

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

---

**Forschungsbericht 2004/2005**

## Vorwort

Die große Resonanz auf den Jahresbericht 2002/2003 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 2004 bis 2005 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 2004 und 2005 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 Fördereinrichtungen 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, die EuroNorm GmbH und die VDI/VDE IT GmbH, die als Projektträger des BMWi wesentlich zur erfolgreichen Durchführung der Projekte im OUT e.V. beigetragen haben, die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. / Außenstelle Berlin, die Senatsverwaltung für Wirtschaft, Arbeit und Frauen des Landes Berlin 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 technologietransferorientierten 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.

Berlin, Januar 2006

Dr. H. Dittmann  
Vorstandsvorsitzender

## Inhaltsverzeichnis

- 1. Kurzdarstellung des OUT e.V.**
  - 1.1 Vorstand, Geschäftsführung und Wissenschaftlicher Beirat
  - 1.2 Bisherige Entwicklung des OUT e.V.
  - 1.3 Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.
- 2. Übersicht zu den 2004/05 laufenden Projekten im OUT e.V.**
- 3. Wissenschaftliche Projekte im OUT e.V.**
  - 3.1 Einzelprojekte**
    - 3.1.1 Beleuchtungs-LED mit sonnenlichtähnlichem Spektrum
    - 3.1.2 Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten
    - 3.1.3 Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwerterhaltung
    - 3.1.4 Optoelektronischer Sensor zur in-situ-Bestimmung der Oberflächenspannung
    - 3.1.5 Photonen-zählung auf der Basis von APD
    - 3.1.6 Sensorchip mit Ladungsintegration zu 3D-Vermessung
  - 3.2 Kooperationsprojekte**
    - 3.2.1 Entwicklung und Anwendung optoelektronischer Entfernungsmessmethoden
    - 3.2.2 Entwicklung neuer Charakterisierungsmethoden für PLED
    - 3.2.3 Laufzeitverlängerung von Alkalielektrolyten
    - 3.2.4 Elektrische Kontaktierung und optische Vergütung von HL-Frontemitter-LED
    - 3.2.5 Beschichtungsprozesse auf der Basis von Flüssigprecursoren
  - 3.3 Netzwerkprojekte**
    - 3.3.1 Funktionalisierte Trennmembranen
    - 3.3.2 Optoelektronik in der Biotechnologie
- 4. Kooperationspartner des OUT e.V.**
- 5. Auftragsforschung**
- 6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse**
- 7. Mittel des OUT e.V.**
- 8. OUT e.V. auf einen Blick**
- 9. Ausblick**
- 10. Überblick über alle im OUT e.V. bearbeiteten Forschungsprojekte**

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

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

#### **1.1.1 Vorstand**

Dr. Manfred Blaschke  
Dr. Henning Dittmann  
Dr. Adrian Mahlkow  
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: info@out-ev.de

#### **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**

Dr. Andreas Bartetzko  
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 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:

- Mikro / Optoelektronik,
- Biotechnologie und Umweltschutz,
- Mikrosystemtechnik,
- Analytik und Recycling,
- Solartechnik und Sensorik,
- Beschichtungstechnologien,
- Halbleitermesstechnik,
- 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", im Berliner Kompetenzverbund "Mikrosystemtechnik" sowie im Innovationsnetzwerk „Funktionalisierte Trennmembranen“, das auch vom OUT e.V. koordiniert wird, mit. Darüber hinaus ist der OUT e.V. Träger des NEMO-Netzwerkes „Optoelektronik in der Biotechnologie“ (OptoBioNet) und 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 industrienahen 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 65 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 Verfahren 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.
- Materialuntersuchungen für den Denkmalschutz.





2. Übersicht zu den 2004 / 2005 bearbeiteten Projekten im OUT e.V. (ohne Auftragsforschung)

Nr.	Proj.-Nr.	Projekt (Kurzbezeichnung)	Laufzeit	Zuwendungsgeber *	Zuwendung
<b>Einzelprojekte</b>					
1.	225/03	Beleuchtungs-LED mit sonnenlichtähnlichem Spektrum	02/03 – 05/04	BMWi / FSG	131.233
2.	1179/03	Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten	07/03 – 11/05	BMWi / FSG	242.353
3.	360/04	Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwerterhaltung	03/04 - 08/05	BMWi / FSG	142.917
4.	397/04	Optoelektron. Sensor zur in-situ-Bestimmung der Oberflächenspannung	04/04 – 01/06	BMWi / FSG	202.718
5.	IWO 41228	Photonenzählung auf der Basis von APD	07/04 – 05/06	BMWi / EN	179.200
6.	IWO 41227	Sensorchip mit Ladungsintegration zu 3D-Vermessung	07/04 – 05/06	BMWi / EN	160.050
<b>Kooperationsprojekte</b>					
1.	100177	Entwicklung und Anwendung optoelekt. Entfernungsmessmethoden	04/02 – 03/04	Berlin / IBB	81.822
2.	KF 0042215	Entwicklung neuer Charakterisierungsmethoden für PLED	09/02 – 02/04	BMWi / AiF	109.760
3.	KF 0042216	Laufzeitverlängerung von Alkalielektrolyten	01/03 – 06/04	BMWi / AiF	87.710
4.	KF 0005902	Elektr. Kontaktierung u. optische Vergütung von HL-Frontemitter-LED	04/05 – 11/06	BMWi / AiF	122.647
5.	KF 0005904	Beschichtungsprozesse auf der Basis von Flüssigprecursoren	12/05 – 09/07	BMWi / AiF	111.794
<b>Netzwerkprojekte</b>					
1.	16 INO 132	Funktionalisierte Trennmembranen	09/02 – 11/04	BMWi / VDI/VDE	442.917
2.1	000 103 N	Optoelektronik in der Biotechnologie / Phase I	10/03 – 09/04	BMWi / AiF	142.200
2.2	000 103 N	Optoelektronik in der Biotechnologie / Phase II	10/04 - 07/06	BMWi / AiF	157.800
<b>12 Projekte / 2 Netzwerkmanagement-Projekt</b>			<b>02/03 – 11/06</b>	<b>BMWi / IBB</b>	<b>2.315.121</b>

\*: FSG: Fraunhofer Service GmbH    EN: EuroNorm GmbH    AiF: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften    IBB: Investitionsbank Berlin

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

#### 3.1 Einzelprojekte

##### 3.1.1 Beleuchtungs-LED mit sonnenlichtähnlichem Spektrum

(Projektlaufzeit: 01.02.2003 – 31.05.2004)

*Dr. Peter Rotsch, Dr. Adrian Mahlkow, Dipl.-Ing. Rainer Schubert*

#### **Zielstellung:**

Die Zielstellung des Projektes bestand darin, ausgehend von einer Analyse und einem quantitativen mathematischen Modell, das die Emission der zugrundeliegenden LED mit der Absorption und Emission eines oder mehrerer Leuchtstoffe kombiniert, auf der Basis neuer Leuchtstoffe die Farbwiedergabe einer LED auf 95% zu steigern.

Die Erfahrungen des OUT e.V. mit Leistungs-LED und deren Einsatz nutzend, sollte als Anwendungsbeispiel ein derartiges LED-Array als Leuchtmittel für die Mikroskopie in Abstimmung mit einem Mikroskophersteller (Mikroskoptechnik Rathenow GmbH) entwickelt und aufgebaut werden.

Folgende wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele waren im Rahmen des Projektes zu realisieren:

1. Entwicklung und Test eines Modells der Spektralverteilung der Intensität von LED in Kombination mit verschiedenen Leuchtstoffen.
2. Entwicklung und Erprobung einer Versuchsanordnung und eines Messsystems zur schnellen und reproduzierbaren Charakterisierung der Kombination LED-Chip mit Farbstoff und Überprüfung des Modells.
3. Erarbeitung einer Datenbank über die Wechselwirkung der verschiedenen LED-Chips mit den zu untersuchenden Leuchtstoffen.
4. Entwicklung und Erprobung von LED-Mustern mit Leuchtstoffgemischen und Herstellung eines Applikationsmodells.

#### **Ergebnisse:**

Im Projekt wurden wesentliche Aspekte der Entwicklung von LED für Beleuchtungszwecke mit sonnenlichtähnlichem Emissionsspektrum bearbeitet, Prototypen und Demonstratoren erstellt und Lösungsvorschläge für eine Fertigungseinführung erarbeitet. Insbesondere wurden folgende Ergebnisse erreicht:

1. Ein Modell der Spektralverteilung der Intensität von LED sowie ein Algorithmus zur Bestimmung der Eigenschaften einer Lichtquelle aus dem Spektrum wurden erarbeitet und genutzt. Diese Modelle wurden für neue kombinierte Lichtquellen genutzt und experimentell bestätigt.

Es wurden u.a. zehn Farbstoffe analysiert, mit denen der geforderte Spektralbereich abgedeckt werden kann. Die spektrale Emission wurde in Abhängigkeit vom Anregungsspektrum analysiert, und es wurden mathematisch-analytische Modelle aufgestellt. Abbildung 1 zeigt die Emissionsspektren mehrerer Farbstoffe bei einer Anregung mit einer LED ( $\lambda_P = 400 \text{ nm}$ ) im Vergleich.

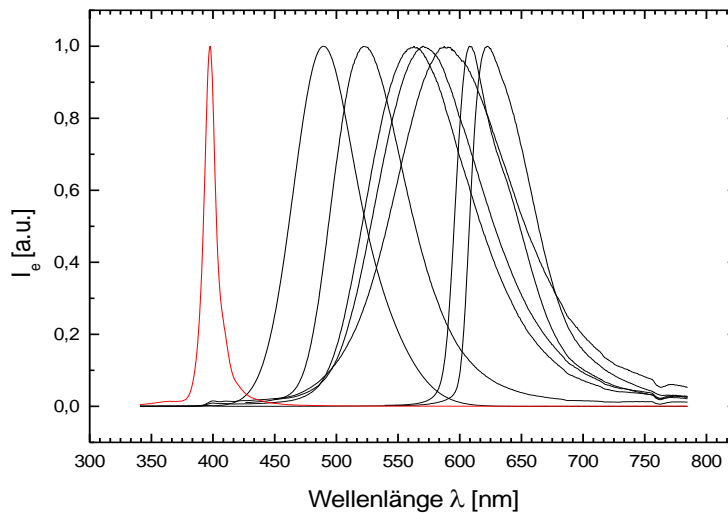


Abb. 1: Normierte Emissionsspektren mehrerer Farbstoffe bei einer Anregung mit einer LED, Peakwellenlänge 405 nm

2. Eine Versuchsanordnung und ein Messsystem zur schnellen und reproduzierbaren Charakterisierung der Kombination LED-Chip mit Farbstoff wurden entwickelt und erprobt.

Die entwickelte Messtechnik zur Charakterisierung der LED umfasst die optischen Systeme zur spektral aufgelösten Messung von Licht / Strahlstärke, Lichtstrom / Leistung und die radiale Abstrahlcharakteristik für den sichtbaren und UV-Bereich (195 – 780 nm). Das System wurde mit Ringversuchen getestet und die Kalibrierung auf absolute radiometrische und photometrische Daten bestätigt. Zur Ansteuerung wurde ein rechnergestützter Kennliniensreiber für 0,01 bis 200 mA mit der Option der Erfassung temperaturabhängiger Diodeneigenschaften aufgebaut. Flankierend wurde ein System zur Charakterisierung der Diodeneigenschaften im Impulsbetrieb (0,2 bis 10 % Einschaltdauer, Generatortaktfrequenz 0,064 bis 8 MHz) erstellt und getestet.

Die Messtechnik wurde bereits während der Projektlaufzeit für die Bearbeitung von messtechnischen Aufgaben (z. B. Vermessung der Unterdrückung des Nebenpeaks der OLS 345) von Kunden eingesetzt.

3. Die Datenbank über die Wechselwirkung der verschiedenen LED-Chips mit den zu untersuchenden Leuchtstoffen wurde erarbeitet und konnte für Simulationen mit den Algorithmen des Punktes 1 genutzt werden. Die Aufnahme neuer Farbstoffe ist unproblematisch und kann mit geringem Zeitaufwand erfolgen.
4. Muster-LED mit Leuchtstoffgemischen wurden entwickelt und charakterisiert. An Mustern konnte ein  $R_a$  von 98 gezeigt werden. Sowohl die Anforderungen an das

thermische Management von Bauelement und Applikation als auch die Lichtqualitäten wurden erfüllt.

Ein Schwerpunkt war z. B. die Analyse der Temperaturverteilung in einer weißen LED. Abbildung 2 zeigt das Berechnungsergebnis einer Finite Element Analyse (FE-Analyse). Ein Ergebnis der Untersuchungen war, dass ein aus thermophysikalischen Eigenschaften - im besonderen der Wärmeleitung - resultierender Einfluss auf das Degradationsverhalten der LED ausgeschlossen werden kann.

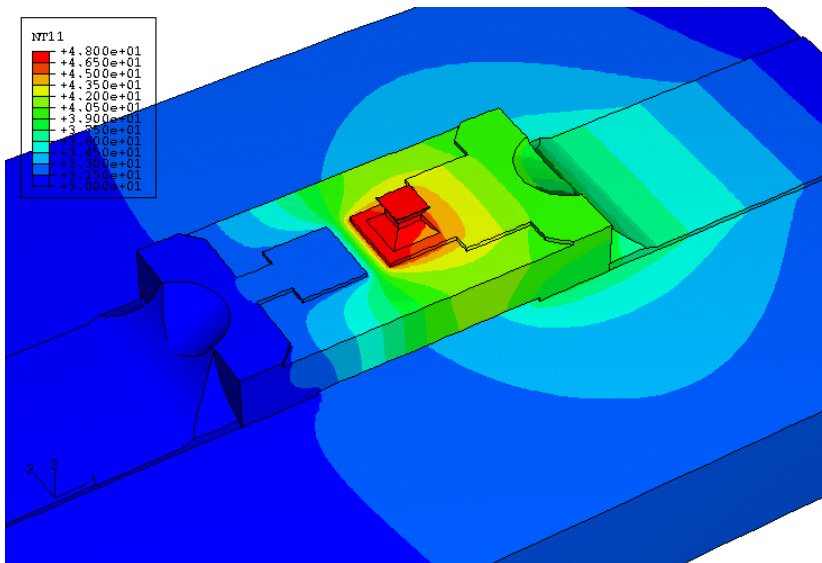


Abb. 2: Ergebnis einer FE-Analyse (die den Chip einhüllenden Epoxidharzschichten wurden nicht dargestellt)

Die Langzeitstabilität der Dioden liegt deutlich über dem internationalen Stand der Technik. Erste Applikationsmuster konnten hergestellt werden, und weitere Module wurden in Zusammenarbeit mit Kunden realisiert.

Ein zusätzlich wichtiger Aspekt war die Erarbeitung eines tieferen Verständnisses für das thermische Verhalten der LED. Dies ist für die Konzeption neuer LED-Layout's für kundenspezifische Applikationen von enormer Bedeutung.

Die gerätetechnische Basis konnte durch die Anschaffung folgender Messtechnik erweitert werden:

- Parallelspektrometer für den Wellenlängenbereich 190 bis 800 nm,
- Goniometer (2 Achsen), Ulbrichtkugel, Vorrichtung zur Bestimmung der Lichtintensität nach CIE-A und CIE-B,
- Impulstestmessplatz,
- Messplatz zur Bestimmung von  $R_{th}$ ,
- Ansteuerelektronik zur Messung von Kennlinien,
- Auswerteprogramme dazu.

