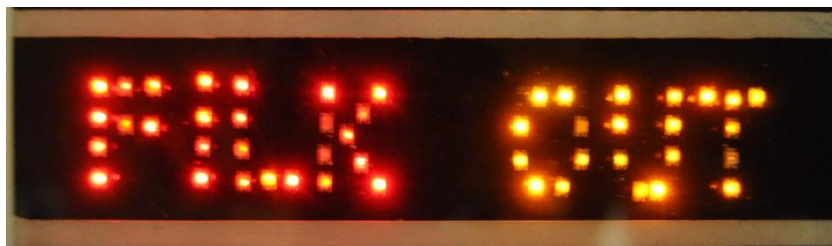
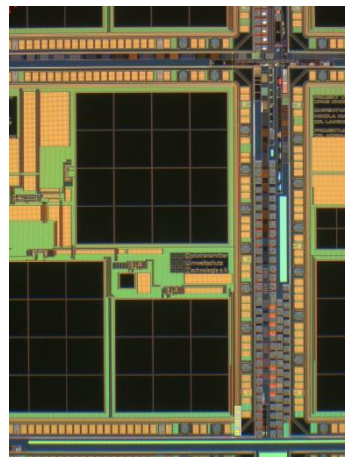
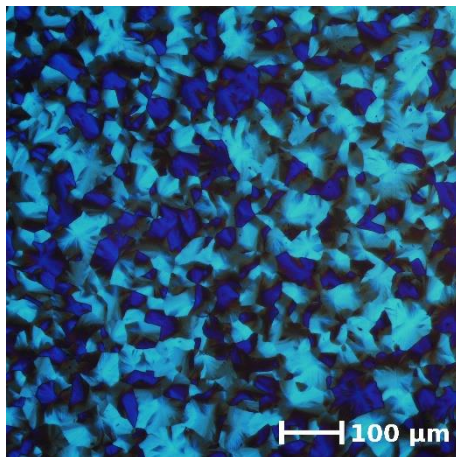


Optotransmitter
Umweltschutz
Technologie e.V.

ZUSE-GEMEINSCHAFT



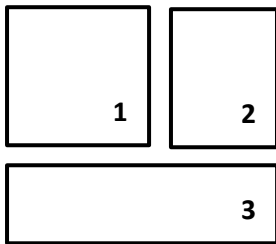
2018

OUT e.V.

2019

Forschungs- und Entwicklungsbericht

Titelbilder



1 Polarisations-Mikroskopaufnahme einer Nb-dotierten TiO₂-Schicht, die bei Raumtemperatur gesputtert und bei 450 °C im Vakuum getempert wurde. Auffallend sind die extrem großen Kristallite (20-50 µm) trotz der TiO₂-Schichtdicke von nur 120 nm (Projekt „Wasserstoffmodifizierte TiO₂-Elektroden“).

2 Mikroskopaufnahme eines Photodioden-Verstärker-Chips. Die größte quadratische Photodiode hat eine Kantenlänge von 2 mm (Projekt „VOLDEMERT“).

3 Auf einer elektrisch leitenden Polymerschicht platzierte rote (FILK) und orange (OUT) LEDs. Die positionsunabhängige Stromversorgung der LEDs übernimmt die Polymerschicht. FILK ist der Kooperationspartners des OUT im Projekt „Leder-LED“.

Impressum

Herausgeber:
Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.
Köpenicker Str. 325 / Haus 201
12555 Berlin

Zusammenstellung und Redaktion:
Dr. Klaus Ellmer, Dr. Inga Rothert
Tel. +49 30 609847-200
Fax +49 30 609847-299
e-Mail: ellmer@out-ev.de
www.out-ev.de

Gestaltung:
Dr. Inga Rothert

Druck:
Online Ausgabe

Redaktionsschluss:
05.08.2020

Inhaltsverzeichnis

0	Vorwort	1
1	Kurzdarstellung des OUT e.V.	3
1.1	Vorstand und wissenschaftlicher Beirat	3
1.2	Bisherige Entwicklung des OUT e.V.	4
1.3	Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.	6
2	Übersicht der 2018 / 2019 bearbeiteten Projekte	7
3	Abgeschlossene wissenschaftliche Projekte	8
3.1	LED-Gruppe	8
3.1.1	VOLDEMERT	8
3.1.2	TOC-Sens	11
3.1.3	LED-Meter	14
3.1.4	Multiphysik-Simulation	16
3.1.5	HYMONS	17
3.2	Gruppe Dünnschichttechnologie	20
3.2.1	H ₂ -dotiertes TiO ₂	20
3.2.2	Dünnschichtlabor II	25
4	Kooperationspartner des OUT e.V.	27
5	Auftragsforschung	29
6	Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse	29
7	Finanzen des OUT e.V.	37
7.1	Einnahmen	37
7.2	Gerätetechnische Infrastruktur	38
8	Übersicht über alle im OUT e.V. bearbeiteten Forschungsprojekte	39

Vorwort

Liebe OUT-Mitglieder und -Beschäftigte, liebe Leserinnen und Leser!

Zwei Jahre sind vergangen, seit der letzte F/E-Bericht des OUT e.V. online veröffentlicht wurde, Zeit also für den F/E-Bericht für die Jahre 2018/19, der jetzt vor Ihnen liegt.

In diesen beiden Jahren haben die OUT-MitarbeiterInnen gute, erfolgreiche Arbeit geleistet, für die ich allen danken möchte.

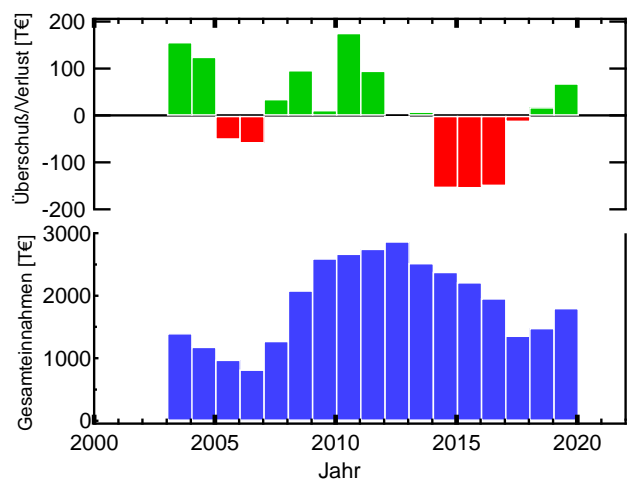
Die Zahl der bearbeiteten Förderprojekte hat sich deutlich auf 20 erhöht (gegenüber 10 Projekten in den Jahren 2016/17), 15 davon wurden/werden in der LED-Gruppe bearbeitet, 3 in der AG Dünnschicht-technologie und 2 in der Sensorik.

Die größere Zahl der Projekte führte natürlich dazu, dass der OUT e.V. zusätzliches Personal benötigte; allein im Jahr 2019 haben wir deshalb 10 neue MitarbeiterInnen eingestellt.

Die finanzielle Situation des OUT e.V. hat sich wesentlich verbessert, ist aber weiterhin angespannt; die Rücklagen des Vereins sind nach wie vor zu niedrig. Nach der im Jahr 2016 begonnenen Konsolidierung und Umstrukturierung des OUT e.V. gingen die Gesamteinnahmen (Fördermittel und Einnahmen aus dem Zweck- und wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb) zunächst deutlich zurück (siehe Bild 1), stiegen erfreulicherweise in den letzten beiden Jahren aber wieder an. Die massiven Verluste der Jahre 2014-2016 konnten abgebaut werden und im Jahr 2019 konnten wir ein gutes positives Ergebnis von fast 70 T€ erzielen. Wir hoffen, dass sich der klare Aufwärtstrend bei den eingeworbenen Fördermitteln auch in den folgenden Jahren fortsetzt, trotz der Unwägbarkeiten durch die Neuausschreibung des ZIM-Projektträgers bzw. durch die Folgen der Corona-Krise.

Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang auch die Investitionen des OUT, die zu 90% vom Bundesmi-

nisterium für Wirtschaft und Energie finanziert werden. Im Jahr 2019 haben wir den Ausbau der Dünnschichtlaborkapazitäten begonnen, der uns zusätzliche Möglichkeiten für die Dünnschichtabscheidung und die Sensorentwicklung geben wird.



Der Verein konnte im Jahr 2019 zwar mehr Fördermittel einwerben, die Erträge aus wirtschaftlichem Zweck- und Geschäftsbetrieb gingen aber zurück; hier müssen wir uns bemühen, diese Erträge mittelfristig zu erhöhen. Ein Lichtblick in diesem Zusammenhang ist der erste Verkauf des multifunktionalen Plasmasensors (MFPS) an eine universitäre Forschungsgruppe im Jahr 2019. Diese Art der Verwertung von Forschungsergebnissen müssen wir in den kommenden Jahren gezielt ausbauen, um den notwendigen Eigenanteil zur Finanzierung des Vereins zu erhöhen.

Ich möchte allen danken, die den Verein finanziell unterstützt haben: den Vereinsmitgliedern (Personen und Firmen) sowie den Geldgebern für die Förderprojekte, d.h. dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und der IBB Berlin, sowie den Projektträgern Euro-Norm GmbH, AiF-Projekt GmbH und VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

Nicht zuletzt möchte ich Frau Dr. Rothert danken, die sich intensiv um diesen Bericht gekümmert und die

Vorwort

Beiträge aller Projektleiter zusammengestellt, redaktionell bearbeitet und formatiert hat.

Lassen Sie mich mit einem Zitat des berühmten englischen Bergsteigers Edward Whymper schließen (er gehörte zu den Erstbesteigern des Matterhorns):

„Wir, die wir die Berge erklettern, wissen, dass jede Höhe durch geduldige und mühsame Anstrengung gewonnen werden muss“.

In diesem Sinne, auf zu neuen „Höhen (Gipfeln)“ für den OUT e.V.

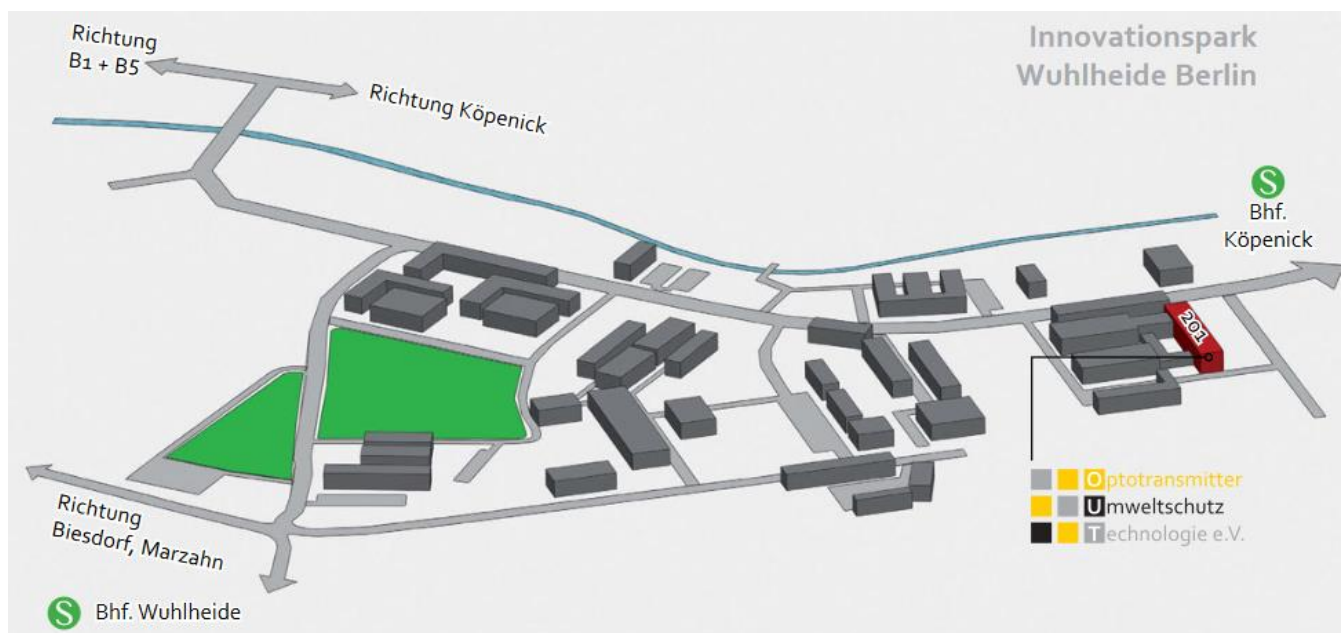
Dr. Klaus Ellmer
Vorstandsvorsitzender

1. Kurzdarstellung des OUT e.V.

1.1 Vorstand und wissenschaftlicher Beirat

Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.	
Vorstand	Wissenschaftlicher Beirat
Dr. Adrian Mahlkow	Dr. Manfred Blaschke
Dipl.-Phys. Rainald Mientus	Dipl.-Chem. Gabi Grützner
Dipl.-Math. Johanna Reck	Dr. Adrian Mahlkow
Torsten Trenkler	Dr. Hagen Tiedtke
Christian Schild	Dipl.-Chem. Norbert Wutzke
Wilhelm Thom	Dr. Wolfgang Rehak
Vorstandsvorsitzender	Dr. Bernd Kloth
Dr. Klaus Ellmer	Dr. Uwe Schedler
	Dipl.-Ing. Andreas Thun

Lageplan des OUT e.V. im Innovationspark Wuhlheide



1.2 Bisherige Entwicklung des OUT e.V.

Der Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT e.V.) ist eine eigenständige Industrieforschungseinrichtung mit Sitz im Innovationspark Wuhlheide in Berlin-Köpenick, die 1991 gegründet wurde. Die Gründer des OUT e.V. waren Mitarbeiter des Entwicklungsbereichs des Werks für Fernseh elektronik, die ihre Expertise unter den neuen wirtschaftlichen Bedingungen nach der Wiedervereinigung sinnvoll einsetzen wollten.

Die Hauptarbeits- und Geschäftsfelder sind:

- Optoelektronik
- Sensorik
- Beschichtungstechnologien
- Halbleitermesstechnik
- Sicherheitsmesstechnik
- Biotechnologie und Umweltschutz.

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

Im OUT e.V. wurden bisher über 150 Forschungsprojekte und eine Reihe von kleinen und großen Forschungsaufträgen erfolgreich abgeschlossen. 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 somit vorrangig in seiner Eigenschaft als externe Industrieforschungseinrichtung in Verbindung mit umfassenden Erfahrungen im Technologietransfer und im Projektmanagement.

Durch die erfolgreiche Bearbeitung aller Forschungsprojekte hat der OUT e.V. eine Vielzahl hervorragender und anwendungsorientierter Forschungsergebnisse für einen breiten Nutzerkreis bereitgestellt. Damit trägt der OUT e.V. wesentlich zur Entstehung und zur Stärkung technologieorientierter Unternehmen bei. Zum Ausbau des Standortes Berlin-Südost als Zentrum der industrienahen Forschung und des Technologietransfers hat der OUT e.V. erheblich beigetragen. Seit 1997 ist der OUT e.V. Mitglied des „Verbandes innovativer Unternehmen e.V. (ViU)“ und seit 2012 Mitglied in der „Europäischen Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.“ Außerdem ist der OUT e.V. eines der Gründungsmitglieder der 2015 gegründeten „Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse“.

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. Ebenfalls ein Anspruch des OUT e.V. ist es, eine aktive Rolle im wissenschaftspolitischen Leben in der Region Berlin/Brandenburg zu spielen.

Alle FuE-Projekte und wissenschaftliche Veröffentlichungen sind unter www.out-ev.de aufgeführt. Im Detail sind alle abgeschlossenen Projekte in den vom OUT e.V. herausgegebenen Forschungsberichten, die regelmäßig im Abstand von zwei Jahren erscheinen,

1.2 Bisherige Entwicklung des OUT e.V.

beschrieben. Einzelne FuE-Projekte sind darüber hinaus im jährlich erscheinenden „Innovationskatalog – Forschung – Entwicklung – Markt“ des BMWi veröffentlicht. Mit großer Resonanz wurde eine Vielzahl von Publikationen veröffentlicht sowie eine Reihe von Vorträgen auf wissenschaftlichen Veranstaltungen und Konferenzen – national und international – gehalten.

