stehen: Die Umsätze der Unternehmen sind meist noch gering und jedes der befragten Unternehmen ist noch von öffentlichen Fördergeldern abhängig.

Für die befragten Unternehmen ist Nanotechnologie ein wichtiger Wettbewerbsfaktor und verbessert nach eigener Aussage die Leistungsfähigkeit auf den angestammten Märkten – nichtsdestotrotz bewerten einige Akteure Nanotechnologie mehr oder weniger bisher nur als eine von vielen technologischen Optionen und als Experimentierfeld.

FuE-Einrichtungen:
Forschungsschwerpunkt im Bereich Biotechnologie/ Medizintechnik

Bei den 10 nanotechnologieorientierten FuE-Einrichtungen, die im Rahmen der Umfrage erreicht werden konnten, zeichnet sich ebenfalls kein klares Anwendungsfeld ab – wobei auch hier leichte Schwerpunkte im Bereich der Biotechnologie/Medizintechnik zu erkennen sind. Lediglich 30 Prozent der FuE-Einrichtungen betreiben nach eigenen Angaben eher Grundlagenforschung, die Mehrheit von 70 Prozent ist bevorzugt in der anwendungsbezogenen Forschung aktiv oder betreibt beides gleich intensiv.

Standortbedingungen werden differenziert gesehen

Die Standortbedingungen für Nanotechnologie-Unternehmen in Bremen werden differenziert beurteilt. Positiv werden die Verkehrsanbindung, die vergleichsweise niedrigen Kosten und das Angebot von Gewerbeflächen oder die weichen Standortfaktoren (Wohnen und Wohnumfeld, Freizeitmöglichkeiten, etc.) bewertet. Negativ werden jedoch die finanzielle staatliche Unterstützung, die Qualität des branchenspezifischen Arbeitsmarktes sowie der Faktor „Nähe zu Forschungsinstitutionen/-einrichtungen“ angesehen.

Letztere spiegelt sich auch bei der Analyse der Kooperationen wider – die deutschlandweite und teilweise selbst die internationale Kooperation mit anderen Akteuren ist ausgeprägter als die Kooperation vor Ort mit bremischen Nanotechnologie-Akteuren. Dies hängt nach Ansicht der Autoren einerseits damit zusammen, dass in einigen Bereichen einfach die Kooperationspartner fehlen, andererseits existiert aber auch ein In-

formations- und Kommunikationsdefizit am Standort – bspw. war drei FuE-Einrichtungen kein bremisches Nanotechnologie-Unternehmen bekannt.

Die Gründungsdynamik am Standort kann noch stark verbessert werden – so gab lediglich eine FuE-Einrichtung an, dass sich aus ihr bereits ein Spin-off heraus entwickelt hat. Zudem sind zur Zeit keine weiteren Spin-offs geplant.

Gründungsdynamik kann noch deutlich verbessert werden

Die stärksten Faktoren, die die Entwicklung eines nanotechnologischen Produktes bzw. die Ausschöpfung des Marktpotenzials und damit die Dynamik vor Ort behindern sind die hohen Investitionskosten, mangelnde Kooperationspartner vor Ort wie auch fehlende Finanzierungsquellen und ein Mangel an geeignetem Personal.

Dass die Unternehmen aber trotzdem in der Lage sind, diese Widerstände zu überwinden, zeigt, dass ein Drittel der Unternehmen angab, kurzfristig (d. h. innerhalb des nächsten Jahres) am Standort investieren zu wollen. Zwei Drittel planen mittelfristig (d. h. in den nächsten 1 bis 5 Jahren) Investitionen im Nanotechnologiebereich.

Ein Drittel der Unternehmen will kurzfristig am Standort investieren

Um die Dynamik vor Ort zu unterstützen, ergeben sich aus Sicht der Autoren drei wesentliche Handlungsfelder, bei:

- der Finanzierung,
- dem branchenspezifischen Arbeitsmarkt sowie
- der Kommunikation und Kooperation.

Das Beklagen mangelnder finanzieller Unterstützung ist in Hochtechnologiebereichen nicht unbegründet aber auch nicht spezifisch für den bremischen Standort. Aufgrund der geringen finanziellen Spielräume des Landes sind Maßnahmen in diesem Bereich jedoch Grenzen gesetzt – trotz des jüngst durchgeführten Ideenwettbewerbes.

In Bezug auf den branchenspezifischen Arbeitsmarkt böte sich an, den qualitativen und quantitativen Bedarf bei den Akteuren näher zu erfassen und anschließend das Gespräch mit den in Nanotechnologie involvierten Universitätsinstituten zu suchen, inwiefern das Thema stärker in die universitäre Ausbildung sowie unter Umständen auch in eine (akademisch geprägte) Weiterbildung integriert werden könnte.

Branchenspezifischer Arbeitsmarkt müsste näher erfasst werden

Abschließend sei noch eine Verstärkung der Kommunikation und Kooperation der Akteure vor Ort angeregt. Hierzu könnten bspw. regelmäßige Informationsveranstaltungen dienen, in denen bremische Akteure ihre Aktivitäten vorstellen und Raum für Diskussionen und Gespräche bleibt. Die im November 2006 durchgeführte Auftaktveranstaltung zum Ideenwettbewerb war ein hervorragendes Beispiel hierfür – knapp 100 Interessenten kamen zusammen, informierten sich und tauschten sich in bilateralen Gesprächen rege untereinander aus.

Ideenwettbewerb unterstützt Kooperation der regionalen Akteure, 8 Projekte werden gefördert

Der auf dieser Veranstaltung vorgestellte Ideenwettbewerb unterstützt zusätzlich die Kooperation der Nanotechnologie-Akteure vor Ort. Insgesamt werden derzeit acht Projekte mit bremischen Nanotechnologie-Akteuren gefördert. Sieben davon sind auf obige Veranstaltung zurückzuführen; ein Projekt (Projekt 7) wird unabhängig davon gefördert. Diese Projekte sind im Einzelnen:

- Funktionalisierte Nanocontainer zur kontrollierten Freisetzung von Botenstoffen in biologischen Systemen (Projekt 1)
- Makrozyklische Nanocontainer - Entwicklung einer Real-Time-PCR-Messtechnik für Anwendungen in der molekularmedizinischen Infektionsdiagnostik (Projekt 2)
- Antimikrobielle Ausrüstung von medizinischen Implantaten gegen Biofilmbildung (Projekt 3)
- Entwicklung und Aufbau einer Fertigung zum Fügen von strukturellen Bauteilen mit nanostrukturierten Folien (Projekt 4)
- Nanodispers - Niederdrucktechnologie zur Herstellung von Nanoemulsionen (Projekt 5)
- LaFON - Entwicklung einer Lasermaterialbearbeitungsmaschine zur Funktionalisierung von Oberflächen im Nanometermaßstab für die Herstellung von Online-Biosensoren (Projekt 6)
- Reinigung und Detektion von Gasen mit nanoskaligen Membranstrukturen (Projekt 7)
- Analytik und Risikoabschätzungsstrategie für nanotechnologische Produkte (Projekt 8).

Hohe Resonanz auf die Informationsveranstaltung zeigt das große Interesse

Die hohe Resonanz auf die Informationsveranstaltung und den Ideenwettbewerb waren ein deutliches Zeichen des Interesses der bremischen Nanotechnologie-Akteure. Auch wenn das Land derzeit nicht zu den am stärksten beachteten deutschen Standorten zählt, ist doch eine deutlich positive Entwicklung am Standort zu sehen. Setzt sich diese Entwicklung fort und werden in den angesprochenen Handlungsfeldern Fortschritte erreicht, so kann der Nanotechnologie-Standort Bremen seinen klaren Platz in der deutschen Nanotechnologie-Landschaft finden und langfristig sichern.

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

Das Land Bremen hat sich zum Ziel gesetzt, im Rahmen seiner Innovationsstrategie InnoVision 2010 bis zum Jahr 2010 zu einer der führenden Technologieregionen in Deutschland zu werden².

Eine der Zukunftstechnologien, von der nach Expertenmeinung weltweit revolutionäre Veränderungen erwartet werden, ist die Nanotechnologie. Sie stellt dabei keine Basistechnologie im herkömmlichen Sinne mit klar abgrenzbaren Bereichen dar, sondern ist eine Querschnittstechnologie, die eine starke interdisziplinäre Herangehensweise erfordert. Sie fließt ein in Hochtechnologiebereiche wie Mikroelektronik und Biotechnologie und trägt dort zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen und Standortsicherung bei. Sie gibt bedeutende Impulse für die klassischen exportstarken Bereiche wie beispielsweise Automobilbau, Maschinen- und Anlagenbau, Luft- und Raumfahrt sowie Chemie und Umwelttechnologie. Vielfältige Chancen bietet die Nanotechnologie aber auch für Low-Tech-Produkte wie Lacke, Farben, Lebensmittel sowie Kosmetik.

Nanotechnologie als eine der Zukunftstechnologien

Das Tätigkeitsfeld der Nanotechnologie beschreibt die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenz- und Oberflächen mit mindestens einer kritischen Dimension oder mit Fertigungstoleranzen (typischerweise) unterhalb 100 Nanometer. Entscheidend ist dabei, dass allein aus der Nanoskaligkeit der Systemkomponenten spezifische Funktionalitäten und Eigenschaften zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsoptionen resultieren. Diese neuen Effekte und Möglichkeiten sind überwiegend im Verhältnis von Oberflächen- zu Volumenatomen und im quantenmechanischen Verhalten der Materiebausteine begründet. Mit der Nanotechnologie werden völlig neue Produkte in unterschiedlichen Branchen möglich. Ob Chemie, Pharma, Optik oder Medizintechnik, ob Informations- und Kommunikationstechnik oder Automobilbau, für nahezu jede Branche ergeben sich künftig Anwendungen.

Was ist Nanotechnologie?

Deutschland hat bei der Nanotechnologie durch eine zielgerichtete Forschungsförderung mittlerweile eine weltweite Spitzenposition in der Grundlagenforschung eingenommen. Jetzt gilt es, diese zielgerichtet in Innovationen umzusetzen und damit Investitionen und Unternehmensgründungen zu forcieren sowie Anwendungspotenziale für klassische Branchencluster zu erschließen. Dabei ist Deutschland einem weltweiten Wettbewerb ausgesetzt. Starke Konkurrenten sind die USA und Japan,

Deutschland hat im Bereich Nanotechnologie eine weltweit gute Spitzenposition

² <http://www2.bremen.de/technologiebeauftragter/>

aber auch – nicht zu unterschätzen – Länder wie Taiwan, Korea und China, die intensiv in diese neue Technologie investieren.

Nanotechnologie zum Weiterlesen:

- BMBF (Hrsg.) (2006): Nanotechnologie – Innovationen für die Welt von morgen. http://www.bmbf.de/pub/nanotechnologie_inno_fuer_die_welt_v_morgen.pdf; Stand: 21.09.2007.
- BMBF (Hrsg.) (2006): Nano-Initiative - Aktionsplan 2010. http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf; Stand: 21.09.2007.
- Luther, W. / Malanowski, N. u. a. (2004): Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt. (Zukünftige Technologien, Band Nr. 53). <http://www.zukuenfuetegtechnologien.de/detail.php?c=43>
- <http://www.nanonet.de/>; Stand: 21.09.2007.
- <http://www.nanoreisen.de/>; Stand: 21.09.2007.
- <http://www.nanoforum.org/>; Stand: 21.09.2007.

Weitere
Informationen zur
Nanotechnologie

Neben den Aktivitäten des Bundes werden die Aktivitäten der Bundesländer zunehmend wichtiger, um die nationalen Stärken konkurrenzfähig an der Weltspitze zu positionieren.

Auch durch die Erweiterung des europäischen Marktes nach Osten und durch Produzenten in Fernost nimmt der Wettbewerb in technologieintensiven Produktsegmenten zu. Der Ausbau der Faktoren Technologie und Innovation ist deshalb von großer Bedeutung für die Sicherung und den weiteren Ausbau der wirtschaftlichen Position, auch für Regionen wie Bremen.

Regionale Analyse
und Stärkung der
Nanotechnologie in
einer Region ist im-
mer noch selten

Vom BMBF wurden zahlreiche Studien zur Nanotechnologie beauftragt. Inhalte waren internationale Betrachtungen zur Nanotechnologie als wirtschaftlichem Wachstumsmarkt, sowie Anwendungen der Nanotechnologie für einzelne Branchen, wie Nanobiotechnologie, Mikroelektronik oder für Umwelttechnologien. Die gezielte Analyse und Stärkung von wirtschaftlichen Potenzialen der Nanotechnologie in einer Region weist aber immer noch vorwiegend Pioniercharakter auf – auch wenn in der Zwischenzeit in mehreren Regionen derartige Aktivitäten zu erkennen sind (u. a. Sachsen, Hessen, Bayern, Saarland, Hamburg).

1.2 Ziel der Studie

Bereits in einer früheren Arbeit³ der VDI Technologiezentrum GmbH für das Land Bremen konnten Anknüpfungspunkte der Nanotechnologie zu den Leitthemen des Landes aufgezeigt werden.

³ Technologie-Monitoring für das Land Bremen

An diese Erkenntnisse schließt das Projekt „Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“ an. Im Rahmen des Projektes wurden die folgenden Ziele verfolgt:

- Identifizieren des bremischen Potenzials im Bereich der Nanotechnologie mit den jeweiligen Akteuren in Wirtschaft und Wissenschaft,
- Initiieren (exzellenter) Innovationsprojekte von Wissenschaft und Wirtschaft, insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU), unter ggf. Einsatz von Programmen des Bundes und des Landes Bremen sowie ggf. unter Anknüpfen an überregionale Aktivitäten zur Nanotechnologie und
- Betreiben von Standortmarketing für das Land Bremen durch die Kommunikation der Nanotechnologie-Aktivitäten in der Region sowie der Aktivitäten des Landes in der Innovationsförderung.

Projekt: „Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“

Die vorliegende Publikation ist ein Ergebnis dieses Projektes – sie stellt u. a. das bremische Potenzial im Bereich der Nanotechnologie dar, bietet eine Einführung in die initiierten Innovationsprojekte und benennt die ansässigen Akteure.

1.3 Methodisches Vorgehen

Zur Erreichung der Ziele wurden verschiedene Arbeitsschritte durchgeführt.

Zu Beginn des Projektes erfolgte eine Literatur- und Internetrecherche zur Identifizierung bremischer Akteure, die in der Nanotechnologie aktiv sind. Hierzu wurde u. a. auf Teilnehmerlisten von Tagungen oder die Nanomap⁴ zurückgegriffen.

Literatur- und Internetrecherche

In einem weiteren Schritt wurde ein Fragebogen versandt – erstens an die bereits identifizierten Unternehmen und zweitens an Unternehmen bestimmter WZ-Klassifikationen⁵, in denen Nanotechnologie relevant sein könnte.⁶ Insgesamt wurden 562 Fragebögen an Unternehmen und 34 an FuE-Einrichtungen bzw. (Hochschul-)Institute versandt. Bei den Unternehmen konnte mit 82 zurückgesandten Fragebögen ein Rücklauf von 14,6 Prozent, bei den FuE-Einrichtungen mit 10 Fragebögen ein Rücklauf von 29 Prozent erreicht werden.

Befragung von Nanotechnologie-Akteuren in Bremen

⁴ <http://www.nano-map.de>; Stand: 07.02.2007

⁵ Wirtschaftszweig-Klassifikation des Statistischen Bundesamtes (<http://www.destatis.de/>; Stand:07.02.2007)

⁶ Da die Nanotechnologie erstens eine Querschnittstechnologie und zweitens interdisziplinär ist, existiert in der WZ-Klassifikation keine (Unter-)Klasse für Nanotechnologie-Unternehmen. Daher scheidet im Folgenden auch ein Zurückgreifen auf Primärstatistiken (u. a. Umsatzsteuer- oder Beschäftigtenstatistik) aus, wie dies bspw. bei Untersuchungen des Maschinenbaus möglich wäre.

Fragen u. a.: regionale Standortbedingungen, Verbesserungspotenzial am Standort Bremen

Beide Fragebögen waren weitgehend identisch – in bestimmten Fragen gingen sie jedoch auf die Eigenarten der Unternehmen einerseits bzw. der FuE-Einrichtungen andererseits ein. Ziel der Fragen war, unter anderem herauszufinden, ob und wie sich die Unternehmen/FuE-Einrichtungen mit Nanotechnologie beschäftigen, wie die regionalen Standortbedingungen zu beurteilen sind, inwiefern mit regionalen Akteuren zusammengearbeitet wird und wo in Bezug auf die Nanotechnologie-Aktivitäten Verbesserungspotenziale am Standort Bremen bestehen (zu den Ergebnissen vgl. Kapitel 4).

Ausschreibung des „Ideenwettbewerb – Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“

Im Anschluss an diese Recherche- und Identifizierungsphase wurde die Ausschreibung „Ideenwettbewerb – Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“ erarbeitet. Ziel dieser Ausschreibung war die Initiierung (exzellenter) Innovationsprojekte von Wissenschaft und Wirtschaft. Bei der Erarbeitung wurde darauf Wert gelegt, die in der Umfrage adressierten Bedarfe der Unternehmen so weit wie möglich zu berücksichtigen. Die Ausschreibung wurde am 17.11.2006 auf den Internetseiten der BIG Bremen veröffentlicht. Die Bewerbungsfrist war der 22.01.2007 – bis zu diesem Zeitpunkt waren neun Projektskizzen eingegangen, von denen schließlich sieben als Projekte genehmigt wurden (zu den einzelnen Projekten vgl. Kapitel 5 ab Seite 45).

Informationsveranstaltung im November 2006

In einer Auftaktveranstaltung am 16.11.2006 im Hotel Munte in Bremen wurden die Grundzüge dieser Ausschreibung den interessierten Akteuren bereits vorgestellt. Weitere Vorträge auf der Veranstaltung handelten bspw. von „Entwicklungsstand und -trends der Nanotechnologie“ oder von den Ergebnissen der Umfrage unter den Nanotechnologie-Akteuren in Bremen. Zudem hatten drei Akteure aus Bremen die Gelegenheit, ihr Institut bzw. ihr Unternehmen vorzustellen. Neben der Informationsvermittlung in Vorträgen war es aber auch Ziel der Veranstaltung, die Akteure zusammenzubringen und Zeit zum „Netzwerken“ zu lassen. Mit knapp 100 Teilnehmern konnte ein Großteil der Nanotechnologie-Akteure in Bremen erreicht werden.

1.4 Aufbau der Studie

Nach den einleitenden Worten und der Vorstellung des methodischen Vorgehens in dem Projekt folgt in Kapitel 2 eine kurze allgemeine Einführung in die neuen Konzepte und Strategien der regionalen Wirtschaftsförderung. Das Kapitel 3 gibt einen Überblick über das Land Bremen, so dass auch nicht-bremische Leser einen Eindruck von der wirtschaftlichen Ausgangslage im Land Bremen gewinnen können. Kapi-

tel 4 bildet den Kern der Studie: die Nanotechnologie im Land Bremen. Hier werden die Ergebnisse der Umfrage dargestellt und erste Handlungsbedarfe aufgezeigt. In Kapitel 5 werden die über die Ausschreibung geförderten Projekte kurz vorgestellt. Abschließend erfolgt in Kapitel 6 ein Fazit zu den weiteren Entwicklungsmöglichkeiten der Nanotechnologie im Land Bremen und im Anhang eine Auflistung der den Autoren und der BIG Bremen bekannten Nanotechnologie-Akteure im Land.