Die Ergebnisse zeigen, dass wesentliche Fortschritte bei der Herstellung von Lichtquellen hoher Leistungsumsätze mit dem Lichtkonversionsverfahren erreicht wurden.

Dies ermöglicht es dem OUT e.V., seine Fachkompetenz als Forschungseinrichtung deutlich zu erhöhen und entsprechende FuE- und Dienstleistungen anzubieten.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Die internationale Entwicklung der LED-Technik zeigt, dass die erreichten Ergebnisse den Forderungen des Marktes voll gerecht werden. Nahezu alle bedeutenden LED-Hersteller arbeiten mit erheblichem Aufwand an der Problematik der Herstellung von LED mit hohem Lichtstrom und Farbtemperaturen im Bereich 2900 bis 4500 K.

Der Markt für weiße LED wächst jährlich weiter sehr stark mit mittleren Wachstumsraten des Weltmarktes von 30% und erschließt zunehmend neue Anwendungsgebiete, so dass eine Abschwächung des Wachstums unter 15% nicht erwartet wird.

Ein wesentliches Wachstumssegment ist die Automobilindustrie. Hier finden die europäischen klein- und mittelständischen Unternehmen auf Grund der guten Weltmarktposition europäischer Automobilproduzenten und dem im Automobilbereich verbreiteten und kostensenkend wirkenden Einsatz von Sonderbauelementen einen erfolgreich bearbeitbaren Markt vor. Diese Anwendungen stellen höchste Anforderungen an die Zuverlässigkeit und mittlere Anforderungen an die Lebensdauer (mittlere Nutzungsdauer eines PKW ca. 10 000 h in 15 Jahren), die mit weißen LED besonders gut erfüllbar sind.

Weitere Wachstumsmärkte sind die Medizintechnik und die hochwertige Applikationen in der Konsumgüterindustrie.

Die Ergebnisse der Untersuchungen gestatten die Bereitstellung von Farbstoffgemischen für eine Abdeckung eines weiten Bereiches der Farbtemperatur und des Farb- raumes. Weitere Arbeiten werden sich auf die Verbesserung des Farbwiedergabeindex (CRI) konzentrieren.

Mit den Arbeiten zur Erweiterung der messtechnischen Möglichkeiten ist der OUT e.V. nunmehr in der Lage, die wesentlichen Eigenschaften von LED in einem weiten Bereich zu untersuchen. Die Vorbereitung und Begleitung der Thermosimulation haben die Kompetenzen des OUT e.V. und das Dienstleistungsangebot auf dem Gebiet des Entwurfs thermisch optimierter Anwendungslösungen wesentlich erweitert.

Es werden u.a. folgende Dienstleistungen vom OUT e.V. angeboten:

#### *Bestimmung von Parametern:*

Vermessung der Eigenschaften von LED unter Nutzung der oben beschriebenen Messtechnik und Ausführung von Lebensdaueruntersuchungen.

#### *Überprüfung und Verbesserung von technologischen Prozessen und Anlagen:*

Im besonderen können die Bestimmung von Auskoppelfaktoren, die Bestimmung und der gegenseitige Abgleich von Lichtleistungsmessungen (Strahlungsleistung und Lichtstrom) mit Intensitätsmessungen (Lichtintensität und Leistungsintensität) zur weiteren Optimierung der Fertigungstechnologie eingesetzt werden.

Aus den Messungen sind detaillierte Bauelementeigenschaften ableitbar. Im Rahmen von Beratungen von gemeinsamen Projektteams (z.T. mit einer Design- Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse gemäß der Anforderungen der TS 16949) können daraus Möglichkeiten zu technologischen Verbesserungen und Änderungen an Anlagen und Anlagenkonzepten erarbeitet werden.

### 3.1.2 Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten

(Projektlaufzeit: 01.07.2003 – 30.11.2005)

*Dipl.-Phys. Rainer Wolf, Dr. Gunther Kaden, Dipl.-Phys. Rainald Mientus*

#### **Zielstellung:**

- Entwicklung von Niedertemperatur - ICPECVD – Beschichtungsprozessen auf relevanten Polymer-Substraten, wie Polyimid (belastbar bis 275 °C) als auch Polyester ( $T_{\text{Prozess}} < 125 \text{ °C}$ ).
- Untersuchung und Optimierung der Barrierenwirkung von Niedertemperatur-ICP-SiN gegenüber O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O vor dem Hintergrund, diese Schichten als Verkapselung konkurrierend zur kostenintensiven Gehäusefertigung für OLED einzusetzen.

Ausgangspunkt für das Projekt sind die bisherigen im OUT e.V. erfolgten umfangreichen Untersuchungen zum ICPECVD-Siliziumnitrid, -oxid und -oxynitrid auf Silizium. Diese Beschichtungstechnologie wurde bis zu Prozesstemperaturen von  $< 80 \text{ °C}$  entwickelt. Derartige  $80 \text{ °C}$ -Schichten weisen vergleichbar gute Eigenschaften auf wie PECVD-SiN, die bei  $350 \text{ °C}$  hergestellt werden.

Mit der Ausrichtung des Projektes auf die Entwicklung von ICPECVD-SiN als Niedertemperaturbeschichtungsverfahren auf Polymer-Substraten und als Verkapselungsschicht wird dem stark wachsenden Markt für Dünnschicht-Displays, Solarzellen und TFT's auf Polymer-Substraten Rechnung getragen.

Für den ersten Punkt werden Schichtbildung und Bedeckung auf Polymer-Substraten mit der Vorgabe untersucht, die Prozesstemperaturen an der Polymeroberfläche stets unter deren Glastemperatur zu halten und prozessinduzierte Änderungen in der Polymeroberfläche zu minimieren. Dies ist insofern ein Problem, da aus dem hochdichten ICP-Plasma ein erheblicher Wärmeenergieeintrag erfolgt, der durch eine effektive Kühlung abzuführen ist, um ein Aufschmelzen oder Kriechen des Substratmaterials zu verhindern.

Eine weitere Forderung besteht in der „Justagemöglichkeit“ der Schichtspannung (stress). Flexible Polymersubstrate weisen gegenüber Siliziumwafern einen um Größenordnungen geringeren Elastizitätsmodul auf, so dass geringste Schichtspannungen zu erheblichen Verbiegungen führen. Komplettiert werden die Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften mit der Messung der prozessabhängigen Eindringhärte und des Elastizitätsmoduls.

Bezüglich der elektrischen Eigenschaften werden I-U-Messungen durchgeführt und daraus die Durchbruchfeldstärken bestimmt.

Für den zweiten Punkt stehen die Untersuchung und Optimierung der Barrierenwirkung von ICP-SiN gegenüber O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O im Mittelpunkt, die maßgeblich durch Defekte und Mikroporen beeinflusst wird. Löcher, Einschlüsse, Mikrorisse und die Bedeckung von Substratrauhigkeiten werden mit geeigneten Techniken - wie z. B. AFM und der Calciumspiegelmethode - untersucht.

Im Vergleich zu PECVD-Schichten führt der Einsatz von ICP-SiN auf Polymeren zu einer deutlichen Senkung der Wassertransmissionsrate (WVTR). Glassubstrate als

Träger für OLED mit der Forderung nach Prozesstemperaturen  $<80\text{ }^{\circ}\text{C}$  benötigen hingegen die SiN-Schichten als Endverkapselung.

### Ergebnisse:

- Von den experimentellen Ergebnissen her konnten die guten Eigenschaften der ICP-SiN-Schichten auf Silizium auch für das System ICP-SiN/ Polymer erhalten werden. So sind Beschichtungen empfindlicher Polymere wie PET problemlos möglich.
- Die Einstellbarkeit der Schichtspannung unter Beibehaltung der optischen und elektrischen Eigenschaften wurde erreicht (s. Abb. 3) und überstreicht einen Bereich von  $\sigma \approx -0,9\text{ GPa}$  (Druckspannung/kompressiv) bis  $\sigma \approx +0,1\text{ GPa}$  (Zugspannung/tensil).

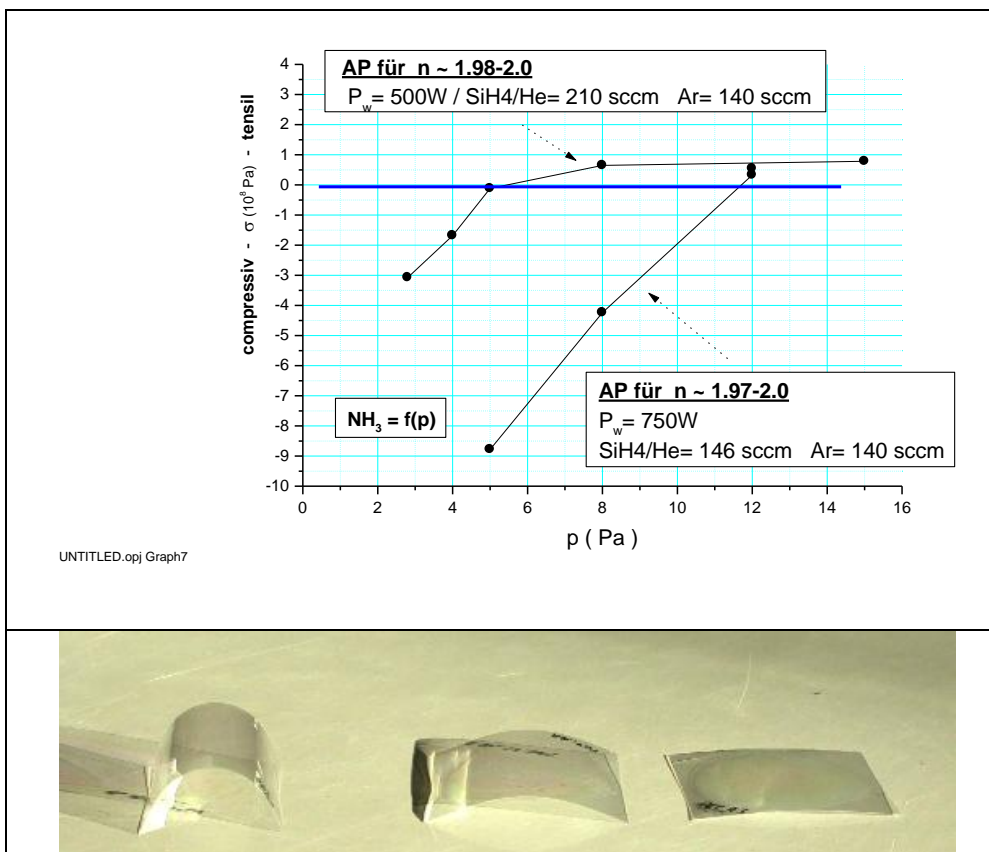


Abb. 3: Einstellung der Schichtspannung bei fixem Brechungsindex von ICP-SiN auf Si von Druck- bis Zugspannung auf Silizium (oben) und entsprechende Einstellung der Schichtspannung einer 400 nm-ICP-SiN-Schicht auf 100  $\mu\text{m}$ -PET-Folie von stark kompressiv bis stressfrei.

- Der Elastizitätsmodul der ICP-SiN-Schichten beträgt  $E_{\text{IT}} \approx 170 - 180\text{ GPa}$  (der Vergleichswert für PECVD-SiN  $\approx 100 - 120\text{ GPa}$ ), die Eindringhärte  $H_{\text{IT}} \approx 19 - 21\text{ GPa}$



(PECVD  $\approx$  10 GPa). Zusammen mit der um den Faktor 5 bis 50 niedrigeren BHF-Ätzrate ist dies ein deutlicher Hinweis auf wesentlich dichtere Schichten im Vergleich zur einfachen PECVD.

- Bezüglich der elektrischen Eigenschaften wurden Durchbruchfeldstärken bis 7 MV/cm gemessen. Die I-U-Messungen zeigen den typischen Poole-Frenkel-Verlauf. Neben „abnormen“ I-U-Verläufen deutet jedoch auch die Ausfallstatistik unter bestimmten Abscheidebedingungen auf komplexere Schichtstrukturen hin, deren Ursache eine zu hohe Wachstumsrate sein kann.
- Die untersuchten Schichtvarianten erwiesen sich als außerordentlich robuste Barriere auf Photolack gegenüber einem Sauerstoffplasma. An keiner beschichteten Variante konnte eine signifikante Unterätzung beobachtet werden. Dabei betragen die geringsten SiN-Schichtdicken nur etwa 15 nm. Dies bedeutet, dass die Nitridschichten außerordentlich dicht sind.
- Für den Einsatz der ICPECVD-SiNx-Schichten in TFT- und OLED-Technologien muss eine Eignung mit der wesentlich empfindlicheren Ca-Spiegelmethode nachgewiesen werden. Dazu wurden umfassende grundlegende Untersuchungen durchgeführt. Bei der Variante ICP-SiN auf Ca-beschichtetem Glas zeigte sich, dass eine Gruppe makroskopischer Defekte Ausgangspunkt der Degradation der Ca-Spiegel ist. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese Defekte bereits vor der Beschichtung durch Anfangsbekeimung des ungeschützten Ca-Spiegels durch Restfeuchte auf dem Transportweg entstehen. Dabei entstehen über dem 100 nm dicken Ca-Spiegel Defektstrukturen mit Höhen größer als 700 nm, die von den 100 nm SiN-Schichten nicht abgedeckt werden konnten. Unabhängig von diesen makroskopischen Defekten zeigen sich aber große Schichtbereiche, in denen keine Degeneration des Ca-Spiegels auftritt.
- In einer zweiten Variante wurde das ICP-SiN zuerst auf ein Polymer aufgebracht und anschließend mit Kalzium beschichtet (Wegfall des Ca-Transportes!). Hier zeigte sich eine deutlich bessere Barrierewirkung im Vergleich zu PECVD-Schichten. Für 400 nm-ICP-SiN-Schichten auf 100  $\mu$ m-PET beträgt die WVTR  $\approx 2 \cdot 10^{-3}$  g/d\*m<sup>2</sup>. Für PECVD-Einzelschichten sind entsprechende Werte um zwei Größenordnungen höher. Die geforderten  $\sim 10^{-6}$  g/d m<sup>2</sup> werden gegenwärtig nur durch Schichtpakete (Wechsel von anorganischen und organischen Schichten) im  $\mu$ m-Bereich realisiert. Eine bessere Barrierewirkung der dabei eingesetzten Einzelschichten führt zu einer geringeren Gesamtschichtdicke.
- Auf OLED-Strukturen wurden nur 100 nm-dicke SiN-Schichten getestet. Der Beschichtungsprozess führte zu keiner Schädigung der Bauelemente, d. h. beschichtete und unbeschichtete OLED unterschieden sich optisch nicht. Die zu geringe Schichtdicke war dann aber als Barriere unzureichend. Hier müssen die oben erwähnten Schichtpakete eingesetzt werden.

### Anwendungsmöglichkeiten:

Mit der Ausrichtung des Projektes auf die Entwicklung von ICPECVD-SiN als Nieder-temperaturbeschichtungsverfahren auf Polymer-Substraten und als Verkapselungsschicht wird dem stark wachsenden Markt für Dünnschicht-Displays, Solarzellen und TFT's auf Polymer-Substraten Rechnung getragen.



Die gewaltige Entwicklung in den Schlüsseltechnologien auf der Anwenderseite macht Prozesstechnologien erforderlich, die kompatibel zu den eingesetzten Materialien sind.

