

BAYERISCHES ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ENERGIEFORSCHUNG E. V. — TÄTIGKEITSBERICHT | ANNUAL REPORT — 2014

2014

**TÄTIGKEITSBERICHT**  
ANNUAL REPORT

## 0.2 VORWORT FOREWORD



**Prof. Dr. C. J. Brabec**  
Vorstandsvorsitzender  
Chairman of the Board

Die Energiewende in Deutschland hat bereits vieles verändert und wird in den nächsten Jahren noch zu vielen weiteren Änderungen in unserer Energieversorgung führen. Im Unterschied zu den letzten Jahren sprechen wir heute bewusst von einer Energiewende und nicht nur von der Stromwende. Trotz vieler Anpassungen, Modifikationen und Reformen haben sich die Pläne der Gesetzgeber für die Ziele in 2023, 2030 und 2050 nicht geändert und wir können uns darauf verlassen, dass der Umbau der Energielandschaft in den kommenden Jahren nachhaltig gestaltet werden kann. Wie genau unsere Energielandschaft allerdings in 10 oder 20 Jahren aussehen wird, ist heute schwerer zu sagen als noch vor wenigen Jahren. Neben vielen technischen und volkswirtschaftlichen Gründen ist es vor allem die Akzeptanz der Bevölkerung, die entscheidend für die Art der Transformation unseres Energiesystems wird. Es gibt aber ein paar Randbedingungen und zeitliche Abläufe, die schon klar sind: Mit dem Anteil der erneuerbaren Energien steigt auch der Anteil der Energien, die nicht regelbar sind und demnach unmittelbar genutzt werden müssen. In den nächsten Jahren befinden wir uns also in der Dekade der Flexibilisierung der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs. Dieser Anteil der sogenannten „volatilen“ Energieerzeugung wird stetig steigen und dazu führen, dass intelligente Netze, Verbraucher und Erzeuger eine immer wichtigere Rolle spielen. Speicher werden mehr an Bedeutung gewinnen, auf Grund der hohen Kosten aber nur vereinzelt Anwendung finden, wie zum Beispiel beim Eigenver-

The German energy turnaround has already changed a lot and it will result in many further modifications in our energy supply system over the next few years. In contrast to recent years, today we consciously speak of a turnaround in energy, not just in electricity. Despite many adjustments, modifications, and reforms the legislature's objectives for 2023, 2030, and 2050 have not changed and we can expect a sustainable reorganisation of the energy landscape during the upcoming years. Still, today it is harder than it was only a couple of years ago, to say how our energy landscape will look like in 10 or 20 years. Apart from technological and economic issues, the population's acceptance is crucial for the decision how our energy system will be transformed. Some marginal conditions and timetables, however, are already known:

A larger share of renewable energies means a larger share of energies which cannot be adjusted and, therefore, call for immediate consumption or storage. Consequently, we will find ourselves in the decade of flexible power generation and -consumption in the coming years. This share of the so-called 'volatile' energy production and therefore the role of intelligent grids, consumers, and producers will constantly grow. Storages will gain in importance but, due to high costs, only find application in contexts such as self-consumption or balance- and control energy. It will be highly significant that the legislature stops limiting the further expansion of storages but, instead, accepts them as a

*„Von großer Bedeutung wird es sein, dass der Gesetzgeber den Ausbau der Speicher nicht weiterhin limitiert, sondern als netzdienliche Ausbautechnologie akzeptiert und vor allem die Regelungen zum Eigenverbrauch der erneuerbaren Energien nach den Regeln des freien Marktes volkswirtschaftlich gestaltet.“*

brauch oder bei der Ausgleichs- und Regelenergie. Von großer Bedeutung wird es sein, dass der Gesetzgeber den Ausbau der Speicher nicht weiterhin limitiert, sondern als netzdienliche Ausbautechnologie akzeptiert und vor allem die Regelungen zum Eigenverbrauch der erneuerbaren Energien nach den Regeln des freien Marktes volkswirtschaftlich gestaltet.

Ebenfalls werden wir bemerken, dass es zu einem Energiefluss aus den dünner besiedelten Regionen hin zu den dicht besiedelten Gebieten geben wird. Dieser Ausgleichsmechanismus kann sich auch demographisch auswirken und muss daher frühzeitig untersucht und begleitet werden.

Nach der Dekade der Flexibilisierung wird eine weitere Phase in der Energiewende eintreten, in der Speichertechnologien eng mit den erneuerbaren Energien verknüpft werden müssen. Welche Speicher oder speicherdienlichen Technologien wir genau in den nächsten 15 bis 25 Jahren flächendeckend verbauen, steht zurzeit noch nicht fest. Zu viele technologische, rechtliche und volkswirtschaftliche Fragen müssen noch geklärt werden. Die Kopplung zwischen dem Gasnetz und dem Stromnetz, der Einbezug der Mobilität in die Energiewende, das Zusammenspiel zwischen Energiesparmaßnahmen auf der einen Seite und Ausbaumaßnahmen erneuerbarer Energien auf der anderen – all diese Faktoren entscheiden welche Speichertechnologien sich durchsetzen werden. Hier ist die Forschung und Entwicklung aufgefordert, nicht nur singuläre technische Entwicklungen zu betrachten, son-

crucial technology for future grids. Therefore, especially the regulations concerning self-consumption of renewable energies need to be economically designed in compliance with the rules of the free market.

We will also notice a flow of energy from less to more densely populated areas. This compensation mechanism could have a demographic effect and, therefore, needs to be examined and monitored from the very beginning.

Following the decade of flexibilisation, the energy turnaround will enter a new phase where storage technologies will have to be linked closely to renewable energies. It is not known yet which storages or storage beneficial technologies will be extensively used over the next 15 to 25 years. Too many technological, legal, and economic questions have yet to be clarified. The coupling of the gas and electricity distribution grids; the integration of mobility into the energy transition; the interplay of energy saving measures on the one hand and renewable energy expansion measures on the other – all of these factors decide which storage technologies will prevail. At this point, researchers and developers are called upon to not only focus on singular technological developments but, as far as possible, develop holistic and system beneficial storage solutions.

The last step towards full (or 80%) seasonal supply from renewable energies will mainly be implemented in consideration of economic aspects. Essential ques-

dem so weit als möglich gesamtheitliche und systemdienliche Speicherlösungen zu entwickeln.

Der letzte Schritt zur saisonalen Vollversorgung (bzw. 80%) aus erneuerbaren Energien wird sich vor allem unter volkswirtschaftlichen Aspekten vollziehen. Wer investiert in den benötigten Umbau der Infrastruktur, wie und über welchen Zeitraum können die Investoren ihr Geld verdienen, werden entscheidende Fragen sein. Zu diesem Zeitpunkt wird die Transformation des deutschen Energieversorgungssystems bereits ein weltweit leuchtendes Beispiel für einen nachhaltigen und volkswirtschaftlich verträglichen Prozess sein, der von vielen Ländern adaptiert und kopiert wird.

Was sind die nächsten konkreten Schritte die beachtet werden müssen? Es ist wichtig, die Balance zwischen dem Umbau des Übertragungsnetzes und dem Umbau des Verteilnetzes herzustellen. Wir nennen sie den „Top Down“- vs. den „Bottom Up“- Zugang. Beide Strategien sind wichtig, beide müssen gleichzeitig umgesetzt werden und die Energiewirtschaft muss lokal und unter Akzeptanz der Bevölkerung entscheiden, wo sich die beiden Zugänge treffen. Die Findung dieses Gleichgewichts ist mit Kosten verbunden und diese müssen so rasch als möglich transparent kommuniziert werden.

Das ZAE Bayern forscht hier an der Schnittstelle zwischen der Industrie, der Politik und der Energiewirtschaft. Nach der Umsetzung unserer neuen, leistungskräftigeren Struktur sind wir besser denn je in der Lage, gemeinsam mit unseren Partnern Lösungen zu erarbeiten, die bayernweit und auch deutschlandweit essentiell zur Bewältigung der Energiewende beitragen. Ich möchte mich an dieser Stelle im Namen des Vorstands beim Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, insbesondere bei Herrn Ltd. MR Dr.-Ing.

tions will be: Who is going to invest in the necessary infrastructural renovations, and how and how long will the investors earn money? By this time the transformation of the German energy supply system will be a globally shining example for a sustainable and economically acceptable process, copied and adapted by many other nations.

Which are the next necessary specific steps? It is important to create balance between the restructuring of the transmission system and the distribution grids. We call them the top-down vs. the bottom-up principle. Both strategies are essential, both need to be realised simultaneously, while the energy sector will have to decide, locally and in accordance with the population, where the two will meet. Finding this balance is tied to costs. They will have to be communicated as quickly and transparently as possible.

ZAE Bayern is researching at the interface between industry, politics, and the energy sector. Having put into practice our new, more efficient internal structure, we are more than ever in the position to develop solutions, in cooperation with our partners, which will play an essential role in successfully realising the energy turnaround in Bavaria and Germany. At this point I would like to thank the Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology on behalf of the board, especially Ltd. MR Dr.-Ing. F. Messerer, who has been supporting us for over a year now to position and present ZAE Bayern as a powerful regional research institute.

We send our cordial thank also to our board of trustees and the scientific advisory committee who again gave us its best possible support in 2014. The chairman of the board of trustees, Dr.-Ing. R. Hofer, and the

F. Messerer bedanken, der uns bereits seit über einem Jahr unterstützt das neue ZAE Bayern als starkes Landesforschungsinstitut zu positionieren und zu präsentieren. Unser herzlichstes Dankeschön geht auch an unser Kuratorium und unseren Wissenschaftlichen Beirat, der uns auch in 2014 optimal unterstützt hat. Der Vorsitzende des Kuratoriums, Herr Dr.-Ing. R. Hofer, und der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats, Herr Prof. Dr. M. Stamm, waren jederzeit bereit das ZAE Bayern professionell und freundschaftlich zu unterstützen und durch das Jahr 2014 zu begleiten.

Wir blicken mit Spannung auf 2015. Der Freistaat Bayern hat gerade den Energiedialog beendet und Frau Staatsministerin I. Aigner wird noch in diesem Jahr mit der Umsetzung der Maßnahmen beginnen. Wir wünschen ihr für die zukünftige Gestaltung der bayerischen Energiewirtschaft alles Gute und freuen uns auf eine weiterhin erfolgreiche und dynamische Zusammenarbeit.

Zum Schluss möchte ich unseren Mitarbeitern und Gruppen- und Bereichsleitern zu den großartigen Leistungen in 2014 gratulieren und mich bei ihnen für ihr Engagement und ihren Einsatz bedanken. Die Jahresklausur der Gruppenleiter in 2014 war eine der beeindruckendsten wissenschaftlichen Veranstaltungen, die ich in diesem Jahr erlebt habe. Sowohl die Bandbreite an Erfahrungen, als auch die Tiefe an spezifischer Kompetenz fand ich überragend und es ist mir gleichzeitig eine Freude und eine Ehre dem ZAE als Vorstandsvorsitzender noch für zwei weitere Jahre zu dienen.

Ihnen allen, den Kooperationspartnern und Unterstützern des ZAE, wünsche ich viel Spaß beim Lesen unseres Tätigkeitsberichts. Wir alle freuen uns auf Ihren Input und die Herausforderungen, die Sie uns in 2015 stellen werden.

Ihr  
Christoph Brabec

chairman of the scientific advisory committee, Prof. Dr. M. Stamm, were ready any time to professionally and friendly support and accompany us all through 2014.

We look forward with anticipation to 2015. The State of Bavaria has just finished its energy dialogue and State Minister I. Aigner is going to start implementing the measures in the current year. We wish her all the best for the design of the future Bavarian energy sector and are looking forward for continuing our successful and dynamic cooperation.

Finally, I would like to congratulate our employees, group managers, and head of divisions on their extraordinary performance in 2014 and thank them for their commitment. The annual meeting of the group managers in 2014 was one of the most impressive scientific events I witnessed this year. The range of experience as well as the profound expertise seemed extraordinary to me and I feel glad and honoured at the same time to be serving ZAE Bayern as its chairman of the board for two more years.

I wish all of you, the cooperation partners and supporters of ZAE Bayern, a pleasant time reading our annual report. We are all looking forward to receiving your input and to the challenges you will make us rise to in 2015.

Yours  
Christoph Brabec







1.0  
ALLGEMEINES  
GENERAL INFORMATION



## 1.1 ÜBERBLICK AT A GLANCE



**Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff**  
Wissenschaftlicher Leiter  
Scientific Director



**Prof. Dr. V. Dyakonov**  
Wissenschaftlicher Leiter  
Scientific Director



**Prof. Dr. C. J. Brabec**  
Wissenschaftlicher Leiter  
Scientific Director



**Dr. B. Malkowski**  
Geschäftsführer  
Managing Director



**Dr. A. Hauer**  
Bereichsleiter  
Head of Division



**Dr. H.-P. Ebert**  
Bereichsleiter  
Head of Division



**Dipl.-Ing. R. Auer**  
Bereichsleiter  
Head of Division



**Dipl.-Betriebswirt (FH) T. Pharo**  
Bereichsleiter  
Head of Division

### SATZUNGSAUFRAG

Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V. (ZAE Bayern) ist ein eingetragener, gemeinnütziger Verein mit Sitz in Würzburg. Zweck der Gründung ist die Förderung der Energieforschung, der Aus-, Fort- und Weiterbildung sowie der Beratung, Information und Dokumentation auf allen Gebieten, die für die Energieforschung bedeutsam sind. Der Verein unterhält ein wissenschaftliches Forschungsinstitut mit den Standorten Würzburg, Garching, Erlangen, Nürnberg und Hof, an welchen über 200 Wissenschaftler, technische Mitarbeiter, Verwaltungsangestellte sowie Studenten tätig sind. Seit Gründung des ZAE Bayern im Jahr 1991 hat sich das ZAE zu einer national und international anerkannten Forschungseinrichtung entwickelt.

### INSTITUTSPROFIL

Das ZAE Bayern arbeitet an der Schnittstelle zwischen erkenntnisbasierter Grundlagenforschung und angewandter Industrieforschung. Jährlich führt das Institut eine große Zahl von Projekten mit der Industrie, vom KMU bis zum Großkonzern, sowie mit universitären und außeruniversitären Forschungspartnern durch. Seit seiner Gründung hat das ZAE seine Kompetenzen konsequent ausgebaut und bietet heute in den Bereichen Energieeffizienz, Energiespeicherung und erneuerbare Energien ein umfangreiches Spektrum von Forschungs-, Entwicklungs- und Beratungsleistungen, messtechnischen Dienstleistungen und Seminaren an. Energieeffizienz, Energiespeicherung und erneuerbare Energien sind die zentralen Kompetenzbereiche des ZAE. Auf diesen Gebieten befasst sich das ZAE unter anderem mit

### CHARTERED OBJECTIVES

The Bavarian Center for Applied Energy Research (ZAE Bayern) is a registered, non-profit association. The association was founded in December 1991 and has its registered office in Würzburg. The association was established to promote energy research as well as education, further training, consultation, information and documentation in all fields significant to energy research. The association supports a scientific research institute with divisions in Würzburg, Garching, Erlangen, Nuremberg and Hof, employing more than 200 scientists, technicians, administrative personnel and students. Since the founding of ZAE Bayern in 1991, ZAE has become a both nationally and internationally recognized research institute.