Im OUT e.V. erfolgt die Entwicklung von Technologien sowie von Funktionsmustern, Demonstratoren und Prototypen.

Industrielle Produktentwicklungen finden in der Regel nicht statt; diese erfolgen in den kooperierenden Unternehmen auf der Grundlage von gemeinsam durchgeführten FuE-Kooperationsprojekten und auf der Basis der Nachnutzung von FuE-Ergebnissen.

Der Technologietransfer erfolgt im Wesentlichen durch Auftragsforschung, Personalaustausch, Lizenzvergabe und gezielte Öffentlichkeitsarbeit, sowie durch Dienst-, Beratungs- und Managementleistungen.

1.3 Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.

Arbeitsschwerpunkte

- Durchführung industrienaher, anwendungsorientierter Forschungsvorhaben mit einem breiten Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten für einen großen Nutzerkreis
- Intensive Kooperation mit FuE-treibenden KMU sowie anderen Forschungseinrichtungen und wissenschaftlichen Instituten
- Unterstützung bei der Umsetzung von Forschungsergebnissen (vorrangig in kleinen- und mittelständischen Unternehmen)
- Beratung und Unterstützung bei der Konzeption und Durchführung von Forschungsvorhaben sowie bei der 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

Forschungsschwerpunkte

- Entwicklung innovativer Technologien zur Fertigung optoelektronischer Bauelemente im IR-, VIS- und UV-Bereich
- Sensortechnologie und Signalverarbeitung
- Entwicklung von Verfahren und Technologien zur Anwendung von Beschichtungsprozessen und zur Untersuchung von Kontaktproblemen
- Entwicklung kundenspezifischer optoelektronischer Bauelemente
- Erarbeitung umweltgerechter Einsatzmöglichkeiten für energiesparende, hocheffiziente, optoelektronische Bauelemente
- Entwicklung von hochempfindlichen Messverfahren zur Charakterisierung von elektrischen und optischen Größen sowie zur Lagebestimmung in sicherheitsrelevanten Bereichen
- Entwicklung von hochempfindlichen und spezifischen Analyseverfahren
- Erarbeiten von Sensorkonzepten für die produzierende und verarbeitende Industrie und für Endanwender mit dem Schwerpunkt Qualitätssicherung in der Lebensmittelindustrie
- Optimierung von Anwendungen durch Modellrechnungen zur Parameterevaluation mit Multiphysik- und Raytracing-Software.

2. Übersicht der 2018 / 2019 bearbeiteten Projekte im OUT e.V.

(Ohne Auftragsforschung und Dienstleistungen)

Nr.	Projektnr.	Projekte	Laufzeit	Zuwendungs- geber *	Zuwen- dung
Vorlaufforschungsprojekte					
1	VF150012	H2-modifizierte TiO2-Elektroden	10/15 – 04/18	BMWi / EN	496.738 €
Einzelprojekte					
1	MF150152	HYMONS	03/16 – 04/18	BMWi / EN	233.503 €
2	MF150207	VOLDEMERT	05/16 – 10/18	BMWi / EN	371.994 €
3	MF170035	LED-Meter	10/17 – 09/19	BMWi / EN	260.823 €
4	MF180097	Breitband-UVED	01/19 – 04/20	EuroNorm	159.038 €
5	MF180096	TCO für NIR	01/19 – 03/21	EuroNorm	122.533 €
Kooperationsprojekte					
1	ZF4010209SY7	TOC-Sens	09/17 – 08/19	BMWi / AiF	188.515 €
2	02WQ1437C	Earnings (Grauwasser)	02/18 – 01/20	BMBF	205.030 €
3	ZF4010211SY8	SimBaPack	03/18 – 04/20	BMWi / AiF	189.659 €
4	10164579	ParCour	01/18 – 09/20	IBB / ProFIT	229.363 €
5	20260 BR	Leder-LED	03/19 – 02/21	BMWi / AiF	467.510 €
6	ZF4010212LT8	Stromdichtesensor	08/18 – 07/20	BMWi / AiF	189.572 €
7	16KN078624	SanaLED	09/18 – 02/21	VDI / VDE	189.364 €
8	ZF4010210AB8	KoNaMa-LED	07/18 – 06/20	BMWi / AiF	172.438 €
9	16KN062364	HorseLED	07/19 – 12/21	VDI / VDE	189.308 €
10	18059A	Marmorierungsgrad Fleisch	12/18 – 11/20	EuroNorm / UA	20.500 €
11	ZF4010214RE8	MicronicMandrin	09/18 – 08/20	BMWi / AiF	189.519 €
12	ZF4010215RH8	LED-Multi-Cam	03/19 – 02/21	BMWi / AiF	189.280 €
13	ZF4010216LT9	Flicker-Messgerät	04/19 – 09/20	BMWi / AiF	116.949 €
14	ZF4010217TS9	Weißer Laser für Medizin	10/19 – 03/22	BMWi / AiF	173.040 €
15	ZF4010218LT9	Hand-Optopenetrometer	10/19 – 09/21	BMWi / AiF	189.903 €
Investitionsprojekte					
1	49IZ180023	Multiphysik-Simulation	07/18 – 11/18	EuroNorm	153.900 €
2	49IZ190027	Dünnschicht II	07/19 – 12/19	EuroNorm	208.042 €
Netzwerkprojekte					
1	16KN078601	AmbuCare	01/18 – 12/20	VDI / VDE	177.678 €
2	16KN068401	MoDiSeM	02/18 – 07/20	VDI / VDE	180.000 €
3	16KN062302	ProAnimalLife	09/18 – 08/20	VDI / VDE	180.000 €
4	-	Digitale Reparaturfabrik	07/19 – 06/21	OUT e.V.	252.600 €

Weitere Informationen zu aktuell laufenden Projekten finden sich unter:

<https://www.out-ev.de/aktuelle-projekte/>

3. Abgeschlossene wissenschaftliche Projekte im OUT e.V.

3.1. LED-Gruppe

3.1.1. VOLDEMERT

Dr. Adrian Malkow, Nikola Maslovara

Projektlaufzeit: 01.05.2016 - 31.10.2018

In sehr vielen Sensoranwendungen werden Photodioden sowie Avalanche-Dioden für geringe Lichtstärken im Einzelphotonen-Bereich eingesetzt. Diese optoelektronischen Bauelemente werden dann mit integrierten Verstärkern (Operationsverstärkern) verschaltet und eine Auswerte-Elektronik bis hin zu Digitalanzeigen angefügt. Die Signalwege sind dabei mehrere Zentimeter lang und teilweise schwierig zu schirmen. Hierdurch können hohe Rauschanteile entstehen. Es existierten bereits integrierte Photodioden, welche die Photodiode selbst (z. B. vom Typ TO46) und den Vorverstärker-IC in einem Gehäuse integrieren. Hier sind längere Bonddrähte verbaut und die Bandbreiten der Verstärkung nicht an die Anwendung anpassbar. Die Rauschanteile sind nur unwesentlich niedriger als bei einem vollständig diskreten Aufbau. Alle genannten Probleme wurden durch den geplanten Ansatz von VOLDEMERT reduziert.

In einem monolithisch integrierten Detektor wurden fünf Photodioden mit unterschiedlicher Größe und fünf dazugehörige Transimpedanzverstärker (Strom-Spannungs-Wandler) mit fester Bandbreite vereint (Abbildung 1). Die Bandbreiten sollen 0 Hz (also ohne Gleichsignalunterdrückung) bis 200 kHz und die Grenzpfeindlichkeiten wenige Femtowatt (fW) bis Milliwatt (mW) betragen. Der durch diese Silizium-Photodioden abgedeckte Spektralbereich beträgt 350 nm – 1000 nm.

Durch den komplett integrierten Ansatz kann die lichtempfindliche Fläche aller fünf Bereichs-Photodioden eng benachbart liegen und von einem optischen Signal mit verschiedenen Anteilen bestrahlt werden. Damit wird eine Messung der unterschiedlichen Frequenzanteile in einem einzigen optischen Signal möglich.

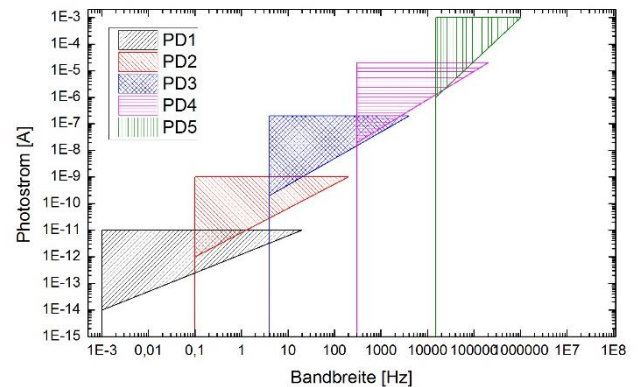


Abb. 1: Parameterbereiche, die der VOLDEMERT-Detektor mit seinen fünf Photodioden abdecken soll

Durch den Vergleich der auf dem Markt vorhandenen Technologien stellte sich heraus, dass die X-FAB XH035-Technologie (350 nm Prozess) den Projektanforderungen am besten entsprach, da insbesondere die zugehörigen Photodioden den niedrigsten Dunkelstrom (Rauschen) aufwiesen. Die sorgfältige Auswahl der Prozessmodule war ebenfalls wichtig, da manche Module wie ISOMOS (besonders rauscharme NFET und PFET), DMIM (ermöglicht hohe Kapazitätswerte der Metal-Insulator-Metal Kondensator-Strukturen), HRPOLY (ermöglicht hohe Widerstandswerte im Polysilicon Layer), MET4 und OPTO unabdingbar waren. Der IC wurde im Cadence Virtuoso Softwarepaket entwickelt und mit Cadence Spectre Software simuliert.

Als Betriebsmodus der Photodioden wurde der sog. Photovoltaic Modus ausgewählt. Bei dieser Betriebsart wird die Photodiode nicht vorgespannt, also $V_F = 0$ V. Dies hat zur Folge, dass der Dunkelstrom praktisch nicht mehr existiert.

Für die fünf Bandbreitenbereiche wurden die optimale Photodiodegröße, der Rückkopplungswiderstand (dies bestimmt den Verstärkungsfaktor)

3.1.1. VOLDEMERT

Dr. Adrian Malkow, Nikola Maslovara
 Projektlaufzeit: 01.05.2016 - 31.10.2018

und -kondensator im Zusammenhang mit den Verstärkerkonfigurationen festgelegt:

	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5
Dimensionen [μm]	200	550	1500	2000	2000
Verstärkung [MV/A]	0,003	0,15	15	100	100

Das Layout des gesamten IC-Designs hat die Dimensionen von $4301 \times 4859 \mu\text{m}$ und ist in der Abbildung 2 dargestellt. Der umschließende Pad-Ring beinhaltet 21 Pads. Mit der Farbe Rot sind die segmentierten Photodioden abgebildet.

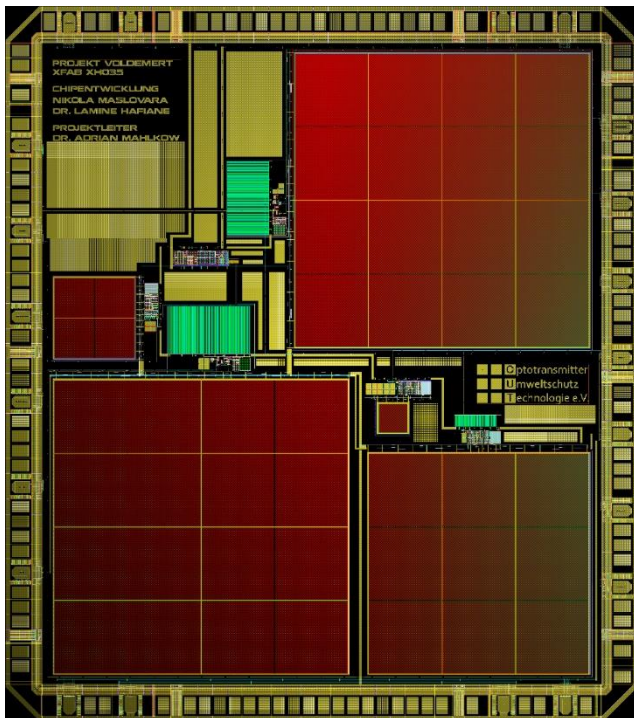


Abb. 2: Das Layout des VOLDEMERT ICs

Jede Photodiode wurde mit einer sogenannten ARC-Schicht (Anti Reflective Coating) beschichtet. Diese verringert die Reflexion bei 405 nm (UV-blau).

Die Versorgungsspannung des entwickelten Detektors beträgt 3,3 V und die elektrische Leistung sowie

Stromverbrauch (bei gleichzeitigem Einsatz aller Einheiten) betragen nur 8,4 mW bzw. 2,5 mA.

Basierend auf den Erfahrungen aus früheren Projekten wurde ein gewisser Grad an Redundanz im IC eingeplant, so dass alle Spannungsleitungen (V_{DD} , V_{REF} und GND) und IC-Kern-Anschlüsse auf dem Chip doppelt vorhanden sind und jede von diesen elektrisch unabhängig ausgeführt wurde. In der Abbildung 3 ist der Detektor-Chip in seinem keramischen Gehäuse dargestellt.

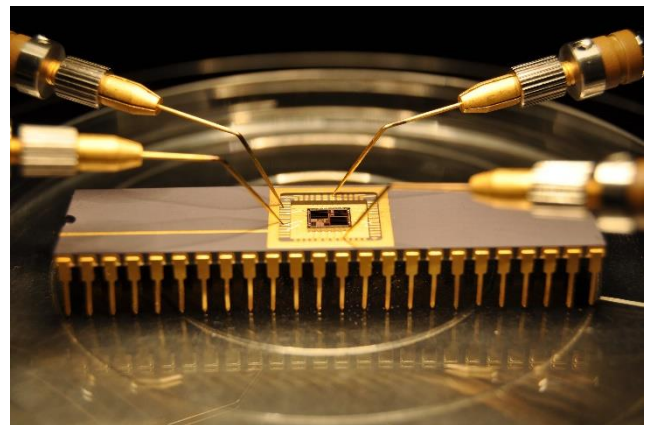


Abb. 3: Der gebondete Chip in einem Keramik-Gehäuse

Durch ausführliche Simulationen ergaben sich die Werte von den wichtigsten Eigenschaften des VOLDEMERT ICs. Diese zeigten, dass die Projektziele in vielen Aspekten übertroffen wurden und in manchen sehr nah an ursprünglich geplanten Zielparameter liegen (siehe Tabelle 1 unten).

Nach der Fabrikation wurde es festgestellt, dass die vier Photodiodeinheiten, PD2 bis PD5, innerhalb der festgelegten Grenzen funktionieren. Durch die Änderung der Lichtintensität erreichen ihre Ausgangsspannungssignale die Werte von $V_{REF} = 1 \text{ V}$ bis $V_{DD} = 3,3 \text{ V}$, bei der der Ausgang gesättigt ist.

3.1.1. VOLDEMERT

Dr. Adrian Malkow, Nikola Maslovara

Projektlaufzeit: 01.05.2016 - 31.10.2018

	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5
Grenzfrequenz f_{3dB} [Hz]	2M	156k	4,46k	325	217
Phasenrand [°]	64,4	65,1	78,7	93,4	93,4
spektrale Rauschstromdichte [A/\sqrt{Hz}]	26,8p	3,5p	0,75p	180f	150f
detektierbarer <u>Photostrom</u> [A]	47,5n	1,73n	62,78p	4,07p	2,77p
spektrale Rauschspannungsdichte [V/\sqrt{Hz}]	60,4n	0,35 μ	8,2 μ	13 μ	13 μ
min Wert der Ausgangsspannung [V]	107,1 μ	173 μ	686 μ	293,7 μ	240 μ
<u>max</u> mögliche A/D Auflösung [bit]	14	13	11	12	13

Lediglich die PD1-Einheit funktionierte nicht wie erwartet. In diesem Fall gab es eine Reaktion auf die Änderung der Lichtintensität, jedoch "in der Gegenrichtung". Dieses Phänomen wurde bei der Suche nach einer Ursache gründlich analysiert. Alle Simulationen sagten die perfekte Funktionalität dieser Einheit voraus und sie weist außerdem die einfachste Struktur von allen fünf Einheiten auf. Die derzeitige Vermutung ist, dass diese Fehlfunktion entweder während des Lithographieprozesses oder durch den Einfluss von starken Querströmen im Substrat entstanden ist.

