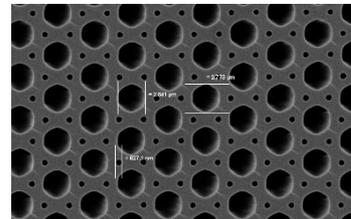


Machbarkeitsstudie für ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor zum Transfer von Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung

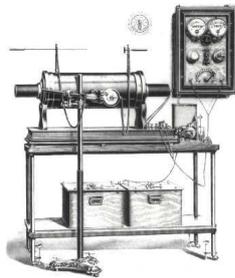
Projektzeitraum: 01.01.2008 bis 31.12.2008



Frühe Röntgenröhre aus Berlin
(Patent von Burger & Co. 1901)



Modernste Polykapillaroptik
(IfG GmbH 2009)



Röntgeneinrichtung um 1898
(Reiniger-Siemens)



M4 Tornado High performance micro XRF spectrometer
(Bruker AXS GmbH 2009)

Auftraggeber:



Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Projektträger:



Projektträger Jülich

Antragsteller:



Max-Born-Institut
für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie

Ko-Antragsteller:



Freie Universität Berlin,
Institut für Management

Unterauftragnehmer:



Institut für Angewandte Photonik (IAP) e.V.

Kooperationspartner:



Technische Universität Berlin,
Institut für Optik und Atomare Physik

Unterstützung:



Optische Technologien Berlin-Brandenburg e.V.
(OpTecBB)

Inhalt

Executive Summary	2
1. Einleitung	3
2. Ist-Analyse	4
2.1 Die Optik-Branche weltweit, in Deutschland und in Berlin-Brandenburg	4
2.2 Die Röntgentechnologien weltweit, in Deutschland und in Berlin-Brandenburg.....	6
2.3 In der Region Berlin-Brandenburg vorhandene Röntgen-Infrastruktur	11
2.3.1 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.....	11
2.3.2 Universitäten	12
2.3.3 Fachhochschulen	13
2.3.4 Einrichtungen in privater Trägerschaft.....	13
2.4. Grundlagenforschung und angewandte Forschung in Berlin-Brandenburg.....	13
2.5. Industrielle Forschung in Deutschland und in Berlin-Brandenburg	15
2.6 Produktion in Deutschland und in Berlin-Brandenburg.....	17
2.7 Aus- und Weiterbildung in Berlin-Brandenburg.....	17
2.8 Nachfragepotential für ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor	18
2.8.1 Marktsegmente	19
2.8.2 Ermittlung des konkreten Nachfragebedarfs.....	19
3. Die Organisation von Technologietransfer	22
3.1 Grundlegende Überlegungen zu Technologietransfer.....	22
3.2 Analyse möglicher Organisationsmodelle für Technologietransfer.....	26
4. Collaborative X-Ray Innovation Lab	28
4.1 Vision und Mission des BLiX.....	30
4.2 Strategie.....	30
4.3 Innovation durch Kooperation – Partner	31
4.4 Bereitstellung technologischer Infrastruktur	34
4.5 Umsetzungsplan	36
5. Literatur	37
6. Anhang	40

Vorbemerkung

Die Autoren dieses Berichtes Dr. Holger Stiel (MBI), Frank Lerch (FU Berlin), Prof. Dr. Birgit Kanngiesser (TU Berlin), Marcel Pagels (TU Berlin/MBI) und Dr. Rainer Wedell (IAP) sowie Prof. Dr. Wolfgang Sandner (MBI) und Prof. Dr. Jörg Sydow (FU Berlin) möchten sich bei allen bedanken, die bei der Vorbereitung der Machbarkeitsstudie, in Diskussionen und mit vielen Hinweisen und Tipps geholfen haben und uns bei der Arbeit unterstützten.

Executive Summary

- Optische Technologien und Röntgentechnologien zählen zu den innovativen Zukunftstechnologien mit Querschnittscharakter und weisen ein robustes langfristiges Wachstum auf, bedürfen aber gleichzeitig umfangreicher Aufwendungen in Forschung und Entwicklung sowie der Organisation eines effektiven und effizienten Wissens- und Technologietransfers.
- Berlin besitzt im stark forschungsbetonten Zukunftsfeld der Röntgentechnologien (wieder) ein im nationalen und internationalen Maßstab einmaliges Potenzial sowie schon heute eine im nationalen und internationalen Vergleich herausragende Stellung. Es umfasst in gleichmäßiger Breite die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis hin zur Produktentwicklung in innovativen Unternehmen.
- In der Region Berlin-Brandenburg ist vielfältige Röntgenanalytik-Infrastruktur in zahlreichen Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen anzutreffen.
- Es besteht eine ausgeprägte Nachfrage nach Wissens- und Technologietransfer auf dem Gebiet der Röntgenanalytik bei Geräte- und Komponentenherstellern, Anwendern sowie im Bereich der Aus- und Weiterbildung.
- Zukunftsträchtige Anwendungsbereiche finden sich in der Solartechnologie, der Medizintechnik, der Nanotechnologie, der Mikrobiologie, der Qualitätskontrolle, der Werkstoffprüfung, der Qualitätsanalyse chemischer Prozesse, der Sicherheitskontrolle, der Kunst- und Kulturguterhaltung, der Umweltanalytik, sowie im Bereich Forschungsinfrastruktur.
- Die konkrete Nachfrage nach einem Applikationslabor bezieht sich auf (1) die Zusammenarbeit in Forschungsprojekten im vorwettbewerblichen Bereich, in „Proof of Principle“-Experimenten sowie zur Unterstützung bei interner F&E; (2) den Test und die Charakterisierung von Komponenten (insbes. Röntgenquellen, -optiken und -detektoren); (3) die Sicherstellung von Geheimhaltung in gemeinsamen Projekten; (4) die Ausstattung mit neuester Instrumentierung und Software sowie qualifiziertem Personal; (5) Beratungskompetenz für neue Methoden; (6) die Kopplung von Röntgen mit anderen spektroskopischen Verfahren; (7) Unterstützung durch das Applikationslabors beim Zugang zu anderen Forschungseinrichtungen wie dem Elektronenspeicherring BESSY II; (8) eine Bereitstellung von Geräten und Materialien seitens der Unternehmen zu Schulungs- und Werbezwecken und das Einbringen eigenen Know-hows beim Aufbau des Labors; (9) die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern.
- Das „Berlin Laboratory for innovative X-ray technologies“ (BLiX) wird in mehrfacher Hinsicht als Embedded Institute betrieben und als Applikationslabor des Stiftungslehrstuhles „Analytische Röntgenphysik“ an der TU Berlin organisatorisch angebunden und von der TU Berlin als „Innovation Lab“ mit einer Grundausstattung versehen.
- BLiX wird eigene Methoden, Geräte und Komponenten zur Verfügung stellen, Beratung und Unterstützung beim Zugang zu dezentraler Infrastruktur in kooperierenden Forschungseinrichtungen anbieten und Weiterbildung/Training und Ausbildung organisieren.
- Das BLiX startet 2009. Nähere Informationen unter www.blix-berlin.de.

1. Einleitung

Die „UV- und Röntgentechnologien“ erweitern den Anwendungsbereich der optischen Technologien zu kleinsten räumlichen und zeitlichen Dimensionen und schlagen damit die Brücke zu den Mikro- und Nanotechnologien und der biologischen Struktur- und Wirkstoffforschung sowie zur Stoff- und Prozessanalytik. UV- und Röntgenlicht ist das Licht der Mikro- und Nanotechnologien und damit eines ihrer wichtigsten Werkzeuge.

Gemessen an der potenziellen Bedeutung dieses Gebietes besteht jedoch noch ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei der Quellen- und Komponentenentwicklung (insbes. industrie- und labortaugliche Kompaktquellen sowie röntgenoptischer Systeme) bei der Metrologie und Dosimetrie sowie bei der Methodologie und Erschließung neuer Anwendungsfelder.

Berlin besitzt in diesem stark forschungsbetonten Zukunftsfeld ein im nationalen und internationalen Maßstab einmaliges Potenzial. Es umfasst in gleichmäßiger Breite die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis hin zur Produktentwicklung in innovativen Unternehmen.

Konkret bedeutet dies, dass (1) in den Einrichtungen der Grundlagenforschung in Berlin auf dem Gebiet der Röntgentechnik u.a. neuartige Röntgenquellen, Optiken und neue Methoden/Verfahren entwickelt werden oder dazu maßgeblich beigetragen wird; (2) Unternehmen an der Nutzung dieses Wissens interessiert sind. Die Frage, „Wie der Transfer des Know-hows zu interessierten Unternehmen organisiert werden kann?“ ist jedoch bislang nur teilweise durch verschiedene Aktivitäten im Rahmen von OpTecBB e.V., dem Kern des Berlin-Brandenburger Clusters optischer Technologien, beantwortet. Die „Machbarkeitsstudie für ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor zum Transfer von Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung“ soll dazu beitragen, neue Wege zu erkunden, ein Geschäfts- bzw. Betreibermodell zu entwickeln und Hinweise für dessen Implementierung zu geben.

Ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor soll einen entscheidenden Beitrag zum Technologietransfer von Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung leisten und insbesondere den Unternehmen vor Ort Zugang zu innovativen neuen Technologien und Geräten verschaffen. Hieraus ergibt sich ein direkter Nutzen bei der Sicherung bestehender und Erschließung neuer Märkte. Gleichzeitig soll das Applikationslabor neben der Verbesserung der technologischen Infrastruktur auch als Forschungsstätte und Ausbildungsort mit state-of-the-art Ausrüstung dienen. Dabei sollen die neuen Strukturen und Aktivitäten auf Bestehendem aufsetzen. Die koordinierte Netzwerk- und Clusterentwicklung im Feld der optischen Technologien in der Region Berlin-Brandenburg bietet hierzu gute Voraussetzungen (vgl. Sydow et al. 2007) auch im Vergleich zu anderen Optik-Clustern (vgl. Sydow/Lerch 2007a).

Im Zeitraum von Januar 2008 bis Dezember 2008 erarbeitete eine Gruppe aus Vertretern des Max-Born-Instituts (MBI), der Freien Universität Berlin, des Instituts für Angewandte Photonik e.V. (IAP) und des Instituts für Optik und atomare Physik (IOAP) der Technischen Universität Berlin im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eine Machbarkeitsstudie, die die Möglichkeiten und Grenzen eines kooperativen innovativen Röntgen-Applikationslabors analysiert. Im Rahmen der Erarbeitung der Studie wurden nicht nur zahlreiche Gespräche mit Vertretern aus Wissenschaft und Industrie geführt um zu ermitteln, welcher Bedarf in der Röntgen-Community besteht und welchen potentiellen Nutzen ein Applikationslabor verspricht. Vielmehr wurde neben Befragungen, Recherchen und Sekun-

däranalysen auch ein Workshop durchgeführt, um das erarbeitete Konzept mit der Community zu konkretisieren, intensiv zu diskutieren und weitere Aspekte aufzunehmen.

Die Machbarkeitsstudie enthält eine Analyse der Ausgangssituation, eine fundierte Abschätzung des Bedarfes in der Region und im nationalen Kontext, konzeptionelle Überlegungen zum Technologietransfer im Allgemeinen und zum Betrieb von Applikationslaboren im Besonderen. Daraus wird schließlich ein Geschäftsmodell bzw. Betreiberkonzept für das avisierte Applikationslabor abgeleitet und entwickelt.

2. Ist-Analyse

2.1 Die Optik-Branche weltweit, in Deutschland und in Berlin-Brandenburg

Optische Technologien, zu denen die Röntgentechnologien gehören, zählen zu den Zukunftstechnologien. Durch ihren Querschnittscharakter beeinflussen sie maßgeblich die technologische Entwicklung in vielen anderen Branchen. Überzeugt von den erheblichen Potentialen der optischen Technologien, sprechen Experten vom beginnenden 21. Jahrhundert als dem Jahrhundert des Photons. Der Weltmarkt für optische Technologien beläuft sich laut einer aktuellen Studie (vgl. Optech Consulting 2007) derzeit auf ca. 210 Mrd. € (Deutscher Anteil in 2005 bei ca. 8%). Das Produktionsvolumen soll 2015 bei etwa 439 Mrd. € liegen. Diese Entwicklung impliziert ein langfristiges Wachstum von jährlich 7,6%. Das weltweite Wachstum lag 2006 gegenüber 2005 bei 11%. Die Nachfrage in konjunktursensiblen Bereichen wie der Produktionstechnik (plus 20%) stieg besonders stark an (ebenda).

Laut Branchenbericht des Industrieverbandes Spectaris (2008) lag das Umsatzvolumen im Bereich der optischen Technologien in Deutschland in 2007 bei 22,3 Mrd. €. Bis 2015 wird am Standort Deutschland ein Umsatzwachstum von jährlich 8,5% auf 37,0 Mrd. € prognostiziert (Optech Consulting 2007). Der Spectaris-Studie zufolge arbeiten in Deutschland aktuell etwa 114.000 Beschäftigte in der Optikbranche (vgl. Tabelle 1).

	Jahr 2005	Jahr 2006	Jahr 2007	Abw. 07/06
Gesamtumsatz (Mrd. €)	16,30	19,70	22,30	13,2%
Inlandsumsatz (Mrd. €)	5,70	6,30	7,20	14,3%
Auslandsumsatz (Mrd. €)	10,60	13,50	15,10	11,9 %
Exportquote (%)	65%	68%	68%	0%
Beschäftigte (Tsd.)	101,5	106,6	114,0	6,9%
Umsatz je Beschäftigtem (Tsd. €)	160,6	184,8	195,6	5,9%

Tab. 1: Optische Technologien in Deutschland (Spectaris 2008)

Die Exportquote liegt derzeit bei 68%, teilweise höher. Der europäische Markt (EU 27) ist mit 67,8% mit Abstand der größte Exportmarkt für Strahlungsquellen und optische Komponenten (+28% gegenüber 2006), gefolgt von Asien (13,1%; +0,5%); dem restlichen Europa (8,5%; +0,7%) und Nordamerika (8,1%; +2,2%). Bei den Importmärkten für Strahlungsquellen und optischen Komponenten führt mit Abstand Asien mit 55,1% (+40,1%), gefolgt von Nordamerika (17,9%, -3,4%), Europa (EU 27) (16%; -17,4%) und dem restlichen Europa (9,3%; -9,7%)

Die optischen Technologien zählen zweifelsohne zu den Hochtechnologien in Deutschland. Die F&E-Quote lag 2007 bei über 10% (vgl. Tabelle 2) und liegt damit noch über dem Durchschnittswert des Verarbeitenden Gewerbes, das im Vergleich zu den anderen Industrien in Deutschland den höchsten Wert aufweist.

Anteil der F&E-Ausgaben am Gesamtumsatz (F&E-Quote)	10,1 %
Anteil der F&E-Beschäftigten an den Gesamtbeschäftigten	13,6 %
Umsatzanteil innovativer Produkte (jünger als 3 Jahre)	34,7 %

Tab. 2: F&E- und Innovationsintensität bei den Optischen Technologien (Spectaris 2008)

Die deutsche optische Industrie hat international gesehen eine starke Position inne. 2003 lag z. B. der weltweite Marktanteil deutscher Hersteller von kompletten Lasersystemen bei rund 23% und bei Laserquellen allgemein bei 40% (Mayer 2004, 10). Bei den Optischen Technologien handelt es sich also um eine Branche mit stabilem hohem Wachstum, hoher Innovativität und ausgeprägter Internationalität, sowohl bei der Vermarktung der Produkte als auch beim Einkauf von Technologien und Komponenten. Für die deutsche und damit auch für die Berlin-Brandenburger Optikbranche bieten sich hauptsächlich in ingenieurstechnisch anspruchsvollen Bereichen mit hoher Wertschöpfung Wachstumspotenziale.

Der Hauptstadtregion kommt eine herausragende Stellung im nationalen Kontext zu (vgl. Lerch 2009, 143 ff., sowie Abbildung 1).

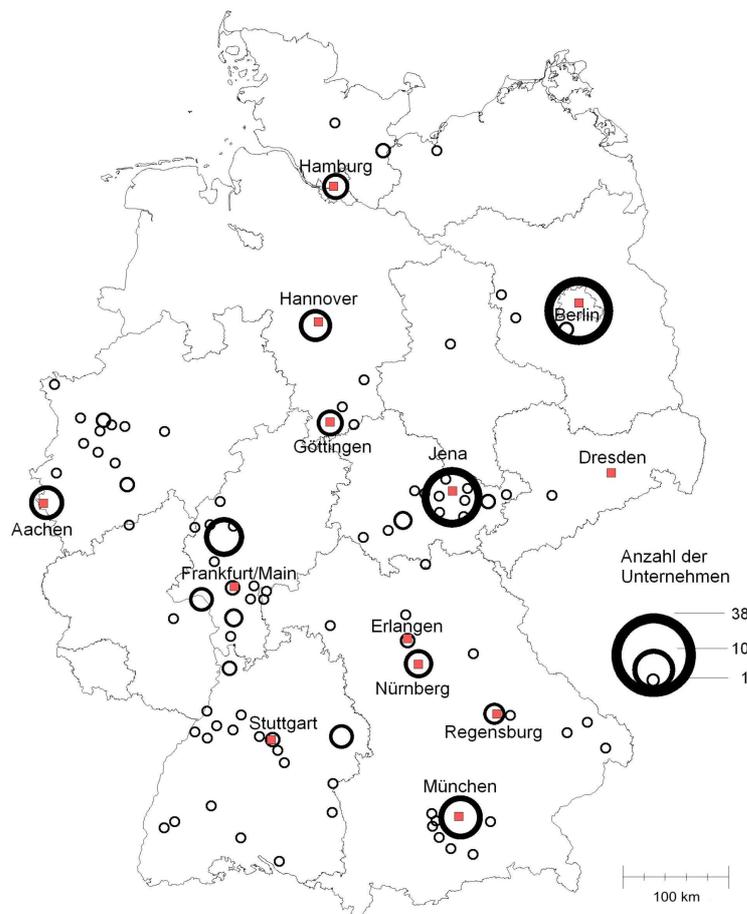


Abb. 1: Verteilung der Unternehmen im Bereich der optischen Technologien in Deutschland (Schricke 2007)

Die optischen Technologien in der Region Berlin-Brandenburg haben eine mehr als 200-jährige Tradition, die durch eine Vielzahl technologischer, institutioneller und (inter-) organisationaler Diskontinuitäten resultierend aus der wechselseitigen Geschichte der Region gekennzeichnet ist (vgl. Sydow/Lerch 2007b). Mit der Gründung des Verbundes OpTecBB e.V. und der gezielten Entwicklung der Branche, setzte in den letzten Jahren erneut eine Phase der kontinuierlichen Entwicklung des Feldes der optischen Technologien in der Region ein. In einer Potentialanalyse, durchgeführt im Auftrag von OpTecBB im Jahr 2002, sind in der Hauptstadtregion ca. 270 Unternehmen und ca. 30 Forschungseinrichtungen (außeruniversitäre Forschungsinstitute und Universitätsinstitute) im Bereich der optischen Technologien identifiziert worden. Sie erwirtschafteten 2002 einen Umsatz von ca. 2 Mrd. € und hatten ca. 12.000 Beschäftigte (Hornauer 2002).