### INSTITUTE PROFILE

ZAE Bayern works on the interface between evidence-based fundamental and applied industrial research. Every year the institute performs a great number of projects with the industry, from SME to large groups, as well as with university and non-university research partners. Since the foundation, ZAE has strengthened its competences consistently. Today it offers a wide spectrum of research, development and consulting services, metrological services and seminars in the areas of energy efficiency, energy storage and renewable energies. The core competences of ZAE are energy efficiency, energy storage and renewable energies. In these areas ZAE deals, amongst other things, with thermal and electrochemical energy storage, energy optimised buildings and urban quarters,

thermischen und elektrochemischen Energiespeichern, energieoptimierten Gebäuden und Stadtquartieren, energieeffizienten Prozessen, Photovoltaik, Solarthermie, Geothermie, Messtechnik, Nanomaterialien, Smart Grids und Energiesystemen. Dabei bilden Materialkompetenz, Theorieverständnis, Bauteil- und Komponentenentwicklung und schließlich die Optimierung dieser Komponenten in Energiesystemen eine lückenlose, erkenntnisbasierte Wertschöpfungskette. Sowohl die Vernetzung der einzelnen thematischen Schwerpunkte als auch die Vernetzung innerhalb der Wertschöpfungskette ermöglichen dem ZAE Bayern wertvolle Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz und zum verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien zu liefern. Zahlreiche Projekte am Institut werden standortübergreifend bearbeitet und sind nur durch eine enge Vernetzung der einzelnen Arbeitsgruppen mit ihren Kompetenzen möglich. Aus- und Weiterbildung bilden eine weitere Säule der Tätigkeit des ZAE. Rund 20 Diplomanden, Master- und Bacheloranden sowie Praktikanten fertigten im Jahre 2014 ihre Diplom-, Master-, Bachelor- bzw. Projektarbeiten in den ZAE-Laboratorien an.

### KOOPERATIONEN

Das ZAE Bayern fördert die praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Zu diesem Zweck strebt es Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen und der Industrie an. Verbundprojekte, die gemeinsam mit industriellen Partnern durchgeführt werden, profitieren von der engen Vernetzung und den hieraus resultierenden Synergieeffekten. Eine erfolgreiche Ein-

energy efficient processes, photovoltaics, solar thermal and geothermal systems, metrology, nano materials, smart grids and energy systems. Competence in materials science, theoretical understanding, and development of components and finally optimisation of the same within energy systems creates a continuous, knowledge-based chain of value. Our integrative approach to these individual focuses facilitates the task of finding effective solutions to increase energy efficiency and boost the use of renewable energy sources. Projects realised at the institute take advantage of interdivisional cooperation and benefit from the competences within the close network of research groups within each division. Education is a further pillar of ZAE Bayern's activities; around 20 graduands, master- and bachelor students, as well as trainees completed their degree-, master- and bachelor thesis, or project work in 2014.

### COOPERATIONS

ZAE Bayern promotes the practical application of scientific findings, constantly endeavoring to form cooperative partnerships with scientific and industrial organisations. Joint projects realised by the institute's divisions together with industrial partners profit from close networking and the resulting synergies. Thanks to success in raising third-party funds, ZAE Bayern is not only able to strengthen its activities of energy research, but is also experiencing growth in human resources and investments in technical equipment, in order to become nationally and internationally com-

werbung von Drittmitteln ermöglicht dem ZAE Bayern die Stärkung seiner Aktivitäten im Bereich der Energieforschung, ein Wachstum im Personalbereich sowie Investitionen in technische Geräte um sich auch auf nationaler und auf internationaler Ebene nachhaltig zu positionieren. Das ZAE kooperiert in besonderer Weise mit der Technischen Universität München (TUM), der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). Das ZAE Bayern ist Mitglied im „ForschungsVerbund Erneuerbare Energien“ (FVEE), einer strategischen Partnerschaft außeruniversitärer Forschungsinstitute auf dem Gebiet der Erneuerbaren Energien in Deutschland. Ferner ist das ZAE Gründungsmitglied des Energie Campus Nürnberg (EnCN). Der EnCN ist eine auf dem Gebiet der Energieforschung aktive Forschungs Kooperation der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, der TH Nürnberg, der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung und des ZAE Bayern am Standort Nürnberg. Das ZAE Bayern ist außerdem Partner in der interdisziplinären Forschungsinitiative TUM.Energy.

#### ORGANISATION

Das Institut gliedert sich in drei wissenschaftliche Bereiche und die zentrale Verwaltungsorganisation. Der Bereich Energiespeicherung in Garching wird von dem Wissenschaftlichen Leiter Professor Dr.-Ing. H. Spliethoff und dem Bereichsleiter Dr. A. Hauer geleitet. Dort werden Forschungs- und Entwicklungsthemen auf den Gebieten Wärmespeicherung und -transformation, elektrochemische Wandlung und Speicherung sowie Systemanalyse bearbeitet. Weitere FuE-Schwerpunkte werden in den Bereichen Biomasse, Geothermie, Solarthermie gesetzt. Den Bereich Erneuerbare Energien in Erlangen leitet Professor Dr. C. J. Brabec zusammen mit Dipl.-Ing. R. Auer. Zu den Forschungsaufgaben dort gehört die Entwicklung neuer Solarzellenkonzepte und Bauelemente auf Basis von dünnem, kristallinem Silizium sowie von druckbaren Solarzellen und lösungsmittelbasierten Produktionstechnologien. Die Entwicklung und Nutzung bildgebender Infrarotmesstechnik mit hoher Orts- und Zeitauflösung für die Photovoltaik sowie die Forschung auf dem Gebiet intelligenter Stromnetze komplettieren das Forschungsspektrum des Bereiches. Der Bereich Energieeffizienz in Würzburg wird von Professor Dr. V. Dyakonov und Dr. H.-P. Ebert geleitet. FuE-Schwerpunkte werden unter anderem auf dem Gebiet der Sol-Gel basierten Materialien gesetzt. Dabei stehen sowohl Funktionsschichten mit integrierten

petitive. ZAE Bayern has special close ties with the Technical University of Munich (TUM), the University of Würzburg (Julius-Maximilians-Universität Würzburg) and the University of Erlangen (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) (FAU). ZAE Bayern is a member of the Renewable Energy Research Association (FVEE - ForschungsVerbund Erneuerbare Energien), a strategic partnership between non-university German research institutes working in the field of renewable energy. ZAE Bayern is a founding member of the Energy Campus Nuremberg (EnCN). EnCN is a research cooperation between the Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, the TH Nürnberg and the Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (Society for the Promotion of Applied Research) and ZAE Bayern's division in Nuremberg in the field of energy research. Furthermore, ZAE is a partner in the network Renewable Energies of the research initiative "TUM.Energy".

#### ORGANISATION

The institute comprises three scientific divisions and the central administrative organisation. The division Energy Storage in Garching, is managed by the scientific director Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff and the head of division Dr. A. Hauer. The division develops and researches heat storage and conversion as well as electrochemical conversion and storage. Further focuses of R&D are biomass as well as geothermal and solar thermal systems. The division Renewable Energies in Erlangen is headed by Prof. Dr. C. J. Brabec together with the head of division R. Auer (Dipl.-Ing.). There the fields of research include developing solar cell concepts and components on the basis of thin, crystalline silicon, as well as printable solar cells and solvent-based production technology. Development and usage of high (spatial and temporal) resolution infrared imaging for photovoltaics, as well as research on smart grids rounds off the division's spectrum of research. The division Energy Efficiency in Würzburg is managed by Professor Dr. V. Dyakonov and head of division Dr. H.-P. Ebert. The field of solgel based materials presents a focus for the division's research and development, particularly functional coatings with integrated nanoparticles and porous moulded parts. Our work in material development involves improving thermophysical, optical and energy efficiency of buildings. The central administration team, headed by Dipl.-Betriebswirt (FH) T. Pharo, maintains liaison between the executive board, the scientific divisions and external partners. They also support

Nanopartikeln als auch poröse Formkörper im Fokus der Arbeiten. Zielsetzung bei der Materialentwicklung ist die Optimierung ihrer Eigenschaften z. B. bei der energetischen Optimierung des Gebäudebestands. Die zentrale Verwaltung arbeitet unter Leitung von Dipl.-Betriebswirt (FH) T. Pharo an der Schnittstelle von ZAE-Vorstand, den wissenschaftlichen Bereichen des ZAE und externen Kooperationspartnern. Von der zentralen Verwaltung wird auch die Arbeit von Vorstand, Kuratorium, Wissenschaftlichem Beirat und Trägerverein unterstützt und organisiert. Als hauptamtlicher Geschäftsführer und Mitglied des Vorstandes des ZAE Bayern ist Herr Dr. B. Malkowski tätig.

#### ORGANE DES VEREINS

Organe des ZAE Bayern sind die Mitgliederversammlung, das Kuratorium und der Wissenschaftliche Beirat. Ende 2014 hatte der Verein „Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.“ 36 Mitglieder, bestehend aus Mitgliedern von Amts wegen, natürlichen Personen, Unternehmen, Verbänden und Institutionen sowie Ehrenmitgliedern. Eine hohe und stabile Mitgliederzahl, auch in der Vergangenheit, ist ein Zeichen der Aktualität der Forschungsthemen und der sehr guten Qualität der Ergebnisse. Dies belegt auch die enge Partnerschaft und Geschäftsbeziehung zwischen dem ZAE Bayern und seinen Mitgliedern.

Die ordentliche Mitgliederversammlung des ZAE Bayern fand am 19. November 2014 im ZAE Bayern in Würzburg statt. Nach den Jahresberichten des Vorstandsvorsitzenden Prof. Dr. C. J. Brabec und des Kuratoriumsvorsitzenden Dr.-Ing. R. Hofer wurde dem Vorstand und dem Kuratorium für das Jahr 2013 die Entlastung erteilt. Das Kuratorium bestand zum 31.12.2014 aus 6 Vertretern aus den Bereichen der Forschung, der Wirtschaft und des öffentlichen Lebens. Es berät den Vorstand in allen wirtschaftlichen Belangen und steht ihm bei der Durchführung seiner Aufgaben beratend zu Seite. Der Wissenschaftliche Beirat (Vorsitz: Prof. Dr. M. Stamm) bestand am 31.12.2014 aus 10 Vertretern der Hochschulen, außeruniversitärer Forschungseinrichtungen und der Industrie. Er führt regelmäßig eine interne wissenschaftliche Evaluierung des ZAE Bayern durch.

Der Institutsvorstand bestand zum 31.12.2014 aus den Professoren Dr. C. J. Brabec (Erlangen, Vorsitzender), Dr. V. Dyakonov (Würzburg), Dr.-Ing. H. Spliethoff (Garching) und dem Geschäftsführer Dr. B. Malkowski. Der Vorstand des ZAE Bayern ist unter anderem für die Forschungs-, Ausbau-, Personal- und Finanzplanung verantwortlich.

and organise the work of the board, the divisions, the trustees, the scientific advisory committee and the association. Dr. B. Malkowski acts as full time CEO and member of the board.

#### GOVERNING BODIES

The bodies of ZAE Bayern are the general meeting, the board of trustees and the scientific advisory board. At the end of 2014, the "Bavarian Center for Applied Energy Research" registered association had 36 members consisting of members ex officio, natural persons, companies, associations/institutions as well as honorary members. A constantly high number of members indicates the pertinence of our fields of research and the high quality of the results. This is also confirmed by the close partnership and business relations between ZAE and its members.

ZAE Bayern's general assembly took place the 19<sup>th</sup> November 2014 at its division in Würzburg. After the annual reports were presented by chairman of the board, Prof. Dr. V. Dyakonov, and chairman of the board of trustees, Dr.-Ing. R. Hofer, the board of directors and board of trustees' actions in 2013 were approved. The board of trustees composes of 6 representatives as of 31<sup>st</sup> December 2014 from the areas of research, economy and public life. It advises the board of directors in all economic, as well as energy-policy issues and provides advice in the execution of its work. The scientific advisory board consisted of 10 representatives from universities, non-university research institutions and the industry by the end of 2014. It regularly conducts internal scientific evaluations of ZAE Bayern. As of 31<sup>st</sup> December 2014 the institute's executive board consisted of the professors Dr. C. J. Brabec (Erlangen, chairman), Dr. V. Dyakonov (Würzburg), Dr.-Ing. H. Spliethoff (Garching) and CEO Dr. B. Malkowski. The executive board of ZAE Bayern is responsible for planning research, expansion, personnel and financing.





## 1.2 STRUKTUR DES ZAE BAYERN STRUCTURE OF ZAE

### MITGLIEDERVERSAMMLUNG

#### GENERAL ASSEMBLY

Mitglieder: Industrieunternehmen, Verbände, natürliche Personen, Mitglieder von Amts wegen und Ehrenmitglieder

Members from industrial enterprises and associations as well as natural persons, members ex officio and honorary members

### KURATORIUM

#### BOARD OF TRUSTEES

Kuratoren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Ministerien

Trustees from industry, science and ministries

### WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

#### SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

Beiräte aus Industrie und Wissenschaft

Advisors from industry and science

### VORSTAND

#### EXECUTIVE BOARD

Prof. Dr. C. J. Brabec  
(Vorsitzender | Chairman)  
Prof. Dr. V. Dyakonov  
Dr. B. Malkowski  
(Geschäftsführer | CEO)  
Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff

#### ENERGIESPEICHERUNG

##### ENERGY STORAGE

Standort | Location Garching

Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff  
Dr. A. Hauer

Systementwicklung  
Systems Engineering  
Solarthermie und Geothermie  
Solar Thermal and Geothermal  
Thermische Energiespeicher  
Thermal Energy Storage  
Elektrochemische Energiespeicher  
Electrochemical Energy Storage  
Wärmetransformation  
Heat Conversion

#### ENERGIEEFFIZIENZ

##### ENERGY EFFICIENCY

Standort | Location Würzburg

Prof. Dr. V. Dyakonov  
Dr. H.-P. Ebert

Angewandte IR-Metrologie  
Applied IR Metrology  
Energieoptimierte Gebäude  
Energy-Optimised Buildings  
Nanomaterialien  
Nanomaterials  
Organische PV und Elektronik  
Organic PV and Electronics  
Thermische Analyse  
Thermal Analysis

#### ERNEUERBARE ENERGIEN

##### RENEWABLE ENERGIES

Standorte | Locations Erlangen, Nürnberg, Hof

Prof. Dr. C. J. Brabec  
Dipl.-Ing. R. Auer

Solarfabrik der Zukunft  
Solar Fab of the Future  
PV-Systeme  
PV Systems  
Bildgebende Verfahren und Thermosensorik  
Imaging and Thermosensorics  
Smart Grids  
Smart Grids

### ZENTRALE VERWALTUNG

#### CENTRAL ADMINISTRATION

Dipl.-Betriebswirt (FH) T. Pharo

### INFORMATIONSTECHNIK

#### INFORMATION TECHNOLOGY

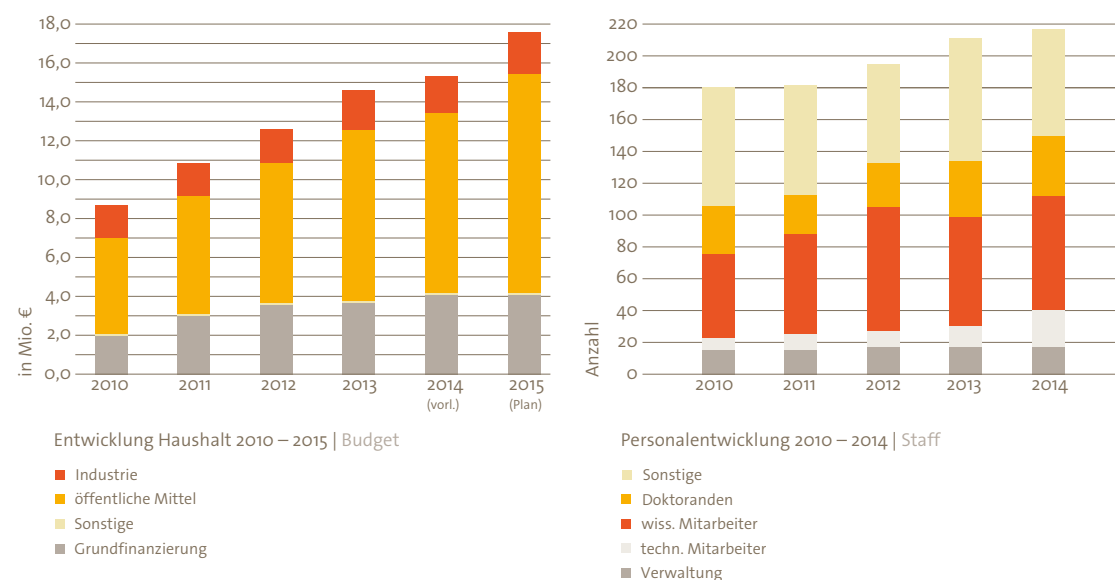
Dipl.-Ing. | M.Sc. C. Hilgers

### VORSTANDSSTAB

#### OFFICE OF THE BOARD

B.Sc. | M.Eng. M. Meyer

## 1.3 DAS ZAE BAYERN IN ZAHLEN AT A GLANCE



### HAUSHALT UND FINANZEN

Der Institutshaushalt belief sich im Jahr 2014 auf ca. 15,3 Mio. €. Die in der Abbildung dargestellte Entwicklung der Erträge in den Jahren 2010 bis 2015 weist für das Jahr 2014 eine Grundfinanzierung vom Bayerischen Wirtschaftsministerium (BayStMWi) in Höhe von 4,0 Mio. € aus, 11,2 Mio. € aus Drittmitteln sowie 0,1 Mio. € sonstige Einnahmen konnten generiert werden. Die Drittmittel setzen sich aus 9,3 Mio. € öffentlichen Projektmitteln und 1,9 Mio. € Industriemitteln zusammen.

