

 ptotransmitter-**U**mweltschutz-**T**echnologie e.V.

---

**Forschungsbericht 2006/2007**

### Vorwort

Die große Resonanz auf den Jahresbericht 2004/2005 des Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT e.V.), die erfreulicherweise u.a. zu einer Reihe von neuen wissenschaftlichen Kontakten und entsprechenden gemeinsamen Projekt geführt hat, ist Anlass, auch für den Zeitraum von 2006 bis 2007 einen analogen Bericht herauszugeben. Mit diesem Forschungsbericht wendet sich der OUT e.V. an die Öffentlichkeit mit dem Ziel, einen Überblick über die Forschungstätigkeit in den Jahren 2006 und 2007 zu geben; insbesondere betrifft das die im Rahmen von Forschungsprojekten erreichten wissenschaftlichen Ergebnisse sowie die Verwendung der finanziellen Mittel, die entsprechend zur Verfügung standen.

Der Bericht verdeutlicht, daß es Wissenschaftlern und Mitarbeitern des OUT e.V. gelungen ist, eine Reihe von anspruchsvollen Ergebnissen zu erzielen, die vorrangig von kleinen und mittelständischen Unternehmen genutzt werden oder zur Nutzung anstehen. Dafür gebührt allen Mitgliedsunternehmen und Mitgliedern des OUT e.V. Anerkennung und Dank. Dank ist aber auch vor allem den Förderinstitutionen und Kooperationspartnern zu sagen, ohne deren Unterstützung und Hilfe die Durchführung der Forschungsprojekte unmöglich gewesen wäre; das betrifft vor allem das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sowie die EuroNorm GmbH und die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. / Außenstelle Berlin, die als Projektträger des BMWi wesentlich zur erfolgreichen Durchführung der Projekte im OUT e.V. beigetragen haben und die Technologiestiftung Innovationsagentur Berlin GmbH / Außenstelle Berlin-Adlershof.

Der OUT e.V. unterstreicht mit der Herausgabe und dem Vertrieb dieses Forschungsberichtes seinen Charakter als externe Industrieforschungseinrichtung und bietet auch auf diesem Wege die erzielten Forschungsergebnisse potentiellen Nutzern und technologieorientierten Institutionen an.

Gleichzeitig hat dieser Bericht aber auch die Aufgabe, weitere wissenschaftliche Kontakte anzubahnen, um zukünftige effektive Kooperationen zu gestalten. Der OUT e.V. geht davon aus, dass auch zukünftig Verbund- und Netzwerkprojekte eine außerordentlich wichtige Form effektiver Zusammenarbeit sein werden.

Ein spezifisches Dienstleistungsangebot im Rahmen des wirtschaftlichen Geschäftsbetriebes sowie umfangreiche Auftragsforschung im Rahmen des Zweckbetriebes des OUT e.V. tragen wesentlich zum kontinuierlichen und effektiven Technologietransfer der FuE-Ergebnisse bei.

Trotz der erreichten Ergebnisse und Erfolge wird nicht übersehen, daß es auch zukünftig großer Anstrengungen bedarf, um das erreichte Niveau zu halten und weiter zu erhöhen; dazu ist es vor allem notwendig, die künftige Forschungstätigkeit weiterhin schwerpunktmäßig und anwendungsorientiert zu gestalten und zur Sicherung der notwendigen Kontinuität mittel- und langfristige stabile Rahmenbedingungen zu schaffen bzw. zu erhalten.

Auch zukünftig wird sich daher die Forschungstätigkeit im OUT e.V. traditionell und anwendungsorientiert auf Schwerpunkte in der Optoelektronik und der Biotechnologie konzentrieren. Dabei werden als Grundlage mittel- und langfristiger Stabilität anspruchsvolle Projekte mit attraktiven wissenschaftlichen und technologischen Aufgabenstellungen bearbeitet werden, die sowohl hinsichtlich der Projektdurchführung als auch der Überführung der erzielten Ergebnisse langfristig wirken.

Ein Schwerpunkt wird weiterhin die Forschungstätigkeit im Rahmen von Netzwerken, Verbund- und Kooperationsprojekten sein; insbesondere betrifft das die Arbeiten im Rahmen der NEMO-Netzwerke „Optoelektronik in der Biotechnologie“, „Tunnelsicherheit“ sowie des Netzwerkes „Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring“. Dadurch wird der OUT e.V. seine Profilierung zu einer überwiegend in den neuen Bundesländern agierenden, kompetenten externen Industrieforschungseinrichtung fortsetzen.

Die Durchführung von Forschungsaufträgen – vorrangig für KMU – bleibt als Mittel eines erfolgreichen direkten Technologietransfers von Forschungsergebnissen einerseits und andererseits als Maßnahme zur Erwirtschaftung von Eigenmitteln zur Kofinanzierung von Förderprojekten zentraler Bestandteil der Tätigkeit des OUT e.V..

Auch zukünftig werden sowohl ein effektives Projektmanagement als auch eine effiziente Mittelbewirtschaftung für die institutionellen Mitglieder des OUT e.V. und darüber hinaus angeboten.

Insbesondere wird der OUT e.V. seine Tätigkeit als bundesweit agierender externer Berater für KMU bei der Konzipierung, Beantragung, Durchführung und Abrechnung von Forschungsprojekten kontinuierlich fortsetzen und ausbauen.

Berlin, Januar 2008

Dr. H. Dittmann  
Vorstandsvorsitzender

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>1. Kurzdarstellung des OUT e.V.</b>	<b>4</b>
1.1 Vorstand, Geschäftsführung und Wissenschaftlicher Beirat	4
1.2 Bisherige Entwicklung des OUT e.V.	5
1.3 Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.	6
<b>2. Übersicht zu den 2004/05 laufenden Projekten im OUT e.V.</b>	<b>7</b>
<b>3. Wissenschaftliche Projekte im OUT e.V.</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Einzelprojekte</b>	<b>8</b>
3.1.1 Optoelektronischer Sensor zur in-situ-Bestimmung der Oberflächenspannung	8
3.1.2 Photonenzählung auf der Basis von APD	10
3.1.3 Sensorchip mit Ladungsintegration zu 3D-Vermessung	16
3.1.4 Entwicklung von Miniatur-Power-IREDs (mPIRED)	19
3.1.5 Operationssonde mit „Activ Shielding“ für den Einsatz von PET-Nukliden	21
3.1.6 Entwicklung einer Low-Energy-3D-TOF-Pixel-Architektur (LENA)	
3.1.7 Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Sprengstoffen und Waffen	
3.1.8 Gesichtserkennung mit Hilfe von 3D-Sensoren	
3.1.9 Entwicklung spezifischer Dünnschichttransistoren	
<b>3.2 Kooperationsprojekte</b>	
3.2.1 Entwicklung eines optoelektronischen Sensors	
3.2.2 Elektrische Kontaktierung und optische Vergütung von HL-Frontemitter-LED	
3.2.3 Beschichtungsprozesse auf der Basis von Flüssigprecursoren	
3.2.4 Entwicklung eines Verfahrens zum Materialauf- und -abtrag	
3.2.5 Entwicklung einer Technologie zur Herstellung hochsensitiver Schichten	
3.2.6 Infopoint / Energieautarkie und Darstellung	
<b>3.3 Netzwerkprojekte</b>	
3.3.1 Optoelektronik in der Biotechnologie (Phase II und III)	
3.3.2 Tunnelsicherheit (Phase I)	
3.3.3 Systeme für Sicherheitsmonitoring (Phase III)	
<b>4. Kooperationspartner des OUT e.V.</b>	
<b>5. Auftragsforschung</b>	
<b>6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse</b>	
<b>7. Mittel des OUT e.V.</b>	
<b>8. OUT e.V. auf einen Blick</b>	
<b>9. Überblick über alle im OUT e.V. bearbeiteten Forschungsprojekte</b>	

## **1. Kurzdarstellung des OUT e.V.**

### **1.1 Vorstand, Geschäftsführung und Wissenschaftlicher Beirat**

#### **1.1.1 Vorstand**

Dr. Manfred Blaschke (bis 29. 11. 2006)  
Dr. Henning Dittmann  
Dr. Adrian Mahlkow  
Dipl.-Ing. Rainald Mientus (ab 29.11.2006)  
Dr. Wolfgang Rehak  
Dr. Peter Rotsch

#### **Vorstandsvorsitzender**

Dr. Henning Dittmann  
Köpenicker Str. 325b, 12555 Berlin  
Telefon: (030) 65 76-26 71  
Telefax: (030) 65 76-26 72  
E-mail: info@out-ev.de

#### **Stellvertretender Vorstandsvorsitzender**

Dr. Adrian Mahlkow  
Köpenicker Str. 325b, 12555 Berlin  
Telefon: (030) 65 76-21 52  
Telefax: (030) 65 76-26 72  
E-mail: adrian@mahlkow.com

#### **1.1.2 Geschäftsführer**

Dr. Henning Dittmann  
Köpenicker Str. 325b, 12555 Berlin  
Telefon: (030) 65 76-26 71  
Telefax: (030) 65 76-26 72  
E-mail: dr.dittmann@out-ev.de

#### **1.1.3 Wissenschaftlicher Beirat**

Prof. Dr. Jürgen Bendig  
Dr. Manfred Blaschke  
Prof. Dr. Klaus Däumichen  
Dr. Henning Dittmann  
Dipl.-Chem. Gabi Grützner  
Prof. Dr. Heinz Klose  
Dr. Bernd Kloth  
Dr. Alexander Kraft  
Dr. Adrian Mahlkow  
Dr. Peter Rotsch  
Dr. Wolfgang Rehak  
Dr. Uwe Schedler  
Dipl.-Ing. Andreas Thun  
Dipl.-Chem. Norbert Wutzke

### **1.2 Bisherige Entwicklung des OUT e.V.**

Der Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT e.V.), der am 19.06.1991 am Standort Berlin-Oberschöneweide gegründet wurde, ist eine externe Industrieforschungseinrichtung mit Sitz im Innovationspark Wuhlheide in Berlin-Köpenick und seit 1997 Mitglied des "Verbandes innovativer Unternehmen e.V."

Der satzungsgemäße Zweck des OUT e.V. ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung auf den Gebieten der Mikro- und Optoelektronik sowie der Biotechnologie und des Umweltschutzes; der OUT e.V. bietet seine Ergebnisse und Dienstleistungen allen nachfragenden Unternehmen zur Nutzung an.

Die Hauptgeschäftsfelder (Branchen) sind:

- Optoelektronik,
- Biotechnologie und Umweltschutz,
- Sensorik,
- Beschichtungstechnologien,
- Halbleitermesstechnik,
- Sicherheitsmesstechnik,
- FuE-Projektmanagement / Weiterbildung.

Der OUT e.V. arbeitet mit einer Reihe von renommierten wissenschaftlichen Kooperationspartnern zusammen, besitzt enge Kontakte zu einer Vielzahl von Forschungseinrichtungen und Institutionen der Forschungs- und Wirtschaftsförderung sowie des Technologietransfers und bietet durch seine Kompetenz und wissenschaftliche Leistungsfähigkeit Voraussetzungen und Gewähr für die erfolgreiche Bearbeitung von FuE-Vorhaben.

Als etablierte Forschungseinrichtung ist der OUT e.V. zuverlässiger und kompetenter Partner für eine Vielzahl von kleinen und mittleren Unternehmen – vorrangig in den neuen Bundesländern. Außerdem arbeitet der OUT e.V. im Innovationsnetzwerk Berlin "Intelligentes Meßsystem" sowie im Berliner Kompetenzverbund "Mikrosystemtechnik" mit. Darüber hinaus ist der OUT e.V. Träger der NEMO-Netzwerke „Optoelektronik in der Biotechnologie“ (OptoBioNet), „Tunnelsicherheit“ (tusec) und „Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring (ne-sis) sowie Betreiber einer Forschungsstelle im Innovationspark Wuhlheide in Berlin-Köpenick.

Durch die konsequente Realisierung aller Forschungsprojekte hat der OUT e.V. eine Vielzahl hervorragender und anwendungsorientierter Forschungsergebnisse für einen breiten Nutzerkreis bereitgestellt und damit wesentlich zur Entstehung und zur Stärkung technologieorientierter Unternehmen beigetragen, damit hat der OUT e.V. wesentlich dazu beigetragen, den Standort Berlin-Südost als Zentrum der industrienahe Forschung und des effizienten Technologietransfers weiter auszubauen.

Der OUT e.V. ist als externe Industrieforschungseinrichtung nicht nur Träger von entsprechenden, öffentlich finanzierten Forschungsprojekten, sondern auch Auftragnehmer zur Lösung von Forschungsaufgaben kleiner und mittlerer technologieorientierter Unternehmen.

Im OUT e.V. wurden bisher mehr als 80 Forschungsprojekte und eine Reihe von umfangreichen Forschungsaufträgen erfolgreich abgeschlossen, und es liegen daher umfangreiche und langjährige Erfahrungen zur Beantragung, Bearbeitung, Leitung, Durchführung und Abrechnung von Förderprojekten sowie zur Nutzung der

Ergebnisse vor. Die Kompetenz des OUT e.V. besteht daher vorrangig in seiner Eigenschaft als externer Industrieforschungseinrichtung in Verbindung mit umfangreichen Erfahrungen in Technologietransfer und Projektmanagement.

Es ist der Anspruch des OUT e.V., das Niveau und den Anwendungsbezug der wissenschaftlichen Arbeiten und Ergebnisse ständig weiter zu erhöhen und dabei auch neue Formen zu finden, die wissenschaftlichen Kontakte und Kooperationen weiter auszubauen und eine aktive Rolle im wissenschaftspolitischen Leben - vorrangig im Lande Berlin - zu spielen.

### **1.3 Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.**

#### **1.3.1 Arbeitsschwerpunkte**

- Durchführung industrienaher, anwendungsorientierter Forschungsvorhaben mit breitem Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten für einen großen Nutzerkreis.
- Intensive Kooperation mit anderen Forschungseinrichtungen und wissenschaftlichen Instituten.
- Unterstützung bei der Umsetzung von Forschungsergebnissen (vorrangig in klein- und mittelständischen Unternehmen).
- Beratung und Unterstützung bei Konzipierung und Durchführung von Forschungsvorhaben sowie bei Beantragung und Bewirtschaftung von Fördermitteln.
- Realisierung eines effektiven Technologietransfers und Unterstützung bei Firmengründungen.
- Bereitstellung eines spezifischen Dienstleistungsangebotes.
- Zusammenarbeit mit staatlichen, kommunalen und privaten Institutionen und Behörden auf dem Gebiet von Wissenschaft, Forschung und Forschungsförderung.

#### **1.3.2 Forschungsschwerpunkte**

- Entwicklung umweltverträglicher Technologien zur Fertigung optoelektronischer Bauelemente im IR-, VIS- und UV-Bereich.
- Sensortechnologie und Signalverarbeitung.
- Entwicklung von Verfahren und Technologien zur Anwendung von Beschichtungsprozessen und zur Untersuchung von Kontaktproblemen.
- Entwicklung kundenspezifischer optoelektronischer Bauelemente.
- Erarbeitung umweltgerechter Einsatzmöglichkeiten für energiesparende hocheffiziente optoelektronische Bauelemente.
- Entwicklung von hochempfindlichen Messverfahren zur Charakterisierung von elektrischen und optischen Größen an Halbleiteroberflächen sowie Untersuchungen von Oberflächenrekombinationserscheinungen.
- Entwicklung von hochempfindlichen und spezifischen Analyseverfahren.
- Oberflächenfunktionalisierungen von polymeren Membranen zur Phasentrennung.
- Entwicklung und Untersuchung von Photoresisten auf Polymerenbasis.

2. Übersicht zu den 2006 / 2007 bearbeiteten Projekten im OUT e.V. (ohne Auftragsforschung)

Nr.	Proj.-Nr.	Projekte	Laufzeit	Zuwendungsgeber *	Zuwendung
<b>Einzelprojekte</b>					
1.	397/04	Optoelektron. Sensor zur in-situ-Bestimmung der Oberflächenspannung	04/04 – 01/06	BMWi / EN	202.718 €
2.	IW041228	Photonenzählung auf der Basis von APD	07/04 – 05/06	BMWi / EN	179.200 €
3.	IW041227	Sensorchip mit Ladungsintegration zu 3D-Vermessung	07/04 – 09/06	BMWi / EN	160.050 €
4.	IW060126	Entwicklung von Miniatur-Power-IREDS (mPIRED)	01/06 – 09/07	BMWi / EN	152.052 €
5.	IW060250	Operationssonde mit „Activ Shielding“ für den Einsatz von PET-Nukliden	04/06 – 03/08	BMWi / EN	163.197 €
6.	IW060127	Entwicklung einer Low-Energy-3D-TOF-Pixel-Architektur (LENA)	06/06 – 05/08	BMWi / EN	207.468 €
7.	IW070161	Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Sprengstoffen und Waffen	01/07 – 12/08	BMWi / EN	270.427 €
8.	IW072030	Gesichtserkennung mit Hilfe von 3D-Sensoren	04/06 – 03/09	BMWi / EN	189.360 €
9.	VF080005	Entwicklung spezifischer Dünnschichttransistoren	09/07 – 08/09	BMWi / EN	281.955 €
<b>Kooperationsprojekte</b>					
1.	10132839	Entwicklung eines optoelektronischen Sensors	05/07 – 10/08	Berlin / IBB	311.343 €
2.	KF0005902	Elektr. Kontaktierung u. optische Vergütung von HL-Frontemitter-LED	04/05 – 11/06	BMWi / AiF	122.647 €
3.	KF0005904	Beschichtungsprozesse auf der Basis von Flüssigprecursoren	12/05 – 09/07	BMWi / AiF	111.794 €
4.	KF0005905	Entwicklung eines Verfahrens zum Materialauf- und -abtrag	04/06 – 03/08	BMWi / AiF	85.000 €
5.	KF0005906	Entwicklung einer Technologie zur Herstellung hochsensitiver Schichten	10/06 – 09/08	BMWi / AiF	123.316 €
6.	KF0005907	Infopoint / Energieautarkie und Darstellung	12/06 – 11/08	BMWi / AiF	97.505 €
<b>Netzwerkprojekte</b>					
1.	000 103 N	Optoelektronik in der Biotechnologie (OptoBioNet) / Phase II und III	10/04 – 07/06	Eigenfinanz	157.800 €
2.	000 104 N	Tunnelsicherheit (tusec) / Phase I	01/07 – 12/07	BMWi / AiF	145.800 €
3.	015 401 N	Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring (ne-sis) / Phase III	03/07 – 02/08	Eigenfinanz..	
<b>15 FuE-Projekte / 3 Netzwerkmanagement-Projekte</b>			<b>04/04 – 11/08</b>	<b>BMWi / Berlin</b>	<b>2.961.632 €</b>

\*: EN: EuroNorm GmbH AiF: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften



### 3. Wissenschaftliche Projekte im OUT e.V.

#### 3.1 Einzelprojekte

##### 3.1.1 Optoelektronischer Sensor zur in-situ-Bestimmung der Oberflächenspannung

(Projektlaufzeit: 01.04.2004 – 31.01.2006)

*Prof. Dr. Heinz A. Klose; Dr. Adrian Mahlkow; Peter Janietz*

#### **Zielstellung:**

Die Oberflächenspannung  $\sigma$  - gemessen in  $\text{mNm}^{-1}$  - ist für viele technische Prozessabläufe eine außerordentlich wichtige Größe, die beispielsweise über die Wirksamkeit von Tensiden und Detergenzien in Wasch- und Reinigungsprozessen entscheidet, für viele chemische Reaktionen bedeutsam ist, für die Charakterisierung des Oberflächenzustands bestimmter Stoffe verwendet werden kann und für die Dünnschichtherstellung sowie für industrielle Belange wie beispielsweise für die Erdölindustrie benötigt wird.

Verbiegungen bzw. Krümmungen in Form eines Meniskus einer Flüssigkeitsoberfläche an Gefäßrändern bzw. -wänden bieten nun die Möglichkeit, in Abhängigkeit von den Oberflächeneigenschaften der Wand die Oberflächenspannung zu bestimmen.

Kann man diese Krümmung exakt erfassen, hat man einen eleganten Zugang zur Ermittlung dieser bedeutsamen mikrophysikalischen Größe. Die Veränderungen der Oberflächenspannung in einem technologischen Prozess führen auch zu einer Modifikation des Meniskus zwischen Flüssigkeit und Behälterwand.

Wenn man diese Veränderungen in situ nachweisen kann, ist man in der Lage, auf der Basis der kontinuierlich ermittelten Daten den Prozess zu steuern.

Obwohl zahlreiche Messmethoden für die Bestimmung der Oberflächenspannung entwickelt wurden, eignen sich kaum welche für in-situ-Messungen in dynamischen Prozessabläufen, und wenn überhaupt, dann nur mit einem extrem hohen technischen Aufwand.

Daher war es das Ziel dieses Projektes, einen in-situ-Sensor mit einfachen optoelektronischen Halbleiterbauelementen für die Ermittlung von Veränderungen der Oberflächenspannung zu entwickeln, der in unterschiedlichen technischen Bereichen eingesetzt werden kann. In dieser Zielstellung waren die Erarbeitung einer Methodik zur Bestimmung bzw. der Veränderung der Oberflächenspannung und ein Verfahren zur Mikrodosierung von Flüssigkeiten enthalten.

#### **Ergebnisse:**

Es wurde ein Labormuster des Sensors mit hoher Auflösung entwickelt,

- an dem bereits ausführliche Untersuchungen vorgenommen wurden,
- der dem Vergleich mit den besten bisher bekannten Messmethoden Stand hält,
- der für unterschiedliche Flüssigkeiten angewandt werden kann, und
- der auch für dynamische Systeme und damit für Applikationen in technischen Prozessen einsetzbar ist.

Die schutzrechtliche Absicherung des grundlegenden Prinzips und der FuE-Ergebnisse erfolgte auf der Basis von drei Patentanmeldungen. Unter Verwendung ortsauflösender Detektoren waren sehr schnelle Bestimmungen der Oberflächenspannung möglich. Entsprechende Publikationen werden vorbereitet.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Die bekannten Messmethoden zur Bestimmung der Veränderung der Oberflächenspannung bzw. zur Ermittlung ihrer wahren Größe sind nur bedingt dazu geeignet, prozessnah eingesetzt zu werden, da sie auf die genaue Erfassung der Grenzflächenerscheinungen bzw. auf die möglich exakte Beobachtung auch unter Verwendung bildaufnehmender Apparaturen orientieren und sich letztendlich auf die Blasen- und Tropfenbildung, auf die Lamellenwirkung, auf die Wirkung von Tauchkörpern und auf die Profilbestimmung von Tropfen reduzieren lassen. Sie stellen somit gute Labormessmethoden dar, die jedoch fast immer eine Probennahme und folglich eine Unterbrechung der Prozessabläufe bedingen.

Durch die Entwicklung des relativ einfachen und kostengünstigen Sensors zur in situ Kontrolle der Oberflächenspannung eröffnen sich gute Chancen, entsprechende Marktanteile zu besetzen.

Ein breites Anwendungsfeld ergibt sich bei der Optimierung von Wasch- und Reinigungsprozessen (jährlicher Verbrauch: 700.000 t Waschmittel; 500 Mio. m<sup>3</sup> Wasser; 7.500 GWh Elektroenergie; 8.000 – 10.000 t organische Lösungsmittel). Dabei dominieren die Haushaltswaschprozesse eindeutig gegenüber den gewerblichen Waschleistungen. Hinzu kommt der vermehrte Einsatz von Geschirrspülmaschinen, der gegenüber dem manuellen Spülen energetisch, ökologisch und zeitökonomisch eindeutige Vorteile aufweist.

In beiden Arten von Wasch- und Reinigungsprozessen ist eine Optimierung notwendig, die den Einsatz von Waschmitteln sowie Wassermengen in einer bestimmten Zeit und einer optimierten Temperatur ermöglicht. Um das bei der optimierten Maschinenführung zu erreichen, muss man die Oberflächenspannung in situ messen.

Wenn man annimmt, dass in Deutschland pro Jahr etwa 10 Mio. Waschmaschinen und etwa 3 Mio. Geschirrspülmaschinen hergestellt werden, die bisher nahezu ausnahmslos ohne in-situ-Sensor zur Oberflächenbestimmung ausgerüstet sind und folglich nur eine unvollständige Prozesssteuerung durchführen können, kann man die Einsatzmöglichkeiten dieses neuartigen Sensors abschätzen, auch wenn nur etwa ein Viertel der genannten Geräte der höheren Preisklasse zugerechnet werden kann. Es kann also eingeschätzt werden, dass für einen in-situ-Sensor zur Prozesssteuerung mittels Oberflächenspannungsmessung künftig ein Volumen von über 10<sup>5</sup> Sensoren pro Jahr möglich ist.

Da der Sensor den durch die Flüssigkeit modifizierten Strahl einer Halbleiterinjektionsdiode nachweist, sind auch Schlüsse auf die Micellen- und Flockenbildung möglich, so dass nicht nur die Oberflächenspannung, sondern auch optische Veränderungen (Transmission, Streuung, selektive Absorption) in bestimmten Fällen nachgewiesen und Wasch- sowie Reinigungsprozesse zusätzlich charakterisiert werden können.

Auch in der erdölverarbeitenden Industrie kann ein solcher Sensor bei der Ermittlung der Destillationskurven ein breites Anwendungsfeld finden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet betrifft den Einsatz von komplexeren Sensoren zur schnellen Bestimmung der Oberflächenspannung im Labormaßstab, insbesondere betrifft das alle Prozesse, die mit Grenzflächen, Polymeren und Kolloiden zu tun haben.

### **3.1.2 Photonen-zählung auf der Basis von APD**

(Projektlaufzeit: 01.07.2004 – 31.05.2006)

*Dipl.-Ing. Bernd Apel; Dipl.-Ing. Heiko Gundlach*

#### **Zielstellung:**

Ziel des Vorhabens ist es, die Vorteile von Avalanchedioden (APD) bei der Photonen-zählung gegenüber den jetzt noch überwiegend verwendeten Photomultipliern deutlich nachzuweisen und den Durchbruch für die Anwendung der APD auf diesem Gebiet zu erreichen.

Es werden Untersuchungen an APD durchgeführt, die umfangreiche Erkenntnisse beim Betrieb im Geigermodus liefern sollen. Die durchgeführten Forschungen werden dann die Grundlage für eine Erweiterung der Anwendungsmöglichkeit von APD zur Photonen-zählung sein.

Parallel dazu erfolgt die Entwicklung eines universellen Messplatzes mit hoher Reproduziergenauigkeit; dieser Messplatz wird zu einem universellen Photonen-zähler weiterentwickelt.

Dem Anwender wird mit dem universellen Photonen-zähler eine Mess- und – Experimentiereinrichtung zur Verfügung gestellt, mit der er in einem umfassenden Bereich (Temperatur, Avalanchespannung, aktives und passives Quenching, Messung von Dark-Counts und Afterpulsing, Erfassung des Messbereiches bei hohen Photonen-zahlen bis zum Übergang in den linearen Bereich durch adaptive Verstärker) eigene Untersuchungen durchführen kann.

Der universelle Photonen-zähler soll mindestens 60% der Anwendungen der Photonen-zählung erfassen und für spezielle Anwendungen Grundlagenerkenntnisse liefern.

#### **Ergebnisse:**

1. Es liegt ein Labormuster des universellen Messplatzes vor, der modular aufgebaut ist; die Steuerung erfolgt durch den PC. Dabei wurde bisher der PCI-Bus genutzt, der mit 133Mbyte/s schneller arbeitet als die USB-Schnittstelle mit 60Mbyte/s. Die Elektronik für die Steuerung des PCI-Busses befindet sich auf einer Einsteckkarte im Computer. Die Einsteckkarte enthält außerdem die 12 Bit/10MHz A/D-Wandler für die Digitalisierung der Photonenpulse beim Betrieb im Geigermodus.

Für die Darstellung der Photonenbursts auf dem Bildschirm des PC wurde eine Graphik-Software entwickelt.

Die Netzteile für die Avalanchespannung und die Überspannung für den Geigermodus erforderten erhöhten Aufwand zur Unterdrückung von Störimpulsen aus dem Netz. Für Avalanchespannung und Überspannung wurden separate Transformatoren verwendet. Beide Transformatoren besitzen getrennte Kammern für

die Primär- und Sekundärwicklung. Zwischen Primär- und Sekundärwicklung befindet sich ein 3 mm breiter Luftspalt. Auf der Netzseite der Transformatoren befinden sich StörfILTER.

Alle diese Maßnahmen dienen dazu, eine Zerstörung der APD durch Störimpulse aus dem Netz zu verhindern. Bei der schnellen Einschwingzeit der APD genügen schon Störspitzen aus dem Netz, um die APD in einen kritischen Zustand zu bringen.

Für Spektralmessungen wird ein optisches Gitter verwendet. Damit kann die spektrale Kennlinie der verwendeten APD schnell ermittelt werden.

Das Netzteil für die Einstellung der Überspannung - d. h. der Spannung, die zur Avalanchespannung addiert wird - enthält eine Strombegrenzung, die nicht vom Computer beeinflusst werden kann. Diese Strombegrenzung verhindert bei Fehleinstellungen (zu hohe Überspannung) oder bei zu hohem Lichteinfall (Arbeiten bei geöffnetem Gerät) eine Zerstörung der APD.

Zur Temperaturregelung für die APD wurde ein PID (Proportional-Integral-Differential)-Regler verwendet. Der PID-Regler hat den Vorteil, dass Integrator, Differentiator und Proportionalteil unabhängig voneinander eingestellt werden können. Der PID-Regler garantiert sowohl die maximal geringe Einschwingzeit (durch den Differentialteil) als auch die minimal mögliche Abweichung vom Sollwert (durch den Integrator, die Abweichung vom Sollwert geht bei langer Integrationszeit gegen Null).

Als Temperatursensor wurde eine geeichte Siliziumdiode verwendet, die auch bei Arbeiten mit flüssigem Stickstoff noch im linearen Bereich liegt.

2. Zur weiterführenden Erklärung des „after-pulsing“ wurden Grundlagen für ein spezielles physikalisch-mathematisches Modell für die APD entwickelt, das zur Berechnung des Verhaltens der APD bei Verstärkungen im Bereich von  $10^6$  bis  $10^8$  im Geiger-Modus dient.

Auf der Grundlage bekannter Modelle für die APD beim Betrieb im Geigermodus sowie des entwickelten Modells wurde ein Rechenprogramm erarbeitet, das im gesamten Temperaturbereich die Messungen und die Auswertung durch den Computer steuert.

3. Eine Reihe von Messungen mit Temperaturstabilisierung der Avalanchediode wurde durchgeführt.

Gemessen wurden APD C30902S der Firma Perkin Elmer (Wellenlängenbereich von 400 - 1060 nm). Von der Firma Perkin Elmer werden für die APD zur Photonen-zählung C30902S lediglich die Avalanchespannung + Überspannung und die Dark-Count Rate angegeben. Diese Angaben sind für die umfangreichen Anwendungsmöglichkeiten jedoch nicht genügend.

Mit der Temperaturstabilisierung der APD und einer extremen Stabilisierung sowohl der Avalanchespannung als auch der Überspannung zur Erzielung von Photonenbursts ergaben sich stabile Messwerte.

*TCSPC-Verfahren zur Untersuchung von Substanzen:*

Das TCSPC (Time Correlated Single Photon Counting)-Verfahren ist ein häufig angewandtes Verfahren zur Untersuchung von Substanzen verschiedener Art.

Die zu untersuchende Substanz wird dabei von einer gepulsten Strahlungsquelle zur Lumineszenz angeregt, und das Histogramm wird aufgenommen.

Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Versuchsanordnung für Messungen nach dem TCSPC-Verfahren.