Mit dem im Projekt realisierten Demonstrator-Chip konnte gezeigt werden, dass die Detektion der optischen Signale im Femtowatt-Bereich möglich ist. Das Eingangsrauschen mancher PD-Einheiten des ICs liegt bei ein paar Hundert fA/\sqrt{Hz} . Unter Berücksichtigung, dass erstens das Rauschen guter Photodioden im Bereich von $1 - 10 \times 10^{-15} W/\sqrt{Hz}$ liegt, dass zweitens diese Kennzahlen nur für relativ kleine Photodiodenchips unter einem halben Quadratmillimeter gelten und, dass drittens Photodioden mit großen Empfängerflächen (wie es beim VOLDEMERT Detektor der Fall ist) um viele Größenordnungen größere Rauschleistungen aufweisen, zeigt es sich, dass das Vorhaben erfolgreich umgesetzt werden konnte. Der VOLDEMERT Chip kann somit für vielfältige Sensorik-Anwendungen eingesetzt werden.

3.1.2. TOC Sens

Ronald Werner

Projektlaufzeit 01.09.2017 - 31.08.2019

In dem Kooperationsprojekt „TOCsens“ zwischen dem Unternehmen PMA GmbH und dem OUT e.V. wurde ein System zur Verfolgung des TOC-Gehaltes („total organic carbon“) in Reinstwasserproben entwickelt. Diese Anwendung ist von großem Interesse in unterschiedlichen Branchen, wie bspw. in der Pharmazie oder Halbleiterindustrie, insbesondere an dezentralen Punkten. Das hier entstandene Gebrauchsmuster ermöglicht eine Verringerung des Messvolumens, eine Vereinfachung des Nachweissystems und die Implementierung in bereits bestehende Systeme, was den Aufwand und somit Kosten reduzieren kann. Auch der potenzielle Einsatz von LEDs statt Quecksilberdampfstrahlern kann perspektivisch einen erheblichen Vorteil bedeuten, damit die Betriebs- und Wartungskosten drastisch reduziert werden können.

Zusätzliche entfallene Risiken und aufwendige Entsorgung der Quecksilberdampfstrahler. Als Messprinzip für die Ermittlung des TOC-Gehaltes wurde eine Anordnung von zwei parallelen Gittern gewählt. Zwischen diesen Gittern wurde der komplexe Widerstand, d.h. die Impedanz, gemessen. Dieser sinkt, wenn der TOC-Wert steigt. Organische Bestandteile in Lösung wurden dabei durch UV-Strahlung aus UV-LEDs oxidiert. Durch eine Differenzbildung der Impedanz vor und nach der Oxidation kann auf den TOC-Wert der Lösung geschlossen werden.

Durch Simulationsrechnungen konnte der Arbeitsaufwand bei der Parameterfindung für einzelne Bestandteile und auch für das Gesamtkonzept deutlich verringert werden (Abbildung 1).

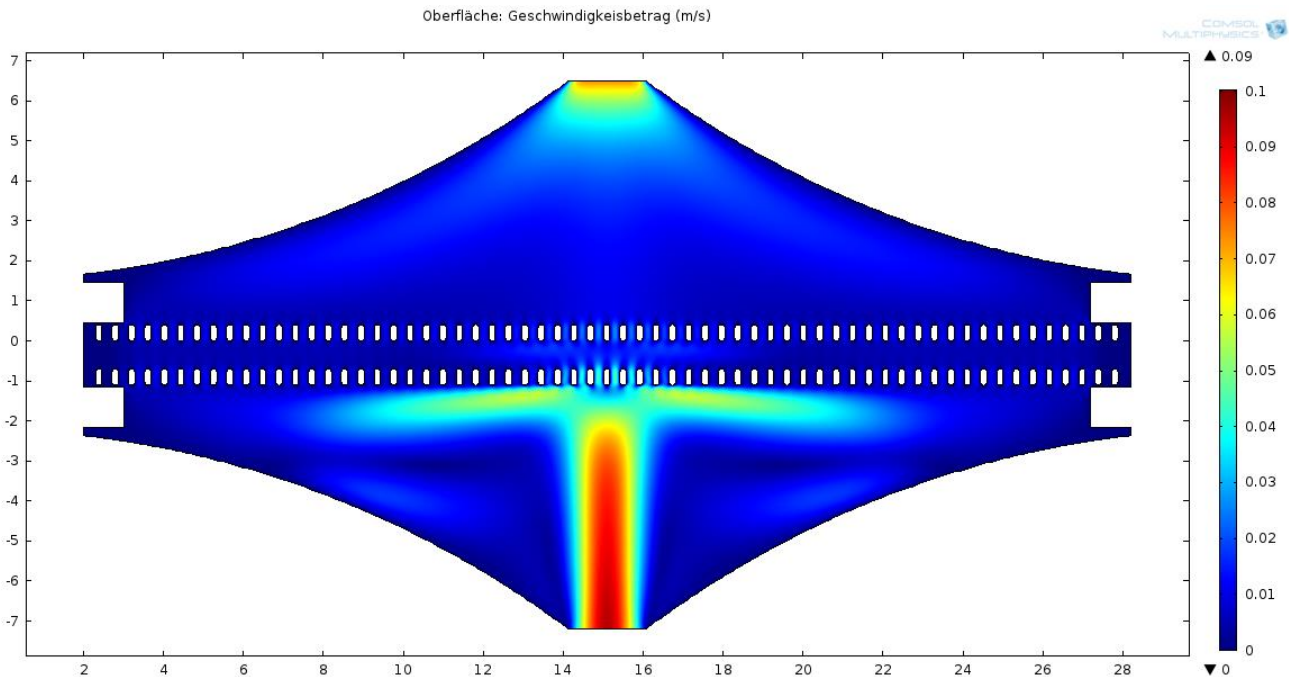


Abb. 1: 2D Simulationsergebnis (Darstellung des Geschwindigkeitsbetrages in m/s) einer konkaven Kammerstruktur (x,y-Achse in mm) im Querschnitt / Einströmung des Wassers von unten und Auslass oben (0,2 bar) [Modul Laminare Strömung COMSOL Multiphysics 4.4]

3.1.2. TOC Sens

Ronald Werner

Projektlaufzeit 01.09.2017 - 31.08.2019

Es konnten das Strömungsverhalten von unterschiedlichen Geometrien der Messkammer und des Einströmungs- und Zirkulationsprozesses simuliert und die Prozessparameter angepasst werden. Dadurch wurde das Volumen minimiert und die Vermischung der Flüssigkeit verbessert, um Totvolumen und Ablagerungen zu vermeiden, da diese Messsignale verschleppen können. Es wurden auch Betrachtungen zur Dimensionierung und Platzierung der verwendeten Strahlungsquellen und optischen Elemente durchgeführt um Leistung, Wellenlänge und Eindringtiefe ins Medium zu optimieren. Nach den Simulationen wurden Bestandteile der Messkammer konstruiert und gefertigt.

Es wurden zwei Halbschalen mittels Frästechniken gefertigt und zu einer Messkammer zusammengefügt. Gefertigt wurden zwei Messkammern. Die erste Messkammer hat ein deutlich geringeres Volumen und wurde genutzt, um die simulierten Ergebnisse des Probenflusses zunächst zu verifizieren. Sie kann

jedoch keine weiteren Referenzsysteme (z.B. Mettler Toledo Leitfähigkeitszelle) sowie keine LEDs oder andere Einbauten für Oxidation aufnehmen. Eine Oxidation der Probe müsste in einer separaten Kammer erfolgen. Deshalb wurde eine zweite Messkammer gefertigt, welche zwar ein deutlich größeres Reaktionsvolumen besitzt, jedoch alle benötigten Mess- und Referenzsysteme aufnehmen kann. Weitere Modifikationen ermöglichten die Durchmischung des Probenvolumens in der Kammer. Die Messung eines transparenten Halbkörpers der Sensorkammer aus PMMA lieferte Ergebnisse zur Bildung und Verteilung von Gasblasen in der Kammer und deren Migration.

Durch die Zusammenarbeit der Firma PMA GmbH und des OUT e.V. innerhalb des Projekts TOC-Sens konnte ein erstes funktionsfähiges Gebrauchsmuster realisiert werden (Abbildung 2).



Abb. 2: TOC Sens Messsystem (weißer Kubus) bei der Vergleichsmessung mit einem Pilot miniTOC (links)

3.1.2. TOC Sens

Ronald Werner

Projektlaufzeit 01.09.2017 - 31.08.2019

Um das TOC Sens System zu testen, wurden in einem Aufbau Leitfähigkeiten mit einer kommerziellen Leitfähigkeitssonde (miniTOC Leitfähigkeitssensor und Mettler Toledo Messzelle) gemessen und mit den Impedanzen des TOC Sens Systems von diversen Probelösungen miteinander verglichen. Ein Vergleich der Impedanzmessungen mit den ermittelten Leitfähigkeiten der Referenzsysteme ergab nur geringfügige Abweichungen der Messwertverläufe. Auffällig ist hierbei, dass die aufgenommenen Leitfähigkeiten der Mettler Toledo Messzelle ein leicht verändertes Ergebnis aufweisen. Dies ist jedoch dadurch zu begründen, dass dieses Referenzsystem ein eigenständiges Messsystem darstellt und dieses grundsätzlich schon verarbeitete Messdaten statt Rohdaten ausgibt. Somit kann es zu einer systematischen Abweichung gegenüber den weiter ermittelten Messergebnissen kommen.

Beispielhaft sind für Reinstwasser und eine 1ppm Saccharoselösung die Impedanz bzw. die spezifische Leitfähigkeit gegen die Zeit dargestellt. Es ist ein reziprokes Verhalten der beiden Messsysteme zu erkennen (Abbildung 3).

Grundsätzlich ist das Prinzip und auch die Elektrodenanordnung der TOC Sens-Messzelle vergleichbar mit der MT Messzelle, wie aus den Messergebnissen hervorgeht.

Durch das Projekt konnte verdeutlicht werden, dass die UV-Leistung pro Platzbedarf der LED für einen kommerziellen Einsatz realisierbar ist. Durch die stetige Weiterentwicklung der UV-LEDs wird der Einsatz für sensorische Aufgaben in naher Zukunft ausreichend wirtschaftlich, um Produkte auf dem Markt zu platzieren.

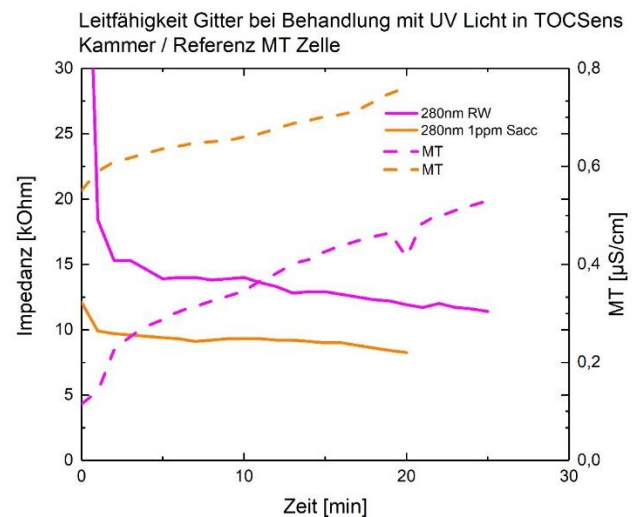


Abb. 3: Vergleich der Messsignale des TOCSens Sensors und des Mettler Toledo Referenzsystems während der Oxidation von Reinstwasser und 1ppm Saccharoselösung in Reinstwasser mittels UVLED

3.1.3. LED-Meter

Dr. Adrian Mahlkow / Sebastian Liehm
Projektlaufzeit 01.10.2017 - 30.09.2019

Im Rahmen des durch die EURONORM geförderten Projektes LED-Meter wurden sowohl die mathematischen Grundlagen als auch ein erstes Funktionsmuster für die absolute sowie spektrale Vermessung von LEDs im Wellenlängenbereich zwischen 250 nm und 2500 nm entwickelt. Durch den Einsatz des ebenfalls im OUT entwickelten Hochleistungs-UV-Ofens konnte ein Degradationsmessplatz mit Beaufschlagung von vorab klar definierten Strahlendosen dafür genutzt werden, entsprechend vorgealterte und damit stabilisierte Photodioden bereit zu stellen. Anhand der unterschiedlichen Sensitivitätsbereiche der Materialgruppen AlInGaN, AlInGaP, AlInGaAs und AlInGaSe innerhalb des betrachteten Detektionsbereiches konnte prinzipbedingt eine hohe Modularität und eine große Robustheit erreicht werden, so dass kosten- und zeitintensive Rekalibrierungen durch den Anwender in Einsatzbereichen wie Service oder zur Inlinekontrolle künftig vermieden werden können. Speziell die in der Fertigung zur Vorselektion eingesetzte Inlinekontrolle profitiert von der sehr schnellen Erfassung und Bearbeitung der Messsignale mittels einer eigens dafür entwickelten Messtechnik, die über eine kanalabhängige und somit bauteilspezifische Vorverstärkung verfügt. Grundlage für die jeweilige Dimensionierung war der Aufbau eines Messplatzes zur Charakterisierung von Photodioden unter Einsatz eines Doppel-Monochromators bzw. in den Randbereichen mit lediglich geringen Strahlungsinintensitäten eines Einfachmonochromators und Etablierung eines darauf abgestimmten Messregimes. In Abb. 1 ist die so ermittelte Übertragungsfunktion der zum Einsatz gekommenen optischen Faser OFG-425 an einer Halogenstrahlerquelle dargestellt.

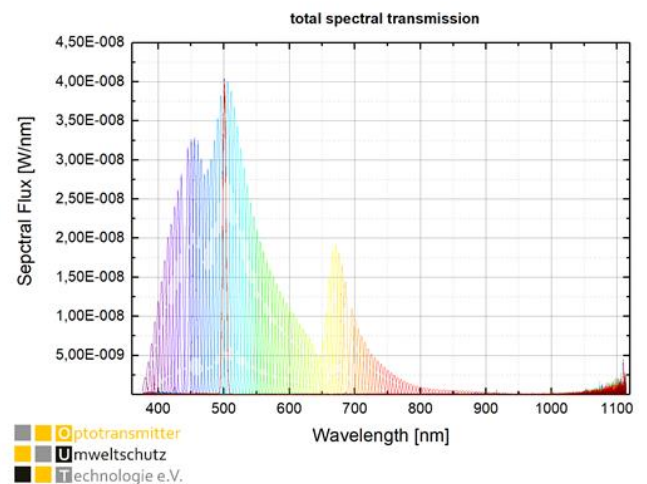


Abb. 1: Spektrale Vermessung der lichtleitenden Faser zur Charakterisierung der beaufschlagten Strahlungsverteilung der einzelnen Photodiodenmessungen

Durch die Überlappung der sensitiven Photodiodenbereiche kann mittels der in das mathematische Modell eingeflossenen Datenbasis von derzeit bereits über 120.000 im Optiklabor des OUT e.V. durchgeführten Einzelbauteilvermessungen auf eine äußerst umfangreiche Datengrundlage zurückgegriffen werden, die mit den aktuellen und künftigen Messergebnissen weiterer Bauteile weiterhin stetig wachsen wird. Der Fokus lag dabei auf der Identifikation der für eine LED charakteristischen Merkmalsausprägungen, die durch Variation der einzelnen Randbedingungen wie Flusstrom, Temperaturbereich und Wärmeabfuhr der Gegenkühlung untersucht wurden. Zur Beschleunigung der Datenanalyse wurde die Bibliothek Pandas eingesetzt, mit deren Hilfe umfangreiche Analysewerkzeuge in Python geschrieben wurden. Anhand der damit durchgeführten Analysen ließ sich zeigen, dass eine einfache Gaußfunktion zur Anpassung der spektralen Verteilungsfunktion einer LED zwar bereits gute Ergebnisse bei der Zuordnung der zent-

3.1.3. LED-Meter

Dr. Adrian Mahlkow / Sebastian Liehm
Projektlaufzeit 01.10.2017 - 30.09.2019

ralen Wellenlänge liefert, der Aufwand zur Bestimmung der Parameter einer Doppelgaußfunktion sich aber rechtfertigt, da die Ergebnisse exakter auf die zugehörige Peakwellenlänge der gesuchten LEDs schließen lassen. In Abb. 2 und Abb. 3 sind die Ergebnisse der mittels Spektrometer OL770 der Firma Instrument System gemessenen und der anhand der Datenanalyse ermittelten (gefitteten) Parameter Peakwellenlänge und Strahlungsfluss gegenübergestellt.