2 NEUE KONZEPTE REGIONALER WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG

Seit Ende der 1970er Jahre gewinnt die regionale Ebene trotz oder gerade wegen der Globalisierung wieder an Bedeutung in der Wirtschaftspolitik und Technologieförderung.

Lange Zeit wurde die empirisch belegte regionale Konzentration bestimmter Branchen in erster Linie mit so genannten Agglomerationsvorteilen begründet. Diese ergeben sich u. a. durch bessere Verkehrsverbindungen oder von auf die jeweilige Branche abgestimmten sonstigen Infrastrukturen.

Die neueren Begründungen für die Existenz branchenspezifischer Konzentrationen betonen jedoch so genannte lokale Externalitäten und soziale Aspekte in der Form von Netzwerken und Institutionen, die sich positiv und mit selbstverstärkendem Charakter auf die Unternehmen der Branche in der entsprechenden Region auswirken (Brenner/Fornahl 2002).

Ähnlich argumentiert auch Porter mit seinem Cluster-Konzept, das in den letzten Jahren im Mund aller Wirtschaftsförderer ist.

Nach Porter (2000) sind Cluster räumliche Konzentrationen von miteinander verbundenen Unternehmen, spezialisierten Zulieferern und Dienstleistungsanbietern, Unternehmen in verwandten Branchen sowie institutionelle Einrichtungen (z. B. Universitäten und Handelsorganisationen) in bestimmten Feldern, in denen diese sowohl miteinander kooperieren als auch im Wettbewerb zueinander stehen. Cluster beinhalten dabei in der Regel ganze Wertschöpfungsketten – vom Zulieferer bis zum (industriellen) Endkunden.

Nach Porter sind regionale Cluster sich selbst verstärkende Systeme, bei denen die Verbesserung einzelner Faktoren zu positiven Veränderungen anderer Faktoren führt. Die wesentlichen Faktoren/Bedingungen beschreibt Porter in einem Diamant-Modell (siehe Abbildung 2.1).

Es handelt sich hierbei um:

- a) **Faktorbedingungen:** Hierunter sind in erster Linie die klassischen Standortfaktoren vor Ort zu verstehen, wie z. B. die Qualität des Humankapitals, die technische und administrative Infrastruktur oder die Bezugsmöglichkeiten von Kapital etc.
- b) **Nachfragebedingungen:** Die Qualität der regionalen Nachfrage hat einen hohen Einfluss auf die Entwicklung und Verbesserung der Produkte und Dienstleistungen. Anspruchsvolle Kunden zwingen die lokalen Unternehmen zu ständigen Innovationen.
- c) **Verwandte und unterstützende Branchen:** Der lokale Bezug von Vorprodukten ermöglicht einerseits eine kostengünstigere

Regionale Konzentration bestimmter Branchen beruht auf lokalen Externalitäten und sozialen Aspekten

Cluster-Konzept nach Porter (2000)

Regional Cluster sind sich selbst verstärkende Systeme. Faktoren werden mit dem Diamant-Modell beschrieben

Faktoren sind:

- Faktorbedingungen,
- Nachfragebedingungen,
- verwandte und unterstützende Branchen und
- Unternehmensstrategie

und schnellere Beschaffung und kann durch einen stärkeren Informationsfluss Innovationen fördern.

- d) **Unternehmensstrategie, Struktur und Konkurrenz:** Firmenstrategien und -strukturen spielen eine wichtige Rolle. Denn Firmenhierarchien, Unternehmensgrößen und der Bildungshintergrund der Führungskräfte etc. sind international unterschiedlich und jeweils für unterschiedliche Branchen vorteilhaft. Ein ausgeprägter nationaler Wettbewerb in einer Branche führt zu ständigem Innovations- und Verbesserungsdruck und somit entstehen international wettbewerbsfähige Unternehmen.

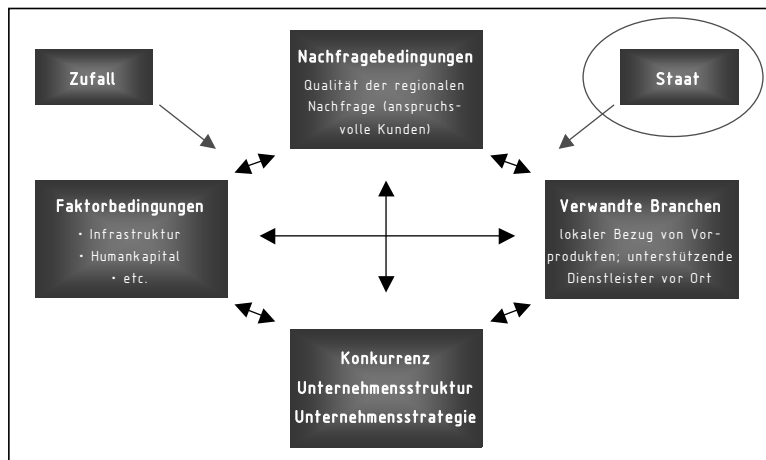


Abbildung 2.1: Diamant-Modell von Porter (Quelle: Eigene Bearbeitung nach Porter 2000, 258)

Zwei weitere Einflüsse: Zufall und staatliches Eingreifen

Neben diesen Bedingungen existieren nach Porter noch zwei Einflüsse außerhalb des Diamanten:

- e) **Zufall:** Entwicklungen, die nicht durch die Unternehmen oder den Staat kontrolliert werden können, z. B. außergewöhnliche technologische Entdeckungen, Kriege etc.
- f) **Staatliches Eingreifen:** Staatliche Akteure können durch ihr Eingreifen jede der beschriebenen Facetten des Diamanten sowohl vor- als auch nachteilig verändern.

Ein funktionierender Cluster, bei dem die oben dargestellten Faktoren in hoher Qualität mit einander harmonisieren, neigt zu einem selbstverstärkenden Wachstum, welches nach Maskell (2001) auf vier Pfeilern steht:

- Unternehmen innerhalb des Clusters entwickeln sich u. a. aufgrund des schnelleren Informationstransfers besser als Unternehmen außerhalb des Clusters.
- Bestehende Unternehmen verlagern ihren Firmensitz (oder Teile davon) in das Cluster, weil sie hier die besseren Standortbedingungen erwarten.

- Das Cluster zieht gründungswillige und talentierte Arbeitskräfte an, die ihr Glück vor allem in den Zentren der jeweiligen Branche suchen.
- Mitarbeiter bestehender Unternehmen und FuE-Einrichtungen gründen (in der Regel vor Ort) Spin-offs, die zusätzliche Dynamik schaffen.

In der letzten Zeit ist zunehmend Kritik am Clusterkonzept geübt worden – dies hängt in Teilen sowohl mit dem Konzept selbst als auch mit seiner undifferenzierten Anwendung zusammen. Das Clusterkonzept ist bislang eher unscharf formuliert – es besteht keine klare Definition über u. a. die „kritische Masse“ an Akteuren, die vorhanden sein müssen, oder über den Grad der Ausprägung der genannten Bedingungen. Als Folge der Modeerscheinung wird beispielsweise jede kleinste Branchenkonzentration als Cluster bezeichnet. Sternberg/Kiese/Schätzl (2004) stellen diesbezüglich zudem klar, dass nicht alle Branchen für eine clusterbasierte Förderung geeignet sind. Ihnen zufolge sollten Branchen folgende Merkmale aufzeigen: eine gewisse quantitative Bedeutung, eine überdurchschnittliche Dynamik, eine hohe Wertschöpfungsintensität, eine überdurchschnittliche Intensität an Forschung und Entwicklung, ein hohes Gründungspotenzial, ein hohes Synergiepotenzial mit anderen Branchen sowie die Exportfähigkeit der Produkte bzw. Dienstleistungen – Merkmale, die auf die Nanotechnologie zutreffen.

Das Clusterkonzept enthält keine klaren Definitionen z. B. zu kritischen Massen

Abschließend darf jedoch auch die Rolle staatlicher Akteure, bspw. der Wirtschaftsförderung eines Landes, nicht überschätzt werden. In der Cluster-Forschung besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass Cluster durch politische Maßnahmen nicht erzeugt werden können. Aus staatlichen Impulsen heraus können sich über die Zeit Cluster entwickeln bzw. bestehende Branchenkonzentrationen sich weiterentwickeln – dies ist jedoch nicht zwingend. In diesem Sinne wäre es beispielsweise unrealistisch anzunehmen, ein Nanotechnologie-Cluster in einer landwirtschaftlich geprägten und zudem reizlosen Region etablieren zu können.

Rolle staatlicher Akteure, z. B. Wirtschaftsförderer, sollte nicht überschätzt werden

Erschwerend kommt hinzu, dass keine Patentrezepte oder Werkzeugkästen für die clusterorientierte Wirtschaftspolitik bereitstehen. Es ist hingegen zwingend notwendig, zuerst die Situation des Marktes und die regionalen Randbedingungen inkl. der bereits vorhandenen Wirtschaftsstruktur zu analysieren. Eine gewisse Anzahl an Unternehmen und Forschungseinrichtungen, kooperationsbereite Akteure sowie erste Ansätze von Kooperationen und Wertschöpfungsketten sind eine wesentliche Voraussetzung für ein Cluster-Konzept.

Voraussetzungen für ein Cluster-Konzept

Eine konkrete Cluster-Strategie kann dabei an jeder der in Abbildung 2.1 dargestellten Bedingungen ansetzen, beispielsweise bei der Verbesserung der Rahmenbedingungen (z. B. Infrastruktur, Aus- und Weiterbildungseinrichtungen), der Stärkung der Gründungsaktivitäten, der Bereitstellung von (Förder-)Kapital, der Förderung von Kooperationen etc.

Je früher eine Cluster-Strategie ansetzt, desto aussichtsreicher sind die politischen Maßnahmen, desto schwieriger ist jedoch die Identifizierung eines Wirtschaftszweiges oder einer Technologie, die das nötige Potenzial für die Ausbildung eines Wirtschaftsklusters in der Region hat.

Berücksichtigung lokaler Differenzen entscheidend für Cluster-Politik

Bei der Anwendung einer clusterorientierten Wirtschaftspolitik ist zudem kritisch zu hinterfragen, ob von der regionalen Konzentration innovativer Aktivitäten tatsächlich in nennenswertem Umfang positive Externalitäten ausgehen. Der derzeitige Cluster-Hype in der Politik führt oft zu einer unreflektierten Übernahme standardisierter Konzepte, die lokale Differenzen nicht berücksichtigt und von den Akteuren aus der Region kaum unterstützt werden.

Hat ein Cluster erst einmal die notwendige kritische Masse erreicht, sind politische Maßnahmen in der Regel nicht mehr erforderlich. Werden die Strukturen innerhalb eines Clusters allerdings zu starr bzw. verpasst man wichtige technologische Innovationen entsteht neuer Handlungsdruck. Möglich sind in diesem Falle entweder Versuche zur Reaktivierung des Clusters oder (im schlimmsten Fall z. B. bei einer nicht mehr konkurrenzfähigen Branche) auch die Konzentration auf neue Wachstumsfelder. Aus letzterem Grund ist es politisch auch gefährlich, sich nur auf einen Cluster zu konzentrieren, da externe Einflüsse schnell zu einer Krise im jeweiligen Wirtschaftszweig führen können.

Regionale Akteure können sich gegenseitig positiv beeinflussen

Für die (wirtschafts-)politische Unterstützung von Unternehmen einer bestimmten Branche ist es jedoch in Teilen irrelevant, ob es sich um ein „echtes“ Cluster handelt oder „nur“ um eine gewisse Branchenkonzentration. Die Erkenntnis, dass sich regionale Akteure innerhalb einer Branche gegenseitig positiv beeinflussen können, trifft auch auf letztere zu. Demzufolge sind auch viele politische Maßnahmen, die auf die dargestellten Faktorbedingungen zielen, dennoch sinnvoll,

- da sie einerseits die Entwicklung hin zu einem „richtigen“ Cluster unterstützen können und
- weil sie nichtsdestotrotz eine positive Wirkung auf die jeweilige Branche bzw. die einzelnen Unternehmen der Branche haben – lediglich die Resultate der staatlichen Einflüsse fallen wahrscheinlich deutlich geringer aus, da die selbstverstärkenden Effekte eines Clusters wegfallen.

3 KURZVORSTELLUNG DES LANDES BREMEN⁸

Das Land Bremen ist mit 404 km² und 663.000 Einwohner das kleinste Bundesland Deutschlands. Es umfasst zwei kreisfreie Städte (Bremen und Bremerhaven), wird aber neben Hamburg und Berlin ebenfalls als Stadtstaat angesehen. Eine Besonderheit des Landes ist, dass die beiden Städte keinen direkten räumlichen Zusammenhang besitzen, sondern durch niedersächsisches Gebiet voneinander getrennt sind. Das Bremerhavener Gebiet wurde erst 1827 durch die Bremer vom Königreich Hannover erworben, um einen neuen – von der Weser unabhängigeren – Hafen zu bauen.

Bremen: ein Stadtstaat mit zwei kreisfreien Städten und rund 663.000 Einwohnern

Die Wirtschaftsstruktur beider Städte orientierte sich lange Jahre stark an der Hafenfunktion und profitierte hiervon – seit einigen Jahrzehnten vollzieht sich jedoch ein schwieriger Strukturwandel hin zu einem stärker wissens- und technologieorientierten Bundesland.

Dieser noch nicht abgeschlossene Strukturwandel zeigt sich bereits beim Vergleich einiger Basisdaten des Landes mit denen von Hamburg und Berlin sowie des deutschen Durchschnitts (siehe Tabelle 3.1).

	Bremen	Berlin	Hamburg	Deutschland
Bevölkerung¹ (2005 in 1.000)	663	3.395	1.744	82.438
Arbeitslosenquote² (2006 in %)	14,8	17,5	10,9	10,8
BIP¹ (2004 in Mio. €)	23.960	79.472	78.494	2.215.650
BIP¹ (2004 in € pro Einwohner)	36.138	23.408	45.008	26.877
BIP-Anteil landwirtschaftlicher Sektor¹ (2004 in %)	0,3	0,2	0,2	1,1
BIP-Anteil industrieller Sektor¹ (2004 in %)	27,1	18,7	17,6	29,1
BIP-Anteil Dienstleistungssektor¹ (2004 in %)	72,6	81,1	82,2	70,0
Gewerbesteuereinnahmen¹ (2005 in € pro Einwohner)	372,5	251,6	829,0	314,9
Gemeindeanteil Einkommenssteuer¹ (2005 in € pro Einwohner)	236,6	211,7	393,6	243,8
Schulden der Länder & Gemeinden¹ (2005 in € pro Einwohner)	18.557	16.901	12.134	6.696

Tabelle 3.1: Wirtschaftliche Basisdaten im Vergleich
(Quellen: 1 = <http://www.regionalstatistik.de>; Stand: 09.02.2007; 2 = Bundesagentur für Arbeit 2006a)

⁸ Die folgenden Ausführungen dürften vielen Bremern bekannt sein; sie sollen jedoch in aller Kürze auch den nicht-bremischen Lesern die wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklungen im Land Bremen vermitteln.

Bremen ist immer noch stark vom industriellen Sektor geprägt

So ist Bremen – für Großstädte unüblich – noch stark vom industriellen Sektor geprägt. Das produzierende Gewerbe ist noch für 27 Prozent des BIP verantwortlich – der Dienstleistungssektor nur für 73 Prozent (im Gegensatz zu Hamburg oder Berlin mit 82 bzw. 81 Prozent). Die Arbeitslosenquote lag 2006 mit 14,8 Prozent deutlich über dem bundesdeutschen Durchschnitt (jedoch unter der Berliner Quote). Auffällig ist zudem eine sehr hohe Schuldenbelastung des Landes pro Einwohner, die sogar über der von Berlin liegt.

Positive Anzeichen sind die vergleichsweise hohen Steuereinnahmen wie auch ein relativ hohes BIP pro Einwohner – wobei der große Unterschied zum gesamtdeutschen Durchschnitt nicht täuschen darf, da Städte in der Regel ein höheres BIP pro Einwohner aufweisen als ländlichere Regionen.

Diese leicht negative Bewertung des Ist-Zustandes bestätigt sich auch in der Städte-Vergleichsstudie der IW Consult.⁹ Beim Niveau-Ranking landet Bremen¹⁰ auf dem 31. Rang – zwar vor Berlin (46. Rang) aber weit hinter Hamburg (10. Rang).

Beim Dynamik-Ranking (Zeitraum 2000 bis 2005) liegt Bremen jedoch sechs Plätze besser auf dem 25. Rang (zum Vergleich: Hamburg auf Rang 11 und Berlin nur auf Rang 48).

Entwicklung des BIP pro Kopf in Bremen seit 1993 vergleichbar mit dem Bundesdurchschnitt

Beispielhaft ist in Abbildung 3.1 die Entwicklung des BIP pro Kopf von 1991 bis 2005 gezeigt. Wie zu erkennen, ist die Entwicklung im Land Bremen seit 1993 vergleichbar mit dem Bundesdurchschnitt und sogar besser als in den anderen beiden Stadtstaaten Hamburg und Berlin.

Ungünstiger ist die Entwicklung jedoch bei den Einwohnerzahlen und den Erwerbstätigen. Von 1991 bis 2005 verlor Bremen knapp 3 Prozent seiner Einwohner, während Hamburg seine Einwohnerzahl um knapp 5 Prozent steigern konnte. In den alten Bundesländern (ohne Berlin) stieg die Zahl der Einwohner sogar um 6 Prozent.

Ungünstige Entwicklungen: u. a. sinkende Zahl der Einwohner und der Erwerbstätigen

Noch ungünstiger ist die Entwicklung bei den Erwerbstätigen (vgl. Abbildung 3.2). Seit 1991 verlor Bremen knapp 5 Prozent seiner Erwerbstätigen während die Zahl in den alten Bundesländern um 5 Prozent gestiegen ist. Lediglich in Berlin ist der Verlust mit 8 Prozent noch deutlicher.

Weit interessanter für die zukünftige Entwicklung eines Standortes ist hingegen die Betrachtung so genannter Innovationsindikatoren (siehe

⁹ Die IW Consult GmbH erstellt seit 2004 jährlich eine Vergleichsstudie der 50 größten deutschen Städte auf Basis von knapp 120 Einzelindikatoren (IW Consult 2006). Die Analyse erfolgt im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM) und der Wirtschaftswoche. Siehe auch: http://www.insm.de/Downloads/PDF_-_Dateien/Staedteranking_2006.pdf; Stand: 21.09.2007

¹⁰ Das Ranking vergleicht lediglich Großstädte, daher wird Bremen hier ohne Bremerhaven behandelt.

Tabelle 3.2). Diese zeigen für Bremen – wie die folgenden Ausführungen zeigen werden – sowohl positive als auch negative Aspekte.