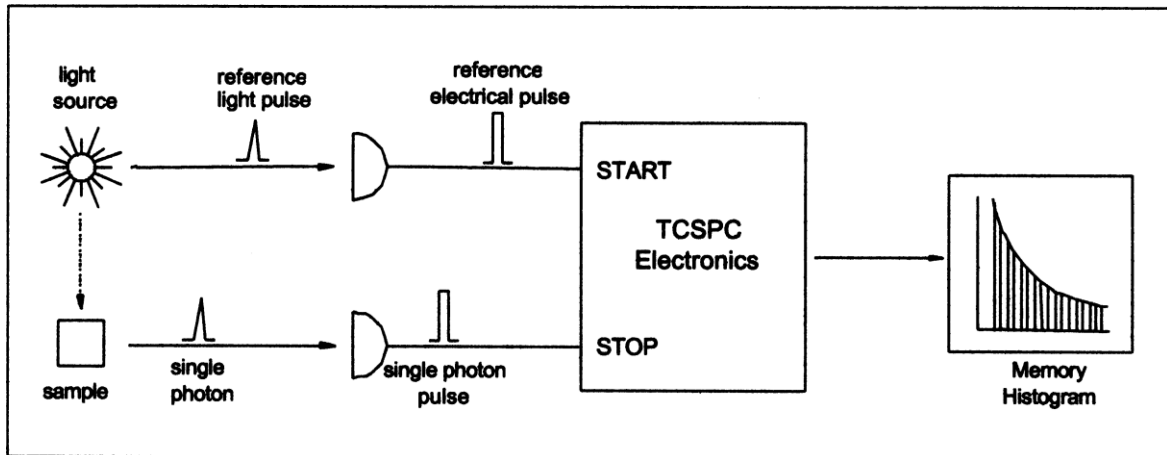


Abb. 1) Schematischer Aufbau einer Versuchsanordnung für Messungen nach dem TCSPC-Verfahren

Als Lichtquelle eignen sich Laserdioden, mit denen eine hohe Repetitionsrate möglich ist. Bei den Versuchen im vorliegenden Projekt wurden Laserdioden verschiedener Wellenlänge ohne Kollimatoroptik verwendet. Ohne Kollimatoroptik strahlt eine Laserdiode einen Lichtkegel in die Umgebung ab und kann damit mehrere (im obigen Beispiel zwei) Messobjekte erreichen. Laserdioden eignen sich deshalb gut für Fluoreszenzuntersuchungen, da sie bis in den GHz-Bereich modulierbar sind. Bei der Anwendung des TCSPC wird gezielt mit einer geringen Überspannung der APD gearbeitet, um Multi-Photonenbursts zu vermeiden.

Abbildung 2 zeigt die Wahrscheinlichkeit für Photonenbursts als Funktion der Überspannung. Diese Überspannung muss nach einem Photonenburst abgeschaltet werden, um eine Zerstörung der Avalanchediode zu verhindern (aktives oder passives Quenching). Es wurde sowohl mit passivem als auch aktivem Quenching gemessen, Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit für Photonenbursts gab es dabei nicht.

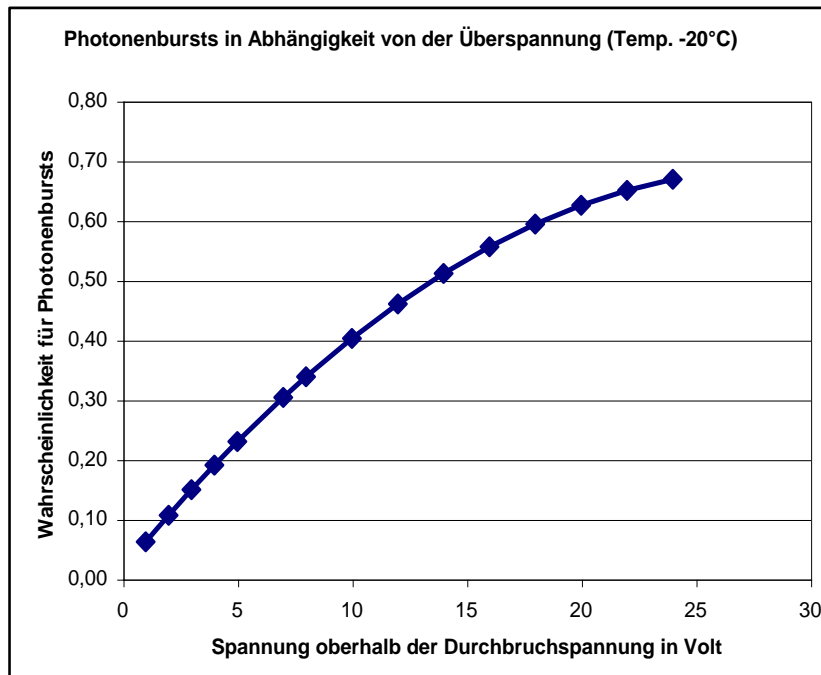


Abb. 2) Photonenbursts als Funktion der Überspannung

Aus dem Diagramm ist zu ersehen, dass eine Steigerung der Überspannung über 25 V hinaus nur eine geringfügige Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für Photonbursts bringt und deshalb wenig Sinn macht (außerdem steigt bei weiterer Erhöhung der Überspannung die Dark-Count Rate).

Abbildung 3 zeigt die Wahrscheinlichkeit für Afterbursts als Funktion der Zeit nach einem Photonenbursts für zwei Temperaturen.

Schon 100 ns nach einem echten Photonenpuls sinkt die Wahrscheinlichkeit für Afterpulsing auf 0.1 %. Wie schon erwähnt, bildet die Messung eines einzelnen Photonenpulses die Ausnahme. Bei einer hinreichend großen Anzahl von Messungen (bei Messzeiten im ns-Bereich ist 1 ms schon eine lange Zeit), wirkt sich das Afterpulsing wie das Rauschen bei einem linearen Verstärker aus. Bei einer Wahrscheinlichkeit für das Afterpulsing von 0.001 ist das Signal/Rauschverhältnis  $S/R=1000$  ein sehr guter Wert.

Messungen der Dark-Counts als Funktion der Überspannung ergaben, dass die Zahl der Dark-Counts mit steigender Überspannung stärker steigt als die Probabilität für Photonencounts.

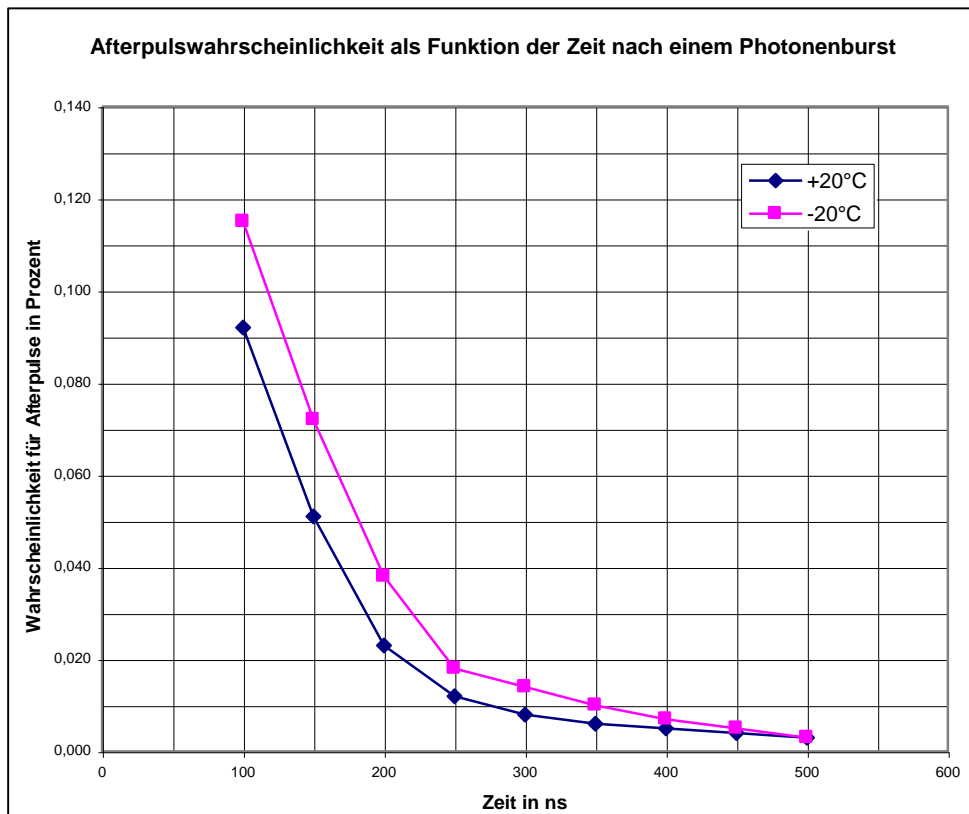


Abb. 3): Wahrscheinlichkeit für Afterbursts als Funktion der Zeit nach einem Photonenburst

Die Temperaturabhängigkeit der Dark-Counts ist exponentiell, sie ist proportional  $\exp(-0.55/kT)$ . Wird die APD von +22 Grad C auf -25 Grad C gekühlt, reduziert sich die Dark-Count Rate um den Faktor 50.

Für Anwender der Photonenmessung mit APD sind folgende Zusammenhänge relevant:

Die Dark-Count Rate reduziert sich mit niedrigerer Temperatur drastisch, bei Verwendung mehrstufiger Peltierelemente zur Kühlung wird sie praktisch vernachlässigbar. Das Afterpulsing steigt mit sinkender Temperatur. Der Anwender kann sich aus den Ergebnissen die günstigste Arbeitstemperatur aussuchen.

Es gibt Anwendungen, bei denen das Afterpulsing keine Rolle spielt, z. B. bei TCSPC (Time Correlated Single Photon Counting). Bei diesem Verfahren werden nur Photonenbursts berücksichtigt, die mit dem Sendepuls korrelieren. In diesen Fällen ist eine möglichst niedrige Arbeitstemperatur sinnvoll zur Verringerung der Dark-Counts, da das Afterpulsing keine Rolle spielt.

Im Laufe der Entwicklung wurde der Universelle Photonenmesser soweit perfektioniert, (Automatisierung aller Messvorgänge), dass mit einem Messzyklus oder einer geringen Anzahl von Messzyklen eine APD zur Photonenmessung in allen Anwendungsmöglichkeiten erfasst wird. Der Filterrevolver für die Aufnahme der wellenlängenabhängigen Parameter wurde durch ein optisches Gitter ersetzt. Mit der relativ schnellen Temperaturregelung (bedingt durch den PID-Regler und die geringe Masse der APD) ist die Aufnahme aller Kennlinien in für den Anwender vertretbarer Zeit möglich.

### Anwendungsmöglichkeiten:



### Astronomie/Astrophysik:

Die Photonen-zählung ermöglicht im astronomischen Bereich maximale Reichweiten. Eine beträchtliche Erweiterung der Einsatzmöglichkeit ist bei Verwendung von Avalanchedioden und damit möglicher Messung im Infraroten Bereich zu erwarten.

### Umweltschutz:

Es können Eigenschaften von Aerosolen und Wolken mit ihrer räumlichen Verteilung gemessen werden. Im Bereich des Umweltschutzes besteht der Einsatz der Photonen-zählung hauptsächlich in der Überwachung von Luft und Wasser. Dazu gehören auch Messungen im Weltraum.

### Medizin:

Der Einsatz der Photonen-zählung kann auch bei der Krebsbekämpfung erfolgen. Der Krebstumor wird dabei mit einem Laser im Bereich von 630 bis 670 nm angestrahlt. Die Photonen-zählung dient z. B. auch als Hilfsmittel bei Hornhautuntersuchungen, bei der ein dreidimensionales Bild der Hornhaut erstellt wird.

### Kriminalistik:

Hier ist die DNA-Analyse einer der Anwendungsfälle.

### Physik und Chemie:

Eine der zahlreichen Anwendungen der Photonen-zählung in Verbindung mit der Anwendung von Lasern betrifft z. B den Einsatz bei der Laser-induced fluorescence (LIF).

Der Einsatz von Avalanchedioden (APD) gegenüber den Photomultipliern (PMT) bei Photonen-zählern bietet eine Reihe von Vorteilen:

- Kleine und mechanisch stabile Bauform.
- Unempfindlichkeit gegenüber Strahlung.
- Möglichkeit des Überlastungsschutzes bei zu hohem Lichteinfall (Umgebungslicht) durch Abschaltung der Avalanchespannung (bei PMT's nur langsames Abklingen der Spannung wegen hochohmiger Spannungsteiler und damit mechanischer Shutter notwendig).
- Abdeckung eines großen Wellenlängenbereichs von 400 nm bis ins IR mit verschiedenen Substratmaterialien (bei PMT's nur maximal 600 nm).
- Große Detektionseffizienz bis zu 70 %.
- Hohe Zeitauflösung von 20 – 400 ps je nach APD-Typ.
- Kühlung und Temperaturstabilisierung unkomplizierter wegen kleinerer Bauform.
- Wesentlich billiger als PMT's.
- Möglichkeit der Herstellung von Zeilen und Matrizen.
- Höhere Akzeptanz beim Anwender durch den entwickelten universellen Messplatz

### **3.1.3 Sensorchip mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung**

(Projektlaufzeit: 01.07.2004 – 30.09.2006)

*Dr. Wilfried Wagner; Dr. Stefan Bischoff, Dipl.-Ing. Peter Lüdders*

### **Zielstellung:**



Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines 3D-Abstandsensors mit einem Matrixdetektor einschließlich der Herstellung eines Prototypen. Dieser Sensor soll das Höhenprofil einer dreidimensionalen Szene detektieren können und u. a. zur Durchgangskontrolle von Personen an Türen geeignet sein. Der Sensor arbeitet mit einer aktiven Beleuchtung im nahen Infrarot. Als Messverfahren wird das Flugzeitprinzip (TOF) verwendet, das mit einem Impulsmodus arbeitet. Hierbei besteht die Möglichkeit zur Auswertung des Impulses mit einem elektronischen Globalshutter oder zur Auswertung der Impulskanten mit einem Komparator. Letztere Variante wurde wegen der extremen Anforderungen an die Impulsleistung des Laser verworfen.

Bei den Shutterverfahren variiert die Impulslänge mit der maximalen Messdistanz. Bei einem Messabstand von 3 m benutzt man einen Laserimpuls der Länge von 6 m entsprechend einer Impulsdauer von 20 ns. Der Shutter im Empfänger öffnet ein Messfenster, das maximal der Impulslänge entspricht und schneidet jeden reflektierten Impuls in Abhängigkeit von seiner Ankunftszeit am Empfänger in seiner Länge ab. Dadurch erhält der Impuls die Entfernungsinformation über seine verbleibende Länge codiert. Der im Shutterintervall empfangene Lichtimpuls wird im Detektor in eine entsprechende Anzahl Photoelektronen umgewandelt und anschließend als Spannungssignal ausgewertet. Das Messprinzip erfordert im allgemeinen eine zweite bzw. dritte Messung zur Berücksichtigung unterschiedlicher Reflektivitäten des Targets und zur Störlichtreduktion. Bedeutsam ist hierbei die Hintergrundbeleuchtung durch indirekte Sonnenstrahlung. Die kurzen Impulslängen führen im Vergleich zu kontinuierlichen Verfahren zu einem günstigeren Verhältnis der Signalstärke zum unerwünschten Hintergrund. Allerdings begrenzen die kurzen Integrationszeiten das Signal-Rausch-Verhältnis. Die Hintergrundstrahlung kann und muss weiterhin durch schmalbandige Filter von wenigen Nanometern Breite drastisch reduziert werden.

Prinzipiell lässt sich der Messvorgang vielfach wiederholen und das Empfangssignal dabei mitteln. Das führt wiederum zu einer Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses mit der Wurzel aus der Anzahl der Messungen. Die Rauscheigenschaften des Sensors bestimmen entscheidend seine Leistungsfähigkeit.

Bei der Entwicklung einer elektronische Schaltung für dieses Verfahren und ihrer anschließenden Umsetzung in eine geeignete CMOS-Technologie kommt es daher wesentlich auf die Minimierung der Rauscheigenschaften an.

### **Ergebnisse:**

Auf der Grundlage des erarbeiteten Sensorkonzeptes wurde eine komplexe, gemischt analog-digitale Schaltung entwickelt. Zu dieser Schaltung wurde auf der Basis der 0,6  $\mu\text{m}$  BiCMOS-Technologie der X-Fab in Erfurt ein Layout erzeugt und nach umfangreichen Simulationen dieses zur Herstellung von Prototypen verwendet.

Der fertige Sensorchip ist in Abbildung 4 in einem DIL48-Gehäuse dargestellt.

Zum Betrieb des Sensors ist ein FPGA-Board erforderlich, das nach Spezifikationen als Fremdleistung hergestellt wurde.

Das Sensorboard stellt alle zum ordnungsgemäßen Betrieb des Sensors erforderlichen Spannungen, Ströme und digitalen Signale bereit und stellt die notwendigen Interfaces des Sensors zur Kommunikation mit seiner Umgebung zur Verfügung.

Der Sensor wurde mit dem FPGA-Board erfolgreich in Betrieb genommen. Das Board wird z. Z. mit einer Frequenz von 200 MHz betrieben, später ist eine Frequenz von 333 MHz vorgesehen.

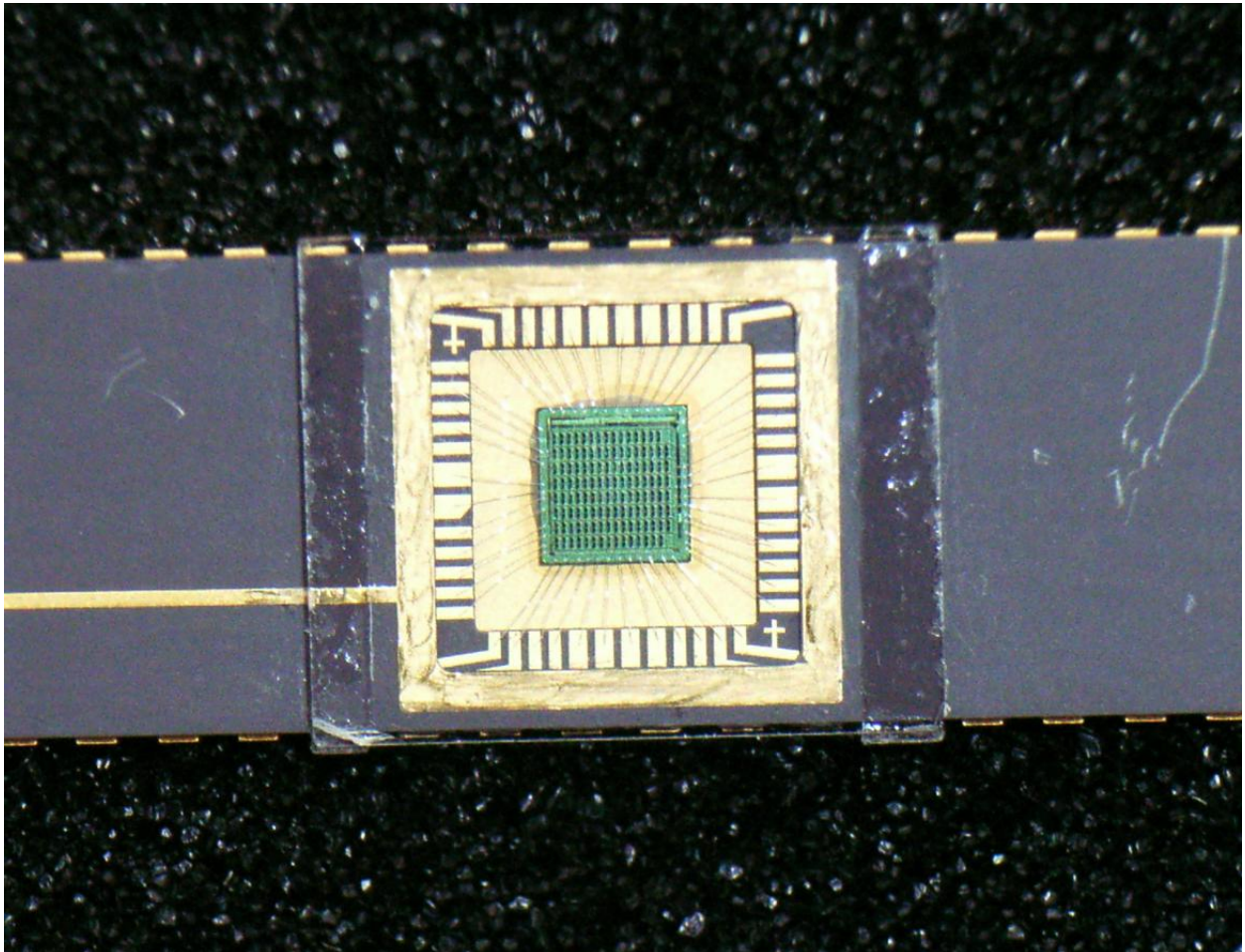


Abb. 4): Fertiger Sensorchip

Die Überprüfung der Signale am Speicheroszilloskop hat die korrekten zeitlichen Verläufe aller digitalen Steuer- und Kontrollsignale des Sensors und ihre definierte Einstellbarkeit gezeigt.

Die analogen Signale zeigen im wesentlichen die aus den Simulationen bekannten Werte und Abhängigkeiten. Diese Aussagen gelten insbesondere für den externen Betriebsmodus des Sensors.

Über die serielle Schnittstelle des FPGA-Boards können die digitalen Messwerte des Sensors auf einen Computer ausgegeben werden. Mittels einfacher Arithmetik können daraus die Entfernungswerte in jedem Pixel des Sensors ermittelt werden. In einem späteren Entwicklungsstadium kann diese Aufgabe auch vom FPGA selbst übernommen werden. Der 3D-Sensor zeigt in erster Näherung ohne jegliche Korrekturrechnungen einen linearen Zusammenhang zwischen den Messergebnissen und dem tatsächlichen Abstand zum reflektierenden Objekt in einem Messbereich von ca. 40 cm bis 350 cm.

Die für den Betrieb des Sensors notwendigen Rechteckimpulse der Laserdiode werden inzwischen durch eine verbesserte Ansteuerschaltung in der erforderlichen Qualität erzeugt.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Das Projekt ist angesiedelt im Umfeld der Arbeiten zu neuen Sensortechniken und zu Hochleistungs-LED, an denen im OUT e.V. intensiv gearbeitet wird.

Der Markt für 3D-Abstandssensoren ist immer noch in der Entstehungsphase. Die 3D-Matrixsensoren zeichnen sich gegenüber den Scannersystemen infolge des Verzichts auf bewegliche Komponenten durch eine extrem kleine und kompakte Bauart aus. Die Folge ist ein deutlich geringeres Preisniveau.

Der größte Teil der potentiellen Anwendungsfelder betrifft den automobilen Bereich. Dadurch ist ein sehr großer Massenmarkt gesichert, sofern sich das Produkt durchsetzt.

Für einen 3D-TOF-Sensor existiert eine Vielzahl möglicher Anwendungen:

- Intelligente Airbagsteuerung.
- Überwachung des Fahrzeugumfeldes (Kollisionsvermeidung, Fußgängerschutz).
- Fahrerassistenzsysteme (adaptiv cruise control – angepasste Fahrzeugsteuerung).
- 3D-Gestikerkennung zur komfortablen und sicheren Konsolenbedienung.
- Intelligente Einparkhilfen bzw. Einparkassistenten.
- Gesichtserkennung zur Fahreridentifikation (Fahrtenbuch).
- Fahrgastzählssysteme.
- Durchgangskontrollen an Zugängen.
- Stationäre und mobile Absicherung von Gefahrenbereichen (Robotersteuerung).

Auf internationalen Tagungen und Workshops werden diese Anwendung (z. B. Airbagsteuerung) immer wieder beispielhaft diskutiert, und ihre Realisierung scheint nur noch eine Frage der Zeit zu sein. Die Anwendung erfolgt sicherlich zuerst in Wagen der automobilen Mittel- und Oberklasse und wird schnell die Millionengrenze überschreiten. Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen bei den Fahrerassistenzsystemen, die den Fahrer während der Fahrt entlasten. Das sind z. B. Systeme zur Geschwindigkeitssteuerung (ACC - adaptive cruise control). Diese Systeme halten eine bestimmte Reisegeschwindigkeit ein bzw. passen diese entsprechend der Verkehrssituation an, wenn sich z. B. der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug ändert oder ein Hindernis auftaucht.

Entwickelt werden z. Z. auch intelligente Einparkassistenten, die eine Parklücke ausmessen und daraus den Einparkweg des Fahrzeuges berechnen.

Die z. Z. auf dem Markt angebotenen Fahrerassistenzsysteme arbeiten noch mit Radarstrahlung (77 GHz) und kosten ca. 800 € trotz großer Stückzahlen. Scannersysteme, die mit Infrarotstrahlung arbeiten, sind auch in der Entwicklung, haben aber die typischen Nachteile derartiger Methoden einschließlich des hohen Preises.

Ein 3D-Abstandssensor nach dem im Rahmen dieses Projektes entwickelten Prinzip kann daher vorteilhaft für Einparkassistenten eingesetzt werden.

Anwendungen außerhalb der Automobilindustrie betreffen die Objekterkennung in der Automatisierungstechnik und stecken zumeist noch in den Anfängen.

Ein beeindruckendes Beispiel ist die Anwendung von Abstandssensoren zur Erkennung von Position und Lage von Gepäckstücken auf Förderbändern. Diese PMD-Sensoren von der Firma ifm electronic bestimmen die Lage von Gepäckstücke, damit diese die Röntgenstation des Sicherheitschecks auf Flughäfen (London Heathrow) ordnungsgemäß passieren können.

Das entwickelte Sensorbauelement ist prädestiniert für Anwendungen bis maximal fünf Metern Reichweite mit Auflösungen im cm-Bereich. Im Prinzip können entsprechend modifizierte Sensoren für kleinere Entfernungen mit deutlich besseren Auflösungen (Inspektionsaufgaben an Oberflächen) entwickelt werden. Bei größeren Entfernungen kann die Einhaltung der Lasersicherheitskriterien (Laserklasse 1/1M) zum limitierenden Faktor für die Reichweite und Genauigkeit werden.

Spezielle Zielgruppen sind KMU mit Geschäftsbereichen auf den Gebieten der Sensorik und der optischen Messtechnik.

Sehr vielversprechend ist der Einsatz des 3D-Sensors zur stationären und mobilen Gefahrenbereichsabsicherung. Diese erfolgt auf elektro-optischem Wege z. Z. mittels 2D- oder 3D-Laserscannern, bei denen ein Laserstrahl über bewegliche Spiegel in die gewünschte Richtung gelenkt wird und den entsprechenden Bereich abtastet. Die notwendigen Parameter können mit dem 3D-Sensor realisiert werden, insbesondere dann, wenn keine Rundumsicht erforderlich ist.

Zielgruppen für die Automotivanwendung sind die Automobil-Zulieferer wie z. B. Continental.

### **3.1.4 Entwicklung von Miniatur-Power-IREDs (mPIRED)**

(Projektlaufzeit: 01.06.2006 – 30.09.2007)

*Dr. Adrian Mahlkow; Ing.-Päd. Horst Havemann, Dipl.-Ing. Hans Hensel*

#### **Zielstellung:**

Im Rahmen dieses Projektes sollen kompakte Power-IR-Quellen mit möglichst geringer Baugröße und möglichst großer Integrationsdichte entwickelt werden. Diese Quellen sollen Bauelemente sein, die bei Bedarf zu größeren Einheiten kombiniert, die Emissionsleistung skalierbar machen und lediglich durch die Problematik der Abwärme limitiert sind. D. h. durch eine entsprechende Entwärmungstechnologie des Anwenders sollen auch „Scheinwerfer“ mit vielen 100 bis 1000 W Strahlungsleistung mit diesen neuen Bauelementen realisierbar sein.

In vorhandene Prototypen für Träger (z. B. „Hochleistungs-LEDs“, „Jumbo-LEDs“ oder „Luxeon™“/„Luxeon Star™“, „Golden Dragon™“, etc.) werden aus GaAIAs-Wafern hergestellte „Powerchips“ mit möglichst großen Abmaßen integriert und bei maximal möglicher Bestromung und bestmöglicher externer Entwärmung Langzeit-Degradationsuntersuchungen unterzogen. Darüber hinaus werden mit verschiedenen eingebauten Chips alle wesentlichen elektrischen, thermomechanischen und elektrooptischen Parameter der alternativen Gehäuse untersucht und gegenüber gestellt. Aus diesen um-



fangreichen Daten ergeben sich Designempfehlungen für zwei zu favorisierende Gehäuse für die Labormuster mit 1 W optischer Ausgangsleistung. Zum einen wird eine bestmögliche, aber teure oder technologisch schwierige und zum anderen eine gute und einfacher produzierbare Lösung existieren. Wenn möglich, wird für beide eine Kleinserie für eine statistisch belastbare Anzahl von Mustern aufgelegt. Reihenuntersuchungen zu Lebensdauer bei unterschiedlichen Randbedingungen bringen Degradationseigenschaften und Entwärmungsempfehlungen für diese alternativen Bauelemente. Technologische Abschätzungen zur Produktionstechnologie auf allen Stufen begleiten die Untersuchungen und Designempfehlungen.

Der Aufbau von Labormustern ist eine technologisch schwierige und bei geringen Stückzahlen statistisch nicht belastbare Untersuchungsmethode. Um den Einfluss geringer Änderungen im Materialgefüge untersuchen zu können, sollen parallel einfache Simulationsmodelle der verschiedenen, alternativen Bauformen erstellt werden. Im Abgleich mit Messungen an den realen Vorbildern können durch kleine Parameteranpassungen realistische Abbilder im Rechner entstehen. Danach sind die Auswirkungen kleiner Änderungen - z. B. an der Geometrie oder der Materialzusammensetzung - simulierbar und die Ergebnisse repräsentativ. Designempfehlungen sollen dementsprechend auch durch einfache Thermosimulationen unterstützt und überprüft werden.

### Ergebnisse:

Im Rahmen des Forschungsprojektes konnten langlebige Einzelbauelemente mit thermisch optimierten Unterbauten und Gehäusedesign entwickelt werden, die den Betrieb von expliziten Hochleistungs-Epitaxie-Chips über einen weiten Parameterbereich ermöglichen, wie das nachfolgende Parameterfeld (Abb. 7) des Wirkungsgrades in Abhängigkeit von Strom und Umgebungstemperatur deutlich zeigt.

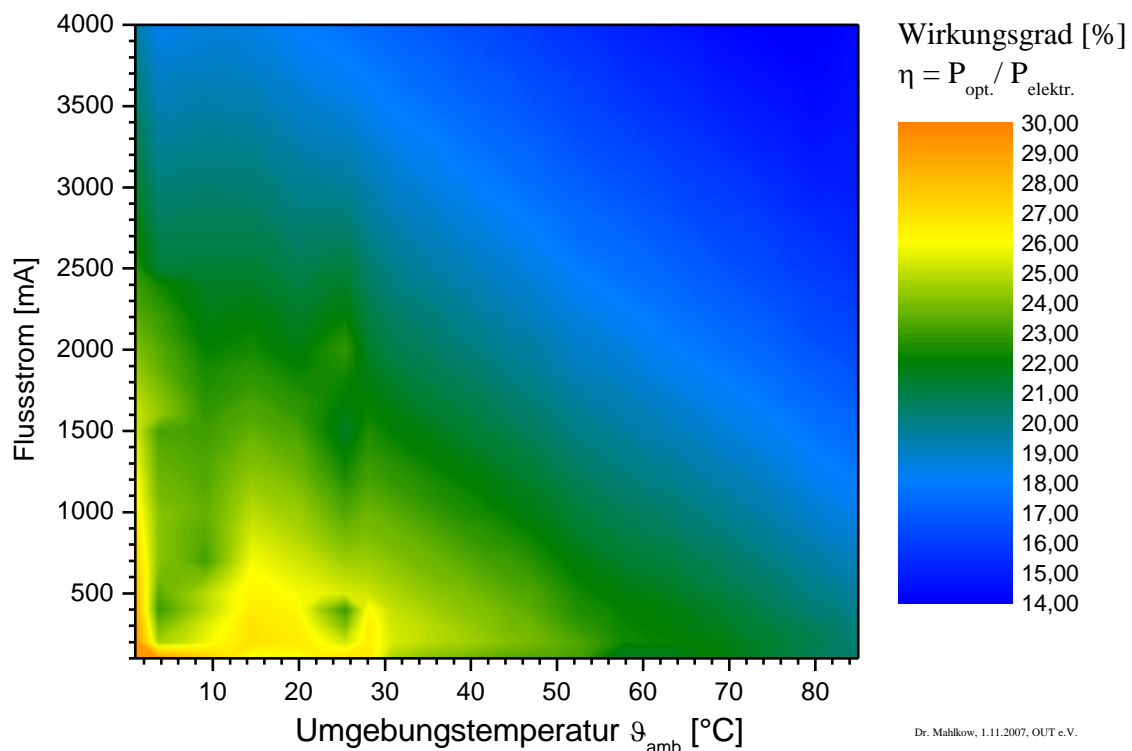


Abb. 5) Wirkungsgrad in Abhängigkeit von Strom und Umgebungstemperatur

Moderne Epitaxie-Strukturen sind sowohl in Stromdichte als auch in Bezug auf die Temperatur optimiert, der letzte Aspekt wird von den Herstellern nicht kommuniziert und ist somit eine Erweiterung des Standes der Technik. Der gezeigte Wirkungsgrad von über 30 % ist der Quotient aus zugeführter, elektrischer Leistung und der integral gemessenen Lichtleistung. Der Spektralbereich liegt bei 850 nm und die Chipgröße bei 1 mm<sup>2</sup>. Die Abbildung 8 zeigt die total emittierte Strahlungsleistung in diesem Spektralbereich von über 1000 mW. Damit stehen sehr kompakte Strahlungsquellen zur Beleuchtung, Aushärtung, Durchleuchtung, medizinischer Strahlungstherapie, Wärmebehandlung zur Verfügung.