2.2 Die Röntgentechnologien weltweit, in Deutschland und in Berlin-Brandenburg

Der globale Markt für Geräte und Anlagen der Röntgentechnik (vgl. hierzu OpTecBB IFV UVR 2006) lag zur Jahrtausendwende bei etwa 6 Mrd. EUR. Im Verlauf von jeweils zehn Jahren verdoppelte sich dieser Markt. 2005 betrug der Weltmarkt ca. 8,5 Mrd. EUR. Mit über 90%, d.h. 7,8 Mrd. EUR, sind die medizinischen Anwendungen in der Röntgentechnik dominant.

Da die Kosten für Röntgentherapiegeräte deutlich über denen für Röntgendiagnostikgeräten liegen, ist hier auch von einem größeren Anteil in diesem Marktsegment auszugehen. In der Röntgendiagnostik wird gemäß einer kürzlich erschienenen Studie (Medical Imaging Production Yearbook 2008) eine Größe des Weltmarktes von 8,3 Mrd. USD für das Jahr 2011 prognostiziert. Dies ist insbesondere durch die Entwicklung der digitalen Aufnahmetechnik in der Mammographie hervorgerufen. Für das Jahr 2008 gibt die Studie eine Marktgröße von etwa 7 Mrd. USD an, was nach dem Umrechnungskurs am 01. 07. 2008 einem Wert von 4,4 Mrd. € entspricht.

Die US Marktstudie SDI's Global 'Assessment Report aus dem Jahr 2004 weist für das Jahr 2003 einen Weltmarkt für Geräte der Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) von 388 Mio. USD und für Geräte der Röntgendiffraktometrie (XRD) von 241 Mio. USD. Bis zum Jahr 2008 steigerten sich diese Werte auf 521 Mio. USD für die XRF und auf 331 Mio. USD für die XRD. Dies entspricht nach dem oben erwähnten Umrechnungskurs Weltmarktgrößen von 328 Mio. € für Geräte der Röntgenfluoreszenzanalyse und 209 Mio. € für Geräte der Röntgendiffraktometrie im Jahre 2008. Der Anteil Europas betrug dabei für XRF-Geräte 26% und 28% für XRD-Geräte. Es ist anzunehmen, dass deutsche Unternehmen daran einen relativ großen Anteil haben.

In Deutschland ist ein breites Spektrum von Unternehmen und Forschungseinrichtungen angesiedelt, die auf dem Gebiet der Röntgentechnologien tätig sind. Zu den Unternehmen gehören sowohl Hersteller von Komponenten wie Röntgenquellen, Röntgendetektoren und Röntgenoptiken als auch Systemhersteller für Röntgenanalytik, Röntgenscanner für den Einsatz im Sicherheits- und Lebensmittelbereich als auch medizinische Geräte. Insbesondere bei medizinischen Geräten unterschiedlicher Art nimmt Deutschland den weltweit dritten Platz mit einem Marktvolumen von 11,5 Mrd. USD im Jahre 2005 ein (US Commercial Service Report 2005). Der erwähnte US-Report prognostiziert bis zum Jahre 2012 jährliche Steigerungsraten zwischen 5 und 6%. Der Anteil von Röntengeräten unter den medizinischen Geräten sollte im Bereich von 5 – 10% liegen, so dass auch hier sowohl von einem relativ hohen Marktanteil als auch von entsprechenden Zuwachsraten auszugehen ist. Nach dem kürzlich erschienenen

Innovationen Branchenreport Instrumententechnik des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (Jg. 16 Nr. 10, Januar 2009) belegt heute die deutsche Medizintechnik bereits den zweiten Platz auf dem Weltmarkt.

Das von den Unternehmen identifizierte Wachstumspotential des Marktes für Röntgentechnologien kann nur durch innovative Produkte erschlossen werden. Daher sind erhebliche Aufwendungen in Forschung und Entwicklung notwendig und ein effektiver und effizienter Wissenstransfer muss (weiterhin) organisiert werden. Insbesondere besteht ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei der Quellen- und Komponentenentwicklung, insb. industrie- und labortaugliche Kompaktquellen sowie röntgenoptischer Systeme, bei der Metrologie und Dosimetrie sowie bei der Methodologie und Erschließung neuer Anwendungsfelder. Auf dem Gebiet der Detektionssysteme sind insbesondere großflächige orts- und energieempfindliche Röntgenkameras von großem Interesse für Anwendungen in der Röntgendiffraktometrie, der Röntgentomographie, der Röntgenmikroskopie und der Röntgenstreuung, sowohl in der Forschung als auch in der Industrie. Hierzu laufen Arbeiten in Forschungseinrichtungen und Unternehmen in München und Berlin. Eine weitere wichtige Forschungsrichtung betrifft die Entwicklung von Ultrakurzpuls – Röntgenquellen und ihren Einsatz in der Forschung aber auch zukünftig für industrielle Anwendungen. Diese Forschungen wurden zunächst in Universitäten und Forschungsinstituten im Rahmen von z.B. durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderte Projekte begonnen, gegenwärtig aber bereits innerhalb von Kooperationen zwischen Unternehmen und Universitäten fortgeführt. In einer Studie des VDI Technologiezentrums Düsseldorf (Holtmannspötter/Bachmann 2003) wird u. a. darauf verwiesen, dass für eine breite industrielle Umsetzung von Applikationen der Röntgenstrahlung die Verfügbarkeit entsprechender Methoden und Geräte auch entkoppelt vom Synchrotron erforderlich ist. Dazu sind bei neueren Methoden, wie z. B. der Ultrakurzzeitrontgenanalytik und der Röntgenmikroskopie erhebliche Forschungsaktivitäten notwendig. Für die Weiterentwicklung der Röntgenmikroskopie unabhängig vom Synchrotron wurden und werden ebenfalls gemeinsame FuE-Vorhaben von Unternehmen und Forschungseinrichtungen realisiert.

Die Region Berlin-Brandenburg weist im Bereich der Röntgentechnologien eine lange Tradition auf. Nicht nur einige der ersten Röntgenröhren, mit denen Wilhelm Conrad Röntgen nach 1895 experimentierte, wurden in Berlin von Reinhold Burger gefertigt, sondern die damals neuen Röntgentechnologien fanden auch rasch Anwendung in der Medizin und Materialprüfung in Berliner Einrichtungen zu Beginn des 20. Jahrhunderts (vgl. Richter/Heidt 2001). Heute besitzt Berlin in diesem stark forschungsbetonten Zukunftsfeld (wieder) ein im nationalen und internationalen Maßstab einmaliges Potenzial sowie herausragende Stellung. Es umfasst in gleichmäßiger Breite die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis hin zur Produktentwicklung in innovativen Unternehmen. Gleichzeitig werden Innovationen im Spannungsfeld von Kooperation und Wettbewerb (vgl. z. B. Lerch et al. 2007) in vernetzten Strukturen (vgl. Lerch 2009, 239 ff.) erzeugt.

In Berlin-Brandenburg sind auf dem Gebiet der UV- und Röntgentechnologien etwa 60 Unternehmen und Forschungseinrichtungen tätig, wovon wiederum etwa 50 Mitglieder im Verein OpTecBB sind.

Von der Technologiestiftung Berlin (TSB) konnten die Angaben in Tabelle 3 zu Umsatz- und Beschäftigungszahlen der in der Region Berlin-Brandenburg auf dem Gebiet der UV- und Röntgentechnologien tätigen Unternehmen für die Jahre 2003 bis 2007 ermittelt werden:

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007
Umsatz in Mio. €	34,9	41,3	47,4	63,3	70,9
Anzahl der Beschäftigten	263	272	298	386	444

Tab. 3: Entwicklung von Umsatz und Beschäftigtenzahlen von Unternehmen im Bereich UV- und Röntgentechnologien in Berlin-Brandenburg (TSB 2008)

Wie Tabelle 3 zu entnehmen ist, verdoppelte sich der Umsatz von 2003 bis 2007 und die Anzahl der Beschäftigten nahm um ca. 70 % zu. Es kann also von einer sehr dynamischen Entwicklung der Unternehmen auf dem Gebiet der UV- und Röntgentechnologien in der Region Berlin-Brandenburg ausgegangen werden.

Von besonderer Bedeutung sind in der Region Berlin-Brandenburg die zahlreichen Forschungseinrichtungen, die auf dem Gebiet der Röntgentechnologien tätig sind. Zu den Forschungseinrichtungen von internationaler Bedeutung gehören HZB-BESSY und MBI, zu den nationalen Labors für Forschung, Prüfung und Standards mit starker internationaler Ausstrahlung zählen PTB und BAM, ein universitärer Schwerpunkt besteht an der TU Berlin. BESSY II als Hochbrillanz-Synchrotronstrahlungsquelle mit mehr als 30-jähriger Erfahrung (die Vorgängereinrichtung BESSY I befand sich auch in Berlin) in der Organisation (Access-Programme) und Durchführung von nutzergetriebenen Experimenten mit Röntgenstrahlung ist an dieser Stelle besonders herauszuheben. Am 1. Januar 2009 entstand durch Zusammenschluss von BESSY II und Hahn-Meitner Institut (HMI) das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), eine deutschlandweit einzigartige Einrichtung, die Erzeugung und Anwendung von elektromagnetischer Strahlung vom Terahertzbereich bis hin zur Röntgenstrahlung mit moderner Materialforschung, Erforschung alternativer Energiequellen (Photovoltaik) und medizinischer Therapie verbindet.

Eine bedeutende Zahl kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) wie Crystal Photonics GmbH, IfG GmbH, Bruker AXS Microanalysis GmbH (früher Röntec AG) oder rtw Dr. Warrikhoff sind auf dem Gebiet der Röntgentechnologie in der Region tätig.

Zu weitere Unternehmen, die in der Region eher im Ultraviolett (UV)-Bereich und im angrenzenden weichen Röntgenbereich tätig sind, zählen Lasertechnik Berlin (LTB) als deutschlandweit einziger Hersteller von Miniaturstickstofflasern und Messtechnik für den UV-Bereich sowie die Firma Bestec GmbH, die neben ihrer Kompetenz als Synchrotronausrüster auch als Hersteller von Metrologie für die Extrem Ultraviolett (EUV) Lithographie auftritt. Daneben existieren eine ganze Reihe von kleineren Unternehmen, die Komponenten wie Substrate, Detektoren, Elektronik u.ä. bereitstellen. Zu weiteren Forschungseinrichtungen, die in diesem Bereich tätig sind zählen Arbeitsgruppen an den drei Berliner Universitäten und auch das Leibniz-Institut ISAS mit Hauptsitz in Dortmund, in Berlin aber vertreten mit einer Außenstelle.

Seit 2001 besteht der Forschungsverbund UV- und Röntgentechnologien in der Region Berlin-Brandenburg (vgl. Abbildung 2). Den Kern dieser Gruppe bildet das sog. RSS-Netzwerk (Röntgenstoff- und -strukturanalyse). Die Zusammenarbeit der Unternehmen und Forschungseinrichtungen in diesem Netzwerk, das vor allem die Generierung und Vermarktung von Prozess- und Produktinnovationen der Röntgenstoff- und -strukturanalytik bezweckt, erfolgt in diversen organisationsübergreifenden Projekten, was auf die Existenz einer recht dynamischen Netzwerkstruktur hinweist.

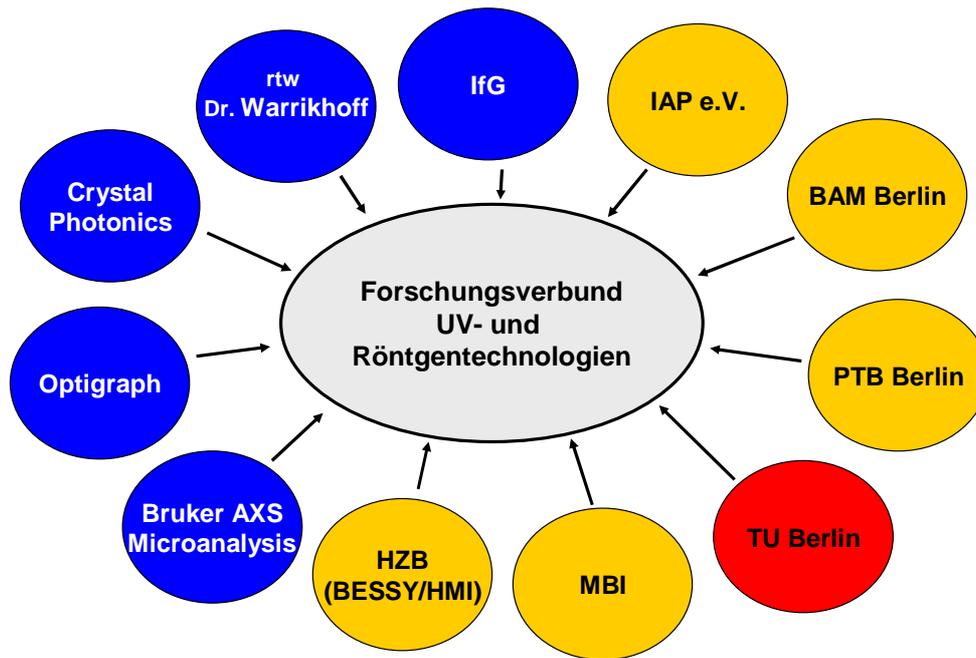


Abb. 2: Kernpartner im Forschungsverbund UV- und Röntgentechnologien in Berlin

Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen wird die herausragende Stellung der Röntgentechnologien in der Region immer weiter ausgebaut. Hierzu wird insbesondere die gemeinsame „Technologische Roadmap“ weiterentwickelt und als Richtlinie genutzt. Kooperationsprojekte zur Technologie- und Produktentwicklung, unterstützt durch internationale Leuchtturmprojekte der Forschung, sollen die Verfügbarkeit und Anwendung kurzweiliger und Röntgenstrahlung als zukünftiges Werkzeug der optischen und Mikrosystem- sowie Nanotechnologien weiter ausbauen. Die Erarbeitung einer solchen Technologie Roadmap für die Röntgen- Stoff- und -Strukturanalytik wurde von jeweils einem Vertreter der Wirtschaft (Prof. Dr. N. Langhoff, Geschäftsführer der IfG GmbH) und einem Vertreter der Wissenschaft (Prof. Dr. W. Sandner, Direktor des Max-Born-Institutes) initiiert. Bisher sind zwei Auflagen dieser Roadmap erarbeitet worden. Die zweite Auflage aus dem Jahre 2006 betrifft eine gemeinsame Strategie der Forschungseinrichtungen und Unternehmen für den Zeitraum 2006 bis 2010. Folgende Schwerpunkte für FuE-Arbeiten werden angeführt:

- neue Generation von Röntgenröhren
- Weiterentwicklung unterschiedlicher Röntgenoptiken (Kapillaroptiken, Bragg- und Bragg-Fresnel-Optiken, HOPG-Optiken)
- Halbleiterdetektoren mit großen Empfängerflächen und hoher Energieauflösung auch bei hohen Zählraten
- Laserbasierte Kurzpuls-Röntgenquellen
- Ultra-Kurzzeit-Röntgentechniken (Diffraktometrie u.a.)
- Kopplung von optischen und röntgenanalytischen Verfahren

Eine weitere Initiative zur Kooperation von Vertretern der Wirtschaft und der Wissenschaft betrifft die Erarbeitung einer VDI-Richtlinie für Röntgenoptische Systeme, die von Prof. Langhoff (IfG GmbH) im Jahre 2004 angeregt wurde. Inzwischen sind Gründrucke unter der Nummer VDI 5575 erschienen, in denen die physikalischen Grundlagen, die Parameter sowie Messverfahren zur Charakterisierung der verschiedenen Röntgenoptiken beschrieben werden. Im Jahre 2001 wurde vom Institut für angewandte Photonik e.V. und der IfG GmbH eine nationale Fachtagung zum Thema prozessnahe Röntgenanalytik „PRORA“ ins Leben gerufen,

die seither im Zweijahresrhythmus durchgeführt wird. Sie ist einer neuen Entwicklungsrichtung auf dem Gebiet der Röntgentechnologien gewidmet, die erst durch kompakte Kleinleistungsröntgenröhren, effiziente Röntgenoptiken und Halbleiterdetektoren, die nicht mehr mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden müssen, möglich geworden ist. Die erwähnten Neuentwicklungen erlauben eine kompakte Bauweise der Analytikgeräte und damit eine unmittelbare Integration in technologische Fertigungslinien. Ein generelles Anliegen der Fachtagungsreihe „Prozessnahe Röntgenanalytik“ ist es, den Erfahrungsaustausch zwischen Anwendern, Entwicklern und Herstellern von Analytikgeräten zu fördern. Auf den bisherigen Tagungen waren jeweils mehr als 100 Teilnehmer aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Universitäten des In- und Auslandes mit eigenen Beiträgen vertreten.

Daneben existieren in der Region Berlin-Brandenburg eine Reihe weiterer Organisationen, die z. B. im Bereich der UV- und weichen Röntgentechnologien tätig sind und ebenfalls in vernetzten Strukturen zusammenarbeiten. LTB, ISAS, LMTB und die Arbeitsgruppe Medizinische Physik und Optische Diagnostik der Charite arbeiten z. B. an der Schnittstelle zum Bereich der Life Sciences zusammen.

Seit 2007 erarbeiteten zudem die in der Region ansässigen KMU und weitere national und international tätige Unternehmen ein Stiftungsmodell zur Bewahrung des universitären Schwerpunkts der analytischen Röntgenphysik an der TU Berlin (s. u.).

2.3 In der Region Berlin-Brandenburg vorhandene Röntgen-Infrastruktur

In Berlin und Brandenburg existiert eine Vielzahl von Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die sich u. a. mit der Erforschung der Röntgenstrahlung sowie der Entwicklung und Anwendung von Röntgentechnologien in unterschiedlichem Maße befassen. Zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen von internationaler Bedeutung gehören HZB-BESSY und MBI, zu den nationalen Labors für Forschung, Prüfung und Standards mit starker internationaler Ausstrahlung zählen die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) und die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM). Alle drei Berliner Universitäten sowie die beiden Brandenburger Universitäten betreiben Forschung mit und Anwendung von Röntgenstrahlung. Punktuell trifft dies auch auf einige Berliner und Brandenburger Fachhochschulen zu. Ein universitärer Schwerpunkt besteht am Institut für Optik und atomare Physik (IOAP) der TU Berlin (s. u.).

Die apparative Ausstattung der genannten Forschungseinrichtungen ist sehr unterschiedlich. Auf der einen Seite existieren Einrichtungen mit sogenannten Access-Programmen zu unika-ler Gerätetechnik wie HZB-BESSY, MBI oder PTB auf der anderen Seite kleinere, meist uni-versitäre Arbeitsgruppen mit sehr spezifischer Gerätetechnik.

Zu der in der Region vorhandenen Röntgen-Infrastruktur kann im weitesten Sinne auch die von regionalen KMU's in Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen entwickelte und allgemein verfügbare Gerätetechnik gezählt werden. Beispiele dafür werden weiter unten be-handelt.

Eine detaillierte Auflistung aller Kompetenzen der in 2.3 genannten Einrichtungen findet sich in (Lerch/ Pagels 2008).

2.3.1 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energien

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) für Materialien und Energien entstand zum 1. Januar 2009 aus dem Zusammenschluss der Großforschungseinrichtungen BESSY und Hahn-Meitner Institut. Beide Einrichtungen besitzen eine langjährige Tradition bei der Forschung mit Röntgenstrahlung sowohl unter den Aspekten der Grundlagenforschung als auch der angewandten Forschung zur Untersuchung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen neuer Materi-alien oder komplexer biologischer Systeme. Die Synchrotroneinrichtung BESSY II bietet im Rahmen von Access-Programmen Strahlzeit für interessierte Nutzer an.

Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie

Das MBI betreibt Grundlagenforschung auf dem Gebiet der nichtlinearen Optik und Kurz-zeitdynamik bei der Wechselwirkung von Materie mit Laserlicht und verfolgt daraus resultie-rende Anwendungsaspekte. Es entwickelt und nutzt hierzu neben ultrakurzen und ultrainten-siven Lasern auch laserbasierte Kurzpulsquellen kurzwelliger und Röntgenstrahlung. Das MBI bietet interessierten Nutzern auf der Basis von Access Programmen (u. a. des EU Pro-gramms „Access to Research Infrastructures LASERLAB Europe“ Zugang zu Applikations-laboren an.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Fachbereich 7 (PTB)

In Berlin-Adlershof betreibt die PTB neben eigenen metrologischen Strahlrohren an der Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II inzwischen eine eigene Synchrotronanlage, das Willy-Wien Laboratorium, das intensiv für metrologische Untersuchungen im extrem ultravioletten Spektralbereich genutzt wird.

Die PTB, Fachbereich 7 bietet Anwenderberatung und Systemlösungen bei neuen metrologischen Fragestellungen im Röntgenbereich an.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Die BAM betreibt als Einrichtung des Bundes Materialforschung und Materialprüfung mit dem Ziel, die Sicherheit in Technik und Chemie weiterzuentwickeln. Dazu werden u. a. röntgenanalytische Methoden eingesetzt. Die BAM ist darüber hinaus Mitglied im Netzwerk zur interdisziplinären Kulturguterhaltung in Deutschland (N.i.Ke.), das sich u. a. auch mit der nicht-destruktiven Untersuchung von Kulturgütern mittels Röntgenstrahlung beschäftigt. Die BAM sieht sich als Partner und Dienstleister für Wirtschaft, Politik und Verbraucher.

Außer den genannten Forschungseinrichtungen, die ihre Forschungstechnik direkt über Access Programme oder Dienstleistungsangebote interessierten Nutzern zur Verfügung stellen existieren in der Region Berlin-Brandenburg auch noch eine ganze Reihe von Instituten, die Röntgentechnologien gezielt zur Analytik oder Strukturaufklärung einsetzen. Es seien hier genannt:

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrosystemtechnik Micro-Materials Center in Berlin und Röntgenlabor in Berlin Adlershof

IKZ (Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin-Adlershof) AG Charakterisierung

Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (Potsdam-Golm)

Nicht erwähnt wurden in der Aufzählung Einrichtungen der biologischen/medizinischen Forschung in denen Röntgenstrahlung zu tomographischen Zwecken bzw. zur Strukturaufklärung eingesetzt wird. Ein typischer Vertreter dieser Einrichtungen ist das Max-Delbrück-Centrum für molekulare Medizin Berlin.

2.3.2 Universitäten

An den drei Berliner Universitäten (TU, HU, FU) sowie an den zwei Brandenburger Universitäten wird Forschung an bzw. mit Röntgenstrahlung betrieben. Ein Schwerpunkt aus Sicht der Verfügbarkeit von Infrastruktur für einen breiten Nutzerkreis besteht an der TU Berlin während die Arbeiten an der FU Berlin im Wesentlichen grundlagenwissenschaftliche Zwecke verfolgen.

Technische Universität Berlin, Institut für Optik und Atomare Physik

Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Physik

Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU)

Die BTU betreibt gemeinsam mit dem IHP (Innovations for High Performance Microelectronics) ein sogenanntes Joint Lab (www.jointlab.de) in Frankfurt (Oder) das u. a. die Röntgenmikroanalyse als Dienstleistung anbietet.

2.3.3 Fachhochschulen

In den Berliner und Brandenburger Fachhochschulen gibt es insgesamt nur wenige Bezüge zur Röntgentechnik. Diese sind im Wesentlichen in der Medizintechnik und bei der Elektronenmikroskopie zu sehen. Auf dem Gebiet einer praxisnahen Aus- und insbesondere Weiterbildung in Röntgentechnologien auf breiterer Basis sind hier jedoch Ansatzpunkte gegeben, die evtl. ausgebaut werden sollten, ohne dass es zu einer Konkurrenzsituation zur TU Berlin kommt.

2.3.4 Einrichtungen in privater Trägerschaft

Das *Institut für angewandte Photonik e.V.* unterhält als gemeinnützige Forschungseinrichtung Kooperationsbeziehungen insbesondere mit Institutionen und Unternehmen des Wissenschafts- und Wirtschaftsstandortes Berlin-Adlershof

2.4. Grundlagenforschung und angewandte Forschung in Berlin-Brandenburg

In der Region Berlin-Brandenburg wird intensiv Grundlagenforschung und angewandte Forschung auf dem Gebiet der Erzeugung und Anwendung kurzweiliger und Röntgenstrahlung betrieben. Im nachfolgenden Abschnitt werden die Schwerpunkte dieser Arbeiten kurz dargestellt. Weiter wird kurz auf Forschungsprojekte in der Region eingegangen, die röntgenanalytische Methoden intensiv nutzen bzw. zur Voraussetzung haben.

Die Tätigkeitsschwerpunkte in der *Grundlagenforschung* in der Region lassen sich sehr grob einteilen in:

- Grundlegende Untersuchungen zur Optimierung von neuen Strahlungsquellen: u. a. Plasma-Röntgenlaser (XRL), Strahlung höherer Harmonischer (HHG) und Strahlung aus laserinduzierten Plasmen (LPP)
- Adaption von „klassischen“ Methoden der Röntgendiffraktometrie, der Röntgenspektroskopie und der Photoelektronenspektroskopie zur Untersuchung von dynamischen Vorgängen in kondensierter Materie an Oberflächen und Clustern
- Grundlegende Untersuchungen zu neuen bildgebenden Verfahren im Röntgenbereich wie „Nanoskopie“, Holographie und coherent diffraction imaging

Die Arbeiten hierzu sind national und international stark vernetzt und erfolgen in enger Kooperation mit entsprechenden Großforschungsprojekten wie FLASH und XFEL in Hamburg.

Naturgemäß handelt es sich bei diesen Projekten der Grundlagenforschung zunächst um Arbeiten die dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn dienen und nicht primär Anwendungsaspekte verfolgen. Allerdings kommt es immer wieder zur Generierung von anwendungsbezogenem Wissen. Als Beispiele seien laserbasierte Kurzpulsröntgenquellen genannt, die teilweise bereits als eigenständige Geräte vermarktet werden („fs-Röntgenquelle“ der IfG GmbH) oder als Komponenten Eingang in Messgeräte (EUV-Reflektometer der Firma BESTEC gemeinsam mit dem MBI) finden.

Einen Schwerpunkt der Anwendung von Röntgentechnologien sind generell bildgebende Verfahren, wie Tomographie, Mikroskopie und andere. Diese Verfahren sind wie die Tomographie bereits seit Jahren etabliert oder stehen wie die Röntgenmikroskopie (siehe unten) vor dem Übergang aus Großforschungseinrichtungen (HZB-BESSY) in die Labore der Anwender. Diesen Techniken ist gemein, dass sie stark von der Weiterentwicklung der Röntgenquelle, der Röntgenoptiken und der Detektoren profitieren. Auf allen drei Feldern sind sowohl Grundlagen- und angewandte Forschung als auch klein- und mittelständische Unternehmen der Region gut aufgestellt.

Im Bereich der medizinischen Anwendungen der Röntgentechnologien sei nur knapp auf die großen, international agierende Unternehmen, die Berlin als einen relevanten Standort für Bildgebung in der Medizin ansehen, verwiesen. Diese Einschätzung spiegelt sich z. B. in der Etablierung des „Imaging Science Institute Charité-Siemens“ Ende 2004. Mit der Bayer Schering Pharma AG ist weiterhin einer der weltweit führenden Hersteller von Kontrastmitteln für die Bildgebung in Berlin ansässig und neben KMU als Produzenten von Nanopartikeln in zahlreiche Projekte und Netzwerke eingebunden.

Auf dem Gebiet der *angewandten Forschung*, insbesondere in der Röntgenfluoreszenzanalyse und Röntgendiffraktometrie, vollzieht sich derzeit ein Generationswechsel in der gerätetechnischen Realisierung infolge der Entwicklung neuer Röntgenquellen, leistungsfähiger Röntgenoptiken und neuer Röntgendetektoren. Die Haupttrends in der methodischen Entwicklung sind gekennzeichnet durch Stoff- und Strukturanalysen mit hoher lateraler Auflösung auf den Probenoberflächen (μm -Bereich), höhere Nachweisempfindlichkeit der Einführung von zeit aufgelösten Methoden sowie verbesserte Programme zur qualitativen und quantitativen Auswertung (Software) der Spektren.

Schwerpunkte dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zielt auf:

- neue Generationen von Röntgenröhren,
- neue Röntgenoptiken, spezielle Röntgenkapillarroptiken, Fresnel-Bragg-Linsen, HOPG-Optiken und andere,
- Röntgenhalbleiterdetektoren mit großen Empfängerflächen, hoher Impulsverarbeitungskapazität und guter Energieauflösung,
- laserbasierte Röntgenquellen für den weichen und mittleren Röntgenbereich mit hoher zeitlicher Auflösung (ps/sub-ps -Bereich) für Ultrakurzzeit - Röntgen - Analytik,
- die Kopplung verschiedener röntgenanalytischer Methoden, auch insbesondere unter Nutzung der Synchrotronstrahlung von BESSY
- Grundlegende Untersuchungen zur metrologischen Charakterisierung von Geräten und Baugruppen sowie zur Bestimmung von fundamentalen atomaren Parametern

Auch in der *Anwendung röntgenanalytischer Methoden* zur Analyse und Erhalt von Kulturgütern bestehen in der Region einmalige Kompetenzen:

So wurden z. B. die Goldauflagen der Himmelscheibe von Nebra am HZB-BESSY durch die BAM untersucht. Mit Hilfe der zerstörungsfreien SRXRF (Synchrotron Radiation Induced X-Ray Fluorescence Analysis) konnte einerseits aus der chemischen Zusammensetzung der Goldauflagen auf die Herkunft des Goldes geschlossen werden und andererseits durch uneinheitliche Zusammensetzung darauf geschlossen werden, dass eine Herstellung in mehreren, zeitlich getrennten Phasen wahrscheinlich ist.

Mitarbeiter der BAM und des Bach-Archivs analysieren derzeit mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse die Notenhandschrift von Bachs h-Moll-Messe um herauszufinden, welcher Teil

des Stücks von Johann Sebastian Bach (1685-1750) selbst und welcher von seinem zweitältesten Sohn Carl Philipp Emanuel Bach (1714-1788) geschrieben wurde.

In einem weiteren Projekt wird eine von TU-Wissenschaftlern neu entwickelte 3D-Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse von einem internationalen Forscherteam (BAM, TU Berlin und BESSY) angewandt, um einen zerstörungsfreien Blick in die Tiefenschichten der wertvollen Fragmente der berühmten Qumran-Schriftrollen vom Toten Meer zu ermöglichen.

Neben diesen oft medienwirksam verkündeten Anwendungen muss an dieser Stelle die Materialanalyse, die sicher den Hauptanteil der Anwendung darstellt, genannt werden. Hierzu zählen z.B.

- Spurenelementanalytik zur Kontrolle der Einhaltung von Vorgaben z. B. in der Nahrungsmittelindustrie,
- Identifizierung von Verunreinigungen im Rahmen der Fehleranalyse bei industriellen Gütern oder Komponenten,
- Untersuchungen der Zusammensetzung und Struktur von Solarzellen um deren Effektivität zu steigern.

Somit leisten die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten innerhalb der Berliner Röntgen Community nicht nur state-of-the-art Beiträge für die Weiterentwicklung von Röntgenkomponenten und -systemen, sondern ermöglichen gleichzeitig Einblicke in Nanometerwelten und durch die Weiterentwicklung der Analysemethoden auch zukünftig einmalige Möglichkeiten durch die zerstörungsfreie Analyse wertvoller Kulturgüter einzigartige Erkenntnisgewinne.

2.5. Industrielle Forschung in Deutschland und in Berlin-Brandenburg

Nachfolgender Abschnitt gibt einen knappen Überblick über die wesentlichen Trends in der industriellen Forschung in den Hauptanwendungsgebieten neuer röntgentechnischer Verfahren und Methoden in Deutschland und im Besonderen in der Region Berlin-Brandenburg.

Die industrielle Forschung im Bereich röntgentechnischer Verfahren und Methoden ist auf die Gewinnung von Erkenntnissen gerichtet, die zu innovativen neuen Produkten führen, für die sich aufgrund neuer Applikationsfelder ein Markt formiert, oder die aufgrund neuer Messverfahren einen „angebotsinduzierten“ Markt hervorrufen. Die seit über einhundert Jahren bekannte Röntgentechnologie, die auch kurz nach der Entdeckung der Röntgenstrahlung zu ersten industriell gefertigten Geräten geführt hat, erfuhr insbesondere in den letzten 20 Jahren einen deutlichen Innovationsschub. Dies ist, wie bereits weiter oben ausgeführt, durch Neuentwicklungen bei Röntgenoptiken, Röntgenquellen und Röntgendetektoren hervorgerufen worden, aber auch durch methodische Verfahrensentwicklungen aufgrund neuer Anwendungsfelder wie die Nanotechnologie, Fragestellungen aus den Lebenswissenschaften, der Umweltanalytik und der Chemie- und Pharmaindustrie. In der bereits erwähnten Studie des VDI-Technologiezentrums Düsseldorf (Holtmannspötter/Bachmann 2003) werden zusätzlich dazu folgende Technikbereiche, für die die Röntgenstrahlung ein wichtiges Werkzeug darstellen, identifiziert:

- Elektronikfertigung und -charakterisierung
- Medizinische Diagnostik und Therapie
- Prozessüberwachung und Prozesskontrolle
- Technische Qualitätssicherung

- Labortechnik
- Sicherheitstechnik.

Hinzu kommt die Photovoltaikindustrie als neues wichtiges Anwendungsfeld für die Röntgenanalytik. Auf diesem Gebiet haben in den letzten Jahren verschiedene Hersteller von Röntgenanalytik eigene Industrieforschung betrieben, um spezielle Prozessmesstechnik für die Herstellung photovoltaischer Elemente zu entwickeln und geeignete Lösungen der Photovoltaikindustrie anzubieten.

Im nationalen Kontext führen die großen Unternehmen wie z. B. die Siemens AG auf dem Gebiet der medizinischen Röntgentechnologien und Bruker AXS GmbH sowie SPECTRO A.I. GmbH & Co. KG auf dem Gebiet der Röntgenanalytik, CZ SMT AG auf dem Gebiet der EUV-Lithographie industrielle Forschung durch. Dort existieren eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen mit entsprechend hoch qualifizierten Mitarbeitern. Ein Teil der Forschungsarbeiten wird intern durchgeführt, für andere Arbeiten werden staatliche Fördermittel in Anspruch genommen und auch Kooperationen mit Forschungseinrichtungen genutzt. In den KMU existiert i. a. keine so strenge organisatorische Abtrennung der Forschung und Entwicklung, vielmehr gehört diese zu den täglichen Aufgaben der Unternehmen, die insbesondere durch innovative Produkte ihre Marktposition behaupten. Für sehr kleine Unternehmen ist dabei auch die Mitwirkung in F&E-Verbundprojekten besonders attraktiv, da durch die Kooperation die eigene Innovationskraft gestärkt wird.

Gemäß einem im Januar 2009 erschienenen Branchenreport des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung konnte die deutsche Instrumententechnik, die die Herstellung von medizintechnischen, mess-, steuer- und regeltechnischen Instrumenten umfasst, ihre Umsätze im Jahr 2007 deutlich steigern. In der Medizintechnik nahm Deutschland in jenem Jahr bereits den zweiten Platz hinter den USA und vor Japan ein. Die Optikteilbranche in Deutschland zählt ebenfalls zur Weltspitze. Für Innovationen auf dem Gebiet der deutschen Instrumententechnik wurden im Jahre 2007 4,2 Mrd. € aufgewendet, dies entspricht einem Anteil an den Umsätzen von 9,4 %. Damit belegt diese Branche bzgl. der Innovationsintensität den ersten Platz in der deutschen Industrie. Bzgl. des Teilbereiches Röntgentechnologien ist von einer vergleichbaren Innovationsintensität auszugehen. Dies wird auch durch eine Literatur- und Patentrecherche des VDI-Technologiezentrums Düsseldorf unterstützt, die ein permanentes Ansteigen von Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Röntgentechnologien sowohl weltweit als auch in Deutschland seit Anfang der 1990iger Jahre ausweist. Bei den Patenten liegt Deutschland nach den USA und Japan an dritter Stelle und hat eine führende Rolle in Europa (vgl. erneut Holtmannspötter/Bachmann 2003).

Eigene Patentrecherchen weisen in den späteren Jahren auf eine rege Entwicklungstätigkeit sowohl großer Firmen (Siemens AG, Bruker axS GmbH, Yxlon International X-Ray GmbH, GE Inspection & Sensing Technologies) als auch mittlerer und kleiner Unternehmen (IfG GmbH, Petrick GmbH, AXO Dresden GmbH, PNSensor GmbH, rtw Dr. Warrikhoff Röntgentechnik GmbH & Co. KG) sowohl auf den Gebieten der Komponenten als auch bzgl. Systeme und Verfahren. Konkrete Themen der Industrieforschung der letzten Jahre in Deutschland, die sich auch in den Patentanmeldungen widerspiegeln, sind Weiter- und Neuentwicklungen von:

- Mikrofokus-Röntgenröhren,
- Röntgenoptiken,
- Detektionssystemen,
- Computertomographie für Anwendungen in der Medizin und der Materialprüfung sowie

- Geräten und Methoden der Röntgenanalytik.

Die Region Berlin-Brandenburg ist auf diesen Gebieten ebenfalls aktiv in der Industrieforschung vertreten, wie bereits weiter oben ausgeführt wurde und aus den erwähnten Dokumenten „Technologie Roadmap für die Röntgen- Stoff und Strukturanalytik 2006 – 2010“ und aus dem TSB-Report 2008/2009 „Optische Technologien und Mikrosystemtechnik“ hervorgeht. Hervorzuheben sind für die Region Berlin-Brandenburg die folgenden Entwicklungsrichtungen:

- Röntgenprozessmesstechnik für den Einsatz in der Photovoltaikindustrie,
- Entwicklung von Mikrofokusröntgenröhren für den niederenergetischen Bereich (dünnere Fenster, veränderte Gestaltung der Anode),
- Entwicklung von Handheld-Röntgenspektrometern mit modernen Silizium-Drift-Detektoren,
- Weiterentwicklung der Elektronik für Silizium-Drift-Detektoren und
- eine gerätetechnische Realisierung von Femtosekunden-Laborröntgenquellen.

2.6 Produktion in Deutschland und in Berlin-Brandenburg

In Deutschland existiert eine relativ große Anzahl von Produzenten auf dem Gebiet der Röntgentechnik. Dabei handelt es sich z. T. um relativ große Firmen wie z. B. die Siemens AG mit der Produktion von Computertomographen am Standort Erlangen (Healthcare Sector) und der Herstellung von Hochleistungsröhren im Röntgenwerk Rudolstadt und der weltweit agierende Hersteller von Röntgensystemen für die Elementanalyse, die Materialforschung und die Strukturuntersuchung Bruker AXS mit den Standorten Karlsruhe und Berlin und der Zentrale in Madison (USA). Es gibt aber auch viele KMU, die röntgenanalytische Systeme produzieren, wie z. B. die STOE & Cie GmbH in Darmstadt, die Röntgeneinkristall- und -pulverdiffraktometer herstellt und vertreibt.