Die Eigenschaften von Polymeren, leicht, nicht brechbar, flexibel und preiswert zu sein, hat zu deren massivem Einsatz in obigen Schlüsseltechnologien beigetragen. Damit ist die maximal erlaubte Temperatur für einen Technologieschritt durch die jeweilige Glas-temperatur des Plastiksubstrates vorgegeben. So erlaubt Polyimid (Kapton) noch Temperaturen bis 275 °C, Polyester dagegen nur noch bis 125 °C. Sollen auch Verkapselungsschichten für OLED-Materialien realisiert werden, so schränkt deren thermische Empfindlichkeit die möglichen Prozesstemperaturen auf den Bereich von 60 bis maximal 80°C ein.

Dieser Markt weist eine dynamische Entwicklung mit einem gewaltigen Potenzial auf, und die lumineszierenden Polymere und Moleküle sind dabei, den Markt zu erobern. Fand man bisher die meisten OLED-Displays auf Ausstellungen, Konferenzen oder in Labors, so halten sie jetzt Einzug in verkaufsfähigen Produkten.

Als Massenmarkt werden kleine einfache Displays gesehen. Sie werden kommerziell erhältlich sein für Telefonzellen, Gameboys und Mikrodisplays.

Weiter beschleunigt wird die Entwicklung von (AM) OLED-Displays durch die Entwicklung neuer organischer Dünnschicht-Transistor-Technologien (TFT's) auf Plastiksubstraten. Dabei wird auf den Plastiksubstraten für die TFT's eine Poly-Siliziumtechnologie entwickelt.

Darüber hinaus werden Technologien entwickelt, um OLED-Displays auf Glas, opaken sowie flexiblen Substraten der nächsten Generationen zu fertigen. Gegenstand der Entwicklungen sind die für displaybasierte Systeme notwendigen Fertigungs-, Systemintegrations- und Aufbautechnologien.

### **3.1.3 Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwerterhaltung**

(Projektlaufzeit: 01.03.2004 – 31.08.2005)

*Dipl.-Chem. Stefan Bickert, Dipl.-Ing. Hans Hensel;*

#### **Zielstellung:**

Bei der Sanierung von kontaminierten Grundwässern wird bei der Auswahl der Sanierungsverfahren neben verfahrenstechnischen Aspekten auch auf die Wirtschaftlichkeit geachtet. Dies hatte in der letzten Zeit zur Folge, dass auch wieder biologische Verfahren zur Grundwassersanierung ausgeschrieben und eingesetzt werden.

Dies führt aber zu dem Problem, dass bei dem Einsatz von Bioreaktoren im gereinigtem Wasser zum Teil hohe Bakterienkonzentrationen zu finden sind. Dies hat keine Auswirkungen, wenn es möglich ist, das Wasser über die Kanalisation zu entsorgen. Doch schon bei der Einleitung in Oberflächengewässer kann die Keimzahl zu hoch sein, da nicht im Gewässer vorkommende Bakterienarten eingetragen werden können. Bei der Wiedereinbringung in den Grundwasserleiter führen diese Bakterienkonzentrationen jedoch zu verschiedensten Problemen. Denn im Versickerungsbrunnen selbst können die Bakterien in einem Biofilm sich vermehren und so die Leistung des Infiltrationsbrunnens herabsetzen. Im ungünstigsten Fall kann sich das Bakterienwachstum durch diese Art von Impfung sogar im dem Brunnen umgebenden Gebirge ausbreiten.

Daher sollen ein Verfahren und eine Vorrichtung entwickelt werden, die den Austrag von stoffabbauenden Bakterien vermindern und damit den Zeitraum der Leistung von Infiltrationsbrunnen verlängern. Hierbei kann auf vorhandene Bioreaktoren, die bei verschiedenen Reinigungen von Wässern schon erfolgreich eingesetzt werden, und auf bekannte Verfahren zur elektrolytischen Desinfektion zurückgegriffen werden.

Darüber hinaus ist eine an diese Aufgabenstellung angepasste Technologie zur Desinfektion zu entwickeln.

Das bei der Altlastensanierung gereinigte Wasser ist so aufzubereiten, dass es ohne Probleme wieder in den Grundwasserleiter infiltriert werden kann. Hierzu sollen die Inhaltsstoffe des Wassers in dem neuartigen und innovativen Bioreaktorsystem mineralisiert werden. Das gereinigte Wasser soll anschließend durch Verwendung einer elektrochemischen Elektrolyseanlage behandelt werden, um die Restkeimbelastung zu minimieren bzw. zu eliminieren.

In Abhängigkeit von der noch vorhandenen mikrobiologischen Belastung im Mischwasserbehälter und des Chloridgehaltes ist die elektrochemische Entkeimungsanlage anzupassen.

#### **Ergebnisse:**

- Entwicklung und Erprobung einer Technologie zur Aufbereitung von Abwasser auf der Grundlage eines Bioreaktorsystems.
- Durchführung und Optimierung der elektrolytischen Desinfektion von biologisch gereinigtem Grundwasser.
- Aufbau einer Pilotanlage auf der Grundlage der Technikumsversuche und erfolgreiche Erprobung am Standort der ehemaligen Haushaltsgeräte-Service-GmbH in Berlin-Oberschöneweide.
- Durchführung einer Kostenabschätzung zur elektrolytischen Wasserbehandlung auf Grund der Technikumsversuche.
- In der Pilotanlage wurde der Nachweis erbracht, dass im Grundwasser vorhandene Stoffe eine Chlorzehrung vornehmen können, so dass die Desinfektion nicht mehr erreicht werden kann. Diese chlorzehrenden Stoffe, die beim Praxistest die Funktion der Desinfektion störten, wurden bestimmt, und das biologische Regime der Grundwassersanierungsanlage wurde so eingestellt, dass der Abbau dieser Stoffe nachgewiesen werden konnte.
- Im Technikumsversuch wurde gezeigt, dass die „mikrobiell bedingte Brunnenalterung“ verzögert werden kann.
- Durchführung eines Praxistests mit dem Ergebnis, dass die Standzeit der Brunnen deutlich verlängert werden konnte.

#### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Mit diesem Projekt wird eine gefestigte Position bei der biologischen Wasserreinigung mit nachgeschalteter Desinfektion auf dem Markt für Umweltschutztechnik angestrebt. Dabei wird das in dem FuE Vorhaben weiterentwickelte Desinfektionssystem herkömmliche Nachteile und Betriebsschwierigkeiten von konventionellen Desinfektionssystemen minimieren. Auf dieser Grundlage entsteht ein langfristig wirksamer Wettbewerbs-

vorteil im Bereich der biologischen Wasserreinigung durch die integrierte Keimreduzierung im Ablauf.

Die Hauptnutzer dieses Verfahrens werden Unternehmen sein, die bei der Altlastensanierung das behandelte Wasser wieder in den Grundwasserleiter infiltrieren müssen, entweder weil keine Kanalisation vorhanden ist, oder weil man im Untergrund einen Spülkreislauf aufbauen will. In der Regel werden jährlich ca. 15 bis 20 Sanierungen ausgeschrieben, die für diese Technik in Frage kommen. In den nächsten Jahren wird die Anzahl dieser Ausschreibungen nicht zurückgehen, da bei Grundstücksverkäufen weiter auf ein Altlastenfreiheit geachtet werden wird.

Für Unternehmen mit Geschäftsbereichen in der Wasser- und Abwasserbranche werden günstige Voraussetzungen geschaffen, um durch die Nutzung der neuen Technologie sowie durch intensive Marketingarbeit einen beträchtlichen nationalen Marktanteil zu erzielen bzw. zu erhöhen.

Zusätzlich wird sich durch die Osterweiterung der EU ein neues Kundenpotential ergeben. Zukünftig wird es auch verstärkt zu Kontakten mit lateinamerikanischen Ländern kommen, die beginnen, ihre Umweltschäden zu sanieren.

### **3.1.4 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. -wandungen 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 den 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 recht 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 ausnahms-

los 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  $10^5$  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.

### **3.1.5 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 Avalanchediolen (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.

**Zwischenergebnisse:**

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.

Im Laufe der Weiterentwicklung des universellen Messplatzes wird auch die USB-Schnittstelle aktiviert, damit für den Anwender eine Version zur Verfügung steht, die keine Eingriffe in den verwendeten Computer notwendig macht.

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 steuern soll.

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.

Abb. 4 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.

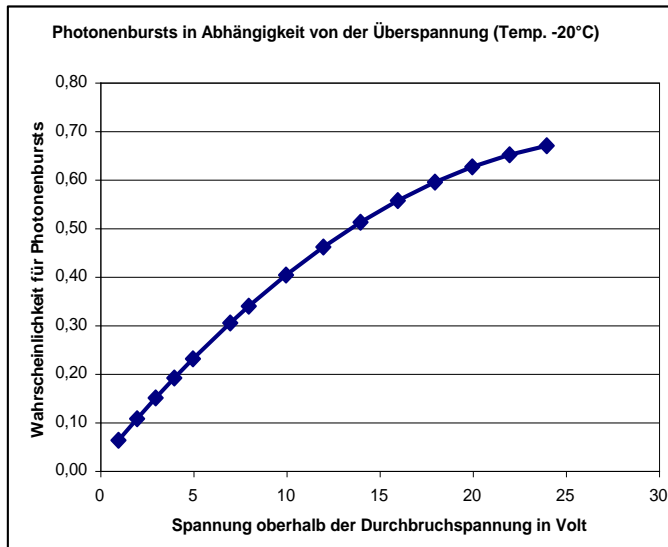


Abb. 4: Photonenbursts als Funktion der Überspannung

Abb. 5 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 Afterpulsung 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 Afterpulsung wie das Rauschen bei einem linearen Verstärker aus. Bei einer Wahrscheinlichkeit für das Afterpulsung von 0.001 ist das Signal/Rauschverhältnis  $S/R=1000$  ein sehr guter Wert.

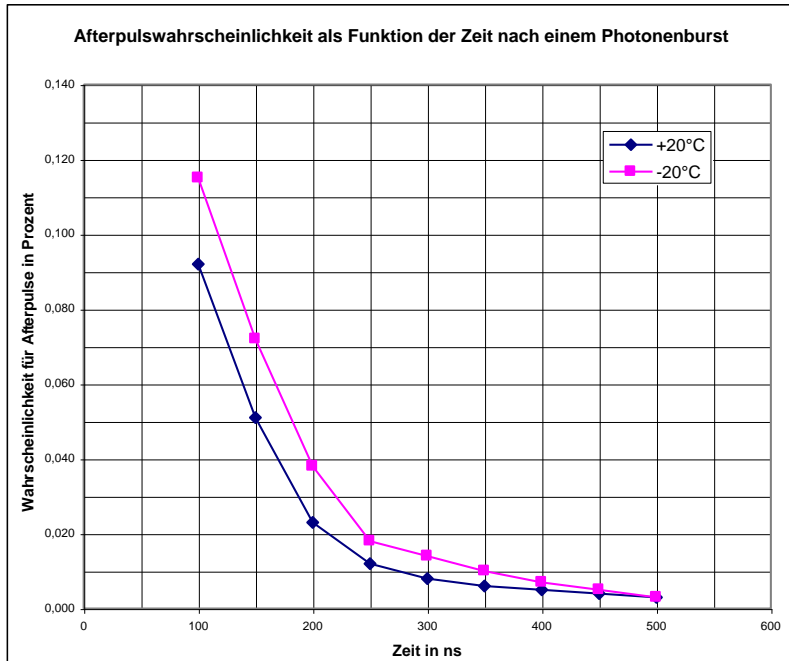


Abb. 5: Wahrscheinlichkeit für Afterbursts als Funktion der Zeit nach einem Photonenburst

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.

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.

#### **Anwendungsmöglichkeiten:**

##### Astronomie/Astrophysik:

Die Photonen-zählung ermöglicht im astronomischen Bereich maximale Reichweiten. Eine beträchtliche Erweiterung der Einsatzmöglichkeit ist bei Verwendung von Avalanche-dioden 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 Photonenzählung 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 Photonenzählung in Verbindung mit der Anwendung von Lasern betrifft z. B. den Einsatz bei der Laser-induced fluorescence (LIF).

Der Einsatz von Avalanchediolen (APD) gegenüber den Photomultipliern (PMT) bei Photonenzählern 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

**3.1.6 Sensorchip mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung**

(Projektlaufzeit: 01.07.2004 – 31.08.2006)

*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 Mess-

fenster, 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 vielmals 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 elektronischen Schaltung für dieses Verfahren und ihrer anschließenden Umsetzung in eine geeignete CMOS-Technologie kommt es daher wesentlich auf die Minimierung der Rauscheigenschaften an.

### **Zwischenergebnisse:**

- Ausarbeitung eines speziellen Messverfahrens für den Sensor.
- Entwicklung einer elektronischen Schaltung, mit der das gewählte Messverfahren realisiert werden kann.
- Nachweis der Funktion der Schaltung durch Simulationsrechnungen.
- Umsetzung der Schaltung in eine geeignete CMOS-Technologie.

### **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.

Es besteht ein erhebliches Potential in neuen aktiven Sensoren, die auf der Basis von Pixelmatrizen zweidimensionale Tiefeninformationen gewinnen können, wie diese im Projekt beschrieben sind. Auf dem Gebiet der Sensoren für den öffentlichen Nahverkehr lässt sich unter Einsatz der im Projekt angestrebten Technologien eine Umsatz-Verdreifachung auf > 14 Mio. € in den nächsten fünf bis sechs Jahren erreichen.

Darüber ist es möglich, neue Anwendungen - insbesondere im bisherigen Bereich der Sicherheitslaserscanner - aufzubauen. Als weitere mögliche Anwendungen werden Facility-Management Systeme (Wartung) und Systeme für die Erste Hilfe gesehen.

Die genannten Technologien der Assistenz treffen im Bereich der Gebäudewartung (Facility Management) auf ein Marktvolumen von etwa 130 Mrd. € in Deutschland.

Für Deutschland kann erst von einem entstehenden Markt ausgegangen werden, der in einem zweistelligen Millionenbereich liegt. Aus dieser Abschätzung lässt sich vorerst eine Einsatzprognose für entsprechende sensorgestützte Assistenz in Höhe eini-

ger Millionen € p. a. in Deutschland ableiten. Das ist typischer Nischenmarkt einer sich neu etablierenden Branche mit einem erheblichen Wachstumspotential.

Eine weitere Anwendung wird auch in der berührungslosen Verschleissinspektion von Oberflächen (z. B. Schienen) gesehen. Dabei sind wesentlich geringere Messabstände mit bedeutend höheren Genauigkeitsanforderungen typisch, die eine Anpassung der Sensorparameter erfordern.

### 3.2 Kooperationsprojekte

#### 3.2.1 Entwicklung und Anwendung optoelektronischer Entfernungsmethoden

(Projektlaufzeit: 01.04.2002 – 31.03.2004)

*Dr. Wilfried Wagner, Dipl.-Ing. Adelheid Klampfl, Dr. Henning Dittmann, Dipl.-Ing. Bernd Apel, Dipl.-Ing. Diane Hänsel*

Das FuE-Vorhaben war Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Entwicklung und Anwendung optoelektronischer Entfernungsmethoden“, das gemeinsam mit der *Infrared & intelligent sensors GmbH (iris-GmbH)* und der *EPIGAP Optoelektronik GmbH* durchgeführt und vom Land Berlin durch die Investitionsbank Berlin (IBB) im Rahmen des „Programms zur Förderung wirtschaftsrelevanter Innovationen“ (Innovationsförderprogramm) gefördert wurde.