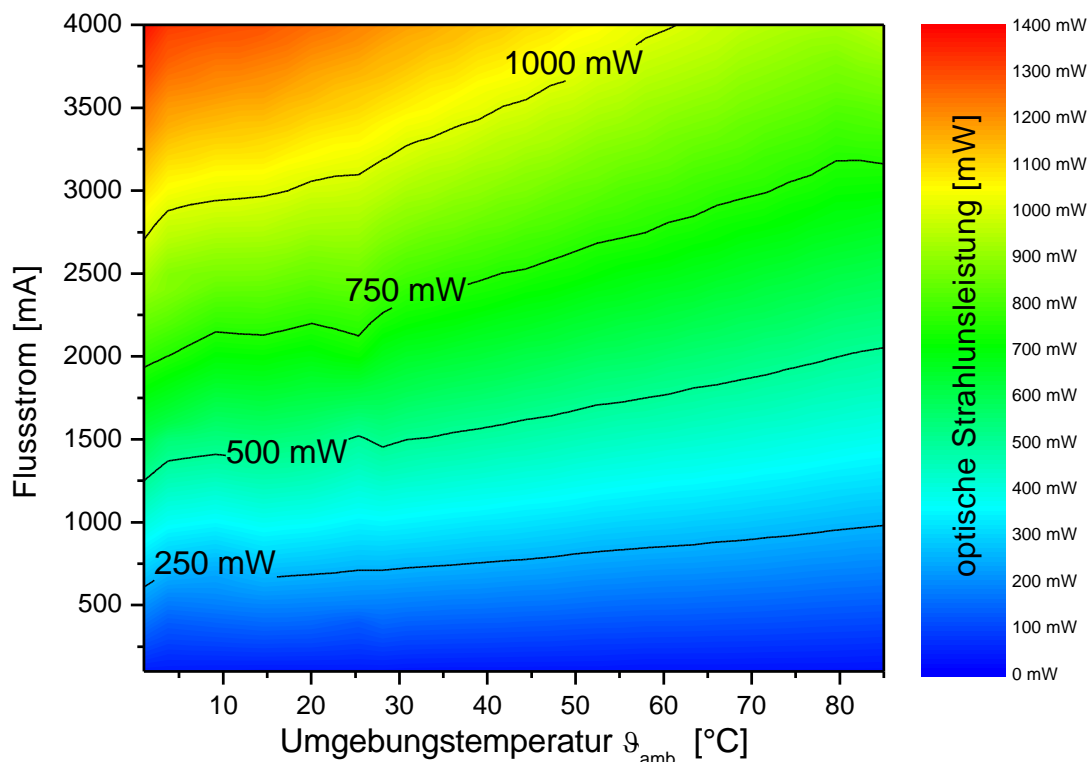


Abb. 6) Total emittierte Strahlungsleistung im Spektralbereich um 850 nm

### Anwendungsmöglichkeiten:

Für die im Rahmen des Projektes entwickelten Miniatur-Hochleistungs-LEDs lassen sich für den infraroten Spektralbereich zahlreiche Anwendungen und Märkte erkennen. Stellvertretend ist hier die Situation in drei der Kernmärkte skizziert:

#### 1. Medizintechnik

Die Medizintechnik ist ein in Deutschland traditionell starker Markt. Die Hochleistungs-LEDs können – auch in Form von Modulen - in verschiedene Applikationen der elektromedizinischen Industrie integriert werden. Sie ersetzen sowohl dort vorhandene LEDs oder LED-Module als auch klassische Wärmestrahler. Zahlreiche Firmen mit hochtechnisierten Produkten entdecken die Halbleiterstrahlungsquelle mit deren Vorzügen und verfügen über entsprechende Erfahrungen zur Entwärmung aufgrund der zahlreichen Zuverlässigkeitsnachweise vor der erfolgreichen Einführung eines neuen Produktes.

Im Bereich der „Bildgebenden Verfahren“ können die mPIRED als Strahlungsquelle eingesetzt werden. Im Bereich der „Elektromedizinischen Apparate“ ist eine ähnliche Entwicklung zu erkennen.

## 2. Sicherheitstechnik

Der naturgemäß langsam reagierende Markt der Sicherheitssystemtechnik ist seit Mitte der neunziger Jahre mit verhaltener Rate stetig gewachsen. In den nächsten Jahren wird aber mit einem deutlich anziehenden Wachstum gerechnet, da insbesondere neue Märkte in Osteuropa und China erschlossen werden.

Besonders im Bereich der Video-Überwachung sind durch neue Miniaturkameras, die erst seit einigen Jahren im großen Maßstab verfügbar sind, zahlreiche auch auf den Privatkunden ausgelegte Systeme entwickelt worden, die in Stückzahlen über breite Distribution weltweit vermarktet werden können. Für Beleuchtungseinheiten im IR-Bereich für den consumernahen Markt bietet sich die mPIRED mit bis zu 1000 W Strahlungsquellen für die Ausleuchtung großer Gelände ebenso an wie für die professionellen Systeme.

## 3. Automotive

Der Gesamtmarkt für Automobile weltweit ist einer der größten Industriemärkte überhaupt. Im Bereich der Bilderkennung und Bildverarbeitung, für die die hier entwickelten mPIREDs eine Schlüsselkomponente werden können, existieren große Konsortien unter Beteiligung aller wichtigen Automobilhersteller und Forschungseinrichtungen.

Zudem gibt es eine Vielzahl kleiner und mittelständischer Unternehmen auf dem Gebiet der Bilderkennung, Videoverarbeitung und Fahrerassistenzsystemen.

Schwerpunkte des Wachstum werden bei der Sensorik und den Pre-Crash-Systemen erwartet. In beiden Sparten würde die mPIRED zur Anwendung kommen.

### **3.1.5 Operationssonde mit „Activ Shielding“ für den Einsatz von PET-Nukliden**

(Projektlaufzeit: 01.04.2006 – 31.03.2008)

*Dipl.-Ing. Norbert Heilig; Kerstin Ehrensack*

#### **Zielstellung:**

In der modernen Nuklearmedizin gewinnt die sogenannte PET-Technologie immer stärker an Bedeutung. Die Einführung der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) hat zu absolut scharfen und kontrastreichen dreidimensionalen Abbildungen des Inneren des Menschen geführt, wie sie bisher nicht erreicht wurden. Der Einsatz äußerst kurzlebiger PET-Radioisotope wie  $F^{18}$ ,  $O^{14}$  oder  $O^{16}$  verursacht nur sehr geringe Strahlenbelastungen für Patienten und Personal. Da diese Elemente auch wesentlich am Stoffwechsel beteiligt sind, können sie auch einfach vom Körper absorbiert und durch geeignete Antikörper auch an die entsprechenden Orte im Körper angelagert und detektiert werden, so dass durch schnellere und sichere Diagnostik ein hervorragender Therapieerfolg erzielt werden kann. Diese PET-Methode stellt mittlerweile einen Standard in der Medizin dar.

Im FuE-Vorhaben soll ein komplettes nuklearmedizinisches Operationssondensystem zum Einsatz in der operativen Krebstherapie für hohe Strahlungsenergien ( $E_\gamma > 300$  keV, speziell für den Einsatz von PET-Nukliden) entwickelt werden.

Schwerpunkte dabei sind die Entwicklung einer  $\gamma$ -Operationssonde mit einem „Active-Shielding“ und ein prozessorgesteuertes Messsystem, das die dafür benötigte schnelle Signalverarbeitung sichert. Prinzipiell besteht dieses Messsystem aus der Operationssonde mit aktivem Schild und einer Auswerte- und Anzeigeeinheit, die die Signale auswertet und in verwertbare Messergebnisse umwandelt, die Messergebnisse sowohl optisch (Display; Bargraph) als auch akustisch (Sound) anzeigt und die Weiterverarbeitung der Messdaten in einem über eine USB-Schnittstelle optional anschließbaren PC ermöglicht.

Das Operationssondensystem muss die einschlägigen Vorschriften der Europäischen Medizin-CE erfüllen und für den Einsatz in Operationsräumen sowohl in Krankenhäusern als auch in entsprechenden Privatpraxen geeignet sein.

### **Zwischenergebnisse:**

- Fertigstellung der Konstruktionsunterlagen für den Aufbau der Operationssonde mit „Active shielding“ einschließlich optimiertem Kopfaufbau und schnellem „Ladungsempfindlichen Vorverstärker“.
- Realisierung der wesentlichen Hard- und Softwarekomponenten für den Aufbau des Steuergerätes einschließlich Koinzidenzmesssystem.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Einsatzfeld der Operationssonde sind alle medizinischen Einrichtungen, an denen die PET-Technologie betrieben wird, also Krankenhäuser, Kliniken, Hospitäler, private und staatliche medizinische Forschungseinrichtungen sowie große Privatpraxen. Das sind in Deutschland ca. 500, weltweit sind es gegenwärtig ca. 5.000 mit steigender Tendenz. Experten gehen davon aus, dass in den nächsten zwei bis drei Jahren ca. 50 % der gegenwärtig ca. 15.000 nuklearmedizinischen Abteilungen auch die PET-Technologie nutzen werden. Bisher wird diese Technologie in erster Linie in der Diagnostik eingesetzt, die Vorteile bei der (operativen) Therapie liegen aber auf der Hand, und mit der steigenden Anzahl von PET-Zentren weltweit werden die gesamten Vorteile dieser Technologie auch breiter genutzt werden.

Die Methode ist patientenschonend auf Grund der niedrigen Strahlungsbelastung und der kleineren Operationswunden. Als direkte Folge kann die Verweildauer der Patienten in den Kliniken auf wenige Tage verringert werden, so dass sowohl den Patienten ein längerer Krankenhausaufenthalt erspart bleibt und die finanzielle Belastung der Krankenkassen vermindert wird.

Hinzu kommt die hohe Erfolgsrate dieser operativen Therapie, die bei über 90 % liegt. Die Methode des „Sentinel Lymph Node“ unter Einsatz von  $Tc^{99}$ -Tracern wird bereits heute in größerem Umfang genutzt und stellt eine Standardtechnik dar. Die Verbindung mit der PET-Technologie bringt weitere entscheidende Vorteile. In einigen Ländern (z. B. Japan) ist Technetium als Tracer nicht zugelassen, wohl aber die PET-Technologie. Das Marktfenster für Operationssonden öffnet sich dort erst mit einer verfügbaren und handhabbaren PET-Sonde.



### **3.1.6 Entwicklung einer Low-Energy-3D-TOF-Pixel-Architektur (LENA)**

(Projektlaufzeit: 01.06.2006 – 30.09.2008)

*Dr. Wilfried Wagner; Dipl.-Phys. Rainer Wolf, Dipl.-Ing. Adelheid Klampfl*

#### **Zielstellung:**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines robusten 3D-Sensors, der durch sein hohes longitudinales und laterales Auflösungsvermögen zur Gesichtserkennung eingesetzt werden kann. Dieser Sensor kann in klassischen Anwendungsfällen (Zutrittskontrolle), aber vor allem im Transportwesen (Fahreridentifikation) und in der Medizin eingesetzt werden. Die medizinischen Anwendungen betreffen das Erkennen signifikanter Abweichungen von einer normalen Gesichtsstruktur zur Feststellung von Verletzungen.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben sind in allen Fällen Auflösungen im mm-Bereich zwingend erforderlich, d. h. eine entsprechend hohe Pixelzahl wird in der Empfangsmatrix benötigt. Die dadurch bedingte erhöhte Energiedispersion auf dem Chip kann teilweise durch die deutlich verringerte Messdistanz kompensiert werden. Die entscheidende Maßnahme zur Erzielung eines deutlich verbesserten Signalrauschverhältnisses besteht in der Realisierung der Analog-Digital (A/D)-Wandlung in der Fokalebene - also auf dem Chip. Eine deutliche Reduktion der Rauscheinflüsse ist das Ergebnis. Der Effekt wird um so stärker ausgeprägt, je dichter der Ort der A/D-Wandlung an die Signalerzeugung heranrückt. Im Idealfall wird die A/D-Wandlung daher direkt in jedem einzelnen Pixel erfolgen.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass der dafür erforderliche Hardwarebedarf (Siliziumfläche) relativ hoch ist. Problematisch und gleichzeitig die große Herausforderung des Projektes ist die Realisierung der komplexeren Pixelelektronik (zusätzliche A/D-Wandlung) auf einer deutlich verringerten Fläche infolge der stark erhöhten Pixelzahl. Dieser Flächenverlust kann auch durch die Skalierung der CMOS-Technologie von 0,6  $\mu\text{m}$  auf 0,35  $\mu\text{m}$  nicht vollständig kompensiert werden. Aus der Literatur bekannte Arbeiten haben aber bewiesen, dass es möglich ist, die komplexe Pixelelektronik auf einer stark reduzierten Fläche unterzubringen.

#### **Zwischenergebnisse:**

Die Arbeiten zur Entwicklung des LENA-Sensors waren im Berichtszeitraum bestimmt von einer Projektmodifizierung als Folge des fehlenden PIN-Dioden-Moduls der ursprünglich geplanten 0,35  $\mu\text{m}$ -CMOS-Technologie der X-Fab in Erfurt. Die 0,35  $\mu\text{m}$ -Technologie war eine zwingende Voraussetzung zur Erzielung einer höheren Pixelzahl im Sensor bei gleichzeitiger Integration zusätzlicher Funktionalität auf dem Chip (AD-Wandlung). Da die X-Fab diese Technologie noch nicht bereitstellen kann und alternative Anbieter keine Photodioden mit vergleichbaren Schaltzeiten offerieren, wurde das Projekt dahingehend modifiziert, die bereits erprobte 0,6  $\mu\text{m}$ -CMOS-Technologie anzuwenden und alle typischen Sensorkomponenten in einer Chipversion mit deutlich verringerter Pixelzahl (~1000) zu realisieren. Dazu musste eine Reihe von Entwicklungsschritten unter veränderten Bedingungen wiederholt werden. Dieser Entwurf soll dabei gleichzeitig als Vorbereitung für eine spätere Realisierung in der 0,35  $\mu\text{m}$ -Technologie bei Bereitstellung des PIN-Dioden-Moduls dienen.

## Anwendungsmöglichkeiten:

Die Gesichtserkennung ist aus dem reinen Forschungsstadium bereits herausgetreten und wird kommerziell vor allem in der Zutrittskontrolle bzw. an Grenzübergängen zur Verifikation von Personaldokumenten eingesetzt. Technisch werden vorrangig CCD oder CMOS basierte Kamerabilder mit speziellen Algorithmen ausgewertet. Dieser Ansatz ist aber für eine Reihe von Anwendungen, wie z. B. im Personenverkehr und in der medizinischen Assistenz, nicht ausreichend robust. Die 3D-TOF-Technologie eröffnet dafür eine technische adäquate Lösung, wenn man das Energieproblem entschärfen kann.

Potentielle Märkte sind u. a. die Fahreridentifikation (driver identification) und die Kontrolle der Fahrtüchtigkeit (Identifikation von Übermüdung).

### *1.1. Anwendung der Gesichtserkennung für die Lenkzeitkontrolle*

Laut statistischem Bundesamt sind in Deutschland etwa 2,5 Mio. LKW zugelassen. Daraus lässt sich ebenfalls eine Neuzulassungsquote von etwa 250.000 Fahrzeugen abschätzen.

Aus den abgeschätzten Zahlen für Deutschland und für die anderen europäischen Staaten errechnet sich ein Marktvolumen von etwa 425.000 Stück p. a..

### *1.2. Anwendung der Gesichtserkennung für den Zugriff auf ein Fahrzeug eines Verleihunternehmens*

Ein weiterer Anwendungsfall ist der Diebstahlschutz bzw. die Freigabe von verliehenen Fahrzeugen (Access) an beliebigen Orten durch telematische, verschlüsselte Übertragung von biometrischen Gesichtsdaten. Diese Anwendung stellt einen Zukunftsmarkt dar, der sich durch die Einführung der Telemetrie in den Fahrzeugbereich vollziehen wird.

### *1.3. Anwendung der Gesichtserkennung zur Kontrolle der Fahrtüchtigkeit*

Dieser dritte Aspekt der Gesichtserkennung und die beständige Kontrolle der Fahrtüchtigkeit des Fahrzeugführers sind mit den o. g. Anwendungen kombinierbar und erhöhen die Attraktivität dieser technischen Lösung. Für eingeschränkte Fahrtüchtigkeit gibt es einige wichtige Kriterien, die im Gesicht messbar sind. Dazu zählen die Lidschlagfrequenz und das Gähnen. Beide Kriterien sind auswertbar auf der Basis der geplanten Sensordaten.

## **3.1.7 Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Sprengstoffen und Waffen bei der Personenkontrolle**

(Projektlaufzeit: 01.01.2007 – 31.12.2008)

*Dr. Gerd Arnold; Dipl.-Ing. Ulrich Harder*

## **Zielstellung:**

Im Zusammenhang mit den wachsenden Bedrohungen der Gesellschaft durch terroristische Aktivitäten besteht gegenwärtig ein großes Interesse an Verfahren und Vorrichtungen, mit deren Hilfe die illegale Herstellung, der Umgang, der Transport und der

missbräuchliche Einsatz von Gift- und Sprengstoffen von den Sicherheitsorganen rechtzeitig erkannt und angezeigt werden können. Es besteht aktuell die vordringliche Aufgabe, neuralgische und leicht verletzbare Punkte der Zivilgesellschaft besser zu schützen. Dazu gehört der öffentliche Personenverkehr, insbesondere jedoch große Verkehrsterminals wie z. B. Flughäfen, da der Flugverkehr besonders empfindlich und mit verheerenden Auswirkungen zu treffen ist. In zunehmendem Maße ist aber auch ein verbesserter Schutz von öffentlichen Gebäuden und staatlichen Einrichtungen gefragt.

Aufgabenstellung des Projektes ist es, eine Vorrichtung in Form eines Portals zu entwickeln und aufzubauen, mit deren Hilfe es möglich sein wird, Personen auf das eventuelle Mitführen von Sprengstoffen bzw. Vorhandensein von Sprengstoffpartikeln, die durch den Umgang mit Sprengstoffen an der Kleidung der Person haften geblieben sind, zu kontrollieren.

Dazu soll ein torähnlicher Rahmen, der so dimensioniert ist, dass sich Menschen jeglicher Größe und Körperkonstitution ohne Probleme hindurchbewegen können, mit einem pneumatischen System ausgerüstet werden, welches für eine Zeitspanne von wenigen Sekunden solche Luftströmungsverhältnisse erzeugt, dass leicht haftende Staubpartikel sowie Fasern von der Kleidung der sich im Tor befindlichen Person abgetrennt werden.

Diese Partikel bzw. Fasern werden vom sammelnden Luftstrom in eine Anreicherungs-vorrichtung transportiert und dort auf einem speziellen Trägermaterial festgehalten. Durch zyklisches kurzzeitiges Aufheizen des Trägermaterials werden vorhandene Sprengstoffpartikel in den gasförmigen Zustand versetzt und über eine beheizte Transferkapillare in ein hochempfindliches Messgerät transportiert und dort analysiert. Als Messgerät wird ein für die Sprengstoffdetektion zu modifizierendes Ionenmobilitäts-spektrometer (IMS) verwendet.

Zur Erreichung dieses Zieles sind folgende Aufgaben zu lösen:

- Entwicklung des Luftströmungssystems zur Sammlung von Partikeln und Fasern.
- Konzipierung der Anreicherungs-vorrichtung.
- Kopplung von Anreicherungs-vorrichtung und IMS mittels beheizter Transferkapillare.
- Modifizierung eines IMS durch Verwendung einer Hochtemperaturmesszelle und Ausstattung mit einem speziellen Einlasssystem.
- Bestimmung des optimalen Ablaufs im Zusammenwirken zwischen Luftsamme-lsystem, Anreicherungs-vorrichtung und IMS.
- Entwicklung der elektronischen Steuerschaltung und der Steuersoftware.
- Test des gesamten Portals mit durch Sprengstoff präparierten Probekörpern.

### **Zwischenergebnisse:**

Es wurde ein erster Versuchsstand entwickelt und aufgebaut, mit dem bereits systematische Untersuchungen und Optimierungsarbeiten durchgeführt werden konnten. Mit diesem Aufbau - bestehend im wesentlichen aus Gebläse, Luftsamme-lleitungen, Umschaltventil, Voranreicherungs-vorrichtung, beheizter Transferleitung und IMS-System - wurde experimentell nachgewiesen, dass es möglich ist, kleinste Mengen TNT, die in Ethylacetat aufgelöst und in definierten Mengen auf Baumwollfasern aufgetragen, nachzuweisen, wenn diese vom Luftsamme-lsystem erfasst und in die Voranreiche-

rungsvorrichtung transportiert wurden. Die ermittelte Nachweisgrenze betrug 1 µg TNT. Mit diesem Ergebnis konnten die im NIJ Report des National Institute of Justice angegebenen Nachweisgrenzen erreicht werden, die allerdings für Drogen bestimmt wurden, was aber prinzipiell im gegebenen Fall keinen Unterschied ausmacht. Damit konnte ganz klar die prinzipielle Machbarkeit der Detektion von Sprengstoffen mit diesem Verfahren nachgewiesen werden.

An diesem Versuchsstand wurden Strömungsmessungen durchgeführt. Die Strahlkraft der Luftströmung auf der einen und ihre Saugkraft auf der anderen Seite erwiesen sich zwar als zu gering, um z. B. Fasern von der Mitte des Portalrahmens zu Anreicherungsapparatur zu transportieren, dennoch konnte mit diesem ersten Experimentierstand eine Reihe von Versuchen mit sichtbaren Wollfasern durchgeführt werden, um deren Transport vom Ort des Ansaugens bis zum Metallgitter in der Voranreicherungsapparatur hinreichend gut verfolgen zu können. Dabei konnten wertvolle praktische Erfahrungen gesammelt und bereits Verbesserungen im Detail vorgenommen werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden beim Aufbau des neuen Portalversuchsstandes berücksichtigt. Das Pneumatiksystem wird wesentlich verbessert. Es wird aus zwei Gebläsen bestehen, wobei das eine über ein Düsensystem Luft in den Portalinnenraum drückt und eine Art Luftdusche erzeugt, ähnlich einer Luftschleuse im Eingangsbereich einer Waver-Produktionsanlage, die zur Entstaubung des die Anlage betretenden Personals dient. Die Strömungsrichtung der Luftdusche führt von oben nach unten. Mit dem gleichen Gebläse wird im Fußbereich eine Art Luftvorhang erzeugt, der verhindern soll, dass Partikel den Bereich des Portalrahmens verlassen. Mit Hilfe des zweiten Gebläses wird die Luft am Boden des Portals abgesaugt und in die Voranreicherungsapparatur transportiert, die gegenwärtig verbessert wird.

Die Abläufe zur Steuerung aller Funktionskomponenten des Portals sind klar, die entsprechende Steuerelektronik und –software sind erarbeitet worden und können in den neuen Versuchsstand implementiert werden.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Die Personenkontrolltechnologie wird in den nächsten Jahren eine „industrielle Revolution“ erleben. Hierbei wird die typische Metalldetektion sich zu einer innovativen Technologie hin verändern, die sowohl Sprengstoffdetektion als auch biologische, chemische und nukleare Detektion beinhaltet. Das bisherige System der Metalldetektion (single threat detektion) wird durch Multifunktionssysteme (multi/all-threat detection) ersetzt werden müssen.

Solche Multifunktionssysteme werden in Durchgangssysteme integriert werden, die ebenfalls über biometrische Erkennungssysteme verfügen können.

Mit Hilfe des integrierten Portalmonitors können sowohl Sprengstoffspuren als auch Waffen an Personen nachgewiesen werden. Mit diesem Konzept wird der Übergang vom „single threat system“ zu einem „multi threat“ beschritten. Mit solch einem kombinierten System, das in der Lage ist, Waffen und auch Sprengstoffe aufzufinden, wird den Sicherheitskräften ein modernes hochinnovatives Gerät zur Verfügung gestellt.

Die Verwendung eines Ionen-Mobilitäts-Spektrometer (IMS), das primär zum Nachweis von Sprengstoffen eingesetzt wird, bietet zusätzlich die Möglichkeit, chemische Kampfstoffe (CWA) sowie toxische Industriegase (TIC) nachzuweisen. Hierdurch erweitert sich der Bereich, der mit diesem integrierten Portalmonitor zur Personenkontrolle abgedeckt werden kann. Durch die hohe Empfindlichkeit des IMS sind kleinste Mengen von Sprengstoffen wie auch von chemischen Kampfstoffen nachweisbar.

### **3.1.8 Gesichtserkennung mit Hilfe von 3D-Sensoren**

(Projektlaufzeit: 01.04.2007 – 31.03.2009)

*Dipl.-Ing. Peter Lüdders; Ing. Horst Havemann*

#### **Zielstellung:**

Das Ziel des Projektes ist es, die Machbarkeit von einem 3D-Sensorsystem zu demonstrieren, das in der Lage ist, Gesichter von Personen zu verifizieren und zu unterscheiden. Der Markt für biometrische Systeme steigt in den letzten Jahren exponentiell an, wird jedoch bisher von Lösungen beherrscht, die die Anforderungen wie Erkennungsrate, Fehlerrate, Robustheit, Kosten nicht allumfassend erfüllen können.

Bisherige Gesichtserkennungssysteme verwenden fast ausschließlich zweidimensionale Grauwert- oder Farbbilder als Datengrundlage, deren Nachteil vor allem die Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen darstellt. Einige Entwicklungen basieren jedoch neuerdings auf dreidimensionalen Aufnahmesystemen (Laserscanner, Streifenprojektionsscanner, Stereosysteme), die jedoch hinsichtlich der Anforderungen an die Gesichtserkennung und den Markt einige wesentliche Nachteile aufweisen: Sie sind u. a. voluminös, sehr teuer, besitzen eine geringe Bildaufnahmerate und erfordern eine rechenaufwendige Nachbearbeitung.

Die dreidimensionalen Daten sind in diesem Projekt mit Hilfe von Sensoren, die auf der Grundlage von Time-of-flight (TOF) arbeiten, zu akquirieren. Der Vorteil gegenüber anderen 3D-Datenerfassungssystemen sind die Unabhängigkeit gegenüber wechselnden Umgebungsbedingungen - wie z. B. Beleuchtung – und kompakte Abmessungen sowie ein voraussichtlich moderater Kostenfaktor. Kein anderes System vereint die genannten Vorteile. Zusätzlich zur TOF-Technik soll ein CMOS-Sensor RGB-Daten liefern, um die 3D-Entfernungsdaten mit Texturinformationen zu ergänzen und die Verifikation zu optimieren.

#### **Zwischenergebnisse:**

Erste Ergebnisse konnten mit einem prototypischen Aufbau mit einem TOF-Sensor, einem RGB-Sensor und einem Personalcomputer zur Verarbeitung der Sensordaten gewonnen werden. Anhand des Aufbaues lassen sich verschiedene Parameter gezielt beeinflussen. Bei der Betrachtung stehen insbesondere Pixelanzahl des Sensors, Betrachtungsabstand, Brennweite, optische Einflüsse und schließlich der zu fordernde Gesichtsausschnitt in Beziehung. Als günstig hat sich ein Abstand zwischen Person und Sensorsystem von etwa 30 cm herausgestellt, so dass bei einer Brennweite von 8 bis 10 mm der voraussichtlich für die Personenverifizierung ideale Gesichtsausschnitt vollständig erfasst wird. Angenommen wird immer eine Frontalaufnahme auf Grundlage von der vorhandenen Literatur. Durch den genannten Arbeitsabstand ergibt sich mit der Pixelauflösung eine laterale Auflösung unter 2 mm.

Bei der Untersuchung der Optik stand das Übersprechen zwischen Bildpunkten des TOF-Sensors im Mittelpunkt. Es hat sich herausgestellt, dass das Übersprechen nicht auf einem elektrischen Übersprechen beruht, sondern durch Streuung in der Optik und durch Unschärfeparameter der Optik hervorgerufen wird. Die Unschärfe wird durch optische Abbildungsfehler und durch Objektpunkte, die nicht in der Schärfeebe-



ne liegen, bestimmt, und liegt im für die Gesichtserfassung notwendigen Bereich von ca. 15 cm.

Umfangreiche Untersuchungen brachten Erkenntnisse für die longitudinale Auflösung (Entfernungsauflösung) des TOF-Sensors. Die Auflösung wird vor allem durch Rauschen und elektrische Parameter des Sensors beschränkt. Um Rauschen im Sensor zu reduzieren, ist es notwendig, die full well capacity auszunutzen und nahe der Sättigung zu arbeiten. Ebenso konnte der Einfluss der Lichtleistung auf das Rauschen nachgewiesen werden. Bei maximal möglicher Lichtleistung (Beachtung von Laserklasse 1, erschwinglicher Aufbau) und einem Arbeitspunkt nahe der Sättigung ergaben sich Iterationszeiten von ca. 4 ms und eine Standardabweichung von ca. 2 mm bei einer grauen Fläche (Reflexionsgrad 19 %). Das vor allem auftretende thermische Rauschen ließ sich durch Mittelung mehrerer TOF-Aufnahmen so stark vermindern, dass Fehler in den Abstandwerten von unter 1 mm erreichbar waren. Durch die Mittelung über mehrere Datensätze ergab sich eine kumulierte Iterationszeit von ca. 1 s.

Bei dem TOF-Sensor konnte eine pixelabhängige Übertragungscharakteristik nachgewiesen werden (Fixed pattern noise). Entsprechende Mess- und Kalibrierungsroutinen flossen in das PC-Programm ein, ohne die die genannte Distanzauflösung in einigen Bildbereichen nicht möglich gewesen wäre.

Eine eindeutige Zuordnung der TOF- und RGB-Daten ist trotz der vorhandenen Disparität bei nebeneinander positionierten Sensoren möglich, wenn mehrere Bedingungen erfüllt sind. Die Sensoren müssen nicht nur für den nahen Bereich messtechnisch optimiert werden (optische Bereichseinstellung, Kalibrierung), sondern die Daten müssen zudem geometrisch durch Transformation der Bezugssysteme einander zugeordnet werden. Die mathematische Umrechnung zwischen den verschiedenen Bezugssystemen ist in das PC-Programm implementiert worden und zeigt letztendlich ein dreidimensionale Mesh-Visualisierung des Gesichtes (s. Abb. 7) mit gemappter Textur.

