

2017

TÄTIGKEITSBERICHT
ANNUAL REPORT



ZAE BAYERN

zae-bayern.de

Bayerisches Zentrum für
Angewandte Energieforschung e. V.
Bavarian Center for Applied Energy Research

**DER VORSTAND
EXECUTIVE BOARD**

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Spliethoff
Vorsitzender | Chairman of the Board

Prof. Dr. Christoph J. Brabec

Prof. Dr. Vladimir Dyakonov

Stand: 31. Dezember 2017

Status: 31st December 2017

HERAUSGEBER

ZAE Bayern – Bayerisches Zentrum für
Angewandte Energieforschung e. V.

TEXTBEITRÄGE UND FOTOS

von den Mitarbeitern des ZAE Bayern

REDAKTION UND BEARBEITUNG

Jan Kunkel, Anja Matern-Lang

ZAE BAYERN

Magdalene-Schoch-Str. 3
97074 Würzburg
T +49 89 329442-87
F +49 89 329442-12
www.zae-bayern.de
info@zae-bayern.de

KONZEPT UND DESIGN

punktschmiede, visuelle kommunikation, München

DRUCK

bonitasprint GmbH, Würzburg

COPYRIGHT

ZAE Bayern – Bayerisches Zentrum für Angewandte
Energieforschung e. V., Würzburg, Juni 2018
Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigungen,
Kopie oder Weitergabe nur mit schriftlicher
Genehmigung.

EDITOR

ZAE Bayern – Bavarian Center for
Applied Energy Research

ARTICLES AND PHOTOS

by ZAE Bayern staff members

COORDINATION AND EDITING

Jan Kunkel, Anja Matern-Lang

ZAE BAYERN

Magdalene-Schoch-Str. 3
97074 Würzburg
T +49 89 329442-87
F +49 89 329442-12
www.zae-bayern.de
info@zae-bayern.de

CONCEPT AND DESIGN

punktschmiede, visuelle kommunikation, Munich

PRINT

bonitasprint GmbH, Würzburg

COPYRIGHT

ZAE Bayern – Bavarian Center for Applied Energy
Research, Würzburg, June 2018
All rights reserved. No reproduction, copy,
or transmission of this publication without
written permission.

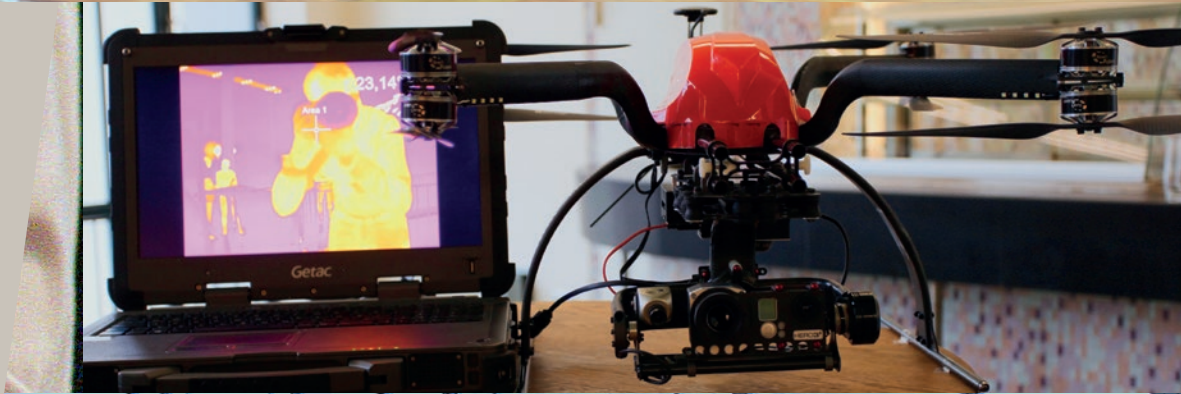


Vorwort	8	Foreword	8
1.0 ALLGEMEINES	14	1.0 GENERAL INFORMATION	14
1.1 Überblick	16	1.1 At a glance	16
1.2 Struktur	19	1.2 Structure	19
1.3 Die Organe des ZAE Bayern	20	1.3 The governing bodies of ZAE Bayern	20
1.4 Zahlen & Fakten	22	1.4 Facts & Figures	22
1.5 Rückblick	24	1.5 Review	24
1.6 Bei uns zu Gast 2017	36	1.6 Official visitors in 2017	36
2.0 FORSCHUNG	46	2.0 RESEARCH	46
2.1 Messung thermophysikalischer Materialparameter bei hohen Temperaturen	52	2.1 Measurement of Thermophysical Material Parameters at High Temperatures	52
2.2 Kopernikus P2X: Power-to-Gas mittels Wasserelektrolyse	54	2.2 Kopernikus P2X: Power-to-Gas via Water Electrolysis	54
2.3 Roboterbasierte Hochdurchsatzmethode zur Untersuchung der Stabilität von Perowskiten mit großer Bandlücke	56	2.3 Robot Based High Throughput Approach for the Analysis of Wide Band Gap Perovskites	56
2.4 Einfluss von Rissen auf den Wirkungsgrad von Photovoltaikmodulen	58	2.4 Impact of Cracks on the Performance of PV Modules	58
2.5 Organische Photovoltaik ganz dezent	60	2.5 Subtle Organic Photovoltaics	60
2.6 Qualitätsprüfung bei in Mehrfachverglasungen integrierten Photovoltaikmodulen	62	2.6 Quality Control for PV Modules Integrated into Insulation Glazing	62
2.7 Hochgenaue infrarot-optische Messungen zur Erhöhung der Energieeffizienz	64	2.7 Highly Precise Infrared Optical Measurements for Increased Energy Efficiency	64
2.8 10.000-Häuser-Programm für energieeffiziente Gebäudesanierungen und Neubauten	66	2.8 10,000 Houses Programme for Energy Efficient Building Refurbishment and Construction	66

2.9	Bewertung thermischer und elektrischer Energiespeicher am Beispiel eines modernen Bürogebäudes	68	2.9	Evaluation of Thermal and Electrical Energy Storage Systems for a Modern Office Building	68
2.10	Kohlenstoff-Nanodiamant-basierte Elektroden für Superkondensatoren	70	2.10	Carbon Nanodiamond-Based Electrodes for Supercapacitors	70
2.11	Entwicklung und ökologische Bewertung neuer Phasenwechselmaterialien	72	2.11	Development and Ecological Assessment of New Phase Change Materials	72
2.12	Sorptive Kältespeicherung mit wässrigen Salzlösungen	74	2.12	Sorptive Cold Storage with Aqueous Salt Solutions	74
2.13	Solarelektrisch angetriebenes Heizen und Kühlen mit thermischen Speichern und optimierter Netzkopplung	76	2.13	Solar Electrically Driven Heating and Cooling with Thermal Storage and Optimised Grid Connection	76
2.14	Flexible Plattform zum Betrieb eines Smart Grids	78	2.14	Flexible Platform for the Operation of a Smart Grid	78
3.0	VERÖFFENTLICHUNGEN	80	3.0	PUBLICATIONS	80
3.1	Vorträge und Poster	82	3.1	Presentations and Posters	82
3.2	Veröffentlichungen	92	3.2	Publications	92
3.3	Studienabschlussarbeiten und Dissertationen	100	3.3	Degree and Doctoral Theses	100
3.4	Patente	103	3.4	Patents	103
3.5	Mitarbeit in Gremien	104	3.5	Membership in Committees	104
3.6	Vorlesungen	110	3.6	Lectures	110
3.7	Auszeichnungen	111	3.7	Awards	111
3.8	Sonstiges	112	3.8	Miscellaneous	112
	Adressen	114		Addresses	114

ZAE-Tag





VORWORT

FOREWORD

Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff
Vorstandsvorsitzender
Chairman of the Board



Bereits am 6. Dezember 2016 jährte sich die Gründung des ZAE Bayern zum 25. Mal. Ein ungünstiges Datum für eine Geburtstagsfeier, fällt es doch auf den Nikolaustag und in die Vorweihnachtszeit. Daher kam es gelegen, dass das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie und Ministerin Ilse Aigner erst im Mai 2017 zum Staatsempfang in die Würzburger Residenz luden, um das Jubiläum offiziell zu begehen.

Dieser Empfang war ein weiterer Ausdruck unserer engen Zusammenarbeit mit dem bayerischen Wirtschaftsministerium, die bereits im Jahr 1986, fünf Jahre vor Gründung des ZAE, begann. Professor Rudolf Sizmann von der Ludwig-Maximilians-Universität trug damals Wirtschaftsminister Jaumann seine Idee für ein Institut vor. Fünf Jahre später ermöglichte dessen Nachfolger, August Lang, die Vereinsgründung. Es flossen 20 Millionen Mark an das ZAE, die es ihm fünf Jahre lang erlaubten, sich auf dem Feld der Energieforschung zu etablieren. Und dank anhaltender Förderung durch das Wirtschaftsministerium gelang es, den Status eines weltweit bedeutenden Instituts zu erlangen und aufrechtzuerhalten.

An unseren drei Standorten und zwei Außenstellen verfolgen wir heute unseren Ansatz, vom Material zur Komponente zur Anwendung zu forschen, in enger Zusammenarbeit mit unseren universitären Partnern: der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und der Technischen Universität München. Dort wird Grundlagenwissen erforscht, das wir dann in die Praxis übertragen. So kommen wir näher an unsere Ziele: Strom und Wärme aus solarer Erzeugung jederzeit zu marktfähigen Kosten verfügbar zu machen, erneuerbare Energien als tragende Säule der Energieversorgung zu etablieren und den Energieverbrauch von Gebäuden und industriellen Prozessen zu minimieren. Auch nach 25 Jahren sind wir dieser Arbeit nicht müde geworden. Das fußt auf über 220 motivierten Mitarbeitern, aber auch auf der stetigen und nachhaltigen Förderung durch das bayerische Wirtschaftsministerium.

6th December 2016 marked the 25th anniversary of ZAE Bayern's founding. An inconvenient date to celebrate a birthday, as it coincides with Saint Nicholas' Day and the early Christmas season. Consequently, it came in handy that the Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology and minister Ilse Aigner waited until May 2017 to host a state reception for the official celebration of the anniversary in the Würzburg Residence.

This reception was another display of our close cooperation with the ministry which began as early as 1986, five years before the founding of ZAE. Back then, professor Rudolf Sizmann of the Ludwig Maximilian University proposed his idea for the institute to acting minister of economic affairs Jaumann. Five years later his successor, August Lang, made possible the establishment of the association. 20 million Marks were given to ZAE, giving it five years to make a name for itself in the field of energy research. Thanks to continuing funding by the Ministry, global renown was gained and maintained.

In our three main locations and two branches, we are now following our approach of working from material to component to application in close cooperation with our partner universities: Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg, Julius Maximilian University of Würzburg, and the Technical University of Munich. We put into practice the basic science explored there. This way, we come closer to our goals of making solar electricity and heat constantly available at marketable prices, establishing renewable energies as one supporting pillar of the overall energy supply, and minimising the energy demand of buildings and industrial processes.

Even after 25 years, we have not grown tired of this work. This is due to over 220 motivated employees but also to the constant and sustainable support of the ministry securing their jobs and making sure our partners and customers can keep counting on us in the future.

um die sicherstellt, dass sich unsere Partner und Kunden auch künftig auf uns verlassen können.

Um diese Partner drehte sich unser zweites großes Ereignis 2017: Der ZAE-Tag im November. Hier stellten wir uns in der alten Kongresshalle München allen Interessierten vor, hatten aber auch etablierte Partner und Förderer aus der Politik zu Gast, denen wir die Themen Sektorenkopplung und Wärmewende näherbrachten.

Zur systemischen Verbindung einer Vielzahl dezentraler Energieverbraucher und -erzeuger müssen weite Teile des Versorgungsnetzes neu gedacht werden. Dabei hilft die gedankliche Überschreitung der Grenzen der Sektoren Strom, Mobilität und Wärme. Bisher konzentrierte sich die Umsetzung der Energiewende auf Wind- und Solarenergie und deren Netzintegration. Die Sektoren Mobilität und Wärme fanden deutlich weniger Beachtung. Höchste Zeit also für eine Wende auf dem Wärmesektor, der über 50 % unseres Endenergiebedarfs ausmacht. Zeit für eine bestmögliche Umwandlung erneuerbar gewonnener Elektrizität in nutzbare Wärme und Kälte durch Effizienzsteigerung und Sektorenkopplung.

Eine Ausstellung unserer aktuellen Fähigkeiten und Projekte eröffnete unseren Besuchern neue Perspektiven. Die Podiumsdiskussion über sinnvolle Maßnahmen und Projekte gab einen Ausblick auf die Zukunft des ZAE in der Energiewende: als bewährter und dennoch innovativer Partner mit Expertise und Erfahrung in Forschung und Technologieentwicklung, der auch Wirtschaftlichkeit und regulatorische Rahmenbedingungen im Blick hat, weil er stets an der Schnittstelle zwischen Forschung und Industrie gearbeitet hat und auch künftig arbeiten wird. Unserem Motto „mit Sonne und Verstand“ folgend, werden wir uns auch weiterhin den Herausforderungen einer nachhaltigen und bezahlbaren Zukunft der Energieversorgung stellen.

Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit mit Ihnen.

These partners were in the focus of our second big 2017 event: ZAE Day in November. There, we introduced ourselves to all interested parties in Munich's Alte Kongresshalle while also welcoming established political partners and supporters whom we introduced to sector coupling and the thermal energy transition.

For the systemic interlinking of a large number of decentralized energy consumers and producers, large portions of the supply grid need rethinking. As experience shows, this is done most effectively by mentally overstepping the boundaries of the individual sectors electricity, mobility, and heat. So far, the implementation of the energy transition has mostly focused on solar and wind energy and their integration into the grid. The sectors mobility and heat were paid far less attention. So it is about time for change in the heat sector which accounts for more than 50% of our total energy demand. Time for the best possible conversion of renewably produced electricity into usable heat and cold through increased efficiency and sector coupling.

An exhibit of our skills and running projects opened up new perspectives to our visitors. A panel discussion on reasonable measures and projects gave an outlook on ZAE's future in the energy transition: as a tried yet innovative partner with expertise and experience in research and technology development who has an eye on profitability and regulatory frameworks, since he has always been working at the intersection between research and industry and will keep doing so in the future. Following our motto "with sun and sense", we will keep rising to the challenges of a sustainable and affordable future energy supply.

We are looking forward to collaborating with you.



Ihr/Yours

Hartmut Spliethoff



NACHRUF

EPITAPH

TRAUER UM HERRN PROF. DR. MAX SCHULZ

Das ZAE Bayern trauert um seinen ehemaligen Vorstand, Herrn Professor Max Schulz, der am 2. Januar 2017 nach langer Krankheit verstarb.

Prof. Schulz leitete von 1978 bis zu seiner Emeritierung 2004 den Lehrstuhl für Angewandte Physik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, wo er auch zwei Jahre als Dekan der Naturwissenschaftlichen Fakultät I und vier Jahre als Prorektor tätig war. Ab 1994 gehörte er dem Vorstand des ZAE Bayern an und war als Wissenschaftlicher Leiter der damaligen Abteilung 3 „Thermosensorik und Photovoltaik“ in Erlangen tätig.

Zu seinen Arbeitsgebieten gehörten die Analyse von Defekten in Halbleitern und an Grenzflächen, einzelne Elektronen in Grenzflächen, ultradünne Silizidschichten, Photovoltaik mit Dünnschicht-Silizium und die Entwicklung und Anwendung von Kameras für Wärmebilddaufnahmen.

Wir werden sein Andenken in Ehren halten.

REMEMBERING PROF. DR. MAX SCHULZ

ZAE Bayern mourns the loss of former board member Professor Max Schulz, who passed away after a long illness on 2nd January 2017.

From 1978 until his retirement in 2004, he held the chair for applied physics at Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nuremberg where he also acted as decan of the faculty of sciences for two years and as prorector for four years.

From 1994 on, he was a board member of ZAE Bayern and scientific head of its department 3 „Thermosensorics and Photovoltaics“ in Erlangen. His field of work included the analysis of defects in semiconductors and at interfaces, single electrodes in interfaces, ultra-thin silicide films, thin-film silicon photovoltaics, and the development and application of thermographic cameras.

We will honour his memory.

* 17.05.1939

† 02.01.2017

ZAE
25
JAHRE









1.0

ALLGEMEINES
GENERAL
INFORMATION

1.1

ÜBERBLICK AT A GLANCE



Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff
Wissenschaftlicher Leiter
Energiespeicherung
Scientific Director
Energy Storage



Prof. Dr. V. Dyakonov
Wissenschaftlicher Leiter
Energieeffizienz
Scientific Director
Energy Efficiency



Prof. Dr. C. J. Brabec
Wissenschaftlicher Leiter
Erneuerbare Energien
Scientific Director
Renewable Energy



**Dipl.-Geogr. / M.Sc.
M. Stepputtis**
Bereichsleiterin Marketing,
Kommunikation, IT
Head of Division Marketing,
Public Relations, IT
Leiterin Vorstandsbüro
Head of Office of the Board

UNSER PROFIL

Das ZAE Bayern ist ein außeruniversitäres Forschungsinstitut für angewandte Energieforschung mit ca. 230 Mitarbeitern, das vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie institutionell gefördert wird. Wir bieten unseren Kunden komplette Innovationspakete im Bereich effizienter und nachhaltiger Energiesysteme an und sind mit unseren drei Hauptstandorten in Erlangen, Garching bei München und Würzburg sowie weiteren zwei Außenstellen in Hof und Nürnberg bayernweit präsent. Seit über 25 Jahren besteht das ZAE Bayern als eingetragener Verein. Im Dezember 1991 setzten sich die Gründungsmitglieder zum Ziel, die Energieforschung zu fördern sowie Aus-, Fort- und Weiterbildung, Beratung, Information und Dokumentation auf allen Gebieten zu betreiben, die für die Energietechnik sowie die sich mit ihr befassenden Wissenschaften bedeutsam sind. Bis heute hat sich das ZAE Bayern zu einem national und international anerkannten Forschungsinstitut entwickelt. Hierzu leisten unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die als Wissenschaftler, technisches Personal, Verwaltungsangestellte und Studenten tätig sind, einen entscheidenden Beitrag.

OUR PROFILE

ZAE Bayern is a non-university institute for applied energy research with about 230 employees, institutionally funded by the Bavarian Ministry of Economic Affairs, Energy and Technology. We offer our customers complete innovation packages in the field of efficient and sustainable energy systems and are present in all of Bavaria with our three main locations in Erlangen, Garching near Munich, and Würzburg as well as two more branch offices in Hof and Nuremberg. For more than 25 years, ZAE Bayern has been a registered association. In December 1991, the founding members set out to promote energy research and engage in education, further training, consulting, information, and documentation in all fields relevant to energy technology and the associated scientific fields. To date, ZAE Bayern has developed into a research institute of national and international renown. A significant share of this is owed to our employees, might they be scientists, technical and administrative personnel, or students.



Dr. A. Hauer
 Bereichsleiter
 Energiespeicherung
 Head of Division
 Energy Storage



Dr. H.-P. Ebert
 Bereichsleiter
 Energieeffizienz
 Head of Division
 Energy Efficiency



Dr. J. Hauch
 Bereichsleiter
 Erneuerbare Energien
 Head of Division
 Renewable Energies



**Dipl.-Betriebswirt (FH)
 T. Pharo**
 Bereichsleiter
 Zentrale Verwaltung
 Head of Division
 Central Administration

UNSERE KOMPETENZEN

In seinen zentralen Kompetenzbereichen Erneuerbare Energie, Energiespeicherung und Energieeffizienz verbindet das ZAE Bayern in einem interdisziplinären Forschungsansatz Materialforschung, Komponententwicklung und Systemoptimierung zu einer lückenlosen Wertschöpfungskette. Die Forscher am ZAE Bayern arbeiten dabei an der Schnittstelle zwischen Grundlagenforschung und angewandter Industrieforschung und befassen sich u. a. mit Nanomaterialien, thermischen und elektrochemischen Energiespeichern, energieeffizienten Prozessen, Photovoltaik, energieoptimierten Gebäuden und Stadtquartieren, Smart Grids und sektorenübergreifenden Energiesystemen (Strom und Wärme/Kälte).

UNSER ZIEL

Ziel des ZAE Bayern ist es, eine möglichst CO₂-neutrale Energieversorgung durch den synergetischen Einsatz von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienztechnologien zu realisieren. Unser Institut führt dazu eine große Zahl von Forschungsprojekten mit der Industrie, vom KMU bis zum Großkonzern, sowie mit universitären und außeruniversitären Forschungspartnern durch. Hierbei steht die praktische Anwendung wis-

OUR COMPETENCES

In its central fields of competence, renewable energies, energy storage, and energy efficiency, ZAE Bayern pursues an interdisciplinary approach to combine materials research, development of components, and system optimisation in one unbroken value chain. ZAE's researchers work at the intersection between fundamental and applied industrial research and focus, among other things, on nanomaterials, thermal and electrochemical energy storages, energy efficiency in processes, photovoltaics, energetically optimised buildings and quarters, smart grids, and cross-sector (electricity and heat/cold) energy systems.

OUR GOAL

The goal of ZAE Bayern is to realise an energy supply as CO₂-neutral as possible by means of the synergetic use of renewable energies and energy efficiency technology. Therefore, our institute is involved in a large number of research projects with industrial partners from SMEs to major corporations as well as with university and non-university research partners. In these, the focus is put on the practical application of scientific findings.

senschaftlicher Erkenntnisse im Zentrum. Als Bindeglied zwischen den Projektpartnern vernetzt das ZAE Bayern die thematischen Schwerpunkte innerhalb der Wertschöpfungskette, so dass wertvolle Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz und zum verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien entstehen. Dazu werden zahlreiche Projekte am Institut auch standortübergreifend bearbeitet und profitieren somit von der Verzahnung der Kompetenzen der einzelnen Arbeitsgruppen des ZAE Bayern. Aus Verbundprojekten, die gemeinsam mit Partnern aus der Industrie durchgeführt werden, profitiert das ZAE Bayern nicht nur durch die hieraus entstehenden Synergieeffekte, sondern auch durch die erfolgreiche Einwerbung von Drittmitteln. Diese werden für angewandte Forschungsprojekte in Kooperation mit der bayerischen Industrie eingesetzt. Damit können wir unsere Aktivitäten im Bereich der Energieforschung weiter stärken, in technische Geräte investieren sowie für unsere Forschungsarbeit neue Mitarbeiter gewinnen und so das ZAE Bayern auf nationaler und internationaler Ebene nachhaltig positionieren.

UNSERE KOOPERATIONEN

Entsprechend unserer Zielsetzung strebt das ZAE Bayern die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen und der Industrie an. Wir kooperieren dazu in besonderer Weise mit der Technischen Universität München (TUM), der Julius-Maximilians-Universität Würzburg sowie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). Das ZAE Bayern ist darüber hinaus Mitglied im „ForschungsVerbund Erneuerbare Energien“ (FVEE), einer strategischen Partnerschaft außeruniversitärer Forschungsinstitute auf dem Gebiet der Erneuerbaren Energien in Deutschland, sowie der „Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e. V.“, die die öffentlichen Interessen gemeinnütziger, privatwirtschaftlich organisierter Industrieforschungseinrichtungen in Deutschland vertritt. Ferner ist das ZAE Gründungsmitglied des Energie Campus Nürnberg (EnCN), der eine auf dem Gebiet der Energieforschung aktive Forschungskoooperation der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, der TH Nürnberg, der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung und des ZAE Bayern am Standort Nürnberg unterhält. Darüber hinaus ist das ZAE Bayern Partner in der interdisziplinären Forschungsinitiative TUM.Energy.

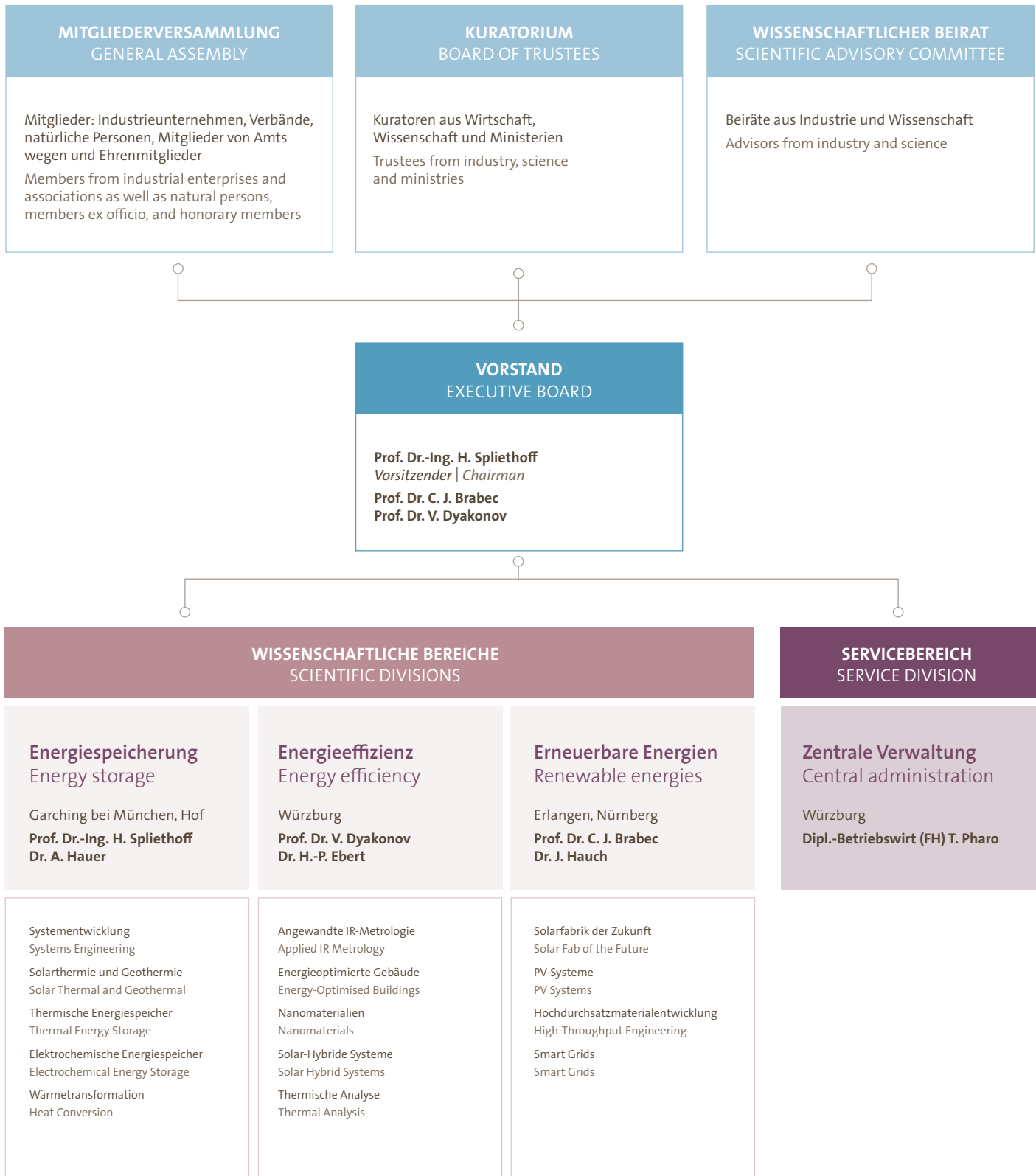
As a connecting link between project partners, ZAE Bayern interconnects the core topics within the value chain to create valuable solutions to increase energy efficiency and the implementation of renewable energies. Therefore, several of the institute's projects are being worked on at more than one location at a time, hence they benefit from the interlinking of the competences of ZAE Bayern's various groups. In joint projects with industry partners, ZAE Bayern does not only gain synergy effects but can also successfully raise external funds. These are then used for applied research projects in cooperation with the Bavarian industry. This helps us to further strengthen our activities in energy research, to invest in technical equipment, and to find new employees for our research work and sustainably position ZAE Bayern on a national and international level.

OUR COOPERATIONS

According to our goals, ZAE Bayern seeks cooperation with scientific institutions and the industry. For this purpose, we cooperate particularly closely with the Technical University of Munich (TUM), the Julius-Maximilians-Universität Würzburg, as well as the Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nuremberg (FAU). Furthermore, ZAE Bayern is a member of the German Renewable Energy Research Association (FVEE), a strategic partnership of non-university research institutes from the field of renewable energies in Germany, as well as of the Zuse Community, representing the public interests of private, non-profit industrial research facilities in Germany. Also, ZAE Bayern is a founding member of the Energy Campus Nuremberg (EnCN), which maintains an energy research cooperation between Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nuremberg, TH Nuremberg, the Fraunhofer Society for the Promotion of Applied Research, and ZAE Bayern, located in Nuremberg. Finally, ZAE Bayern is a partner in the interdisciplinary research initiative TUM.Energy.

STRUKTUR STRUCTURE

1.2



1.3 DIE ORGANE DES ZAE BAYERN

THE GOVERNING BODIES OF ZAE BAYERN

MITGLIEDER MEMBERS

UNTERNEHMEN ENTERPRISES

Allianz Risk Consulting GmbH – Allianz Zentrum für Technik, München
 APROVIS Energy Systems GmbH, Weidenbach
 Bayernwerk AG, Regensburg
 ediundsepp Gestaltungsgesellschaft mbH, München
 Hightex GmbH, Rimsting
 IBC Solar AG, Staffelstein
 Karl Endrich KG, Würzburg
 Knauf Gips KG, Iphofen
 Lang Hugger Rampp GmbH, München
 Münchner Gesellschaft für Stadterneuerung mbH (MGS), München
 NETZSCH-Gerätebau GmbH, Selb
 Porextherm Dämmstoffe GmbH, Kempten
 Rauschert Solar GmbH, Judenbach-Heinersdorf
 va-Q-tec AG, Würzburg
 Würzburger Versorgungs- und Verkehrs GmbH, Würzburg

MITGLIEDER VON AMTS WEGEN MEMBERS EX OFFICIO

Prof. Dr. C. J. Brabec, Erlangen
 Prof. Dr. V. Dyakonov, Würzburg
 Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff, Olching
 Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, München

NATÜRLICHE PERSONEN/INGENIEURBÜROS NATURAL PERSONS/CONSULTING ENGINEERS

M. Dietrich, Rüdenhausen
 Dipl.-Ing. M. Portula, Berlin
 Dr. B. Reeb, Ellwangen-Hochgreut

VERBÄNDE UND INSTITUTIONEN FEDERATIONS AND INSTITUTIONS

CO₂ Initiative, Markt Schwaben
 Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., Berlin
 ENERGIEregion Nürnberg e. V., Nürnberg
 Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum e.V. (FSKZ), Würzburg
 Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., München
 IHK Würzburg-Schweinfurt, Würzburg
 Stadt Würzburg, Würzburg
 Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (VBEW), München

EHRENMITGLIEDER HONORARY MEMBERS

Prof. Dr. J. Fricke, Gerbrunn
 Prof. Dr.-Ing. D. Hein, Fürstenfeldbruck
 Prof. Dr. R. Hezel, Pullach
 Prof. em. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h. F. Mayinger, München

Stand | Status
 31.12.2017
 31/12/2017



VORSTAND BOARD OF DIRECTORS

Der Vorstand setzte sich Ende 2017 wie folgt zusammen:

Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff, (*Vorsitzender | Chairman*), Fakultät Maschinenwesen, Technische Universität München

Prof. Dr. C. J. Brabec, Lehrstuhl Materialien der Elektronik und Energietechnologie – Department für Werkstoffwissenschaften, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. V. Dyakonov, Physikalisches Institut, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

KURATORIUM BOARD OF TRUSTEES

Dr.-Ing. R. Hofer (*Vorsitzender | Chairman*), Bayernwerk AG, Regensburg

Dr. H. Binder, Bundesverband Energiespeicher e. V., Berlin

Prof. Dr. R. Hellinger, Siemens AG, Erlangen
Ministerialrat Dr.-Ing. J. Schadl, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, München

Ministerialrat Dr. F. Leiner, Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, München

Prof. Dr.-Ing. U. Wagner, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., Technische Universität München

DER WISSENSCHAFTLICHE BEIRAT SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. M. Stamm, (*Vorsitzender | Chairman*), Institut für Polymerforschung Dresden e.V., Dresden

Priv.-Doz. DI Dr. P. Burgholzer, Research Center for Non-Destructive Testing GmbH, Linz

Prof. Dr. rer. nat. P. Denk, Institut für Systemische Energieberatung (ISE), Hochschule Landshut, Landshut

Dr.-Ing. J. Hollandt, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin (PTB), Berlin

Univ.-Prof. Dr. N. Hüsing, Chemistry and Physics of Materials, Paris Lodron, Universität Salzburg, Salzburg

Prof. Dr. R. Iden, nanid Scientific Consulting, Dudenhofen

Prof. Dr.-Ing. M. Kaltschmitt, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Hamburg

Dr. F. Karg, AVANCIS GmbH & Co.KG, München

Prof. Dr.-Ing. W. Lang, Fakultät für Architektur, TU München, München

B. Milow, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Köln

Prof. Dr. J. Parisi, Institut für Physik, Karl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg

Prof. Dr.-Ing. F. Ziegler, Institut für Energietechnik, TU Berlin, Berlin

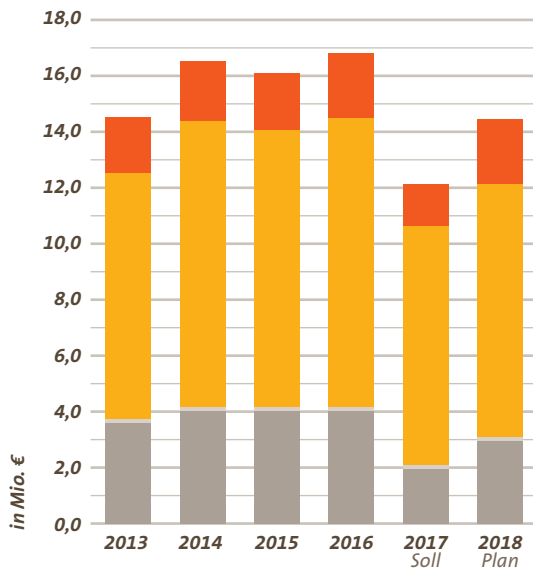
1.4

ZAHLEN & FAKTEN

FACTS & FIGURES

ENTWICKLUNG HAUSHALT 2013-2018

BUDGET



■ Grundfinanzierung Basic funding ■ Sonstige Miscellaneous
 ■ Öffentliche Mittel Public Funding ■ Industrie Industry

HAUSHALT UND FINANZEN

Der Institutshaushalt belief sich im Jahr 2017 auf ca. 12,2 Mio. €. Die in der Abbildung dargestellte Entwicklung der Erträge in den Jahren 2013 bis 2018 weist für das Jahr 2017 eine Grundfinanzierung durch das Bayerische Wirtschaftsministerium (BayStMWi) in Höhe von 2,0 Mio. € aus. 10,1 Mio. € aus Drittmitteln sowie 0,1 Mio. € sonstige Einnahmen konnten generiert werden. Die Drittmittel setzen sich aus 8,6 Mio. € öffentlichen Projektmitteln und 1,5 Mio. € Industriemitteln zusammen.

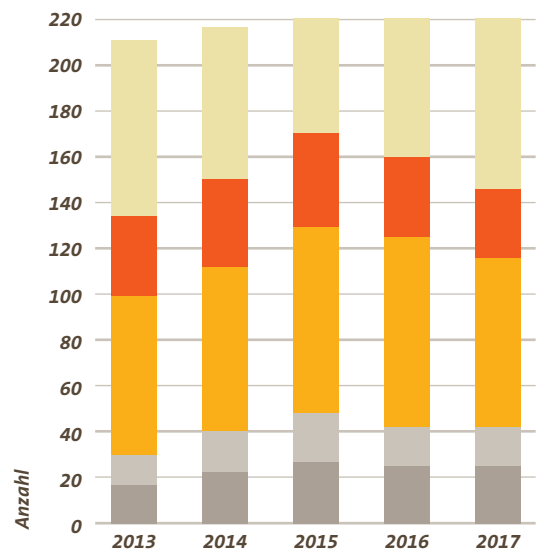
Insgesamt wurden im Jahr 2017 171 Projekte mit 371 Partnern bearbeitet.

PERSONAL

Zum Jahresende 2017 waren am ZAE Bayern 226 Mitarbeiter tätig. Überwiegend kamen diese aus den Fachbereichen Physik, Maschinenbau und Energietechnik. Der Anteil weiblicher Beschäftigter betrug 25%. 30 Doktoranden, 15 Masteranden, 4 Bacheloranden und 6 Praktikanten waren im Institut tätig. Somit befanden sich 24% der Mitarbeiter in Ausbildung.

PERSONALENTWICKLUNG 2013-2017

STAFF



■ Verwaltung Administration
 ■ Technische Mitarbeiter Technical personnel
 ■ Wissenschaftliche Mitarbeiter Scientific personnel
 ■ Doktoranden Doctorate students ■ Sonstige Miscellaneous

BUDGET AND FINANCES

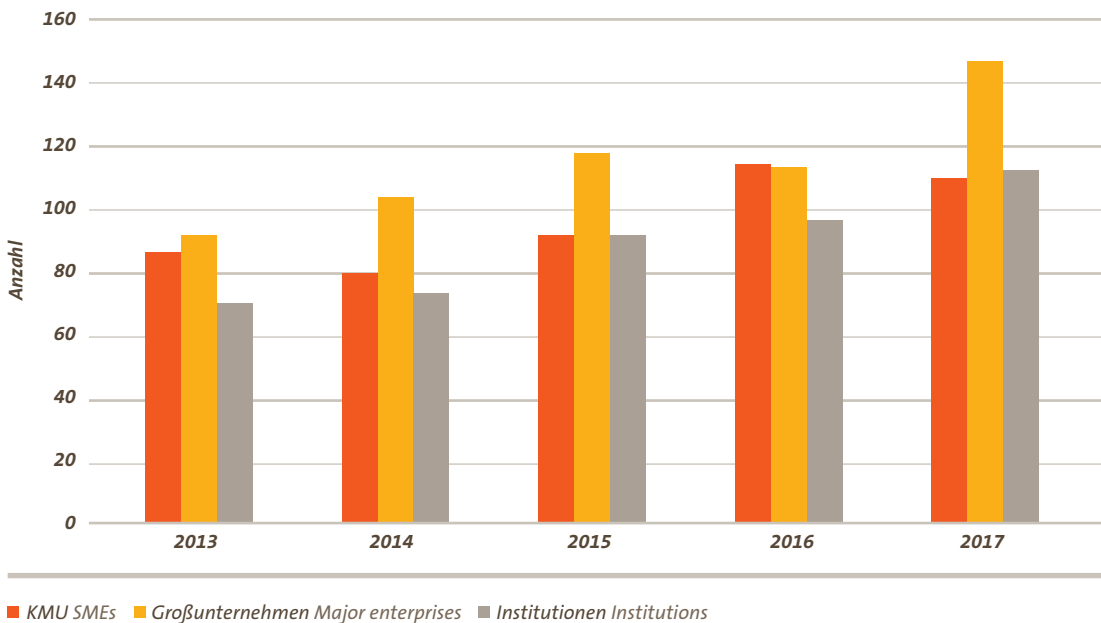
In 2017, the institute's budget came to € 12.2 m. The development of income from 2013 to 2018 depicted in the diagram shows that the Bavarian Ministry of Economic Affairs, Energy and Technology (BayStMWi) provided basic funding amounting to € 2.0 m in 2017. € 10.1 m third-party funds were raised as well as € 0.1 m other revenues. The third-party funds comprise € 8.6 m from public project funding and € 1.5 m from industrial sources.

Research was carried out in a total of 171 projects involving 371 partners.

STAFF AND PREMISES

At the end of 2017, ZAE Bayern had 226 staff members. The majority of the employees came from the fields of physics, mechanical engineering, and energy technology. Women made up 25% of the staff. The institute had 30 doctorate-, 15 master- and 4 bachelor students, and 6 interns. Students and trainees constituted 24% of the staff.

AUFTEILUNG DER ZAE-PROJEKTPARTNER NACH ART UND GRÖSSE DES UNTERNEHMENS DISTRIBUTION OF ZAE'S PROJECT PARTNERS ACCORDING TO TYPE AND SIZE



KOOPERATIONEN

Für eine erfolgreiche, anwendungsnahe Forschung und Entwicklung sind leistungsstarke Partner mit Kompetenzen entlang der Wertschöpfungskette und einer gemeinsamen Zielsetzung von besonderer Bedeutung. Aufgrund seiner über den Standard hinausgehenden Forschungs- und Entwicklungsressourcen in den zentralen Kompetenzbereichen Erneuerbare Energie, Energiespeicherung und Energieeffizienz, ist das ZAE Bayern ein gefragter Kooperationspartner für Industrie, Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen in Bayern, auf nationaler und internationaler Ebene.

Bereits seit seiner Gründung arbeitet das ZAE Bayern mit kleinen und mittelständischen Unternehmen zusammen. Seit einigen Jahren gibt es auch intensive Kooperationen mit Großunternehmen und Institutionen wie Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Das ZAE Bayern übernimmt damit eine wichtige Brückenfunktion zwischen universitärer Forschung und industrieller Entwicklung.

COOPERATIONS

Application-oriented research and development become particularly efficient when highly competent partners strive for the same goals. Due to its above standard resources in its central areas of competence, renewable energies, energy storage, and energy efficiency, ZAE Bayern is a much sought-after partner for the industry, universities, and independent research centres in Bavaria, Germany, and worldwide.

Ever since its founding, ZAE Bayern has been cooperating with small and medium-sized enterprises. For several years now, ZAE Bayern has also been closely cooperating with major enterprises and institutions such as universities and independent research institutes. ZAE Bayern therefore serves as an important link between university research and industrial development.

1.5

RÜCKBLICK
REVIEWKLIMASCHUTZKONGRESS IN WÜRZBURG
AM ZAE BAYERN

Am 11. Februar 2017 fand im Energy Efficiency Center am Standort Würzburg der 1. Klimaschutzkongress der Klima-Allianz Würzburg statt. Vor vollem Haus referierten zur aktuellen Klimasituation Prof. Vladimir Dyakonov, der Klimaforscher Prof. Heiko Paeth von der Universität Würzburg sowie Hans-Josef Fell, Präsident der Energy Watch Group. In sechs Workshops diskutierten die 170 Teilnehmer u.a. über klimafreundliche Verkehrsentwicklung, Photovoltaik und Solarthermie, klimagerechtes Bauen und Sanieren. Das ZAE Bayern unterstützte den Kongress durch seine wissenschaftliche Kompetenz und bot den passenden thematischen Rahmen: Das Energy Efficiency Center eröffnete konkrete Einblicke in nachhaltiges und ressourcenschonendes Bauen.

CLIMATE PROTECTION CONGRESS IN
WÜRZBURG AT ZAE BAYERN

On 11th February 2017, the first Climate Protection Congress of the Climate Alliance Würzburg took place in the Energy Efficiency Center in Würzburg. Presentations on the current climate situation were given to a full house by Prof. Vladimir Dyakonov, climate researcher Prof. Heiko Paeth of the University of Würzburg and Hans-Josef Fell, president of the Energy Watch Group. In six workshops, the 170 participants discussed, among other topics, climate-friendly traffic development, photovoltaics and solar thermal energy, climate friendly building and renovation. ZAE Bayern supported the congress with its scientific competence and by offering the appropriate thematic framework: The Energy Efficiency Center opened concrete insights into sustainable and resource-saving building.