#### **Gesamtzielstellung:**

Die Gesamtzielstellung des Kooperationsvorhabens bestand in der Entwicklung eines Sensorprinzips zur Erfassung dreidimensionaler Raumstrukturen für Türraumüberwachung und Fahrgastzählung und zur Verknüpfung mit anderen Informationen.

Der Schwerpunkt des Kooperationsvorhabens bestand darin, neue Ansätze zu finden, die es erlauben, die jeweiligen Spezifika in einer einheitlichen Sensorik herauszuarbeiten und insbesondere die Forderungen an eine Außensensorik zu formulieren und Lösungen zu erarbeiten. Es war eine sichere Objekterkennung bei minimalen Kosten unter allen denkbaren Umgebungsbedingungen (Witterung, Temperatur, Lichtverhältnisse) zu realisieren.

Dabei wurden mehrere Ziele verfolgt. Es wurden die Arbeiten der Projektpartner *iris-GmbH* in Bezug auf Sensoren für den Türraum von Fahrzeugen des öffentlichen Personen-Nahverkehrs (ÖPNV) und die Aktivitäten der *EPIGAP Optoelektronik GmbH* in Bezug auf die Leistungsparameter von Sender und Empfänger theoretisch abgestützt. Andererseits entstand ein Instrument für den Entwurf von optoelektronischen Sensoren, das vielseitig einsetzbar ist.

Bei der Dimensionierung entsprechender optoelektronischer Sensoren waren grundsätzlich zu berücksichtigen: Geometrische Bedingungen (Gesichtsfelder und optische Auflösung), energetische Betrachtungen, Signal-Rauschverhältnis und physikalische Grenzen.

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

Der Anteil des OUT e.V. am Gesamtvorhaben bestand in der Entwicklung eines Modellsystems für optoelektronische Sensoren zur Detektion von Personen bzw. Personenhandlungen im Bereich automatischer Türen.

Wesentlicher Inhalt war die Entwicklung eines Softwaremodells für einen abstandsmessenden optoelektronischen Sensor. Ziel des zu entwickelnden Modells ist die Dimensionierung spezieller optoelektronischer Systeme, die aus einem Sender (Laserdioden, LED) und einem Empfänger (Photodetektor, diskret oder integriert) bestehen.

Der innovative Kern kommt in der Eigenschaft der Erkennung von Grenzbedingungen für die genannte Sensorklasse zum Ausdruck. Dabei waren Empfänger, Sender und reflektierende Flächen in für die konkrete Anwendung notwendige Umgebungsbedingungen einzubetten; d. h. es wurden ebenfalls Programmmodule für die Modellierung von automatischen Türen entworfen. Modelliert wurden verschiedene Bewegungsarten der Türen sowie die Abbildungsverhältnisse nach geometrischen und energetischen Bedingungen für die zu konzipierenden Sensoren.

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

Hauptergebnis des Projektes ist ein Softwarepaket zur Simulation der Sensorwirkungsweise unter realistischen Anwendungsbedingungen. Der Signalverlauf am Sensor bei der Erfassung eines Objektes und gegebenen Eigenschaften dieses Objektes kann berechnet werden.

Wesentlichster Bestandteil des Simulationsprogramms ist eine Energiebilanzgleichung, die die vom Sensor emittierte Energie ins Verhältnis setzt zu der vom Objekt rückgestreuten und im Sensor wieder empfangenen Strahlungsenergie. Dafür müssen die Emitterparameter wie Abstrahlungsleistung, Wellenlänge und Abstrahlungskegel bekannt sein und die Empfängerparameter (Empfindlichkeit, äquivalente Rauschleistung), die je nach Empfängertyp (PIN-Photodiode, Avalanche-Photodiode, CCD-Matrix) stark variieren können. Die optischen Eigenschaften des Objektes - d. h. vor allem die Reflexionskoeffizienten - müssen natürlich auch bekannt sein. Das in Teilen bereits arbeitende Softwareprogramm wurde ursprünglich anhand von MathCad-Arbeitsblättern entwickelt. Ein Teil der Formeln wurde später für eine vereinfachte Anwendung in Form von Excel-Arbeitsblätter dargestellt.

Das eigentliche Softwarepaket wurde in Delphi geschrieben. Es berechnet die im Empfänger ankommende Energie und die daraus resultierenden Signale. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Rauscheigenschaften des Empfängers, die in vielen Fällen die Leistungsgrenze des Sensors bestimmen. Das Programm kann unterschiedliche Messvorgänge simulieren. Das können energetische Messungen sein, die nur qualitative Aussagen über das Vorhandensein eines Objektes im Sensorbereich machen. Es können aber auch Impulslaufzeitmessungen simuliert werden, die den Abstand des Objektes zum Sensor bestimmen. Die Auflösung der Längenmessung hängt dabei empfindlich von den Rauscheigenschaften des einzelnen optischen Detektors ab und bei Matrixempfängern von den Rauscheigenschaften des Gesamtsystems.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Das Modell beschreibt einen optoelektronischen Sensor in einer konkreten Anwendung, d. h. in einer konkreten Einsatzumgebung. Durch einen modularen Ansatz ist es möglich, unterschiedliche Einsatzumgebungen auch für andere Anwendungen in das

Modellsystem zu implementieren. (Im vorliegenden Projekt ist es das Ziel, die Einsatzumgebung automatischer Türen abzubilden.)

Der OUT e.V. hat mit dem FuE-Ergebnis seine Fähigkeiten und Möglichkeiten erweitert, Lösungsangebote für seine Partnerunternehmen im Bereich der Optoelektronik zu erarbeiten. Dieser Kompetenzzuwachs kommt vorrangig den regional agierenden Optoelektronikfirmen zugute. Ein leistungsfähiges Designtool, wie es im Rahmen des Projektes erarbeitet wurde, schafft auch Voraussetzungen für eine weitergehende Patentarbeit auf dem Gebiet optoelektronischer Sensoren.

Dank dem objektorientierten Projektansatz ist das Modellsystem erweiterbar, so dass weitere optoelektronische Fragestellungen des Sensorentwurfs, der Signalverarbeitung, der Displaytechnik und vieles andere mehr in diesem Modell ergänzt werden können. Somit erweitert dieses Werkzeug die Möglichkeit für den OUT e.V., im Bereich der optoelektronischen Bauelemente und Geräteentwicklung Beratungs-, Forschungs-, und Entwicklungsleistungen anzubieten.

Erweitert wird die Möglichkeit für die Zusammenarbeit mit anderen Gruppen im universitären Bereich. Für den OUT e.V. bildet das Modellsystem eine Plattform für die Erweiterung des eigenen Dienstleistungsangebotes in einer Region mit einer starken optoelektronischen Ausrichtung der innovativen KMU.

Das Modellsystem wird anwendungsbezogen entworfen und hat daher eine unmittelbare Lösungsrelevanz im gemeinsamen Kooperationsprojekt. Mittelfristig ist es denkbar, dass aus diesem Ansatz außerdem ein eigenständiges Produkt abgeleitet werden kann. In der Entwurfsphase des Modellsystems müssen dafür die strukturellen Voraussetzungen gelegt werden.

### **3.2.2 Optoelektronische Charakterisierung polymerer Leuchtdioden mittels neuartiger Messverfahren**

(Projektlaufzeit: 01.09.2002 – 29.02.2004)

*Prof. Dr. Heinz A. Klose; Dipl.-Ing. Hans Hensel*

Das FuE-Vorhaben war Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Entwicklung neuer Charakterisierungsmethoden für diskrete polymere Leuchtdioden“, das gemeinsam mit der Signal-Construct GmbH in Niefern-Öschelbronn sowie dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung in Potsdam/Golm durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO - Programmteil: Kooperationsprojekte KF) gefördert wurde.

#### **Gesamtzielstellung:**

Da die organischen Lichtemitter gegenüber den herkömmlichen anorganischen kristallinen LED eine Reihe von Besonderheiten zur Ermittlung ihrer charakteristischen Parameter, ihrer Grenzwerte und ihrer physikalischen Eigenschaften aufweisen, waren spezifische Messverfahren zu erarbeiten, um sie umfassend zu charakterisieren, eine zuverlässige Wareneingangskontrolle aufzubauen und dem Anwender die notwendigen Daten bereitzustellen.

Daher wurden im Rahmen des Projektes die notwendigen Diagnoseverfahren und die für Applikationen der unbedingt benötigten Bestimmungsmethoden für Serienmessungen entwickelt. Als Bauelementstrukturen fanden sowohl OLED als auch PLED Verwendung, wobei schwerpunktmäßig jedoch die PLED charakterisiert wurden.

Das Gesamtvorhaben hatte die Aufgabe, Funktionsmuster von langzeitstabilen PLED aufzubauen und neue Charakterisierungsverfahren zu entwickeln. Diese sollen als diskrete Leuchtdioden, als Leuchtflächen (50 x 50 mm) für LCD-Hinterleuchtungen und als Leuchtflächen mit einfachen Matrixstrukturen erstellt werden, die damit gegenüber herkömmlichen Displays neue Designvariationen, insbesondere flächenartige, extrem dünne PLED, zulassen.

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

Der Anteil des OUT e.V. am Gesamtvorhaben bestand in der Entwicklung industrieller Prüf- und Testmethoden von polymeren Leuchtdioden; insbesondere waren folgende Entwicklungen zu erbringen:

- Entwicklung neuer Bestimmungsmethoden für die innere und externe Quantenausbeute polymerer Leuchtdioden.
- Schaffung experimenteller Grundlagen zur Registrierung hochaufgelöster Spektren PLED.
- Bestimmung absoluter photometrischer Parameter.
- Experimentelle und theoretische Arbeiten zur Kapazitätsspektroskopie für organische LED.
- Erarbeitung einer Methodik und einer Apparatur zum Homogenitätsscanning optischer Parameter von polymeren Leuchtdioden.
- Berechnungen zur Optimierung der Lichtauskopplung von polymeren Leuchtdioden.
- Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur optimalen Lichtauskopplung bei unterschiedlichsten Injektionsbedingungen.
- Theoretische und experimentelle Untersuchungen der Temperaturkoeffizienten polymerer Leuchtdioden als Basis für optimale Ansteuerungen.
- Modellentwicklungen zur Auswertung von Lebensdauertests an polymeren Leuchtdioden und zu Alterungsvorhersagen.
- Colorprofilerstudien zur winkelabhängigen spektralen Verteilung der Injektionslumineszenz von polymeren Leuchtdioden.

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

Es wurden mehrere Diagnose- und Zwischenmesstechniken entwickelt, deren Erprobung teilweise unter industriellen Bedingungen erfolgte. Hierzu gehören

- eine Apparatur zum schnellen Nachweis von Inhomogenitäten von PLED,
- eine faseroptische Anlage zur automatischen Spektrenregistrierung und Ermittlung der colorimetrischen Parameter,
- Modellentwicklungen zur Charakterisierung von Alterungsprozessen,
- theoretische Arbeiten zur Entwicklung von PLED mit optimierter I-U-Kennlinie,

- Arbeiten zum Temperaturverhalten von PLED sowie deren Applikation in der Temperatursensorik.

Zur Absicherung des letzten Schwerpunktes wurde ein Patent angemeldet, das bereits als Offenlegungsschrift DE 10 2004 032 850 A1 vorliegt. Außerdem wurden Teilergebnisse der FuE-Arbeiten auf dem *Deutschen Flachdisplayforum* im November 2005 vortragen. Sie fanden eine große Resonanz und werden auch in der *VDMA Vereinigung Polymerelektronik* demnächst vorgestellt, da sie für die Applikation von polymeren Halbleiterbauelementen und für eine neuartige Temperatursensorik außerordentlich bedeutsam sind.

### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Die organischen Lichtemitterdioden weisen gegenüber den anorganischen kristallinen LED einige Vorteile auf, zu denen insbesondere die flächenartige Lichtemission und die künftige Fertigung auf biegsamen Kunststoffsubstraten sowie die Verwendung von lasergestützten Printtechniken gehören. Dies ist auch der Grund für eine Reihe neuartiger Applikationen von diskreten organischen LED, da sie die Strahlformung herkömmlicher LED nicht benötigen und künftig als einfache Signalgeber, als Hintergrundbeleuchtung und als nicht zu hoch integrierte Symbolanzeigen in allen Zweigen industrieller und haushaltstechnischer Applikationen einziehen werden, zu denen beispielsweise neben der Elektronik die automotiven Bereiche und die Weiße Ware gehören werden. Der Vorteil biegsamer Substrate kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn der Applikator selbst den Bauelementen eine endgültige, mitunter recht eigenwillige Form geben muss, die den ursprünglichen Produzenten nicht mehr interessiert.

### **3.2.3 Entwicklung eines Elektromembranverfahrens zur Elektrolytaufarbeitung von Alkali-Brennstoffzellen**

(Projektlaufzeit: 01.01.2003 – 30.06.2004)

*Dipl.-Ing. Werner Gietz, Christian Janietz*

Das FuE-Vorhaben war Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Entwicklung eines Verfahrens zur Laufzeitverlängerung von Alkalielektrolyten in Brennstoffzellen“, das gemeinsam mit der Gaskatel GmbH Kassel durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des PROgramms „INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO) - Programmteil: Kooperationsprojekte KF gefördert wurde.

### **Gesamtzielstellung:**

Zur Brennstoffzellentechnik als effiziente Energietechnik der Zukunft werden seit einigen Jahren intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt. Alkali-Brennstoffzellen als Niedrigtemperaturzellen sind dabei verstärkt in den Blickpunkt gerückt. In ihnen wird eine 6- bzw. 7-molare Kalilauge als Elektrolyt eingesetzt. Die bisher beim Dauerbetrieb von Alkali-Brennstoffzellen auftretenden Probleme – Verdünnung des Elektrolyten durch die prozessbedingte Bildung von Wasser, die daraus folgenden Effektivitätsverluste der Elektrodenreaktionen und Volumenzunahme des Elektrolyten sowie die Entstehung von Hydrogencarbonat-Niederschlägen bei der Nutzung von Luft



als Sauerstoffquelle – sind bisher nicht zufriedenstellend gelöst und hemmen den industriellen Einsatz.

Ein an die Brennstoffzelle angekoppeltes Elektromembranverfahren könnte ohne weiteren Stoffeintrag die störenden Ionen kontinuierlich entfernen und die Konzentration des Elektrolyten konstant halten. Die prinzipielle Machbarkeit der elektrodialytischen Elektrolytstabilisierung wurde bereits in den 70-iger Jahren nachgewiesen. Aber erst neueste technischen Entwicklungen hinsichtlich kommerziell zugänglicher Ionenaustauschermembranen und zur Verfügung stehender Elektrodialysetechnik ermöglichen die Entwicklung eines praxisreifen Verfahrens.

Die Gesamtzielstellung des Kooperationsvorhabens besteht daher in der Entwicklung eines Verfahrens zur Stabilisierung des Dauerbetriebes von Alkali-Brennstoffzellen bei der Nutzung von Luft als Sauerstoffquelle. Unter Ankopplung einer Elektrodialyse soll eine integrierte Aufbereitung des Alkali-Elektrolyten realisiert werden, d. h. es ist ein Elektrodialyseverfahren für die Aufarbeitung des alkalischen Brennstoffzellenelektrolyten zu entwickeln und dieses in das Gesamtsystem der Alkali-Brennstoffzelle einzubinden.