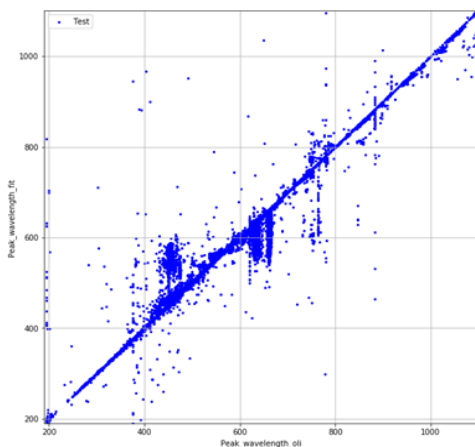


Abb. 2: Gegenüberstellung von gemessenen und gefitteten Peakwellenlängen

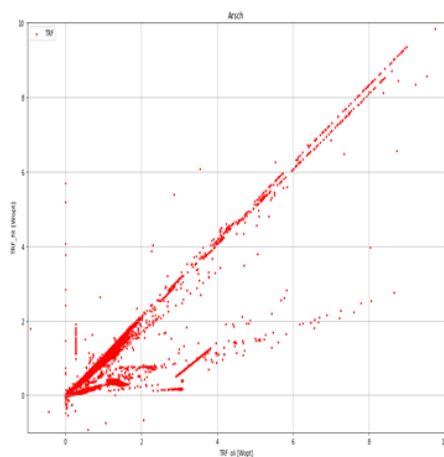


Abb. 3: Gegenüberstellung von gemessenen und gefitteten Strahlungsfluss

Die nicht auf der Winkelhalbierenden liegenden Ergebnisse werden dabei durch die Vielzahl an nicht-monochromatischen und meist farbstoffkonvertierten LEDs (bspw. weiße LEDs) innerhalb des Datenpools an optischen Einzelmessungen überlagert, da diese vorab nicht aussortiert wurden.

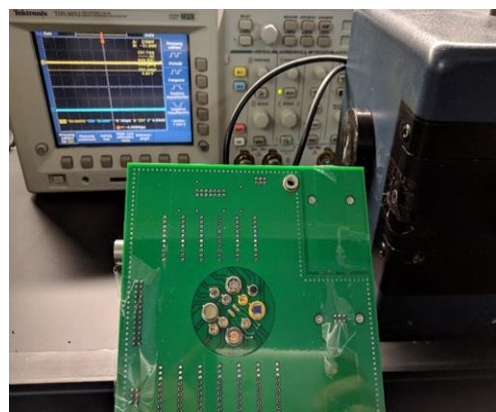


Abb. 4: Empfängerplatine mit vollständig bestückten Photodioden (letzter Stand mit 13 Einzelkanälen)

Während der Projektlaufzeit zeigte sich, dass die Evaluationsplatten vom Typ Raspberry Pi leistungsfähig genug sind, um auf einen speziell adaptierten Eigenentwurf bei der Ansteuerungsplatine verzichten zu können. Der Fokus der Elektronikentwicklung konnte somit auf die Optimierung des Photodiodenlayouts und die kanalabhängigen Verstärkerschaltungen gelegt werden, um so ein möglichst rauscharmes Design zu realisieren. In Abb. 4 ist die finale Empfängerplatine vom Typ Modul 3 während einer bauteilcharakterisierenden Vermessung des Signal-Rausch-Verhältnisses dargestellt. Alle 13 Einzelkanäle wurden dabei mit einer speziellen Photodiode bestückt. Insgesamt können bis zu drei solcher Empfängerplatten in den Laboraufbau integriert werden, um bspw. besonders schwach detektierte Wellenlängenbereiche weiter zu verstärken, oder mit Bauteildopplungen die Auflösung zu erhöhen.

3.1.4. Multiphysik-Simulation

Dr. Adrian Malkow

Projektlaufzeit 01.07.2018 - 30.11.2018

Weltweit gewinnen Simulationen bei den meisten FuE-Aktivitäten eine immer größere Rolle. Zum einen können damit im Vorfeld wesentliche Parameter eines geplanten Aufbaus virtuell auf ihren Einfluss untersucht werden, was bei der Planung von Anschaffungen zu Einsparungen führt. Zum anderen stellt die Integration von Simulationsschritten in den Realisierungsprozessen (Idee – Konstruktion – Simulation – Aufbau) die logische Konsequenz von Softwarenutzung bei Konstruktionsprozessen dar. Für die Simulation optischer und thermischer Vorgänge stehen dem OUT e.V. derzeit zwei Software-Pakete zur Verfügung. Für die Simulation von Licht mit klassischer Strahlenoptik kann LightTools 7.1 verwendet werden, das über einen IZ-Antrag im Jahr 2010 angeschafft werden konnte. Für die anderen Aufgabenstellungen wird seit 2011 mit COMSOL von nahezu allen wissenschaftlichen Mitarbeiter des OUT e.V. Erfahrung mit Simulationssoftware gesammelt. Die Anforderungen und Inhalte der Forschungsprojekte haben sich aber kontinuierlich verändert und erweitert. Durch die Anschaffung im Rahmen eines IZ-Projektes von COMSOL Multiphysics 5.4 sind die bisherigen Simulationsmöglichkeiten zusammengefasst, stark erweitert und auf eine moderne Basis gestellt worden, um weiter den Ansprüchen der mittelständischen Forschung gerecht werden zu können. Diese Software läuft auf einem ebenfalls neu angeschafften HPC-Server, um möglichst schnell auch mit komplexen Modellen Ergebnisse generieren zu können. Es handelt sich dabei um eine Investition in ein Universalwerkzeug, mit dem der OUT e.V. seine Bedeutung als wichtiger Partner für industrielle Forschung behalten beziehungsweise verstärken kann.

Im Bereich der Messung von Luftverschmutzung wird im OUT e.V. derzeit ein internationales Projekt bearbeitet, in dem ein preiswerter Feinstaubsensor zur gröbenselektiven Erfassung von luftgetragenen Partikeln entwickelt wird. Hier unterstützt das ebenfalls im Rahmen dieses Projektes angeschaffte Aerosolmesssystem mit Validierung der dann generierten Messwerte präzise und vor allem mit gröbenselektiven Ergebnissen.

Die neueste Version von COMSOL Multiphysics 5.4 bietet dem OUT e.V. für die Akquise und Bearbeitung von innovativen Forschungs- und Entwicklungsprojekten erhebliche Vorteile. Hierbei sind die neu implementierten Physikmodelle für die Simulation von statischen und niederfrequenten elektromagnetischen Feldern (AC/DC Module), Strömungsmechanik (CFD-Module) und Wellen- und Strahlungsoptik (wave optics and ray optics Modules) von besonderer Bedeutung. Mit der Investition wurde dem OUT e.V. numerisches Simulationsverfahren für Bearbeitung von umfangreichen physikalischen Fragestellungen in den Bereichen Optik, Fluidströmung und Wärmeübertragung sowie Elektromagnetik nutzbar gemacht.

Die Neuanschaffungen ermöglichen die Berechnungen von komplexen physikalischen Systemen, wie z.B.:

- Beschreibung von Wärmeproblemen mit unterschiedlichen Konvektionstypen in einem Modell
- Simulation des Beugungsbildes eines Partikels bei vorgegebener Kohärenzlänge einer LED
- Berechnung von optischen Fluoreszenzmessaufbauten

3.1.5. HYMONS

Anja Schüßler

Projektlaufzeit 01.03.2016 - 30.04.2018

Der Bedarf für eine schnelle Online-Hygiene-Sensorik, um möglicherweise pathogene Erreger auf Oberflächen sichtbar zu machen, ist im Bereich des Gesundheitswesens und der Lebensmittelindustrie enorm. Die möglichen Einsatzgebiete liegen in der Medizintechnik (z. B. Feststellung der Verschmutzung von Geräten und Oberflächen), bei Produktionsanlagen in der Lebensmittelindustrie, in der pharmazeutischen Industrie und im privaten Haushalt (z. B. Kühlschranksanhygiene, Sanitäranlagen). Die aufwendigen und langwierigen Nachweismethoden machen eine häufige Beprobung schlecht realisierbar. Dem Gesetzgeber fehlen in diesem Bereich die Möglichkeiten, den Verbraucher zu schützen. Eine Online-Hygiene-Sensorik kann eine höhere Sicherheit gewährleisten und den Zeit- und Arbeitsaufwand erheblich vermindern. So können rechtzeitig Maßnahmen zur Einhaltung der Hygiene ergriffen werden. Zielstellung war es, im Rahmen des Projektes ein Verfahren zu etablieren und zu nutzen, welches den direkten Nachweis und die Quantifizierung von pathogenen Mikroorganismen auf verschiedenen Oberflächen, wie z. B. Edelstahl, Aluminium, Teflon, PVC etc. ermöglicht. Hierfür wurde die Fähigkeit der Autofluoreszenz vieler Organismen genutzt. Bei Anregung mit UV-Strahlung fluoreszieren einzelne pathogene und nicht pathogene Mikroorganismen bei charakteristischen Wellenlängen. Die bestrahlte Fläche und die von den möglichen Organismen emittierte Fluoreszenz soll mittels einer mit Filtern ausgestatteten Fluoreszenzkamera aufgenommen und bildtechnisch weiterverarbeitet werden (Abbildung 1).

Das bedeutet, dass hier komplett auf Zusatz von Chemie verzichtet werden kann. Zudem ist dieses optische Verfahren zerstörungsfrei und umweltfreundlich, da hier erheblich Wasser und Reinigungsmittel

gespart werden können. Durch den Verzicht auf Reagenzien müssen keine Rückstände entfernt werden.



Abb. 1: Hygiene-Monitor-Sensor

An den Oberflächen werden Aufnahmen mit dem Hygiene-Monitoring-Sensor vor und nach der Reinigung generiert, um den Reinigungserfolg zu überprüfen und gegebenenfalls eine Intensivreinigung zu induzieren.

Für den Sensor-Prototyp wurden UVA-LEDs, Bandpassfilter, ein Festbrennweitenobjektiv und eine Industrielinse verwendet. Der aufgebaute HyMonS-Prototyp besitzt eine Betriebsdauer von knapp 50 min und eine Bestrahlungsstärke von knapp über

3.1.5. HYMONS

Anja Schüßler

Projektlaufzeit 01.03.2016 - 30.04.2018

40 W/cm² bei einem Abstand von 15 cm zur bestrahlten Oberfläche und ist somit der Risikoklasse 2 für UVA-Licht zuzuordnen. Zudem wurde der Sensor um eine Stativhalterung und einen Tastknopf für das Ein- und Ausschalten des UVA-Ringlichtes erweitert, um die wackelfreie Aufnahme von Bildern mit der Kamera zu gewährleisten.

Für die Bewertung der aufgenommenen Bilder hat die GFai dem OUT e.V. eine angepasste Software zur Verfügung gestellt, welche ein Differenzbild erstellt, in welchem dann rot markiert die fluoreszierenden Verschmutzungen sichtbar gemacht werden. Es wurden diverse Oberflächen mit Fluoreszenzfarbstoffen unterschiedlicher Konzentrationen versehen und diese dann mit dem Sensor bildtechnisch erfasst. Es konnten auf vielen Oberflächen noch Konzentrationen bis zu 0,1 ppm sichtbar gemacht werden. Häufig auftretende Bakterien wurden auf diversen prozess- und technologierelevanten Materialien (Kunststoffe und Edelstahl) aufgetragen und mit dem HyMonS-Sensor untersucht. Es sollte die untere Nachweisgrenze festgestellt werden (Zellen pro Milliliter). Allgemein ist zu sagen, dass auf fast allen Oberflächen eine Bakterienkonzentration von 100 Zellen/ml sicher mit dem Sensor nachweisbar ist.

In der Abbildung 2 sind die zwei Materialien Edelstahl 1.4404 und PEEK betrachtet worden. Nach einer angemessenen Trocknungszeit sowohl unter der clean bench als auch unter Raumluft (Dauer: ca. 20 min, Raumtemperatur: ca. 20 °C, rel. Luftfeuchte: <30%) wurden die Fluoreszenz- und Referenzbilder generiert. Das Differenzbild des Edelstahls zeigt, dass alle Organismen in jeder Konzentration eine Fluoreszenz aufweisen. Beim Material PEEK sind, mit Ausnahme des Organismus *Saccharomyces cerevisiae*, die 100

Zellen aller anderen 5 Organismen nicht mehr mit dem Hygiene-Monitor-Sensor nachweisbar.

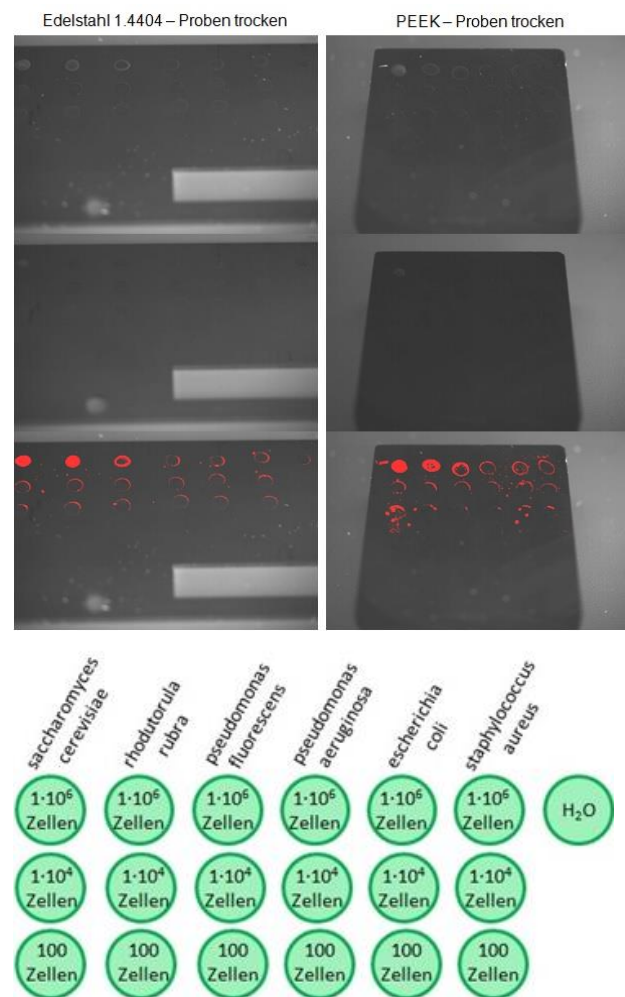


Abb. 2: von oben nach unten: Fluoreszenz-, Referenz- und Differenzbild (Kameraparameter: Abstand HyMonS zum Material: 16 cm, Blende: 1.8, Bildrate: 10 fps und Belichtungszeit: 20 ms) von 6 Organismen unterschiedlicher Konzentrationen auf dem Material Edelstahl 1.4404 (links) und Material PEEK (rechts), die Menge der in Leitungswasser gelösten Organismen betrug jeweils 10 µl, die Proben waren bereits getrocknet; unten: skizzenhafte Darstellung der aufgetragenen Organismen mit Angabe der Konzentration

3.1.5. HYMONS

Anja Schüßler

Projektlaufzeit 01.03.2016 - 30.04.2018

Die reine Leitungswasserprobe ist auf beiden Materialien nicht detektierbar gewesen. Am besten ist die höchste Konzentration von $1 \cdot 10^6$ Zellen bei den 3 Organismen *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula rubra* und *Pseudomonas fluorescens* nachweisbar. Dies gilt für beide Materialien.