Abb. 1: (v. l. n. r.) Klimaforscher Professor Heiko Paeth von der Universität Würzburg, der Präsident der Energy Watch Group Hans-Josef Fell, Würzburgs Oberbürgermeister Christian Schuchardt und Prof. Vladimir Dyakonov, Wissenschaftlicher Leiter am ZAE Würzburg (© Matthäus Holleschovsky)

Fig. 1: (f. l. t. r.) Climate scientist Heiko Paeth of the University of Würzburg, the president of the Energy Watch Group, Hans-Josef Fell, the Mayor of Würzburg, Christian Schuchardt, and Professor Vladimir Dyakonov, Scientific Head of ZAE Würzburg (© Matthäus Holleschovsky)



Abb. 2: Dr. Hans-Peter Ebert (rechts) moderierte den Workshop klimagerechtes Bauen und Sanieren (© Matthäus Holleschovsky)

Fig. 2: Dr. Hans-Peter Ebert (right) hosted the Workshop on climate friendly building and renovation (© Matthäus Holleschovsky)



Abb. 3: Vorträge und Diskussionsrunden zur aktuellen Klimasituation beim Klimaschutzkongress (© Matthäus Holleschovsky)

Fig. 3: Talks and discussions on the current climate situation at the Climate Protection Congress (© Matthäus Holleschovsky)



Abb. 4: Eingangsbereich der Sonderausstellung energie.wenden (© ZAE Bayern)

Fig. 4: Entrance area of the special exhibition energie.wenden (© ZAE Bayern)

ENERGIE.WENDEN MIT UNTERSTÜTZUNG DES ZAE BAYERN

Nach einer Vorlaufzeit von zwei Jahren eröffnete das Deutsche Museum am 15. Februar 2017 seine Sonderausstellung energie.wenden. Bis zum 19. August 2018 haben die Besucher Gelegenheit, über Energiethemen und -technologien viel Neues und Interessantes zu erfahren und die verschiedenen Aspekte einer Energiewende kennenzulernen. Auch das ZAE Bayern hat mit Fachgesprächen und der Bereitstellung von Solarzellenmustern einen Beitrag zum Gelingen der Ausstellung geleistet. So informierte sich das Team des Deutschen Museums schon zu Beginn der Planungen am Informationszentrum des ZAE Bayern in Würzburg über die dortige Ausstellung EnergieBauen. Dort können die Themen Energie, energieeffizientes Bauen, innovative Gebäudetechnologie, Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit ganzheitlich betrachtet werden. Mit der Ausstellung möchte das ZAE Bayern Besuchern die gesellschaftliche Relevanz von Ökologie, Energie und Technologie näherbringen.



Abb. 5: Solarzellenmuster des ZAE Bayern (© ZAE Bayern)

Fig. 5: Sample solar cell by ZAE Bayern (© ZAE Bayern)

ENERGIE.WENDEN SUPPORTED BY ZAE BAYERN

Following a lead time of two years, on 15th February 2017 the Deutsches Museum opened its special exhibition energie.wenden. Until 19th August 2018, visitors have an opportunity to find out new and interesting facts about energy related topics and technologies as well as, foremost, get to know the various aspects of an energy transition. ZAE Bayern has contributed its share to the successful turnout of the exhibition in the form of expert talks and the provision of sample solar cells. Already at the beginning of the planning phase, the team of the Deutsches Museum inquired about the exhibition EnergieBauen in ZAE Würzburg's information centre. There one can take a holistic look at the topics energy, energy efficient building, innovative building technology, conservation of resources, and sustainability. ZAE Bayern is trying to raise awareness for the societal relevance of ecology, energy, and technology in the exhibition's visitors.

Abb. 6: Christiane Egger (links) vom Oberösterreichischen Energiesparverband überreicht den Best Young Researcher Award an das ZAE-Forscherteam: (v. l. n. r.) Felix Klinker, Betreuer Dr. Helmut Weinläder, Modar Yasin (© OÖ Energiesparverband)

Fig. 6: Christiane Egger (left) of OÖ Energiesparverband presents the Best Young Researcher Award to ZAE's research team: (f. l. t. r.) Felix Klinker, supervisor Dr. Helmut Weinläder, Modar Yasin (© OÖ Energiesparverband)

NACHWUCHSWISSENSCHAFTLER DES ZAE BAYERN MIT DEM BEST YOUNG RESEARCHER AWARD AUSGEZEICHNET

Ein Höhepunkt der World Sustainable Energy Days (WSED) ist die Verleihung des Best Young Researcher Awards. In der Kategorie Energieeffizienz ging dieser am 1. März 2017 an die beiden ZAE-Forscher Modar Yasin und Felix Klinker, die von über 80 jungen Forschern und Forscherinnen aus 35 Ländern ausgewählt wurden. Die beiden konnten mit ihrer Arbeit zu innovativen Kühlsystemen in Gebäuden die Fachjury überzeugen. Sie untersuchten 2 Jahre lang in Praxisversuchen die Leistungsfähigkeit von Kühldecken mit Phasenwechselmaterialien, die im Energy Efficiency Center des ZAE in Würzburg verbaut sind. Die hier verwendeten Phasenwechselmaterialien schmelzen bei ca. 23 °C und speichern dabei überschüssige Wärme. Beim Erstarren wird diese Wärme wieder freigesetzt. Durch diesen Puffereffekt gelingt es, am Tage auftretende Kühllasten in die Nacht zu verschieben und dann energieeffizient in den Außenraum abzugeben. Mit einem Simulationsmodell wurden diese innovativen Systeme weiterentwickelt und der Kühlmechanismus optimiert. Die World Sustainable Energy Days (WSED) zählen mit einer Teilnehmerzahl von über 700 Experten aus 57 Ländern zu den größten jährlichen europäischen Konferenzen zum Thema nachhaltige Energie.

Abb. 7: Die glücklichen Preisträger Felix Klinker und Modar Yasin vom ZAE Bayern mit Christiane Egger vom Oberösterreichischen Energiesparverband und ihrem Gruppenleiter Dr. Helmut Weinläder (© ZAE Bayern)

Fig. 7: The happy laureates, Felix Klinker and Modar Yasin of ZAE Bayern, together with Christiane Egger of OÖ Energiesparverband and their head of group Dr. Helmut Weinläder (© ZAE Bayern)



YOUNG SCIENTIST OF ZAE BAYERN GIVEN BEST YOUNG RESEARCHER AWARD

A highlight of the World Sustainable Energy Days (WSED) is the presentation of the best young researcher award. For 2017's energy efficiency category, ZAE researchers Modar Yasin and Felix Klinker on 1st March 2017 were selected by more than 80 young researchers from 35 countries. The two were able to convince the expert jury with their work on innovative cooling systems in buildings. For two years, they performed experiments to test the performance of cooling ceilings with phase change materials installed in the Energy Efficiency Center of ZAE Würzburg. The phase change materials used here melt at around 23 °C and store excess heat. When they solidify, this heat is released again. Employing this buffering effect, the cooling loads occurring during the day can be moved into the night and then be released into the exterior in an energy efficient manner. A simulation model was used to further develop these innovative systems and optimise the cooling mechanism. With more than 700 experts from 57 countries, the World Sustainable Energy Days (WSED) are among the largest annual European conferences on sustainable energy.



Abb. 8: Bayerns Wirtschaftsministerin Ilse Aigner am Stand des ZAE Bayern bei der Hannover Messe im Gespräch mit ZAE-Bereichsleiter Dr. Jens Hauch (© ZAE Bayern)

Fig. 8: Bavarian Minister of Economic Affairs, Ilse Aigner, at ZAE Bayern's booth at Hannover Messe in a conversation with ZAE head of division Dr. Jens Hauch (© ZAE Bayern)

BAYERNS WIRTSCHAFTSMINISTERIN ILSE AIGNER BESUCHT STAND DES ZAE BAYERN AUF DER HANNOVER MESSE 2017

Während der Hannover Messe, die vom 24. bis 28. April 2017 stattfand, besuchte Bayerns Wirtschaftsministerin Ilse Aigner im Rahmen des Bayerntages am Gemeinschaftsstand von Bayern Innovativ den Stand des ZAE Bayern. Begleitet wurde sie von der Ministerin für Wirtschaftsentwicklung und Infrastruktur des Baskenlandes, Dr. Arantxa Tapia. Den beiden Ministerinnen wurde ein Exponat zum Thema Smart-Grid präsentiert. Die veranschaulichten Daten wurden in einem realen Netzgebiet erhoben. Als zweites Exponat am Stand des ZAE Bayern wurde eine mit dem Nanomaterial Silica Aerogel gefüllte Lichtsäule vorgestellt. Dieses Material findet als transluzente, also partiell lichtdurchlässige, Wärmedämmung z. B. im Gebäudebereich Anwendung. Am Stand erfuhren die Besucher Einzelheiten zu den Anwendungsfeldern und herausragenden optischen Eigenschaften des Materials.

BAVARIA'S MINISTER OF ECONOMIC AFFAIRS, ILSE AIGNER, VISITS ZAE BAYERN'S BOOTH AT HANNOVER MESSE 2017

During the Hannover Messe, which took place from 24th to 28th April 2017, Bavaria's Minister of Economic Affairs, Ilse Aigner, visited ZAE Bayern's booth on Bavaria Day at the joint stand of Bayern Innovativ. She was accompanied by the Minister for Economic Development and Infrastructure of the Basque Country, Dr. Arantxa Tapia. The two ministers were presented a smart grid exhibit. The data illustrated therein was collected in an actual grid area. The second exhibit at ZAE's booth was a light column filled with the nanomaterial Silica Aerogel. This material is used, e.g., for partially translucent building insulation. At the booth, visitors learned details about the fields of application and the outstanding optical properties of the material.

25-JÄHRIGES BESTEHEN MIT STAATSEMPFANG IN DER WÜRZBURGER RESIDENZ GEFEIERT

Am 23. Mai 2017 feierte das ZAE Bayern sein 25-jähriges Bestehen mit einem Staatsempfang im prachtvollen Kaisersaal der Residenz Würzburg. Geladen hatte die Staatskanzlei Bayern. Wirtschaftsministerin Ilse Aigner lobte in ihrer Ansprache die „exzellente anwendungsbezogene Forschung am ZAE Bayern“, die entscheidend dazu beitrug, dass sich der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung im Freistaat verdreifacht hat, seit das ZAE Bayern im Jahre 1991 „von Visionären gegründet“ wurde. Es sei „Wegbereiter und Beschleuniger technologischer und wirtschaftlicher Veränderungen im Energiebereich“. Prominenter Festredner war Ernst Ulrich von Weizsäcker, der als Ko-Präsident des Club of Rome seit vielen Jahren vor dem Klimawandel warnt. Er lobte in seiner Rede das ZAE, das „glücklicherweise die Potenziale der Energieeffizienz untersucht und erschließt und damit Hervorragendes für die Modernisierung der Wirtschaft und den Klimaschutz leistet“. Auch die Landtagspräsidentin Barbara Stamm sowie Vertreter des Bundes- und Landtags, der Stadt Würzburg und der Regierungen Unter- und Oberfrankens gratulierten dem ZAE Bayern zu seinem Jubiläum.

25TH ANNIVERSARY CELEBRATED WITH STATE RECEPTION IN WÜRZBURG RESIDENCE

On 23rd May 2017, ZAE Bayern celebrated its 25th anniversary with a state reception in the magnificent Imperial Hall of the Würzburg Residence. The state chancellery of Bavaria and Minister of Economic Affairs Ilse Aigner praised the “excellent applied research of ZAE Bayern”, which has made a decisive contribution to the fact that the share of renewable energies in power generation in the free state has tripled since ZAE Bayern was “founded by visionaries” in 1991. It is “a pioneer and accelerator of technological and economic change in the energy sector”. Prominent speaker was Ernst Ulrich von Weizsäcker, who has been warning against climate change for many years as co-president of the Club of Rome. In his speech, he praised ZAE, which “fortunately investigates and exploits the potential of energy efficiency and thus makes an outstanding contribution to the modernisation of the economy and climate protection.” The President of the State Parliament, Barbara Stamm, as well as representatives of the federal and state governments, the city of Würzburg and the governments of Lower and Upper Franconia congratulated ZAE Bayern on its anniversary.

Abb. 10: Prof. Vladimir Dyakonov, Prof. Hartmut Spliethoff (beide Vorstand ZAE) und die Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, Ilse Aigner (© ZAE Bayern)

Fig. 10: Prof. Vladimir Dyakonov, Prof. Hartmut Spliethoff (both board members of ZAE) and Bavarian Minister of Economic Affairs, Ilse Aigner (© ZAE Bayern)



BROSCHÜRE: ERGEBNISSE AUS DEM FORSCHUNGS- PROJEKT SMART GRID SOLAR

Mit dem Modellversuch Smart Grid Solar wurde vor vier Jahren ein wichtiger Baustein gelegt, um das Zusammenspiel aus volatiler Erzeugung, intelligenten Komponenten und Speichern von der Warte der Stromversorgungsnetze aus zu untersuchen. Gemeinsam mit seinen bayerischen Partnern konnte das ZAE Bayern wichtige Fragestellungen beantworten und an realer Hardware demonstrieren, wie sich durch den Einsatz neuer Technologien eine nachhaltige und ausfallsichere Stromversorgung herstellen lässt. Dazu muss eine Vielzahl von Netzteilnehmern mit unterschiedlichen Interessen sowohl dezentral als auch zentral koordiniert werden. Wie das technisch und ökonomisch sinnvoll umgesetzt werden kann, wurde im Projekt Smart Grid Solar anschaulich dargestellt. Neben einem ausführlichen Projektbericht wurden die Ergebnisse des Projekts auf leicht zugängliche Art aufgearbeitet und im September 2017 der Öffentlichkeit als Broschüre zur Verfügung gestellt. Die darin enthaltenen 10 Fragen und Antworten geben einen Überblick über zukünftige Herausforderungen dabei die Energiewende dezentral zu meistern.

BROCHURE: FINDINGS FROM THE RESEARCH PROJECT SMART GRID SOLAR

Four years ago, the pilot project Smart Grid Solar was an important element in the analysis of the interplay between volatile generation, intelligent components, and storages from the perspective of the electricity

grid. In cooperation with its Bavarian partners, ZAE Bayern was able to answer essential questions and demonstrate with the help of actual hardware, how new technologies can be applied to establish a sustainable and fail-proof power supply. Therefore, a vast number of grid participants with differing interests need to be coordinated, both centrally and decentrally. How such a task can be implemented in a technically and economically sound manner, was made clear in the project Smart Grid Solar. In addition to a detailed project report,

the findings were processed into an easily understandable form and published as a brochure in September 2017. The 10 questions and answers posted therein give an overview over future challenges to be met in a decentral energy transition.

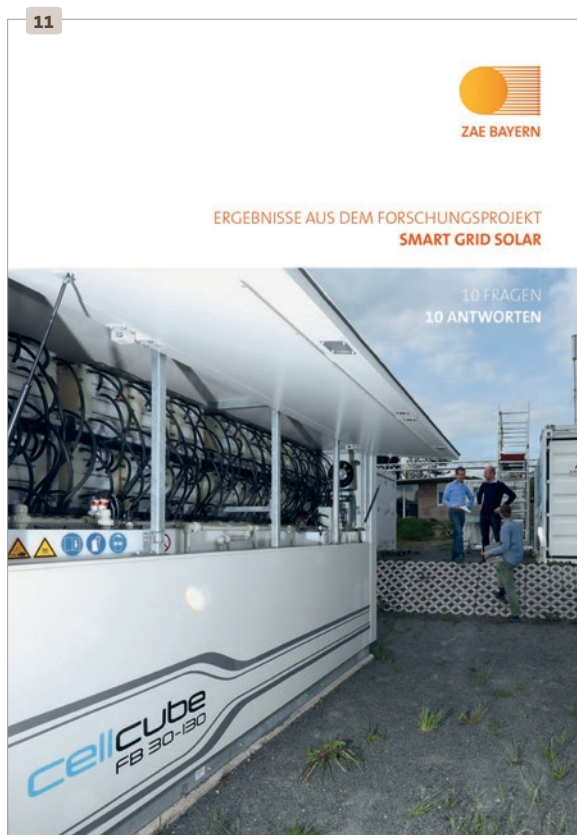


Abb. 11: Informationsbroschüre zum Projekt Smart Grid Solar (© ZAE Bayern)

Fig. 11: Information brochure to the project Smart Grid Solar (© ZAE Bayern)

ERFOLGREICHE BETEILIGUNG AN DER EU-PVSEC

Im September 2017 präsentierte sich das ZAE Bayern auf der weltgrößten Fachkonferenz für Photovoltaik – der EUPVSEC in Amsterdam. Die Gruppe PV-Systeme hielt auf der Konferenz vier Vorträge und stellte zwei Poster aus. Die Beiträge aus den Bereichen Dünnschichtphotovoltaik, Zuverlässigkeit und System-Performance trafen auf reges Interesse von Seiten des internationalen Publikums. Einer der Vorträge (Quantitative Study of Potential Induced Degradation of a Roof-Top PV-Installation with IR-Imaging; C. Buerhop-Lutz et al.) wurde in der Abschlussrede von Dr. Nigel Taylor (Program Chair EUPVSEC) als eines der Highlights der Konferenz gewürdigt. Dieses positive Feedback unterstreicht die Bedeutung der am ZAE Bayern durchgeführten PV-Forschung. Bereits heute arbeitet die Gruppe PV-Systeme an weiteren Beiträgen aus den Bereichen PV-Zuverlässigkeit, Messtechnikentwicklung und Systemintegration, die in den kommenden Jahren auf der EUPVSEC und anderen Veranstaltungen der Fachwelt vorgestellt werden sollen.

LANGE NACHT DER WISSENSCHAFTEN

Am 27. Oktober 2017 beteiligten sich zum achten Mal viele Wissenschaftseinrichtungen aus Nürnberg, Fürth und Erlangen an der Langen Nacht der Wissenschaften. Auch dieses Mal präsentierte sich das ZAE Bayern im Energie Campus Nürnberg, um der Öffentlichkeit Einblicke in die Forschung im Bereich der Photovoltaik zu gewähren und mit Angeboten wie dem Solarautoren selbst die Kleinsten für die Gewinnung von Strom aus Licht zu begeistern. Zwischen 18 und 1 Uhr wurden hunderte Neugierige durch die Solarfabrik der Zukunft geführt, konnten sich über das Monitoring von Solarfeldern mit Hilfe von Drohnen informieren oder einfach einmal die neuesten PV-Technologien live begutachten. Acht verschiedene Programmpunkte des ZAE luden dazu ein, die Trends von morgen zu erleben, mit Fachleuten zu diskutieren und selbst Hand anzulegen.

SUCCESSFUL PARTICIPATION IN EU-PVSEC

In September 2017, ZAE Bayern presented itself at the world's largest conference for photovoltaics – the EUPVSEC in Amsterdam. At the conference, the PV Systems group gave four presentations and exhibited two posters. Contributions from the scientific areas of thin-film photovoltaics, reliability and system performance were followed with great interest by the international audience. One of the lectures (Quantitative Study of Potential Induced Degradation of a Roof-Top PV Installation with IR Imaging, C. Buerhop-Lutz et al.) was recognised as one of the highlights of the conference by Nigel Taylor (Program Chair EUPVSEC). This positive feedback underlines the importance of the PV research conducted at ZAE Bayern. The PV Systems group is already working on further contributions from the fields of PV reliability, measurement technology development and system integration, which will be presented to experts at the EUPVSEC and other events in the coming years.

LONG NIGHT OF THE SCIENCES

On 27th October 2017, for the eighth time many scientific institutions from Nuremberg, Fürth, and Erlangen participated in the long night of the sciences. Once more, ZAE Bayern presented itself at Energie Campus Nuremberg to give the general public an insight into photovoltaics research and get even the smallest visitors enthusiastic about the production of energy from light by offering, i.a., a solar car race. From 6 p.m. to 1 a.m., hundreds of curious visitors were taken through the Solar Factory of the Future, inquired about the monitoring of solar fields with the help of drones, or simply took a look at state-of-the-art PV technology. ZAE's eight programme items invited them to experience the trends of tomorrow, have a discussion with experts, and become physically involved themselves.



Abb. 12: Das Solarautorennen für kleine Besucher der langen Nacht der Wissenschaften in Erlangen begeisterte auch Erwachsene (© ZAE Bayern)

Fig. 12: The solar car race for young visitors of the long night of the sciences in Erlangen had a certain appeal to adults as well (© ZAE Bayern)

170 TEILNEHMER DISKUTIEREN ÜBER SEKTORENKOPPLUNG UND WÄRMEWENDE AM ZAE-TAG IN MÜNCHEN

Am 21. November 2017 begaben sich 170 Teilnehmer in die alte Kongresshalle im Münchener Westend, um sich über Sektorenkopplung und Wärmewende zu informieren und ausgiebig darüber zu diskutieren. Unter ihnen befanden sich Unternehmer, lokale und regionale Akteure der Energieversorgung, Energieberater, Wissenschaftler und Forscher sowie Mitarbeiter des ZAE Bayern. Die thematische Einführung wühlte Fragen auf, die dann während des Tages betrachtet und debattiert wurden. Außerdem wurden Einblicke in die Projektwelt des ZAE Bayern eröffnet. In der Mittags- und Netzwerkpause wurden rege Gespräche in der Kontaktschmiede geführt. Die ZAE-Mitarbeiter aller Standorte stellten Ihre Arbeit und Expertise anhand diverser Exponate und Vorführungen dar. Themen waren unter anderem energieeffiziente Gebäude und Industrieprozesse, Speichertechnologien, Wärmebereitstellung, Photovoltaiksysteme, Smart-Grid-Technologien und Nanomaterialien. Im Festsaal der alten Kongresshalle wurden später politische Rahmenbedingungen und Trends aus der Sicht des Bayerischen Wirtschaftsministeriums dargestellt, die schließlich auch in der finalen Podiumsdiskussion aufgenommen wurden. Hier ging es um die nächsten Schritte auf dem Weg zur flexiblen Sektorenkopplung. Vertreter aus Politik, kommunaler/regionaler Energieversorgung, Wirtschaft und Forschung sowie das Publikum debattierten konstruktiv miteinander.

170 PARTICIPANTS DISCUSS SECTOR COUPLING AND CHANGES IN HEATING AT ZAE DAY IN MUNICH

On 21st November 2017, 170 participants met in the old congress hall in Munich's Westend to get informed about sector coupling and new developments in heating and discuss these topics extensively. Among them were entrepreneurs, local and regional energy providers, energy consultants, scientists and researchers, as well as employees of ZAE Bayern. The introduction talk raised questions which were then considered and debated over the day. Also, insights into the world of ZAE Bayern's projects were given. In the lunch and network break, lively discussions were held in the networking area. Employees from all of ZAE's locations presented their work and expertise based on various exhibits and demonstrations. Topics included energy-efficient buildings and industrial processes, storage technologies, heat supply, photovoltaic systems, smart grid technologies and nanomaterials. In the ballroom of the old congress hall, political conditions and trends were later presented from the point of view of the Bavarian Ministry of Economic Affairs, which were then considered in the final panel discussion. Same dealt with the next steps on the way to flexible sector coupling. Representatives from politics, local/regional energy supply, business and research as well as the audience held a constructive debate.

Abb. 13: Graphic Recording – ZAE-Tag 2017 (© ZAE Bayern)

Fig. 13: Graphic Recording – ZAE Day 2017 (© ZAE Bayern)

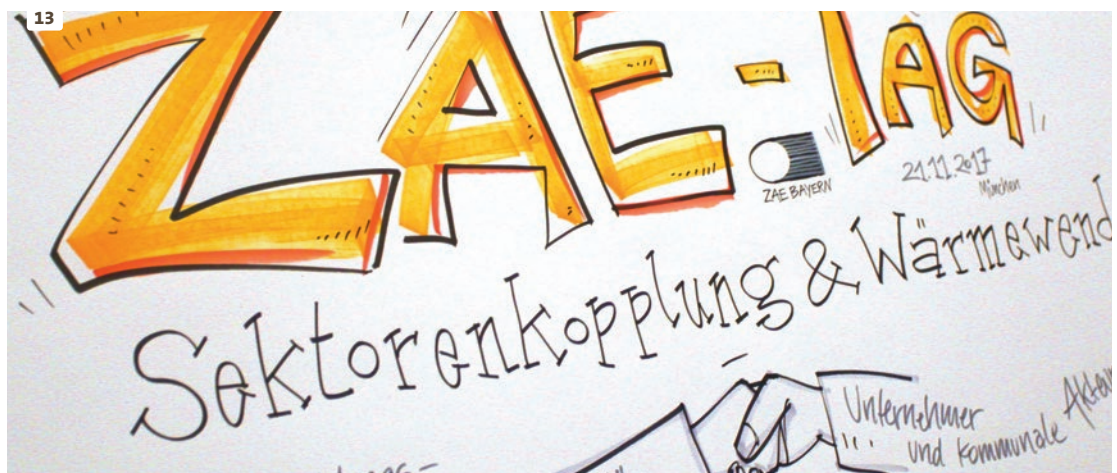




Abb. 14: Impressionen vom ZAE-Tag 2017 am 21. November in der alten Kongresshalle in München (© ZAE Bayern)

Fig. 14: Impressions from ZAE Day 2017 on 21st November in Munich's old congress hall (© ZAE Bayern)

FASSADENTAGE 2017

Vom 15. bis 16. November 2017 fanden im Energy Efficiency Center des ZAE Würzburg die ZAE-Fassadentage statt. Am ersten Tag drehte sich alles rund um die Qualitätssicherung bei Isolierglas mit den Themen Sicherheit bei der Bestandsbewertung von Verglasungen, Integrale Qualitätssicherung bei der Isolierglasfertigung und Nichtinvasive Kontrolle des Gasfüllgrades. Der zweite Tag war der Gebäudeintegrierten Photovoltaik (BIPV) gewidmet. Beiträge aus den Bereichen Architektur, Planung, Fassadenbau sowie von BIPV-Herstellern wurden präsentiert. Die Teilnehmer erhielten einen vielseitigen Einblick in das Thema, was einen regen interdisziplinären Wissensaustausch unter den Konferenzteilnehmern bewirkte. Die Tagung richtete sich in erster Linie an Firmen aus dem Bereich Isolierglasfertigung und weiterverarbeitendes Gewerbe sowie an Entscheidungsträger, wie Wohnungsgenossenschaften, Städte und Kommunen.

FASSADENTAGE 2017

From 15th to 16th November 2017 the ZAE-Fassadentage (façade days) were held in ZAE Würzburg's Energy Efficiency Center. The first of two days revolved around quality control for insulating glass represented by the topics of safety in stock assessment of glazing, integral quality assurance in the production of insulating glass and non-invasive monitoring of the degree of gas filling. The second day was devoted to Building Integrated Photovoltaics (BIPV). Contributions from the fields of architecture, planning, façade construction and from BIPV manufacturers were presented. The participants gained varied insights into the topic, which stimulated lively interdisciplinary knowledge exchange among the conference participants. The conference was aimed primarily at manufacturers of insulating glass and downstream industries as well as at decision makers such as housing cooperatives, cities, and municipalities.

Abb. 15: Teilnehmer der ZAE-Fassadentage diskutieren über innovative energieeffiziente Fassadenkonzepte
(© ZAE Bayern)

Fig. 15: Participants of the ZAE façade days discuss innovative energy efficient façade concepts
(© ZAE Bayern)





Abb. 16: Teilnehmer der NGSE-Konferenz in Cali, Kolumbien (© ZAE Bayern)

Fig. 16: Participants of the NGSE conference in Cali, Colombia (© ZAE Bayern)

NGSE-KONFERENZ IN CALI, KOLUMBIEN

Im sonnenreichen Cali in Kolumbien, wo jetzt die ersten großen PV-Kraftwerke im Megawattbereich gebaut werden, fand vom 4. bis 7. Dezember 2017 die vierte vom ZAE Bayern organisierte Next Generation Solar Energy Conference (NGSE 2017) statt. Etablierte Forscher und Nachwuchswissenschaftler aus Amerika und Europa tauschten sich vier Tage lang intensiv über grundlegende Themen wie neue Materialien für zukünftige Anwendungen (z. B. Perovskite) oder Performance und Zuverlässigkeit bestehender PV-Systeme aus. Erstmals wurde eine Präsentation von Prof. Christoph J. Brabec, Vorstand des ZAE Bayern, aus Erlangen live in den Konferenzsaal in Kolumbien übertragen. Die Konferenzteilnehmer konnten ihre Fragen anschließend direkt mit ihm diskutieren. Am Ende war man sich einig, dass die Veranstaltung in Cali, wo immer Sommer ist, ein voller Erfolg war.

NGSE CONFERENCE IN CALI, COLOMBIA

In sunny Cali, Colombia, where the first megawatt scale PV power plants are being built, the fourth Next Generation Solar Energy Conference (NGSE 2017) was hosted by ZAE Bayern from 4th to 7th December 2017. Renowned researchers and young scientists from America and Europe got into an intense four-day long exchange about fundamental topics, such as new materials for future applications (e.g. Perovskites) or the performance and reliability of existing PV systems. For the first time, a presentation by Prof. Christoph J. Brabec, Board Member of ZAE Bayern, was broadcasted live from Erlangen to the convention hall in Colombia. The conference participants were then able to discuss their questions with him. In the end, everyone agreed that the event in Cali, where summer never ends, was a great success.

1.6

BEI UNS ZU GAST OFFICIAL VISITORS

BESUCHER IN GARCHING

- Leitung des Erdgaskraftwerks Irsching zu einer Laborführung (11.01.2017)
- 40 Schüler im Rahmen des Programms „Bayerns beste Schüler“ der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (07.04.2017)
- Delegation des japanischen Klima- und Gebäude-technikherstellers Takasago Thermal Engineering (02.-05.05.2017)
- Mitarbeiter der Firma Zoltek aus St. Louis, Missouri im Rahmen einer Kooperation auf dem Feld der Elektrodenforschung (27.09.2017)
- 10 Vertreter der österreichischen Handelsdelegation Advantage Austria (04.10.2017)
- Ca. 60 Teilnehmer des Clusterforums Batterie-innovation von Bayern Innovativ zur Besichtigung des Batterieforschungszentrums am ZAE Garching (05.10.2017)
- Tag der offenen Tür am Campus Garching (21.10.2017)
- 30 Studenten der Hochschule Düsseldorf (16.11.2017)
- Mitarbeiter des Projektpartners HDG Bavaria zu einem Workshop zu Absorptionswärmepumpen (16.11.2017)
- Europäisches Komitee für Normung, TC 451 (21.-23.11.2017)
- Mitgliederversammlung des ZAE (22.11.2017)
- Mitglieder des chinesischen Staatsrats und verschiedener chinesischer Provinzregierungen initiiert durch die Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GmbH (24.11.2017)
- Benjamin Fumey und Luca Baldini, Experten für thermochemische Energiespeicher der Schweizer Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (13.12.2017)

VISITORS TO GARCHING

- Management of the natural gas power plant in Irsching for a laboratory tour (11/01/2017)
- 40 students from the programme “Bavaria’s best students” of the Bavarian Academy of Sciences and Humanities (07/04/2017)
- Delegation of the Japanese air-conditioning and building technology manufacturer Takasago Thermal Engineering (02-05/05/2017)
- Employees of carbon fibre manufacturer Zoltek from St. Louis, Missouri as part of a cooperation in electrode research (27/09/2017)
- 10 representatives of the Austrian trade delegation Advantage Austria (04/10/2017)
- About 60 participants of the cluster forum battery innovation of Bayern Innovativ for a tour of ZAE Garching’s battery research facilities (05/10/2017)
- Open house day at campus Garching (21/10/2017)
- 30 students of the University of Applied Sciences Düsseldorf (16/11/2017)
- Employees of project partner HDG Bavaria for an absorption heat pump workshop (16/11/2017)
- European Committee for Standardization, TC 451 (21-23/11/2017)
- General assembly of ZAE Bayern (22/11/2017)
- Members of the State Council of the People’s Republic of China and of several local Chinese governments, initiated by the German Corporation for International Cooperation GmbH (24/11/2017)
- Benjamin Fumey and Luca Baldini, experts for thermochemical energy storages of the Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (13/12/2017)



Abb. 1: Vertreter der österreichischen Außenhandelskammer in einem Labor in Garching (© ZAE Bayern)

Fig. 1: Representatives of Advantage Austria in a laboratory in Garching (© ZAE Bayern)

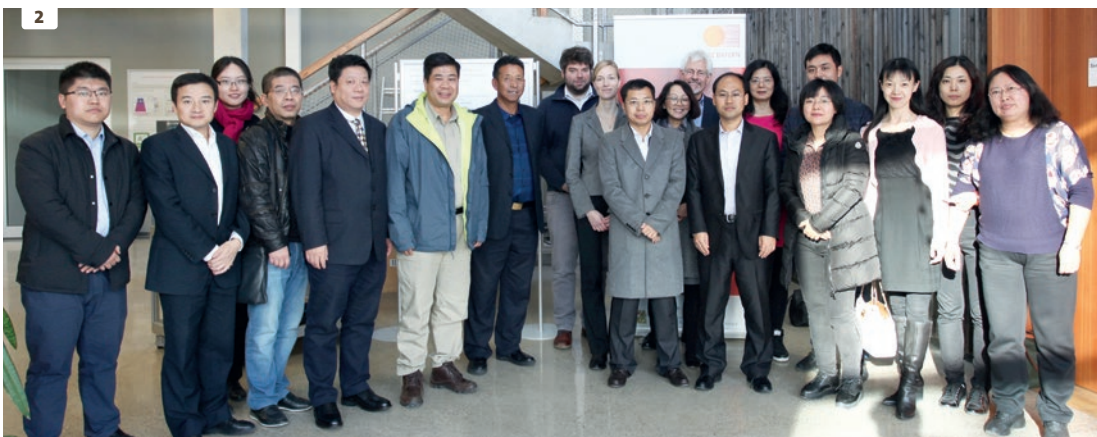


Abb. 2: Delegation des chinesischen Staatsrats und verschiedener Provinzregierungen in Garching (© ZAE Bayern)

Fig. 2: Delegation of the State Council of the People's Republic of China and several local Chinese governments in Garching (© ZAE Bayern)



Abb. 3: Teilnehmer des Programms „Bavaria's best students“ zu Besuch im Bereich Energiespeicherung (© ZAE Bayern)

Fig. 3: Participants of the programme "Bavaria's best students" visiting division Energy Storage (© ZAE Bayern)

BESUCHER IN WÜRZBURG

- Studenten der jungen Deutschen Physikalischen Gesellschaft Würzburg (12.01.2017)
- Mitgliedertreffen der Freien Wähler Unterfranken aus Bad Neustadt (16.01.2017)
- Teilnehmer des 2. Energiewendekongresses der Klima-Allianz Würzburg (11.02.2017)
- Teilnehmer der 12. LeLa-Jahrestagung des LernortLabors – Bundesverband der Schülerlabore e. V. (13.03.2017)
- Teilnehmer des IHK-Energietreffs zum Thema „Gebäudeklimatisierung und -automation“ der IHK Würzburg/Schweinfurt (14.03.2017)
- Teilnehmer der AG Nachhaltiges Wirtschaften zum Thema „Energieoptimierte Gebäude unter Nachhaltigkeitsaspekten“ des Förderkreises Umweltschutz Unterfranken (FUU) (21.03.2017)
- Teilnehmer des Clustertreffens „Energieeffiziente Prozesse und energieoptimierte Gebäude“ von Bayern Innovativ Nürnberg (23.03.2017)
- Gäste des E-Mobilitätstags der Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH (29.05.2017)
- Mitarbeiter des Baureferats der Regierung von Unterfranken im Rahmen einer Fortbildungsfahrt (30.05.2017)
- Delegation aus Irland im Rahmen der Exportinitiative Energie des Bundeswirtschaftsministeriums (21.06.2017)
- Delegationsreise von Experten und Unternehmern aus der Mongolei im Rahmen des Fachseminars „Nachhaltige Stadtentwicklung und effiziente Bauweise“, organisiert von der bfz – Berufliche Fortbildungszentren der Bayerischen Wirtschaft gemeinnützige GmbH Hof im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Energie und Technologie (28.06.2017)
- Delegation aus Moldawien (30.06.2017)
- Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (10.07.2017)

VISITORS TO WÜRZBURG

- Students of the junge Deutsche Physikalische Gesellschaft Würzburg (12/01/2017)
- General meeting of Freie Wähler Lower Franconia from Bad Neustadt (16/01/2017)
- Participants of the 2nd Energy Transition Congress of Klima-Allianz Würzburg (11.02.2017)
- Participants of the 12th LeLa annual meeting of the LernortLabor – federal association of student lab e.V. (13/03/2017)
- Participants of the IHK-energy meeting focused on building air conditioning and building automation of IHK Würzburg/Schweinfurt (14/03/2017)
- Participants of the working group sustainable management on the subject “energy optimized buildings with sustainability aspects“ of the Förderkreis Umweltschutz Unterfranken (FUU) (21/03/2017)
- Participants of the cluster meeting “energy efficiency processes and energy optimized buildings“ of Bayern Innovativ Nürnberg (23/03/2017)
- Guests of the e-mobility day organised by Würzburg’s transportation and utilities operator WVV (29/05/2017)
- Employees of the building division of the government of Lower Franconia as part of a training measure (30/05/2017)
- Irish delegation within the framework of the energy export initiative of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (21/06/2017)
- Mongolian delegates within a technical seminar on “Sustainable urban planning and energy efficient buildings“, organised by the bfz – Training and Development Centres of the Bavarian Employers’ Association Hof on behalf of the Bavarian Ministry of Economic Affairs, Energy and Technology (28/06/2017)
- Delegation from the Republic of Moldova (30/06/2017)
- Union of the Bavarian Energy and Water Management e. V. (10/07/2017)

- Teilnehmer der Veranstaltung „Kreis Energieeffizienz Unterfranken“ der bayme vbm – Die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber Würzburg (12.07.2017)
- Auszubildende der Stadt Würzburg im Rahmen einer Fortbildung zu den Themen „Klimaschutz, Klimaanpassung und Energie“ (26.07.2017)
- Repräsentanten des Freistaats Bayern in Japan, Dr. Christian Geltinger, Chefrepräsentant, und Dr. Yukon Mochida, Senior Advisor, im Rahmen des Clusters Nanotechnologie (26.07.2017)
- Mitarbeiter der Stadt Ansbach, Bereich Stadtentwicklung und Klimaschutz (04.08.2017)
- Exkursion der Teilnehmer des internationalen Jugendtreffens aus 5 Ländern zum Thema „Erneuerbare Energien“ (11.08.2017)
- Delegation von Fach- und Führungskräften aus Ostafrika im Rahmen eines Seminars zur nachhaltigen Energieerzeugung auf Einladung des Freistaats Bayern, organisiert durch die bfz – Berufliche Fortbildungszentren der Bayerischen Wirtschaft gemeinnützige GmbH, Hof (11.09.2017)
- Teilnehmer der Cargobike-Informationsveranstaltung für Unternehmen „Gewerbliche Nutzung von E-Lastenrädern“, Kooperation des Fachbereiches Umwelt- und Klimaschutz und des Baureferats, Fachabteilung Tiefbau der Stadt Würzburg mit dem ZAE Bayern, der IHK Würzburg-Schweinfurt und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (21.09.2017)
- Tagung des Deutschen Großhandelsverbandes Haustechnik e. V. für junge Unternehmer und Führungskräfte zum Thema zukunftsorientiertes Bauen (29.09.2017)
- Im öffentlichen Dienst angestellte Maschinenbauer, Heizungstechniker, Techniker und Ingenieure, organisiert durch die Regierung von Unterfranken (23.10.2017)
- Schülerinnen im Rahmen der MINT-Schnuppertage, organisiert durch die Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (03.11.2017)
- Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (08.11.2017)
- Participants of the event “Energy Efficiency Ring Lower Franconia” of bayme vbm – The Bavarian employers in the metal and electronic industry Würzburg (12/07/2017)
- Trainees of the municipality of Würzburg for further education on climate protection, climate adaption, and energy (26/07/2017)
- Representatives of the Bavarian Government in Japan, Dr. Christian Geltinger, main representative, and Dr. Yukon Mochida, senior advisor, within the nanotechnology cluster (26/07/2017)
- Staff members of the city of Ansbach’s office for city development and climate protection (04/08/2017)
- Excursion on renewable energies of the participants of the international youth meeting from 5 countries (11/08/2017)
- Delegation of specialists and executives from East Africa as part of a seminar on the sustainable generation of energy, invited by the Free State of Bavaria and organised by the bfz – Training and Development Centers of the Bavarian Employers’ Association, Hof (11/09/2017)
- Participants of an event on the commercial use of electric cargo bikes for businesses, a cooperation of the department of environmental and climate protection, the building directorate of the municipality of Würzburg’s department of civil engineering and ZAE Bayern, IHK Würzburg-Schweinfurt, and the German Aerospace Center (21/09/2017)
- Conference of the Deutscher Großhandelsverband Haustechnik e. V. (German wholesale association for building services) for young entrepreneurs and executives on future-oriented building (29/09/2017)
- Mechanical and heating engineers, technicians, and engineers employed in public services, organised by the Government of Lower Franconia Würzburg (23/10/2017)
- Pupils on the MINT Experience Days organised by the University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt (03/11/2017)
- Bavarian State Research Center for Viticulture and Horticulture (08/11/2017)

Abb. 4: Patrick Friedel (Stadtrat in Würzburg, Fraktion Bündnis 90/Die Grünen) beim 2. Energie-wendekongress der Klima-Allianz Würzburg. (© Matthäus Holleschovsky)

Fig. 4: Patrick Friedel (City Council of Würzburg, parliamentary group Bündnis 90/ Die Grünen) at the 2nd Energy Transition Congress of Klima-Allianz Würzburg. (© Matthäus Holleschovsky)



Abb. 5: Teilnehmer des IHK-Ener-gietreffs beim Rundgang durch das Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg (© ZAE Bayern)

Fig. 5: Participants of the IHK energy meeting during a guided tour through the Energy Efficiency Center in Würzburg (© ZAE Bayern)

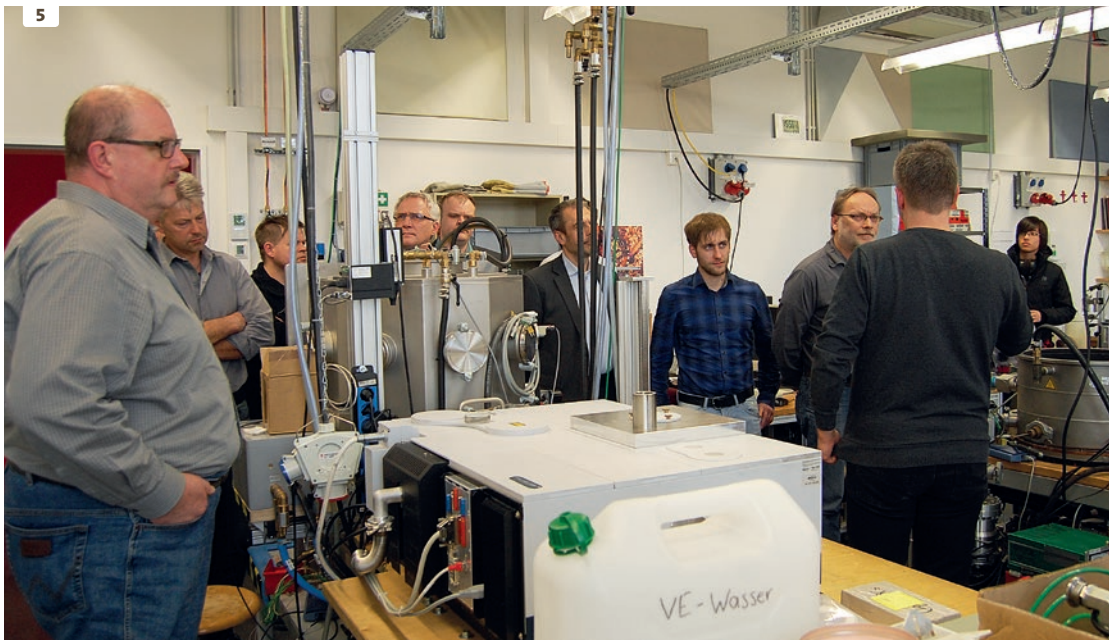


Abb. 6: Eine mongolische Delegation informiert sich bei einem Besuch des Energy Efficiency Center über das Gebäude und seine Ausstellung (© ZAE Bayern)

Fig. 6: Mongolian Delegates inquire about ZAE Bayern's Energy Efficiency Center and the exhibition in the info centre of the building (© ZAE Bayern)





Abb. 7: Teilnehmer des internationalen Jugendtreffens auf dem Versuchsdach des ZAE Würzburg (© ZAE Bayern)

Fig. 7: Participants of the international youth meeting on the experimental roof of ZAE Würzburg (© ZAE Bayern)



Abb. 8: Eine Delegation aus Ostafrika besucht das Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg (© ZAE Bayern)

Fig. 8: A delegation from East Africa visiting the Energy Efficiency Center in Würzburg (© ZAE Bayern)

