



acatech BERICHTET UND EMPFIEHLT - Nr. 6

> ORGANISCHE ELEKTRONIK IN DEUTSCHLAND

BEWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN FÜR
DIE WEITERENTWICKLUNG

Herausgeber:
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Geschäftsstelle
Residenz München
Hofgartenstraße 2
80539 München

Hauptstadtbüro
Unter den Linden 14
10117 Berlin

T +49(0)89/5203090
F +49(0)89/5203099

T +49(0)30/206309610
F +49(0)30/206309611

E-Mail: info@acatech.de
Internet: www.acatech.de

Redaktion: Dr. Holger Jens Schnell
Koordination: Dr. Marc-Denis Weitze
Layout-Konzeption: acatech
Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS,
Sankt Augustin

Die Originalversion des Buches ist beim Springer Verlag erhältlich.

> INHALT

MITWIRKENDE UND PROJEKTVERLAUF	5
PRÄAMBEL	8
KURZFASSUNG	9
1 EINLEITUNG	13
1.1 Motivation, Zielsetzung und Zielgruppen der Stellungnahme	13
1.2 Methodik	14
1.3 Ausgangspositionen	15
1.4 Aufbau der Stellungnahme	16
2 DIE ORGANISCHE ELEKTRONIK IN DEUTSCHLAND	17
2.1 Eine Zukunftstechnologie für Deutschland	17
2.2 Die Kette „vom Material zum Produkt“ in der Organischen Elektronik	18
2.3 Bisherige Förderung der Organischen Elektronik	20
2.4 Die Position Deutschlands im Führungsfeld ist derzeit nicht unangefochten	22
2.5 Es bedarf erheblicher Anstrengungen, um die starke Position zu halten	27
3 FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND UMSETZUNG IN PRODUKTE	29
3.1 Herausforderungen entlang der Kette „vom Material zum Produkt“	29
3.2 From Lab to Fab – Herausforderungen auf dem Weg zur Serienfertigung	33
3.3 Pilotanlagen als Brücke zur Marktreife	35
3.4 Empfehlungen zur Stärkung der Forschung, Entwicklung und Umsetzung	36
4 NACHWUCHSFÖRDERUNG	38
4.1 Ausbildungsmöglichkeiten für den wissenschaftlichen Nachwuchs	38
4.2 Drohender Nachwuchsmangel in der Organischen Elektronik	40
4.3 Empfehlungen zur Lehre und Nachwuchssicherung	42

5	FÖRDERUNG	44
5.1	Stärken und Schwächen der bisherigen Förderung	44
5.2	Erfahrungen aus BMBF-Projekten	47
5.3	Empfehlungen für die Förderung der Organischen Elektronik in Deutschland	49
6	STÄRKUNG DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK IN DEUTSCHLAND	52
6.1	Empfehlungen zur Entwicklung einer gemeinsamen Forschungsstrategie	52
6.2	Empfehlungen zur Vernetzung aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette	54
6.3	Empfehlungen zu Zentren der Organischen Elektronik	56
7	PERSPEKTIVEN	60
	LITERATURVERZEICHNIS	61
	ANHANG: PROGRAMM DES AUFTAKTWORKSHOPS	69

MITWIRKENDE AM PROJEKT

> AUFTRAG

Dieser Bericht wurde im Auftrag des VDI Technologiezentrum GmbH (VDI TZ GmbH) mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung erstellt.

Die Aufgabenstellung wurde von der VDI TZ GmbH vorgegeben.

Die VDI TZ GmbH hat das Ergebnis dieses Berichts nicht beeinflusst; der Auftragnehmer trägt allein die Verantwortung.

> PROJEKTLEITUNG

- Prof. em. Dr. rer. nat. Dr. h. c. Hartwig Höcker

> PROJEKTGRUPPE

- Dr. Ralf Anselmann, Evonik Degussa GmbH
- Prof Dr. Dick Broer, TU Eindhoven (Niederlande)
- Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Universität Paderborn/acatech
- Prof. Dr. Michael Grätzel, EPFL Lausanne (Schweiz)
- Prof. em. Dr. rer. nat. Dr. h. c. Hartwig Höcker, RWTH Aachen/acatech
- Dr. Karl-Heinrich Hahn, BASF SE
- Prof. Dr. Wolfgang Knoll, Austrian Institute of Technology (Österreich)
- Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kowalsky, Technische Universität Braunschweig/acatech
- Prof. Dr. rer. nat Doris Schmitt-Landsiedel, Technische Universität München/acatech
- Prof. Dr. Ulrich S. Schubert, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Dr. Wolfgang Volz, Robert Bosch GmbH
- Dr. Joachim Wecker, Siemens AG
- Prof. Dr. rer. nat. Albrecht Winnacker, Universität Erlangen-Nürnberg/acatech

> REVIEW-GRUPPE

- Dr.-Ing. E. h. Bernd Pischetsrieder, acatech Präsidium
- Prof. Dr.-Ing. Christina Berger, Technische Universität Darmstadt/acatech
- Prof. Dr. Rüdiger Iden, nanid Scientific Consulting/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Paolo Lugli, Technische Universität München

> BEFRAGTE EXPERTEN

- Dr. Ralf Anselmann, Evonik Degussa GmbH
- Dr. Florian Ausfelder, Dechema e.V.
- Dr. Rainer Beccard, Aixtron SE
- Dr. Dietrich Bertram, Philips GmbH
- Dr. Jan Blochwitz-Nimoth, NovaLED AG
- Dr.-Ing. Matthias Bues, Fraunhofer IAO
- Prof. Dr. Andreas Bührig-Polaczek, RWTH Aachen und Studententag MatWerk
- Luis S. Diaz, Volkswagen Group of America, Inc.
- Dr. Karsten Dierksen, Bayer MaterialScience AG
- Dr. Peter Erk, BASF SE
- Dr. Konstantinos Fostiropoulos, Helmholtz Zentrum Berlin
- Dr. Thomas Geelhaar, Merck KGaA
- Prof. Dr. Michael Grätzel, EPFL Lausanne
- Dr. Karl-Heinrich Hahn, BASF SE
- Prof. Dr. Michael Heuken, Aixtron SE, RWTH Aachen
- Dr. Karsten Heuser, OSRAM GmbH
- Dipl.-Ing. Hagen Klauk, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung
- Prof. Harri Kopola, VTT Technical Research Centre of Finland
- Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kowalsky, Technische Universität Braunschweig
- Jan Kreis, Aixtron SE
- Dr. Michael Lentze, Deutsche Forschungsgemeinschaft
- Prof. Dr. rer. nat. Karl Leo, Fraunhofer IPMS und TU Dresden
- Dr. Christian May, Fraunhofer IPMS
- Dr. Klaus Meerholz, Universität zu Köln
- Wolfgang Mildner, PolyIC Inc.
- Prof. Dr. Klaus Müllen, Max-Planck-Institut für Polymerforschung
- Dr. David Müller, Merck KGaA
- Dr. Zoltan Nocht, SAP AG & Co. KG
- Dr. Stefan Pieper, VDI Technologiezentrum
- Dr. Andreas Rückemann, Helatek GmbH
- MinR Dr. Frank Schlie-Roosen, Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Prof. Dr. Ulrich S. Schubert, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Roland Seifert, Gira, Giersiepen GmbH & Co. KG
- Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Simon, RWTH Aachen
- Prof. Dr. Henning Sirringhaus, University of Cambridge (Großbritannien)

- Koen Snoeckx, Holst Center, Eindhoven (Niederlande)
- Dr. Uwe Vogel, Fraunhofer IPMS
- Prof. Dr. Brigitte Voit, Leibniz-Institut für Polymerforschung
- Dr. Wolfgang Volz, Robert Bosch GmbH

Wertvolle Informationen ergaben sich durch Gespräche mit Dr.-Ing. Holger Junge, VDI Technologiezentrum GmbH.

> **UNTERAUFTRAG**

Im Rahmen des Projekts wurde das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT (Aachen) gebeten, Befragungen vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten, Recherchen durchzuführen sowie den vorliegenden Projektbericht zu disponieren und textlich zu gestalten. Beteiligt waren hier Dipl.-Inform. Susanne Aghassi, Dipl.-Ing., MBA Patrick Ansgar Hacker, Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek und Dipl.-Ing. Jennifer Kreysa.

> **PROJEKTKOORDINATION**

Dr. Marc-Denis Weitze, acatech Geschäftsstelle

> **PROJEKTVERLAUF**

Dieses Projekt wurde im Zeitraum Januar bis Dezember 2010 durchgeführt. Das acatech Präsidium hat das Papier am 8. Februar 2011 syndiziert.

PRÄAMBEL

Die Organische Elektronik ist ein noch junges Technologiefeld, das so unterschiedliche Anwendungen wie Leuchtmittel, Photovoltaik, gedruckte Elektronik und Batterien umfasst. Der Ersatz anorganischer durch organische Materialien in elektronischen Bauteilen, besonders zur Umwandlung von Licht in elektrischen Strom (Photovoltaik) und umgekehrt von elektrischem Strom in Licht (Leuchtdioden), verspricht grundlegende Vorteile in ökonomischer und ökologischer Hinsicht, aber auch hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeiten und des Designs z. B. für großflächige Beleuchtung, flexible Displays und die Erzeugung von Energie. Allerdings bedarf es zu einer konkurrenzfähigen, effizienten und kostengünstigen Realisierung noch erheblicher Forschungsanstrengungen im Hinblick auf das theoretische Verständnis, wirksame Materialien und kontrollierte Prozesstechnik, also im Hinblick auf die gesamte Wertschöpfungskette.

Der Organischen Elektronik wird mittel- bis langfristig ein globales Marktvolumen von mehreren hundert Milliarden Euro vorausgesagt. Entsprechend heftig ist die internationale Konkurrenz um Erfolge in der Entwicklung und der Umsetzung in marktfähige Produkte entbrannt. Dies spiegelt sich einerseits in den erheblichen Aufwendungen für die Forschungsförderung und andererseits in dem starken Engagement der Wirtschaft weltweit wider.

Auch in Deutschland wurde die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Organischen Elektronik in den letzten Jahren signifikant und gezielt gefördert. Besonders dazu beigetragen hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Hightech-Strategie in zwei Innovationsallianzen und einem Spitzencluster, wobei 200 Mio. Euro aus öffentlicher Hand 800 Mio. Euro vonseiten der Industrie gegenüber stehen. Zusätzlich fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft die Organische Elektronik in zwei Schwerpunkten. Die Förderung auf Bundesebene wird durch zahlreiche landesspezifische Fördermaßnahmen ergänzt. Schließlich sind spezifische Programme im Rahmen des 7. Rahmenprogramms der Europäischen Union auf die Organische Elektronik ausgerichtet.

Diese Situation hat dazu geführt, dass die Position Deutschlands im Wettlauf um Innovationen auf dem Gebiet der Organischen Elektronik im Vergleich zu den großen Konkurrenten USA und Asien, wenn auch nicht uneingeschränkt führend, so doch noch im Ganzen gut ist. Um diese Position auch in Zukunft zu halten oder besser zu stärken und die Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in marktfähige Produkte in Deutschland sicherzustellen, sind jedoch neben erheblichen finanziellen Aufwendungen auch eine Reihe ausbildungs-, wissenschaftsorganisatorischer und wissenschaftspolitischer Anstrengungen erforderlich. Insbesondere gilt es, für die zügige Weiterentwicklung der Organischen Elektronik in Deutschland Zielprodukte zu definieren, die für alle Akteure verbindlich sind.

Es ist kein Zufall, dass bei acatech zeitgleich eine Stellungnahme zur Nanoelektronik als künftiger Schlüsseltechnologie der Information- und Kommunikationstechnik in Deutschland erscheint¹. Hier wird die zunehmende Verlagerung von Produktionsstandorten in die Nähe zukünftiger Zielmärkte in Asien mit Sorge betrachtet, und es wird aufgerufen zum konzertiertem Handeln in Industriepolitik und Forschungsförderung.

Das vorliegende Positionspapier ist als Eingangsstudie zu verstehen, die beabsichtigt, mit den acatech Empfehlungen Bund und Ländern, Hochschulen, Forschungsorganisationen und Unternehmen eine Orientierungshilfe für koordiniertes Handeln zu geben. Es ist das Ziel, die Aktivitäten der Förderer, der Wirtschaft sowie der Forscher und Entwickler zusammenzuführen, Doppelentwicklungen in großem Stil zu vermeiden, besonders die Forscher und Entwickler zu veranlassen, sich auf Leitprodukte zu konzentrieren, und einer Aufsplitterung der Aktivitäten entgegenzuwirken, um durch Synergien zusätzliche Kräfte freizusetzen.

Die Organische Elektronik könnte eine ganz neue Welt eröffnen, die sich heute kaum in jedem Detail absehen lässt. Es sollte sich lohnen, an der Gestaltung dieser neuen Welt in vorderster Front mitzuwirken.

¹ acatech 2011.

KURZFASSUNG

Die Organische Elektronik ist eine Zukunftstechnologie, die ein globales Marktvolumen von mehreren hundert Milliarden Euro verspricht. Beleuchtung, Displays, Photovoltaik, gedruckte Elektronik, Sensoren und Batterien sind tatsächliche bzw. geplante Anwendungsfelder. Entsprechend groß ist die Konkurrenz bei der Entwicklung marktfähiger Produkte, besonders in Asien und den USA. In Deutschland wurden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Organischen Elektronik in den letzten Jahren gezielt gefördert, sodass die Position Deutschlands im globalen Wettbewerb noch als im Ganzen gut zu bezeichnen ist. Um diese Position in Zukunft zu halten und möglichst zu verbessern, müssen neben dem Erhalt der Fördermittel die Akteure allgemein verbindliche Prioritäten hinsichtlich der Anwendungsziele entwickeln. Das vorliegende Papier mündet in Leitlinien in Form von acatech Empfehlungen, die zur weiteren Koordinierung der Anstrengungen und damit zu einer Stärkung Deutschlands auf dem Gebiet der Organischen Elektronik führen sollen.

Somit richtet sich das Papier an die Politik, die Förder- und Forschungsorganisationen sowie die Forscher und Entwickler in Wissenschaft und Wirtschaft. Es beruht auf den Ergebnissen eines Workshops und einer Expertenbefragung sowie der aktiven Mitarbeit einer Projektgruppe aus Fachleuten, die wesentlich dazu beigetragen haben, die allgemein gehaltenen Ausgangspositionen zu konkretisieren.

Mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sind in Deutschland unter starker Beteiligung der Industrie im Rahmen der Hightech-Strategie zwei Innovationsallianzen, die OLED-Initiative und die Innovationsallianz Organische Photovoltaik (OPV), und das Spitzencluster „Forum Organic Electronics“ entstanden, das sich Querschnittsthemen der Organischen Elektronik widmet. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert die Organische Elektronik in den Schwerpunkten Organische Feldeffekttransistoren (OFET) und Organische Photovoltaik. Daneben sind landesspezifische und europäische Fördermaßnahmen zu nennen.

In weiten Gebieten der Organischen Elektronik liegen Chancen für Deutschland, so auf dem Gebiet der organischen Materialien, der Organischen Leuchtdioden (OLED Lighting), der Organischen Photovoltaik (OPV) und auf dem Gebiet der Organischen Feldeffekttransistoren (OFET) sowie im Niedrigpreissegment der Alltags elektronik, der gedruckten Elektronik und der organischen Batterien. Für eine erfolgreiche Produktentwicklung ist dabei die gesamte Wertschöpfungskette „vom Material zum Produkt“, also von der Materialentwicklung über die Anlagentechnik, Deviceherstellung bis zur Produktintegration und Anwendungsentwicklung mit einem hohen Bedarf an iterativem Vorgehen erforderlich, wobei die fertigungs- und prozesstechnischen Entwicklungen von besonders hoher Bedeutung sind.

Demgegenüber liegen Stärken der Hauptkonkurrenten in der Deviceentwicklung und auf der Produktseite (USA) sowie in der Anlagentechnik, der Deviceentwicklung und auf der Produktseite (Asien). Hinsichtlich der Anwendungsbereiche ist besonders Asien im Bereich OLED Displays führend und die USA sind besonders im Bereich OPV und teilweise im Bereich OFET stark. In den USA und besonders in Asien finden erhebliche Transferbemühungen statt, und in Asien sind bereits die Unternehmen beheimatet, die die Konsumelektronikbranche beherrschen. In Deutschland sind daher erhebliche Anstrengungen erforderlich, um in gezielt ausgewählten Bereichen nicht nur eine wissenschaftliche Führungsposition einzunehmen, sondern die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auch so weit zu treiben, dass eine Umsetzung in marktfähige Produkte durch die Industrie erfolgen kann.

Das vorliegende Papier ist als eine Eingangsstudie zu verstehen, die die Akteure veranlassen soll, aus den acatech Empfehlungen die erforderlichen sach- und fachbezogenen Schlüsse für ein konzertiertes Handeln zu ziehen. Zur Stärkung der Forschung, Entwicklung und Umsetzung im Bereich der Organischen Elektronik ist die enge Zusammenarbeit der Wissensträger von der Grundlagenforschung

über die angewandte Forschung, die Material- und Deviceentwicklung bis zur Produktentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der fertigungs- und prozesstechnischen Entwicklung sowie unter Einbeziehung der Qualitätssicherung und der Entwicklung von Standards entscheidend. Jede Lücke verzögert den Transferprozess.

> **acatech empfiehlt,**

der auf das grundlegende Verständnis der Organischen Elektronik ausgerichteten Forschung neben der empirischen Weiterentwicklung hohe Bedeutung beizumessen und hierzu die Verbundforschung zwischen Instituten der Max-Planck-Gesellschaft, der Leibniz-Gemeinschaft und den Universitäten einerseits und den Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft und der Industrie andererseits im Hinblick auf die Verbesserung der Zielgrößen (Effizienz, Lebensdauer, Kosten) für konkrete Zielprodukte der Organischen Elektronik zu fördern. Idealerweise sollte diese Forschung „unter einem Dach“ mit umfangreicher Infrastruktur (z. B. Gemeinschaftsinstitut der MPG und der FhG) zusammengeführt werden, das sich in unmittelbarer Nähe einschlägiger Industrie befindet und in dem sich Forscher von der Grundlagenforschung über die Anwendungsforschung, die Systemtechnik bis zur Fertigungs- und Prozesstechnik für jeweils begrenzte Zeit (bis zu 5 Jahren) zusammenfinden.

> **acatech empfiehlt,**

Forschungsherausforderungen, die mit der Aufskalierung von Materialien, Devices sowie der Fertigungs- und Prozesstechnik einhergehen, besondere Aufmerksamkeit zu widmen und Aufbau und Nutzung offener Pilotanlagen mit geeigneten Geschäftsmodellen unter Berücksichtigung nationaler und europäischer Gegebenheiten zu fördern, um die Umsetzung in marktfähige Produkte der Organischen Elektronik durch die Industrie in Deutschland zu sichern.

Die Organische Elektronik als Teilgebiet der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik ist eine Querschnittstechnologie, die von den beteiligten Chemikern, Physikern, Maschinenbau- und Elektrotechnik-Ingenieuren neben tiefgehenden Fachkenntnissen interdisziplinäres Verständnis und Systemdenken verlangt. Die Ausbildungsmöglichkeiten für Fachleute und Generalisten und damit die Lehre und Nachwuchssicherung werden aus heutiger Sicht dem zu erwartenden Bedarf nicht gerecht, insbesondere vor dem Hintergrund des in den MINT-Fächern drohenden Nachwuchsmangels und der Abwanderung von Fachkräften ins Ausland.

> **acatech empfiehlt,**

die Attraktivität des Studiums der Organischen Elektronik zu steigern, an den bestehenden Zentren die Vertiefungsrichtung Organische Elektronik in bestehende Studiengänge zu integrieren (soweit die erforderlichen Randbedingungen gegeben sind, gegebenenfalls einen Master-Studiengang Organische Elektronik einzurichten), fakultätsübergreifende Arbeiten zu fördern, die Anerkennung von Studienleistungen, die in anderen Fakultäten erbracht wurden, zu erleichtern und interdisziplinär angesiedeltes Lehr- und Forschungspersonal aufzubauen. Um das Interesse der Studierenden zu wecken, sollte der Bekanntheitsgrad des neuen Forschungsbereichs gesteigert werden, und bei der Darstellung der Berufschancen sollte die Industrie mitwirken.

Auf die frühzeitige und intensive Förderung der Organischen Elektronik ist die heutige Position Deutschlands im Führungsfeld zurückzuführen. Jede Lücke in der Kette „vom Material zum Produkt“ stellt für die Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse ein Hindernis dar.

> **acatech empfiehlt,**

die Durchgängigkeit der Förderung über alle Stufen der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette zu sichern, die Förderung zu bündeln und die Abstimmung zwischen Bund und Ländern weiter zu verbessern. Außerdem sollten alternative Förder- und Finanzierungsmodelle – z. B. im Rahmen von Public Privat Partnerships – entwickelt werden, um projektunabhängige nachhaltige Forschungsanstrengungen zu stärken.

> **acatech empfiehlt,**

die Innovationsallianzen „Organische Leuchtdioden“ und „Organische Photovoltaik“ mit ihren komplementären Schwerpunkten weiterhin zu fördern und gleichzeitig angemessenen Raum für innovative Ideen zu schaffen, etwa im Bereich der organischen Batterien und der gedruckten Elektronik. Wegen des hohen ökonomischen Potenzials und wegen synergetischer Effekte sollte aber auch in Deutschland die Weiterentwicklung der Organischen Displays vorangetrieben werden.

> **acatech empfiehlt,**

bestehende Förderangebote für Start-ups und Ausgründungen auszubauen und die Fördersummen an den jeweiligen Technologien auszurichten, über eine Transferplattform Kontakte zu Wagniskapitalgebern zu vermitteln und der Öffentlichkeitsarbeit für die Organische Elektronik vonseiten der Politik, der Förderer und der Zentren erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, um die Gründungsmotivation auf dem Gebiet der Organischen Elektronik zu erhöhen.

Um die Wirksamkeit der Investitionen in Forschung und Entwicklung und damit die noch gute Position Deutschlands auf dem Gebiet der Organischen Elektronik sowie die Chancen, wenigstens in ausgewählten Bereichen nicht nur Leitmarkt, sondern auch Leitanbieter zu werden, zu er-

halten und zu stärken, müssen zusätzliche Anstrengungen aller Beteiligten unternommen werden.

> **acatech empfiehlt**

die Gründung einer Strategieguppe aus dem Kreis der Akteure (Forschung und Industrie), besonders um verbindliche Entscheidungen zur Priorität von Entwicklungen hinsichtlich der Ziel- oder Leitprodukte zu treffen sowie die Art und den Bedarf an Pilotanlagen zu ermitteln und in konzertierter Aktion zu beschaffen. Dabei sollten neben den Organischen Leuchtdioden und der Organischen Photovoltaik auch die Organischen Displays berücksichtigt werden.

Für die schnelle Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in Produkte und die Identifizierung von Forschungsbedarf zu Fragen, die Hürden bei der Umsetzung darstellen, ist ein regelmäßiger Austausch zwischen Forschern und Unternehmen erforderlich.

> **acatech empfiehlt,**

das Netzwerk der Akteure der Organischen Elektronik flexibel, offen und nachhaltig zu gestalten und frühzeitig potenzielle Nutzer, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen mit besonderem Potenzial für neue Anwendungsmöglichkeiten der Organischen Elektronik (z. B. die Druckindustrie) einzubeziehen.

> **acatech empfiehlt,**

regelmäßige Status-quo Veranstaltungen der Akteure aus den Zentren, den übrigen Schwerpunkten mit besonderen Kompetenzen und den Projekten zu organisieren, um die Kooperation mit und zwischen den Zentren zu stärken, Probleme, Fortschritte und mögliche Umsetzungen zu diskutieren und Lösungen bzw. weiteres Vorgehen abzusprechen. Die Organisation dieser Treffen sollte durch den Projektträger erfolgen.

> **acatech empfiehlt,**

die Anzahl der Zentren in Deutschland nicht zu erhöhen, um deren Sichtbarkeit und Attraktivität für Kooperationen auf wissenschaftlicher und wirtschaftlicher sowie auf nationaler und internationaler Basis nicht zu beeinträchtigen. Aus den Zentren heraus sollten Public Private Partnership-Modelle mit Schlüsselunternehmen der Organischen Elektronik entwickelt werden, nicht nur zur Finanzierung von umsetzungsnahen Entwicklungen in den Zentren, sondern auch zur verstärkten Zusammenführung von Wissenschaft und Industrie, insbesondere von Unternehmen mit hohem Anwendungspotenzial für Organische Elektronik, und zur Steigerung der Attraktivität der Ausbildung auf dem Gebiet der Organischen Elektronik.

1 EINLEITUNG

1.1 MOTIVATION, ZIELSETZUNG UND ZIELGRUPPEN DER STELLUNGNAHME

Die Erkenntnis, dass organische Polymere je nach chemischer Struktur isolierende, halbleitende oder – nach partieller Oxidation oder Reduktion – elektrisch leitende Eigenschaften besitzen, ebnete den Weg für ein neues Forschungs- und Technologiefeld: die Organische Elektronik – den Aufbau elektronischer Bauelemente auf Basis organischer Ausgangsmaterialien. In den 1980er Jahren gelang es Forschern, die ersten funktionstüchtigen Organischen Transistoren und nahezu zeitgleich die ersten Organischen Leuchtdioden und Solarzellen zu entwickeln. Seit den 1990er Jahren hat die Organische Elektronik in Deutschland wie auch weltweit eine rasante Entwicklung genommen.²

Die Organische Elektronik verspricht vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, die vor allem von der möglichen Großflächigkeit und der Flexibilität der Produkte profitieren. Zu den prominentesten gehören Organische Leuchtdioden (OLED), welche in Beleuchtungssystemen und Displays zum Einsatz kommen, die Organische Photovoltaik (OPV) und Organische Feldeffekttransistoren (OFET), welche derzeit schon in gedruckten RFID-Tags³ Verwendung finden. Weitere mögliche Anwendungen finden sich z. B. in Organischen Batterien, in der Sensortechnik, in der Speichertechnik und allgemein in integrierten intelligenten Systemen.

Laut der Strategischen Forschungsagenda „Für Grüne Elektronik aus Deutschland“⁴ wird der Organischen und Großflächigen Elektronik mittel- bis langfristig ein globales Marktvolumen von mehreren hundert Milliarden Euro prognostiziert, was in etwa dem wirtschaftlichen Stellenwert der heutigen konventionellen, siliziumbasierten Elektronik

entspricht.⁵ Die Wichtigkeit dieses Forschungsfelds für Deutschland spiegelt sich auch in dem starken Engagement von Wissenschaft und Wirtschaft wider. Allerdings wird auf die Notwendigkeit von Veränderungen hingewiesen, um auch zukünftig an der Spitze mithalten zu können. Insbesondere bedürfen die bisherigen Anstrengungen einzelner Akteure oder Akteursgruppen auf diesem Gebiet einer erheblich verbesserten Koordination. Die Zukunft der Organischen Elektronik erfordert jetzt mehr denn je ein integriertes Vorgehen unter Beteiligung der Wissenschaftsorganisationen, der Förderer, der Unternehmen und Verbände sowie der Politik.

In der jüngsten Vergangenheit wurde der Veränderungsbedarf in einer Vielzahl von Studien und Strategiepapieren zur Organischen Elektronik adressiert. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang insbesondere das Whitepaper „OE-A Roadmap for Organic and Printed Electronics“⁶, die Strategische Forschungsagenda „Towards Green Electronics in Europe“⁷, welche im Rahmen des EU-Projekts Opera entstand, sowie deren nationales Äquivalent „Für Grüne Elektronik aus Deutschland“. Diese Papiere markieren einen Meilenstein nationaler sowie europäischer Aktivitäten und bilden den Ausgangspunkt dieser Stellungnahme.