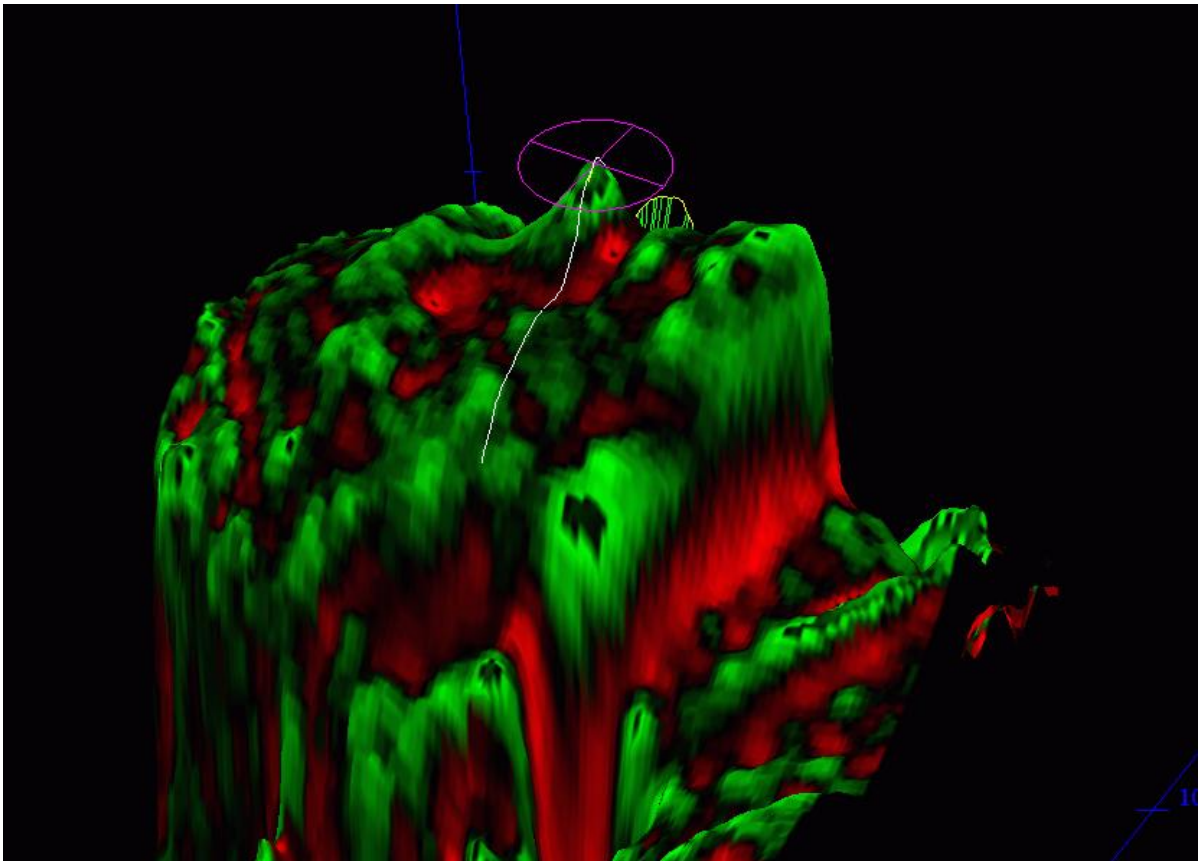


Abb. 7: Liegender Kopf mit farblich codierte Flächenkrümmungsmaße und Markierung des extrahierten Merkmals "Nase"

Das PC-Programm ermöglicht es, Daten des TOF-Sensors (mit maximaler Auflösung) mit unterschiedlichen RGB-Sensoren zu akquirieren, zwei- und dreidimensional darzustellen, zu verarbeiten und speichertechnisch abzulegen. Die Verarbeitung der Daten leistet eine entsprechende Kennlinienanpassung (Kalibrierung), örtliche und zeitliche Filterung und örtliche Zuordnung von TOF- und RGB-Daten. Der Benutzer kann durch Eingaben über die Programmoberfläche Einfluss auf die Verarbeitung nehmen (Parameter der Sensoren, Darstellungsmöglichkeiten, Dateioperationen etc.).

Als Prämisse für die Gesichtsverifikation ist von vielen Verfahren ein frontales Abbild erforderlich. Für die Drehung zu einer „Normstellung“ kamen abgewandelte Methoden auf der Basis von ICP (*iterative closest point*) zum Einsatz. Die Ausrichtung konnte mit statistischen Methoden - insbesondere mit Krümmungsanalysen - erreicht werden. Die extrahierten Merkmale (z. B. die Nase) sind zur Zentrierung der 3D-Gesichtsdaten durch Translation unverzichtbar.

### Anwendungsmöglichkeiten:

Die Anwendungsmöglichkeiten decken sich im wesentlichen mit dem Projekt LENA (s. Punkt 3.1.6). Die Studie des BKA im Münster Hauptbahnhof zum Vergleich herkömmlicher Kamerasysteme liefert ein aktuelles Beispiel dafür, dass Gesichtserkennung mit 2D-Daten nicht robust genug ist. Im Abschlussbericht ("Gesichtserkennung als Fahndungshilfsmittel", Juli 2007, [www.bka.de](http://www.bka.de)) wird auf die Abhängigkeit von äußeren Einflüssen hingewiesen sowie auf die Tatsache, dass mit 3D-Daten erhebliche Verbesserungen zu erwarten sind. Bisher vorhandene 3D-Kamerasysteme besitzen die ein-

gangs erwähnten erheblichen Nachteile, die mit dem 3D-TOF-Sensorsystemkonzept vermieden werden.

Ein Klassifikationskriterium für die Anwendungsmöglichkeiten ist die Unterscheidung der Datenaufnahmetechniken bzgl. der Aufnahmezeit: Entweder eine kurze Aufnahmezeit (one shot) oder eine fortwährender Aufnahme (streaming).

Zum ersten Punkt gehören zum Beispiel:

- ✓ Zutrittskontrolle für besonders gesicherte Firmengelände an Türen oder geeignet konstruierten Personenschleusen.
- ✓ Zugangskontrolle bei Bankautomaten (*access control*): Die Biometrie dient hier als Ersatz für die Kombination aus Bankkarte und PIN-Nummer.

Zu den Anwendungen mit andauernder Überwachung zählen beispielsweise:

- ✓ Ständige Überprüfung auf Legitimation eines Person zur Steuerung eines Autos, Lkw's, Schiffes oder Flugzeugs (*driver identification*),
- ✓ ständige Ermittlung der "Lebendigkeit" der Person, um zusätzlichen Schutz vor Täuschung durch Attrappen zu haben oder das Einschlafen der Person (z. B. Busfahrer) registrieren zu können.
- ✓ Erkennen unterschiedlicher Mimiken einer Person, z. B. bei psychologischen Tests, Spracherkennung aufgrund von Lippenbewegungen.

### **3.1.9 Entwicklung spezifischer Dünnschichttransistoren**

(Projektlaufzeit: 01.09.2007 – 31.08.2009)

*Dipl.-Phys. Rainald Mientus; Dipl.-Phys. Rainer Wolf*

#### **Zielstellung:**

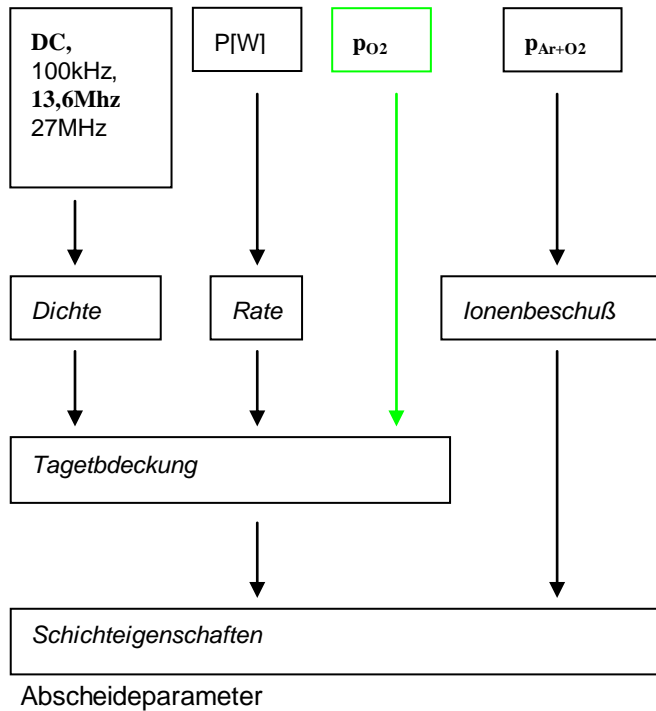
Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines flexiblen transparenten Dünnschichttransistors (TTFT) auf der Materialbasis von Sn dotiertem Indiumoxid (ITO). Als Schichtherstellungsverfahren soll das Magnetronsputterverfahren bei Temperaturen von < 150 °C benutzt werden, um flexible (organische) Unterlagen verwenden zu können.

Es wird der Bau eines Musters angestrebt, mit dem die prinzipielle Machbarkeit nachgewiesen werden kann. Die Ergebnisse werden in einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift zur Publikation eingereicht. Die Patentfähigkeit der gefundenen Lösung wird geprüft.

#### **Zwischenergebnisse:**

Für den Aufbau von TFT wichtige Parameter der Halbleiterschicht sind hohe Beweglichkeiten bei möglichst niedrigen Ladungsträgerkonzentrationen. ITO-Schichten mit diesen Eigenschaften wurden bisher im allgemeinen weniger umfangreich untersucht, weil die Anwendung als transparente Kontaktschicht historisch bedingt im Vordergrund stand. Diese erfordert hohe Leitfähigkeiten und damit hohe Beweglichkeiten bei großen Ladungsträgerkonzentrationen.





Um transparente ITO-Schichten definierter Leitfähigkeit mittels reaktivem Magnetronspütern zu erzeugen, müssen folgende Abscheideparameter beherrscht werden: Über die Art der Anregung wird die Plasmadichte beeinflusst; mit der eingekoppelten Leistung wächst die Rate und damit die Aufzehrung an Reaktivgas; dessen Partialdruck bestimmt die Bedeckung der Targetoberfläche und darüber die Zusammensetzung der sich auf dem Substrat bildenden Schicht und deren Eigenschaften.

Abb. ?? Übersicht wichtiger

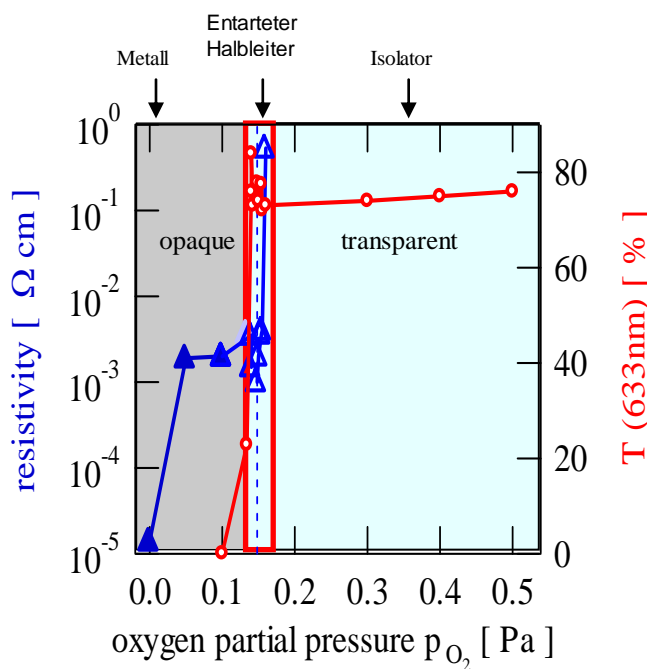


Abb. ??: Spezifischer Widerstand über Sauerstoffpartialdruck 100 W<sub>DC</sub>, 0,5 Pa, ohne zusätzliche Heizung

Im linken Teil der Abbildung ?? ist der schmale Bereich über dem Sauerstoffpartialdruck um 0,15 Pa als Arbeitsfenster für die Herstellung von leitendem transparentem ITO markiert. Am linken „Rand“ dieses Bereiches werden Schichten mit hoher Ladungsträgerkonzentration für den Aufbau von Displays oder Solarzellen gewonnen. Mit wachsendem Sauerstoffpartialdruck sinkt die Anzahl von dotierend wirkenden Sauerstoffvakanz und damit der Ladungsträger. Hier können Schichten für TFT-Anwendungen hergestellt werden, wenn es gelingt, hohe Werte für die

Beweglichkeit (ca. 40 cm<sup>2</sup>/Vs) zu erhalten. Dazu müssen die wirkenden Streumechanismen analysiert und ihre Wirkung reduziert werden. In der Regel wird in mikrokristallinen Festkörpern eine mit der Kristallitgröße wachsende Leitfähigkeit auf Grund verminderter Streuung z. B. an Korngrenzen beobachtet.

Für die Lösung der Projektaufgabe ist es wichtig, eine möglichst hohe Ladungsträgerbeweglichkeit einzustellen. Daher wurden ITO-Schichten in Abhängigkeit der Herstellungsparameter Sauerstoffpartialdruck, Totaldruck und Anregungsart und -leistung mittels Röntgenbeugung untersucht. Es konnten Größe und Dehnung der Körner in ITO-Schichten bestimmt werden.

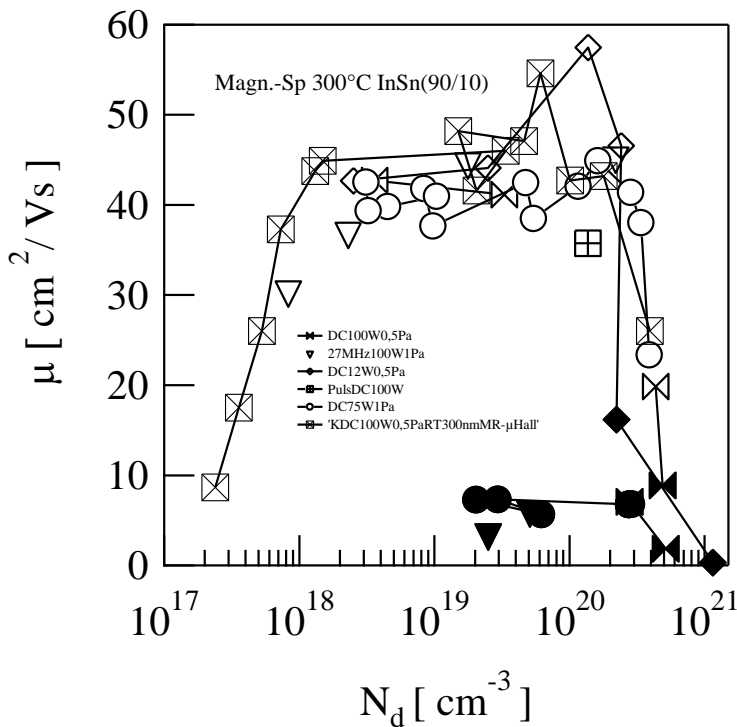


Abb. ?? : Beweglichkeit der Ladungsträger über ihrer Dichte in ITO, ca. 100 nm dick, Anregungsarten DC, 14 und 27 MHz, 0,5 und 1 Pa, ohne zusätzliche Heizung

Die Abbildung ?? zeigt für reaktiv ohne zusätzliche Heizung gesputterte ITO-Schichten Beweglichkeiten  $\geq 40 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  für Ladungsträgerdichten zwischen  $10^{20}\text{-}10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Ober- und unterhalb dieses Bereiches senken Streuprozesse die Beweglichkeit innerhalb einer Größenordnung auf einzelne  $\text{cm}^2/\text{Vs}$ . Hohe Dotierungen ( $> 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ) werden für TCO mit hoher Leitfähigkeit angestrebt

( $< 5 \times 10^{-4} \text{ Ohmcm}$ ). Streuung an Störstellen und Gruppen von ihnen dominiert. Mit abnehmender Dotierung werden Störungen mit Feldwirkungen längerer Reichweite z. B. mehrdimensionale Defekte (Versetzungen oder Korngrenzen) beherrschend wirksam.

Die folgende Abbildung ?? zeigt typische Transparenzspektren von ITO für verschiedene Sauerstoffpartialdrücke während der Abscheidung. Die Transparenz wächst mit dem ansteigenden Sauerstoffpartialdruck, zum UV bildet sich die dauerhafte Bandkante aus, zum NIR wächst die Transparenz hin zum Isolator. Die niedrige Transparenz im Spektrum für  $p_{\text{O}_2} = 0,14 \text{ Pa}$  im NIR wird durch eine hohe Reflexion an zahlreichen freien Ladungsträgern verursacht (Leitbahnanwendung, Wärmeschutz). Eine Erhöhung des Sauerstoffangebotes auf  $p_{\text{O}_2} = 0,14 \text{ Pa}$  reduziert die Zahl freier Träger und damit die Reflexion an diesen, dass ca. 100 nm dicke Schichten im NIR eine Transparenz von ca. 80 % wie im Sichtbaren aufweisen (aktive Schicht in TFT's).

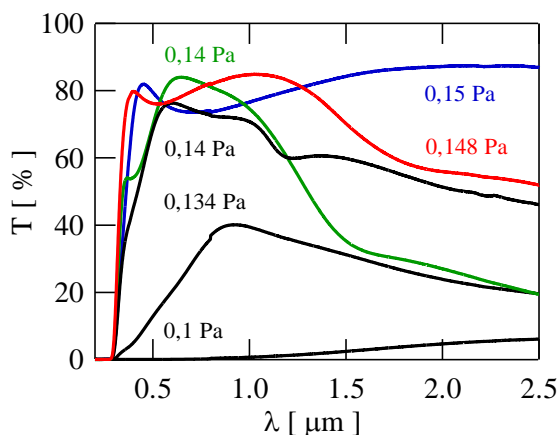


Abb. ?? : Transmission ITO, ca. 100 nm dick über der Wellenlänge bei verschiedenen Sauerstoffpartialdrücken,  $100 \text{ W}_{\text{DC}}$ ,  $0,5 \text{ Pa}$

**Anwendungsmöglichkeiten:**

Dünnschichttransistoren (TFT) sind ein fundamentaler Baustein moderner Mikroelektronik wie z. B. flacher Bildschirme (flat panel display). Auf der Materialbasis von amorphem oder polykristallinem Silizium (a-Si, Poly-Si) wurden TFT in den letzten zehn Jahren

zum Schlüsselement der Industrie flacher Bildschirme, wie seinerzeit Si-Bauelemente die Rechentechnik revolutionierten.

In Zukunft werden funktionelle Oxide große Bedeutung als Ergänzung oder Ersatz für a- und Poly-Si finden.

In Kombination mit transparenter Beschaltung (transparent-circuit-technologies) eröffnen sich für transparente TFTs breite Einsatzmöglichkeiten in der Automobilindustrie – z. B. bei Anzeigen an der Windschutzscheibe von Kraftfahrzeugen.

Die vorgesehene Entwicklung eröffnet ein qualitativ neues Feld für zukünftige Kooperationen in Verbundprojekten oder Auftragsforschung für KMU. Anschließend Entwicklungen zeichnen sich in Skalierungsaufgaben für Beschichtungs- und Strukturierungsunternehmen ab. Die zu erarbeitende Technologie wird an weiteren Materialsystemen auf der Basis von ITO/ZnO-Verbindungen erprobt werden.

## 3.2 Kooperationsprojekte

### 3.2.1 Entwicklung eines optoelektronischen Sensors

(Projektlaufzeit: 01.05.2007 – 31.10.2008)

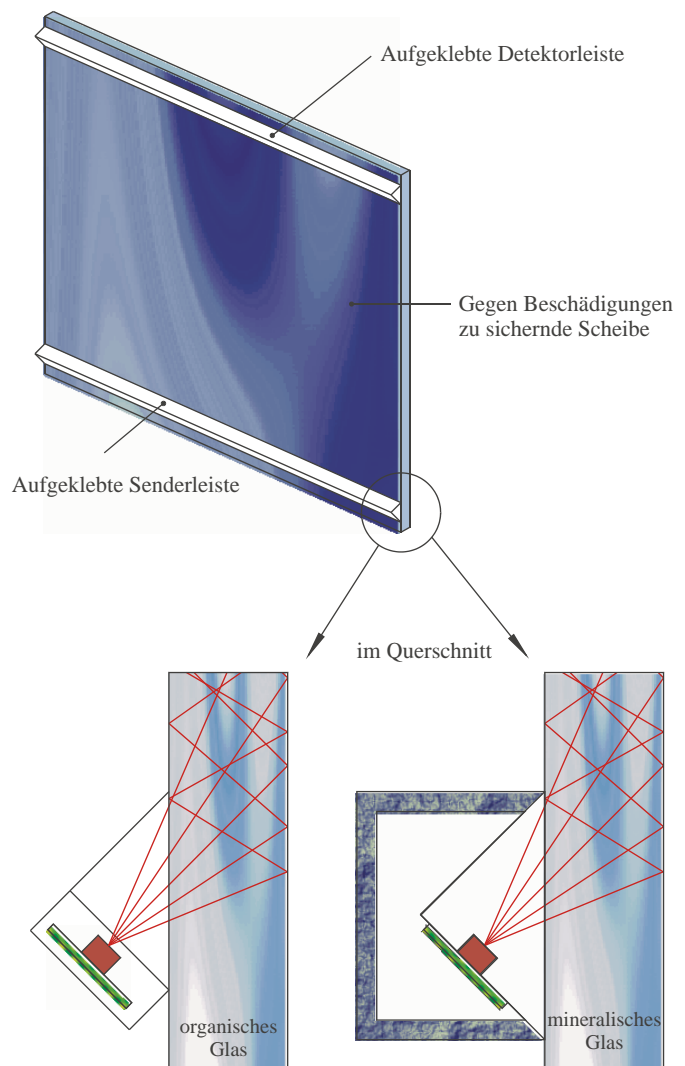
*Dr. Adrian Mahlkow; Dipl.-Ing. Hans Hensel; Dipl.-Ing. Adelheid Klampfl; Dr. Henning Dittmann*

#### Zielstellung:

Das FuE-Vorhaben wurde in Kooperation zwischen dem OUT e.V. als externer Industrieforschungseinrichtung, der Technischen Universität Berlin / FB Nachrichtenübertragung, der Freien Universität Berlin / Arbeitsgruppe „Computer Systems and Telematics“ sowie den gewerblichen, FuE-treibenden Unternehmen DRResearch GmbH, Vis-à-pix GmbH, ScatterWeb GmbH und Swissbit Germany GmbH durchgeführt.

Ziel des Gesamtverbundprojektes ist es, eine modulare, leistungsfähige und zugleich weitgehend offene Systemarchitektur auf Basis von Sensor-, Kommunikations- und Verarbeitungsknoten für komplexe Service-, safety- und security-Lösungen zu entwickeln und gleichzeitig dafür erforderliche Systemkomponenten für anspruchsvolle Teilfunktionen zumindest auf dem Niveau von Demonstratoren für entsprechende Machbarkeitsnachweise bereitzustellen.

Das wissenschaftliche Problem des Teilprojektes des OUT e.V. „Entwicklung eines Optoelektronischen Sensors“ besteht in der Entwicklung einer Glasscheibensicherung auf der Basis eines prinzipiell neuen Wirkprinzips, die sich durch extrem hohe Empfindlichkeit, geringen Stromverbrauch, geringe Störanfälligkeit und durch leichte Nachrüstbarkeit an allen Scheiben (organische und anorganische Gläser) auszeichnet (s. Abb. ??). Verwendet werden sollen Profileleisten, in die Leiterplattenstreifen, mit im Infraroten emittierenden SMD-LEDs bestückt, eingebracht sind. Über eine Glasschiene mit prismatischem Querschnitt angeklebt, wird Licht in eine Scheibe eingekoppelt. Für optimalen Schutz wird die Länge der Schiene der Breite des Fensters folgen, kann jedoch im Bedarfsfall schmaler sein. Die eingekoppelte Strahlung kann infolge von Totalreflexion an den Innenflächen die Scheibe nicht verlassen und kann so an der der Einkopplung gegenüberliegenden



Seite durch eine Detektorleiste, die ebenfalls über eine prismatische Glasschiene an die Glasscheibe angeklebt ist, detektiert werden. Durch den permanenten Vergleich des normalen, sich langsam ändernden mit dem aktuellen Signal, kann eine Elektronik entscheiden, ob Alarm auszulösen ist. Die Intensität des Signals wird durch eine lokale Verletzung der Totalreflexion verringert, über sinnvolle Schwellen können harmlose von alarmrelevanten Veränderungen getrennt werden. Durch mechanische Veränderungen (Scratches, ...) wird ein sehr großer Teil der Strahlung die Scheibe streuend verlassen. Aber auch andere Veränderungen, wie das Aufkleben von Zetteln oder Besprühen mit Farbe, koppeln einen großen Teil der Strahlung aus. Natürliche Einflüsse, wie z. B. Regentropfen oder Schmutzpartikel, lassen sich durch das zeitliche Verhalten (viele Sekunden bis Tage) von Vandalismuseinflüssen (wenige Sekunden) gut trennen.

### **Zwischenergebnisse:**

Für den optischen Aufbau sind zwei Varianten entwickelt und aufgebaut worden. Die erste Variante ist für eine Ausrüstung der Scheibe im Produktionsprozess des Fahrzeugbauers ausgelegt und wird in die Rahmenstruktur der Scheibe an deren Kanten angesetzt. Es entsteht eine funktionale Einheit aus Sensor und Scheibe, alle Bauteile sind durch die Fensterrahmen mit geschützt und von außen nicht erkennbar angeordnet. Der Rahmen wird beim Fenstereinbau komplett im Wagengehäuse verborgen. Für diese Variante wurde zunächst nur ein Funktionsmuster aufgebaut, da für ein echtes Labormuster eine enge Zusammenarbeit mit dem Fahrzeugbauer und den entsprechenden Zulieferern notwendig ist, um die geometrischen Randbedingungen anpassen zu können. Energetisch ist diese Position sehr schwierig, da lediglich die Stirnfläche der Scheibe zum Sammeln zur Verfügung steht.

Die zweite Variante beinhaltet Sensormodule, die nachträglich an die Scheibe angebracht werden können, ohne Einbauten zu verändern. Beim Sendemodul konnte auf die schräge Ausrichtung der IREDs nicht verzichtet werden, da anderenfalls zuwenig Strahlung in die Scheibe eingekoppelt wird. Durch viele kleine Solarzellenmodule ergeben sich ausreichend Lücken für die Sende-IREDs. Thermomechanischer Stress ist durch eine nicht durchgehende Solarzelle ebenfalls deutlich reduziert. Die Sendeschaltung ist auf dem IRED-Sendemodul integriert, und eine Leiterplatte mit den gewünschten Abmaßen von  $6 \times 500 \text{ mm}^2$  trägt alle Funktionalitäten. Durch die Anpassung der Elektronik an HCMOS konnten kürzere Pulse und steilere Flanken an den IREDs realisiert werden, der Energiebedarf sinkt dadurch deutlich. Die Schaltzeiten von 9 bzw. 14 ns erlauben sehr hohe Pulsströme und sehr kurzen Schaltflanken, so dass thermische Belastungen an den MOSFets und damit auch zusätzliche Energieverluste minimiert sind. Eine Type untersuchter IREDs zeigte deutlich auf, dass für eine optimale Funktionalität eine Selektion der Dioden nach Schaltzeiten notwendig sein kann. Alle Elemente der Schaltung konnten in SMD ausgeführt werden.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Die im Rahmen des Projektes entstehende Systemarchitektur eignet sich als Grundlage zahlreicher, komplexer Systemlösungen in den Bereichen service, safety und security. Bereits jetzt ist klar, dass Sicherheitslösungen für mittlere bis große Verkehrsunternehmen, insbesondere im ÖPNV und Regionalverkehr, zu den wichtigen Anwendungen der Projektergebnisse gehören werden. Weitere Anwendungen sind u. a. in den Bereichen Liegenschaftsverwaltung, Absicherung des Außengeländes von Industrieanlagen, Hafensicherheit, innerstädtische Sicherheit, der Sicherung von Mahnmalen

und Denkmälern, aber auch bei der Absicherung von Museen und Kunstausstellungen zu erwarten. Für die Hauptstadt von besonderer Bedeutung ist die Absicherung von politischen und anderen Großereignissen, für die mobile, selbstorganisierende Sicherheitssysteme unverzichtbar sind. Neben den Verwertungsmöglichkeiten für den Systemansatz bieten sich für jede im Rahmen des Projektes entstehende Teillösung vielfältige Einsatzmöglichkeiten (Personenzählung, Glasbruch-Sensoren, Sensor-Netzwerke in der Gebäudeautomatisierung etc.). Durch den Einsatz der auf die Projektergebnisse aufsetzenden Produkte werden sowohl die objektive Sicherheit als auch das subjektive Sicherheitsempfinden der Bürger und Gäste und damit die Attraktivität der Hauptstadt-Region signifikant erhöht. Durch den Einsatz der Produkte wird Vandalismus weiter zurückgedrängt, und es wird möglich, die sich gegenwärtig allein bei U- und S-Bahn auf in Summe über 10 Mio. Euro belaufenden Schäden wesentlich zurückzudrängen.

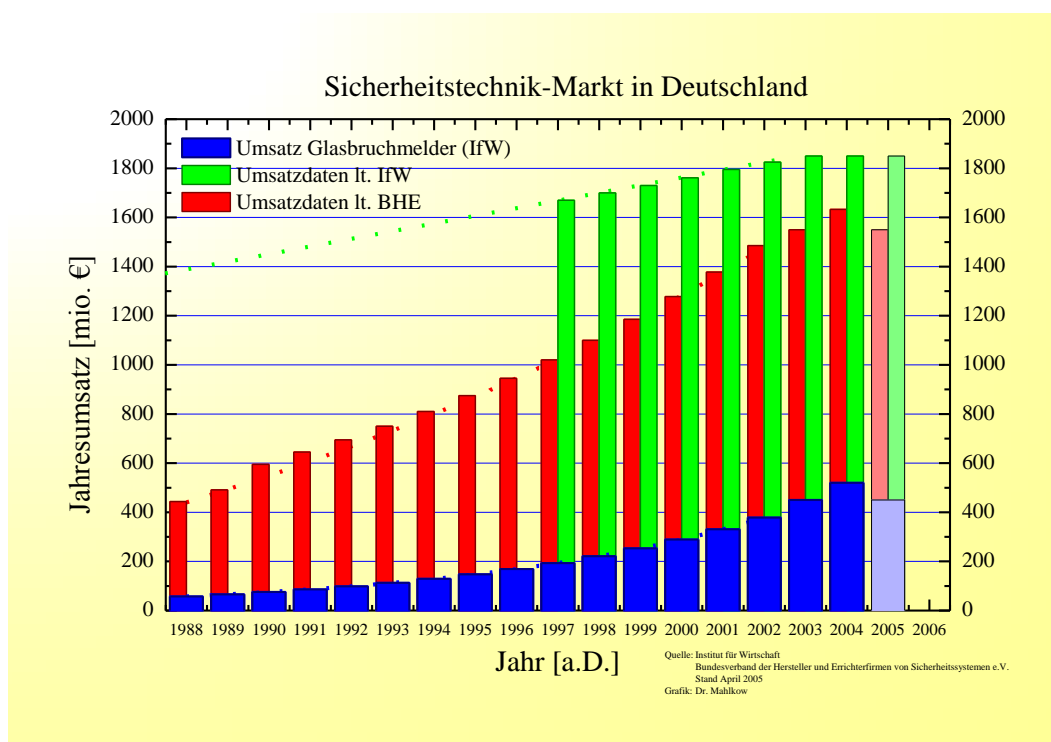


Abb. ??: Sicherheitstechnik-Markt in Deutschland

Segmentiert ergibt sich für den Submarkt der Überwachungstechnik folgende Entwicklung über die letzten Jahre und in die Zukunft prognostiziert:



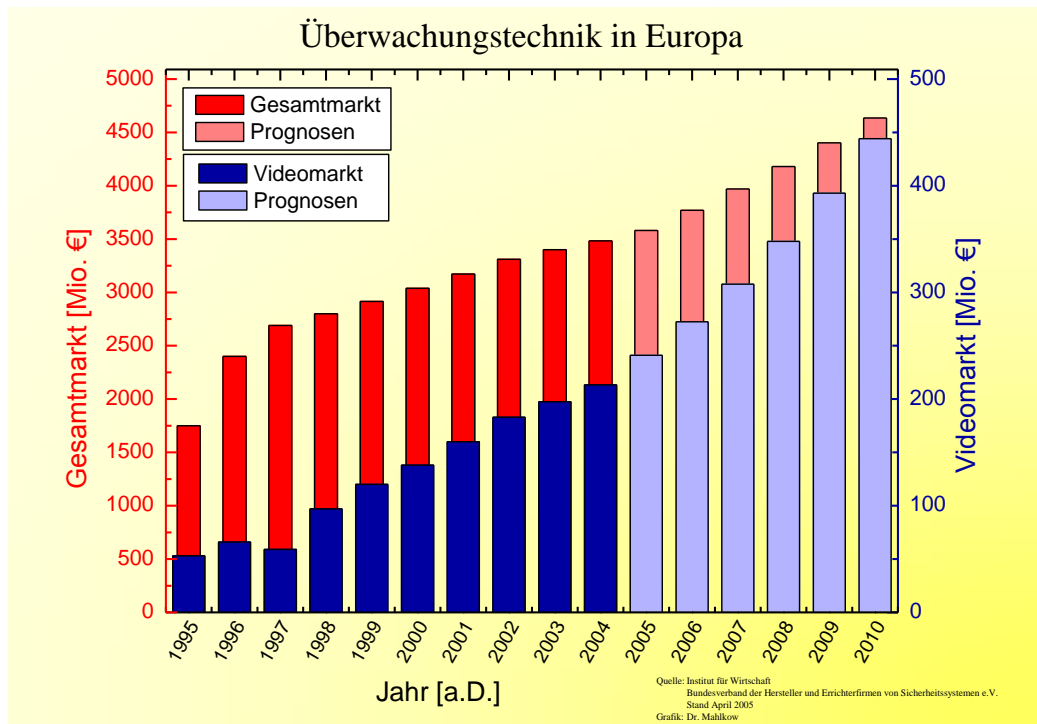


Abb. ??: Überwachungstechnik in Europa

### 3.2.2 Elektrische Kontaktierung und optische Vergütung von Hochleistungs-Frontemitter-LED mit TCO

(Projektlaufzeit: 01.04.2005 – 30.11.2006)

*Dipl.-Phys. Rainald Mientus, Dipl.-Ing. Kurt Szuszinski*

Das FuE-Vorhaben war Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Entwicklung einer Chip-Technologie für Hochleistungs-Frontemitter-LED“, das gemeinsam mit der EPIGAP Optoelektronik GmbH durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „Förderung der Erhöhung der INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO II) - Programmteil: Kooperationsprojekte KF gefördert wurde.