Eine detaillierte Auflistung der Produzenten und ihr Profil, wobei die Zusammenstellung nach System- und Komponentenhersteller unterscheidet findet sich in (Lerch/Pagels 2008).

2.7 Aus- und Weiterbildung in Berlin-Brandenburg

Die Ausbildung im Bereich der Röntgentechnologien bildet den Bereich der Grundlagen- und angewandten Forschung ab. An allen drei Berliner Universitäten sowie der Universität Potsdam findet in mehreren Forschungsgruppen Grundlagenforschung mit Röntgenstrahlen, insbesondere mit Synchrotronstrahlung, statt. Entsprechende Angebote gibt es für Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten. Hinzukommen noch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, wie das MBI, die PTB, die BAM, das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam/Golm und das HZB für Materialien und Energie, die hauptsächlich auf der Ebene der Betreuung von Diplom- und Doktorarbeiten qualifiziertes, wissenschaftliches Personal ausbilden. Weiterhin findet sich an der Technischen Fachhochschule Berlin, ein Bachelor-/Masterstudiengang Physikalische Technik/Medizinphysik in dem Röntgentechnologien eine wichtige Rolle spielen. An der Technischen Fachhochschule Wildau, im Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen, werden einzelne Projekte mit Röntgentechnologien angeboten.

Besonders zu erwähnen ist der Schwerpunkt Röntgenphysik, der sich mit drei Lehrstühlen am Institut für Optik und Atomare Physik der TU Berlin gebildet hat. Hier wird explizit Röntgenphysik von der Grundlagen- bis zur angewandten Forschung angeboten und entsprechend in der Ausbildung vertreten. Einer der drei Lehrstühle ist eine Stiftungsprofessur für „Angewandte Röntgenphysik“, der von zwölf auf dem Gebiet der Röntgentechnologien tätigen Unternehmen und der TSB seit Januar 2009 finanziert wird (s. u.). Ziel der Stifter ist es, sowohl die anwendungsnahe Forschung auf dem Gebiet der analytischen Röntgenphysik zu sichern und nachhaltig auszubauen, als auch eine fundierte Ausbildung der Studierenden an der TU Berlin für Röntgentechnologien und deren Anwendungen in der Mikro- und Nanotechnologie zu gewährleisten. Damit wurde eine in Deutschland existierende Ausbildungslücke geschlossen.

Ein Defizit besteht zurzeit noch in der Vernetzung der Aktivitäten zur Ausbildung zwischen den wissenschaftlichen Einrichtungen der Region insbesondere der Einbindung von Einrichtungen aus dem Bereich der Lebenswissenschaften sowie in der Bereitstellung spezifischer Angebote zur Weiterbildung für Kunden aus Unternehmen. Dieses Defizit soll mit der Gründung eines innovativen Applikationslabors (s. u.) behoben werden. Gleichzeitig soll ein Applikationslabor aktiv auch im Bereich der Aus- und Weiterbildung unterstützen und tätig sein, um zur Nachwuchssicherung im Bereich der Röntgentechnologien in der Region beizutragen.

2.8 Nachfragepotential für ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor

Zur Ermittlung des Nachfragepotentials für ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor wurde ein dreistufiges Verfahren gewählt:

Zunächst wurden die im Projektverbund präsenten Experten befragt und deren Einschätzungen zum Nachfragepotential zusammengetragen. Hieraus wurde für den zweiten Schritt eine erste Skizze für ein Applikationslabor entworfen und ein kurzer Fragebogen erstellt.

Im zweiten Schritt wurden auf dieser Grundlage etwa 20 deutsche Unternehmen in einer telefonischen Befragung nach ihrem Bedarf bezüglich gemeinsamer Technologieentwicklung und Dienstleistungen eines Applikationslabors befragt. Die Ergebnisse wurden in den Projektsitzungen zusammengetragen und diskutiert. Diese bildeten den Ausgangspunkt für die Vorbereitung eines Workshops.

Um eine möglichst breite Nutzergruppe anzusprechen, wurden sodann deutschlandweit Vertreter von Röntgentechnologieunternehmen am 10. Oktober 2008 zu einem moderierten Workshop in Berlin eingeladen. Neben den Industrievertretern wurden außerdem auf dem Gebiet der Röntgenphysik tätige Wissenschaftler aus der Berlin-Brandenburger Forschungslandschaft eingeladen. Auf beiden Seiten zeigte sich ein deutliches Interesse am Workshop: 65 Einladungen stehen 50 Teilnehmer gegenüber. Vertreter aus 15 Unternehmen, 7 Forschungsinstitutionen und 2 Forschungsnetzwerken nahmen am Workshop teil.

Auf diesem Workshop wurden zunächst die Machbarkeitsstudie und die Skizze eines Geschäftsmodells für ein Röntgenapplikationslabor in Berlin vorgestellt und diskutiert. Anschließend wurden mögliche Applikationsfelder für moderne Röntgentechnologien identifiziert und konkrete technologische Weiterentwicklungen, bei denen ein Röntgen-Applikationslabor unterstützen kann, diskutiert. Schließlich wurden die Bedarfe der Unternehmen im Bereich Aus- und Weiterbildung zusammengetragen und diskutiert.

Die Ergebnisse dieser drei Schritte werden nachfolgend zusammengefasst dargestellt.

2.8.1 Marktsegmente

Als erster Schritt wurde eine Liste mit vorwiegend deutschen Unternehmen erstellt, die im röntgentechnologischen Bereich tätig sind. Um einen Überblick über den Markt zu erarbeiten, wurden durch Datenbank-Abfragen (MARKUS) und eigene Recherchen Umsatz- und Mitarbeiterzahlen, Adressdaten und Ansprechpartner sowie die Hauptbetätigungsfelder zusammengetragen. Die Liste enthält 82 Unternehmen (siehe Anhang A).

Als die vier wesentlichen Marktsegmente, auf denen ein Applikationslabor tätig werden soll, konnten:

- (1) Gerätehersteller
- (2) Komponentenhersteller
- (3) Anwender sowie
- (4) Aus- und Weiterbildung identifiziert werden.

Unter Geräteherstellern sind diejenigen Unternehmen der Röntgentechnologien zu verstehen, die Systemintegration betreiben und komplette Röntgenanalytiksysteme entwickeln, produzieren und vermarkten. Hierzu sind Bruker AXS, GE Inspection Technologies, EFG International, ACCEL Instruments, Helmut Fischer GmbH und andere zu zählen. Ihre Bedarfe liegen insbesondere in der Beratung für neue Röntgentechnologiefelder und in der Auslagerung konkreter Forschungsprojekte im vorwettbewerblichen als auch wettbewerblichen Bereich.

Bei den Komponentenherstellern handelt es sich um Anbieter von Röntgenquellen, Röntgenoptiken, Röntgendetektoren, mechanischen Komponenten oder Softwarelösungen. Hierzu zählen z. B. AXO Dresden, Carl Zeiss, Feinmechanik Teltow, IfG, Incoatec, Ketek, Optigraph, Petrick, rtw und andere. Ihre Bedarfe liegen insbesondere in der Charakterisierung und ggf. Zertifizierung ihrer Produkte und deren Test in vorhandenen Analysegeräten.

Anwender sind diejenigen Unternehmen, die die Röntgentechnologien in einer vielfältigen Palette von Bereichen, in der Produktionskontrolle, in der Forschung und Entwicklung, in der Analyse oder Inspektion einsetzen. Hierzu zählen z. B. Branchen wie die Stahlindustrie, Chemie- und Pharmaunternehmen, Photovoltaik-Produzenten, die Halbleiterindustrie, die Baustoffindustrie, Unternehmen der Sicherheitsbranche und viele andere mehr. Ihre Bedarfe liegen in der Durchführung von Prinzipexperimenten für neue Anwendungen, in grundlegenden Untersuchungen neuer Materialsysteme und in Beratungen und Test zur Implementierung neuer Technologien zur Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen.

Im Bereich der Aus- und Weiterbildung geht es primär um die Sicherung des hervorragend theoretisch, wie praktisch ausgebildeten Nachwuchses und die Schulung von Mitarbeitern auf neuen Technologiefeldern. Alle vorgenannten Marktsegmente weisen einen Mangel an qualifiziertem Nachwuchs aus und haben beständigen Bedarf an Mitarbeiterschulungen. Die Nachfrage auf diesem Marktsegment ist daher besonders groß.

2.8.2 Ermittlung des konkreten Nachfragebedarfs

Die telefonischen Befragungen der Unternehmen dienten dazu, einen ersten Eindruck des Nachfragepotentials für das im ersten Schritt vorbereitete Konzept eines Applikationslabors zu gewinnen und mit den Ergebnissen den geplanten Workshop inhaltlich vorzubereiten. Die

befragten Unternehmen zeigten sich in der großen Mehrheit sehr aufgeschlossen für das Konzept und äußerten erste Vorstellungen zu ihren Bedarfen an ein solches Labor. Diese beinhalten (siehe auch Abbildung 3):

- Die Zusammenarbeit in Forschungsprojekten im vorwettbewerblichen Bereich, in „Proof of Principle“-Experimenten sowie zur Unterstützung bei interner F&E
- Den Test und die Charakterisierung von Komponenten (insbes. Röntgenquellen, -optiken und -detektoren)
- Die Sicherstellung von Geheimhaltung in gemeinsamen Projekten
- Die Ausstattung mit neuester Instrumentierung und Software sowie qualifiziertem Personal
- Beratungskompetenz für neue Methoden
- Die Kopplung von Röntgen- mit anderen spektroskopischen Verfahren
- Unterstützung durch das Applikationslabors beim Zugang zu anderen Forschungseinrichtungen wie dem Elektronenspeicherring BESSY II
- Eine Bereitstellung von Geräten und Materialien seitens der Unternehmen zu Schulungs- und Werbezwecken und das Einbringen eigenen Know-hows beim Aufbau des Labors
- Die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern

Kundenbedürfnisse

- F&E im vorwettbewerblichen Bereich
- Unterstützung bei interner F&E
- Unterstützung bei „Proof of Principle“
- Erschließung neuer Applikationsbereiche
- Sicherstellung von Geheimhaltung
- Kostensenkung (F&E) und Leistungssteigerung durch Zugang zu externen Ressourcen
- ...

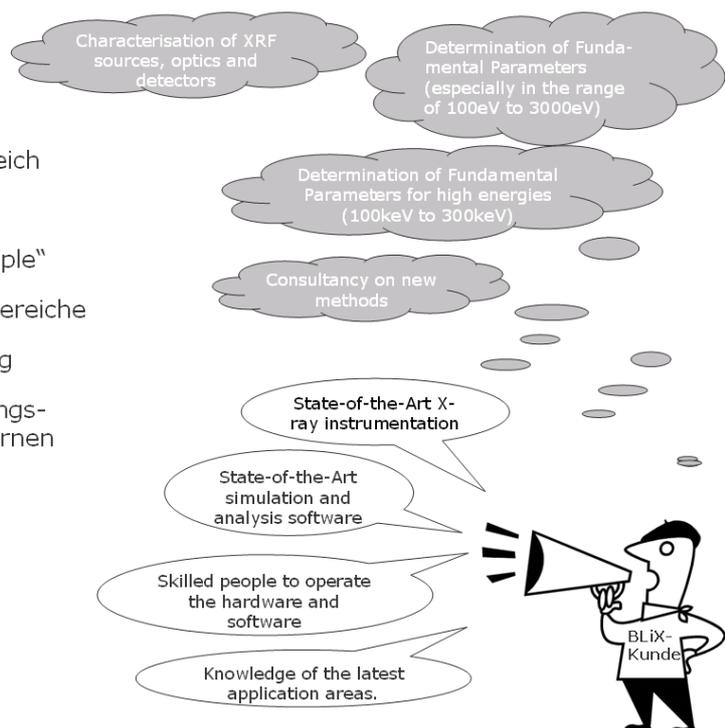


Abb. 3: Beispiel für von potentiellen Kunden in den ersten Telefoninterviews geäußerte Bedürfnisse

Auf Grundlage der Befragungen wurde der Workshop in zwei Themengebiete untergliedert:

- Teil A: Neue Applikationsfelder und Open Innovation
- Teil B: Nachwuchsförderung und Weiterbildung

Im ersten Teil wurden die Teilnehmer nach ihrer Beurteilung für die Zukunftsaussichten für die Röntgentechnologien gefragt und Applikationsfelder zusammengetragen, die als besonders wichtig erachtet werden. 71% der Teilnehmer beurteilten die Perspektiven als positiv, 29% sogar als sehr positiv, negative Beurteilungen gab es nicht. Als wesentliche Applikationsfelder werden die folgenden gesehen:

- Solartechnologie
- Medizintechnik
- Nanotechnologie
- Qualitätskontrolle
- Werkstoffprüfung
- Qualitätsanalyse chemischer Prozesse
- Sicherheitskontrolle
- Kunst- und Kulturguterhaltung
- Umwelt
- Forschung & Entwicklung
- Mikrobiologie

Eine Auswahl dieser Applikationsfelder wurde von einzelnen Gruppen im Hinblick auf besondere Problemstellungen, denkbare Lösungsansätze und einer möglichen Unterstützung der Problemlösung durch ein Applikationslabor diskutiert.

Die Inhalte und Ergebnisse der spezialisierten Diskussionen werden im Folgenden dargestellt, zuvor wird aber noch auf übergreifende Problematiken eingegangen.

Die sehr unterschiedlichen und oft physikfernen Fachrichtungen der einzelnen Applikationsfelder erfordern besondere Beratungskompetenz. Quereinsteiger aus anderen Fachrichtungen in die Röntgenanalytik sind keine Seltenheit und haben oft umfangreichen Schulungsbedarf, den ein Applikationslabor bewältigen sollte. Die Kommunikation und der Austausch mit anderen Disziplinen werden für ein Applikationslabor mit starkem interdisziplinärem Anspruch als wesentliche Grundlage gesehen. Darüber hinaus sollte ein Applikationslabor einen Austausch zwischen Gruppen vermitteln und pflegen, die mit unterschiedlichen Methoden ähnliche Problemstellungen bearbeiten, auch über die Röntgentechnologien hinaus (entspricht der Idee eines Netzwerk-Hubs).

Die große Vielzahl der unterschiedlichen Applikationsfelder macht es nach Ansicht der Workshopteilnehmer notwendig, dass sich das zu etablierende Applikationslabor abgrenzen muss (auch gegenüber Wettbewerbern) und auf bestimmte Felder spezialisieren sollte (Pagels, Lerch 2008).

3. Die Organisation von Technologietransfer

3.1 Grundlegende Überlegungen zu Technologietransfer

Der Transfer von Wissen und Technologie zwischen Wissenschafts- und Wirtschaftssystem wurde noch bis weit in die 1990er Jahre durch ein Verständnis geprägt, wonach primär in den Hochschulen neues Wissen und Technologien generiert und dieses den Unternehmen zur wirtschaftlichen Verwertung zur Verfügung gestellt würden. Ein derart lineares Verständnis des Technologietransferprozesses weicht jedoch einem reflexiven Transferverständnis, das rekursive und beidseitige Prozesse der Wissenserzeugung betrachtet (vgl. Beck 1993; Jonas 2000, 51). Hierbei ist eine gegenseitige Durchdringung im Austausch von Fragestellungen, Erkenntnissen und Ergebnissen mit häufigen Iterationen und Rückkopplungen zwischen Wirtschafts- und Wissenschaftssystem, zwischen Forschern in Forschungseinrichtungen und Unternehmen sowie Mitarbeitern in Unternehmen zu beobachten.

Ökonomisch relevant werden die Ergebnisse einer Kooperation zwischen Akteuren des Wissenschafts- und des Wirtschaftssystems dann, wenn daraus tatsächlich Innovationen generiert werden, d.h. wissenschaftliche Ergebnisse in gesellschaftlich relevante Anwendungen überführt und einer marktrelevanten wirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden. Dabei entstehen Innovationen heute nicht mehr durch einen einzelnen isolierten Erfinder, sondern in einem interaktiven, komplexen Wissensaustauschprozess zwischen einer Vielzahl von Akteuren des Wissenschafts- und Wirtschaftssystems.

Als Charakteristika des Wissens- und Technologietransfers lassen sich in dieser Perspektive die folgenden Aspekte festhalten (Kröcher 2005, 12 f.): (1) Transfer umfasst neben technologischen Neuerungen ebenso nicht-technologische Produkt- und Prozessentwicklungen; (2) Im Transferprozess wird nicht nur Wissen ausgetauscht, sondern auch kumuliert. Daher ist er insbesondere bei technologischen Anwendungen durch Pfadabhängigkeiten gekennzeichnet, die einen Wechsel zwischen Pfaden als extrem aufwendig erscheinen lassen und somit oft nur Optimierungen zulassen; (3) Transfer beinhaltet im Kern die Übertragung von explizitem, kodifiziertem Wissen. Jedoch ist das Auffinden relevanter Informationen bei einem generellen Überangebot an Informationen als grundsätzlich schwierig einzuschätzen; (4) Transfer ist, aufgrund der Bedeutung von implizitem Wissen im Transferprozess, in hohem Maße personengebunden. Dieses nicht-kodifizierte Wissen wird als nur in Interaktionen und Netzwerken generierbar verstanden bei denen die persönliche Ko-Präsenz besonders wichtig ist (Nelson/Winter 1982, 76 ff.). Die Interaktion von Personen (Träger des (impliziten) Wissens) ist hierbei Voraussetzung für den Transfer des impliziten Wissens; (5) Die Formalisierbarkeit von Transferaktivitäten in Kooperationen ist nur zu einem bestimmten Grad möglich. Transferaktivitäten bestehen in hohem Ausmaß aus formellen und informellen Kontakten und Informationsströmen und erfolgt in z. B. persönlichen und berufsständischen Netzwerken die aus einer Vielzahl an Akteuren bestehen; (6) Da Unternehmen und Hochschulen nicht als homogene Einheiten angesehen werden können und Innovationen in diesen Organisationen oftmals entgegen der strukturellen Dominanz der Leitung entstehen, sind insbesondere die mittleren Entwicklungsebenen im Transfer- und Innovationsprozess zusammenzubringen.

Generell stehen unterschiedliche Transferkanäle offen. Hierzu zählen Informationstransfer, Personaltransfer, Ausbildung und Qualifikation sowie Forschungs- und Entwicklungskooperationen (Koschatzky 1999; Pleschak 2003). Hinzu kommen in letzter Zeit Ausgründungen (vgl. Hermer et al. 2006) sowie die Verwertung von Hochschulerfindungen (Cohen et al. 1994). Im F&E-Bereich spielen formale Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen bislang im Vergleich zu Interaktionen zwischen verschiedenen Unter-

nehmen untereinander (Zulieferer, Kunden) nur eine untergeordnete Rolle (vgl. Sternberg 1996, 149; Backhaus/Seiden 1997, 45 ff.; Jonas 2000, 32). Je größer dabei die Unternehmen sind, desto höher ist allerdings ihre Neigung mit Forschungseinrichtungen zu kooperieren (vgl. Schmoch et al. 2000). Transfer erfolgt hierbei in weit größerem Ausmaß als durch Forschungsaufträge vor allem durch gegenseitigen Informationsaustausch, durch personellen Austausch bei Praktika, Diplom- und Doktorarbeiten oder durch Absolventen. Existenzgründungen spielen, auch im Gegensatz zu Nebentätigkeiten von Professoren, nur eine untergeordnete Rolle. Im Transferprozess grundsätzlich bedeutsam sind informelle und personenbezogene Kontakte zwischen Forschern und Unternehmensvertretern (vgl. Heppner 1997).