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

Der Schwerpunkt der Arbeit des OUT e.V. am Gesamtvorhaben bestand in der Entwicklung des Elektromembranverfahrens. Das beinhaltete insbesondere die Auswahl geeigneter Ionenaustauschermembranen, die Untersuchung des Ionengleichgewichts aller im System Alkalibrennstoffzelle / Elektrodialyse beteiligten Ionen unter technisch relevanten Temperaturen, Konzentration und sonstigen Betriebsbedingungen, sowie der Aufbau einer Elektrodialyseanlage zur elektrodialytischen Aufbereitung des Alkali-Elektrolyten und dessen Ankopplung an eine Alkali-Brennstoffzelle.

Insbesondere waren durch den OUT e.V. folgende FuE-Arbeiten zu erbringen:

- Untersuchungen zur Auswahl geeigneter Ionenaustauschermembranen.
- Entwicklung der versuchbegleitenden Analytik.
- Entwicklung, Aufbau und Erprobung einer Laborversuchsanlage.
- Untersuchungen zum Ionengleichgewicht zwischen den an der Elektrodialyse beteiligten Elektrolyten.
- Auswahl und Anpassung von für das Gesamtsystem optimalen Elektroden.
- Ankopplung des Elektromembranverfahrens an eine Alkalibrennstoffzelle.
- Überführung der gekoppelten Alkali-Brennstoffzelle – Elektrodialyse in den Dauerbetrieb.

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

Im vorliegenden Projekt wurde ein Elektromembranverfahren entwickelt, mit dem die Konzentration des Elektrolyten einer Alkalibrennstoffzelle - 7 M KOH - für die Laufzeit der Brennstoffzelle konstant gehalten werden kann.

Die Brennstoffzelle und das Elektromembranverfahren können nach dem Fließschema (s. Abb. 6) miteinander verbunden werden.



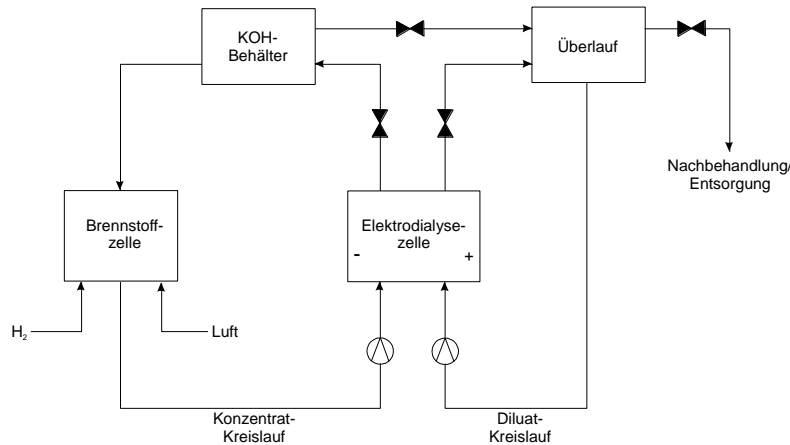


Abb. 6: Fließschema Kopplung Brennstoffzelle / Elektrodialysezelle

Zwei Elektrolytkreisläufe werden durch die Elektrodialysezelle geführt: Im Konzentratkreislauf wird die durch die Wasserbildung verdünnte Kalilauge der Brennstoffzelle elektrodialytisch mit Kaliumionen aufkonzentriert. Quelle für diese Kaliumionen ist der Diluatkreislauf, der aus dem Überlauf des Konzentratkreislaufes gespeist wird.

Als Ionenaustauschermembran hat sich die Kationenaustauschermembran Nafion 324 bewährt. Damit sind eine 50%-ige Trennleistung und die Anreicherung des Brennstoffelektrolyten möglich. Die Volumenzunahme kann über die Nutzung eines Überlaufes reguliert werden; die notwendige effektive Membranfläche entspricht der Fläche einer Brennstoffzellenkammer. Somit ist eine Zwei-Kammer-Elektrodialyse-Zelle zur Erbringung der notwendigen Trennleistung ausreichend.

Bei gegebener Leistung der Brennstoffzelle ist die notwendige Leistung der Elektrodialyse zur Aufrechterhaltung der Elektrolytkonzentration genau berechenbar. Bei bisherigem Trenneffekt von 50 % durch die Elektrodialyse beträgt deren Energiebedarf zur Aufrechterhaltung der Alkalielektrolytkonzentration ca. 40 % bezogen auf die Gesamtleistung der Brennstoffzelle.

#### Anwendungsmöglichkeiten:

Durch konstruktive Verbesserung der Elektrodialysezelle ist die Leistungsaufnahme der Elektrodialysezelle minimierbar, und eine akzeptable Gesamteffektivität des gekoppelten Systems kann erreicht werden.

Parallel zur Projektlaufzeit haben sich alternative Lösungen für die Zielsetzung des Projektes - den Dauerbetrieb der Alkalibrennstoffzelle mit Luftspeisung – ergeben, so die Weiterentwicklung der Gasdiffusionselektroden und Verifizierung des Gastransportes und der Durchströmung in der Brennstoffzelle.

Nach der Anpassung des gekoppelten Systems Brennstoffzelle – Elektrodialysezelle, einhergehend mit der Erhöhung der Effektivität des Gesamtsystems, besteht jedoch

die Möglichkeit, dieses mit dem Kooperationspartner potentiellen Kunden zu präsentieren und zu verkaufen.

Durch die Bearbeitung des FuE-Kooperationsvorhabens hat der OUT e.V. sein Kompetenzspektrum auf dem Gebiet der Elektrochemie – insbesondere bei der Entwicklung von Elektromembranverfahren in hochkonzentrierten Laugen, entsprechenden spezifischen Mess- und Analyseverfahren – wesentlich erweitert und Zugang zur Brennstoffzellentechnik erhalten. Der OUT e.V. ist daher in der Lage, weitere FuE-Arbeiten auf dem Gebiet der Elektro-Membrantechnik durchzuführen und die erzielten Ergebnisse einer Reihe von potentiellen Anwendern – vorrangig KMU – zur Nutzung anzubieten.

### 3.2.4 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 ist 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 wird.

#### **Gesamtzielstellung:**

~~Die Gesamtzielstellung~~ Gegenstand des Kooperationsvorhabens ~~besteht ist in~~ einer Verfahrensentwicklung, die darauf abzielt, die technologischen Voraussetzungen für die Fertigung von ausschließlich frontseitig unverschattet emittierenden Hochleistungs-LED-Chips (point source, Oberflächenstrahler) im ~~NIR-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 ~~er~~ Epitaxiestructuren und transparenter leitfähiger Materialien als Fenster-, ~~Kontakt~~ Stromverteilungs- und ~~Stromverteilungs~~ Kontakt-schichten 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.

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

Der Anteil des OUT e.V. am Gesamtvorhaben ~~bestand~~ 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.

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

~~In der bisherigen Projektarbeit konnten~~ 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.  $2 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  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.

Feldfunktion geändert

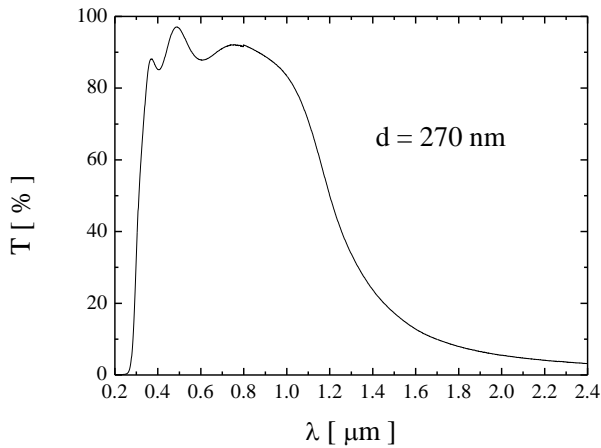


Abb. 7: Transparenz von ITO-Schichten in Abhängigkeit von der Wellenlänge

Die Emissionswellenlänge einer Halbleiternmusterstruktur 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 8 zeigt die Intensitätsverteilung (10 mA) über die 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.

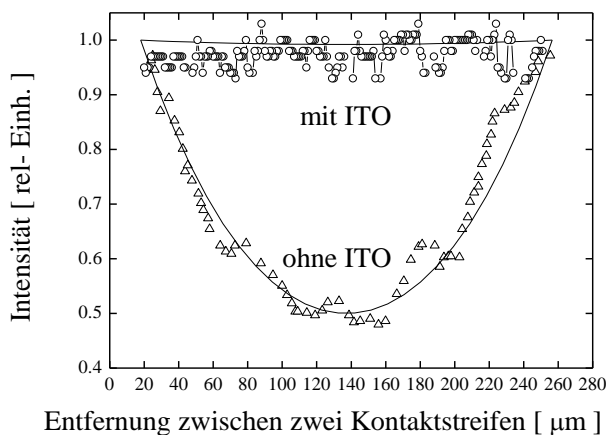


Abb. 8: Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen zwei Streifenkontakten

????????????????????

**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 Fasersensorik.????????????????

**3.2.5 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*

Das FuE-Vorhaben ist Bestandteil und Teilprojekt des Kooperationsprojektes „Anlage und Verfahren für die Herstellung von Barrierschichten 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 wird.

**Gesamtzielstellung:**

Unter Nutzung der bisher mit der ICPECVD gesammelten Erfahrungen sollen Anlagentechnik und Prozessführung auf eine neue Basis - die Verwendung von flüssigen Ausgangssubstanzen (Flüssigprecursoren) im induktiv gekoppelten Plasma - gestellt werden. Dabei sollen sowohl bereits in anderen Anwendungen bewährte als auch neue Substanzen eingesetzt werden.

Das Ziel des Projektes ist daher, 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 Pro-

zessparametern und Schichteigenschaften mit dem Ziel verbesserter Barrierewirkung und in der Bereitstellung 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 Barrierschicht auf Sensoren erheblich erweitern.

Die besonderen Anforderungen an die Permeationsbarrierewirkung erfordern die Untersuchung des Einflusses der Prozessparameter auf die Konformalität. Untersucht werden Auftreten, Verteilung und Möglichkeit der Eliminierung von Defekten (Ca-Spiegel), der Substrateinfluss bezüglich Material und Topographie, gepulste Plasmen, geschaltete Prozessführung, Einfluss einer Substratbias, Kombinationen von Mehrschichtsystemen, Ermittlung optimaler Schichtdicken sowie der Einfluss des Abstandes zwischen Quelle und Substrat und des Magnetfeldes.

### 3.3 Netzwerkprojekte

#### **3.3.1 Entwicklung von Technologien für den Einsatz von funktionalisierten Trennmembranen zum Lösungsmittel- und Wasserrecycling sowie zur Emulsionsspaltung**

(Projektlaufzeit: 01.09.2002 – 30.11.2004)

*Dr. Henning Dittmann, Dr. Wilfried Weigelt, Dipl.-Chem. Heiko Rexin, Dipl.-Chem. Manuela Stadelmann, Dr. Dierk Jorcke, Dipl.-Ing. Wolfgang Czinkewitz, Dipl.-Ing. Adelheid Klampfl, Dr. Gunther Kaden*

Das FuE-Vorhaben war Bestandteil und Teilprojekt des Netzwerkprojektes „Entwicklung von funktionalisierten Trennmembranen und von Technologien zum Lösungsmittel- und Wasserrecycling sowie zur Emulsionsspaltung (Kurzbezeichnung: Membranen)“, das gemeinsam mit der Humboldt-Universität zu Berlin sowie mit den gewerblichen Unternehmen ELIPSA GmbH (bis zum 30.09.2003), G.E.R.U.S. mbH, Poly-An GmbH und UWT GmbH auf der Grundlage eines Kooperationsvertrages durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des Programms „Förderung von innovativen Netzwerken“ (InnoNet) gefördert wurde.

Durch das Netzwerk wurden die Technologiefelder „Biotechnologie“, „Polymerchemie“ und „Oberflächenfunktionalisierung“ belegt.

Die Koordinierung des Netzwerkes erfolgte durch den OUT e.V.; Koordinator war Dr. Henning Dittmann.

#### **Gesamtzielstellung:**

Inhalt des FuE-Netzwerkprojektes war es - ausgehend von den teilweise bereits etablierten Produkten und vorhandenen Technologien – neue, innovative Produkte zur

Phasentrennung auf der Basis spezifischer neuer Polymermembranen zu entwickeln sowie neue entsprechende Einsatz- bzw. Anwendungsfälle zu erschließen.

Innovationsziel waren neue umweltfreundliche Anwendungsfälle zur Lösungsmittelrückgewinnung aus Abfallstoffen lackverarbeitender Betriebe (Anwendungsfall A), zum Grauwasserrecycling (Anwendungsfall B) sowie zur Emulsionsspaltung (Anwendungsfall C) auf der Grundlage neuentwickelter spezifischer Trennmembranen.

Die bei den Netzwerkpartnern – insbesondere bei den Forschungseinrichtungen - vorhandenen Kompetenzen wurden auf die Lösung neuer Trennprobleme adaptiert; gleichzeitig wurde nach neuen Möglichkeiten der Oberflächenfunktionalisierung systematisch und anwendungsbezogen gesucht.

#### **Darstellung der Kooperation und Zielstellung des OUT e.V.-Teilprojektes:**

Im OUT e.V. erfolgten die Entwicklung und die Erprobung von funktionalisierten Trennmembranen zum Grauwasserrecycling und zur Emulsionsspaltung sowie die Entwicklung von Technologien zum Einsatz der Membranen für die konzipierten Anwendungsfälle.

Die Humboldt-Universität bearbeitete die Entwicklung und die Erprobung von funktionalisierten Trennmembranen für das Lösemittelrecycling.

Der Beitrag der KMU-Netzwerkpartner bestand in der materialeitigen Bearbeitung der Trennprobleme und in der Durchführung von anwenderspezifischen Tests und Validierungen.

Die Bearbeitung des Projektes erfolgte im Rahmen von vier Komplexen:

Komplex A: *Einsatz von Membranen zur Lösungsmittelrückgewinnung aus Abfallstoffen lackverarbeitender Betriebe.*

Kooperationspartner: OUT e.V. / UWT GmbH.

Komplex B: *Einsatz von Membranen zum Grauwasserrecycling und zur Emulsionsspaltung.*

Kooperationspartner: OUT e.V. / G.E.R.U.S. mbH.

Komplex C: *Entwicklung und Erprobung neuer funktionalisierter Trennmembranen zum Grauwasserrecycling und zur Emulsionsspaltung.*

Kooperationspartner: OUT e.V. / HUB / ELIPSA GmbH.

Komplex D: *Entwicklung und Erprobung neuer funktionalisierter Trennmembranen für das Lösungsmittelrecycling.*

Kooperationspartner: OUT e.V. / HUB / Poly-An GmbH.

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

Komplex A: *Einsatz von Membranen zur Lösungsmittelrückgewinnung aus Abfallstoffen lackverarbeitender Betriebe*

Das aufzubereitende Wasser enthält neben einem hohen Lösemittelanteil auch Farbreste. Dies bedeutet, dass bevor eine Lösemittelrückgewinnung aus dem Abwasser erfolgen kann, die Lackpartikel entfernt werden müssen. Hierzu wurden Versuche mit unterschiedlichen kommerziell erhältlichen Fällungsmitteln durchgeführt. Ebenfalls

wurden verschiedene physikalische Trennmethode erprobt. Die Abtrennung mittels Flotation war nicht realisierbar. Als Fällungstechnik der Wahl erwies sich eine pH-Wertverschiebung durch Ansäuern mittels Salzsäure. Hierbei fielen alle Lackpartikel vollständig aus, so dass ein klarer Überstand erhalten wurde. Die Lösung wurde vor der Weiterverarbeitung neutralisiert, und über einen Filter wurden ausgefallene Salze entfernt. Für die anfallenden Lackpartikel wurde kein weiterer Verwendungsweg gesucht.