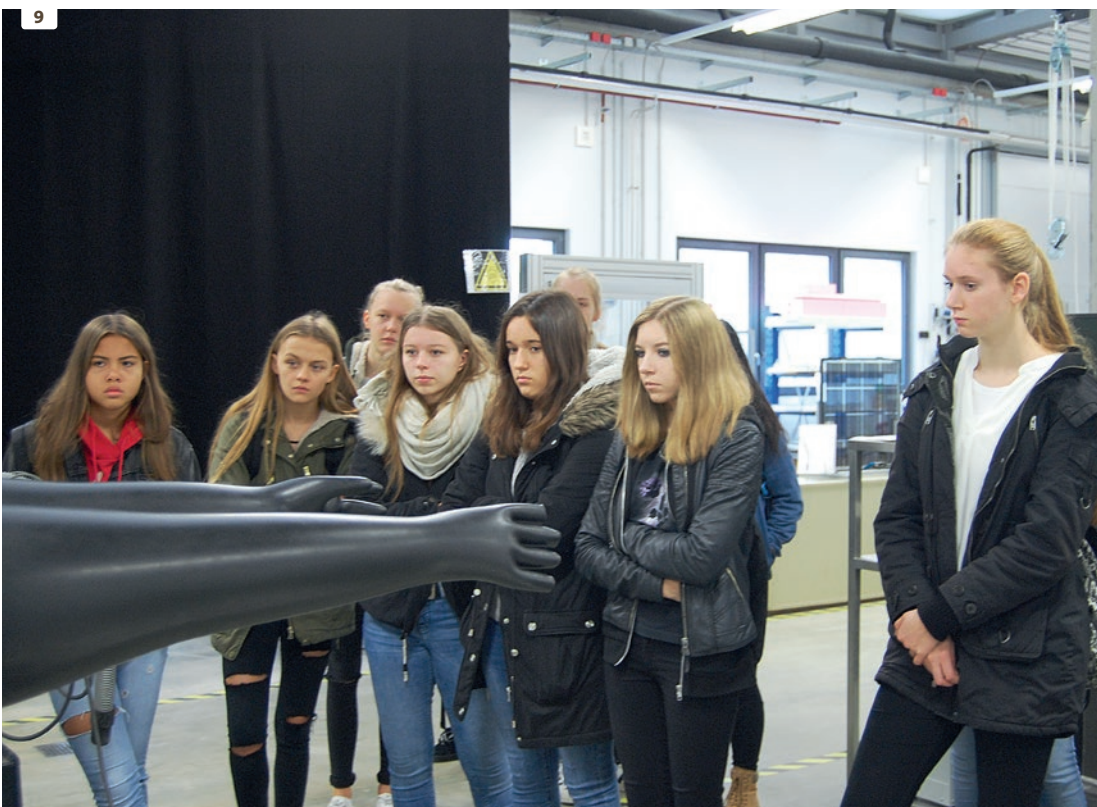


Abb. 9: Schülerinnen im Rahmen der MINT-Schnuppertage beim Rundgang durch das Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg (© ZAE Bayern)

Fig. 9: Pupils on the MINT Experience Days on a guided tour of the Energy Efficiency Center in Würzburg (© ZAE Bayern)

BESUCHER IN ERLANGEN

- Prof. Dr. Martin Hundhausen und Studenten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, (21.02.2017)
- Delegation der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. (27.02.2017)
- Netzwerktreffen PV-ZUM (25.04.2017)
- Prof. Dr. Andreas Maier, Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (12.07.2017)
- Prof. Dr. Perdita Pohle, Lehrstuhl für Kulturgeographie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (17.08.2017)
- Vertreter der greateyes GmbH am Testfeld in Arzberg (18.-21.09.2017)
- optiCIGS Projekttreffen (17.-18.10.2017)
- Prof. Dr. Hin-Lap Yip, South China University of Technology (18.-20.12.2017)

VISITORS TO ERLANGEN

- Prof. Dr. Martin Hundhausen and students of Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nuremberg (21/02/2017)
- Delegation of the Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (German solar energy society) (27/02/2017)
- Network meeting PV-ZUM (25/04/2017)
- Prof. Dr. Andreas Maier, chair for pattern recognition, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nuremberg (12/07/2017)
- Prof. Dr. Perdita Pohle, chair for cultural geography, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nuremberg (17/08/2017)
- Representatives of greateyes GmbH at the testing field in Arzberg (18-21/09/2017)
- optiCIGS project meeting (17-18/10/2017)
- Prof. Dr. Hin-Lap Yip, South China University Of Technology (18-20/12/2017)

BESUCHER IN NÜRNBERG

- Generalkonsul der Niederlande, Herr Peter Vermeij (02.02.2017)
- Franken Fernsehen (12.01.2017)
- Mitarbeiter der Firma Schaeffler, Herzogenaurach (13.02.2017)
- Mitarbeiter der Firma Enerthing, Düsseldorf (25.04.2017)
- Delegation von Professoren und Studenten aus den Niederlanden (02.05.2017)
- Delegation aus Kolumbien (31.05.2017)
- Delegation der OEA (Organic Electronic Association) (09.06.2017)
- Vertreter der IHK Mittelfranken (05.07.2017)
- Mitglieder des ZIM-Netzwerks DIGI4TT Digitaldruck (5.7.2017)
- Delegation aus Nablus, Palästina (02.02.2017)
- Delegation des Rotary Club Nürnberg-Kaiserburg (21.08.2017)

VISITORS TO NUREMBERG

- Dutch Consul General Peter Vermeij (02/02/2017)
- Franken Fernsehen (Franconia TV) (12/01/2017)
- Employees of Schaeffler, Herzogenaurach (13/02/2017)
- Employees of Enerthing, Düsseldorf (25/04/2017)
- Delegation of Professors and students from the Netherlands (02/05/2017)
- Delegation from Colombia (31/05/2017)
- Delegation of the OEA (Organic Electronic Association) (09/06/2017)
- Representatives of IHK Mittelfranken (05/07/2017)
- Members of the ZIM network DIGI4TT for digital printing (05/07/2017)
- Delegation from Nablus, Palestine (02/02/2017)
- Rotary Club Nuremberg-Kaiserburg (21/08/2017)
- Representatives of Group City Nuremberg (26/09/2017)

- Vertreter der Group City Nürnberg (26.09.2017)
- Vertreter der Holding Carran, Chile (05.10.2017)
- Mitglieder der ENERGIEregion Nürnberg e. V. (17.10.2017)
- Wirtschaftsdelegation vom Westkap, Südafrika (06.11.2017)
- Mitarbeiter der Firma BASF (13.11.2017)
- Delegation aus Durham, Kanada (30.11.2017)
- Vertreter der Firmen FMP und Continental Automotive (05.12.2017)
- Prof. Dr. Achim Wambach, Präsident des ZEW und Vorsitzender der Monopolkommission (13.12.2017)
- Mitarbeiter der Siemens AG (15.12.2017)
- Mitarbeiter der Dr. Johannes Heidenhain GmbH (18.12.2017)
- Representatives of the holding Carran, Chile (05/10/2017)
- Members of ENERGIEregion Nuremberg e. V. (17/10/2017)
- Delegation from Western Cape, Southafrica (06/11/2017)
- Employees of BASF (13/11/2017)
- Delegation from Durham, Canada (30/11/2017)
- Representatives of FMP and Continental Automotive (05/12/2017)
- Prof. Dr. Achim Wambach, President of ZEW and head of the monopoly committee (13/12/2017)
- Employees of Siemens AG (15/12/2017)
- Employees of Dr. Johannes Heidenhain GmbH (18/12/2017)



Abb. 10: Teilnehmer der EnCN-Konferenz in Nürnberg (© ZAE Bayern)

Fig. 10: Participants of the EnCN Conference in Nuremberg (© ZAE Bayern)



Abb. 11: Delegation aus Durham in Kanada zu Besuch in Nürnberg (© ZAE Bayern)

Fig. 11: Delegation from Durham, Canada, visiting ZAE Nuremberg (© ZAE Bayern)

Abb. 12: Ein Teilnehmer der mongolischen Delegation hinterlässt einen Gruß im Energy Efficiency Center des ZAE

Fig. 12: A participant of the mongolian delegation leaves his regards in the Energy Efficiency Center of ZAE



Group 5: SUP with E-E building.
Best wishes from
Mongolia!

Happy New Year
to all
High Potentials
of the ZAE!

Feusschliff macht dauer



Wir waren

Halla

BESUCHER IN HOF

- Mitarbeiter der Westsächsischen Hochschule Zwickau (08.02.2017)
- Mitarbeiter des Instituts für Hochspannungstechnik, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (08.02.2017)
- Prof. Dr. Fritz Wondrazek, Hochschule für angewandte Wissenschaften München (20.02.2017)
- Delegation norwegischer Investoren (09.03.2017)
- Delegation aus China, EPPIE (25.05.2017)
- Mitarbeiter der Firma Purus Plastics, Arzberg (27.11.2017)
- Prof. Dr. Tobias Plessing, Hochschule Hof (18.12.2017)

VISITORS TO HOF

- Employees of Westsächsische Hochschule Zwickau (08/02/2017)
- Employees of the Institute for High Voltage Technology, RWTH Aachen (08/02/2017)
- Prof. Dr. Fritz Wondrazek, University of Applied Sciences Munich (20/02/2017)
- Delegation of Norwegian investors (09/03/2017)
- Delegation from China, EPPIE (25/05/2017)
- Employees of Purus Plastics, Arzberg (27/11/2017)
- Prof. Dr. Tobias Plessing, University of Applied Sciences Hof (18/12/2017)



2.0

FORSCHUNG RESEARCH

THERMISCHE ANALYSE
THERMAL ANALYSIS

ELEKTROCHEMISCHE ENERGIESPEICHER
ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE

HOCHDURCHSATZMATERIALENTWICKLUNG
HIGH THROUGHPUT ENGINEERING

PV-SYSTEME
PV SYSTEMS

SOLARFABRIK DER ZUKUNFT
SOLAR FAB OF THE FUTURE

SOLAR-HYBRIDE SYSTEME
SOLAR HYBRID SYSTEMS

ANGEWANDTE IR-METROLOGIE
APPLIED IR METROLOGY

SYSTEMENTWICKLUNG
SYSTEMS ENGINEERING

SOLARTHERMIE UND GEOTHERMIE
SOLAR THERMAL AND GEOTHERMAL

NANOMATERIALIEN
NANOMATERIALS

ENERGIEOPTIMIERTE GEBÄUDE
ENERGY OPTIMISED BUILDINGS

THERMISCHE ENERGIESPEICHER
THERMAL ENERGY STORAGE

WÄRMETRANSFORMATION
HEAT CONVERSION

SMART GRIDS
SMART GRIDS

2.0

FORSCHUNG RESEARCH

Unser Energiesystem stellt in seiner Gesamtheit eine komplexe Struktur mit, bezüglich Energiebereitstellung, -speicherung, -transport und -verwendung, verschieden stark vernetzten Komponenten dar. Die Forschungsstärke des ZAE Bayern liegt insbesondere in den interdisziplinär und bereichsübergreifend vernetzten Arbeitsgruppen begründet, die konsequent Forschung von den Grundlagen bis zur Anwendung betreiben. Diese ungewöhnliche Breite resultiert einerseits aus der traditionellen Kooperation mit den benachbarten Hochschulen, andererseits aus der industrienahen Forschung. Grundlagenorientierte Forschungsprojekte (Förderung u. a. von DFG, EU und BMBF) werden ebenso wie konkrete Umsetzungsprojekte (Förderung u. a. von BMWi, EU, BayStMWi und Industriepartnern) durchgeführt. Die Kernthemen des ZAE Bayern tragen große gesellschaftliche Relevanz in sich, insbesondere im Hinblick auf die anstehende Energiewende. Erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Energiespeicherung sind unabdingbar für eine erfolgreiche Umsetzung derselben, was sich in den Bereichsbezeichnungen des ZAE Bayern widerspiegelt.

Das ZAE zählt in seinen Tätigkeitsfeldern zu den Innovationstreibern und erfährt seit Jahren große nationale und internationale Anerkennung. Dabei ergänzen sich Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen (z. B. Physik, Chemie, Maschinenbau, Informatik, Geologie) und von verschiedenen Standorten des ZAE. Die Stärke des ZAE Bayern liegt unter anderem darin, Wissen um die Funktionsweise neuer Materialien und Einzelkomponenten mit der Betrachtung auf Systemebene kombinieren zu können. Viele Synergien in Forschung und

Our energy system in its entirety is a complex structure of components which exhibit different levels of interlinkage in terms of production, storage, transport, and use of energy. The main reason for ZAE Bayern's strength in research lies in the interdisciplinary and cross-division interlinkage of its research groups who consistently cover all stages of research, from basal to applied. This unusually wide range results from long-running cooperations with adjacent universities on the one hand, joint research with industrial partners on the other. ZAE performs basic research projects (funding i.a. by DFG, EU, BMBF) as well as applied projects (funding i.a. by BMWi, EU, BayStMWi, and industry partners). Our core issues carry high social significance, especially with regard to the pending change in energy policy. Renewable energies, energy efficiency, and energy storage are all crucial for making this change a successful one which reflects in ZAE Bayern's division names.

For years now, ZAE has been one of the prime innovators in its fields and enjoyed high national and international recognition. To achieve this, scientists from various fields (e.g. physics, chemistry, mechanical engineering, computer science, geology) and different divisions complement each other. ZAE Bayern's strength lies in, among other things, the ability to combine specific know-how of new materials and components with a system level view. Many synergies in research and development only open up when these two levels are interlinked.

-49M1

MRV NTK-V

BELIMO

Made in Switzerland
NR24A-MOD

2017-05-30

VS
NEMA2 / IP54

10 Mod
AC/DC 24 V 50/60 Hz

Adaption →

Power

Address →

IP

10-24V

50/60 Hz

CE

RoHS

WEEE

REACH

EN 60730-2

EN 60730-1

EN 60730-3

EN 60730-4

EN 60730-5

EN 60730-6

EN 60730-7

EN 60730-8

EN 60730-9

EN 60730-10

EN 60730-11

EN 60730-12

EN 60730-13

EN 60730-14

EN 60730-15

EN 60730-16

EN 60730-17

EN 60730-18

EN 60730-19

EN 60730-20

EN 60730-21

EN 60730-22

EN 60730-23

EN 60730-24

EN 60730-25

EN 60730-26

EN 60730-27

EN 60730-28

EN 60730-29

EN 60730-30

EN 60730-31

EN 60730-32

EN 60730-33

EN 60730-34

EN 60730-35

EN 60730-36

EN 60730-37

EN 60730-38

EN 60730-39

EN 60730-40

EN 60730-41

EN 60730-42

EN 60730-43

EN 60730-44

EN 60730-45

EN 60730-46

EN 60730-47

EN 60730-48

EN 60730-49

EN 60730-50

EN 60730-51

EN 60730-52

EN 60730-53

EN 60730-54

EN 60730-55

EN 60730-56

EN 60730-57

EN 60730-58

EN 60730-59

EN 60730-60

EN 60730-61

EN 60730-62

EN 60730-63

EN 60730-64

EN 60730-65

EN 60730-66

EN 60730-67

EN 60730-68

EN 60730-69

EN 60730-70

EN 60730-71

EN 60730-72

EN 60730-73

EN 60730-74

EN 60730-75

EN 60730-76

EN 60730-77

EN 60730-78

EN 60730-79

EN 60730-80

EN 60730-81

EN 60730-82

EN 60730-83

EN 60730-84

EN 60730-85

EN 60730-86

EN 60730-87

EN 60730-88

EN 60730-89

EN 60730-90

EN 60730-91

EN 60730-92

EN 60730-93

EN 60730-94

EN 60730-95

EN 60730-96

EN 60730-97

EN 60730-98

EN 60730-99

EN 60730-100

EN 60730-101

EN 60730-102

EN 60730-103

EN 60730-104

EN 60730-105

EN 60730-106

EN 60730-107

EN 60730-108

EN 60730-109

EN 60730-110

EN 60730-111

EN 60730-112

EN 60730-113

EN 60730-114

EN 60730-115

EN 60730-116

EN 60730-117

EN 60730-118

EN 60730-119

EN 60730-120

EN 60730-121

EN 60730-122

EN 60730-123

EN 60730-124

EN 60730-125

EN 60730-126

EN 60730-127

EN 60730-128

EN 60730-129

EN 60730-130

EN 60730-131

EN 60730-132

EN 60730-133

EN 60730-134

EN 60730-135

EN 60730-136

EN 60730-137

EN 60730-138

EN 60730-139

EN 60730-140

EN 60730-141

EN 60730-142

EN 60730-143

EN 60730-144

EN 60730-145

EN 60730-146

EN 60730-147

EN 60730-148

EN 60730-149

EN 60730-150

EN 60730-151

EN 60730-152

EN 60730-153

EN 60730-154

EN 60730-155

EN 60730-156

EN 60730-157

EN 60730-158

EN 60730-159

EN 60730-160

EN 60730-161

EN 60730-162

EN 60730-163

EN 60730-164

EN 60730-165

EN 60730-166

EN 60730-167

EN 60730-168

EN 60730-169

EN 60730-170

EN 60730-171

EN 60730-172

EN 60730-173

EN 60730-174

EN 60730-175

EN 60730-176

EN 60730-177

EN 60730-178

EN 60730-179

EN 60730-180

EN 60730-181

EN 60730-182

EN 60730-183

EN 60730-184

EN 60730-185

EN 60730-186

EN 60730-187

EN 60730-188

EN 60730-189

EN 60730-190

EN 60730-191

EN 60730-192

EN 60730-193

EN 60730-194

EN 60730-195

EN 60730-196

EN 60730-197

EN 60730-198

EN 60730-199

EN 60730-200

EN 60730-201

EN 60730-202

EN 60730-203

EN 60730-204

EN 60730-205

EN 60730-206

EN 60730-207

EN 60730-208

EN 60730-209

EN 60730-210

EN 60730-211

EN 60730-212

EN 60730-213

EN 60730-214

EN 60730-215

EN 60730-216

EN 60730-217

EN 60730-218

EN 60730-219

EN 60730-220

EN 60730-221

EN 60730-222

EN 60730-223

EN 60730-224

EN 60730-225

EN 60730-226

EN 60730-227

EN 60730-228

EN 60730-229

EN 60730-230

EN 60730-231

EN 60730-232

EN 60730-233

EN 60730-234

EN 60730-235

EN 60730-236

EN 60730-237

EN 60730-238

EN 60730-239

EN 60730-240

EN 60730-241

EN 60730-242

EN 60730-243

EN 60730-244

EN 60730-245

EN 60730-246

EN 60730-247

EN 60730-248

EN 60730-249

EN 60730-250

EN 60730-251

EN 60730-252

EN 60730-253

EN 60730-254

EN 60730-255

EN 60730-256

EN 60730-257

EN 60730-258

EN 60730-259



Entwicklung können erst durch die Verknüpfung dieser beiden Ebenen erschlossen werden.

Forschungskreativität und -qualität äußern sich auf vielfältige Weise. Ein Landesinstitut wie das ZAE Bayern beweist seine Forschungsstärke durch einen traditionell hohen Anteil eingeworbener Drittmittel am Gesamtbudget. Anwendungsorientierte Forschung schlägt sich z. B. in Patentschriften nieder. Die internationale Sichtbarkeit eines Forschungsinstituts und seine wissenschaftliche Innovationskraft werden meist anhand wissenschaftlicher Publikationen in internationalen Fachzeitschriften bewertet. Statistische Analyse, z. B. durch Web of Science, zeigt, dass das ZAE Bayern in seiner Kategorie anwendungsorientierter Institute eine Spitzenstellung innehat. Eine Übersicht über Veröffentlichungen in begutachteten Fachzeitschriften, wissenschaftliche Vorträge und Poster, die auf nationalen und internationalen Konferenzen des letzten Jahres vorgestellt wurden, finden Sie in Kapitel 3. Die Mitarbeit in Expertengremien (z. B. Internationale Energieagentur IEA, DIN-Ausschüsse, nationale Experten-Arbeitskreise) rundet den wissenschaftlichen Austausch mit der weltweiten Forschungsgemeinschaft ab. In der breiten Öffentlichkeit werden Wissenschaft und Forschung oft als sehr abstrakt wahrgenommen. Um dem zu begegnen, finden Sie im folgenden Kapitel einen Überblick zu aktuellen Forschungsaktivitäten des ZAE Bayern.

Creativity and quality of research find diverse manifestations. A state institute like ZAE Bayern proves its strength in research through the acquisition of a traditionally large amount of third party funds. Patents are one indicator of application-oriented work. A research institute's international visibility and drive for scientific innovation are usually judged on the basis of publications in international scientific journals. Statistical analysis, conducted via e.g. Web of Science, proves ZAE Bayern's top position in the field of application-oriented research institutes. Chapter 3 lists the past year's publications in peer-reviewed scientific journals, scientific talks held, and posters presented by our employees at national and international conferences. Our involvement in the international scientific community is completed by memberships in expert committees (e.g. International Energy Agency IEA, DIN, national expert committees). Still, the general public tends to consider science and research very abstract matters. As a countermeasure, the following chapter gives an overview of ZAE Bayern's current research activity.

2.1

MESSUNG THERMOPHYSIKALISCHER MATERIALPARAMETER BEI HOHEN TEMPERATUREN

MEASUREMENT OF THERMOPHYSICAL MATERIAL PARAMETERS AT HIGH TEMPERATURES

Autor | Author
S. Vidi, M. Geßner

Ansprechpartner | Contact
Dipl.-Phys. Stephan Vidi
Gruppenleiter
Thermische Analyse
Head of Group
Thermal Analysis

Bereich | Division
Energieeffizienz
Energy Efficiency
+49 931 70564-350
stephan.vidi@zae-bayern.de

Literatur | References
[1] F. Righini et al., International Journal of Thermophysics, 11(4) (1990), 629-641.

Abb. 1: Glühende Probe während eines Messdurchgangs in der Pulskalorimetrie-Apparatur

Fig. 1: Glowing sample during measurement in the pulse induced scanning apparatus PISA

Bei der Entwicklung stabiler und hocheffizienter Kraftwerkstechnologie oder der Optimierung industrieller Prozesse bei hohen Temperaturen spielt die genaue Kenntnis thermophysikalischer Materialparameter wie Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit und Emissionsgrad eine entscheidende Rolle. Dafür anwendbare Methoden teilen sich auf in stationäre und dynamische Messverfahren. Speziell Wärmetransportmessungen können mit dynamischen Verfahren bei sehr hohen Temperaturen von 1500-2000 °C durchgeführt werden. Bei industriellen Prozessen wie Laserschweißen oder der Verarbeitung spezieller Komposite werden aber noch deutlich höhere Temperaturen erreicht. Mit Hilfe hochgenauer Messwerte können diese Prozesse optimiert oder sogar neue, verbesserte Konzepte entwickelt werden.

Zur thermischen Materialcharakterisierung bei höchsten Temperaturen betreibt das ZAE Bayern eine Pulskalorimetrie-Apparatur. Damit können die thermophysikalischen Messgrößen von Materialien ab Temperaturen von etwa 1000 °C bis zum Schmelzpunkt bestimmt werden (Abb. 1–4). Dazu wird eine Probe mit Hilfe eines Strompulses in sehr kurzer Zeit bis knapp unterhalb ihres Schmelzpunkts aufgeheizt. Währenddessen werden die elektrischen Größen Strom und Spannung sowie, mittels mehrerer Hochgeschwindigkeits-Strahlungsthermometer, der Tem-



For the development of stable and highly efficient power plant technology or the optimisation of industrial processes at high temperatures, exact knowledge of the thermophysical properties of materials, such as heat capacity, thermal conductivity, and emissivity, is essential. Applicable methods are either stationary or dynamic. Especially dynamic heat transfer measurements can be performed at temperatures of up to 1500 - 2000 °C. However, industrial processes like laser welding or the processing of certain composites take place at even higher temperatures. Using highly precise material data, such processes can be optimised and new, enhanced concepts can be developed.

For the thermal characterisation of materials at high temperatures, ZAE Bayern operates a pulse-induced scanning apparatus. It allows for the determination of thermophysical material parameters from about 1000 °C to the material's melting (Fig. 1–4). A specimen is therefore heated very quickly with a current pulse to slightly below its melting point. Meanwhile, the current and voltage are measured, the temperature distribution over the sample's surface is registered by several high-speed radiation thermometers (Fig. 2). The measurement usually takes only seconds to complete. Due to the high temperatures, it can only be performed in a vacuum or inert gas atmosphere.

The evaluation of the results of the measurement provides information on the specific electric resistivity, heat capacity, thermal conductivity, and emissivity of the specimen as a function of temperature.

This apparatus was designed for electrically conductive materials. Its frame of application, however, is supposed to be extended through intelligent preparation of the samples to also include composites and electrically non-conductive materials.

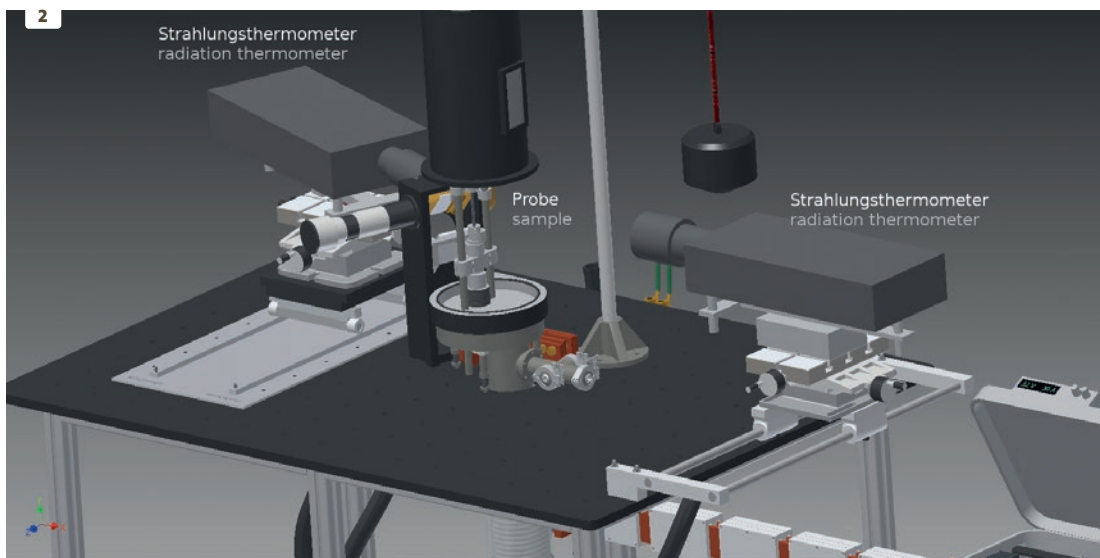


Abb. 2: Schematischer Aufbau der geöffneten Pulskalorimetrie-Apparatur: Die Probe (unter der Kuppel) wird durch Hochgeschwindigkeits-Strahlungsthermometer von beiden Seiten untersucht.

Fig. 2: Schematic setup of the open pulse induced scanning apparatus: The sample (under the dome) is being analysed from both sides by two high-speed radiation thermometers

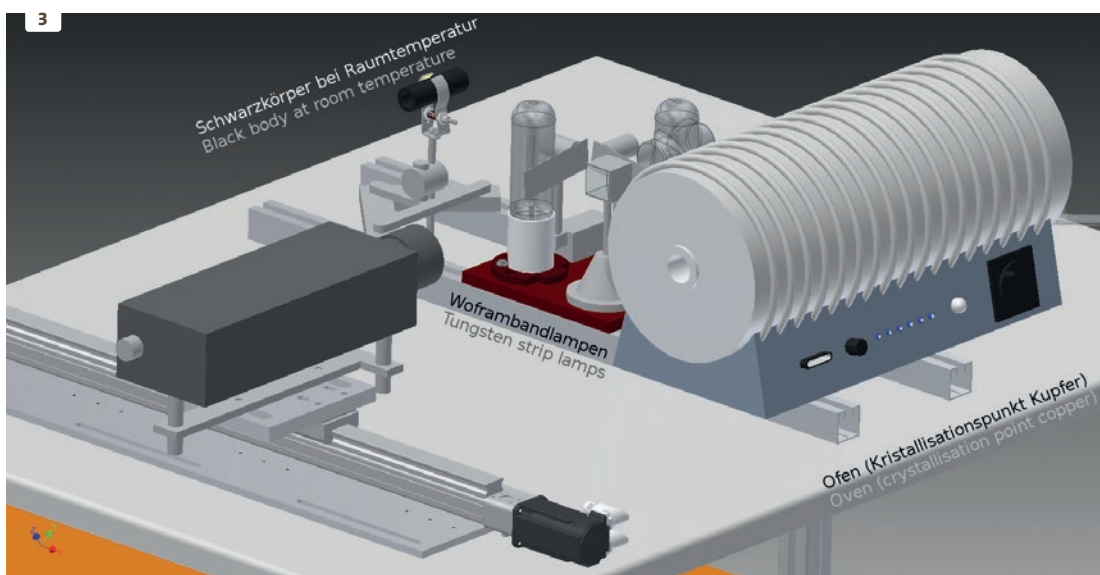


Abb. 3: Schematischer Aufbau der Kalibrierung der Strahlungsthermometer: Schwarzkörper bei Raumtemperatur, Wolframbandlampen zur Linearitätskalibrierung und Ofen für Kalibrierung am Kristallisationspunkt von hochreinem Kupfer

Fig. 3: Schematic setup of the radiation thermometer calibration: black body at room temperature, tungsten strip lamps for linearity calibration, and oven for calibration at the crystallisation point of high purity copper

peraturverlauf auf der Probenoberfläche gemessen (Abb. 2). Eine Messung dauert in der Regel nur wenige Sekunden. Aufgrund der hohen Temperaturen findet sie im Vakuum oder unter einer Schutzgasatmosphäre statt.

Mit Hilfe der Ergebnisse einer einzigen Messung können spezifischer elektrischer Widerstand, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit und Emissionsgrad der Probe jeweils als Funktion der Temperatur ermittelt werden. Die vorgestellte Apparatur ist grundsätzlich für elektrisch leitende Materialien konzipiert. Ihr Anwendungsrahmen soll aber durch intelligente Probenpräparation auch auf Komposite und elektrisch nichtleitende Materialien erweitert werden.

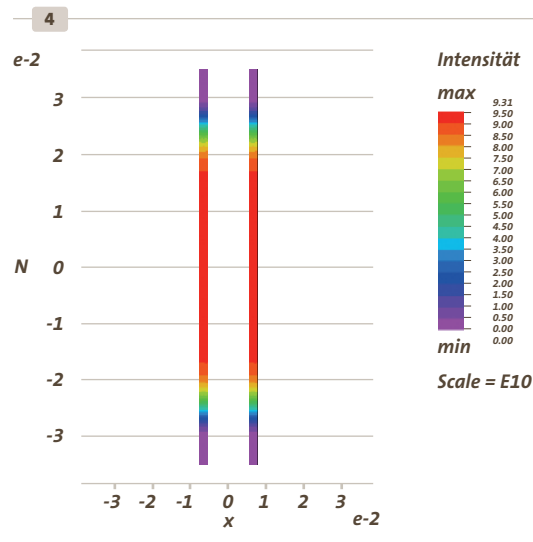


Abb. 4: Simulation einer Messung an der Pulskalorimetrie-Apparatur. Der Schnitt durch eine Tubus-Probe zeigt die Intensitätsverteilung auf der Probenoberfläche, die höchste Temperatur wird im Zentrum der Probe erreicht (rot)

Fig. 4: Simulation of a measurement at the pulse induced scanning apparatus. The cross section view through a tubular sample shows the distribution of radiation intensity over the surface of the specimen. The highest temperature is reached in the centre of the specimen (red)

2.2

KOPERNIKUS P2X: POWER-TO-GAS MITTELS WASSERELEKTROLYSE

KOPERNIKUS P2X: POWER-TO-GAS VIA WATER ELECTROLYSIS

Autor | Author
T. Weverinck, M. Rzepka

Ansprechpartner | Contact
M.Sc. Tim Weverinck
Projektleiter Elektrochemische
Energiespeicher
Project Manager
Electrochemical Energy Storage

Dr. Matthias Rzepka
Gruppenleiter
Elektrochemische Energiespeicher
Head of Group
Electrochemical Energy Storage

Bereich | Division
Energiespeicherung
Energy Storage
+49 89 329442-38
tim.weverinck@zae-bayern.de
+49 89 329442-31
matthias.rzepka@zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
**Bundesministerium für Bildung
und Forschung**
(FKZ 035FK211)

**Bayerisches Staatsministerium
für Wirtschaft, Energie und
Technologie**
(FKZ 20-3400.00-03/12)

Kooperationspartner | Partners
**Technische Universität
München, Lehrstuhl für
Elektrische Energiespeicher-
technik (Prof. Dr.-Ing. A. Jossen)**

**Technische Universität
München, Lehrstuhl für
Technische Elektrochemie**
(Prof. Dr. H. A. Gasteiger)

Die Projektreihe Kopernikus wurde 2016 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF ins Leben gerufen. Sie verbindet deutschlandweit 230 Institutionen aus Forschung, Industrie und Zivilgesellschaft, die innerhalb der zehnjährigen Laufzeit marktreife Technologien und Konzepte für die Umsetzung der Energiewende entwickeln. Das ZAE Bayern leistet seinen Beitrag zu diesem ambitionierten und hochrelevanten Vorhaben innerhalb des Unterprojekts „Power-to-X (P2X)“.

P2X steht für die Wandlung erneuerbar erzeugten Stroms in chemische Energieträger, wenn die Erzeugung den unmittelbaren Verbrauch übersteigt. Solche stofflichen Energieträger können dann, analog zu fossilen Treibstoffen wie Benzin oder Erdgas, gelagert und transportiert werden. Sie sind deutlich leichter handhabbar als ungewandelte elektrische Energie.

Von zentraler Bedeutung für dieses Vorhaben ist die Wasserstoffproduktion mittels saurer Wasserelektrolyse (Power-to-Gas), die auf Protonenaustauschmembranen (PEM) basiert und sich für einen dynamischen Betrieb eignet. Der produzierte Wasserstoff kann einerseits als Energieträger genutzt werden, zum Beispiel im Mobilitätssektor, andererseits ist er notwendiger Grundstoff für weitere Veredelungsprozesse, an deren Ende synthetische Kraftstoffe stehen.

Ein tiefgehendes Verständnis der Degradations- und Stofftransportphänomene innerhalb einer PEM-Elektrolysezelle ist essentiell für die weitere Optimierung von Elektrolyseuren auf Zell- und Systemebene. Die Forschung am ZAE Bayern hat zum Ziel, dieses Ver-

The Kopernikus projects were initiated in 2016 by the German Federal Ministry of Education and Research. They connect 230 scientific, industrial, and civil institutions in Germany, who develop market-ready technologies and concepts within the projects' ten-year duration to help implement Germany's energy transition. ZAE Bayern contributes to this ambitious and highly relevant undertaking within the sub-project "Power-to-X (P2X)".

The term P2X describes the conversion of renewably produced energy into chemical energy carriers during periods in which energy production exceeds consumption. Such energy carriers can then, like fossil fuels such as petrol or natural gas, be stored and transported. They are significantly easier to handle than unconverted electrical energy.

A key element of the project is the production of hydrogen via acid electrolysis (power-to-gas) based on proton exchange membranes (PEM), which is suited for dynamic operation. The hydrogen produced can, on the one hand, be used immediately as an energy carrier, e.g. in the mobility sector; on the other hand, it is the raw material for further refining processes leading up to synthetic fuels.

A deeper understanding of the degradation and mass transport phenomena inside of a PEM fuel cell is crucial for the further optimisation of electrolyzers on cell and system level. ZAE Bayern's research aims at reaching this understanding through extensive experiments. Therefore, the available metrological infrastructure was considerably extended in 2017: At the



Abb. 1: Messinfrastruktur für Elektrolyseforschung am ZAE Bayern

Abb. 1: Measurement infrastructure for electrolysis research at ZAE Bayern

ständnis mit Hilfe umfangreicher Experimente zu erlangen. Dazu wurde die vorhandene Messinfrastruktur im Jahr 2017 deutlich ausgebaut: Gegenwärtig stehen zwei Messstände für den Test von Einzelzellen sowie ein Stack-Teststand zur Verfügung. Ein vierter Teststand, speziell für Langzeittests, befindet sich im Aufbau und soll ab Anfang 2018 genutzt werden. Eine am ZAE entwickelte transparente Zelle ermöglicht Einblicke während des Betriebs. Mit ihrer Hilfe werden detaillierte Untersuchungen und Optimierungen am Zweiphasen-Stofftransport in verschiedenen Betriebspunkten sowie die Veranschaulichung der ablaufenden Prozesse möglich.

Die experimentellen Ergebnisse, insbesondere zum Einfluss von Teillastzuständen auf Degradation und Systemeffizienz, fließen in ein mathematisches Optimierungsmodell ein, das die Analyse unterschiedlicher Konfigurationen auf Systemebene erlaubt. Beispielsweise ermöglicht die Integration eines elektrischen Speichers eine Glättung der Schwankungen im Stromangebot. Sie kann somit deutlichen Einfluss auf Lebensdauer und Gesamteffizienz des Systems haben. Dem gegenüber stehen die höheren Anschaffungskosten eines Hybridsystems und zusätzliche Wirkungsgradverluste durch den Speicher. Unter Beachtung dieser und anderer Einflussfaktoren kann schließlich die für die jeweilige Anwendung optimale Systemkonfiguration gefunden werden.

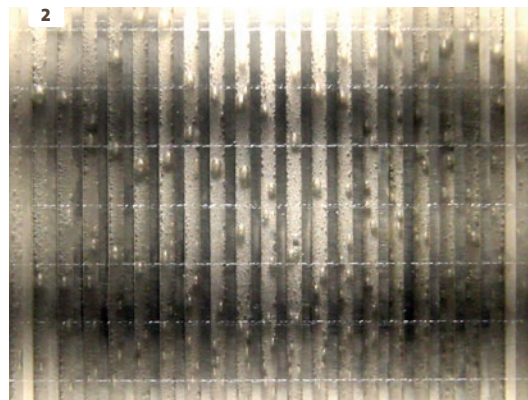


Abb. 2: Zweiphasenströmung im Anodenraum einer transparenten PEM-Elektrolysezelle

Abb. 2: Two-phase mass transport in the anode area of a transparent PEM electrolysis cell

moment, two rigs for testing individual cells and one for stacks are available. A fourth test rig, designed especially for long-term testing, is currently under construction and supposed to be put to use in early 2018. A transparent cell developed at ZAE provides insight during operation. It allows for detailed investigation and optimisation of the two-phase mass transfer at different operating points as well as for visualising the running processes.

Experimental results, particularly concerning the effect of partial loads on degradation and system efficiency, are incorporated into a mathematical model for the analysis of different configurations at system level. For example, the integration of an electrical storage allows for the smoothing of fluctuations in the energy supply. It can therefore have considerable influence on the lifetime and overall efficiency of the system. On the downside, the cost of a hybrid system and additional loss of efficiency lessen its appeal. In the end, considering these and other factors, the optimal system configuration for each application can be found.

2.3

ROBOTERBASIERTE HOCHDURCHSATZMETHODE ZUR UNTERSUCHUNG DER STABILITÄT VON PEROWSKITEN MIT GROSSER BANDLÜCKE

ROBOT BASED HIGH THROUGHPUT APPROACH FOR THE ANALYSIS OF WIDE BAND GAP PEROVSKITES

Autor | Author
T. Stubhan

Ansprechpartner | Contact
Dr. Tobias Stubhan
Gruppenleiter
Hochdurchsatzmaterialentwicklung
Head of Group
High-Throughput Engineering

Bereich | Division
Erneuerbare Energien
Renewable Energies
+49 9131 9398-171
tobias.stubhan@zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Cluster of Excellence Engineering of Advanced Materials (EAM)

Deutsche Forschungsgemeinschaft (GRK1896 und BR4031/31-1)

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie

China Scholarship Council (CSC)
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (ETI)

Solar Technologies go Hybrid (SolTech)

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

Energy Campus Nürnberg (EnCN),
Solar factory of the future (SFF)

Kooperationspartner | Partners
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (I-MEET)

Literatur | References

[1] S. Chen et al., Exploring the Stability of Novel Wide Bandgap Perovskites by a Robot Based High Throughput Approach, Adv. Energy Mater. 2017, DOI: 10.1002/aenm.201701543

Die neue Materialklasse der Perowskit-Halbleiter ist in einer Lösung synthetisierbar, aus der dann Solarzellen gedruckt werden können. Sie ermöglichen in den letzten Jahren erstaunliche Entwicklungen in der Photovoltaik und erreichen bereits Effizienzwerte von bis zu 22,1 %. Die Technologie birgt aber einige Herausforderungen.

Derzeit stehen bleibasierte Perowskite aufgrund ihrer hohen Effizienz im Mittelpunkt des Forschungsinteresses. Es wurde aber bereits eine Vielzahl zwei- und dreidimensionaler Perowskitkompositionen und -konfigurationen für photovoltaische Anwendungen vorgeschlagen. Diese erlauben mit niedriger Bandlücke die Herstellung breitbandiger einschichtiger Solarzellen oder sind mit hoher Bandlücke (~1,75 eV) als obere Schicht von Perowskit-Silizium-Tandemzellen nutzbar.

Dank vieler beeinflussbarer Materialparameter bieten Perowskite enormes Optimierungspotential, das allerdings die Synthese und Charakterisierung sehr vieler verschiedener Materialkombinationen erfordert. Hochdurchsatzmethoden erlauben hier eine zeitsparende und effektive Untersuchung großer Parameterräume.

Daher wurde ein Robotersystem (Abb. 1) entwickelt, das voll automatisiert beliebige Konzentrationskombinationen der Ausgangsstoffe aus Masterlösungen mischt (Abb. 2). Durch Zugabe eines Fällungsmittels werden aus diesen Mischungen Dispersionen erzeugt, die auf einer Mikrotiterplatte (Abb. 3) in einem Spektrometer automatisch charakterisiert werden. So werden Lichtabsorption, Photolumineszenz, Bandlücke und intrinsische Stabilität im Dunkeln automatisch erfasst und anschließend in Datenbanken gesammelt. Bei seinem ersten Einsatz wurde dieser Hochdurchsatzroboter verwendet, um eine Perowskit-Komposition zu identifizieren, bei deren Verwendung die licht-

Perovskite semiconductors are a new material class suited for synthesis in a solution and successive printing into solar cells. In recent years, they have fuelled astounding developments in photovoltaics and already reach considerable efficiencies of up to 22.1%. Still, they pose several challenges.

Currently, lead based perovskites are the centre of attention due to their high efficiency. Yet, many different two- and three-dimensional perovskite compositions and configurations have been suggested for the use in photovoltaics. Ones with a low band gap could be used for manufacturing single layer, broadband solar cells; ones with a high band gap (~1.75 eV) are suited for the top layer of perovskite-silicon tandem cells.

Thanks to many variable material parameters, perovskites carry enormous potential for optimisation which, however, calls for the synthesis and characterisation of vast numbers of material combinations. In such cases, high throughput methods allow for the quick and effective screening of large parameter spaces.