Die Funktionsfähigkeit des Sensors wurde unter Anwendungsbedingungen (an lebensmitteltechnischen Anlagen) erfolgreich getestet. Lediglich stark reflektierende Oberflächen beeinflussen bei starkem Umgebungslicht die Funktionsweise negativ. Eine automatisierte Auswertung der Bilddaten ist noch notwendig um das System in automatisierte, roboterassistierte Reinigungsprozeduren zu implementieren.

3.2. Gruppe Dünnschichttechnologie

3.2.1. Wasserstoffmodifizierte TiO₂-Elektroden

Rainald Mientus, Dr. Stefan Seeger, Michael Weise

Projektlaufzeit: 01.10.2015 - 31.01.2018

Die Arbeiten umfassten

1. die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zum Herstellen chemisch resistenter Elektrodenmaterialien mit definierten optischen Eigenschaften und hoher elektrischer Leitfähigkeit zum Einsatz als transparente Kontakte z.B. für LED,
2. Schutzschichten für Photoelektroden und
3. Absorber z.B. in photoelektrochemischen Zellen (PEC) zur Wasserspaltung auf der Basis von in wasserstoffhaltiger Atmosphäre magnetrongesputtertem TiO₂.

Der Inhalt der wissenschaftlichen Arbeit lag in der systematischen Untersuchung der Wirkung einer in situ - Hydrogenisierungstechnologie auf die optoelektronischen Eigenschaften von TiO₂ über Struktur und Stöchiometrie. Dabei wurde das Magnetronspütern als bewährtes Verfahren zum großflächigen Abscheiden hafter Schichten gewählt. Die Untersuchungen liefern wichtige Erkenntnisse zum grundlegenden Prozessverständnis als Voraussetzung für zukünftige Anwendungen entsprechend der Projektplanung:

Zwei Regelmodi wurden entwickelt:

- a) Wasserdampfflussregelung
- b) Regelung über die Entladungsspannung

a) Wasserdampfflussregelung

Als Reaktivgas wurde Wasserdampf an Stelle von Sauerstoff benutzt. Statt der üblichen aufwendig zu thermostatisierenden Durchströmanordnungen und Druckregelung über Ventile wurde ein Massenflussregler vor ein evakuiertes Wasservorratsgefäß gesetzt. Durch die Entwicklung dieses für Wasserdampfeinspeisung neuartigen Dosiersystems für

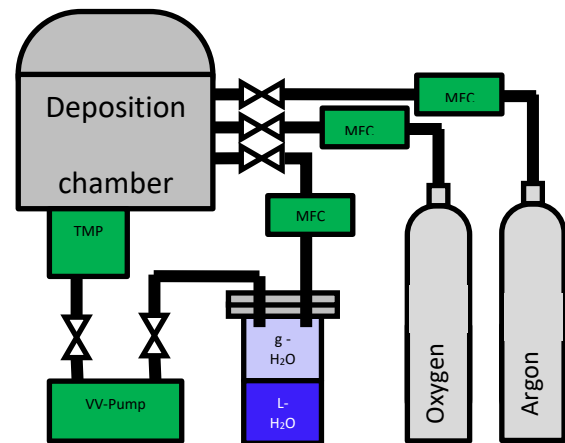


Abb. 1: Skizze der Gaszufuhr mit Wasserdampfeinspeisung an der Beschichtungsanlage

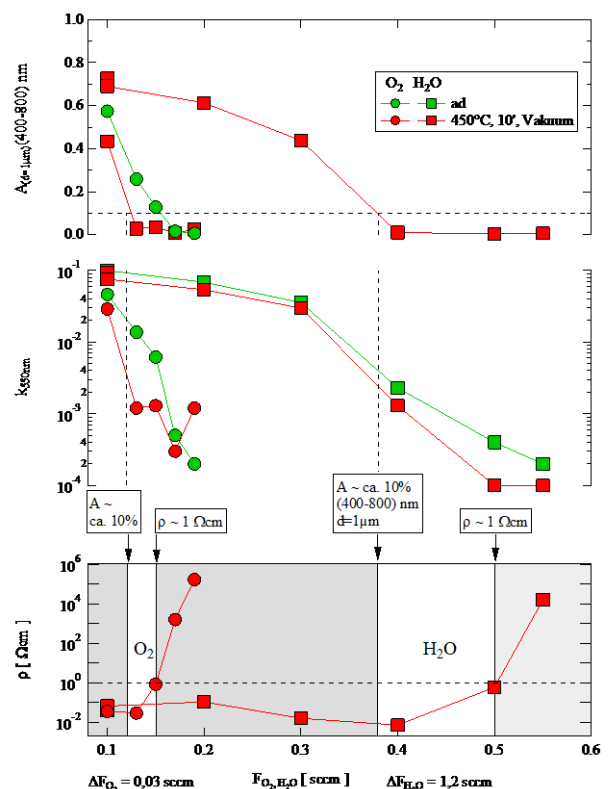


Abb. 2: Mittlere Absorption A zwischen 400 nm und 800 nm einer 1 μm dicken Schicht, Extinktionskoeffizient k bei 550 nm und spezifischer Widerstand ρ über dem Reaktivgasfluss O_2 und H_2O für das Magnetronspütern von TiO_x , Leistung 150 W_{DC} , Gesamtdruck $\text{Ar}+\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ 0,5 Pa

3.2.1. Wasserstoffmodifizierte TiO₂-Elektroden

Rainald Mientus, Dr. Stefan Seeger, Michael Weise

Projektlaufzeit: 01.10.2015 - 31.01.2018

Wasserdampfeinlass (siehe Abb. 1) lassen sich TiO_x-Beschichtungsprozesse am gewählten Arbeitspunkt reproduzierbarer durchführen als mit Sauerstoff. Das ist besonders für die teilreaktive Abscheidung vom keramischen Target wichtig, weil hierbei kein nutzbarer reaktivgasabhängiger Spannungshub (nur einzelne Volt) entsteht.

Das Arbeitsfenster für das teilreaktive Sputtern einer leitfähigen TiO_x-Schicht kann in folgenden Grenzen (willkürlich) angesetzt werden:

zwischen niedrigem Reaktivgasfluss mit Bildung von Schichten mit z.B. maximal 10 % mittlerer Absorption bei 1 μm Dicke im Spektralbereich 400 nm bis 800 nm einerseits und hohem Reaktivgasdurchsatz, verbunden mit Widerständen von maximal ca. 1 Ωcm andererseits. Dieses Fenster verbreitert sich bei Einsatz von Wasserdampf statt Sauerstoff von 0,03 sccm (typische Geräteauflösung 0,01 sccm) auf 1,2 sccm (Abb. 2). Dies ermöglicht eine reproduzierbare Prozessführung.

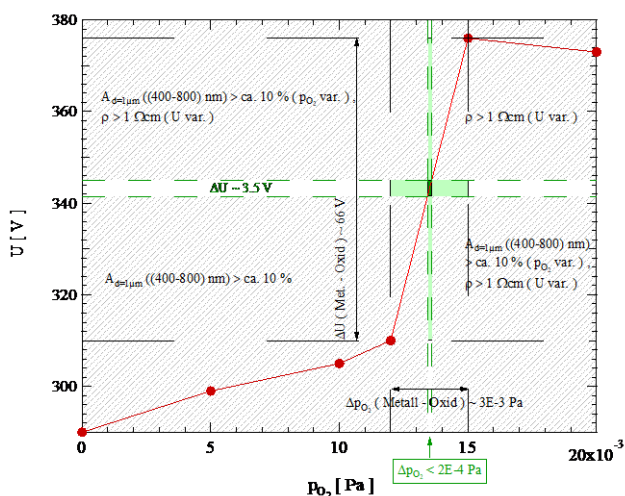


Abb. 3: Entladungsspannung U über Sauerstoffpartialdruck p_{O_2} für reaktives Sputtern von TiO_x vom Ti-Target in Ar/O₂-Atmosphäre, 100W_{DC}, Druck_{total} Ar+O₂/H₂O 0,5 Pa

b) Regelung über die Entladungsspannung

Für die vollreaktive Abscheidung vom Metalltarget wurde eine Regelung über die Entladungsspannung erarbeitet. Bei ca. 100 W_{DC} steigt die Entladungsspannung beim Übergang vom metallischen zum oxidischen Modus um ca. 66 V (Abb. 3) im Unterschied zur Erhöhung des O₂-Flusses (ca. 3·10⁻³ Pa, nahe der Baratron MKS 120A–Auflösung ≈ 1·10⁻³ Pa).

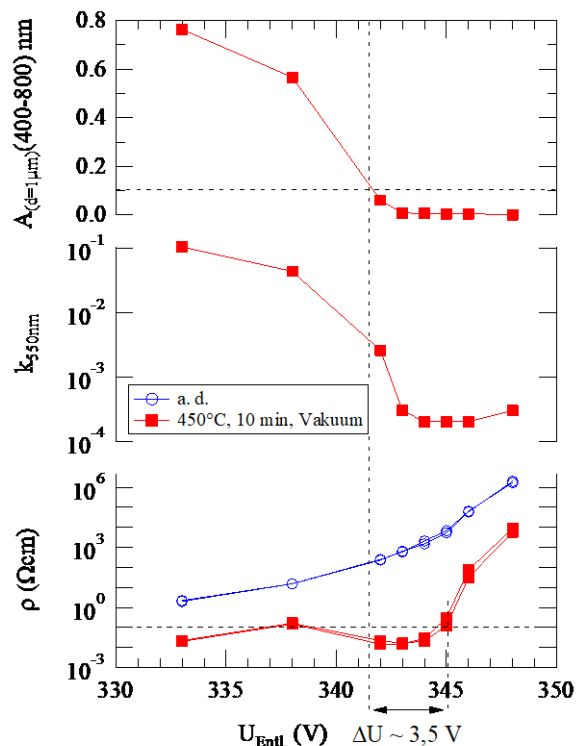


Abb. 4: mittlere Absorption A (1 μm Dicke, Wellenlänge 400-800 nm), Extinktion k bei 50 nm, spez. Widerstand ρ über der Entladungsspannung U für TiO_x, reaktiv gesputtert vom Ti-Target in Ar/O₂-Atmosphäre, 100 W_{DC}, Gesamt-druck Ar+O₂/H₂O 0,5 Pa

Der vorgenannte Arbeitsbereich (zwischen 10% Absorption bei 1 μm Schichtdicke und 1 Ωcm Widerstand) umfasst eine O₂-Partialdruckvariation < 2·10⁻⁴ Pa. Diese ist mit üblicher Ausrüstung nicht zu

3.2.1. Wasserstoffmodifizierte TiO₂-Elektroden

Rainald Mientus, Dr. Stefan Seeger, Michael Weise

Projektlaufzeit: 01.10.2015 - 31.01.2018

leisten. Über der Entladungsspannung weitet sich der Regelbereich auf apparativ zugängliche ca. 3,5 V auf (siehe Abb. 4, weiterführend [1, 2]).

1. Transparente Kontaktschicht

Im Rahmen des Projektes wurde der Einfluss der Reaktivgaswahl H₂O oder H₂ und O₂ im Unterschied zu herkömmlich verwendetem O₂ und der Einsatz von Keimschichten beim Magnetronspütern von transparenten leitfähigen Titanoxidschichten untersucht. Dabei wurde sowohl beim teilreaktiven Magnetronspütern vom keramischen Target als auch reaktiv vom Metalltarget für nicht fremddotiertes und Niobdotiertes Titanoxid der Arbeitspunkt für das Erreichen des minimalen spezifischen elektrischen Widerstandes bei höchstmöglicher Transparenz ermittelt (mittlere Absorption A < 10 % zwischen 400 nm und 800 nm einer 1 µm dicken Schicht).

	ρ (nach 450°C, Vak., 10') (Ωcm)
TiO _x + O ₂ auf D263T	1,5·10 ⁻²
TiO _x + H ₂ O auf D263T	7·10 ⁻⁷
TiO _x :Nb 2wt% + O ₂ auf D263T	3·10 ⁻³
TiO _x :Nb 2wt% + H ₂ O auf D263T	1,6·10 ⁻³
TiO _x :Nb 2wt% + H ₂ O auf TiO _x -KS	1·10 ⁻³
TiO _x :Nb 6wt% + O ₂ auf D263T	1·10 ⁻³
TiO _x :Nb 6wt% + O ₂ auf TiO _x -KS	6-9·10 ⁻⁴ (KS 50 nm) 9·10 ⁻⁴ (KS 10 nm)
TiO _x :Nb 6wt% + H ₂ O auf D263T	2·10 ⁻³

Nach dem Kristallisieren (450°C, 10 min, 1·10⁻³ Pa, wurden minimale spezifische Widerstände von ca. 7·10⁻³ Ωcm für nicht fremddotiertes Titanoxid (abgeschieden mit H₂O) auf Glas und ca. 7·10⁻⁴ Ωcm für Niobdotiertes Titanoxid (auf 50 nm polykristalliner

TiO_x-Keimschicht (KS), undotiert, hochohmig) erreicht. Diese Widerstände entsprechen international unter ähnlichen Bedingungen erreichten Werten. Trotzdem ist der Widerstand für den Einsatz als TCO-Schicht noch zu hoch. In diesen Schichten wurden die höchsten Ladungsträgerkonzentrationen von ca. 1·10²¹ cm⁻³ gemessen. Mit Hilfe von Mikroanalysen konnte geklärt werden, dass diese hohen Dotierungen homogen verteilt vorliegen und nicht von Dotandenagglomerationen an den Korngrenzen begleitet werden. Die röntgenographischen Untersuchungen zeigen, dass die RMS-Schichten bei den verwendeten Beschichtungsparametern amorph abgeschieden werden. Sie sind gut als Barrierenschichten (keine Korngrenzen/Diffusionskanäle) geeignet. In einem Vakuumtempernschritt (450°C, 10 min) werden sie zu polykristallinem Anatas kristallisiert (Abb. 5, Schichtdicke 115 nm, laterale Kristallitgröße ≤ 20 µm).

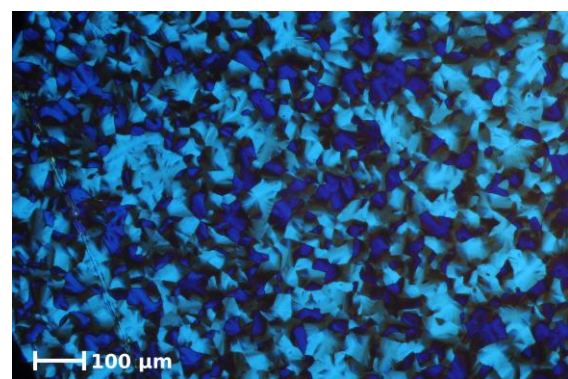


Abb. 5: Polarisationsbild TiO_x:Nb, 115 nm

Das charakterisiert die gegebenen Beschichtungsbedingungen als zweckmäßig für das Abscheiden von Teilschichten für TCO-Systeme und zur Wasserspaltung. Die höhere Leitfähigkeit und photokatalytische Aktivität des Anatas (ohne Rutilphasen) wird nutzbar.