Wesentliche Probleme im Transferprozess zwischen Hochschulen und Unternehmen werden einerseits in der mangelhaften Transferfähigkeit des Wissenschaftssystems d.h. z. B. im systembedingten eingeschränkten wirtschaftlichen Anwendungsbezug gesehen (dies wurde in den 1980er und 90er Jahren dadurch versucht zu beheben, dass institutionalisierte Transferstellen an Hochschulen eingerichtet wurden). Andererseits werden die Probleme in der geringen Absorptionsfähigkeit von Unternehmen für neue wissenschaftliche Ergebnisse erkannt (vgl. Reinhard/Schmalholz 1996; Reinhard 2000). Insbesondere Kleinst- und kleine Unternehmen, die über keine eigene F&E-Abteilung verfügen, sind meist nicht in der Lage wissenschaftliche Entwicklungen zu verfolgen und in den anwendungsorientierten Unternehmenskontext zu transferieren. Gründe hierfür werden z. B. in der mangelnden akademischen Ausbildung des Personals oder der knappen Ressourcenausstattung in diesen Unternehmen gesehen.

Wissen und Technologie kann grundsätzlich direkt oder indirekt über Mittler zwischen Produzenten (Hochschulen, Forschungseinrichtungen, F&E-orientierte Unternehmen) und Anwendern (vor allem KMU) transferiert werden. Bei den Mittlern lassen sich wiederum angebotsorientierte bzw. forschungsnahe Einrichtungen (Hochschultransferstellen und Technologie- und Gründerzentren) und nachfrageorientierte Transferangebote von wirtschaftsnahen Mittlern (Innovationsberater von Kammern und Wirtschaftsförderer) unterscheiden. Betrachtet man die Unternehmensseite, so finden sich einerseits Transfer-Outsider mit wenig oder keiner Kooperations- und Technologietransfererfahrung und andererseits Transfer-Insider, die bereits Transferprojekte durchgeführt und über ihr Netzwerk guten Zugang zu externen Wissens- und Technologiequellen haben. Ferner ist auch die Unternehmensgröße für die Neigung der Unternehmen, Transfer zu betreiben mitentscheidend. Im Gegensatz zu kleinst- und kleinen Unternehmen können große Unternehmen aufgrund ihrer besseren Ressourcenausstattung teils mehrere Projekte parallel durchführen und kontinuierlich Forschung und Entwicklung betreiben. Nicht zu vernachlässigen ist insbesondere bei Kleinst- und kleinen Unternehmen die Persönlichkeit des Unternehmers. Gleichzeitig spielt aber auch die Ausbildung der Beschäftigten für das Innovationsklima und den Transfer von Wissen und Technologie eine entscheidende Rolle. Je nach dem ob von den Unternehmen völlig neue Basisinnovationen angestrebt werden oder eher kleine inkrementelle Innovationen verfolgt werden kann zwischen verschiedenen Formen von Wissens- und Technologietransfer (z. B. Informations-, Beratungs-, Technologie-, Personaltransfer, Kooperationsprojekte, Spin-offs) gewählt werden. Aus der Hochschule wechselt klassischer Weise der Nachwuchs nach der Ausbildung in die Industrie. Zudem bestehen oft direkte vertragliche Kooperationen und/oder eine Zusammenarbeit zwischen Forschern und den Mitarbeitern von Unternehmen in öffentlich geförderten oder von der Industrie in Auftrag gegebenen (Verbund-) Forschungsprojekten. Neben diesen offiziellen Formen des Technologietransfers besteht eine Vielfalt an informellen Transfermöglichkeiten (informelle, zufällige Treffen, Telefongespräche etc.)

In Bezug auf die Bedarfe kleiner und mittlerer Unternehmen an den Wissens- und Technologietransfer sollen an dieser Stelle drei Punkte, die für diese Machbarkeitsstudie relevant erscheinen, aus der Studie von Bey (2005) herausgehoben werden:

- (1) Unternehmen greifen auf vielfältige *Informationsquellen* im Wissens- und Technologietransfer zurück. Laut der Studie von Bey (2005) griffen die Unternehmen vor allem auf Fachliteratur zurück (über 80% der Befragten), gefolgt von Internet/Online-Datenbanken (knapp 75%) und Fachmessen/Kongresse (gut 70%). Bedeutsam waren auch Kunden (etwa 65%), Wettbewerber (gut 50%), Lieferanten (etwa 43%) und Fachverbände (knapp 40%). Weniger bedeutsam waren außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (knapp 20%), Professoren/wissenschaftliche Mitarbeiter (gut 15%), IHK/HWK (13%) und die kommunale Wirtschaftsförderung (gut 10%). Abgeschlagen mit nur 5% der Nennungen waren Hochschultransferstellen.
- (2) Etwa zwei Drittel der befragten Unternehmen hatten bereits *Kooperationserfahrungen* im Wissens- und Technologietransfer. Kooperationen werden hierbei insbesondere mit Kunden (58%), Lieferanten (42%) und Wettbewerbern (30%) eingegangen. Im Mittelfeld der Nennungen befinden sich Hochschulen (25%), Fachverbände (23%), Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (20%) und Beratungsfirmen (20%). Diese Kooperationspartner wurden deutschlandweit gesucht. Eher regionalen Charakter hatten kommunale Wirtschaftsförderer (17%), Studenten (16%), IHK/HWK (15%), Hochschultransferstellen (7,5%).
- (3) Besonders interessant ist die Benennung der gewählten *Kooperationsformen*. Mit Abstand steht der informelle Austausch an erster Stelle (etwa 75%). Danach folgen gemeinsame Verbundprojekte (54%), Teilnahme an Qualifizierungsmaßnahmen/Fortbildung (41%), die Beschäftigung von Praktikanten (37%) und die Vergabe von Diplom- und Doktorarbeiten (28%). Im Mittelfeld liegen ferner die Auftragsforschung und die Durchführung von Messen (mit jeweils 27%) und Lizenzverträge (18%). Eine untergeordnete Rolle spielen die Entsendung von Mitarbeitern als Lehrbeauftragte (5%), die Vermittlung von Hochschulabsolventen (7%) und die Kontaktvermittlung zu Wissenschaftlern (11%). Schließlich sehen Unternehmen den größten Nutzen der Transferangebote von Hochschulen in der Veranstaltung und Bereitstellung von Fachveranstaltungen/-foren, der Fördermittelberatung, der Kontaktvermittlung zu Wissenschaftlern und der Vermittlung von Praktikanten/Diplomanden/Doktoranden.

In Bezug auf die Bedarfe aus Sicht der Hochschulangehörigen an den Wissens- und Technologietransfer (vgl. Folkerts/Schüning 2005) lassen sich an dieser Stelle folgende Punkte, die für diese Machbarkeitsstudie relevant erscheinen, herausstellen:

Hochschulangehörige sehen es als wichtige Aufgabe von Transferstellen an, Hochschulprojekte zu akquirieren und zu vermitteln, eine Förderberatung für Hochschulangehörige und Kooperationspartner bereitzustellen sowie Unternehmen im Rahmen von Forschung und Entwicklung zu beraten. Hingegen legen die Mitarbeiter von Transferstellen selbst meist andere Schwerpunkte. Sie liegen bei Netzwerkarbeit, Durchführung eigener Transferprojekte und Unterstützung bei Existenzgründungen. Im Wissens- und Technologietransfer bestehen zahlreiche Anreize sowohl für Hochschulangehörige als auch für Unternehmen aber gleichzeitig auch Barrieren für die Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Die nachfolgende Tabelle 4 fasst diese nach Polt et al. (2001) überblicksartig zusammen.

Wissenschaft	Beziehungen	Wirtschaft
Anreize		
<ul style="list-style-type: none"> - Sicherstellung alternativer Finanzierungsquellen - Prospektives Einkommen für Wissenschaftler durch Lizenzierung - Bessere Karrierechancen für Absolventen 	<ul style="list-style-type: none"> - Gegenseitiges Lernen - Mobilität des Personals - Austausch von Wissen und Erfahrungen - Externalitäten resultierend aus dem Netzwerk von Wissensträgern - Synergien 	<ul style="list-style-type: none"> - Zugang zu neuem Wissen - Zugang zu F&E-Ressourcen und -Infrastruktur - Möglichkeit neue Geschäftsfelder zu eröffnen - Rekrutierung von F&E-Personal
Barrieren		
<ul style="list-style-type: none"> - Mangel an qualifiziertem Personal, das notwendig ist um mit der Wirtschaft zu interagieren - Bürokratische Strukturen und Entscheidungsprozeduren - Hohe Kosten der Interaktion, Vertragsgestaltung, Lizenzierung, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsasymmetrien und geringe Markttransparenz - Unterschiedliche Kulturen und inkompatible Ziele - Hohe Transaktionskosten - Unsicherheit des Ergebnisses - Umfangreiche Übersprünge (spillovers) 	<ul style="list-style-type: none"> - Risikoaversives Verhalten - Ermangelung von Wissensabsorptiven Fähigkeiten und Innovationsmanagementkompetenzen - Mangel an qualifiziertem Personal - Befürchtung vertrauliches/geheimes Wissen zu verlieren

Tab. 4: Anreize und Barrieren in Wissenschaft-Wirtschaft-Interaktionen (Polt et al. 2001)

In der Befragung von Bey (2005) gaben gut zwei Drittel der Unternehmen mit Kooperationserfahrung im Wissens- und Technologietransfer an, dass sie keine Hemmnisse verspüren. Dies ist eine überraschend positive Einschätzung, scheitern doch nach wie vor zahlreiche Kooperationen. Die Unternehmen, die mit Hemmnissen konfrontiert waren, gaben an, dass diese insbesondere darin bestanden, geeignete Partner zu finden und deren fehlende Kooperationsbereitschaft. An dritter Stelle wurde zu viel Bürokratie genannt. An vierter Stelle sahen die Unternehmen fehlende öffentliche Förderung als Kooperationshemmnis im Wissens- und Technologietransfer. Im Mittelfeld der benannten Hemmnisse lagen Geheimhaltungsbedenken, das Projektmanagement, die Vertragsgestaltung, die praktische Umsetzung der Kooperationen und zu wenig Informationsmaterial. Geringe Hemmnisse wurden in schlechter technische Ausstattung oder zu hohen Qualifikationsanforderungen gesehen.

Auch wenn sich die Kulturen, Strategien und Ziele von Forschungseinrichtungen und Unternehmen nach wie vor eher grundsätzlich zu unterscheiden scheinen, lässt sich eine Überschneidung von Interessen ausmachen. Sie liegt in der Kommerzialisierung neuer und nützlicher Technologien. Forschungseinrichtungen sehen zunehmend ihren Wissensbestand als mögliche Einnahmequelle und wollen ihn entsprechend verwerten. Unternehmen sehen das an öffentlichen Forschungseinrichtungen produzierte Wissen als Erweiterung ihrer eigenen Wissensbasis und versuchen sich Zugang zu diesem Wissen zu verschaffen. Um die Interaktion dieser beiden Parteien mit weniger Reibungsverlusten und produktiver zu gestalten, sollten die gegenseitigen Bedürfnisse und beiderseitigen Absichten sowie die gemeinsamen Ziele stärker berücksichtigt werden (vgl. Berneman 1995).

Bercovitz und Feldman (2006) entwickeln einen konzeptionellen Rahmen für das Verständnis wissensbasierter ökonomischer Entwicklung in dem sog. Entrepreneurial Universities im Technologie-Transfer-Prozess eine bedeutende Rolle zukommt. Abbildung 4 verdeutlicht die unterschiedlichen Rahmenbedingungen, Charakteristika und Anreizsysteme für Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Ohne auf die einzelnen Elemente hier eingehen zu können kommt den individuellen Wissenschaftlern als Trägern oder Medium im Technologietransfer eine entscheidende Rolle zu.

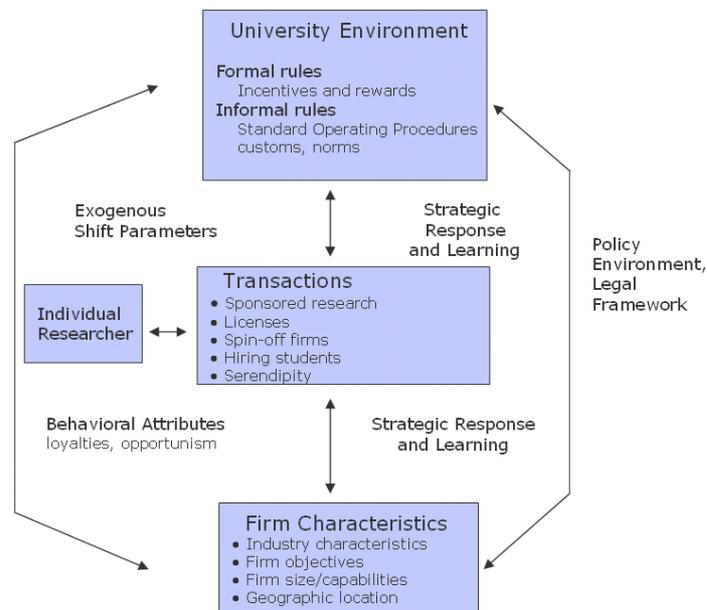


Abb. 4: Konzeptioneller Rahmen für das Verständnis wissensbasierter ökonomischer Entwicklung (Bercovitz/Feldman 2006)

Der aus der Literaturschau gewonnene generelle Überblick über die grundlegende Situation und die Herausforderungen im Wissens- und Technologietransfer verweist auf die herausragende Bedeutung von Interaktionen von individuellen Akteuren im Technologietransferprozess. Informeller Austausch scheint von besonderer Bedeutung zu sein. Effektiver Wissens- und Technologietransfer muss daher Möglichkeiten/Möglichkeitsräume für derartigen Austausch bereitstellen.

Der gewonnene Überblick soll nun weiter in Bezug auf mögliche Organisationsmodelle und konkrete Praktiken in verschiedenen internationalen und nationalen Transfereinrichtungen und Applikationslaboren konkretisiert werden.

3.2 Analyse möglicher Organisationsmodelle für Technologietransfer

Wissens- und Technologietransfer lassen sich auf vielfältige Weise zwischen Wissenschaft und Wirtschaft organisieren. Im deutschen Innovationssystem versuchen die Einrichtungen der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung im Wesentlichen die Transferlücke zwischen Wissenschafts- und Wirtschaftssystem zu bilden. Hierzu zählen z. B. die An-Institute an Hochschulen, Institute der Fraunhofer-Gesellschaft oder der Leibniz-Gemeinschaft (WGL) oder neue Organisationsmodelle in Form von Public Private Partnerships (vgl. Koschatzky 2008). Betrachtet man die Einrichtungen der Grundlagenforschung, so ist heute die traditionelle Trennung von Forschung und Lehre oft ebenso wenig aufrechtzuerhalten, wie die zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Vielmehr wachsen Forschung, Lehre und Transfer immer mehr zusammen (vgl. z. B. Etzkowitz/Leydesdorff 2000).

Insbesondere bilden Hochschulen heute durch Wissenserzeugung und -vermittlung Brücken zwischen Akteuren in nationalen und internationalen wissenschaftlichen, technologischen und ökonomischen Netzwerken. Hiervon können insbesondere Unternehmen und anderen Organisationen, die keine derartigen Netzwerkbeziehungen mit eigenen Ressourcen aufbauen und betreiben können, profitieren.

Im Rahmen der Erarbeitung dieser Studie wurden Recherchen zu Organisations-, Geschäfts- und Betreibermodellen von Applikationslaboren durchgeführt. Hierzu wurden bereitgestellte Dokumente, Präsentationen, wissenschaftliche (betriebswirtschaftliche und organisationstheoretische) Literatur einer Sekundäranalyse unterzogen und eine umfassende Internetrecherche betrieben. Gleichzeitig wurden die Erfahrungen der Repräsentanten der am Projekt beteiligten Einrichtungen berücksichtigt. Insgesamt wurden 17 Einrichtungen untersucht (detailliertere Darstellung siehe Anhang). Hierzu zählen:

1. Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC)
2. Steward Observatory Mirror Laboratory an der University of Arizona
3. CNSE's Albany NanoTech complex (Metrology Labs and Imaging Center am CNSE (Albany, N.Y.))
4. Photonix Ltd. in Glasgow, Schottland
5. Acreo AB in Kista, Stockholm
6. Laser Competence Centre Finland (LCC) in Tampere
7. Interuniversity MicroElectronics Center (IMEC) in Leuven, Belgien
8. Holst Centre in Eindhoven (Niederlande)
9. MESA+ Institute for Nanotechnology an der University of Twente (Niederlande)
10. MST Factory (Universität Dortmund)
11. TransMIT Gesellschaft für Technologietransfer mbH (Gießen)
12. ILM - Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik Ulm
13. Laser-Laboratorium Göttingen
14. Forschungs- und Applikationslabor Plasmatechnik GmbH Dresden
15. PZH – Photonik Zentrum Hessen in Wetzlar AG
16. A.L.L. Lasertechnik GmbH (Applikations Labor für Lasertechnik)
17. Anwendungszentrum METAKUS (Braunatal, Nordhessen)

Hieraus konnten prinzipiell mögliche Organisationsmodelle für Applikationslabore in Deutschland abgeleitet werden:

- vollkommen integriert in Forschungseinrichtungen/Universitäten
- als Joint Venture aus Forschungseinrichtungen und Regionalentwicklern
- als Joint Venture aus Forschungseinrichtungen und Industrie
- als Research Centers der Industrie
- als eigenständige GmbH (Ausgründungen)
- als kleine AG
- Virtuelle Applikationslabore (Nutzung der Einrichtungen der Partner und einheitlicher Auftritt nach Außen)

4. Collaborative X-Ray Innovation Lab

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Ist-Situation im Bereich der Röntgentechnologien in der Region Berlin-Brandenburg beschrieben, die Bedarfe potentieller Transferinteressierter analysiert und grundlegende Überlegungen zum Wissens- und Technologietransfer angestellt wurden, soll nachfolgend das Organisations- und Geschäftsmodell eines kooperativ von einem neutralen Mittler betriebenen Röntgenapplikationslabor vorgestellt sowie eine Strategie für den Betrieb dargestellt sowie ein Umsetzungsplan erläutert werden.

Zuvor soll in gebotener Kürze der Entscheidungsprozess für dieses Modell nachgezeichnet und begründet werden. Eine wesentliche Grundlage des Entscheidungsprozesses bildeten die in den vergangenen Abschnitten dargestellten Recherchen, Befragungsaktionen, der Workshop sowie die vergleichenden Analysen zu ähnlichen Einrichtungen im In- und Ausland (vgl. Abschnitt 2 und 3). Eine grundlegende Überlegung dabei war, anders als bei den bisher bekannten Modellen, die Aus- und Weiterbildung von Anfang an mit in ein Konzept für das zu etablierende Applikationslabor einzubeziehen.