Den Einnahmen stehen 7,9 Mio. € Personalausgaben, 2,9 Mio. € Sachausgaben sowie Investitionen in Höhe von 4,5 Mio. € gegenüber.

Insgesamt wurden im Jahr 2014 237 Projekte mit 257 Partnern bearbeitet.

### PERSONAL

Zum Jahresende 2014 waren am ZAE Bayern 216 Mitarbeiter tätig. Überwiegend kamen diese aus den Fachbereichen Physik, Maschinenbau und Werkstofftechnik. Der Anteil weiblicher Beschäftigter betrug 27,3%. 38 Doktoranden, 5 Diplomanden, 8 Masteranden und 7 Praktikanten waren im Institut tätig. Somit befanden sich 27,8% der Mitarbeiter in Ausbildung.

### BUDGET AND FINANCES

In 2014, the institute's budget came to € 15.3 m. The development of income from 2010 to 2015 depicted in the diagram shows that the Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology (BayStMWi) provided basic funding amounting to € 4.0 m in 2014. € 11.2 m third-party funds were raised as well as € 0.1 m other revenues. The third-party funds comprise € 9.3 m from public project funding and € 1.9 m from industrial sources.

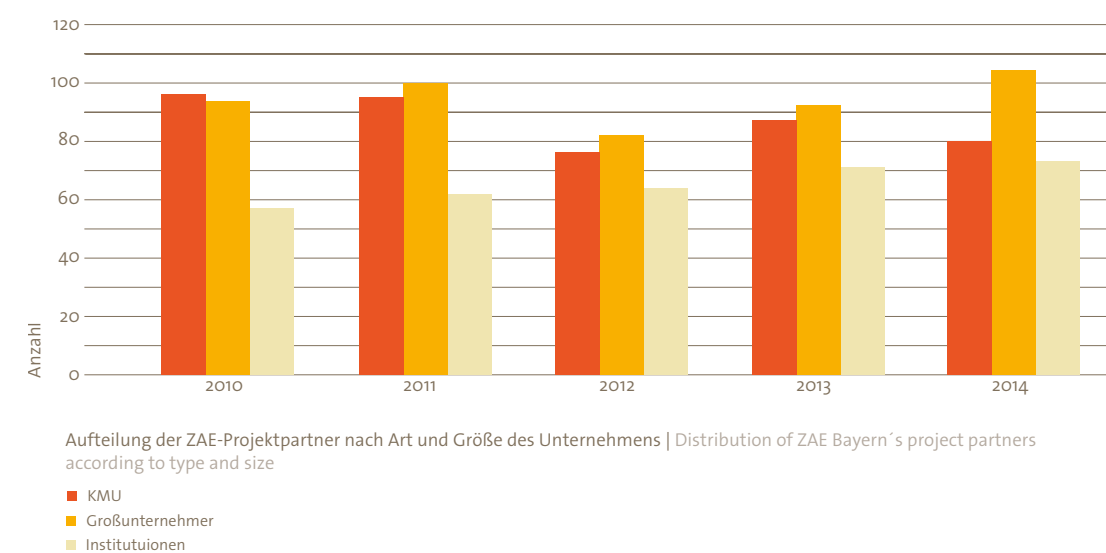
The institute's expenditure in 2014 comprises € 7.9 m in personnel costs, € 2.9 m in material costs and € 4.5 m in investments.

Research was carried out in a total of 237 projects involving 257 partners.

### STAFF AND PREMISES

At the end of 2014, ZAE Bayern had 216 staff members. The majority of the employees came from the fields of physics, mechanical engineering and materials science. Women made up 27.3% of the staff. The institute provided 38 doctorate students, 5 graduands, 8 postgraduate students writing their master thesis and 7 trainees. Students and trainees constituted 27.8% of the staff.

## 1.4 DAS ZAE BAYERN ALS KOOPERATIONSPARTNER COOPERATION WITH ZAE BAYERN



Anwendungsnahe Forschung und Entwicklung gestaltet sich besonders effizient, wo leistungsstarke Partner entlang der Wertschöpfungskette gemeinschaftliche Ziele verfolgen. Das ZAE Bayern ist deshalb auch ein gefragter nationaler und internationaler Kooperationspartner der Industrie, von Universitäten und von außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Dabei kommen den Kooperationspartnern die in vielen Bereichen über den Standard hinausragenden Forschungs- und Entwicklungsressourcen des Instituts zunutze.

Eine wichtige Tätigkeit des ZAE Bayern ist die Kooperation mit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU). Seit einigen Jahren ist auch eine intensive Kooperation mit Großunternehmen und Institutionen, d.h. Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, festzustellen (siehe Abb. oben). Das ZAE Bayern übernimmt damit eine wichtige Brückenfunktion zwischen universitärer Forschung und industrieller Entwicklung.

Das Leistungsangebot (z. B. apparative Ausstattung) unserer Bereiche finden Sie im Detail im Internetangebot des ZAE Bayern unter [www.zae-bayern.de](http://www.zae-bayern.de).

Application-oriented research and development is particularly efficient when competent partners follow the same goals. This is one of the reasons why ZAE Bayern is a much sought after partner for industry, universities and independent research centres within Germany and worldwide. The state-of-the-art research and development resources available to the institute are a real benefit to our cooperation partners.

An important part of our work at ZAE Bayern is cooperating with small and medium-sized enterprises (SMEs). For several years, however, a close cooperation between ZAE Bayern and major enterprises and institutions, i.e. universities and independent research institutes, can be noticed (see Fig. above). In this vein, ZAE Bayern serves as an important link between university research and industrial development.

Details about the metrological techniques and facilities available at each of the ZAE Bayern divisions are published on our website [www.zae-bayern.de](http://www.zae-bayern.de).



## 1.5 DIE ORGANE DES ZAE BAYERN AT A GLANCE

Stand / Status  
31.12.2014  
31/12/2014

### MITGLIEDER MEMBERS

- Unternehmen
- Enterprises

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

- Mitglieder von Amts wegen
- Members ex officio

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

- Natürliche Personen/Ingenieurbüros
- Natural Persons/Consulting Engineers

M. Dietrich, Rüdtenhausen  
 Dipl.-Ing. H. Kling, Lindau  
 Dipl.-Ing. M. Portula, Berlin

- Verbände und Institutionen
- Federations and Institutions

CO<sub>2</sub> Initiative, Markt Schwaben  
 Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V., München  
 ENERGIEregion Nürnberg e. V., Nürnberg  
 FG SHK-Förderungsgesellschaft SHK Bayern mbH, München

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 Elektrizitätswirtschaft 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  
 Prof. Dr. M. Schulz, Weiher

### VORSTAND EXECUTIVE BOARD

Der Vorstand setzte sich Ende 2014 wie folgt zusammen:

At the end of 2014 the members of the board were:

Prof. Dr. C. J. Brabec,  
 (Vorsitzender | Chairman),  
 Lehrstuhl Materialien der Elektronik und Energietechnologie – Department für Werkstoffwissenschaften, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
 Prof. Dr. V. Dyakonov,  
 Physikalisches Institut,  
 Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
 Dr. B. Malkowski,  
 (Geschäftsführer | CEO)  
 ZAE Bayern Würzburg  
 Prof. Dr.-Ing. H. Spliethoff,  
 Fakultät Maschinenwesen,  
 Technische Universität München

### KURATORIUM BOARD OF TRUSTEES

Dr.-Ing. R. Hofer  
 (Vorsitzender | Chairman),  
 Bayernwerk AG, Regensburg  
 Dr. H. Binder,  
 BTC Technologies GmbH, Ludwigsburg  
 Prof. Dr. R. Hellinger,  
 Siemens AG, Erlangen  
 Ministerialrat Dr.-Ing. J. Schadl,  
 Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, München  
 Ministerialrätin C. Scheuerecker,  
 Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, München  
 Prof. Dr.-Ing. U. Wagner,  
 Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., München  
 Technische Universität München, München  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Köln

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



## 1.6 RÜCKBLICK REVIEW

### ZAE KOORDINIERT NETZWERK ZUM THEMA „INNOVATIVE PHOTOVOLTAIK FÜR ZUKÜNFTIGE MÄRKTE“

Das ZAE Bayern hat im Januar 2014 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie den Auftrag erhalten, das Netzwerk „Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte“ (PV-ZUM) zu koordinieren. Dieses Netzwerk wurde im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) etabliert und soll kleinen und mittleren Unternehmen aus der PV-Branche sowie aus angrenzenden Wirtschaftssektoren helfen, durch öffentlich geförderte Projekte innovative Lösungen für die Photovoltaik von morgen zu erarbeiten.

### ZAE UND PINTSCH ABEN GEOTHERM ENTWICKELN GEOTHERMISCHE WEICHENHEIZUNG

Damit Züge auch im Winter möglichst störungsfrei fahren, beheizt allein die Deutsche Bahn mehr als 60.000 Weichen – überwiegend mit Strom. Hinzu kommen deutschlandweit etwa 12.000 weitere Weichenheizungen auf Nebenstrecken und für Straßenbahnen. Insgesamt verbrauchen diese Systeme jährlich etwa so viel Energie wie 50.000 Vierpersonenhaushalte. Der Hersteller von Weichenheizungen Pintsch Aben geotherm und das ZAE Bayern haben daher gemeinsam ein alternatives System zur Beheizung von Weichen entwickelt, das ausschließlich die natürlich vorhandene Erdwärme als Energiequelle nutzt. Diese geothermische Weichenheizung arbeitet völlig autark und ist wesentlich wartungsärmer als konventionelle Systeme. Nach langjähriger Forschung und Erprobung in Pilotanlagen erhielt das System im Februar 2014 die Zulassung des Eisenbahnbundesamtes und kann damit in den entsprechenden Schienennetzen eingesetzt werden.

### WETTBEWERB „JUGEND FORSCHT“ 2014

Im Rahmen der unterfränkischen Regionalauscheidungen des Wettbewerbs „Jugend forscht“ informierte das ZAE Bayern am 21. Februar 2014 in der begleitenden Ausstellung die Nachwuchswissenschaftler über aktuelle Forschungstätigkeiten. Einen tiefen Einblick in die Arbeit des ZAE Bayern bekamen die Jungforscher bei einer Führung durch das Energy Efficiency Center.

### VIZEKANZLER GABRIEL ZU GAST AM ZAE BAYERN IN WÜRZBURG

Ein halbes Jahr nach Eröffnung des neuen Energy Efficiency Center (EEC) des ZAE besuchte Wirtschafts- und Energieminister S. Gabriel am 3. März 2014 das hoch innovative Forschungs- und Demonstrationsgebäude. Besonders interessiert zeigte er sich an der Ausstellung

### ZAE COORDINATES NETWORK ON “INNOVATIVE PHOTOVOLTAICS FOR FUTURE MARKETS”

In January 2014 ZAE Bayern was commissioned to coordinate the network “Innovative photovoltaics for future markets” (PV-ZUM) by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy. This network was established within the Central Innovation Programme (ZIM) and is supposed to help small and medium-sized enterprises in the PV industry as well as enterprises from related economic sectors to develop innovative solutions for future photovoltaics through publicly funded projects.

### ZAE AND PINTSCH ABEN GEOTHERM DEVELOP GEOTHERMAL SWITCH POINT HEATING

To ensure reliable operation of railway service during winter months Deutsche Bahn AG alone has installed heating devices in more than 60.000 railway switches, most of which work electrically. About 12.000 more of these heating devices are distributed over secondary and tram lines countrywide. The overall energy consumption of these devices is about equal to the consumption of 50.000 four-person households. Therefore, the manufacturer of railway point heating devices Pintsch Aben geotherm and ZAE Bayern together developed an alternative heating system which exclusively uses geothermal energy. This geothermal point heating works self-sufficiently and needs very little maintenance, compared to conventional systems. After several years of development and pilot testing the system has been approved by the German Federal Railway Authority in February 2014 and is therefore ready for use in railway nets.

### YOUNG SCIENTISTS COMPETITION “JUGEND FORSCHT” 2014

As part of the young scientists' regional competition “Jugend forscht 2014” for Lower Franconia ZAE Bayern informed the young researchers on current research activities on 21<sup>st</sup> February 2014 in the accompanying exhibition. During a guided tour through the Energy Efficiency Center they gained a deep insight into the work of ZAE Bayern.

### VICE CHANCELLOR GABRIEL VISITS ZAE BAYERN IN WÜRZBURG

Six months after the opening of the new Energy Efficiency Center (EEC), the Federal Minister for Economic Affairs and Energy, S. Gabriel, visited the highly innovative research and demonstration building of ZAE on 3<sup>rd</sup> March 2014. He was especially interested in the exhibition on energy efficient construction in the pub-



Abb. 1: Minister Gabriel beim Rundgang durch das Infocenter im EEC des ZAE Bayern

Fig. 1: Minister Gabriel during his guided tour through the EEC-Info-center of ZAE Bayern



Abb. 2: Teilnehmer des Wettbewerbs „Jugend forscht“ vor dem Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg

Fig. 2: Participants of the regional competition of Lower Franconia “Jugend forscht 2014” in front of the Energy Efficiency Center of ZAE Bayern in Würzburg

lic visitor centre. An intensive dialogue on the need to increase efficiency in the energy sector, especially concerning buildings, was a focus of the visit. The Minister and Vice Chancellor emphasised the important research and development work of ZAE: “What ZAE Bayern achieves, is of huge importance for us in order to succeed in bringing a change to energy policy.” “It's not just about power production,” said the minister, “but above all, how we deal more efficiently with energy altogether.”

### SITZUNG DES ARBEITSKREISES THERMOPHYSIK IN WÜRZBURG

Der vom ZAE Bayern koordinierte Arbeitskreis Thermophysik veranstaltete seine Jahressitzung am 17. und 18. März 2014 in Würzburg. Der Arbeitskreis ist eine wissenschaftliche Fachorganisation für das Gebiet „Messung thermophysikalischer Stoffeigenschaften“. Er versteht sich als Forum für Fachdiskussionen, kritische Vergleiche von Messverfahren, Organisation und Durchführung von Ringvergleichen, Vereinbarung von Kooperationen und gemeinsamen Projekten sowie für die Zertifizierung von Referenzmaterialien. Neben der Diskussion grundsätzlicher Fragen aus dem Bereich Thermophysik hat der Praxisbezug große Bedeutung. Der Arbeitskreis Thermophysik ist der Gesellschaft für Thermische Analyse e. V. (GEFTA) angegliedert und tagt einmal im Jahr.