In diesem Sinn soll das vorliegende Papier eine Orientierungshilfe für Bund und Länder sowie für Hochschulen, Förderorganisationen und Unternehmen liefern. Es gilt, die Aktivitäten der Akteure auf dem Gebiet der Organischen Elektronik abzustimmen bzw. zusammenzuführen. Die Umsetzung der in diesem Papier vorgebrachten Empfehlungen soll dazu beitragen, die Stärke Deutschlands auf dem Gebiet der Organischen Elektronik auch in Zukunft zu sichern und weiter auszubauen.

² Vgl. Klauk 2007.

³ Radio-frequency identification Tags.

⁴ VDI-TZ 2009.

⁵ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 6.

⁶ OE-A 2009.

⁷ OPERA 2009.

Die vorliegende Stellungnahme richtet sich daher an alle beteiligten Akteure entlang der Wertschöpfungskette der Organischen Elektronik. Zur Zielgruppe gehören erstens Forscher und Entwickler aus Wissenschaft und Wirtschaft, um markt- und zukunftsorientiert Forschungs- und Entwicklungskooperationen einzugehen. Zweitens richtet sich dieses Papier an die Politik und Förderer, um anforderungsgerechte Förderprogramme fortzuführen bzw. aufzulegen, die Forschungserfolge in den Schlüsselbereichen ermöglichen und zugleich Anreize zur Kommerzialisierung setzen. Drittens richtet sich diese Stellungnahme an die Hochschulen und Wissenschaftsorganisationen, um Forschungsschwerpunkte aufzugreifen und die Ausbildung qualifizierten Nachwuchses für dieses hochgradig interdisziplinäre Technologiefeld sicherzustellen. Nicht zuletzt stellt diese Stellungnahme eine Orientierungshilfe für die Wirtschaft dar, welche für Investitionen in dieses aussichtsreiche Technologiefeld klare Zukunftsperspektiven für zielgerichtetes Handeln benötigt.

Die Organische Elektronik ist ein junges Technologiefeld; die Herausforderungen sind daher immer noch vornehmlich forschungs- oder wissenschaftsorientiert, und zwar über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg, von der Synthese geeigneter Materialien bis zur Fertigungs- und Prozesstechnik. Allerdings ist es erforderlich, diese Kette lückenlos zu schließen, um damit die Voraussetzung für eine möglichst rasche Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in marktfähige Produkte zu ermöglichen. Dazu müssen die Akteure im Sinne verstärkter Synergien über die gesamte Entwicklungskette kooperieren und Prioritäten für Leitprodukte und damit für zielgerichtete Forschungs- und Entwicklungsaufgaben festlegen. In diesem Sinne ist das vorliegende Papier als Eingangsstudie zu verstehen, die die Akteure veranlassen soll, aus den Empfehlungen die erforderlichen sach- und fachbezogenen Schlüsse zu ziehen.

1.2 METHODIK

Der Grundstein für dieses Papier wurde in einem Auftaktworkshop gelegt, der am 18. Mai 2010 unter der Leitung von Hartwig Höcker durchgeführt wurde. In diesem Workshop referierten zehn Experten der Organischen Elektronik aus Wissenschaft und Wirtschaft über Forschungs Herausforderungen auf Grundlagen- und Anwendungsseite, die Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte sowie die Position Deutschlands in diesem Forschungsfeld im internationalen Vergleich. Die Vorträge beleuchteten die Entwicklungen der Organischen Elektronik aus unterschiedlichen Perspektiven und gaben wichtige Impulse für diese Stellungnahme.

Als methodischer Ansatz wurde ein hypothesenbasiertes Vorgehen gewählt: Aufbauend auf den Inhalten des Auftaktworkshops wurden in der Projektgruppe Problemfelder diskutiert und zu vier Handlungsfeldern verdichtet. In diesen Handlungsfeldern wurden Ausgangspositionen aufgestellt, welche anschließend durch Expertengespräche und Recherchearbeit validiert, konkretisiert und weiterentwickelt wurden.

In einer qualitativen Umfrage im Zeitraum von Juli bis September 2010 wurden ausgewählte Experten der Organischen Elektronik sowie aus benachbarten Disziplinen in strukturierten Interviews befragt. Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projekts 37 Interviews mit 39 Experten geführt. Die Auswahl der Interviewpartner aus Wissenschaft und Wirtschaft erfolgte vor dem Hintergrund einer möglichst breiten Verteilung über die verschiedenen Teilgebiete der Organischen Elektronik sowie entlang der Kette „vom Material zum Produkt“. Demzufolge wurden Experten aus den Bereichen OPV, OLED-Licht/Display und OFET sowie entlang der Wertschöpfungsstufen Material-, Device- und Prozessentwicklung, Anlagentechnik, Anwendungsentwicklung und Endanwender befragt. Hierbei wurde ein vorwiegend nationaler Fokus gesetzt, ergänzt durch einige ausge-

wählte Experten aus dem europäischen Ausland und den USA. Der gewählte Expertenkreis umfasste Ansprechpartner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sowie aus den verschiedenen Wissenschaftsorganisationen.

Ebenfalls mittels Expertenbefragungen sowie auf Basis zur Verfügung stehender Abschlussberichte wurde eine Auswahl an abgeschlossenen bzw. weit fortgeschrittenen BMBF-geförderten Projekten aus den beiden Innovationsallianzen Organische Leuchtdioden und Organische Photovoltaik untersucht, um daraus Erfolgsfaktoren für zukünftige Projektvorhaben abzuleiten. Die Auswahl der betrachteten Projekte erfolgte in enger Abstimmung mit dem Projektträger VDI-TZ des BMBF.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden mit den bestehenden Aktivitäten, Initiativen und Strategiearbeiten aus dem In- und Ausland abgeglichen.

1.3 AUSGANGSPOSITIONEN

Die folgenden zehn Ausgangspositionen bildeten den roten Faden für die Durchführung der Interviews und werden in den folgenden Kapiteln dieser Stellungnahme konkretisiert.

> Ausgangspositionen zur Bedeutung der Organischen Elektronik in Deutschland

„Deutschland hat eine überwiegend führende Rolle in der Organischen Elektronik; diese kann aber ohne eine Intensivierung und Fokussierung der bestehenden, systematischen Förderung nicht aufrecht erhalten werden.“

„Die Organische Elektronik ist eine Zukunftstechnologie, für deren kommerziellen Durchbruch unter anderem die Entwicklung von Leitprodukten wichtig sein wird.“

> Ausgangspositionen zur Kette „Vom Material zum Produkt“

„Um die Entwicklung marktfähiger Produkte voranzutreiben, bedarf es bei der Organischen Elektronik zwingend einer engen Zusammenarbeit zwischen Material-, Device- und Prozessentwicklung sowie der zugehörigen Anlagentechnik.“

„Das Verständnis der theoretischen Grundlagen ist eine wichtige Voraussetzung für Entwicklungssprünge in der Leistungsfähigkeit von Materialien für die Organische Elektronik.“

„Die Trennung zwischen Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Forschung ist im Bereich der Organischen Elektronik nicht zweckmäßig, weil dadurch die Entstehung einer Lücke gefördert wird.“

„Standardisierung und fertigungsbegleitende Qualitätssicherung sind Voraussetzungen, um eine effiziente Entwicklung und Herstellung von marktfähigen Produkten in der Organischen Elektronik zu ermöglichen.“

> Ausgangspositionen zur Nachwuchsförderung der Organischen Elektronik

„Es besteht ein Nachwuchsmangel an Generalisten für die stark interdisziplinär geprägte Organische Elektronik. Das bestehende Fakultätsdenken erschwert eine interdisziplinäre Lehre der Organischen Elektronik.“

> Ausgangspositionen zur Förderung der Organischen Elektronik

„Flexible Fördermodelle für den Aufbau und Betrieb von Pilotanlagen in vorhandenen Zentren sind essenziell für die Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte der Organischen Elektronik.“

„Die Weiterentwicklung der Organischen Elektronik erfolgt in sich ergänzenden Zentren mit internationaler Anbindung, die eine Zusammenarbeit von Spitzenwissenschaftlern auch über die Grenzen von Bundesländern hinweg ermöglichen.“

„Die ungenügende Wachstumsfinanzierung von Start-ups verhindert eine frühzeitige Kommerzialisierung der Organischen Elektronik in Deutschland.“

1.4 AUFBAU DER STELLUNGNAHME

Zur Stärkung der Organischen Elektronik in Deutschland zeichnen sich für Wissenschaft, Wirtschaft und Politik drei große Handlungsfelder ab, anhand derer diese Stellungnahme gegliedert ist. Zur Einführung in die Thematik sowie zur Kennzeichnung der Ausgangssituation werden in Kapitel 2 ein Überblick über den aktuellen Stand und die sich abzeichnenden Entwicklungstrends der Organischen Elektronik in Deutschland, die Hintergründe zu Forschung und Entwicklung sowie ein Einblick in die bisherige Förderung dieses Forschungsfelds gegeben. Die drei anschließenden Kapitel 3, 4 und 5 konkretisieren Stärken und Schwächen und enthalten Empfehlungen zur zukünftigen Ausrichtung in den drei Handlungsfeldern Forschung, Entwicklung und Umsetzung der Ergebnisse in marktfähige Produkte, Nachwuchsförderung und Förderung. In Kapitel 6 werden Empfehlungen erörtert, die aufgrund ihres Querschnittscharakters nicht den drei Handlungsfeldern zugeordnet wurden. Diese übergeordneten Empfehlungen rufen zu gemeinsamen Anstrengungen der beteiligten Akteure auf. Im abschließenden Kapitel 7 wird die Organische Elektronik in

den Zusammenhang der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sowie der Nanoelektronik gestellt.

Von der vielfach vorgefundenen Unterteilung nach den verschiedenen thematischen Anwendungsbereichen der Organischen Elektronik wird in dieser Stellungnahme abgewichen, da Stärken und Schwächen sowie Handlungsempfehlungen häufig nicht auf einen Bereich beschränkt werden können, sondern bereichsübergreifend betrachtet werden müssen. Daher wird an solchen Stellen, an denen eine Konkretisierung erforderlich ist, anhand von Beispielen auf die Besonderheiten der verschiedenen Bereiche verwiesen. Die Ausführungen dieses Positionspapiers beziehen sich – sofern nicht anders spezifiziert – gleichermaßen auf alle Anwendungsbereiche der Organischen Elektronik.⁸

⁸ Im Sinne der besseren Lesbarkeit wird in diesem Papier auf die weibliche Form verzichtet. Auch wenn nur die männliche Form von Begriffen Verwendung findet, ist gleichzeitig immer die jeweilige weibliche Form gemeint.

2 DIE ORGANISCHE ELEKTRONIK IN DEUTSCHLAND

2.1 EINE ZUKUNFTSTECHNOLOGIE FÜR DEUTSCHLAND

Die Organische Elektronik in Deutschland hat in den vergangenen Jahren an Bedeutung stark zugenommen. Wachsendes Interesse der Öffentlichkeit sowie steigende Aktivitäten der Unternehmen und Verbände in der Organischen Elektronik können als Indikatoren einer bevorstehenden Marktdurchdringung interpretiert werden.⁹ Die Aufmerksamkeit, die die OLED-Technologie durch Fernsehgeräte, Videobrillen und mobile Anwendungen auf der Internationalen Funkausstellung IFA 2010 geerntet hat, zeigt, welche Begeisterung diese neue Technologie wecken kann. Mit der Organischen Elektronik werden Hoffnungen auf neue technologische und umweltbewusste Anwendungen¹⁰ und Chancen für einen neuen Industriesektor in Deutschland verbunden.

Für die Organische Elektronik wird ein Marktvolumen jenseits von 100 Mrd. Euro innerhalb der nächsten 15 Jahre vorausgesagt.¹¹ Dabei kann für einige Bereiche aufgrund der Substitution bestehender Produkte auf bestehende Marktdaten aufgesetzt werden, wie beispielsweise für Fernsehgeräte und Beleuchtungsanwendungen. In anderen Bereichen werden jedoch völlig neuartige Produkte und Märkte geschaffen, z. B. gedruckte Billielektronik, wodurch eine Marktabschätzung erschwert wird. Die derzeitige Marktdurchdringung von Produkten der Organischen Elektronik ist noch gering. Organische Displays haben jedoch schon signifikante Marktanteile erobert. Als Pionier brachte 1997 die japanische Firma Pioneer Corporation das erste Autoradio mit organischem Display auf den Markt.¹² Damit wurde die rasante Entwicklung der Organischen Displays eingeleitet, die 2009 einen weltweiten und stark wachsenden Markt von 590 Mio. Euro hervorbrachte.¹³ Einen erhebli-

chen Anteil an der Wertschöpfung haben dabei, wie auch in anderen Bereichen der Organischen Elektronik, die organischen Materialien.

Die organischen Materialien, ihre Synthese und Optimierung haben einen besonders hohen Stellenwert für das Technologiefeld der Organischen Elektronik. Sie sind teuer und aufwendig in der Entwicklung und Herstellung und bilden infolge ihrer elektrischen Eigenschaften die Grundlage der Elektronik. Die Abschätzung, dass für ca. 70 Prozent der Megatrends der Treiber im Material gesehen wird,¹⁴ kann wohl auch auf die Organische Elektronik übertragen werden. Eine starke chemische Industrie und materialwissenschaftliches Know-how in Deutschland stellen daher eine gute Basis im weltweiten Wettbewerb dar. Deutschlands chemische Industrie zählt weltweit zu den innovativsten und hat ihre bedeutende Weltmarktposition ständig ausgebaut.¹⁵ Deutsche Unternehmen spielen im Bereich der organischen Materialien eine große Rolle. Unternehmen wie BASF, Evonik und Merck sowie Start-ups wie Novaled haben sich über die Grenzen Deutschlands hinaus eine hervorragende Stellung und einen guten Ruf erarbeitet.

Eine ausgezeichnete Stellung ausschließlich auf dem Gebiet der Materialien ist jedoch nicht ausreichend, um einen möglichst großen Teil der Wertschöpfung in Deutschland zu halten. Es zeigte sich schon in der Vergangenheit, dass eine Vorwärtsintegration der dem Material nachgelagerten Wertschöpfungsstufen Erfolg versprechend ist. Der Firma BASF gelang es z. B. durch Kooperationen, die auf die Lackherstellung folgenden Schritte zu integrieren und gemeinsam mit einem Partner Lackierstraßen in der Automobilindustrie zu betreiben.¹⁶ In der Organischen Elek-

⁹ Vgl. VDI 2008, S.118.

¹⁰ Vgl. OPERA 2009, S. 1.

¹¹ Vgl. Schwoerer 2008, S. 29.

¹² Vgl. Brütting 2008, S. 34.

¹³ Vgl. Displaysearch 2010; Wechselkurs: 1,4 EUR/USD.

¹⁴ Vgl. Höcker 2007, S. 89.

¹⁵ Vgl. BCG 2006, S. 61.

¹⁶ Vgl. BCG 2006, S. 60 f.

tronik entsprechen diese dem Material nachgelagerten Wertschöpfungsstufen der Entwicklung und Herstellung organischer Devices sowie der Integration der Devices in das Endprodukt. Produkte stellen die Integration des Device in eine endnutzertaugliche Umgebung dar. Dieser Entwicklungs- und Wertschöpfungsschritt wird in der Organischen Elektronik insbesondere in Deutschland bisher nur bedingt durch große Elektronikhersteller abgedeckt.

Weitere Chancen, die Wertschöpfung am Standort Deutschland möglichst groß zu halten, birgt die Möglichkeit, jenseits bestehender Wertschöpfungsstrukturen neue Wertschöpfungsketten mit neuen OEM zu etablieren. Die Deviceentwicklung ist bei einigen Anwendungen mit der Entwicklung von Produkten gleichzusetzen, so beispielsweise bei OLED Lighting. Eine Unterscheidung zwischen Lampe und Leuchtmittel ist mit organischen LED nicht mehr sinnvoll. Mit der Deviceentwicklung und -herstellung ist in diesem Fall schon der wesentliche Schritt zum Produkt vollzogen, und die Produktgestaltung verschmilzt mit der Entwicklung des Device. Damit eröffnen sich Chancen für Unternehmen mit Device Know-how, als Endproduktanbieter auf dem Markt aufzutreten. Im Bereich OLED Lighting ist in diesem Zusammenhang eine besondere Chance zu sehen. Der Weltmarkt wird im Jahr 2018 auf 4,3 Mrd. Euro abgeschätzt.¹⁷ Getragen von einer starken Leuchtmittelindustrie (z. B. Osram, Philips) sowie Start-ups (z. B. Novaled) und zielgerichteter Förderung, ist es in Deutschland gelungen, eine ausgezeichnete Stellung zu erreichen. Diese bietet das Potenzial, einen großen Anteil des zukünftigen Weltmarkts für OLED Lighting zu bedienen.

Eine weitere Chance für die Organische Elektronik wird darüber hinaus in der Adressierung des Niedrigpreissegments der Alltags Elektronik gesehen, welches bisher aufgrund der hohen Kosten siliziumbasierter Elektronik unerschlossen

blieb.¹⁸ Kostensenkungspotenziale werden dabei vor allem in der Entwicklung von Massenfertigungsverfahren für die Organische Elektronik wie z. B. die „Rolle-zu-Rolle“-Drucktechnologie gesehen.¹⁹ In Deutschland bietet sich daher die Möglichkeit, den Strukturwandel in der starken Druckindustrie²⁰ zu nutzen und seine Stärke im Maschinen- und Anlagenbau auszuspielen, um eine führende Rolle als Technologielieferant und -anwender in der Organischen Elektronik einzunehmen.

2.2 DIE KETTE „VOM MATERIAL ZUM PRODUKT“ IN DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK

Die Kette „vom Material zum Produkt“ – und in der Organischen Elektronik gilt in besonderem Maße: „vom Molekül zum Produkt“ – erstreckt sich von der Materialforschung über die Entwicklung von Anlagen und Devices bis hin zur Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte. Sie umfasst damit alle Stufen des Produktentstehungsprozesses, stellt den Brückenschlag zwischen Wissenschaft und Wirtschaft dar und verbindet Forschung und Entwicklung auf allen Stufen der Wertschöpfungskette.²¹

In Abb. 1 wird die Kette „vom Material zum Produkt“ der Organischen Elektronik skizziert. Die geringe technologische Reife sowie die Notwendigkeit maßgeschneiderter Materialien lässt den Forschungs- und Entwicklungsschritten derzeit eine besonders prominente Stellung zukommen. Der kreisförmige Bereich spiegelt die typischerweise starke Vernetzung sowie den Bedarf eines iterativen Vorgehens bei der Entwicklung von Produkten der Organischen Elektronik wider. Die Hauptbestandteile dieser Kette sind die Materialentwicklung und -synthese, die Deviceentwicklung und -herstellung sowie die zugehörige Prozessentwicklung und Anlagentechnik. Die Produktintegration stellt nur bei

¹⁷ Vgl. Displaysearch 2009, Wechselkurs: 1,4 EUR/USD.

¹⁸ Vgl. BSI 2007, S. 132.

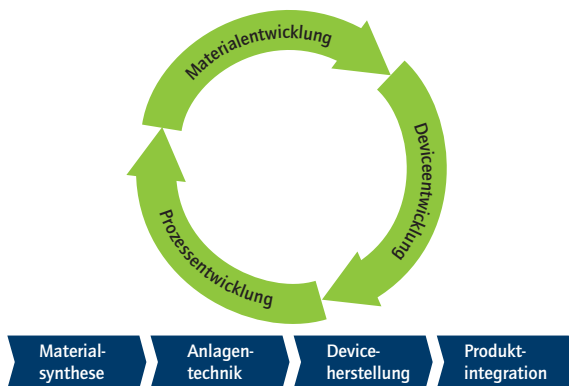
¹⁹ Vgl. Fix 2008, S. 45.

²⁰ Vgl. Apenberg 2010.

²¹ Vgl. acatech 2008, S. 19.

neuartigen Produkten einen für die Organische Elektronik spezifischen Schritt dar.

Abb. 1: Die Kette „vom Material zum Produkt“ in der Organischen Elektronik (blaue Pfeile). Der kreisförmige Bereich bezieht Theorie, Modellierung und Design ein und weist auf den hohen Bedarf an iterativem Vorgehen hin.



> Materialentwicklung und -synthese

Die Organische Elektronik ist durch eine große Vielfalt an Materialien und Werkstoffen gekennzeichnet. Die Eigenschaften organischer Materialien hängen u. a. von deren Molekülstruktur sowie der Anordnung der Moleküle im Device ab, die wiederum durch die Prozessbedingungen beeinflusst ist.²² Im Gegensatz zur siliziumbasierten Elektronik, in der die Eigenschaften des Ausgangsmaterials weitgehend erklärbar sind, erschweren die Material- und Strukturvielfalt der organischen Materialien das Verständnis der grundlegenden Eigenschaften und Wirkzusammenhänge. Die Ermittlung von quantitativen Struktur-Eigenschafts-Beziehungen ist hier von essenzieller Bedeutung. Für Anwendungen der Organischen Elektronik ist die Entwicklung jeweils auf

molekularer Ebene maßgeschneiderter Materialien notwendig. Beispielsweise ist es eine besondere Herausforderung, für gedruckte Transistoren Materialkombinationen zu finden, bei denen die chemischen Substanzen nicht miteinander in Reaktion treten.²³ Da die organischen Materialien in entscheidender Weise die Leistungsfähigkeit des Device bestimmen,²⁴ stellt die Materialentwicklung und -synthese eine der Hauptwertschöpfungsstufen der Organischen Elektronik dar und macht sie zu einem wichtigen Forschungsschwerpunkt. Die Stabilität der organischen Materialien für OPV-Zellen und die Organische Elektronik im Allgemeinen ist dabei von besonderer Bedeutung; für OLEDs konnten hier bereits erste Fortschritte erzielt werden.

> Deviceentwicklung

Das Device ist der Kern der Wertschöpfung in der Organischen Elektronik. Technische und wirtschaftliche Anforderungen an das Device geben die Richtung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf allen Wertschöpfungsstufen vor. Die Deviceentwicklung selbst stellt einen komplizierten Schritt in der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette dar. Verschiedene Materialien müssen in mehreren Schichten unterschiedlicher Schichtdicke und großer Einheitlichkeit jeder Schicht kombiniert werden, um eine bestimmte Funktion und Leistungsfähigkeit des Device zu erreichen.²⁵ Die Deviceentwicklung erfordert daher grundlegende Kenntnisse der Materialeigenschaften und deren Wechselwirkungen sowie idealerweise den Rückschluss von den gewünschten Eigenschaften auf die erforderliche Molekülstruktur der organischen Materialien. Diese fachlich enge Verknüpfung von Material- und Deviceentwicklung erfordert einen hohen Abstimmungs- und Rückkopplungsgrad entlang der Wertschöpfungskette.

²² Vgl. Schwoerer 2008, S. 29.

²³ Vgl. Fix 2008, S. 48.

²⁴ Vgl. VDI 2008, S. 120.

²⁵ Vgl. OE-A 2009, S. 51.

> Prozessentwicklung und Anlagentechnik

Die Deviceherstellung erfolgt mittels Beschichtungs- und Druckverfahren. Dazu werden dünne Schichten im Nanometerbereich verschiedener Materialien übereinander aufgetragen.²⁶ Beide Verfahrensmöglichkeiten – die aus dem Anwendungsbereich des Papierdrucks bekannte Flüssigphasentechnologie sowie die aus der Halbleitertechnik stammende Beschichtung mittels Abscheidens aus der Gasphase – stellen jeweils spezifische Anforderungen an das zu verarbeitende Material und stehen nur bedingt in einem technologischen Wettbewerb.²⁷ Ein großes Potenzial zur kostengünstigen Massenfertigung wird in den Druckverfahren gesehen, welche jedoch noch eines hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwands bedürfen.²⁸ Der druckbaren Elektronik kommt für die weitere Technologieentwicklung ein hoher Stellenwert zu, und zwar von der Entwicklung von Materialien und der Verfahrenstechnik bis hin zur Entwicklung geeigneter Druckverfahren und -maschinen.

Herstellungsprozesse und Anlagentechnik müssen vor allem hinsichtlich technischer Zielgrößen wie z. B. maximale Materialausbeute und homogene Schichtdicke optimiert werden.²⁹ Eine weitere Anforderung ist die Serientauglichkeit, d. h. die schnelle und effiziente Produktion, die mehr und mehr an Bedeutung gewinnt. Die Entwicklung der Fertigungs- und Prozesstechnik steht daher in einem engen Bezug zur Material- und Deviceentwicklung und kann nicht isoliert von diesen Entwicklungsstufen erfolgen.

> Produktintegration und Anwendungsentwicklung

Die Integration in ein Endprodukt stellt die Organische Elektronik in eine Endnutzerumgebung. Daraus ergeben sich die wesentlichen Anforderungen an das Device, die sich aus dem Bedarf des potenziellen Nutzers ableiten. Somit stellt die Produktintegration und Anwendungsentwicklung die Schnittstelle zwischen Technologie und Markt dar. Der zum Teil noch fehlende Abnehmermarkt ist dabei eine zu überwindende Hürde. Die Entwicklung von Produkten ist in der Organischen Elektronik zum Teil mit der Entwicklung eines ganz neuen Marktes verbunden, was der Produkt- und Anwendungsentwicklung starke betriebswirtschaftliche Charakterzüge verleiht.

2.3 BISHERIGE FÖRDERUNG DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK

Forschung und Entwicklung in der Organischen Elektronik wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in den letzten Jahren stark in zwei Innovationsallianzen und einem Spitzencluster gefördert. Im Vordergrund dieser neuen Förderinstrumente, welche 2006 im Rahmen der Hightech-Strategie eingeführt wurden, steht das Zusammenspiel von Wissenschaft und Wirtschaft. Ziel ist es, erhebliche Investitionen aufseiten der Industrie zu mobilisieren, indem z. B. im Fall der Innovationsallianzen „für einen Euro des Bundes fünf Euro der Wirtschaft“ bewegt werden.³⁰

²⁶ Vgl. BSI 2007, S. 139 f.

²⁷ Vgl. Leo 2008, S. 40.

²⁸ Vgl. VDI 2008, S. 118 f.

²⁹ Vgl. Leo 2008, S. 42.

³⁰ www.hightech-strategie.de/de/693.php [Stand: 10.10.2010].