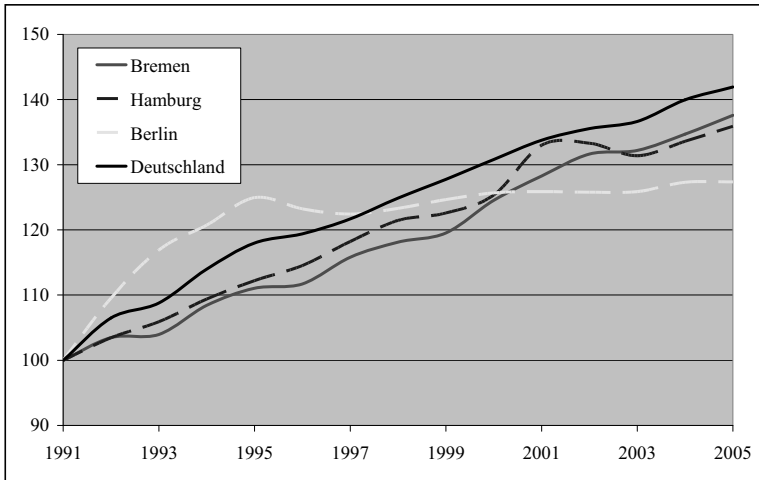


Abbildung 3.1: BIP-Entwicklung in ausgewählten Bundesländern (1991=100; in jeweiligen Preisen)
(Quelle: http://www.vgrdl.de/Arbeitskreis_VGR/R1B5.zip; Stand: 07.02.2007).

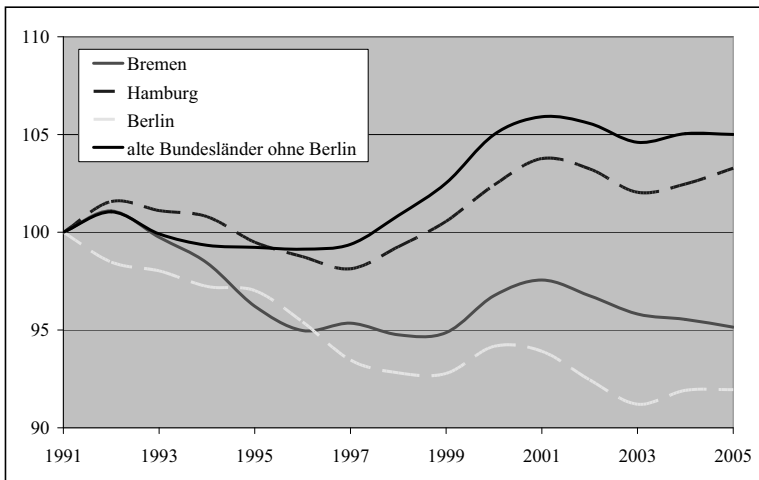


Abbildung 3.2: Entwicklung der Erwerbstätigen in ausgewählten Bundesländern (1991=100)
(Quelle: http://www.vgrdl.de/Arbeitskreis_VGR/R1B5.zip; Stand: 07.02.2007).

Von 1996 bis 2004 ist in Bremen ein Wachstum bei Unternehmensgründungen festzustellen – während die Gründungstätigkeit deutschlandweit

sinkt. Zwar sind auch die Schließungen im Zeitraum von 1996 bis 2002¹¹ gestiegen – sie liegen jedoch im Durchschnitt.

Tabelle 3.2: Bremer Innovationsindikatoren im Vergleich
(Quellen: 1 = TU Freiberg – Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik 2006; 2 = Bundesagentur für Arbeit 2006b; 3 = www.hochschulkompass.de (Stand: 08.02.2007); 4 = Stifterverband für die deutsche Wissenschaft 2006; 5 = BMBF 2005; 6 = Deutsches Patent- und Markenamt 2006; 7 = Deutsches Patent- und Markenamt 1999)

	Bremen	Berlin	Hamburg	Deutschland
Unternehmensgründungen¹ (Veränderung 1996 bis 2004 in %)	8,1	-3,1	14,1	-2,7
Unternehmensschließungen¹ (Veränderung 1996 bis 2002 in %)	24,7	21,8	35,1	28,9
KIBS-Beschäftigte^{a 2} 2006	18.482	99.911	86.544	1.734.138
LQ KIBS-Beschäftigte^{b 2} 2006	1,03	1,49	1,77	./.
Studierende³ (WS 2005/2006)	33.938	132.160	68.971	1.910.325
Studierende/1.000 Einwohner³ (WS 2005/2006)	51,2	38,9	39,5	23,2
Interne FuE-Aufwendungen der Wirtschaft⁴ (2003 in Mio. €)	330	1.575	864	38.029
Interne FuE-Aufwendungen der Wirtschaft / 1.000 € BIP⁴ (2003)	14,0	20,2	11,2	17,6
Interne FuE-Aufwendungen der Wirtschaft⁴ (Veränderung 1991 bis 2003 in %)	-16,2	90,7	92,4	44,9
FuE-Ausgaben des Bundes⁵ (2003 in Mio. €)	209,4	800,4	382,4	7.797,7
FuE-Ausgaben des Bundes⁵ (2003 in € je Einwohner)	315,8	235,8	219,3	94,6
Patente / 100.000 Einwohner⁶ (2005)	26,1	25,5	52,7	58,7
Patente^{6,7} (Veränderung 1999 bis 2005 in %)	4,2	-33,6	-4,0	-5,4

a) KIBS = Knowledge-intensive business services (WZ-Klassen 72, 73 und 74.1-74.4)

b) LQ = Lokalisationsquotient (relative KIBS-Verteilung; Werte größer 1 = besser als der Durchschnitt und Werte kleiner 1 = schlechter als der Durchschnitt)

Ein deutliches Manko ist im Bereich der KIBS-Beschäftigten festzustellen. KIBS (Knowledge-intensive Business Services wie u. a. Unternehmensberatung, Forschung und Entwicklung, Datenverarbeitung) sind einer der am stärksten wachsenden Wirtschaftsbereiche der letzten Jahre. Ihnen wird eine sehr wichtige Rolle für die Innovations- und Anpass-

Deutliches Manko:
Geringe Anzahl an
KIBS-Beschäftigten in
Bremen

¹¹ Die Zahlen der Unternehmensschließungen liegen immer erst mit zwei Jahren Verzögerung vor.

sungsprozesse jedes einzelnen Unternehmens wie auch eine zentrale Stellung im Innovationssystem eines Landes bzw. einer Region zugesprochen. Ein Lokalisationsquotient von knapp über 1 bedeutet für Bremen zwar einen ganz leicht überdurchschnittlichen Besatz an KIBS – im Vergleich zu Berlin und Hamburg ist dies aber deutlich schlechter (wie auch im Vergleich zu allen anderen deutschen Großstädten).

Positiv sieht es hingegen beim akademischen Nachwuchs aus. Mit 51 Studierenden pro 1.000 Einwohner liegt Bremen deutlich vor Berlin und Hamburg. Dies ist eine direkte Folge der zwei Universitäten (Universität Bremen und Jacobs University Bremen [ehemals IUB – International University Bremen]), der zwei Fachhochschulen (Hochschule Bremen und Hochschule Bremerhaven) sowie der Hochschule für Künste und der Hochschule für öffentliche Verwaltung.

Positiv: 51 Studierende pro 1.000 Einwohner in Bremen

Die internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft liegen unter dem bundesdeutschen Durchschnitt – kritisch anzumerken ist zudem, dass sie seit 1991 relativ stark gesunken sind, während sie bspw. in Berlin und Hamburg um 90 Prozent gestiegen sind.

Weit überdurchschnittlich sind jedoch die relativen FuE-Ausgaben des Bundes, die nach Bremen fließen. Dieser Zufluss zeugt für eine überdurchschnittlich ausgebildete FuE-Infrastruktur. Neben den einzelnen Instituten der schon erwähnten Universitäten und Hochschulen sind hier u. a. das Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) (Helmholtz) oder das Faserinstitut Bremen zu nennen. 2005 wurde Bremen und Bremerhaven daher auch der Titel „Stadt der Wissenschaft“ verliehen.

Überdurchschnittlich hohe FuE-Ausgaben des Bundes für das Land Bremen

Die insgesamt durchschnittlichen internen FuE-Aufwendungen und die weit überdurchschnittlichen FuE-Ausgaben des Bundes lassen bislang jedoch noch deutliche Wirkungen vermissen. So liegen bspw. die Patentanmeldungen pro Einwohner deutlich unter dem Bundesdurchschnitt (auch wenn für Berlin das Gleiche gilt). Positiv anzumerken ist hierzu, dass die Patentanmeldungen in den letzten Jahren gestiegen sind, während sie im Bundesdurchschnitt gefallen sind.

Dennoch: Zahl der Patentanmeldungen weit unter Bundesdurchschnitt

Diese Analysen werden im Innovationsbericht 2006 des BAW Instituts für regionale Wirtschaftsforschung GmbH in Bremen bestätigt: Der Strukturwandel im Land ist trotz intensiver Landes- und Bundesförderung noch nicht abgeschlossen. Besondere Probleme bestehen in der fehlenden Entwicklung hin zu einer wissensorientierten Dienstleistungsgesellschaft sowie in der ausgeprägten FuE-Schwäche der regionalen Wirtschaft (Stenke/Willms 2006).

Bremische Strategie:
High-Tech-Region
Bremen/Bremerhaven

Als Reaktion auf die weiter bestehenden Strukturprobleme im Land, will Bremen unter dem Stichwort „High-Tech-Region Bremen/Bremerhaven“ seine Innovationspolitik schärfen und die Innovationspolitik konsequent auf Wachstumsmärkte ausrichten. Hierzu wurden bereits 2002 Innovationsfelder¹² für Bremen identifiziert, die erstens auf den vorhandenen endogenen Potenzialen des Landes aufbauen und die zweitens die notwendigen Wachstumschancen bieten:

- Luft- und Raumfahrt,
- Logistik und Verkehr,
- Informationstechnik und Design
- Gesundheitswirtschaft und Umweltwirtschaft
- (Blaue) Biotechnologie und Ernährungswirtschaft.

Für die wirtschaftliche Entwicklung einer Region sind jedoch auch die Verkehrsinfrastruktur wie auch weitere (so genannte weiche) Standortfaktoren von wichtiger Bedeutung.

Verkehrsinfrastruktur
ein wichtiger
Standortfaktor

Die Anbindung Bremens an die europäischen Verkehrsadern ist sowohl auf dem Straßen-, Bahn-, Luft- als auch Wasserweg erfüllt. Die A1 bindet bspw. Bremen an Hamburg und das Ruhrgebiet an. Der Flughafen bietet zwar keine Interkontinentalflüge, ermöglicht aber eine deutschland- und europaweite Anbindung.

Neben der Verkehrsinfrastruktur ist auch im Bereich von Kultur und Freizeit ein ausreichendes Angebot vorhanden – bspw. zahlreiche Wassersportmöglichkeiten, Erholungsmöglichkeiten am Meer, Museen und Musicals oder das sportliche Aushängeschild der Stadt: der Fußballverein Werder Bremen.

¹² <http://www2.bremen.de/technologiebeauftragter/>

4 NANOTECHNOLOGIE IM LAND BREMEN

Bremen ist bislang kaum als expliziter Nanotechnologie-Cluster wahrgenommen worden, auch wenn einzelne Institutionen, wie z. B. das Fraunhofer IFAM, sicherlich nationales bis internationales Renommée im Bereich der Nanotechnologie vorweisen können.

Bremen bisher nicht als Nanotechnologie-Cluster wahrgenommen

Auf den nächsten Seiten wird jedoch deutlich, dass sich das Land Bremen durchaus auf dem Weg zu einem sich entwickelnden Nanotechnologie-Cluster befindet.

4.1 Bremen im nationalen Vergleich

Auf der Nanomap¹³ sind für das Land Bremen 36 Nanotechnologie-Akteure verzeichnet. Die meisten der bundesweit 1.095 Akteure sind in Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg zu finden (siehe Abbildung 4.1). Werden jedoch die Nanotechnologie-Akteure im Verhältnis zur Einwohnerzahl verglichen, dann liegt Bremen deutlich an erster Stelle vor dem Saarland und Sachsen (siehe Tabelle 4.1).

36 Nanotechnologie Akteure im Land Bremen

Bundesland	Nanotechnologie-Akteure	Nanotechnologie-Akteure pro 1 Mio. Einwohner
Bremen	36	54,2
Saarland	33	31,4
Sachsen	114	26,6
Hamburg	36	20,6
Hessen	121	19,8
Berlin	64	18,8
Thüringen	35	15,0
Bayern	164	13,5
Deutschland	1.095	13,2
Baden-Württemberg	126	11,7
Nordrhein-Westfalen	195	10,8

Tabelle 4.1: Nanotechnologie-Akteure in Deutschland
(Quelle: www.nano-map.de, http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb01_jahrta1.asp; Stand: 13.08.2007)

¹³ Zu finden unter: www.nano-map.de (Stand: 13.08.2007). Die Nano-Map basiert auf Eintragungen durch den Betreiber der Seite, der VDI Technologiezentrum GmbH. Es handelt sich dabei nicht um ein vollständiges Akteursverzeichnis – auch wenn dies natürlich angestrebt wird. Regionen, in denen beispielsweise Nanotechnologie-Studien durchgeführt wurden (z. B. Dresden) oder in denen die Map aufgrund anderer Konstellationen weiter verbreitet ist, sind demzufolge in dieser Map vollständig repräsentiert. Nichtsdestotrotz lassen die Akteurszahlen erste Aussagen über die quantitative Bedeutung eines Nanotechnologie-Standortes zu.

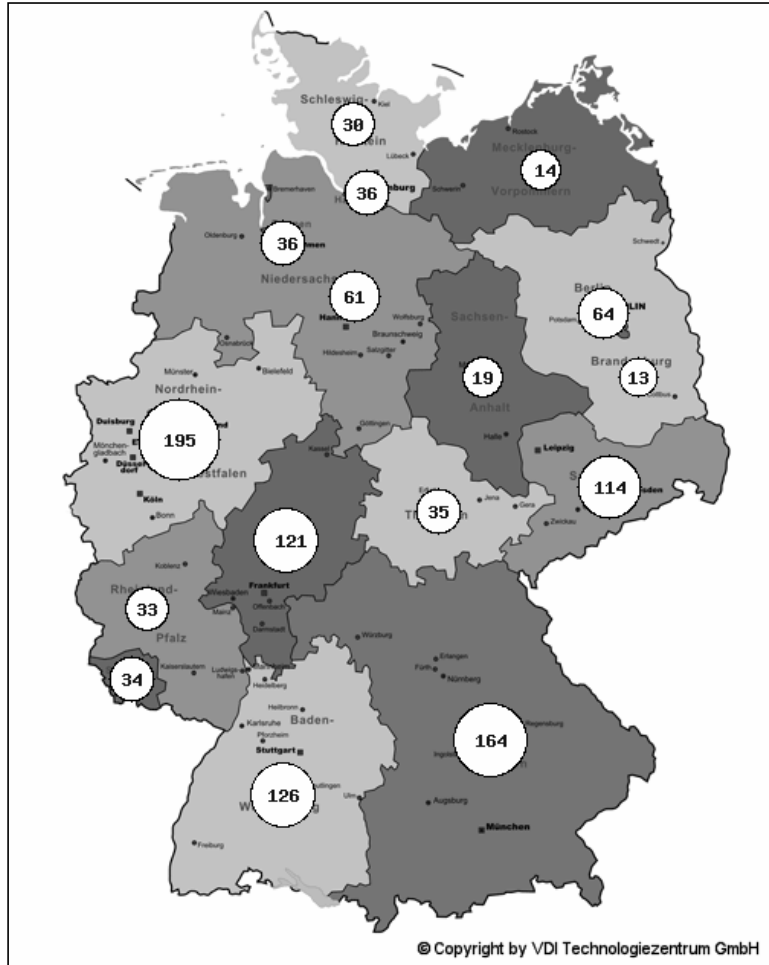


Abbildung 4.1: Nanotechnologische Einrichtungen in Bremen im nationalen Vergleich (Quelle: www.nano-map.de; Stand: 13.08.2007).

Beim Vergleich von einzelnen Städten stellt sich jedoch ein gewisser Abstand z. B. zu Dresden (135,4) dar.

4.2 Analyse des Nanotechnologie-Standortes Bremen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fragebogenumfrage (vgl. Kapitel 1.3) dargestellt. Ziel ist es dabei, die derzeitige Situation der Nanotechnologie im Land Bremen zu beschreiben und zu analysieren. Trotz der sehr geringen Fallzahlen sollen sich damit sowohl für die Bremer Akteure selbst als auch für nicht-bremische Interessierte Erkenntnisse und Anregungen ergeben.

4.2.1 Strukturbeschreibung der Nanotechnologie-Akteure

4.2.1.1 Struktur der Unternehmen

Von den 561 angeschriebenen Unternehmen sendeten 82 ihren Fragebogen ausgefüllt zurück (Rücklaufquote: 14,6 Prozent).¹⁴ Von diesen 82 Unternehmen gaben 53 an, dass Nanotechnologie für sie nicht von Interesse ist. 20 Unternehmen beschäftigen sich zwar derzeit noch nicht aktiv mit Nanotechnologie, die Technologie könnte aber zukünftig von Interesse sein. Als derzeit bereits in Nanotechnologie aktiv bezeichneten sich zum Zeitpunkt der Befragung 9 Unternehmen.¹⁵

Die Größenstrukturen sowohl der in Nanotechnologie aktiven als auch der an Nanotechnologie interessierten Unternehmen ist – gemessen an der Zahl der Mitarbeiter – durchschnittlich (siehe Abbildung 4.2).

Fragebogenrücklauf:
82 Unternehmen von
561 Angeschriebenen
haben geantwortet

9 aktive Nano-
Unternehmen und 20
an Nano Interessierte

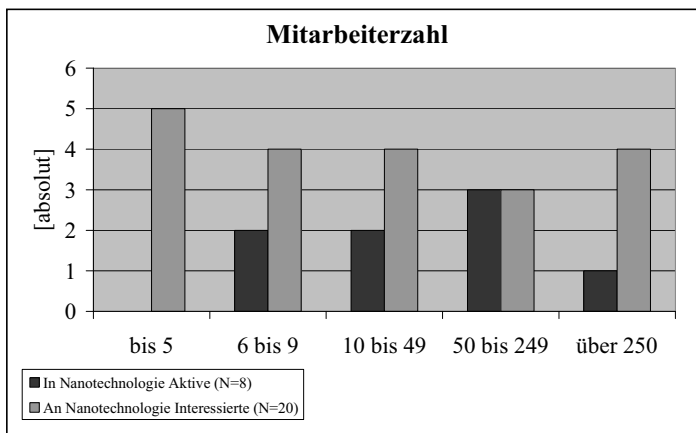


Abbildung 4.2: Mitarbeiterzahl der Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung)

¹⁴ Der Rücklauf bezeichnet die Gesamtzahl der zurückgesendeten und auswertbaren Fragebögen. Dies impliziert nicht, dass jedes Unternehmen auch zu jeder Frage eine Stellungnahme abgegeben hat. Hierdurch variiert z. B. die in den Abbildungen angegebenen Grundgesamtheit N für die Analyse einer jeden Frage.

¹⁵ Laut Nano-Map sind 21 Nanotechnologie-Unternehmen im Land Bremen aktiv (Stand 22.1.2008).

Auffällig ist lediglich, dass die Umsätze der in Nanotechnologie aktiven Unternehmen im Vergleich zu den Mitarbeiterzahlen leicht unterdurchschnittlich sind (siehe Abbildung 4.3). Dies erklärt sich durch die bei Nanotechnologie-Unternehmen übliche hohe FuE-Intensität, der meist (noch) keine am Markt etablierten Massenprodukte gegenüberstehen.