### MEETING OF THE THERMOPHYSICS WORKING GROUP IN WÜRZBURG

From 17<sup>th</sup> to 18<sup>th</sup> March 2014 the Thermophysics Working Group, coordinated by ZAE Bayern, held its annual meeting in Würzburg. The working group is a scientific organisation working in the field of “Measurement of thermophysical substance properties”. It is a forum for technical discussions, knowledge sharing and critical comparison of measurement methods, organisation and implementation of intercomparisons, agreement of cooperation and joint projects, as well as certification of reference materials. In addition to the discussion of fundamental issues of thermal physics, practical relevance is of great importance. The Thermophysics Working Group is affiliated with the Gesellschaft für Thermische Analyse e. V. (Society for Thermal Analysis) and gets together annually.



#### BEREICHSLEITER DR. A. HAUER IN DEN VORSTAND DES BUNDESVERBANDS ENERGIESPEICHER E. V. GEWÄHLT

Bei der Mitgliederversammlung des Bundesverbands Energiespeicher (BVES) am 27. März 2014 wurde Herr Dr. A. Hauer, Leiter des Bereichs Energiespeicherung am ZAE Bayern, in den Vorstand gewählt. Der BVES hat über 100 Mitglieder aus Industrie und Forschung. Darunter sind große Firmen wie Siemens und Samsung, aber auch mittlere und kleine Unternehmen sowie eine Reihe von Forschungsinstituten, die in allen Bereichen der Energiespeicherung tätig sind. Herr Dr. Hauer ist als Forschungs- und Entwicklungsvorstand für die Koordination unter den Mitgliedern im F&E-Bereich zuständig.

#### STAATSMINISTERIN AIGNER ZU GAST AM ZAE BAYERN IN HOF

Auf Einladung von Oberbürgermeister Dr. H. Fichtner besuchte die Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie I. Aigner am 4. April 2014 die Stadt Hof. Am Hofer Standort des ZAE informierte sie sich über das vom Freistaat Bayern geförderte Projekt „Smart Grid Solar“, das sich mit den für die zukünftige Energieversorgung besonders bedeutenden Speichermöglichkeiten erneuerbarer Energien befasst und die steigende Bedeutung des Zukunftsfeldes Energietechnik für den Strukturwandel Hochfrankens unterstreicht. In seiner Ansprache betonte Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender des ZAE Bayern, die sehr gute Zusammenarbeit mit den lokalen Akteuren und der Industrie und stellte Pläne vor, wie die im Rahmen des Projektes „Smart Grid Solar“ erstellte Infrastruktur erweitert und so das östliche Oberfranken zu einer Modellregion für die Energieversorgung und -wirtschaft im neuen Energiezeitalter werden kann.

#### WORKSHOP „CHARAKTERISIERUNG NANOPORÖSER MATERIALIEN“

Am 8. und 9. April 2014 veranstaltete das ZAE Bayern gemeinsam mit Micromeritics im Energy Efficiency Center des ZAE Bayern den Workshop „Charakterisierung nanoporöser Materialien“. Bei der Veranstaltung wurde ein vertiefter Einblick in den Bereich der nanoporösen Materialien gegeben. Neben den gängigen Analysemethoden erhielt der Anwender Informationen über Normen und die speziellen Herausforderungen, die sich aus nanoporösen Systemen ergeben. Alternative und komplementäre Messtechniken, wie z. B. In-situ Messungen, wurden erläutert. Das Thema „Nanoporöse Materialien“ hat aktuell im Bereich der Energieforschung einen hohen Stellenwert, da sich derartige Materialien unter an-

#### HEAD OF DIVISION DR. A. HAUER VOTED ON THE BOARD OF BUNDESVERBAND ENERGIESPEICHER E. V.

On 27<sup>th</sup> March 2014 Dr. A. Hauer, ZAE head of the Energy Storage division, was voted on the board of Bundesverband Energiespeicher e. V. (BVES) (German Energy Storage Association) at its general assembly. BVES has over 100 members from industry and research. Amongst them are large companies such as Siemens and Samsung, but also medium and small enterprises as well as a number of research institutes which are active in all areas of energy storage. In his function as member of the board, Dr. Hauer is responsible for the coordination among the members in the R&D sector.

#### STATE MINISTER AIGNER VISITS HOF BRANCH OF ZAE BAYERN

Invited by Mayor Dr. H. Fichtner, Bavaria's Minister of Economic Affairs and Media, Energy and Technology, I. Aigner, visited the city of Hof on 4<sup>th</sup> April 2014. At the Hof branch of ZAE Bayern she got informed about the publicly funded project „Smart Grid Solar“ which is concerned with storage technologies for renewable energies, that are considered significant for future energy supply and underlines the increasing importance of the field of energy research for the ongoing structural change in the Upper Franconian region in Bavaria. In his speech, Prof. Dr. C.J. Brabec, board chairman of ZAE Bayern, emphasised the excellent cooperation with local businesses and the industry and introduced plans to expand the infrastructure built within the „Smart Grid Solar“ project in order to turn the eastern Upper Franconian region into a model for energy supply and economy in a new era of energy.

#### WORKSHOP „CHARACTERISATION OF NANOPOROUS MATERIALS“

From 8<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup> April 2014 ZAE Bayern and Micromeritics organised the workshop „Characterisation of Nanoporous Materials“ which took place in the Energy Efficiency Center of ZAE Bayern. This topic is the consistent continuation of the wish to describe porosity and surface tailored for application. During the event a deeper look into the field of nanopores was given. In addition to the common methods of analysis the user received information on standards and the special challenges that arise from nanoporous systems. Alternative and complementary measurement techniques, such as in-situ measurements were explained. Nanoporous materials - meaning microporous and mesoporous materials - currently have a high priority in the field of en-

derem für den Einsatz als thermische und elektrische Speicher, für thermische Isolationen der nächsten Generation, für Katalysatorträger und für maßgeschneiderte Filter eignen.

#### INNOVATIONEN IM GEBÄUDESEKTOR LEISTEN WICHTIGEN BEITRAG FÜR DAS NEUE ENERGIEZEITALTER

Mitglieder des französischen Senats und der französischen Nationalversammlung sowie des Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) informierten sich am 15. Mai 2014 im ZAE Bayern zum Thema energieeffiziente Gebäude. In seiner Begrüßung betonte Dr. B. Malkowski, Geschäftsführer des ZAE Bayern, wie wichtig internationale Kooperationen und Erfahrungsaustausch für die Lösung der anstehenden Energieprobleme sind. Dr. Malkowski stellte dabei heraus: „Das ZAE Bayern ist international sehr gut vernetzt und erhält hieraus wichtige Impulse für Forschung und Entwicklung. Die zahlreichen Kooperationen mit ausländischen Forschungseinrichtungen und Industriepartnern zeigen, dass das Know-how des ZAE Bayern auch international sehr gefragt ist.“ Besonders interessiert waren die französischen Gäste an neuen Entwicklungen im Bereich der Hochleistungswärmedämmungen, die insbesondere für die energetische Altbausanierung einzusetzen sind.

ergy research. This involves the advancement of materials, e.g. to use as thermal and electrical storages, for thermal insulations of the next generation and for tailor-made catalyst carriers or filters.

#### INNOVATIONS IN THE BUILDING SECTOR MAKE AN IMPORTANT CONTRIBUTION TO THE NEW ENERGY ERA

Members of the French Senate, the French National Assembly and the Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) were informed at ZAE Bayern about energy efficient buildings on 15<sup>th</sup> May 2014. In his welcome speech Dr. B. Malkowski, managing director of ZAE Bayern stressed the importance of international cooperation and exchange of experiences to solve the current energy problems. Dr. Malkowski emphasised: „ZAE Bayern is internationally well-connected. Due to this it obtains an important stimulus for research and development. Numerous collaborations with foreign research institutions and the industry show that the know-how of ZAE Bayern is internationally in great demand.“ The French guests were especially interested in new developments of high performance insulation, particularly intended for the energetic refurbishment of old buildings.

Abb. 3: (v. l. n. r.) Dr. H.-P. Ebert, Bereichsleiter Energieeffizienz des ZAE Bayern, Senator M. Deneux, J.-Y. Le Déaut, Mitglied der Nationalversammlung und Vizepräsident von OPECST, Dr. B. Malkowski, Geschäftsführer ZAE, Prof. Dr. J. Lewandowska, Wissenschaftsattachée der Französischen Botschaft Berlin, R. Mille, Institut Français, E. Szij, OPECST und Prof. Dr. V. Dyakonov, Vorstand und Wissenschaftlicher Leiter des ZAE Bayern  
Fig. 3: (f. l. t. r.) Dr. H.-P. Ebert, head of Energy Efficiency division of ZAE, Senator M. Deneux, J.-Y. Le Déaut, Member of the French National Assembly and Vice president of OPECST, Dr. B. Malkowski, ZAE managing director, Prof. Dr. J. Lewandowska, the Science Attaché of the French Embassy Berlin, R. Mille, Institut Français, E. Szij, OPECST and Prof. Dr. V. Dyakonov, board member and scientific director of ZAE



### BUNDESVORSITZENDE VON BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN BESUCHT ZAE BAYERN IN WÜRZBURG

S. Peter, Bundesvorsitzende von Bündnis 90/Die Grünen besuchte am 21. Mai 2014 das Energy Efficiency Center des ZAE Bayern. Die ehemalige Energieministerin des Saarlands diskutierte mit den ZAE-Wissenschaftlern Prof. Dr. V. Dyakonov und Dr. H.-P. Ebert die Chancen einer stärkeren Verknüpfung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienzmaßnahmen. Besonders interessiert war Frau Peter an den Möglichkeiten, Überschussstrom aus erneuerbaren Energien in Wärme- und Kälteanwendungen sinnvoll einzuspeisen. In diesen sogenannten Power-to-Heat-Anwendungen wird überschüssiger Strom aus dem Netz zum Aufladen von Wärme- und Kältespeichern verwendet. Hierdurch können Erzeugungskapazitäten im Bereich der erneuerbaren Energien besser ausgelastet werden und die Netzstabilität kann gesteigert werden. Man war sich einig, dass der Ausbau erneuerbarer Energien und Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz Hand in Hand gehen müssen, um schnell und nachhaltig die Energiewende zu meistern. Nach dem Rundgang durch die Forschungslaboratorien betonte die Politikerin: „Erneuerbare Energie, Effizienz und Einsparung sichern unsere Zukunft.“

### WORKSHOP „ORGANISCHE ELEKTRONIK – ORGANISCHE PHOTOVOLTAIK“

Das ZAE Bayern organisierte in Zusammenarbeit mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und dem Imperial College London einen 2-tägigen Workshop am ZAE-Standort Erlangen. Am 21. und 22. Mai 2014 trafen sich Wissenschaftler vom ZAE Bayern, der FAU Erlangen-Nürnberg und dem Imperial College London um sich über die neuesten Entwicklungen in den Bereichen Organische Elektronik und Photovoltaik zu informieren und ihre aktuellsten Forschungsergebnisse auszutauschen.

### ZAE BAYERN UND AREVA PRÄSENTIEREN SYSTEM ZUR WASSERSTOFFBASIERTEN ENERGIESPEICHERUNG

Am 16. Juni 2014 präsentierten das ZAE Bayern und die Areva GmbH in Anwesenheit des ehemaligen Bayerischen Ministerpräsidenten G. Beckstein und des Parlamentarischen Staatssekretärs im Bundesforschungsministerium S. Müller ein System zur wasserstoffbasierten Energiespeicherung. Dieses System wurde von der Areva GmbH für das vom ZAE Bayern geleitete Projekt „Smart Grid Solar“ erstellt und einige Wochen später im oberfränkischen Arzberg in Betrieb genommen.

### FEDERAL CHAIRWOMAN OF BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (THE GREEN PARTY) VISITED ZAE BAYERN IN WÜRZBURG

On 21<sup>st</sup> May 2014 the federal chairwoman of Bündnis 90/Die Grünen S. Peter visited the Energy Efficiency Center of ZAE Bayern. The former Energy Minister of the State of Saarland discussed about the chances of a stronger link between renewable energy and energy efficiency measures with ZAE scientists Prof. Dr. V. Dyakonov and Dr. H.-P. Ebert. Ms. Peter was particularly interested in possibilities to feed-in excess power usefully from renewable sources in heating and cooling applications. These so-called power-to-heat applications use surplus electricity from the grid to charge heat and cold storages. This allows making better use of production capacities from the field of renewable energies and the stability of the grid can be increased. It was agreed that the development of renewable energy and measures to increase energy efficiency must go hand in hand, in order to create a swift and sustainable energy transition. After a tour of the research labs, the politician stressed: “Renewable energy, energy efficiency and economisation secure our future.”

### WORKSHOP “ORGANIC ELECTRONICS - ORGANIC PHOTOVOLTAICS”

In cooperation with Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) and the Imperial College London, ZAE Bayern arranged a two-day workshop at the ZAE's Erlangen branch. On 21<sup>st</sup> and 22<sup>nd</sup> May 2014, scientists from ZAE Bayern, FAU Erlangen-Nürnberg, and the Imperial College London met to learn about the most recent developments in the fields of organic electronics and photovoltaics and to exchange their own findings.

### ZAE BAYERN AND AREVA PRESENT SYSTEM FOR HYDROGEN-BASED ENERGY STORAGE

On 16<sup>th</sup> June 2014, ZAE Bayern and Areva GmbH introduced a system for hydrogen-based energy storage in the presence of the former Minister President of Bavaria, G. Beckstein, and the Parliamentary State Secretary in the Federal Ministry of Education and Research, S. Müller. The system was developed by Areva GmbH as a part of the “Smart Grid Solar” project, led by ZAE, and put into service in Arzberg, Oberfranken several weeks later.



Abb. 4: (v. l. n. r.) Dr. H.-P. Ebert, Bereichsleiter des ZAE Bayern und S. Peter, Bundesvorsitzende der Partei Bündnis 90/Die Grünen, mit Parteikolleginnen und -kollegen auf dem Versuchsdach des ZAE Bayern  
Fig. 4: (f. l. t. r.) Dr. H.-P. Ebert, head of Energy Efficiency division of ZAE Bayern, Mrs. S. Peter federal chairwoman of Bündnis 90/Die Grünen with party members during the guided tour on the experimental roof of ZAE Bayern



Abb. 5: S. Peter, Prof. Dr. V. Dyakonov, ZAE-Vorstand und Dr. H.-P. Ebert, ZAE-Bereichsleiter, in der Ausstellung „Energie-Bauen“ im neuen Energy Efficiency Center in Würzburg  
Fig. 5: S. Peter, federal chairwoman of Bündnis 90/Die Grünen, Prof. Dr. V. Dyakonov, member of the board, and Dr. H.-P. Ebert, head of division (both of ZAE) during the guided tour through the infocentre of the EEC at ZAE Bayern in Würzburg



Abb. 6: Dipl.-Ing. R. Auer, Bereichsleiter, und Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender (beide ZAE Bayern), inspizieren das Herzstück des Elektrolyseurs der Areva GmbH, den Zellstapel  
Fig. 6: Dipl.-Ing. R. Auer, head of division, and Prof. Dr. C.J. Brabec, board chairman (both ZAE Bayern), inspecting the heart of an electrolyser built by Areva GmbH, its cell stack



Abb. 7: Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender des ZAE, bei seiner Rede zur Präsentation des Systems zur wasserstoffbasierten Energiespeicherung im Rahmen des Projekts „Smart Grid Solar“  
Fig. 7: Prof. Dr. C.J. Brabec, board chairman of ZAE Bayern, giving his presentation speech on hydrogen-based energy storage as developed in the “Smart Grid Solar” project



### DIE GRÜNEN UND MDL ZU INFORMATIONSBESUCH IM ZAE BAYERN IN ERLANGEN

Sehr beeindruckt über die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten des ZAE Bayern zeigten sich MdL M. Ganserer, S. Lender-Cassens, Bürgermeisterin in Erlangen und die Stadträtin Dr. B. Marenbach bei ihrem Besuch am 8. Juli 2014 beim Erlanger Standort des ZAE. Dort wird in erster Linie im Bereich Photovoltaik und auf dem Gebiet bildgebender Messtechniken geforscht.