Im Bereich der Organischen Elektronik sind zwei Innovationsallianzen (bestehend aus Konsortien aus Industrie und Forschungsinstituten) ins Leben gerufen worden, welche die beiden Zukunftsmärkte OLED und OPV adressieren. Die „OLED-Initiative“, die in ihrer ersten Phase vier Projektbereiche mit jeweils fünf bis acht Teilvorhaben umfasst, bearbeitet Fragestellungen im Bereich Organischer Leuchtdioden für Beleuchtungsanwendungen und Displays. Mit einer Förderung von 100 Mio. Euro aus öffentlicher Hand sowie weiteren zugesagten 500 Mio. Euro vonseiten der Industrie bildet sie derzeit die größte Förderinitiative im Bereich der Organischen Elektronik.³¹

Die „Innovationsallianz Organische Photovoltaik“ (OPV), die in ihrer ersten Phase aus 15 Projektbereichen besteht, verfolgt primär das Ziel, den Wirkungsgrad von Solarzellen aus organischen Materialien zu verbessern und ihre Lebensdauer zu steigern.³² Die „Innovationsallianz OPV“ wird mit 60 Mio. Euro aus öffentlicher Hand gefördert, dem gegenüber stehen 300 Mio. Euro Investitionen aus der Industrie.³³

Neben den beiden Innovationsallianzen wurde im Rahmen der Hightech-Strategie ein themenoffener Spitzencluster-Wettbewerb durchgeführt. Die damit verbundene Förderung soll die Gewinner des Wettbewerbs befähigen, „ihr Profil zu schärfen, strategische Entwicklungshemmnisse zu beseitigen und sich zu Knotenpunkten mit internationaler Anziehungskraft zu entwickeln“.³⁴ Einer der fünf Gewinner der ersten Runde ist das „Forum Organic Electronics“ in Heidelberg, welches sich im Heidelberger Innovation Lab³⁵ eine gemeinsame F&E-Plattform für Hochschule und

Industrie in Form einer PPP geschaffen hat und in einem Zeitraum von fünf Jahren mit 40 Mio. Euro gefördert wird. Das Spitzencluster greift – im Gegensatz zu den beiden auf OLED und OPV fokussierten Innovationsallianzen – Querschnittsthemen auf, welche für alle Fragestellungen der Organischen Elektronik relevant sind.³⁶

Neben der intensiven Förderung durch das BMBF wird die Organische Elektronik von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Während das BMBF stark auf den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft fokussiert und daher konsequent die Beteiligung der Industrie als Voraussetzung für die Förderwürdigkeit von Forschungsvorhaben fordert, verfolgt die DFG eine themenoffene, breite Förderung exzellenter Grundlagenforschung. Darüber hinaus fördert die DFG die Organische Elektronik seit 2001 in den Schwerpunkten Organische Feldeffekttransistoren (OFET) und Organische Photovoltaik (OPV).³⁷ Ergänzt wird die Förderung auf Bundesebene durch eine Vielzahl an landesspezifischen forschungs-, technologie- und innovationspolitischen Fördermaßnahmen.³⁸

Auch auf europäischer Ebene wird die Organische Elektronik und insbesondere deren Weiterentwicklung bis zur Marktreife in erheblichem Maße gefördert. Im Siebten Forschungsrahmenprogramm ist eine Förderung der Organischen Elektronik innerhalb des spezifischen Programms „Zusammenarbeit“ im Themenbereich Informations- und Kommunikationstechnologien in Höhe von bisher 143 Mio. Euro geplant.³⁹ Im Vordergrund der hier geförderten Projekte steht die technologische Weiterentwicklung auf allen Stufen der

³¹ Vgl. BMBF 2008, S. 26.

³² Vgl. BMBF 2009, S. 37.

³³ Vgl. BMBF 2008, S. 26.

³⁴ BMBF 2006, S. 12.

³⁵ www.innovationlab.de.

³⁶ Vgl. BMBF 2010a, S. 142.

³⁷ SPP 1121: Organische Feldeffekt-Transistoren: strukturelle und dynamische Eigenschaften (2001-2009, 10 Mio. Euro) sowie SPP 1355: Elementarprozesse der Organischen Photovoltaik (seit 2008, bisher 4,8 Mio. Euro).

³⁸ Vgl. BMBF 2010a, S. 197 ff.

³⁹ Diese Zahl setzt sich zusammen aus folgenden Einzelsummen: 50 Mio. Euro aus WP 2011 (S. 54), 30 Mio. Euro aus WP 2009/10 (S. 47) und 63 Mio. Euro aus WP 2007/08 (S. 28), jeweils unter Challenge 3: Components, Systems, Engineering.

Wertschöpfungskette. Darüber hinaus ist im Rahmen des Public Private Partnership „Factories of the Future“ (PPP FoF) die Förderung von Herstellungsverfahren für Produkte der Organischen und Großflächigen Elektronik (OLAE) geplant, welche eine Summe von voraussichtlich 20 Mio. Euro umfassen soll. Die Projekte dieser Fördermaßnahme sollten industriegetrieben sein und zudem Qualitätskontrolle, Test- und Auswertungsroutinen enthalten, um die Machbarkeit der Fertigung im industriellen Maßstab zu belegen.⁴⁰

Die intensive Förderung auf nationaler und europäischer Ebene hat signifikant dazu beigetragen, die Position Deutschlands im Führungsfeld auf vielen Gebieten der Organischen Elektronik zu erarbeiten. Um diese Position, welche im folgenden Abschnitt noch detaillierter betrachtet wird, zu halten und auszubauen, sind zukünftig unter anderem aufseiten der Förderung Ergänzungen bzw. Neuausrichtungen erforderlich (vgl. Kapitel 5).

2.4 DIE POSITION DEUTSCHLANDS IM FÜHRUNGSFELD IST DERZEIT NICHT UNANGEFOCHTEN

Der Markt für Organische Elektronik ist derzeit durch große Dynamik gekennzeichnet.⁴¹ Vorsprünge in Wissenschaft und Wirtschaft sind daher im Allgemeinen nur von kurzer Dauer. Dies bietet Chancen für Deutschland, weitere Bereiche und Wertschöpfungsstufen der Organischen Elektronik zu besetzen. Gleichzeitig besteht jedoch stets das Risiko, aus Führungspositionen verdrängt zu werden.

> Drei Regionen im Wettstreit um die globale Führerschaft in der Organischen Elektronik

Asien und die USA sind in der Organischen Elektronik die wesentlichen Wettbewerber Europas. Die befragten Experten sind sich einig, dass Deutschland im weltweiten Vergleich und insbesondere innerhalb Europas eine Führungsrolle einnimmt. Diese Rolle im Führungsfeld gilt jedoch nicht uneingeschränkt, d. h. nicht für alle Stufen der Wertschöpfungskette. Eine differenzierte Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette über alle Anwendungen sowie bezogen auf die verschiedenen Anwendungsbereiche der Organischen Elektronik ist nötig, um die Position Deutschlands im internationalen Vergleich zu spezifizieren.

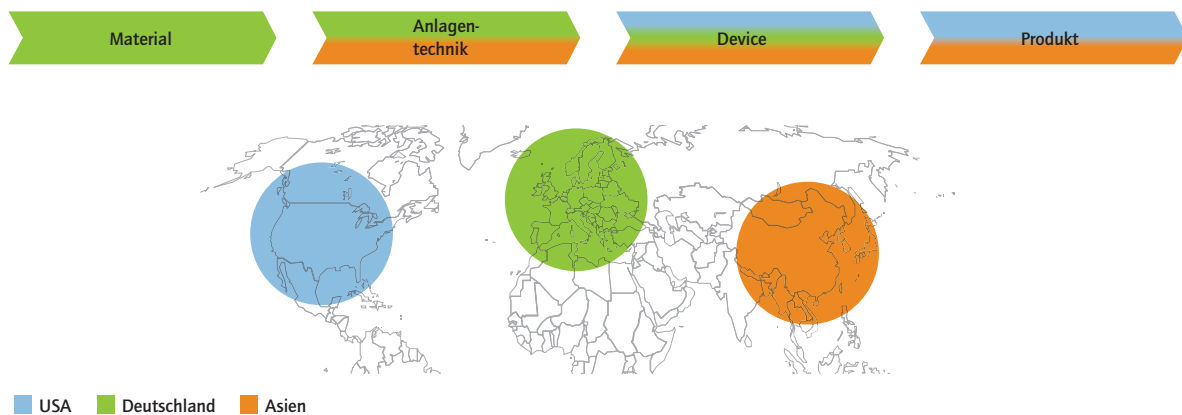
Die Position Deutschlands entlang der Wertschöpfungskette über alle Anwendungen der Organischen Elektronik wird in Abb. 2 verdeutlicht. Eine Stärke Deutschlands zeigt sich in der weltweit etablierten und engagierten Chemieindustrie, welche sowohl die Entwicklung als auch die Herstellung von Materialien der Organischen Elektronik forciert. Gemeinsam mit Forschungseinrichtungen und innovativen Start-ups ist dadurch ein erheblicher Beitrag an der Entwicklung des Know-how über organische Materialien sowie der darauf folgenden Wertschöpfungsstufe der Devices geleistet worden. Einer erfolgreichen wirtschaftlichen Umsetzung der Organischen Elektronik sollte auch die führende Stellung Deutschlands in der Drucktechnik und Druckmaschinenindustrie zugute kommen. Das Engagement großer Firmen wie der Heidelberger Druckmaschinen AG ist daher von großer Bedeutung. Obwohl Maschinenbau und Anlagentechnik die „Aushängeschilder“ der deutschen Wirtschaft darstellen, haben sich insbesondere in Asien ernst zu nehmende Konkurrenten etabliert. Aufgrund

⁴⁰ Vgl. Gillessen 2010, S. 10.

⁴¹ Vgl. OE-A 2009, S. 7.

von Erfahrungen in der Produktion von OLED-Displays sowie der vorhandenen Anlageninfrastruktur für die LCD-Fertigung hat Asien einen strukturellen Vorteil, welcher die Weiterentwicklung der Anlagentechnik begünstigt. Die Führungsrolle in der Anlagentechnik muss sich Deutschland daher mit Asien teilen. In der Deviceentwicklung und -herstellung ist die Führungsposition ebenfalls zwischen den Regionen geteilt. Für die Zukunft ist Deutschland gefordert, die Anstrengungen zur Generierung von Endprodukten der Organischen Elektronik zu verstärken. Asiatischen und US-amerikanischen Unternehmen ist es gelungen, frühzeitig Produkte auf den Markt zu bringen und erste wirtschaftliche Erfolge zu erringen. Chancen für Deutschland, verlorenen Boden wieder gutzumachen, bestehen auf der Stufe der Endprodukte insbesondere in einer erfolgreichen Kommerzialisierung von OLED Lighting-Produkten, deren Entwicklung bereits heute in Deutschland von Philips und Osram (OLED-Leuchtmittel und -Leuchten) intensiv vorangetrieben wird. Auch im Bereich von OPV sind erste Produkte von Heliathek angekündigt und im Bereich von OFET hat PolyIC eine erste Kundenbemusterung durchgeführt. Weitreichende neue Marktpotenziale sind von der Erschließung der Organischen Elektronik unter Nutzung der Kostenvorteile und der Flexibilität für klassische elektronische Anwendungen zu erwarten.

Abb. 2: Führungspositionen entlang der Wertschöpfungskette

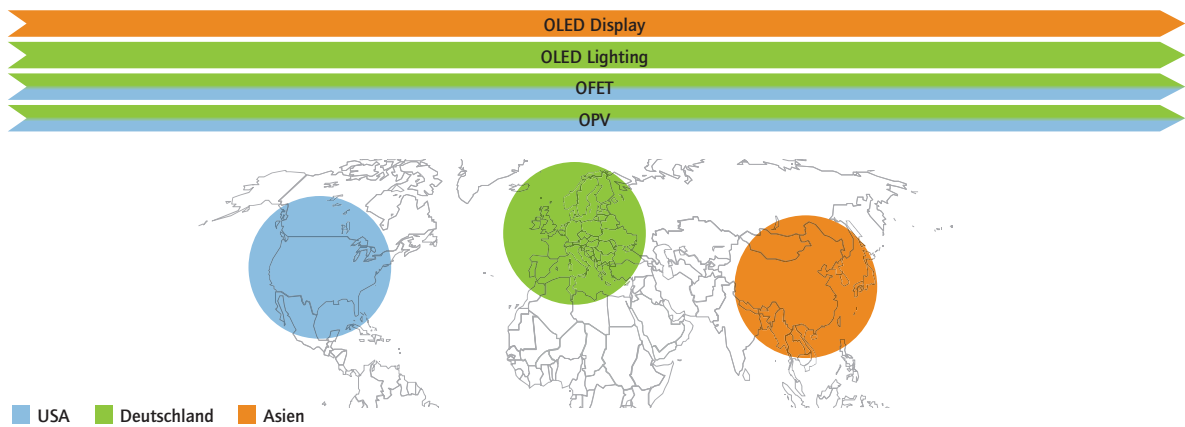


Betrachtet man das bestehende Know-how in ausgewählten Anwendungsbereichen über die Wertschöpfungskette hinweg, zeigt sich die breite Aufstellung der Forschungs- und Entwicklungslandschaft Deutschlands (vgl. Abb. 3). Eine Führungsposition besteht insbesondere im Bereich OLED Lighting, in dem Deutschland neben Firmen in Asien (hier wiederum insbesondere in Japan) weltweit das größte Know-how zugesprochen wird. Erste OLED Lighting-Produkte aus Deutschland⁴² zeigen den derzeit bestehenden Vorsprung in diesem Anwendungsbereich. Auch in den Bereichen OPV und OFET besitzt Deutschland breit gefächertes und international anerkanntes Know-how, welches jedoch gleichermaßen den USA zugesprochen wird. Bezogen auf Organische Displays ist der asiatischen Region, insbesondere Japan, Korea und Taiwan, eine unangefochtene Vormachtstellung zu attestieren, die sich nicht nur im bestehenden Know-how widerspiegelt, sondern auch

⁴² Beispiele sind OLED-Beleuchtungsmodul der Serie „Lumiblade“ von Philips sowie die Lichtkachel „Orbeos“ von Osram.

auf aktuelle Marktanteile bezogen werden kann. Asiatische Unternehmen bedienen fast vollständig den derzeit stark wachsenden Markt für OLED Displays von etwa 590 Mio. Euro.⁴³ Deutschland kann allenfalls Know-how in Nischenbereichen wie bei Mikrodisplays oder bei den bisher weniger weit entwickelten gedruckten Displays für sich beanspruchen.

Abb. 3: Führungspositionen in ausgewählten Anwendungsbereichen



Zusammenfassend ist festzustellen, dass Deutschland im internationalen Vergleich entlang der Wertschöpfungskette sowie in den verschiedenen Anwendungsbereichen der Organischen Elektronik eine überwiegend führende Position innehat. Diese Stellung konnte sich Deutschland insbesondere aufgrund der zielgerichteten Förderung in der Vergangenheit sowie durch das intensive Engagement industrieller Akteure erarbeiten. Es bestehen beste Voraussetzungen für Deutschland, auch zukünftig auf entscheidenden Stufen der Wertschöpfungskette sowie bei den meisten Anwendungsbereichen eine Schlüsselrolle einzunehmen.⁴⁴ Die derzeitige Ausgangssituation ist jedoch durch eine deutliche Schwachstelle gekennzeichnet. Es zeichnet sich eine Entwicklung ab, wie sie sich auch bei anderen Technologien bereits gezeigt hat: Während Deutschland in eher anwendungsfernen Stadien der Technologieentwicklung ausgezeichnetes Know-how besitzt, wird die Umsetzung der exzellenten Forschungsergebnisse in erfolgreiche Produkte am Markt nicht mit der notwendigen Konsequenz vorangetrieben.⁴⁵ Betrachtet man diesen Zusammenhang vor dem Hintergrund der Wertschöpfungs- und Entwicklungskette, so ist die führende Rolle Deutschlands mit zunehmender Marktnähe mehr und mehr bedroht. Dem gilt es in besonderer Weise entgegenzuwirken.

⁴³ Vgl. Displaysearch 2010; Wechselkurs: 1,4 EUR/USD.

⁴⁴ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 6.

⁴⁵ Vgl. Wissenschaftsrat 2007, S. 29.

> Asien und USA drängen stärker als Deutschland in die Kommerzialisierung

In anderen Regionen ist eine größere Konsequenz beim Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in den Markt zu beobachten. Insbesondere in Asien scheint man gewillt, die Wertschöpfung in der Organischen Elektronik möglichst vollständig zu beanspruchen. Diese Umsetzungsstärke in Produkte beschleunigt die Weiterentwicklung des gesamten Technologiefelds, insbesondere durch hohe Investitionen der Industrie. Um den bestehenden technologischen Vorsprung zu halten, lastet folglich ein erheblicher Druck auf Deutschland, immer schneller und häufiger Innovationen, also am Markt erfolgreiche Produkte der Organischen Elektronik hervorzubringen.⁴⁶

Asien hat beim Wettstreit um die Führerschaft in der Organischen Elektronik einen entscheidenden Vorteil: Die dort ansässigen OEM wie Samsung, LG oder Sony beherrschen die Konsumelektronikbranche,⁴⁷ und auch auf der Ebene der Lohnfertigung von Elektronik hat Asien mit einem Weltmarktanteil von knapp 60 Prozent eine bessere Ausgangslage als Deutschland.⁴⁸ Diese grundlegenden, strukturellen Vorteile drücken sich in weitgehend kompatiblen Wertschöpfungsketten und -strukturen aus, wie z. B. bei der Produktion von LCD- und OLED-Fernsehgeräten. Die schnelle Kommerzialisierung Organischer Displays in Asien stellt unter Beweis, dass die dort ansässige Industrie in der Lage ist, ihre Vorteile auszuspielen. Zahlreiche Experten gehen davon aus, dass insbesondere die Massenproduktion von OLED Displays zukünftig vollständig nach Asien abwandern könnte.⁴⁹

Der bestehende industrielle Vorsprung in Asien im Bereich OLED-Displays wird gestützt von einer zielgerichteten Förderpolitik – laut Expertenmeinung zum Teil über das vorwettbewerbliche Stadium hinaus. Beispielsweise wird durch die koreanische Regierung die Entwicklung einer massenfertigungstauglichen Produktionsanlage für OLED Lighting sowie die Ausbildung 300 zugehöriger Arbeitskräfte direkt unterstützt.⁵⁰ Zur Beschleunigung der Kommerzialisierung wurden in Asien verschiedene nationale Förderprogramme aufgelegt. In Japan sind in diesem Zusammenhang z. B. die Aktivitäten der NEDO⁵¹ hervorzuheben, von denen einige explizit auf die Kommerzialisierungsphase neuer Technologien ausgerichtet sind (vgl. Exkurs NEDO in Kapitel 5).

Langfristig ist daher davon auszugehen, dass Produktionskapazitäten für weitere Bereiche der Organischen Elektronik in Asien aufgebaut werden. Fraglich ist in diesem Zusammenhang, ob die weltweite Verschiebung der Produktionsschwerpunkte langfristig auch eine Verlagerung weiterer Wertschöpfungsaktivitäten, insbesondere der Forschung und Entwicklung, nach sich ziehen wird. Diejenigen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, die auf viel implizites Wissen zurückgreifen und daher eine enge Abstimmung der Wissensträger erfordern, können sinnvoll nur an einem Standort durchgeführt werden.⁵² Davon sind vor allem die produktionsnahen Themen betroffen. Welche Anteile der Forschung und Entwicklung sowie der Wertschöpfung können in Deutschland gehalten werden?⁵³ Wird Asiens Führerschaft im Bereich OLED Displays auch

⁴⁶ Vgl. Pickartz 2010.

⁴⁷ BCG 2006, S. 51.

⁴⁸ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 13.

⁴⁹ VDI-TZ 2009, S. 31.

⁵⁰ Vgl. OSA 2010.

⁵¹ Die New Energy and Industrial Technology Development Organization ist eine der halbstaatlichen Förderorganisationen in Japan und untersteht dem Ministry of Economy, Trade and Industry (METI).

⁵² Vgl. Schuh et al. 2008, S. 851.

⁵³ Beispielsweise ist das deutsche Unternehmen Merck Weltmarktführer für Flüssigkristalle für LCD-Displays trotz der dominierenden Stellung Asiens in den Endprodukten (vgl. BCG 2006, S. 60).

die Führerschaft in anderen Anwendungsbereichen der Organischen Elektronik nach sich ziehen? Solche Fragen werden sich stellen, falls es nicht gelingt, die Produktion in Deutschland zu halten.

Die geschilderte Ausgangslage ist durch eine akute Gefährdung der Position Deutschlands in allen Facetten der Organischen Elektronik gekennzeichnet. Die Material- und Anlagentechnik aus dem asiatischen Raum nimmt, getrieben durch technologische Synergien der aufstrebenden OLED Displays, eine zunehmend starke Rolle auf dem Weltmarkt ein. Für Displays wird bereits heute ein Großteil der Materialien auch in Asien entwickelt und hergestellt.⁵⁴ Selbst deutsche Pilotanlagen, wie z. B. im COMEDD am Fraunhofer IPMS in Dresden, werden aufgrund der Vorzüge asiatischer Anlagentechnologie mit koreanischen Beschichtungsanlagen realisiert.⁵⁵

> Die USA setzen vor allem auf die Organische Photovoltaik

Während Asien das Feld der Organischen Displays besetzt hat, scheinen die USA eine Vormachtstellung in der Organischen Photovoltaik anzustreben. US-amerikanische Förderprogramme haben unter anderem einen Schwerpunkt auf Organische Photovoltaik gelegt und damit ein hervorragendes Know-how in den USA begründet.⁵⁶ Gleichzeitig zeigen sich die USA als Pionier der Organischen Photovoltaik. Das US-Unternehmen Konarka Technologies tritt derzeit als Technologieführer auf. Weitere Unternehmen wie z. B. Solarmer Energy, Plextronics und Global Photonic Energy zeigen deutlich die Intensität, mit der die USA die Kommerzialisierung der Organischen Photovoltaik vorantreiben.

Dem Bestreben der USA, den Markt für Organische Photovoltaik zu erobern, werden in Deutschland hauptsächlich die Aktivitäten des Unternehmens Heliatek entgegengesetzt, welchem ein ausgezeichnetes Know-how zugesprochen wird. Auch wenn Deutschland insgesamt eine gute Ausgangslage in der Organischen Photovoltaik besitzt,⁵⁷ sind die intensiven Aktivitäten in den USA als Bedrohung zu sehen. Es stehen nicht nur Chancen auf einen potenziellen Weltmarkt in Höhe von etwa 3,4 Mrd. Euro⁵⁸ im Jahr 2020 im Raum. Auch technologische Synergien wirken – ähnlich wie bei OLED Displays – auf Materialien und Anlagentechnik und können weitere Bereiche der Organischen Elektronik „beflügeln“. Insbesondere bestehen Synergien zwischen Organischer Photovoltaik und OLED Lighting.⁵⁹ Die weltweit führende Position Deutschlands im Bereich OLED Lighting kann daher durch Fortschritte der USA im Bereich OPV bedroht werden, stellt jedoch gleichzeitig eine hervorragende Ausgangslage und Chance für die Organische Photovoltaik in Deutschland dar. Im Bereich OFET ist die Entwurfstechnik für integrierte Organische Elektronikkomponenten ein wichtiges Thema. Hier sind Anpassungen und Neuentwicklungen nötig, um den gegenüber den Siliziumbauelementen andersartigen Eigenschaften der OFET Rechnung zu tragen. Die in Deutschland vorhandene, ausgezeichnete Kompetenz in Schaltungsentwurf und EDA kann hier genutzt werden, um schnell eine Vorrangstellung im internationalen Wettbewerb zu erringen.

Es zeigt sich, dass durch die schnelle Kommerzialisierung der Bereiche OLED Display und OPV in Asien und den USA die Chancen für deutsche Unternehmen, in diesen Märkten Fuß zu fassen, trotz des bestehenden Know-hows sinken. Des Weiteren bedrohen technologische Synergien zwischen den Anwendungsbereichen der Organischen Elektronik

⁵⁴ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 30.

⁵⁵ Vgl. COMEDD 2009, S. 15.

⁵⁶ Vgl. Furr 2009.

⁵⁷ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 21.

⁵⁸ OPERA 2009, S. 27.

⁵⁹ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 29.

verbunden mit der Umsetzungsstärke Asiens und der USA auch die Bereiche OLED Lighting, OPV und OFET, in denen Deutschland derzeit noch eine weltweit führende Rolle innehat. Es stellt sich daher die Frage, wie Deutschland seine Führungsrolle in OLED Lighting, OPV und OFET sowie auf den Wertschöpfungsstufen Materialien, Anlagentechnik und Devices verteidigen und die bestehenden Marktchancen ergreifen kann.

2.5 ES BEDARF ERHEBLICHER ANSTRENGUNGEN, UM DIE STARKE POSITION ZU HALTEN

In den vergangenen Jahren hat sich Deutschland in vielen Bereichen der Organischen Elektronik eine hervorragende Ausgangsposition erarbeitet. Diese Ausgangsposition zu halten und weiter auszubauen stellt allerdings im Wettlauf mit den Bestrebungen anderer Regionen eine große Herausforderung dar. Die Organische Elektronik in Deutschland ist nur durch eine schnellere Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in marktfähige Produkte zukunftsfähig. Dies zeigt sich deutlich in der kritischen Betrachtung der Position Deutschlands im weltweiten Wettbewerb: Deutschland fällt mit zunehmender Marktnähe gegenüber asiatischen und US-amerikanischen Unternehmen mehr und mehr zurück.

Die derzeit bestehende Umsetzungsschwäche wird unter anderem am Beispiel von Unternehmensgründungen deutlich. Trotz der im internationalen Vergleich sehr gut abschneidenden öffentlichen Förderung von Neugründungen⁶⁰ in Deutschland ist das Gründungsklima eher gedämpft. Eine zurückhaltende Gründerkultur sowie eine geringe Risikobereitschaft stellen signifikante Hemmnisse

dar, und auch die Erlangung einer Wagnisfinanzierung seitens potenzieller Investoren stellt Jungunternehmer oftmals vor schwer zu bewältigende Herausforderungen (vgl. Kapitel 5).

Technologisch ist die Organische Elektronik noch nicht ausgereift und befindet sich teilweise erst an der Schwelle zur Marktreife. Nach wie vor bestehen wesentliche Forschungs-herausforderungen in der Materialentwicklung sowie der Entwicklung der Fertigungs- und Prozesstechnik und der entsprechenden Anlagentechnik. Dabei geht es um Kostensenkung und Ausbeuteerhöhung. Devicekonzepte müssen Fehlertoleranz aufweisen und möglichst geringe Komplexität besitzen, um die Fertigung möglichst einfach gestalten zu können. Insbesondere den Aufgaben, welche aus dem „Scale-up“ – der Skalierung vom Labor- auf den Produktionsmaßstab – resultieren, wird große Bedeutung beigemessen (vgl. Kapitel 3.1). Zur Begegnung dieser Herausforderungen wird vermehrt der Wunsch aus Wissenschaft und Wirtschaft laut, geeignete Infrastruktur in Form von Pilotanlagen aufzubauen (vgl. Kapitel 3.3). Mit zunehmender Marktentwicklung der Organischen Elektronik wird auch der Bedarf an qualifiziertem Fachpersonal steigen, dem mit adäquaten Ausbildungsmöglichkeiten entsprochen werden muss (vgl. Kapitel 4). Um den geänderten Bedürfnissen des sich entwickelnden Technologiefelds gerecht zu werden, ist in Zukunft eine entsprechende Gestaltung der Förderung relevant.

Das bestehende Know-how Deutschlands im Bereich der Organischen Elektronik konnte vor allem durch eine wirksame Förderung erreicht werden, welche auch im Ausland positiv hervorgehoben wird. Die auf dem Weg zur Marktreife auftretenden Forschungsaufgaben sowie die durch die Dyna-

⁶⁰ Vgl. GEM 2009, S. 26

mik des internationalen Markts hervorgerufene Wettbewerbssituation machen den Bedarf an Anpassungen der öffentlichen Förderung deutlich (vgl. Kapitel 5).