Bei der Entscheidung für ein Organisationsmodell für das industrieorientierte, innovative Applikationslabor zum Transfer von Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung in Berlin wurden zwei Optionen in die engere Wahl genommen. Die *erste Option* bestand darin, eine eigene Rechtsperson (GmbH, AG) auszugründen und diese das Applikationslabor betreiben zu lassen. Diese Option wurde aber nach Abwägung der potentiellen Vor- und Nachteile aufgegeben. Wesentlicher Grund hierfür war die Befürchtung der Industrie, dass eine GmbH/AG eher eigene Interessen verfolgt und somit nicht unabhängiger Entwicklungspartner für die Industrie im vorwettbewerblichen Bereich sein kann.

Die *zweite Option* besteht darin, das Applikationslabor als Innovation Lab an der TU Berlin, engstens angebunden an die in 2009 neu von der Industrie geschaffenen Stiftungsprofessur „Analytische Röntgenphysik“, anzusiedeln. Vorteile werden insbesondere darin gesehen, dass ein derartiges Labor als unabhängiger Partner im vorwettbewerblichen Bereich von der Industrie wahrgenommen würde. Weitere Vorteile liegen in der Universitätsnähe (Image), der Zugriffsmöglichkeit auf die Vorteile der Hochschule und damit verbunden einer höheren Flexibilität. Das Institut für Optik und Atomare Physik ist weiterhin ein etablierter F&E-Partner für die Röntgenunternehmen sowohl in der Region als auch in Deutschland sowie internationaler Partner in Forschungsprojekten. Nicht zu vernachlässigen sind die Vorteile, die durch die Verbindung von industrieorientierter F&E und der Ausbildung junger Nachwuchskräfte gesehen werden. Deshalb wurde es als eine zu empfehlende Lösung angesehen, ein Applikationslabor dem Lehrstuhl für „Analytische Röntgenphysik“ anzugliedern.

Aufgrund der nur teilweise gewährleisteten institutionellen Förderung durch die TU Berlin wird das Applikationslabor unter einem recht hohen Finanzierungsdruck bei gleichzeitiger Sicherung des Grundbestandes an Infrastruktur stehen. Hierdurch werden einerseits die geforderte Unabhängigkeit und andererseits die Marktorientierung sichergestellt.

Bei der *möglichen Ausrichtung* eines industrieorientierten Applikationslabors sind verschiedene Dimensionen bei der Identifizierung der Zielgruppen zu berücksichtigen. Hierzu ist zunächst die geographische Dimension zu zählen. Die Frage ist also zu klären ob primär lokale, regionale, nationale oder internationale Akteure im Wissens- und Technologietransfer angesprochen werden sollen/können. In einer inhaltlichen Dimension ist zunächst zu klären, ob das Applikationslabor eher einen engen Aufgabenbereich, wie die Röntgenstoff- und -strukturanalyse oder allgemeiner die Röntgenanalytik oder allgemeiner die Röntgentechnologien bearbeiten soll. Hierzu würden dann auch bio-medizinische, tomographische und bildgebende Verfahren und Bereiche zählen. Betrachtet man die Ausrichtung in einer Wertschöp-

fungskette/Technologie-/Produktentwicklungsdimension sind die Verortungen in Grundlagenforschung, angewandte Forschung, industrielle Entwicklung, Pilotproduktion, Kleinserien, Massenproduktion, Service für den Aufgabenbereich des Applikationslabors vorzunehmen. Abbildung 5 verdeutlicht die Fokussierung auf bestimmte Zielgruppen schematisch. Die Entscheidung für bestimmte Bereiche der einzelnen Dimensionen eröffnet einen Tätigkeitsraum, in dem einzelne kooperative (Verbund-) Projekte bearbeitet werden.

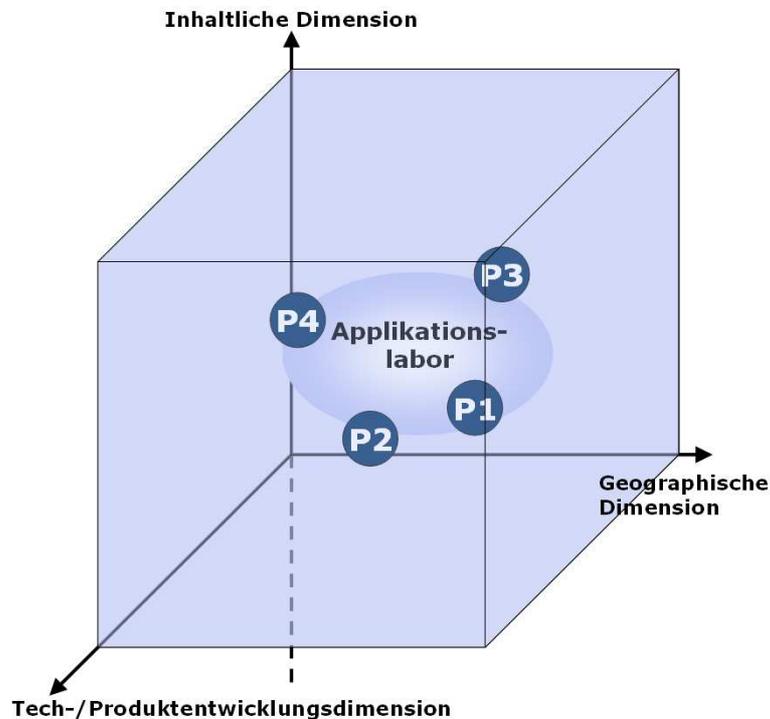


Abb. 5: Tätigkeitsraum des Applikationslabors

Im Applikationslabor soll primär lokal ansässigen KMU die Möglichkeit gegeben werden Wissens- und Technologietransfer mit den Forschungseinrichtungen zu betreiben. Darüber hinaus soll das Applikationslabor allen anderen Unternehmen in Deutschland und Europa offen stehen. Primär sind hier z. B. auch die Stifter der Stiftungsprofessur an der TU Berlin angesprochen. In der inhaltlichen Dimension soll ausgehend von den besonderen Kompetenzen der am Applikationslabor beteiligten Einrichtungen im Bereich der Röntgendiffraktometrie und der Röntgenfluoreszenzanalyse die Röntgenanalytik höchster zeitlicher und räumlicher Auflösung weiterentwickelt und transferiert werden. In der dritten Dimension sollen insbesondere die Ergebnisse der Grundlagenforschung der in der Hauptstadtregion ansässigen Forschungseinrichtungen zugänglich gemacht werden. Gleichzeitig soll gemeinsam mit den Unternehmen angewandte Forschung insbesondere im vorwettbewerblichen Bereich in der Röntgenanalytik betrieben werden.

Nach oben dargestellten Entscheidungsprozess wurde unter Einbeziehung der Inhaberin der Stiftungsprofessur an der TU Berlin ein konkretes Modell für das Applikationslabor ausgearbeitet. Der Name hierfür ist „Berlin Laboratory for innovative X-ray technologies“, kurz BLiX.

4.1 Vision und Mission des BLiX

Ziel ist es, ein *Hub* von internationaler Relevanz und Bedeutung bei gleichzeitiger Berücksichtigung nationaler und regionaler Bedarfe in der Entwicklung marktwirtschaftlicher Anwendungen von *röntgentechnologischem Know-how*, insbesondere XRF & XRD Technologien, zu entwickeln. Mit einem neuartigen kooperativen Ansatz und einem neutralen Makler – BLiX – soll die Lücke zwischen Grundlagenforschung und einer marktwirtschaftlichen Anwendung der Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung weiter geschlossen werden.

Dem BLiX obliegt es, folgende *Mission* zu erfüllen:

1. BLiX als Schnittstelle zwischen Wirtschaft und Wissenschaft
2. BLiX als Ort für kollaborative Technologieentwicklung
3. BLiX als Katalysator für Open Innovation
4. Nachwuchssicherung durch Aus- und Weiterbildung

4.2 Strategie

In Anknüpfung an die BLiX-Vision der beteiligten Akteure und abgeleitet aus vorangegangenen Überlegungen kann eine Strategie für ein industrieorientiertes, innovatives Applikationslabor zum Transfer von Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung in Berlin formuliert werden.

Generell sollen mit der Einrichtung des Labors vier Handlungsfelder adressiert werden:

1. Das BLiX wird eigene gerätetechnische und methodische Infrastruktur aufbauen, um einerseits den BLiX-Kunden Zugang zu modernsten Geräten zu ermöglichen, und andererseits BLiX-Kunden befähigen hier Komponenten testen zu können und gemeinsam neue Komponenten und Systeme zu entwickeln. Damit wird dem BLiX die Möglichkeit gegeben direkt und die gesamte Spannbreite von Grundlagenforschung bis zu gerätetechnischen Innovationen im Innovationsprozess anzubieten.
2. Gleichzeitig wird das BLiX eine Vermittlerfunktion wahrnehmen und BLiX-Kunden bei Bedarf Zugang zu weiterer, regional verteilter gerätetechnischer Infrastruktur und Lösungskompetenz zu vermitteln.
3. Um einerseits neue Forschungsergebnisse schneller in die Wirtschaft zu transferieren und andererseits konkreten Innovationsbedarf gemeinsam mit BLiX-Kunden effektiver abzuleiten und in neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen umzuwandeln sollen gemeinsame Projekte mit BLiX-Beteiligung durchgeführt werden.
4. Um die Unternehmen der Röntgenanalytik in Deutschland und in der Region mit gut ausgebildeten Nachwuchskräften zu versorgen wird eine anwendungsorientierte Nachwuchs-

förderung betrieben und ein attraktives Lehr- und Weiterbildungsangebot angeboten werden.

4.3 Innovation durch Kooperation – Partner

Wie bereits beschrieben setzt die Arbeit eines industrieorientierten, innovativen Applikationslabors zum Transfer von Röntgentechnologien höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung an den bereits etablierten Aktivitäten und Strukturen des Berliner Röntgenanalytik-Netzwerkes an und erweitert die Möglichkeiten des Wissens- und Technologietransfers erheblich. Wie Abbildung 6 zeigt unterhalten sowohl die TU Berlin als auch das Max-Born Institut umfangreiche Beziehungen zu Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Röntgentechnologien in der Region.

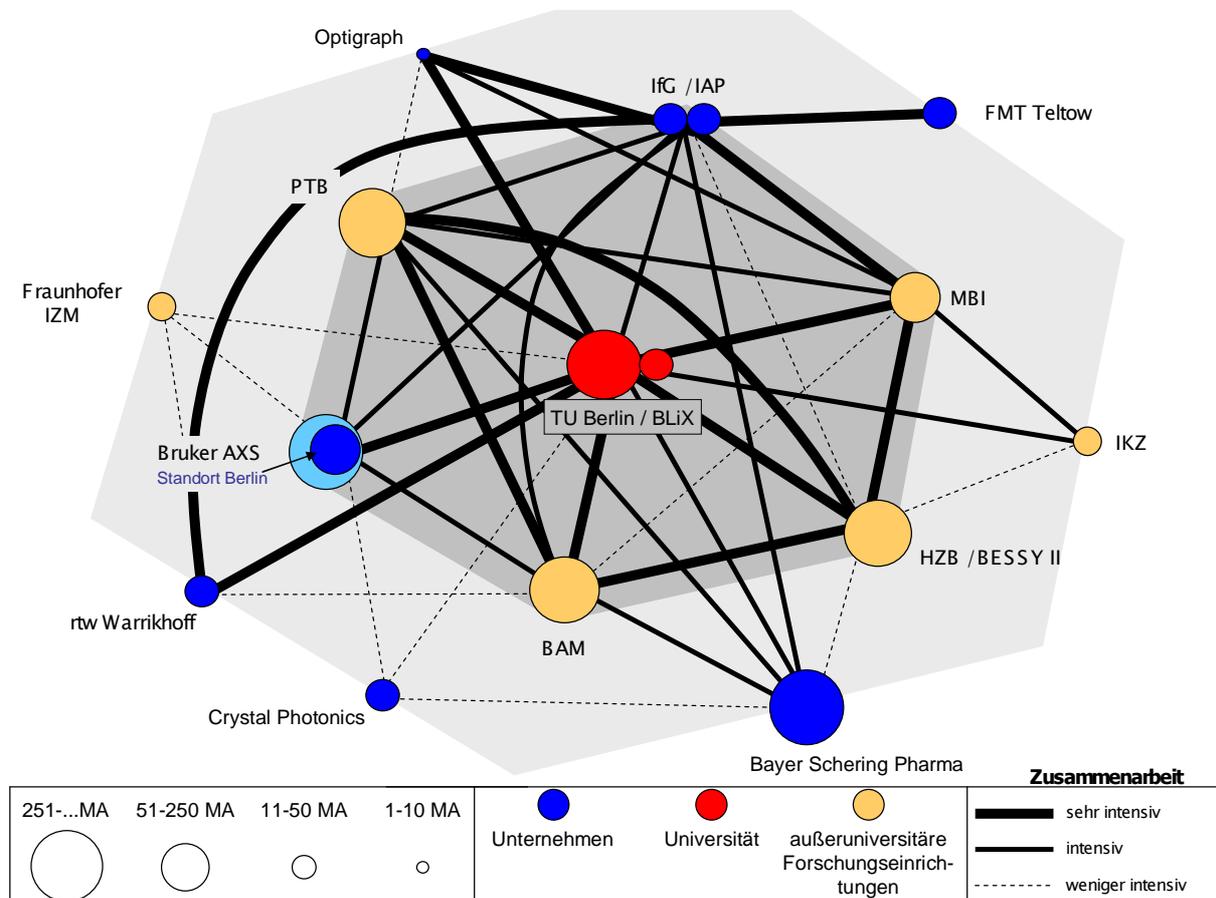


Abb. 6: Verflechtung der Röntgenanalytik-Akteure in der Hauptstadtregion (Stand 2008)

Seit 2009 besteht die Professur „Analytische Röntgenphysik“ an der TU Berlin als eine Stiftungsprofessur. Das Engagement der Stifter signalisiert den hohen Bedarf einerseits an der Sicherung des hervorragend qualifizierten Nachwuchses und andererseits den Wunsch der Industrie in Interaktion mit der Wissenschaft Innovationen zu generieren. In der Liste der Stifter sind die in Deutschland aktiven großen Gerätehersteller wie auch die in der Region ansässigen vor allem KMU repräsentiert (vgl. Tabelle 5).

Stifter
AXO DRESDEN GmbH, Heidenau
Bruker AXS GmbH, Karlsruhe
Bruker AXS Microanalysis GmbH, Berlin
GE Inspection Technologies, Ahrensburg
Helmut Fischer Stiftung, Sindelfingen-Maichingen
IfG GmbH, Berlin
Incoatec GmbH, Geesthacht
Optigraph GmbH, Berlin
PANalytical B.V., Almelo (NL)
Prof. Dr. Norbert Langhoff
rtw Röntgen-Technik Dr. Warrikhoff GmbH & Co. KG, Neuenhagen bei Berlin
SPECTRO Analytical Instruments GmbH & Co. KG, Kleve
TSB Technologiestiftung Innovationsagentur Berlin

Tab. 5: Stifter der Professur „Analytische Röntgenphysik“ an der TU Berlin

Neben der projektbasierten kooperativen Innovationsgenerierung innerhalb des Röntgenanalytik-Netzwerkes bestehen vielfältige weitere Beziehungen zu Akteuren außerhalb dieses Netzwerkes in die weitere UV- und Röntgen-Community in der Region und darüber hinaus. Durch die Einbindung in bestehende regionale Netzwerke (OpTecBB, ZEMI), oder enge Beziehungen zu Akteuren in weiteren regionalen Netzwerken (z. B. BioTOP) oder überregionalen Netzwerken (European X-ray Spectrometry Association (EXSA)) sowie die engen Verbindungen zu den Stiftern der Professur „Analytische Röntgenphysik“ and der TU Berlin wird in und durch das Applikationslabor ein Angebot möglich, das weite Bereiche einer „Röntgen-Wertschöpfungskette“ darstellen kann. Dabei wird sich das Applikationslabor vor allem auf die Überführung von Ergebnissen der Forschung in die Industrie konzentrieren, also z. B. erste Machbarkeitsstudien erarbeiten oder anwendungsbezogene Entwicklung gemeinsam mit weiteren Forschungseinrichtungen und der Industrie durchführen. (Massen-)Fertigung und After Sales Service bleibt Aufgabe der Industrie. Jedoch werden durch die engen Verbindungen zwischen Industrie und Wissenschaft Feedbackschleifen möglich, die insbesondere auch die Anforderungen des Marktes in die Arbeit des Applikationslabors systematisch einkoppelt.

Auf diesen vernetzten Akteurskonstellationen setzt die Konzeption eines Applikationslabors auf. Das BLiX wird einerseits eigene Infrastruktur vorhalten und diese sowohl in der Forschung, Aus- und Weiterbildung nutzen als auch den Kooperationspartnern in gemeinsamen Innovationsprojekten zur Verfügung stellen. Als zweiten wesentlichen Punkt sieht sich das BLiX als Mittler zwischen den in der Region ansässigen wissenschaftlichen Einrichtungen, die ebenfalls Infrastruktur auf Weltklasseniveau vorhalten, und den Röntgentechnologieunternehmen (vgl. Abbildung 7). Hier ist es höchst bedeutsam einfache Zugangsmöglichkeiten für Unternehmen und insbesondere die KMU aus der Region zu schaffen. Dies wird durch verschiedene Maßnahmen realisiert (s. u.).

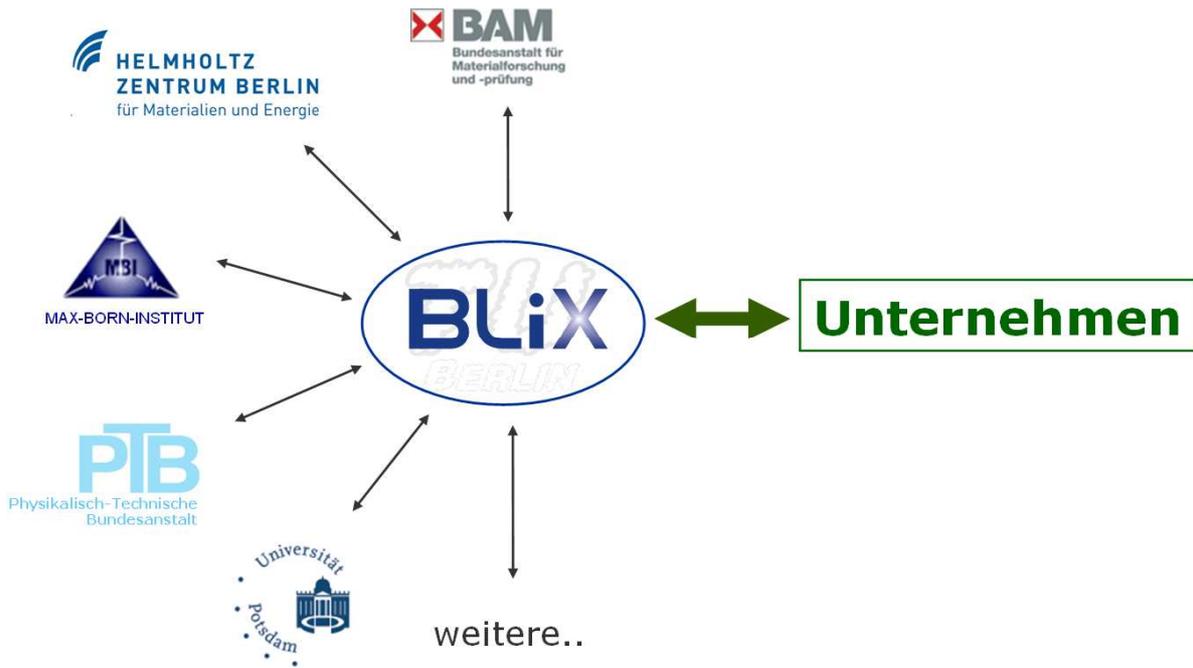


Abb. 7: BLiX als Embedded Institute

Somit ist das BLiX in mehrfacher Hinsicht als ein Embedded Institute zu verstehen. Zunächst wird durch die organisationale Einbindung als Innovation Lab an der TU Berlin am Fachbereich Physik, Lehrstuhl „Analytische Röntgenphysik“ die Rechtsperson des BLiX realisiert. Vertragspartner ist die TU Berlin. Weiterhin ist das BLiX in die Aktivitäten des RSS-Netzwerkes und die weiter gefassten Aktivitäten des regionalen Netzwerkes OpTecBB eingebunden. Diese Einbindung führt gleichzeitig zu einer Aufwertung und Ausdehnung dieser Strukturen. Schließlich werden hervorragende Möglichkeiten geschaffen, die in der Vergangenheit bereits aufgebauten Beziehungen zu Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu reproduzieren und erheblich auszubauen.