#### **Gesamtzielstellung:**

Die Gesamtzielstellung des Kooperationsvorhabens besteht in einer Verfahrensentwicklung, die darauf abzielte, die technologischen Voraussetzungen für die Fertigung von ausschließlich frontseitig unverschattet emittierenden Hochleistungs-LED-Chips (point source, Oberflächenstrahler) im NIRR-NIR Spektralbereich zu schaffen. Die Funktionsfähigkeit ist an Mustern nachzuweisen, die dadurch einen im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich vergrößerten Quantenwirkungsgrades besitzen.

Innerer als auch äußerer Quantenwirkungsgrad werden durch Einsatz moderner effizienter Epitaxiestructuren und transparenter leitfähiger Materialien als Fenster-, Kontaktstromverteilungs- und Stromverteilungskontaktsschichten erhöht. Bei einer Emissionsfläche von 50 µm Durchmesser sollen 1,5 - 2 mW Lichtleistung/Strahlungsleistung bei 20 mA ausschließlich frontseitig abgestrahlt werden.



Die Arbeiten gehen von ~~einem bewährten Verfahren zur Herstellung von Oberflächenstrahlern auf der Basis herkömmlicher~~ LPE-AlGaAs/GaAs-p-n-Übergangsstrukturen aus.

Wesentliche Verbesserungen werden durch folgende Maßnahmen erreicht:

1. Erhöhung des inneren Quantenwirkungsgrades durch Einsatz von effizienten MOVPE-AlGaAs/GaAs-Doppelheterostrukturen.
2. Steigerung der frontseitigen Lichtauskopplung durch a) Verspiegelung der Rückseite mit Bragg-Reflektorschichten und b) Entspiegelung der Vorderseite mit transparenten Kontakten, die gleichzeitig die Stromverteilung gewährleisten.

Die folgende Abbildung ?? zeigt die deutlich verbesserte Stromverteilung im Chip durch eine ITO-Kontaktschicht (Abb. ??a) im Vergleich zur Ausgangsstruktur mit herkömmlichem Aufbau (Abb. ??b).

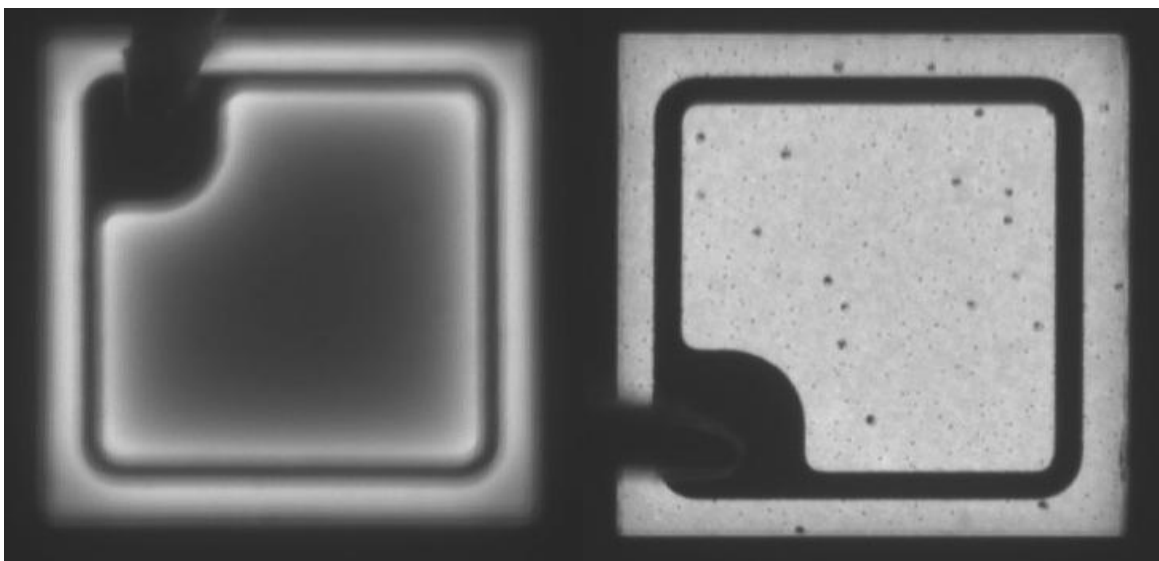


Abb. ??: Chipstruktur a) ohne ITO

b) mit ITO bei 50 mA

### Zielstellung des OUT e.V.-Teilprojektes:

Der Anteil des OUT e.V. am Gesamtvorhaben besteht in der Erforschung der Grenzflächeneigenschaften TCO-Kontaktschicht / Halbleiteroberfläche mit dem Ziel, einen niedrigen ohmschen Kontaktwiderstand zu erreichen und mit einer TCO-Kontaktschicht Stromverteilung und Lichtauskopplung zu verbessern.

Die erforderlichen TCO-Schichten werden mittels einer etablierten Technologie, dem Magnetronspütern, hergestellt. ~~Sie werden auf Halbleitermaterial abgeschieden, welches vom Projektpartner bereitgestellt wird. Zur Untersuchung des spezifischen Kontaktwiderstandes sind dazu definiert dotierte Halbleiterschichten auf isolierender Unterlage erforderlich.~~ Zum Aufbau von Funktionsmustern des Projektpartners wird Halbleitermaterial entsprechend technologischem Durchlauf im OUT e.V. mit TCO beschichtet. Variationen wichtiger Beschichtungsparameter (Anregungsart, Leistung, Druck) werden mit dem Ziel vorgenommen, Dotierung und Beweglichkeit sowie optische Bandlücke und Elektronenaffinität zu beeinflussen. Ex- und in situ-Behandlungen der Halbleiteroberfläche erfolgen, um diese zu passivieren. Die Wirkung von Diffusionsbarrieren und metallischen Zwischenschichten wird untersucht.

Im OUT e.V. werden Abscheidungen von TCO-Schichten ausgeführt zum Zweck von Strukturierungsversuchen und Testdurchläufen.

Die frontseitigen Halbleiter-Kontakt- und Fensterschichten (cap-layer) unter dem TCO-Kontakt werden gemeinsam mit dem Kooperationspartner dimensioniert.

### Ergebnisse des OUT e.V.-Teilprojektes:

Auskoppeleffizienz und Stromverteilung von LED-Strukturen konnten durch Aufbringen eines transparenten Kontaktes aus ITO wesentlich verbessert werden. Dabei wurden niedrige Kontaktwiderstände realisiert, welche die Flussspannungen der Bauelementstrukturen nicht erhöhen. Zur Wirkung einer transparenten Kontaktschicht sowohl zur Entspiegelung des Halbleiters als auch zur Stromspreizung wurden Modellrechnungen durchgeführt, die eine gute Anpassung der Experimente liefern. Sie sind notwendig, um die einzusetzenden Materialien zu dimensionieren. Die Abscheideparameter Anregungsart, Leistung, Druck, Gaszusammensetzung und Temperatur wurden so gewählt, dass ITO-Schichten mit einem spezifischen Widerstand von ca.  $2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$  zur Beschichtung benutzt werden können. Im Bereich technologisch erforderlicher Dicken von 100 - 500 nm weisen sie im sichtbaren Spektralbereich eine hohe Transparenz > 90 % auf. Die Transparenz wird spektral im nahen Infrarot durch die Reflexion an freien Ladungsträgern begrenzt. Diese weiten auch die Bandlücke über den Burstein-Moss-Effekt ins UV auf.

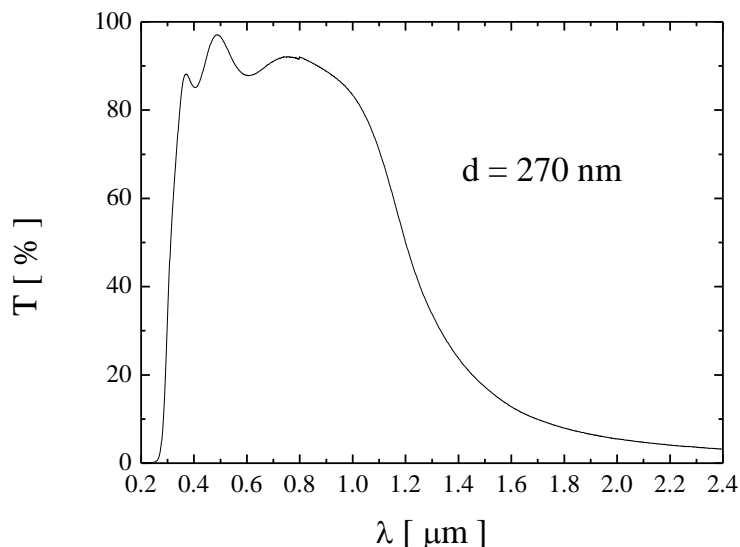


Abb. ?? : Transparenz von ITO-Schichten in Abhängigkeit von der Wellenlänge

Die Emissionswellenlänge einer Halbleitermusterstruktur betrug ca. 650 nm. Um die Halbleiter-Oberfläche möglichst gut zu entspiegeln, wurde der Brechungsindex des ITO bei dieser Wellenlänge auf einen Wert von 1,87 eingestellt. Durch Wahl der Schichtdicken zwischen 84 und 95 nm ( $\lambda/4$ ), □ 270 und 280 nm ( $3/4\lambda$ ) oder 455 und 465 nm ( $5/4\lambda$ ) können mit diesem ITO die Reflexionsverluste auf unter 0,5 % gesenkt werden. Die gewählten Abscheideparameter liefern Schichten mit einem elektrischen Widerstand im Bereich einzelner  $\Omega$  über Strukturgrößen von einzelnen 100 nm. Damit wird die Stromverteilung wesentlich verbessert. Abbildung ?? zeigt die Intensitätsverteilung (10 mA) über der Entfernung zwischen zwei Streifenkontakten im Vergleich ohne ( $\Delta$ ) und mit ITO-Schicht (o), (Linien =gerechnete Werte). Ohne ITO-Schicht sinkt die

Intensität über ca. 100 nm Stromweg auf etwa 50 %, mit ITO-Schicht liegt die mittlere Abnahme unter 2 %. Die gute Übereinstimmung der Rechnung mit den experimentellen Werten demonstriert die Gültigkeit des im Projekt erstellten einfachen Modellansatzes.

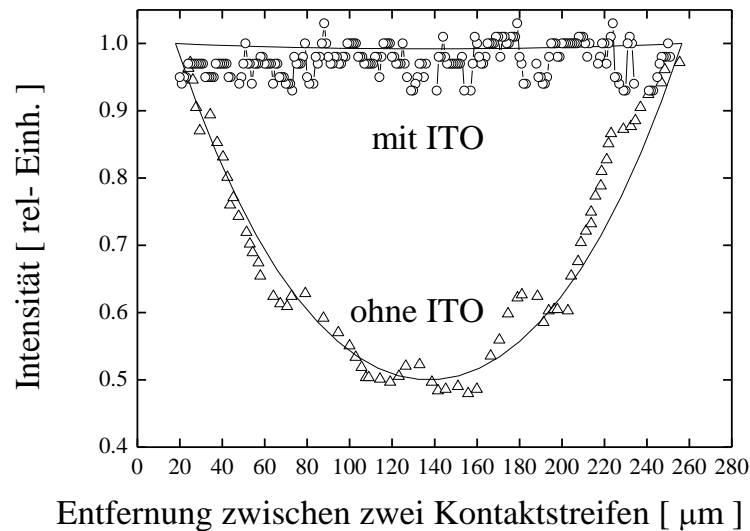


Abb. ??: Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen zwei Streifenkontakten

### Anwendungsmöglichkeiten:

Oberflächenstrahler mit unverschatteten Lichtaustrittsflächen, wie sie mit der entwickelten Technologie hergestellt werden können, finden Einsatz z. B. in der Kurzstrecken-Signalübertragung, in Lichtschranken für die Automatisierungstechnik und in der Faser-Sensorik.

### **3.2.3 Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prozessparametern und Schichteigenschaften bei Einsatz flüssiger Precursoren mit dem Ziel verbesserter Barrierewirkung**

(Projektlaufzeit: 01.12.2005 – 30.09.2007)

*Dipl.-Phys. Rainer Wolf, Dipl.-Ing. Peter Lüdders, Dipl.-Ing. Adelheid Klampfl*

Das FuE-Vorhaben war Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Anlage und Verfahren für die Herstellung von B-----  
-----arriereschichten mittels flüssigen Precursoren und hochdichten Plasmen“, das gemeinsam mit der SENTECH Instruments GmbH und dem Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik Greifswald (INP) durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „Förderung der Erhöhung der INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO II) - Programmteil: Kooperationsprojekte KF - gefördert wurde.

### Gesamtzielstellung:

Das Ziel des Projektes ist es, eine neue Technologie einschließlich der Anlagentechnik und Prozessführung für die plasmagestützte Herstellung von strukturkonformen Barrierschichten auf komplex strukturierten, dreidimensionalen Bauteilen - wie z. B. Sensoren - zu schaffen und diese für Anwendungen in der KfZ-Sensorik zu erproben. Der innovative Kern des Projektes besteht in der Anwendung von flüssigen Ausgangssubstanzen im hochdichten ICP-Plasma zur Verkapselung dieser Bauelemente.

### Zielstellung des OUT e.V.-Teilprojektes:

Der Anteil des OUT e.V. am Gesamtvorhaben ~~bestand~~ besteht in der Entwicklung der Beschichtungsprozesse, in der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Prozessparametern und Schichteigenschaften mit dem Ziel verbesserter Barrierewirkung und in der Gewährleistung reproduzierbarer Prozessabläufe.

Hierzu zählen grundsätzliche Fragen zum Verhalten der flüssigen Precursoren für die Verwendung im induktiv gekoppelten Plasma bezüglich der erreichbaren Schichtqualität. Der innovative Kern des Vorhabens liegt sowohl in der technischen Funktionalität der Beschichtungsanlage als auch in den Eigenschaften der abzuscheidenden Schichten selbst. Durch das Erreichen einer erhöhten Permeationsbarrierewirkung soll sich das Einsatzspektrum dieser Plasmaverfahren zur Erzeugung von Barrierschichten auf Sensoren erheblich erweitern.

Die besonderen Anforderungen an die Permeationsbarrierewirkung erfordern die Untersuchung des Einflusses der Prozessparameter (Wirkung von Defekten, Substrateinfluss, gepulste Plasmen, geschaltete Prozessführung, Substratbias, Kombinationen von Mehrschichtsystemen, Schichtdicke sowie Abstand zwischen Quelle und Substrat) auf die Konformalität.

### Ergebnisse:

Die umfangreichen Parameterraumuntersuchungen für die Prozesse mit HMDSN, BDMADMS und mit Silan-Methan-Einspeisung erlauben, ein außerordentlich breites Eigenschaftsspektrum für SiCN:H-Schichten zu realisieren. Es lassen sich von sehr harten, kratzfesten Schichten bis zu weichen SiCN:H-Polymeren je nach Einsatzfall die benötigten Schichten herstellen. Optisch ist die Einstellung des Brechungsindex im Bereich von 1.5 - >2 möglich. Für Schichten auf der Basis von HMDSN kann durch Parametersteuerung der Brechungsindex ohne eine bias im Bereich von  $n = 1.75$  bis 1.93 justiert werden. Mit einer bias ist der Brechungsindex einstellbar zwischen  $n \sim 1.87$  und 2.22, und eine zusätzliche Silaneinspeisung ohne bias ermöglicht Brechungsindizes  $n \sim 1.82 - 2.42$ .

Das Konzept, die Schichtabscheidung aus  $\text{SiH}_4\text{-NH}_3\text{-CH}_4$ -Plasmen als Referenz für die Flüssigprecursoren einzusetzen, erlaubte ein Schichtspektrum von polymeren C:H-Schichten über DLC-Schichten (mit bias), SiC:H-Schichten bis zu SiCN:H-Material. Dadurch wurde es möglich, die aus Flüssigprecursoren hergestellten Schichten zu klassifizieren und einzuordnen, ob überwiegend C-H-Gruppen oder auch Si-C-N-Spezies eingebaut werden.

Für Schichten auf der Basis von BDMADMS gab es anfangs nur zwei Bereiche:  $n < 1.6$  ohne bias und mit bias  $n \sim 1.75 - 1.8$ . Ohne bias konnte der Brechungsindex durch Zugabe von  $\text{NH}_3$  bis auf  $n \sim 1.75$  gesteigert werden. Erst mit der Zugabe großer Was-

serstoffflüsse lassen sich im BDMADMS-H<sub>2</sub>-Plasma (ohne bias) Schichten mit einem Brechungsindex im Bereich von 1.6→1.9 problemlos und reproduzierbar herstellen. Eine SiCN:H-Struktur konnte nachgewiesen werden. Dabei ändert sich die Schichtstruktur von porös bis dicht. Der Reaktor bleibt im Vergleich zu den Standardprozessen mit HMDS bzw. BDMADMS relativ sauber. Dadurch wurde eine gute Reproduzierbarkeit erreicht. Schichten aus diesem System sind damit gute Kandidaten für weiterführende Barrierenuntersuchungen.

Barrierenuntersuchungen (WVTR-Wasserdampftransmissionsrate) wurden an Einzelschichten und an Schichtsystemen durchgeführt. Absolute Spitzenwerte mit einer WVTR  $\sim 5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-5} \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  für Einzelschichten und Schichtpakete mit Barrierendicken um 100 nm – 1 µm auf PES-Folien wurden realisiert. Bedenkt man, dass in praktischen Anwendungen Mehrschichtstapel mit SiN/SiO<sub>2</sub>-Parylen oder in den VITEX-Varianten mit Gesamtschichtdicken im Bereich von 1 – 6 µm international eingesetzt werden, so ist hier ein ausgezeichnete Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen erreicht worden.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Durch den Einsatz der induktiv gekoppelten Hochdichte-Plasmaquelle zur Beschichtung aus Precursor-Dampf-Mischungen

Im Vorhaben wurden die Grundlagen für den Einsatz der induktiv gekoppelten Hochdichte-Plasmaquelle zur Beschichtung aus Precursor-Dampf-Mischungen gelegt, und die Anlagentechnik und Prozesse wurden weiterentwickelt. Dadurch kann der OUT e.V. mit neuesten Entwicklungen in der Schichtabscheidung Schritt halten. So können korrosionshemmende und Barrierschichten in der organischen Elektronik und Optoelektronik - speziell für OLED's sowie in der Sensorik speziell für Sensoren in der Automobilindustrie - angeboten werden.

Mit interessierten Partnern können auf diesen stark wachsenden Märkten spezielle Applikationen für die OLED-Herstellung und Sensorik entwickelt und auf dieser Basis die Markteinführung organisiert werden.

### **3.2.4 Entwicklung eines Verfahrens zum Materialauf- und -abtrag**

(Projektlaufzeit: 01.04.2006 – 31.04.2008)

*Dipl.-Ing. André Michel*

Das FuE-Vorhaben ist Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Laser-Positiv-Negativ-Retusche“, das gemeinsam mit der Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „Förderung der Erhöhung der INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO II) - Programmteil: Kooperationsprojekte KF - gefördert wird.

### **Gesamtzielstellung:**

Bei fotolithographisch hergestellten Strukturen, wie z. B. Masken für die Ätztechnik (üblich sind Glasplatten mit CrNi-Schicht) oder Strukturen, die mit diesen Masken her-

gestellt werden, kommt es oftmals zu Defekten. Diese Defekte können dadurch entstehen, dass während des Strukturierungsprozesses ungewollt zusätzliches Material aufgetragen wurde oder Material fehlt.

Gegenstand des Projektes ist daher die Entwicklung eines Produktes, das mit einem neuen Verfahren gekoppelt ist, mit dem sich dieses Produkt auszeichnet. Das Ziel besteht in der Entwicklung von Bearbeitungsverfahren mittels Laserstrahlung im Mikrometerbereich sowie eines technischen Konzeptes, um diese Verfahren im Bereich von weniger als 100 µm durchführen zu können.

Es sollen ein Verfahren und eine technisch nachvollziehbare Anordnung als Prototyp entwickelt werden, mit dem eine Beseitigung der beschriebenen Defekte auf relativ einfachem Wege und mit weniger Aufwand durchgeführt werden kann. Mit dieser Anordnung soll es in einem Bereich von wenigen Mikrometern ermöglicht werden, sowohl Material abzutragen als auch an Fehlstellen Material aufzutragen.

### **Zielstellung des OUT e.V.-Teilprojektes:**

Der Anteil des OUT e.V. besteht in der Entwicklung eines Verfahrens zum Materialauf- und -abtrag.

Beim Laser-Materialabtrag bis in die Größenordnung von 1 µm Bearbeitungsdimension geht es nicht nur darum, diesen international erreichbaren Grenzbereich nachzuvollziehen, sondern um folgende zusätzliche Ziele:

- Schaffung eines multiapplikativen Verfahrens für mehr als eine spezielle Anwendung,
- Erarbeitung eines Know-hows als verfahrenstechnisches „Werkzeug“, mit dem Anwendungen in Industrie und Forschung, die bisher wegen des hohen Aufwandes nicht weiter in Betracht gezogen wurden, bearbeitet werden können,
- Anwendung einer Hochtechnologie mit relativ einfacher Technik, wie z. B. kleiner Laser, handhabbare Technik, geringer Energieverbrauch.

Der beschriebene Materialauftrag mittels Laserstrahlung in definierten Dimensionen ist etwas völlig Neues. Hier wird mit einer Technologie, die für Anwender in KMU kaum zugänglich ist, gerade diesen Anwendern neue Möglichkeiten für die eigene Produkt- und Verfahrensentwicklung gegeben. Mit dieser Technologie erhält der OUT e.V. eine neue Kernkompetenz bei innovativen Verfahren und damit ein weiteres wissenschaftliches Potenzial für anwendungsbezogene Forschungsarbeiten.

### **Zwischenergebnisse:**

In Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner wurde mit dem Verfahren eine ausgefeilte Technik entwickelt, mit der Defekte in mikroskopisch kleinen Dimensionen in das Korrekturfeld für die Retusche positioniert werden können. Entsprechend der Form des Defektes wird über die Steuerungssoftware eine Korrekturfläche programmiert und ein Target mit dem aufzudampfenden Material automatisch über den Defekt gefahren.

Mit einem speziellen hoch auflösenden Scannersystem überträgt der Laserstrahl nach vorgegebenen Parametern das Material vom Target auf die zu reparierende Oberfläche. Je nach Erfordernis kann während des Prozesses auch das Target bewegt werden.



Mit der gleichen Technik und nach dem umgekehrten Verfahren kann die reparierte Stelle durch Abtrag überschüssigen Materials an die richtige Geometrie angepasst werden.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Mit dem Auftrag von Metallschichten in definierter Weise werden sich bei vielen Industrieanwendern merkbare Rationalisierungseffekte verwirklichen lassen, da dieses Verfahren nicht nur streng für die Retusche von Masken entwickelt werden soll, sondern darüber hinaus als Ausgangsbasis für völlig neue und auch branchenübergreifende Anwendungen.

Die Beherrschung des im Vorhaben beschriebenen Verfahrens schafft die Voraussetzungen für eine Verfahrensextrapolation und verschafft dem OUT e.V. einen weiteren entscheidenden Vorteil, neue Kooperationspartner in Branchen wie Sensortechnik, Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik, Biomedizin, Biotechnik u. a. für eine wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zu gewinnen. Insofern hat das Projekt für den OUT e.V. eine grundsätzliche Bedeutung für die Weiterentwicklung der eigenen wissenschaftlichen Kernkompetenz.

### **3.2.5 Entwicklung einer Technologie zur Herstellung hochsensitiver Schichten**

(Projektlaufzeit: 01.10.2006 – 30.09.2008)

Dipl.-Phys. Rainald Mientus, Dipl.-Ing. Heiko Gundlach, Dipl.- Ing. Hans Hensel, Dirk Nickel

Das FuE-Vorhaben ist Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Entwicklung der Technologie für Single-Mikrobolometer“, das gemeinsam mit der *iris*-GmbH sowie mit der Fachhochschule Brandenburg durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „Förderung der Erhöhung der INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO II) - Programmteil: Kooperationsprojekte KF - gefördert wird.

### **Gesamtzielstellung:**

Die Zielstellung besteht in der Entwicklung der Technologie für Single-Mikrobolometer mit einer Detektivität von  $5 \times 10^8 \text{ cm Hz}^{1/2}/\text{W}$ , kleiner empfindlicher Fläche ( $< 250 \text{ } \mu\text{m}$  Kantenlänge) und kleiner Zeitkonstante  $\tau \leq 5 \text{ ms}$ .

Die wesentlichen Inhalte bestehen in folgenden vier Schwerpunkten:

1. Beherrschung der Schwankungsbreite des Bolometerwiderstandes auf dem Wafer.
2. Abbau der mechanischen Spannungen im Schichtpaket der Bolometerstruktur.
3. Strukturierung und AVT.
4. Verfahren zur umgebungsunabhängigen Messung des Bolometerwiderstandes.

### **Zielstellung des OUT e.V.-Teilprojektes:**

Der Anteil des OUT e. V. besteht in der Entwicklung einer Technologie zur Herstellung hochsensitiver Schichten für den Einsatz in Mikrobolometern.

Der innovative Kern des Projektes besteht darin, die elektronischen Eigenschaften von  $\text{CrN}_x$  in Abhängigkeit der Herstellungsparameter (Magnetronspütern) zu erforschen. Dieses Material wurde bisher wenig und erst in jüngster Zeit (2003) in Funktion als Verschleisschutzschicht untersucht. Anwendungen auf Grund seiner elektronischen Eigenschaften sind nicht bekannt. In eigenen Untersuchungen konnten halbleitende Eigenschaften nachgewiesen werden. An Teststrukturen auf dieser Materialbasis wurden in unabhängigen Laboruntersuchungen hohe Empfindlichkeiten gemessen. Das Material weist in bestimmter Zusammensetzung einen hohen TK von ca. 2 % auf. Dadurch wird es sich gut zur Bildung einer sensitiven Schicht in einer Bolometerstruktur eignen. In einer solchen Anwendung ist es auf Grund des relativ hohen TK den Metallen überlegen.

Gegenüber Elementhalbleitern wie Silizium oder Germanium weist es den Vorteil einfacher Herstellung aus. Voraussetzung ist allerdings, dass es gelingt, die Prozessparameter so weit zu erforschen und zu stabilisieren, dass sie eine reproduzierbare Schichtabscheidung gewährleisten.

Die TK-Werte für  $\text{CrN}_x$  sind bereits durch mehrere Untersuchungen belegt. Es gelingt in der Regel, in verschiedenen Versuchsreihen die Abhängigkeit z. B. des TK oder des spezifischen Widerstandes vom Reaktivgaspartialdruck zu reproduzieren, allerdings stets mit einem Versatz. Dadurch ist es bisher nicht möglich, mit einer Einzelabscheidung (nach Test) definierte Schichteigenschaften zu treffen.

Die geplanten Untersuchungen zielen darauf, dieses Problem durch Einsatz einer optischen Prozessregelung zu beheben. Da bisher nur die Ergebnisse weniger eigener Untersuchungen der elektronischen Eigenschaften von  $\text{CrN}_x$  vorliegen, kann die maximal erreichbare Höhe des TK noch nicht abgeschätzt werden. Auch diese Analysen sind daher neu. Ebenso sind Untersuchungen der mechanischen und optischen Eigenschaften des geplanten Schichtsystems zum Aufbau von Bolometerstrukturen bisher nicht erfolgt.

### **Zwischenergebnisse:**

- Die Reproduzierbarkeit der Abscheidung (100 % Ausbeute im Versuch) wurde wesentlich verbessert.
- Durch Ersatz des  $\text{SiO}_2$ -Isolators durch SiN konnten der im Abscheidungsprozess für die Sensorschicht eingestellte Widerstand und damit der Temperaturkoeffizient über die Folgeprozessschritte erhalten bleiben.
- Durch verbesserte mechanische Anpassung konnten nahezu ebene Membranen erzeugt werden.

Das Mikro-Single-Bolometer benutzt die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes einer  $\text{CrN}_x$ -Schicht als Messgröße. In einer Versuchsreihe wurden  $\text{CrN}_x$ -Schichten (ca. 350 nm) auf Glas ( $10 \times 10 \text{ mm}^2$ ) abgeschieden. Die Schichten wurden in den Ecken mit Cr/Au Kontakten versehen und mit einer SiN-Schicht abgedeckt. Der spezifische Widerstand der Proben wurde in van-der-Pauw-Geometrie temperaturabhängig im Bereich von Raumtemperatur bis 80 oder 120°C bestimmt.

Die folgende Abb. ??a) zeigt temperaturabhängige Messungen von Schichten mit verschiedenen spezifischen Widerständen im Vergleich. Zur Verbesserung der Anschaulichkeit wurde ein logarithmischer Maßstab gewählt, so dass sich die exponentiellen Abhängigkeiten linear darstellen.