Zur Bewältigung der Herausforderungen aufseiten von Technologie, Wirtschaft und Politik stehen in Deutschland eine ausgezeichnete technologische Basis der Organischen Elektronik und eine infrastrukturell gut ausgebaute Wertschöpfungskette zur Verfügung. Durch zielgerichtete Maßnahmen in Forschung (vgl. Kapitel 3), Nachwuchs (vgl. Kapitel 4) und Förderung (vgl. Kapitel 5) können diese Herausforderungen bewältigt und die Organische Elektronik kann damit langfristig in Deutschland verankert werden. Es bedarf allerdings gemeinsamer Anstrengungen aller Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, um die damit verbundenen Aufgaben erfolgreich zu lösen (vgl. Kapitel 6). Die unter diesen Voraussetzungen ermöglichte Entwicklung und Etablierung von Leitprodukten der Organischen Elektronik wird die Wahrnehmung des Technologiefelds am Markt und damit die Nachfrage nach weiteren Produkten der Organischen Elektronik steigern. Gelingt dies nicht, könnte Deutschland den internationalen Anschluss verlieren, wie es in der Vergangenheit bereits im Bereich der Organischen Displays geschehen ist.⁶¹

⁶¹ Vgl. IZT 2008, S. 230 f.

3 FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND UMSETZUNG IN PRODUKTE

3.1 HERAUSFORDERUNGEN ENTLANG DER KETTE „VOM MATERIAL ZUM PRODUKT“

Die technologischen Herausforderungen der Organischen Elektronik sind insbesondere Verbesserungen in den drei Dimensionen Effizienz, Lebensdauer und Kosten der Devices. Effizienzsteigerungen sind beispielsweise durch neue, verbesserte Materialien sowie alternative Stapelungen der verschiedenen Materialschichten im Device zu erwarten. Für eine Erhöhung der Lebensdauer stehen abgesehen von stabileren Materialien z. B. neue, wirksamere Verkapselungsmaterialien und -technologien auf der Forschungsagenda. Eine Kostensenkung ist insbesondere durch neuartige Herstellungsverfahren und Anlagenkonzepte zu erwarten, die eine günstigere Materialsynthese, höhere Materialausbeute sowie einen höheren Durchsatz ermöglichen und gleichzeitig den Ausschuss minimieren. Darüber hinaus werden Funktionserweiterungen z. B. in Form flexibler oder transparenter Devices angestrebt, für die in erster Linie geeignete Substrate und Materialien zur Verkapselung entwickelt werden müssen.

Die für die verschiedenen Anwendungsbereiche der Organischen Elektronik jeweils spezifischen Herausforderungen wurden bereits in zahlreichen Strategiepapieren adressiert: Zur Koordinierung nationaler und europäischer Forschungsaktivitäten wurde im Rahmen des europäischen Forschungsprozesses die Strategische Forschungsagenda „Towards Green Electronics in Europe“ erarbeitet, welche auch die Grundlage für das nationale Äquivalent „Für Grüne Elektronik aus Deutschland“ geliefert hat.⁶² Die Organic Electronics Association (OE-A) hat darüber hinaus eine Roadmap der kurz-, mittel- und langfristigen Anwendungspotenziale der Organischen Elektronik sowie die jeweils spezifischen „Red Brick Walls“ zusammengestellt.⁶³ In dem innerhalb des Siebten Forschungsrahmenprogramms geförderten Network of Excellence PolyNet wurde das „White

Paper on PolyNet Critical Research Issues“ erarbeitet, welches eine übersichtliche Sammlung relevanter Forschungsthemen der 16 beteiligten Partner sowie deren Abgleich mit den oben genannten Strategiepapieren beinhaltet.⁶⁴ Über die natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen hinaus ist die Kette „Vom Material zum Produkt“ der Organischen Elektronik in Deutschland durch eine Reihe struktureller Herausforderungen gekennzeichnet, die ebenfalls im Fokus zukünftiger Aktivitäten stehen sollten.

Forschung und Entwicklung der Organischen Elektronik sind derzeit noch in hohem Maße von „Trial and Error“ auf verschiedenen Entwicklungsstufen geprägt. Durch systematisches Ausprobieren wird eine schrittweise Annäherung an die Lösung einer praktischen Fragestellung, z. B. die Entwicklung eines neuen organischen Materials mit bestimmten Eigenschaften im Device, erreicht. Dieses iterative Vorgehen ist insbesondere in der Organischen Elektronik durch einen hohen Grad an Unsicherheit sowie geringe Effizienz gekennzeichnet. Erstens bestehen in der Organischen Elektronik diverse Eingangsparameter, von denen die späteren Systemeigenschaften abhängen: Die Vielfalt organischer und anderer Materialien sowie der komplexe Schichtaufbau des Device eröffnen eine hohe Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten, aus denen geeignete Kombinationen auszuwählen und experimentell zu testen sind. Zweitens werden Fehlversuche häufig erst in späten Entwicklungsstufen (z. B. beim Test des Device) aufgedeckt, was den Aufwand von Entwicklungsprojekten in die Höhe treibt. Lange Entwicklungszyklen sind die Folge der iterativ zu durchlaufenden Entwicklungsschritte – der Erfolg von Forschungs- und Entwicklungsprojekten wird dadurch schwer kalkulierbar, was insbesondere für die Umsetzung und damit für die Industrie ein Hemmnis darstellt und die Investitionsbereitschaft beeinträchtigt. Einen Fortschritt mögen hier die Anwendung und Weiterentwicklung der kombinatorischen Materialforschung (in Synthese, Formulierung, Screening etc.) bringen.

⁶² OPERA 2009; VDI-TZ 2009.

⁶³ OE-A 2009.

⁶⁴ Engquist 2009.

> Das mangelnde Grundlagenverständnis erschwert eine effiziente Materialentwicklung

Derzeit fehlt ein systematisches Verständnis von den Wirkzusammenhängen der Molekülstruktur des organischen Werkstoffs und dessen elektronischen Festkörpereigenschaften.⁶⁵ Die Kenntnis dieser Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bildet die Grundlage für Simulationstechniken, welche wiederum Ausgangspunkt einer zielgerichteten Forschung abseits des „Trial and Error“ darstellen.⁶⁶ Bereits in der Vergangenheit führten Erkenntnisgewinne über grundlegende Wirkzusammenhänge zu nennenswerten Entwicklungssprüngen, so z. B. zum Übergang von fluoreszierenden zu phosphoreszierenden Emittern in den späten 1990er Jahren, der durch ein wachsendes Verständnis der theoretischen Grundlagen erreicht werden konnte und zu einer erheblichen Steigerung der Leuchtkraft von OLEDs führte.⁶⁷

Die Schwierigkeit, dieses Grundlagenwissen zu erlangen, liegt in der bereits angedeuteten Vielfalt organischer Ausgangsmaterialien und Materialstrukturen, der Komplexität des Deviceaufbaus sowie komplexer Wechselwirkungen der aktiven Schichten im Device.⁶⁸ Auch wenn ein umfassendes Theorieverständnis kurzfristig nicht zu erreichen ist, sollte ein zunehmender Erkenntnisgewinn dieser Grundlagen angestrebt werden. Ein besseres Verständnis der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bildet die Grundlage einer zielgerichteten Material- und Deviceentwicklung, bei der der organische Werkstoff auf Basis seiner zu erwartenden Eigenschaften im Device ausgewählt und entwickelt werden kann.⁶⁹ Im Anschluss an diese, auf die Bauelementebene bezogene Thematik folgt dann die Entwurfstechnik auf Systemebene, die darauf ausgerichtet sein muss, das Beste aus den gegebenen Device-Eigenschaften zu machen. Diese Ebene ist schon möglichst frühzeitig im Sinne von „Concurrent Engineering“ mit zu entwickeln. Da hier aus der

Siliziumtechnik in Deutschland schon sehr gute Voraussetzungen vorliegen, sind vor allem ein Zusammenbringen der Experten und eine koordinierte Zusammenarbeit vonnöten.

Die Vielfalt der organischen Materialien, die bei der Produktentwicklung Chance und Herausforderung zugleich ist, kann mithilfe festzulegender Leitprodukte eingegrenzt werden. Es sind diejenigen Werkstoffe und Fertigungstechnologien in das Zentrum der Arbeiten zu stellen, die für die Entwicklung der Leitprodukte notwendig sind.

Die empirische Forschung wird kurz- und mittelfristig ein elementarer Bestandteil der Organischen Elektronik bleiben. Erst mit fortschreitender Technologiereife und einer Eingrenzung der organischen Materialien auf ein überschaubares Maß wird die Grundlage geschaffen, ein ganzheitliches Verständnis der Wirkzusammenhänge aufzubauen. Hierfür sind entsprechende Rahmenbedingungen (noch bessere Abstimmung zwischen den Fördereinrichtungen, insbesondere der DFG und des BMBF, und der Forschungseinrichtungen, Max-Planck-Institute und Universitäten auf der einen Seite und Fraunhofer-Institute und Industrielaboren auf der anderen Seite) zu schaffen, die eine zielgerichtete empirische Forschung erlauben und zugleich den Ausbau eines systematischen Verständnisses der theoretischen Grundlagen unterstützen.

> Zusammenarbeit der Wissensträger entlang der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette

Der derzeit noch hohe Stellenwert empirischer Forschung sowie der unmittelbare Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der organischen Materialien und der Leistungsfähigkeit des Device münden in einen großen Wertschöpfungsstufen übergreifenden und damit interdis-

⁶⁵ Vgl. OPERA 2009, S. 8 sowie VDI-TZ 2009, S. 10.

⁶⁶ Vgl. MPG 2001, S. 54.

⁶⁷ Vgl. Thompson 2007, S. 21.

⁶⁸ Vgl. Lee 2010.

⁶⁹ Vgl. BAO 2007, S. 6.

ziplinen Abstimmungsbedarf. Interdisziplinäres Denken im System ist daher eine Voraussetzung für Forschungs- und Entwicklungserfolge in der Organischen Elektronik, was sich auch in den Anforderungen an den wissenschaftlichen Nachwuchs widerspiegelt (vgl. Kapitel 4).

Eine weitere wichtige Voraussetzung stellt die enge Zusammenarbeit der beteiligten Partner über Wertschöpfungsstufen hinweg dar. Dies ist unter anderem auch in der stark fragmentierten Wertschöpfung der Organischen Elektronik begründet. In Deutschland ist die Wertschöpfungskette insbesondere bei Funktionsmaterialien in vertikaler Richtung wenig integriert.⁷⁰ Diese fehlende vertikale Integration führt im Gegensatz zu stark integrierten Ketten zu einer hohen Anzahl an Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die an dem Weg von der Materialforschung zur Produktinnovation beteiligt sind. Eine effiziente Entwicklung und Herstellung von Produkten der Organischen Elektronik beruht somit zwangsläufig auf einer möglichst reibungslosen Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Forschungsreinrichtungen entlang der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette. Diese Erkenntnis wird z. B. in den Science-to-Business Centers von Evonik bereits intensiv genutzt. Hier arbeiten Forscher und Entwickler entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammen. Die Kompetenzen erstrecken sich von der Grundlagenforschung über die Produktentwicklung bis hin zur Produktion fertiger Systeme. Durch die Zusammenarbeit mit Hochschulen, Forschungsinstituten und potenziellen Kunden wird das Grundlagenwissen intensiviert, und Kundenanforderungen können frühzeitig berücksichtigt werden. Somit wird der Zeitraum von der Erfindung bis hin zur Markteinführung eines Produkts oder Prozesses verkürzt. Seit 2005 besteht das Science-to-Business Center „Nanotronics“ mit dem Schwerpunkt auf der Integration von Nanotechnologie und Elektronik in Marl, in dem Projekte wie „Gedruckte Elektronik“ oder „Kostengünstige, flexible Solarzellen“ bearbeitet werden.

Wertschöpfungsstufen übergreifende Zusammenarbeit in Science-to-Business Centers von Evonik⁷¹

Bei Evonik werden Innovationen, für die sowohl Technologien als auch Märkte noch völlig unbekannt sind, in sogenannten Science-to-Business Centers vorangetrieben. Science-to-Business Centers sind ein Bestandteil der strategischen Forschungs- und Entwicklungseinheit „Creavis“ (Creavis Technologies & Innovation). Ihr Ziel ist es, nachhaltige Geschäftsfelder aufzubauen und zukunftsweisende Technologieplattformen zu entwickeln.

In Science-to-Business Centers wird Wertschöpfungsstufen übergreifend zusammengearbeitet. Dazu werden die Mitarbeiter für alle Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten „unter einem Dach“ vereint. Dies schließt neben den Mitarbeitern von Evonik auch Nachwuchswissenschaftler sowie Ingenieure und Forscher anderer Unternehmen ein. Diese vertikale Betrachtungsweise des Innovationsprozesses, von der Grundlagenforschung bis zur Produktvermarktung, bringt ein hohes Maß an Interdisziplinarität mit sich. Durch die Kooperation mit potenziellen Kunden werden die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten frühzeitig auf deren Bedürfnisse ausgerichtet. Hierdurch wird die Zeitspanne von der Idee bis zur Vermarktung von Produkten reduziert.

⁷⁰ Höcker 2007, S. 49.

⁷¹ Vgl. Herzog 2007, Evonik 2009 sowie Wissenschaftsrat 2007, S. 66.

Das erste Science-to-Business Center „Nanotronics“ wurde 2005 eröffnet. Die Bezeichnung symbolisiert die Verbindung von Nanotechnologien und elektronischen Anwendungen. Forschungsgegenstände sind „druckbare Elektronik“, „transparente, leitfähige Schichten“ und „kostengünstige, flexible Solarzellen“. Hierbei sind die jeweiligen Themenfelder in interdisziplinären Projektteams organisiert. Diese bestehen z. B. aus Chemikern, Physikern, Ingenieuren der Elektro- und Verfahrenstechnik sowie Wissenschaftlern im Bereich Mikroelektronik und Nanotechnologie. Allen Partnern stehen die eigenen Einrichtungen und Labore des Science-to-Business Centers zur Verfügung, was zur Vernetzung der Partner auf Arbeitsebene beiträgt. Die örtliche Nähe aller Know-how-Träger wird hierbei als entscheidendes Erfolgskriterium gesehen.

Zur Finanzierung der Science-to-Business Centers greift Creavis im Wesentlichen auf den Forschungsetat von Evonik Industries zurück. Darüber hinaus werden einzelne Projekte durch öffentliche Forschungsgelder wie z. B. des Landes Nordrhein-Westfalen, der Europäischen Union oder des BMBF kofinanziert. Erfolgreiche Projekte werden anschließend zum Teil in Start-ups überführt.

Neben Forschungs- und Entwicklungskooperationen werden Partnerschaften angestrebt, die zu gemeinsamen Investitionen und Wagniskapital-Beteiligungen führen. Neben dem Aufbau von technologischen Kompetenzen zielt das Science-to-Business-Konzept auch auf deren schnelle Kommerzialisierung ab.

Der Erfolg von Science-to-Business Centers wird in der hervorragenden Forschungs- und Entwicklungsleistung gesehen, deren Grundlage die integrative Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft entlang der Wertschöpfungskette darstellt.

> Die Lücke zwischen Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung

In der Organischen Elektronik stellt sich die Trennung von Grundlagenforschung und angewandter Forschung im Vergleich zu anderen Feldern der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik laut Expertenaussagen als nicht so scharf dar. Einerseits zeigen Hochschulen und Forschungsinstitute ein ausgezeichnetes Anwendungsgespür und Industrieverständnis. Andererseits werden, obgleich der Anteil an grundlagenorientierter Forschung in der Industrie in den vergangenen Jahren stark abgenommen hat, vonseiten der Industrie nach wie vor grundlagenorientierte Themen vorangetrieben. In der Organischen Elektronik sind hier insbesondere industrielle Aktivitäten in der Entwicklung neuer organischer Materialien hervorzuheben. Das Zusammenspiel von universitären Forschungseinrichtungen, Max-Planck-, Leibniz-, Helmholtz- und Fraunhofer-Instituten sowie der Industrie wird Experten zufolge auch im Ausland als einzigartig angesehen.

Die wahrgenommene Lücke zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung, welche zu einer Umsetzungsschwäche von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte führen kann, hat ihren Ursprung im Fall der Organischen Elektronik mithin weniger in der Aufgabenteilung der forschenden Institutionen als vielmehr in der unterbrochenen Förderung der Kette „vom Material zum Produkt“. Diese Schwachstelle sowie Möglichkeiten zu deren Behebung werden in Kapitel 6 dieses Positionspapiers erörtert.

3.2 FROM LAB TO FAB – HERAUSFORDERUNGEN AUF DEM WEG ZUR SERIENFERTIGUNG

Der Weg vom Laborstadium zur Serienfertigung ist lang. Derzeitige Produktionskapazitäten haben noch weitgehend den Charakter einer Laborfertigung und nutzen methodische und technische Lösungen, die kaum eine wirtschaftliche Anwendung in der Serienproduktion zulassen. Obwohl bereits signifikante Fortschritte auf dem Weg zur Marktreife erreicht werden konnten, sind nach wie vor Entwicklungssprünge sowohl in der Material- und Deviceentwicklung als auch in der Entwicklung von Prozessen und Anlagentechnik notwendig. Der Aufwand, der dafür betrieben werden muss, lässt sich nicht auf eine reine Weiterentwicklung bzw. Optimierung bestehender Lösungen reduzieren. Der Übergang von Labor- zu Serienfertigung bringt neue Forschungs- herausforderungen mit sich, welche auf der Agenda zukünftiger Forschungs- und Entwicklungspläne stehen müssen.

> Skalierung von Materialien und Devices

Das sogenannte „Scale-up“ erfordert bei der Herstellung vieler Materialien besondere Anstrengungen: Mengenerhöhungen wirken sich auf Materialeigenschaften aus und erfordern gegebenenfalls neue Synthesemethoden sowie neuartige Anlagen- und Prozesstechnologien zur Herstellung und Verarbeitung der Materialien.⁷²

Neben der Aufskalierung von Materialien ist auch die Übertragung der Laborergebnisse bezüglich Leistungsfähigkeit und Qualität eines Device in ein Serienprodukt nicht ohne Weiteres möglich. Organische Solarzellen zeigen beispielsweise eine kritische Abhängigkeit der Effizienz von der Devicegröße, wobei die Effizienz bei steigender Größe deutlich abnimmt. Der durch das „Scale-up“ entstehende Forschungs- und Entwicklungsbedarf in der Organischen

Elektronik wurde bereits erkannt, jedoch bisher nicht in ausreichendem Maße adressiert. Dies äußert sich in unzureichenden Mitteln und fehlenden Fördermöglichkeiten für die Prototypenphase, in der die Maßstabsvergrößerung vornehmlich vollzogen wird.⁷³ Zusätzliche Fördermöglichkeiten werden von den befragten Experten dabei vor allem für das „Ramp-up“, also eine erste Anlaufproduktion, sowie für den Betrieb von Pilotanlagen gefordert.

> Anlagentechnik und Prozesse für die Massenfertigung

Die Entwicklung von Prozessparametern, die Fertigung von Demonstratoren (Prototypen zum Nachweis der technischen Realisierbarkeit) und das Sammeln von Erfahrungen aus der Produktion – mit anderen Worten „der Weg vom Labor zur Serienfertigung“ – sind derzeit nur bedingt auf serientauglichen Anlagen möglich. Die zugrunde liegende Anlagentechnik basiert zwar auf etablierten Beschichtungstechnologien; eine wirtschaftliche Fertigung von Produkten der Organischen Elektronik bedingt jedoch eine Anpassung und Weiterentwicklung dieser Anlagen und Prozesse. Dazu sind noch grundlegende technologische Fragestellungen der Fertigungstechnik wie z. B. die Frage der großflächigen Sicherstellung homogener Schichtdicken zu beantworten. Auch auf weiteren Wertschöpfungsstufen gilt es, passende Lösungen für die Serienfertigung zu finden. Auf der Stufe der Materialien sind dies z. B. druckbare Materialien, die für eine Massenfertigung mittels kontinuierlicher Druckverfahren geeignet sind.⁷⁴

⁷² Vgl. acatech 2008, S. 20.

⁷³ Vgl. acatech 2008, S. 21.

⁷⁴ Vgl. Fix 2008, S. 49.

> Fertigungsbegleitende Qualitätssicherung

Wesentlicher Bestandteil einer wirtschaftlichen Serienfertigung ist die Verfügbarkeit von fertigungsbegleitenden und damit serientauglichen Qualitätssicherungsverfahren. Dabei ist nicht nur die Funktion der produzierten Güter zu prüfen, sondern es wird auch eine Aussage zu der dauerhaften Funktionsfähigkeit der Produkte verlangt. Dies erfordert eine statistische Sicherheit, die nicht nur auf Erfahrung basiert, sondern auch grundlegendes Wissen über die Wirkzusammenhänge, Schadensmechanismen und Fehlerketten voraussetzt. Des Weiteren sind bestehende Qualitätssicherungsmaßnahmen aus der Laborfertigung, wie z. B. die Schichtdickenmessung anhand von Schwingquarzen, nicht serientauglich. Neben dem notwendigen Grundlagenverständnis zur Qualitätssicherung sind es auch die Methoden und die entsprechenden Systeme, die für eine fertigungsbegleitende Qualitätssicherung der Organischen Elektronik entwickelt werden müssen.

Auf der Entwurfsseite ist hier die dedizierte Entwicklung von Design-Maßnahmen zur Sicherstellung von Funktionssicherheit und Zuverlässigkeit zu nennen, z. B. die korrekte Festlegung von Entwurfs-Margen und die Nutzung von Redundanz und Fehler korrigierenden Architekturen. Solche an sich bekannten Techniken können nur dann sinnvoll angewendet werden, wenn die Zusammenhänge zwischen physikalischen Grundlagen und Auswirkungen auf Systemebene für die zu erwartenden Unvollkommenheiten der Bauelemente bekannt und verstanden sind.

> Standards für Produkte und Prozesse

Standards sind in der Organischen Elektronik bisher wenig etabliert. Die Bedeutung von Standards – d. h. erstens die standardisierte Messung der Leistungsfähigkeit von De-

vices und zweitens Produktstandards – wird vonseiten der befragten Experten als durchweg hoch eingeschätzt. Die Organische Elektronik hat bereits einen Reifegrad erlangt, der durch die Erarbeitung von Standards einen erheblichen Nutzen erwarten lässt.

Standardisierte Messmethoden sind in diesem Zusammenhang insbesondere für die Vergleichbarkeit von Laborergebnissen notwendig. Die Leistungsfähigkeit eines Device wird durch verschiedene Parameter bestimmt, welche häufig im Konflikt zueinander stehen. So geht eine Effizienzsteigerung bei OLEDs häufig mit einer verminderten Lebensdauer einher. Um die Vergleichbarkeit von Forschungsergebnissen verschiedener Einrichtungen zu gewährleisten, sind daher standardisierte Messpraktiken erforderlich, welche jedoch bisher noch nicht etabliert wurden. Eine Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang die Organische Photovoltaik, in der standardisierte Messpraktiken bereits etabliert und zertifizierte Messlabors vorhanden sind.⁷⁵ Auch in den anderen Bereichen der Organischen Elektronik sind entsprechende Standardisierungsaktivitäten anzustreben und voranzutreiben.

Ein weiteres Handlungsfeld für Standardisierungsschritte sind die Produkte der Organischen Elektronik. Standardisierte Produkthanforderungen sollten frühzeitig erarbeitet werden, um einer Enttäuschung potenzieller Anwender entgegenzuwirken. Ein Paradebeispiel fehlender Produktstandards ist die eigenwillige Definition verschiedener Hersteller für „weiße LEDs“. Eine frühzeitige (Produkt-) Standardisierung ist unbedingt erforderlich, ihre Initiierung allerdings liegt nach Meinung der befragten Experten in erster Linie in der Verantwortung der Industrie.

Die hier angesprochenen Herausforderungen auf dem Weg vom Labor zur Serienfertigung haben eines gemeinsam: Sie erfordern erhebliche und nachhaltige Investitionen, z. B.

⁷⁵ So z. B. das NREL in den USA oder das Fraunhofer ISE in Deutschland.

für die Anschaffung und den Betrieb geeigneter Anlageninfrastruktur oder die finanzielle Absicherung einer ersten Vorserienproduktion.

3.3 PILOTANLAGEN ALS BRÜCKE ZUR MARKTREIFE

Pilotanlagen sind Versuchsanlagen, an denen die Fragestellungen einer neuen Technologie untersucht werden können. Auf dem Weg von Labor- zu Serienfertigung von marktfähigen Produkten der Organischen Elektronik sind Pilotanlagen zwingend erforderlich, um z. B. den Test und die Optimierung von Devices, die Entwicklung von Prozesstechnologie und Qualitätssicherungsmaßnahmen oder die Fertigung von Demonstratoren und Vorserien zu ermöglichen. Sie stellen demnach das Bindeglied zwischen Labor- und Serienproduktion dar und sind Voraussetzung dafür, die Herausforderungen auf dem Weg zur Serienfertigung zu meistern und die Weichen für Leitprodukte der Organischen Elektronik zu stellen. Pilotanlagen haben daher den Charakter von (vorwettbewerblichen) Laboranlagen im Gegensatz zu Serienanlagen, die wettbewerblichen Charakter haben. Die Bereitstellung und Unterhaltung von Pilotanlagen im Bereich der Organischen Elektronik ist mit hohen Investitionen und Kosten verbunden, die selbst von Großunternehmen gescheut werden. Insbesondere für Start-ups sowie klein- und mittelständige Unternehmen, welche in der Regel nicht die Ressourcen für eine eigene Anlageninfrastruktur besitzen, ist die Bereitstellung solcher Anlagen von entscheidender Bedeutung.

Der Begriff „Pilotanlage“ für sich gibt jedoch wenig Auskunft darüber, welcher Art die Anlage im Speziellen ist. In der Organischen Elektronik existieren verschiedenste Typen von Pilotanlagen, welche jeweils auf unterschiedliche Materialien, Verfahrensschritte und Prozesse abgestellt sind und unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden.

Unterschieden wird unter anderem nach der Art der Herstellungsverfahren, das heißt Flüssigphasen- oder Gasphasen-Prozessierung sowie nach der Art der zu fertigenden Anwendungen, z. B. OLED, OPV, OFET usw. Des Weiteren sind die geforderte Ausbringungsmenge sowie die direkt damit verbundene Anlagentechnik, z. B. Rolle-zu-Rolle- oder Sheet-to-sheet-Technologie zu spezifizieren. Pilotanlagen können sowohl kleine Laboranlagen, die aus einzelnen Modulen bestehen, als auch vollständig verkettete Anlagen darstellen. Diese Beispiele machen deutlich, dass eine differenziertere Betrachtung dieses Themenbereichs erforderlich ist.

Der großen Bedeutung der Pilotanlagen wird dadurch Rechnung getragen, dass es bereits das COMEDD⁷⁶ in Dresden, das InnovationLab in Heidelberg, eine vom BMBF geförderte Pilotfertigung (Osram) in Regensburg (im Bau) und eine Pilotanlage von VTT⁷⁷ in Finnland gibt.

Dennoch sind einige Experten der Meinung, dass es in Deutschland einen Mangel an Pilotanlagen gibt. Andererseits weisen die Experten darauf hin, dass die vorhandenen Pilotanlagen nicht voll ausgelastet sind. Eine Ursache hierfür dürfte sein, dass es sich bei den bestehenden Pilotanlagen nicht um „offene“ Anlagen handelt, also um Anlagen, die Fremdnutzern nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen zur Verfügung stehen. Die hohe Empfindlichkeit der Anlagen und der auf ihnen hergestellten Produkte stellt jedoch höchste Ansprüche an eine kostenintensive Wartung und die unbedingte Vermeidung von Kontaminationen. Es ist daher in vielen Fällen verständlich, dass die Betreiber von Pilotanlagen Fremdbenutzung ausschließen. Der Mangel an Pilotanlagen muss daher klarer spezifiziert werden, da es nicht an Anlagen per se fehlt, sondern an Anlagen, welche bestimmte technische und organisatorische Anforderungen erfüllen. Diese sind für neue Vorhaben im Vorfeld zu ermitteln und mit der bestehenden Anlageninfrastruktur in Deutschland sowie Europa abzugleichen.