Die Fällung wurde aus dem Labormaßstab heraus in eine Technikumsanlage umgesetzt. Diese hatte ein Reaktionsraum von ca. 10 l, in dem diskontinuierlich die Partikelfällung durchgeführt werden konnte.

Um die von der Humboldt-Universität erhaltenen Membranen zu testen, wurde ein Versuchstand aufgebaut, in dem im Batchbetrieb gearbeitet werden konnte. Verschiedene Membranen erfüllten die gestellte Trennaufgabe. Es wurden Anreicherungen der organischen Lösemittel im Permeat von über dem Sechsfachen der Ausgangskonzentration erreicht. Diese zeigten sich auch im Dauertest über mehrere Monate stabil. Hierbei wurde nicht nur auf die physikalische, sondern auch auf die chemische Beständigkeit geachtet. Zum Testen der chemischen Beständigkeit wurden die Membranen erhöhten Lösungsmittelkonzentrationen ausgesetzt.

Es wurde eine Membrananlage aufgebaut, in der verschiedenste Membranen getestet wurden; diese Anlage wurde mit dazugehöriger Membran dem Kooperationspartner UWT GmbH zur Integration in eine Technikumsanlage übergeben.

Komplex B: Einsatz von Membranen zum Grauwasserrecycling und zur Emulsionsspaltung

Im Rahmen des Komplexes C (s. u.) wurden umfangreiche Arbeiten zur Funktionalisierung kommerziell zugänglicher Trennmembranen durchgeführt, um sie für zwei spezielle Trennaufgaben - das Grauwasserrecycling und die Emulsionsspaltung - zu optimieren. Zu diesem Zweck wurde eine Vielzahl handelsüblicher Membranen eingesetzt, um die am besten für eine entsprechende Funktionalisierung geeigneten Membranen zu identifizieren. Diese Membranen wurden durch Propfpolymerisation mit geeigneten Monomeren- bzw. Monomerenmischungen modifiziert. Die Auswahl der entsprechenden Monomere wurde von der zu lösenden Trennaufgabe bestimmt.

Für das Grauwasserrecycling wurden als Basismaterialien Ultra- bzw. Nanofiltrationsmembranen ausgewählt, da die Trennselektivität der Membran (CutOff) bei niedrigen Molekulargewichten liegen muss. Die komplexe Zusammensetzung des Grauwassers – vor allem der Gehalt an Proteinen und (hochmolekularen) Tensiden - bedingt eine starke Foulingtendenz. Deshalb war es das Hauptziel, eine möglichst hohe Foulingresistenz zu erzeugen. Die Reaktionsbedingungen konnten so eingestellt werden, dass mit einem möglichst geringen Funktionalisierungsgrad eine effektive Abschirmung der äußeren Membranoberfläche durch die funktionale Pfropfschicht erreicht wurde.

Proteine sind eine der Hauptkomponenten in Grauwasser, die ein Fouling verursachen (bei konventionellen Membranen ist dies meist ein irreversibles Fouling). Die dominierenden Wechselwirkungen beim Proteinfouling sind hydrophober Art. Die Foulingresistenz wird daher durch Aufbringen von hydrophilen Gruppen verringert. Nach umfangreichen Versuchen ergab sich, dass besonders effektive Antifoulingmodifizierungen jeweils mit den PEG-Methacrylaten erhalten wurden.



Die zweite Aufgabe in diesem Komplex war die Optimierung einer Membran für den Einsatz von Emulsionsspaltungen, d. h. die Trennung von zweiphasigen Mischungen Öl / Wasser, z. B. bei der Aufarbeitung von Bilgenwasser in Schiffen, einem hochaktuellen und kommerziell interessantem Problem. Eine besondere Schwierigkeit besteht hier darin, dass sich herkömmliche Membranen schnell mit einem Ölfilm belegen und dann für diese Aufgabe nicht mehr brauchbar sind.

Die Trennselektivität der Membran (CutOff) kann hier aber bei relativ hohen Molekulargewichten liegen, da der Trennmechanismus in einer Abtrennung von Tröpfchen (emulgierte Ölphase) besteht. Eine starke Foulingtendenz wird hier vor allem dadurch bedingt, dass der Kontakt mit der Membranoberfläche zu einer Ablagerung von Tröpfchen und dann im weiteren zur Ausbildung einer Ölschicht (zusätzliche Barrierschicht) führt. Ein reversibler Kontakt mit Tröpfchen ist unvermeidlich, aber die Ausbildung einer Ölschicht während der Membrantrennung muss auf jeden Fall verhindert werden. Zusätzlich muss auch eine Reinigung der Membran möglich sein.

Um die Ausbildung einer hydrophoben Ölschicht zu vermeiden, wurde die Strategie einer starken Hydrophilisierung der Membranoberfläche durch stark polare Molekülgruppen gewählt. Es wurde eine Vielzahl für diesen Zweck in Frage kommender Monomere identifiziert und mit ihnen entsprechende Probemembranen hergestellt. Als am besten geeignet haben sich wiederum PEGMA-Einheiten (PEGMA ... Polyethylenglycolmethacrylat) erwiesen.

PEGMA-Modifizierungen waren also für die beiden wesentlich unterschiedlichen Trennaufgaben die am besten wirksamen Modifizierungen der Basismembranen. Mit PEGMA modifizierte Membranen wurden vom Kooperationspartner G.E.R.U.S. mbH im Technikum getestet, und auf Basis der dort erhaltenen Versuchsergebnisse erfolgte eine Optimierung der Versuchsbedingungen bei der Ppropfpolymerisation. Variiert wurden schließlich vor allem die Kettenlänge der Polyethylenglykol-Gruppen und die Menge der auf die Basismembran aufpolymerisierten Einheiten (und damit Dicke und Dichte der Modifizierungsschicht).

Im Ergebnis zeigte sich, dass für beide Trennprobleme durch Ppropffunktionalisierungen neue Membranen mit verbesserter Trennleistung etabliert werden können. In beiden Fällen ist die beste Eignung bei Membranen im unteren UF-CutOff-Bereich gegeben, die mit allerdings unterschiedlichen Mengen an PEGMA oberflächenmodifiziert werden.

### Komplex C: *Entwicklung und Erprobung neuer funktionalisierten Trennmembranen zum Grauwasserrecycling und zur Emulsionsspaltung*

Entwicklungsziel waren Mehrschichtmembranen mit einer dünnen, gegenüber der Ölphase repulsiv wirkenden, gegenüber kleinen Elektrolyten jedoch permeablen Trennschicht. Zusätzlich besitzen diese neuartigen Membranen eine Ionenaustauscherschicht.

Derartige Trennmembranen wurden hergestellt. Dabei erfolgten eine breite Variation und Kombination der verschiedenen Schichtsysteme. Die Basismembranen bestanden aus stabilen hydrophoben Polymeren, bei der Funktionsschicht wurden Hydrophilie und Ladung abgestuft. Die Funktionalisierung der Basismembranen erfolgten via photo-initiiertes heterogenes Ppropfcopolymerisation in der Regel mit:

- tertiären Aminoacrylaten,
- quarternären Aminoacrylaten,

- Acrylsäure, Acrylsulfonsäuren,
- funktionellen Methacrylaten und anschließender Umfunktionalisierung mit multifunktionellen Aminen,
- Polyethylenglycolmethacrylaten.

Im Fall der Mehrschichtsysteme wurde sowohl der Weg über eine sequentielle Pfropfung als auch über eine simultane Reaktion (gleichzeitige Pfropfung verschiedener Monomere) gewählt.

Anschließend wurden die Filtrationseigenschaften der entsprechenden Membranen untersucht. Es wurde gezeigt, dass auf diese Art und Weise neue foulingresistentere Membranen hergestellt werden konnten. Für die Anwendung des Grauwasserrecyclings besitzen die so hergestellten Ionenaustauschermembranen das größte Potential. Das Fouling wurde verringert und gleichzeitig die Membranperformance verbessert.

Für die Emulsionsspaltung wurden ebenfalls positive Resultate erzielt. Die geplante Anwendung der emulsionsspaltenden Membranen im Bereich der Bohremulsionen wird derzeit nicht weiter verfolgt, da sich herausgestellt hat, dass konkurrierende Verfahren inzwischen sehr wettbewerbsfähig geworden sind. Eine weitere wichtige Anwendung ist die gezielte Spaltung von Emulsionen, bzw. Mikroemulsionen, die bei chemischen Reaktionen entstehen oder die für die Durchführung bestimmter chemischer Reaktionen benutzt werden. Hier kommt es vor allem auf die saubere und schonende Gewinnung der Wertstoffe an. Es konnte gezeigt werden, dass die entwickelten Membranen für einen derartigen Einsatz geeignet sind.

### Komplex D: Entwicklung und Erprobung neuer funktionalisierten Trennmembranen für das Lösungsmittelrecycling

Eine wesentliche Aufgabe bei Lösungsmittelrecycling ist die Trennung der flüssigen organischen Komponenten von Hauptbestandteil Wasser. Dies geschieht nach der Fällung von unlöslichen Bestandteilen und Salzen.

Der Membranprozess Pervaporation („Verdampfen durch Membranen“) stellt eine effiziente Alternative für die Trennung bestimmter flüssiger Stoffgemische (hier: Glykole und Alkohole von Wasser) dar, bei denen eine destillative Trennung oft nur schwer oder unökonomisch zu realisieren ist. Auf für die Ultrafiltration etablierten asymmetrischen Porenmembranen wurden dünne, chemisch und morphologisch definierte, einstellbare und medienstabile Film- und Kompositstrukturen erzeugt. Die trennaktiven Schichten wurden auf der Support-Membran kovalent verankert. Aus der porösen Ausgangsmembran wurde somit eine nach dem Lösungs-Diffusions-Mechanismus funktionierende Membran erhalten, die es gestattet, aus wässrig-organischen Flüssigkeitsgemischen die organischen Komponenten mit guter Selektivität und hoher Stoffstromdichte abzutrennen.

Der chemische Charakter der trennaktiven Schicht bestimmt, welche Komponenten bevorzugt permeieren, da der Trennprozess über die Stufen Sorption - Diffusion - Desorption abläuft. Durch gezielte Oberflächenfunktionalisierung wurde die Eigenschaft der trennaktiven Schicht so eingestellt, dass vorzugsweise die organischen Komponenten permeieren. Neben der Selektivität ist für einen effektiven Trennprozess auch die Permeationsgeschwindigkeit (Fluss) wesentlich. Diese wird entscheidend durch die Trennschichtdicke bestimmt. Auf dem Gebiet der Entwässerung von organischen Lösungsmitteln mit *hydrophilen* Pervaporationsmembranen (z. B. Absolutierung

von Alkoholen; Kopplung mit Veresterungsreaktionen) hat sich die industrielle Anwendung der PV bereits etabliert.

Durch die bisher erreichten Ergebnisse gelang es, eine international führende Technologieposition auf dem Gebiet der Materialtechnik zu erreichen bzw. diese auszubauen.

#### **Anwendungsmöglichkeiten:**

Durch die FuE-Ergebnisse wurden Probleme der Lösungsmittelrückgewinnung aus Abfallstoffen lackverarbeitender Betriebe, des Grauwasserrecycling sowie der Emulsionspaltung auf der Grundlage neuentwickelter spezifischer Trennmembranen gelöst.

Die KMU-Netzwerkpartner und andere Anwender haben die Möglichkeit, kurzfristig und kostengünstig notwendige FuE-Ergebnisse in hoher Qualität zu erhalten und diese für die weitere Profilierung des Unternehmens gezielt zu nutzen; die Forschungseinrichtungen werden in die Lage versetzt, den Anwendungsbezug ihrer Arbeiten wirksam zu erhöhen, bestehende Kompetenzfelder auszubauen, neue Technologiefelder zu erschließen und damit die Fähigkeit zur Interdisziplinarität spürbar zu erhöhen.

Da die Umsetzung der Entwicklungsergebnisse bereits im Rahmen des Netzwerkprojektes sowohl infolge der Realisierung von Anwendungsfällen durch beteiligte Netzwerkpartner als auch durch die gezielte Vermarktung der Ergebnisse und die Ausweitung der Anwendungsfälle auf die gesamten Recycling-Branchen nach Abschluss des Projektes auf vertraglicher Basis erfolgte, wurde ein wirksamer Beitrag geleistet, um die erzielten FuE-Ergebnisse umgehend zu nutzen und den unmittelbaren Technologietransfer zu gewährleisten.

Der besondere Anwendernutzen besteht in der Realisierung bisher ungelöster Trennprobleme – z. B. der Entsorgung von kompletten Emulsionen – sowie in der Ausweitung der Anwendungsfälle auf die gesamten Recycling-Branchen.

Der Wettbewerbsvorteil besteht sowohl in der Erschließung von Marktnischen als auch in der schrittweisen Verdrängung von konventionellen Verfahren.

#### **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

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

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

Das Ziel besteht in der Schaffung eines überregional agierenden, stabilen und langfristig wirksamen offenen Netzwerkes „Optoelektronik in der Biotechnologie“ (OptoBioNet) aus - zunächst sieben und jetzt 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

*Netzwerk-Manager (NM):*

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

Die geplanten 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.*

Die Funktion des Netzwerkmanagers hat Herr Dr. Henning Dittmann übernommen.

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 konzipierten Netzwerk werden die Kompetenzen aus über zwölfjähriger, 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.

### **Bisherige 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.
- 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 Zielstellungen 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.

Darüber hinaus haben bereits weitere KMU Anträge auf Mitgliedschaft im Netzwerk gestellt.

#### 4. Kooperations- und Netzwerkpartnerpartner 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 KSM fm-one management services gmbh	ASI Advanced Semiconductor Instruments Dr. Kieburg GmbH Fischer Scientific GmbH Gfal e.V. Ing.Büro für Spezialmesstechnik GmbH SENTECH Instruments GmbH Analytical Control Instruments GmbH IOM GmbH IfG – Institut für Gerätebau GmbH Institut für angewandte Photonik e.V.
Standort: Berlin-Oberschöneweide Ostendstraße, 12459 Berlin	Andere Standorte Berlin
CRYSTAL GmbH 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	Aktiv-Elektronik GmbH Dr. LAUSCH GmbH <i>ANDUS ELECTRONIC GmbH</i> INNOTECH Holztechnologien GmbH Spreehybrid GmbH Yacoub Automatisierungstechnik Poly-An GmbH AUCOTEAM GmbH Dr. Lippstreu GmbH Condat AG Gesellschaft für Innovationsförderung mbH Thomas Röger Unternehmensberatung
Standort Brandenburg	Standort Alte Bundesländer
ATTOMOL GmbH (Lipten) microtech electronic GmbH (Teltow)	Signal-Construct GmbH (Niefen-Öschelbronn) Gaskatel GmbH (Kassel) Ing.-Büro Optomet (Oldenburg)

## 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. Beratungs- und Service-Gesellschaft Umwelt mbH (B&SU)
5. Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
6. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
7. Investitionsbank Berlin
8. Senatsverwaltung für Wirtschaft, Arbeit und Frauen
9. Stiftung Industrieforschung (SI)

## 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.

Erstmals ist es gelungen, mehrere Forschungsaufträge mit einem Wertvolumen von jeweils mehr als 50.000 € zu akquirieren:

1. Verfahren zur Systemidentifikation und der Anwendung der gewonnenen Modelle zur Korrektur der Messfehler  
Laufzeit: 11/03 – 09/04
2. Dimensionierung eines 3D-Sensors nach dem TOF-Verfahren  
Laufzeit: 03/05 – 06/06
3. Entwicklung einer Systematik von Quellen- und Algorithmenentwurf  
Laufzeit: 05/05 – 03/07
4. Entwicklung und Charakterisierung von Materialien, Oberflächen, Loten / Leitleitern und Chips für Hochleistungs-SMD-UVEDs  
Laufzeit: 09/05 – 12/06



## 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 des NEMO-Netzwerkes „Optoelektronik in der Biotechnologie“, dessen Träger der OUT e.V. ist, 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:

Öffentliches Seminar: „Organische Leuchtdioden – OLED“  
(17.03.2004)

Internes Seminar: „3D-Vermessung“  
(8.09.2004)

Öffentliches Seminar: „Nanostrukturen“

(10.11.2005)

Internes Seminar: „Power-Chips“  
(15.06.2005)

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“.