Therefore, a robot setup (Fig. 1) was developed to automatically create arbitrary concentration combinations by mixing precursors from master solutions (Fig. 2). By adding a precipitant, these solutions are then turned into dispersions which are applied to a microtiter plate (Fig. 3) and automatically characterised using a spectrometer. This way, light absorption, photoluminescence, band gap, and intrinsic stability in the dark can be gathered automatically and collected in databases. In its first assignment, the high throughput robot was used to identify a perovskite composition which suppresses photo induced halide segregation to increase stability while still building up a high open-circuit voltage (V_{oc}). Therefore, four promising compositions with an optical band gap of ~1.75 eV were examined

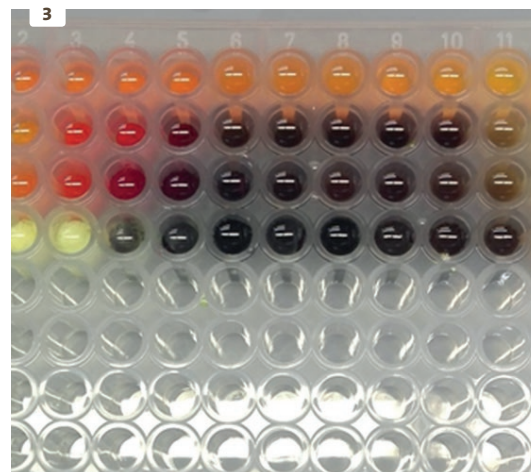
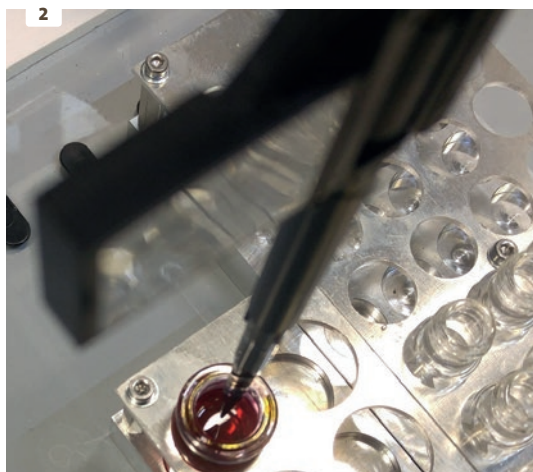
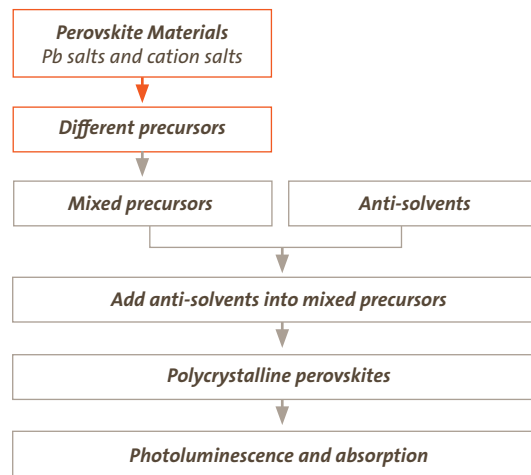
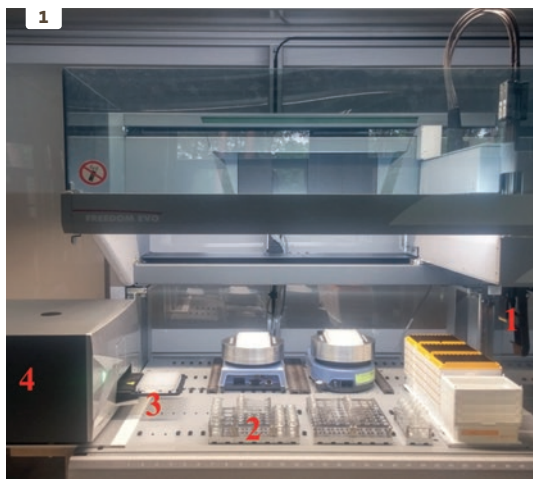


Abb. 1: Bild des Hochdurchsatz-robotersystems. Die vier Pipettenkanäle, die Pipettierregion, die Mikrotiterplatte und das Spektrometer sind mit 1, 2, 3 und 4 gekennzeichnet

Fig. 1: Photograph of the high throughput robot system. Four pipetting channels, solution region, microtiter plate and spectrometer are labelled 1, 2, 3 and 4

Abb. 2: Entnahme einer Probe aus der Masterlösung mit einem Pipettenkanal des Pipettierroboters

Fig. 2: Collection of a sample from a master-solution with one pipetting channel of the robot

Abb. 3: Mikrotiterplatte mit 66 unterschiedlichen Perowskit-Lösungen. Die Farbvariation der Materiallösungen lässt Schlüsse auf die unterschiedlichen Absorptionseigenschaften der Materialien zu. Ist die Farbe stabil, ist dies ein erstes Anzeichen zur Einschätzung der Stabilität des Materials

Fig. 3: Microtiter plate holding 66 different Perovskite solutions. The variation in colour of the solutions indicates differences in their absorption properties. Stable colour is a first indicator for material stability

induzierte Halogenidsegregation zur Erhöhung der Stabilität unterdrückt, aber eine hohe Leerlaufspannung (V_{oc}) aufgebaut wird. Dazu wurden vier vielversprechende Kompositionen mit optischer Bandlücke von $\sim 1,75$ eV genauer untersucht. Mit Hilfe geeigneter Materialkombinationen konnte die Segregation tatsächlich unterdrückt werden. Außerdem wurden so Bauelemente mit durchschnittlichen Leerlaufspannungen von bis zu 1,19 V hergestellt. Das sind mit die bisher höchsten gefundenen V_{oc} -Werte für Perowskitbauelemente auf Basis von $\sim 40\%$ Brom.

Das Hochdurchsatzprinzip beschleunigt also die Erforschung neuer Perowskite effektiv und effizient. Durch konsequente Weiterentwicklung des Hochdurchsatzansatzes, von der Lösung bis hin zum automatisch hergestellten Bauelement, kann die Erforschung komplexer neuer Materialien revolutioniert und um mehrere Größenordnungen beschleunigt werden.

more closely. With the help of suitable material combinations, segregation could actually be suppressed. Furthermore, the method allowed for the manufacturing of components with average open circuit voltages of up to 1.19 V. These are among the highest known V_{oc} values for perovskite components based on $\sim 40\%$ bromine.

So the high throughput principle can effectively and efficiently accelerate the screening of new perovskites. Consequent development of the high throughput method, from solution to automatedly manufactured component, could revolutionise the development of new complex materials and accelerate it by several orders of magnitude.

2.4

EINFLUSS VON RISSEN AUF DEN WIRKUNGSGRAD VON PHOTOVOLTAIKMODULEN

IMPACT OF CRACKS ON THE PERFORMANCE OF PV MODULES

Autor | Author
C. Buerhop

Ansprechpartner | Contact
Dr. Christian Camus
Gruppenleiter
PV-Systeme
Head of Group
PV Systems

Bereich | Division
Erneuerbare Energien
Renewable Energies
+49 9131 9398-152
christian.camus@
zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie
(FKZ 0325807A)

Kooperationspartner | Partners
Rauschert Heinersdorf-
Pressig GmbH
IRCAM GmbH

Literatur | References
[1] Buerhop C, Wirsching S, Bemm A, Nieß M, Huber A, Vodermayr C, Pickel T, Camus C, Hauch J, and Brabec JC. Evolution of cell cracks in PV-modules under field and laboratory conditions. *Progress in Photovoltaics* 2017, DOI: 10.1002/ppp.2975.
[2] Buerhop-Lutz C, Wirsching S, Gehre S, Pickel T, Winkler T, Bemm A, Mergheim J, Camus C, Hauch J, and Brabec CJ. Lifetime and Degradation of Pre-damaged PV-Modules – Field study and lab testing. in 44th IEEE. 2017. Washington, USA.
[3] Buerhop-Lutz C, Winkler T, Fecher FW, Bemm A, Camus C, Hauch J, and Brabec CJ. Performance analysis of pre-cracked PV-modules at realistic loading conditions. in 33rd EU-PVSEC. 2017. Amsterdam, The Netherlands, pp. 1451 - 1456.
[4] Buerhop-Lutz C, Pickel T, Bemm A, Vodermayr C, Glück B, Huber A, Camus C, Hauch J, and Brabec CJ. Risse - nur halb so schlimm? in *pv-magazine* 2017. p. 76-79.

Für eine sichere und langjährige Energieversorgung mit Photovoltaiksystemen (PV) sind deren Qualität und Lebensdauer entscheidende Faktoren. Modulfehler wie Zellrisse stellen dabei potentielle Ursachen für eine verminderte Energieausbeute dar.

Die Elektrolumineszenzmessung (EL) zur Erkennung solcher Risse in Siliziumzellen, war lange Zeit nur im Labor möglich. Neue Messsysteme ermöglichen nun aber auch im Feld aussagekräftige Aufnahmen. So lassen sich in Kombination mit Drohnen sehr viele Module in sehr kurzer Zeit überprüfen.

Auf einer solchen Aufnahme mehrerer Module (Abb. 1) sind neben dunklen Zellen, die auf potentialinduzierte Degradation (PID) hinweisen, Risse zu erkennen. Wie kritisch diese für die künftige Modulperformance sind, ist aber ungeklärt, da belastbare Erfahrungen und Beobachtungen aus der Praxis fehlen. Um diese Kenntnislücke zu schließen, wurde die Alterung rissbehafteter PV-Module in Feld und Labor parallel untersucht.

Ein Teststand (Abb. 2) erlaubt dabei, die Rissbildung bei statischer Belastung mittels EL-Kamera zu verfolgen, während die Modulkennlinie gemessen wird [1, 2]. An multikristallinen Siliziummodulen wurde bei einer Belastung von 2000 Pa die Entstehung neuer Risse beobachtet. Oberhalb 3000 Pa bildeten sich außerdem, ausgehend von den Rissen, verstärkt dunkle Flächen. Unter Belastung öffneten sich die Risse; es entstanden elektrisch isolierte Zellbereiche (Abb. 3), was die Leistung der Module minderte. Bei Entlastung schlossen sich die Risse wieder. Die dunklen Flächen verschwanden und die ursprüngliche Leistung wurde wiederhergestellt (Abb. 4) [3].

Um Laborergebnisse und tatsächlich auftretende Belastungen zu vergleichen, wurde an einer süddeutschen Testanlage ein einjähriger Feldversuch durchgeführt. Meist wehte höchstens mäßiger Wind, selten

The quality and life span of photovoltaic (PV) systems are crucial factors for a reliable and constant energy supply. Module defects like cell cracks pose the potential risk of reduced energy output.

Electroluminescence (EL) measurement for the detection of such cracks in silicon cells used to be limited to laboratory use. But new measuring systems now allow for conclusive imaging in the field. Combined with drones, they allow for the inspection of a large number of modules in a short time.

Such an image of several modules (Fig. 1) shows darkened cells, indicating potential induced degradation (PID), and several cracked cells. How critical these are for future module performance is, however, unknown, since little to no practical experience and observations are available for this problem. To bridge this knowledge gap, the ageing of pre-cracked PV-modules was examined in field and laboratory parallelly.

A test rig (Fig. 2) allows for the in-situ observation of crack formation under static mechanical load with an EL camera while measuring the module characteristic curve [1, 2]. At loads exceeding 2000 Pa, the development of new cracks was observed in multicrystalline silicon modules. Above 3000 Pa, additional dark areas developed, spreading from the cracks. Under load, the cracks opened; electrically isolated cell areas (Fig. 3) resulted, reducing the modules' performance. On load removal, the cracks closed. The dark areas disappeared and the original performance was restored (Fig. 4) [3].

For comparison of the lab test results with actual field data, a one-year field test was carried out on a southern German testing site. Most days had only moderate wind speeds, some had strong winds or storms. The snowfall was negligible. Following DIN EN 1991, moderate winds (28 km/h) correspond to about 50 Pa of pressure, storm (140 km/h) to about 1300 Pa. Around

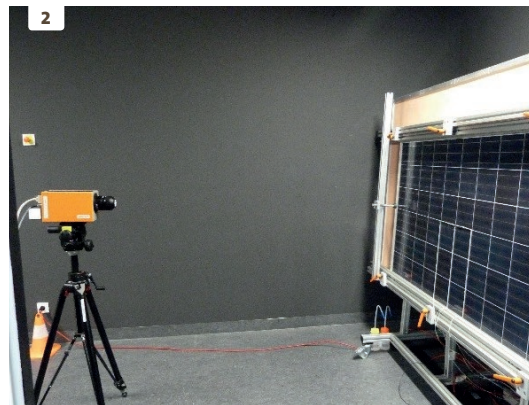
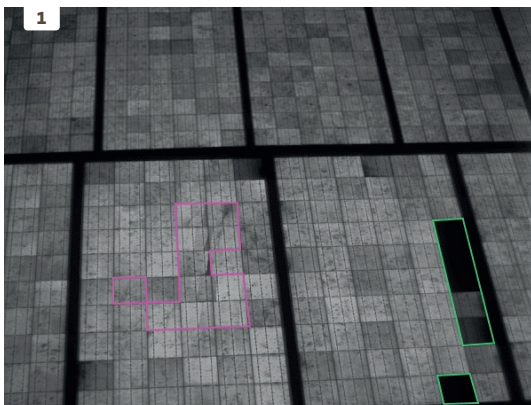
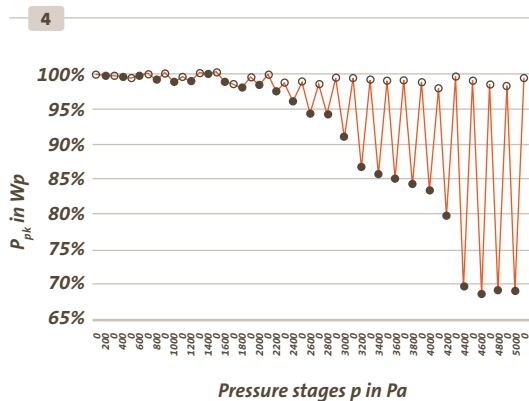
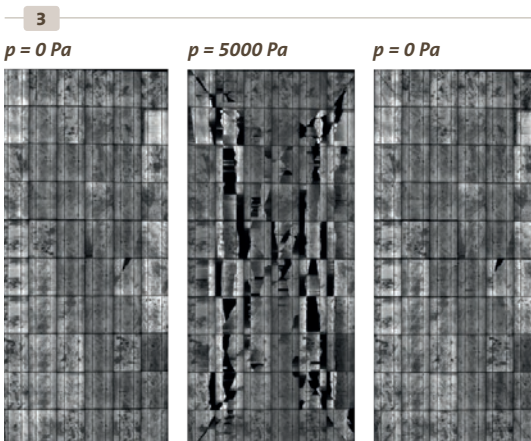


Abb. 1: Installierte PV-Module, aufgenommen im Feld mit dem am ZAE entwickelten Messsystem. Neben gerissenen Zellen (pinker Rahmen) sind auch PID-betroffene Zellen an ihrer homogen dunkelgrauen bis schwarzen Färbung erkennbar (grüner Rahmen)

Fig. 1: PV-modules installed in the field, image taken with ZAE's newly developed EL measuring system. Besides cracked cells (framed in pink), PID-affected cells are recognisable by their homogeneous dark grey to black colour (framed in green)



• Loaded stage ○ Unloaded stage

Abb. 2: Teststand zur Untersuchung der Rissbildung und -fortpflanzung in PV-Modulen unter mechanischer Belastung (© [2])

Fig. 2: Testing rig for the analysis of crack formation and crack propagation in PV-modules under mechanical loads (© [2])

Abb. 3: EL-Aufnahmen eines PV-Moduls ohne ($p = 0$ Pa) und mit mechanischer Belastung ($p = 5000$ Pa). Bei zunehmender Belastung werden neue Risse sichtbar. Bei Belastung elektrisch isolierte Zellbereiche zeigen sich als schwarze Flächen. Bei Entlastung sind die Risse nur noch als Linien erkennbar.

Fig. 3: EL-images of a PV-module without ($p = 0$ Pa) and with mechanical load ($p = 5000$ Pa). With increasing load, new cracks become visible. Under load, electrically isolated areas appear black. Without the load, the cracks are only visible as lines

Abb. 4: Gemessene Leistung des Moduls aus Abb. 3 mit und ohne Belastung. Ab 2000 Pa nimmt die Leistung ab, während sie bei Entlastung wieder den Ursprungswert erreicht. Die Linie beschreibt die zeitliche Reihenfolge der Messungen.

Fig. 4: Measured power of the module from Fig. 3 alternatingly with and without a static load. From 2000 Pa upwards, the power drops, while it returns to the original value on load removal. The red line describes the temporal order of the measurements

gab es Sturm- und Orkantage. Der Schneefall war vernachlässigbar. Nach DIN EN 1991 entsprechen moderate Winde (28 km/h) einer Druckbelastung von ca. 50 Pa, ein Orkan (140 km/h) ca. 1300 Pa. Etwa 50 cm frischer oder 15 cm alter, nasser Schnee bewirken einen Schneedruck von 200 Pa.

Wiederholte Messungen zeigten keine relevanten Änderungen der zu Beginn vorliegenden Rissstrukturen und Modulleistungen. Die Module erwiesen sich, unabhängig der anfänglichen Menge rissbehafteter Zellen, bei moderaten Betriebsbedingungen als robust und stabil. Dies entspricht den Laborerfahrungen, da Änderungen erst bei Belastungen von einigen tausend Pascal auftreten [1, 4].

Feldversuch und Labortests zeigten, dass Risse nicht notwendigerweise die Modulperformance beeinflussen. Zur weiteren Analyse und besseren Prognose des Langzeitverhaltens sind weitere Degradationsversuche in Arbeit.

50 cm of fresh snow or 15 cm of old, wet snow cause 200 Pa of pressure.

Repeated measurements did not indicate any relevant changes in the existing crack structures or module performances. The modules proved themselves robust and stable at moderate ambient conditions, regardless of the initial number of cracked cells. This corresponds with the laboratory findings, where changes also occurred only for loads of several thousand Pa [1, 4].

The field and laboratory tests have shown that cracks do not necessarily impact module performance. For further analysis and improved prognosis of the long-term performance, further degradation analyses are in progress.

2.5

ORGANISCHE PHOTOVOLTAIK GANZ DEZENT

SUBTLE ORGANIC PHOTOVOLTAICS

Autor | Author
H.-J. Egelhaaf,
E. Tam, P. Maisch

Ansprechpartner | Contact
Dr. Hans-Joachim Egelhaaf
 Gruppenleiter
 Solarfabrik der Zukunft
 Head of Group
 Solar Fab of the Future

Bereich | Division
Erneuerbare Energien
 Renewable Energies
 +49 911 56854-9350
 hans-joachim.egelhaaf@
 zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
**Bayerisches Staatsministerium
 für Wirtschaft, Energie und
 Technologie**
 (FKZ 20.2-3410.5-4-5)

**Bundesministerium für Bildung
 und Forschung (FKZ 03EK3501)**

**Bayerische Forschungsstiftung
 (FKZ 1119-14, 1207-16)**

Kooperationspartner | Partners
Durst Phototechnik GmbH

LS Lasersystems GmbH

Innolas Photonics GmbH

Merck KGaA

Bischoff Glasstechnik GmbH

Belectric GmbH/OPVIUS GmbH

Leonhard Kurz Stiftung & Co. KG

PolyIC GmbH

Siemens AG

**Friedrich-Alexander-Universität
 Erlangen-Nürnberg**

**Bayerische Landesanstalt für
 Weinbau und Gartenbau**

**Karlsruher Institut für Tech-
 nologie**

Jacobs-Universität Bremen

**Technische Hochschule
 München**

**Fraunhofer-Institut für Solare
 Energiesysteme**

Trotz einer Steigerung der Effizienzwerte kommerzieller organischer Photovoltaikmodule (OPV) auf zwei bis fünf Prozent, sind sie herkömmlichen Modulen dahingehend noch immer unterlegen. Aktuelle Entwicklungen legen aber nahe, dass die Module in zwei bis drei Jahren den 10 %-Meilenstein erreichen werden. Kommerziell werden sie also immer interessanter.

Die wahre Stärke der OPV liegt allerdings in ihren einzigartigen Vorteilen, hauptsächlich dem geringen Leistungsgewicht und attraktiven Erscheinungsbild, das Semitransparenz sowie nahezu beliebige Wahl von Farbe, Größe und Form umfasst. Daher bietet sich der wachsende Markt der Wearables als natürliche Nische für die OPV an. Voraussetzung für geschmeidige Integration in Textilprodukte ist die Anpassbarkeit der Module. Im Idealfall bleiben sie unerkannt.

Ein vielversprechender Ansatz dazu ist der Digitaldruck von OPV-Modulen im Drop-on-Demand-Verfahren, das den gezielten Auftrag der Tinte ermöglicht. In gängigen Inkjet-gedruckten Modulen sind allerdings Verschaltungen, sogenannte Interconnects, als mehrere Millimeter breite Lücken sichtbar. Eine große Hürde auf dem Weg zur Unsichtbarkeit ist die Entwicklung eines Verfahrens, das die unauffällige Verbindung der Zellen ohne Leistungseinbußen erlaubt.

Daher wurde eine neue Strategie zum Tintenstrahl- druck nahezu unsichtbarer, dennoch effektiver Interconnects entwickelt: Alle Schichten, abgesehen von den Elektroden, werden vollflächig und optisch homogen gedruckt. Dann werden dünne, aber robuste leitende Linien, sogenannte Silberbrücken, zwischen den Boden- und Deckelektroden benachbarter Zellen aufgebracht (Abb. 1).

Die Qualität dieser Interconnects bemisst sich an einem möglichst geringen elektrischen Widerstand. Zur ausreichend genauen Messung desselben wurde die Kelvinbrücken-Architektur entwickelt, die sich besonders gut zur Charakterisierung gedruckter Mo-

In spite of the efficiency of organic photovoltaic modules (OPV) reaching two to five percent, they are still inferior to conventional modules in this respect. But recent developments suggest they will reach 10% efficiency within two or three years. Therefore, they are gaining commercial relevance.

The true strength of OPV, however, lies in its unique advantages, mainly a high power-to-weight ratio and attractive appearance including semitransparency and freedom of colour, shape, and size. Hence, OPVs are a natural choice for the quickly growing wearable market. Smooth integration into textile goods requires high adaptability. Ideally, they remain unrecognised.

A promising approach for this is the digital printing of organic photovoltaics in a drop-on-demand process, allowing for the arbitrary application of ink. Inkjet-printed modules, however, typically display several millimetres wide cell interconnection gaps. One big challenge on the path to invisibility is a technological solution for discreet interconnections without compromises in performance.

Hence, a new inkjet-based strategy was developed to achieve effective, yet visually unobtrusive interconnects: All layers except for the electrodes are printed as continuous, visually homogeneous layers. The cell interconnects, thin but robust and highly conductive silver bridges, are then inkjet-printed onto the bottom and top electrodes of neighbouring cells.

The quality of these interconnects shows in an ideally very small electrical resistance. For the precise measurement of same, the Kelvin bridge architecture was developed, which is particularly suited for the characterisation of printed modules. Using numerical simulations based on the Finite Element Models, the experimental current-voltage characteristics can be reproduced with high accuracy from the specific interconnect resistances (Fig. 2). These can then help to predict the resistances of similar architectures.

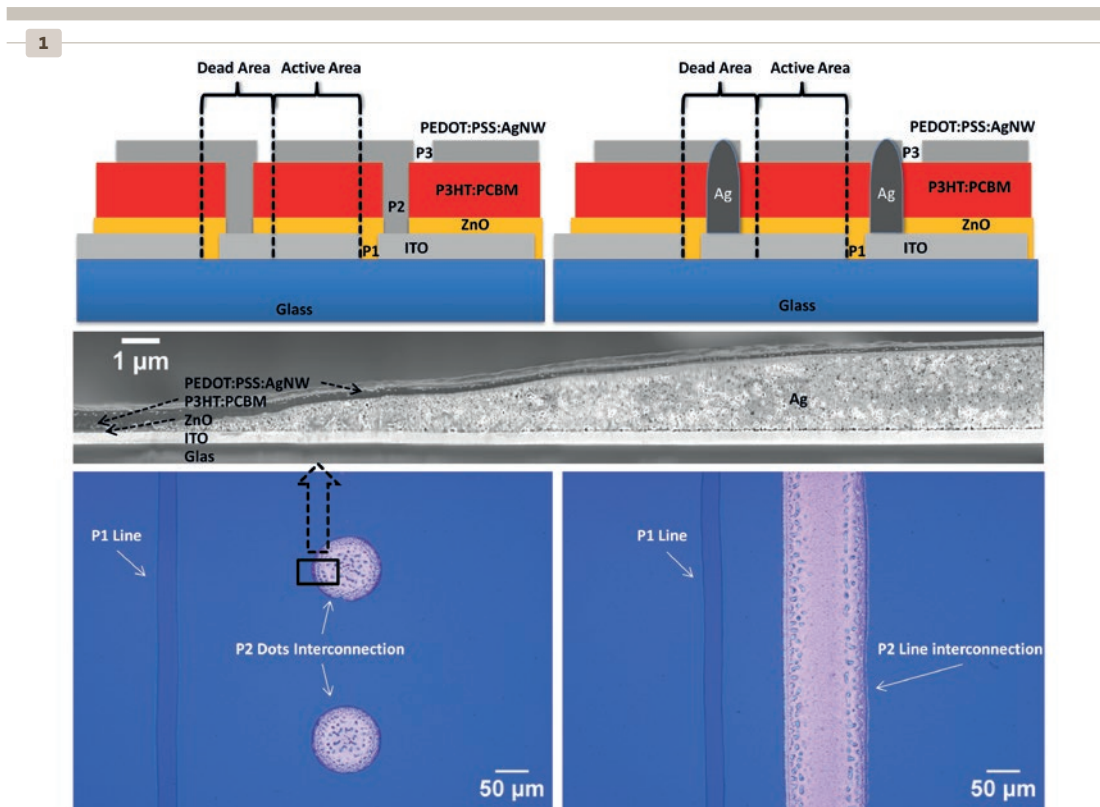


Abb. 1: Oben: Schematische Darstellung einer traditionellen (links) und einer Silberbrücken-Modulverschaltung (rechts). Mitte: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Querschnitts durch eine Silberbrücke. Unten: Dunkel-feldmikroskopische Aufnahme von Silberbrücken, die als Punkte (links) und als Linien (rechts) ausgeführt sind

Fig. 1: Top: Schematic illustration of traditional (left) and silver bridge interconnection scheme (right). Middle: Scanning electron microscopy cross section of a silver bridge. Bottom: Dark field microscope images of silver bridge interconnections realised as dots (left) and lines (right)



dule eignet. Mit Hilfe numerischer Kalkulationen auf Finite-Elemente-Basis lassen sich aus dem spezifischen Interconnect-Widerstand die experimentellen Strom-Spannungs-Kennlinien mit hoher Genauigkeit reproduzieren (Abb. 2). Mit ihrer Hilfe können dann Widerstände in ähnlichen Architekturen vorhergesagt werden.

Für dezente Photovoltaik besitzt die Verschaltung mit Silberbrücken großes Potential, besonders in Kombination mit halbdurchsichtigen Silbernanodraht-Elektroden (Abb. 3). Die Silberbrücken-Technologie ermöglicht dann auch neue Herstellungsmöglichkeiten für andere Photovoltaik-Technologien, einschließlich der Perowskit-Photovoltaik.

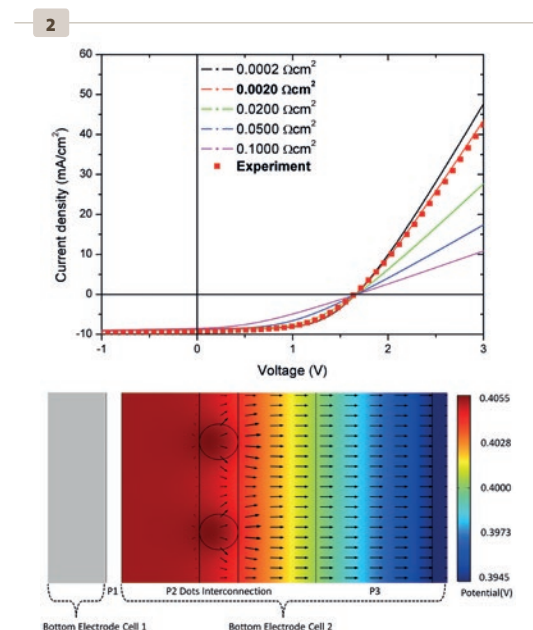


Abb. 2: Oben: Experimentelle (Quadrate) und simulierte (Linien) Strom-Spannungs-Kennlinien eines aus drei Solarzellen bestehenden Moduls mit punktförmigen Silberbrücken-Verschaltungen. Unten: Potentialverteilung und normierte Stromdichte in der Verschaltungsregion zwischen Bodenelektrode und mittlerer Zelle am Leistungsmaximum

Fig. 2: Top: Experimental (squares) and simulated (lines) j - V curves of a three-cell module with dotted interconnections. Bottom: Voltage potential distribution and the normalised lateral current densities at the interconnection area of the bottom electrode of cell 2 at the maximum power point

Abb. 3: Anwendungen dezenter Photovoltaik: Solar-Armband für Smartwatches (links) und aus einer Kooperation mit Merck, Siemens und Bischoff Glastechnik entstandenes Isolierglasfenster mit (fast) unsichtbaren, direkt auf Glas gedruckten Solarmodulen (rechts)

Fig. 3: Applications of subtle organic photovoltaics: solar wrist band for smart watches (left) and insulating glass window manufactured in cooperation with Merck, Siemens, and Bischoff Glastechnik, with (almost) invisible solar modules printed directly on glass (right)

The silver bridge interconnection method, especially combined with semitransparent silver nanowire electrodes, has considerable potential for subtle photovoltaics (Fig. 3). It also opens up new manufacturing methods for all types of printed photovoltaics, including perovskites.

2.6

QUALITÄTSPRÜFUNG BEI IN MEHRFACHVERGLASUNGEN INTEGRIERTEN PHOTOVOLTAIKMODULEN

QUALITY CONTROL FOR PV MODULES INTEGRATED INTO INSULATION GLAZING

Autor | Author
A. Baumann, A. Stephan

Ansprechpartner | Contact
Dr. Andreas Baumann
Gruppenleiter
Solar-Hybride Systeme
Head of Group
Solar Hybrid Systems

Bereich | Division
Energieeffizienz
Energy Efficiency
+49 931 70564-342
andreas.baumann
@zae-bayern.de

Mit wachsenden energetischen Anforderungen an Gebäude spielt auch die Funktionalisierung bzw. Aktivierung von Gebäudekomponenten eine immer bedeutendere Rolle. Isolierverglasungen mit integrierten Photovoltaikmodulen (PV-Modulen) bieten zum Beispiel die Möglichkeit, die Energiebilanz eines Gebäudes durch elektrischen Energieertrag zu verbessern. Gleichzeitig darf aber die gebäudeintegrierte PV (BIPV) andere Eigenschaften der ersetzten Gebäudekomponente, wie etwa den Wärmeschutz eines Verglasungssystems, nicht negativ beeinflussen. Neben den elektrischen Kenngrößen der Solarmodule sind dafür vor allem genaue Kenntnis und Kontrolle der thermischen und solaroptischen Kenngrößen von zentraler Bedeutung.

Im Zuge der Erstellung einer Marktübersicht über kommerzielle Isolierverglasungen mit integrierter PV wurden am ZAE Bayern unterschiedliche BIPV-Ver Glasungen thermisch, optisch und elektrisch charakterisiert. Dabei wurden zwei Zelltechnologien in einer Zweischeiben-Isolierverglasung untersucht: zum einen mono- und polykristalline Silizium-PV in Form von Wafer-Zellen, zum anderen amorphe Silizium-PV, die eine homogene Beschichtung der Glasfläche erlaubt (Abb. 1). Für die Messungen wurde der Heliostat (Abb. 2) zur Bestimmung des Energiedurchlassgrads von Verglasungen modifiziert und um die Möglichkeit der parallelen Bestimmung von g-Wert, sekundärem Wärmeeintrag und generierter elektrischer Leistung erweitert. Außerdem wurde der Wärmedurchgangskoeffizient (U_g -Wert) der Zellen bestimmt.

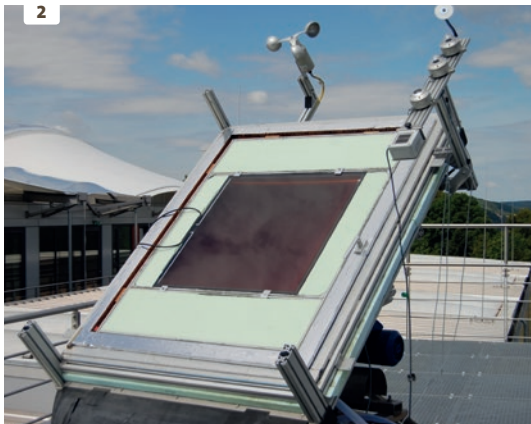
Im Vergleich zu üblicher Zweifach-Isolierverglasung mit low-e-Beschichtung zur Senkung der Emissivität (U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), war der U_g -Wert aller ge-

Due to increasing energetic demands made towards buildings, the functionalisation and activation of building components are gaining in importance. For example, insulation glazing with integrated photovoltaic (PV) modules offers the possibility to improve a building's energy balance by harvesting electrical energy. But at the same time, building integrated PV (BIPV) is not supposed to negatively alter other properties of the building component it replaces, such as the thermally insulating effect of a glazing system. Besides the electrical parameters of the PV modules, precise knowledge and control of the thermal and solar optical parameters are fundamentally important to ensure this.

As part of the compilation of a market overview of commercially available insulation glazing with integrated PV modules, ZAE Bayern thermally and optically characterised different types of BIPV glazing. Two different cell technologies were examined in double insulation glazing: mono- and polycrystalline silicon PV in form of wafer cells on the one hand and amorphous silicon PV, which allows for homogenous coating of the entire glazing area, on the other hand (Fig. 1). For the measurements, the heliostat (Fig. 2) was modified for the determination of the g-value of glazings and extended to allow for the simultaneous determination

Abb. 1: Beispiel für eine BIPV-Ver Glasung: PV-Module integriert in Zweifachverglasung
Fig. 1: Example of BIPV glazing: PV modules integrated into double glazing





testeten Proben erhöht. Bei den Verglasungen mit kristallinen PV-Zellen lag er bei $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was auf einen unvollständigen Edelgasfüllgrad (Argon) hindeutet. Bei den Verglasungen mit amorphen PV-Zellen erreichte er $2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was eine fehlende low-e-Beschichtung vermuten lässt.

Der g-Wert, der den Energiedurchlassgrad der BIPV-Verglasung angibt, stieg mit steigendem Transmissionsgrad, der, im Fall der kristallinen Module, allein durch den Belegungsgrad der Verglasung mit Zellen bestimmt ist (Abb. 3). Außerdem lag, bei gleichem Transmissionsgrad, der g-Wert bei den kristallinen Proben niedriger als bei den amorphen. Dies ist durch den höheren U_g -Wert der amorphen Proben und den damit verbundenen höheren sekundären Wärmestrom bedingt.

Schließlich verringert auch die elektrische Leistung der Zellen und der damit verbundene sekundäre Wärmeanteil den g-Wert. Dieser Effekt ist bei Einfachverglasungen stärker, da sich bei solchen eine teilweise Umwandlung der absorbierten Strahlungsleistung in elektrische Leistung stärker bemerkbar macht.

Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit auf, Gebäudekomponenten in ihrer Gesamtheit zu charakterisieren, um sie für den Einsatz in Gebäuden bewerten zu können. Künftig sollen BIPV-Verglasungen in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie untersucht und weiterentwickelt werden.

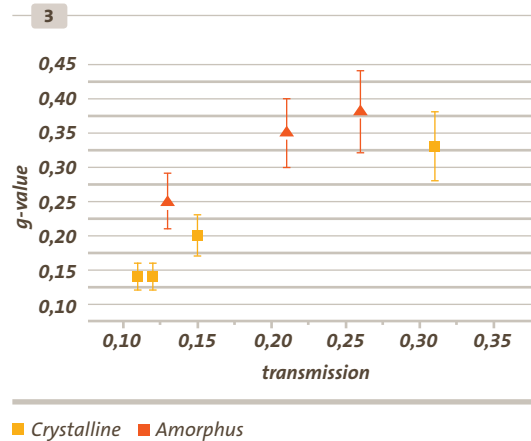


Abb. 2: BIPV-Verglasung im Außenmessstand zur Ermittlung des g-Wertes von transparenten Verglasungen

Fig. 2: BIPV glazing in outdoor measurement setup for determination of g-value of transparent glazing systems

Abb. 3: g-Wert in Abhängigkeit des Transmissionsgrads für die untersuchten Proben

Fig. 3: g-value plotted over transmissivity for tested samples

of g-value, secondary heat input, and electrical power. Also, the heat transfer coefficient (U_g -value) was determined.

Compared with standard double insulation glazing with low-e coating for lower emissivity (U_g -value of $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), the U_g -value of all tested samples was increased. For the glazings with crystalline silicon PV cells, it reached about $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ which indicates incomplete filling with inert gas (Argon). For the glazings with amorphous cells, the value reached $2.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ which indicates a missing low-e coating.

The g-value, which indicates the level of solar input through the BIPV glazing, increased in proportion with the degree of transmission, which, for the crystalline modules, is determined solely by the degree of surface coverage with cells (Fig. 3). Additionally, the g-value for the crystalline BIPV glazing samples was lower than for the amorphous samples of the same transmissivity. This is due to the higher U_g -value of the amorphous samples and the resulting higher secondary heat flow.

Finally, the cells' electrical power and associated secondary heat proportion also decrease the g-value. This effect is stronger in single glazing systems, as for these the partial conversion of the absorbed radiation power into electrical power has a bigger impact.

The results show a need to characterise building components as an ensemble for the evaluation of their final application. In the future, BIPV glazing systems will be analysed and further developed in close collaboration with industrial partners.

2.7

HOCHGENAUE INFRAROT-OPTISCHE MESSUNGEN ZUR ERHÖHUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

HIGHLY PRECISE INFRARED OPTICAL MEASUREMENTS FOR INCREASED ENERGY EFFICIENCY

Autor | Author
J. Manara, M. Arduini

Ansprechpartner | Contact
Dr. Jochen Manara
Gruppenleiter
Angewandte IR-Metrologie
Head of Group
Applied IR Metrology

Bereich | Division
Energieeffizienz
Energy Efficiency
+49 931 70564-346
jochen.manara@zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Europäische Union
(FKZ 16NRM06)

Kooperationspartner | Partners
**Laboratoire national de
métrologie et d'essais (LNE)**
Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (PTB)

Danmarks Tekniske Universitet
(DTU)

Aalto-korkeakoulusäätiö sr
(Aalto)

**Fraunhofer-Institut für Produkti-
onsanlagen und Konstruktions-
technik (FHG-IPK)**

**Forschungsinstitut für
Wärmeschutz e. V. München**
(FIW München)

Istituto Giordano S. p. A. (IG)

ACTIS S. A.

INGLAS GmbH & Co. KG

Bereits bei Raumtemperatur erfolgt ein signifikanter Teil des Wärmetransports durch Wärmestrahlung. Bei steigenden Temperaturen verstärkt sich dieser Effekt. Daher spielt bei der Charakterisierung von Materialien, Komponenten und Systemen, die zur Wärmedämmung in verschiedenen Temperaturbereichen eingesetzt werden, die exakte und zuverlässige Erfassung der infrarot-optischen Kenngrößen eine wichtige Rolle. So kann zum Beispiel durch Reduktion des Emissionsgrades von Oberflächen in Foliendämmungen die Wärmeabstrahlung vermindert und somit die Energieeffizienz des Systems gesteigert werden. Wärme wird in hohem Maße reflektiert, die Dämmwirkung verbessert.

Im Rahmen des EU-geförderten Projekts „Improvement of emissivity measurements on reflective insulation materials (EMIRIM)“ werden deshalb durch das ZAE Bayern und seine Projektpartner, darunter mehrere metrologische Institute, rückführbare, hochgenaue Messverfahren zur Bestimmung des Emissionsgrades niedrig emittierender Folien weiterentwickelt. Die Ergebnisse sollen u. a. in die Aktivitäten der Arbeitsgruppe für Foliendämmungen des Europäischen Komitees für Normung (CEN/TC 89/WG 12) zur Überarbeitung der Norm EN 16012 [1] einfließen. Bisherige, durch das Normungsgremium organisierte Vergleichsmessungen wichen erheblich voneinander ab, weshalb verbesserte Messverfahren mit geringeren Unsicherheiten durch entsprechend qualifizierte Institute erarbeitet werden müssen.

Am ZAE Bayern können sowohl der Emissionsgrad in einem weiten Parameterbereich hinsichtlich Wellenlänge, Temperatur und Abstrahlwinkel bestimmt als auch vorhandene Messverfahren für komplexe Materialien und Oberflächen adaptiert und optimiert

Already at ambient conditions, a significant share of heat transport happens through thermal radiation. This effect increases with increasing temperature. Hence, the precise and reliable capturing of infrared-optical properties plays an important role in the characterisation of materials, components, and systems used for thermal insulation in various temperature ranges. For example, by reducing the emissivity of surfaces in reflective insulations, thermal radiation can be reduced to improve a system's overall energy efficiency. As more heat is reflected, the insulation's performance improves.

Within the EU-funded project “Improvement of emissivity measurements on reflective insulation materials (EMIRIM)”, ZAE Bayern and its project partners, among them several metrological institutes, have further developed traceable, highly accurate measurement procedures to determine the emissivity of lowly emitting foils. The findings will, among other uses, be employed to support the working group for reflective insulations of the European Committee for Standardization (CEN/TC 89/WG 12) in their revision of DIN EN 16012 [1]. Previous round robin tests, organised by the committee, considerably deviated from each other. Therefore, improved measurement methods with smaller uncertainties need to be developed by qualified institutes.

ZAE Bayern is able to determine emissivity in a wide range of parameters with respect to wavelength, temperature, and emission angle; as well as to optimise and adapt the existing measurement methods for the investigation of complex materials and surfaces. Set-ups are available for measurements at ambient temperature (Fig. 1) as well as for high temperatures of up to 3000 °C (Fig. 2).



Abb. 1: Messaufbau bestehend aus Ulbrichtkugel (links) und Infrarotdetektor (rechts) zur Bestimmung von Reflexions-, Transmissions- und Emissionsgrad bei Raumtemperatur mittels eines FTIR-Spektrometers

Fig. 1: Measurement setup consisting of integrating sphere (left) and infrared detector (right) for determination of reflectivity, transmissivity and emissivity at ambient temperature using an FTIR-spectrometer

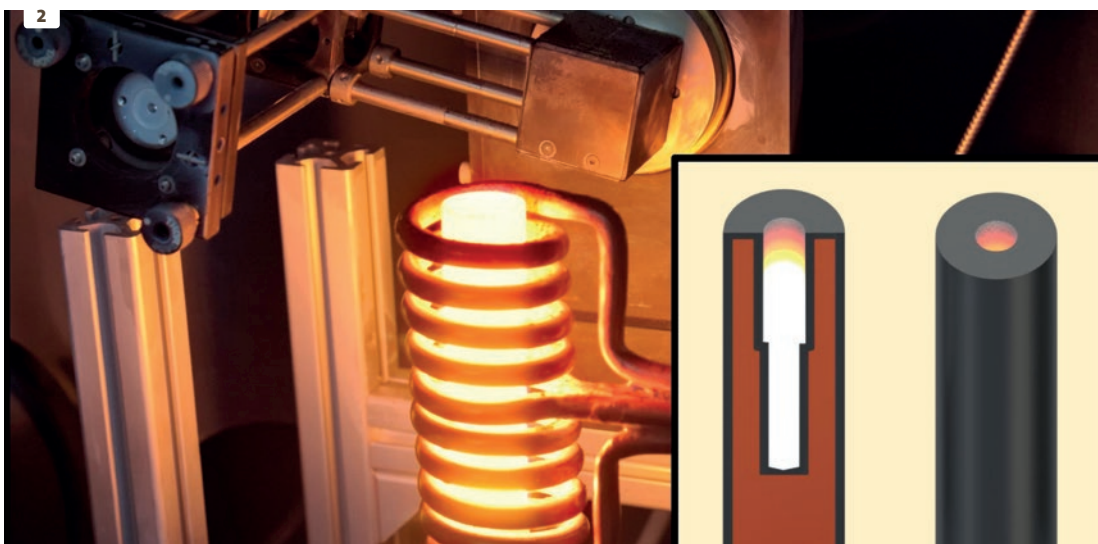


Abb. 2: Hochtemperatur-Apparatur zur Bestimmung des Emissionsgrades unter extremen Bedingungen mit induktiv beheiztem schwarzen Strahler als Referenz. Der schematische Aufbau eines schwarzen Fixpunktstrahlers ist rechts im Bild gezeigt.

Fig. 2: High-temperature apparatus for determination of emissivity at extreme conditions with inductively heated black body radiator as reference. Schematic drawing of black body fixed-point radiator depicted on the right

Literatur | References

- [1] EN 16012:2012+A1:2015: Wärmedämmstoffe für Gebäude – Reflektierende Wärmedämm-Produkte – Bestimmung der Nennwerte der wärmetechnischen Eigenschaften (Thermal insulation for buildings – Reflective insulation products – Determination of the declared thermal performance).
- [2] J. Manara, High Temperature Test-Rig for Emissivity and Non-Contact Temperature Measurements, 21st European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2017), Graz, Austria, 03.-08.09.2017.
- [3] M. Zipf, Non-Contact Temperature Measurement of Combustion Gases at High Temperatures and Pressures, 21st European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2017), Graz, Austria, 03.-08.09.2017.
- [4] J. Manara, Entwicklung und Test eines langwelligigen Strahlungsthermometers zur berührungslosen Temperaturmessung in Gasturbinen während des Betriebs, Temperatur 2017, Berlin, Germany, 17.-18.05.2017.
- [5] J. Manara et al., Infrared Phys. Technol., 80 (2017) 120-130.

werden. Dafür stehen Messapparaturen sowohl für Raumtemperatur (Abb. 1) als auch für den Hochtemperaturbereich bis 3000 °C (Abb. 2) zur Verfügung.

Zusätzlich zur Quantifizierung des Wärmestrahlungs- transports ermöglicht die genaue Kenntnis des Emissionsgrades auch die Durchführung berührungsloser Temperaturmessungen [2]. Solche führt das ZAE Bayern bei Verbrennungsgasen [3] oder Wärmedämmschichten [4] in Gasturbinen während des Betriebs durch, um eine Prozessoptimierung und Wirkungsgradsteigerung zu erreichen [5]. Darüber hinaus können die verwendeten Strahlungsthermometer über ihren gesamten Messbereich hochgenau und rückführbar kalibriert werden.