4.4 Bereitstellung technologischer Infrastruktur

Im Wesentlichen wird BLiX eigene Methoden, Geräte und Komponenten zur Verfügung stellen, Beratung und Unterstützung beim Zugang zu dezentraler Infrastruktur in kooperierenden Forschungseinrichtungen anbieten und Weiterbildung/Training und Ausbildung organisieren. Tabelle 6 stellt überblicksartig die zukünftig geplanten Dienstleistungen dar.

Leistungselemente	Schlüsselfunktion	Zusatzfunktion
Forschung	Erforschung physikalischer Grundlagen	Fundamentale Parameter
Entwicklung	Bau von Labormustern	Erprobung von Prototypen, die Kunden gebaut haben
	Neue Methoden	„Proof of Principle“-Experimente
	Software	Quantifizierung, Bildgebung
Beratung	Applikationsberatung	Erschließung neuer Applikationsfelder
	Entwicklung von Komponenten	Beratung zu neuen experimentellen Entwicklungen
Machbarkeit	Einsatz von Komponenten in neuen experimentellen Verfahren	„Proof of Principle“-Experimente
Ausbildung	gezielt in gemeinsamen Projekten mit Industrie	Praktikumsversuche, Bachelor- und Masterarbeiten, Doktorarbeiten
Weiterbildung	Einführung neuer Verfahren, Quantifizierung	Anwenderschulung

Tab. 6: Charakterisierung der zukünftig geplanten BLiX-Dienstleistungen

Im BLiX sollen nach heutiger Planung folgende *Methoden, Geräte und Komponenten* bereitgestellt werden:

- Flexibler Teststand zur Methodenentwicklung und zur Charakterisierung von Röntgenoptiken und Röntgenröhren
- Innovative, modulare Laserplasmaquelle für den weichen Röntgenbereich
- Table-top 3D Mikro-RFA Laborröntgenspektrometer zur orts aufgelösten Röntgenfluoreszenzspektroskopie
- Apparatur zur hochauflösenden Abbildung von Proben in Kombination mit Kleinwinkelstreuung
- Röntgenoptiken (Kapillaroptiken, HOPG, Multilayer, Fresnel), Röntgendetektoren (Si(Li), SDD, CCD)
- Strahldiagnostik
- Methodenkopplung

Mögliche Änderungen ergeben sich notwendigerweise durch Bekanntwerden neuester Forschungsergebnisse.

Beim *Zugang zu verteilter Infrastruktur* in der Hauptstadtregion bietet BLiX Beratung und Unterstützung an. Nach heutiger Planung betrifft das u.a.:

- 3D Mikro-RFA Synchrotronmessplatz
- Kohärente röntgenoptische Verfahren (Interferometrie, Holographie, „coherent diffraction imaging“)
- Röntgenmikroskopie im Wasserfenster
- Zeitaufgelöste Röntgendiffraktometrie
- Röntgenlaserstation (kohärente Kurzpulsquelle im EUV-Bereich)
- ...

Für die *Ausbildung* insbesondere von Studenten stellt BLiX u.a. in folgenden Bereichen zur Verfügung:

- Praktika/Projektversuche
- Bachelor- und Masterarbeiten
- Doktorarbeiten

Um dem Bedarf an *Weiterbildung/Training* gerecht zu werden wird BLiX Seminare zunächst auf folgenden Gebieten konzipieren und anbieten:

- Röntgenfluoreszenzspektroskopie inkl. Quantifizierung
- Röntgenanalytische Methoden der Physik
- Aufbau, Betrieb und Sicherheit von laserbasierten Röntgenquellen
- ...

4.5 Umsetzungsplan

Das BLiX wird wie gezeigt in mehrfacher Hinsicht als Embedded Institute betrieben. Zunächst ist es als Applikationslabor des Stiftungslehrstuhles „Analytische Röntgenphysik“ an der TU Berlin organisatorisch eingebettet. Gleichzeitig wird es von der TU Berlin als „Innovation Lab“ mit Räumen und der grundlegenden Infrastruktur ausgestattet. Damit ist einerseits eine Grundfinanzierung gewährleistet und andererseits eine Befürchtung der Unternehmen ausgeräumt, wonach eine eigenständige marktorientierte Rechtsperson nicht als unabhängiger Partner in Technologietransfer und -entwicklungsprojekten auftreten würde. Vertragspartner der Kunden ist somit die TU Berlin, die auch hier ihre Drittmittelverwaltung als Infrastruktur zur Verfügung stellt.

Das BLiX ist weiterhin in das regionale Netzwerk an Röntgenanalytikunternehmen und Forschungseinrichtungen, die auf diesem Gebiet tätig sind eingebettet. Der Scherpunkt UV- und Röntgentechnologien, deren Ko-Sprecherin Frau Prof. Kanngießer ist, bildet den Rahmen in dem die Technologische Roadmap für die Röntgentechnologien in der Region Berlin-Brandenburg weiterentwickelt werden soll. Gleichzeitig wird das BLiX eine Vermittlung zu weiteren regionalen Einrichtungen, die Zugang zu Applikationslaboren gewähren, einnehmen (z.B. MBI, HZB-BESSY, PTB, Uni Potsdam, BAM).

Das Projekt zur Ausarbeitung dieser Machbarkeitsstudie geht nahtlos in die Umsetzung über. Durch eine Anschubfinanzierung der TU Berlin wird sichergestellt, dass das BLiX bis zum Ende 2009 aufgebaut und ab dann der Betrieb aufgenommen werden. Darüber hinaus sollen in einem Nachfolgeprojekt (Antrag liegt dem Projektträger zur Entscheidung vor) im Rahmen des Programms „Wirtschaft trifft Wissenschaft“ exemplarisch State-of-the-Art-Forschungsergebnisse, die am Max-Born Institut erreicht wurden an das BLiX transferiert und interessierten Unternehmen zugänglich gemacht werden.

Die weiterführende Finanzierung (Nachhaltigkeit) soll neben der Grundausstattung durch die TU Berlin durch F&E-Aufträge, Lizenzeinnahmen und Drittmittel erfolgen.

5. Literatur

- Backhaus, A./Seidel (1997): Innovationen und Kooperationsbeziehungen von Industriebetrieben, Forschungseinrichtungen und unternehmensnahen Dienstleistern. Die Region Hannover-Braunschweig-Göttigen im interregionalen Vergleich. (Hannoversche Geographische Arbeitsmaterialien, Nr. 19). Hannover.
- Beck, U. (1993): Die Erfindung des Politischen. Zu einer Theorie reflexiver Modernisierung. Frankfurt a.M.
- Bercowitz, J.E.L./Feldman, M.P. (2006): Entrepreneurial Universities and technology transfer: A conceptual framework for understanding knowledge-based economic development. In: Journal of Technology Transfer 31, 175-188.
- Berneman, L.P. (1995): Industry/university Licenses: A negotiating strategy. In: Technology Transfer December 1995, 25-30.
- Bey, E. (2005): Bedarfe kleiner und mittlerer Unternehmen an Wissens- und Technologietransfer. In: Transferstelle Dialog (Hrsg.): Wissens- und Technologietransfer: Analysen, Konzepte, Instrumente. Oldenburg und Osnabrück, 51-79.
- Cohen, W./Florida, R./Goe, W.R. (1994): University-industry research centers in the United States. Pittsburgh, PA.
- Etzkowitz, H./Leydesdorff, L. (2000): The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. In: Research Policy 29(2), 109-123.
- Folkerts, C./Schüning, T. (2005): Wissens- und Technologietransferbedarf aus Sicht der Hochschulangehörigen. In: Transferstelle Dialog (Hrsg.): Wissens- und Technologietransfer: Analysen, Konzepte, Instrumente. Oldenburg und Osnabrück, 81-118.
- Heppner, K. (1997): Organisation des Wissenstransfers. Grundlagen, Barrieren und Instrumente. Wiesbaden.
- Hermer, J./Berteit, H./Walter, G./Göthner, M. (2006): Erfolgsfaktoren für Unternehmensausgründungen aus der Wissenschaft. Stuttgart.
- Holtmannspötter, D./Bachmann, M. (2003): Technologiefrüherkennung: Technologieanalyse Röntgentechnologie. VDI Düsseldorf.
- Hornauer, U. (2002): Potenzial der optischen Technologien in Berlin. Berlin: OpTecBB e.V.
- Jonas, M. (2000): Brücken zum Elfenbeinturm. Mechanismen des Wissens- und Technologietransfers aus Hochschulen. Berlin.
- Koschatzky, K. (1999): Regionale Infrastrukturen und Strategien für Technologietransfer. In: Tintelnot, C./Meißner, D./Steinmeier, I. (Hrsg.): Innovationsmanagement. Heidelberg. 29-38.
- Koschatzky, K./Hemer, J./Stahlecker, T./Bührer, S./Wolf, B. (2008): An-Institute und neue strategische Forschungspartnerschaften im deutschen Innovationssystem. Fraunhofer ISI-Schriftenreihe „Innovationspotenziale“. Stuttgart.
- Kröcher, U. (2005): Wissens- und Technologietransfer an Hochschulen – Konzepte und Entwicklungstendenzen. In: Transferstelle Dialog (Hrsg.): Wissens- und Technologietransfer: Analysen, Konzepte, Instrumente. Oldenburg und Osnabrück, 9-49.

- Lerch, F./Sydow, J./Wilhelm, M. (2007): Wenn Wettbewerber zu Kooperationspartnern (gemacht) werden – Einsichten aus zwei Netzwerken in einem Cluster optischer Technologien. In: Schreyögg, G./Sydow, J. (Hrsg.): Managementforschung 17. Gabler. Wiesbaden, 207-255.
- Lerch, F. (2009): Netzwerkdynamiken im Cluster: Optische Technologien in der Region Berlin-Brandenburg (im Druck).
- Lerch, F./Pagels, M. (2008): Übersicht Kompetenzen der universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Übersicht zur industriellen Forschung und Produktion auf dem Gebiet der Röntgentechnologien in Deutschland (unveröffentlicht), Berlin.
- Mayer, A. (2004): Laser in der Materialbearbeitung. Eine Marktübersicht. In: LTJ April/Mai 2004 Nr. 1, 9-12.
- Nelson, R.R./Winter, S. (1982): An evolutionary theory of economic change. Cambridge, MA.
- OpTecBB IFV UVR (2006): Technologische Roadmap. Unveröffentlichtes Strategiepapier. Berlin.
- Optech Consulting (2007): Optische Technologien. Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland. Herausgegeben vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin.
- Pleschak, F. (2003): Technologietransfer – Anforderungen und Entwicklungstendenzen. Stuttgart.
- Pagels, M./Lerch, F. (2008): Report zum workshop “Innovative Röntgentechnologien” (unveröffentlicht), Berlin.
- Polt, W./Ramer, C./Gassler, H./Schibany, A./Schartinger, D. (2001): Benchmarking industry-science relations: the role of framework conditions. In: Science and Public Policy 28(4), 247-258.
- Reinhard, M. (2000): Absorptionsfähigkeit der Unternehmen. In: Schmoch, U./Licht, G./Reinhard, M. (Hrsg.): Wissens- und Technologietransfer in Deutschland. Stuttgart, 243-258.
- Reinhard, M./Schmalholz, H. (1996): Technologietransfer in Deutschland, Stand und reformbedarf. Schriftenreihe des ifo Instituts für Wirtschaftsforschung Nr. 140. Berlin und München.
- Richter, H.-U./Heidt, H. (2001): Vieles begann in Berlin - Eine ZfP-historische Stadterkundung. In: DGZfP-JAHRESTAGUNG 2001 Zerstörungsfreie Materialprüfung. ZfP in Anwendung, Entwicklung und Forschung. Berlin, 21.-23. Mai 2001 -Berichtsband 75-CD. <http://www.ndt.net/article/dgzfp01/papers/v65/v65.htm> (29.09.2004).
- Schmoch, U./Licht, G./Reinhard, M. (Hrsg.) (2000): Wissens- und Technologietransfer in Deutschland. Stuttgart.
- Schricke, E. (2007): Lokalisierungsmuster und Entwicklungsdynamik von Clustern der Optischen Technologien in Deutschland. Untersucht am Beispiel von Clusterstrukturen in Thüringen, Bayern und Niedersachsen. Berlin: wvb Wissenschaftlicher Verlag Berlin.
- Spectaris (2008): Branchenbericht 2007. Die optische, medizinische und mechatronische Industrie in Deutschland. Berlin.
- Sternberg, R. (1996): Bilanz eines Booms. Wirkungsanalyse von Technologie- und Gründerzentren in Deutschland. Ergebnisse aus 108 Zentren und 1021 Unternehmen. 2. korr. Aufl. Dortmund.

- Sydow, J./Lerch, F. (2007a): Developing photonics clusters – Commonalities, contrasts and contradictions. AIM Working Paper. Advanced Institute of Management Research (AIM), London.
- Sydow, J./Lerch, F. (2007b): Pfade der Netzwerkentwicklung im Feld optischer Technologien – Die Region Berlin-Brandenburg zwischen Emergenz und Planung. In: Berghoff, H./Sydow, J. (Hrsg.): Unternehmerische Netzwerke. Kohlhammer, 197-232.
- Sydow, J./Windeler, A./Lerch, F. (2007): Bewertung und Begleitung der Netzwerkentwicklung von OpTecBB - Abschlussbericht. Berlin.
- TSB (TSB Innovationsagentur Berlin GmbH) (2008): Report 2008/2009: Optische Technologien und Mikrosystemtechnik. Berlin – Brandenburg. Berlin.
- ZEW (2009): Branchenreport: Innovationen: Instrumententechnik, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Jahrgang 16, Nr. 10.

6. Anhang

Untersuchte Technologietransfereinrichtungen

Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC)

- Gründung 1970 auf Anregung des Xerox-Chefwissenschaftlers Jack Goldman (Patentschutz für Xerographie lief aus → Gefahr Marktanteile an japanische Kopiererhersteller zu verlieren).
- Gegenstrategie: PARC als Teil von Xerox Research sollte neue Technologien für Xerox entwickeln, um marktbeherrschende Stellung im Bereich der Bürotechnologie beibehalten zu können.
- Erfindung von Laserdrucker, Ethernet, Laptopkonzept, PostScript u.v.m.
- Seit 1970 mehr als 30 Ausgründungen: z.B. 3Com (Ethernet) oder Adobe (PostScript)
- Seit 2002 ein eigenes Forschungsunternehmen aber 100%ige Tochter der Xerox Corp.
- Derzeit ca. 170 Wissenschaftler aus den Bereichen Physik, Informatik, Biologie, Sozialwissenschaften (80% doctoral degrees), ca. 60 operative und Verwaltungsangestellte
- 16 innovation areas: z.B. Biomedical Systems & Bioinformatics, Large-Area Electronics, MEMS, Microfluidics, & Piezo Materials, Nanotechnology, Optoelectronics & Optical Systems
- Über 1.800 Patente und Patentanträge (durchschnittlich 100+ Patente p.a. erteilt, 2002-2006); 150+ Publikationen p.a.

Steward Observatory Mirror Laboratory an der University of Arizona

- 1980: erste Experimente durch Dr. Roger Angel, dem Gründer und wissenschaftlichen Direktor
- 1985 Einzug unter das UA Football Stadion und Aufbau des Lab durch Mittel der US Air Force, der National Science Foundation und der University of Arizona – Bau eines großen rotierenden Ofens und Bau von Spiegeln bis 3,5 m Durchmesser
- 1990 Ausbau des Lab, zusätzliches Gebäude, Testturm, Poliereinrichtung und Vergrößerung des Ofens für Spiegel bis 8,4 m
- Bis heute Technologie weiterentwickelt und 14 Spiegel verschiedener Größe produziert (Durchmesser 1,2; 1,5; 3,5; 6,5 und 8,4 m) u.a. für das Large Binocular Telescope (LBT) auf dem Mt. Graham in Arizona oder das Las Campanas Observatory, Chile
- Mirror lab ist integraler Teil des Steward Observatory und damit der University of Arizona
- Derzeit 31 Mitarbeiter

CNSE's Albany NanoTech complex

- 2001: Gründung der School of Nanosciences and Nanoengineering an der University at Albany → 2004 akkreditiert und ersten Ph.D. → 2007 48 Faculty; 124 Eingeschriebene (Masters: 27, Doctoral: 97)
- Complex ist auch New York State Center of Excellence in Nanoelectronics, ist voll integrierte F&E, Prototypen und Pilotfertigungsanlage sowie Ausbildungseinrichtung mit einem strategischen Portfolio an state-of-the-art Laboratorien, Supercomputer und shared-user facilities und einer Vielzahl an Forschungszentren.
- Investitionen \$4,2 Mrd.; 2.000 Mitarbeiter; 450,000 square feet facility space; 65,000 square feet Cleanroom Space
- Interaktion mit führenden High-tech-Unternehmen vor Ort: Industrielle Forschungspartner haben Forschungseinrichtungen auf dem Campus: z.B. IBM, AMD, Applied Materials, TEL, Honeywell, Qimonda, ASML und International SEMATECH; → Studenten bekommen bestmögliche Einblicke in Forschung und Entwicklung (Akademia und Industrie)
 - Inter-Disziplinarität
 - Industriepartnerschaften mit Leading Edge Nanotech Unternehmen
 - Wirtschaftliche Entwicklung (Clusterentwicklung?!)

Metrology Labs and Imaging Center am CNSE (Albany, N.Y.)