### MAUS-TÜRÖFFNER-TAG BEIM ZAE BAYERN IN WÜRZBURG

Am 3. Oktober 2014 öffnete das ZAE in Würzburg die Türen seines Forschungs- und Demonstrationsgebäudes und bot einen tiefen Einblick in die tägliche Forschungsarbeit. Besucher hatten die Gelegenheit zur Besichtigung und konnten die innovativen energieeffizienten Baukomponenten, die im gesamten Institutsgebäude integriert wurden, praxisnah erleben. Es bestand die Möglichkeit, sich bei den Führungen durch die Labore über die aktuelle Forschungstätigkeit zu informieren.

Abb. 8: Besucher beim Maus-Türöffner-Tag im Infocenter des ZAE in Würzburg

Fig. 8: Visitors during the Mouse TV Open Day in the Infocenter of ZAE in Würzburg



### MEMBERS OF GREEN PARTY AND LANDTAG AT INFORMATIONAL VISIT TO ZAE BAYERN IN ERLANGEN

MdL M. Ganserer, S. Lender-Cassens, the Mayor of Erlangen, and Councilwoman Dr. B. Marenbach were evidently impressed with the research and development conducted at ZAE Bayern when they visited the Erlangen branch on 8<sup>th</sup> July 2014. Research here mainly focuses on photovoltaics and imaging metrology.

### MOUSE TV OPEN DAY AT ZAE BAYERN IN WÜRZBURG

On 3<sup>rd</sup> October 2014, ZAE in Würzburg opened the doors of its research and demonstration building and offered an insight into daily research activities. Visitors had the opportunity to inspect and experience the innovative energy-efficient building components that are integrated in the entire institute. The guests had the possibility to inform themselves about current research activities on tours through the labs. The event programme fascinated: over 600 children were delighted with the delicious ice cream - made with ultra-cold liquid gas - or went on an energy discovery tour through the labs with the Mouse. At the end they received a thermal image portrait to take home.

### AUTHORS AT ZAE WRITE MOST SUCCESSFUL BINE-TEXTBOOK

The textbook "Heat Storages", published in 2013, has sold almost 1.000 copies within the first year and is, therefore, the most successful title in the programme of BINE Information Service (status: October 2014). In the book, authors Dr. A. Hauer, Dr. S. Hiebler, and M. Reuß give an overview of the basic physical principles in heat storages as well as their characteristics and possible applications. All three authors work at ZAE Bayern and have long-standing experience in the field of thermal energy storage.

### INNOVATION DAY 'COMPETENCE NETWORK FOR MATERIAL AND FUNCTION TESTING MAINFRANKEN'

At the Innovation Day, on 7<sup>th</sup> October 2014, ZAE Bayern in Würzburg presented its expertise in the field of material and functional testing. The Innovation Day combines industry and research in Lower Franconia. D. Pfister, president of the Chamber of Industry and Commerce, praised the wide range of expertise in Lower Franconia and stressed the importance of the exchange between science and industry for the region's competitiveness. Many experts, including scientists, engineers, technicians, and physicians from universities and research institutions, pool their expertise from different

Das Rahmenprogramm faszinierte. So waren über 600 Kinder von der leckeren Eiscreme begeistert – hergestellt mit ultrakaltem Flüssiggas – oder gingen mit der Maus auf Energieentdeckertour durch die Labore. Zum Abschluss gab es ein Wärmebildportrait zum Mitnehmen.

### ZAE-AUTOREN SCHREIBEN ERFOLGREICHSTES BINE-FACHBUCH

Das 2013 erschienene Fachbuch „Wärmespeicher“ ist mit knapp 1.000 verkauften Exemplaren im ersten Jahr momentan der erfolgreichste Titel des BINE Informationsdienstes (Stand: Oktober 2014). In diesem Buch geben die Autoren Dr. A. Hauer, Dr. S. Hiebler und M. Reuß einen Überblick über die physikalischen Grundlagen von Wärmespeichern sowie über deren charakteristische Eigenschaften und Anwendungsbereiche. Alle Autoren arbeiten am ZAE Bayern und verfügen über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der thermischen Energiespeicher.

### INNOVATIONSTAG „KOMPETENZNETZWERK MATERIAL- UND FUNKTIONSPRÜFUNG MAINFRANKEN“

Beim Innovationstag am 7. Oktober 2014 präsentierte das ZAE Bayern in Würzburg seine Kompetenz auf dem Gebiet der Material- und Funktionsprüfung. Der Innovationstag verbindet Industrie und Forschung in Unterfranken. IHK-Präsident D. Pfister würdigte das breitgefächerte Know-how in Mainfranken und betonte die Bedeutung des Austausches zwischen Wissenschaft und Industrie für die Wettbewerbsfähigkeit der Region. Zahlreiche Fachkräfte, darunter Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und Mediziner aus Forschungseinrichtungen und Hochschulen, bündeln im „Kompetenznetzwerk Material- und Funktionsprüfung Mainfranken“ ihr Know-how aus den verschiedensten Prüfbereichen.

### EUROPEAN SCHOOL ON ADVANCED AEROGELS

Vom 8. bis 10. Oktober 2014 fand in Hamburg und Köln die erste European School on Advanced Aerogels (ESAA) statt. Organisiert wurde die Veranstaltung vom ZAE Bayern gemeinsam mit der Technischen Universität Hamburg-Harburg, der Universität Salzburg, dem EMPA in Dübendorf (Schweiz) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR). Im Rahmen dieses Workshops wurden den Teilnehmern die faszinierenden Eigenschaften von Aerogelen nahegebracht. Es wurden viele Lab-on-Experimente durchgeführt um zu erlernen, wie anorganische, organische und biopolymerische Aerogele charakterisiert werden.



Abb. 9: (v. l. n. r.) M. Siller, ZAE-Gruppenleiter, Dr. B. Marenbach, Stadträtin, M. Brabant, Mitglied Bündnis 90/Die Grünen, M. Ganserer, MdL, R. Auer, ZAE-Bereichsleiter, S. Lender-Cassens, Bürgermeisterin von Erlangen und Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender ZAE

Fig. 9: (f. l. t. r.) M. Siller, ZAE head of group, Dr. B. Marenbach, councilwoman, M. Brabant, member of Bündnis 90/Die Grünen, M. Ganserer, MdL, R. Auer, ZAE-head of division, S. Lender-Cassens, Mayor of the city of Erlangen and Prof. Dr. C. J. Brabec, ZAE-chairman of the board

Abb. 10: Besucher stehen beim Maus-Türöffner-Tag um Eiscreme an, die mit ultrakaltem Flüssiggas hergestellt wurde

Fig. 10: Visitors stand in line to get an ice cream made with ultracold liquid gas during the Mouse TV Open Day

areas in the Network of Expertise Material and Function Testing Mainfranken.

### EUROPEAN SCHOOL ON ADVANCED AEROGELS

The first European School on Advanced Aerogels (ESAA) took place from 8<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> October 2014. It was organised by ZAE Bayern in cooperation with the Technische Universität Hamburg-Harburg, the Universität Salzburg, EMPA in Dübendorf and German Aerospace Center (DLR). During this workshop the participants were introduced to the fascinating properties of aerogels and performed many lab-on experiments learning, how to make and characterise inorganic, organic and bio-polymeric aerogels.



#### LEUCHTTURMPROJEKT „ENERGY EFFICIENCY CENTER“ DES ZAE BAYERN WIRD MIT BAYERISCHEM ENERGIEPREIS AUSGEZEICHNET

Im Rahmen einer festlichen Preisverleihung wurde dem ZAE am 15. Oktober 2014 für sein Leuchtturmprojekt „Energy Efficiency Center“ (EEC) der Bayerische Energiepreis 2014 vom Staatssekretär im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, F. J. Pschierer, verliehen. Das ZAE hat mit dem EEC ein innovatives Forschungs- und Demonstrationsgebäude in Würzburg errichtet, das eine Vielzahl von neuen Energieeffizienztechnologien bündelt und demonstriert. Die Vereinbarkeit von Energieeffizienz,

#### LIGHTHOUSE PROJECT “ENERGY EFFICIENCY CENTER” OF ZAE BAYERN RECEIVED THE BAVARIAN ENERGY AWARD

On 15<sup>th</sup> October 2014, ZAE Bayern received the Bavarian Energy Award 2014 for the lighthouse project “Energy Efficiency Center” (EEC) in a festive ceremony from the State Secretary in the Bavarian State Ministry for Economic Affairs and Media, Energy and Technology, F. J. Pschierer. With the EEC, ZAE has created an innovative research and demonstration building in Würzburg which combines and demonstrates a variety of new energy efficiency technologies. The compatibility of energy efficiency, usage requirements and an attractive



Abb. 11: Blick vom Versuchsdach auf das Dach des preisgekrönten Energy Efficiency Centers  
Fig. 11: View from the experimental roof of the award winning Energy Efficiency Center

Nutzungsanforderungen und ansprechender Architektur konnte überzeugend unter Beweis gestellt werden. Ein weiteres Novum ist das im EEC integrierte Informationszentrum. Hier werden der breiten Öffentlichkeit, angefangen von Schülern und Jugendlichen über interessierte Laien bis hin zum Fachpublikum, die Themen Energie, energieeffizientes Bauen und Nachhaltigkeit anschaulich näher gebracht.

architecture was demonstrated convincingly. A further novelty is the integrated Information Center. With its help a broad audience, ranging from students and young people, over interested laymen to specialists, is given a vivid understanding on the issues of energy, energy efficient building and sustainability.



Abb. 12: Das Infocenter des mit dem Bayerischen Energiepreis 2014 ausgezeichneten Energy Efficiency Centers des ZAE in Würzburg  
Fig. 12: The Infocenter of the EEC in Würzburg, which received the Bavarian Energy Award 2014



### PROJEKT „SMART GRID SOLAR“: ZAE BAYERN ERÖFFNET TESTGELÄNDE IN ARZBERG

Das ZAE Bayern eröffnete am 15. Oktober 2014 im oberfränkischen Arzberg ein Testgelände für das Projekt „Smart Grid Solar“. Das an das öffentliche Stromnetz angebundene Testgelände beherbergt neben verschiedenen Photovoltaik-Systemen auch einen Redox-Flow-Speicher und einen Elektrolyseur mit Wasserstoffspeicher. Auf dem Testgelände soll das intelligente Zusammenspiel von Photovoltaik-Anlagen, Speichern und dem Verteilnetz untersucht werden, ein sogenanntes „Smart Grid“. Partner des Projekts sind neben den Städten Hof und Arzberg auch Energieversorger sowie Unternehmen aus der Industrie.



Abb. 13: Dr. K. Döhler, Landrat des Kreises Wunsiedel, M. Siller, ZAE Bayern, S. Göcking, Bürgermeister der Stadt Arzberg, T. Engel, Abteilungsleiter der Regierung von Oberfranken, K. J. Weidner, Wirtschaftsförderung der Stadt Hof

Fig. 13: Dr. K. Döhler, chief administrative officer of the Wunsiedel district, M. Siller, ZAE Bayern, S. Göcking, mayor of Arzberg, T. Engel, head of department in the government of Upper Franconia, K. J. Weidner, communal business development in Hof

### STAATSEKRETÄR PSCHIERER BESUCHT WÜRZBURGER STANDORT DES ZAE BAYERN

Einen Tag nach Verleihung des Bayerischen Energiepreises am 15. Oktober 2014 besuchte Staatssekretär F. J. Pschierer das preisgekrönte Energy Efficiency Center (EEC). Im Rahmen einer detaillierten Führung vermittelten ZAE-Vorstand Prof. Dr. V. Dyakonov und Bereichsleiter Dr. H.-P. Ebert ein umfassendes Bild von den im EEC eingesetzten Techniken. Der Staatssekretär zeigte sich beeindruckt von dem Gebäude und den Forschungsleistungen des ZAE und gratulierte allen Beteiligten zum Bayerischen Energiepreis 2014. In seiner Ansprache wies Staatssekretär Pschierer darauf hin, dass es für die Energiewende weltweit keine Blaupause gebe. Daher setze das Wirtschaftsministerium auf die Zusammenarbeit mit dem ZAE zur Bewältigung dieser Aufgabe. „Wo ZAE draufsteht, ist Spitzenforschung drin“, so Staatssekretär Pschierer.

### PROJECT “SMART GRID SOLAR”: ZAE BAYERN OPENS TEST SITE IN ARZBERG

On 15<sup>th</sup> October 2014 ZAE Bayern opened a new test site for the “Smart Grid Solar” project in Arzberg in the Upper Franconian region. Apart from a range of photovoltaics systems, the test site, which is connected to the public energy grid, houses a redox-flow storage and an electrolyser with a hydrogen storage. The intelligent interplay between photovoltaic plants, storages, and the distribution grid, a so called “Smart Grid”, is to be analysed on the test site. Project partners beside the cities of Hof and Arzberg are energy suppliers and companies from the industry.



Abb. 14: (v. l. n. r.) Staatssekretär F.-J. Pschierer, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, Prof. Dr. V. Dyakonov, Vorstand und Dr. H.-P. Ebert, Bereichsleiter (beide ZAE Bayern) im Infocenter des EEC

Fig. 14: (f. l. t. r.) State Secretary F. J. Pschierer, Bavarian State Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology, Prof. Dr. V. Dyakonov, member of the board and Dr. H.-P. Ebert, head of division (both ZAE Bayern) at the Infocenter of the EEC

### STATE SECRETARY PSCHIERER VISITS WÜRZBURG LOCATION OF ZAE BAYERN

One day after ZAE received the Bavarian Energy Prize on 15<sup>th</sup> October 2014, the State Secretary F. J. Pschierer visited the award-winning Energy Efficiency Center (EEC). During a detailed tour ZAE board member Prof. Dr. V. Dyakonov and head of division Dr. H.-P. Ebert conveyed a comprehensive picture of the techniques used in the EEC. The State Secretary was impressed by the award-winning building and the research achievements of ZAE Bayern and congratulated all involved for the receipt of the Bavarian Energy Award 2014. In his speech, F. J. Pschierer pointed out that there is no blueprint for the energy transition. Therefore, the Ministry of Economic Affairs relies on working with ZAE. “When it says ZAE, you find top-level research,” said Secretary of State Pschierer.

### MINISTER BESUCHEN FORSCHER DES ZAE BAYERN AUF DEM ENERGIE CAMPUS NÜRNBERG

Die Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie I. Aigner besuchte am 17. Oktober 2014 den Energie Campus Nürnberg (EnCN), um sich persönlich über den Stand der Energieforschung am EnCN zu informieren. Im Rahmen dieses Besuches führte Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender des ZAE Bayern, die Ministerin durch die vom ZAE betriebene „Solarfabrik der Zukunft“, in der an der Entwicklung gedruckter Photovoltaik gearbeitet wird. Ein weiterer Besuch eines bayerischen Ministers fand am 22. Oktober 2014 statt. An diesem Tag informierte sich der Bayerische Staatsminister



Abb. 15: (v. l. n. r.): I. Aigner, Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, Prof. Dr. K.-D. Gröske, Präsident der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg und Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender des ZAE Bayern

Fig. 15: (f. l. t. r.) I. Aigner, Bavarian Minister of Economic Affairs and Media, Energy and Technology, Prof. Dr. K.-D. Gröske, President of the Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg and Prof. Dr. C. J. Brabec, board chairman of ZAE Bayern

der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat, Dr. M. Söder, über die Aktivitäten am EnCN und besichtigte unter anderem die dort beheimatete „Solarfabrik der Zukunft“.