## Wichtige Ereignisse

### 2004

- 20.-22.01. *ELMAPS TC 6 Standardisation of LED moduls in London; Wissenschaftliche Beratung und Mitarbeit im internationalen Normungsausschuss; OUT e.V. vertreten durch Herrn Dr. A. Mahlkow.*
- 26.-28.01. *Erfahrungsaustausch mit führenden LED – Herstellern auf „Meeting the design & performance challenges“ im Cavendish Conference Centre, London, OUT e.V. vertreten durch Herrn Dr. P. Rotsch.*
- 11.02. *Vorstandssitzung/ Sitzung des Forschungsbeirates – Beratung zur Ausweitung der Forschungsk Kooperationen und zur Bildung von Netzwerken.*
- 03.-04.03 *OUT e.V. - Aussteller auf der LASER-OPTIK-Berlin 2004 in Berlin Adlershof.*
- 29.-30.03. *TCO 2004 „Transparente Leitfähige Oxide - Grundlagen und Anwendungen“ an der Universität Leipzig, Teilnehmer: Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 19.04. *Festtakt „50 Jahre AiF-Aufwind für den Mittelstand“ Haus der Deutschen Wirtschaft – Präsentation des OUT e.V. gemeinsam mit Kooperationspartnern; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Prof. Dr. H. Klose.*
- 18.05. *BMW/AiF-Workshop „Netzwerkmanagement OST“; NEMO Informations- und Erfahrungsaustausch; Präsentation des Netzwerkes „Optoelektronik in der Biotechnologie“ (OptoBioNet) durch Dr. Dittmann.*
- 03.06. *Mitgliederversammlung des OUT e.V.; Vorstellung neuer Mitglieder, Bericht Geschäftsjahr 2003, Entlastung des Vorstandes, Wahl des ersten Vorsitzenden; Wirtschaftsplan 2004, Teilnehmer: alle natürlichen und institutionellen Mitglieder.*
- 09.07. *Vortrag: Dr. A. Mahlkow an der TU Berlin im Seminar des Forschungsschwerpunktes „Photonik“ in der AG „Energieeffiziente und umweltfreundliche Beleuchtung“; Thematik: Hochleistungsleuchtdioden.*

## Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.

---

- 10.08. *Erfolgreiche Evaluierung des OUT e.V. durch das BMWi und den Projektträger EuroNorm GmbH*
- 31.08. *Teilnahme am 11. Innovationstag der AiF, Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow.*
- 01.09. *Teilnahme am NEMO-TAG des BMWi; Erfahrungsaustausch der Netzwerkmanager; Präsentation des Netzwerkes „OptoBioNet“ durch Dr. H. Dittmann.*
- 13.-17.09. *9. Internat. Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen: Vortrag durch Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 14.09. *Eröffungsberatung zum Netzwerk „Systemlösungen für integriertes Sicherheitsmonitoring“ (NE-SIS), Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 07.10. *Arbeitskreistreffen „Photonik“ zum Thema „Photonik auf Silizium“ im Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme Dresden; Veranstalter: silicon-saxony e.V.; Teilnehmer: Dr. A. Mahlkow.*
- 27.10. *16. Verbandstag des VIU im Haus der Deutschen Wirtschaft; Teilnehmer: Dipl.-Ing. A. Klampfl.*  
*Bestätigung der Mitgliedschaft des OUT e.V. im Netzwerk „Optische Technologien Berlin- Brandenburg e.V.“ (OpTecBB).*
- 01.11. *Workshop „Messtechnik und innovative Sensoren in der Lebensmittelherstellung“ im Haus der Deutschen Wirtschaft, Veranstalter: TSB, Coca-Cola Erfrischungsgetränke AG, Fine Foods International Deutsche GmbH, Wild Flavors Berlin GmbH & Co, Teilnehmer: Prof. Dr. H. Klose*
- 01.-10.11. *Gemeinsame Forschungsarbeiten mit dem HMI im HASYLAB Hamburg zum Thema „Strukturuntersuchungen an gesputterten Wolfram-Sulfid-Schichten“, Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 04.11. *14. Workshop „Mikrotechnische Produktion –Flüssige Lötverbunde“ in Siemensstadt Berlin; Veranstalter: Siemens AG, IZM Berlin, ZMU GmbH Freiberg, OSRAM GmbH, Bosch GmbH; Teilnehmer: Dr. A. Mahlkow.*
- 12.-13.11. *Networking Days: Routinisieren/Innovieren Netzwerkentwicklung von OpTecBB, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann*
- 08.-12.11. *Präsentation auf der Electronica 2004 in München; Ausstellung von Hochleistungs-LED, Teilnehmer: Dr. A. Mahlkow.*
- 16.11. *BMBF-Konferenz „Wachstumskerne Unternehmen & Region / Innovationsinitiative Neue Länder“; Thematik: Stärke durch Innovation – Wachstumskerne schaffen Perspektiven; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 10.12. *Festkolloquium und Ausstellung zum 50. Jahrestag der Verleihung des Nobelpreises an Max Born im Max Born Institut, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow.*
- 13.12. *Jahresabschluss des OUT e.V., Mitgliederversammlung, Vorstandssitzung, Forschungsbeiratsberatung.*

- Dez. *Bewerbung für Sensor Innovationspreis 2005, AMA Fachverband für Sensorik e.V. in Göttingen*
- 2004/2005 *Arbeitsgemeinschaft „Solare Materialien“, Mitarbeit des OUT e.V. im Arbeitskreis, vertreten durch Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 2004/2005 *Gesellschaft für Kristallzüchtung und Kristallwachstum; Mitarbeit des OUT e.V. im Arbeitskreis, vertreten durch Dr. P. Rotsch.*
- 2004 *ELMAPS TC 6“ Standardisation of LED moduls“ in London; Wissenschaftliche Beratung und Mitarbeit im internationalen Normungsausschuss, vertreten durch Dr. A. Mahlkow.*
- 2005**
- 13.01.2005 *Neujahrsempfang bei der TSB-Adlershof; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dipl.-Ing. A. Klampfl.*
- 21.-24.02. *10. Weltkonferenz für elektronische Schaltungstechnik in Anaheim in California USA; Vortrag und Posterpräsentation: Thermisches Management für Hochleistungs-LEDs; Dr. A. Mahlkow.*
- 22.02.2005 *Kongress Optische Technologien des BMBF und des BMWi; „Optische Technologien – Innovationschancen für Deutschland / Die Bedeutung von Innovationsnetzwerken“; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dr. W. Rehak.*
- 09.03.2005 *5. Tagung des Kuratoriums des NEMO-Netzwerkes „OptoBioNet“ im Manfred von Ardenne-Gewerbezentrum Wuhlheide.*
- 09.03.2005 *Vorstandssitzung und Mitgliederversammlung des OUT e.V. Geschäftsjahr 2004 und Ausblick 2005.*
- 07.03.2005 *microsys-Berlin 2005; Messe und Kongress im Zentrum für Informations- und Medientechnologie (IZ) Adlershof, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow.*
- 22.03. *Kolloquium „Innovationen für Innovationen“ EuroNorm GmbH zum 15. Bestehen im Magnus-Haus, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 31.03.2005 *Innovationskonferenz „Aufbau Ost“ im Haus der Deutschen Wirtschaft, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 11.-12.04. *FVS-Workshop TCO III in Freyburg/Unstrut; „TCOs für Dünnschichtsolarzellen und andere Anwendungen“, Vortrag und Veröffentlichung; Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 28./29.04. *Parlamentarischer Tag im Abgeordnetenhaus von Berlin, Plenarsitzung des Abgeordnetenhauses und Ausstellung mit Exponaten zu den optischen Technologien aus Berlin Brandenburg, Veranstalter: Präsident W. Momper, Kompetenznetz OpTecBB e.V., Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 03.05.2005 *Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB) in Braunschweig; Beratung zur Akkreditierung des OUT e.V. mit Regierungsdirektor Dr. Georg Sauter; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann und Dr. A. Mahlkow.*

- 01.06. 12. Innovationstag der AiF „Innovationspartnerschaften für den Mittelstand / 15 Jahre AiF-Projekträgererschaft in Berlin, OUT e.V. als Aussteller im NEMO-Netzwerk „OptoBioNet“, Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow. Th. Röger, Interview: Dr. H. Dittmann.
- 02.06.2005 NEMO–Tag des BMWi“; Erfahrungsaustausch und Entwicklungen der Netzwerke nach fünf Wettbewerbsrunden, Dr. H. Dittmann Netzwerkmanager OptoBioNet.
- 09.06. VIU e.V. Treffen der Berliner Mitgliedsfirmen des VIU e.V. in der AUCOTEAM GmbH, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.
- 09.06. 1. Berliner „METALNET“ – Kolloquium im Technologiepark Adlershof, Newtonkabinett; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.
- 15.06. Fachkolloquium Unternehmensgruppe AUCOTEAM 14-jähr. Jubiläum, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann
- 27.06.2005 Jahresempfang der Technologiestiftung Berlin in der Hauptstadtrepräsentanz der Deutschen Telekom AG „Kohärente Technologie- und Innovationsstrategie für Berlin“ Teilnehmer, Dr. H. Dittmann.
- 13.-15.06. Schulung zum Laserschutz in Dresden durch die BGFE, Dr. A. Mahlkow; Bestellung zum Laserschutzbeauftragten des OUT e.V..
- 13.07. 6. Tagung des Kuratoriums des NEMO-Netzwerkes „OptoBioNet“; im Manfred von Ardenne Gewerbezentrum Wuhlheide.
- 14.07.2005 Abschlussveranstaltung InnoNet-Projekt „Trennmembranen“ im Schloss Köpenick; Partner: GERUS mbH, UWT GmbH, PolyAn GmbH, HU-Berlin, OUT e.V. – Dr. Dittmann, Dipl.-Ing. A. Klampfl.
- Juni Einreichung beim BMBF der Projektskizze: Aktive Flexible Screen Forschungsverbund: DLR, OUT e.V., TR UB, IHP Frankf./O, Astro- und Feinwerktechnik GmbH, Swissbit Germany AG, Alpha-Board GmbH.
- 13.09. BMWi-Konferenz im Haus der Deutschen Wirtschaft in Berlin „Regionale Innovationsnetzwerke/ Erfahrungen in Europa und mit dem deutschen Programm InnoRegio“; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.
- 14.09.2005 OUT e.V. Workshop: „Lichtkonversion und Thermo-Management für LED´s mit hohen Leistungsumsätzen – Schlüsselkomponenten für die Beleuchtung mittels LED“.
- 20.09.2005 Mitgliederversammlung von OpTecBB in der Investitionsbank Berlin, Jahresabschluss 2004, Vorstandswahl, Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.
- 19.-23.09. Gemeinsame Forschungsarbeiten mit dem Hahn-Meitner-Institut zur Struktur von magnetrongesputterten WS<sub>x</sub>-Schichten im HASYLAB-Institut in Hamburg, Dipl.-Phys. R. Mientus.
- 19.-21.09. Lux Europa 2005: 10. Europäischer Lichtkongress an der Technischen Universität Berlin; Teilnehmer: Dr. A. Mahlkow.
- 23.09.2005 Arbeitsbesprechung in der ELCOS AG Pfaffenhofen zu gemeinsamen FuE-Projekten und zur Präsentation von Vorlaufentwicklung; Dr. A. Mahlkow.

- 03.11.2005 *Kolloquium High-Tech-Netzwerke – Perspektiven für den innovativen Mittelstand, Einstein-Kabinett Adlershof; Verabschiedung von Prof. Dr. K. Däumichen und Bestellung Prof. Dr. E. Stens; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dipl.-Ing. A. Klampfl.*
- 22.11.-2.12. *Gemeinsame Forschungsarbeiten mit dem Hahn-Meitner-Institut zur Struktur von magnetrongesputterten WS–Schichten im HASYLAB-Institut in Hamburg, Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 04.-05.11. *Networking Days: Routinisieren / Innovieren – Workshop OpTecBB, A-ROSA Hotel Bad Saarow; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow, Dr. W. Rehak.*
- 08.11.2005 *Verbandstag des VIU e.V. (Kongress und Mitgliederversammlung) im BMWi Berlin; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 10.11.2005 *21th Working Group Meeting of the German Flat Panel Display Forum in Jena: Vortrag Prof. H. Klose "On the Temperature Dependence of the Forward Characteristics of Polymer Light-Emitting Diodes".*
- 15.11. *9. Partner-Meeting-Systeme für integriertes Sicherheitsmonitoring – NE-SIS bei RoboWatch GmbH; Teilnehmer: Dr. A. Mahlkow.*
- 01.12.2005 *Kolloquium des Beckmann Instituts für Kooperationsentwicklung e.V. (BIK e.V.) im Innovationspark Wuhlheide „Stärkung der Basis technologieorientierter Unternehmen für einen erfolgreichen Strukturwandel in Deutschland“; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann.*
- 07.12.2005 *Jahresabschlussveranstaltung des OUT e.V..*
- 14.12. *7. Tagung des Kuratoriums des NEMO-Netzwerkes „OptoBioNet“; im Manfred von Ardenne Gewerbezentrum Wuhlheide*
- 14/15.12. *Profiseminar in Regensburg: Halbleiterlichtquellen; Vortrag: Thermisches Management, Dr. A. Mahlkow.*
- 21.12.2005 *Festkolloquium zur Verleihung des IZM Forschungspreises 2005; Teilnehmer: Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow.*

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

### **2004**

- 11.02.2004 *Abrechnung des 1. Meilensteines im NEMO-Netzwerk „OptoBioNet“ und Tagung des Netzwerk-Kuratoriums; Netzwerkmanager: Dr. H. Dittmann, Netzwerkkoordinatoren: Dr. P. Rotsch, Dipl.-Ing. A. Klampfl.*
- 15.02. *Zwischenstopp: „Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 1179/03; PL: Dipl.-Phys. R. Wolf.*