In addition to the quantification of radiative heat transfer, exact knowledge of the degree of emissivity allows for non-contact temperature measurement [2]. ZAE Bayern performs such on combustion gases [3] or thermal barrier coatings [4] in operating gas turbines for process optimisation and increase of efficiency [5]. Moreover, the radiation thermometers employed allow for highly accurate and traceable calibration over their entire measurement range.

2.8

10.000-HÄUSER-PROGRAMM FÜR ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDESANIERUNGEN UND NEUBAUTEN

10,000 HOUSES PROGRAMME FOR ENERGY EFFICIENT BUILDING REFURBISHMENT AND CONSTRUCTION

Autor | Author
J. Kuckelkorn, A. Luft, G. Fink

Ansprechpartner | Contact
Dr. Jens Kuckelkorn
Gruppenleiter
Systementwicklung
Head of Group
Systems Engineering

Bereich | Division
Energiespeicherung
Energy Storage
+49 89 329442-988
energiebonus@zae-bayern.de

Kooperationspartner | Partners
Bayerisches Staatsministerium
für Wirtschaft, Energie und
Technologie

Im Oktober 2015 verabschiedete die Bayerische Staatsregierung das *Bayerische Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung*. Darin ist unter anderem geregelt, dass alle erneuerbaren Energieformen, die in Bayern verfügbar und zu ökologisch und ökonomisch vertretbaren Bedingungen nutzbar sind, auf breiter Basis ausgebaut werden sollen. Ihr Anteil an der Strom- und Wärmeenergieerzeugung soll erhöht werden.

Diese Ziele wirken sich unmittelbar auf die Strom- und Wärmebereitstellung für Privathaushalte aus, weshalb, ebenfalls 2015, das *10.000-Häuser-Programm* ins Leben gerufen wurde. Es dient der Unterstützung von Eigentümern und Bauherren selbstgenutzter Ein- und Zweifamilienhäuser bei energetischen Sanierungsmaßnahmen und Neubauten. Diese Förderung ist in zwei nicht kombinierbare Programmteile gegliedert:

Im Teilprogramm *EnergieSystemHaus* werden die Nutzung innovativer und effizienter Heiz-/Speichersysteme mit intelligenter Regelungstechnik sowie die Verringerung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden finanziell gefördert. Insbesondere Heiz-/Speichersysteme mit Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Solarthermie und Holzheizungen in Verbindung mit hocheffizienten thermischen Speichern stehen hier im Fokus. Außerdem wird netzdienliche Photovoltaik (PV) in Form intelligenter thermischer und elektrischer Speichersysteme gefördert, um eine effiziente Netzeinspeisekappung zu gewährleisten.

Das Teilprogramm *HeizungstauschPlus* fördert den Austausch alter, ineffizienter Heizungsanlagen, die noch nicht der gesetzlichen Austauschpflicht unterliegen. Förderfähig sind Biomassekessel sowie Öl- und Gasbrennwertkessel mit und ohne unterstützender

In October 2015, the Bavarian state government passed a new energy policy for a secure, affordable, and environmentally sustainable energy supply. Among other things, this programme states that all forms of renewable energy available in Bavaria, which can be used in an ecologically and economically reasonable manner, are to be expanded on a broad scale. Their share in the generation of electricity and heat is to be increased.

These goals have immediate impact on the electricity and heat supply for private households. Therefore, also in 2015, the *10,000 Houses* programme was initiated. It is supposed to give the owners and builders of self-occupied one- and two-family homes support with energetic restoration and energy oriented construction measures. The programme is split into two non-combinable sections:

The programme part *Energy System House* funds the use of innovative and efficient heating/storage systems with intelligent control technology as well as the reduction of heating demand. Particular focus is thereby put on heating/storage systems with heat pumps, cogeneration plants, solar thermal energy and wood burners combined with highly efficient thermal storages. Also, grid-oriented photovoltaics (PV) in the form of intelligent thermal and electrical storage systems are funded in order to ensure an efficiently limited grid feed.

Funding from the programme part *Heating Change Plus* goes towards the replacement of old, inefficient heating systems which are not yet to be replaced by law. Funding is given for biomass boilers as well as oil and gas fired condensing boilers with and without supporting solar thermal system. Since April 2017, the

1



Solarthermieanlage. Seit April 2017 umfasst das Programm auch energetisch und wirtschaftlich sinnvolle Wärmepumpensysteme, den Einbau von Batteriespeichern in neue oder bestehende Photovoltaiksysteme und die Nachrüstung effizienter Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Das ZAE Bayern unterstützt das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie bei wissenschaftlich-technischen Fragestellungen zur Konzeption und Umsetzung des Förderprogramms. Dazu zählen auch die inhaltliche Ausgestaltung von Informationsmaterialien und die technische Prüfung der Förderfähigkeit bisher wenig verbreiteter Technologien aus den Bereichen Heizung, Energiespeicherung und erneuerbare Energiegewinnung, die sich teilweise noch in der Entwicklung befinden. Zu diesem Zweck werden beispielsweise Simulationen verschiedener Gebäudeanlagen erstellt, mit deren Hilfe die Förderfähigkeit einzelner Technologien wie der netzdienlichen Netzeinspeisekappung von PV-Anlagen bewertet werden kann. Auf dieser Basis werden dann Konzepte zur Einführung neuer, sinnvoller Förderbausteine erarbeitet und Anpassungen der bisherigen Fördertatbestände im Rahmen der jährlichen Novellierung wissenschaftlich begleitet.

programme also subsidises energetically and economically reasonable heat pump systems, the installation of battery storages in new or existing photovoltaic systems, and the retrofitting of efficient ventilation systems with heat recovery.

ZAE Bayern assists the Bavarian Ministry of Economic Affairs, Energy and Technology with scientific and technical questions about the conception and implementation of the programme. This includes the content-wise design of information material and the technical review of not yet widespread technologies from the fields of heating, energy storage, and renewable energy production, parts of which are still under development, to determine their eligibility for funding. One example for this is the simulation of different building facilities for the evaluation of the funding eligibility of individual technologies such as grid-oriented peak shaving in PV systems. On this basis, concepts for the introduction of new and reasonable types of funding are established and annual adjustments of the existing ones are scientifically supported.

Abb. 1: Förderbausteine des 10.000-Häuser-Programms der bayerischen Staatsregierung (© Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie)

Fig. 1: Funding components of the 10.000 Houses programme (© Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology)

2.9

BEWERTUNG THERMISCHER UND ELEKTRISCHER ENERGIESPEICHER AM BEISPIEL EINES MODERNEN BÜROGEBÄUDES

EVALUATION OF THERMAL AND ELECTRICAL ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR A MODERN OFFICE BUILDING

Autor | Author
L. Staudacher, G. Fink

Ansprechpartner | Contact
Dipl.-Phys. Lars Staudacher
Stellv. Gruppenleiter
Solarthermie und Geothermie
Deputy Head of Division
Solar Thermal and Geothermal

Bereich | Division
Energiespeicherung
Energy Storage
+49 89 329442-41
lars.staudacher@zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Bayerisches Staatsministerium
für Wirtschaft, Energie und
Technologie
(FKZ 20-3400.00-03/12)

Im Rahmen einer Simulationsstudie untersucht das ZAE Bayern, am Beispiel eines Büroneubaus nach EnEV 2016, verschiedene Speichertechnologien zur Steigerung des solaren Deckungsanteils und Eigenverbrauchsanteils eines photovoltaisch unterstützten Heiz- und Kühlsystems (Abb. 1). Gebäude und Anlagentechnik wurden dazu mit einem dynamischen Simulationsprogramm abgebildet. In Parameterstudien wird der Einfluss der Dimensionierung von Speichern und Photovoltaikanlage (PV-Anlage) untersucht.

Im Referenzfall ohne elektrischen Speicher wird maximal ein Eigenverbrauchsanteil (EVA) von 57% bei einem Solaren Deckungsanteil (SDAGES) von 36% des Gesamtenergiebedarfs erreicht.

Durch Beladung der thermischen Speicher mit PV-Überschüssen und sukzessive Volumenvergrößerung bis zur Kapazität eines Eintagespeichers, kann der EVA auf 75% und der SDAGES auf 45% gesteigert werden.

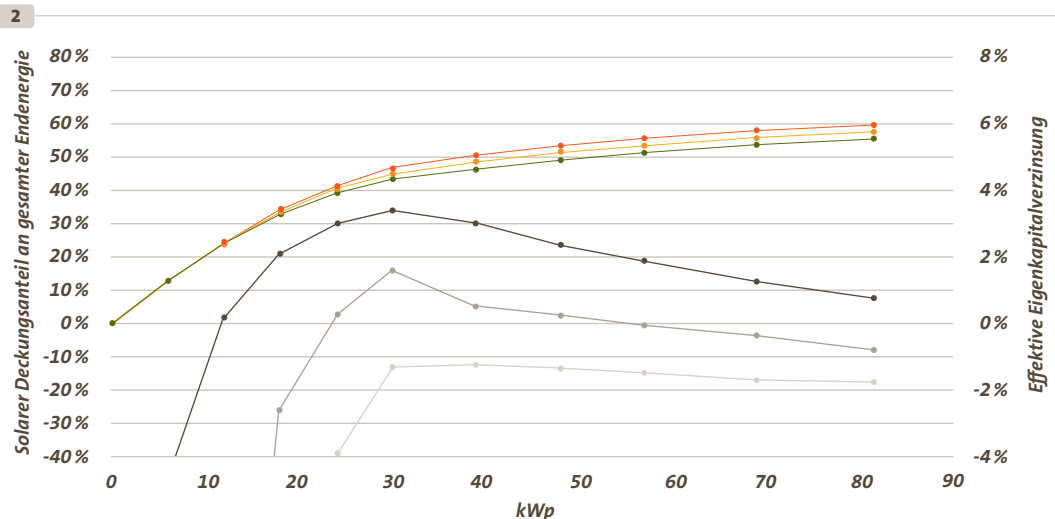
As part of a simulation study, ZAE Bayern is examining the suitability of different storage technologies for the improvement of the solar fraction and self-consumption rate of a heating and cooling system supported by photovoltaics (PV) (Fig. 1) designed for an exemplary new office building following EnEV 2016. The building and heating/cooling system were therefore modelled in dynamic simulation software. Parametric studies on the effects of the dimensioning of storages and PV system were conducted.

The reference case without electrical storage allows for a maximum self-consumption rate (EVA) of 57% at a solar fraction (SDAGES) of 36% of the total energy demand.

By loading the thermal storages with surplus PV-energy and gradually increasing their volume to one-day capacity, the EVA can be increased to 75%, the SDAGES to 45%.

Abb. 2: Solarer Deckungsanteil und effektive Eigenkapitalverzinsung für drei, bezüglich solarer Deckung vergleichbare, Anlagenvarianten

Fig. 2: Solar fraction and effective interest for equity capital for three different configurations with similar solar fractions



■ SDAGES 5/10m³ ■ SDAGES 15 kWh ■ SDAGES 25 kWh ■ Z_eff 5/10m³ ■ Z_eff 15 kWh ■ Z_eff 25 kWh

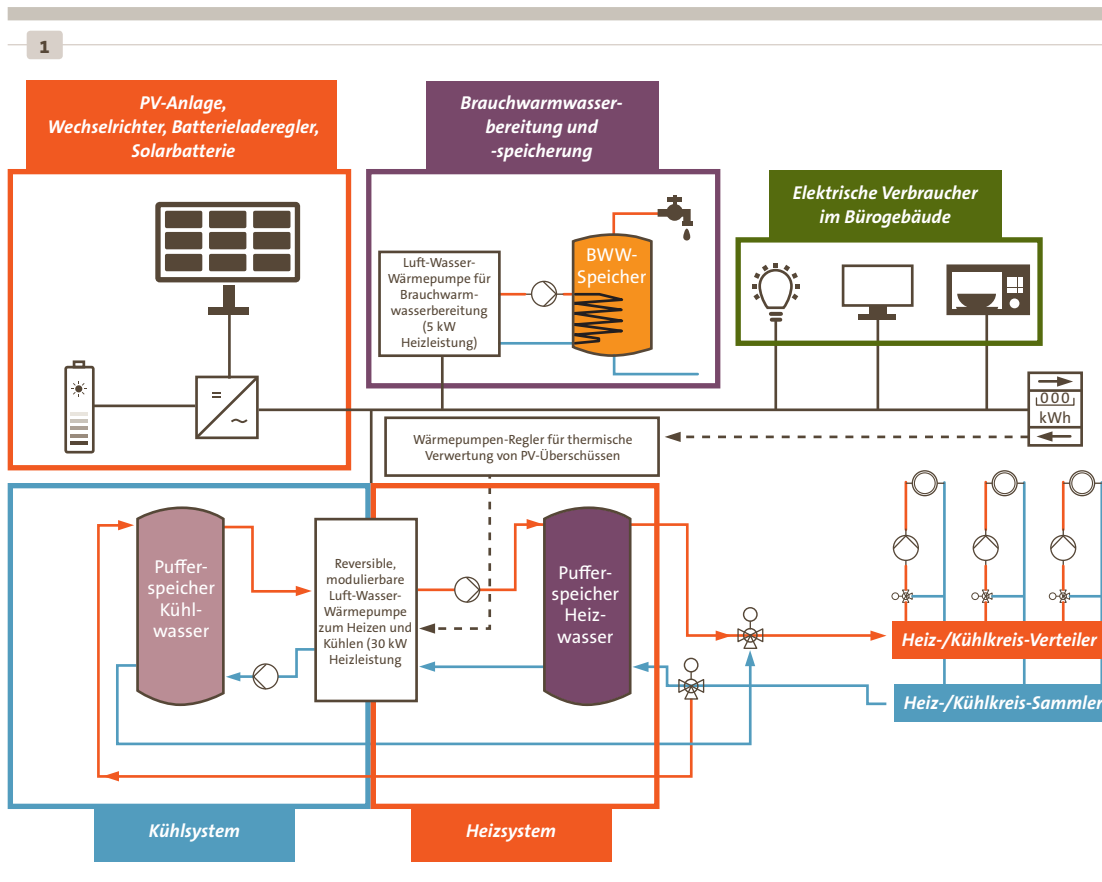


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau des photovoltaisch unterstützten Heiz- und Kühlsystems

Fig. 1: Setup of the heating and cooling system

Bei der Verwendung eines Lithium-Ionen-Speichers mit der Kapazität eines Eintagespeichers wird ein EVA von 93 %, ein SDAGES von 57 % erreicht.

When using a one-day-capacity lithium-ion battery, the EVA reaches 93%, the SDAGES 57%.

Zur wirtschaftlichen Bewertung der Anlage wurde die effektive Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals über 20 Jahre berechnet. Drei verschiedene Anlagenkonfigurationen, deren solarer Deckungsanteil annähernd gleich ist, wurden bewertet (Abb. 2).

For the economic evaluation of the system, the effective interest over 20 years for the equity capital was calculated. Three different system configurations with similar solar fractions were assessed (Fig. 2).

Links ist der SDAGES aufgetragen, rechts die effektive Eigenkapitalverzinsung. Dargestellt sind Konfigurationen mit erweitertem thermischen Speicher (schwarze Linie) und mit elektrischen Speichern (graue Linien). Der solare Deckungsanteil ist dabei für alle Varianten und PV-Anlagengrößen annähernd gleich. Die effektive Eigenkapitalverzinsung variiert jedoch deutlich: Die Anlage mit erweiterten thermischen Speichern erzielt maximal 3,4%, die Anlage mit 15 kWh elektrischem Speichervolumen lediglich 1,7%. Die Anlage mit 25 kWh elektrischem Speichervolumen liefert bereits negative Werte. Wirtschaftlich ist die thermische Energiespeicherung also, bei den derzeitigen Preisen für Akkumulatoren, noch deutlich überlegen.

The SDAGES is plotted on the left, the effective interest on the right. The figure depicts configurations with an extended thermal storage (black line) or with different electrical storages (grey lines). The solar fraction is thereby almost identical for all configurations and PV system sizes. The effective interest, however, varies considerably: The system with extended thermal storage reaches a maximum of 3.4%, the one with 15 kWh of electrical storage only 1.7%. The 25 kWh electrical storage configuration generates negative interest. So from an economic point of view, at the current battery prices, thermal energy storages are still the better choice.

2.10

KOHLENSTOFF-NANODIAMANT-BASIERTE ELEKTRODEN FÜR SUPERKONDENSATOREN

CARBON NANODIAMOND-BASED ELECTRODES FOR SUPERCAPACITORS

Autor | Author
G. Reichenauer, I. Lederer

Ansprechpartner | Contact
Dr. Gudrun Reichenauer
Gruppenleiterin
Nanomaterialien
Head of Division
Nanomaterials

Bereich | Division
Energieeffizienz
Energy Efficiency
+49 931 70564-328
gudrun.reichenauer@
zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
**Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt und Verbraucherschutz
(im Unterauftrag)**

Kooperationspartner | Partners
**Julius-Maximilians-Universität
Würzburg**

Literatur | References
[1] A. Krüger, Neue Kohlenstoff-
materialien - Eine Einführung,
Vieweg+Teubner Verlag, Wiesba-
den, 2007.

Kohlenstoff-Nanodiamanten [1] sind kugelförmige Kohlenstoffpartikel, die sich einerseits durch ihre Größe von einigen Nanometern und andererseits durch die Kohlenstoffphase, aus der sie bestehen, auszeichnen. Nanodiamanten werden über ein Detonations-syntheseverfahren hergestellt und sind inzwischen kommerziell verfügbar. Makroskopische Diamantmaterialien sind transparent, elektrisch isolierend und ultrahart. Diese Eigenschaften sind auch für die entsprechenden Nanopartikel zu erwarten. Zusätzlich besitzen die Partikel spezifische Oberflächen von einigen $100 \text{ m}^2/\text{g}$ und starke Oberflächenkrümmungen.

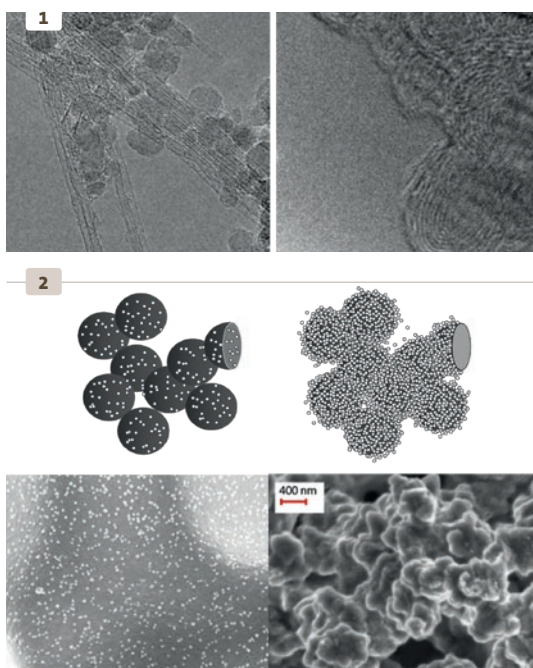
Kohlenstoffe sind wesentliche Komponenten in Elektroden für elektrische Energiespeicher wie Superkondensatoren. In einer Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. A. Krüger vom Institut für Organische Chemie, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, wurde untersucht, wie sich Nanodiamanten elektrochemisch verhalten und ob damit Elektroden mit höherer Energiedichte herstellbar sind. Um die Nanopartikel zu untersuchen, wurden diese mit Sol-Gel basierten amorphen Kohlenstoffen zu einem Komposit verarbeitet und elektrochemisch charakterisiert. Die untersuchten Kohlenstoff-Komposite unterscheiden sich einerseits in der Wahl der verwendeten Nanopartikel, andererseits in der Art ihrer Einbringung in das Komposit (als Additiv im Sol-Gel Prozess/Vakuum-Infiltration in poröse Kohlenstoffmatrix). Abhängig von der Komposit-Synthese sind die Nanopartikel entweder homogen in die amorphe Kohlenstoffmatrix integriert oder befinden sich in Form von Aggregaten an deren innerer Oberfläche.

Zur elektrochemischen Charakterisierung wurden die monolithischen Komposite durch Sägen als dünne, scheibchenförmige Elektroden präpariert und mit zyk-

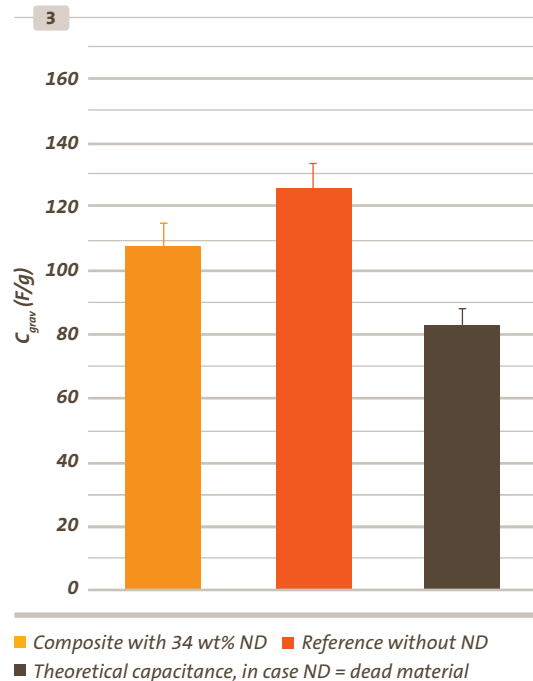
Carbon nanodiamonds [1] are spherical carbon particles, characterised by their size of several nanometres as well as the carbon phase, which they consist of. Nanodiamonds are produced via detonation synthesis and commercially available by now. Macroscopic diamond materials are transparent, electrically insulating and ultra-hard. These properties are to be expected for the corresponding nanoparticles as well. Furthermore, the particles exhibit specific surface areas of several $100 \text{ m}^2/\text{g}$ and strong surface curvatures.

Carbons are essential components in electrodes for electrical energy storage devices like supercapacitors. The electrochemical properties of nanodiamonds were examined in cooperation with the group of Prof. A. Krüger of the Department of Organic Chemistry at Julius-Maximilians-Universität Würzburg, to find out whether they are suitable for the manufacturing of electrodes with increased energy density. For testing of the nanoparticles, they were bonded into a composite with sol-gel based amorphous carbons and characterised electrochemically. The carbon composites examined differ, on the one hand, in the choice of the nanoparticles used and, on the other hand, in the way they are introduced into the composite (as an additive in the sol-gel process/vacuum infiltration into the porous carbon matrix). Depending on the composite synthesis, the nanoparticles are either homogeneously integrated into the amorphous carbon matrix or located on the inner surface of the carbon matrix as aggregates.

For electrochemical characterisation, the monolithic composites were sawn into thin electrode slices and examined with cyclic voltammetry in 1 M potassium chloride. From the experimental data, the mass specific capacitance was calculated as a function of the



lischer Voltammetrie in 1 M Kaliumchlorid untersucht. Aus den erhaltenen Kurven wurde die massenspezifische Kapazität als Funktion des Spannungsfensters berechnet. Um den Beitrag der Nanopartikel zu den Speichereigenschaften zu ermitteln, konnten nun die Matrixeigenschaften unter der Annahme herausgerechnet werden, dass sich die Eigenschaften von Matrix und Nanopartikeln ungestört überlagern. Dabei zeigte sich, dass die Nanopartikel eine ähnlich hohe massenspezifische Kapazität wie der amorphe Kohlenstoff besitzen. Dies ist sehr überraschend, da beim amorphen Kohlenstoff ein Großteil der Ladungen aus wässrigen Elektrolyten in Poren kleiner 2 nm gespeichert wird, die in Nanodiamanten gar nicht vorhanden sind. Die theoretisch verfügbare Oberfläche der Matrix liegt insgesamt bei ca. $700 \text{ m}^2/\text{g}$, während die Nanodiamanten nur auf ca. 300 bis $400 \text{ m}^2/\text{g}$ kommen. Außerdem unterscheidet sich die elektrische Leitfähigkeit der Nanodiamanten stark von der der Kohlenstoffmatrix. Warum Nanodiamanten dennoch elektrochemisch so aktiv sind, ist nicht klar und wird Teil zukünftiger Untersuchungen sein. Fest steht, dass über derartige Composite, sowohl mit Nanodiamanten als auch mit sog. Nanoonions, die über einen Hochtemperaturschritt aus Nanodiamanten hergestellt werden und statt aus Diamant aus einer Zwiebelstruktur konzentrisch angeordneter Graphenlagen bestehen, Elektroden mit deutlich erhöhter volumetrischer Kapazität bereitgestellt werden können.



voltage window. To determine the contribution of the nanoparticles to the storage properties, the matrix properties can be eliminated from the calculation, assuming that the properties of matrix and nanoparticles, are superimposed undisturbedly. This revealed that the nanoparticles' mass specific capacitance is similar to the amorphous carbon's. This came as a surprise, since in amorphous carbon a large fraction of the charges from aqueous electrolytes are stored in pores smaller than 2 nm, which are not present in nanodiamonds. The theoretically available specific surface area of the matrix is approximately $700 \text{ m}^2/\text{g}$ whereas the nanodiamonds have only about 300 to $400 \text{ m}^2/\text{g}$. Moreover, the nanodiamonds' electrical conductivity differs greatly from the carbon matrix's.

Why nanodiamonds are yet so electrochemically active is unclear and will be part of future investigations. It is, however, clear, that such composites with incorporated nanodiamonds or nanoonions, produced via a high temperature step from nanodiamonds and consisting of a onion-like structure of concentric graphene layers instead of diamond, allow for the manufacturing of electrodes with a significantly increased volumetric capacitance.

Abb. 1: Links: Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)-Aufnahme von Nanodiamanten aus einer Detonationssynthese auf einem Trägernetz. Rechts: TEM-Bild von Nanoonions, die aus Nanodiamanten über einen Hochtemperaturschritt hergestellt wurden

Fig. 1: Left: Transmission electron microscopy (TEM) images of nanodiamonds from a detonation synthesis on a supporting grid. Right: TEM images of nanoonions which were synthesised by applying a high temperature step to nanodiamonds

Abb. 2: Oben: schematische Darstellung; unten: jeweils entsprechende Aufnahme mit Rasterelektronenmikroskopie (REM); links: Kohlenstoffkomposit hergestellt mit Nanopartikeln als Additiv im Sol-Gel Prozess (Nanopartikel im amorphen Kohlenstoff verteilt); rechts: Kohlenstoffkomposit hergestellt über Infiltration von Nanopartikeln in eine poröse amorphe Kohlenstoffmatrix (Beschichtung der Trägerstrukturen mit Nanopartikeln)

Fig. 2: Top: Schematic representation; bottom: corresponding scanning electron microscopy (SEM) images; left: carbon composite synthesised with nanoparticles as an additive in the sol-gel process (nanoparticles embedded in amorphous carbon); right: carbon composite synthesised via infiltration of nanoparticles into a porous amorphous carbon matrix (coating of bearing structures with nanoparticles)

Abb. 3: Massenspezifische Kapazitäten bei einem Spannungsfenster von $\pm 0,6 \text{ V}$ für einen amorphen Kohlenstoff ohne Nanopartikel sowie bei identischer Struktur mit 34 Massenprozent Nanodiamant beladen

Fig. 3: Mass specific capacitance as a function of the chosen voltage window $\pm 0.6 \text{ V}$ for an amorphous carbon without nanoparticles as well as the same structure loaded with 34 percent by mass of nanodiamonds

2.11

ENTWICKLUNG UND ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG NEUER PHASENWECHSELMATERIALIEN

DEVELOPMENT AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF NEW PHASE CHANGE MATERIALS

Autor | Author
F. Klinker, H. Weigländer,
S. Weismann

Ansprechpartner | Contact
Dipl.-Phys. Stephan Weismann
Gruppenleiter
Energieoptimierte Gebäude
Head of Group
Energy-Optimised Buildings

Bereich | Division
Energieeffizienz
Energy Efficiency
+49 931 70564-338
stephan.weismann@
zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie (FKZ
03ET1333 und 03ESP138A)

Kooperationspartner | Partners
Rubitherm Technologies GmbH
Promat GmbH
Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme (ISE)
Universität Stuttgart

Literatur | References
[1] F. Klinker et al., Entwicklung von
Salzhydraten mit Phasenwechsel-
temperatures von 15°C und
21°C samt geeigneter Verkapselun-
gen (PC-Cools_V), Schlussbericht,
DOI: 10.2314/GBV:898698049,
Würzburg, 2017.

Latentwärmespeichermaterialien (PCM von engl. Phase Change Materials) können, durch Nutzung des Wechsels zwischen flüssigem und festem Aggregatzustand, in einem kleinen Temperaturbereich große Mengen thermischer Energie speichern und so helfen, Gebäude energieeffizienter als bisher zu kühlen. Das erfordert einerseits Konzepte zur bestmöglichen Einbindung von Latentwärmespeichern in die Gebäudetechnik, andererseits die optimale Anpassung der verfügbaren PCM an die jeweilige Anwendung.

Eine Möglichkeit der Gebäudeintegration sind wasserdurchströmte Kühldecken, in denen das PCM als Kältespeicher dient. Nachts, wenn Kälte energieeffizient erzeugt werden kann, wird das PCM durch Durchströmung der Kühldecken mit kaltem Wasser geladen. Tagsüber nimmt es dann während des Schmelzvorgangs bei annähernd konstanter Temperatur Wärme aus dem Raum auf und kühlt ihn passiv. Damit dieses Konzept zuverlässig funktioniert und die Raumtemperatur behaglich bleibt, muss der Phasenübergangsbereich des PCM optimal eingestellt sein. Er bestimmt die erzielbare passive Kühlleistung. Verfügbare PCM besitzen tendenziell zu hohe Phasenwechseltemperaturen für diese Anwendung. Ausreichende Kühlleistungen stehen mit ihnen erst bei unbehaglichen Raumtemperaturen zur Verfügung.

Zusammen mit dem Projektpartner Rubitherm Technologies GmbH wurde daher im Projekt „Entwicklung von Salzhydraten mit Phasenwechseltemperaturen von 15°C und 21°C samt geeigneter Verkapselungen (PC-Cools_V)“ [1] ein PCM auf Salzhydratbasis mit einem Phasenwechseltemperaturbereich von 19 bis 22°C (SP20) entwickelt. Im Vergleich zu PCM mit Schmelzbereich zwischen 22 und 24°C (SP22) konnte damit eine Steigerung der passiven Kühlleistung um

Phase change materials (PCM) can store large amounts of thermal energy in a narrow temperature range by employing a phase change between their liquid and solid state. This helps to increase the energy efficiency in building cooling. This calls, on the one hand, for concepts for the optimal integration of PCM storages into buildings, on the other hand for the adaptation of available PCMs to their respective applications.

An option for buildings is the use of cooling ceilings in which the PCM acts as a cold storage. During nights, when cold can be produced efficiently, the PCM is charged by cold water circulating through the cooling ceiling. During days, it then absorbs heat from the room while melting at nearly constant temperature, passively cooling it. In order for this concept to work reliably and to maintain a comfortable room temperature, the PCM's phase transition temperature needs to be optimised since it defines the potentially available passive cooling power. Available PCMs tend to have phase transition temperatures too high for the application. They can only provide sufficient cooling at uncomfortably high room temperatures.

In cooperation with its partner Rubitherm Technologies, ZAE has therefore developed a new salt hydrate based PCM with a phase transition temperature range from 19 to 22°C (SP20) within the project “Development of Salt Hydrates with Phase Transition Temperatures of 15°C and 21°C and Appropriate Encapsulations (PC-Cools_V)”. Compared to PCM with a melting range between 22 and 24°C (SP22), the passive cooling capacity was improved by about 20%, especially for room temperatures below 26°C (Fig. 1).

Besides the characterisation and optimisation of the thermal properties of PCM systems, an assessment

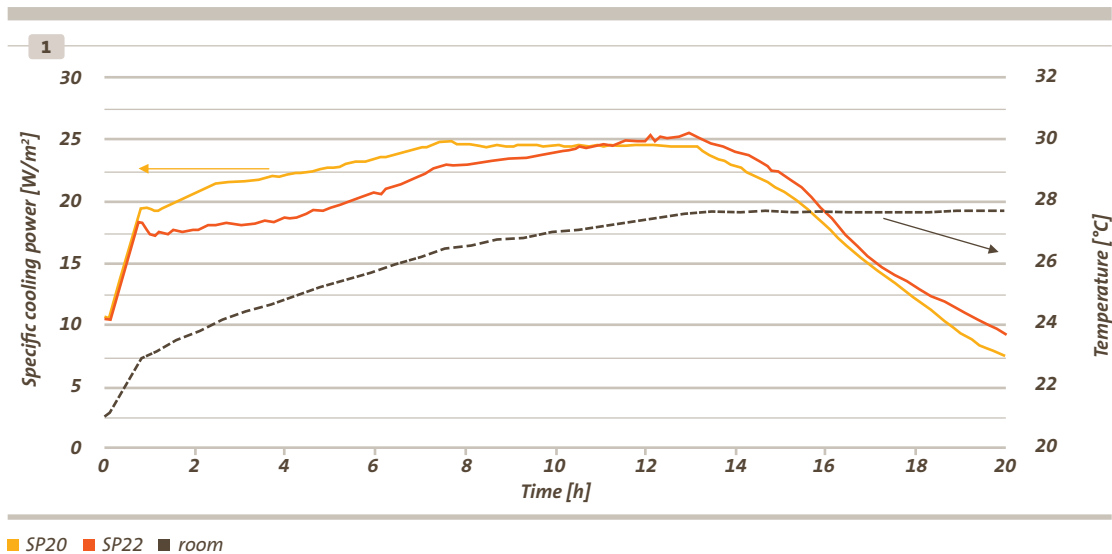


Abb. 1: Passive Kühlleistung zweier Kühldeckenpaneele mit dem PCM SP22 bzw dem neuentwickelten SP20 in Abhängigkeit der Raumtemperatur. Die Messungen erfolgten in der vom ZAE entwickelten Plattenapparatur ROMA zur dynamischen Charakterisierung von Gebäudekomponenten. Die passive Kühlleistung von SP20 übertrifft die von SP22 bei Raumtemperaturen unterhalb 26 °C um bis zu 20 %

Fig. 1: Passive cooling power of two ceiling panels with PCM SP22 and newly developed PCM SP20 in dependence of room temperature. Measuring was conducted in the measurement setup ROMA for the dynamic characterisation of building components, developed by ZAE. Regarding passive cooling power, SP20 surpasses SP22 by up to 20% at room temperatures below 26 °C

bis zu 20 %, insbesondere bei Raumtemperaturen unterhalb 26 °C erzielt werden (Abb. 1).

Neben der Charakterisierung und Optimierung der thermischen Leistung von PCM-Speichersystemen ist auch die Bewertung ihrer Ökobilanz von Interesse. Das ZAE beteiligt sich deshalb am Projekt „Ökologische Bewertung ausgewählter Konzepte und Materialien zur Wärme- und Kältespeicherung (Speicher-LCA)“, in dem Projektpartner ein Software-Tool für Lebenszyklusanalysen auf den Ebenen Material, Komponente und System entwickeln. Datenbasis sind dabei die ökologischen Daten vieler Materialien und Komponenten (PCM, Wärmetauscher etc.), aber auch tausende thermische Simulationen unterschiedlichster Heiz- und Kühlsysteme für die Gebäudetypen Büro, Mehr- und Einfamilienhaus an den Standorten Athen, Straßburg und Helsinki. Außerdem finden jeweils unterschiedliche Dämmstandards Berücksichtigung. Das ZAE beteiligt sich mit zahlreichen Gebäudesimulationen, die unter systematischer und umfangreicher Variation von Faktoren wie Dämmstandard, Speicherart und -größe ausgeführt werden.

Die Simulationen umfassen neben Referenzsystemen (z. B. Gasdurchlauferhitzer mit Heizkörpern, Kompressionskältemaschine mit Kühldecken) auch Systeme mit PCM-Wärme- oder Kältespeicher. So wird es dem Anwender künftig möglich sein, ökologisch sinnvolle Konfigurationen eines Systems zur Gebäudeheizung oder -kühlung unter verschiedenen Randbedingungen und bei Verwendung verschiedener Speichermaterialien zu identifizieren.

of their environmental footprint should be taken into account. ZAE therefore partakes in the project “Ecological Assessment of Selected Concepts and Materials for Heat and Cold Storage (Speicher-LCA)”, in which partners are developing a software tool for life cycle assessments on the material, component, and system levels. The tool is based on the ecological data of a large number of materials and components (PCM, heat exchangers, etc.) as well as several thousand thermal simulations of various heating and cooling systems for office and residential buildings under the climatic conditions of Athens, Strasbourg, and Helsinki. Furthermore, different insulation standards are considered for each building type. ZAE contributes a large number of building simulations, performed with systematic variations of factors like insulation standard, type and size of storage.

Besides reference systems (e.g. gas flow-type heaters with radiators, compression refrigeration machines with cooling ceilings), the simulations include systems with a PCM heat or cold storage. This will enable future users to identify ecologically sound configurations of space heating and cooling systems for a variety of boundary conditions and storage materials.

2.12

SORPTIVE KÄLTESPEICHERUNG MIT WÄSSRIGEN SALZLÖSUNGEN

SORPTIVE COLD STORAGE WITH AQUEOUS SALT SOLUTIONS

Autor | Author
D. Preißl, E. Lävemann

Ansprechpartner | Contact
Dipl.-Ing. Eberhard Lävemann
Stellv. Bereichsleiter
Thermische Energiespeicher
Deputy Head of Division
Thermal Energy Storage

Bereich | Division
Energiespeicherung
Energy Storage
+49 89 329442-18
eberhard.laevemann@
zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Bundesministerium für
Bildung und Forschung (FKZ:
03SF0441D)

Kooperationspartner | Partners
Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme

Karlsruher Institut für
Technologie (KIT), Fachgebiet
Strömungsmaschinen (FSM)

Universität Stuttgart, Institut
für Thermodynamik und
Wärmetechnik (ITW)

Technische Hochschule Wildau

Deutschland hat sich ehrgeizige Klimaschutzziele gesetzt, die sowohl die Integration erneuerbarer Energien in den Wärmesektor als auch die Erschließung von Energieeinsparpotentialen im Gebäude- und Industriebereich erfordern. In beiden Aufgabenfeldern könnten thermische Energiespeicher künftig einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems leisten. Voraussetzung dafür sind kostengünstige und kompakte thermische Speichersysteme. Eine interessante Alternative zu sensiblen

Germany has set itself ambitious goals in climate protection which require the integration of renewable energies into the heating sector as well as the reduction of energy consumption in the building and industry sectors. In both these fields, thermal energy storage systems could contribute essentially to the development of a sustainable future energy system. This calls for cost-effective and compact thermal storage systems. Therefore, sorption storage technology is an interesting alternative to sensitive or latent heat and

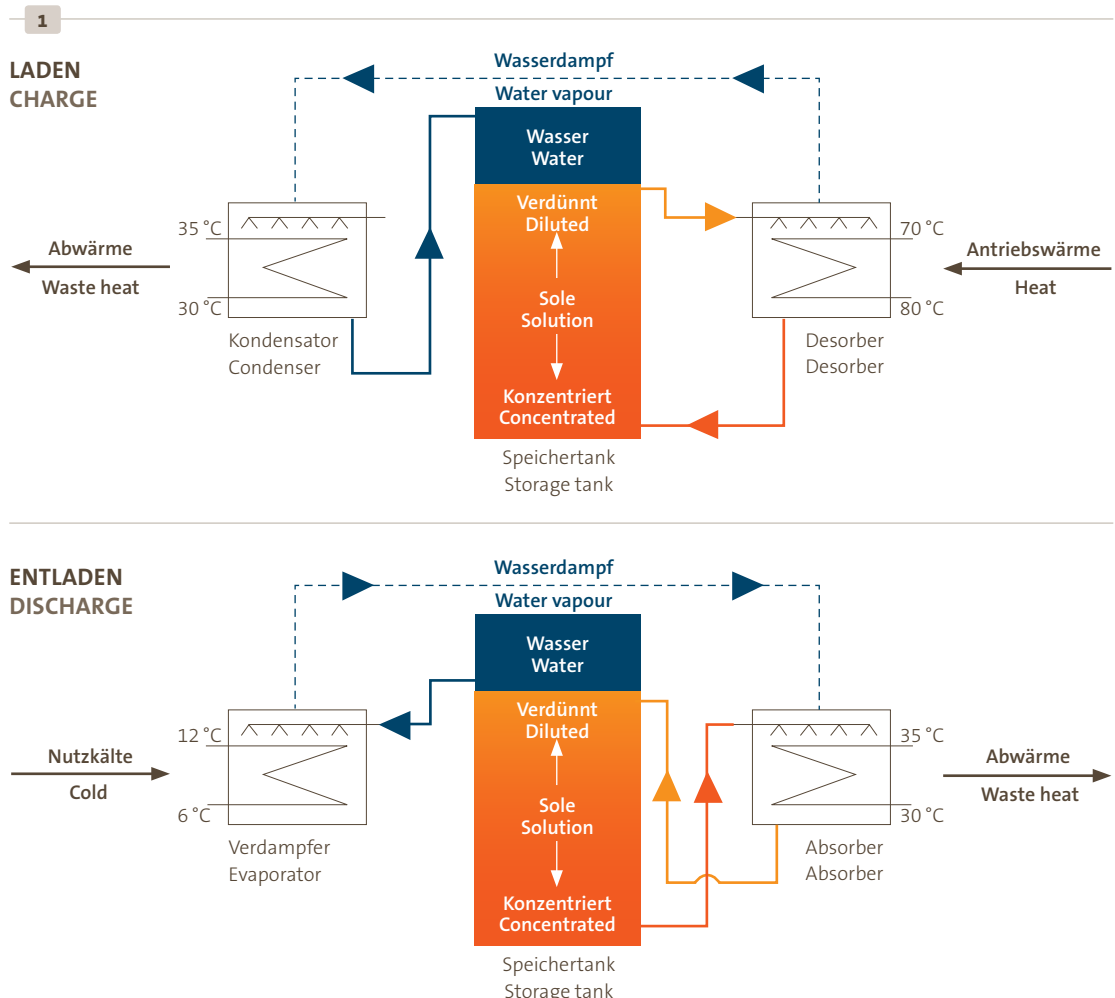


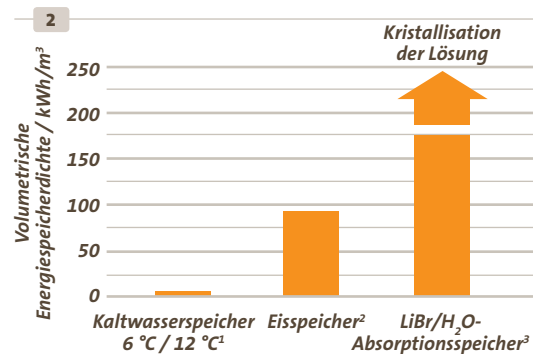
Abb. 1: Schematische Darstellung eines thermischen Absorptionsspeichers für Kälteanwendungen

Fig. 1: Scheme of a thermal absorption storage system for cooling applications

oder latenten Wärme- oder Kältespeichern stellt daher die Sorptionsspeichertechnologie dar, die insbesondere bei der Kältespeicherung eine deutlich höhere Energiespeicherdichte verspricht. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundvorhabens „Materialien und Komponenten für Sorptionswärmespeicher mit hoher Energiedichte (MAKSORE)“ untersucht das ZAE Bayern das Nutzungspotential thermischer Absorptionsspeicher auf Basis wässriger Salzlösungen.

Das Speicherkonzept für Kälteanwendungen ist schematisch in Abb. 1 dargestellt. Prinzipiell handelt es sich bei einem thermischen Absorptionsspeicher um eine Absorptionskältemaschine mit großen Vorratsbehältern für das Arbeitsmittel Wasser sowie konzentrierte und verdünnte Salzlösung, die als Sorbens dienen. Ist Antriebswärme verfügbar, wird im Desorber Wasser aus einer verdünnten Salzlösung ausgetrieben und in einem Kondensator verflüssigt, wobei die Kondensationswärme an die Umgebung abgegeben wird (Zustand „Laden“ in Abb. 1). Die Salzlösung wird so konzentriert. Das kondensierte Wasser sowie die verdünnte und konzentrierte Lösung können entweder in separaten Tanks oder in einem einzelnen, geschichteten Tank gespeichert werden. Bei Kältebedarf wird Wasser in einem Verdampfer bei niedrigem Druck verdampft und in einem Absorber von der konzentrierten Lösung absorbiert. Die konzentrierte Lösung wird dabei verdünnt (Zustand „Entladen“ in Abb. 1).