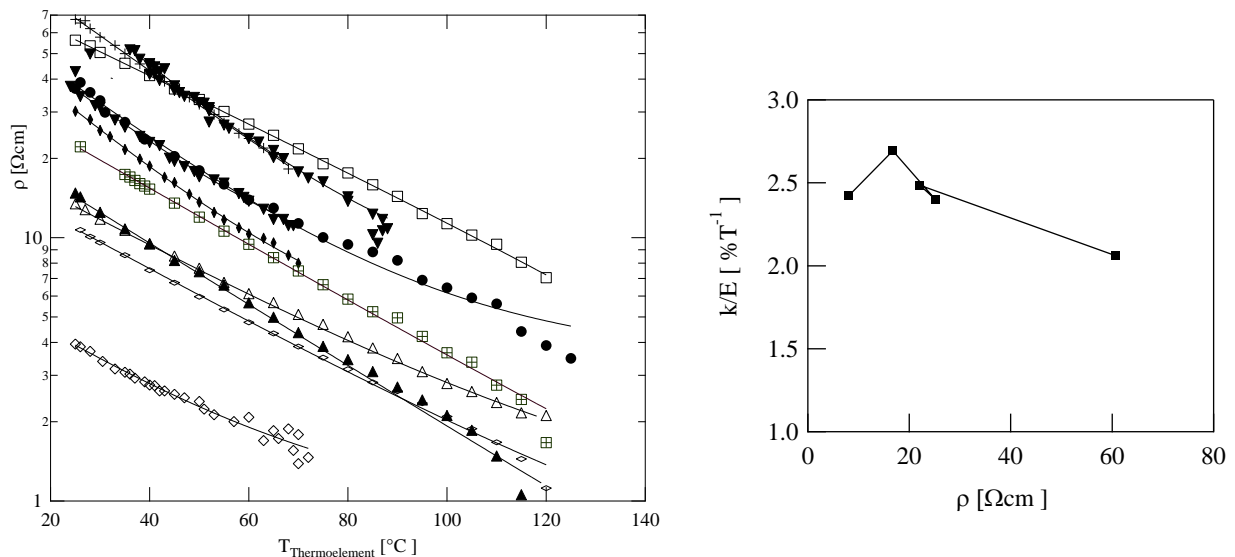


Abb. ???: a) Spezifischer Widerstand (van-der-Pauw) und exponentielle Anpassungen für  $\text{CrN}_x$ -Schichten (unter  $\text{SiN}$ ) auf Glas über der Temperatur, b) Exponentieller Koeffizient  $k/E$  für  $\text{CrN}_x$ -Schichten (unter  $\text{SiN}$ ) auf Glas über ihrem spezifischen Widerstand

Abb. ??b) zeigt die exponentiellen Koeffizienten  $k/E$  über dem spezifischen Widerstand. Im Unterschied zu früheren Untersuchungen sind diese Koeffizienten kaum abhängig vom Widerstand. Die zugrundeliegenden Ursachen müssen in weiteren Experimenten geklärt werden.

Für den Einsatz im Bolometer wird ein möglichst ebenes und spannungsarmes Membransystem angestrebt. Dazu wurden Parameter gesucht, die Einzelschichten mit möglichst geringen Spannungen liefern, die sich in der Kombination kompensieren. Das Sensorschichtsystem besteht aus einem metallischen Absorber ( $\text{Cr}$ ) und isolierenden ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}$ ) und halbleitenden Schichten ( $\text{CrN}_x$ ) auf einer Trägermembran aus  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{SiN}$ . Bei einem für das Magnetronspütern typischen Druck von  $0,5 \text{ Pa}$  weisen  $\text{CrN}_x$ -Sensorschichten relativ hohe Druckspannungen im Bereich von  $-(1-3) \text{ GPa}$  auf. Es wurde versucht, die Spannungen durch Variation des Totaldruckes zu reduzieren. Mit dem Totaldruck wird über die freie Weglänge der Teilchenbeschuss und damit das Wachstum der Mikrokristallite der wachsenden Schicht beeinflusst. Mit wachsendem Druck steigt die Streuung, und der Teilchenbeschuss sinkt; das Kristallitwachstum wird weniger. Zur Messung der mechanischen Schichtspannung wurde jeweils ein abgedünnter  $\text{Si}$ -Streifen ( $120 \mu\text{m}$  dick,  $4 \times 25 \text{ mm}$ ) beschichtet und vor- und nachher sein Krümmungsradius profilometrisch bestimmt (Biegebalkenmethode, Alpha-step  $10 \text{ mm}$ , Dektak  $22 \text{ mm}$ ).

Dieses Verhalten konnte für  $\text{CrN}$ -Schichten bestätigt werden: es wurde ein Übergang von Druck zu Zugspannungen beobachtet. Aufgrund geringerer Stabilität der elektrischen Eigenschaften der bei hohem Druck abgeschiedenen Schichten wurde für die weiteren Versuche der bisherige Druck von  $p_{\text{total}} = 0,5 \text{ Pa}$  beibehalten. Die Ursache für die starke Streuung der Werte konnte noch nicht geklärt werden.

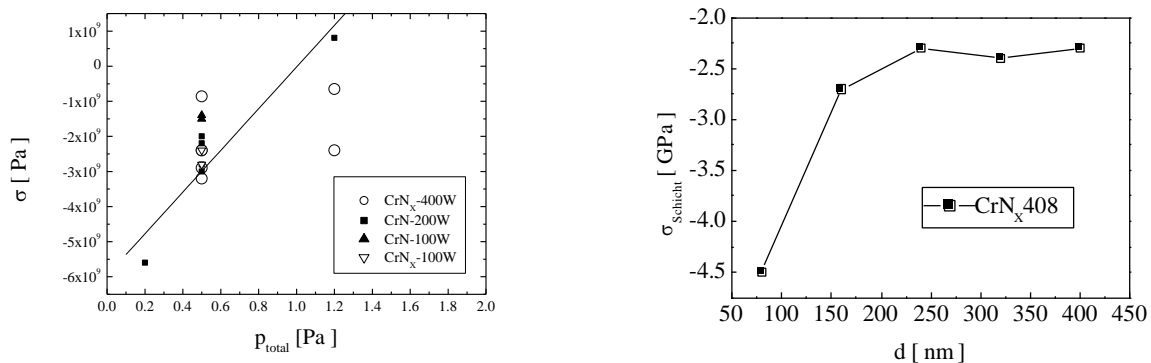


Abb. ???: Mechanische Schichtspannung von a) CrN und  $\text{CrN}_x$  –Einzelschichten über dem Totaldruck, b)  $\text{CrN}_x$ (1,2 Pa, 400 W<sub>DC</sub>) über der Schichtdicke

Für  $\text{CrN}_x$ , 1,2 Pa, 400 W DC wurde die Abhängigkeit der mechanischen Schichtspannung von der Schichtdicke untersucht. Die Spannungen sinken durch Ausheileffekte etwa um den Faktor 2 bis sie ab ca. 200 nm stagnieren.

### Anwendungsmöglichkeiten:

Der zentrale innovative Aspekt ist die Möglichkeit, ein neues Infrarot-Empfängerbauelement auf den Markt zu bringen einschließlich eines geeigneten Verfahrens für die berührungslose Temperaturmessung. Damit gelingt es, die Limitierungen hinsichtlich der Auflösungsgrenzen (Größe der optisch aktiven Flächen) von Thermosäulen zu überwinden. Es werden damit neue vor allem kleinere Geräteklassen in der Pyrometrie ermöglicht.

Ein zweiter wichtiger Aspekt ist die Verwendung von  $\text{CrN}_x$  als Bolometerschicht. Der Einsatz dieses Materialsystems ist ebenfalls neuartig und wurde im Rahmen der vorangegangenen Arbeiten erstmalig im Hinblick auf eine Eignung für den Einsatz im Mikrobolometer untersucht. In diesem Sinne ist auch der komplette Technologieprozess neuartig.

### 3.2.6 Energieautarkie und Darstellung

(Projektlaufzeit: 01.12.2006 – 30.11.2008)

*Dr. Adrian Mahlkow, Dipl.-Ing. Kurt Szuszinski*

Das FuE-Vorhaben ist Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Infopoint“ das gemeinsam mit der Swissbit Germany AG, der EMOTEC AG und der alpha-board gmbh durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „Förderung der Erhöhung der INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO II) - Programmteil: Kooperationsprojekte KF - gefördert wird.

### Gesamtzielstellung:

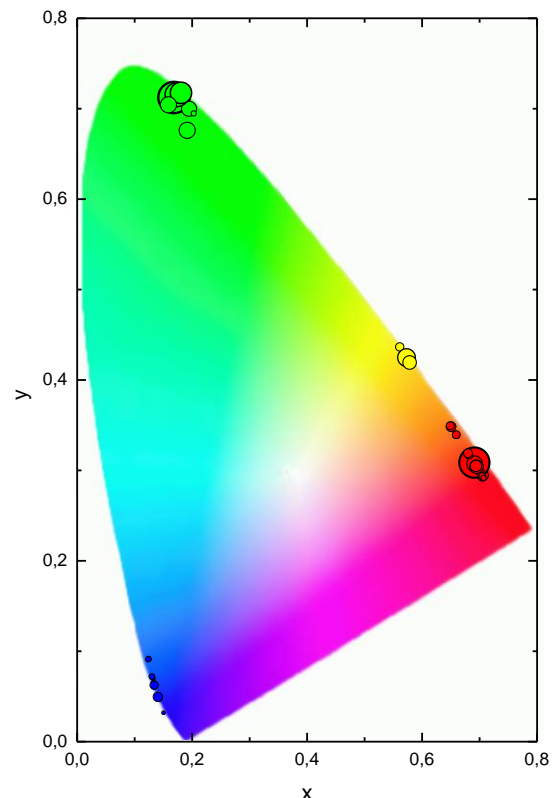
Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer aktiven und autarken „Kachel“ zum Darstellen und Weitergeben von Informationen. Autark bezieht sich auf die Energieversorgung (solar) und die Datenkommunikation (selbstvernetzend). Die Inhalte können als Matrixbild mit LEDs dargestellt oder über Standardschnittstellen (IR, Bluetooth, etc.) auf Standardhandgeräte (Handy, PDA, etc.) übertragen werden. Inhalte können kulturelle, technische, touristische Werte, Wege- und Lageinformation oder Hinweise sein.

Um eine möglichst universelle Anwendung zu ermöglichen, wird ein mechanisches Grundgerüst mit allen Funktionalitäten und nachgewiesener Zuverlässigkeit entwickelt. Das in sich geschlossene, möglichst quadratische Grundmodul besteht aus Gehäuse, Leiterplatte(n), Solareinheit, Energiespeicher, LED-Platine und Abdeckglas und soll möglichst dünn und leicht sein. Die einzelnen Komponenten sollten hierbei sandwichartig übereinander liegen.

Die aktive Darstellung mit diskreten SMD-LEDs soll eine kleinpixelige Darstellung mit bis zu 2,5 dpi erlauben. Verwendet werden diskrete, hocheffiziente organische oder Halbleiter-Niedrigstrom-LEDs. Dieses Grundmodul soll sich zweidimensional beliebig aneinander reihen lassen. Durch die Möglichkeit der drahtlosen Kommunikation besteht im Prinzip die Möglichkeit einer autarken, temporären P2P-Vernetzung. Durch einen ebenfalls zu entwickelnden, mechanischen „Baukasten“ kann es an die verschiedenen Applikationsfelder (innen, außen, Energieautarkie, Anreihbarkeit, Display, ...) adaptiert werden.

### Zwischenergebnisse:

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zunächst aus zahllosen Bauelementen von weit über sechzig Herstellern und Händlern geeignete Bauelemente ausgewählt. Nur Bauelemente direkt von Herstellern wurden in Betracht gezogen, zum einen, um nicht doppelte Varianten zu vermessen, da vielfach gleiche Bauelemente unter verschiedenen Bezeichnungen von Distributoren vertrieben werden. Zum anderen soll die mittelfristige, zuverlässige und reproduzierbare Lieferbarkeit von Bauelementen gleicher Qualität gesichert sein. Weiterhin wurden preisliche Argumente und die Langzeitstabilität mit hinzugezogen. Damit reduzierte sich die konkrete Messarbeit auf insgesamt sechs Hersteller mit über einhundert Varianten. Für eine halbwegs belastbare Statistik wurden zudem bis zu zehn Exemplare jeder Variante untersucht. Die Abbildung ?? zeigt in einer Zusammenfassung die Ergebnisse. Die Position der einzelnen Messwerte im Farbdia-gramm identifiziert den Farbeindruck der jeweiligen LED, die Größe des Kreises den jeweiligen Wert für den optischen Wirkungsgrad. Klar erkennbar sind die Schwächen bei blauen LED bezüglich der Sichtbarkeit und auch die Tatsache, dass entgegen den anfänglichen Vermutungen nicht eine gelbe LED die größte Sichtbarkeit ermöglicht, son-





dern eine im Grünen emittierende.

Abb. ?? : Position von Messwerten im Farbdigramm

Die Aufnahme radialer Eigenschaften bietet die Sicherheit, auch bei großen Betrachtungswinkel keine verfälschten Farbeindrücke zu erhalten, wie dies aktuell besonders „schön“ gegenüber dem Friedrichstadtpalast an einer Fassaden-Laufschrift zu beobachten ist. Bei den gewählten Bauelementen im Roten ergibt sich über den gesamten Halbraum eine Abweichung von ungefähr 1 nm, was mit dem menschlichen Auge auch im direkten Vergleich nicht wahrnehmbar ist und auch innerhalb einer einzelnen McAdams-Ellipse liegt.

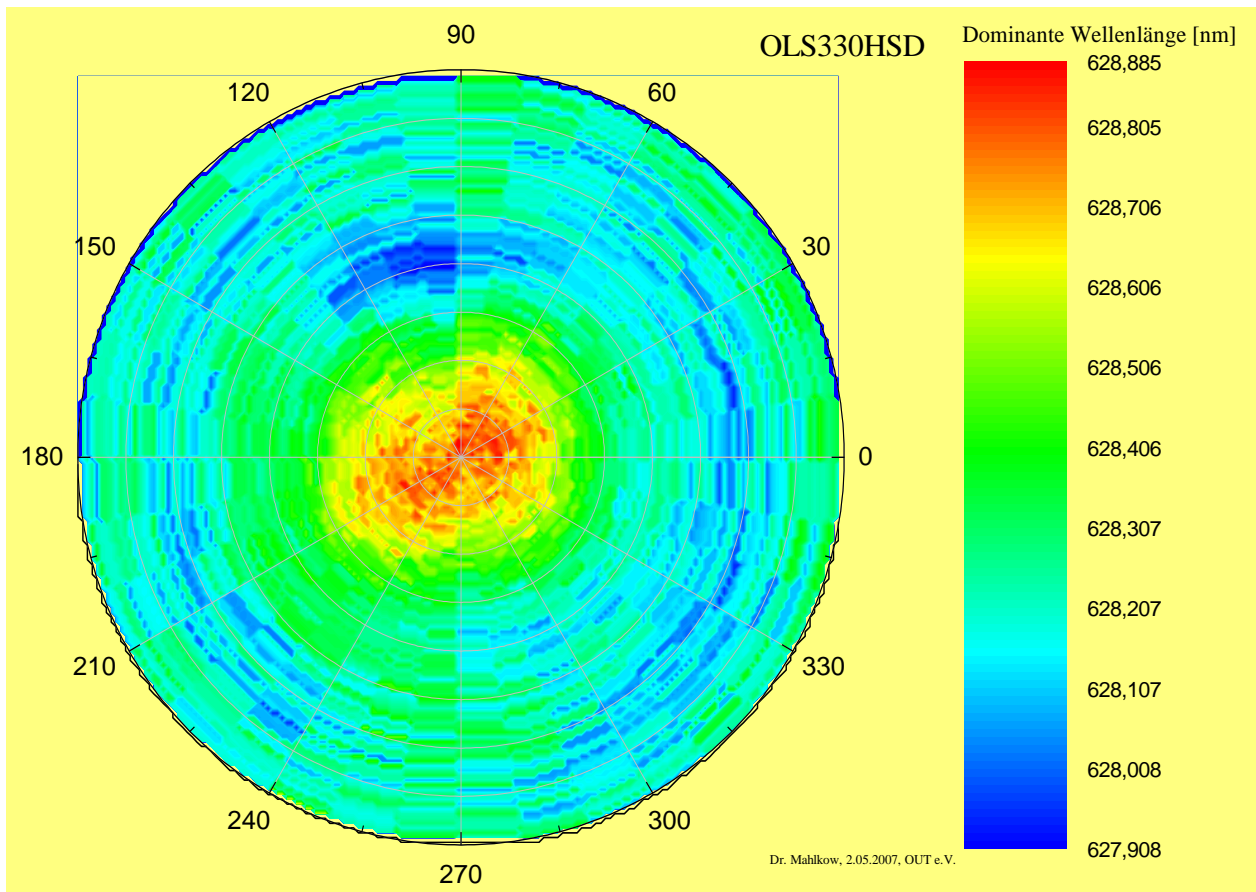


Abb. ?? : McAdams-Ellipse

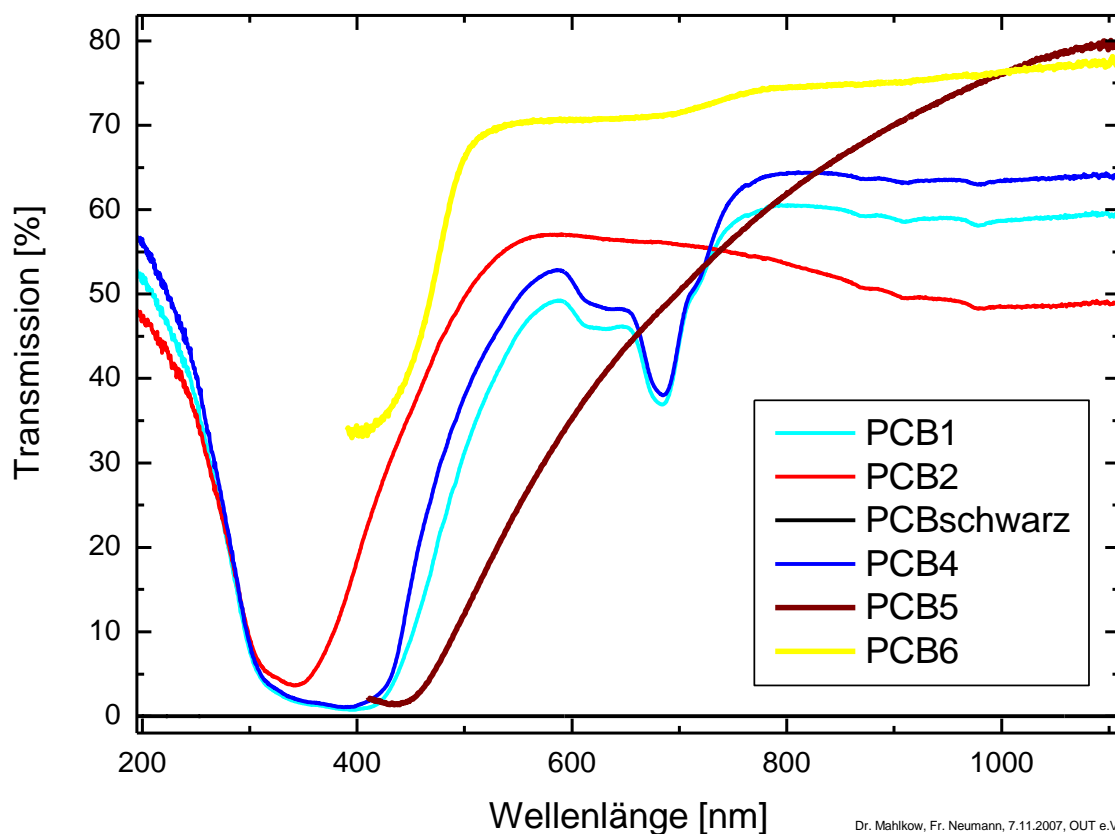
In vielen Reihenuntersuchungen wurden die für die Realisierung einer kompletten Energieautarkie verschiedenen Technologien sowie der Wirkungsgrad und die Langzeitstabilität bei Lagerung in normaler Büroatmosphäre untersucht. Durch die vergleichsweise geringe Stückzahl des Infopoints von weit unter 1 Mio. Stück kann nicht mit konfektionierten Zellen gearbeitet werden; als weitere Randbedingung ist daher noch die Lieferbarkeit einer mechanisch möglichst passenden Zelle hinzugekommen, die die Auswahl in den Technologien sehr stark eingeschränkt hat. Als guter Kompromiss zwischen mechanisch Passung und hohem Wirkungsgrad (Preis wird zunächst in geringerem Maße berücksichtigt) ergab sich eine Zelle aus dem Haus Schott Solar. Die mechanischen Außenabmaße passen mit 192 x 192 mm<sup>2</sup> gut in das Grundgerüst des Infopoints und bieten genug Platz für Anschluss- und Verdrahtungsebenen außerhalb des Sichtfeldes. Die elektrischen Anschlusswerte betragen 2.000 mW Leistung bei normaler Sonneneinstrahlung (100 mW/cm<sup>2</sup>) in unseren Breiten. Diese Zelle stellt den



industriellen Standard bei Solarzellen auf Siliziumbasis dar mit einem effektiven Wirkungsgrad von 5,6 %. Moderne Zellen vom gleichen Hersteller haben in den durchgeführten Experimenten einen Wirkungsgrad von 11 % ergeben, so dass eine Leistung von 5 W zur Verfügung gestellt werden kann.

Der Energieertrag wird durch die vor der Solarzelle liegende LED-Matrix stark eingeschränkt. Hier wurden mehrere Konzepte verglichen. Zum einen ist eine Leiterplatte mit Freistellungen zum Lichtdurchlass möglich. Der Füllfaktor einer Leiterplatte mit vier Steuerlagen beträgt bei der konzipierten Verwendung von LED der Bauform 0603 wenige Prozent. Freistellungen in der Leiterplatte könnten fertigungstechnisch maximal pro Einzeleinheit 4 mal 4 x 4 mm<sup>2</sup> und damit insgesamt 64 % der Fläche ausmachen. Daher wurden auch viele Leiterplatten-Basismaterialien auf ihre optische Transmission hin untersucht, um im Zweifelsfall auf die Durchbrüche, die auch hohe Kosten verursachen, verhindern zu können.

Dicke Leiterplatten mit Durchbrüchen zeigen eine Transmission von 64 %. Für eine Variante ohne Siebstruktur müsste ein Leiterplattenmaterial mit einer Transmission über 75 % gefunden werden, um auf die gleiche Gesamttransmission zu kommen. Auf dem Markt sind viele Leiterplattenmaterial-Hersteller mit einigen hundert Varianten. Untersucht wurden nur die auch für kleine Mengen technisch relevanten Typen. Die Abbildung ?? zeigt Ergebnisse der totalen Transmissionsmessungen, d. h. es wurde nicht nur die direkte Transmission in Strahlrichtung, sondern insbesondere die streuend durch die Probe tretende Strahlung mit einer integralen Messung hinter der Probe gemessen. Dies muss bei den stark opaken Medien, wie sie Leiterplatten darstellen, durchgeführt werden. Für die Energieernte wiederum sind die Richtung und das Wesen der einfallenden Strahlung unerheblich.



Dr. Mahlkow, Fr. Neumann, 7.11.2007, OUT e.V.

Abb. ?? : Totale Transmissionsmessungen

Der Leiterplatten-Typ PCB6 mit einer Gesamtschichtdicke von 1,0 mm zeigte über weite Teile des relevanten Spektrums Transmissionswerte über 75 %. Die für die LED-Matrix angestrebte Leiterplatte wird etwa 0,6 mm Schichtdicke betragen und vierlagig aufgebaut sein. Daher kann von einer kalkulatorischen Transmission von über 82 % im gesamten sichtbaren Spektralbereich ausgegangen werden. Mit diesen Messungen kann die Empfehlung gegeben werden, die Leiterplatte mit Standardtechnologien und ohne Durchbrüche aufzubauen. Die eingesetzten LED basieren im grünen und blauen Spektralbereich auf InGaN und im gelben bis roten Spektralbereich auf AlInGaP. Letzteres Material zeichnet sich durch sehr geringe Schaltzeiten aus, daher sind hier weniger Einfluss auf die Erkennbarkeit und die Leistungsabgabe bei hohen Taktraten zu erwarten. Die Schaltzeiten von roten LED liegen unter 100 ns, bei grünen selten unter 200 ns. Ansteuerfrequenzen oberhalb von 2 MHz sind daher nicht sinnvoll, da die LED quasi „nicht genug Zeit hat“, um ihr Emissionsmaximum zu erreichen. Diese Untersuchungen haben auch gezeigt, dass die Schaltzeiten gering genug sind, um einen Bildaufbau über digitale Puls-Weiten-Modulation (PWM) zu realisieren und daher nicht auf analoge Stromwertgeber für jede einzelne LED zurückgegriffen werden muss. Dies reduziert den schaltungstechnischen Aufwand enorm und ermöglicht eine einfache Matrix-Ansteuerung, für die konfigurierbare Spezial-ICs, die auf dem Markt preiswert verfügbar sind.

Exemplarisch zeigt die Abbildung ?? ein Ergebnis für eine grüne LED, bei der die optische Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Taktfrequenz und der Taktrate bestimmt und aufgetragen wurde. Die farbkodierte Darstellung zeigt übersichtlich 462 Einzelmessungen für eine LED. Farblich kodiert ist die optische Intensität, die von Rot (100 %) bis Blau (0 %) abnimmt. Man erkennt deutlich, dass bei Frequenzen, die im Bereich und oberhalb der Grenzfrequenz der LED liegen, die optische Emission deutlich abnimmt bzw. auf Null abfällt. Im übrigen Bereich zeigt sich ein homogenes Bild, das eine freie Wahl bei der Ansteuerfrequenz über insgesamt acht Größenordnungen und Tastverhältnisse beschreibt. Für die anderen drei Typen LED zeigten sich sehr vergleichbare Ergebnisse. Weitere Untersuchungen zur Farbverschiebung bezüglich der zeitlichen Parameter sind in Vorbereitung.

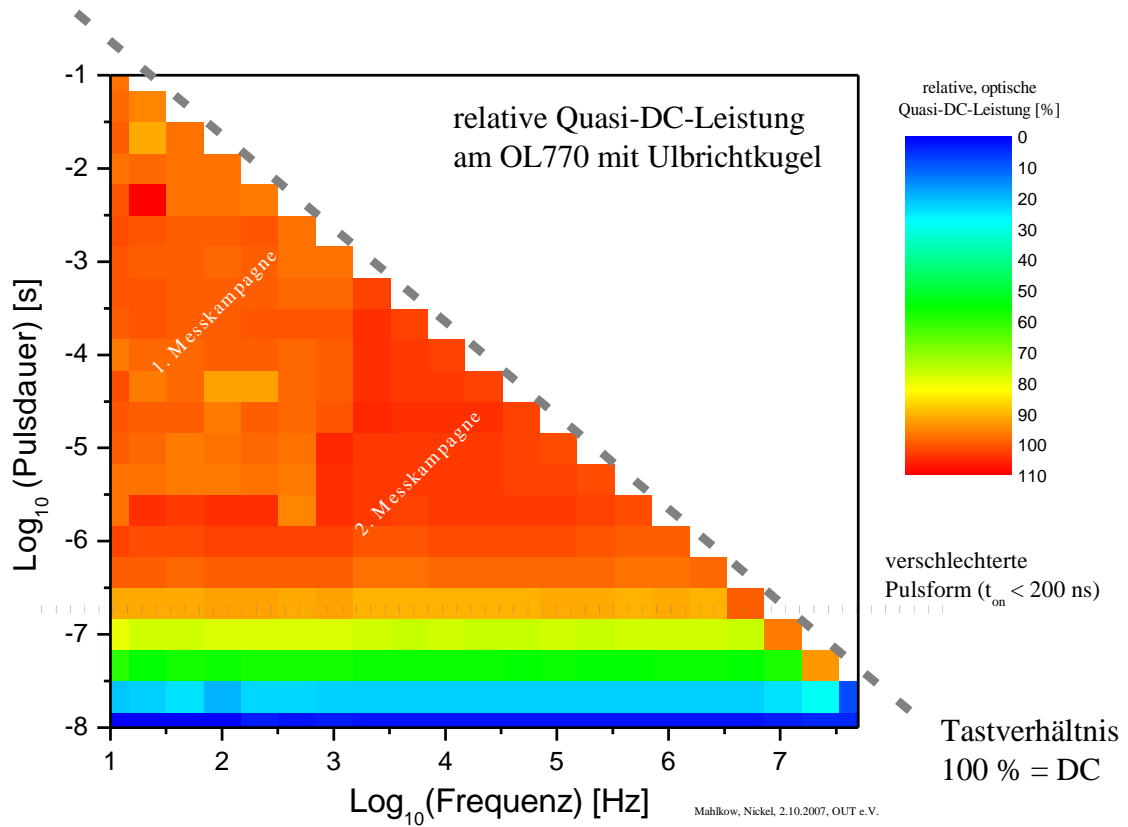


Abb. ??:

### 3.3 Netzwerkprojekte

#### 3.3.2 Optoelektronik in der Biotechnologie (OptoBioNet)

(Projektlaufzeit: Phase I: 01.10.2003 –30.09.2004;  
Phase II: 01.10.2004 – 31.07.2006;  
Phase III: 01.08.2006 - unbefristet)

*Dr. Henning Dittmann, Dr. Peter Rotsch, Dipl.-Ing. Adelheid Klampfl, Dipl.-Kfm  
Thomas Röger*

OptoBioNet wurde in den Phasen I und II im Rahmen des Programms „Netzwerkmanagement-Ost“ (NEMO) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert und von der AiF als Projektträger begleitet.

#### **Zielstellung und strategische Ausrichtung des Netzes**

Das Ziel bestand in der Schaffung eines überregional agierenden, stabilen und langfristig wirksamen offenen Netzwerkes „Optoelektronik in der Biotechnologie“ (OptoBioNet) aus - zunächst sieben und dann neun - kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) aus dem Ostteil Berlins und dem neuen Bundesland Brandenburg zur Erhöhung der Wirtschafts- und Innovationskraft der Netzwerkpartner durch Bündelung der Fachkompetenzen auf den Technologiefeldern „Optoelektronik“ (OE) und „Biotechnologie“ (BT) sowie durch Entwicklung entsprechender Systemkompetenzen, insbesondere durch gezielte Kooperation auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung – sowohl innerhalb des Netzwerkes als auch mit externen Partnern - in diesen Technologiefeldern.

Das Netzwerk „OptoBioNet“ besteht aus folgenden Netzwerkpartnern:

#### Netzwerkpartner (NP):

<i>Beteiligte KMU:</i>	<i>Technologiefeld:</i>	<i>Standort:</i>
1. ATTOMOL GmbH burg	BT	Lipten / Branden-
2. Crystal GmbH	OE	Berlin
3. EPIGAP GmbH	OE	Berlin
4. GESIMAT GmbH *)	OE	Berlin
5. iris-GmbH	OE	Berlin
6. PolyAn GmbH	BT	Berlin
7. UWT GmbH	BT	Berlin
8. OSA Opto Light GmbH	OE	Berlin
9. IOM GmbH	BT/OE	Berlin

\*) vom 01.10.03 – 30.09.04

#### *Träger des Netzwerk-Management:*

OUT e.V.	OE / BT	IPW / Berlin
----------	---------	--------------

Die Ziel- und Aufgabenstellungen stellen im wesentlichen Dienstleistungen für die beteiligten technologieorientierten und FuE treibenden KMU und die Forschungseinrichtung dar.

*Das Konzept besteht u. a. darin, wichtige Phasen des gesamten Wertschöpfungsprozesses bei der Entwicklung innovativer Produkte durch KMU - angefangen von der innovativen Idee bis zur Vermarktung durch Technologietransfer – durch spezifische und komplexe FuE-Vorhaben zu unterstützen und dazu notwendige Management- und Koordinierungsleistungen durch den OUT e.V. als Netzwerkmanager zu erbringen.*

Schwerpunkte liegen dabei auf den Gebieten

- der Konzipierung und Durchführung von komplexen FuE-Vorhaben,
- der Verkürzung der Entwicklungszeiten und der Markteinführung,
- der effektiven Umsetzung der erzielten FuE-Ergebnisse in innovative Produkte,
- des Projektmanagements für FuE-Vorhaben von KMU,
- der Akquisition von Aufträgen.

**Das Vorhaben ist am Bedarf der Netzwerkpartner orientiert und stellt zugleich eine Maßnahme dar, die Attraktivität der Standorte von technologieorientierten KMU im Ostteil Berlins – u.a. im Innovationspark Wuhlheide (IPW) im Bezirk Treptow-Köpenick - weiter zu erhöhen und die dort angesiedelten Unternehmen wirkungsvoll zu unterstützen.**

In dem Netzwerk werden die Kompetenzen aus über fünfzehnjähriger, erfolgreicher Tätigkeit des OUT e.V. in Projektmanagement, Technologietransfer und KMU-spezifischen Beratungsleistungen gebündelt und aufbereitet zur Nutzung durch die Netzwerkpartner zur Verfügung gestellt; die übergreifende Kompetenz des OUT e.V. besteht darüber hinaus in seiner Eigenschaft als kompetenter externer Industrieforschungseinrichtung, die ihre FuE-Ergebnisse öffentlich anbietet und allen nachfragenden Interessenten zur Nutzung zur Verfügung stellt.