### KOOPERATIONSBÖRSE VON SCHULE UND WISSENSCHAFT

Im Rahmen der Initiative „Stadt der jungen Forscher 2014“ in Würzburg hat sich das ZAE Bayern zum Ziel gesetzt, Schüler für naturwissenschaftliche Themen und insbesondere für die Energieforschung zu begeistern. Bei der Kooperationsbörse am 21. Oktober 2014 lieferten die Partner-Einrichtungen des Netzwerks WISSEN2 den rund 80 Teilnehmern – Schülern, Lehrkräften und Forschern – in Kurzpräsentationen ein Feuerwerk an neuen Projektideen. Viele griffen dabei unter unterschiedlichen Aspekten das Schwerpunktthema Farbe auf. Dr. H.-P. Ebert vom ZAE Bayern schlug in seinem Kurzvortrag eine Brücke zwischen

### MINISTER VISIT RESEARCHERS OF ZAE BAYERN AT ENERGIE CAMPUS NÜRNBERG (ENCN)

Bavaria’s State Minister of Economic Affairs and Media, Energy and Technology, I. Aigner, visited Energy Campus Nürnberg (EnCN) on 17<sup>th</sup> October 2014 to learn about the state of energy research at EnCN. During her visit, Prof. Dr. C. J. Brabec, board chairman of ZAE, gave her a tour of the “Solar Factory of the Future”, operated by ZAE, where printed photovoltaic modules are developed. Another Bavarian minister visited on 22<sup>nd</sup> October 2014. Dr. M. Söder, Minister of Finance, Development of the State and Homeland, inquired about the activities conducted at EnCN while



Abb. 16: M. Söder, Bayerischer Staatsminister der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat und Prof. Dr. C. J. Brabec, Vorstandsvorsitzender des ZAE

Fig. 16: M. Söder, Bavarian Minister of Finance, Development of the State and Homeland, and Prof. Dr. C. J. Brabec, board chairman of ZAE

visiting, among others, the “Solar Factory of the Future”.

### COOPERATION FORUM BETWEEN SCHOOL AND SCIENCE

As part of the initiative ‘City of Young Scientists 2014’ in Würzburg ZAE Bayern aimed to get students enthusiastic about scientific issues, particularly about energy research. During the Cooperation Forum on 21<sup>st</sup> October 2014, the partner institutions of the network WISSEN2 gave a firework of new project ideas in short presentations to the 80 participants - students, teachers and researchers. Many addressed the main topic “Colour” under different aspects. Dr. H.-P. Ebert from ZAE Bayern connected colour with light in his brief talk. How can best use be made of both, regarding energy consumption and ambient in buildings?

Farbe und Licht: Wie lässt sich beides in Gebäuden energetisch und atmosphärisch sinnvoll einsetzen?

#### PRÄSENTATION DES ZAE BAYERN AUF DER JAHRESTAGUNG DES FORSCHUNGSVERBUNDES ERNEUERBARE ENERGIEN (FVEE)

Das ZAE Bayern präsentierte sich auf der FVEE-Jahrestagung „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“ im Umweltforum Berlin am 6. und 7. November 2014. In vielfältigen Vorträgen und Diskussionsbeiträgen wurden die verschiedenen Entwicklungsphasen des Energiesystems analysiert sowie die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für deren Umsetzung untersucht.

#### ZAE NIMMT AM WIRTSCHAFTSGIPFEL NORDBAYERN TEIL

Am 14. November 2014 fand im Rathaus Hof der Wirtschaftsgipfel Nordbayern statt, an dem neben dem Bayerischen Ministerpräsidenten H. Seehofer und den Staatsministern I. Aigner, J. Herrmann, M. Söder und J. Spaenle unter anderem Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verbänden sowie der lokalen Politik teilnahmen. Das ZAE Bayern wurde von seinem Vorstandsvorsitzenden Prof. Dr. C. J. Brabec vertreten.

#### ZAE BAYERN IM KINDERKANAL

Nicht nur Forschung, sondern auch die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses hat beim ZAE Bayern

#### PRESENTATION OF ZAE BAYERN AT THE ANNUAL CONFERENCE OF RENEWABLE ENERGY RESEARCH ASSOCIATION (FVEE)

ZAE Bayern presented itself at the FVEE's annual conference "Research for the Energy Turnaround – Actively Designing Transitional Stages" at Umweltforum Berlin on 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> November 2014. The different stages of the energy system's development as well as the political and social framework for their realisation were analysed during various talks and discussions.

#### ZAE PARTICIPATES IN NORTHERN BAVARIAN ECONOMIC SUMMIT

On 14<sup>th</sup> November 2014 the Northern Bavarian Economic Summit was held in the town hall of Hof. It was attended by Bavaria's Minister President H. Seehofer and State Ministers I. Aigner, J. Herrmann, M. Söder, and J. Spaenle as well as representatives of business and science communities, associations and local politics. ZAE Bayern was represented by its board chairman, Prof. Dr. C. J. Brabec.

#### ZAE BAYERN ON KINDERKANAL (CHILDRENS' CHANNEL)

ZAE Bayern gives high priority not only on research but also on the encouragement of future generations of scientists. A prime example of this is the episode "Solar Researcher" from the television series "Your Dream Job?", broadcasted by German children's channel Kinderkanal on 16<sup>th</sup> November 2014. The episode commissioned by public service broadcaster MDR was recorded at ZAE

eine hohe Priorität. Das zeigt auch die Folge „Solarforscherin“ aus der Serie „Dein Traumjob?“, die der Kinderkanal am 16. November 2014 ausstrahlte. Dieser Film wurde im Sommer im Auftrag des MDR im ZAE Bayern aufgenommen. Eine Schülerin der 5. Klasse begleitete die Erlanger Kollegin Frau Dr. C. Buerhop-Lutz bei ihrer Arbeit im ZAE und konnte hautnah bei Messungen zur Prüfung von PV-Modulen dabei sein. Eingesetzt wurde modernste Technik wie z. B. ein Oktokopter mit GPS-Steuerung und hochauflösender IR-Kamera. Die Schülerin wirkte bei allen Schritten aktiv mit. Alles in allem bekam das Mädchen einen guten Einblick in die Arbeit einer Ingenieurin für erneuerbare Energien. Außerdem erfuhr sie, welche Schulfächer wichtig für diesen Beruf sind und dass eine erfolgreiche berufliche Tätigkeit Neugier sowie eine aufmerksame Beobachtungsgabe voraussetzt.

#### ENERGIEDIALOG BAYERN

Im Rahmen des am 19. November 2014 von Staatsministerin I. Aigner ausgerufenen „Energiedialogs Bayern“ wurden vier Arbeitsgruppen zu den Themen Effizienzsteigerung, Energiespeicherung, erneuerbare Energien und Versorgungssicherheit ins Leben gerufen. Das ZAE Bayern wurde als Experte zur ersten Sitzung der Arbeitsgruppe „Beitrag der Speichertechnologien“ in das bayerische Wirtschaftsministerium eingeladen. Herr Dr. A. Hauer präsentierte eine Übersicht verfügbarer Technologien und deren Potenziale und Möglichkeiten und stellte sich anschließend den Fragen der Teilnehmer.

Bayern in summer 2014. A 5<sup>th</sup> form pupil accompanied ZAE Erlangen colleague Dr. C. Buerhop-Lutz during work and experienced PV module testing first hand. State-of-the-art technologies, such as a GPS-controlled octocopter or a high-definition IR camera, were employed. The pupil actively participated in all steps. All in all, the girl got a good overview of a renewable energy engineer's work. She also learned which school subjects are important for the job and how curiosity and good observational skills are crucial for professional success.

#### ENERGY DIALOGUE BAVARIA

As part of the "Energy Dialogue Bavaria", which was proclaimed by State Minister I. Aigner on 19<sup>th</sup> November 2014, four working groups on improvement in efficiency, energy storage, renewable energy and security of supply were formed. ZAE Bayern was invited to the Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology to participate as expert advisor in the first meeting of the work group "Contribution of Storage Technologies". Dr. A. Hauer presented an overview of available technologies and their potential and options, and answered questions from participants.

#### ZAE BAYERN "GESTALTER DER ENERGIEWENDE 2014" (DESIGNER OF THE ENERGY REVOLUTION 2014)

Dr. J. Hochhuber of the Bavarian State Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology presented ZAE Bayern the "Gestalter der Energiewende 2014"

Abb. 17: (v. l. n. r.) Dr. P. Luchscheider, M. Siller, J. Bogenrieder und Prof. Dr. V. Dyakonov (alle ZAE Bayern) bei der FVEE-Jahrestagung  
Fig. 17: (f. l. t. r.) Dr. P. Luchscheider, M. Siller, J. Bogenrieder, and Prof. Dr. V. Dyakonov (all ZAE Bayern) at the annual FVEE conference



Abb. 18: Amanda und Frau Dr. C. Buerhop-Lutz vom ZAE, in der MDR-Sendung „Dein Traumjob?“ vor einem PV-Testfeld  
Fig. 18: Amanda and Dr. C. Buerhop-Lutz from ZAE in the MDR-programme "Your Dream Job?" in front of a PV testing site



Abb. 19: ZAE-Mitarbeiter H. Scheuerpflug justiert die Infrarotkamera vor dem Flug mit dem Oktokopter  
Fig. 19: ZAE employee H. Scheuerpflug adjusting the infrared camera before the octocopter flight





**ZAE BAYERN „GESTALTER DER ENERGIEWENDE 2014“**

Dr. J. Hochhuber vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie überreichte dem ZAE Bayern am 27. November 2014 die Auszeichnung „Gestalter der Energiewende 2014“. Die Auszeichnung wurde von Dr. H.-P. Ebert, Leiter des Bereichs Energieeffizienz des ZAE, entgegengenommen.

**KOOPERATIONSFORUM ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDEHÜLLEN**

Das Forum „Energieeffiziente Gebäudehüllen“ am 4. Dezember 2014 wurde vom ZAE Bayern in Würzburg in Kooperation mit Bayern Innovativ als Projektträger des Bayerischen Energie-Forums und des Clusters Neue Werkstoffe organisiert. Im Rahmen der Veranstaltung wurden die vielfältigen Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz in Alt- und Neubauten aufgezeigt. Unter anderem kann dies durch den Einsatz neuer Materialien sowie die Integration innovativer Tageslichtsysteme oder ein dezentrales, kontrolliertes Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung erreicht werden. Weitere wichtige innovative Lösungsansätze sind adaptive und aktive Fassaden. Viele Teilnehmer nutzten die Möglichkeit, das Forschungs- und Demonstrationsgebäude Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg zu besichtigen.

**PROF. DR. CHRISTOPH J. BRABEC UNTER DEN WELTBESTEN MATERIALFORSCHERN**

Der Vorstandsvorsitzende des ZAE, Prof. Dr. C. J. Brabec, gehört nach wie vor zu den meistzitierten Forschern seines Faches. Auch nach dem aktuellen Ranking des Infor-

award (Designer of the Energy Revolution 2014) on 27<sup>th</sup> November 2014. It was accepted by Dr. H.-P. Ebert, head of the Energy Efficiency division of ZAE.

**CO-OPERATION FORUM ON ENERGY EFFICIENT BUILDING ENVELOPES (KOOPERATIONSFORUM ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDEHÜLLEN)**

On 4<sup>th</sup> December 2014 the Forum “Energieeffiziente Gebäudehüllen” (Energy Efficient Building Envelopes) was organised by ZAE Bayern in Würzburg in cooperation with Bayern Innovativ as project initiator of the Bavarian Energy Forum and the Cluster Neue Werkstoffe (New Materials). Various possibilities to increase energy efficiency in both old and new buildings were shown at the event. This can be achieved - amongst other things - with heat recovery, the use of new materials and the integration of innovative daylighting systems or a decentralised controlled ventilation system. Further important innovative approaches are adaptive and active facades. Many participants took the opportunity to visit the research and demonstration building Energy Efficiency Center of ZAE Bayern in Würzburg.

**PROF. DR. C. J. BRABEC AMONG THE WORLD’S BEST MATERIAL RESEARCHERS**

ZAE Bayern’s chairman of the board, Prof. Dr. C. J. Brabec, is still one of the most quoted researchers in his field. According to the news agency Thomson Reuters’ current ranking, he was able to position himself in the field of material science’s top group. In the 2014 ranking this group includes a worldwide total of 147

researchers. It was based on citations from the years 2002 to 2012.

**I-MEET MEETS ZAE**

Unter dem Titel „2nd Joint i-MEET – ZAE Day“ trafen sich am 15. Dezember 2014 rund 110 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des i-MEET (Lehrstuhl für Werkstoffe der Elektronik und Energietechnologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) und des ZAE Bayern, um gemeinsam über die angewandte Energieforschung und die Entwicklung erneuerbarer Energie zu diskutieren. Diese Veranstaltung wurde mit dem Ziel ins Leben gerufen, die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen dieser Institutionen über die aktuellen Forschungsvorhaben zu informieren und Synergien zwischen den Forschern zu fördern.

**M. RIEPL WIRD IN DEN VORSTAND DES GREEN CHILLER VERBANDS FÜR SORPTIONSKÄLTE GEWÄHLT, M. REUSS ERHÄLT EHRENPLAKETTE DES VDI**

M. Riepl, Leiter der Arbeitsgruppe Wärmetransformation des ZAE Bayern, wurde am 10. Dezember 2014 in den Vorstand des Green Chiller Verbands für Sorptionskälte e. V. gewählt und wird hier für die kommenden zwei Jahre das Amt des Schatzmeisters ausüben. Ferner wurde M. Reuß, Leiter der Arbeitsgruppe Solarthermie und Geothermie des ZAE Bayern, für seine herausragenden Leistungen bei der ehrenamtlichen Gemeinschaftsarbeit im VDI mit der Ehrenplakette des VDI ausgezeichnet.

researchers. It was based on citations from the years 2002 to 2012.

**I-MEET MEETS ZAE**

Under the banner of the “2nd Joint i-Meet – ZAE Day” about 110 employees of i-Meet (the Department of Materials in Electronics and Energy Technology at Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) and ZAE Bayern met on 15<sup>th</sup> December 2014 to discuss applied energy research and the development of renewable energy. The event wanted to update the two institutions’ employees about current research projects and to promote synergies between them.

**M. RIEPL ELECTED MEMBER OF THE BOARD OF GREEN CHILLER ASSOCIATION FOR SORPTION COOLING, M. REUSS RECEIVES VDI HONORARY MEDAL**

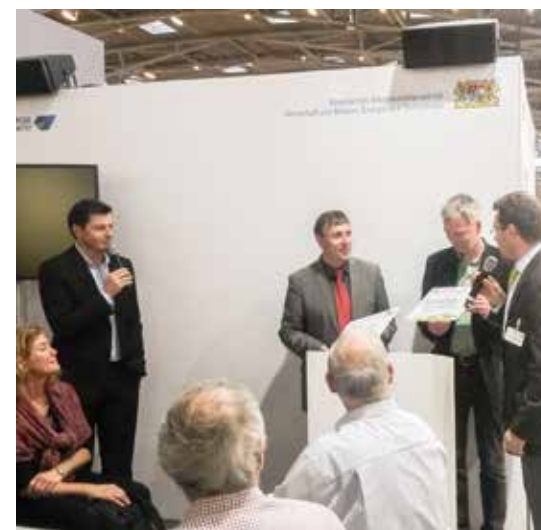
M. Riepl, head of ZAE Bayern’s Heat Conversion (HCV) group, was elected board member of the Green Chiller Association for Sorption Cooling and will be occupying the association’s treasurer’s office for the next two years. Also, M. Reuß, head of the Solar Thermal and Geothermal (SGT) group, was awarded the VDI honorary medal for his outstanding contributions to the VDI’s voluntary cooperation programme.