Hervorzuheben sind vor allem die theoretisch erreichbaren Energiespeicherdichten von Sorptionsspeichern, die deutlich höher liegen als bei heute gebräuchlichen Kaltwasser- oder Eisspeichern (vgl. Abb. 2). Das ZAE Bayern plant, die technische Entwicklung der Absorptionsspeichertechnologie weiter voranzutreiben und in aussichtsreichen Anwendungsfällen zu erproben. Anwendungsgebiete könnten z. B. die Lebensmittelkühlung (6 °C), die Gebäudeklimatisierung (16 °C) oder die industrielle Prozesskühlung sein.



cold storage systems, since it promises a significantly higher energy storage density, particularly in cold storages. As a part of the joint project “Materials and Components for High Energy Density Sorption Heat Storage Systems (MAKSORE)”, funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), ZAE Bayern is investigating the utilisation potential of thermal absorption heat storage systems using aqueous salt solutions.

The concept of a storage for cooling applications is schematically depicted in Fig. 1. In principle, a thermal absorption storage is an absorption chiller with large storage tanks for its working medium, water, as well as for concentrated and diluted salt solution, which serves as a sorbent. Whenever heat is available, water is evaporated from a diluted salt solution in the desorber and then liquefied in a condenser, releasing the condensation heat to the environment (state “charge” in Fig. 1). Hence, the salt solution’s concentration increases. The condensed water as well as the diluted and concentrated solutions can either be stored in separate tanks or in a single, layered tank. At cooling demand, water is evaporated at low pressure in an evaporator and absorbed by the concentrated solution in an absorber. The concentrated solution is thereby diluted (state “discharge” in Fig. 1).

Particularly remarkable are the theoretical energy storage densities of sorption storages, which are significantly higher than the ones of cold water and ice storages commonly used today (see Fig. 2). ZAE Bayern is planning to further develop absorption storage technology and to put it to test in promising applications. Such applications could for example be food cooling (6 °C), building air conditioning (16 °C), or industrial process cooling.

Abb. 2: Theoretische Energiespeicherdichten verschiedener Kältespeichertechnologien bezogen auf das Volumen des Speichermediums
 1: Sensible Energiespeicherung zwischen 6 °C und 12 °C;
 2: Latente Energiespeicherung in Wasser/Eis;
 3: Temperaturen: Verdampfer: 6 °C, Absorber/Kondensator: 35 °C, Desorber: 92 °C, keine Kristallisation der Lösung

Fig. 2: Theoretical energy storage densities of different cold storage technologies in relation to the volume of the storage medium

1: Sensible energy storage between 6 °C and 12 °C;
 2: Latent energy storage in water/ice;
 3: Temperatures: Evaporator: 6 °C, Absorber/Condenser: 35 °C, Desorber: 92 °C, no crystallisation of solution

2.13 SOLARELEKTRISCH ANGETRIEBENES HEIZEN UND KÜHLEN MIT THERMISCHEN SPEICHERN UND OPTIMIERTER NETZKOPPLUNG

SOLAR ELECTRICALLY DRIVEN HEATING AND COOLING WITH THERMAL STORAGE AND OPTIMISED GRID CONNECTION

Autor | Author
R. Schex, A. Krönauer

Ansprechpartner | Contact
M.Sc. Richard Schex
Projektleiter
Wärmetransformation
Project Manager
Heat Conversion

Bereich | Division
Energiespeicherung
Energy Storage
+49 89 329442-78
richard.schex@zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
(FKZ 0325900C)

Kooperationspartner | Partners
Institut für Luft- und Kältetechnik GmbH
Hochschule für angewandte Wissenschaften München
Thermofin GmbH
Swegon Climate Systems
Germany GmbH

Weltweit nimmt die Zahl der in Wohn- und Geschäftsgebäuden installierten Photovoltaik-Dachanlagen und elektrisch betriebenen Klimageräte stetig zu. Die zeitliche Differenz zwischen maximaler Kühllast und maximaler Stromeinspeisung sowie mangelnde Speicherkapazität erlauben aber nur eine begrenzte Nutzung der photovoltaisch erzeugten Energie in diesen Geräten. Als Pufferspeicher sind Batterien hier, aufgrund ihres Preises, nur bedingt geeignet, sensible Wärmespeicher aufgrund ihrer exergetischen Verluste.

Abhilfe soll nun ein Wärmespeicher auf Basis von Phasenwechselmaterialien (PCM) in einem netzgekoppelten, Luft-Luft-basierten 3-Leiter-VRF-System (Variable Refrigerant Flow) schließen. Solche PCM-Speicher mit ihrer nahezu konstanten Schmelztemperatur sind sensiblen Speichern aufgrund des geringeren benötigten Temperaturhubs für den Verdichter in der Systemeffizienz überlegen, Batterien aufgrund der geringeren Kosten.

Zur Dimensionierung der Komponenten wurden in der Simulationssoftware TrnSys ein transientes Lastmodell eines Bürogebäudes, ein Modell für den Ertrag der PV-Anlage und ein teillast- und umgebungstemperaturabhängiges Modell des VRF-Systems erstellt. So konnten solarer Deckungsgrad und Autarkie der PV-betriebenen Klimaanlage ermittelt werden.

Abbildung 1 zeigt links den Autarkie- und Eigenverbrauchsgrad im Verhältnis zur elektrischen Nennleistung von PV-Anlage und VRF-System. Bei überdimensionierten PV-Anlagen stagniert der Autarkiegrad bei weiter abnehmendem Eigenverbrauch. Rechts ist die verbleibende Netzeinspeisung während Kühlsaison und Heizperiode über dem erwähnten Leistungsverhältnis aufgetragen. Bei einem Leistungsverhältnis

The worldwide number of rooftop photovoltaics and electrically driven air conditioning systems installed in residential and office buildings is on the rise. But the temporal difference between daily cooling load peak and maximum PV feed as well as lack of storage capacity allow only for partial cooling use of the produced energy. Due to their cost, batteries are poorly suited as buffer storages while sensible heat storages suffer from their exergetic losses.

Thermal storages based on phase change materials (PCM) in a grid connected, air/air-based 3-pipe variable refrigerant flow (VRF) system are now supposed to solve this problem. Such PCM storages with their nearly constant melting temperature are superior in efficiency to sensible storages due to the smaller temperature lift needed for the compressor, superior to battery storages due to their lower price.

For the dimensioning of the components, the simulation software TrnSys was used to create a transient load model of an office building, a model to determine the yield of the PV system, and a model of the VRF system. Using these, the solar coverage and level of self-sufficiency of the PV driven air conditioning were determined.

The left half of figure 1 depicts the self-sufficiency and self-consumption ratios in proportion to the rated power of the PV and VRF systems. For oversized PV systems, self-sufficiency peaks while self-consumption further decreases. The right half shows the remaining grid feed during cooling and heating season in proportion to the aforementioned performance ratio. At a performance ratio of 1.1:1, an almost full charging and discharging cycle was possible for a 17 kWh storage on a typical summer day.

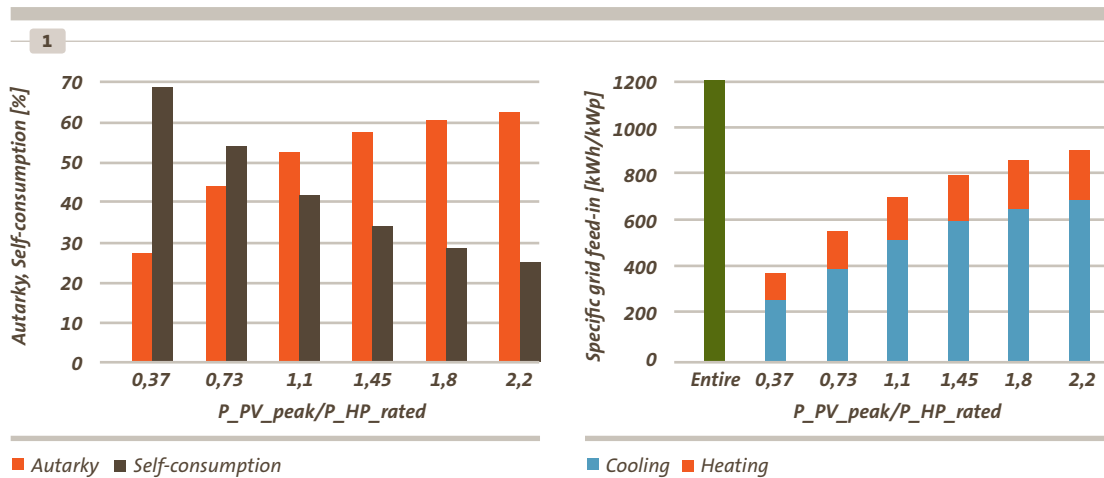


Abb. 1: Links sind Autarkiegrad und Eigenverbrauch des Systems bei verschiedenen Leistungsverhältnissen zwischen PV-Anlage und VRF-System dargestellt, rechts die verbleibende Einspeisung nach Heiz- und Kühlsaison aufgeschlüsselt

Fig. 1: System self-sufficiency and self-consumption for different performance ratios between PV and VRF systems (left), remaining grid feed for heating and cooling season (right)

von 1,1:1 wurde an einem typischen Sommertag für einen 17 kWh großen Speicher ein fast vollständiger Lade- und Entladezyklus erreicht.

Aufgrund der einfacheren Systemintegration bei vergleichbarer Energieeffizienz ist zur Speicherung ein System zur Unterkühlung des Kältemittels geeigneter als ein zentraler Kältespeicher.

In Kompressionskältekreisläufen liegt die Temperatur des Kältemittels beim Verlassen des Kondensators nahe am Kondensationspunkt. Durch Unterkühlung gelangt nur flüssiges Kältemittel in das Expansionsventil, was einen störungsfreien Betrieb des Verdampfers gewährleistet. In VRF-Systemen liegen die Expansionsventile weiter voneinander entfernt als in kompakten Kältekreisläufen. Der aus den längeren Transportwegen resultierende Druckabfall im Kältemittel wird durch stärkere Unterkühlung kompensiert.

Dazu wird, mit Hilfe einer kleinen Menge auf Verdampfungsdruck entspannten Kältemittels, das restliche Kältemittel in einen um bis zu 20 K unterkühlten Zustand versetzt. Dieses verdampfte Kältemittel wieder auf Kondensationsdruck zu verdichten, erfordert zusätzlichen Energieaufwand, dem keine entsprechende Kühlleistung entgegensteht, was den Gesamtwirkungsgrad verringert. Im Entladefall kann durch Einsatz des Speichers als Unterkühler eine rechnerische Effizienzsteigerung von bis zu 25 % erreicht werden.

Für einen netzdienlich optimierten Betrieb des Systems müssen Betriebsstrategien entwickelt werden, die ein Vorhalten von Speicherkapazität zur Aufnahme des Mittagspeaks erlauben.

Due to easier system integration at comparable efficiency, a system with subcooled refrigerant is more suited for the storage than a central cold storage.

In vapour compression cycles, the refrigerant is close to its condensation point when it leaves the condenser. Subcooling ensures that only liquid refrigerant reaches the expansion valve, allowing for controlled, reliable feeding of the evaporator. In VRF-Systems, the expansion valves are further apart than in compact refrigeration cycles. The pressure drop in the refrigerant resulting from longer transport distances is compensated for with increased subcooling.

Therefore, a small amount of refrigerant expanded to evaporation pressure is used to subcool the remaining refrigerant by up to 20 K. The following recompression of the evaporated refrigerant consumes energy while not producing cold and consequently reduces the overall efficiency of the system. For discharging, a subcooling storage can cause a calculated increase in efficiency of up to 25%.

For optimally grid-oriented operation of the system, control strategies retaining storage capacity for the production peak around noon need to be developed.

2.14

FLEXIBLE PLATTFORM ZUM BETRIEB EINES SMART GRIDS

FLEXIBLE PLATFORM FOR THE OPERATION OF A SMART GRID

Autor | Author
P. Luchscheider

Ansprechpartner | Contact
Dr. Philipp Luchscheider
Gruppenleiter
Smart Grids
Head of Group
Smart Grids

Bereich | Division
Erneuerbare Energien
Renewable Energies
+49 9131 9398-404
philipp.luchscheider@
zae-bayern.de

Fördermittelgeber | Funding
**Bayerisches Staatsministerium
für Wirtschaft, Energie und
Technologie (FKZ 20-3066-3/15)**

Kooperationspartner | Partners
Areva GmbH
Bayernwerk AG
**Fraunhofer-Institut für
Integrierte Schaltungen**
**Fraunhofer-Institut für
Integrierte Systeme und
Bauelementetechnologie**
**Friedrich-Alexander Universität
Erlangen-Nürnberg**
Gildemeister energy solutions
Hof Energie+Wasser GmbH
Hochschule Hof
IBC SOLAR AG
Rauschert GmbH
Rehau Energy Solutions GmbH
SMA Solar Technology AG
Stadt Hof
Stadt Arzberg
**WAGO Kontakttechnik
GmbH & Co. KG**

Intelligente elektrische Versorgungsnetze benötigen, zusätzlich zum Stromnetz, ein Kommunikationssystem zur Anbindung von Messstellen und Aktoren. Aktuell setzt sich dahingehend ein Standard durch, der ein bereits vorhandenes Übertragungsmedium wie Powerline, DSL oder GSM nutzt. In diesem kann durch das Smart-Meter-Gateway eine gesicherte Verbindung zwischen zentralen Stellen, dem Smart-Meter-Administrator und weiteren Nutzern hergestellt werden. Auf Basis dieser Struktur können dann zahlreiche unterschiedliche Anwendungen realisiert werden.

Im Projekt „Smart Grid Solar“ wurden solche Anwendungen in Realdemonstratoren erprobt. Dazu gehören die Erhebung von Messdaten in Haushalten und ihre Ablage in einer gesicherten, zentralen Datenbank; die verteilte Regelung von Haushaltsspeichern, die zentralen Zielvorgaben sowie lokalen Anforderungen gerecht wird und die Nutzung von Quartierspeichern in verschiedenen Betriebsmodi. Um den vielseitigen Anforderungen gerecht zu werden, die sich dabei stellen, wurde eine flexible Plattform entwickelt, die der Ansteuerung von Aktoren auf Grundlage von Messwerten und Berechnungsmodellen dient. Dabei können unterschiedliche Kommunikationsprotokolle genutzt und beliebige Signale miteinander verrechnet werden.

Die Plattform basiert auf den Open-Source-Projekten *Node-Red*, *GNU R* und *Bokeh* (Abb. 1). *Node-Red* dient dabei der Modellierung von Schnittstellen und Abläufen in Nachrichten-Flussdiagrammen, *GNU-R* der Implementierung von Berechnungsmodellen. *Bokeh* wurde zur Erstellung einer browserbasierten Online-Visualisierung genutzt.

Ein denkbare Zukunftsszenario mit verteilter Regelung wurde im Testzentrum Arzberg bereits umgesetzt. Mittels extern vorgegebener Zielgrößen wird in

In addition to an electrical grid, smart grids need a communication system for the integration of measurement points and actuators. At the moment, a respective standard is being established, employing an already available communication medium like powerline, DSL, or GSM. The smart meter gateway uses the medium to establish a secure channel between the central coordinators, the smart meter administrator, and further parties. Based on this structure, several applications can then be realised.

The project “Smart Grid Solar” explored possible applications in real world demonstrators. Among these were the acquisition of measured data from households and their storage in a central database, the distributed control of household storage systems catering to central and local requirements, and the use of community storages in different modes of operation. In order to fulfil all these needs, a flexible platform, able to control actuators based on measurement data and complex computational models, was developed. It allows for the use of different communication protocols and the mathematical combination of arbitrary signals.

The platform is based on the open-source projects *Node-Red*, *GNU R*, and *Bokeh* (Fig. 1). *Node-Red* is used for the modelling of interfaces and control sequences in message flow diagrams, *GNU R* for the implementation of the computational models. *Bokeh* was used to create a browser-based online visualisation.

One imaginable future scenario with distributed control was implemented in the Arzberg test centre. Using externally given target figures, it allows for the system to better cater to the grid’s needs. Therefore, measured data from the connected households is processed on a central platform and enhanced by individual progn-

1

REGELPLATTFORM SGS: STRUKTUR UND KOMMUNIKATIONSWEGE

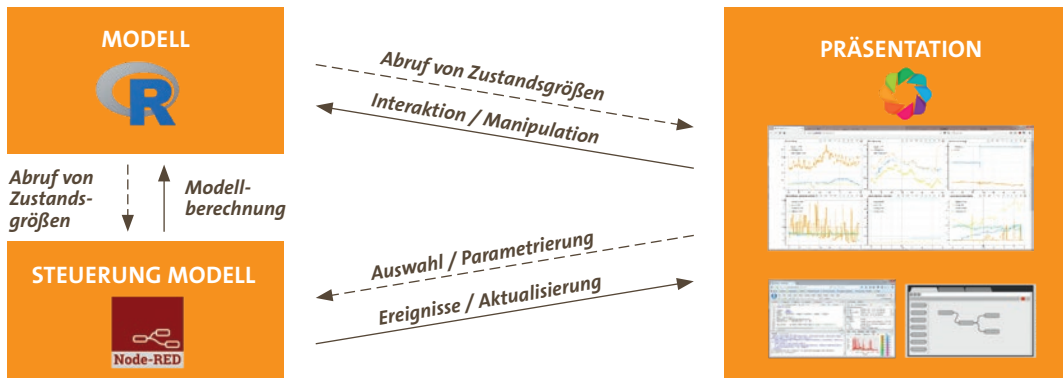
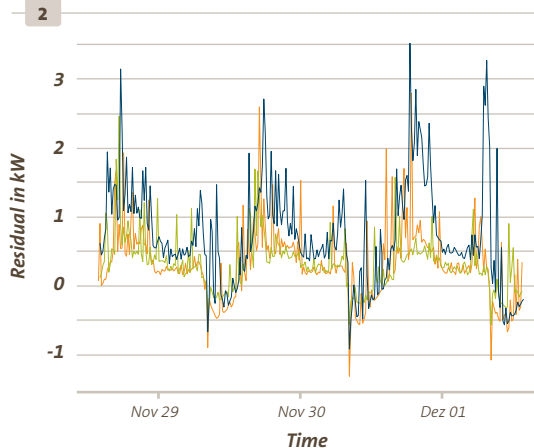


Abb. 1: Struktur der flexiblen Regelplattform

Fig. 1: Schematic of the flexible control platform

2

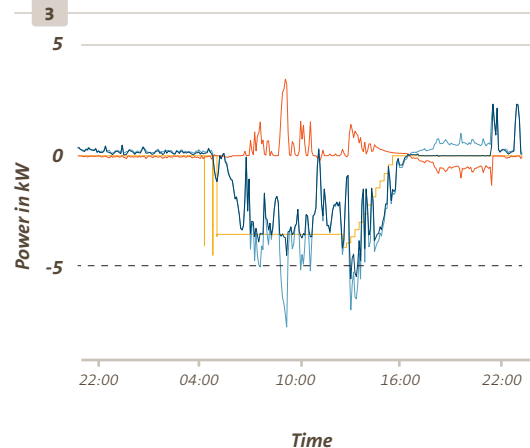


■ Household 1 ■ Household 2 ■ Household 3

diesem die Netzdienlichkeit von Haushaltsspeichern erhöht. Dazu werden Messwerte aus den angeschlossenen Haushalten auf einer zentralen Plattform aufbereitet und mit individuell angepassten Prognosen versehen (Abb. 2). Aus einer Simulation des Speicherungsverlaufs und der aus ihr resultierenden Netzentlastung werden individuelle Zielgrößen für die jeweiligen Haushaltsspeicher abgeleitet und an diese übermittelt. Die Steuerung der Haushaltsspeicher setzt diese Zielgrößen dann in eine möglichst effiziente Regelung um (Abb. 3). Der Vorgang wird zyklisch wiederholt, um veränderten Gegebenheiten Rechnung zu tragen.

So profitiert der Speicherbetreiber von einer Maximierung des Eigenverbrauchs, der Netzbetreiber von einer größtmöglichen Netzentlastung. Neue Komponenten können jederzeit an diese Plattform angebunden, die Regelung an neue Szenarien angepasst werden.

3



■ 50% STC ■ Dynamic Curtailment Threshold ■ Power ESS
■ Residual Load with ESS ■ Residual Load without ESS

ses (Fig. 2). A simulation of the storage load and resulting grid relief are then used to derive individual target figures for the respective residential storages, which are transmitted to them. The storages' control systems then apply these target figures to maximise efficiency. This process is repeated periodically to cater to possibly altering circumstances.

This way, the storage operator profits from maximised self-consumption, the grid operator from maximised grid relief. Additional components can be added to the platform at any time. The control can be adjusted to new scenarios.

Abb. 2: Prognose der Residuallasten in den Haushalten

Fig. 2: Forecast of the household residual loads

Abb. 3: Residuallastverlauf mit angepasster Speichersteuerung in einem Haushalt

Fig. 3: Residual load with intelligent storage control strategy

DA WP 2009 01
DA WP 2009 02
DA WP 2009 03
DA WP 2009 04
DA WP 2009 05

DA WP 2009 04

DA WP 2009 05

DA WP 2009 05
DA WP 2009 05
DA WP 2009 05

DA WP 2009 02

DA WP 2009 04
DA WP 2009 05

DA WP 2010 01

3.1 VORTRÄGE UND POSTER

PRESENTATIONS AND POSTERS

3.1.1 EINGELADENE PLENARVORTRÄGE / PLENARY INVITED LECTURES

- C. J. Brabec, **MATSOL – Materialien für die Energiekonversion & Die Solarfabrik der Zukunft**, Wissenschaftlicher Beirat des EnCN Nürnberg, Nürnberg, Germany, 17.03.17
- C. J. Brabec, **Transport Physics of Non Fullerene Acceptors**, Nanyang Technological University Singapore, Singapur, Singapur, 04.08.17
- C. J. Brabec, **Strategy and R&D Innovation for SMEs**, Workshop RECENDT – Research Center for Non-Destructive Testing, Bad Mitterndorf, Austria, 02.10.17
- C. J. Brabec, **The Role of Miscibility on Microstructure Instabilities in Bulk Heterojunction Composites**, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, Hong Kong, 16.10.17
- C. J. Brabec, **The Photophysics of Non Fullerene Acceptors: Transport, Devices and Environmental Stability**, Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie, Potsdam, Germany, 08.11.17
- C. J. Brabec, **PV for the Terrawatt Era**, Wissenschaftlicher Technischer Beirat des FZ Jülich, Jülich, Germany, 17.11.17
- C. J. Brabec, **The Materials Genome Challenge – Miscibility, Microstructure Instabilities and Bulk Heterojunction Composites**, Next Generation Solar Energy Conference, Cali, Colombia, 04.-07.12.2017
- C. J. Brabec, **Overcoming Hysteresis in Perovskite Solar Cells**, 4th International Conference on Perovskite Solar Cells and Optoelectronics, Oxford, United Kingdom, 18.-20.09.2017
- C. J. Brabec, **Advanced Interface Engineering for 4T and 2T Concepts with High Performance**, Beilstein Nanotechnology Symposium, Berlin, Germany, 21.-23.11.2017
- C. J. Brabec, **Hysteresis in Perovskite Solar Cells**, 2017 CLEO Pacific Rim Conference, Singapur, Singapur, 31.07.-04.08.2017
- C. J. Brabec, **Challenges and Opportunities for High Throughput Material & Processing in Emerging Photovoltaics**, Harvard University, Cambridge, USA, 09.02.17
- C. J. Brabec, **High Throughput Processing of Opto-Electronic Devices**, Reichsuniversität Groningen, Groningen, the Netherlands, 27.09.17
- C. J. Brabec, **Highthroughput Approaches in Organic Semiconductor Science**, South China University of Technology, Guangzhou, China, 17.10.17
- C. J. Brabec, **Highthroughput Engineering of Functional Materials**, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 20.10.17
- C. J. Brabec, **Non Fullerene Acceptors – A Path Towards 15% Organic Solar Cells**, Wuhan University of Technology, Wuhan, China, 19.10.17
- C. J. Brabec, **Molecular Non Fullerene Acceptors for Organic Solar Cells: Photophysics, Performance and Lifetime in Comparison to Fullerenes**, First Ulm-Erlangen Mini-Symposium on Functional Organic Materials, Ulm, Germany, 10.-11.07.2017
- C. J. Brabec, **Molecular Acceptors for Photovoltaics**, Fourth Erlangen Symposium on Synthetic Carbon Allotropes, Erlangen, Germany, 24.-27.09.2017
- C. J. Brabec, A. Distler, H.-J. Egelhaaf, **From Lab to Fab: Printed Photovoltaics**, LOPEC – 9. Internationale Fachmesse und Kongress für gedruckte Elektronik, München, Germany, 29.-30.03.2017
- H. P. Ebert, **The Next Generation of High Efficiency Buildings**, WSED 2017 – European Research Conference: Buildings, Wels, Austria, 01.03.17
- H. P. Ebert, A. Dyck, J. Schmiedt, B. Rau, S. Herkel, J. Steinweg, M. Krause, C. Schmidt, **Energie- und ressourceneffiziente Gebäude – Notwendigkeit, Chance und Herausforderung**, FVEE-Jahrestagung Innovationen für die Energiewende, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017
- R. Gurtner, **Gießerei nutzt Abwärme des Schmelzofens**, „Bayern Innovativ, Clustertreffen Energietechnik Wärmeeffizienz im betrieblichen Alltag – das ungenutzte Potential“, Nürnberg, Germany, 30.11.17
- A. Hauer, **Speichertechnologien – Heute und Morgen**, ThEEN Fachforum „Energiespeicherung mit Sektorkopplung“, Erfurt, Germany, 13.02.17

- A. Hauer, **Sektorkopplung, Sektorenkopplung, Flexible Sektorenkopplung – Stand der Diskussion und Potenziale für das Energiesystem**, Jahresabschlussstagung des Bundesverbands Energiespeicherung BVES, Berlin, Germany, 30.11.17
- A. Hauer, **Energy Storage – Technologies and Applications**, Allianz Global Corporate & Specialty SE – Expert Days 2017 „Green Energy“, München, Germany, 02.-03.11.2017
- A. Hauer, **Speicherung thermischer Energie – Möglichkeiten und Grenzen**, 6. Fachforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 05.-06.07.2017
- A. Hauer, **Panel Discussion – The Future of Energy Storage**, Energy Storage Summit Japan 2017, Tokyo, Japan, 07.-08.11.2017
- A. Hauer, **The Role of Thermal Energy Storage in our Future Energy System**, Energy Storage Summit Japan 2017, Tokyo, Japan, 07.-08.11.2017
- A. Hauer, **Thermal Energy Storage as part of the German „Energiewende“**, 2nd German-Czech R&D Conference, Erlangen, Germany, 11.-12.01.2017
- A. Hauer, **Energy Storage Europe – Expo and Conference – An Introduction**, Energy Storage Europe 2017, Düsseldorf, Germany, 14.-16.3.2017
- A. Hauer, **Anwendungen I – Adsorptionsspeicher in einem Geschirrspüler**, Poröse Materialien für sorptive Wärmespeicher und Kältemaschinen, Halle, Germany, 20.-22.09.2017
- A. Hauer, **„Energy Storage – A German Point of View“**, Energy Storage China, Beijing, China, 30.-31.03.2017
- S. Hippeli, H. Weinläder, **Thermisches Messverfahren für mobile Ug-Wert-Messungen an Verglasungen**, Fachtagung Bundesverband für Angewandte Thermografie, Freiburg, Germany, 07.04.17
- A. Krönauer, **Wirtschaftlichkeit eines mobilen Sorptionsspeichers**, 6. Fachforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 05.-06.07.2017
- J. M. Kuckelkorn, A. Robrecht, **Qualitätssicherung und Monitoring am Gymnasium Diedorf**, DBU Forum Schulbau „Schulbauten – Räume der Zukunft?“, München, Germany, 23.03.17
- J. M. Kuckelkorn, A. Robrecht, **Lüftungskonzepte für Nichtwohngebäude – Best Practice für energieeffiziente Gebäude**, Lüftungstechnik bei energieeffizienten Gebäuden, Diedorf, Germany, 27.04.17
- J. Manara, M. Zipf, T. Stark, M. Arduini, H. P. Ebert, F. Schmidt, U. Krüger, E. Schreiber, M. Brunner, K. Knopp, M. Zänglein, J. Hartmann, **Experimentierplattform für dynamische Materialprüfung**, Jahrestagung Arbeitskreis Thermophysik, Selb, Germany, 03.-04.04.2017
- J. Manara, M. Zipf, T. Stark, M. Arduini, J. Hartmann, H. P. Ebert, **IR-optische und strahlungsthermometrische Charakterisierung von Oberflächen und Gasen bei hohen Temperaturen**, Jahrestagung Arbeitskreis Thermophysik, Selb, Germany, 03.-04.04.2017
- J. Pflaum, **Organic metals: Potential candidates for sustainable thermoelectrics**, International Workshop: Substitute Materials for Sustainable Energy Technology RTG2204, Rauschholzhäusen, Germany, 21.-23.08.2017
- S. Pöllinger, S. Hiebler, **Latentwärmespeicherung im Niedertemperaturbereich**, Institutskolloquium DLR Stuttgart, Stuttgart, Germany, 14.09.17
- C. Rathgeber, S. Hiebler, E. Lävemann, A. Hauer, **A simple tool for the economic evaluation of thermal energy storages**, Swiss Symposium Thermal Energy Storage, Luzern, Switzerland, 20.01.17
- C. Rathgeber, E. Lävemann, A. Hauer, **Wirtschaftlichkeit thermischer Energiespeicher**, 6. Fachforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 05.-06.07.2017
- G. Reichenauer, **Characteristic properties of carbon aerogels and their organic precursors and suitable methods for their analysis**, 19th International Sol-Gel Conference, Liege, Belgium, 03.-08.09.2017
- K. Tam, P. Maisch, H.-J. Egelhaaf, C. J. Brabec, **Inkjet Printed Organic Solar Cells and Modules**, 10th National Conference on OLED and Photoelectric, Taiyuan, China, 07.-10.07.2017
- S. Vidi, M. Brütting, S. Hiebler, C. Rathgeber, **Caloric Measurements of Phase Change Materials (PCM)**, 22. Kalorimetrietage, Braunschweig, Germany, 07.-09.09.2017

3.1.2

FACHVORTRÄGE CONTRIBUTED TALKS

K. Anneser, S. Braxmeier, A. Baumann, G. Reichenauer, **Smoothed regenerative power supply via coupling of solar cells with EDLCs**, 5th International Symposium on Enhanced Electrochemical Capacitors (ISEECap), Jena, Germany, 10.-14.07.2017

M. Auth, M. Brendel, A. Sperlich, S. Väh, J. Pflaum, V. Dyakonov, **Electron Affinity and Charge Trapping in Ternary Fullerene-Based Donor:Acceptor Films for Organic Photovoltaics**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

T. Badenhop, C. Stillger, T. Szuder, A. Wegner, C. Krampe-Zadler, C. Rathgeber, F. Salg, S. Hiebler, **Concept study of a latent heat storage based on salt hydrates for space cooling and domestic hot water preparation**, 11th International Renewable Energy Storage Conference, Düsseldorf, Germany, 14.-16.03.2017

C. Balzer, G. Reichenauer, G. Y. Gor, R. T. Cimino, A. V. Neimark, **Structural and Mechanical Characterization of Carbon Xerogels by Gas Adsorption with in-situ Dilatometry**, 11th International Symposium on the Characterization of Porous Solids, Avignon, France, 14.-17.05.2017

M. Bär, M. Heilmaier, A. Möslang, W. Meulenber, G. Reichenauer, J. Schmidt, P. Schossig, **Innovative Materialforschung für die Energietechnologien der Zukunft**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017

A. Baumann, S. Kiesmüller, S. Väh, D. Kiermasch, P. Rieder, M. C. Heiber, V. Dyakonov, **Experimental evidence for polaronic transport in methyl ammonium lead iodide perovskite**, 3rd International Conference on Perovskite Solar Cells and Optoelectronics, Oxford, United Kingdom, 18.-20.09.2017

M. Bernt, M. Singer, H. A. Gasteiger, **Analysis of Voltage Losses in PEM Water Electrolyzers with Low Platinum Group Metal Loadings**, 231st ECS Meeting, New Orleans, USA, 29.05.-02.06.2017

J. Bogenrieder, C. Camus, M. Hüttner, J. Hauch, C. J. Brabec, **Snow Melting Behavior on Modules of Various Photovoltaic Technologies**, PhotoVoltaic Technical Conference 2017, Marseille, France, 26.-28.04.2017

J. Bogenrieder, C. Stegner, P. Luchscheider, **Empirische Bewertung der Auswirkungen eines leistungsorientierten Tarifes bei Haushaltskunden**, 4. Konferenz Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien, Berlin, Germany, 31.01.-01.02.2017

D. Bruhn, M. Miara, F. Hüsing, D. Schmidt, Schmidt, T. Kohl, H. Shao, J. Kuckelkorn, M. Reuß, L. Staudacher, **Geothermie und Umweltwärme**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017

C. Buerhop-Lutz, F. W. Fecher, T. Pickel, T. Patel, C. Zetzmann, C. Camus et al., **Impact of PID on Industrial Roof-Top PV-Installations**, SPIE OPTICS + PHOTONICS 2017, San Diego, USA, 06.-10.08.2017

C. Buerhop-Lutz, **Degradation and Resilience of Pre-Cracked PV-Modules**, AGCS Expert Days, München, Germany, 02.-03.11.2017

C. Buerhop-Lutz, T. Winkler, F. Fecher, A. Bemm, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Performance Analysis of Pre-Cracked PV-Modules at Realistic Loading Conditions**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017

C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, F. Fecher, C. Zetzmann, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Quantitative Study of Potential Induced Degradation of a Roof-Top PV-Installation with IR-Imaging**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017

C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, A. Häring, T. Adamski, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Verifying Defective PV-Module Recognition by IR-Imaging and Module Optimizers**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017

C. Buerhop, S. Wirsching, S. Gehre, T. Pickel, T. Winkler, A. Bemm et al., **Lifetime and Degradation of Pre-Damaged PV-Modules – Field Study and Lab Testing**, IEEE Photovoltaic Specialist Conference 44, Washington DC, USA, 25.-30.06.2017

C. Buerhop-Lutz, S. Wirsching, T. Pickel, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Analyzing the Degradation of Pre-Damaged PV-modules**, SPIE OPTICS + PHOTONICS 2017, San Diego, USA, 06.-10.08.2017

- C. Buerhop-Lutz, **Characterizing PV-Systems Using Imaging Techniques**, 2017 Next Generation Solar Energy Conference, Cali, Colombia, 04.-07.12.2017
- C. Camus, A. Adegbenro, J. Ermer, J. Hauch, C. J. Brabec, **Degradation Behavior of Pre-Damaged Crystalline Silicon Photovoltaic Modules**, PhotoVoltaic Technical Conference 2017, Marseille , France, 26.-28.04.2017
- B. Chhugani, F. Klinker, H. Weinläder, M. Reim, **Energetic performance of two different PCM wallboards and their regeneration behavior in office rooms**, International Conference Future Buildings & Districts, Lausanne, Switzerland, 06.-08.09.2017
- A. Distler, **Towards the Commercialization of Printed Photovoltaics**, Progress in Organic Optoelectronics, Valencia, Spain, 18.-19.12.2017
- P. Dotzauer, **Redox-Flow-Batterien für stationäre Speicher – Stand und Entwicklungen für die Zukunft**, Messeforum auf der Messe Heim & Handwerk 2017, München, Germany, 01.12.17
- M. Schmidt, M. Puchta, A. Latz, A. Friedrich, M. Vetter, H. Ehrenberg, P. Dotzauer, M. Littwin, M. Knoop, O. Guillon, D. Fattakhova, B. Groß, **Stromspeicher im Energiesystem der Zukunft**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017
- H.-J. Egelhaaf, P. Maisch, K. Tam, C. J. Brabec, **Inkjet Printed Silver Nanowire Electrodes**, OLED Stakeholder Meeting , Regensburg, Germany, 15.02.17
- H.-J. Egelhaaf, **Die Solarfabrik der Zukunft – Drucken statt Ziehen**, Fachtagung des Bayerischen Verbandes Kommunaler Unternehmen, Fürth, Germany, 03.05.17
- H.-J. Egelhaaf, **Organische Photovoltaik für die Gebäudeintegration**, Jahrestreffen der Fakultät für Elektrotechnik der THN, Nürnberg, Germany, 10.05.17
- H.-J. Egelhaaf, **Organische Photovoltaik für die Gebäudeintegration**, Energie und Architektur, Nürnberg, Germany, 12.07.17
- H.-J. Egelhaaf, **Organische Photovoltaik für die Gebäudeintegration**, Smart City Energy Jam, Nürnberg, Germany, 17.07.17
- H.-J. Egelhaaf, **Gedruckte Photovoltaik**, Besuch des Runden Tisches „Erneuerbare Energien“ der Stadt Nürnberg an der SFF, Nürnberg, Germany, 26.09.17
- H.-J. Egelhaaf, **Gedruckte Organische Solarzellen**, Fachtagung „Fasern, Textil und Licht“, Filderstadt, Germany, 28.09.17
- H.-J. Egelhaaf, **The Solar Factory of the Future – Printed Solar Modules**, IHK Fachforum: Photovoltaik auf Gewerbeflächen, Fürth, Germany, 05.10.17
- H.-J. Egelhaaf, **Solarmodule aus dem Drucker – PV für Gebäude, Fahrzeuge und Kleidung**, Kulturidee GmbH: Die Lange Nacht der Wissenschaften , Nürnberg, Germany, 21.10.17
- H.-J. Egelhaaf, P. Maisch, K.C. Tam, C. J. Brabec, **Tintenstrahldruck transluzenter Silberelektroden für die organische Elektronik**, Rapid.Tech – International Trade Show & Conference for Additive Manufacturing, Erfurt, Germany, 20.-22.06.2017
- M. Fischer, D. Kiermasch, V. Dyakonov, A. Baumann, **Electrical impedance spectroscopy on perovskite solar cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017
- D. Gerstenlauer, S. Vidi, F. Hemberger, H. P. Ebert, **Effective Thermal Conductivity of Inhomogeneous Multiphase Systems**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017
- M. Geßner, S. Vidi, J. Manara, H. P. Ebert, **Thermodynamical Examination of Metals and Ceramic Coatings using Pulse Heating Technique**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017
- F. Giovanetti, O. Kastner, W. Kramer, T. Cordes, R. Schlachtmann, M. Riepl, M. Pröll, L. Staudacher, **Solare Wärme und Kälte**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017
- O. Glass, C. Stegner, **GNU R on a Programmable Logic Controller in an Embedded-Linux Environment**, useR!2017, Bruxelles, Belgium, 04.-07.07.2012

M. Grüne, A. Sperlich, A. Baumann, V. Dyakonov, **Time Resolved Microwave Conductivity on Perovskites**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

R.Gurtner, **Zweistoff-Hochtemperatur-Wärmespeicher für industrielle Abwärmenutzung**, 5. Internationale Kupolofenkonferenz, Saarbrücken, Germany, 22.-23.07.2017

J. Hartmann, J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, E. Schreiber, U. Kruger, **Experimental Setup for Dynamic Material Investigation**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017

J. Hartmann, J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, E. Schreiber, U. Kruger, K. Knopp, M. Zänglein, **Hochtemperaturmessung und Materialuntersuchung für Energietechnik und Additive Fertigungsverfahren**, Werkstoffwoche 2017, Dresden, Germany, 27.-29.09.2017

U. Heinemann, D. Kraus, **Ageing of Fumed Silica VIP: Predictions and Observations**, 13th International Vacuum Insulation Symposium, Paris, France, 20.-21.09.2017

J. Hepp, A. Vetter, B. Hofbeck, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Separating the Influence of Material Composition and Local Defects on the Voc of CIGS Solar Modules**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017

J. Hepp, A. Vetter, P. Wiesner, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Automatized Optical Quality Assessment of Photovoltaic Modules**, Optics 2017, Las Vegas, USA, 15.-17.11.2017

S. Hippeli, H. Weinläder, **Thermisches Messverfahren für mobile Ug-Wert-Messungen an Verglasungen**, ZAE Fassadentage, Würzburg, Germany, 15.11.17

D. Kiermasch, P. Rieder, K. Tvingstedt, A. Baumann, V. Dyakonov, **Impact of bromine doping on recombination kinetics in perovskite solar cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

A. Kirschbaum, J. M. Kuckelkorn, **Betriebsoptimierung und Evaluierung eines öffentlichen Gebäudeneubaus als Passivhaus**, 5. VDI-Fachtagung Energiesysteme und Energieversorgung für Gebäude, Quartiere und Industrieanlagen, Köln, Germany, 24.-25.10.2017

J. M. Kuckelkorn, **Systemoptimierung geothermischer Heizwerke am Beispiel der AFK-Geothermie GmbH**, Der Geothermiekongress 2017, München, Germany, 12.-14.09.2017

L. Kudriashova, P. Rieder, K. Tvingstedt, A. Sperlich, G. Asthakhov, A. Baumann, V. Dyakonov, **Carrier Recombination Analysis in Perovskites Using Time-Resolved Photoluminescence**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

I. Lederer, A. Muzha, G. Reichenauer, A. Krueger, **Composites based on nano-diamond, carbon onions and carbon xerogels for energy storage applications**, 28th International Conference on Diamond and Carbon Materials, Gøteborg, Sweden, 03.-07.09.2017

P. Luchscheider, J. Hirning, **Smart Grid Solar – LOHC im Realbetrieb**, 4. Energiesymposium element-e, Hirschaid, Germany, 01.-02.04.2017

F. Machui, S. Strohm, S. Langner, P. Kubis, H.-J. Egelhaaf, C. J. Brabec, **P3HT Based PV Modules With Power Conversion Efficiencies of 5% Processed by Industrial Scalable Methods**, 10th International Symposium on Flexible Organic Electronics, Thessaloniki, Greece, 03.-06.07.2017

P. Maisch, K. Tam, H.-J. Egelhaaf, H. Scheiber, E. Maier, C. J. Brabec, **Inkjet Printed Silver Nanowire Electrodes for Visually Non-Obstructive and Efficient Semitransparent Organic Solar Cells and Modules**, 10th International Symposium on Flexible Organic Electronics, Thessaloniki, Greece, 03.-06.07.2017

J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, H. P. Ebert, J. Hartmann, **High Temperature Test Rig for Emissivity and Non-Contact Temperature Measurements**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017

J. Manara, M. Arduini, **Experimental characterization and theoretical modeling of the infrared-optical properties and the radiative thermal conductivity of foams**, Foams 2017, Bayreuth, Germany, 11.-12.10.2017

- J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, H. P. Ebert, J. Hartmann, A. Tutschke, A. Hallam, J. Hanspal, M. Langley, **Entwicklung und Test eines langwelligen Strahlungsthermometers zur berührungslosen Temperaturmessung in Gasturbinen während des Betriebs**, Temperatur 2017, Berlin, Germany, 17.-18.05.2017
- S. Schwarz, U. Zuberbühler, R. Peters, A. Friedrich, T. Horschig, M. Lauer, J. Kretzschmar, J. Liebetrau, C. Hebling, B. Groß, M. Möckl, R. Dittmeyer, S. Calnan, R. v. d. Krol, J. Bard, A. Merten, T. Nagel, F. Harnisch, **Power-to-X – Technologien für Übermorgen?**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017
- U. Müller, P. Spenst, M. Stolte, F. Würthner, J. Pflaum, **Studies on single perylene bisimide macrocycles at strong photo-excitation**, DPG Frühjahrstagung, Mainz, Germany, 06.-10.03.2017
- M. Pröll, **Ertragsbewertung von PVT-Kollektoren**, 27. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 10.-12.05.2017
- C. Rathgeber, H. Schmit, P. Hoock, S. Hiebler, **Solid-liquid phase diagram prediction of salt hydrate mixtures using the modified BET model**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017
- B. Rau, E. Unger, N. Henze, T. Kirchartz, A. Colsmann, A. Baumann, M. Powalla, **Dünnschichtphotovoltaik – Technologien für die Energiewende**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017
- B. B. L. Reeb, U. Stimming, **Direct Ethanol Fuel Cells at Elevated High Temperatures**, CARISMA 2017, Newcastle, United Kingdom, 09.-13.04.2017
- G. Reichenauer, C. Balzer, C. Scherdel, O. Paris, R. Morak, L. Ludescher, N. Hüsing, F. Putz, M. Elsässer, **Learning about mechanical properties on different length scales using in-situ small angle scattering and in-situ dilatometry during gas sorption**, Hybrid Materials Conference, Lisboa, Portugal, 06.-10.03.2017
- G. Reichenauer, I. Lederer, K. Anneser, V. Lorrmann, **Optimization of electrodes for electrical energy storage devices using model carbon electrodes**, Nanocarbon Annual Conference, Würzburg, Germany, 21.-22.02.2017
- P. Rieder, D. Kiermasch, M. Fischer, K. Tvingstedt, A. Baumann, V. Dyakonov, **Analysis of electronic trap states in methylammonium lead halide perovskite solar cells via thermally stimulated current**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017
- C. Römer, H. P. Ebert, **Geothermal heat pipe façade**, next facades, München, Germany, 07.11.17
- C. Scherdel, G. Reichenauer, M. Boehm, **Optical Switching of Silica-Aerogels upon Gas Sorption**, MRS Spring Meeting, Phoenix, USA, 17.-21.04.2017
- A. Seitz, S. Gschwander, C. Lampe, C. Schmidt, R. Steglitz, T. Vienken, S. Hiebler, **Thermische Energiespeicher für bedarfsgerechte Energiebereitstellung in Gebäuden und in der Industrie**, FVEE-Jahrestagung 2017 „Innovationen für die Energiewende“, Berlin, Germany, 08.-09.11.2017
- S. Eyerer, M. Irl, C. Wieland, H. Spliethoff, **Flexible Kraftwerke in der Geothermie**, Praxisforum Geothermie.Bayern, München, Germany, 11.-12.09.2017
- B. Gumpert, C. Pletl, C. Wieland, H. Spliethoff, **Geothermische Wärme – Integration in bestehende, konventionell befeuerte Wärmenetze**, Der Geothermiekongress 2017, München, Germany, 12.-14.09.2017
- M. Angerer, A. Vandersickel, D. Özdin, H. Spliethoff, **Flexibilization of Industrial Combined Heat and Power Plants using Thermochemical Energy Storage**, 11th International Renewable Energy Storage Conference, Düsseldorf, Germany, 14.-16.03.2017
- A. Steeger, F. Huewe, J. Pflaum, **Organic thermoelectrics based on low-dimensional molecular metals**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017
- A. Steeger, F. Huewe, K. Kostova, L. Burroughs, I. Bauer, P. Strohriegl, V. Dimitrov, S. Woodward, J. Pflaum, **Thermoelectric Potential of Radical Ion Salts (DMe-DCNQI)₂Cu and TTT₂I₃**, 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Magnets and Superconductors, Miyagi, Japan, 24.-29.09.2017