⁷⁶ Center for Organic Materials and Electronic Devices Dresden.

⁷⁷ VTT Technical Research Center of Finland.

Die Anlagentechnik für Organische Leuchtdioden ist grundsätzlich auf die Organische Photovoltaik übertragbar, d. h. solche Anlagen, auf denen OLED hergestellt werden können, sind prinzipiell auch für die Fertigung von OPV-Devices geeignet. Aufgrund der verschiedenen Materialien, welche für die OLED- bzw. OPV-Herstellung verwendet werden, ist diese technisch gegebene Flexibilität bisher in der Praxis jedoch nicht realisiert. Da die verwendeten Materialien nur schwer rückstandslos aus den Anlagen zu entfernen sind, besteht ein Kontaminationsrisiko, welches von den Betreibern der Anlagen gescheut wird. Eine weitere Schwachstelle besteht in der Finanzierung. Während die Finanzierung der Anschaffung entsprechender Anlagentechnik laut Aussage der befragten Experten noch im Rahmen der Projektförderung möglich ist, stellt die Finanzierung des Betriebs sowie einer ersten Anlaufproduktion die beteiligten Akteure oftmals vor Probleme. Neben diesen finanziellen Engpässen bestehen weitere Hemmnisse, die einer breiten Nutzung der bestehenden Pilotanlagen entgegenstehen. Technische Hemmnisse liegen zum Teil darin begründet, dass die erzielten Ergebnisse stark anlagenspezifisch und nicht ohne Weiteres übertragbar sind. Ein weiteres Hemmnis, das sich insbesondere für Industriekunden signifikant darstellt, ist der Umgang mit Nutzungs- und Verwertungsrechten an den erzielten Ergebnissen. Als Beispiel sei an dieser Stelle die restriktive IP-Regelung der Fraunhofer-Gesellschaft genannt, welche einer Nutzung ihrer Anlagen durch die Industrie in vielen Fällen im Wege steht.⁷⁸

Die hier hervorgehobenen Schwachstellen machen deutlich, dass es insbesondere an zukunftsweisenden Betreiber- und Geschäftsmodellen fehlt, welche den Aufbau und langfristigen Betrieb von bestehenden und neuen Pilotanlagen der Organischen Elektronik ermöglichen. Zur Entwicklung solcher Modelle gibt es derzeit noch eine Vielzahl offener Fragen. Welche Institution ist als Betreiber von Pilotanlagen geeignet? Wer erhält die Nutzungsrechte an den erlangten Forschungsergebnissen? Wer darf die Anlagen unter welchen Bedingungen und zu welchen Kosten nutzen? Diese

und weitere Fragestellungen müssen adressiert werden, um zu prüfen, inwiefern ein solches Konzept „offener“ Pilotanlagen überhaupt realisierbar ist.

3.4 EMPFEHLUNGEN ZUR STÄRKUNG DER FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND UMSETZUNG

Trotz vielversprechender Erfolge in der Vergangenheit ist die Kette „vom Material zum Produkt“ mit einigen Schwachstellen behaftet, die eine effiziente Weiterentwicklung der Organischen Elektronik in Deutschland erschweren und die Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte bremsen. Im Folgenden werden Empfehlungen gegeben, wie die identifizierten Schwachstellen behoben und Lücken in der Kette geschlossen werden können.

Durch das zunehmende Verständnis der theoretischen Grundlagen wird eine zielgerichtete Forschung ermöglicht und der Aufwand von Entwicklungsprojekten reduziert. Empirische Forschung wird kurz- und mittelfristig nicht ersetzt, jedoch zunehmend systematisiert werden können. Sie leistet einen entscheidenden Beitrag, grundlegende, theoretische Phänomene aufzudecken. Ziel sollte daher ein ausgewogenes Verhältnis zwischen empirischer sowie zielgerichteter, auf das theoretische Verständnis ausgerichteter Forschung sein, um eine effiziente Weiterentwicklung der verschiedenen Bereiche der Organischen Elektronik sicherzustellen.

> acatech empfiehlt

der auf das grundlegende Verständnis der Organischen Elektronik ausgerichteten Forschung neben der empirischen Weiterentwicklung hohe Bedeutung beizumessen und hierzu die Verbundforschung zwischen Instituten der Max-Planck-Gesellschaft, der Leibniz-Gemeinschaft und den Universitäten einerseits und den Instituten der Fraunhofer-

⁷⁸ Vgl. FhG 2002, § 5 Forschungs- und Entwicklungsergebnis, Nutzungsrechte.

Gesellschaft und der Industrie andererseits im Hinblick auf die Verbesserung der Zielgrößen (Effizienz, Lebensdauer, Kosten) für konkrete Zielprodukte der Organischen Elektronik zu fördern. Idealerweise sollte diese Forschung „unter einem Dach“ mit umfangreicher Infrastruktur (z. B. Gemeinschaftsinstitut der MPG und der FhG) zusammengeführt werden, das sich in unmittelbarer Nähe einschlägiger Industrie befindet und in dem sich Forscher von der Grundlagenforschung über die Anwendungsforschung, die Systemtechnik bis zur Fertigungs- und Prozesstechnik für jeweils begrenzte Zeit (bis zu 5 Jahren) zusammenfinden.

Eine integrative Arbeitsweise und enge Zusammenarbeit der Wertschöpfungs- und Entwicklungspartner ist eine notwendige Voraussetzung für Forschungs- und Entwicklungserfolge der Organischen Elektronik. Obwohl dies in der Vergangenheit bereits erkannt wurde und zu vielversprechenden Entwicklungen wie z. B. einer Schwerpunktbildung unter starker Beteiligung der Industrie oder dem Science-to-Business Center Nanotronics von Evonik geführt hat, müssen die Anstrengungen in dieser Richtung deutlich verstärkt werden. Es gilt, die Vernetzungen weiter auszubauen und insbesondere vor dem Hintergrund einzigartiger Kompetenzen zu erweitern (vgl. Kapitel 6.2).

Produktionsnahe Forschungsthemen werden mit geringer werdendem Abstand der Entwicklungen der Organischen Elektronik zum Markt zunehmend relevant. Der Übergang von Labor- zu Serienfertigung weist dabei einen erheblichen Forschungsbedarf auf, der im Fokus zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten stehen muss, um die Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte zu ermöglichen. Hierbei ist auch die Realisierung von Kostensenkungspotenzialen und von Techniken, die Ausbeute und Zuverlässigkeit steigern, zwingend erforderlich, um serientaugliche Massenfertigungsverfahren bereitzustellen. In diesem Zusammenhang haben Pilotanlagen eine entscheidende Bedeutung.

> acatech empfiehlt,

Forschungsherausforderungen, die mit der Aufskalierung von Materialien, Devices sowie der Fertigungs- und Prozesstechnik einhergehen, besondere Aufmerksamkeit zu widmen und Aufbau und Nutzung offener Pilotanlagen mit geeigneten Geschäftsmodellen unter Berücksichtigung nationaler und europäischer Gegebenheiten zu fördern, um die Umsetzung in marktfähige Produkte der Organischen Elektronik durch die Industrie in Deutschland zu sichern.

4 NACHWUCHSFÖRDERUNG

4.1 AUSBILDUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN NACHWUCHS

Die Organische Elektronik ist ein verhältnismäßig junges Technologiefeld, dessen Anwendungen auf der Schwelle zur Marktreife stehen. Die vielfach prognostizierten, starken Marktzuwächse werfen die Frage auf, ob Deutschland für diese Entwicklung personell gewappnet ist oder aber mittel- bis langfristig ein personeller Engpass zu erwarten ist. Wenn auch derzeit noch kein Mangel an qualifizierten Fachkräften im Bereich der Organischen Elektronik zu beklagen ist, gilt es frühzeitig zu klären, ob heutige Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in diesem Bereich auch zukünftig den Bedarf vonseiten der Wissenschaft sowie der Wirtschaft decken können. Experten der Organischen Elektronik sind sich einig, dass schon heute Anstrengungen in der Nachwuchsförderung erforderlich sind, um hier den Bedarf von morgen zu decken. Welche spezifischen Anforderungen muss der wissenschaftliche Nachwuchs erfüllen, um auf zukünftige Entwicklungsaufgaben der Organischen Elektronik optimal vorbereitet zu sein? Inwieweit sind bestehende Ausbildungsangebote in der Lage, die geforderten Kompetenzen zu vermitteln? Im Folgenden werden Antworten auf diese Fragen gegeben.

> Die Organische Elektronik ist eine Querschnittsdisziplin

Interdisziplinarität ist der Organischen Elektronik immanent. Die Organische Elektronik als Teilgebiet der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik ist eine Querschnittstechnologie, welche den Ausgangsdisziplinen Chemie, Physik, Elektrotechnik und Maschinenbau gleichermaßen zuzuordnen ist. Abb. 4 verdeutlicht den interdisziplinären Charakter der Organischen Elektronik.

Abb. 4: Einordnung der Organischen Elektronik und einiger spezifischer Fragestellungen in die verschiedenen Ausgangsdisziplinen

	CHEMIE	PHYSIK	MASCHINENBAU	ELEKTROTECHNIK
ORGANISCHE ELEKTRONIK	Materialentwicklung	Deviceentwicklung	Anlagentechnik	Schaltungen
	Verkapselung	Modellierung	Prozessierung	Deviceentwicklung
	Design	Prozessierung	Druckmaschinen	Transistoren
	Materialsynthese	...	Messverfahren	Verkettung
	Modellierung	Qualitätssicherung	Qualitätssicherung	...
	Substrate	Design	...	Design
	Emitter	Messverfahren	Beschichtung	Systemintegration
	Prozessierung	Materialentwicklung	...	
	...			

Zu den Fragestellungen im Bereich der Chemie zählen in erster Linie Themen der Materialsynthese und Materialentwicklung. Die Entwicklung neuer Materialien z. B. für Emittter (OLED) und Absorber (OPV), Verkapselung und Sperrschichten beinhaltet zu einem wesentlichen Anteil chemische Fragestellungen. Im weiteren Verlauf der Wertschöpfungs- und Entwicklungskette sind die Themen zunehmend durch die Physik geprägt. Physiker sind insbesondere bei der Entwicklung von Devices gefragt. Aber auch Themen der Prozessierung und Qualitätssicherung fallen in den physikalischen Bereich. Vom Device über das Bauteildesign zum Produkt nimmt die Bedeutung des Ingenieurwesens zu. Elektrotechnik- und Maschinenbauingenieure werden insbesondere in den Bereichen Schaltungen und Bauteildesign bzw. Prozessierung und Anlagentechnik benötigt. Auch Qualitätssicherungsverfahren erfordern das Know-how ingenieurtechnischer Disziplinen, insbesondere wenn fertigungsbegleitende inline-Lösungen mit hohem Durchsatz gefragt sind.

> Hohe Anforderungen an den Nachwuchs

Die Anforderungen an den wissenschaftlichen Nachwuchs der Organischen Elektronik sind aufgrund der Komplexität dieses Forschungsbereiches insbesondere durch ein Verlangen nach interdisziplinärem Verständnis und Systemdenken geprägt. Experten betonen, dass neben tief gehenden Fachkenntnissen auf einem Spezialgebiet zunehmend ein erweitertes Blickfeld verlangt wird, welches die Fragen der angrenzenden Disziplinen mit einbezieht und einen Perspektivenwechsel erlaubt. Hierbei ist weniger eine interdisziplinäre Arbeitsweise gefragt als die Kommunikationsfähigkeit mit den verschiedenen angrenzenden Disziplinen, d. h. die gemeinsame Sprache und das gegenseitige Verständnis für die Problemstellungen der jeweils anderen Disziplin. Als Beispiel sei die elektrische Leitfähigkeit eines organischen Materials genannt: Diese hängt sowohl von dem Aufbau der Moleküle des Materials als auch von der Anordnung der

Moleküle im Material und schließlich im Device ab. Für eine effiziente Materialentwicklung reicht es demnach nicht aus, ein Material mit einer entsprechenden molekularen Struktur zu synthetisieren. Es ist ebenso erforderlich, über die Molekülstruktur hinaus eine Morphologie zu generieren, die zu den gewünschten Eigenschaften des Materials führt. Dazu gehört die detaillierte Charakterisierung von der molekularen bis zur mesoskopischen Struktur. Auf der anderen Seite muss der Devicephysiker ausgehend von den gewünschten Materialeigenschaften dem Chemiker Anregungen für eine geeignete Molekülstruktur und Materialmorphologie geben können. Dieses gegenseitige Fachverständnis unter den Disziplinen ist vor dem Hintergrund der starken Verknüpfung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten und eines hohen Abstimmungsbedarfs unter den beteiligten Entwicklern entlang der Wertschöpfungskette unverzichtbar. Kurze Feedbackzyklen, z. B. von der Deviceentwicklung und Prozessierung zu den Materialentwicklern, sind erfolgsentscheidend für eine effiziente Optimierung der Systeme.

Diesen Herausforderungen aufseiten der Qualifizierung stehen derzeit in Deutschland noch keine ausreichenden Ausbildungsmöglichkeiten für Fachkräfte der Organischen Elektronik gegenüber. Experten sehen einen Mangel vor allem in den noch zu wenigen und zu wenig aufeinander abgestimmten Ausbildungsangeboten, die diesen inhaltlichen Anforderungen gerecht werden.

> Bestehende Ausbildungsmöglichkeiten

International betrachtet werden nur an wenigen Hochschulen dedizierte Studiengänge oder Aufbaustudiengänge der Organischen Elektronik angeboten. Im europäischen Raum sind dies die Linköping Universität in Schweden sowie die drei französischen Universitäten Limoges, Bordeaux und Toulouse, welche seit 2009 einen gemeinsamen, geteilten Masterstudiengang anbieten.⁷⁹ Des Weiteren werden an

⁷⁹ Horowitz 2009, S. 6.

diversen europäischen Universitäten Einzelveranstaltungen wie z. B. Vorlesungen oder Praktika im Bereich der Organischen Elektronik angeboten.⁸⁰

Aktuell gibt es in Deutschland keinen dedizierten Studiengang, der Nachwuchswissenschaftler gezielt auf ihre Aufgaben im Bereich der Organischen Elektronik vorbereitet. Die heutige universitäre Ausbildung im Bereich der Organischen Elektronik findet in erster Linie in einzelnen Vorlesungen natur- und ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge wie z. B. Chemie, Physik oder Elektrotechnik statt. Darüber hinaus wird in Studien- und Diplomarbeiten sowie im Rahmen von Promotionen an Lehrstühlen und Instituten mit entsprechenden Forschungsschwerpunkten eine tief gehende, wenn auch nicht mit den bestehenden (Vor-) Ausbildungsangeboten abgestimmte Weiterbildung ermöglicht. Im Rahmen des Spitzenclusters „Forum Organic Electronics“ haben die Universitäten Heidelberg und Karlsruhe ein Projekt zur integrativen Nachwuchsförderung im Bereich Organische Elektronik gestartet. Ziel dieses Projekts ist die umfassende Aus- und Fortbildung von Wissenschaftlern auf dem Gebiet der Organischen Elektronik, was unter anderem durch einen Joint-Master-Studiengang mit Fokus auf der Organischen Elektronik erreicht werden soll.⁸¹

Experten sind sich einig, dass vor dem Hintergrund des enormen Marktpotenzials, welches mit dem Durchbruch der Organischen Elektronik erwartet wird, heutige Ausbildungsmöglichkeiten dem zu erwartenden Bedarf dieses Forschungs- und Entwicklungsgebiets weder kapazitiv noch inhaltlich und weder hinsichtlich des Bedarfs der Wirtschaft noch der Hochschulen gerecht werden.

4.2 DROHENDER NACHWUCHSMANGEL IN DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK

Der in Deutschland bereits bestehende Nachwuchsmangel in den sogenannten MINT-Berufen trifft die Organische Elektronik ebenso wie andere Bereiche der Wirtschaft.⁸² Die Nachfrage nach Ingenieurinnen und Ingenieuren ist in den letzten 25 Jahren unvermindert gewachsen und dieser Trend hält auch heute noch an.⁸³ Bis zum Jahr 2004 standen dem zusätzlich sinkende Studienanfängerzahlen in den betroffenen Fächern gegenüber.⁸⁴ Zwar sind in den Jahren 2005 bis 2008 wieder steigende Studienanfängerzahlen in den MINT-Fächern zu verzeichnen, jedoch sprechen verschiedene Trends für den prognostizierten Mangel an technischen Fach- und Führungskräften.⁸⁵ Hervorzuheben sind insbesondere die Auswirkungen des demografischen Wandels, die zunehmende Akademisierung von Tätigkeiten in den Unternehmen, eine steigende Nachfrage nach neuen technischen Produkten und Dienstleistungen sowie die Tatsache, dass Deutschland als Hochtechnologiestandort von Innovationen, also von der Umsetzung von Inventionen in marktfähige Produkte lebt, die hoch qualifizierter Fachkräfte bedarf.⁸⁶ Daher hat die Bundesregierung mit der Qualifizierungsinitiative für Deutschland bereits Ziele und Maßnahmen definiert, welche unter anderem spezielle Anreize für Studienplätze in den MINT-Fächern vorsehen.⁸⁷

⁸⁰ Z. B. die Vorlesung „Plastic and Molecular Electronics“ am University College London in Großbritannien oder das Praktikum „Organic Electronics“ an der Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées ENSTA in Frankreich.

⁸¹ Universität Heidelberg 2009.

⁸² Vgl. acatech 2009, S. 62.

⁸³ Vgl. acatech 2006, S. 58.

⁸⁴ Destatis 2005, S. 46 f.

⁸⁵ Vgl. BMBF 2010b, S. 44.

⁸⁶ acatech/VDI 2009, S. 13.

⁸⁷ Vgl. BMBF 2009, S. 86 ff.

> Mangel an hoch qualifiziertem Nachwuchs für die Organische Elektronik

Laut Expertenaussagen besteht in der Organischen Elektronik ein Mangel an hoch qualifizierten Nachwuchswissenschaftlern, die neben einer fundierten spezialisierten Ausbildung in einer Disziplin auch das Verständnis für benachbarte Disziplinen mitbringen und „im System“ denken können. Die Anforderungen an den wissenschaftlichen Nachwuchs der stark interdisziplinär geprägten Organischen Elektronik sind laut Aussage der befragten Experten durch aktuelle Studiengänge und Ausbildungsangebote nur teilweise abbildbar. Ein wesentlicher Teil der interdisziplinären Fähigkeiten muss außerhalb organisierter Ausbildungswege erworben werden.

Großunternehmen unterhalten zum Teil gezielte Kooperationen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen an regionalen Schwerpunkten der Organischen Elektronik, um Zugang zu qualifiziertem Nachwuchs zu erlangen. Speziell klein- und mittelständische Unternehmen, welche über ein weniger ausgeprägtes Netzwerk zu Universitäten und Forschungseinrichtungen verfügen, haben oft Schwierigkeiten, qualifiziertes Fachpersonal mit dem entsprechenden Hintergrund der Organischen Elektronik zu finden und für sich zu gewinnen. Selbst einigen Forschungseinrichtungen und Lehrstühlen fällt es laut eigener Aussagen schwer, ihren Eigenbedarf an Nachwuchswissenschaftlern zu decken.

Dabei fehlt es auf der einen Seite an Spezialisten, wie z. B. Devicephysikern, Quantenchemikern oder Materialwissenschaftlern, um dem aufstrebendem Technologiefeld gerecht zu werden. Auf der anderen Seite besteht ein Mangel

an Generalisten der Organischen Elektronik, welcher sich mit zunehmender Marktnähe der einzelnen Technologien noch weiter steigern wird. Sollten die teilweise sehr optimistischen Marktabschätzungen für Anwendungen der Organischen Elektronik auch nur ansatzweise erreicht werden, so wird zukünftig ein Bedarf an qualifizierten Fachkräften entstehen, welcher kurzfristig voraussichtlich nicht aus deutschen Hochschulen gedeckt werden kann.

Neben dem Nachwuchsmangel aufseiten der universitären Ausbildung ist laut Aussage der befragten Experten auch eine Unterversorgung mit Laboranten und Labortechnikern zu erwarten. Derzeit ist noch kein signifikanter Mangel in diesen Bereichen zu verzeichnen, jedoch wird mit zunehmender Marktdurchdringung von Produkten der Organischen Elektronik der Bedarf steigen. Um auch zukünftig einen Engpass zu vermeiden, sollte dem rechtzeitig mit entsprechenden Ausbildungsangeboten und Weiterbildungsmaßnahmen entgegengewirkt werden.

> Abwanderung von Fachkräften ins Ausland

Eine Verschärfung dieser Situation ist zudem durch die Abwanderung qualifizierten Wissenschaftlernachwuchses ins Ausland zu erwarten. In einer Studie des europäischen Karriereportals Stepstone, an der 21.000 Fach- und Führungskräfte aus neun europäischen Ländern teilnahmen, liegt Deutschland abgeschlagen auf Rang 15 bei der Frage, in welchem Land Europas Fach- und Führungskräfte arbeiten wollen. Auf den vorderen Plätzen finden sich Großbritannien, Frankreich und Spanien.⁸⁸

⁸⁸ Stepstone 2006.

Die Problematik im Handlungsfeld Nachwuchsförderung betrifft demnach neben der Sicherung eines exzellenten Ausbildungsniveaus insbesondere das Halten exzellenter Nachwuchswissenschaftler im Lande. Dies betrifft zum einen deutsche Spitzenwissenschaftler, die im Ausland attraktivere Rahmenbedingungen für ihre Forschung vorfinden und demzufolge abwandern. Zum anderen sind internationale Studierende betroffen, welche sich für ein Studium in Deutschland entscheiden und nach Beendigung desselben in ihr Heimatland zurückkehren oder in ein anderes bevorzugtes Land gehen. Die Problematik der Abwanderung Hoch- und Höchstqualifizierter ins Ausland trifft die Organische Elektronik laut Expertenaussagen in besonderem Maße, da ohnehin nur wenige Spitzenwissenschaftler in diesem Forschungsfeld in Deutschland verfügbar sind. Eine Abwanderung dieser wenigen Spitzenkräfte ins Ausland hätte eine deutliche und nachhaltige Schwächung der deutschen Wissenschaftslandschaft in der Organischen Elektronik zur Folge.

> Die Grenzen der Fakultäten

Es ist eine jahrhundertealte Erfahrung des Wissenschaftssystems, dass sich die verschiedenen Disziplinen nicht immer kooperationsbereit gegenüberstehen. Die Umstellung der Studienlandschaft auf das Bachelor-/Mastersystem im Rahmen des Bologna-Prozesses bietet aber nun grundsätzlich die Chance, durch die Umstrukturierung der Studiengänge vielfache Kombinationsmöglichkeiten bei der Studiengestaltung zu schaffen und damit die Trennung zwischen den Fakultäten zu relativieren. Der modulare Aufbau des Studiums sowie die Möglichkeit nicht-konsequenter Studiengänge, in denen das Masterstudium in einer anderen (jedoch verwandten) Disziplin als der des vorangegangenen Bachelorstudiums angeschlossen wird, lassen Raum für Interdisziplinarität erkennen. Kritisch betrachtet stellt sich

jedoch die Frage, inwieweit eine tief gehende Ausbildung in der kurzen Zeit eines Masterstudiums (maximal zwei Jahre inklusive Masterarbeit) zu realisieren ist. Hier besteht die Gefahr, dass die Grundlagen, welche während des Bachelorstudiums gelegt werden, innerhalb eines Masterstudiums in einer anderen Disziplin nicht aufgearbeitet werden können. In der Praxis haben sich laut Expertenaussagen die Fakultätsmauern durch die Einführung des Bachelor-/Mastersystems zunächst weiter erhöht.

Einer Studie der HIS (Hochschul-Informationssystem GmbH) zufolge liegen die Hauptschwierigkeiten bei der Umsetzung interdisziplinärer Studienangebote in der räumlichen Distanz zwischen den Fakultäten, Problemen der Abstimmung der Stundenpläne zwischen verschiedenen Fachbereichen, dem insgesamt knappen Zeitrahmen im Bachelorstudium sowie der Prüfungsorganisation bei interdisziplinären Angeboten.⁸⁹ Diese Schwierigkeiten gilt es zu überwinden, um eine interdisziplinäre Lehre im Allgemeinen und eine qualifizierte Lehre der Organischen Elektronik im Speziellen zu ermöglichen.

4.3 EMPFEHLUNGEN ZU LEHRE UND NACHWUCHSSICHERUNG

Der drohende Mangel an qualifizierten Nachwuchswissenschaftlern und Fachkräften der Organischen Elektronik wird von Wissenschaft und Wirtschaft gesehen. Um den beschriebenen Herausforderungen zu begegnen und auch zukünftig die Qualifizierung exzellenter Nachwuchskräfte der Organischen Elektronik sicherzustellen, müssen rechtzeitig die notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden.

Interdisziplinäre Lehre kann grundsätzlich in zwei Formen stattfinden: als eigenständiger interdisziplinärer Studien-

⁸⁹ Vgl. HIS 2008, S. 26.

gang oder durch eine stärkere Integration interdisziplinärer Themen in andere, bereits bestehende Studiengänge.⁹⁰

Eine flächendeckende Einführung spezialisierter Masterstudiengänge erscheint vor dem Hintergrund des Risikos, mit der die prognostizierte Marktentwicklung der Organischen Elektronik behaftet ist, zum aktuellen Zeitpunkt nicht sinnvoll. Vielmehr wird der Integration von Fachvorlesungen zur Organischen Elektronik in bestehende Studiengänge der Vorzug gegeben.

Zur Realisierung dieser Ausbildungsmöglichkeiten ist die Bereitstellung zusätzlicher Mittel, insbesondere in Form eines Aufbaus von zusätzlichem Lehrpersonal, erforderlich. Dadurch wird die Wahrnehmung dieses neuen Forschungsfeldes bei den Studierenden gesteigert; Unternehmen haben zudem die Chance, sich aktiv in die Lehre einzubringen,⁹¹ und langfristige Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft werden gefördert.

Insbesondere für die Organische Elektronik bieten derartige Studienangebote die Möglichkeit, Studierende mit bestehender Spezialisierung in einem Fachgebiet für dieses neue Technologiefeld zu begeistern sowie ihnen einen Perspektivenwechsel zu ermöglichen. Selbstverständlich darf die interdisziplinäre Ausbildung nicht auf Kosten einer fundierten Grundlagenausbildung gehen.⁹² Disziplinäre Kompetenzen bleiben die wesentliche Voraussetzung, reichen jedoch allein nicht mehr aus, um Forschungsaufgaben, die aus den klassischen Fächern und Disziplinen herauswachsen, erfolgreich zu bearbeiten.⁹³

Neben der Ausbildung exzellenter Nachwuchswissenschaftler sind erhebliche Anstrengungen erforderlich, diese auch im Land zu halten und deren Abwandern bzw. deren Rückkehr in ihr Heimatland nach der Ausbildung zu verhindern. Hierfür sind attraktive Rahmenbedingungen zu schaffen,

welche eine auch im internationalen Vergleich konkurrenzfähige Forschungs- und Arbeitslandschaft in Deutschland sicherstellen. Um die besten Köpfe zusammenzubringen und angemessen ausstatten zu können, sind „Leuchttürme der Organischen Elektronik“ in Deutschland zu schaffen, die auch internationale Spitzenkräfte anziehen können.