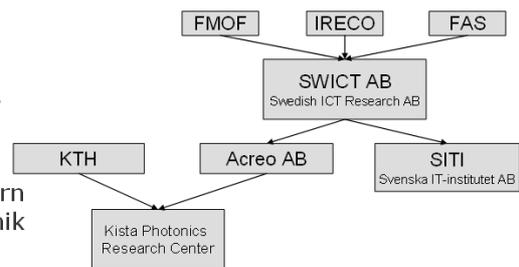
- Bereitstellung von Analyse-Fähigkeiten und -Erfahrungen für „Technology Development Partners“ on-campus (IBM, International SEMATECH, TEL, etc.) und gleichzeitig wird Charakterisierungskompetenz auch Dritten (lokale und regionale Colleges, Universitäten und Unternehmen) zur Verfügung gestellt.
- **Ausrüstung:**
 - JEOL 2010F Transmission Electron Microscope (TEM) with EELS
 - JEOL 200 CX Transmission Electron Microscope (TEM)
 - LEO 1550 Scanning Electron Microscope with a ThermoNoran Voyager Energy Dispersive X-ray Detector and a MaxRAY WDS system
 - Hitachi S-4000 Scanning Electron Microscope (SEM) with Energy Dispersive X-ray Detector
 - FEI Nova NanoLab 600 Dual Beam with Energy Dispersive Spectroscopy, Electron Back-Scatter Pattern, CRYO stage capabilities
 - JEOL 8600 WDS Microprobe with 4 crystal detectors
 - FEI Focused Ion Beam System (FIB)
 - Thermo VG Scientific Theta Probe X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)
 - Bruker D8 DISCOVER High Resolution X-ray Diffractometer
 - AMAT G2 SEMvision FIB-SEM
 - 2 Perkin-Elmer PHI 600 Auger Electron Spectroscopy
 - Perkin-Elmer PHI 6300 Quadrupole Dynamic Secondary Ion Mass Spectrometer (SIMS)
 - Scintag X-ray Diffractometer (XRD)
 - SOPRA Spectroscopic Ellipsometer
 - Digital Instruments Nanoscope III Scanning Probe Microscope (SPM)
 - Digital Imaging Atomic Force Microscope (AFM)
 - JEOL 4200 Atomic Force Microscope (AFM)
 - Linear Accelerator: <http://alpha.acclab.albany.edu/>
 - Nicolet Magna 75011 FTIR infrared spectroscopy

Photonix Ltd. in Glasgow, Schottland

- 1999 als erste Optoelektronik foundry service weltweit gegründet
- Photonix besitzt und betreibt eine voll ausgestattete 1000 m² Mikrostruktur-Fabrikations-Einrichtung (foundry service)
- Photonix ist ein not-for-profit Joint Venture, gegründet von University of Glasgow, University of Strathclyde, Scottish Enterprise und Scottish Enterprise Glasgow und betreibt die Halbleiter-Wachstums-Einrichtung der Universitäten Glasgow und Strathclyde
- Investitionssumme £7 Mio. Investment in Technologie und Ausstattung (Teilweise aus EFRE-Mitteln finanziert)
- 5 Reinräume mit insgesamt 400 m² (class 1000 bis 10.000), über 100 m² fully-serviced photonics labs mit einer Vielfalt an Konfigurationen
- Open-access, multi-user Mikrofabrikation- und Geschäftsentwicklungs-Einrichtung mit serviced Laboratorien und Büros, Integrierte Lösungen für End-to-end Produktentwicklung, von initialer F&E bis Herstellung;
- Umfangreicher Maschinenpark
- Kundennutzen: keine Kapitalkosten, keine hohen variablen Kosten, reduzierte Lead-Zeiten; Outsourcing der Produktion

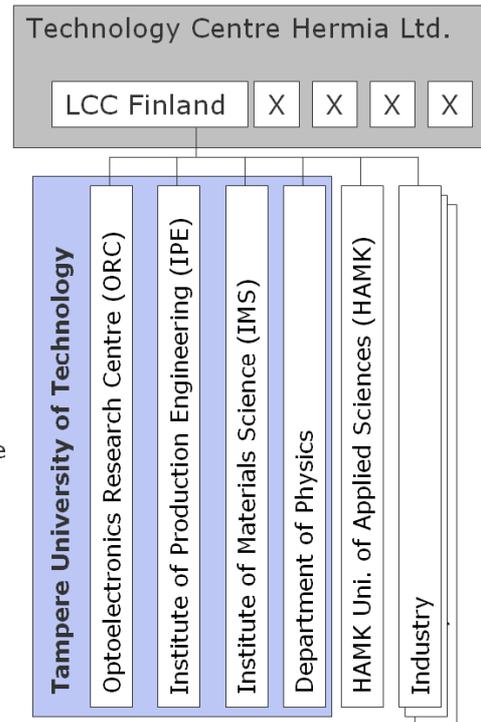
Acreeo AB in Kista, Stockholm

- Gegründet 1999 durch die Fusion von Schweden's bedeutsamen Institute of Optical Research (IOF) und dem Industrial Microelectronic Center (IMC)
- Forschungseinrichtung mit ca. 140 Wissenschaftlern arbeitet auf den Gebieten Optik und Mikroelektronik und erbringt Auftragsforschung und Technologieentwicklung
- Drei Rollen: „R&D – transfer – exploitation“
- Transfer durch Inkubator, Personal, Spin-Off (10 Spin-off (2006))
- Arbeitsgebiete: Integrated Circuit Design, Microelectronic Process Technologies, Optical Components and Systems, Packaging Technologies, Robust Electronics, Sensor Technologies, and SME Services
- Fünf verschiedene Laboratorien:
 - Semiconductor Laboratory
 - Fiber Optics Laboratories
 - Acreeo National Broadband Testbed
 - Measurement Services
 - Interconnect and Packaging



Laser Competence Centre Finland (LCC) in Tampere

- Ist ein Kompetenz- und Service-Center (Verein?)
- Aktivitäten in der gesamten Entwicklungskette, von technologieorientierter Grundlagenforschung über Integration, Laser Testing und end-users' Applikation Development, sowie Weiterbildung im Bereich Laser
- Grundlage hierfür: Kompetenzen der verschiedenen Institute und Einheiten im Bereich Laser an der Tampere University of Technology.
- Ziel: Anwendung der Lasertechnologie entsprechend der Bedürfnisse der Finnischen Industrie, so, dass die Unternehmen durch Nutzung der Fähigkeiten und Ausrüstung des LCC ihre Produkte und Prozesse weiterentwickeln können.
- 36 Mitgliedsunternehmen (Coherent; Oxford Instruments; Nokia...) mit entsprechenden Benefits



Interuniversity MicroElectronics Center (IMEC) in Leuven, Belgien

- independent research center in nanoelectronics and nanotechnology
- research focuses on the next generations of chips and systems
- IMEC's research bridges the gap between fundamental research at universities and technology development in industry
- sister company in the Netherlands, IMEC Nederland, concentrating on wireless autonomous transducer solutions
- 1500 people includes more than 500 industrial residents and guest researchers
- in 2005, IMEC's revenues rose by 29.6% to 162 million euro.
- IMEC generates 82% of its total budget (197 million euro), the remaining 18% being funded by the Flemish community.
- in 2006, its estimated revenue (P&L) was EUR 231 million

Holst Centre in Eindhoven (NL)

- set up in 2005 by IMEC (Flanders, Belgium) and TNO (The Netherlands) with support from the Dutch Ministry of Economic Affairs and the Government of Flanders
- R&D centre in the fields of Wireless Autonomous Transducer Solutions and System-in-Foil Products and Production,
- strong industrial participation
- staff of 70 in 2006 growing to over 200 in 2010
- Application domains:
 - healthcare and lifestyle,
 - industrial process monitoring & control,
 - agriculture,
 - mobile gaming,
 - automotive,
 - home and industrial buildings,
 - transportation/logistics/asset management
- Holst Centre operates as a program organization, offering industries research based on well-defined roadmaps. Research will be performed up to demonstrator level and partners can further commercialize the results into a product.

Holst Centre in Eindhoven (NL)

- set up in 2005 by IMEC (Flanders, Belgium) and TNO (The Netherlands) with support from the Dutch Ministry of Economic Affairs and the Government of Flanders
- R&D centre in the fields of Wireless Autonomous Transducer Solutions and System-in-Foil Products and Production,
- strong industrial participation
- staff of 70 in 2006 growing to over 200 in 2010
- Application domains:
 - healthcare and lifestyle,
 - industrial process monitoring & control,
 - agriculture,
 - mobile gaming,
 - automotive,
 - home and industrial buildings,
 - transportation/logistics/asset management
- Holst Centre operates as a program organization, offering industries research based on well-defined roadmaps. Research will be performed up to demonstrator level and partners can further commercialize the results into a product.

MESA+ Institute for Nanotechnology an der University of Twente (NL)

- MESA (est. 1990): Konglomerat aus Forschergruppen und Instituten (Sensoren, Aktuatoren, Mikrosysteme)
- MESA+ (est. 1999): Merger mit weiteren Gruppen (Elektronik, Optik, Materialforschung) Investition in umfangreiche Reinraum-Infrastruktur und Verbindungen zu TechPark
- Daten: etwa 475 MA (275 PhD's oder Postdocs);
Innerhalb des NanoLab 1250 m² Reinraum;
Umsatz/Budget 45 Mio. Euro p.a. (60% Drittmittel)
- Interdisziplinäre Forschung und Kooperation und Transfer in den Bereichen Physik, Elektrotechnik, Chemie und Mathematik
- Bis heute 35 high-tech start-ups aus MESA+ entstanden
- Spezielles Programm für Zusammenarbeit mit KMU → „friendly conditions“ für die Benutzung der umfangreichen MESA Einrichtungen und Reinnräume
- University of Twente Spinn-offs nutzen (mieten) Reinnräume der Uni für Fabrikation (ca. 33% der Reinnraumzeit) und mieten Reinnräume von MESA+ (ca. 33%) für Charakterisierung
→ Spannungen entstehen wegen Verfügbarkeit der Reinnräume für Forscher

MST Factory (Universität Dortmund)

- MST.factory dortmund GmbH(auf Phoenix West, dem neuen Hightech-Standort in Dortmund) ist Teil des Maßnahmenpakets dortmund-project zur Intensivierung des Strukturwandels (Umsatz: €1,6 Mio; 8 MA)
- Infrastruktur-Dienstleistungen (Bedarfsgerechte Ausrüstung für die MST, modernster Maschinenpark, Reinnraumkapazitäten und Labore)
- Qualifikation (Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen rund um die MST)
- MST.factory dortmund wird gefördert aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ durch den Bund und das Land Nordrhein-Westfalen sowie von der Europäischen Gemeinschaft kofinanziert – Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
- MST.factory dortmund bietet Gründern und Technologiefirmen technologische Ausstattung und Infrastruktur für die Prototypentwicklung in der MST
- Infrastruktur und Geräte stehen auf Mietbasis zur Verfügung; je nach Anwendung, individuelle Prozessketten möglich
- Derzeit 16 Start-ups

TransMIT Gesellschaft für Technologietransfer mbH (Gießen)

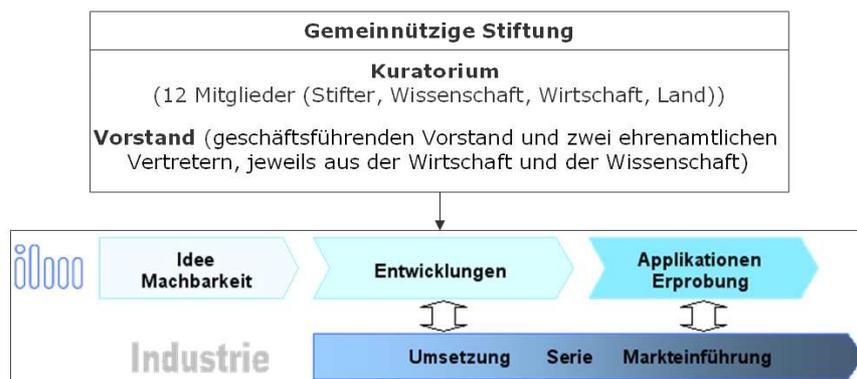
- wurde von **den mittelhessischen Hochschulen** (*Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, Philipps-Universität Marburg*); **den Volksbanken** (*Volksbank Mittelhessen eG, Volksbank Heuchelheim eG, Volksbank Wetzlar-Weilburg eG*); **den Sparkassen** (*Bezirkssparkasse Dillenburg, Sparkasse Gießen, Sparkasse Marburg-Biedenkopf, Sparkasse Oberhessen, Sparkasse Wetzlar*); **der Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg** gegründet,
- Ziel: Potenziale der Hochschulen professionell zu erschließen und die Wege zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu verkürzen.
- Vielzahl an verschiedenen TransMIT-Zentren
 - Life Sciences
 - Technik
 - Kommunikation, Medien, Literatur
 - Unternehmensführung und Management
 - Informations- und Kommunikationstechnik
- Dienstleistungsangebot
 - Innovationsberatung für KMU
 - Technologieorientierte Gründerberatung
 - Verwertung von Erfindungen
 - Erfinderberatung

ILM - Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik Ulm

- ILM 1985 als An-Institut der Universität Ulm als Stiftung des bürgerlichen Rechts gegründet; gemeinnützige Stiftung betreibt das ILM, Anbindung an Uni Ulm über Kooperationsvertrag
- Stifter: Aesculap (Tuttlingen), Carl Zeiss (Oberkochen), Richard Wolf GmbH (Knittlingen), KaVo Dental GmbH (Biberach/Riß), Universitätsklinikum (Ulm)
- Von Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg unterstützt da Technologietransfer in die mittelständische Wirtschaft
- größten Teils Selbstfinanzierung über Projekte
- 44 Mitarbeiter
- Schwerpunkte:
 - Medizin
 - Dentaltechnologie
 - Optische Messtechnik
 - LaserTherapieZentrum

ILM - Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik Ulm

- Organisationsstruktur



Laser-Laboratorium Göttingen

- Trägerverein Laser-Laboratorium Göttingen e.V. wurde 1987 gegründet;
- Verein betreibt Institut (LLG) als gemeinnützigen Zweckbetrieb;
- Institutionelle (Grund)Förderung durch Land Niedersachsen, 2006 72 % des Budget durch Drittmittel (53%) und Auftragsseinnahmen (19%)
- Zweck: „Förderung der Laserforschung“ durch angewandte Grundlagenforschung und Wissenstransfer zwischen Forschungseinrichtungen und Wirtschaft mittels Forschungsaufträgen, Beratungen, wissenschaftlicher Expertisen, Schulungen, Serviceleistungen
- **Abteilungen:**
 - Ultrakurzpuls-Photonik
 - Optik / Kurze Wellenlänge
 - Nanostrukturen
 - Photonische Sensorik
- 52 Mitarbeiter (meist in zeitlich befristeten Arbeitsverhältnissen), ca. 10 Diplomanden und ca. 10 Doktoranden
- 2002 Gründung der LLG GmbH mit Ziel (1) Dienstleistungen auf dem Gebiet der Photonik, (2) Vermietung von Labor- und Büroräumen sowie (3) die Kommerzialisierung von wissenschaftlichen Erkenntnissen, die vorrangig im LLG e.V. gewonnen worden sind

Laser-Laboratorium Göttingen

- Organisationsstruktur



PZH – Photonik Zentrum Hessen in Wetzlar AG

- Gegründet im November 2005 als kleine AG (11 industrielle Aktionäre, IHK Dillenburg und Wetzlar als institutioneller Aktionär, 9 private Investoren) mit 11 MitarbeiterInnen
- PZH: „Ideenschmiede“ und Applikationslabor mit Fokussierung auf Optik, insbesondere der UV-Nanoimprint-Lithographie sowie Mikro- und nanooptische Komponenten; Fasermesstechnik; Optische 3D-Messtechnik; Optische Oberflächencharakterisierung; 3D-Kamerasensorik → PZH als der Kooperationspartner der Industrie und Hochschulen
- Weitere Leistungen: Bauwerksmonitoring und optische Fasermesstechnik; F+E- Projekte / Produktentwicklung; Wissenschaftliche Tagungen und Symposien; Optik-Informationszentrum; Betriebliche Aus- und Weiterbildung
- Finanziert teilweise durch EFRE-Mittel
- Firma Zeiss rüstet Nanoimprint-Anlage (€400.000 im Sept. 2007) auf, und gehört gleichzeitig zu den Nutzern der Nanoimprint-Technologie.
- Neben den am PZH beteiligten Firmen wollen auch mehr als ein Dutzend Firmen außerhalb der Region die Maschine für ihre Fertigung nutzen. Besonderes Interesse bei Universitäten (enge Verbindungen zur Technischen Universität Darmstadt und Universität Kassel)

A.L.L. Lasertechnik GmbH (**A**pplikations **L**abor für **L**asertechnik)

- Vom Laborbetrieb zur Lohnfertigung
- Gegründet wurde die A.L.L. Lasertechnik GmbH im Jahre 1977 (in München).
- 1977 noch »Applikations Labor für Lasertechnik«, da in den Anfängen der industriellen Nutzung von CO₂-Lasern überwiegend Versuche und Prozessentwicklungen zum Thema Laserschneiden und Laserschweißen durchgeführt wurden
- Erarbeitung zukunftssträchtiger Verfahren gemeinsam mit Kunden:
 - die Laserbearbeitung von Keramiksubstraten,
 - das Laserschneiden von Quarzglas,
 - das Laserschneiden mit Hochdruck sowie
 - das Laserbeschriften.
- Mit zunehmendem Bekanntheitsgrad der Laseranwendungen gingen die Aufgaben der Prozessentwicklungen zurück und somit hat sich die A.L.L. Lasertechnik GmbH kontinuierlich der Laserlohnfertigung (Laser-Job-Shop) zugewandt
- Heute 15 MA und ca. €1,5 Mio. Umsatz

Anwendungszentrum METAKUS (Braunatal, Nordhessen)

- 2008 eröffnet als **Einrichtung von UniKasselTransfer GmbH**,
- Teil des MoWiNet e.V. (Mobilitätswirtschaft Nordhessen)
- Als Zentrum für den **regionalen Schwerpunkt „Metallformgebung“** mit pot. 600 metallverarbeitenden Betriebe in Nordhessen - potentielle Kooperationspartner
- wissenschaftliche Leitung (Prof. Dr.-Ing. Kurt Steinhoff, UniKasselTransfer GmbH); auf einem von der Stadt Braunatal zur Verfügung gestellten Grundstück; Gemeinschaftsinitiative namhafter Unternehmen aus Mittelstand und Industrie, der Universität Kassel sowie regional- und landespolitischen Institutionen des Bundeslandes Hessen
- **Neubaus** mit Nutzfläche von 1.700 qm mit **Technikum, Prüflabor, Werkstatt und Büroräumen**; hierfür Initialinvestition von rund 1,24 Mio. Euro von Land Hessen (insgesamt **2,5 Millionen Euro** für die Halle aus privaten Mitteln sowie **2,7 Millionen Euro** aus privaten und öffentlichen Mitteln für die Ausstattung und die Geräte)
- derzeit 10 Mitarbeiter (avisiert bis zu 20 Mitarbeiter)

Anwendungszentrum METAKUS (Braunatal, Nordhessen)

Partner	Sponsoren	Projektkoordination
Volkswagen AG Daimler Chrysler AG Viessmann Werke GmbH & Co. KG Graebener Group Hübner GmbH Universität Kassel	Stadt Braunatal ALSTOM Power Energy Recovery GmbH CREFORM Technik GmbH K. Emmeluth Baugesellschaft mbH F. W. Breithaupt & Sohn GmbH & Co. KG Continental AG, Werk Korbach Dithmar Westhelle Assenmacher Zwingmann & Partner HEBÖ Maschinenfabrik GmbH Hermanns HTI Bau GmbH & Co. KG HNA (Hessische Allgemeine) Kraus-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG PMA Prozess- und Maschinen-Automation GmbH Raiffeisenbank Braunatal Roberts RSE Planungsgesellschaft mbH Rudolph Logistik Gruppe Verband der Metall- und Elektrownternehmen Hessen, Bezirksgruppe Nordhessen e.V. Zweckverband Raum Kassel	Regionalmanagement Nordhessen Universität Kassel, Fachgebiet Umformtechnik UniKasselTransfer