### **Ergebnisse:**

- Bildung des Netzwerkes durch Erarbeitung einer Satzung sowie durch Abschluss von bilateralen Verträgen zwischen dem Netzwerkmanagement und allen Netzwerkpartnern auf der Grundlage der Netzwerkkonzeption.
- Erarbeitung von Analysen und Einschätzungen.
- Konzipierung von FuE-Projekten und Kooperationsverbänden bzw. Subnetzwerken sowie Erarbeitung und Einreichung entsprechender Förderanträge.
- Bildung von Kooperationsverbänden zur Realisierung von komplexen FuE-Vorhaben auf der Basis von Förderprojekten.
- Durchführung und Begleitung von FuE-Einzel-, Kooperations- und Verbundprojekten (auch mit externen Partnern).
- Umfassende Beratung und zielgerichtete Unterstützung aller Netzwerkpartner.

### **Wirkungen und Effekte:**

Die gezielte Verbindung bzw. Bündelung von optoelektronischen Technologien und Bauelementen mit biotechnologischen Verfahren führt zu erheblichen Synergieeffekten, generiert neue Verfahren und Anwendungen und führt zu einer neuen Exzellenzstufe von Netzwerken.

Wesentliche wirtschaftliche Effekte sind u.a.

- Sicherung des Wachstums der am Netzwerk beteiligten Partner und spürbare Erhöhung der Fähigkeit, auf ökologisch optimale Weise innovative optoelektronische und biotechnologische Produkte und Verfahren zu entwickeln und zu vermarkten,
- wirksamer Beitrag zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere der ökonomischen und finanziellen Stabilität der beteiligten KMU sowie zur Ausweitung gemeinsamer Marktaktivitäten,
- Steigerung der Expansionsfähigkeit der KMU mit damit verbundene Sicherung bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen,
- deutliche Kostensenkungen und Einsparungen im nichtproduzierenden Bereich,
- Erhöhung der Attraktivität von Technologie- und Gründerzentren für die Ansiedlung innovativer, technologieorientierter Unternehmen sowie von Forschungseinrichtungen.

Die Arbeit im Netzwerk wird kontinuierlich auf der Grundlage von Eigenfinanzierung (Phase III) fortgesetzt.

### **3.3.1 Tunnelsicherheit (Tusec)**

(Projektlaufzeit: Phase I: 01.01.2007 – 31.12.2007)

*Dipl.-Mathem. Frieder-Jens Lange, Dr. Wolfgang Rehak, Dipl.-Ing. Angelika Schlosser*

Tusec wird im Rahmen des Programms „Netzwerkmanagement-Ost“ (NEMO) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert und von der AiF als Projektträger begleitet.

#### **Zielstellung**

Verkehrseinrichtungen - speziell Verkehrstunnel - finden sich in den vergangenen Monaten und Jahren vermehrt in den Schlagzeilen. Als Nadelöhre des Verkehrs sind sie besonders verletzlich, sei es durch Unfälle, Terroranschläge oder andere Ursachen von Katastrophen.

Im Zusammenhang mit zum Teil verheerenden Tunnelbränden ist z. B. der Verkehr durch die betroffenen Tunnel in die jeweils angrenzenden Regionen derart stark zurückgegangen, dass die wirtschaftlichen Folgen für die betroffenen Regionen ein erhebliches Ausmaß angenommen haben. Deshalb drängen nicht nur die Tunnelnutzer, sondern auch die Verantwortlichen der Länder - wie z. B. Tunnelbetreiber und Versicherungsgesellschaften - auf weitergehende Abhilfe, verlangen wirksame Lösungen zur Prävention und Schadensbegrenzung, zum Schutz von Personen, Material und Gütern.



Diese Situation erfordert adäquate Anstrengungen, um baldmöglichst technisch ausgereifte Lösungen der Prävention, Steuerung und Schadensbegrenzung anbieten zu können.

Im Rahmen des Netzwerkes für Tunnelsicherheit „Tusec“ (Tunnel Security) soll der effiziente ganzheitlich zu betrachtende Einsatz vorhandener Technologien im Rahmen eines Gesamtkonzeptes gefördert sowie die konsequente Fortentwicklung und das innovative Entstehen neuer Produkte auf Basis existierender und weitergehender Untersuchungen unterstützt werden.

### **Strategische Ausrichtung des Netzes**

Die Vision des Netzwerkes „Tusec“ (Tunnel Security / Tunnelsicherheit) besteht darin, die Netzwerkpartner (NP) mittel- und langfristig als national und international anerkannte Leistungsträger über ihr aktuell bestehendes Leistungsspektrum hinaus für Einzel-, Teil- und Gesamtlösungen in diesem speziellen Kontext zu etablieren.

Das innovative Ziel besteht dabei in Systemlösungen mit ausgeprägten, leistungsfördernden Synergien für die einzelnen NP.

Es soll ein überregional agierendes, nachhaltig wirksames, offenes Netzwerk geschaffen werden, das überwiegend aus kleinen und mittelständischen Unternehmen aus den neuen Bundesländern und Berlin besteht und durch einige größere Unternehmen und Forschungseinrichtungen - wie das Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt und das Fraunhofer Institut IFF Magdeburg – ergänzt wird.

Das Netzwerk „Tusec“ besteht aus folgenden Netzwerkpartnern:

#### Netzwerkpartner (NP):

1. b+m Informatik GmbH
2. bogengang GmbH
3. cab engineering GmbH
4. GreenWay Systeme GmbH
5. HFC Human-Factors-Consult-GmbH
6. IQ wireless GmbH
7. Marioff GmbH NL Deutschland
8. MSA Auer GmbH
9. PSI BT GmbH
10. Scholze Ingenieurgesellschaft mbH
11. VIA Beratende Ingenieure GbR
12. Secostar

#### *Standort:*

Cottbus/Berlin  
Berlin  
Brandenburg  
Frankfurt/O  
Berlin  
Berlin  
Dahlwitz/Hop.  
Berlin  
Berlin  
Berlin  
Berlin  
Berlin

#### *Träger des Netzwerk-Managements:*

OUT e.V.

IPW / Berlin

Die Erhöhung der Wirtschafts- und Innovationskraft der Netzwerkpartner wird erreicht werden durch

- Bündelung der Fachkompetenzen auf Technologiefeldern wie
  - Beobachten und Erkennen sicherheitsrelevanter Events,

- Aufspüren und Leiten von Fahrzeugen und Personen (z. B. Feuerwehr) unter erschwerten Bedingungen (Rauch, Dunkelheit),
  - intelligentes Auswerten optischer und messtechnischer Informationen im Zusammenhang mit Terrorismusgefahren, Unfällen, Fahrzeugdefekten, Entstehungsbränden, etc.
  - Übertragen von Echtzeitdaten und visuellen Informationen vom Ort des Geschehens unter besonders erschwerten Bedingungen (Tunnel, Rauch, ...),
  - visuelle Darstellung der Bedingungen vor Ort,
  - Brandbekämpfung (Robotik, Löschmittel, etc)),
  - Steuerung des Verkehrs.
- Entwicklung weitergehender Systemkompetenzen, insbesondere durch gezielte Kooperation auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung innerhalb des Netzwerkes wie auch mit externen Partnern.

Ziel- und Aufgabenstellungen der Serviceleistungen des geplanten Netzwerkmanagements für die beteiligten KMU und Forschungseinrichtungen bezüglich der oben aufgeführten Leistungsbereiche sind:

- Zusammenführen der Netzwerkpartner, Vertrauen schaffen und Begleiten von Netzwerkpartnerschaften.
- Konzipieren ganzheitlich ausgerichteter Lösungen und ihre (Teil-)Verwirklichung.
- Ableiten von Anhaltspunkten für die weitergehende Erforschung von zu verwendenden Materialien, Komponenten und Konzepten zur Verbesserung von existierenden Lösungsansätzen als Basis weiterführender Entwicklungen.
- Turnusmäßiges Studieren, Beobachten und Analysieren des Wettbewerbs.
- Unterstützen der Beteiligung an Ausschreibungen im Rahmen regionaler, nationaler und europäischer FuE- Programme.
- Begleiten der Entwicklung konkreter Systeme und deren Hardware- und Software-Komponenten durch effizientes und kompetentes Projektmanagement.
- Sichern der intellektuellen Eigentumsrechte an innovativen Lösungen.
- Organisieren der Auftragsakquisition für Systeme und Komponenten.
- Initiieren der Entwicklung von Simulationsprogrammen.
- Unterstützen der Implementierung von Prototypen.
- organisatorisches Mitwirken beim Testen von Pilotlösungen in Labor- und Feldversuchen.
- Erarbeiten und initiieren innovativer Marketingmaßnahmen.

Die im Tusec mitwirkenden Firmen und Institutionen können auf langjährige Erfahrungen und ausgewiesene Kompetenzen auf den Gebieten der

- Sensorik,
- Robotik,
- Brandbekämpfungstechnik,
- Telekommunikation,
- Verkehrslenkung,
- Lüftung und Klimatechnik,

- Displaytechnik,
- Videotechnik,
- Echtzeit-Datenverarbeitung,
- Leitzentralentechnik,
- Planung und Durchführung von Tunnelprojekten

verweisen.

Ein derartig komplexes Gesamtsystem wie das eines Tunnels mit allen seinen technischen Komponenten kann nicht einmal von großen Unternehmungen - geschweige denn von einzelnen KMU - allein bewältigt werden, ungeachtet der hohen Kompetenzen auf speziellen Fachgebieten.

Umso mehr gilt es, die hohe Kompetenz, Flexibilität, Innovationsfähigkeit und Risikobereitschaft der KMU durch geeignete Formen der zielführenden Zusammenarbeit durch das Netzwerk Tusec so zu unterstützen, dass diese im Wettbewerb adäquat mitwirken können.

Aus diesem Grund werden neben KMU mit hohem FuE-Potential auch führende Forschungseinrichtungen sowie einige fest etablierte, größere Unternehmen in das Netzwerk eingebunden, um das existierende fachliche und wirtschaftliche Standing und den Bekanntheitsgrad der Netzwerkpartner - auch im Verbund - auf dem Niveau internationaler Wettbewerbsfähigkeit anzusiedeln.

### **Ergebnisse:**

- Logo, Flyer, Roll-up Banner, Internetauftritt [www.tusec.net](http://www.tusec.net) /.de
- Erarbeitete Übersichten zu Themen
  - Problem-/Bedarfsübersichten
  - Lösungspotentialübersicht der NP
  - Patente- Übersicht
  - Marktstudien der NP
  - potentielle Anwender, Kunden, Wettbewerber
  - Lösungsbaukasten
- Ergebnis der Bedarfsanalysen, d. h. Schwerpunktthemen (Prävention und schnelles Handeln in Falle):
  - Sensorfusion- und Sensorinnovation, kombinierte Auswertung von Messdaten in Realzeit,
  - Mobile Sensorik,
  - Detektion von Verhaltensanomalien des Verkehrs im Tunnel,
  - Verhaltenstraining für Katastrophen im Tunnel,
  - Enhanced Vision in Schutzausrüstungen,
  - Optische Tunnelgestaltung und Verkehrslenkung,
  - Vorhersage von Brandszenarien,
  - Robotergesteuerter Löschnebel.

- Gestellte, in Arbeit befindliche und beabsichtigte Förderanträge
  - Verbundantrag **inSiTu** (Innovation für Sicherheit in Tunneln),
  - Sensorik: Recherche und Erprobung,
  - Kombination der Auswertung einzelner Sensorik- Linien,
  - sichere Übertragung der Daten,
  - Rauchdetektion,
  - Mobile Sensorik,
  - Puls-Thermografie,
  - Enhanced Vision in Feuerwehrhelmen,
- Das NEMO- Netzwerk TuSec geht gefördert in die Phase 2.

### **Wirkungen und Effekte:**

Durch das vertrauensvolle Miteinander wurden erste konkrete bi- und trilaterale Unternehmungen zwischen den Netzwerkpartnern begonnen. Die gemeinsam gestalteten und begonnenen Förderanträge trugen zur Kompetenzschärfung des Netzwerkes bei.

Durch gelungene Flyer und Internetauftritt, durch die Teilnahme an nationalen und internationalen Fachtagungen, Treffen mit potentiellen Verbundpartnern (Feuerwehr Berlin, LKA, Tunnelleitzentrale, SenStadt, ...), Treffen mit Tunnelbetreibern und potentiellen Investoren, mit Netzwerkmanagern anderer Netze (Mitglied SeSamBB, Amberg (Schweiz), Fire-Safety, B-Trust, Mo-Sis, Serious Games Berlin) konnte Kompetenz signalisiert und ein beachtlicher Bekanntheitsgrad des neuen Netzwerkes sukzessive aufgebaut werden.

### **3.3.3 Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring (ne-sis)**

(Projektlaufzeit: Phase I: 01.09.2004 – 30.06.2005;

Phase II: 01.07.2005 – 28.02.2007

Phase III: 01.03.2007 – 29.02.2008)

*Dr. Wolfgang Rehak, Dipl.-Ing. Angelika Schlosser*

Ne-sis wurde in den Phasen I und II im Rahmen des Programms „Netzwerkmanagement-Ost“ (NEMO) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert und von der AiF als Projektträger begleitet; Träger des Netzwerkes war in den Phasen I und II die fm one management services GmbH.

Nach Auslaufen der Förderung wurde diese Kooperation auch unter Einbeziehung weiterer interessierter Unternehmen mittels Eigenfinanzierung durch die Netzwerkpartner fortgesetzt und weiter ausgebaut. Dabei wurde festgelegt, dass die Managementdienstleistungen für das Netzwerk weiter durch die bisherigen Netzwerkmanager, Herrn Dr. Rehak und Frau Schlosser, erbracht werden.

### **Zielstellung und strategische Ausrichtung des Netzes**

Ziele des Netzwerkes sind:

- ⇒ Erhöhung der Wirtschafts- und Innovationskraft der Unternehmen durch Bündelung der Fachkompetenzen auf den Technologiefeldern „Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring“, durch Entwicklung entsprechender Systemkompetenzen und Synergien sowie durch gemeinsame Erschließung von nationalen und internationalen Märkten.
- ⇒ Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.
- ⇒ Steigerung der Expansionsfähigkeit der Unternehmen in neuen Märkten.
- ⇒ Aufbau von Informationsnetzwerken und Know-how Zugang zwischen den Unternehmen.
- ⇒ Organisation eines effizienten Wissensmanagements im Netzwerk.
- ⇒ Ausbau des Technologietransfers zwischen Unternehmen und Einrichtungen.
- ⇒ Optimierung der Wertschöpfungskette unter Ausnutzung der Synergien im Netzwerk.

Zusätzlich forciert ne-sis mit gemeinsamen Projekten Innovationen und deren Umsetzung zu neuen Standards in den Bereichen Katastrophenschutz, Kriminalitätsvermeidung und homeland security.

Das Netzwerk „ne-sis“ besteht aus folgenden Netzwerkpartnern:



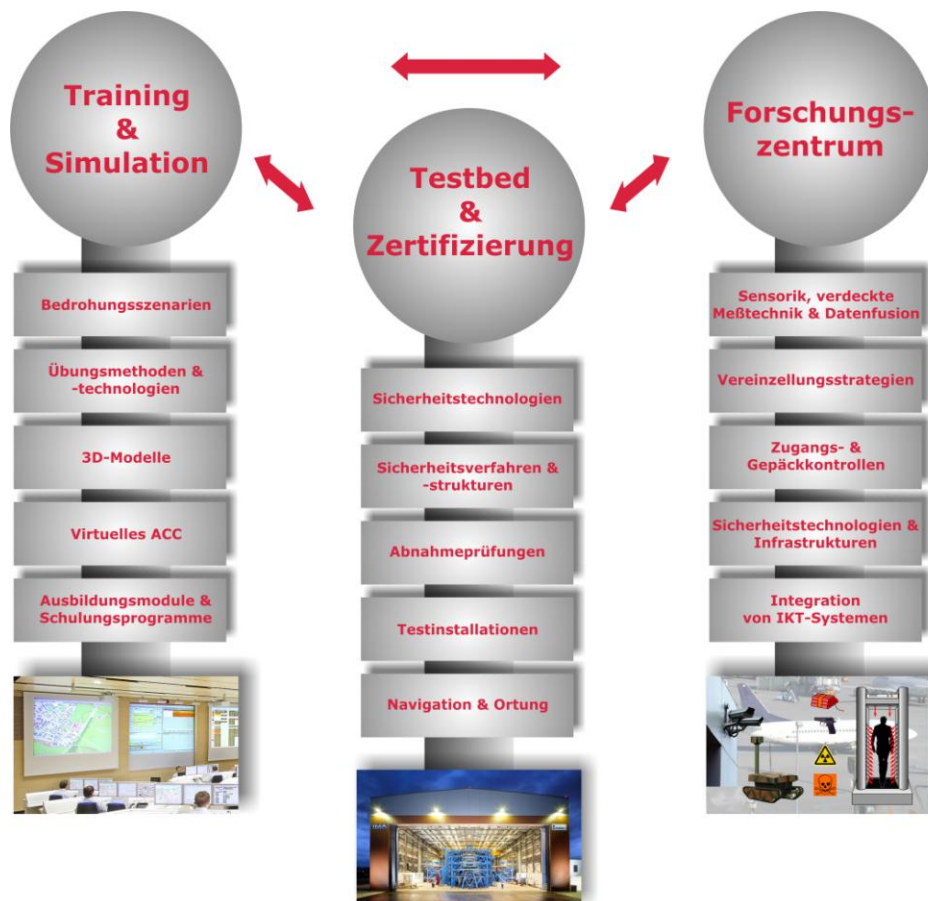
## Ergebnisse

Die Realisierung eines Konzeptes und dessen schrittweise Umsetzung für ein europäisches Luftsicherheitszentrums beim Netzwerkpartner Flugplatz Schönhausen ist das zur Zeit anspruchvollste Netzwerkprojekt, das in enger Kooperation mit den Netzwerken BBAA e.V. GESA, SeSamBB e.V., sowie TÜV Nord Aviation vorangebracht wird.

Die umfassende Gewährleistung eines sicheren Flugbetriebes ist Primärziel für alle am Luftverkehr Beteiligten. Insbesondere die Bedrohung durch den Terrorismus stellt die Luftverkehrswirtschaft vor erhebliche Herausforderungen. Flugplätze, Luftfahrtunternehmen und Luftsicherheitsbehörden müssen sich auf ständig ändernde Bedrohungslagen einstellen und Technik sowie Verfahren weiter entwickeln. Dabei sind rein technologiebasierte Lösungen auf Dauer unzureichend. Zukunftsweisende Ansätze liegen in flexiblen, proaktiven, ganzheitlichen Lösungen unter Berücksichtigung der gesamten Prozesskette.

Vor diesem Hintergrund besteht Bedarf nach einem herstellerunabhängigen Luftsicherheitszentrum, das sich an Forschungsaktivitäten beteiligt, Testfelder- und Zertifizierungslösungen bereitstellt, Bedrohungsszenarien simuliert und geeignete Ausbildungsmodule entwickelt.

### EASC- European Aviation Security Center



Verschiedene Unternehmen der Luftverkehrswirtschaft sowie der Sicherheitstechnik aus Berlin / Brandenburg und anderen Teilen Deutschlands sind bereits in den Netzwerken ne-sis, SesamBB und der BBAA zusammengeschlossen. Weitere kooperierende Partner sind die BAM und die DLR. Diese Netzwerke möchten gemeinsam das Konzept eines Europäischen Luftsicherheitszentrums umsetzen. Damit erhalten die Unternehmen, Forschungseinrichtungen sowie Landes- und Bundesbehörden die Chance, sich mit ihren jeweiligen Aufgabenstellungen an einen deutschen Dienstleister zu wenden. Darüber hinaus können sie gemeinsam stärker im



europäischen Umfeld an der wachstumsstarken Sicherheitsbranche, speziell im Luftfahrtbereich, partizipieren.

Auch wenn Lösungen für die Großluftfahrt im Vordergrund stehen, soll das Thema aufgrund seiner Komplexität in drei Teilschritten erschlossen werden:

*Schritt 1.: Kompetenzzentrum General Aviation Airports*

Neben der Verkehrs- und der Militärluftfahrt ist die General Aviation die dritte große Säule des Luftverkehrssystems, die 95,8 % der Flugplätze und 96,6 % der Luftfahrzeugflotte umfasst. Während die USA seit 2001 verschiedene sinnvolle Maßnahmen umgesetzt haben, fehlen vergleichbare Konzepte für die rund 5.000 europäischen Flugplätze der General Aviation.

Da diese Flugplätze je nach Geschäftsmodell, Betriebsart, Größe und Qualifikation sehr individuell zu betrachten sind, lassen sich die Sicherheitskonzepte der großen Verkehrsflughäfen nicht übertragen. Durch die Entwicklung eines Mastersicherheitsplanes, der an den individuellen Bedarf eines jeden Flugplatzes angepasst wird, kann ein Kompetenzzentrum mit europäischem Charakter geschaffen werden. Schwerpunkt des Masterplanes ist nicht die Hochrüstung mit moderner Sicherheitstechnik, sondern die Umsetzung sicherheitssteigernder, wirtschaftsfreundlicher Konzepte, die eine gleichermaßen hohe Akzeptanz bei Luftfahrern, Unternehmen und Behörden und Organisationen für Sicherheitsaufgaben (BOS) genießen.

*Schritt 2: Erweiterung des Kompetenzzentrums auf den Mischverkehr zwischen Verkehrslandeplätzen und Verkehrsflughäfen*

Die aktuellen Fragen der Luftsicherheit drehen sich um den landseitigen Zugang der Verkehrsflughäfen. Kleinflugzeuge können jedoch von ungesicherten Landeplätzen starten und unkontrolliert in den Sicherheitsbereich vieler Verkehrsflughäfen gelangen.

Die europäische Businessaviation entwickelt sich nach einer aktuellen Studie von Eurocontrol mit größeren Wachstumsraten als die Großluftfahrt. Insbesondere durch die neue Luftfahrzeugkategorie der Very Light Jets könnte eine Welle auf die Flughäfen zurollen, auf die man bisher nicht ausreichend vorbereitet ist. Neue Geschäftsmodelle zum gewerblichen Betrieb dieser Luftfahrzeuge beinhalten einen zunehmenden Mischverkehr bei gleichzeitiger Anonymisierung des Passagiers. Dadurch öffnen sich neue Schnittstellen zwischen den Verkehrslandeplätzen der General Aviation und den Verkehrsflughäfen der Großluftfahrt. Die Sicherheitslücken können nur gemeinsam und in enger Abstimmung zwischen den unterschiedlichen Bedarfsträgern geschlossen werden. Das Luftsicherheitszentrum kann auch zu diesem Thema Modellcharakter übernehmen.

*Schritt 3: Luftsicherheitszentrum als Dienstleister für Großluftfahrt*

Um in der dritten Ausbaustufe Dienstleistungen für Großflugplätze anbieten zu können, sind weder große Luftfahrzeuge noch große Passagierströme erforderlich. Im Gegenteil lässt sich der überwiegende Teil möglicher Aufgabenstellungen nur außerhalb eines Verkehrsflughafens lösen. Diese unterliegen hinsichtlich der Luftsicherheit zahlreichen gesetzlichen Anforderungen. Die Erprobung neuer Technologien und Prozesse ist schwierig, da die vorhandene Technik nicht im laufenden Betrieb durch Versuchstechnik ersetzt werden kann, ohne gegen gesetzliche Auflagen zu verstoßen. Jeder zusätzlich zu Versuchszwecken eingeführte Kontrollaufwand würde jedoch die Betriebsabläufe verlangsamen. Andere Aufgabenstellungen im Rahmen von Simulation, Zertifizierung, Forschung und Training würden von vornherein nicht in das Geschäftsmodell eines Verkehrsflughafens passen.

Ein Verkehrslandeplatz unterliegt geringeren gesetzlichen Anforderungen und hat daher einen größeren Spielraum für die Erprobung neuer Technologien und Verfahren. Größere Passagierströme lassen sich bei Bedarf, z. B. durch die Einbindung von Studenten der beteiligten Hochschulen, beliebig simulieren. Für den kleinen Rest an Aufgabenstellungen, die wiederum nur auf einem Großflughafen darstellbar sind, wird die Kooperation z. B. mit Frankfurt, München oder Berlin angestrebt.

### **Wirkungen und Effekte**

Das Projekt wurde am 19.09.2007 im Rahmen eines parlamentarischen Tages in Brüssel vor EU-Kommissar, Herrn Verheugen, vorgestellt. Zum Projekt wurde ein Gutachten erstellt zum Thema „Rahmenbedingungen, Anforderungen, Chancen und Risiken zur Einrichtung eines Sicherheitszentrums am Verkehrslandeplatz Schönhagen“, welches als Grundlage für die weitere Projektentwicklung bis hin zur Umsetzung in die Praxis dient. Hierbei ist die Schaffung eines nationalen Konsens aller Stakeholder als auch der Behörden Voraussetzung, um die Einbettung in nationale und europäische Strukturen vorzubereiten.

Das hierbei durchzuführende Innovationsforum, das vom BMBF gefördert und im Februar 2008 gestartet wird, ist ebenfalls ein weiterer Schritt zur Umsetzung des Projektes.

Aus o. g. Projekt ist die Gründung eines Joint Lab industries und eines Joint Lab research in Vorbereitung.

Die Arbeit im Netzwerk wird auch 2008/2009 kontinuierlich auf der Grundlage von Eigenfinanzierung (Phase IV) fortgesetzt.

#### 4. Kooperationspartner des OUT e.V.

##### Gewerbliche Unternehmen und externe Industrieforschungseinrichtungen

Standort: Innovationspark Wuhlheide Köpenicker Str. 325, 12555 Berlin	Standort: WISTA Berlin-Adlershof Rudower Chaussee, 12489 Berlin
EPIGAP Optoelektronik GmbH FEE Berlin / Brandenburg e.V. GESIMAT GmbH GUT Analytik GmbH micro resist technology mbH OSA Opto Light GmbH CrysTec GmbH fm-one management services gmbh GERCID GmbH HFC GmbH	Plasmetrex GmbH Dr. Kieburg GmbH Fischer Scientific GmbH Gfal e.V. SENTECH Instruments GmbH IOM GmbH IfG – Institut für Gerätebau GmbH Institut für angewandte Photonik e.V. (IAP) CRYSTAL Photonics GmbH IUT GmbH
Standort: Berlin-Oberschöneweide Ostendstraße, 12459 Berlin	Andere Standorte Berlin
CryLas GmbH G.E.R.U.S. mbH infrared & intelligent sensors ( <i>iris</i> -GmbH) Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH Präzima GmbH SAMSUNG - European Research Center Silicon Sensor GmbH	<i>ANDUS ELECTRONIC GmbH</i> INNOTECH Holztechnologien GmbH Spreehybrid GmbH Yacoub Automatisierungstechnik Poly-An GmbH AUCOTEAM GmbH Dr. Lippstreu GmbH Condat AG Swissbit Germany AG alpha-board gmbh GESA e.V. BBAA e.V.
Standort Brandenburg	Standort Alte Bundesländer
ATTOMOL GmbH (Lipten) microtech electronic GmbH (Teltow) EMOTEC AG (Hennigsdorf) SeSamBB e.V. (Potsdam)	Signal-Construct GmbH (Niefen-Öschelbronn) Gaskatel GmbH (Kassel) Ing.-Büro Optomet (Oldenburg)

Sensys GmbH (Bad Saarow)	
--------------------------	--

## Nichtgewerbliche Einrichtungen

### Universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen:

1. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
2. Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)
3. FhG für Angewandte Polymerforschung (FhG-IAP)
4. FhG für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (FhG-IZM)
5. Hahn-Meitner-Institut (HMI)
6. Heinrich-Hertz-Institut (HHI)
7. Humboldt-Universität zu Berlin (HUB)
8. Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI)
9. Technische Universität Berlin (TUB)
10. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

### Beratungs- und Förderinstitutionen

1. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Technologie- und Gründerzentren (ADT)
2. Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE)
3. Zukunfts-Agentur Brandenburg
4. Technologiestiftung Innovationsagentur Berlin GmbH (TSB)
5. Verband Innovativer Unternehmen e.V. (VIU)
6. Netzwerk OpTecBB
7. Gesellschaft zur Förderung von Wissenschaft und Wirtschaft e.V. (GFEW)

### Projektträger

1. Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)
2. EuroNorm GmbH
3. VDI/VDE-IT TZ GmbH
4. Investitionsbank Berlin

## 5. Auftragsforschung

Im Ergebnis der durch die FuE-Projekte erworbenen Kompetenzen wurde eine Vielzahl von Forschungsarbeiten im Auftrag kleiner und mittelständischer Unternehmen erfolgreich durchgeführt und damit ein wichtiger Beitrag zum effizienten Technologietransfer von FuE-Ergebnissen sowie zur Erzielung von indirekten Umsätzen geleistet; gleichzeitig wurde dadurch den Anforderungen der Zuwendungsgeber sowie der entsprechenden Förderprogramme bzgl. der Verwertung und Vermarktung von FuE-Ergebnissen Rechnung getragen.

Darüber hinaus wurden dadurch in erheblichem Maße direkte Umsätze generiert, die zur Kofinanzierung der FuE-Projekte eingesetzt wurden.

Wiederum ist es gelungen, mehrere Forschungsaufträge mit einem Wertvolumen zwischen 50 T € und 120 T € zu akquirieren:

Die Auftraggeber waren im wesentlichen Partner der vom OUT e.V. getragenen Netzwerke.

## 6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse

Die Gestaltung und der Ausbau eines eigenständigen und anspruchsvollen wissenschaftlichen Lebens standen stets im Mittelpunkt der gesamten Tätigkeit; Grundlage dafür waren vor allem die im OUT e.V. bearbeiteten Forschungsprojekte und die damit verbundenen Verteidigungen von Projektanträgen, von Zwischen- und Abschlußberichten sowie die Durchführung von Symposien und ähnlichen wissenschaftlichen Veranstaltungen.

Kooperationswilligkeit und -fähigkeit aller Beteiligten haben dazu geführt, dass sich eine enge Zusammenarbeit und ein intensiver Erfahrungs- und Gedankenaustausch zwischen Wissenschaftlern des OUT e.V. und einer Vielzahl von Wissenschaftlern und Mitarbeitern universitärer und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen sowie einer Vielzahl von kleinen und mittelständischen Unternehmen in der Region Berlin-Brandenburg entwickelt haben, die immer wieder zu neuen Ideen und innovativen Resultaten geführt haben. Dadurch wurden günstige Voraussetzungen geschaffen, um im Rahmen von Kooperations- und Verbundprojekten das hohe Niveau der Forschungstätigkeit im OUT e.V. zu gewährleisten. Darüber hinaus ist es gelungen, die Kooperationsbeziehungen auf den gesamten Berliner und Brandenburger Raum und darüber hinaus auszudehnen.

In bewährter Weise wurden dem wissenschaftlichen Beirat des OUT e.V. wissenschaftlich interessante Aufgabenstellungen und innovative Ideen zur Begutachtung vorgestellt und gemeinsam mit dem Vorstand in engem Kontakt zu kompetenten Forschungseinrichtungen sowie Projektträgern zur Realisierung empfohlen.

Es gibt eine Vielzahl von Kontakten zu Wissenschaftlern und wissenschaftlichen Institutionen sowie leistungsfähigen Wirtschaftspartnern im Berlin-Brandenburger Raum und darüber hinaus.

Gleichermaßen intensiv sind die Kontakte zu Institutionen der Forschungs- und Technologieförderung, zu Projektträgern von Bundesministerien und des Landes Berlin sowie zu Dienststellen und Einrichtungen des Berliner Senats.



Die enge Zusammenarbeit mit Berliner und Brandenburger Universitäten und Fachhochschulen sowie mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen förderte in starkem Maße den Einstieg in gemeinsame Kooperationsprojekte. Insbesondere hat sich die Tätigkeit im Rahmen der NEMO-Netzwerke „Optoelektronik in der Biotechnologie“ und „Tunnelsicherheit“, deren Träger der OUT e.V. ist, sowie im Rahmen des Netzwerkes „Sicherheitsmonitoring“ förderlich auf die Entwicklung der Kooperationsbeziehungen, das wissenschaftliche Niveau der Forschungstätigkeit sowie die Praxisnähe der Forschungsprojekte ausgewirkt.

Vielfach haben Wissenschaftler des OUT e.V. an wissenschaftlichen Veranstaltungen, Seminaren, Workshops, Messen und Ausstellungen teilgenommen und sind dort auch aktiv aufgetreten (s. u.).