3.2.1. Wasserstoffmodifizierte TiO₂-Elektroden

Rainald Mientus, Dr. Stefan Seeger, Michael Weise

Projektlaufzeit: 01.10.2015 - 31.01.2018

2. Schutzschicht für Photoelektroden in photoelektrochemischen Anwendungen

Niederohmiges TiO_x:Nb wurde als Verkappungsschicht auf Test-CIGS-Solarzellen abgeschieden. Der Erhalt der Funktionsfähigkeit der Solarzellen wurde nachgewiesen. Mangels Verfügbarkeit von Testsolarzellen mit reproduzierbaren Parametern beim Vertragspartner konnten Versuche zur Verkapselungswirkung nicht erfolgen.

3. Photoabsorber in photoelektrochemischen Zellen (PEC)

Es wurden die photokatalytischen Eigenschaften der magnetrongesputterten Titanoxidschichten in Abhängigkeit der Abscheideparameter und der Nachbehandlung untersucht. Über die Variation des Gasflusses lassen sich auf diese Weise ebenfalls metallreiche, im sichtbaren Spektralbereich absorbierende Schichten (vergleichbar dem „black TiO_x“, nasschemisch abgeschieden aus calciniertem Pulver gemäß Literatur) erzeugen. Mittels Methylenblau-Abbau konnte für die, nach im Projekt entwickelter Technologie abgeschiedenen Schichten, gezeigt werden, dass die katalytischen Eigenschaften auch bei niedrigen Widerständen (nicht fremddotiertes TiO_x, ca. $7 \cdot 10^{-3} \Omega \text{cm}$) erhalten blieben. Zyklische Photovoltametrie zeigte für mit Wasserdampf abgeschiedene Schichten nach 450°C, 10 min, die höchsten Photostromdichten (ca. $60 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, 1,4 V gegen reversible H₂-Elektrode) auf FTO (Fluor-dotiertes Zinnoxid) auch gegenüber Schichten mit höherem Widerstand, die nur mit O₂ gesputtert worden waren. Bei diesen sank die Photostromdichte mit Abnahme des spezifischen Schichtwiderstandes der Titanoxidschichten nur geringfügig.

Damit eignen sich die Schichten für typische photokatalytische Anwendungen mit dem zusätzlichen Vorteil relativ hoher Leitfähigkeit.

Zusammenfassung:

- Mit der kontrollierten Zugabe von Wasserdampf als Reaktivgas beim teilreaktiven Sputtern vom keramischen Target konnte das Arbeitsfenster für TiO_x-Schichten, welche nach dem Tempern einen minimalen spezifischen Widerstand aufweisen, gegenüber der Abscheidung mit Sauerstoff deutlich verbreitert werden.

- Für den vollreaktiven Prozess vom Metalltarget wurde eine Regelung über die Entladungsspannung entwickelt.

- Beide Verfahren erhöhen die Prozessstabilität als notwendige Voraussetzung für eine weitere Verbreitung der industriellen Anwendbarkeit der Beschichtungstechnologie.

- Die gewählten Beschichtungsparameter lieferten ausschließlich amorphe Schichten, welche in einem anschließenden Vakuumtempersschritt (450°C, 10 min) zu Anatas kristallisierten.

- Es wurden minimale spezifische Widerstände von ca. $7 \cdot 10^{-3} \Omega \text{cm}$ für nicht fremddotiertes Titanoxid (abgeschieden mit H₂O) auf Glas und ca. $7 \cdot 10^{-4} \Omega \text{cm}$ für Niob-dotiertes Titanoxid (auf polykristalliner Titanoxidkeimschichtunterlage KS, 50 nm, undotiert, hochohmig) eingestellt. Dabei liegt die mittlere Absorption 1 μm dicker Schichten zwischen 400 – 800 nm unter 10 %.

3.2.1. Wasserstoffmodifizierte TiO₂-Elektroden

Rainald Mientus, Dr. Stefan Seeger, Michael Weise

Projektlaufzeit: 01.10.2015 - 31.01.2018

- Die Eignung als elektrisch leitfähige Schutzschichten für Photoelektroden und Absorber z.B. in photoelektrochemischen Zellen (PEC) zur Wasserspaltung wurde gezeigt.

[1] Seeger S, Ellmer K, Weise M, Reck J, Mientus R. Voltage-controlled reactive magnetron sputtering of Nb-doped TiO₂ films: electrical and optical properties. MRS Advances 2016; FirstView: 1-6.

[2] Seeger S, Ellmer K, Weise M, Gogova D, Abou-Ras D, Mientus R. Reactive magnetron sputtering of Nb-doped TiO₂ films: Relationships between structure, composition and electrical properties. Thin Solid Films 2016; 605:44-52.

3.2.2. Dünnschichtlabor II

Ronald Werner

Projektlaufzeit: 01.07.2019 - 31.12.2019

Die Wasserstoffwirtschaft bietet als ein Element der Energiewende ein hohes Zukunftspotenzial. Für eine sichere Nutzung des Wasserstoffes sind an vielen Stellen Sensoren zur Überwachung der unkontrollierten Freisetzung notwendig. In vielen Jahren der intensiven Zusammenarbeit zwischen der Humboldt Universität zu Berlin, der First Sensor AG und dem OUT e.V. sind geförderte FuE-Projekte auch im Rahmen von Inno-Kom-Ost durchgeführt und erfolgreich beendet worden.

Für die Weiterführung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde es möglich das vorhandene Labor für Grundlagenforschung aus dem universitären Umfeld in den OUT e.V. zu überführen und durch Investitionen in Neuanlagen zu einem Entwicklungslabor umzuwandeln, dass den Forschungs- und Entwicklungsbedarf der beteiligten Unternehmen zu bedienen vermag. Durch die Übernahme großer Teile der Infrastruktur der ehemaligen AG Chemische Sensorik der Humboldt-Universität wird der OUT e.V. in die Lage versetzt, die Forschung der AG zu übernehmen und industrienäher weiterzuführen. Dies ist insbesondere möglich, da entscheidende Wissensträger aus dem Bereich "Chemische Sensoren" am OUT e.V. angestellt sind. Mit Hilfe der Anlagen ist es möglich, im sogenannten "High Throughput Screening" polynäre Legierungen auf ihre Eigenschaften für den Sensoreinsatz zu untersuchen. Eine Fortführung und Ausdehnung der Forschung erfordern apparative Veränderungen. Diese erhöhen die Möglichkeiten bei der Beschichtung und dadurch die Erfolgsaussichten. Als Kernpunkt der Fördermaßnahme galt die Erweiterung des Mehrquellen 6" Sputtersystems (Abbildung 1).

Die Vorbereitung des Raumes, was Malerarbeiten, Spezial-Fußbodeninstallation, Medienversorgung,

Abluftinstallation und Einrichtung eines partikelarmen Arbeitsumfeld beinhaltetete, wurde im Vorfeld durchgeführt. Nachdem die notwendige Infrastruktur eingerichtet wurde, erfolgten Umsetzung der Technik und die Installation von Anbauteilen an der Beschichtungsanlage (Abbildung 2).

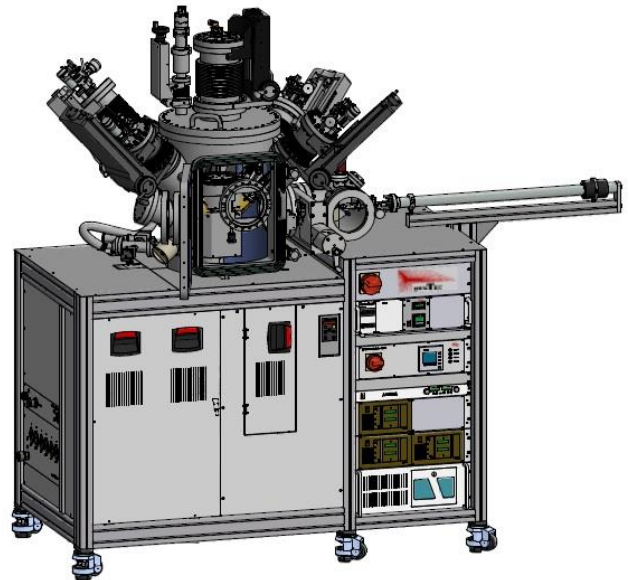


Abb. 1: 3D CAD-Darstellung der Beschichtungsanlage mit den Modifikationen (vier 2" Quellen, Loadlock-Kammer und Probentransfersystem)

Die Installation eines Load Lock Systems an dem seitlich verfügbaren DN160CF Flansch wurde notwendig, um ein effizienteres Arbeiten zu gewährleisten und die Beschichtungsbedingungen zu verbessern. Diese Kammer ist mit einer Turbomolekularpumpe an einem DN100CF Flansch ausgestattet. Somit ist eine Beschichtung möglich, ohne die Anlage zu belüften. Das spart Zeit und vermindert die Kontaminationsgefahr

3.2.2. Dünnschichtlabor II

Ronald Werner

Projektlaufzeit: 01.07.2019 - 31.12.2019

der Probe in der Anlage. Es wurde eine Edelstahlkammer angefertigt und installiert, welche 4“ Wafer aufnehmen kann.

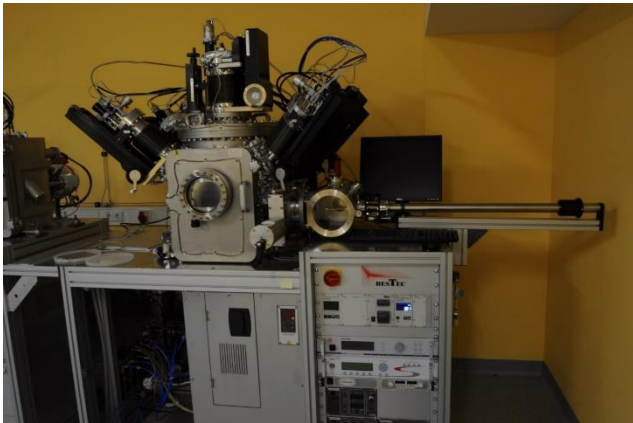


Abb. 2: Bestec Beschichtungsanlage betriebsbereit nach Fertigstellung (installierte 2“ Quellen mit Manipulatoren, Load Lock System und HF- Generator)

Weitere Anbauteile sind zusätzliche 2“ Sputterquellen, welche inklusive Manipulatoren installiert und in Betrieb genommen wurden. Dadurch ist die Variation der Co-Sputtermaterialien sehr groß – 4 unterschiedliche Metalle und Nichtmetalle können dazu beschichtet werden zu dem Material in der 6“ Hauptsputterquelle.

Durch DC - Generatoren an den Sputterquellen können leitende Materialien beschichtet werden. Für die Beschichtung von Nichtleitern bzw. Isolatoren ist der Betrieb der Quellen mit einem Hochfrequenzgenerator notwendig. Ein solcher HF-Generator (Typ Comet

CITO 1310 - 27MHz mit dazugehöriger Matching Unit AGS) wurde im Rahmen dieses IZ Antrags angeschafft, eingebaut. Er steht nun für die Abscheidung von nichtleitenden Materialien (Abscheidungsgröße bis zu 150mm) zur Verfügung.

Die Einrichtung der Anlagen mit ihren neuen Komponenten wurde abgeschlossen und eine Abnahme ist erfolgt, sodass nach einer Phase des Einfahrens der Prozesse die Entwicklungsarbeit beginnen kann bzw. fortgesetzt wird.

Durch die Infrastrukturerweiterung und die Installation und Inbetriebnahme von Anlagenerweiterungen stehen dem OUT e.V. neue Möglichkeiten zur Verfügung, welche im Rahmen neuer Projektideen und neuen Aufträgen vielfach genutzt werden können.

Zum einen die UHV-Tauglichkeit und die Möglichkeit bis zu 5 Materialien gleichzeitig unter verschiedenen Freiheitsgraden auf eine Probe abzuscheiden und zum anderen die Freiheit bei der Wahl der Materialien auch auf Nichtleiter zu wechseln sind eine enorme Bereicherung für das Repertoire des OUT e.V.

Es können nun Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in erweitertem Umfang umgesetzt werden, welche bei der Bearbeitung von innovativen Projekten oder bei der Erfüllung von Forschungs- bzw. Beschichtungsaufträgen für Industriepartner.

4. Kooperationspartner des OUT e.V.

Gewerbliche Unternehmen, Auszug	
3T GmbH & CO. KG, Tuttlingen	iris GmbH, Berlin
5 micron GmbH, Berlin	KleRo GmbH Roboterautomation, Berlin
ACTEMIUM	Jenoptik Polymer Systems GmbH, Berlin
ANDUS ELECTRONIC GmbH	Laird, China
A.R.C. Laser GmbH, Nürnberg	LARS Lighting, Polen
ASKANIA AG, Berlin	luxBiota GmbH & Co.KG, Hüfingen
ATTOMOL GmbH, Lipten	MARTIN Membrane Systems AG, Berlin
be4energy GmbH, Berlin	MEDIPAN GmbH, Berlin
Berliner Glas AG, Berlin	membraPure GmbH, Henningsdorf
BioSal GmbH, Bad Lausick	Meyer Feinoptik, Berlin
Blue Biolabs GmbH, Berlin	micro resist technology GmbH, Berlin
Bridgelux, Inc., USA	MSA Auer GmbH, Berlin
Bruker Corporation, USA	Native Instruments GmbH, Berlin
Bundesdruckerei GmbH, Berlin	OSA Opto Light GmbH, Berlin
Chips 4 Light GmbH, Etterzhausen	Pepperl+Fuchs, Mannheim
Code Mercenaries Hard- und Software GmbH	Perfect Purity, Dubai
Cornelsen Verlag GmbH, Berlin	PerkinElmer, Inc., USA
CryLas GmbH, Berlin	Pikkerton GmbH, Essen
CRYSTAL Photonics GmbH, Berlin	PMR R&D GmbH, Berlin
DResearch GmbH, Berlin	PolyAn GmbH, Berlin
EISENMANN SE, Böblingen	R. Wolf GmbH, Knittlingen
EPIGAP Optronics GmbH, Berlin	Selux AG, Berlin
ESA	Sensor und Lasertechnik GmbH, Wildau
fibris terre Systems GmbH, Berlin	SENTECH Instruments GmbH, Berlin
First Sensor AG, Berlin	Seoul Semiconductor, Südkorea
FUTURELED GmbH, Berlin	SLF Spezialgeräte und Leuchtenbau Finow GmbH, Eberswalde
Genius Entwicklungsgesellschaft mbH, Rangsdorf	Schmidt Laser Technik GmbH & Co.KG, Chemnitz
GERCID GmbH, Berlin	Stöbich technology GmbH, Goslar
GOLARES GmbH, Berlin	Smart Laser Systems GmbH, Berlin
Heraeus Holding GmbH, Hanau	SOLAYER GmbH, Dresden
HOLOEYE Photonics AG, Berlin	TillyTec International GmbH, Grabow
HTM GmbH, Berlin	Umwelt - Geräte - Technik GmbH, Müncheberg
IOT Innovative Oberflächentechnologien GmbH, Leipzig	UVIS UV-Innovative Solutions GmbH, Köln
Instrument Systems GmbH, München	visapix GmbH, Potsdam
ITP GmbH Gesellschaft für intelligente textile Produkte, Chemnitz	

4. Kooperationspartner des OUT e.V.

Nichtgewerbliche Einrichtungen, Auszug	
Universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen	Beratungs- und Technologietransferinstitutionen
BAM – Bundesamt Materialforschung und –prüfung, Berlin	ADT – Bundesverband Deutscher Innovations-, Technologie- und Gründerzentren e.V., Berlin
Cardiff Metropolitan University, Cardiff (UK)	BerlinPartner für Wirtschaft und Technologie GmbH, Berlin
DLR – Deutsches Zentrum Luft- und Raumfahrt e.V., Berlin	FEE – Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V., Berlin
EASC e.V., Schönhagen	ZAB – ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH, Brandenburg
FBH – Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik	Projektträger
FhG-IAP – FhG angewandte Polymerforschung, Potsdam	AiF Projekt GmbH, Berlin
FhG-IZM – FhG Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin	European Commission - Directorate-General for Research & Innovation, Brüssel (Belgien)
FhG-HHI – Heinrich-Hertz-Institut (Fraunhofer), Berlin	EuroNorm GmbH, Berlin
FhG zur Förderung der angewandten Forschung, München	Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
GMBU e.V., Halle/Saale	IBB – Investitionsbank Berlin, Berlin
HTW – Hochschule für Technik und Wirtschaft, Aalen	KIT – Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
HTW – Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin	VDI / VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin
HUB – Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin	Mitgliedschaften in Verbänden, Vereinen und Netzwerken
HZB – Helmholtz-Zentrum, Berlin	Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V., Berlin
IfG – Institut für Gerätebau GmbH, Berlin	EASC e.V., Schönhagen
Ifn – Institut für Neuwertwirtschaft, Tröglitz	EFDS – Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V., Dresden
IHP – Institut für innovative Mikroelektronik, FF/O.	GFal – Gesellschaft Förderung angewandter Informatik e.V., Berlin
PDI – Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Berlin	IAP – Institut für angewandte Photonik e.V., Berlin
The Nottingham Trent University, Nottingham, (UK)	KNRBB - Kompetenznetz Rail Berlin-Brandenburg GmbH, Brandenburg
Technische Hochschule Brandenburg, Brandenburg	OpTecBB – Kompetenznetz Optische Technologien e.V., Berlin
TUB – Technische Universität, Berlin	VIU – Verband innovativer Unternehmen e.V., Berlin
Technische Universität, Institut Verkehrstelematik, Dresden	
VLB – Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei e.V., Berlin	

5. Auftragsforschung des OUT e.V.

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 direkten und indirekten Umsätzen geleistet. Gleichzei-

tig wurde dadurch den Anforderungen der Zuwendungsgeber sowie der entsprechenden Förderprogramme bezüglich der Verwertung und Vermarktung von FuE-Ergebnissen Rechnung getragen. Insgesamt wurden in den Jahren 2018 und 2019 Einnahmen aus Auftragsforschung in Höhe von 717 T€ erzielt.