> acatech empfiehlt,

die Attraktivität des Studiums der Organischen Elektronik zu steigern, an den bestehenden Zentren die Vertiefungsrichtung Organische Elektronik in bestehende Studiengänge zu integrieren (soweit die erforderlichen Randbedingungen gegeben sind, gegebenenfalls einen Master-Studiengang Organische Elektronik einzurichten), fakultätsübergreifende Arbeiten zu fördern, die Anerkennung von Studienleistungen, die in anderen Fakultäten erbracht wurden, zu erleichtern und interdisziplinär angesiedeltes Lehr- und Forschungspersonal aufzubauen. Um das Interesse der Studierenden zu wecken, sollte der Bekanntheitsgrad des neuen Forschungsbereichs gesteigert werden, und bei der Darstellung der Berufschancen sollte die Industrie mitwirken.

⁹⁰ HIS 2008, S. 25.

⁹¹ Vgl. Stifterverband 2009, S. 5 ff.

⁹² Vgl. acatech 2008, S. 26.

⁹³ Vgl. Mittelstraß 2005, S. 20.

5 FÖRDERUNG

5.1 STÄRKEN UND SCHWÄCHEN DER BISHERIGEN FÖRDERUNG

Experten sind sich einig, dass die Position Deutschlands im Führungsfeld zahlreicher Anwendungsgebiete der Organischen Elektronik sowie auf diversen Stufen der Wertschöpfungskette in hohem Maße der frühzeitigen und intensiven Förderung der vergangenen Jahre zu verdanken ist.

> Hohe Wirksamkeit der bisherigen Förderung

Mit der Förderung konnte eine Erhöhung der technischen Leistungsfähigkeit diverser Technologien der Organischen Elektronik sowie eine Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands erreicht werden. Auch die wirtschaftliche Bedeutung der Organischen Elektronik in Deutschland hat sich in den letzten Jahren dank der intensiven Förderung erhöht und wird in Zukunft weiterhin zunehmen. Dies äußert sich Experten zufolge unter anderem in steigenden Beschäftigungszahlen sowie der Entstehung von Start-ups der Organischen Elektronik. Die Wirkung der Förderung der vergangenen Jahre wird von Unternehmen und Forschungseinrichtungen sehr positiv bewertet. Insbesondere die beiden Innovationsallianzen des BMBF werden von Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft als Erfolgsbeispiel hervorgehoben. Auch das Spitzencluster „Forum Organic Electronics“ der Metropolregion Rhein-Neckar ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung. Mit diesen neuen Förderinstrumenten konnten große Investitionen der Industrie mobilisiert werden. Die überwiegende Förderung in Verbundprojekten, in denen Partner aus Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Industrie gemeinsam an einem Forschungsvorhaben arbeiten, wird von Wissenschaft und Wirtschaft als ein außerordentlich wichtiges Förderprinzip betrachtet. Durch die starke Einbeziehung von Unterneh-

men weist die Forschung in der Organischen Elektronik in Deutschland laut Expertenaussagen eine hohe Praxisrelevanz auf.

> Starke Anwendungsfokussierung der Förderprogramme

Bisherige Förderprogramme sind zu Recht durch eine deutliche Marktfokussierung gekennzeichnet und hohe Fördersummen wurden in anwendungsnahe Projekte investiert. Grundlage dieser Förderschwerpunkte war eine eher ingenieurtechnisch getriebene Technologieentwicklung, welche stark auf bestimmte Märkte (z. B. Beleuchtung) ausgerichtet war. Das bewusste Definieren von Förderschwerpunkten⁹⁴ ist ein sinnvoller Ansatz, um vielversprechende Anwendungsbereiche und die Kommerzialisierung der zugrunde liegenden Technologien unter starker Beteiligung der Industrie gezielt voranzutreiben. Eine monolithische Auslegung der Förderung birgt jedoch die Gefahr, dass Nischenbereiche oder derzeit weniger prominente Anwendungsbereiche wie z. B. Organische Batterien vernachlässigt werden. Des Weiteren lässt sie nicht ausreichend Raum für Querschnittsthemen, die verschiedenen Anwendungsbereichen zugutekommen. Mit dem Spitzencluster „Forum Organic Electronics“, in welchem Projekte verschiedener Anwendungsbereiche der Organischen Elektronik gefördert werden, wurde diesem Defizit nun mit einem weiteren Förderinstrument begegnet.

Die Förderung der Organischen Elektronik in Deutschland ist laut Expertenaussagen derzeit mit einigen Schwachstellen behaftet, welche zu Förderlücken entlang der Kette „vom Material zum Produkt“ führen.

⁹⁴ Hierzu zählen z. B. die Förderschwerpunkte Organische Photovoltaik in der „Innovationsallianz OPV“ oder Organische Leuchtdioden in der „OLED Initiative“.

> Abstimmung der Förderer

Nach Aussagen zahlreicher Experten wären eine noch bessere Abstimmung zwischen den verschiedenen fördernden Organisationen, und zwar insbesondere zwischen der DFG und dem BMBF, sowie die konsequente Begleitung auf dem Weg von der Erkenntnis zur Umsetzung und damit zur Produktinnovation wünschenswert. Während die DFG Grundlagenforschungsthemen fördert, die grundsätzlich keinen Anwendungsbezug aufweisen müssen, sind die Förderinstrumente des BMBF auf Forschungsthemen bzw. -projekte ausgerichtet, welche in einem unmittelbaren Anwendungszusammenhang stehen. Grundsätzlich ist diese Teilung sinnvoll, jedoch besteht die Gefahr des Entstehens einer Förderlücke für Themen, welche zu anwendungsfern für eine BMBF-Förderung (unter Industriebeteiligung), aber zu anwendungsnah für eine DFG-Förderung sind. In den vergangenen Jahren wurden sowohl vonseiten der DFG als auch seitens des BMBF Maßnahmen ergriffen, um den Übergang von der Grundlagenforschung in die angewandte Forschung zu unterstützen. Die sogenannten „Transferprojekte in Sonderforschungsbereichen“ der DFG haben das Ziel, Technologieentwicklungen abgeschlossener DFG-Grundlagenprojekte weiterzuführen und der Anwendung ein Stück näher zu bringen, um damit einen Wissenstransfer zwischen Forschung und Anwendung zu beiderseitigem Nutzen zu erreichen.⁹⁵ Das BMBF hat innerhalb des Rahmenprogramms „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“⁹⁶ die Fördermaßnahme „Wissenschaftliche Vorprojekte“ ins Leben gerufen, um die bestehende Forschungsförderung zu ergänzen und eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und industriegeführter Verbundförderung zu schlagen.⁹⁷

Außerdem ist die Abstimmung zwischen Förderern auf Bundes- und Landesebene weiter zu verbessern. Die Synchronisierung der Förderprogramme sollte angestrebt und inten-

siviert werden, um die Kräfte zu bündeln, die Wirksamkeit der Förderung zu steigern und eine sinnvolle Ergänzung von Fördermitteln aus dem Bundeshaushalt durch Fördermittel aus dem Landeshaushalt und umgekehrt zu erreichen.

> Förderung für die Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktreife Produkte

Wenn der Nachweis der technischen Machbarkeit erbracht ist, ist die Weiterentwicklung von Technologien der Organischen Elektronik bis zur Marktreife noch mit erheblichen Anstrengungen verbunden. In Deutschland gibt es insgesamt zu geringe Mittel zur Förderung der Validierungs- oder Umsetzungsphase.⁹⁸ Dies trifft die Organische Elektronik ebenso wie andere Technologiefelder. Die Bundesregierung hat daher angekündigt, eine neue Maßnahme zur Validierungsförderung zu starten, die dazu beitragen soll, das Potenzial von Ergebnissen der akademischen Forschung für eine wirtschaftliche Verwertung besser auszuschöpfen.⁹⁹ Dem gerade auf den Gebieten der Organischen Elektronik hohen Forschungsbedarf auf dem Weg zur Serienreife (siehe auch Kapitel 2.2) wird vonseiten der Förderung laut Aussage der befragten Experten bisher nicht ausreichend Rechnung getragen. Grundlage für die Weiterentwicklung von Projektergebnissen bzw. Technologien der Organischen Elektronik bis zur Marktreife ist insbesondere der Aufbau und Betrieb der benötigten, zum Teil hoch differenzierten Anlageninfrastruktur, welcher derzeit nur ungenügend durch Fördermittel gedeckt wird. Auch die dedizierte Entwurfstechnik für integrierte organische Elektronik ist als wichtiger Erfolgsfaktor zu beachten. Der Schritt vom Nachweis der technischen Machbarkeit bis zu marktreifen Technologien und Produkten ist gerade bei der Organischen Elektronik mit hohem Aufwand und erheblichem Risiko verbunden, was von Unternehmen aus betriebswirtschaftli-

⁹⁵ Vgl. DFG 2010, S. 1.

⁹⁶ BMBF-WING 2003.

⁹⁷ Vgl. BMBF 2008b.

⁹⁸ Wissenschaftsrat 2007, S. 89.

⁹⁹ BMBF 2010b, S. 11.

chen Gründen oft gescheut wird. Zu bedenken ist in diesem Zusammenhang die Frage, inwieweit eine ausreichende Unterstützung bis zur Marktreife durch öffentliche Förderung möglich ist, ohne damit den Bereich der Vorwettbewerblichkeit zu verlassen.

> Flexibilität der Förderprogramme

Die Organische Elektronik ist sowohl in ihrer technologischen Entwicklung als auch in ihrer Marktentwicklung derzeit durch eine hohe Dynamik gekennzeichnet. Experten bemängeln vor diesem Hintergrund eine gewisse Trägheit der Förderung, welche den Anforderungen des sich schnell wandelnden Technologiefelds nicht gerecht wird. Ausländische Förderaktivitäten wie z. B. die US-amerikanische Förderung seitens des Departments of Energy (DoE) wird von den befragten Experten als insgesamt dynamischer und flexibler wahrgenommen. Die vorrangigen Kritikpunkte beziehen sich in diesem Zusammenhang auf die Fristen, innerhalb derer Projektanträge gestellt werden können, sowie auf die engen Leitplanken, innerhalb derer eine Förderung möglich ist. Um aussichtsreiche Forschungsthemen mit einem langfristigeren Fokus und über die Förderperioden von einzelnen Verbundprojekten hinaus vorantreiben zu können, sind alternative Fördermodelle notwendig. Solche Förderprogramme sollten die kurzfristige Erstellung von Neuansträgen bzw. Umstellung laufender Förderanträge auf sich neu ergebende Fragestellungen ermöglichen und die Nutzung von Anlagentechnik, die im Rahmen eines Förderprojekts angeschafft wurde, auch außerhalb dieses Projekts erlauben.

> Rahmenbedingungen für die Kommerzialisierung der Organischen Elektronik durch Start-ups

Bei der Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte nehmen Start-ups eine Schlüsselrolle ein. Sie stellen eine äußerst effektive Möglichkeit des Technologietransfers dar, die Großunternehmen zu bieten nicht in der Lage sind. Mit ihrem spezifischen Know-how und einer schnellen Anpassungsfähigkeit besitzen sie die nötige Dynamik und Aktionsgeschwindigkeit, um Produkte binnen kurzer Zeit auf den Markt zu bringen. Die hohe Bedeutung von Unternehmensgründungen für die Wirtschaft und Innovationskraft Deutschlands ist unumstritten. Einer aktuellen Studie des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung zufolge hat sich die Anzahl der Unternehmensgründungen im Zeitraum von 1995 bis 2007 jedoch rückläufig entwickelt.¹⁰⁰ Eine Förderung technologieintensiver Gründungen erfolgt auf Bundesebene insbesondere durch den Hightech-Gründerfonds, welcher durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), die KfW Bankengruppe sowie sechs Privatinvestoren finanziert wird. Verschiedene Existenzgründungsinitiativen der Bundesländer ergänzen die Förderung auf Bundesebene.¹⁰¹ Diese ausgezeichneten, inzwischen bewährten Instrumente zur Förderung von Unternehmensgründungen müssen stark ausgebaut und hoch innovative Gebiete wie die Organische Elektronik verstärkt und gezielt einbezogen werden. Trotz erschwelter Bedingungen¹⁰² sind in den vergangenen Jahren mehrere erfolgreiche Start-ups der Organischen Elektronik in Deutschland entstanden. So erreichte z. B. das Jungunternehmen Heliatek wiederholt Rekorde in der Effizienz organischer Solarzellen.¹⁰³ Diese Entwicklung ist

¹⁰⁰ Vgl. ZEW 2009, S. 12.

¹⁰¹ BMWi 2010a, S. III.

¹⁰² Mithilfe einer Seed-Finanzierung sowie von Coaching-Maßnahmen werden Jungunternehmen in der Gründungsphase das erforderliche Startkapital sowie die notwendige Betreuung und Unterstützung des Managements vermittelt (vgl. BMWi 2010b, S. 5). In der sich anschließenden Wachstumsphase sind Jungunternehmen mehr und mehr auf Risikokapital privater Investoren angewiesen. Der Wagniskapitalmarkt für die Finanzierung von Innovationen ist in Deutschland jedoch deutlich unterentwickelt (vgl. BMBF 2006, S. 15). Die in Deutschland ohnehin wenig ausgeprägte Gründermentalität zusammen mit dem Mangel an „Business Angels“ führen zu ungünstigen Rahmenbedingungen für Jungunternehmer. Insbesondere technologieintensive Start-ups der Organischen Elektronik sind jedoch auf eine ausreichende Anschlussfinanzierung in der Wachstumsphase (z. B. für kostenintensive Anlagen) angewiesen, um die Kommerzialisierung von Produkten voranzutreiben.

¹⁰³ Heliatek 2010.

insbesondere in dem hoch dynamischen Technologiefeld der Organischen Elektronik äußerst wichtig für die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Innovationsfähigkeit am Standort Deutschland.

5.2 ERFAHRUNGEN AUS BMBF-PROJEKTEN

Im Folgenden werden Erfahrungen aus BMBF-geförderten Projekten der Organischen Elektronik aufgegriffen, die exemplarisch konkrete wissenschaftliche Fortschritte, übergeordnete Vorteile, Strukturen der Projektorganisation sowie mögliche Schwierigkeiten in der Zusammenstellung des Projektkonsortiums betreffen. Im Fokus dieser Betrachtung stehen Erfahrungen aus Förderprojekten der beiden Innovationsallianzen Organische Leuchtdioden und Organische Photovoltaik. Die Projekte der ersten Phase der OLED-Initiative sind bereits abgeschlossen, und auch die innerhalb der Innovationsallianz OPV geförderten Projekte sind weit fortgeschritten – erste Eindrücke werden an dieser Stelle aufgenommen, um Hinweise für die Gestaltung zukünftiger Projekte zu geben. Im Spitzencluster sind zwar bereits Projekte angelaufen, diese befinden sich jedoch zum Zeitpunkt dieser Stellungnahme in einem sehr frühen Stadium und fließen daher nicht in diese Betrachtung ein.

In der ersten Phase der OLED-Initiative wurden insgesamt vier Verbundprojekte mit einem Fördervolumen von ca. 52 Mio. Euro gefördert. Die Innovationsallianz Organische Photovoltaik umfasst derzeit 15 Verbundprojekte mit einer Gesamtfördersumme von ca. 55 Mio. Euro. Die überwiegend gemischten Konsortien der geförderten Verbundpro-

jekte – bestehend aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen – decken jeweils große Teile der Wertschöpfungskette ab.

Durch die Förderung der vergangenen Jahre ist es laut Expertenaussagen gelungen, die technische Leistungsfähigkeit diverser Technologien der Organischen Elektronik signifikant zu steigern. So konnte z. B. im Projekt „OPEG“¹⁰⁴ der Wirkungsgrad organischer Solarzellen auf 8,3 Prozent gesteigert werden – vor Projektbeginn betrug er ca. 5 Prozent. Ein zentrales, bislang noch ungelöstes Problem ist die wirtschaftliche Umsetzung dieser Projektergebnisse. In einem möglichen Folgeprojekt ist daher geplant, die bereits erreichte Zelleffizienz auf eine ebenso hohe Moduleffizienz zu übertragen. Erst damit ist die Grundlage für leistungsfähige Produkte gegeben. Die marktorientierte Umsetzung der Projektergebnisse ist für 2012 durch die Firma Heliak geplant. Im Projekt „OPAL“¹⁰⁵ konnten die erzielten Projektergebnisse bereits im Projektverlauf in eine erste Produktentwicklung bei Osram transferiert werden.¹⁰⁶ Die Effizienz, Lebensdauer und Fläche Organischer Leuchtdioden konnten im Projektverlauf soweit gesteigert werden, dass nur kurze Zeit nach Projektabschluss erste Kleinserien – produziert auf dem ebenfalls im Projekt „OPAL“ entwickelten Anlagenprototyp – auf den Markt gebracht werden konnten.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Bedeutung der Verbundprojekte für die Nachwuchsförderung. Durch die Einbindung von Forschungseinrichtungen und Hochschulen in die Projektarbeit – als Teil des Projektkonsortiums oder auch über Unteraufträge – wird Jungwissenschaftlern im

¹⁰⁴ „OPEG – Organische Photovoltaik zur integrierbaren Energieversorgung“, Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2011, Fördersumme: ca. 16 Mio. Euro.

¹⁰⁵ „OPAL – Organische Phosphoreszenz-Leuchtdioden für Anwendungen im Lichtmarkt“, Laufzeit: 01.03.2006 – 28.02.2009, Fördersumme: ca. 29,3 Mio. Euro.

¹⁰⁶ Vgl. Osram 2009, S. 104.

Rahmen von Dissertationen oder Diplom-/Masterarbeiten ermöglicht, praxisnahe Forschung auf projektspezifischer Ebene zu betreiben und erste Erfahrungen mit der Industrie zu sammeln. So wurden allein durch die beiden Projekte „OPAL“ und „OPEG“ fast 50 Dissertationen ermöglicht.

Ein besonders wichtiger Erfolgsfaktor ist laut Aussage der Befragten ein zeitlich lückenloser Übergang zu Nachfolgeprojekten. Von besonderer Relevanz ist dieser Aspekt für Hochschulen, um die Entstehung von Finanzierungslücken und damit die Unterbrechung von Doktorarbeiten zu vermeiden. Als beispielhaft ist in diesem Zusammenhang der fließende Übergang zwischen dem Projekt „OPAL“ und dem Nachfolgeprojekt „TOPAS“¹⁰⁷ zu nennen, wodurch eine unterbrechungsfreie Fortsetzung der Forschungsarbeiten der beteiligten Forschungseinrichtungen und Hochschulen ermöglicht wurde.

Die gute Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bildet die Grundlage für den Projekterfolg und ist daher besonders hervorzuheben. Öffentlich geförderte industrielle Verbundprojekte wirken als „Befähiger“ für diese Art der Zusammenarbeit. Sie schaffen eine „Klammer“ um das Projektkonsortium und die beteiligten Partner und ermöglichen eine offene Kommunikation sowie vertrauensvolle Zusammenarbeit. Durch Verbundprojekte werden bestehende Kontakte zwischen Wissensträgern gefestigt, neue geknüpft und eine langfristige Zusammenarbeit über das konkrete Forschungsvorhaben hinaus vorbereitet. Verbundprojekte stellen damit einen Grundpfeiler der Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich der Organischen Elektronik in Deutschland dar (vgl. Kapitel 5.2). Diese wird in den geförderten Projekten auch projektübergreifend, d. h. zwischen verschiedenen Projektkonsortien, vorangetrieben. So wurde zum Beispiel zwischen den Projekten „TOPAS“ und „So-Light“¹⁰⁸ der zweiten Phase der OLED-Initiative eine Kooperation initiiert, um Synergien zu nutzen und um den themenspezifischen Ideen- und Erfahrungsaustausch zu fördern.

Als teilweise problematisch wurde die Zusammenarbeit der beteiligten Projektpartner im Bereich der Anlagentechnik beschrieben. Zwar ist diese Wertschöpfungsstufe in den meisten Projekten mindestens durch einen Partner vertreten, jedoch stellt sich die Zusammenarbeit zwischen Deviceentwicklern und Anlagenbauern in einigen Projekten als weniger offen dar. Dies liegt nach Aussage der Projektbeteiligten primär an den unterschiedlichen Zielsystemen. Während Anlagenbauer ihre Anlagentechnik mit dem Ziel der Vermarktung weiterentwickeln möchten, befürchten Deviceentwickler den Abfluss ihres Know-hows. Die Anlagenentwicklung erfolgt daher oftmals ohne einen Anlagenbauer in Eigenregie der Deviceentwickler.

Als Erfolgsfaktor wird unter anderem eine überschaubare Größe des Projektkonsortiums von etwa drei bis vier Kernpartnern genannt, die eine enge Zusammenarbeit der beteiligten Partner zulässt. Je nach thematischer Breite des Projektvorhabens sind jedoch auch deutlich größere Konsortien von Vorteil. Gute Erfahrungen mit einem großen Konsortium wurden z. B. im Projekt „OPAL“ gesammelt. Dieses bisher größte Verbundprojekt der beiden Innovationsallianzen wurde intern in drei thematische Teilverbände unterteilt, von denen jeder durch einen Konsortialpartner gesteuert wurde. Der jeweils für einen dieser Teilverbände verantwortliche Konsortialpartner war für die Ausrichtung und Organisation der halbjährlich stattfindenden zweitägigen Arbeitstreffen zuständig, an denen auch die beteiligten Unterauftragnehmer mitwirkten. Dieses Beispiel zeigt, dass auch in größeren Konsortien eine fokussierte Zusammenarbeit der beteiligten Partner möglich ist, jedoch einer durchdachten Organisation bedarf.

Durch die Innovationsallianzen wurden bereits beachtliche wissenschaftliche Fortschritte erreicht. Auch konnten erste marktfähige Produkte der Organischen Elektronik (vgl. Kapitel 2.4) entwickelt werden. Um im internationalen Wett-

¹⁰⁷ „TOPAS – Tausend Lumen organische Phosphoreszenzbauelemente für Anwendungen in Licht-Systemen“.

¹⁰⁸ „So-Light – Forschung und Demonstratoren hinsichtlich Spezial-Beleuchtungs- und Signage-Anwendungen basierend auf OLED-Lichttechnologie“.

bewerb die Position zu halten bzw. auszubauen, bedarf es der konsequenten Fortführung der intensiven Forschung und Förderung. Unternehmen, die die Entwicklung und Vermarktung von Produkten der Organischen Elektronik anstreben, müssen ein ausgeprägtes Durchhaltevermögen aufweisen. Dieses ist auch seitens der Förderung gefragt, um die finanziellen Erfolge der langjährigen Anstrengungen ernten zu können. Im folgenden Abschnitt werden daher Ansätze für die zukünftige Förderung der Organischen Elektronik diskutiert.

5.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE FÖRDERUNG DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK IN DEUTSCHLAND

Trotz vielversprechender Erfolge in der Vergangenheit sind nach wie vor erhebliche Anstrengungen erforderlich, um dem noch jungen Technologiefeld der Organischen Elektronik den Weg zur Marktreife zu ebnet und dessen Kommerzialisierung in Deutschland zu ermöglichen. Um den spezifischen wissenschaftlichen, technischen sowie wirtschaftlichen Herausforderungen zu begegnen, sind gezielte Anpassungen der Förderung dieses dynamischen Technologiefelds erforderlich. Auf Basis der Experteninterviews lassen sich folgende Ansätze identifizieren.

> **acatech empfiehlt,**

die Durchgängigkeit der Förderung über alle Stufen der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette zu sichern, die Förderung zu bündeln und die Abstimmung zwischen Bund und Ländern weiter zu verbessern. Außerdem sollten alternative Förder- und Finanzierungsmodelle – z. B. im Rahmen von Public Private Partnerships – entwickelt werden, um auch projektunabhängig nachhaltige Forschungsanstrengungen zu bündeln und zu stärken.

Mit zunehmender Technologiereife der Organischen Elektronik gewinnen technisch-wirtschaftliche Aspekte an Bedeutung. Die Herausforderungen, die mit der Skalierung von Materialien, Devices, Prozessen und Anlagentechnik einhergehen, müssen in Zukunft auch vonseiten der Förderung stärker in den Blick genommen werden. Für den Anlauf der Fertigung von Produkten der Organischen Elektronik sind hochspezialisierte Produktionsanlagen erforderlich, deren Kosten sich auch im Erfolgsfall erst mittelfristig amortisieren. Auch die Finanzierung einer ersten Anlaufproduktion stellt derzeit einen Engpass dar, der die Umsetzung exzellenter Forschungsergebnisse in Produkte hemmt und daher behoben werden muss.

Staatliche Investitionen dürfen private Investitionen nicht verhindern. Um hier einer Verdrängungsgefahr zu begegnen, sollte die Förderwürdigkeit solcher Infrastruktur sorgsam geprüft werden. Mit der Förderung der Prototypphase sowie Themen der Skalierung bewegt man sich immer an der Grenze zwischen wettbewerblicher und vorwettbewerblicher Förderung.

In anderen Ländern wird laut Expertenaussagen der Bereich der Vorwettbewerblichkeit bewusst verlassen, um eine direkte und vor allem schnelle Umsetzung von Forschungsergebnissen in Produkte am Markt zu ermöglichen. Ein Beispiel für die erfolgreiche Förderung der Kommerzialisierung von Technologien liefert die japanische „New Energy and Industrial Technology Development Organisation“ (vgl. Exkurs NEDO).

Alternative Fördermodelle am Beispiel der „New Energy and Industrial Technology Development Organisation“ (NEDO)¹⁰⁹

Die halbstaatliche „New Energy and Industrial Technology Development Organization“ (NEDO) ist Japans größte Organisation zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie zur Verbreitung und Kommerzialisierung von Energie-, Umwelt- und neuen Technologien und investiert hierzu jährlich ca. 2,3 Mrd. Euro¹¹⁰ in Projekte bei Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen. Dabei werden insbesondere solche Technologien fokussiert, deren Entwicklung mit einem hohen Risiko für Unternehmen verknüpft ist.

Das übergeordnete Ziel dieser Investitionen ist die Stärkung der heimischen Wirtschaft und damit der internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Investitionen erfolgen dabei in Technologien, die auf der Basis regelmäßig erstellter Markttrendanalysen ausgewählt werden. Um öffentliche Fördergelder effizient einzusetzen, werden dabei nur Technologieprojekte gefördert, die bei erfolgreicher Entwicklung ein erhebliches Marktpotenzial erwarten lassen.

Zur Förderung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit stehen zwei Fördermodelle zur Verfügung: Ein „Outsourcing-Modell“ wird für Projekte verwendet, die von NEDO selbst geleitet und zu 100 Prozent finanziert werden. Dieses findet vor allem bei langfristigen und risikoreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten Anwendung. Ein „Subventionsmodell“ wird für Projekte genutzt, bei denen die Projektleitung in den geförderten Organisationen verbleibt und NEDO ausschließlich zur Finanzierung beiträgt. Dieses Modell bietet bei kurzfristigen Projekten die Möglichkeit, flexibel und schnell zu reagieren. Bei allen geförderten Projekten erfolgt eine regelmäßige Leistungsbewertung, auf deren Grundlage über die weitere Projektförderung entschieden wird. Um die langfristigen Erfolge einer Fördermaßnahme bewerten zu können, werden die Projekte darüber hinaus auch nach Abschluss der Förderung weiter evaluiert.

Die Entwicklung von Technologien wird bei NEDO mit dem expliziten Ziel der Kommerzialisierung vorangetrieben. Neben der reinen Forschung und Entwicklung wird daher jährlich mit ca. 120 Mio. Euro¹¹¹ auch die Kommerzialisierung von Technologien gefördert. Ziel der Fördermaßnahmen ist die schnelle Entwicklung des zugehörigen Markts sowie die konjunkturelle Belebung.