Abb. 21: Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des i-MEET und des ZAE Bayern am Energie Campus Nürnberg im Rahmen der Veranstaltung „2nd Joint i-MEET – ZAE Day“ (Quelle und © i-MEET)

Fig. 21: Employees of i-Meet and ZAE Bayern at Energie Campus Nürnberg during the “2nd Joint i-Meet – ZAE Day” (source and © i-MEET)

Abb. 20: (v. l. n. r.) M. Sauber, Bayerischer Rundfunk, Dr. H.-P. Ebert, Bereichsleiter Energieeffizienz ZAE Bayern, A. Scharli, EWO Kompetenzzentrum Energie e. V., Dr. J. Hochhuber, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, bei der Preisübergabe „Gestalter der Energiewende 2014“ auf der Heim + Handwerk in München © ergo Unternehmenskommunikation GmbH & Co. KG

Fig. 20: (f. l. t. r.) M. Sauber, Bayerischer Rundfunk (bavarian broadcasting), Dr. H.-P. Ebert, head of Energy Efficiency division of ZAE, A. Scharli, EWO Kompetenzzentrum Energie e. V., Dr. J. Hochhuber of the Bavarian State Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology during the awards ceremony “Gestalter der Energiewende 2014” (Designer of the Energy Revolution 2014) on the trade fair Heim + Handwerk in Munich © ergo Unternehmenskommunikation GmbH & Co. KG





## 1.7 BEI UNS ZU GAST 2014 OFFICIAL VISITORS IN 2014

### BESUCHER IN GARCHING

- Dr. R. Tryfonidou, Referentin für Energieforschung und Projektförderung, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (31.01.2014)
- Delegation der Republik Korea (03.12.2014)
- Ltd. MR Dr.-Ing. F. Messerer und H. Ulber, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (11.12.2014)

### BESUCHER IN WÜRZBURG

- Teilnehmer des Wettbewerbs „Jugend forscht“, Regionalwettbewerb Unterfranken 2014 (21.02.2014)
- Vizekanzler S. Gabriel (03.03.2014)
- Vertreter des Advanced Scientific Technology & Management Research Institute of Kyoto (ASTEM), Japan (13.03.2014)

### VISITORS TO GARCHING

- Dr. R. Tryfonidou, specialist for energy research and project funding at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi)(31/01/2014)
- Delegation from South Korea (03/12/2014)
- Ltd. MR Dr.-Ing. F. Messerer and H. Ulber from the Bavarian State Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology (11/12/2014)

### VISITORS TO WÜRZBURG

- Participants of the competition “Jugend forscht” (young scientists competition), regional competition of Lower Franconia 2014 (21/02/2014)
- German Vice Chancellor S. Gabriel (03/03/2014)
- Representatives of the Advanced Scientific Technology & Management Research Institute of Kyoto (AST-EM), Japan (13/03/2014)



Abb. 1: Dr. H.-P. Ebert (1. v. r.), Bereichsleiter ZAE Bayern, mit den Bayerischen EU-Koordinatoren vor dem Energy Efficiency Center in Würzburg  
Fig. 1: Dr. H.-P. Ebert (right), head of division of ZAE Bayern in Würzburg and the Bavarian EU coordinators in front of the Energy Efficiency Center in Würzburg



Abb. 2: (v. l. n. r.): Prof. Dr. H. Spliethoff, Vorstand, E. Lävemann, stellvertretender Bereichsleiter, Dr. A. Hauer, Bereichsleiter (alle ZAE Bayern), Prof. Dr.-Ing. U. Wagner, Vorstand DLR, Ltd. MR Dr.-Ing. F. Messerer und H. Ulber (beide Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie) bei der Besichtigung des Bereichs Energiespeicherung in Garching.  
Fig. 2: (f. l. t. r.) Prof. Dr. H. Spliethoff, member of the board, E. Lävemann, deputy head of division, Dr. A. Hauer, head of division (all of ZAE Bayern), Prof. Dr.-Ing. U. Wagner, member of the board of DLR, Ltd. MR Dr.-Ing. F. Messerer and H. Ulber (both of the Bavarian State Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology) during a visit at the Energy Storage division in Garching

Abb. 3: Internationale Alumni der Universität Würzburg bei der Führung durch das Energy Efficiency Center in Würzburg  
Fig. 3: International alumni of the University of Würzburg during a guided tour at the Energy Efficiency Center of ZAE Bayern in Würzburg



Abb. 4: (v. l. n. r.): Dr. A. Hauer, Bereichsleiter, E. Lävemann, stellvertretender Bereichsleiter (beide ZAE Bayern) und Dr. R. Tryfonidou, Referentin für Energieforschung und Projektförderung im BMWi  
Fig. 4: (f. l. t. r.) Dr. A. Hauer, ZAE head of division, his deputy E. Lävemann, and Dr. R. Tryfoniou from BMWi



- Mitglieder des Bundes Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e. V. (14.03.2014)
- Studenten der Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim, Holzminden, Göttingen (HAWK), Fachrichtung Green Building – Energieeffizienz, Gebäudetechnik, Mensch & Umwelt (05.05.2014)
- Mitglieder des französischen Senats und der französischen Nationalversammlung, sowie des Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) (14.05.2014)
- S. Peter, Bundesvorsitzende der Partei Bündnis90/Die Grünen (21.05.2014)
- Abordnung des Technology Center Oy Merinova AB, Finnland (03.06.2014)
- Delegation der Bayerischen EU-Koordinatoren (06.06.2014)
- Dozenten und Studenten des Fachbereichs Bauphysik der Hochschule für Technik Stuttgart (18.06.2014)
- Mitglieder des internationalen Alumni-Netzwerks, Universität Würzburg (08.07.2014)
- Vertreter der Stadtregierung Moskaus (12.09.2014)
- Staatssekretär F. J. Pschierer (16.10.2014)
- Führungskräfte Bayerischer Ministerien und Dr. P. Beinhofer, Regierungspräsident von Unterfranken (13.11.2014)
- Studenten der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Strategisches Innovationsmanagement (10.11.2014)
- Association of Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e. V. (Association of German Master Builders, Architects and Engineers) (14/03/2014)
- Students of the University of Applied Science and Arts Hildesheim, Holzminden, Göttingen (HAWK), field of study Green Building - energy efficiency, building technology, human & environment (05/05/2014)
- Members of the French Senate, the French National Assembly and the Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) (14/5/2014)
- S. Peter, federal chairman of Bündnis90/Die Grünen (The Greens) (21/05/2014)
- Delegation of the Technology Center Oy Merinova AB, Finland (03/06/2014)
- Delegation of the Bavarian EU coordinators (06/06/2014)
- Lecturers and students of the faculty of building physics at Stuttgart University of Applied Sciences (18/06/2014)
- Members of the international alumni network of the University of Würzburg (08/07/2014)
- Representatives of the municipal government of Moscow (12/09/2014)
- State Secretary F. J. Pschierer (16/10/2014)
- Managers of Bavarian ministries and Dr. P. Beinhofer, district president of Lower Franconia (13/11/2014)
- Students of the University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt, faculty economics, strategic innovation management (10/11/2014)

**BESUCHER IN ERLANGEN**

- A. König, MdL, und Dr. H. Fichtner, Oberbürgermeister der Stadt Hof (24.03.2014)
- Studenten des Imperial College London (21. - 22.05.2014)
- M. Ganserer, MdL, S. Lender-Cassens, Bürgermeisterin der Stadt Erlangen, Dr. B. Marenbach, Stadträtin Erlangen und B. Raab (07.07.2014)
- MDR Film-Crew für die Sendung „Dein Traumjob“ (14. - 15.07.2014)

**BESUCHER IN HOF**

- Staatsministerin I. Aigner (04.04.2014)
- S. Göcking, Bürgermeister der Stadt Arzberg, zur Eröffnung des Testgeländes „Smart Grid Solar“ in Arzberg (15.10.2014)

**BESUCHER IN NÜRNBERG**

- Staatsministerin I. Aigner am Energie Campus Nürnberg (EnCN) beim ZAE-Projekt „Solarfabrik der Zukunft“ (17.10.2014)
- Staatsminister M. Söder am Energie Campus Nürnberg (EnCN) beim ZAE-Projekt „Solarfabrik der Zukunft“ (22.10.2014)

**VISITORS TO ERLANGEN**

- A. König, MdL (member of the Bavarian Parliament) and Dr. H. Fichtner, Lord Mayor of the city of Hof (24/03/2014)
- Students of the Imperial College London (21 - 22/05/2014)
- M. Ganserer, MdL (member of the Bavarian Parliament), S. Lender-Cassens, Mayor of the city of Erlangen, Dr. B. Marenbach, councillor of Erlangen, and B. Raab (07/07/2014)
- Film crew of MDR for the documentary “Dein Traumjob” (The job of your dreams) (14 - 15/07/2014)

**VISITORS TO HOF**

- State Minister I. Aigner (04/04/2014)
- S. Göcking, Mayor of the city of Arzberg for the opening of the testing ground “Smart Grid Solar” in Arzberg (15/10/2014)

**VISITORS TO NUREMBERG**

- State Minister I. Aigner at Energie Campus Nürnberg (EnCN) at the ZAE project “Solarfabrik der Zukunft” (the solar factory of the future) (17/10/2014)
- State Minister M. Söder at Energie Campus Nürnberg (EnCN) at the ZAE project “Solarfabrik der Zukunft” (the solar factory of the future) (22/10/2014)



---

Angewandte IR-Metrologie  
Applied IR Metrology

---

Energieoptimierte Gebäude  
Energy-Optimised Buildings

---

Nanomaterialien  
Nanomaterials

---

Organische PV und Elektronik  
Organic PV and Electronics

---

Thermische Analyse  
Thermal Analysis

---

Solarfabrik der Zukunft  
Solar Fab of the Future

---

PV-Systeme  
PV Systems

---

Bildgebende Verfahren und Thermosensorik  
Imaging and Thermosensorics

---

Smart Grids  
Smart Grids

---

Systementwicklung  
Systems Engineering

---

Solarthermie und Geothermie  
Solar Thermal and Geothermal

---

Thermische Energiespeicher  
Thermal Energy Storage

---

Elektrochemische Energiespeicher  
Electrochemical Energy Storage

---

Wärmetransformation  
Heat Conversion

## 2.0 FORSCHUNG AM ZAE BAYERN RESEARCH AT ZAE BAYERN



## 2.0 FORSCHUNG AM ZAE BAYERN RESEARCH AT ZAE BAYERN

Unser Energiesystem stellt in seiner Gesamtheit eine komplexe Struktur mit unterschiedlich stark vernetzten Komponenten bezüglich Energiebereitstellung, -speicherung, -transport und -verwendung dar. Die Forschungsstärke des ZAE Bayern liegt insbesondere in den interdisziplinär und bereichsübergreifend vernetzten Arbeitsgruppen, welche die Forschung von den Grundlagen bis hin zur Anwendung konsequent betreiben. Diese ungewöhnliche Breite resultiert aus der traditionellen Kooperation mit den benachbarten Hochschulen einerseits, sowie aus der industrienahe Forschung andererseits. 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 zeichnen sich durch eine hohe gesellschaftliche Relevanz insbesondere in Hinblick auf die anstehende Energiewende aus. Dabei sind Erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Energiespeicherung unabdingbar für eine erfolgreiche „Wende“, was sich auch in den Bereichsbezeichnungen des ZAE Bayern widerspiegelt.

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

Forschungskreativität und -qualität äußern sich auf vielfältige Weise. Beispielsweise beweist ein Landesinstitut wie das ZAE Bayern durch einen traditionell hohen Anteil an eingeworbenen Drittmitteln seine Forschungsstärke. Anwendungsorientierte Forschung äußert sich z. B. durch Patentschriften. Die internationale Sichtbarkeit eines Forschungsinstituts sowie seine wissenschaftliche Innovationskraft werden jedoch meist anhand wissenschaftlicher Publikationen in internationalen Fachzeitschriften bewertet. Die statistische Analyse, z. B. durch Web of Science, belegt, dass das ZAE Bayern in seiner Kategorie anwendungsorientierter Institute eine Spitzenstellung innehat. Eine Übersicht der Veröffentlichungen in begutachteten Fachzeitschriften sowie die

The energy system, seen as an entity, is a complex structure with components which exhibit different levels of interlinkage in terms of production, storage, transport, and use of energy. The reason for ZAE Bayern's strength in research lies particularly in its research groups who have an interdisciplinary approach and network with other ZAE groups, which systematically cover all stages of research from the basics to practical application. This unusually wide range results from the long-running cooperation with adjacent universities on the one hand, as well as joint research with industrial partners on the other. We perform basic research projects (funding a. o. by DFG, EU, BMBF) as well as demonstration projects (funding a. o. by BMWi, EU, BayStMWi, and industry partners). ZAE Bayern's core issues carry high social significance, especially with regard to the pending change in energy policy. The fields of Renewable Energies, Energy Efficiency, and Energy Storage are crucial factors for making this "change" a successful one. This too reflects in ZAE Bayern's division names.

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

Creativity and quality of research find diverse manifestations. A state institute like ZAE Bayern, for example, proves its strength in research through the acquisition of a traditionally large amount of third party funds. Patents are an indicator of application-oriented work. However, 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 as well as active participation of our employees in international and national conferences through talks and scientific posters. Our involvement in the international scientific community is completed

by active participation of employees in international and national conferences in form of presentations and scientific posters in the past year (see Chapter 3). The work in expert committees (z. B. Internationale Energieagentur IEA, DIN-Ausschüsse, nationale Experten-Arbeitskreise) rounds off the scientific exchange with the international research community. In the broader public, science and research are often perceived as very abstract. To meet this, the following chapter gives an overview of ZAE Bayern's current research activity.

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 counter measure, the following chapter gives an overview of ZAE Bayern's current research activity.



## 2.1

**η-FABRIK: DIE ENERGIEEFFIZIENTE  
MODELLFABRIK DER ZUKUNFT****η-FACTORY: THE ENERGY EFFICIENT  
MODEL FACTORY OF THE FUTURE****Ansprechpartner | Contact**

**Dipl.-Ing. Robert Kunde**  
Projektleiter,  
Systementwicklung  
Project Manager,  
Systems Engineering

**Bereich | Division**

Energiespeicherung  
Energy Storage

+49 89 329442-27  
robert.kunde@zae-bayern.de

**Fördermittelgeber | Funding**

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie  
(FKZ 03ET1145F)

**Kooperationspartner | Partners**

TU Darmstadt  
Universität Stuttgart  
Stiftung Institut für  
Werkstofftechnik IWT  
Bosch Rexroth AG  
EMAG Salach Maschinenfabrik  
GmbH  
IVA Industrieöfen GmbH  
MAFAC – Ernst Schwarz GmbH  
& Co. KG Maschinenfabrik  
und derzeit etwa 30 weitere  
Industriepartner

Das ZAE Bayern bearbeitet unter Federführung des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt gemeinsam mit über 35 Partnern das Forschungs- und Demonstrationsprojekt „Energieeffiziente Fabrik für interdisziplinäre Technologie- und Anwendungsforschung (η-Fabrik)“. Der im technischen Sprachgebrauch für den Wirkungsgrad verwendete griechische Buchstabe η (ETA) steht dabei auch für Energieeffizienz-, Technologie- und Anwendungsforschung.