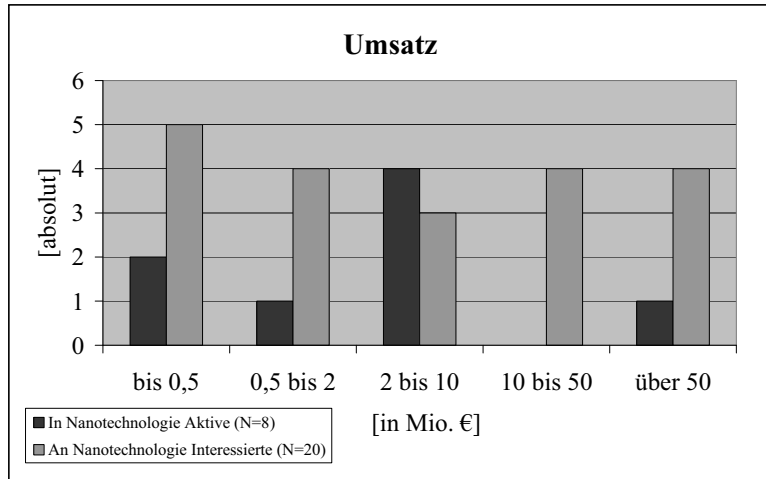


Abbildung 4.3: Umsatz der Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung)

Keine inhaltlichen Schwerpunkte der Nano-Unternehmen zu erkennen

Im Bereich der Branchenschwerpunkte der Unternehmen lassen sich keine inhaltlichen Cluster identifizieren. Jeweils zwei in Nanotechnologie aktive Unternehmen arbeiten im Bereich Chemie / Werkstoffe sowie Biotech / Gesundheit / Life Sciences.¹⁶

Bei den an Nanotechnologie interessierten Unternehmen lassen sich neben den generell wichtigen Bereichen Chemie / Werkstoffe Schwerpunkte vor allem in den für Bremen typischen Branchen feststellen: Maritime Technik, Luft- und Raumfahrt, Maschinenbau sowie Mess- und Regeltechnik (siehe Abbildung 4.4).

Die Nano-aktiven Unternehmen sind stark von öffentlichen Fördermitteln abhängig

Die in Nanotechnologie aktiven Unternehmen sind sehr stark von öffentlichen Fördergeldern abhängig. Alle befragten Unternehmen greifen hierauf zurück (vgl. auch die Liste der geförderten Projekte im Land Bremen im Anhang). Kredite, Leasing oder Risikokapital spielen in der Finanzierung hingegen eine untergeordnete Rolle (siehe Abbildung 4.5). Dies zeigt einerseits zwar wiederum die hohe FuE-Intensität im Bereich Nanotechnologie, bei der der Staat Unternehmen bei ihren Aktivitäten unterstützt, aber andererseits unter Umständen auch ein geringe Verfügbarkeit von Krediten bzw. Risikokapital am Standort.

¹⁶ Die im Rahmen der Ausschreibung eingegangenen Projektskizzen (vgl. Kapitel 5) deuten jedoch auf einen Schwerpunkt im Bereich Biotechnologie hin.

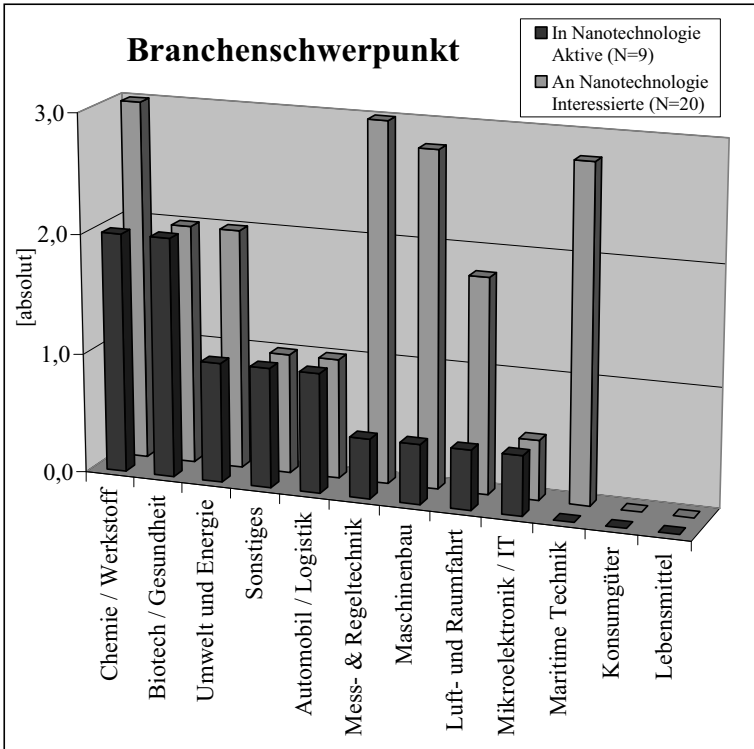


Abbildung 4.4: Branchenschwerpunkt der Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung)¹⁷

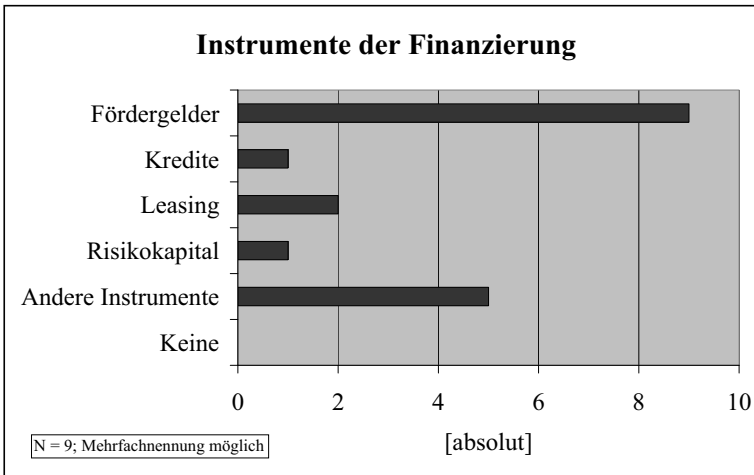


Abbildung 4.5: Instrumente der Finanzierung (Quelle: Eigene Erhebung)

¹⁷ Die Frage zielte auf den Schwerpunkt der Geschäftstätigkeit und eine Mehrfachantwort war eigentlich nicht vorgesehen. Bei mehreren Branchenangaben wurde die Angabe des Unternehmens aufgeteilt (z. B. 2 x 0,5) – daher die obigen ungeraden Werte.

Über die Hälfte der Unternehmen greift zudem noch auf weitere Instrumente zurück, die jedoch nicht spezifiziert wurden.

4.2.1.2 Struktur der FuE-Einrichtungen

Rücklauf der Fragebogen an FuE-Einrichtungen: 29 %

Von den 34 angeschriebenen FuE-Einrichtungen, bei denen den Autoren bekannt war, dass sie sich mit Nanotechnologie beschäftigen bzw. beschäftigen könnten, antworteten im Rahmen der Umfrage zehn Einrichtungen (Rücklaufquote: 29 Prozent).¹⁸

Aus Literaturrecherchen, Projektlisten, Vortragsveranstaltungen und Internetrecherchen konnten die Autoren die im Anhang aufgelisteten FuE-Einrichtungen als im Bereich Nanotechnologie tätig ermitteln. Diese bremischen FuE-Einrichtungen, die sich mit Nanotechnologie beschäftigen, sind überwiegend mittlere bis große Einrichtungen. Drei Einrichtungen haben sogar über 250 Mitarbeiter (siehe Abbildung 4.6). Dabei beschäftigen sich jedoch nicht alle Mitarbeiter direkt mit nanotechnologischen Fragestellungen – bei einem Drittel der FuE-Einrichtungen ist dies sogar nur ein Bruchteil der Gesamtbelegschaft.

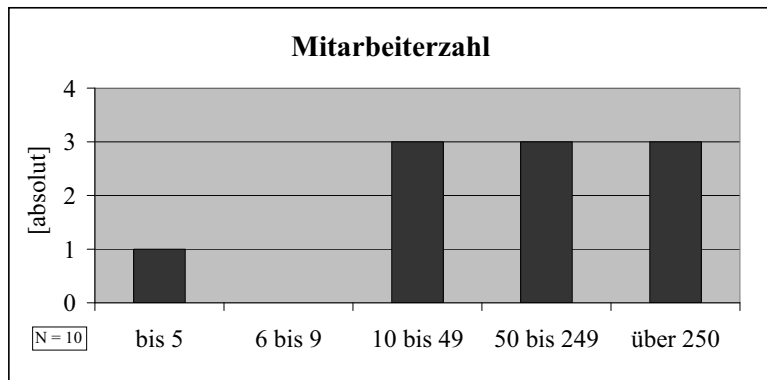


Abbildung 4.6: Mitarbeiterzahl der FuE-Einrichtungen (Quelle: Eigene Erhebung)

50 % der FuE-Einrichtungen befassen sich mit Nano-Grundlagenforschung

Die Hälfte der FuE-Einrichtungen betreibt Grundlagenforschung und anwendungsbezogene Forschung gleich intensiv. Drei der Einrichtungen sind eher der reinen Grundlagenforschung zuzuordnen, zwei eher der anwendungsbezogenen Forschung (siehe Abbildung 4.7).

¹⁸ Auch für die FuE-Einrichtungen gilt, dass zwar insgesamt 10 auswertbare Fragebögen zurückgesandt worden sind, dass jedoch nicht in jedem Fragebogen zu allen Fragen Antworten gegeben worden sind. Daher variiert die in den Abbildungen angegebene Grundgesamtheit N.

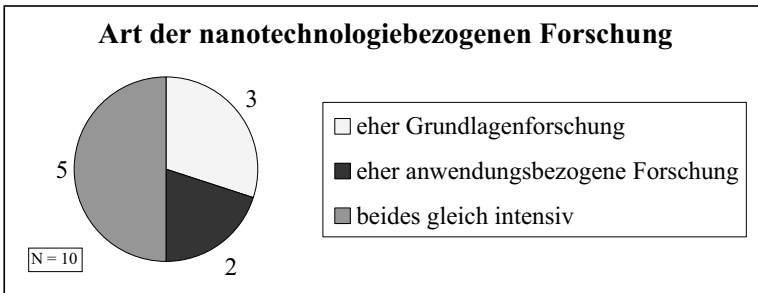


Abbildung 4.7: Art der nanotechnologiebezogenen Forschung (Quelle: Eigene Erhebung)

Die Branchenschwerpunkte der in Nanotechnologie aktiven Unternehmen werden durch die Anwendungsfelder, die die nanotechnologiebezogene Forschung der FuE-Einrichtungen adressieren, weitgehend abgedeckt (siehe Abbildung 4.8). Schwerpunkte der Forschung liegen u. a. im Bereich Biotechnologie / Gesundheit / Life Sciences sowie Automobilbau / Logistik / Verkehr.

Forschungsschwerpunkte: u.a. Biotechnologie und Automobil

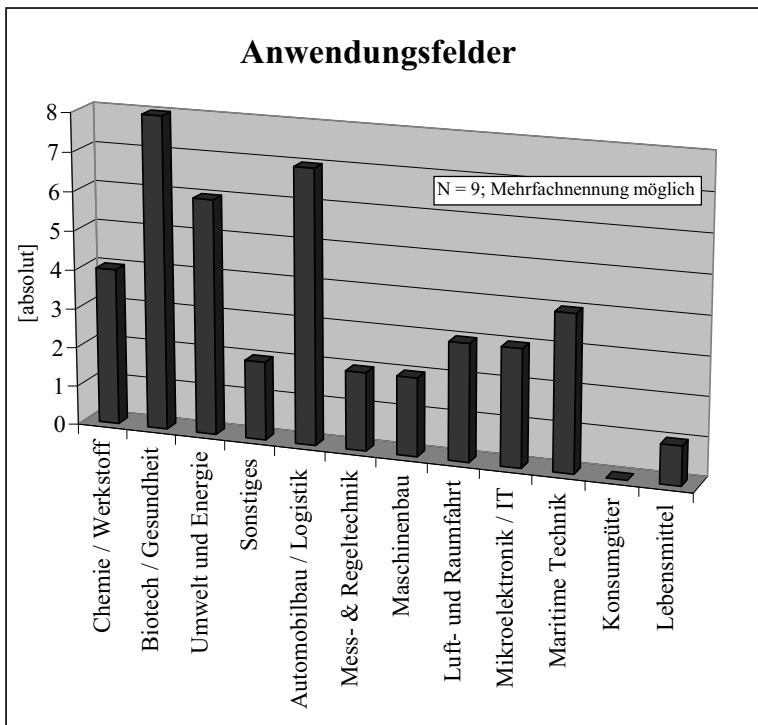


Abbildung 4.8: Anwendungsfelder der Forschung (Quelle: Eigene Erhebung)

Schwäche der FuE-Landschaft: Mess- und Regeltechnik wird nicht adressiert, von den Unternehmen aber nachgefragt

Im Vergleich zu den Branchen der an Nanotechnologie interessierten Unternehmen lässt sich aber eine Schwäche der Forschung der FuE-Einrichtungen erkennen. Ein hoher Anteil dieser Unternehmen ist in den Branchen Mess- und Regeltechnik sowie Maschinenbau aktiv – diese Felder werden jedoch von den bremischen FuE-Einrichtungen in ihren Forschungsaktivitäten kaum adressiert.

Hohe Abhängigkeit der FuE-Einrichtungen von öffentlichen Fördergeldern

Bei den FuE-Einrichtungen besteht naturgemäß eine hohe Abhängigkeit von öffentlichen Fördermitteln: 70 Prozent erhalten eine staatliche Grundfinanzierung, 80 Prozent akquirieren Drittmittel vom Bund und jeweils 50 Prozent erhalten Drittmittel vom Land Bremen bzw. von der EU. Die relative Industrienähe der bremischen FuE-Einrichtungen zeigt sich daran, dass sie 60 Prozent ihrer Drittmittel aus der Industrie akquirieren können.

4.2.2 Rolle der Nanotechnologie bei den Akteuren

Die Mehrzahl der in Nanotechnologie aktiven Unternehmen beschäftigt sich mit der Anwendung nanotechnologischer Komponenten. Jeweils drei Unternehmen stellen nanotechnologische Komponenten her bzw. nutzen nanotechnologische Komponenten in ihren Endprodukten (siehe Abbildung 4.9).

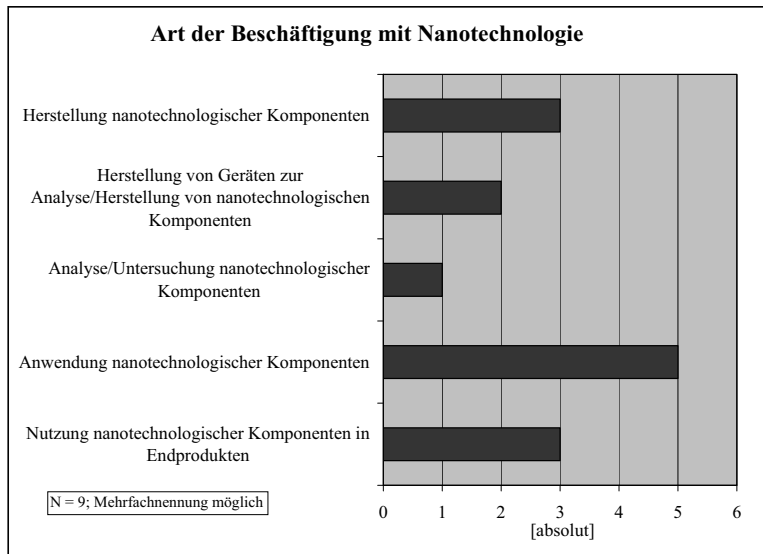


Abbildung 4.9: Art der Beschäftigung mit Nanotechnologie in Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung)

In den meisten Unternehmen sind nur wenige Mitarbeiter direkt mit Nanotechnologie befasst

Die Anzahl der Mitarbeiter, die sich direkt mit Nanotechnologie beschäftigen, ist in den meisten Unternehmen eher gering. Von sieben, die hierzu eine Auskunft gegeben haben, sind bei fünf Unternehmen lediglich bis 5 Mitarbeiter, bei zwei Unternehmen zwischen 6 und 9 Mitarbeiter mit Nanotechnologie in direktem Kontakt. In Bezug auf diese Zahlen können

lediglich zwei Unternehmen als reine Nanotechnologie-Unternehmen angesehen werden, bei denen die Mehrzahl der Mitarbeiter auch im Bereich Nanotechnologie arbeitet.

Dies bestätigt sich auch bei den Umsatzzahlen: Hier geben sogar drei Unternehmen an, mehr als 50 Prozent ihres Gesamtumsatzes mit Produkten zu generieren, bei denen Nanotechnologie eine funktionale Rolle spielt oder die mit Hilfe der Nanotechnologie hergestellt wurden.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, welche Bedeutung Nanotechnologie für das Unternehmen hat. Hierzu wurden den Unternehmern verschiedene Aussagen vorgelegt, die sie anhand einer 6-stufigen Skala von „Trifft zu“ bis „Trifft nicht zu“ bewerten sollten. Einerseits sind die Unternehmen der Ansicht, dass Nanotechnologie ein wichtiger Wettbewerbsfaktor für das Unternehmen ist und die Leistungsfähigkeit auf angestammten Märkten verbessert. Andererseits verneinen sie jedoch nicht sehr deutlich die Aussage, dass Nanotechnologie nur eine von vielen technologischen Optionen und ein Experimentierfeld sei (siehe Abbildung 4.2). Ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Bewertung der Aussagen und dem Anteil des Nanotechnologie-Umsatzes ist überraschenderweise nicht festzustellen.¹⁹

Nanotechnologie wird als wichtiger Wettbewerbsfaktor gesehen

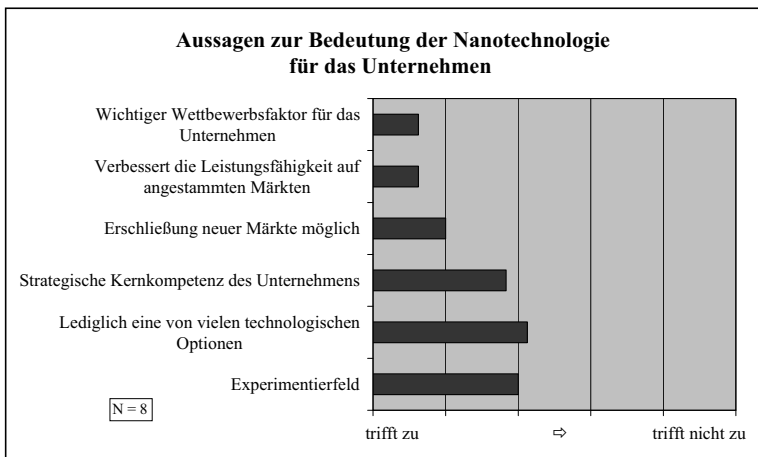


Abbildung 4.2: Aussagen zur Bedeutung der Nanotechnologie für das Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung)

Abschließend ist noch die Frage zu stellen, ob und in welchen Bereichen die Unternehmen sowie die FuE-Einrichtungen Forschung und Entwicklung im Bereich der Nanotechnologie betreiben. Die FuE-Schwerpunkte sind bei den Unternehmen die Bereiche Nanomaterialien, Nanobiotechnologie sowie Nanobeschichtungen. Diese Schwerpunkte werden durch die FuE-Einrichtungen sehr gut abgedeckt: Vor allem an Nanomaterialia-

Unternehmensschwerpunkte: Nanomaterialien, Nanobiotechnologie und Nanobeschichtungen

¹⁹ An dieser Stelle ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass eine Analyse von Zusammenhängen aufgrund der geringen Fallzahlen eigentlich nicht möglich ist.

lien wird in fast jeder Einrichtung geforscht, aber auch die Nanobiotechnologie sowie Nanobeschichtungen zählen für die Hälfte der FuE-Einrichtungen zum Aufgabengebiet. Im Gegensatz zu den Unternehmen sind die FuE-Einrichtungen jedoch breiter aufgestellt und können auch nennenswerte FuE-Kapazitäten in den Bereichen Nanoelektronik, Nanooptik und Nanowerkzeuge/Nanoanalytik vorweisen. Die hohe Forschungsintensität der Nanotechnologie zeigt sich u. a. darin, dass lediglich ein Unternehmen keine FuE in diesem Bereich betreibt (siehe Abbildung 4.1).