Der Erfolg der Projektförderung drückt sich in der Kommerzialisierungsrate aus. Dabei lag die Kommerzialisierungsrate (d. h. das Verhältnis der Anzahl von nach 5 Jahren kommerzialisierten Projekten zur Gesamtanzahl der geförderten Projekte) im Jahr 2008 bei 16 Prozent, was deutlich über vergleichbaren Kommerzialisierungsraten in westlichen Regionen liegt.

Das Beispiel NEDO zeigt, wie die Kommerzialisierung von Technologien erfolgreich unterstützt werden kann. Dabei wird die Unterstützung der Kommerzialisierungsphase als Aufgabe der Förderung wahrgenommen, und Technologieentwicklungen werden konsequent bis zur Marktreife gefördert.

¹⁰⁹ NEDO 2008/09 sowie www.nedo.go.jp.

¹¹⁰ NEDO 2008/09, Wechselkurs 114 Yen/EUR.

¹¹¹ NEDO 2008/09, Wechselkurs 114 Yen/EUR.

Die Förderung der Organischen Elektronik in Deutschland ist in erster Linie von kurz- und mittelfristiger Unterstützung im Rahmen von Verbundprojekten geprägt. Diese Art der Projektförderung scheint jedoch ungeeignet für die langfristige Etablierung und den Betrieb von „Knotenpunkten“ der Organischen Elektronik, in denen Forschungsanstrengungen gebündelt und projektunabhängig vorangetrieben werden. Um diese Lücke zu schließen, könnte die Einrichtung eines Instituts (institutionelle Förderung), in dem Grundlagenforschung und anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der Organischen Elektronik zusammengefasst sind, geeignet sein.

Der Vielseitigkeit der Organischen Elektronik kann mit einer ausschließlich monolithischen Förderung nur unzureichend Rechnung getragen werden. Um der Dynamik des sich entwickelnden Technologiefelds sowie des jungen Marktes der Organischen Elektronik gerecht zu werden, ist eine Flexibilisierung der Förderung erforderlich – sowohl thematisch als auch strukturell.

> **acatech empfiehlt,**

die Innovationsallianzen „Organische Leuchtdioden“ und „Organische Photovoltaik“ mit ihren komplementären Schwerpunkten weiterhin zu fördern und gleichzeitig angemessenen Raum für innovative Ideen zu schaffen, etwa im Bereich der organischen Batterien und der gedruckten Elektronik. Wegen des hohen ökonomischen Potenzials und wegen synergistischer Effekte sollte aber auch in Deutschland die Weiterentwicklung der Organischen Displays vorangetrieben werden.

Ein wichtiges Ziel muss es sein, die Durchlaufzeit des gesamten Innovationspfades – also den Weg von den Erkenntnissen der Grundlagenforschung über die angewand-

te Forschung bis zum Markterfolg – stark zu verkürzen. Eine Überführung in Erfolg versprechende Produkte wird gelingen, wenn sich die Forschungstätigkeiten auf Inhalte konzentrieren, die zur Umsetzung innovativer Leitprodukte erforderlich sind.

Start-ups leisten einen entscheidenden Beitrag zum Transfer von Forschungsergebnissen in Produkte am Markt und sollten daher eine intensive und vor allem nachhaltige Unterstützung erfahren. Diese Unterstützung muss über eine finanzielle Förderung hinausgehen. Neben den Anpassungen der Fördermaßnahmen sind eine Reihe von begleitenden Maßnahmen notwendig. Diese betreffen in erster Linie die Förderung der Kommunikation und Vernetzung der Wissensträger in Deutschland sowie eine Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit. Eine grundlegende Aufklärungsarbeit über die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen und Potenziale der Organischen Elektronik ist erforderlich, um den Bekanntheitsgrad dieses vielversprechenden Technologiefelds sowie der daraus resultierenden Marktchancen besonders für kleine und mittelständische Unternehmen zu steigern.

> **acatech empfiehlt,**

bestehende Förderangebote für Start-ups und Ausgründungen auszubauen und die Fördersummen an den jeweiligen Technologien auszurichten, über eine Transferplattform Kontakte zu Wagniskapitalgebern zu vermitteln und der Öffentlichkeitsarbeit für die Organische Elektronik vonseiten der Politik, der Förderer und der Zentren erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, um die Gründungsmotivation auf dem Gebiet der Organischen Elektronik zu erhöhen.

6 STÄRKUNG DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK IN DEUTSCHLAND

6.1 EMPFEHLUNGEN ZUR ENTWICKLUNG EINER GEMEINSAMEN FORSCHUNGSSTRATEGIE

Der intensive internationale Wettbewerb in der Organischen Elektronik zwingt Deutschland zu einem koordinierten und entschlossenen Vorgehen (vgl. Kapitel 2.5). Schon jetzt drängen immer mehr Unternehmen auch aus Schwellenländern in die Hightech-Branchen und erhöhen so den Druck auf Deutschland, Innovationen stärker voranzutreiben.¹¹² In einem Hightech-Bereich wie der Organischen Elektronik ist daher die Innovationsfähigkeit notwendige Voraussetzung, um im weltweiten Wettbewerb zu bestehen.¹¹³

Eine bessere Koordinierung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten ermöglicht einen effektiveren Einsatz der zur Verfügung stehenden Mittel und wird langfristig – z. B. durch die Mobilisierung zusätzlicher Investoren – weitere Mittel verfügbar machen. Um den Wirkungsgrad der Investitionen in Forschung und Entwicklung zu vergrößern, ist daher eine Bündelung der Aktivitäten in Wissenschaft und Wirtschaft erforderlich.¹¹⁴ Eine abgestimmte Vorgehensweise aller Akteure stellt die erforderliche Ausgangsbasis dar, um die Innovationsgeschwindigkeit zu steigern und Forschungsergebnisse schnell in Produkte am Markt umzusetzen.¹¹⁵ In Deutschland zeigt sich ein vielfältiges Bild von Akteuren, die sich mit Forschung und Entwicklung der Organischen Elektronik befassen. Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten werden sowohl von privaten als auch öffentlichen Institutionen durchgeführt und finanziert. So sind auf den verschiedenen Wertschöpfungsstufen verschiedenste Unternehmen und Forschungseinrichtungen tätig.

Eine gemeinsame Forschungsstrategie, die mit der Zustimmung aller Akteure verbunden ist, stellt einen wesentlichen Meilenstein für die Gestaltung der Zukunft der Organischen Elektronik in Deutschland dar.¹¹⁶ Die Initiierung eines solchen Strategieprozesses sollte von zentraler Stelle (BMBF) erfolgen, um der Strategie die notwendige Verbindlichkeit zu verleihen. Gelingt damit die Koordinierung aller Akteure der Organischen Elektronik in Deutschland, wird die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen wesentlich gesteigert.

Die Strategie muss zum Ziel haben, Anwendungsbereiche mit hohem Nutzenpotenzial zu erschließen. Bei der Erarbeitung der Strategie sind unter anderem die Entwicklung der Nutzenpotenziale, die technologischen Möglichkeiten und die globale Wettbewerbsarena ins Kalkül zu ziehen. Die Strategie mündet in Konsequenzen (nach der Leitfrage: Was muss grundsätzlich geschehen?) für Anwendungsbereiche wie öffentliche Förderung, vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung, Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft, Aus- und Weiterbildung etc. Daraus ist das Forschungsprogramm abzuleiten. Dies erscheint vor dem Hintergrund einer bisher nicht optimalen Konzentration der Kräfte dringend erforderlich. Dadurch gelingt es dann auch, notwendige Themenbereiche, die bisher nicht im Fokus der Organischen Elektronik standen, zu identifizieren und in die Forschungsarbeiten zu integrieren. Ein Beispiel hierfür ist die genannte gedruckte Elektronik.

Eine gemeinsame Forschungsstrategie sollte in erster Linie zu einem auf bestimmte Bereiche konzentrierten und koor-

¹¹² Vgl. Pickartz et al. 2010.

¹¹³ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 8.

¹¹⁴ Ein Erfolgsbeispiel liefert das BMBF, welches die Förderung der Organischen Elektronik zunächst auf fünf Fachreferate verteilte. Es zeigte sich, dass durch die Übernahme der Federführung eines Referats bereits deutliche Fortschritte in der technologischen Durchdringung des Themenfelds erreicht wurden (vgl. VDI-TZ 2009, S. 4).

¹¹⁵ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 11.

¹¹⁶ Durch ein geschlossenes Auftreten und eine einheitliche Forschungsstrategie aller Akteure gewinnt die Organische Elektronik auch für potenzielle Investoren an Attraktivität. Die Erwartungen von Investoren an die Weiterentwicklung der Technologie und den noch wenig entwickelten Markt sind derzeit durch große Unsicherheit geprägt. Diese Unsicherheit hemmt Investitionen, welche für die Marktentwicklung jedoch von entscheidender Bedeutung sind. Das koordinierte Vorgehen aller Akteure macht die Organische Elektronik als lukratives Geschäftsfeld berechenbarer und wird so weitere, privatwirtschaftliche Finanzmittel verfügbar machen.

diniertem Handeln von Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen führen, da sich diese operativ mit der Forschung und Entwicklung sowie der wirtschaftlichen Verwertung befassen. Da die öffentliche Förderung und mit ihr auch privatwirtschaftliche Investitionen einen wesentlichen Einfluss auf diese Aktivitäten haben,¹¹⁷ sollten neben der Politik die fördernden Wissenschaftsorganisationen in die Strategiefindung einbezogen werden. Darüber hinaus ist die frühzeitige Einbindung von Anwendern in den Strategieprozess von besonderer Wichtigkeit. Anwender stellen die Schnittstelle zwischen der Wertschöpfungskette der Organischen Elektronik und dem Markt dar und sind somit ein bisher vernachlässigter Schlüsselakteur in Bezug auf die Umsetzung der Organischen Elektronik in Produkte am Markt.

Gelingt die Koordinierung und Vernetzung aller Akteure der Organischen Elektronik und die Bildung von schlagkräftigen Zentren, wird die Kommerzialisierung in Deutschland vorankommen. Eine Amortisation der von öffentlicher und privater Hand in die Entwicklung des Technologiefelds investierten Summen wird erst durch die wirtschaftliche Umsetzung der Forschungsergebnisse möglich. Die Kommerzialisierung der Organischen Elektronik in Deutschland wiederum ermöglicht die Entwicklung neuer Gewerbe und damit neuer Wertschöpfungsketten.¹¹⁸ Leitprodukte aus Deutschland sind dabei zugleich Indikatoren und Initiatoren dieser Entwicklung.

Leitprodukte der Organischen Elektronik stellen Anwendungen dar, die in einem wirtschaftlichen Umfeld hergestellt werden und eine erhebliche Durchdringung des Absatzmarkts

erreichen. Dazu gehören Absatzvolumina, die Entwicklung, Herstellung und Vertrieb in Deutschland interessant machen, und eine Leistungsfähigkeit der Produkte, die eine Begeisterung des Absatzmarkts auslöst. Vor diesem Hintergrund stellen Leitprodukte Indikatoren für eine erfolgreiche Kommerzialisierung auf Hersteller- und Abnehmerseite dar.

Bei der Betrachtung technologischer Synergien wird deutlich, dass Leitprodukte auch Initiatoren einer weitergehenden Kommerzialisierung sind. Synergien bestehen beispielsweise in den Bereichen OLED Lighting und OFET, die ähnliche Materialien und Verfahren bei der Herstellung erfordern.¹¹⁹ Dem Aufkeimen eines Leitprodukts werden sowohl technologieseitige als auch marktseitige Ausstrahlungseffekte auf weitere Bereiche der Organischen Elektronik zugesprochen. Der kommerzielle Erfolg eines Produkts der Organischen Elektronik ist mit einem Vertrauensgewinn in das gesamte Technologiefeld verbunden. Dies würde weitere Unternehmen und Kapitalgeber zu Investitionen in die Organische Elektronik veranlassen.

Die Entwicklung von Leitprodukten erfolgt dabei in einem Zusammenspiel aus „technology-push“ und „market-pull“. Unter „market-pull“ wird in diesem Zusammenhang die Orientierung an den Markt- und Kundenanforderungen verstanden. Im Gegensatz hierzu bilden beim „technology-push“ nicht die Markt- und Kundenforderungen den Ausgangspunkt, sondern die Leistungsfähigkeit einer Technologie.¹²⁰ Die Schwierigkeit bei der Entwicklung von Leitprodukten liegt darin, dass sich ein entsprechender Absatzmarkt und eine entsprechende Kundenstruktur für

¹¹⁷ Vgl. Pickartz et al. 2010.

¹¹⁸ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 9.

¹¹⁹ Vgl. VDI-TZ 2009, S. 29.

¹²⁰ Vgl. Schuh/Klappert 2011, S. 172 f.

die Organische Elektronik noch nicht etabliert hat. Bisher wurde keine Anwendung gefunden, die einen massiven Durchbruch von Produkten der Organischen Elektronik zur Folge hätte.¹²¹ Dies könnte entweder durch die Substitution bestehender Produkte oder die Befriedigung eines neuen Marktbedürfnisses erreicht werden. Mit Ausnahme der Bereiche OLED Displays und OLED Lighting mangelt es zudem noch an Produkten, denen es gelingt, diesem Anspruch gerecht zu werden, und deren Kommerzialisierung in einem absehbaren Zeitraum erfolgen könnte. Produkte der anderen Anwendungsbereiche sind laut Expertenaussagen derzeit noch im Demonstratorstadium und noch nicht serienreif. Unternehmen befürchten bei einer zu frühen Markteinführung zu Recht mögliche Garantieansprüche und eine Enttäuschung der Anwender. Zum Anderen erschweren leistungsstarke Konkurrenztechnologien den Einsatz Organischer Elektronik. Hier sei wiederum das Beispiel der LCD-Technologie genannt, welche ihre Leistungsgrenzen mehr und mehr voranschreibt und den Leistungsvorsprung der Organischen Displaytechnik reduziert. In Deutschland zeigt sich eine Scheu, wenig ausgereifte Technologien auf den Markt zu bringen. Dadurch besteht das Risiko, den Vorsprung als Innovator gegenüber mutigeren Regionen zu verlieren. Der Mut, teiloptimale technologische Konzepte als Leitprodukte und mit einem klaren Nutzenpotenzial auf den Markt zu bringen und kontinuierlich bis zur Marktreife weiterzuentwickeln, muss in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft vorhanden sein – falls erforderlich, unterstützt durch entsprechende Absicherungen und Anreize.

Sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene wurden bereits diverse Strategieprozesse angestoßen und verschiedene Strategiepapiere erstellt. Diese Entwicklung ist grundsätzlich positiv zu bewerten, jedoch wird den bestehenden Bemühungen von den Akteuren der Organischen Elektronik bisher nicht die notwendige Beachtung geschenkt. Für die zügige Weiterentwicklung der Organischen

Elektronik in Deutschland ist vor allem die Auswahl von Zielbereichen und Zielprodukten wichtig, um eine schnelle Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in marktfähige Produkte zu ermöglichen.

> acatech empfiehlt

die Gründung einer Strategiegruppe aus dem Kreis der Akteure (Forschung und Industrie), besonders um verbindliche Entscheidungen zur Priorität von Entwicklungen hinsichtlich der Ziel- oder Leitprodukte zu treffen sowie die Art und den Bedarf an Pilotanlagen zu ermitteln und in konzertierter Aktion zu beschaffen. Dabei sollten neben den Organischen Leuchtdioden und der Organischen Photovoltaik auch die Organischen Displays berücksichtigt werden.

6.2 EMPFEHLUNGEN ZUR VERNETZUNG ALLER AKTEURE ENTLANG DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Gemeinsame Anstrengungen aller Akteure erfordern ein funktionierendes Netzwerk. Entwicklungserfolge in der Organischen Elektronik sind nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit entlang der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette zu erreichen (vgl. Kapitel 5.1). Wertschöpfungsstufen übergreifende Zusammenarbeit – in der Organischen Elektronik meist über Organisationsgrenzen hinweg – erfordert ein ausgeprägtes Netzwerk, ohne das ein Zusammenfinden potenzieller Kooperationspartner nicht möglich ist.

Eine Vernetzung der Wissensträger ist sowohl innerhalb der Anwendungsbereiche als auch zwischen den verschiedenen Anwendungsbereichen der Organischen Elektronik erforderlich: innerhalb der jeweiligen Anwendungsbereiche, um den wissenschaftlichen Austausch zu fördern, und zwischen den Anwendungsbereichen, um technologische Synergien

¹²¹ Vgl. OE-A 2009, S. 7; VDI 2008, S. 122.

zu nutzen und ein Lernen von fortgeschrittenen Bereichen zu ermöglichen.

An dieser Netzwerkbildung sollten sich neben den wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Akteuren insbesondere die Politik und die fördernden Organisationen beteiligen. Die Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft mit der Politik stellt eine bedeutende Brückenbildung dar. Die Politik muss schnell und flexibel auf technologische und marktseitige Veränderungen reagieren können und benötigt daher einen „direkten Draht“ zu den operativen Akteuren.

Ausscheiden und Neueintritt von Akteuren in die Organische Elektronik ist ein natürlicher Umstand der Entwicklung dieses noch jungen Technologiefelds. Die Netzwerkbildung kann daher nie vollständig abgeschlossen sein.

> **acatech empfiehlt,**

das Netzwerk der Akteure der Organischen Elektronik flexibel, offen und nachhaltig zu gestalten und frühzeitig potenzielle Nutzer, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen mit Potenzial für neue Anwendungsmöglichkeiten für Organische Elektronik (z. B. die Druckindustrie) einzubeziehen.

Offen sollte die Vernetzung darüber hinaus auch gegenüber Akteuren aus dem Ausland sein. Unternehmen und Forschungseinrichtungen in Asien, den USA sowie dem europäischen Ausland besitzen zum Teil Know-how, das innerhalb Deutschlands an kaum einer Stelle zu finden ist. Dies spiegelt sich bereits jetzt in den bestehenden Entwicklungs- und Wertschöpfungsketten wider. Know-how aus dem Ausland, wie z. B. Beschichtungsanlagentechnik aus Korea, wird sowohl für die Forschung als auch für die Produktion in deutschen Unternehmen genutzt.¹²²

Vernetzungsbedarf zeigt sich insbesondere zwischen den bestehenden Forschungsregionen in Deutschland. Kooperationen zwischen den bestehenden Forschungsstandorten beruhen derzeit Experten zufolge überwiegend auf persönlichen Sympathien und sind nicht systematisch verankert. Intensive Kooperationen basierend auf einzigartigen Kompetenzen sollten von den beteiligten Akteuren angestrebt werden. Die Vernetzung innerhalb der Zentren Deutschlands wird dagegen als ausgezeichnet wahrgenommen. Die Zentren integrieren, jedes für sich, einen großen Teil der Wertschöpfungskette „unter einem Dach“. Die in den Zentren gegebene räumliche Nähe sowie die Nutzung gemeinsamer Infrastruktur (z. B. Pilotanlagen) fördert die Vernetzung der Wissenschaftler über Organisationsgrenzen hinweg.

Ein starkes Netzwerk ermöglicht intensive Kommunikation und Kooperationen zwischen den Akteuren der Organischen Elektronik, resultiert aber auch aus dieser Zusammenarbeit. Durch die integrative Zusammenarbeit der Akteure der Organischen Elektronik, insbesondere in Verbundprojekten (vgl. Kapitel 5.2), werden neue Kontakte aufgebaut und bestehende Kontakte intensiviert. Ein wesentlicher Beitrag zum Erfolg dieser kooperativen Arbeitsweise ist das Vertrauen der Partner untereinander, da es den offenen Umgang zwischen den beteiligten Partnern erlaubt und damit erst eine enge Zusammenarbeit ermöglicht.

> **acatech empfiehlt,**

regelmäßige Status-quo Veranstaltungen der Akteure aus den Zentren, den übrigen Schwerpunkten mit besonderen Kompetenzen und den Projekten zu organisieren, um die Kooperation mit und zwischen den Zentren zu stärken, Probleme, Fortschritte und mögliche Umsetzungen zu diskutieren und Lösungen bzw. weiteres Vorgehen abzusprechen. Die Organisation dieser Treffen sollte durch den Projektträger erfolgen.¹²³

¹²² Vgl. Mst online 2008.

¹²³ In den USA sind derartige Treffen bereits etabliert. Der jährlich stattfindende „Solid State Lighting R&D Workshop“ ist eine vom DoE (Department of Energy) organisierte Veranstaltung, deren Ziel es ist, ein Forum bereitzustellen, welches die Bildung von Allianzen und Netzwerken sowie den Austausch von Strategien im Bereich der SSL-Technologien fördert.

6.3 EMPFEHLUNGEN ZU ZENTREN DER ORGANISCHEN ELEKTRONIK

Zentren stellen Orte dar, an denen die Aktivitäten der Akteure der Organischen Elektronik gebündelt werden. Sie zeichnen sich durch eine räumliche Nähe der verschiedenen Akteure aus und vereinen so wissenschaftliche und wirtschaftliche Spitzenkräfte über die Dauer eines Projekts hinaus. Sie sind Knoten der Vernetzung und damit die erste Anlaufstelle für Unternehmen und Wissenschaftler. Zentren stellen für die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft Infrastruktur zur Verfügung und weisen eine unter den Partnern abgestimmte Zukunftsplanung, z. B. in Form gemeinsamer Roadmaps, auf. Für Forschung und Entwicklung liefern Zentren folglich gute Rahmenbedingungen, da Ressourcen verfügbar sind und Weiterentwicklungsperspektiven bestehen.

Im Rahmen der gemeinsamen Anstrengungen aller Akteure spielen Zentren der Organischen Elektronik eine bedeutende Rolle. Sie sollen zu einer erhöhten Innovationsgeschwindigkeit und einer größeren Innovationsmenge beitragen, die Vernetzung im Inland und mit dem Ausland herstellen sowie den Nachwuchs fördern. Dazu weisen Zentren vielseitige Vorzüge auf. Zunächst sind an Zentren durch integrative Zusammenarbeit unter exzellenten Rahmenbedingungen und durch intensiven fachlichen Austausch die Voraussetzungen für hoch qualitative Forschung und Entwicklung gegeben. Als einer der größten Vorteile bei der Produktentstehung gilt die örtliche Nähe aller Know-how-Träger.¹²⁴ Die Vereinigung von Kompetenzen verschiedener Wertschöpfungsstufen aus Wissenschaft und Wirtschaft „unter einem Dach“ mit Anbindung an eine exzellente Infrastruktur ist daher ein wesentlicher Vorteil von Zentren. Zudem bilden Zentren die Grundlage für eine Vernetzung zwischen den Akteuren der Organischen Elektronik vor Ort sowie außerhalb der Zentren. Die Anwesenheit von personellen und materiellen Ressourcen vor Ort, gepaart mit aufkommenden Erfolgen in Wissenschaft und Wirtschaft, erzeugen im Inland und Ausland eine wichtige Außenwirkung. Als „Leuchttürme“ haben Zentren daher eine anziehende Wirkung auf Wissenschaftler und Unternehmen aus aller Welt.¹²⁵ Derartige Zentren haben sich im Ausland bereits etabliert und genießen ein weltweit ausgezeichnetes Ansehen.

Das Holst Centre: Ein „Leuchtturm“ der Organischen Elektronik¹²⁶

Das Holst Centre ist ein teils staatlich, teils industriell finanziertes, unabhängiges Forschungszentrum in Eindhoven (Niederlande), das „Open Innovation“¹²⁷ und kooperative Forschung in den Vordergrund stellt. Gegründet wurde es im Jahr 2005 gemeinschaftlich durch das belgische „Interuniversity Microelectronics Centre“ (IMEC)¹²⁸ und das niederländische „Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek“ TNO¹²⁹. Das Holst Centre stellt damit das erste Grenzen überschreitende Forschungszentrum der Organischen Elektronik dar. Im Holst Centre beschäftigen sich ca. 150 Mitarbeiter aus 25 Nationen mit der Erforschung und Entwicklung von Technologien für drahtlose, autonome elektronische Mikrosysteme sowie der Elektronik auf Polymerbasis. Die Forschungsinhalte sind zwischen akademischer Forschung und industrieller Entwicklung angesiedelt und umfassen sowohl Grundlagen als auch anwendungsorientierte Fragestel-

¹²⁴ Vgl. Kopp 2007, S. 28.

¹²⁵ Vgl. Grisolia 2003, S. 2.

¹²⁶ Vgl. Holst Centre 2009 sowie www.holstcentre.com.

¹²⁷ Unter „Open Innovation“ wird die Öffnung des Innovationsprozess nach Außen verstanden, indem z. B. Zulieferer oder Kunden in den Innovationsprozess eines Unternehmens eingebunden werden mit dem Ziel, das Innovationspotenzial zu steigern.

¹²⁸ Das IMEC ist ein unabhängiges Forschungszentrum im Bereich Nanotechnologie und -elektronik mit Sitz in Leuven (Belgien).

¹²⁹ Die TNO ist die größte private Forschungsorganisation in den Niederlanden mit Sitz in Delft und Fokus auf angewandter Forschung.

lungen. Das Holst Centre zielt darauf ab, eine besonders starke Innovationskraft durch die integrative Zusammenarbeit von Industrie, eigenen Wissenschaftlern und universitären Partnern zu erreichen.

Forschung und Entwicklung im Holst Centre erfolgt durch zwei Arten von Forschungsprogrammen: In „Technology Programs“ (TP) werden grundlagenorientierte Forschungsfragen adressiert; demgegenüber weisen die Themen in „Technology Integration Programs“ (TIP) einen starken Anwendungsbezug auf. In den Forschungsprogrammen arbeiten Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft mit den Wissenschaftlern des Holst Centre zusammen. Roadmaps, welche auf die Marktreife der adressierten Technologien nach drei bis zehn Forschungsjahren abzielen, liefern die grundsätzliche Ausrichtung innerhalb der Forschungsprogramme und bieten eine langfristige Orientierung für beteiligte und interessierte Partner. Die Entwicklung und kontinuierliche Überarbeitung dieser Roadmaps erfolgt gemeinsam mit bestehenden Partnern sowie unter Einbeziehung potenzieller weiterer Partner. Damit ist stets eine gemeinsame Grundlage und Ausrichtung für die Zusammenarbeit aller Beteiligten gegeben, wobei Forscher aus Wissenschaft und Wirtschaft zusammen mit den Wissenschaftlern des Holst Centre in interdisziplinären Teams arbeiten. Aktuell werden so die Themen „OLED Lighting“, „OPV“ und „Smart Packaging“ mit starkem Anwendungsbezug beforscht. Die Drucktechnologie als Fertigungsverfahren für Organische Elektronik stellt einen Schwerpunkt in der Grundlagenforschung dar.

Grundlage dieser Zusammenarbeit im Holst Centre bildet eine durchdachte IP-Regelung, die die Nutzungsrechte der beteiligten Partner an den gemeinsam erarbeiteten Projektergebnissen festlegt und nur in Ausnahmefällen Exklusivitäten vorsieht. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten finden zum Teil an der eigenen Infrastruktur des Holst Centre statt. Das Herzstück bildet eine „Rolle-zu-Rolle“-Fertigungsanlage für gedruckte Elektronik. Ergänzt wird diese Infrastruktur durch diejenige der Muttergesellschaften (TNO und IMEC) sowie die Ressourcen des „High-Tech-Campus Eindhoven“.

Durch die Ansiedlung in einem High-Tech-Campus mit achtzig Unternehmen und fünf Forschungsinstituten zeichnet sich das Holst Centre auch in anderen Themenbereichen außerhalb der Organischen Elektronik durch eine hohe Vernetzung aus. Zudem fördert das Holst Centre durch ein spezielles „Outreach“-Programm gezielt die Vernetzung mit wissenschaftlichem Nachwuchs und Anwendern, wie z. B. durch den informellen Austausch zwischen Designern, Ingenieuren und Wissenschaftlern.