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

09.01.2018 OpTecBB Handlungsfeld Lichttechnik, Lenkungskreis, TU Berlin FG Lichttechnik, TN: Dr. A. Mahlkow

15.02.2018 Interview im Rahmen des Projektes ZusaNnah der Universität Stuttgart, Dr. A. Mahlkow

26.02.2018 Vorstandssitzung OptecBB im HHI, TN: Dr. A. Mahlkow

01.03.18 Netzwerksymposium „Schützen und Veredeln von Oberflächen / Graphen“ An der TH Wildau
Vortrag: Dr. S. Seeger

05.03.2018 OpTecBB Handlungsfeld Lichttechnik, Lenkungskreis, TU Berlin FG Lichttechnik, TN: Dr. A. Mahlkow

06. & 07.03.2018 Vortragsveranstaltung des Haus der Technik: „LED Produktentwicklung“ in Essen.
Vortrag: „LED über das Licht hinaus“ von Dr. A. Mahlkow

16.03.2018 Mitgliederversammlung der GFal e.V., TN. Dr. A. Mahlkow, Dr. S. Linke

20.03.2018 Zuse Gemeinschaft, Arbeitskreis Politikpräsenz, Abstimmungstreffen, Geschäftssteller Zuse Gemeinschaft, TN. Dr. A. Mahlkow

19.04.2018 Netzwerktreffen AmbuCare, Kick-off-Meeting mit Vertragsunterzeichnung, Body Health Rehasentrum, Berlin, TN. Dr. A. Mahlkow

25.04.2018 Zuse Gemeinschaft, Regionalgruppe Ost, Abstimmungstreffen, GFal, Berlin, TN. Dr. A. Mahlkow

17.05.2018 OpTecBB Handlungsfeldkonferenz Bio-Med, Photonics in BioMed-on-a-Chip, Fraunhofer Forum, TN: Dr. A. Mahlkow

28.05.2018 Eröffnungscolloquium der TSB in neuen Räumlichkeiten, TSB, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

04.06.2018 Innovationsforum an der HTW, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

04.06.2018 Vorstandssitzung OptecBB bei First-Sensor, TN: Dr. A. Mahlkow

06.06.2018 Wirtschaftsfördertage der Investitionsbank Berlin, TN: K. Schubert, Dr. Mahlkow

07.06.2018 Zentraler Innovationstag der AiF GmbH, 25. Mal, 10 Jahre ZIM, AiF Projekt GmbH, Berlin-Pankow, TN: Dr. S. Linke, H. Rexin, Dr. A. Mahlkow

07.06.2018 Sommerfest im TGS Spreeknie, Ostendstraße, TN: R. Werner

08.06.2018 Mitgliederversammlung der GFal mit Fachbeiratssitzung, GFal, Berlin, TN: Dr. S. Linke Dr. A. Mahlkow

12.06.2018 OpTecBB Handlungsfeldkonferenz Optische Analytik, Optische Spektroskopie: von Umwelt- über Prozessanalytik zur Medizin, Fraunhofer Forum, TN: Dr. A. Mahlkow

14.06.2018 Parlamentarischer Abend der Zuse-Gemeinschaft, Vertr. des Landes Niedersachsen in Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

26.06.2018 Expertengespräch "Digitale Stadt", Reichstagsgebäude, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

24. bis 25.07.2018 IHP Silicon-Photonic IC Design Workshop, TU Berlin, TN: N. Maslovara

04.09.2018 Vorstandssitzung OptecBB im Institut f. Astrophysik, Potsdam, TN: Dr. A. Mahlkow

06.09.2018 Zuse Gemeinschaft, Regionalgruppe Ost, Abstimmungstreffen, Inst. für Druckindustrie, Leipzig, TN: Dr. A. Mahlkow

13.09.2018 Cross-Cluster-Camp "Industry goes Digital", Biosphäre Potsdam, TN: A. Mahlkow

27.09.2018 GEOkomm N&I Summit, Fachhochschule Potsdam, TN: A. Mahlkow

09.10.2018 Mitgliederversammlung der Zuse Gemeinschaft, VLB, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

10.10.2018 FW "Intelligente Sensorik" ZIM-Netzwerk, Beuth Hochschule Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

16. bis 18.10.2018 High-performance SiGe BiCMOS Technology Platform for innovative RF and Photonic ICs, IHP, Frankfurt (Oder), TN: N. Maslovara

17. bis 18.10.2018 Photonik Tage, WISTA, Berlin-Adlershof, TN: Dr. A. Mahlkow, H. Rexin

06.11.2018 Beisetzung Stephan Herold, erster Diplomand im OUT e.V. 1998, Parkfriedhof Lichterfelde, Berlin, Kondolenz durch Dr. A. Mahlkow

07.11.2018 Expertengespräch "Pflanzenschutz & Umweltschutz", Deutscher Bundestag, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

15.11.2018 Infoabend zur 2. Deutsch-Schwedische Ausschreibung in ZIM, Nordische Botschaften, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

22.11.2018 Jahrestreffen IBB Business-Team TransferBONUS, Academie Lounge, Berlin, TN: Dr. B. Ozygus

23.11.2018 OptecBB Networking Days und MV, Hotel Döllnsee-Schorfheide, TN: Dr. A. Mahlkow

26.11.2018 Vorstandssitzung OptecBB im HHI, TN: Dr. A. Mahlkow

27.11.2018 25 Jahr-Feier IZM mit Festsymposium, IZM, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

05.12.2018 2. Innovationskongress der AiF, Fraunhof.-Forum, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

06.12.2018 Verbandstag des VIU, BMWi, Invalidenstraße 48, 10115 Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

10.1.2019 Material-Großspende für das FEZ Berlin durch den OUT (Fahrer Dr. A. Mahlkow)

16.1.2019 Neujahrsempfang des Innovationspark Wuhlheide, TN: R. Mientus, Dr. A. Mahlkow

16.1.2019 Seminar zu „Graphen“, veranstaltet durch TU Berlin, TN: Dr. S. Seeger

23.1.2019 Besuch des Pressereferenten der Zuse-Gemeinschaft beim OUT e.V. Teilnehmer und Kurzvorstellungen durch: Bikowski, H. Rexin, R. Werner, Dr. S. Linke, Dr. S. Seeger, Dr. A. Mahlkow

24.1.2019 Netzwerktreffen „Graphen“, veranstaltet durch das IHP Frankfurt/Oder, TN: Dr. S. Seeger

28.1.2019 Treffen des Arbeitskreises Lichttechnik des OptecBB, veranstaltet durch die TU Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

29.1.2019 bis 30.1.2019 Delegationsreise nach Warschau, Projekttreffen zu ParCour, Direktorium und Institutsführung im ITE und weiterer Wirtschaftspartner in Warschau und Umgebung, TN: Dr. S. Linke, Dr. A. Mahlkow

07.2.2019 Fachkongress GoInno, veranstaltet durch das BMWi, TN: Dr. A. Mahlkow

14.2.2019 Runder Tisch für Medical / Life Science für Ausschreibungen H2020/H7, veranstaltet durch Fraunhofer HHI, TN: Dr. A. Mahlkow

22.2.2019 Auditierung des Studiengangs „Mikrosystemtechnologie“ der HTW Berlin, externer Auditor der Wirtschaft: Dr. A. Mahlkow.

27.2.2019 bis 28.2.2019 Besuch der „Embedded World 2019“ in Hannover, TN: N. Maslovara, H. Rexin

28.2.2019 Arbeitskreis Strategie und Umsetzung der Zuse-Gemeinschaft, veranstaltet durch SKZ in Würzburg. TN: Dr. A. Mahlkow

1.3.2019 Brandenburger Energiespeichertag in Potsdam, TN: R. Werner

7.3.2019 Deutsch-Russische Wirtschaftsbeziehungen in der Russischen Botschaft zu „Aktuelle Fragen der Deutsch-Russischen Wirtschaftsbeziehungen und Aussichten für die weitere Entwicklung in der heutigen Situation“, TN: Dr. A. Mahlkow

11.3.2019 Transferinitiative des BMWi, TN: Dr. A. Mahlkow

12.3.2019 Mitgliederversammlung des IAP, TN: Dr. A. Mahlkow

18.3.2019 Teilnahme am German-Polish Economic Forum im BMWi, TN: Dr. A. Mahlkow

18.3.2019 Teilnahme an „Licht erleben“, veranstaltet durch Gather around Light, TN: Dr. A. Mahlkow

20.3.2019 Expertenkommission „Kreislaufwirtschaft“, veranstaltet durch die Ges. zum Studium strukturpolitischer Fragen, Bundestag, TN: R. Werner

21.3.2019 Vorstandssitzung des OptecBB, veranstaltet im Fraunhofer HHI, TN: Dr. A. Mahlkow

21.3.2019 Transfertag der GFal, TN: Dr. S. Linke

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

28.3.2019 Informationsveranstaltung „Transfer im Gespräch“, veranstaltet durch die Zuse-Gemeinschaft in der Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Vortrag und Teilnahme durch Dr. A. Mahlkow

29.3.2019 Frühjahrsempfang der SPD Köpenick im Rathaus Köpenick, TN: Dr. A. Mahlkow

02.04.2019 Netzwerktreffen AmbuCare, Villa Bell, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

08.04.2019 Workshop on the 4th call for cooperation projects between Poland and Berlin Brandenburg im CINIQ Center, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

30.04.2019 Workshop AgriPhotonik zur Gründung des Netzwerkes. ATB Leibniz-Institut, Potsdam, TN: H. Rexin, Dr. A. Mahlkow

7.5. bis 8.5.2019 9. Fraunhofer IMS Workshop „CMOS Imaging“, TN: Dr. W. Wagner

09.05.2019 Innovationstag des BMWi bei der AiF, Berlin, TN: Dr. Dittmann, Prof. W. Rehak, R. Werner, Dr. A. Mahlkow u.v.m.

15.05.19 Berliner Wirtschaftsfördertag IBB, TN: K. Schubert

20.05.2019 Werkstattgespräch ZUSE, Hotel Albrechtshof in Berlin, Vortrag durch Dr. A. Mahlkow

28.05.2019 Lichttechnische Messung des Asphaltbelages im Tunnel Bautzen bei Braunschweig, TN: J. Sederstroem, Dr. A. Mahlkow

14.06.2019 Mitgliederversammlung der GFal, TN: Dr. S. Linke, Dr. A. Mahlkow

18.06.2019 Vorstandssitzung OptecBB am FHI HHI in Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

27.06.2019 Israelische Delegation zu Gast in Berlin, FBH in Berlin-Adlershof, TN: Dr. A. Mahlkow

02.06.2019 Lichttechnische Messung des Asphaltbelages im Tunnel Wolmirstedt, TN: J. Sederstroem, Dr. A. Mahlkow

18.06.2019 Innovationsrat der Zuse-Gemeinschaft, Jugendgästehaus Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

22.07.2019 Rechtsstreit Hr. M., Arbeitsgericht Berlin, für den OUT e.V. anwesend Dr. A. Mahlkow

29.07.2019 Polnische Delegation zu Gast am OUT e.V. Berlin-Wuhlheide, TN: Dr. S. Seeger, Dr. S. Linke, Dr. A. Mahlkow, R. Werner u.v.m.

06.08.2019 Gather around Light: Besichtigung der Ausstellung „DeepWeb“ im Kraftwerk Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

29.08.2019 Präsentation der Zuse-Gemeinschaft für Delegation des BMWi: Fr. Maas und Stab (Hauptverantwortlich für ZIM, Go-inno, Go-Digital), bei GFal, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

10.09.2019 Vorstandssitzung OptecBB am FHI IZM in Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

11.09.2019 Fachkongress Funktionale Oberflächen, Fraunhofer-Konferenzzentrum, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

18.09.2019 Cross-Clustering vom OptecBB im Historischen Güterbahnhof Potsdam, TN: Dr. A. Mahlkow

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

24.09.2019 ZIM-Netzwerkjahrestagung im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, TN: Dr. A. Mahlkow

01.10.2019 Mitgliederversammlung des OptecBB im Max-Born-Institut, Berlin. TN: Dr. A. Mahlkow

02.10.2019 24. Farbbildverarbeitungs-Workshop an der GFal, Berlin. TN: Dr. A. Mahlkow

08.10.2019 Advanced Materials Competition Demo Day, sony center, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

15.10.2019 Projektförderung unter der Lupe – Erfahrungs- und Gedankenaustausch in der Zuse-Gemeinschaft, bbw Akademie für Betriebswirtschaft, Berlin, TN: K. Schubert, Dr. A. Mahlkow

15.10.2019 Cadence Workshop “Digital Design and Signoff”, Fraunhofer IPMS, Dresden, TN: N. Maslovara

29.10.2019 Mitgliederversammlung Zuse-Gemeinschaft, GFal, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

30.10.2019 Arbeitsausschusssitzung Strategie und Umsetzung der Zuse-Gemeinschaft im OUT, Berlin, Gastgeber Dr. A. Mahlkow

6.11.2019 9. VDE/ZVEI Symposium “Mikroelektronik - das Gehirn der künstlichen Intelligenz”, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, TN: N. Maslovara

7.11.2019 Innovation und Photonik, Fachausstellung und Kongress mit Ergebnissen zum Projekt Leder-LED, München, TN: Dr. A. Mahlkow, Fr. Trömmer (FILK)

13. 11.2019 Verleihung Otto-von-Guericke-Preis, Deutsche Telekom AG, Hauptstadtrepräsentanz, Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

14.11.2019 WEIHNACHTSFEIER des OUT e.V. im Restaurant „Jelänger Jelier“ mit 40 Teilnehmern

19.11.2019 Cadence Workshop “Advanced Methodologies for Advanced Custom IC Design”, Fraunhofer IPMS, Dresden, TN: N. Maslovara

20.11.2019 3. Innovationskongress, Fraunhofer-Forum Berlin, TN: Dr. A. Mahlkow

21.11.2019 Seminar “Nachhaltigkeit und Optoelektronik” von Spectaris, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg im Breisgau, TN: Dr. A. Mahlkow