A. Stephan, C. Römer, S. Weismann, H. P. Ebert, A. Baumann, H. Weinläder, **BIPV glazing: Thermal, solar and electrical properties**, 12th Conference on Advanced Building Skins, Bern, Switzerland, 02.-03.10.2017

K. Tam, P. Maisch, L. Lucera, F. W. Fecher, H.-J. Egelhaaf, H. Scheiber, E. Maier et al., **Organic solar module fabrication by inkjet printing method**, Next-Gen III: PV Materials 2017, Groningen, The Netherlands, 02.-05.07.2017

K. Tvingstedt, L. Gil-Escrig, C. Momblona, P. Rieder, D. Kiermasch, A. Baumann, H. Bolink, V. Dyakonov, **Removing leakage recombination current in planar perovskite solar cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

S. Vidi, **Kalorische Messungen mit der T-History Methode**, Jahrestagung Arbeitskreis Thermophysik, Selb, Germany, 03.-04.04.2017

S. Vidi, M. Brütting, F. Klinker, S. Hiebler, C. Rathgeber, **The T-History Method for the Determination of the Enthalpy of Phase Change Materials – an Analysis**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017

H. Weinläder, **Nichtinvasive Messung des Gasfüllgrades bei der Isolierglasfertigung**, ZAE Fassadentage, Würzburg, Germany, 15.11.17

S. Weismann, M. Reim, **Energy Efficiency by Joining the Building Automation (BA) with Groupware**, 12th Conference on Advanced Building Skins, Bern, Switzerland, 02.-03.10.2017

M. Wiener, I. Lederer, G. Reichenauer, **Carbon aerogel composites for applications in energy technology**, 19th International Sol-Gel Conference, Liege, Belgium, 03.-08.09.2017

M. Zipf, J. Manara, T. Stark, M. Arduini, H. P. Ebert, J. Hartmann, **Non-Contact Temperature Measurement of Combustion Gases at High Temperatures and Pressures**, 21st European Conference on Thermophysical Properties, Graz, Austria, 03.-08.09.2017

3.1.3 POSTER POSTERS

C. Balzer, A. M. Waag, S. Gehret, S. Braxmeier, G. Reichenauer, F. Putz, N. Hüsing, R. Morak, L. Ludescher, O. Paris, N. Bernstein, G. Y. Gor, A. V. Neimark, **Adsorption-Induced Deformation of Hierarchically Organized Porous Silica – Effect of Pore Level Anisotropy**, 11th International Symposium on the Characterization of Porous Solids, Avignon, France, 14.-17.05.2017

K. Baumgaertner, A. Steeger, F. Huewe, J. Pflaum, **Thermoelectric applications of organic semiconducting materials**, 6th SolTech Conference, München, Germany, 04.-05.10.2017

K. Baumgaertner, A. Steeger, F. Huewe, J. Pflaum, **Thermoelectric Characterization of Organic Thin Films**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

S. Berger, P. Rieder, D. Kiermasch, M. Fischer, K. Tvingstedt, A. Baumann, V. Dyakonov, **Investigation of the photo-physical properties of methylammonium lead halide perovskite solar cells by electroluminescence spectroscopy**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017

C. Buerhop-Lutz, **Sichten von ertragsmindernden PV-Modulen mit drohnen-basierter Thermographie**, Zukunftsbüro Kreiswerke Cham, Cham, Germany, 29.05.17

C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, H. Scheuerpflug, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Statistical Analysis of Infrared-Inspections of PV-Plants**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017

C. Camus, **BIPV: Warum und wie?**, **Faszination Energie: Energie und Architektur – Solartechnische Systeme der Zukunft**, Nürnberg, Germany, 12.07.17

C. Camus, P. Offermann, M. Weissmann, C. Buerhop-Lutz, J. Hauch, C. J. Brabec, **A New Metric for Assessing Local Mechanical Load Scenarios for PV Modules at Specific Locations**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017

M. Dalsass, S. Deitsch, D. Moerman, F. Gallwitz, C. J. Brabec, **Algorithmus zur IR-Panoramabilderstellung aus IR-Luftaufnahmen von PV-Freiflächenanlagen**, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 08.-10.03.2017

- M. Dalsass, S. Deitsch, D. Moerman, F. Gallwitz, C. J. Brabec, **Algorithmus zur IR-Panoramabildstellung aus IR-Luftaufnahmen von PV-Freiflächenanlagen**, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 08.-10.3.2017
- P. Dotzauer, E. Lebossé, M. Naumann, C. N. Truong, H. Hesse, A. Jossen, **Has the Vanadium Flow Battery Potential in Home Storage Applications? - A Techno-Economic Analysis**, 11. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien, Düsseldorf, Germany, 14.-16.03.2017
- H.-J. Egelhaaf, F. Machui, P. Maisch, K. Tama, P. Kubisa, M. Wagner et al., **Ge-druckte organische Solarmodule**, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 08.-10.03.2017
- H.-J. Egelhaaf, A. Distler, M. Heyder, E. Tam, M. Wagner, L. Wendt, **OPV – Organische Photovoltaik**, Kulturidee GmbH: Die Lange Nacht der Wissenschaften, Nürnberg, Germany, 21.10.17
- H.-J. Egelhaaf, A. Distler, M. Heyder, E. Tam, M. Wagner, L. Wendt, **Das Solar-Auto**, Kulturidee GmbH: Die Lange Nacht der Wissenschaften, Nürnberg, Germany, 21.10.17
- F. Fecher, C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, M. Hundhausen, C. Zetzmann, C. Camus et al., **Qualitative und quantitative Auswertung regelmäßig durchgeführter aIR-Inspektionen von PV-Anlagen mit typischem PID-Muster**, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 08.-10.3.2017
- T. Ferschke, M. Brendel, J. Wulff, C. J. Mueller, P. Ruckdeschel, M. Thelakkat, J. Pflaum, **Reduction of loss processes in energy cascade photovoltaics**, 6th SolTech Conference, München, Germany, 04.-05.10.2017
- T. Ferschke, L. Jäger, W. Brütting, J. Pflaum, **Investigation of Charge Carrier Distribution in OLEDs by Means of Photoluminescent Molecular Probes**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017
- T. Greese, H. Gasteiger, **Measurement procedures and test conditions for reproducible and transparent redox flow battery research**, International Flow Battery Forum, Manchester, United Kingdom, 27.-29.07.2017
- S. Hammer, J. Pflaum, **Analysis of charge transfer states at organic single crystal interfaces**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017
- M. Jakob, D. Diermasch, M. Fischer, P. Rieder, A. Baumann, V. Dyakonov, **Investigation of planar perovskite solar cells by means of electrical impedance spectroscopy**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 19.-24.03.2017
- H. Karrer, M. Reuß, G. Streib, **Verfahren zur Überprüfung der Messeinrichtungen für Thermal Response Tests**, Der Geothermiekongress 2017, München, Germany, 12.-14.09.2017
- D. Kiermasch, L. Kudriashova, K. Tvingstedt, L. Gil-Esrig, C. Momblona, A. Baumann, H. J. Bolink, V. Dyakonov, **Charge carrier recombination in planar type perovskite solar cells probed by transient electrical techniques**, 3rd International Conference on Perovskite Solar Cells and Optoelectronics, Oxford, United Kingdom, 18.-20.09.2017
- A. Kirschbaum, J. M. Kuckelkorn, K. Hagel, **Konzept für einen Versuchsaufbau zur Messung der hydraulischen Systemdichtheit von Erdwärmesonden**, Der Geothermiekongress 2017, München, Germany, 12.-14.09.2018
- I. Lederer, M. Wiener, C. Balzer, S. Braxmeier, G. Reichenauer, **Structure-capacitance relationship of carbonaceous supercapacitor electrodes**, 5th International Symposium on Enhanced Electrochemical Capacitors, Jena, Germany, 10.-14.07.2017
- I. Lederer, A. Muzha, G. Reichenauer, A. Krüger, **Composites based on nanodiamonds and carbon aerogels for electrode applications**, Nanocarbon Annual Conference, Würzburg, Germany, 21.-22.02.2017
- I. Lederer, A. Muzha, A. Krueger, G. Reichenauer, **Nanoparticle-carbon xerogel composites for supercapacitor electrodes**, Hybrid Materials Conference, Lisboa, Portugal, 06.-10.03.2017

J. Linn, M. Remy, C. Rathgeber, H. Schmit, W. Pfeffer, S. Hiebler, **Entwicklung eines Latentwärmespeichers und eines PCM-Slurry auf Salzhydratbasis mit Phasenwechseltemperatur 15 °C**, 6. Fachforum Thermische Energiespeicher, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 05.-06.07.2016

F. Machui, P. Kubis, M. Wagner, P. Maisch, K. Tam, H.-J. Egelhaaf et al., **Integration semitransparenter organischer Photovoltaikmodule in Fassadenelemente**, 9. Forum Bauwerkintegrierte Photovoltaik, Bad Staffelstein, Germany, 07.03.17

J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, J. Hartmann, **Ein Versuch zur berührungslosen, nicht-invasiven Qualifizierung der Haftung von Wärmeschutzschichten**, Temperatur 2017, Berlin, Germany, 17.-18.05.2017

F. Menhart, M. Helm, P. Osgyan, **Solares Heiz- und Kühlsystem für Mittel- und Nordeuropa**, 27. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 10.-12.05.2017

M. Möckl, M. Bernt, L. M. de Alejandro Villarreal, H. A. Gasteiger, A. Jossen, **Improved Membrane Electrode Assemblies and Lifetime Estimation for PEM Water Electrolysis**, 11. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien, Düsseldorf, Germany, 14.-16.03.2018

J. Reichstein, N. Oehm, G. Reichenauer, K. Anneser, **Solid electrolytes for electrochemical double layer capacitors**, 11th International Symposium on the Characterization of Porous Solids, Jena, Germany, 10.-14.07.2017

M. Reim, S. Weismann, W. Körner, S. Ott, **Energy Efficiency by Joining Groupware with BACnet Building Automation**, 12th Conference on Advanced Building Skins, Bern, Switzerland, 02.-03.10.2017

M. Reim, S. Hippeli, W. Körner, D. Gerstenlauer, B. Chhugani, S. Weismann, **Correlation Between Energy Efficiency in Buildings and Comfort of the Users**, International Conference Future Buildings & Districts, Lausanne, Switzerland, 06.-08.09.2017

P. Rieder, Y. Hu, M. F. Aygüler, A. G. Hufnagel, M. L. Petrus, P. Docampo, K. Tvingstedt, A. Baumann, T. Bein, V. Dyakonov, **Revealing the impact of Rubidium and Cesium on the electronic trap landscape of mixed cation perovskite solar cells via thermally stimulated current**, 3rd International Conference on Perovskite Solar Cells and Optoelectronics, Oxford, United Kingdom, 18.-20.09.2017

A. Ristic, F. Fischer, **Tailored Zeolites by Post-Synthesis Modification for Thermochemical Heat Storage**, 7th International Federation of European Zeolite Associations Conference, Sofia, Bulgaria, 03.-07.07.2017

C. Römer, U. Passon, R. Caps, **Switchable VIP for Intelligent Building Facades**, 13th International Vacuum Insulation Symposium, Paris, France, 20.-21.09.2017

C. Scherdel, G. Reichenauer, **Comparison of gas adsorption and SAXS data derived from nanoporous materials**, SAXSexcites, Graz, Austria, 26.-27.09.2017

C. Scherdel, G. Reichenauer, S. Vidi, K. Swimm, **Challenges in Structural and Thermal Analysis of Aerogels**, MRS Spring Meeting, Phoenix, USA, 17.-21.04.2017

S. Herrmann, M. Geis, S. Fendt, H. Spliethoff, **Influence of process parameters on the efficiency of syngas conversion in Solid Oxide Fuel Cells**, 4th International Conference on Renewable Energy Gas Technology, Pacengo, Italy, 22.-23.05.2017

L. Staudacher, G. Fink, **Bewertung eines photovoltaisch unterstützten Heiz- und Kühlsystems für Bürogebäude**, 27. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 10.-12.05.2017

C. Stegner, M. Martin, P. Luchscheider, **Battery Energy Storage Models for Residential Applications Validated with Smart Meter Data**, 11th International Renewable Energy Storage Conference, Hamburg, Germany, 15.-16.03.2017

J. Teubner, I. Kruse, H. Scheuerpflug, C. Buerhop-Lutz, J. Hauch, C. Camus et al., **Comparison of drone-based IR-imaging with module resolved monitoring power data**, 7th International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics, Freiburg, Germany, 03.-06.04.2017

3.1.4

KOLLOQUIEN, SEMINARE, FOREN ... COLLOQUIA, SEMINARS, FORUMS ...

A. Baumann, **Gebäudeintegrierte Solaranlagen und Energieeffizienz,**

1. KlimaSchutz Kongress,
Würzburg, Germany, 11.02.17

C. Buerhop-Lutz, **Sichten von ertragsmindernden PV-Modulen mit drohnen-basierter Thermographie,**

Zukunftsbüro Kreiswerke Cham,
Cham, Germany, 29.05.17

C. Camus, **BIPV: Warum und wie?,** Faszination Energie: Energie und Architektur – Solartechnische Systeme der Zukunft, Nürnberg, Germany, 12.07.17

I. Channa, **Coated Barriers for Organic Electronics,** Energie Campus Nürnberg: EnCN Jahreskonferenz Highlights aus der aktuellen Forschung, Nürnberg, Germany, 13.12.17

M. Demharter, **Hochtemperatur-Vakuumisolation,** AMAP-Kolloquium, Aachen, Germany, 23.03.17

H. P. Ebert, **Wetter und Architektur,** Arc-Film 2017, Würzburg, Germany, 15.02.17

H. P. Ebert, **Technologie-Perspektiven und Gebäudeinnovationen,** IHK Energietreff, Würzburg, Germany, 14.03.17

H. P. Ebert, **Innovative Lösungen zur Gebäude- und Anlagenklimatisierung,** bayme vbm – Energieeffizienz in Rechenzentren, Würzburg, Germany, 12.07.17

H.-J. Egelhaaf, **Transparent Electrodes and Invisible Interconnections,** Innovation Day I-Meet ZAE, Kainsbach Happurg, Germany, 09.10.17

H.-J. Egelhaaf, **Solarfabrik der Zukunft – Strategie für 2017,** Winterschule in Lam I-Meet ZAE, Lam, Germany, 14.03.17

J. Hauch, S. Kruck, **Intelligente Sektorenkopplung – Wärme aus PV-Strom,** ZAE-Tag, München, Germany, 21.11.17

J. Hauch, **Technologien für eine nachhaltige Energieversorgung,** Innovationsforum „Nachhaltige Energiesystemen – sicher, dezentral, vernetzt“, Nürnberg, Germany, 17.10.17

J. Hauch, **Technologies for Printed Solar Modules,** Mads Clausen Institute Energy Club, Sonderburg, Denmark, 12.07.17

F. Klinker, **Energieeffiziente Gebäudekühlung mit Phasenwechselmaterialien,** 2. Jahrestreffen Energieeffizienz-Netzwerke – IHK Koblenz, Koblenz, Germany, 08.06.17

A. Krönauer, E. Lävemann, **Wirtschaftlichkeit eines mobilen Sorptionsspeichers,** 6. Fachforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 06.07.17

R. Kunde, A. Maußner, **Abwärmenutzung in der Industrie,** 1. Netzwerktreffen des Energieeffizienz-Netzwerks Niederbayern EN2, Straubing, Germany, 27.09.17

P. Maisch, **Transparent Electrodes for Printed Photovoltaics,** Energie Campus Nürnberg: EnCN Jahreskonferenz Highlights aus der aktuellen Forschung, Nürnberg, Germany, 13.12.17

M. Reim, W. Körner, D. Gerstenlauer, S. Weismann, D. Kranl, B. Chhugani, H. Weinläder, **Regelungsstrategien und Nutzerakzeptanz bei innovativen Tageslicht- und Verschattungssystemen,** 7. Energiedialog Mainfranken – Energieeffiziente Gebäude, Marktheidenfeld, Germany, 30.05.17

C. Römer, H. P. Ebert, **Energieeffizienz durch Anpassung – Adaptive Komponenten in der Gebäudehülle,** Blockseminar Energiedesign, Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen FHWS, Würzburg, Germany, 19.04.17

E. Tam, **Invisible Interconnections for Pretty Printed Photovoltaic,** Energie Campus Nürnberg: EnCN Jahreskonferenz Highlights aus der aktuellen Forschung, Nürnberg, Germany, 13.12.17

H. Weinläder, F. Klinker, **PCM-Demo II – vielfältige Anwendungen der PCM-Technologie im Gebäudesektor,** 3. Projektleitertreffen Energiewende Bauen, Berlin, Germany, 06.-07.12.2017

3.2 VERÖFFENTLICHUNGEN PUBLICATIONS

3.2.1 REFERIERTE VERÖFFENTLICHUNGEN PEER-REVIEWED PUBLICATIONS

- T. Ameri, M. Forster, U. Scherf, C. J. Brabec, **Near-Infrared Sensitization of Polymer/Fullerene Solar Cells: Controlling the Morphology and Transport in Ternary Blends**, *Advances in Polymer Science*, 272, 2017, 301-326, doi: 10.1007/978-3-319-28338-8_13
- C. Balzer, A. M. Waag, S. Gehret, G. Reichenauer, F. Putz, N. Hüsing, O. Paris, N. Bernstein, G. Y. Gor, A. V. Neimark, **Adsorption-Induced Deformation of Hierarchically Structured Mesoporous Silica – Effect of Pore-Level Anisotropy**, *Langmuir*, 33 (22), 2017, 5592-5602, doi: 10.1021/acs.langmuir.7b00468
- D. Baran, S. Tuladhar, S. Economopoulos, M. Neophytou, A. Savva, G. Itskos et al., **Photovoltaic Limitations of BODIPY: Fullerene Based Bulk Heterojunction Solar Cells**, *Synthetic Metals*, 226, 2017, 25-30, doi: 10.1016/j.synthmet.2017.01.006
- D. Bellinger, J. Pflaum, C. Brüning, V. Engel, B. Engels, **The electronic character of PTCDA thin films in comparison to other perylene-based organic semi-conductors: ab initio-, TD-DFT and semi-empirical computations of the optoelectronic properties of large aggregates**, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 19 (3), 2017, 2434-2448, doi: 10.1039/C6CP07673D
- J. Bogenrieder, M. Hüttner, P. Luchscheider, J. Hauch, C. Camus, C. J. Brabec, **Technology-Specific Yield Analysis of Various Photovoltaic Module Technologies Under Specific Real Weather conditions**, *Progress in Photovoltaics Research and Applications*, 26, 2017, 74-85, doi: 10.1002/pip.2921
- C. Brückner, M. Stolte, F. Würthner, J. Pflaum, B. Engels, **QM/MM calculations combined with the dimer approach on the static disorder at organic-organic interfaces of thin-film organic solar cells composed of small molecules**, *Journal of Physical Organic Chemistry*, 30 (9), 2017, e3740, doi: 10.1002/poc.3740
- C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, A. Bemm, C. Vodermayr, B. Glück, A. Huber, C. Camus, J. Hauch, C. Brabec, **Zellrisse – nur halb so schlimm?**, *pv magazine*, Berlin, 2017, 76-79
- C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, T. Patel, F. Fecher, C. Zetzmann, C. Camus et al., **Analysis of Inhomogeneous Local Distribution of Potential Induced Degradation at a Rooftop Photovoltaic Installation**, *IET Renewable Power Generation*, 11 (10), 2017, 1253-1260, doi: 10.1049/iet-rpg.2017.0105
- T. Cao, N. Chen, G. Liu, Y. Wan, J. D. Perea, Y. Xia et al., **Towards a Full Understanding of Regioisomer Effects of Indene-C60 Bisadduct Acceptors in Bulk Heterojunction Polymer Solar Cells**, *Journal of Materials Chemistry A*, 5, 2017, 10206-10219, doi: 10.1039/c7ta01665d
- S. Chen, Y. Hou, H. Chen, S. Langner, N. Li, T. Stubhan et al., **Exploring the Stability of Novel Wide Bandgap Perovskites by a Robot Based High Throughput Approach**, *Advanced Energy Materials*, 2017, 1701543, doi: 10.1002/aenm.201701543
- B. Chhugani, F. Klinker, H. Weinlaeder, M. Reim, **Energetic performance of two different PCM wallboards and their regeneration behavior in office rooms**, *Energy Procedia*, 122, 2017, 625-630, doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.360
- C. Chochos, S. Drakopoulou, A. Katsouras, B. M. Squeo, C. Sprau, A. Colsmann et al., **Beyond Donor-Acceptor (D-A) Approach: Structure – Optoelectronic Properties – Organic Photovoltaic Performance Correlation In New D-A1-D-A2 Low-Bandgap Conjugated Polymers**, *Macromolecular Rapid Communications*, 38 (7), 2017, 1600720, doi: 10.1002/marc.201600720
- C. Chochos, A. Katsouras, N. Gasparini, C. Koulogiannis, T. Ameri, C. J. Brabec et al., **Rational Design Of High-Performance Wide-Bandgap (≈ 2 EV) Polymer Semiconductors As Electron Donors In Organic Photovoltaics Exhibiting High Open Circuit Voltages (≈ 1 V)**, *Macromolecular Rapid Communications*, 38, 2017, 1600614, doi: 10.1002/marc.201600614

- C. Chochos, N. Leclerc, N. Gasparini, N. Zimmermann, E. Tatsi, A. Katsouras et al., **The Role of Chemical Structure in Indacenodithienothiophene-Alt-Benzothiadiazole Copolymers for High Performance Organic Solar Cells with Improved Photo-Stability Through Minimization of Burn-In Loss**, *Journal of Materials Chemistry A*, 5, 2017, 25064-25076, doi: 10.1039/cta09224e
- S. Dowland, M. Salvador, J. Perea, N. Gasparini, S. Langner, S. Rajoelson et al., **Suppression of Thermally Induced Fullerene Aggregation in Polyfullerene-Based Multiacceptor Organic Solar Cells**, *ACS Appl. Mater. & Interfaces*, 9 (12), 2017, 10971-10982, doi: 10.1021/acscami.7b00401
- X. Du, X. Jiao, S. Rechberger, J. Perea, M. Meyer, N. Kazerouni et al., **Crystallization of Sensitizers Controls Morphology and Performance in Si-/C-PCPDTBT-Sensitized P3HT:ICBA Ternary Blends**, *Macromolecules*, 50, 2017, 2415-2423, doi: 10.1021/acs.macromol.6b02699
- X. Du, O. Lytken, M. Killian, J. Cao, T. Stubhan, M. Turbiez et al., **Overcoming Interfacial Losses In Solution-Processed Organic Multi-Junction Solar Cells**, *Advanced Energy Materials*, 7 (5), 2017, doi: 10.1002/aenm.201601959
- V. Dyakonov, J. L. Delgado, **Carbon Nanoforms for Photovoltaics**, *Advanced Energy Materials*, 7 (10), 2017, 1700252, doi: 10.1002/aenm.201700252
- A. Fateh, F. Klinker, M. Brütting, H. Weindl, F. Devia, **Numerical and experimental investigation of an insulation layer with phase change materials (PCMs)**, *Energy and Buildings*, 153, 2017, 231-240, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.08.007
- F. Fuchs, S. Schmitt, C. Walter, B. Engels, E.M. Herzig, P. Muller-Buschbaum, V. Dyakonov, C. Deibel, **Vibrational Spectroscopy of a Low Band Gap Donor-Acceptor Copolymer and Blends**, *Journal of Physical Chemistry*, 121 (36), 2017, 19543-19547, doi: 10.1021/acs.jpcc.7b03429
- N. Gasparini, M. Salvador, S. Strohm, T. Heumueller, I. Levchuk, A. Wadsworth et al., **Burn-in Free Nonfullerene-Based Organic Solar Cells**, *Advanced Energy Materials*, 7, 2017, 1700770, doi: 10.1002/aenm.201700770
- N. Gasparini, L. Lucera, M. Salvador, M. Prosa, G. Spyropoulos, P. Kubis et al., **High-Performance Ternary Organic Solar Cells With Thick Active Layer Exceeding 11% Efficiency**, *Energy and Environmental Science*, 10, 2017, 885-892, doi: 10.1039/C6EE03599J
- N. Gasparini, A. García-Rodríguez, M. Prosa, S. Bayseç, A. Palma-Cando, A. Katsouras A et al., **Indacenodithienothiophene-Based Ternary Organic Solar Cells**, *Frontiers in Energy Research*, 4 (40), 2017, doi: 10.3389/fenrg.2016.00040
- N. Gasparini, M. Salvador, T. Heumueller, M. Richter, A. Classen, S. Shrestha et al., **Polymer: Nonfullerene Bulk Heterojunction Solar Cells with Exceptionally Low Recombination Rates**, *Advanced Energy Materials*, 7, 2017, 1701561, doi: 10.1002/aenm.201701561
- A. Göbel, S. Vidi, F. Klinker, F. Hemberger, M. Brütting, H. P. Ebert, H. Mehling, **Method for the Thermal Characterization of PCM Systems in the Volume Range from 100 ml to 1000 ml**, *International Journal of Thermophysics*, 38 (5), 2017, 67, doi: 10.1007/s10765-017-2204-z
- N. Güldal, T. Kassar, M. Berlinghof, T. Unruh, C. J. Brabec, **In Situ Characterization Methods For Evaluating Microstructure Formation And Drying Kinetics Of Solution-Processed Organic Bulk-Heterojunction Films**, *Journal of Materials Research*, 32 (10), 2017, 1855-1879, doi: 10.1557/jmr.2017.190
- A. Hashemi, G. Jovicic, M. Batentschuk, C. J. Brabec, A. Vetter, **Contactless Temperature Determination Using Dual-Channel Lock-In Phosphor Thermometry**, *Measurement Science and Technology*, 28 (12), 2017, 125204, doi: 10.1088/1361-6501/aa5010
- A. Hashemi, J. Gast, A. Ali, A. Osvet, M. Batentschuk, C. J. Brabec, **Surface Thermography Using Dual Channel Imaging Based on the Blue and Red Emission of Ba₃MgSi₂O₈:Eu²⁺, Mn²⁺**, *Measurement Science and Technology*, 28 (12), 2017, doi: 10.1088/1361-6501/aa8fb7

- M. C. Heiber, K. Kister, A. Baumann, V. Dyakonov, C. Deibel, T. Q. Nguyen, **Impact of Tortuosity on Charge-Carrier Transport in Organic Bulk Heterojunction Blends**, *Physical Review Applied*, 8 (5), 2017, 054043, doi: 10.1103/PhysRevApplied.8.054043
- S. Hiebler, C. Rathgeber, M. Helm, **Energiespeicher für die Energiewende: Salzhidratbasierte Niedertemperatur-Latentwärmespeicher**, *CIT Chemie Ingenieur Technik*, 2017, doi: 10.1002/cite.201700049
- Y. Hou, S. Scheiner, X. Tang, N. Gasparini, M. Richter, N. Li et al., **Suppression Of Hysteresis Effects in Organohalide Perovskite Solar Cells**, *Advanced Materials Interfaces*, 4, 2017, 170004, doi: 10.1002/admi.201700007
- Y. Hou, X. Du, S. Scheiner, D. P. McMeekin, Z. Wang, N. Li et al., **A Generic Interface to Reduce the Efficiency-Stability-Cost Gap of Perovskite Solar Cells**, *Science*, 9, 2017, 1-9, doi: 10.1126/science.aao5561
- F. Huewe, A. Steeger, K. Kostova, L. Burroughs, I. Bauer, P. Strohrriegl, V. Dimitrov, S. Woodward, J. Pflaum, **Low-Cost and Sustainable Organic Thermoelectrics Based on Low-Dimensional Molecular Metals**, *Advanced Materials*, 29 (13), 2017, 1605682, doi: 10.1002/adma.201605682
- S. Kahmann, J. Rios, M. Zink, S. Allard, U. Scherf, M. dos Santos et al., **Excited State Interaction of Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotubes with Their Wrapping Polymers**, *Journal of Chemistry Letters*, 8 (22), 2017, 5666-5672, doi: 10.1021/acs.jpcllett.7b02553
- L. Ke, N. Gasparini, J. Min, H. Zhang, M. Adam, S. Rechberger et al., **Panchromatic Ternary/Quaternary Polymer/Fullerene BHJ Solar Cells Based on Novel Silicon Naphthalocyanine and Silicon Phthalocyanine Dye Sensitizers**, *Journal of Materials Chemistry A*, 5, 2017, 2550-2562, doi: 10.1039/c6ta08729a
- V. Kolb, J. Pflaum, **Hybrid metal-organic nanocavity arrays for efficient light out-coupling**, *Optics Express*, 25 (6), 2017, 6678-6689, doi: 10.1364/OE.25.006678
- O. Kozlov, X. Liu, Y. Luponosov, A. Solodukhin, V. Toropynina, J. Min et al., **Triphenylamine-Based Push-Pull Molecule for Photovoltaic Applications: From Synthesis to Ultrafast Device Photophysics**, *Journal of Physical Chemistry C*, 121 (12), 2017, 6424-6435, doi: 10.1021/acs.jpcc.6b12068
- Y. Wang, J. M. Kuckelkorn, F.-Y. Zhao, H. Spliethoff, W. Lang, **A state of art review on interactions between energy performance and indoor environment quality in Passive House buildings**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 2017, 1303-1319, doi: 10.1016/j.rser.2016.10.039
- Y. Wang, J. M. Kuckelkorn, Y. Liu, **A state of art review on methodologies for control strategies in low energy buildings in the period from 2006 to 2016**, *Energy and Buildings*, 147, 2017, 27-40, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.04.066
- L. G. Kudriashova, D. Kiermasch, P. Rieder, M. Campbell, K. Tvingstedt, A. Baumann, G. V. Astakhov, V. Dyakonov, **Impact of Interfaces and Laser Repetition Rate on Photocarrier Dynamics in Lead Halide Perovskites**, *Journal of Physical Chemistry Letters*, 8, 2017, 4698-4703, doi: 10.1021/acs.jpcllett.7b02087
- I. Levchuk, A. Osvet, X. Tang, M. Brandl, J. Perea, F. Hoegl et al., **Brightly Luminescent and Color-Tunable Formamidinium Lead Halide Perovskite FAPbX (X = Cl, Br, I) Colloidal Nanocrystals**, *Nano Letters*, 17, 2017, 2765-2770, doi: 10.1021/acs.nanolett.6b04781
- I. Levchuk, P. Herre, M. Brandl, A. Osvet, R. Hock, W. Peukert et al., **Ligand-assisted thickness tailoring of highly luminescent colloidal CH₃NH₃PbX₃ (X = Br and I) perovskite nanoplatelets**, *Chemical Communications*, 53, 2017, 244-247, doi: 10.1039/c6cc09266g
- N. Li, J. Perea, T. Kassar, M. Richter, T. Heumüller, G. Matt et al., **Abnormal Strong Burn-In Degradation of Highly Efficient Polymer Solar Cells Caused by Spinodal Donor-Acceptor Demixing**, *Nature Communications*, 8, 2107, 14541, doi: 10.1038/ncomms14541
- N. Li, C. J. Brabec, **Washing Away Barriers**, *Nature Energy*, 2, 2017, 772-773, doi: 10.1038/s41560-017-0011-1
- T. Linderl, T. Zechel, M. Brendel, D. M. González, P. Müller-Buschbaum, J. Pflaum, W. Brütting, **Energy Losses in Small-Molecule Organic Photovoltaics**, *Advanced Energy Materials*, 7 (16), 2017, 1700237, doi: 10.1002/aenm.201700237

- L. Lucera, F. Machui, H. Schmidt, T. Ahmad, P. Kubis, S. Strohm et al., **Printed Semi-Transparent Large Area Organic Photovoltaic Modules with Power Conversion Efficiencies of Close to 5%**, *Organic Electronics*, 45, 2017, 41-45, doi: 10.1016/j.orgel.2017.03.013
- J. Manara, M. Zipf, T. Stark, M. Arduini, H. P. Ebert, A. Tutschke, A. Hallam, J. Hanspal, M. Langley, D. Hodge, J. Hartmann, **Long Wavelength Infrared Radiation Thermometry for Non-Contact Temperature Measurements in Gas Turbines**, *Infrared Physics & Technology*, 80, 2017, 120-130, doi: 10.1016/j.infrared.2016.11.014
- J. Min, Y. Luponosov, C. Cui, B. Kan, H. Chen, X. Wan et al., **Evaluation of Electron Donor Materials for Solution-Processed Organic Solar Cells via a Novel Figure of Merit**, *Advanced Energy Materials*, 7 (18), 2017, doi: 10.1002/aenm.201700465
- J. Min, N. Güldal, J. Guo, C. Fang, X. Jiao, H. Hu et al., **Gaining Further Insight into the Effects of Thermal Annealing and Solvent Vapor Annealing on Time Morphological Development and Degradation in Small Molecule Solar Cells**, *Journal of Materials Chemistry A*, 5, 2017, 18101-18110, doi: 10.1039/c7ta04769j
- R. Morak, S. Braxmeier, L. Ludescher, F. Putz, S. Busch, N. Husing, G. Reichenauer, O. Paris, **Quantifying adsorption-induced deformation of nanoporous materials on different length scales**, *Journal of Applied Crystallography*, 50, 2017, 1404-1410, doi: 10.1107/S1600576717012274
- D. Niesner, O. Schuster, M. Wilhelm, I. Levchuk, A. Osvet, S. Shrestha et al., **Temperature-Dependent Optical Spectra of Single-Crystal (CH₃NH₃)PbBr₃ Cleaved in Ultrahigh Vacuum**, *Physical Review B*, 95 (7), 2017, 075207, doi: 10.1103/PhysRevB.95.075207
- J. Perea, S. Langner, M. Salvador, B. Sanchez-Lengeling, N. Li, C. Zhang et al., **Introducing a New Potential Figure of Merit for Evaluating Microstructure Stability in Photovoltaic Polymer-Fullerene Blends**, *Journal of Physical Chemistry C*, 121, 2017, 18153-18161, doi: 10.1021/acs.jpcc.7b03228
- M. Pröll, P. Osgyan, H. Karrer, C. J. Brabec, **Experimental efficiency of a low concentrating CPC PVT flat plate collector**, *Solar Energy*, 147, 2017, 463-469, doi: 10.1016/j.solener.2017.03.055
- M. Prosa, N. Li, N. Gasparini, M. Bolognesi, M. Seri, M. Muccini et al., **Revealing Minor Electrical Losses in the Interconnecting Layers of Organic Tandem Solar Cells**, *Advanced Materials Interfaces*, 4, 2017, 1700776, doi: 10.1002/admi.201700776
- F. Putz, R. Morak, M. S. Elsaesser, C. Balzer, S. Braxmeier, J. Bernardi, O. Paris, G. Reichenauer, N. Husing, **Setting Directions: Anisotropy in Hierarchically Organized Porous Silica**, *Chemistry of Materials*, 29 (18), 2017, 7969-7975, doi: 10.1021/acs.chemmater.7b03032
- M. Reim, W. Körner, B. Chhugani, S. Weismann, **Correlation between energy efficiency in buildings and comfort of the users**, *Energy Procedia*, 122, 2017, 457-462, doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.291
- M. Richter, T. Heumüller, G. Matt, W. Heiss, C. J. Brabec, **Carbon Photodetectors: The Versatility of Carbon Allotropes**, *Advanced Energy Materials*, 7, 2017, 1601574, doi: 10.1002/aenm.201601574
- M. Salvador, N. Gasparini, J. Perea, S. Paleti, A. Distler, L. Inasaridze et al., **Suppressing Photooxidation of Conjugated Polymers and Their Blends with Fullerenes Through Nickel Chelates**, *Energy and Environmental Science*, 10 (9), 2107, 2005-2016, doi: 10.1039/c7ee01403a
- S. Shrestha, R. Fischer, G. Matt, P. Feldner, T. Michel, A. Osvet et al., **High-Performance Direct Conversion X-Ray Detectors Based On Sintered Hybrid Lead Triiodide Perovskite Wafers**, *Nature Photonics*, 11, 2017, 436-440, doi: 10.1038/nphoton.2017.94
- A. Solodovnyk, D. Riedel, B. Lipovšek, A. Osvet, J. Gast, E. Stern et al., **Determination of the Complex Refractive Index of Powder Phosphors**, *Optical Materials Express*, 7 (8), 2017, doi: 10.1364/OME.7.002943
- A. Solodovnyk, B. Lipovšek, D. Riedel, K. Forberich, E. Stern, M. Batentschuk et al., **Key Parameters of Efficient Phosphor-Filled Luminescent Down-Shifting Layers For Photovoltaics**, *Journal of Optics A*, 19 (9), 2017, doi: 10.1088/2040-8986/aa7d20

- R. Soltani, A. Katbab, K. Schaumberger, N. Gasparini, C. J. Brabec, S. Rechberger et al., **Light Harvesting Enhancement upon Incorporating Alloy Structured CdSeXTe(1–X) Quantum Dots in DPP:P-C61BM Bulk Heterojunction Solar Cells**, *Journal of Materials Chemistry C*, 3, 2017, 654-662, doi: 10.1039/c6tc04308a
- L. Briesemeister, M. Kremling, S. Fendt, H. Spliethoff, **Air-Blown Entrained-Flow Gasification of Biocoal from Hydrothermal Carbonization**, *Chemical Engineering & Technology*, 40 (2), 2017, 270-277, doi: 10.1002/ceat.201600192
- M. Santarelli, L. Briesemeister, M. Gandiglio, S. Herrmann, P. Kuczynski, J. Kupecki, A. Lanzini, F. Llovel, D. Papurello, H. Spliethoff, B. Swiatkowski, J. Torres-Sanglas, L. F. Vega, **Carbon recovery and re-utilization (CRR) from the exhaust of a solid oxide fuel cell (SOFC): Analysis through a proof-of-concept**, *Journal of CO₂ Utilization*, 18, 2017, 206-221, doi: 10.1016/j.jcou.2017.01.014
- S. Eyerer, C. Wieland, C. Schiffler, H. Spliethoff, **Hydrothermale Geothermie in Deutschland – Potential zur Stromerzeugung**, *Geothermische Energie*, 87 (2), 2017, 26-27,
- S. Eyerer, P. Eyerer, M. Eicheldinger, S. Sax, C. Wieland, H. Spliethoff, **Material compatibility of ORC working fluids with polymers**, *Energy Procedia*, 129, 2017, 137-144, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.189
- M. Kremling, L. Briesemeister, M. Gaderer, S. Fendt, H. Spliethoff, **Oxygen-Blown Entrained Flow Gasification of Biomass: Impact of Fuel Parameters and Oxygen Stoichiometric Ratio**, *Energy & Fuels*, 31 (4), 2017, 3949-3959, doi: 10.1021/acs.energyfuels.6b02949
- M. Hauck, S. Herrmann, H. Spliethoff, **Simulation of a reversible SOFC with Aspen Plus**, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42 (15), 2017, 10329-10340, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.01.189
- K. Swimm, S. Vidi, G. Reichenauer, H. P. Ebert, **Coupling of gaseous and solid thermal conduction in porous solids**, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 456, 2017, 114-124, doi: 10.1016/j.jnoncrysol.2016.11.012
- K. Swimm, G. Reichenauer, S. Vidi, H. P. Ebert, **Impact of thermal coupling effects on the effective thermal conductivity of aerogels**, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 84, 2017, 466-474, doi: 10.1007/s10971-017-4437-5
- M. Sytnyk, M. Jakešová, M. Litvinuková, O. Mashkov, D. Kriegner, J. Stangl et al., **Cellular Interfaces with Hydrogen-Bonded Organic Semiconductor Hierarchical Nanocrystals**, *Nature Communications*, 8 (1), 2017, 91, doi: 10.1038/s41467-017-00135-0
- P. Tan, M. Brütting, S. Vidi, H. P. Ebert, P. Johansson, H. Jansson, A. Sasic Kalagasidis, **Correction of the enthalpy-temperature curve of phase change materials obtained from the T-History method based on a transient heat conduction model**, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 105, 2017, 573-588, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.10.001
- J. Teubner, I. Kruse, H. Scheuerpflug, C. Buerhop, J. Hauch, C. Camus, C. J. Brabec, **Comparison of Drone-based IR-imaging with Module Resolved Monitoring Power Data**, *Energy Procedia*, 124, 2017, 560-566, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.094
- K. Tvingstedt, L. Gil-Escrig, C. Momblona, P. Rieder, D. Kiermasch, M. Sessolo, A. Baumann, H. J. Bolink, V. Dyakonov, **Removing Leakage and Surface Recombination in Planar Perovskite Solar Cells**, *ACS Energy Lett.*, 2 (2), 2017, 424-430, doi: 10.1021/acsenenergylett.6b00719
- S. Vath, K. Tvingstedt, M. Auth, A. Sperlich, A. Dabulienė, J. V. Grazulevicius, P. Stakhira, V. Cherpak, V. Dyakonov, **Direct Observation of Spin States Involved in Organic Electroluminescence Based on Thermally Activated Delayed Fluorescence**, *Advanced Optical Materials*, 5 (3), 2017, 1600926, doi: 10.1002/adom.201600926

S. Vath, K. Tvingstedt, A. Baumann, M. C. Heiber, A. Sperlich, J. A. Love, T. Q. Nguyen, V. Dyakonov, **Triplet Excitons in Highly Efficient Solar Cells Based on the Soluble Small Molecule p-DT-S(FBTTh₂)(2)**, *Advanced Energy Materials*, 7 (7), 2017, 1602016, doi: 10.1002/aenm.201602016

H. Weinläder, F. Klinker, M. Yasin, **PCM cooling ceilings in the Energy Efficiency Center – regeneration behaviour of two different system designs**, *Energy and Buildings*, 156, 2017, 70-77, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.09.010

C. Zhang, A. Mumyatov, S. Langner, J. D. Perea, T. Kassari, J. Min et al., **Overcoming the Thermal Instability of Efficient Polymer Solar Cells by Employing Novel Fullerene-Based Acceptors**, *Advanced Energy Materials*, 7 (3), 2017, 1601204, doi: 10.1002/aenm.201601204

C. Zhang, S. Langner, A. Mumyatov, D. Anokhin, J. Min, J. D. Perea et al., **Understanding the Correlation and Balance Between the Miscibility and Optoelectronic Properties of Polymer-Fullerene Solar Cells**, *Journal of Materials Chemistry A*, 5, 2017, 17570-17579, doi: 10.1039/c7ta03505e

3.2.2 BÜCHER, MANUSKRIPTE BOOKS, MANUSCRIPTS

T. Ameri, M. D. Foerster, U. Scherf, C. J. Brabec, K. Leo (Ed.), **Near-Infrared Sensitization Of Polymer/Fullerene Solar Cells: Controlling The Morphology And Transport In Ternary Blends**, *Elementary Processes in Organic Photovoltaics*, New York, 2017, ISBN 978-3-319-28338-8