Das Holst Centre ermöglicht die integrative Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft, vereint internationale Wissensträger entlang der Wertschöpfungskette „unter einem Dach“, bietet exzellente Infrastruktur zur gemeinsamen Nutzung durch alle Partner, trägt aktiv zur Vernetzung der Akteure im Bereich der Organischen Elektronik bei und hat damit wesentliche Anforderungen an Zentren der Organischen Elektronik umgesetzt. Es hat sich dadurch zu einem international wahrnehmbaren „Leuchtturm“ der Organischen Elektronik entwickelt, was sich unter anderem auch in den bestehenden Kooperationen mit diversen Schlüsselunternehmen der Organischen Elektronik zeigt. Die schon bei der Gründung wichtige Unterstützung durch staatliche Finanzmittel bildet auch heute noch eine Grundlage für das Bestehen des Holst Centre.

Ob sich das Konzept auch ohne staatliche Förderung bewähren wird und ob das Geschäftsmodell und die eingeschränkten Nutzungsrechte hinsichtlich der erzielten Ergebnisse für die Industrie akzeptabel sein werden, wird sich in den kommenden Jahren zeigen.

Auch in Deutschland haben sich in der Vergangenheit regionale Schwerpunkte entwickelt. Insbesondere die Regionen Dresden und Rhein-Neckar um Heidelberg werden als herausragende Forschungsregionen in Deutschland hervorgehoben. Beide Zentren sind industriegeführt und vereinen Forschungsinstitute, Universitäten und Unternehmen auf allen Wertschöpfungsstufen der Organischen Elektronik.¹³⁰ Dresden mit „Organic Electronics Saxony“ (OES) kann auf eine lange Historie der Organischen Elektronik zurückblicken, die bis in die DDR-Zeit zurückreicht. Das OES zeichnet sich durch eine starke Bündelung von Kompetenzen aus und ist laut Expertenaussagen der größte Forschungsstandort für OLED in Europa.¹³¹ Dresden hat sich bereits einen ausgezeichneten internationalen Ruf erarbeitet. Das dort entstandene enge Netzwerk zwischen Schlüsselakteuren der Organischen Elektronik macht Dresden auch für ausländische Unternehmen interessant. Das Forum Organic Electronics in Heidelberg, welches 2008 zu den Siegern des Spitzenclusterwettbewerbs des BMBF gehörte, ist als solches erst im Aufbau. Freilich basiert das Spitzencluster auf der langjährigen Erfahrung großer industrieller Akteure wie BASF, Merck und Heidelberger Druckmaschinen, die zusammen mit der beteiligten Universität die besten Voraussetzungen haben, schnell internationale Sichtbarkeit zu erlangen. In Form der InnovationLab GmbH, welche das Clustermanagement des „Forum Organic Electronics“ innehat, wurde ein vielversprechendes Konzept auf den Weg gebracht. Im Mittelpunkt stehen dabei die kooperative Forschung unter Einbeziehung der Universität Heidelberg, der Transfer von Erfindungen in marktfähige Produkte und die Ausbildung von Nachwuchskräften.¹³² Diesem Konzept werden große Erfolgsaussichten zugesprochen. Dresden und Heidelberg weisen insbesondere in der Anlagen- und Prozesstechnologie einen unterschiedlichen Schwerpunkt auf: Während das OES in Dresden seinen Schwerpunkt auf vakuumbasierte Beschichtungsverfahren kleiner Moleküle setzt, konzentriert sich das Spitzencluster Forum Organic Electronics auf die Flüssigphasenprozessierung. Dies hängt auch damit zusammen, dass der Rhein-Neckar-Raum – unter Einbeziehung des Darmstädter Instituts für Druckmaschinen und Druckverfahren – ein weltweit führendes Zentrum der Druckindustrie ist. Dresden und Heidelberg unterscheiden sich aber auch strukturell darin, dass Dresden deutlich durch Start-up-Unternehmen, die aus der Universität hervorgegangen sind, gekennzeichnet ist, während Heidelberg für die Kooperation von Großunternehmen und Spitzenuniversität steht. Beide Wege haben ihre eigene Berechtigung. Zudem plant die Universität zu Köln, in Nordrhein-Westfalen ein neues Zentrum der Organischen Elektronik zu etablieren. Schwerpunkt dieser Aktivitäten ist der Aufbau der Ideas Factory Cologne (IFC), die – finanziert durch ein Public Privat Partnership Modell – die Lücke zwischen universitärer Forschung und industrieller Kommerzialisierung der Organischen Elektronik schließen soll.

Der Aufbau von Zentren sollte allerdings in Deutschland auf zwei bis drei begrenzt bleiben, um den gewünschten Leuchtturmeffekt nicht zu beeinträchtigen und die finanziellen Mittel, insbesondere für die Bereitstellung der kostenintensiven, aber erforderlichen Infrastruktur, zu bündeln. Unabhängig davon haben sich Forschungs- und Entwicklungskompetenzen wie die Drucktechnologie in Chemnitz oder die OLED-Pilotfertigung in Regensburg herauskristallisiert, die allerdings eng mit den Zentren vernetzt und in die gemeinsame Strategie eingebunden sein sollten.

¹³⁰ Vgl. VDI 2009, S. 13.

¹³¹ Vgl. IZT 2008, S. 216 ff.

¹³² <http://www.innovationlab.de/de/innovationlab/uebersicht/>[Stand: 15.11.2010].

Die in Deutschland bereits etablierten Zentren der Organischen Elektronik sind eine exzellente Ausgangsbasis, um „Leuchttürme der Organischen Elektronik“ mit internationalem Ansehen auf- und auszubauen. Voraussetzungen hierfür sind eine ausgezeichnete Vernetzung sowie eine vor allem fachlich getriebene, enge Zusammenarbeit innerhalb und zwischen den bestehenden Zentren der Organischen Elektronik. Die im Wesentlichen komplementäre Ausrichtung der Zentren Heidelberg und Dresden liefert eine wichtige Grundlage dafür. Eine ausgeprägte Konkurrenzsituation im eigenen Lande erscheint vor dem Hintergrund des starken internationalen Wettbewerbs kaum vorteilhaft.

> **acatech empfiehlt,**

die Anzahl der Zentren in Deutschland nicht zu erhöhen, um deren Sichtbarkeit und Attraktivität für Kooperationen auf wissenschaftlicher und wirtschaftlicher sowie auf nationaler und internationaler Basis nicht zu beeinträchtigen. Aus den Zentren heraus sollten Public Private Partnership-Modelle mit Schlüsselunternehmen der Organischen Elektronik entwickelt werden, nicht nur zur Finanzierung von umsetzungsnahen Entwicklungen in den Zentren, sondern auch zur verstärkten Zusammenführung von Wissenschaft und Industrie, insbesondere von Unternehmen mit hohem Anwendungspotenzial für Organische Elektronik, und zur Steigerung der Attraktivität der Ausbildung auf dem Gebiet der Organischen Elektronik.

7 PERSPEKTIVEN

Die Halbleiterstrukturen der Mikroelektronik werden seit Jahrzehnten immer kleiner. Dabei nimmt deren Leistung exponentiell zu, während die Kosten exponentiell abnehmen. Im Rahmen dieser Miniaturisierung geht die Mikroelektronik nun zur Nanoelektronik über, die durch Strukturierungen von weniger als 100 Nanometer gekennzeichnet ist. Wenn Schichtdicken nur noch wenige Atomlagen betragen, erreicht die Siliziumtechnologie ihre Grenzen. Dies ruft nach einem radikalen Technologiewechsel, der Suche nach neuen Materialien, (Lithographie-) Verfahren, Bauelementkonzepten und -design.

Standen die Halbleitertransistoren seit Mitte des 20. Jahrhunderts den Vakuum-Elektronenröhren gegenüber, eröffnen sich auch jetzt wieder neue Horizonte der Elektronik: Spin-elektronik und Quantencomputer sind Konzepte, die derzeit entstehen, und auch die Molekularelektronik, bis hin zur Verwendung von DNA-Strängen als elektrische Leiter, die der Selbstorganisation fähig sind, werden intensiv beforscht.¹³³ Die Organische Elektronik konnte sich hier wohl als erstes konkretes Feld etablieren und alle Stärken einer molekularen Elektronik herausstellen: Die funktionelle Vielfalt der Organischen Halbleiter ergibt sich aus der Variation von Größe und Form der Moleküle, die sich wiederum durch die Chemie à la carte verändern lassen.

Es wäre freilich ein Missverständnis, wenn man Organische Halbleiter als Ersatz für Silizium sähe. Die Stärken der leistungsfähigen und stabilen Silizium-Elektronik werden selbstverständlich weiterhin genutzt. Organische Elektronik ist eine Ergänzung mit neuen Funktionen wie der Beleuchtung, die insgesamt kostengünstig ist, zur Massenproduktion taugt und darüber hinaus Gewichtseinsparung verspricht. Die Relevanz wurde bereits durch die Vergabe des Nobelpreises für Chemie 2000 für die Entdeckung und Entwicklung elektrisch leitfähiger Polymere herausgestellt. Gerade die physikalische Grundlagenforschung hat freilich noch ein grundlegendes Verständnis zu schaffen für die Prozesse vom Ladungstransport bis hin zur Stabilität der organischen Stoffe.

Im Jahr 2010 wurde der Nobelpreis für Physik für die Forschung an Graphen vergeben, einem Material, das aus einzelnen Lagen von Kohlenstoffatomen besteht. Computerchips werden schneller und noch viel kleiner werden, wenn hiermit Feldeffekttransistoren gefertigt werden. Mithin zeigt sich ein weiteres Mal, dass die zu Unrecht als „spröde“ angesehene Materialwissenschaft und Werkstofftechnik Innovationstreiber sind, hier für das gesamte Feld der Informations- und Kommunikationstechnik.

¹³³ acatech 2011.

LITERATURVERZEICHNIS

acatech 2006

acatech (Hrsg.): Bachelor- und Masterstudiengänge in den Ingenieurwissenschaften. Die neue Herausforderung für technische Hochschulen und Universitäten (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 2), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2006.

acatech 2008

acatech (Hrsg.): Materialwissenschaft und Werkstofftechnik in Deutschland. Empfehlungen zu Profilierung, Lehre und Forschung (acatech bezieht Position, Nr. 3), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008.

acatech 2009

Milberg, J. (Hrsg.): Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den zentralen Handlungsfeldern (acatech diskutiert), Heidelberg u. a.: Springer Verlag, 2009.

acatech 2010

acatech (Hrsg.): Wirtschaftliche Entwicklung von Ausgründungen aus außeruniversitären Forschungseinrichtungen (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 4), Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2010.

acatech 2011

acatech (Hrsg.): Nanoelektronik als künftige Schlüsseltechnologie der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland (acatech bezieht Position, Nr. 8), Berlin u. a.: Springer Verlag, 2011.

acatech/VDI 2009

Renn, O./Pfennig, U.: Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Hrsg. von acatech/VDI, München, Düsseldorf, 2009.

Apenberg 2010

Apenberg, M.: „Strukturwandel und Perspektiven“. In: Bindereport 2010 (Sonderausgabe Februar), S. 8 f.

Bao 2007

Bao, Z.: „Organic Materials for Thin Film Transistors“. In: Material Matters 2 (2007), Nr.3, S. 4-10.

BCG 2006

The Boston Consulting Group (Hrsg.): Innovationsstandort Deutschland – Quo vadis? München, 2006. URL: <http://www.biotechnologie.de/BIO/Redaktion/PDF/de/Studien/bcg-2007-innovationsstudie.property=pdf,bereich=bio,sprache=de,rwb=true.pdf> [Stand: 15. 11.2010].

BMBF 2006

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Die Hightech-Strategie für Deutschland, Bonn, Berlin 2006. URL: http://www.bmbf.de/pub/bmbf_hts_lang.pdf [Stand: 15.11.2010].

BMBF 2008a

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Deutschlands Spitzencluster stehen fest (Pressemitteilung am 2. September 2008, Nr.146/2008). URL: <http://www.bmbf.de/press/2357.php> [Stand: 15.11.2010].

BMBF 2008b

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Werkstofftechnologien von morgen – Wissenschaftliche Vorprojekte in den Werkstoff- und Nanotechnologien (Rahmenbekanntmachung vom 30.4.2008). URL: <http://www.bmbf.de/foerderung/12502.php> [Stand: 12.02.2011].

BMBF 2008c

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Bundesbericht Forschung und Innovation, Bonn, Berlin, 2008.

BMBF 2009

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Forschung und Innovation für Deutschland. Bilanz und Perspektive, Bonn, Berlin, 2009. URL: http://www.bmbf.de/pub/forschung_und_innovation_fuer_deutschland.pdf [Stand: 15.11.2010].

BMBF 2010a

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010, Bonn, Berlin, 2010.

BMBF 2010b

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010 – Kurzfassung, Bonn, Berlin, 2010.

BMBF-WING 2003

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Rahmenprogramm Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING, Bonn, Berlin, 2003.

BMWi 2010a

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.): „Existenzgründung in Deutschland“. In: GründerZeiten, April 2010, S. 2-8.

BMWi 2010b

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.): „Existenzgründungsfinanzierung“. In: GründerZeiten, Februar 2010, S. 4-8.

Brütting 2008

Brütting, W./Rieß, W.: „Grundlagen der organischen Halbleiter“. In: Physik Journal 7 (2008), Nr. 5, S. 33-38.

BSI 2007

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hrsg.): Nanotechnologie, Bonn, 2007. URL: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Studien/Nanotechnologie/Nanotechnologie_pdf.pdf?__blob=publicationFile [Stand: 15.11.2010].

COMEDD 2009

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme (IPMS): Center for organic materials and electronic devices Dresden, Dresden, 2009. URL: <http://www.ipms.fraunhofer.de/common/services/comedd/comedd.pdf> [Stand: 15.11.2010].

Destatis 2005

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Hochschulstandort Deutschland 2005, Wiesbaden, 2005. URL: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pk/2005/Hochschulstandort/Pressebrochure_Hochschul2005,property=file.pdf [Stand: 15.11.2010].

DFG 2010

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (Hrsg.): Merkblatt Transferprojekte in Sonderforschungsbereichen (DFG-Vordruck 60.05, 5/10), Bonn, 2010 URL: http://www.dfg.de/download/formulare/60_05/60_05.pdf [Stand: 15.11.2010].

Displaysearch 2009

DisplaySearch: OLED Lighting to Take Off in 2011; Revenues Will Pass PMOLED Displays by 2014, Reaching \$6 Billion by 2018, DisplaySearch Predicts, Texas, 2009. URL: http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/090312_oled_lighting_to_take_off_in_2011.asp [Stand: 15.11.2010].

Displaysearch 2010

DisplaySearch: OLED 2009 Revenue Growth Continues, Up 35% Y/Y to \$826M, According to DisplaySearch, Texas, 2010. URL: http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/100331_oled_2009_revenue_growth_continues_according_to_displaysearch.asp [Stand: 15.11.2010].

Engquist 2009

Engquist, I.: White Paper on PolyNet Critical Research Issues, Version 1.1, Linköping University, 2009.

Evonik 2009

Evonik Degussa GmbH: Creavis Technologies & Innovation (Firmenbroschüre), 2009.

FhG 2002

Fraunhofer-Gesellschaft (FhG): Allgemeine Bedingungen für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen in der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Fassung 2002/II.

Fix 2008

Fix, W.: „Elektronik von der Rolle“. In: Physik Journal 7 (2008), Nr. 5, S. 47-50.

FTD 2010

Waters, R.: Plastic Logic gibt Pläne für elektronisches Lesegerät auf, 12.08.2010. URL: <http://www.ftd.de/it-medien/medien-internet/:rueckzug-plastic-logic-gibt-plaene-fuer-elektronisches-lesegeraet-auf/50155887.html> [Stand: 15.11.2010].

Furr 2009

Furr, N./Bradford, T.: Photovoltaik-Innovation in Nordamerika: auf dem Weg zu solaren Gigawatt, 11.05.2009. URL: http://www.solarserver.de/solarmagazin/solar-report_0509_2.html [Stand: 15.11.2010].

GEM 2009

Global Entrepreneurship Research Association (GERA) (Hrsg.): Global Entrepreneurship Monitor. Unternehmensgründungen im weltweiten Vergleich, Hannover, Nürnberg, 2010. URL: http://doku.iab.de/grauepap/2010/gem_laenderbericht_2009.pdf [Stand: 15. 11.2010].

Gillessen 2010

Gillessen, F.: PPP Factories of the Future. Vortrag der Nationalen Kontaktstelle IKT im DLR, Köln, 21.06.2010.

Grisolía 2003

Grisolía, S.: Herausforderung Brain Drain – Die Sicherung der Konkurrenzfähigkeit Europas in Wissenschaft und Wirtschaft (Reflexionspapier für das Zweite Deutsch-Spanische Forum), Berlin, 2003.

Heliatek 2010

Heliatek: Heliatek and IAPP achieve production-relevant efficiency record for organic photovoltaic cells, 11.10.2010. URL: www.heliatek.com/news-19 [Stand: 11.10.2010].

Herzog 2007

Herzog, P.: Open and Closed Innovation: Different Cultures for Different Strategies, Universität Münster, Gabler, 2007 (Dissertation).

HIS 2008

Fischer, L./Minks, K.: „Acht Jahre nach Bologna – Professoren ziehen Bilanz“. In: HIS: Forum Hochschule (2008), Nr. 3, Hannover, 2007.

Höcker 2007

Höcker, H. (Hrsg.): Werkstoffe als Motor für Innovationen (acatech diskutiert), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007.

Holst Centre 2009

Holst Centre: Holst Centre Executive Report 2009, URL: http://www.holstcentre.com/~media/Files/HolstCentre_ExecutiveReport2009_final.ashx [Stand: 15.11.2010].

Horowitz 2009

Horowitz, G.: Report on the existing training programs for students and young researchers in the field of Organic and Large Area Electronics, Paris, 2009.

IZT 2008

Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) (Hrsg.): Nachhaltigkeitsinnovationen in der Displayindustrie, Berlin, 2008. URL: http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB98.pdf [Stand: 15.11.2010].

Klauk 2007

Klauk, H.: „Organische Elektronik“. In: Max-Planck-Gesellschaft: Tätigkeitsbericht 2007,, Stuttgart, 2007.

Kopp 2007

Kopp, R.: „Vom Material zum Produkt“. In: Höcker, H.(Hrsg.): Werkstoffe als Motor für Innovationen (acatech diskutiert), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007, S. 25-38.

Lee 2010

Lee, S./Loo, Y.-L.: „Structural Complexities in the Active Layers of Organic Electronics“. In: Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering 1 (2010), S. 59-78.

Leo 2008

Leo, K./Blochwitz-Nimoth, J./Langguth, O.: „Vom Handy bis zum Fernseher“. In: Physik Journal 7 (2008), Nr. 5, S. 39-42.

Licht 2003

Licht, G./Stadler, M.: „Auswirkungen öffentlicher Forschungsförderung auf die private F&E Tätigkeit – Eine mikroökonomische Evaluation“. In: Franz, W./Ramser, H.-J./Stadler, M. (Hrsg.): Empirische Wirtschaftsforschung, Tübingen, 2003, S. 213-240.

MAC 2010

Brandrick, C.: iPad: IPS screen technology explained, 1.02.2010. URL: www.macworld.com/article/146028/2010/02/inplaneswitching.html [Stand: 15.11.2010].

Mittelstraß 2005

Mittelstraß, J.: „Methodische Transdisziplinarität“. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 14 (2005), Nr. 2, S. 18-23.

MPG 2001

Lemstra, P.: „Soft Materials and Polymers: The Rise and Decline of Polymer Science & Technology in Europe“. In: Max-Planck-Institut für Metallforschung (Hrsg.): European Whitebook on Fundamental Research in Material Science, Stuttgart, 2001, S. 48-51.

mst online 2008

Suwon, Korea, 24. Juni 2008; URL: www.mstonline.de/news/news/sunic-system-gibt-strategische-kooperation [Stand: 15.11.2010].

NEDO 2008/09

NEDO: Outline of NEDO – New Energy and Industrial Technology Development Organization 2008 – 2009. URL: www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/kouhou/2008gaiyo_e/all.pdf [Stand: 15.11.2010].

OE-A 2009

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA) (Hrsg.): White Paper – OE-A Roadmap for Organic and Printed Electronics, Frankfurt, 2009.

OPERA 2009

Opera: Towards Green Electronics in Europe. Strategic Research Agenda Organic & Large Area Electronics, 2009.

OSA 2010

OSADIRECT: Korean Government to invest US\$ 27 million in OLED lighting technology, 10.05.2010. URL: <http://www.osadirect.com/osad-news/249.html> [Stand: 15.11.2010].

Osram 2009

Dobbertin, T.: Schlussbericht des Teilvorhabens 500 Lumen Multi OLED Modul, Osram, 2009.

Pickartz et al. 2010

Pickartz, E./Fischer, M./Niesmann, A.: „Wo das Wachstum von morgen entsteht“. In: DIE ZEIT, 10.11.2010. URL: <http://pdf.zeit.de/wirtschaft/2010-10/Weltwirtschaft.pdf> [Stand: 12.02.2011].

Schuh et al. 2008

Schuh, G. et al.: „Methode zur Verlagerung von F&E-Umfängen an einen Niedrigkostenstandort“. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 103 (2008), Nr. 12, S. 851-855.

Schuh/Klappert 2011

Schuh, G./Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement (Handbuch Produktion und Management 2), 2. Auflage, Springer, 2011.

Schwoerer 2008

Schwoerer, M./Wolf, H.: „Flach, flexibel und organisch“. In: Physik Journal 7 (2008), Nr. 5, S. 29-32.

Stepstone 2006

Stepstone: The International Recruitment Manual – A study on how to recruit efficiently and effectively in the European Labour Market, 2006.

Stifterverband 2009

Frank, A./Kralemann, M./Schneider, M.: Stiftungsprofessuren in Deutschland – Zahlen, Erfahrungen, Perspektiven, Essen: Edition Stifterverband, 2009.

Thompson 2007

Thompson, M./Polikarpov, E.: „Achieving High Efficiency in Organic Light-Emitting Devices“. In: Material Matters 2 (2007), Nr. 3, S. 21-25.

Universität Heidelberg 2009

Universität Heidelberg: Spitzencluster Forum Organic Electronics: Start für BMBF-gefördertes Projekt zur integrativen Nachwuchsförderung, 23.07.2009. URL: www.uni-heidelberg.de/presse/news09/pm290623-2spi.html [Stand: 12.02.2011].

VDI 2008

VDI Technologiezentrum: Monitoringbericht. Innovations- und Marktpotenzial neuer Werkstoffe, 2008. URL: http://www.vditz.de/fileadmin/media/publications/pdf/Band_81.pdf [Stand: 12.02.2011].

VDI-TZ 2004

VDI Technologiezentrum (Hrsg.): Evaluierung Plasmatechnik, Düsseldorf, 2004. URL: <http://www.techportal.de/uploads/publications/320/EvaluierungPlasmatechnik.pdf> [Stand: 12.02.2011].

VDI-TZ 2009

VDI Technologiezentrum (Hrsg.): Strategische Forschungsagenda für Organische und Großflächige Elektronik – Für grüne Elektronik aus Deutschland, 2009. URL: http://www.optischetechnologien.de/fileadmin/MEDIENDATENBANK/SERVICE/VDI_Brosch_OLAE_03-12-09.pdf [Stand: 12.02.2011].

Wissenschaftsrat 2007

Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft, Oldenburg, 2007. URL: <http://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/7865-07.pdf> [Stand: 12.02.2011].

ZEW 2009

Metzger, G./Rammer, C.: „Unternehmensdynamik in forschungs- und wissensintensiven Wirtschaftszweigen in Deutschland“. In: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.): Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 05-2009. Mannheim, 2009.

ANHANG: PROGRAMM DES AUFTAKTWORKSHOPS

Termin: 18. Mai 2010

Ort: Frankfurt am Main

10:30 Uhr	Begrüßung und Einleitung	Hartwig Höcker
10:45 – 11:00	Organische elektronische Materialien – nicht nur die üblichen Verdächtigen	Klaus Müllen (Max-Planck-Institut für Polymerforschung)
11:15 – 11:30	Materialentwicklung für Organische Elektronik bei BASF	Karl-Heinrich Hahn (BASF SE)
11:30 – 11:45	Materials for Organic Electronics at Merck	Thomas Geelhaar (Merck KGaA)
11:45 – 12:30	Diskussion	
12:30 – 13:30	Mittagspause	
13:30 – 13:45	OLED – Organische Elektronik in Sachsen	Karl Leo (Fraunhofer IPMS, TU Dresden)
13:45 – 14:00	OLED – Lighting global und in Deutschland	Dietrich Bertram (Philips GmbH)
14:00 – 14:15	Novaleds Sicht auf die Organische Elektronik	Jan Blochwitz-Nimoth (Novalded AG)
14:15 – 15:00	Diskussion	
15:00 – 15:30	Challenges of the physics of organic electronic devices	Siebe van Mensfoort (Philips, NL)
15:30 – 16:00	Kaffeepause	
16:00 – 16:15	Lösungsbasierte organische Elektronik	Klaus Meerholz (Universität zu Köln)
16:15 – 16:30	Status und Herausforderungen der OPV in der anwendungsorientierten Forschung	Wolfgang Volz (Robert Bosch GmbH)
16:30 – 16:45	Organic Photovoltaik – from lab to fab	Andreas Rückemann (Heliatek GmbH)
16:45 – 17:30	Diskussion	
17:30 – 17:45	Schlusswort	Hartwig Höcker

BISHER SIND IN DER REIHE „acatech BERICHTET UND EMPFIEHLT“ FOLGENDE BÄNDE ERSCHIENEN:

acatech (Hrsg.): *Monitoring von Motivationskonzepten für den Technicknachwuchs*. (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 5), Heidelberg u.a.: Springer Verlag 2011.

acatech (Hrsg.): *Wirtschaftliche Entwicklung von Ausgründungen aus außeruniversitären Forschungseinrichtungen* (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 4), Heidelberg u.a.: Springer Verlag 2010.

acatech (Hrsg.): *Empfehlungen zur Zukunft der Ingenieurpromotion. Wege zur weiteren Verbesserung und Stärkung der Promotion in den Ingenieurwissenschaften an Universitäten in Deutschland* (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 3), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2008.

acatech (Hrsg.): *Bachelor- und Masterstudiengänge in den Ingenieurwissenschaften. Die neue Herausforderung für Technische Hochschulen und Universitäten* (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 2), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2006.

acatech (Hrsg.): *Mobilität 2020. Perspektiven für den Verkehr von morgen* (acatech berichtet und empfiehlt, Nr. 1), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2006.



> **acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN**

acatech vertritt in die Interessen der deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu erleichtern und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um die Akzeptanz des technischen Fortschritts in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft deutlich zu machen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten aus Industrie, Wissenschaft und Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland; das Präsidium, das von den Akademiemitgliedern und vom Senat bestimmt wird, lenkt die Arbeit. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin vertreten

Weitere Informationen unter www.acatech.de

> **DIE REIHE „acatech BERICHTET UND EMPFIEHLT“**

In der Reihe „acatech berichtet und empfiehlt“ erscheinen die Ergebnisberichte von acatech Projekten. Das Themenspektrum umfasst technikwissenschaftliche und daran angrenzende Gebiete. Die Projektberichte enthalten Empfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Mitglieder der Projektgruppen verfassen die Ergebnisberichte, die von acatech autorisiert und herausgegeben werden.