27.11.2019 Teilnahme am Science Slam Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, TN: Dr. I. Rothert

Mitgliedschaften und Mitarbeit in Gremien

Verband Innovativer Unternehmen VIU e.V. seit 1997

Gfal Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. seit 2002

IAP Institut für angewandte Photonik e.V. seit 2007

Internationaler Normungsausschuss „ELMAPS TC 6 Standardisierung of LED Moduls“, Dr. A. Mahlkow

OpTecBB e.V., Optische Technologien aus Berlin und Brandenburg, als Mitglied und Partner für das Kompetenzfeld Optische Technologien seit 2004

Mitglied des Vorstandes, Leitung Fachbeirat des Handlungsfeldes „Optik-Clusters“ Dr. A. Mahlkow

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

easc EUROPEAN AVIATION SECURITY CENTER
Schönhausen e.V. seit 2008

EFDS Europäische Forschungsgesellschaft Dünne
Schichten e.V. seit 2012

Zuse-Gemeinschaft, seit 2015

Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der GFal seit
2017 durch Dr. S. Linke

Wissenschaftliche Publikationen, Artikel und Pressemitteilungen

Publikationen

R. Muydinov, S. Seeger, S. H. B. V. Kumar, C. Klimm, R.
Kraehnert, M. R. Wagner, B. Szyszka Crystallisation be-
haviour of CH₃NH₃PbI₃ films: The benefits of sub-se-
cond flash lamp annealing, Thin Solid Films 653 (2018)
p. 204-214

K. Ellmer, R. Mientus, S. Seeger: Metallic Oxides (ITO,
ZnO, SnO₂, TiO₂), in: David Levy, Erick Castellón
(Eds.) Transparent Conductive Materials: Materials,
Synthesis, Characterization, Applications, Wiley VCH
(2018), Kapitel 2.1, 33 - 80

M. Kehrt, C. Monte, A. Steiger, A. Hoehl, J. Hollandt,
H.-P. Gemünd, A. Brömel, F. Hänscke, T. May, N.
Deßmann, H.-W. Hübers, R. Mientus, E. Reck: Inter-
comparison of far-infrared transmittance measure-
ments, Optics Express 26, (2018) p. 34484-96

F. Bozheyev, F. Xi, P. Plate, T. Dittrich, S. Fiechter, K.
Ellmer, Efficient charge transfer at a homogeneously
distributed (NH₄)₂Mo₃S₁₃ / WSe₂ heterojunction for
solar hydrogen evolution, J. Mater. Chem. A, 7 (2019)
10769 - 10780.

F. Bozheyev, M. Rengachari, S. Berglund, D. Abou-Ras,
K. Ellmer, Passivation of recombination active PdSe_x
centers in (001)-textured photoactive WSe₂ films,
Mater. Sci. Semicond.Proc., 93 (2019) 284-289.

A. Bikowski, D.A. Zajac, M. Vinnichenko, K. Ellmer, Ev-
idence for the AlZn-Oi defect-complex model for mag-
netron-sputtered aluminium-doped zinc oxide: a
combined X-ray absorption near edge spectroscopy,
X-ray diffraction and electronic transport study, J.
Appl. Phys., 126 (2019) 045106-045101...045113.

Vorträge

Vorlesung Technische Optik, Teil A und B in 2018
und 2019, an der TU Berlin, FG Lichttechnik durch
Dr. A. Mahlkow, jeweils Freitag 10-12 bzw. 10-14 im
E-304

12.01.2018 Vortrag: "Reaktive Magnetron Sputtering
of Semiconductor Films – Physical Principle and
Applications", Friedrich-Schiller-Universität, Institut
für Festkörperphysik, Jena, durch Dr. K. Ellmer

01.03.2018 Netzwerksymposium Graphen Vortrag:
„Semiconducting two-dimensional WS₂ films: Prepa-
ration and Applications“, TH Wildau, durch S. Seeger

04.-09.03.2018 82. DPG – Tagung Erlangen, Vortrag:
„Reactive magnetron sputtering of Ta-doped SnO₂
polycrystalline films at low temperatures: carrier
transport and role of negative ion bombardment“,
durch S. Seeger, Dr. K. Ellmer, R. Mientus, M. Weise

06. bis 07.03.2018 14. Tagung LED Produktentwick-
lung in Essen, „Über das Licht hinaus – Anwendun-
gen mit UV- und IRED“, Dr. A. Mahlkow

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

20. - 23.03.2018 XXV. Erfahrungsaustausch

"Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen" Vortrag:
„Magnetrongesputterte transparente, leitfähige Oxide: Vergleich elektronischer Eigenschaften“
Mühlleithen, durch Dr. K. Ellmer

28.03.2018 Impulsvortrag: „Phoenix+ Speed-Dating Polen – BB“, am Fraunhofer CeniQ, Berlin durch Dr. Mahlkow, ca. 250 Teilnehmer

08.-12.04.2018 Workshop on grain boundaries in semiconducting oxides Vortrag: „The Transparent Conductive Oxides In₂O₃:Sn, SnO₂:X, TiO₂:X and ZnO:X: An Intercomparison Study of Electronic Properties“, Schloss Edesheim, durch Dr. K. Ellmer, R. Mientus, S. Seeger

17.-21.09.2018 PSE 2018 16th Conference on Plasma Surface Engineering Vortrag: „The Transparent Conductive Oxides In₂O₃:Sn, SnO₂:X, TiO₂:X and ZnO:X: An Intercomparison Study of Electronic and Optical Properties“, durch Dr. K. Ellmer, R. Mientus, S. Seeger

17.-21.09.2018 PSE 2018 16th Conference on Plasma Surface Engineering Vortrag: „Reactive magnetron sputtering of Ta-doped SnO₂ at low temperatures: carrier transport and role of negative ion bombardment“, durch S. Seeger, Dr. K. Ellmer, R. Mientus, M. Weise

14.-19.10.2018 7. Int. Symp. Transparent Conductive Materials Vortrag: „The Transparent Conductive Oxides In₂O₃:Sn, SnO₂:X, TiO₂:X and ZnO:X: Similarities and Differences of Their Electronic Properties“, Platanias, Kreta, durch Dr. K. Ellmer, R. Mientus, S. Seeger

07.11.2018 HANDLUNGSFELDKONFERENZ

LICHTTECHNIK: „Visible Light Communication (VLC) und andere Kommunikation via Licht“, durch Dr. Linke, belectro Berlin

22.11.2018 Vortrag: „Tailoring of Reactive Magnetron Sputtering for the Deposition of Active Semiconducting Films“, Czech Academy of Sciences, Institut of Physics, Dept. Low-Temperature Plasma Division of Optics, Prag, durch Dr. K. Ellmer

11.03.2019 Arbeitsgemeinschaft Lichttechnik des OptecBB: „Aus dem spektralen Nähkästchen geplaudert“, TU Berlin, durch Dr. A. Mahlkow

12.-14.03.2019 14. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik Vortrag: „Multifunktionaler Plasma- und Beschichtungssensor (MFPS) zur Charakterisierung von Plasma-quellen für Beschichtungs- und Ätzprozesse“, Zeulenroda, durch M. Weise, S. Seeger, R. Mientus, Dr. K. Ellmer

13.3.2019 Vortrag am 15. Tagung „LED Produktentwicklung“, veranstaltet durch hdt/geleitet durch Prof. Neumann, KIT, Dr. A. Mahlkow

30.04.2019 Workshop AgriPhotonik: „Netzwerkthema AgriPhotonik, Förderung – Anforderungen – Teilnahme“, ATB Leibniz-Institut, Potsdam, durch Dr. A. Mahlkow

20.05.2019 Werkstattgespräch ZUSE: „Vom Feinstaubsensor fürs Smartphone bis zum LED-Akupunktur-Gürtel: Wie Licht- und Sensortechnik für Medizin und Umweltschutz funktioniert“, Hotel Albrechtshof in Berlin, durch Dr. A. Mahlkow

6. Wissenschaftliches Leben und wichtige Ereignisse des OUT e.V.

25.07.2019 Ideen-Workshop HZDR Dresden Vortrag: „Electronic transport in TCOs; Multifunctional plasma and deposition sensor (MFPS) for process optimization“, durch Dr. K. Ellmer

29.08.2019 Zuse-Vorstellung vor Ort: „FuE für den Mittelstand“, GFal, Vortrag durch Dr. A. Mahlkow, Teilnehmer (u.a.) Fr. Maas (BMW), Fr. Treffkorn (Zuse), Hr. Weckend (GFal)

11.09.2019 Fachkongress Funktionale Oberflächen: „Mikrobeads unter der Höhensonne – Anwendungen von UV-Strahlung in Life Sciences“, Fraunhofer-Konferenzzentrum, Potsdam-Golm, durch Dr. A. Mahlkow

02.10.2019 24. Farbbildverarbeitungs-Workshop: „LED-Multi-Cam – Multispektrale Beleuchtung für Bilderkennung“, an der GFal, Berlin, durch Dr. A. Mahlkow

05.11.2019 „Shared spectral experience: 25 years R&D with LED“, durch Dr. A. Mahlkow für BoD des ITE, Warsaw, Polen.

Poster

11.-15.06.2018 ICCG 12 Conference on Coatings on Glass and Plastics:

„Electrical and optical properties of hydrogen- and niobium-doped TiO₂ electrodes“, durch M. Weise, R. Mientus, Dr. K. Ellmer, S. Seeger

“Ta-doped SnO₂ polycrystalline films on glass using seed-layer technique by magnetron sputtering“, durch R. Mientus, M. Weise, S. Seeger, Dr. K. Ellmer

“A Multifunctional Plasma and Deposition Sensor for the Characterization of Plasma Sources for Film Deposition“, durch M. Weise, S. Seeger, R. Mientus, K. Harbauer, Dr. K. Ellmer

17.-21.09.2018 PSE 2018 16th Conference on Plasma Surface Engineering: Optical and electrical properties of niobium- and hydrogen-doped TiO₂ thin films, durch M. Weise, R. Mientus, Dr. K. Ellmer, S. Seeger

08.-10.10.2019 V2019 Vakuum und Plasma – EFDS e.V. Dresden „Hydrogen-doped Indium Oxide (IOH) as NIR-transparent Conducting Layer“, durch M. Weise, R. Mientus, S. Seeger, Dr. K. Ellmer

Betreuung von Praktikanten und Abschlussarbeiten

Gruppe – LED, Dr. S. Linke

Orientierungspraktikum von Katrin Saul im Bereich Office-Management (01.09.2018 bis 23.10.2018)

Schülerpraktikum Vincent Hoffmann, (2.9.2019 bis 13.9.2019)

Fachpraktikum von Alexandra Püschel im Bereich im Bereich Public Relations (19.08.2019 bis 13.09.2019)

Fachpraktikum von Krishna Tripathi im Studiengang Mikrosystemtechnik (12.08.2019 bis 01.11.2019)

7. Finanzen 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 des OUT e.V. für den Zeitraum von 2015 bis 2019. Der starke Einbruch insbesondere in 2017 ist durch Bewilligungsstopp und Neugestaltungen von Förderprogrammen mit über 16 Monaten ohne Neubewilligung entstanden. Dies betraf insbesondere die Programme „INNOKOM-OST“ und „ZIM“.

Einnahmen des OUT e.V.					
	2015 (T€)	2016 (T€)	2017 (T€)	2018 (T€)	2019 (T€)
Fördermittel	1.367	1.270	859	875	1.357
Umsatz	673	435	337	437	280
Sonstige *)	182	258	172	176	253
Gesamt	2.222	1.963	1.368	1.488	1.890

*) inkl. Beiträge und Spenden

OUT e.V. auf einen Blick

Geschäftsjahr	2015	2016	2017	2018	2019
Einnahmen (in T€)	2.222	1.963	1.368	1.488	1.890
Umsatz (in T€)	673	435	337	437	280
Förderprojekte gesamt	21	13	11	12	17
Förderprojekte beendet	12	5	5	3	2
Förderprojekte begonnen	6	4	2	7	8
Natürliche Mitglieder	22	28	29	27	27
Institutionelle Mitglieder	8	8	7	6	6
Zahl Dienstverträge	46	35	21	25	33

7.2. Gerätetechnische Infrastruktur

Der OUT e.V. verfügt über eine umfangreiche und moderne Geräteausrüstung - darunter umfassende spezielle Messtechnik. Durch diese Investitionen wurde eine solide Grundausstattung für die Bearbeitung aller Projekte und Forschungsaufträge sowie für die Realisierung von Dienstleistungen geschaffen. Die Gerätebasis kann auch für externe Nutzer bereitgestellt werden. U. a. stehen folgende Geräte (Anschaffungswert > 5.000 €) zur Verfügung:

Nr.	Gerätebezeichnung	Hersteller	Anschaffungs-wert (brutto)
1.	Absolutdruckaufnehmer	MKS Instruments GmbH	5.786 €
2.	Cary Spektralphotometer	Varian GmbH	49.084 €
3.	Spektrumsanalysator Spectro 100	Instrument Systems GmbH	44.046 €
4.	HF-Generator LPGL	SenVac GmbH	20.027 €
5.	Breitband-HF-Generator	Dressler HF Technik GmbH	6.936 €
6.	Digitales Kapazitätsmessgerät	Analog Digital Elektronik GmbH	7.351 €
7.	Picoamperemeter	AET GmbH / Hewlett Packard GmbH	17.790 €
8.	Präzisions-Lock in-Verstärker	EG&G GmbH	5.410 €
9.	Monochr. Beleuchtungssystem	AET GmbH	11.466 €
10.	IBS PT Profiline 300	I-B-S GmbH	9.244 €
11.	Kalibrierstand Mod. OL-22	OPTE-E-MA Engineering GmbH	6.880 €
12.	Mikrospektrometer 850 NIR 1900	STEG microParts GmbH	6.220 €
13.	Waferdickenmessgerät MX 301	John P. Kummer GmbH	8.990 €
14.	Kernstrahlungsmessplatz CI 84	CANBER A Eurisy GmbH	12.760 €
15.	LED-Mess-System OL770 UV-VIS	OPTE-E-MA Engineering GmbH	33.367 €
16.	OL770 NIR Spektroradiometer	OPTE-E-MA Engineering GmbH	20.052 €
17.	Stereo-Zoom-Mikroskop SMC4	Mikroskop Technik Rathenow GmbH	11.149 €
18.	PEM 05 / 2 kanalig	v. ARDENNE Anlagentechnik GmbH	15.464 €
19.	Simulationsrechner Cluster	A&L Medien O. Arnold	14.351 €
20.	Ulbrichtkugel UK995 CUS OUT	OPTOPRIM GmbH	18.921 €
21.	Ellipsometer SE 800	SENTECH Instruments GmbH	81.050 €
22.	FTIR-Spektrometer	BRUKER Optik GmbH	99.800 €
23.	Kennlinienmessplatz 5075	FEST Elektronik GmbH	21.618 €
24.	Optisch-mechanischer Aufbau	Linos, Leica, Newport uvm.	76.267 €
25.	LightTool Care Module	OEC AG	59.650 €
26.	Elektrischer Messplatz 4200-SCS/F	AT GmbH	66.876 €
27.	Infraroptische Messtechnik	BRUKER Optik GmbH	79.060 €
28.	Ionenoptische Messtechnik	MKS Instruments GmbH	20.444 €
29.	COMSOL Multiphysics Module f. PC	COMSOL GmbH	35.128 €
30.	Kurzzeittemperanlage	DTF GmbH	99.365 €
31.	Profilometer Dektak XT-A	Bruker AXS GmbH	45.815 €
32.	Barathon-Steuereinheit	MKS Instruments GmbH	7.750 €
33.	Röntgendiffraktometer	Bruker AXS GmbH	94.902 €
34.	OL756 Spektrometer & Goniometer	OPTE-E-MA Engineering GmbH	61.237 €
35.	REM-Anlage Hirox mit integrierter EDX	Synergie SARL	146.370 €
36.	Radiospektrometer 320D	Instrument Systems	111.574 €

8. Überblick über alle im OUT e.V. bearbeiteten Projekte