H. P. Ebert, **Wärme ohne Ende – Erneuerbare Energien aus Himmel und Erde**, in: *energie.wenden – Chancen und Herausforderungen eines Jahrhundertprojekts*, eds.: C. Geyer, S. Kellberg, C. Newinger, oekom verlag, München, 2017, 34-40, ISBN 978-3-86581-839-3

P. Maisch, L. Lucera, H.-J. Egelhaaf, C. J. Brabec, **Flexible Solar Cells, Flexible Carbon Based Electronics**, (eds.: V. Palermo, P. Samorì, Wiley-VCH), New Jersey, 2018, ISBN: 978-3-527-34191-7

A. Opitz, R. Banerjee, S. Grob, M. Gruber, A. Hinderhofer, U. Hörmann, J. Kraus, T. Linderl, C. Lorch, A. Steindamm, A. K. Topczak, A. Wilke, N. Koch, J. Pflaum, F. Schreiber, W. Brütting, **Charge Separation at Nanostructured Molecular Donor-Acceptor Interfaces**, in: *Elementary Processes in Organic Photovoltaics*. *Advances in Polymer Science*, eds.: K. Leo, Springer, Cham, 2017, 77-108, ISBN 978-3-319-28336-4

J. Perea, S. Langner, T. Ameri, C. J. Brabec, **Encyclopedia of Physical Organic Chemistry, 6 Volume Set, Band 1**, Wiley (ed.), New York, 2017, 697-735, ISBN: 9781118470459

A. Robrecht et al., **Schmuttertal Gymnasium Architektur – Pädagogik – Ressourcen**, Hrsg.: Sabine Djahanschah, Hermann Kaufmann, Florian Nagler, DBU-Bauband 1, DETAIL Verlag, Osnabrück, 2016, 151-155, ISBN 978-3-95553-347-2

K. Sipilä, F. Reda, R. Pasonen, A. Löf, M. Viot, K. Pischow, M. Helm, M. Möckl, F. Menhart, M. Kausche, P. Osgyan, G. Streib, **Solar heating and cooling in Northern and Central Europe**, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo), FI-02044 VTT, Finland, Tampere, 2017, 170, ISBN 978-951-38-8510-6

T. Stubhan, N. Wolf, J. Manara, V. Dyakonov, C. J. Brabec, **Controlling the Electronic Interface Properties in Polymer-Fullerene Bulk Heterojunction Solar Cells**, in: *Elementary Processes in Organic Photovoltaics*. *Advances in Polymer Science*, eds.: K. Leo, Springer, Cham, 2017, 293-310, ISBN 978-3-319-28336-4

T. Stubhan, N. Wolf, J. Manara, V. Dyakonov, C. J. Brabec, **Elementary Processes in Organic Photovoltaics**, New York, 2017, ISBN 978-3-319-28338-8

3.2.3

REFERIERTE TAGUNGSBANDBEITRÄGE / CONFERENCE PAPERS

J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, H. P. Ebert, J. Hartmann, A. Tutschke, A. Hallam, J. Hanspal, M. Langley, **Entwicklung und Test eines langwelligen Strahlungsthermometers zur berührungslosen Temperaturmessung in Gasturbinen während des Betriebs**, Temperatur 2017, Berlin, Germany, 43-48, ISBN: 978-3-944659-04-6

J. Manara, T. Stark, M. Zipf, M. Arduini, J. Hartmann, **Ein Versuch zur berührungslosen nicht-invasiven Qualifizierung der Haftung von Wärmeschutzschichten**, Temperatur 2017, Berlin, Germany, 71-76, ISBN: 978-3-944659-04-6

R. Schex, M. Remy, J. Linn, A. Krönauer, **Solar-Electric Driven Heating and Cooling System with PCM-Storage for Improved Grid Connection**, Solar World Congress 2017, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 31.10.2017

L. Staudacher, G. Fink, **Bewertung eines photovoltaisch unterstützten Heiz- und Kühlsystems für Bürogebäude**, 27. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 10.-12.05.2017

R. Gurtner, **Zweistoff-Hochtemperatur-Wärmespeicher für industrielle Abwärmenutzung**, 5. Internationale Kupolofenkonferenz, Saarbrücken, Germany, 22.-23.07.2017

J. M. Kuckelkorn, **Systemoptimierung geothermischer Heizwerke am Beispiel der AFK-Geothermie GmbH**, Der Geothermiekongress 2017, München, Germany, 12.-14.09.2017

C. Buerhop-Lutz, F. W. Fecher, T. Pickel, T. Patel, C. Zetzmann, C. Camus et al., **Impact of PID on Industrial Roof-Top PV-Installations**, SPIE Optics + Photonics 2017, San Diego, USA, 06.-10.08.2017, doi: 10.1117/12.2273995

C. Buerhop-Lutz, S. Wirsching, T. Pickel, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Analyzing the Degradation of Pre-Damaged PV-Modules**, SPIE Optics + Photonics 2017, San Diego, USA, 06.-10.08.2017, doi: 10.1117/12.2273978

C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, A. Häring, T. Adamski, C. Camus, J. Hauch et al., **Verifying Defective PV-Module Recognition by IR-Imaging and Module Optimizers**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 1488-1500, 10.4229/EUPVSEC20172017-5DO.5.3

C. Buerhop-Lutz, T. Winkler, F.W. Fecher, A. Bemm, C. Camus, J. Hauch et al., **Performance Analysis of Pre-Cracked PV-Modules at Realistic Loading Conditions**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 1451-1456, 10.4229/EUPVSEC20172017-5CO.8.2

C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, F. W. Fecher, C. Zetzmann, C. Camus, J. Hauch et al., **Quantitative Study of Potential Induced Degradation of a Roof-Top PV-Installation with IR-Imaging**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 1931-1936, 10.4229/EUPVSEC20172017-6BO.8.2

C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, H. Scheuerpflug, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Statistical Analysis of Infrared-Inspections of PV-Plants**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 2320-2324, 10.4229/EUPVSEC20172017-6BV.1.44

C. Buerhop, S. Wirsching, S. Gehre, T. Pickel, T. Winkler, A. Bemm et al., **Lifetime and Degradation of Pre-damaged PV-Modules – Field study and lab testing**, IEEE Photovoltaic Specialist Conference 44, Washington DC, USA, 25.-30.06.2017, Conference Paper

C. Camus, P. Offermann, M. Weissmann, C. Buerhop-Lutz, J. Hauch, C. J. Brabec, **A New Metric for Assessing Local Mechanical Load Scenarios for PV Modules at Specific Locations**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 2274-2279, 10.4229/EUPVSEC20172017-6BV.1.28

M. Dalsass, S. Deitsch, D. Moerman, F. Gallwitz, C. J. Brabec, **Algorithmus zur IR-Panoramabilderstellung aus IR-Luftaufnahmen von PV-Freiflächenanlagen**, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 08.-10.3.2017, Print only

F. Fecher, C. Buerhop-Lutz, T. Pickel, M. Hundhausen, C. Zetzmann, C. Camus et al., **Qualitative und quantitative Auswertung regelmäßig durchgeführter aIR-Inspektionen von PV-Anlagen mit typischem PID-Muster**, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 08.-10.3.2017, Print only

J. Hepp, A. Vetter, B. Hofbeck, C. Camus, J. Hauch, C. J. Brabec, **Separating the Influence of Material Composition and Local Defects on the Voc of CIGS Solar Modules**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 1010-1012, 10.4229/EUPVSEC20172017-3AO.8.2

B. Lipovsek, A. Solodovnyk, D. Riedel, A. Osvet, J. Gast, E. Stern et al., **Phosphor Particles for Luminescent Down-Shifting in Photovoltaics: Determination of Complex Refractive Indices**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 25.-29.09.2017, 1037-1040, 10.4229/EUPVSEC20172017-3BO.12.1

N. Li, G. Spyropoulos, C. J. Brabec, **Innovative Architecture Design for High Performance Organic and Hybrid Multi-Junction Solar Cells**, Organic, Hybrid, and Perovskite Photovoltaics XVIII, San Diego, USA, 06.-10.08.2017, doi: 10.1088/2040-8986/aa7d20

A. Heinrichsdobler, M. Engelmayr, D. Riedel, C. J. Brabec, T. Wehlus, **Inkjet-Printed Polymer-Based Cattering Layers for Enhanced Light Outcoupling from Top-Emitting Organic Light-Emitting Diodes**, SPIE Optics + Photonics 2017, San Diego, USA, 06.-10.08.2017, doi: 10.1117/12.2272976

3.2.4 SONSTIGE VERÖFFENTLICHUNGEN MISCELLANEOUS PUBLICATIONS

H.-J. Egelhaaf, **Flexibler Strom made in Franken**, Franken Fernsehen (www.frankenfernsehen.tv/mediathek/video/flexibler-strom-made-in-franken-die-solarfabrik-der-zukunft/)

3.3 STUDIENABSCHLUSSARBEITEN UND DISSERTATIONEN DEGREE AND DOCTORAL THESES

3.3.1 STUDIENABSCHLUSSARBEITEN DEGREE THESES

H. Abu Zeitoon, **Investigation of Bypass-Diode Failure by IR-imaging**, German Jordan University, , 01/2017, Bachelor

A. Adrian, **Langzeitauswertung und Technologievergleich von Photovoltaikmodulen**, TU Berlin, Fakultät III, 05/2017, Master

R. Amesöder, **Auswirkungen von Defekten auf Elektrolumineszenz und Kennlinien-Messungen von Photovoltaikmodulen**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät, 08/2017, Master

M. Barth, **Aufbau und Charakterisierung von Gebäudeintegrierten Photovoltaikmodulen in Verbindung mit unterschiedlichen Dämmstoffen**, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Land- und Ernährungswirtschaft, 10/2017, Bachelor

E. Buchta, **Vergleichende Langzeitauswertung verschiedener PV-Technologien**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 07/2017, Bachelor

B. Chhugani, **Analysis of PCM Wall Boards for Passive Cooling Power to Improve Thermal Comfort in Rooms**, Universität Kassel, Elektrotechnik/Informatik, 02/2017, Master

N. Fischer, **Energetische und wirtschaftliche Untersuchung einer innovativen Gebäudekühlung mittels Infrarotabstrahlung und einer Kühldecke mit Latentwärmespeicher**, Hochschule Weihenstephan - Triesdorf, Wald- und Forstwirtschaft, 12/2017, Master

J. Gast, **Development of an Easily Applicable Imaging Method via Phosphor Thermometry**, FAU, Technische Fakultät, 01/2017, Master

S. Gehre, **Experimentelle und numerische Analyse mechanischer Belastung von Silizium-Solarmodulen**, FAU, Computational Engineering, 01/2017, Master

T. Graf, **Untersuchung neuartiger Elektroden und unterschiedlicher Elektrodendicken für Vanadium Redox-Fluss Batterien**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme, 07/2017, Bachelor

A. Grisval, **Investigation on Organic Hydrates as Phase Change Materials (PCM)**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme, 08/2017, Master

M. Hegazy, **Energieeffiziente Kälteerzeugung mittels passiver Infrarot Nacht Kühlung**, Technische Universität Ilmenau, Mathematik und Naturwissenschaften, 03/2017, Master

A. Herb, **Analyse und Optimierung des Gebäudebetriebs einer Plusenergieschule in Bezug auf Energieeffizienz und Raumkomfort**, Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Fakultät für Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Flugzeugtechnik, 06/2017, Diplom

M. Heym, **Emissionsgradbestimmung im Hochtemperaturbereich**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 09/2017, Bachelor

A. Hofbauer, **Infrarot-optische und thermische Charakterisierung von Membrankonstruktionen mit transluzenter Wärmedämmung**, Hochschule für angewandte Wissenschaften Ansbach, Ingenieurwissenschaften, 04/2017, Bachelor

P. W. Iswari, **„Testing and Analysis of Novel Solar-Assisted Cooling System“**, TU Berlin, Fakultät III, 09/2017, Bachelor

J. Kaiser, **Infrarot-optische Charakterisierung bei hohen Temperaturen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 06/2017, Bachelor

K. Knopp, **Erweiterung und Verifizierung einer Apparatur zur automatisierten infrarot-optischen Charakterisierung von Werkstoffen bei hohen Temperaturen unter Vakuum**, Hochschule für angewandte Wissenschaften Hof, Ingenieurwissenschaften, 03/2017, Master

P. Köder, **Solution-Processed Interconnection Layers for Silicon-Perovskite Tandem Solar Cells**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 02/2017, Master

P. Löser, **Entwicklung eines numerischen Rechentools zur thermischen Simulation eines schaltbaren Fassadenaufbaus auf Basis von MATLAB**, Hochschule Nordhausen, Regenerative Energietechnik, 01/2017, Bachelor

N. Maier, **Hydrophobierung von Silica-Aerogelen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 07/2017, Bachelor

M. Martin, **Anpassung, Erweiterung und Validierung eines Batteriemodells**, Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Fakultät für angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik, 03/2017, Bachelor

R. Nannayakara, **Potential Analysis of Building-integrated Photovoltaic considering Architectural Aspects and Building physics**, ETH Zürich, Architektur, 08/2017, Master

J. Nauschütz, **Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Silica Aerogelen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physik und Astronomie, 12/2017, Master

G. Nzangue, **Infrarotoptische Untersuchung von Silizium Photovoltaikmodulen im Teillast**, Hochschule Darmstadt, Elektrotechnik, 04/2017, Bachelor

P. Offermann, **Mechanical Load Analysis on Photovoltaic Modules by Means of Meteorological Reanalysis Data**, TU München, Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, 10/2017, Master

M. Ott, **Simulation of the microscopic mass transport for all-vanadium redox flow batteries**, Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Fakultät für angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik, 05/2017, Master

C. Patel, **Sensitivity analysis of the T-History method**, Hochschule Coburg, Mess- und Sensortechnik, 04/2017, Master

T. Patel, **Investigation of Mechanical Loading on Performance of Photovoltaic Modules**, TU Berlin, Department of Energy Engineering, 12/2017, Master

D. Pauckner, **Erzeugung Viskositätsmessung eines Phase Change Slurries auf Salzhydratbasis**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik, 05/2017, Master

J. Pross-Brackhage, **Studie zum Einsatz von PCM in klimatisierten Gebäuden**, Hochschule für Technik Stuttgart, Bauingenieurwesen, Bauphysik und Wirtschaft, 01/2017, Bachelor

T. Rieth, **Charge Transfer and Ohmic Resistances and Their Resulting Voltage Efficiencies in Vanadium Redox Flow Batteries**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Elektrische Energiespeichertechnik, 09/2017, Bachelor

M. Rodemers, **Funktionale Membrankonstruktionen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 08/2017, Bachelor

D. Rudalevičienė, **Untersuchung technischer Latentwärmespeichermaterialien**, Eberhard Karls Universität Tübingen, Fachbereich Chemie, 10/2017, Master

P. Schmitt, **Empirische Analyse des Zusammenhangs zwischen thermischen Auffälligkeiten in Luft-IR-Aufnahmen und Monitoring-Daten einer PV-Freiflächenanlage**, Hochschule Ansbach, 02/2017, Bachelor

T. Schöberl, **Beurteilung der Leistungsperformance monokristalliner PV-Module anhand ihrer Elektrolumineszenz-Aufnahmen**, Hochschule Ansbach, Energie- und Umweltsystemtechnik, 04/2017, Bachelor

J. Stebani, **Theoretische Parameterstudie zum Einfluss von Inhomogenitäten auf die effektive Wärmeleitfähigkeit**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Angewandte Naturwissenschaften, 05/2017, Bachelor

S. Strohm, **Bulk Heterojunction Solar Cells Based on P3HT and the Non-Fullerene Acceptor IDTBR**, FAU, Technische Fakultät, 01/2017, Master

L. Sun, **Device for the development of new inexpensive PCM**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme, 08/2017, Master

V. Suryapakresh, **Finite Element Simulations of Photovoltaic Modules with Pre-Cracked Cells**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 07/2017, Master

J. Tschauner, **Aufbau eines Versuchstandes und Charakterisierung von überlangen Heatpipes zur Nutzung oberflächennaher Geothermie in Gebäuden**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 09/2017, Master

J. Wachsmuth, **Combinatorial Analysis of Organic Solar Cells with Non-Fullerene Electron Acceptors Using High-Throughput Methods**, FAU, Technische Fakultät, 03/2017, Master

T. Wagner, **Evaluation winkelabhängiger Leistungsmessungen von PV-Modulen**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 07/2017, Bachelor

Y. Yu, **Vergleichende Untersuchung von Werkzeugen des Life-Cycle-Assessment (LCA) am Beispiel verschiedener Energieversorgungsvarianten eines Zweckgebäudes**, Beuth Hochschule für Technik Berlin, Maschinenbau, Veranstaltungstechnik, Verfahrenstechnik, 05/2017, Master

3.3.2

DISSERTATIONEN

DOCTORAL THESES

C. Balzer, **Adsorption-Induced Deformation of Nanoporous Materials - in-situ Dilatometry and Modeling**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physik und Astronomie, 10/2017

S. Brückner, **Industrielle Abwärme in Deutschland - Bestimmung von gesichertem Aufkommen und technischer bzw. wirtschaftlicher Nutzbarkeit**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme, 06/2016

B. B. L. Reeb, **Analysis and Development of a Direct Alcohol Fuel Cell System**, Technische Universität München, Fakultät für Chemie, 09/2016

A. Riecke, **Thermische Umwandlung dünner Silizium-Schichten**, FAU, Technische Fakultät, 04/2017

G. Spyropoulos, **Smart Device Fabrication Strategies for Solution Processed Solar Cells**, FAU, Technische Fakultät, 01/2017

PATENTE 3.4

PATENTS

F. Bailly, J. Stelzer, R. Göb, U. Heinemann, K. Lurz, **Method for predicting a physical characteristic of vacuum insulation panels**, EP 2 594 924 A1, Patent, erteilt, 18.11.11, 22.05.13, 23.08.2017 Bulletin 2017/34

R. Auer, T. Kunz, K. Lammers, H. v. Campe, **Photovoltaikmodule mit photovoltaischen Elementen an der Vorderseite und einer offenporigen Schicht an der Rückseite sowie Anordnung zur Stromerzeugung**, DE102013214470, Patent, erteilt, 24.07.13, 29.01.15, 26.01.17

F. Bailly, A. Kleiner, M. Laudahn, C. Weiß, K. Baysal, A. Krönauer, S. Pöllinger, **Wärmetauscher mit MPE-Bauteil und zwei Medien-Strömungslabyrinthen sowie Haushaltskältegerät**, DE102015218445A1, Patent, offengelegt, 25.09.15, 30.03.17

D. Baran, C. J. Brabec, **Method of Determining the Potential Efficiency of a Solution Processable Photovoltaic Material**, WO2014/173453A1, Patent, erteilt, 26.04.13, 30.10.14, 13.12.17

A. Beck, J. Manara, **Elastisch anpassbare, mit verschiedenen Gasen befüllbare und hochwärmedämmende Folienisolation**, DE102016006096A1, Patent, offengelegt, 22.07.15, 26.01.17

S. Braxmeier, F. Klinker, W. Körner, C. Scherdel, **Optisch schaltendes Element**, DE102015015877A1, Patent, offengelegt, 09.12.15, 14.06.17

M. Dalsass, **Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung von Photovoltaik-Stromerzeugungseinrichtungen**: **DE-102017119172.0**, DE2017119172.0, Patent, eingereicht, 01.08.17

H.-J. Egelhaaf, C. J. Brabec, F. Hoga, P. Kubis, **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Substrats**, DE102016216187.3, Patent, eingereicht, 23.08.17

K. Foberich, H.-J. Egelhaaf, C. J. Brabec, L. Lucera, **Verfahren zur Herstellung eines Schichtbauteils und zugehörige Vorrichtung**, DE102016211170A1, Patent, offengelegt, 22.06.16, 28.12.17

F. P. Högl, **Vorrichtung zur sensorgestützten Datenerfassung**, DE102017122879.9, Patent, eingereicht, 02.10.17

P. Maisch, H.-J. Egelhaaf, **Method of Applying upon a Substrate a solid layer from a solution**, EP17196647.6-1370, Patent, eingereicht, 28.04.17

V. Sgobba, E. Stern, N. Gawehns, H.-J. Egelhaaf, A. Makhdoom, **Verfahren zur Entfernung einer Oxidschicht bei Silicium Nanopartikeln**, DE102016216125.3, Patent, eingereicht, 26.08.16

E. Tam, P. Maisch, M. Wagner, P. Kubis, H.-J. Egelhaaf, **Organic Solar Module and/or Fabrication Method**, US62/521,696, Patent, eingereicht, 22.06.17

3.5 MITARBEIT IN GREMIEN

MEMBERSHIP IN COMMITTEES

R. AUER

Mitglied, **Fachausschuss Sachverständigenwesen Photovoltaik (PV) und Photovoltaische Anlagentechnik (PVAT)**, IHK Mittelfranken

PROF. DR. C. J. BRABEC

Chairman of the Editorial Board, **Advanced Energy Materials**, Wiley VCH

Principal Investigator, **Cluster of Excellence “Engineering of Advanced Materials (EAM)”**, Erlangen

Member of the Scientific Advising Board, **CRANN AMBER, Trinity College**, Dublin, Ireland

Principal Investigator, **CRC 953 “Carbon Allotropes”**, Erlangen

Collaborating Principal Investigator, **CSC “111” Initiative of the Heeger Center**, Peking, China

Spokesman, **Department of Material Science**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Member of the Editorial Board, **Emerging Materials Research**, ice publishing

Deputy Spokesman, **Member of the Academic Heads, Member of the Steering Committee, Energie Campus Nürnberg e. V. (EnCN)**, Nürnberg

Member of the Board of Directors, **Energie Campus Nürnberg e. V. (EnCN)**, Nürnberg

Member, **Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT)**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Expert Referee, **European Union (EU)**

Principal Investigator, **GRK 1896 “In-Situ Microscopy with Electrons, X-rays and Scanning Probes”**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Member of the Board, **International Conference on Organic Electronics (ICOE)**

Editor, **Journal of Photonics for Energy**, SPIE

Vorstand, **Kompetenznetzwerk Wasser und Energie Oberfranken-Ost e. V.**, Hof

Representative for the, **Material Science Department in the Board of the Technical Faculty**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Reviewer, **Multiple Journals in the Field of Materials, Semiconductors and Energy (Nature Family, EES, Advanced Family etc.)**

Member of Scientific Board, **PE Graduate School, Imperial College**, London, UK

Member of the Editorial Board, **Progress in Photovoltaics**, Wiley VCH

Principal Investigator, **Solar Technologies Go Hybrid (SolTech)**

Member of Scientific Board, **Next Generation Solar Energy Conference 2017**, Cali, Colombia 2017

Netzwerkkoodinator, **Forschungsnetzwerk Erneuerbare Energien des BMWi**

M. BRÜTTING

Expert Task 58 Annex 33, **International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”**, Annex 29 “Compact Thermal Energy Storages – Material Development and System Integration”

Vertreter des ZAE Bayerns, **RAL Gütegemeinschaft PCM e.V.**

DR. C. BUERHOP-LUTZ

Deputy Chair, **VDI Fachausschuss GPL FB2 FA 202.2: Richtlinie 2879 Inspektion von Anlagen und Gebäuden mit UAV (Flug-Drohne)**

Deputy Chair, **VDI Fachausschuss GPL FB2 FA 202.2: Richtlinie 2883 Blatt 1 und Blatt 2 Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen**

Member, **AK 373.0.30 – Thermographie**

Member, **VGB-Standard VGB-S-823-33- <2017-mm> RDS-PP Application Guideline Part 33: Photovoltaic Power Plants**

DR. C. CAMUS

Session Chair, **European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC**, Amsterdam, 25.-29.09.2017

Member, **Allianz BIPV**

Member, **Allianz BIPV: AG Bau & Technik, AG Forschung**, Berlin, 07.11.2017

PROF. DR. V. DYAKONOV

Jurymitglied, **Bürgerenergiepreis Unterfranken 2017**, Bayernwerk

Mitglied, **Direktorium des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien (FVEE)**, Berlin

Gutachterliche Tätigkeit, **European Research Council ERC (Advanced Grants, Starting Grants)**, DFG, AvH, DBU, VW Stiftung, **Zukunftskolleg Konstanz, FWF (Österreich)**, **Nelson Mandela University (South Africa)**

Mitglied des Kuratoriums, **Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoffzentrum**, Würzburg

Mitglied, **Industrie-, Technologie- und Forschungsausschuss der IHK Würzburg-Schweinfurt**

Vorstandsmitglied, **Physikalisches Institut**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Editorial Advisory Board, **Scientific Reports**, Springer-Nature

Editorial Advisory Board, **Solar RRL**, Wiley

DR. H.-P. EBERT

Jurymitglied, **Bürgerenergiepreis Unterfranken 2017**, Bayernwerk

Mitglied, **Energie- und Umweltausschuss der IHK Würzburg-Schweinfurt**

Mitglied International Organizing Committee, **European Conference on Thermophysical Properties (ECTP)**

Mitglied im Tagungsausschuss, **FVEE Jahrestagung 2017**

Mitglied, **Industrie-, Technologie- und Forschungsausschuss der IHK Würzburg-Schweinfurt**

Vorsitz, **Lenkungsausschuss Arbeitskreis Thermophysik**, Gesellschaft für thermische Analyse e. V. (GEFTA)

Mitglied, **Prüfungsausschuss Physiklabo- ranten der IHK Würzburg-Schweinfurt**

Mitglied im Scientific Committee, **WSED next! Conference**

DR. H.-J. EGELHAAF

Mit-Editor, **Forschungsverbund Erneuerbare Energien (FVEE) Mitwirkung an der Broschüre „Forschungsziele 2018“**, Berlin

DR. J. HAUCH

Stellvertretende wissenschaftliche Leitung, **iSEneC 2018 – Integration of Sustainable Energy Conference**, Nürnberg, Germany, 17.-18.07.2018

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied, **ENERGIRegion Nürnberg e.V.**, Nürnberg
Mitglied, **Internation Electrotechnical Commission TC113: Nanotechnology for electrotechnical products and systems**, IEC, Genf, Switzerland

Mitglied, **Deutsche Kommission für Elektrotechnik K141: Nanotechnologie**, DKE, Frankfurt, Germany

Mitglied, **Deutsche Kommission für Elektrotechnik GUK682.1: Gedruckte Elektronik**, DKE, Frankfurt, Germany

DR. A. HAUER

Member of Scientific Committee, **EnerStock Conference**, Adana, Turkey, 25.-28.4.2018

Operating Agent, **International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”**, Annex 28 “Distributed Energy Storage for the Integration of Renewable Energy – DESIRE”

Operating Agent, **International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”**, Annex 33 “Compact Thermal Energy Storages – Material Development and System Integration”

Tagungsleiter, OTTI-Symposium

„Thermische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 10.-12.05.2017

Mitglied des Präsidiums, Bundesverband Energiespeicher e. V. (BVES), Berlin

Mitglied, Energiewende-Plattform Forschung und Innovation des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin

Conference Chair, Energy Storage Europe, Düsseldorf, Germany, 14.-16.03.2017

Tagungsbeirat, IRES International Renewable Energy Storage Conference 2017, Düsseldorf, Germany, 14.-16.03.2017

Member of the Editorial Board, Journal of Energy Storage, Frankfurt, 2017

Editor in Chief, Handbook on Energy Storage, Chichester, United Kingdom, 2017

Fachliche Leitung, OTTI-Fachforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 05.-06.07.2017

Member of Advisory Group, International Energy Agency IEA, “Grid Integration of Variable Renewables - GIVAR”, Paris, France, 2017

Member of Scientific Committee, Energy Storage Summit Japan 2017, Tokyo, Japan, 8.-9.11.2017

DR. U. HEINEMANN

Subtaskleader, IEA-EBC: International Energy Agency IEA, Energy in Buildings and Communities Programme, Annex 65 “Long-Term Performance of Super-Insulating-Materials in Building Components & Systems”

Mitglied im Advisory Board, International Vacuum Insulation Symposium, IVIS

Mitglied im Scientific Committee, International Vacuum Insulation Symposium, IVIS

DR. S. HIEBLER

Mitglied, Arbeitsausschuss Thermische Energiespeicher ProcessNet, Dechema

H. KARRER

Member, International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”, Annex 27 “Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems”

DR. J. M. KUCKELKORN

Member, International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”, Annex 27 “Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems”

Mitglied, Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren, Berlin

Member of Scientific Committee, Session Chair, 5. VDI-Fachtagung „Energiesysteme und Energieversorgung für Gebäude, Quartiere und Industrieanlagen“, Köln, 24.-25.10.2017

Member of Scientific Committee, 22. Internationale Passivhaustagung 2018, München, 09.-10.03.2018

R. KUNDE

Mitglied, International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”, Annex 28 “Distributed Energy Storage for the Integration of Renewable Energy – DESIRE”

Mitglied, Forschungsnetzwerk Energie in Industrie und Gewerbe, AG 5: Abwärmenutzung, Berlin

DR. P. LUCHSCHEIDER

Jurymitglied, Jurysitzung für Baden-Württemberg Programme, PTKA-BWP

DR. J. MANARA

Mitglied, Fachausschuss „Werkstoffe der Energietechnik“, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM)

Mitglied, Fachausschuss VDI/VDE-GMA FA 2.51 „Angewandte Strahlungsthermometrie“, Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)/Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE)

L. MEYERING

Mitglied, Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren, Berlin

S. NATZER

Mitglied, VDI-Richtlinienausschuss VDI 3930 „Effiziente Nutzung der Abwärme von Abgasreinigungsanlagen“, Düsseldorf

PROF. DR. J. PFLAUM

Gutachterliche Tätigkeit, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Alexander von Humboldt-Stiftung, Carl-Zeiss-Stiftung, Baden-Württemberg Stiftung

Scientific Committee, International Conference on Organic Electronics (ICOE)

Geschäftsführender Vorstand, Physikalisches Institut, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

M. PRÖLL

Member, International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”, Annex 27 “Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems”

Mitglied, VDI-Richtlinienausschuss VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“, Düsseldorf

C. RATHGEBER

Expert Task 53/33, International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”, Annex 33 “Material and Component Development for Thermal Energy Storage”

DR. G. REICHENAUER

Mitglied, Arbeitskreis Kohlenstoff

Mitglied, DIN-Ausschuss „Partikel- und Oberflächenmesstechnik“

M. REUSS

Operating Agent, International Energy Agency IEA, Implementing Agreement “Energy Conservation Through Energy Storage ECES”, Annex 27 “Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems”

Mitglied, DIN-Ausschuss NA 082-00-20 AA „Thermische Energiespeicher für gewerbliche bzw. relevante Anwendungen“, Berlin

Obmann, DIN-Ausschuss NA 119-07-03-02 UA „Erdwärmesonden“, Berlin

Mitglied, VDI-Fachausschuss Energiespeicher, Düsseldorf

Mitglied, VDI-Richtlinienausschuss VDI 4610 „Energieeffizienz betriebstechnischer Anlagen – Wärme- und Kälteschutz“, Düsseldorf

Obmann und Mitglied, VDI-Richtlinienausschuss VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“, Düsseldorf

Mitglied, VDI-Richtlinienausschuss VDI 4657 „Planung und Integration von Energiespeichern“, Düsseldorf

Mitglied, VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), FB 3 „Energiewandlung und -anwendung“, Düsseldorf
Mitglied, CEN TC 451 Water wells and borehole heat exchangers, Paris, France, 2017

Mitglied, CEN TC 451 Water wells and borehole heat exchangers, Working Group 2 – Borehole heat exchangers, Paris, France, 2017

M. RIEPL

Mitglied, Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren, Berlin

Vorstand, Green Chiller – Verband für Sorptionskälte e. V., Berlin

PROF. DR. H. SPLIETHOFF

Member, **The Combustion Institute**,
Deutsche Sektion Göttingen

Mitglied, **Verein zur Förderung der
Energie- und Umwelttechnik (VEU)**,
Duisburg

Mitglied, **Fachausschuss Energieverfah-
renstechnik der GVC, VDI-Gesellschaft
Verfahrenstechnik und Chemieingeni-
eurwesen (VDI-GVC)**, Düsseldorf

Mitglied, **VDI-Richtlinienausschuss VDI
3925 „Werkzeuge zur Bewertung von
Abfallbehandlungsverfahren“**,
Düsseldorf

Mitglied, **Deutsche Vereinigung für
Verbrennungsforschung e. V. (DVV)**,
Essen

Jurymitglied, **M-Regeneratio**, Förderpreis
der Stadtwerke München

Mitglied, **Gutachtertätigkeit bei der EU
und diversen Forschungseinrichtungen**

Mitglied, **Wissenschaftlicher Beirat der
VGB (Vereinigung der Großkraftwerks-
betreiber)**, Essen

L. STAUDACHER

Mitglied, **Forschungsnetzwerk Energie in
Gebäuden und Quartieren**, Berlin

Mitglied, **VDI-Richtlinienausschuss VDI
3988 „Solarthermische Prozesswärme“**,
Düsseldorf

A. TEUFFEL

Mitglied, **International Energy Agency
IEA, Implementing Agreement “Energy
Conservation Through Energy Storage
ECES”**, Annex 28 “Distributed Energy
Storage for the Integration of Renewable
Energy – DESIRE”

DR. H. WEINLÄDER

Mitglied, **Deutsche Gesellschaft für
Holzforschung e.V.**

Mitglied, **Fachverband Transparente
Wärmedämmung**

S. WEISMANN

Vertreter des ZAE Bayerns,
**IBPSA-Germany, Regional Affiliate of the
International Building Performance
Simulation Association**



3.6 VORLESUNGEN LECTURES

C. J. Brabec, **Elektrische, magnetische, optische Eigenschaften**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

C. J. Brabec, **Materialien und Bauelemente für die Optoelektronik und Energietechnologie: Grundlagen (OpEt-G)**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS2017/SS 2018

C. J. Brabec, **How to Start a Company**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

C. J. Brabec, **Materialien und Bauelemente für die Optoelektronik und Energietechnologie: Anwendung (OpEt-G)**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

C. J. Brabec, **Neuere Fragen zu Werkstoffen der Elektrotechnik und der Energietechnologie**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

C. J. Brabec, **Projektarbeit - Arbeitsgemeinschaft lösungsprozessierte Halbleiter**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

C. Camus, **Seminar on Solar Energy (mit Prof. C. J. Brabec)**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS2016/17, SS2017, WS2017/18

V. Dyakonov, H. P. Ebert, J. Manara, G. Reichenauer, **Nanotechnologie in der Energieforschung**, Julius-Maximilians Universität Würzburg, SS 2017

V. Dyakonov, J. Fricke, J. Pflaum, **Seminar über Energieforschung**, Julius-Maximilians Universität Würzburg, WS 2016/17, SS 2017, WS 2017/18

H.-J. Egelhaaf, **Photophysics and Electronic Transport**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2016/2017, 2017/2018

H.-J. Egelhaaf, **Organic Electronics Processing**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

H.-J. Egelhaaf, **Anleitung zur wissenschaftlichen Arbeit -E**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2017

J. Fricke, **Einführung in die Energietechnik**, Julius-Maximilians Universität Würzburg, WS 2017/18

J. Manara, **Physikalische Grundlagen im Bereich der Medizintechnik**, Krankenpflegeschule an der Klinik Kitzinger Land, WS 2017

J. Pflaum, **Moderne Physik 2, Julius-Maximilians Universität Würzburg**, WS 2016/17, WS 2017/18

J. Pflaum, **Quanteninformation**, Julius-Maximilians Universität Würzburg, SS 2017

H. Spliethoff, **Energiesysteme I**, Technische Universität München, WS 2016/17

H. Spliethoff, **Energiesysteme II**, Technische Universität München, SS 2017

H. Spliethoff, **Regenerative Energiesysteme I**, Technische Universität München, WS 2016/17

H. Spliethoff, **Regenerative Energiesysteme II**, Technische Universität München, SS 2017

H. Spliethoff, **Prozesstechnik und Umweltschutz in modernen Kraftwerken**, Technische Universität München, WS 2016/17

H. Spliethoff, **Strom- und Wärmespeicher**, Technische Universität München, WS 2016/17

H. Spliethoff, **Thermal Power Plants**, Technische Universität München, SS 2017

AUSZEICHNUNGEN **3.7**

AWARDS

C. J. BRABEC

Auszeichnung, **Highly Cited Researcher (7th time in a row)**, Clarivate Analytics / Web of Science

F. KLINKER

Auszeichnung, **Best Young Researcher Award**, World Sustainable Energy Days, Wels, Austria, 01.-03.03.2017

M. YASIN

Auszeichnung, **Best Young Researcher Award**, World Sustainable Energy Days, Wels, Austria, 01.-03.03.2017

C. BUERHOP-LUTZ

Auszeichnung, **Selected Paper**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC

J. REICHSTEIN, N. OEHM, G. REICHENAUER, K. ANNESER

Auszeichnung, **Poster Award**, Solid electrolytes for electrochemical double layer capacitors, 5th ISEECap 10.-14.07.2017, Jena, Germany

C. BUERHOP-LUTZ

Auszeichnung, **Conference Highlight**, European PV Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC

3.8 SONSTIGES MISCELLANEOUS

W. DALLMAYER

Exkursion, Besichtigung der solaren Nahwärme Ackermannbogen mit Delegation von Takasago Thermal Engineering, München, 03.05.2017

H. P. EBERT

Koorganisator, Clustertreff Energie „Energieeffiziente Prozesse und energieoptimierte Gebäude“, Würzburg, 23.03.2017

Koorganisator, 1. KlimaSchutz Kongress, Würzburg, 11.02.2017

Leitung, Workshop „Klimagerechtes Bauen und Sanieren“, Würzburg, 11.02.2017

Leitung, Jahressitzung Arbeitskreis Thermophysik, Selb, 03.-04.04.2017

H. P. EBERT, B. BÜTTNER

Leitung, Workshop „Energieeffizienz und Ressourceneffizienz Gebäude“, Konferenz – Zukunft der Energieforschung in Deutschland, BMWi, Berlin, 02.05.2017

ENERGIEEFFIZIENZ

Aussteller, Hannover Messe (Research & Technology), Hannover, 23.-28.04.2017

ERNEUERBARE ENERGIEN

Aussteller, Intersolar Europe 2017, München, Germany, 31.05.-02.06.2017

Aussteller, Hannover Messe (Research & Technology) 2017, Hannover, Germany, 27.-31.04.2017

Aussteller, International Exhibition and Conference for the Printed Electronics Industry (LOPEC), München, Germany, 29.-30.03.2017

Aussteller, ZAE-Tag, München, Germany, 21.11.2017

LANGE NACHT DER WISSENSCHAFTEN

Aussteller, Lange Nacht der Wissenschaften, Nürnberg, 21.10.2017

A. KIRSCHBAUM

Fernsehbeitrag, Mehr als nur ein großes Holzspielzeug, Schule in Diedorf glänzt mit alternativem Baumaterial, nano, 3sat, 23.01.2017

Fernsehbeitrag, Bauen mit Holz, Xenius, ARTE, 17.05.2017

Exkursion, Besichtigung der FOS/BOS Erding mit Delegation von Takasago Thermal Engineering, Erding, 03.05.2017

Exkursion, Besuch Studentengruppe Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der Technischen Universität München, Garching, 23.01.2017

A. KRÖNAUER, Exkursion, Besichtigung des mobilen Speichers mit Delegation von Takasago Thermal Engineering, Hamm, 02.05.2017

A. KRÖNAUER, A. HAUER, E. LÄVEMANN, L. STAUDACHER, J. KRÄMER, M. MÖCKL, M. RIEPL, Workshop, Evaluierung von Kooperationsmöglichkeiten mit Delegation von Takasago Thermal Engineering, Bad Tölz, 04-05.05.2017

J. KUCKELKORN

Abschlussbericht, Entwicklung eines integralen und zukunftsweisenden Planungsansatzes für den Neubau des Gymnasiums Diedorf bei Umsetzung des Plusenergiestandards in Holzbauweise und Entwicklung neuer Lösungen für offene Lernlandschaften mit umfassendem Monitoring und Dokumentation, gefördert durch die DBU (Az 29892-25)

E. LÄVEMANN

Exkursion, Besichtigung der sorptiven Kühlung Jazzclub Unterfahrt mit Delegation von Takasago Thermal Engineering, München, 03.05.2017

L. MEYERING

Workshop, 2. ProjektleiterInnentreffen ENERGIEWENDEBAUEN – Integrales Planen, Bauen und Betreiben, Lüneburg, 22.-23.05.2017

M. PRÖLL

Studentenpraktikum, Praktikum Regenerative Energien – Solarthermie des Lehrstuhls Energiesysteme der Technischen Universität München: Messungen an thermischen Solarkollektoren, Garching, 23.-25.10.2017

C. RATHGEBER

Vortrag in Vorlesung, Latentwärmespeicherung – Grundlagen und Anwendungen, Vorlesung „Strom- und Wärmespeicher“, Lehrstuhl für Energiesysteme, Technische Universität München, 18.12.2017

M. RZEPKA

Exkursion, Studentengruppe aus Düsseldorf, Garching, 16.11.2017

ADRESSEN ADDRESSES

WÜRZBURG

Magdalene-Schoch-Str. 3
97074 Würzburg
Germany

Sitz des Vereins (VR 1386) | Registered Office

BEREICHE DIVISIONS

Energieeffizienz | Energy Efficiency

T + 49 931 70564-0

F + 49 931 70564-600

ef@zae-bayern.de

Zentrale Verwaltung | Central Administration

T + 49 931 70564-351

F + 49 931 70564-600

ca@zae-bayern.de



GARCHING

Walther-Meißner-Str. 6
85748 Garching
Germany

BEREICHE DIVISIONS

Energiespeicherung | Energy Storage

T + 49 89 329442-0

F + 49 89 329442-12

es@zae-bayern.de



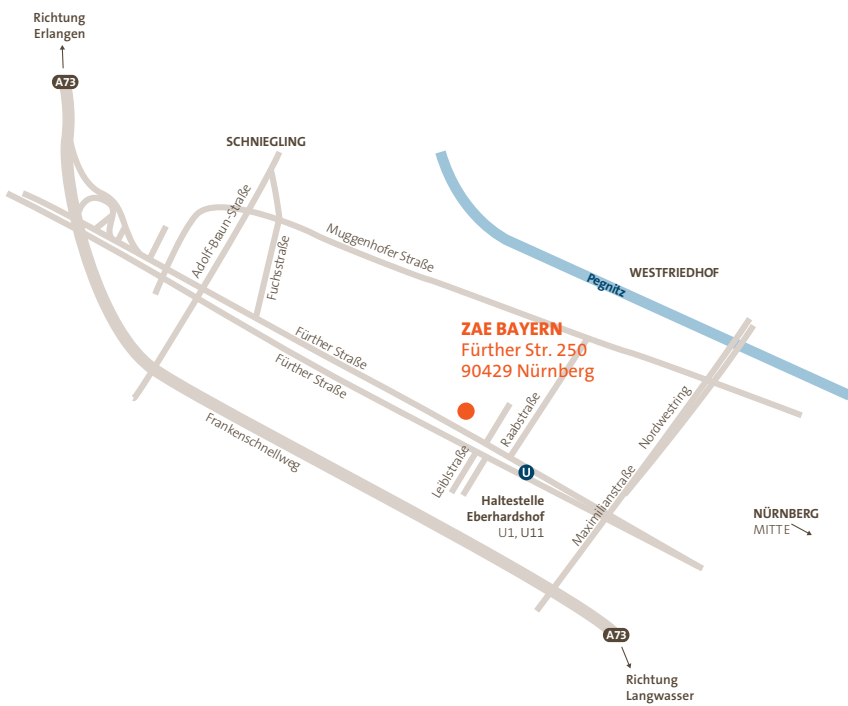


ERLANGEN

Immerwahrstr. 2
91058 Erlangen
Germany

BEREICHE DIVISIONS

Erneuerbare Energien | Renewable Energies
T + 49 9131 9398-100
F + 49 9131 9398-199
re@zae-bayern.de



NÜRNBERG

Fürther Str. 250
Auf AEG, Bau 16
90429 Nürnberg
Germany

BEREICHE DIVISIONS

Erneuerbare Energien | Renewable Energies
T + 49 911 56854-9350
F + 49 911 56854-9351
re@zae-bayern.de



HOF

Unterkotzauer Weg 25
95028 Hof
Germany

BEREICHE DIVISIONS

Energiespeicherung | Energy Storage
T + 49 89 329442-0
F + 49 89 329442-12
es@zae-bayern.de

gefördert von



**Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Energie und Technologie**