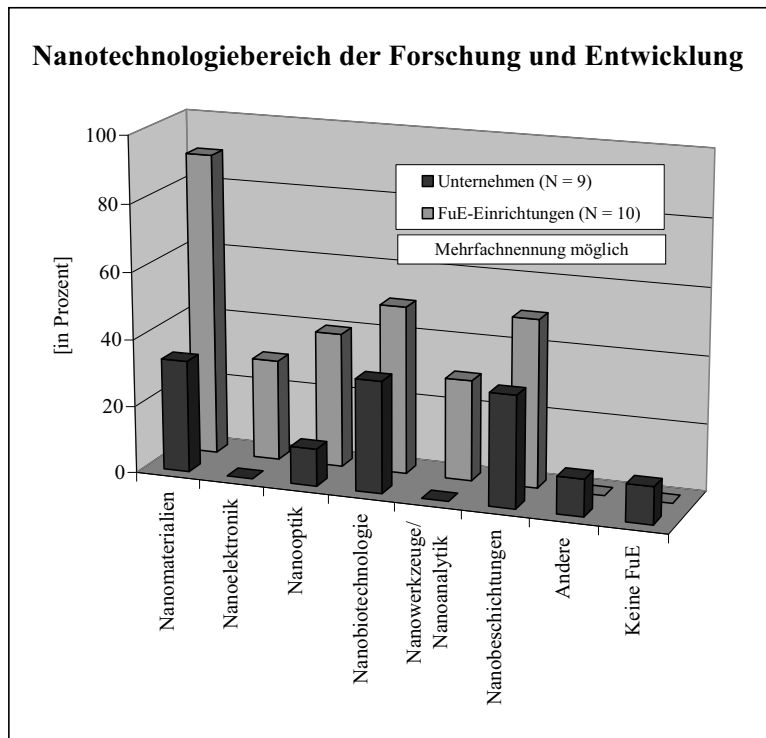


Abbildung 4.11 Nanotechnologiebereich der Forschung und Entwicklung
(Quelle: Eigene Erhebung)

4.2.3 Standortanforderungen und -bedingungen

Die Standortbedingungen einer Region spielen beim Wettbewerb um Unternehmensansiedlungen eine große Rolle. Der Vergleich der Anforderungen einer Branche an den Standort mit den jeweiligen Bedingungen vor Ort lässt dabei Handlungsbedarfe für die regionalen Akteure erkennen.²⁰

²⁰ Die Standortanforderungen von Nanotechnologieunternehmen wurden im Rahmen der bremischen Studie nicht abgefragt sondern aus einer früheren Studie der Autoren übernommen (siehe Glauner et al. 2006). Da sich die Anforderungen der Unterneh-

Die wichtigsten Standortanforderungen für junge Nanotechnologieunternehmen sind die Verkehrsanbindung, die Nähe zu FuE-Einrichtungen, die Kosten von Gewerbeflächen sowie die finanzielle staatliche Unterstützung. Des Weiteren sind aber auch das Image der Stadt als Technologiestandort sowie der Arbeitsmarkt (hier insbesondere die branchenspezifischen Hochschulabsolventen) von großer Bedeutung (siehe grauer Balken bzw. den untersten der jeweiligen Dreiergruppe in Abbildung 4.12, für Berechnungsdetails siehe Glauner et al. 2006).

Wichtigste Standortanforderungen: Verkehrsanbindung, Nähe zu FuE-Einrichtungen, Kosten für Gewerbefläche und staatliche Fördermittel

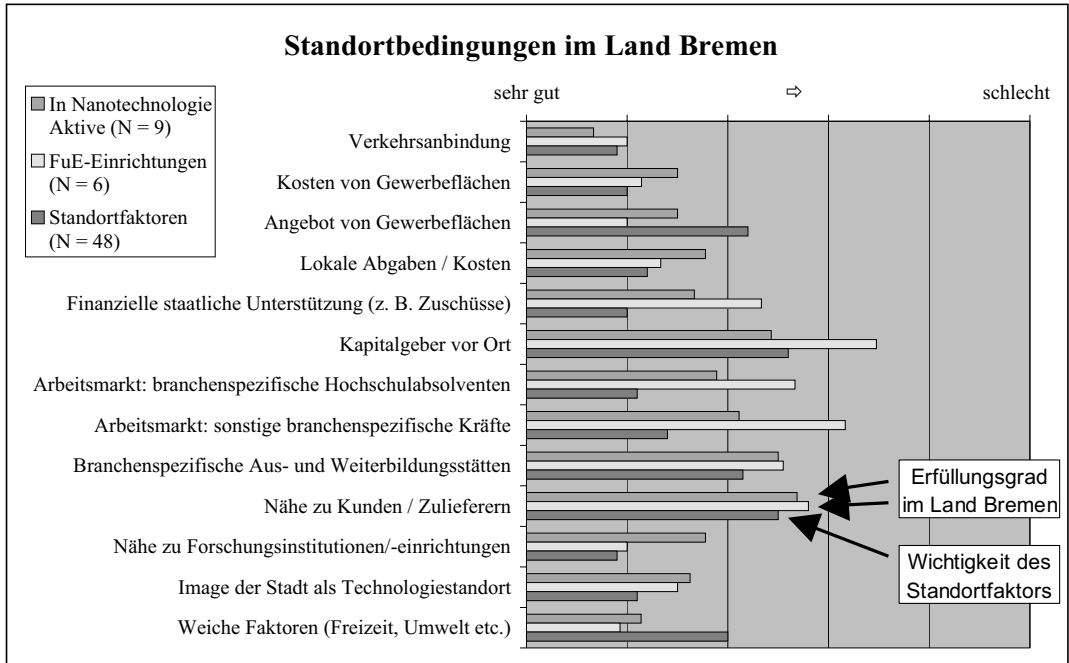


Abbildung 4.12: Standortbedingungen für die Nanotechnologie im Land Bremen (Quelle: Eigene Erhebung)

Bei der Bewertung der Standortbedingungen durch die Nanotechnologie-Unternehmen (grüner bzw. jeweils oberster Balken) und die FuE-Einrichtungen (gelber bzw. jeweils mittlerer Balken) ergeben sich teils deutliche Unterschiede: Während die Verkehrsanbindung, die Kosten und das Angebot von Gewerbeflächen wie auch die weichen Faktoren (Wohnen und Wohnumfeld, Freizeitmöglichkeiten etc.) sehr positiv bewertet werden, besteht vor allem bei der finanziellen staatlichen Unterstützung, dem Arbeitsmarkt (sowohl branchenspezifische Hochschulabsolventen als auch sonstige branchenspezifische Kräfte) sowie der Nähe zu Forschungsinstitutionen und -einrichtungen Handlungsbedarf. Bei der Bewertung der Nähe zu FuE-Einrichtungen besteht jedoch ein deutlicher

Es wird Bedarf gesehen bei: der finanziellen staatlichen Unterstützung, dem Arbeitsmarkt und der Nähe zu FuE-Einrichtungen

men einer Branche an den Unternehmensstandort vermutlich nicht ändern, konnte so der Aufwand für die Befragten verringert werden.

Unterschied zwischen der Bewertung dieses Faktors durch die Unternehmen bzw. durch die FuE-Einrichtungen selbst. Letztere bewerten die Situation positiver als die Unternehmen.

Negative Bewertung des Arbeitsmarktes überraschend

Während die leicht negative Bewertung der finanziellen staatlichen Unterstützung kein besonderes Spezifikum des Standortes Bremen ist, überrascht insbesondere die deutlich negative Bewertung des nanotechnologiespezifischen Arbeitsmarktes (vor allem auch durch die FuE-Einrichtungen). Letztere sind am Standort Bremen häufig Universitätsinstitute und somit mehr oder weniger mitverantwortlich für den beklagten Zustand. Inwiefern hier durch ein verbessertes Lehrangebot Abhilfe geschaffen werden kann, gilt in weiteren Gesprächen zu prüfen.

Die Kategorie „Nähe zu FuE-Einrichtungen“ wird im Folgenden noch detaillierter analysiert, wenn die Frage der Kooperationen am Standort Bremen erörtert wird.

4.2.4 Kooperation am Standort

In Abbildung 4.13 wird die Stärke der gegenseitigen Kooperation von FuE-Einrichtungen und Unternehmen dargestellt.

Geringe Kooperation der bremischen FuE-Einrichtungen mit Akteuren vor Ort

Die FuE-Einrichtungen aus Bremen arbeiten dabei am häufigsten mit anderen FuE-Einrichtungen aus Deutschland (außer Bremen) und am zweithäufigsten mit Unternehmen aus Deutschland zusammen. Die Kooperation der bremischen FuE-Einrichtungen mit Akteuren vor Ort ist sogar schwächer ausgeprägt als diejenige mit Akteuren aus dem Ausland. Dieses Ergebnis ist eher untypisch und an anderen deutschen Nanotechnologie-Standorten so nicht vorzufinden.

Auch bremische Unternehmen kooperieren eher mit nicht-bremischen Akteuren

Bei der Kooperation der Unternehmen ist zumindest die regionale Orientierung zu den FuE-Einrichtungen neben der deutschlandweiten Zusammenarbeit auch auf die vor Ort sitzenden Einrichtungen fokussiert. Bei der Kooperation mit anderen Unternehmen lässt sich aber ebenfalls eine sehr gering ausgeprägte Kooperation vor Ort diagnostizieren.

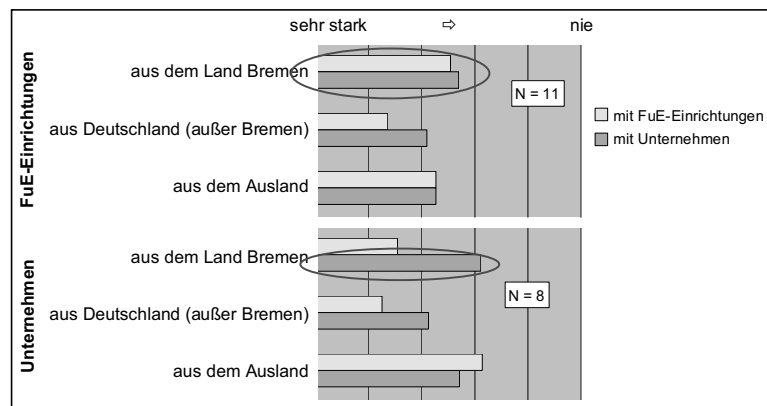


Abbildung 4.13: Kooperation der Akteure vor Ort (Quelle: Eigene Erhebung)

Die geringe Kooperation der Akteure vor Ort kann teilweise damit erklärt werden, dass aufgrund der wenigen Akteure häufig kein geeigneter Partner vor Ort zu finden ist. Nichtsdestotrotz könnte auch aufgrund der in den vorangegangenen Kapiteln ermittelten Branchen- bzw. FuE-Schwerpunkte eine höhere Kooperation erwartet werden.

Um dieser für Technologiecluster eher unüblichen relativ geringen Kooperation der Akteure vor Ort auf den Grund zu gehen, wurden die Befragten auch darum gebeten, die jeweils „andere Seite“ zu bewerten (siehe Abbildung 4.14).

Dabei sahen die FuE-Einrichtungen die bremischen Unternehmen im Bereich der Forschung und Entwicklung noch vergleichsweise gut aufgestellt. Für die Anwendung in Prototypen und erst recht für die Anwendung in marktfähigen Produkten vergaben die FuE-Einrichtungen den Unternehmen jedoch eher negative Bewertungen. Besonders auffällig ist, dass von den zehn befragten FuE-Einrichtungen drei angaben, kein Nanotechnologie-Unternehmen aus Bremen zu kennen. Hier besteht nach Ansicht der Autoren ein deutliches Kommunikationsdefizit am Standort Bremen.

Bremische FuE-Einrichtungen bewerten bremische Nano-Unternehmen negativ in Bezug auf die Anwendung in Prototypen und marktfähige Produkte

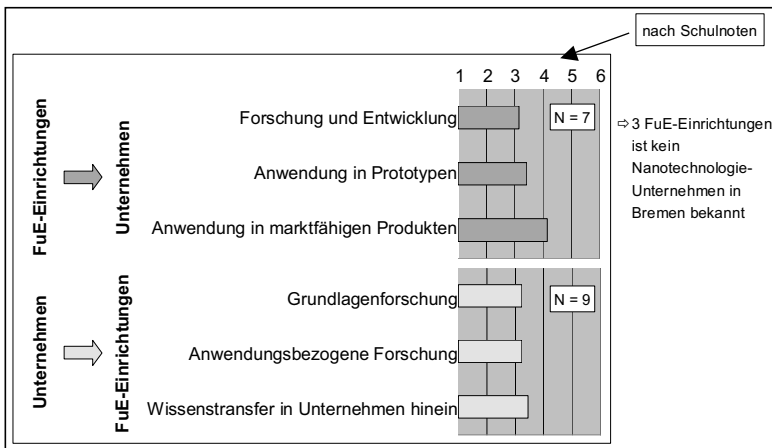


Abbildung 4.14: Gegenseitige Bewertung von FuE-Einrichtungen und Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung)

Auch die Bewertung der FuE-Einrichtungen durch die Unternehmen fällt mit durchschnittlichen Bewertungen zwischen 3 und 4 (nach Schulnoten) nicht überragend aus. Der leichte Abfall der Bewertung von der Grundlagenforschung über die anwendungsbezogene Forschung hin zum Wissenstransfer in Unternehmen hinein stellt dabei jedoch keine Besonderheit dar. Dieser konnte auch bei anderen Untersuchungen dieser Art festgestellt werden und spiegelt in Teilen das nach wie vor latent vorhandene Kommunikationsdefizit zwischen Wissenschaftlern auf der einen und Unternehmern auf der anderen Seite wider.

Bremische Nano-Unternehmen sehen noch Verbesserungsbedarf bei den FuE-Einrichtungen in Bezug auf die anwendungsbezogene Forschung und den Wissenstransfer

Nichtsdestotrotz bleibt festzuhalten, dass die mangelnde Kooperation der Akteure vor Ort eher nicht für einen bereits existierenden Cluster spricht

– da die Kooperation und damit der Austausch impliziten Wissens als eines der wesentlichen Merkmale von Clustern angesehen wird.

4.2.5 Gründung und Ansiedlung

Die Dynamik von Gründungen und Ansiedlungen ist entscheidend für die weitere Entwicklung eines Clusters.

Positive Noten für
die unterstützende
Hilfe des Landes
Bremen

Eine wichtige Rolle bei der Gründung und Ansiedlung von Unternehmen spielen u. a. auch staatliche Akteure. Daher wurde in einem ersten Schritt gefragt, inwiefern die Unternehmen bei ihrer Gründung bzw. Ansiedlung durch das Land Bremen unterstützt wurden. Hierbei ergab sich eine durchweg positive Bewertung der Leistungen des Landes Bremen. Lediglich ein Unternehmen gab eine befriedigende Unterstützung an – die Noten 4 bis 6 wurden gar nicht vergeben.

Bei der Frage, welche Schwierigkeiten bei der Gründung bzw. Ansiedlung auftraten, ergab sich ebenfalls ein relativ positives Bild. Im Durchschnitt hatten die Unternehmen keine Schwierigkeiten bei der Gewerbeflächen- bzw. Immobiliensuche. Auch finanzielle oder bürokratische Schwierigkeiten wurden entweder verneint oder weitgehend mit teils/teils beantwortet.

Schwäche des Stand-
ortes: Nur sehr weni-
ge Spin-offs aus
FuE-Einrichtungen

Für das Wachstum technologieintensiver Cluster sind Spin-offs aus FuE-Einrichtungen besonders wichtig. In diesem Punkt ist jedoch eine deutliche Schwäche des Nanotechnologie-Standortes Bremen feststellbar: Im Rahmen der Umfrage gab lediglich eine FuE-Einrichtung an, dass sich aus ihrer Einrichtung heraus bereits ein Nanotechnologie-Unternehmen entwickelt hätte. Zudem wird derzeit in keiner Einrichtung geplant, ein Spin-off im Bereich Nanotechnologie zu gründen.

4.2.6 Zukunft der Nanotechnologie in Bremen

Neben den Unternehmensgründungen aus FuE-Einrichtungen ist natürlich die Investitionsbereitschaft der Unternehmen wesentlich für die zukünftige Entwicklung des bremischen Nanotechnologie-Standortes.

Ein Drittel der Un-
ternehmen plant
kurzfristig am
Standort Bremen zu
investieren

Im Rahmen der Umfrage gab ein Drittel der Unternehmen an, kurzfristig (d. h. innerhalb des nächsten Jahres) am Standort investieren zu wollen. Zwei Drittel planen mittelfristig (d. h. in den nächsten 1 bis 5 Jahren) Investitionen im Nanotechnologiebereich.

Dabei sehen sich die Unternehmen im Durchschnitt gut für die Zukunft hinsichtlich ihres Know-hows im Bereich der Nanotechnologie vorbereitet. Kein Unternehmen sah sich dabei lediglich ausreichend oder schlechter für die Nanotechnologie-Zukunft gerüstet.

Dennoch zeigten einige der bisherigen Ausführungen, dass an der einen oder anderen Stelle noch Handlungsbedarfe bestehen, um den bremischen Nanotechnologie-Standort weiterentwickeln zu können. Um diese Handlungsbedarfe detaillierter identifizieren zu können, wurden die FuE-

Einrichtungen und die Unternehmen befragt, welche Faktoren entweder die kommerzielle Umsetzung ihrer Forschungsergebnisse in Produkte bzw. welche Faktoren die weitere Entwicklung ihres nanotechnologischen Produkts oder die Ausschöpfung des Marktpotenzials behindern. Bei den Unternehmen wurden dabei nicht nur die bereits aktiven Unternehmer gefragt, sondern auch diejenigen, für die Nanotechnologie erst in Zukunft von Interesse werden könnte.

Relativ einheitlich wurden dabei von allen drei Gruppen die hohen Investitionskosten und die mangelnde Verfügbarkeit regionaler Kooperationspartner als stark behindernde Faktoren genannt. Weitere bedeutende Hindernisfaktoren, die jedoch zwischen den drei Gruppen unterschiedlich stark genannt wurden, sind ein Mangel an Finanzierungsquellen wie auch an geeignetem Personal sowie fehlende Fördermittel entlang der Wertschöpfungskette (siehe Abbildung 4.15).

Handlungsbedarfe werden gesehen in Bezug auf die hohen Investitionskosten und mangelnde regionale Kooperationspartner

Demgegenüber spielen die Gesetzgebung/Regulierung, das Marktpotenzial in Deutschland wie auch die Verfügbarkeit überregionaler Kooperationspartner keine restriktive Rolle bei der (Weiter-)Entwicklung der nanotechnologischen Produkte bzw. bei der Ausschöpfung des Marktpotenzials.