- Zwischenstopp: „Funktionalisierte Trennmembranen und Technologien zum Lösemittel und Wasserrecycling“; BMWi-gefördertes Netzwerkprojekt 16IN0132; Koordinator: Dr. H. Dittmann.
- 25.02.2004 Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Einzelprojektes 82/02 „Entwicklung einer Gamma/Beta-Sonde für die Nuklearmedizin“; PL: Dipl.-Ing. H. Heilig.
- 01.03.2004 Auftakt: „Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwerterhaltung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 360/04; PL: Dipl.-Ing. D. Hänsel.
- 31.03. Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Einzelprojektes 83/02 „Neue Messverfahren für  $A_3B_5$ -pn-Übergänge“; PL: Dr. G. Kaden.
- 01.04. Auftakt: „Optoelektronischer Sensor zur in-situ Bestimmung der Oberflächenspannung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 397/04; PL: Prof. Dr. H. Klose.
- 14.04. Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Kooperationsprojektes 42215 PROINNO I „Optoelektronische Charakterisierung polymerer Leuchtdioden mittels neuartiger Messverfahren“; PL: Prof. Dr. H. Klose.
- 30.04. Interne Projektberatung mit Netzwerkpartnern und Tagung des Lenkungsausschusses: „Funktionalisierte Trennmembranen und Technologien zum Lösemittel und Wasserrecycling“; BMWi-gefördertes Netzwerkprojekt 16INO132; Koordinator: Dr. H. Dittmann.
- 30.06. Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Kooperationsprojektes 42216 PROINNO I „Entwicklung eines Elektromembranverfahrens zur Elektrolytaufbereitung von Alkali-Brennstoffzellen“; PL: Dipl.-Ing. W. Gietz.
- 01.07. Auftakt: „Entwicklung eines Sensorchips mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt IW 041227; PL: Dr. W. Wagner.  
Auftakt: „Entwicklung eines universellen Photonenzählers auf der Basis von APD“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt IW 041228; PL: Dipl.-Ing. B. Apel.
- 21.07.2004 Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des vom Land Berlin geförderten Verbundprojektes 100 17 716 „Entwicklung und Anwendung optoelektronischer Entfernungsmessmethoden“ vor dem Bewilligungsausschuss des Landes Berlin; PL: Dr. W. Wagner, Koordinator: Dr. H. Dittmann.
- 15.09.2004 Abschlusspräsentation der Ergebnisse der Phase I im NEMO-Netzwerk „OptoBioNet“ und Tagung des Netzwerk-Kuratoriums; Netzwerkmanager: Dr. H. Dittmann, Netzwerkkoordinatoren: Dr. P. Rotsch, Dipl.-Ing. A. Klampfl.
- 30.09. Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Kooperationsprojektes 42216 PROINNO I „Entwicklung eines

- Elektromembranverfahrens zur Elektrolytaufbereitung von Alkali-Brennstoffzellen“; PL Dipl.-Ing. W. Gietz.*
- 22.10. *Workshop zur strategischen Ausrichtung des NEMO-Netzwerkes „OptoBioNet“ in Phase II und Tagung des Netzwerk-Kuratoriums; Netzwerkmanager: Dr. H. Dittmann, Netzwerkkoordinatoren: Dr. P. Rotsch, Dipl.-Ing. A. Klampfl.*
- 26.10.2004 *Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Einzelprojektes 225/03 „Entwicklung von Beleuchtungs-LED mit sonnenlichtähnlichem Emissionsspektrum“; PL: Dr. P. Rotsch.*
- 09.12. *Öffentliches Statusseminar und Abschlusspräsentation der FuE-Ergebnisse des BMWi-geförderten Netzwerkprojektes 16INO132 „Funktionalisierte Trennmembranen und Technologien zum Lösemittel und Wasserrecycling“; Koordinator: Dr. H. Dittmann.*
- 2005**
- 20.01. *Zwischenstopp: „Entwicklung eines Sensorchips mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt IW 041227; PL: Dr. W. Wagner.*  
*Zwischenstopp: „Optoelektronischer Sensor zur in-situ Bestimmung der Oberflächenspannung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 397/04; PL Prof. H. Klose.*
- 31.01. *Zwischenstopp: „Entwicklung eines universellen Photonenzählers auf der Basis von APD“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt IW 041228; PL: Dipl.-Ing. B. Apel.*  
*Zwischenstopp: „Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 1179/03; PL: Dipl.-Phys. R. Wolf.*  
*Zwischenstopp: „Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwerterhaltung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 360/04; PL: Dipl.-Ing. St. Bickert.*
- 09.03. *Abrechnung des 3. Meilensteines im NEMO-Netzwerk „OptoBioNet“ und 5. Tagung des Netzwerk-Kuratoriums; Netzwerkmanager: Dr. H. Dittmann, Netzwerkkoordinator: Dipl.-Ing. A. Klampfl.*
- 14.04. *Auftakt: „Entwicklung einer Chip-Technologie für Hochleistungs-Frontemitter-LED / Untersuchungen zur elektrischen Kontaktierung und optischen Vergütung von Hochleistungs-Frontemitter LED mit TCO“; BMWi-gefördertes Kooperationsprojekt 5902 PROINNO II; PL: Dipl.-Ing. K. Szuszinski.*
- 11.-12.04. *FVS-Workshop TCO III in Freyburg/Unstrut; „TCOs für Dünnschichtso-larzellen und andere Anwendungen“, Vortrag und Veröffentlichung; Dipl.-Phys. R. Mientus.*
- 01.06. *Präsentation des NEMO-Netzwerkes „OptoBioNet“ auf dem 12. Innovationstag der AiF „Innovationspartnerschaften für den Mittelstand / 15*



- Jahre AiF-Projektträgerschaft“ in Berlin; Dr. H. Dittmann, Dr. A. Mahlkow, Th. Röger; Interview: Dr. H. Dittmann.
- 05.07. Zwischenstopp: „Entwicklung eines Sensorchips mit Ladungsintegration zur 3D-Vermessung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt IW 041227; PL: Dr. W. Wagner.  
Zwischenstopp: „Entwicklung eines universellen Photonenzählers auf der Basis von APD“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt IW 041228; PL: Dipl.-Ing. B. Apel.  
Zwischenstopp: „Optoelektronischer Sensor zur in-situ Bestimmung der Oberflächenspannung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 397/04, PL: Prof. Dr. H. Klose.  
Zwischenstopp: „Si-basierte ICP-Beschichtung von organischen und Glassubstraten“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 1179/03, PL: Dipl.-Phys. R. Wolf.
- 13.07. Abrechnung des 4. Meilensteines im NEMO-Netzwerk „OptoBioNet“ und 6. Tagung des Netzwerk-Kuratoriums; Netzwerkmanager: Dr. H. Dittmann, Netzwerkkoordinator: Dipl.-Ing. A. Klampfl.
- 05.10. Abschlusspräsentation: „Entwicklung einer Technologie zur Brunnenwerterhaltung“; BMWi-gefördertes Einzelprojekt 360/04, PL: Dipl.-Ing. St. Bickert.
- 14.12. Abrechnung des 5. Meilensteines im NEMO-Netzwerk „OptoBioNet“ und 7. Tagung des Netzwerk-Kuratoriums; Netzwerkmanager: Dr. H. Dittmann, Netzwerkkoordinator: Dipl.-Ing. A. Klampfl.
14. -15.12. Profiseminar „Halbleiterlichtquellen“ in Regensburg; Vortrag: Thermisches Managemen; Dr. A. Mahlkow.

### Wissenschaftliche Publikationen

- Mientus 04 R. Mientus, K. Ellmer : Optical and Elektronic Properties of  $\text{CrO}_x\text{N}_y$ -Films, Deposited by Reactive DC Magnetron Sputtering in  $\text{Ar}/\text{O}_2/\text{N}_2$ -Atmospheres; PSE Garmisch-Partenkirchen, Sept. 2004
- Mientus 04 R. Mientus, K. Ellmer: Reactive magnetron sputtering of molybdenum sulfide thin films: In situ synchrotron x-ray diffraction and transmission electron microscopy study / Journal of Applied Physics, 95, 12, Juni 2004
- Mahlkow 04 A. Mahlkow: High power LED and thermal management / UV Solid-State Emitters and Detectors, 253-260; Kluwer Academic Publishers 2004
- Kaden 05 G. Kaden, M. Mai: Determination of Surface Recombination Velocity  $s_0$  and Carrier Lifetime  $\tau_0$  from  $I_F(V_G)$  Characteristics of Al/PECVD-SiN<sub>x</sub>/pn-GaAs Gated Diodes / Semiconductor science technology 20, 1-7, 2005  
G. Kaden, M. Mai: Determination of Minority Carrier Lifetime  $\tau_P$  and Surface Recombination Velocity  $s_0$  of Al<sub>III</sub>B<sub>V</sub> p-n Junctions from the Forward Current Characteristics  $I_F(V_F)$  / Semiconductor science technology 20, 1136-1142, 2005

- Mientus 05 R. Mientus, K. Ellmer : Elektrische und optische Eigenschaften reaktiv gesputterter  $In_{0,9}Sn_{0,1}O_x$ -Schichten (ITO); Workshop 2005 Hahn-Meitner-Institut (HMI)
- Mientus 05 S. Seeger, R. Mientus, K. Ellmer : Influence of the ion energy on the growth of  $WS_x$  films prepared by reactive magnetron sputtering; HASY-LAB annual report 2004., 2005, p. 498-498
- Mientus 05 S. Seeger, R. Mientus, J. Röhrich, E. Strub, W. Bohne, K. Ellmer : Electrical and optical properties of highly (001) textured  $WS_x$  films deposited by reactive magnetron sputtering; Surfaces and coatings Technology 200 (2005), p 218-221

### Patentschriften

- Dr. Rotsch 04 Anmeldung 102 004 023 655.0: Konversionslicht emittierende LED mit elektrisch variierbaren Farbeigenschaften, 30.04.04.
- Prof. Klose 04 Offenlegung 102 53 127.7: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der winkelabhängigen spektralen und colorimetrischen Parameter von aktiven und passiven Licht- und Strahlungsquellen, 19.05.04.
- Prof. Klose 04 Anmeldung 102 004 063 667.2: Verfahren und Vorrichtungen zur in situ Bestimmung von in Flüssigkeiten gelösten Gasen in geschlossenen Behältnissen, 30.12.04.
- Prof. Klose 04 Offenlegungsschrift: Verfahren und Vorrichtung zur Charakterisierung von Verunreinigungen in Flüssigkeiten, AZ 102 57 238.0 vom 24.06.04.
- Prof. Klose 05 Offenlegung 103 54 856.4: Verfahren und Anordnung zur Bestimmung von Veränderungen der Oberflächenspannung sowie zur Ermittlung des Niveaus transparenter Fluide, 07.07.05.
- Dr. Rotsch 05 Offenlegungsschrift: Vorrichtung zur Emission von Strahlung mit einstellbarer Spektraleigenschaft, AZ 10 2005 020 695.6 vom 15.12.05.

### Lehrveranstaltungen an der TU Berlin

- Dr. Mahlkow 04 Vorlesungen Thematik: Mikrosystemtechnik.  
Vorlesungen Thematik: Grundlagen der Physik: Mechanik.  
Vorlesungen Thematik: Hochleistungsleuchtdioden.  
Vorlesungen Thematik: Laser.
- Dr. Mahlkow 05 Vorlesungen Thematik: Mikrosystemtechnik.
- Dr. Mahlkow 05 Betreuung Diplomarbeit „RGB-Modul Lichttechnik/Elektronik“ von Steffi Stangl, Kunsthochschule Berlin-Weißensee.

### Betreuung von Praktikanten

- Mientus 04 Praktikantenbetreuung von Herrn Stefan Gniza, Vorpraktikum.
- Dr. Rotsch 04 Vermessung optoelektronischer Bauelemente an Spezialmesstechnik.

*Mientus 05*    *Schülerpraktikum Paul Vierwege Januar 2005.*  
*Schülerpraktikum Hansjochen Köckert Juni 2005.*  
*Schülerpraktikum Florian Rettich September 2005.*  
*Einführung in die Labormesstechnik und in Beschichtungsprozesse.*

## 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 2002 – 2006:

<b>Einnahmen des OUT e.V.</b>					
	<b>2002 (T€)</b>	<b>2003 (T€)</b>	<b>2004 (T€)</b>	<b>2005 (T€)</b>	<b>2006 (T€)*</b>
Fördermittel	715	1.060	686	518	806
Umsatzerlö-	237	319	478	447	475
Sonstige **)	24	26	25	18	35
<b>Gesamt</b>	<b>976</b>	<b>1.405</b>	<b>1.189</b>	<b>983</b>	<b>1.316</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:

<b>Gerätebezeichnung</b>	<b>Hersteller</b>	<b>Anschaffungswert (in €)</b>
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

## Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.

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 Spektroradiometer	OPTE-E-MA Engineering GmbH	20.052

## Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.

---

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	2002	2003	2004	2005	2006 *
<b>Einnahmen (in T€)</b>	<b>976</b>	<b>1.405</b>	<b>1.189</b>	<b>984</b>	<b>1.316</b>
<b>Projekte gesamt</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>13</b>
Projekte beendet	3	8	7	2	5
Projekte begonnen	10	4	5	5	8
<b>Natürliche Mitglieder</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
<b>Institutionelle Mitglieder</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Zahl Dienstverträge</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>22</b>

\* Planzahlen

## 9. Ausblick

Auch zukünftig wird sich die Forschungstätigkeit im OUT e.V. traditionell und anwendungsorientiert auf Schwerpunkte in der Mikro-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 des NEMO-Netzwerkes „Optoelektronik in der Biotechnologie“. Dadurch wird der OUT e.V. seine Profilierung zu einer überwiegend in den neuen Bundesländern agierenden, kompetenten externen Industrieforschungseinrichtung fortsetzen; die Rahmenbedingungen am attraktiven Standort des OUT e.V. im Innovationspark Wuhlheide mit ca. 140 kleinen und mittelständischen Unternehmen bieten dafür hervorragende Möglichkeiten. Darüber hinaus ist vorgesehen, die FuE-Kooperation zukünftig auf den europäischen Raum auszudehnen.

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..

Schließlich wird der OUT e.V. seine Dienstleistungen entsprechend seinem Satzungszweck kontinuierlich erweitern; 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 im Rahmen der Forschungs- und Technologiestelle des OUT e.V. kontinuierlich fortsetzen und ausbauen.





## FuE-Projekte im Zeitraum 2000 bis 2005

2000	2001	2002	2003	2004	2005
					HL-Frontemitter
					OptoBioNet / Phase II
					Sensorchip mit Ladunesintegration
					Photonenzählung auf APD-Basis
					In-situ-Bestimmung Oberflächenspannung
					Brunnenwerterhaltung
					OptoBioNet / Phase I
					Si-basierte ICP-Beschichtung von organ. und Glassubstraten
					Beleuchtungs-LED
					Alkalielektrolyte
					Charakterisierung PLED
					Trennmembranen
					Laserstrukturierung
					Metallisierungsschichten
					Laserentfernungsmessung
					Optoelektronische Entfernungsmessung
					Sonde für die Nuklearmedizin
					Messverfahren pn-Übergänge
					Thermische Empfänger
					Biologisches Abluftfilter
					Optimierung HL-LED
					Mikrotiterplatten
					LiAlO <sub>2</sub> -Wafer
					Optoelektronischer Sensor
					GaN-Schottky-Photodioden
					Sensitive Oberflächen
					Schwermetalle
					Entwicklung Hochleistungs-LED
					ICPECVD-Abscheideverfahren
					Agenda-Prozess
					UV-Leistungsmessköpfe
					Netzwerk-Projekte
					Koop.-Projekte
					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](mailto:dr.dittmann@out-ev.de)  
<http://www.out-ev.de>

### Layout:

??????????????

### Auflage:

300 Exemplare

### Redaktionsschluss:

31. Januar 2006