Der OUT e.V. führte erfolgreich zu nachfolgenden Themen für seine Mitarbeiter, Mitglieder und interessierte Gäste verschiedene wissenschaftliche Veranstaltungen durch:

*Internes Seminar:* „Generationswechsel für mehr Helligkeit durch Dünnfilmtechnologie bei LEDs“, 15.03.2006

*Internes Seminar:* „TOF-Matrix-Sensoren“, 31.10.2006

Beeindruckende Beiträge wurden im wissenschaftspolitischen Bereich geleistet. Der OUT e.V. hat aktiv an der Erarbeitung von Konzeptionen zur Gestaltung der Wissenschaftslandschaft in Berlin beigetragen. Insbesondere betrifft das die Tätigkeit im Rahmen der Forschungs- und Technologiestelle des OUT e.V. sowie die Mitwirkung in einer Reihe von technologieorientierten Netzwerken, insbesondere im Rahmen der Netzwerke „Intelligente Messsysteme“ sowie „Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring – nesis“, dessen Netzwerkmanagement vom OUT e.V. durchgeführt wird.

## **Wichtige Ereignisse**

### **2006**

- 19.01. Erstes erteiltes Patent 102 21 823: Vorrichtung zur Messung der Höhe des Flüssigkeitsniveaus und des Verunreinigungsgrades von Wassern und anderen transparenten Flüssigkeiten, Erfinder: Prof. Klose, St. Galler, Dr. M. Blaschke, Dr. H. Dittmann
- 22.02. Sechste erfolgreiche Evaluierung des OUT e.V. durch das BMWi und die EuroNorm GmbH im Rahmen des Förderprogramms INNO-WATT, Dr. H. Dittmann
- 24.02. Abschlussveranstaltung des NEMO Projektes „Präsymptomatische Tumordiagnostik“ an der FH Lausitz, Dr. H. Dittmann / Dipl.-Ing. A. Klampfl
- 02.03. BIK-Kolloquium „Stärkung der Basis kleiner und mittlerer technologieorientierter Unternehmen für einen erfolgreichen Strukturwandel in Deutschland“, Innovationspark Wuhlheide, Dr. H. Dittmann

- 01.-07.03. Gemeinsame Wissenschaftliche Forschungsarbeiten zur „Struktur von magnetrongesputterten WS<sub>x</sub> – Schichten“ im Institut HASYLAB in Hamburg mit dem Hahn-Meitner-Institut, Dipl.-Phys. R. Mientus
- 22.03.2006 Netzwerktreffen „nesis“ NEMO-Ideenschmiede und 11. Partner-Meeting in der Fa. Target in Solingen, Dr. A. Mahlkow
- 30.03. Beratung zukünftiger Kooperationen des OUT e.V. mit der HERAEUS AG zu speziellen HL-LED-Modulen, Dr. A. Mahlkow
- 05.04. Vorstandssitzung / Sitzung des Forschungsbeirates – Aktuelle Forschungsstrategien, OUT e.V. Mitgliederversammlung, Vorbereitung des 15. Jubiläums des OUT e.V.
- 31.05. NEMO-Tag BMWi Erfahrungsaustausch, Europäische Netzwerke, Markterfolge „im park inn“, Vortrag: Dr. H. Dittmann
- Mai Erscheinen des 6. Forschungsberichtes (2004/2005)
- 01.06. 13. Innovationstag Mittelstand 2006 in der AiF Berlin Leistungsschau, Dr. A. Mahlkow, Dr. H. Dittmann, Dr. W. Wagner, Dipl.-Inf. P. Lüdders
- 13.06. 10. Firmenjubiläum Mitgliedsunternehmen PolyAn GmbH, Bln. Weißensee, Dr. H. Dittmann, A. Klampfl
- 15.06. 15. Firmenjubiläum Aucoteam GmbH, Dr. H. Dittmann
- 21.06. 15. OUT e.V.-Jubiläum im Manfred von Ardenne-Zentrum im Innovationspark Wuhlheide in Berlin, Wissenschaftliches Kolloquium, Feierlicher Teil, alle Mitarbeiter/Mitglieder des OUT e.V.
- 18.-22.06. 6th International Conferenz on Coating on Glass and Plastics in Dresden, Posterpräsentation: Comparison of the Carrier Transport in Degenerately Doped Zinc Oxide and Indium Tin Oxide, Dipl.-Phys. R. Mientus OUT e.V.
- 22.06. Erteilung des Patents 10 2005 020 695: Vorrichtung zur Emission von Strahlung mit einstellbarer Spektraleigenschaft, Erfinder: Dr. P. Rotsch
- 26./27.06. International Workshop : Embedded Systems – Modeling, Technology and Applications, TFH-Berlin/Wildau; Vortrag: Thermal Management in High-Power Opto-Electronics, Dr. A. Mahlkow
- 07.-11. 08. summer school „Adaptive Optics and Microoptics“ in der HU Berlin, Dr. A. Mahlkow
- 23.08. NEMO-OptoBioNet Abschlussverteidigung und Workshop im Manfred von Ardenne Zentrum, RD Dr. Belter BMWi, Dr. Berteit Söstra GmbH, Fr. Bornschein AiF, H. Müller AiF, alle Netzwerkpartner, Dr. Rehak NEMO nesis, NM Dr. H. Dittmann, A. Klampfl
- 28.08. Verbandssitzung VIU e.V. in der Firma Aucoteam, Dr. H. Dittmann

- 10.-15.9. 10. Internat. Conference on Plasma Surface Engineering in Garmisch Partenkirchen, Posterpräsentation Dipl.-Phys. R. Wolf / SENTECH Instruments GmbH "Moisture barrier films deposited on PET by ICPECVD of  $\text{SiN}_x$ ", Posterpräsentation Hahn-Meitner-Institut / Dipl.-Phys. R. Mientus: "Highly textured tungsten disulfide WS 2 absorber layers for thin film solar cells prepared by rapid crystallization of amorphous WS 3 + x films"
- 19.09. Mitgliederversammlung OpTecBB, Wahl des Vorstandes, Strukturelle Neuausrichtung - im Magnushaus, Dr. A. Mahlkow, Dr. W. Rehak
- 3.-6.10. The 4th International Workshop on ZnO and Related Materials, Science Campus University of Giessen, Posterpräsentation Hahn-Meitner-Institut / Dipl.-Phys. R. Mientus: "Carrier Transport in Highly-Doped Oxides: A Comparative Study of Tin-Doped Indium Oxide (ITO), Zinc Oxide (ZnO) and Zinc Magnesium Oxide ( $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O:Al}$ )"
- 25.10. Symposium: Moderne Standardisierungsinfrastrukturen in der Informations- und Kommunikationstechnologie im BMWi Berlin, Dr. A. Mahlkow
- 24.10. Workshop „Light Measurements and the Application of Integrating Spheres“ – Veranstalter Laser 2000 GmbH, Hotel Spreebogen Berlin, Dr. A. Mahlkow
- 25.10. "Berliner Tage der Mikroskopie, Industrie-Endoskopie, Imaging und Digitalen Bildverarbeitung" Veranstalter Olympus Deutschland. GmbH, Niederlassung Berlin, Dr. A. Mahlkow, Dr. W. Wagner, Dipl.-Inf. P. Lüdders
- 25./26.10. Symposium zur Standardisierung in der Informations- u. Kommunikationstechnik BMWi Berlin, Dr. A. Mahlkow, Dr. W. Rehak
- 25./26.10. alpha-board GmbH Workshop und Jubiläumsveranstaltung im Unternehmen, Dr. H. Dittmann
- 27.10. Fokusseminar „Photonische Kristallfasern und Anwendungen“, OpTecBB Seehotel Zeuthen bei Berlin, Dr. W. Rehak, Dr. A. Mahlkow
- 07.11. 18. Verbandstag des VIU e.V., Konferenzzentrum des BMWi, „Finanzierung von FuE, Innovation und Wachstum in KMU“, Mitgliederversammlung, Dr. H. Dittmann
- 09./10.11. BMWi-Jahrestagung 2006 kompetenznetze.de –networking for innovation im BMWi, Dr. H. Dittmann
- 15.11. Charite – Universitätsmedizin Berlin, Institut für Medizinische Physik und Lasermedizin, Campus Benjamin Franklin, Colloquium WS 2006/2007, Vortrag: „Grenzen und Möglichkeiten von LEDs in Wissenschaft und Technik“, Dr. A. Mahlkow

- 21./22.11. 4. Fachtagung mit Fachausstellung: Innovative Beleuchtung mit LED, VDI Kompetenzfeld Optische Technologien; Vortrag: „Thermisches Management“, Dr. A. Mahlkow
- 29.11. Vorstandssitzung, Ordentliche Mitgliederversammlung des OUT e.V., Neuwahl des Vorstandes
- 1.12. Colloquium des optischen Instituts der TU Berlin in der TU, Vortrag: „Oberflächentechnologien“, Dr. A. Mahlkow
- 01./02.12. Networking Days – Netzwerkentwicklung von OpTecBB im Bildungszentrum Erkner, Dr. A. Mahlkow, Dr. W. Rehak
- 11./12.12. Otte-Trainingszentrum in Regensburg Fachforum –Halbleiterlichtquellen, Vortrag: „Thermisches Management“, Dr. A. Mahlkow:
- 19.12. Festkolloquium zur Verleihung des IZM Forschungspreises 2006 auf dem Gebiet der Mikroelektronik, Zitadelle Spandau, Dr. H. Dittmann
- Hj. 2006 Arbeitsgemeinschaft „Solare Materialien“, Mitarbeit des OUT e.V. im Arbeitskreis, vertreten durch Herrn Dipl.-Phys. R. Mientus
- Hj. 2006 Gesellschaft für Kristallzüchtung und Kristallwachstum, Mitarbeit des OUT e.V. im Arbeitskreis, vertreten durch Herrn Dr. P. Rotsch
- Lfd. Mitwirkung im Innovationsnetzwerk „Intelligente Messsysteme“ Netzwerk im Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Berlin – Adlershof (WISTA), vertreten durch Herrn Dr. H. Dittmann
- Hj. 2006 ELMAPS TC 6 Standardisation of LED moduls  
Wissenschaftliche Beratung und Mitarbeit im internationalen Normungsausschuss OUT e.V., vertreten durch Herrn Dr. A. Mahlkow
- 2007**
- 10.01. Überreichung der Siegerurkunde zum Projekt „tusec“ an der 7. NEMO-Ausschreibungsrunde im BMWi, NW-Manager Herr Dipl.-Math. Fr.-J. Lange
- 13./14.02. Posterpräsentation: infopiont auf der 10. Europäischen Polizeikonferenz in Berlin durch Herrn Dr. A. Mahlkow, Dr. H. Dittmann, Vortrag Dr. Rehak Netzwerkmanager ne-sis: “Technical solutions for the support of the task forces at the protection of the European borders”
- 13.02. Tagung des Kompetenzgremiums des NW-TuSec im Manfred von Ardenne Zentrum; Fr.-J. Lange
- 15.02. 7. EU-Forschungsrahmenprogramm – Europa auf dem Weg zur Spitze in Berlin, Dipl.-Ing. A. Klampfl

- 23.03. Mitgliederversammlung der GF<sub>a</sub>I e.V., Berlin Adlershof, A. Klampfl
- 26./27.3. SRC '07 – Europäische Konferenz zur Sicherheitsforschung und Industrieausstellung im Maritim Berlin, Teilnahme und Aussteller mit nesis und TuSec, F.-J. Lange, Dr. H. Rehak, A. Schlosser
- 13.04. Besuch der Tunnelleitzentrale Berlin in Tegel zur Vorbereitung einer Zusammenarbeit mit dem Netzwerk tusec; Dipl.-Math. Fr.-J. Lange; Dr. W. Rehak, Dipl.-Ing. A. Schlosser
- 12.04. HU Berlin, Institut für technische Mathematik Vortrag H. Lüdders: „Vorstellung eines TOF- Sensors zur Aufnahme biometrischer Daten“
- 25.04. Mitgliederversammlung des OUT e.V.
- 24./25.04. 4. Internationaler Fachkongress „Verkehr und Sicherheit in Straßentunneln“-Neue Erkenntnisse für eine sichere Zukunft, Hamburg, F.-J. Lange, Dr. W. Rehak, A. Schlosser
- 03.05. Fokuseminar, „Cultural Heritage“ Optische Methoden zur Kunst- und Kulturgutanalyse, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Institut Berlin, Vortrag Dr. A. Mahlkow: „Der Infopoint-Technologische Basis für Culture Heritage im Innen- und Außenraum“
- 20.-23.05. 5 th International Symposium on Transparent Oxide Thin Films for Electronics and Optics (TOEO-5) in Japan, Posterpräsentation, Dipl.-Phys. R. Mientus
- 01.-09.06. Wissenschaftliche Arbeiten zu „Kristallisation von Wolframsulfid-Schichten auf Nickel“ im HASYLAB Hamburg, Dipl.-Phys. R. Mientus / HMI
- 31.05. Patenterteilung Nr. 199 63 264 Trägermaterial für elektronische Hochleistungs-Bauelemente in SMD-Bauform und ein damit hergestelltes elektronisches Hochleistungs-Bauelement, Dr. A. Mahlkow, W. Eibner
- 05.06. Verband Innovativer Unternehmen e.V. (VIU), Treffen der Berliner Mitgliedsfirmen bei AUCOTEAM mbH, Dr. H. Dittmann
- 13.06. NEMO Tag, BMWi im Tagungs- u. Veranstaltungszentrum Palisa, Kompetenznetze Deutschland, F.-J. Lange, Dr. H. Dittmann
- 14.06. 14.Innovationstag Mittelstand 2007 des BMWi, AiF Berlin, Dr. H. Dittmann, Dr. W. Rehak, Dr. A. Mahlkow, Dipl.-Phys. R. Mientus, Dipl.-Phys. R. Wolf, OUT e.V. /EPIGAP GmbH Aussteller: Transparent Indium tin Oxide (ITO) Electrodes for Light Emitting Diode Based on Al<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub>As
- 04.07. Mitgliederversammlung des IAP e.V. in Berlin Adlershof, Jahresabschluss 2006

- 05.07. LMT Berlin in Dahlem, Projekt-Abschlusspräsentation "Grundlegende Untersuchungen zur Entwicklung von gewerbeoptischen Kombinationsverfahren", Dr. A. Mahlkow
- 30.08. 10 jähriges Jubiläum Fa. Attomol GmbH, Dr. H. Dittmann, A. Klampfl
- 19.09. 2. GESA-Konferenz: "Deutsche Stärken und Schwächen im Bereich Sicherheitsforschung und Entwicklung innerhalb Europas" im Europäischen Parlament in Brüssel, Dr. W. Rehak, A. Schlosser
- 24.-25.09. CBRN-E Defence in Madrid, Dr. W. Rehak, A. Schlosser
- 26.-29.09. Internationaler Workshop „Spin- and Optoelectronics“, Berlin Adlershof, HU Berlin, Institut für Physik, Dipl.-Phys. R. Wolf
- 04.10. XFab Erfurt, eingeladener Vortrag "Entwicklung eines 3D-Abstandssensors", Dr. Wagner
- 24.10. Präsentation des Projektes eascSchönhagen auf der Abschlussveranstaltung des Europäischen Projektes PATIN auf dem Flughafen München; Dr. W. Rehak, Dipl.-Ing. A. Schlosser
- 30.10. FhG-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, Symposium „Intelligente Produkte und Umgebungen“
- 30.-31.10. 3. Europäischer Katastrophenschutzkongress, Bonn; Dr. W. Rehak, Dipl.-Ing. A. Schlosser
- 08.11. Aussteller auf dem TechnologietagSchönefeld – Projekt eascSchönhagen; Dr. W. Rehak
- 13.11. Festveranstaltung zum 15-jährigen Jubiläum des VIU e.V. und Mitgliederversammlung, Konferenzzentrum des BMWi, Dr. H. Dittmann
- 22.11. tusec- Workshop "Vorbereitung der Phase 2" im Innovationspart Wuhlheide mit BMWi; Dr. H. Dittmann, Dipl.-Math. Fr.-J. Lange; Dr. W. Rehak, Dipl.-Ing. A. Schlosser
- 27.-29.11. STUVA-Tagung in Köln „Tunnel verbinden“; Dipl.-Math. Fr.-J. Lange
- 28.11. Symposium in Braunschweig zum Thema: Remot Tower Operation; Dr. W. Rehak, Dipl.-Ing. A. Schlosser
- 8.12. OpTecBB, Jahresworkshop von OpTecBB „Networking Days 2007“, Dr. H. Dittmann
- 13.-14.12. 5. Partnermeeting tusec bei Fa. WWBau AG in Zürich: Besuch des Hagerbach Versuchstunnels; Dipl.-Math. Fr.-J. Lange; Dr. W. Rehak, Dipl.-Ing. A. Schlosser



## Öffentliche Verteidigungen und Zwischenverteidigungen von FuE-Projekten und wissenschaftliche Präsentationen

### 2006

- 21.01. Auftakt: Entwicklung von Miniatur-Power-IREDs (mPIRED), BMWi gefördertes Projekt IW060126, PL Dr. A. Mahlkow
- 15.02. Abschlussverteidigung: Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwert-erhaltung, BMWi gefördertes Projekt 360/04, PL Dipl.-Ing. St. Bickert
- Zwischenstopp: Entwicklung eines Sensorchips mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung, BMWi gefördertes Projekt IW041227, PL Dr. W. Wagner
- Zwischenstopp: Entwicklung eines universellen Photonenzählers auf der Basis von APD, BMWi gefördertes Projekt IW041228, PL Dipl.-Ing. B. Apel
- 15.03. Abschlussverteidigung: Optoelektronischer Sensor zur in-situ Bestimmung der Oberflächenspannung, BMWi gefördertes Projekt 397/04, PL Prof. Dr. H. Klose
- Internes Seminar: Generationswechsel für mehr Helligkeit durch Dünnschichttechnologie bei LEDs, Mitarbeiter, Mitglieder
- 05.04. Auftakt: Operationssonde mit Active Shielding für den Einsatz von PET-Nukliden, BMWi gefördertes Projekt IW060250, PL Dipl.-Ing. N. Heilig
- Auftakt: Laser-Positiv-Negativ-Retusche; Entwicklung eines Verfahrens zum Materialauf- und -abtrag, BMWi gefördertes Projekt PRO INNO II – KF 0005905CK5, PL Dipl.-Ing. A. Michel
- 26.04. Zwischenstopp: Untersuchungen zur elektrischen Kontaktierung und optischen Vergütung von Hochleistungs-Frontemitter-LED mit TCO, BMWi gefördertes Projekt PRO INNO II – KF 0005902DA4, PL Dipl.-Phys. R. Mientus
- 31.05. Abschlussverteidigung: Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten, BMWi gefördertes Projekt 1179/03, PL Dipl.-Phys. R. Wolf
- 21.06. Wissenschaftliches Kolloquium zum 15. OUT e.V. Jubiläum: Fachvorträge: Entwicklung SiN<sub>x</sub>-ICPECVD-Abscheidungsverfahren bei T 100°C, Dipl.-Phys. R. Wolf, Thermomanagement bei der Entwicklung und Optimierung von HL-LED, Dr. A. Mahlkow
- 28.06. Abschlussverteidigung: Entwicklung eines universellen Photonenzählers auf der Basis von APD, BMWi gefördertes Projekt IW041228, PL Dipl.-Ing. B. Apel

Auftakt: Entwicklung einer Low-Energy-3D-TOF-Pixel-Architektur (LENA), BMWi gefördertes Projekt IW060127, PL Dr. W. Wagner

31.10. Auftakt: MikroSingle / Entwicklung hochsensitiver Schichten, BMWi gefördertes Projekt PRO INNO II – KF 0005906DA6, PL Dipl.-Phys. R. Mientus

Internes Seminar: „TOF-Matrix-Sensoren“, Mitarbeiter, Mitglieder, Interessenten

12.12. Abschlussverteidigung: Untersuchungen zur elektrischen Kontaktierung und optischen Vergütung von Hochleistungs-Frontemitter-LED mit TCO, BMWi gefördertes Projekt PRO INNO II – KF 0005902DA4, PL Dipl.-Phys. R. Mientus

## 2007

15.01. Auftakt: Infopoint / Energieautarkie und Darstellung, BMWi gefördertes Projekt PRO INNO II – KF 0005907WM6, PL Dipl.-Ing. K. Szuszinski, Dr. A. Mahlkow

Auftakt: Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Sprengstoffen und Waffen bei der Personenkontrolle, BMWi gefördertes Projekt IW070161, PL Dr. Gerd Arnold

23.02. Zwischenstopp: Entwicklung von Miniatur-Power-IREDS (mRIRED), BMWi gefördertes Projekt IW060126, PL Dr. A. Mahlkow

Zwischenstopp: Entwicklung einer Low-Energy-3D-TOF-Pixel-Architektur (LENA) BMWi gefördertes Projekt IW060127, PL Dr. W. Wagner

Zwischenstopp: Operationssonde mit Active Shielding für den Einsatz von PET-Nukliden BMWi gefördertes Projekt IW060250, PL Dipl.-Ing. N. Heilig

01.04. Auftakt: Gesichtserkennung mit Hilfe von 3D-Sensoren (HumanFace) BMWi gefördertes Projekt IW072030, PL Dipl.-Inf. P. Lüdders

12.09. Abschlussverteidigung: Entwicklung eines Sensorchips mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung, BMWi gefördertes Projekt IW041227, PL Dr. W. Wagner

Abschlussverteidigung: Entwicklung von Miniatur-Power-IREDS (mRIRED), BMWi gefördertes Projekt IW060126, PL Dr. A. Mahlkow

Zwischenstopp: Gesichtserkennung mit Hilfe von 3D-Sensoren (Human-Face), BMWi gefördertes Projekt IW072030, PL Dipl.-Ing. P. Lüdders

## Wissenschaftliche Publikationen

### 2006

Ellmer, K.; Seeger, S.; Sieber, I.; Bohne, W.; Röhrich, J., Strub, E., Mientus, R.: *Reactive magnetron sputtering of highly (001)-textured WS<sub>2-x</sub> films: Influence of Ne+, Ar+ and Xe+ ion bombardment on the film growth*. Physica Status Solidi A 203 (2006), p. 497-503

Ellmer, K.; Seeger, S.; Mientus, R.: *Rapid crystallization of WS<sub>2</sub> films assisted by a thin nickel layer: An in situ energy-dispersive X-ray diffraction study*. Physica Status Solidi A 203. Nr. 10 (2006), p. 2457-2462

## 2007

Mahlkow, A.: *Leistungs-LED, Modellierung des Wärmeflusses in einer LED*. 03/07 Elektronik Fachzeitschrift für industrielle Anwender und Entwickler 03/07, S. 58-64

Weiß, V.; Seeger, S.; Ellmer, K.; Mientus, R.: *Reactive magnetron sputtering of tungsten disulfide (WS<sub>2-x</sub>) films: Influence of deposition parameters on texture, microstructure, and stoichiometry*. Journal of Applied Physics 101 (2007), p. 103502/1-9

## Patentschriften

### 2006

- 19.01.       Anmeldung 102 21 823: Vorrichtung zur Messung der Höhe des Flüssigkeitsniveaus und des Verunreinigungsgrades von Wassern und transparenten Flüssigkeiten, Prof. Dr. H. Klose
- 10.02.       Anmeldung 10 2006 005 231.5: Entfernungsbestimmung, vorzugsweise zur Sichtweitenbestimmung, Prof. Dr. H. Klose
- 14.06.       Anmeldung 10 2006 029 025.9: Vorrichtung und Verfahren zur Abstandsmessung, Dr. W. Wagner
- 22.06.       Patenterteilung Nr. 10 2005 020 695: Vorrichtung zur Emission von Strahlung mit einstellbarer Spektraleigenschaft, Dr. P. Rotsch

### 2007

- 31.05.       Patenterteilung: 199 63 264, Trägermaterial für elektronische Hochleistungs-Bauelemente in SMD-Bauform und ein damit hergestelltes elektronisches Hochleistungs-Bauelement, Dr. Mahlkow, H. Eibner

## Lehrveranstaltungen an der TU Berlin

Vorlesungen: Technische Optik Teil A und B

Wahlpflichtfach: Grundstudium Physik, Dr. Mahlkow

Thema: „Mikrosystemtechnik“ für internationale Studenten Master of Science in Optics

## Betreuung von Praktikanten

Dr. A. Mahlkow: Praktikantenbetreuung Daniela Neumann, TU Berlin, 02/06 bis 06/06, Schwerpunkt: Vermessung optoelektronischer Bauelemente an Spezialmesstechnik und Programmierarbeiten am LAB-View

Dipl.-Phys. R. Mientus: Praktikantenbetreuung Markus Niemeyer, Danilo Garbe, TU Berlin, 06/06 bis 12/06, Schwerpunkt: Vermessung optoelektronischer Bauelemente an Spezialmesstechnik

Dr. A. Mahlkow: Praktikantenbetreuung Daniela Neumann, TU Berlin, 03/07 bis 12/07, Schwerpunkt: Vermessung optoelektronischer Bauelemente an Spezialmesstechnik und Programmierarbeiten am LAB-View

Dipl.-Phys. R. Mientus: Praktikantenbetreuung Danilo Garbe, 01/07bis 06/07, TU Berlin, Elisabeth Reck, HU Berlin, 04/07 bis 07/07 Schwerpunkt: Vermessung optoelektronischer Bauelemente an Spezialmesstechnik

## 7. Mittel des OUT e.V.

### 7.1 Einnahmen

Der OUT e.V. finanziert sich aus Fördermitteln, Einnahmen aus dem wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb (Beratungs- und Dienstleistungen) sowie dem Zweckbetrieb (Auftragsforschung), aus Mitgliedsbeiträgen und aus Spenden.

Der OUT e.V. betreibt seine Forschungstätigkeit ohne institutionelle Grundfinanzierung durch das Land Berlin oder den Bund.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die jährlichen Einnahmen (in EUR) des OUT e.V. für den Zeitraum von 2004 – 2008:

<b>Einnahmen des OUT e.V.</b>					
	<b>2004 (T€)</b>	<b>2005 (T€)</b>	<b>2006 (T€)</b>	<b>2007 (T€)</b>	<b>2008 (T€)*</b>
Fördermittel	686	518	458	660	1084
Umsatzerlö-	478	447	357	606	764
Sonstige **)	25	18	10	16	20
<b>Gesamt</b>	<b>1.189</b>	<b>983</b>	<b>825</b>	<b>1.282</b>	<b>1.868</b>

\*) Planzahlen

\*\*)) einschließlich Beiträgen und Spenden

### 7.2 Geräteausrüstung

Der OUT e.V. verfügt über eine umfangreiche Geräteausrüstung - darunter umfangreiche spezielle Messtechnik; u. a. stehen folgende Geräte (Anschaffungswert > 5.000 €) zur Verfügung:

Gerätebezeichnung	Hersteller	Anschaffungswert (in €)
Cary Spektralphotometer	Varian GmbH Darmstadt	49.084
UNI-Prüfmaschine Shimadzu	Shimadzu Europa GmbH Duisburg	86.920
HPLC/GPC-Messplatz	Knauer Wiss. Gerätebau Ber- lin	37.345
Optisch-mechanischer Auf- bau	div.	76.267
Tencor Alpha-Step 200	TENCOR Instruments GmbH München	40.889
Optischer Spektrums- analysator Spectro 320	Instrument Systems GmbH München	44.046
Automatischer Vielfach- sondentaster AVT 110	Vagatherm Anlagentechnik GmbH	16.117
Kennlinienmessplatz	FEST Elektronik GmbH	21.618
HF-Generator LPGL	SenVac GmbH	20.027
Picoamperemeter	AET GmbH / Hewlett Packard GmbH	17.792
Präzisions-Lock in- Verstärker	EG&G GmbH	5.410
Digitales Kapazitäts- messgerät	Analog Digital Elektronik GmbH	7.351
Steuereinheit	MKS Instr. GmbH	7.750
Absolutdruckaufnehmer	MKS Instr. GmbH	5.786
Plasmadiagnosesystem Hercules	Adolf-Slaby-Institut Berlin	29.105
Monochromatisches Be- leuchtungssystem	AET GmbH	11.466
Quasistatisches VC-Meter	Keithley Instr. GmbH	11.990
Breitband-HF-Generator	Dressler HF Technik GmbH	6.936
LISSY-Universal Liquid Handling System	ZINSSER ANALYTIC GmbH	50.413
Kalibrierstandard Mod. OL- 220M	OPTE-E-MA Engineering GmbH	6.880
LIGA-Mikrospektrometer System VIS 850 / NIR 1900	STEAG microParts GmbH	6.223
IBS PT Profiline 300	I-B-S GmbH	9.244
Berührungsloses Waferdickenmessgerät E+H MX 301	John P. Kummer GmbH	8.990

LED-High-Speed Test-u. Messsystem OL 770 UV-VIS/G	OPTE-E-MA Engineering GmbH	33.367
Kernstrahlungsmessplatz CI 84-0632	CANBERRA Eurisys GmbH	12.760
OL770 VIS-NIR CCD High Speed Spektorradiometer	OPTE-E-MA Engineering GmbH	20.052
Wärmebildkamera InfraSightPlus	Optris GmbH	27.538
Stereo-Zoom-Mikroskop SMC4	Mikroskop Technik Rathenow GmbH	11.150

Durch diese Investitionen wurde eine moderne Gerätebasis geschaffen, die eine solide Grundausstattung für die Bearbeitung aller Projekte und Forschungsaufträge sowie für die Realisierung von Dienstleistungen darstellt.

## 8. OUT e.V. auf einen Blick

Jahresscheibe	2004	2005	2006	2007	2008 *
<b>Einnahmen (in T€)</b>	<b>1.189</b>	<b>984</b>	<b>825</b>	<b>1.282</b>	<b>1.868</b>
Umsatzerlöse (in T€)	478	447	357	606	764
<b>Projekte gesamt</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>18</b>
Projekte beendet	6	2	5	3	7
Projekte begonnen	5	2	6	5	7
<b>Natürliche Mitglieder</b>	17	18	16	18	20
<b>Institutionelle Mitglieder</b>	12	13	12	13	14
<b>Zahl Dienstverträge</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>35</b>

\* Planzahlen



2003	2004	2005	2006	2007	2008
					Filterbettreaktoren
					Metrischer Sensor
					Wasserstoffsensor
					TuSec (Phase II)
					Dünnschichttransistor
					Optoelektronischer Sensor
					Gesichtserkennung mit 3D-Sensoren
					TuSec (Phase I)
					Detektion von Sprengstoffen
					Infopoint / Energieautarkie und Darstellung
					MikroSingle / Hochsensitive Schichten
					Low-Energy-3D-TOF-Pixel-Architektur
					Laser-Positiv-Negativ-Retusche
					Operationssonde mit Activ Shielding
					Miniatur-Power-IREDs
					Beschichtungsprozesse mit Flüssigprecursorsen
					HL-Frontemitter-LED
					OptoBioNet / Phase II
					Sensorchip mit Ladungsintegration
					Photonenzählung auf APD-Basis
					In-situ-Bestimmung Oberflächenspannung
					Brunnenwerterhaltung
					OptoBioNet / Phase I
					Si-basierte ICP-Beschichtung von Glassubstraten
					Beleuchtungs-LED
					Alkalielektrolyte
					Charakterisierung PLED
					Trennmembranen
					Laserstrukturierung
					Metallisierungsschicht
					Lasermessung
					Optoel. Entfernungsmessung
					Netzwerk-Projekte
					Nuklearmed. Sonde
					pnÜbergang
					Koop.-Projekte
					Therm. Empfänger
					Abluftfilter
					Einzel-Projekte

## Impressum

### Herausgeber:

Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.  
Köpenicker Str. 325b  
12555 Berlin

### Zusammenstellung und Redaktion:

Dr. Henning Dittmann  
Tel.: (030) 65 76-26 71  
Fax: (030) 65 76 26 72  
e-Mail: dr.dittmann@out-ev.de  
<http://www.out-ev.de>

### Satz und Layout:

????????????????????? Nichelmann  
Tel.: (030) ???? ???? ?

### Auflage:

300 Exemplare

### Redaktionsschluss:

31. Januar 2008