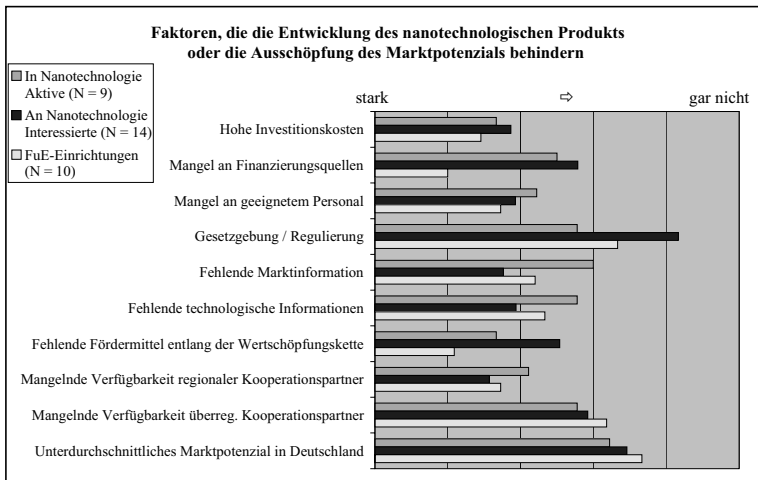


Abbildung 4.15: Hindernisse bei der Produktentwicklung und Marktausschöpfung (Quelle: Eigene Erhebung)

5 INNOVATIONEN IM LAND BREMEN - KURZVORSTELLUNG DER PROJEKTE

Im Rahmen des im November 2006 ausgeschriebenen „Ideenwettbewerb – Innovationen durch Nanotechnologie im Land Bremen“ wurden sieben exzellente Projektskizzen zur Förderung bewilligt. Ein weiteres Projekt im Bereich Nanotechnologie wird unabhängig von dieser Ausschreibung gefördert und hier wegen seines thematischen Zusammenhangs mit dargestellt. Verschiedene Fragestellungen aus den Bereichen Life Science (3 Projekte), Fertigungstechnik (3 Projekte), Membrantechnik (1 Projekt) sowie der Abschätzung von möglichen Risiken von Nanotechnologien und der Umgang mit ihnen (1 Projekt) sind Gegenstand der Untersuchungen. Hierbei spielen insbesondere umweltentlastende Effekte durch Nanotechnologien eine bedeutsame Rolle. Nanotechnologien bieten große Potenziale, ökoeffizientere Produkte und Verfahren herzustellen, beispielsweise durch die Substitution giftiger Substanzen, durch Energie- und/oder Wassereinsparung oder durch eine Prozessumstellung.

Acht geförderte Projekte aus den Bereichen Life Science, Fertigungstechnik und Risiken der Nanotechnologie

Weltweit werden FuE-Anstrengungen unternommen, um durch nanotechnologische Innovationen im Bereich der **Life Sciences** u. a. die Möglichkeiten der individuellen und vorbeugenden medizinischen Versorgung zu verbessern. Angedacht wird, den gezielten, weitgehend nebenwirkungsfreien Einsatz von Medikamenten zu ermöglichen, langlebigere Implantate zur Verfügung zu stellen und die Entwicklung effizienterer frühzeitiger Diagnosen zu beschleunigen. Die im Rahmen der BIG-Bekanntmachung geförderten Projekte 1-3 sind diesem Bereich Life Science zugeordnet. Zwei hiervon analysieren den Einsatz von Nanocontainern für verschiedene biologische Fragestellungen. Generell gesehen ist der Bedarf an Drug-Delivery-Systemen groß, da sich mit ihnen prinzipiell eine ganze Reihe von Problemen überwinden lassen, die bei der Applikation vieler Wirkstoffe auftreten:

Im Bereich Life Science sind vor allem Nanocontainer für biologische Fragestellungen interessant

- Der Wirkstoff ist in wässrigen Medien unlöslich.
- Der Wirkstoff reichert sich nicht hinreichend im Zielgewebe an, wohl aber in anderen Gewebearten und führt so zu starken Nebenwirkungen.
- Viele Wirkstoffe sind chemisch labil und werden zersetzt, bevor sie das Zielgewebe erreicht haben.
- Biologische Barrieren, wie z. B. Zellmembranen oder die Blut-Hirn-Schranke, können vom Wirkstoff nicht überwunden werden, so dass der Ort der Wirkung unerreichbar bleibt.

Derzeit gibt es daher viele Wirkstoffe, die trotz ihres hohen pharmakologischen Potenzials aufgrund dieser Probleme das Zielgewebe entweder gar nicht oder nur zu einem Bruchteil der verabreichten Menge erreichen

und somit als Medikamente nicht zum Einsatz kommen können. Die „intelligenten“ Drug-Delivery-Systeme, nach denen heute geforscht wird, sollen daher den Wirkstoff während des Transports zum Zielgewebe vor seiner Zersetzung schützen, sich passiv oder aktiv im Zielgewebe anreichern (drug targeting) und die Freigabe des Wirkstoffes mit einem kontrollierten Zeit-Dosis-Profil ermöglichen (controlled release).

Antibakterielle Schichten auf Medizinprodukten haben ein breites Anwendungsspektrum

Ein drittes Projekt beschäftigt sich mit antibakteriellen Schichten auf medizinischen Implantaten. Unter den antibiotischen Wirkstoffen feiert Silber in den letzten Jahren ein Comeback. Durch die Verwendung von Silber-Nanopartikeln kann das Anwendungsspektrum antimikrobieller Oberflächen deutlich erhöht werden. Neben der Möglichkeit zur Beschichtung von Implantaten bestehen weitere Optionen bei klinischen Anwendungen und im Bereich Raumhygiene.

Verbesserte oder neuartige **Fertigungstechniken** sind Gegenstand der Projekte 4-6. Generell gesehen trägt der Maschinen- und Anlagenbau in doppelter Weise zum Fortschritt bei nanotechnologischen Anwendungen bei. Erstens stellt er neue Fertigungs- und Anlagentechnik (Herstellung von Nanostrukturen, Ultrapräzisionsbearbeitung, Anlagen für die Nanobiotechnologie und Nanochemie, Analysesysteme) bereit. Zweitens wird durch den Einsatz von Nanostrukturen in funktionsbestimmenden Schichten Messtechnik und Sensorik ermöglicht, um vorhandene Maschinen und Anlagen zu verbessern. Hierdurch wird die Produktivität und Zuverlässigkeit und damit die Wettbewerbsfähigkeit entsprechender Produkte dieser in Deutschland traditionell starken Branche erhöht. Hierzu gehört auch das in den vorliegenden Projekten dargestellte Fügen von Bauteilen als Alternative zu Klebe- und Schweißtechniken, das Erzeugen von Nanoemulsionen mit einer Niederdrucktechnologie sowie das Bearbeiten von Oberflächen mit Lasersystemen für nanoskalige Sensoren.

Herstellung von nanoskaligen Strukturen und Verfahren interessant für neue Fertigungstechniken

Das Projekt 7 beschäftigt sich mit **Membrantechniken** zur Gewinnung, bzw. Aufreinigung von Gasen, insbesondere von Helium. Dieses Gas kommt im medizinischen Bereich, in Labors und in der Industrie verbreitet zum Einsatz. Es wird meist aus heliumreichem Erdgas gewonnen, die herkömmlichen Produktions- und Reinigungsverfahren sind jedoch mit hohen Kosten verbunden. Nanoskalige Membranen sind hier von großem Interesse, da sie eine effizientere Trennung von Gasen ermöglichen. Verfahren mit nanoskaligen Gasen sind darüber hinaus auch für die Trennung anderer Gase von Relevanz, z. B. zur Abtrennung des klimaschädlichen Kohlendioxids.

Risiken der Nanotechnologie noch nicht abschätzbar, Untersuchungen sind notwendig

Die **Risikoabschätzung** und der Umgang mit möglichen Risiken von Nanotechnologien stehen im Vordergrund des Projektes 8. Wie bei jeder neuen Technologie sind auch mit der Nanotechnologie mögliche Gefährdungspotenziale für Mensch und Umwelt sowie ethische Fragestellungen zu überprüfen, zu bewerten und die Chancen mit den jeweiligen Risiken abzuwägen. In Diskussion sind beispielsweise mögliche Gefährdungspotenziale bei der Verwendung von Nanopartikeln, die aufgrund ihrer ge-

ringen Größe und damit verbundenen neuartigen Eigenschaften (öko-)toxikologische Nebenwirkungen mit sich bringen könnten. Die Entwicklung einer Risikoabschätzungsstrategie mit entsprechender Analytik für die Expositionsbestimmung soll in diesem Projekt entwickelt werden.

Im Folgenden werden die acht Projekte in einer Kurzdarstellung vorgestellt, im Anhang sind die Kontaktdaten der einzelnen Ansprechpartner zu finden.

5.1 Funktionalisierte Nanocontainer zur kontrollierten Freisetzung von Botenstoffen in biologischen Systemen (Projekt 1)

Projektpartner: BIOLOG Life Science Institute Forschungslabor und Biochemica-Vertrieb GmbH, Jacobs University Bremen

Signalweiterleitungsprozesse haben in biologischen Systemen eine wichtige regulatorische Funktion. Sie beeinflussen in biologischen Netzwerken Vorgänge, mit denen Zellen auf äußere Reize reagieren können. An den Regulationsnetzwerken sind verschiedene Rezeptoren und Enzyme beteiligt, die in mehreren nachgeschalteten Ebenen über Botenstoffe kommunizieren können. Die medizinische Verwendung biologischer Botenstoffe für unterschiedliche Krankheitsbilder wird mit großen Hoffnungen verbunden und erfordert Lösungsstrategien für Herausforderungen wie z. B. den Transport der Botenstoffe zum Wirkort im Körper.

In diesem Projekt werden daher Nanocontainer als Transportvehikel untersucht, um Botenstoffe gezielt zu ihrem Wirkort zu transportieren und dort kontrolliert freizusetzen. Die Nanocontainer schützen die Botenstoffe vor schädlichen äußeren Einflüssen, erhöhen so ihre Lebensdauer und erlauben eine zielgerichtete Freisetzung selbst von Verbindungen hoher Polarität.

Nanocontainer bestehen aus synthetischen Polymermembran-Vesikeln mit eingelagerten Transmembrankanalproteinen, durch die der Transport stattfindet. Die Kombination von Transmembrankanalproteinen mit einer synthetischen Polymermembran stellt eine neue Basistechnologie dar, um mit molekularen Ansätzen neue therapeutische Verfahren zu entwickeln.

Die in diesem Projekt exemplarisch verwendeten fluoreszenzmarkierten Botenstoffe könnten schon bald herkömmliche radioaktive Substanzen ersetzen, die genutzt werden, um eine Lokalisation am Wirkort zu überprüfen.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.2 Makrozyklische Nanocontainer - Entwicklung einer Real-Time-PCR-Messtechnik für Anwendungen in der molekularmedizinischen Infektionsdiagnostik (Projekt 2)

Projektpartner: Molzym GmbH & Co. KG, Jacobs University Bremen

Um Verunreinigung von Blutproben mit Bakterien oder auch Viren feststellen zu können, die z. B. bei einer Sepsis in lebensbedrohlichen Konzentrationen auftreten können, werden üblicherweise mikrobiologische Tests durchgeführt. Diese sind zwar sehr sensitiv, ein Ergebnis liegt aber frühestens nach 48 Stunden vor, was zeitnahes Handeln erschwert.

Zunehmend werden Bakterien daher auch anhand ihrer Erbsubstanz identifiziert. Dieses Verfahren ist deutlich schneller als mikrobiologische Analysen, aber auch noch unausgereifter. Das Mittel der Wahl zur Vervielfältigung der Erbsubstanz ist heute die Polymerase-Kettenreaktion (PCR), die sich in Echtzeit mittels Fluoreszenzmessungen beobachten lässt. Hierbei werden verschiedene Farbstoffe eingesetzt, die an die Erbsubstanz binden – ein gut untersuchter Vorgang und weiträumig patentierter Markt.

Ein völlig neues Verfahren basiert auf dem Einsatz von makrozyklischen Verbindungen. Diese sollen zu einer völlig neuen Messtechnik führen, die eine sehr schnelle Echtzeit-Analyse von klinischen Proben hinsichtlich bakterieller Erreger oder Pilzen ermöglicht.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.3 Antimikrobielle Ausrüstung von medizinischen Implantaten gegen Biofilmbildung (Projekt 3)

Projektpartner: Bio-Gate AG, Jacobs University Bremen

Auf medizinischen Implantaten kann es zur Ausbildung von Biofilmen durch potenziell pathogene Mikroorganismen kommen. Die dadurch deutlich erhöhte Antibiotikaresistenz und kontinuierliche Keimfreisetzung erschwert die Behandlung von Patienten und führt häufig zur Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Patienten. Alleine in den USA werden jährlich 2,6 Mio. orthopädische Implantate eingesetzt, bei ungefähr 112.000 davon tritt eine Infektion aus. Die Infektionsrate bei kardiovaskulären Implantaten liegt noch deutlich höher.

Die antibakteriellen Eigenschaften von Silberionen sind seit Jahrhunderten bekannt. Silber zeichnet sich durch eine hohe Toxizität gegenüber Mikroorganismen aus, hat aber in bisherigen Studien bei Verwendung hoher Konzentrationen auch schädlichen Einfluss auf den Menschen und die Umwelt gezeigt.

Beschichtungen von medizinisch-technischen Implantaten mit nanoskaliertem Silber benötigen etwa 70 % weniger Silber, um eine wirksame antimikrobielle Wirkung zu erreichen. In diesem Projekt werden daher entsprechende Beschichtungen von medizinischen Produkten hinsichtlich ihrer antimikrobiellen Eigenschaften untersucht und weiterentwickelt. Verschiedene Fragestellungen sind heute noch völlig ungeklärt, beispielsweise der direkte Einfluss von Silberionen auf die molekularen Prozesse während der Biofilmbildung sowie umweltrelevante Freisetzungsanalysen.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.4 Entwicklung und Aufbau einer Fertigung zum Fügen von strukturellen Bauteilen mit nanostrukturierten Folien (Projekt 4)

Projektpartner: InnoJoin GmbH & Co. KG, MPA Bremen

Die derzeit zur Verfügung stehenden Verfahren, Werkstücke zu verbinden, umfassen u. a. das Löten, Schweißen und Kleben. Insbesondere das Zusammenfügen struktureller Bauteile mit unterschiedlichen Geometrien oder die Verbindung verschiedener auch temperatursensitiver Werkstoffe sind hierbei große Herausforderungen.

Eine Alternative zu traditionellen Verfahren stellt das in diesem Projekt zu untersuchende Fügen struktureller Bauteile mit nanostrukturierten Folien dar. Die Folien sind aus mehreren nanoskaligen, abwechselnd aufeinander aufgetragenen Schichten aufgebaut. Solche dünnen Vielschichtstapel können sich in einem extremen thermischen Nichtgleichgewichtszustand befinden. Mittels einer vergleichsweise geringen Aktivierungsenergie (z. B. punktuell Erhitzen oder Anlegen einer Spannungsquelle) kann eine exotherme Umorganisationsreaktion aktiviert werden, welche eine hohe Enthalpieenergie freisetzt, wodurch schnell und lokal Temperaturen weit über 1000°C erzeugt werden können. Bänder, auf denen solche Vielschichtsysteme aufgebracht sind, können für neuartige Lötprozesse genutzt werden. Die Art und Dicke der Schichten bestimmt hierbei die Geschwindigkeit, die Temperatur und die absolute Energie des Fügeprozesses. Das Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Prozessgeschwindigkeit und makroskopisch betrachtet eine geringe Arbeitstemperatur (Raumtemperatur) aus. Eine Besonderheit ist hierbei, dass an der Fügestelle Temperaturen bis zu 1200 °C erreicht werden können, während der Rest des Bauteils so gut wie nicht erhitzt wird. Für temperaturempfindliche Werkstoffe ist dies von großem Vorteil.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.5 Nanodispers - Niederdrucktechnologie zur Herstellung von Nanoemulsionen (Projekt 5)

Projektpartner: AC Serendip Ltd.

Emulsionen finden vielfältigen Einsatz, insbesondere im pharmazeutischen und kosmetischen Bereich. Sie dienen als Grundlage für Cremes und Salben und sind dadurch gekennzeichnet, dass zwei nicht mischbare Substanzen (meist eine ölige und eine wässrige Phase) ineinander vermischt werden. Hierzu müssen die Tröpfchen eine bestimmte, meist im Mikrometer-Bereich liegende, Größe unterschreiten.

Die Wirksamkeit von Cremes oder Salben wird durch die Tröpfchengröße der verwendeten Emulsion begrenzt. Mit Hilfe einer wesentlichen Tröpfchenverkleinerung vom Mikrometer-Bereich hin zum Submikron-Bereich gelingt es, die Penetration in die Haut zu verbessern und so entsprechende Wirkstoffe gezielter an den Wirkort zu transportieren.

Nanoemulsionen beschreiben Emulsionen, bei denen die Tröpfchengröße im Nanometer-Bereich, also eine Größenordnung unterhalb der heute üblichen Tröpfchengröße, liegt. Nanoemulsionen können darüber hinaus unter bestimmten Voraussetzungen transparent werden. Diese Eigenschaft ist besonders für kosmetische Anwendungen von großem Interesse und eröffnet auch neue Möglichkeiten im Bereich von vollkommen neuartigen Kosmetikprodukten.

Die wenigen heutigen Herstellungsverfahren von Nanoemulsionen arbeiten mit hohen Drücken, was energieaufwändig und mit verschiedenen Problemen behaftet ist. Das hier skizzierte Vorhaben beschäftigt sich daher mit der Entwicklung und Konstruktion einer mit Niederdruck arbeitenden Pilotmaschine zur Erzeugung von Nanoemulsionen insbesondere für pharmazeutische und kosmetische Anwendungen.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.6 LaFON - Entwicklung einer Lasermaterialbearbeitungsmaschine zur Funktionalisierung von Oberflächen im Nanometermaßstab für die Herstellung von Online-Biosensoren (Projekt 6)

Projektpartner: OptoPrecision GmbH, Hochschule Bremen (I3M), Universität Bremen (IUV - Institut für Umweltverfahrenstechnik)

Die Versorgung der Bevölkerung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser gewinnt vor dem Hintergrund des zunehmenden Gesundheitsbewusstseins bei gleichzeitiger Verschlechterung der Wasserqualität stetig an Bedeutung. Derzeit verfügbare Sensoren zur Wasserqualitätskontrolle basieren entweder auf einer chemischen Einzelstoffanalyse oder relativ trägen biologischen Sensoren. Schnell ansprechende Analysesysteme, die unabhängig vom Stoffsystem eine Verschlechterung der Wasserqualität erfassen können, sind noch nicht bekannt. Auch die kontinuierliche Echtzeit-Messung ist noch nicht verfügbar.

Mit einem neuartigen Biosensor kann die Wirkung toxischer Stoffe mit Hilfe der Fluoreszenzspektroskopie in Echtzeit und in kontinuierlicher Weise ermittelt werden. Voraussetzung für die industrielle Umsetzung ist jedoch die Miniaturisierung des Systems. Die Nanostrukturierung der Sensoroberfläche mittels geeigneter Laser in Verbindung mit einer optimalen Strömungsführung innerhalb des Sensors sind hierbei ein Schritt in diese Richtung.

Gegenstand dieses Projektes ist daher die Konstruktion eines Online-Sensors zum Einsatz in der Qualitätskontrolle von Wasseraufbereitungsanlagen. Ein Teilbereich des Projektes ist die Entwicklung einer lasergestützten Materialbearbeitungsmaschine zur Funktionalisierung von nanostrukturierten Oberflächen und zur optimalen Strömungsführung.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.7 Reinigung und Detektion von Gasen mit nanoskaligen Membranstrukturen (Projekt 7)

Projektpartner: membranotec GmbH & Co. KG (ehem. Nanotechnologie Bremen Feischen, Kremer, Varesi GbR), Universität Bremen (Verfahrenstechnik der Wertstoffrückgewinnung, Fachgebiet 22 / Fachbereich 4)

Derzeitige Gasreinigungsverfahren nutzen in der Regel dünn-schichtige Polymermembranen. Dabei wird das zu reinigende Gasgemisch durch eine dünne Folie gepresst. Die Molekularstruktur der Folie legt fest, welche Gasmoleküle durch sie hindurch diffundieren können und welche zurückgehalten werden. Dabei kann zwar eine hohe Selektivität erreicht werden, doch die kleine Porengröße erlaubt nur einen geringen Gasdurchsatz. Somit müssen industrielle Gasabscheider bei sehr hohen Druckdifferenzen und mit großen Membranflächen arbeiten. Polymermembranen sind dabei sehr anfällig für Membrangifte wie CO, die die Molekularstruktur der Folie dauerhaft verändern.

Ein wichtiges und besonders schwer zu gewinnendes Gas ist z. B. Helium, das vielfältig in Medizin, Labors und Industrie Einsatz findet. Die jährliche Weltproduktion an Helium liegt bei ca. 160 Mio. m³. Rund 85 % davon werden aus Erdgasvorkommen mit hohem Helium-Gehalt in den USA gewonnen. Dabei liegen die Kosten für eine Anlage zur Extraktion von Rohhelium bei ca. 50 – 100 Mio. Euro, für eine Veredelungsanlage bei ca. 10 – 30 Mio. Euro.

Eine völlig neue Technologie stellen die in diesem Projekt entwickelten nanoskaligen Membranen dar, bei denen Gase nahezu ungebremst hindurch dringen können. Durch Strukturierung der Nanokapillare kann jedoch festgelegt werden, für welche Gase, wie z. B. Helium, die Membranen bevorzugt durchlässig sind. Solche Membranen sind im Gegensatz zu Polymerfolien bereits bei geringen Druckunterschieden einsatzfähig, ihr Durchsatz kann um ein Vielfaches höher sein und sie sind für Membrangifte unanfällig.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

5.8 Analytik und Risikoabschätzungsstrategie für nanotechnologische Produkte (Projekt 8)

Projektpartner: Bremer Umweltinstitut GmbH, Universität Bremen (Zentrum für Umweltforschung und Technologie UFT, Abt. Allgemeine und Theoretische Ökologie und Abt. Werkstoffrückgewinnung)

Nanoskalige Materialien befinden sich zunehmend auch in Produkten des Alltags und werden im Zusammenhang mit großen technologischen und wirtschaftlichen Potenzialen diskutiert. Eine zuverlässige Abschätzung möglicher Risiken dieser neuen Technologien ist von großer Wichtigkeit für Mensch und Umwelt und bis heute noch nicht oder nur sehr rudimentär möglich. Zur Risikoabschätzung gehören die Expositionsabschätzung und die Einschätzung des Gefährdungspotenzials für Umwelt und Menschen.

Die Entwicklung einer zuverlässigen Analytik zur Erfassung von Nanopartikeln in Luft sowie einer kurz- bis mittelfristig einsatzfähigen Strategie zur Abschätzung möglicher von Nanomaterialien ausgehenden Umweltrisiken steht im Fokus dieses Projektes. Anhand einer Fallstudie zu Silber-Nanopartikeln sollen (öko-) toxikologische Aspekte und Exposition untersucht sowie eine Gefährdungsabschätzung vorgenommen werden. Hierzu soll ein Probenahme- und Analytikverfahren entwickelt werden, das als Grundlage für eine Expositionserhebung dienen kann. Dies wird ergänzt durch eine erste Gefährdungsabschätzung mittels der im UFT bereits etablierten toxikologischen/ökotoxikologischen Testbatterie. Abschließend soll eine expositionspfad- und produktspezifische Risikoabschätzungsstrategie entwickelt werden, die für neue Richtlinien im Bereich Nanotechnologien sehr hilfreich sein könnte.

Die Entwicklung einer einheitlichen Umweltrisikostategie für nanotechnologische Produkte würde der allgemein zunehmenden Besorgnis über mögliche Gefährdungspotenziale von Nanotechnologien Rechnung tragen.

Das Projekt wird durch die BIG Bremer Investitions-Gesellschaft mbH mit Mitteln aus dem Ökologiefonds des Landes Bremen gefördert.

6 FAZIT UND AUSBLICK ZUM BREMISCHEN NANOTECHNOLOGIE-STANDORT

Nanotechnologie gilt als eine der Zukunftstechnologien, von der mittel- bis langfristig enorme Wachstumspotenziale erwartet werden. Sie stellt dabei eine Querschnittstechnologie dar, die in viele (Hoch-)Technologiebereiche einfließt und dort zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und zur Standortsicherung beitragen wird.

Daher setzen bereits heute viele Regionen auf die Stärkung dieser Technologie – so auch das Land Bremen.

Die Aussage, dass Bremen bislang zwar kein explizites Nanotechnologie-Cluster sei, sich aber auf dem Weg dorthin befände, kann auf Basis der dargelegten Ausführungen bestätigt werden – wobei jedoch noch deutliche Weiterentwicklungen erreicht werden müssen.

Bremen weist in Bezug auf die relative Anzahl an Akteuren eine hohe Konzentration im Bereich Nanotechnologie auf. Bei der Betrachtung sowohl der FuE-Einrichtungen als auch der Unternehmen kann kein deutlicher Branchenschwerpunkt festgestellt werden. Leichte Stärken des Standortes können für die Bereiche Biotechnologie/Gesundheit sowie Umwelt/Energie festgehalten werden.

Bei der durchgeführten Analyse wurden vier Handlungsfelder offensichtlich:

- Finanzierung,
- branchenspezifischer Arbeitsmarkt,
- Kommunikation und Kooperation sowie
- Förderung interessierter Unternehmen und neuer Anwendungsfelder.

Das Beklagen mangelnder **finanzieller staatlicher Unterstützung** ist in Anbetracht der hohen Investitionskosten und der hohen FuE-Intensität bei (noch) nicht vorhandenen Massenmärkten in diesem Bereich nicht unbegründet aber auch nicht spezifisch für den Standort Bremen. Aufgrund der hohen Verschuldung Bremens sind dem Land hier jedoch aus Sicht der Autoren größere direkte finanzielle Unterstützungsmaßnahmen nur eingeschränkt möglich. Auch wenn der von der Bremer Investitionsgesellschaft durchgeführte Ideenwettbewerb „Innovation durch Nanotechnologie im Land Bremen“ dies praktiziert hat, so wird über neue Wege der Förderung nachzudenken sein. Umso wichtiger ist es, die nationalen und internationalen Fördertöpfe und Ausschreibungen intensiv zu beobachten. Dass dies bereits geschieht zeigen die relativ hohen FuE-

Nanotechnologie ist eine Querschnittstechnologie mit enormen Wachstumspotenzialen

Bremen weist eine hohe Konzentration an Nano-Akteuren auf. Kein einheitlicher Schwerpunkt erkennbar.

Stärkeres Einwerben nationaler und internationaler Fördermitteln sinnvoll

Ausgaben des Bundes je Einwohner (vgl. Tabelle 3.2 auf Seite 26) – wobei keine Differenzierung in Bezug auf den Nanotechnologiebereich möglich war. Deutlicher ist dieser Trend anhand laufender und abgeschlossener Nanotechnologie-Projekte zu erkennen, die vom BMBF oder dem BMWi gefördert werden (vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6 im Anhang).

Ein weiteres Handlungsfeld, das in vergleichbaren Untersuchungen an anderen Standorten zumindest nicht in dieser Klarheit Thema war, ist der **branchenspezifische Arbeitsmarkt**. Sowohl bei der Diskussion der Standortbedingungen als auch bei der Frage, welche Faktoren die Entwicklung des nanotechnologischen Produktes behindern, wurde der Mangel an geeignetem Personal beklagt. Dies verwundert vor allem deshalb, da sich am Standort Bremen auch relativ viele Universitätsinstitute mit nanotechnologischen Fragestellungen beschäftigen. Womöglich spiegeln sich die Forschungsaktivitäten aber noch nicht in der Lehre wider. An dieser Stelle bedarf es nach Ansicht der Autoren erstens einer detaillierteren Nachfrage bei den Akteuren, um Quantität und Qualität des Bedarfes näher zu eruieren, sowie möglicherweise zweitens Gespräche mit den involvierten Lehrstühlen, inwiefern nanotechnologische Themen stärker in die universitäre Ausbildung sowie unter Umständen zusätzlich in eine (akademisch geprägte) Weiterbildung integriert werden könnten. Dies könnte beispielsweise fächer- und institutsübergreifend im Rahmen einer „Bremer Summer School of Nanotechnology“ realisiert werden.

Detailliertere Befragung der Akteure nötig um Bedarfe genauer zu analysieren

Als drittes und möglicherweise wichtigstes Handlungsfeld wird von den Autoren die **Kommunikation und Kooperation** der bremischen Akteure untereinander gesehen. Auffällig war z. B., dass einige bremischen Akteure keine Kenntnis voneinander hatten. Zudem wurde u. a. bei der Frage nach den Hinderungsfaktoren die mangelnde Verfügbarkeit regionaler Kooperationspartner als ausschlaggebend genannt. Regionale Kooperationen sind kein Selbstzweck – sie können jedoch entscheidend zur Stärkung der an der Kooperation beteiligten Partner führen und damit Bremen als Nanotechnologie-Standort festigen. Eine wichtige und aus Sicht der Autoren überaus erfolgreiche Maßnahme war die Auftaktveranstaltung der Bremer Investitionsgesellschaft zum Ideenwettbewerb im November 2006. An dieser Veranstaltung nahmen rund 100 Personen aus dem Bereich der Nanotechnologie teil – wobei es auch in den Pausen zu zahlreichen Gesprächen untereinander kam. (Von einem Konsortium, das in die Förderung genommen werden konnte, ist bekannt, dass sich die späteren Projektpartner hier kennen lernten.)

Auftaktveranstaltung zum Ideenwettbewerb stellte sich als sehr erfolgreiche Maßnahme dar

Aufgrund der zeitlichen Belastung der meisten Akteure in diesem Bereich sind derartigen Veranstaltungen Grenzen gesetzt bzw. müssen den Beteiligten einen echten Mehrwert bieten. Nichtsdestotrotz können sie maßgeblich dazu beitragen, dass sich die Akteure vor Ort auf der Arbeitsebene besser kennen lernen, gemeinsame Ideen/Projekte entwickeln und sich so gegenseitig stärken. Inwiefern die Akteure vor Ort diesen

Austausch selbstorganisiert verwirklichen oder er durch intermediäre bzw. auch staatliche Institutionen (bspw. durch die Wirtschaftsförderung) organisiert wird, ist dabei irrelevant. Häufig ist jedoch eine Mischung aus beiden erfolgsversprechend, denn die Akteure vor Ort kennen am besten ihre jeweiligen Bedarfe, aber die intermediären und staatlichen Institutionen können diese Bedarfe besser kanalisieren und auf Grund der eigenen Infrastrukturen die nötige Unterstützung leisten.

Das Land kann dabei derzeit noch nicht mit den führenden deutschen Standorten, wie z. B. Dresden, München oder Saarbrücken mithalten – auch ist dies zumindest mittelfristig aus Sicht der Autoren nicht realistisch. Dennoch ist der Nanotechnologie-Standort Bremen von einer gewissen Relevanz innerhalb Deutschlands. Ziel muss es daher sein, erstens den Standort in Bezug auf die Nanotechnologie weiterzuentwickeln und sich zweitens zumindest zum Teil auf bestimmte Nischen zu spezialisieren.

Ein interessanter Ansatzpunkt für die **Einbeziehung interessierter Unternehmen** und die **Öffnung neuer Anwendungsfelder** wäre z. B. die Nutzung der Nanotechnologie in der maritimen Technik. Schon jetzt geben vier FuE-Einrichtungen an, sich mit diesem Feld zu beschäftigen, und für drei Unternehmen aus diesem Bereich könnte die Nutzung der Nanotechnologie in Zukunft von Interesse sein. Ein derartiges Nanotechnologie-Anwendungsgebiet würde auf den endogenen bremischen Stärken aufbauen und wäre daher a priori anderen Standorten überlegen.

Ansatzpunkt für Nischenbildung in Bremen: Nutzung der Nanotechnologie in der maritimen Technik

Aufgrund der bislang absolut wenigen Akteuren ist aus Sicht der Autoren jedoch eine eindeutige Fokussierung auf ein Anwendungsgebiet nicht sinnvoll und es sollten parallel dazu die Nanotechnologie-Akteure aus den anderen Branchen nicht aus den Augen verloren werden. Dies ist auch inhaltlich zu begründen: Da die Nanotechnologie eine klassische Querschnittstechnologie ist, können Branchen gegenseitig von Lösungsmöglichkeiten profitieren. Beispielsweise könnten Nanomaterialien aus der Meeresforschung, die für den Schiffbau entwickelt wurden, auch für den Automobil- oder den Maschinenbau von Interesse werden. Da die jeweiligen Unternehmen nicht in einem direkten Konkurrenzverhältnis zu einander stehen, wird die Kooperation der Akteure in diesem Fall sogar deutlich erleichtert. Eine derartige Strategie könnte auf den Innovationsfeldern des Landes aufbauen – dies hätte den Vorteil, nicht noch ein weiteres Förderfeld aufzuwerfen. Bei der Analyse der an Nanotechnologie interessierten Unternehmen konnte hier auch eine große Schnittmenge identifiziert werden. Neben der Förderung von bereits aktiven Nanotechnologie-Unternehmen und der Aktivierung von Spin-offs bzw. Start-ups ist die Unterstützung von „traditionellen“ Unternehmen auf ihrem Weg zur Anwendung bzw. Produktion nanotechnologischer Produkte eine sehr erfolgsversprechende Strategie für die regionale Wirtschaftspolitik.

Vernetzungswirkung und Förderung von bremischen Innovationsfeldern durch Nanotechnologie

Nanotechnologie-
Cluster Bremen weist
noch Defizite auf

Nutzung der Auf-
bruchstimmung zur
Weiterentwicklung
des Nanotechnologie-
Standorts Bremen

Die dargestellten Analysen zeigen insgesamt, dass der Standort Bremen in Bezug auf die Entwicklung zu einem Nanotechnologie-Cluster noch Defizite aufweist. In den verschiedenen Kapiteln und im Fazit wurde darauf detailliert eingegangen. Im Bereich der FuE-Infrastruktur zeigt der Standort jedoch einige konkurrenzfähige Ansätze. Die bereits vorhandenen Nanotechnologie-Unternehmen bilden eine solide Grundlage – zur „kritischen Masse“ reicht ihre Anzahl derzeit aber aus Sicht der Autoren noch nicht aus. Auch ist das Land Bremen zu klein, um im nationalen Vergleich die Breite des Themenfeldes dominierend repräsentieren zu können. Aber in Teilbereichen sind bremische FuE-Einrichtungen durchaus weltweit bekannt. Deutlich positive Signale sendete auch die Auftaktveranstaltung zum Ideenwettbewerb aus – mit rund 100 Teilnehmern stieß diese auf außerordentlich große Resonanz und könnte als eine Art Aufbruchsignal verstanden werden. Nicht zuletzt ist auch das Engagement der Wirtschaftsförderung des Landes selbst ein wichtiger Bestandteil in der Weiterentwicklung des Nanotechnologie-Standortes Bremen hin zu einem zumindest deutschlandweit anerkannten (kleinen) Cluster dieses Technologiebereiches.

QUELLENVERZEICHNIS

- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2006a): Arbeitsmarkt in Zahlen - Jahreszahlen. Nürnberg.
<http://www.pub.arbeitsamt.de/hst/services/statistik/detail/a.html>;
 Stand: 09.02.2007)
- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2006b): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte auf Kreisebene und Dreistellerebene der WZ-Klassifikation. Nürnberg.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2005): Forschung und Innovation in Deutschland 2005. Fortschreibung der Daten und Fakten des Bundesberichts Forschung 2004. Berlin. (Internet: http://www.bmbf.de/pub/forschung_und_innovation_05-07.pdf;
 Stand: 09.02.2007).
- Brenner, T. / Fornahl, D. (2002): Politische Möglichkeiten und Maßnahmen zur Erzeugung lokaler branchenspezifischer Cluster. Jena.
www.unternehmen-region.de/_media/InnoRegio_Regionalspezifische_Cluster.pdf; Stand: 16.05.2007).
- Deutsches Patent- und Markenamt (Hrsg.) (2006): Jahresbericht 2005. München.
http://www.dpma.de/veroeffentlichungen/jahresbericht05/dpma_jb_2005.pdf; Stand: 08.02.2007).
- Deutsches Patent- und Markenamt (Hrsg.) (1999): Jahresbericht 1999. München.
<http://www.dpma.de/veroeffentlichungen/jahresbericht99/jb1999.pdf>;
 Stand: 08.02.2007).
- Glauner, C. et al. (2006): Nanotechnologie in Dresden/Sachsen. Regionalstudie. Düsseldorf. (Zukünftige Technologien, Band 60).
- IW Consult (2006): Deutsche Großstädte im Vergleich. Köln.
http://www.insm.de/Downloads/PDF_-_Dateien/Studie_Staedteranking_2006.pdf; Stand: 09.02.2007).
- Maskell, P. (2001): Towards a Knowledge-based Theory of the Geographical Cluster. In: Industrial and Corporate Change, 10 (4), S. 921-943.
- Porter, M. E. (2000): Locations, Clusters, and Company Strategy. In: Clark, G. L. et al. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Economic Geography. New York. S. 253-274.
- Stenke, G. / Willms, W. (2006): Innovationsbericht 2006. Benchmarkanalysen zu FuE-Potenzialen und Innovation im Land Bremen. Bremen.
http://www.wuh.bremen.de/kap3/dokumente/BAW_Innovationsbericht_2006_inkl_Kurzf.pdf; 12.02.2007).
- Sternberg, R. / Kiese, M. / Schätzl. L. (2004): Clusteransätze in der regionalen Wirtschaftsförderung. Theoretische Überlegungen und empirische Beispiele aus Wolfsburg und Hannover. In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, 48 (3-4), S. 164-181.

Stifterverband für die deutsche Wissenschaft (Hrsg.) (2006): Der lange Weg zur Innovation. Forschung und Entwicklung 1/2006. (http://www.stifterverband.de/pdf/fue_106.pdf; Stand: 08.02.2007).

TU Freiberg – Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik (2006): Gründungen und Stilllegungen aus der Beschäftigtenstatistik (Version 09/2006). (<http://www.wiwi.tu-freiberg.de/wipol/gruendungsatlas/gv092006.xls>; Stand 08.02.2007).

ANHANG

Bremische Nanotechnologie-Unternehmen

Tabelle 2: Auswahl an bremischen Unternehmen mit Bezug zur Nanotechnologie; grün markiert sind Unternehmen, die an geförderten Projekten teilnehmen

Unternehmen	Schwerpunktbranche(n)	Internetseite
AC Serendip Ltd.	Medizin, Kosmetik	http://www.ac-serendip.com
ACMOS Chemie AG	Schmierstoffe, Antikorrosionsstoffe, Beschichtungen	http://www.acmos.de
BIAS – Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH	Maschinenbau/Mess- und Regeltechnik	http://www.bias.de
Bio-Gate AG	Chemie/Werkstoffe	http://www.bio-gate.de
BIOLOG Life Science Institute Forschungslabor und Biochemica-Vertrieb GmbH	Medizin, Pharmazeutika	http://www.biolog.de
Bremer Umweltinstitut Gesellschaft für Schadstoffanalytik und Begutachtung mbH	Analytik und Begutachtung von umwelt- und gesundheitsbezogenen Fragestellungen	http://www.bremer-umweltinstitut.de/
Brucker Daltonik GmbH	Chemische und biol. Analytik	http://www.Bdal.de
Campus Micro Technologies GmbH	Systementwicklung und Sensorik	http://www.campus-micro-technologies.de
Carthago Capital Beteiligungen AG	Finanzdienstleister	http://www.ccbag.de
Chipro GmbH	Medizin, Kosmetik	http://www.chipro.de
CIS Solartechnik GmbH	Umwelt/Energie	http://www.cis-solartechnik.de
Ekato Unimix	Verfahrenstechnik	http://www.unimix.de
Embedded Microsystems Bremen GmbH	Mikrosystemtechnik	http://www.em-bremen.de
ficonTEC GmbH	Maschinenbau	http://www.ficontec.com
Hansa Fine Chemicals GmbH	Feinchemikalien	http://www.hfc-chemicals.com
InnoJoin GmbH & Co. KG	Fügetechnik	http://www.innojoin.de
Medical Pharma GmbH	Chemie/Werkstoffe	Van-Heukelum-Str. 5, Bremerhaven, +49 0471 80066-0
membranotec GmbH & Co. KG (ehem. Nanotechnologie Bremen Fleischen, Kremer, Varesi GbR)	Umwelt/Energie	Bückerburger Str. 47, 28205 Bremen, +49 (0) 163/7607419
MeVis Research GmbH	Biotechnologie/Medizintechnik	http://www.mevis.de
microFAB Bremen GmbH	Mikrosystemtechnologie	http://www.microfab.de
Molzym GmbH & Co. KG	Biotechnologie/Medizintechnik	http://www.molzym.com
n ² nanotech AG	Finanzdienstleister im Bereich Nanotechnologie	Langenstr. 52-54, 28195 Bremen, +49 421 - 2584697
NB Technologies GmbH	Lösungen auf dem Gebiet der Nano- und Mikrosystemtechnik	http://www.nb-technologies.de

Norddeutsche Steingut AG	Wand- und Bodenfliesen	http://www.norddeutsche-steingut.de
OHB-Systems AG	Luft-/Raumfahrt,Umwelt/ Energie	http://www.ohb-system.de
OptoPrecision GmbH	Optische Technologien	http://www.optoprecision.de
Proton Mikrotechnik GmbH	MEMS, Mikrofluidik	http://www.proton-mikrotechnik.de/

Bremische FuE-Einrichtungen im Bereich Nanotechnologie

Tabelle 3: Auswahl an bremischen FuE-Einrichtungen, die im Bereich Nanotechnologie tätig sind, grün markiert sind Einrichtungen, die an geförderten Projekten teilnehmen

Einrichtung	Forschungsschwerpunkte	Internetseite
Embedded Microsystems	Angewandte Mikrosystemtechnik	http://www.em-bremen.de
BIAS Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH	Laser-, Schweiß- und Oberflächentechnik	http://www.bias.de
Jacobs University Bremen, School of Engineering and Science	u. a. Nanomolecular Science, Biocatalyst engineering Etwa 12 verschiedene Arbeitsgruppen	http://www.jacobs-university.de/schools/ses/research/
Fraunhofer Institut Fertigungstechnik und Materialforschung	u. a. Klebtechnik, Werkstoffe, Pulvermetallurgie, Nanopulver,	http://www.ifam.fraunhofer.de
IWT Stiftung Institut für Werkstofftechnik	Metallverarbeitung	http://www.iwt-bremen.de/
Mobile Research Center	Forscherverbund aus 24 Forschergruppen	http://www.mrc-bremen.de
Universität Bremen, Institut für Biophysik	u. a. Atomic Force Microscopy für die Untersuchung von Biomolekülen	http://www.biophysik.uni-bremen.de/
Universität Bremen, Institut für Festkörperphysik	u. a. Quantenpunkte, Laser Dioden	http://www.ifp.uni-bremen.de/
Universität Bremen, Institut für Keramische Werkstoffe und Bauteile	u. a. Nanokeramiken und Nanomaterialien	http://www.ceramics.uni-bremen.de
Universität Bremen, Institut für Mikrosensoren, -aktuatoren und -systeme	u. a. Umweltverfahrenstechnik, Werkstoffrückgewinnung	http://www.imsas.uni-bremen.de
Universität Bremen, Institut für Angewandte und Physikalische Chemie	u. a. Nanostrukturierte Oberflächen	http://iapc.chemie.uni-bremen.de
Universität Bremen, Verfahrenstechnik der Werkstoffrückgewinnung	u. a. Produktionstechnik, Trenn- und Aufbereitungstechnologien	http://www.iuv2.uni-bremen.de/
Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und Umwelttoxikologie	u. a. biokompatible Produkte und Verfahren, Biosensoren	http://www.uft.uni-bremen.de
ZARM University of Bremen	Fluidmechanik	http://www.zarm.uni-bremen.de
Hochschule Bremen	u. a. Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, Mikroelektronik, Photonik	http://www.hs-bremen.de
Hochschule Bremerhaven	Mechanische Verfahrenstechnik, Thermodynamik	http://www.hs-bremerhaven.de

Ansprechpartner der geförderten Projekte

Tabelle 4: Kontaktdetails der Ansprechpartner der geförderten Projekte

Projekt	Unternehmen / Institut	Ansprechpartner	Anschrift	E-Mail
Projekt 1 -Life Science				
Funktionalisierte Nanocapsule zur kontrollierten Freisetzung von Botenstoffen in biologischen Systemen	BIOLOG Life Science Institute Forschungslabor und Biochemica-Vertrieb GmbH	Dr. H.-G. Genieser	Flughafendamm 9a, (Postfach 10 71 25), 28199 (28071) Bremen, Te.l. 0421-591355, Fax. 0421-5979713	hgg@biolog.de
	Jacobs University Bremen gGmbH	Prof. Dr. U. Schwaneberg	Campus Ring 1, 28759 Bremen, Tel. 0421-2003543, Fax. 0421-2003640	u.schwaneberg@jacobs-university.de
	Jacobs University Bremen gGmbH	Prof. Dr. S. Springer	Campus Ring 1, 28759 Bremen, Tel. 0421-2003243, Fax. 0421-200-3249	s.springer@jacobs-university.de
Projekt 2 - Life Science				
Makrozyklische Nanocapsule - Entwicklung einer Real-Time-PCR-Messtechnik für Anwendungen in der molekularmedizinischen Infektionsdiagnostik	Molzym GmbH & Co. KG	Prof. Dr. M. Lorenz	Mary-Astell-Str. 10, 28359 Bremen, Tel. 0421-22097770, Fax. 0421-22097771	lorenz@molzym.com
	Jacobs University Bremen gGmbH	Prof. Dr. W. Nau	Campus Ring 1, 28759 Bremen, Tel. 0421-2003233, Fax. 0421-2003229	w.nau@jacobs-university.de
Projekt 3 - Life Science				
Antimikrobielle Ausrüstung	Bio-Gate AG	Dipl.-Biol. P. Khalipour	Fahrenheitstr. 11, 28359	Poroshat.Khalipour@bio-

von medizinischen Implantaten gegen Biofilmbildung			Bremen, Tel. 0421-3362131, Fax. 0421-3362111	gate.de
	Jacobs University Bremen GmbH	Dr. M. Ullrich	Campus Ring 1, 28759 Bremen, Tel. 0421-2003545, Fax. 0421-20094515	m.ullrich@jacobs-university.de
Projekt 4- Fertigungstechnik				
Nanofolien - Fügen von strukturellen Bauteilen mit nanostrukturierten Folien	InnoJoin GmbH & Co. KG	Dipl.-Ing. C. Walz	Zum Panrepel 41., 28307 Bremen, Tel. 0421-83517811, Fax. 0421-83517829	info@innojoin.de
Projekt 5 – Fertigungstechnik				
Nanodispers - Niederdrucktechnologie zur Herstellung von Nanoemulsionen	AC Serendip Ltd.	Dr. L. Fischer	Fahrenheitstr. 1, 28359 Bremen, Tel. 0421-22810, Fax. 0421-22815	ludger.fischer@ac-serendip.com
Projekt 6 – Fertigungstechnik				
LaFON - Entwicklung einer Lasermaterialbearbeitungsmaschine zur Funktionalisierung von Oberflächen im Nanometermaßstab für die Herstellung von Online-Biosensoren	OptoPrecision GmbH	Dipl.-Ing. N. Hempelmann	Auf der Höhe 15, 28357 Bremen, Tel. 0421-9496125, Fax. 0421-9496199	nils.hempelmann@optoprecision.de
	IUV - Institut für Umweltverfahrenstechnik der Universität Bremen	Prof. Dr. N. Rübiger	Bibliothekstr. (Postfach 330 440), 28359 (28334) Bremen, Tel. 0421-2184196, Fax. 0421-2184979	raebiger@iuv.uni-bremen.de
	ISMS - Institut für Umwelt- und Biotechnik der Hochschule Bremen	Prof. Dr. Ing. F. Fleischmann	Neustadtswall 30, 28199 Bremen, Tel. 0421-59053453, Fax. 0421-59053484	fleischm@isms.hs-bremen.de

Projekt 7 – Membrantechnik				
Reinigung und Detektion von Gasen mit nanoskaligen Membranstrukturen	membranotec GmbH & Co. KG (ehem. Nanotechnologie Bremen Fleischen, Kremer, Varesi GbR)		Bückeburger Str. 47, 28205 Bremen, +49 (0) 163/7607419	info@nanotechnologie-bremen.de
	Universität Bremen	Prof. Dr.-Ing. Jörg Thöming	Leobener Str. UFT 28359 Bremen, Tel. (0421) 218-2561, Fax. (0421) 218-8297	iuv2@uni-bremen.de
Projekt 7 - Risiken von Nanotechnologien				
Analytik und Risikoabschätzungsstrategie für nanotechnologische Produkte	Bremer Umweltinstitut Gesellschaft für Schadstoffanalytik und Begutachtung mbH	Dr. N. Weiss	Fahrenheitstr. 1, 28359 Bremen, Tel. 0421-76665, Fax. 0421-71404	weis@bremerumweltinstitut.de
	UFT - Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie der Universität Bremen	Prof. Dr. J. Filser	Leobener Str., 28359 Bremen, Tel. 0421-2186347, Fax. 0421-2187654	filser@uni-bremen.de

Fördersituation im Bereich Nanotechnologie

In Deutschland werden die Nanotechnologien größtenteils von öffentlicher Hand durch verschiedene Förderprogramme auf Bundes- oder Landesebene gefördert. Die F&E-Ausgaben belegen mit 340 Mio. € im Jahr 2006 hinter den USA und Japan weltweit den dritten Platz. Zu den Stärken Deutschlands zählen die gut ausgebaute F&E-Infrastruktur und das hohe Niveau der Forschung in vielen Teilfeldern der Nanotechnologie. Auch ist die industrielle Basis für die Verwertung der Forschungsergebnisse vorhanden.

Das BMBF fördert die Nanotechnologien seit den 1990er Jahren mit verschiedenen Programmen, wie z. B. im Rahmen der Programme „Materialforschung“, „Physikalische Technologien“ oder „Optoelektronik“.

So beschäftigte sich beispielsweise das BMBF-Rahmenprogramm „WING - Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft“ in den Jahren 2004 bis 2006 u. a. mit ressourcen- und energieeffizienten Produktionsverfahren, Batterien und Wasserstoffspeichern mit Nanostrukturen sowie auch ökologischen Implikationen von Oberflächenbearbeitungen. Eine ganze Reihe von BMBF (und auch BMWi) geförderten Projekten wird von bremischen FuE-Einrichtungen und Unternehmen mitgestaltet. Tabelle 5 und Tabelle 6 geben einen Überblick über laufende und einige schon abgeschlossene Projekte des BMBF und des BMWi. Angegeben sind nur bremische Partner und die Fördersummen beziehen sich auf den Teil, den die bremischen Partner erhielten bzw. erhalten.

Tabelle 5: Auswahl an vom BMBF geförderten Forschungsprojekten mit Bezug zu Nanotechnologien und Akteuren aus dem Land Bremen, # Aufgeführt sind nur bremische Akteure der Verbundprojekte, *Aufgeführt ist nicht die Gesamtfördersumme, sondern nur der Anteil der bremischen Akteure in Euro.

Zuwendungsempfänger#	Thema	Laufzeit	Förder-summe*
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)	Verbundprojekt: Prozessentwicklung für das Spritzgießen von Nanokompositen zur Serienfertigung von maßgeschneiderten optischen Mikro- und Makrokomponenten (ProMi); Teilprojekt: Prozessentwicklung Mikrospritzguss von Nanokompositen	2007-2010	562.400
ficonTEC GmbH	Verbundprojekt: Produktionstechnik optischer Systeme für Hochleistungsdiodenlaser (PrOpSys) - Teilvorhaben: Volumentaugliche Produktionstechnik für die Montage von Mikrolinsen an Hochleistungsdiodenlasern	2007-2010	421.284

Zuwendungsempfänger#	Thema	Laufzeit	Förder- summe*
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)	Verbundprojekt: Nanoskalierte Funktionsoberflächen auf komplexen Bauteilen für Automobile auf Basis plasmagestützter Verfahren (NanoTex) - Teilvorhaben: Grundlegende Untersuchungen der Plasmapolymersisation von siliziumorganischen Funktionsschichten	2007-2009	480.000
Hansa Fine Chemicals GmbH, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)	Verbundprojekt: Erste chirale Superbasen auf nanoskaligen Trägern und ihre innovativen Anwendungen	2007-2009	617.770
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)	Nanomaterialien für eine skalenübergreifende AVT - Nanoskala -	2007-2008	418.400
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)	Verbundprojekt: Flexibilisierung der Montage von mikroelektronischen Komponenten durch Jetten von nanofunktionalisierten Materialien (FLEX-JET); Teilprojekt: Entwicklung partikelgefüllter Klebstoffsysteme für Aerosol- und Ink-Jet-Verfahren	2006-2009	275.000
ACMOS Chemie KG	Verbundprojekt: Permanente Trennmittelbeschichtung auf Basis hybrider Nanokomposite	2006-2009	134.318
Optoprecision GmbH	Verbundprojekt: Quantenkaskadenlasersysteme für die industrielle Gassensorik und Prozesskontrolle - QUINGAP - Teilvorhaben: Demonstrator für ein Quantenkaskadenlaser-Gasanalyse-System	2006-2008	240.000
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (Stiftung AWI)	Bionik (2): Fraktionierte Separation mariner Mikrogelpartikel an bionisch optimierten High impact-Filtergeweben aus derivatisierbaren elektrostatisch versponnenen Nanofasern (Bio-BOND)	2006-2007	49.984
Universität Bremen, IWT Stiftung Institut für Werkstofftechnik	Verbundprojekt: Nano-MMC: Ultraleichtbauwerkstoffe auf Basis von sprühkompaktierten Aluminiumlegierungen mit hohen Volumenanteilen an Mg ₂ Si und Nanopartikelverstärkung	2005-2009	925.553

Zuwendungsempfänger#	Thema	Laufzeit	Förder-summe*
MeVis Research GmbH	Verbundprojekt: Zielspezifische nanopartikuläre Eisenoxidpartikel für die kardiovaskuläre Diagnostik (Nano AG) - Teilvorhaben: Registrierung, Visualisierung und Quantifizierung	2005-2008	219.845
Molzym GmbH & Co. KG, Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie	Verbundprojekt: Biogene Magnet-Nanopartikel für Mikroarrays und Separationsverfahren - Teilvorhaben: Biogene Magnet-Nanopartikel für Separation von Nukleinsäuren	2004-2007	407.262
Bruker Daltonik GmbH	Verbundprojekt: Nano-Kryo-Sekundärionen-Massenspektrometrie für biologische Proben (Nano-Kryo-Bio-SIMS) - Teilvorhaben: Hochauflösendes Massenspektrometer	2004-2007	106.336
Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie	BioFuture: Strukturelle, biochemische und molekulargenetische Aufklärung der Biomineralisation von magnetischen Nanokristallen in Bakterien	2000-2005	1.378.553

Tabelle 6: Forschungsprojekte des BMWi mit Bezug zu Nanotechnologien und Akteuren aus dem Land Bremen, # Aufgeführt sind nur bremische Akteure der Verbundprojekte, *Aufgeführt ist nicht die Gesamtfördersumme in Euro, sondern nur der Anteil der bremischen Akteure

Zuwendungsempfänger#	Thema	Laufzeit	Förder-summe*
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)	Verbundprojekt "NanoKat - Katalytisch aktive Nanowerkstoffe für Oberflächen in Abgasstrang und Verbrennungsmotor zur Vermeidung von Rußpartikel-Emissionen"; Teilvorhaben FhG "Neue Verfahren zur Herstellung katalytisch aktiver Nanowerkstoffe"	2005-2008	560.001

Zukünftige Technologien Consulting

ist eine Beratungseinheit der VDI-Technologiezentrum GmbH in Düsseldorf.

Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) berät Entscheider aus

- Politik / politischer Administration / Regionen
EU - Bund - Länder - etc.
- Industrieunternehmen
Großunternehmen - KMU - junge Unternehmen - etc.
- Verbänden / Vereinen / Organisationen
Industrieverbände - Forschungseinrichtungen - etc.
- Finanzdienstleister
Banken - Venture Capital Gesellschaften - etc.
- Versicherungen
Rückversicherer - etc.

in technologischen und gesellschaftlichen Zukunftsfragen.

ZTC deckt durch ein Team verschiedenster Fachdisziplinen ein breites Themen- und Methodenspektrum ab. Systematisch und mit Unterstützung eigener Softwareinstrumente werden kundenspezifisch strategische Themen identifiziert, Ideen entwickelt sowie praxisnahe Lösungen umgesetzt.

Beispiele für Beratungsdienstleistungen sind:

- Innovations- und Technologiemonitoring
- Technologiefrüherkennung
- Newsmonitoring
- Szenarien und Prospektionen
- Studien und Innovationsanalysen
- Prozessberatungen, Prozessmoderationen
- Innovations- und Technologiemanagement
- Themengenerierung

Weitere Informationen erhalten Sie unter www.zt-consulting.de

VDI

Technologiezentrum

Zukünftige Technologien Consulting (ZTC)
VDI Technologiezentrum GmbH
Graf-Recke-Straße 84
40239 Düsseldorf
Telefon: +49 (0) 211 62 14-5 72
Telefax: +49 (0) 211 62 14-1 39
Email: ztc@vdi.de

www.zt-consulting.de