Für das Forschungsprojekt wird am Campus Lichtwiese der TU Darmstadt eine Modellfabrik gebaut. In dieser sollen für die Metallbearbeitung repräsentative Produktionsanlagen unter Energieeffizienzaspekten analysiert und optimiert werden. Als Referenz dient die Prozesskette zur Herstellung eines Bauteils des Industriepartners Bosch Rexroth AG. Bei den Produktionsanlagen handelt es sich um ein Dreh-Schleifzentrum, zwei alternative Reinigungsanlagen und einen Gasnitrierofen zur Wärmebehandlung.

Ziel ist es, zusätzlich zur energetischen Verbesserung der einzelnen Produktionsanlagen auch deren energetische Vernetzung zu ermöglichen, um beispielsweise unvermeidbare Abwärme anderen Prozessen mit Wärmebedarf zuzuführen oder durch eine thermisch angetriebene Kältemaschine Abwärme in Nutzkälte zu transformieren. In diesem Zusammenhang werden neben den Produktionsanlagen auch die Maschinenperipherie, die Haustechnik, das Fabrikgebäude und deren Interaktion in die Betrachtung einbezogen. Dieser Projektteil wird inhaltlich vom ZAE Bayern geleitet und koordiniert. Dazu wurde ein detaillierter Hydraulikschaltplan zur thermischen Vernetzung der Produktionsanlagen, der technischen Gebäudeausrüstung (Gebäudeheizung und -kühlung) und des Gebäudes selbst unter Einbeziehung thermischer Energiespeicher entworfen (Abb. 1).

Als Leitgedanke steht der Satz „Wir nehmen jede Abwärme, die anfällt, und machen daraus so viel Nutzenergie, wie wir können“ hinter dem Gesamtkonzept. Dieses beinhaltet im Wesentlichen drei thermohydraulische Netze, die als drei „große“ Verteiler alle Wärme- (und Kälte-) erzeuger und -verbraucher auf den jeweiligen Temperaturniveaus (heiß: 95-60°C, warm: 45-30°C, kalt: 20-10°C) verbinden. Da Erzeuger und Verbraucher in einer Fabrik an beliebigen Orten installiert sein können, weist das Fluid in den Netzen keine feste Strömungsrichtung auf. In jedes Netz ist auch ein thermischer Speicher ein-

Under the aegis of the Institute of Production Management, Technology and Machine Tools (PTW) at TU Darmstadt and in cooperation with more than 35 other partners, ZAE Bayern is working on a research and demonstration project named “Energy Efficient Factory for Interdisciplinary Technology and Application Research (η-factory)“. In technical terminology the Greek letter η (ETA) is the common shorthand for efficiency. In the project it also symbolises research in the fields of energy efficiency, technology, and application.

For the project a model factory will be built at the TU Darmstadt's Campus Lichtwiese. In this factory production facilities commonly used in metalworking are to be analysed and optimised in terms of energy efficiency. As a reference, a process chain for the manufacture of a component used by the project participant Bosch Rexroth AG was applied. The machines used in this chain are a lathing and grinding complex, two parts cleaning plants, and a gas nitriding furnace for heat treatment.

Apart from energetic improvement of these individual components, the project also aims to facilitate their energetic interlinkage so that, for example, unavoidable waste heat can be rerouted into processes which require heat or used for cooling utilising a thermally driven absorption chiller. In this context, aside from the production facilities, the research also focuses on machine periphery, building services, the building itself, and the interaction of all these. This part of the project is conducted and coordinated by ZAE Bayern. For it, we designed a detailed scheme for a hydraulic network which links the machinery, building services (i. e. heating and cooling), and the building itself while also taking thermal storages into account (Fig. 1).

The central idea of our enterprise is: “Collect all the available waste heat and reuse as much of it as possible.“ This idea mainly manifests in 3 thermo-hydraulic networks acting as main nodes connecting all the sources and consumers of heat and cold on three different temperature levels (hot: 95-60°C, warm: 45-30°C, and cold: 20-10°C). Since the sources and consumers tend to be distributed rather arbitrarily in factories, the fluid has no fixed direction of flow within the networks. A thermal storage is incorporated into each of them to account for over-time fluctuations in heat and cold production and demand, and to compensate peak loads. The incorporation of the thermally active outer shell of

gebunden, um zeitliche Unterschiede zwischen Wärme- oder Kältebedarf und entsprechender Erzeugung auszugleichen und Lastspitzen zu glätten. Eine besondere Herausforderung stellt die Einbindung der thermisch aktivierten Gebäudeaußenhülle dar, die je nach Umgebungsbedingungen als Wärme- oder Kälteerzeuger bzw. auch als Abwärmeverbraucher eingesetzt werden soll.

Am ZAE Bayern wird das Verhalten dieses thermohydraulischen Netzes unter thermodynamischen Aspekten zur Auslegung der Netze und aus energetischer Sicht mithilfe der Modellbeschreibungssprache Modelica in der Simulationsumgebung Dymola untersucht. Weiterhin unterstützt das ZAE Bayern im Rahmen des Projektes die Firma MAFAC – Ernst Schwarz GmbH & Co. KG Maschinenfabrik bei der Entwicklung einer energieoptimierten Bauteilreinigungsmaschine.

the building, which is supposed to act as a source or consumer of heat or cold depending on the current ambient conditions, is an especially challenging task.

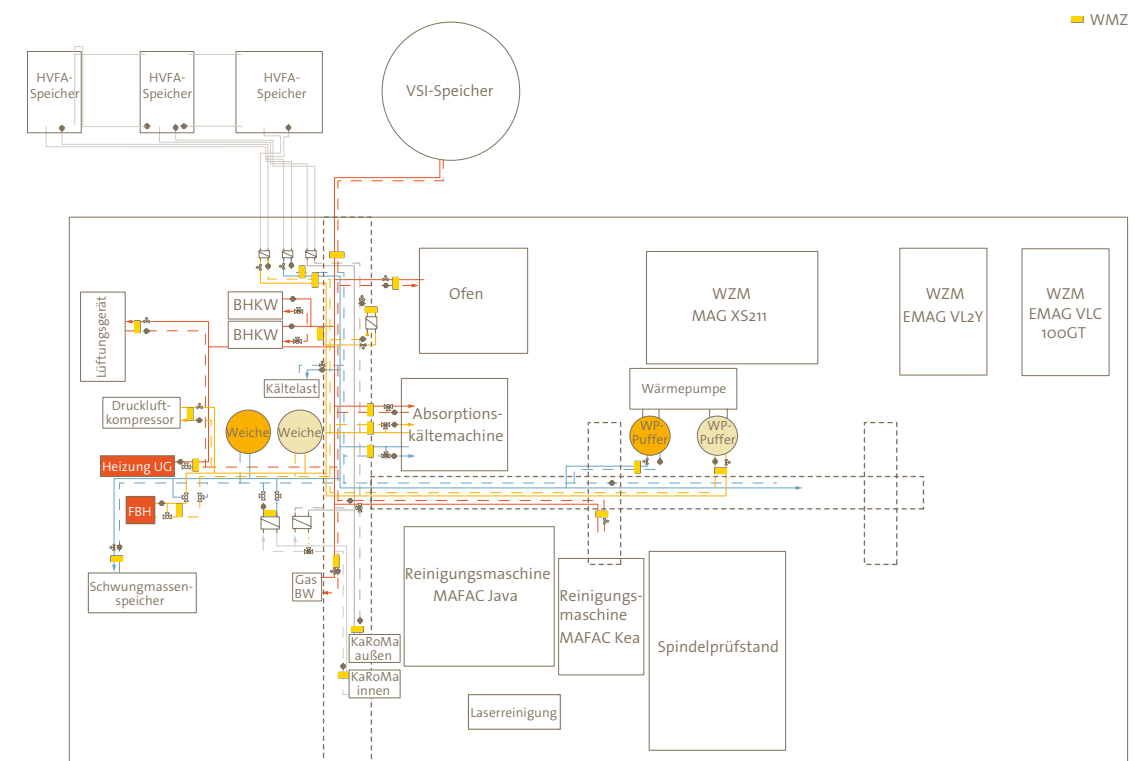
The network's thermodynamic and energetic properties are examined using the simulation language Modelica and the simulation environment Dymola. In another subproject, ZAE Bayern is working on the development of an energetically optimised machine for parts cleaning together with MAFAC – Ernst Schwarz GmbH & Co. KG Maschinenfabrik.

**Autor | Author**

R. Kunde

**Abb. 1: Prinzipskizze der thermohydraulischen Vernetzung der Produktionsanlagen, der technischen Gebäudeausrüstung und des Fabrikgebäudes der η-Fabrik**

Fig. 1: Schematic of the thermo-hydraulic network energetically linking production machinery, building services (heating and cooling), and the η-factory building





## 2.2 ENERGETISCHE OPTIMIERUNG VON GIESSEREIEN DURCH ABWÄRMENUTZUNG ENERGETIC OPTIMISATION OF FOUNDRIES THROUGH USE OF WASTE HEAT

### Ansprechpartner | Contact

**Dipl.-Ing. Richard Gurtner**  
Projektleiter,  
Wärmetransformation  
Project Manager,  
Heat Conversion

### Bereich | Division

Energiespeicherung  
Energy Storage

+49 89 329442-14  
richard.gurtner@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie  
(FKZ 03ESP370B)

### Kooperationspartner | Partners

Gießerei Heunisch GmbH  
Küttner GmbH & Co. KG

In energieintensiven Industrien (z. B. Gießereiwesen, Zementindustrie etc.) kann durch die Nutzung von Abwärme, z. B. als Prozess- oder Heizwärme, der Energieeinsatz erheblich gesenkt und somit der Verbrauch an Primärenergie und der damit verbundene Ausstoß von Treibhausgasen reduziert werden. Hierbei stellt insbesondere die Nutzung von diskontinuierlicher Abwärme durch Speicherung ein bereits häufig diskutiertes und theoretisch betrachtetes Feld dar, in dem es jedoch bisher nur sehr vereinzelt zu industriellen Anwendungen gekommen ist. Hauptgrund hierfür sind die hohen Investitionskosten verfügbarer Speichertechnologien. Ein weiterer Grund sind die vergleichsweise geringen Energiekosten für Gas und Strom im Bereich der energieintensiven Industrie. Kommt hierzu eine niedrige Zyklenzahl von Be- und Entladung des Speichers, ist ein wirtschaftlicher Betrieb kaum zu erreichen. Die Entwicklung günstiger Speicher, die Erschließung möglichst vieler Abwärmequellen sowie die Identifikation potenzieller Wärmeabnehmer und deren intelligente Verknüpfung durch ein Energiesystem sind daher Grundvoraussetzungen für eine wirtschaftliche Abwärmenutzung durch Speicherung.

Im Rahmen eines Verbundprojektes zwischen der Gießerei Heunisch GmbH, dem ZAE Bayern und der Firma Küttner GmbH & Co. KG als Anlagenbauer im Gießereiwesen soll ein Energiespeichersystem zur Nutzung diskontinuierlicher industrieller Abwärme entwickelt und im Rahmen einer Demonstratoranlage erprobt werden. Das Energiespeichersystem soll die Abwärme des Schmelzofens der Gießerei Heunisch GmbH (Kupolofen) speichern, um diese während der Stillstandzeiten des Ofens weiter für die Bereitstellung von Prozess-/Heizwärme und Prozesskälte nutzen zu können. Erreicht werden soll dies durch den Einsatz innovativer Technologien im Bereich der Wärmespeicherung (bis 300°C) und Wärmetransformation sowie deren effiziente Verknüpfung mit den Wärmesenken und -quellen.

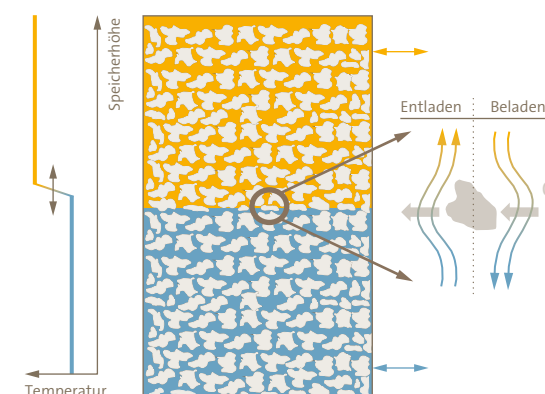
Hierzu bedarf es zunächst der Entwicklung eines geeigneten Speichers in Bezug auf Leistung, Kapazität, Temperatur, Zyklfestigkeit und kostengünstiger Verfügbarkeit. Darüber hinaus ist die Entwicklung einer angepassten Absorptionswärmepumpe zur Wärmetransformation (Bereitstellung von Prozesskälte/-wärme) notwendig. Die systemtechnische Verschaltung und Steuerung des Energiesystems zur effizienten Verknüpfung der Wärmesenken und -quellen für eine optimale Nutzung der Abwärme ist ebenfalls Gegenstand der Entwicklungsarbeit.

In energy-intensive industries (e. g. foundry industry, cement industry, etc.) the utilisation of waste heat as, among others, process or thermal heat energy can help to drastically reduce primary energy consumption and, consequently, greenhouse gas emissions. Especially the preservation of discontinuous waste heat via thermal energy storage has been the subject of frequent discussion and theoretical investigation, while having only few practical, industrial applications. The prime cause for this scarceness is the high cost of investment for available storage technologies and also the comparably low prices for gas and electricity available to energy-intensive industries. In combination with a possibly small number of charging and discharging cycles profitability is hardly achievable. Therefore, the development of cost-effective storages, the detection of the highest possible number of waste heat sources, and the identification and linkage of potential heat customers within an intelligent energy grid are crucial prerequisites for the economic use of waste heat in thermal energy storages.

The aim of this collaboration between Giesserei Heunisch GmbH, ZAE Bayern and Küttner GmbH & Co. KG, who specialise in foundry plant construction, is the development and testing of a pilot plant for discontinuous waste heat recovery. The system is supposed to store the waste heat emitted by a furnace operated at the Giesserei Heunisch GmbH and allow the use of said heat for process/space heating and process cooling during furnace downtimes. This goal will be achieved through the application of innovative tech-

Abb. 1: Funktionsprinzip eines Feststoffspeichers

Fig. 1: Operating principle of a dual medium thermal energy storage



Die Entwicklung des sensiblen Wärmespeichers für den Einsatz bis 300°C beinhaltet Materialuntersuchungen und Laborversuche mit Zweistoffspeichern (Feststoffschüttungen in Direktkontakt mit Thermoöl, Abb. 3). Diese bieten im Vergleich zu verfügbaren Speichertechniken (z. B. Druckwasserspeicher, Thermoölspeicher) ein großes Kosteneinsparpotenzial durch die Verwendung einer kostengünstigen Feststoffschüttung als Speichermedium bei gleichzeitig drucklosem Betrieb. Nach Abschluss der Entwicklungsarbeit soll bei der Gießerei Heunisch GmbH am Standort Bad Windsheim dieses innovative Energiespeichersystem im Rahmen einer Demonstratoranlage installiert sowie in einer anschließenden Erprobungsphase unter realistischen Bedingungen betrieben und erforscht werden. Ziel ist es, die Umsetzbarkeit eines solchen Energiespeichersystems zu demonstrieren und dessen ökonomische und ökologische Vorteile aufzuzeigen.

nologies from the fields of heat storage (up to 300°C) and heat transformation as well as efficient linkage of these with heat sinks and sources.

Firstly, this calls for the development of a thermal energy storage suited to the requirements in performance, capacity, temperature, cycle-stability, and cost-effective availability. A further necessity is the development of an absorption heat pump (for delivering process cooling/heating) specifically adapted to the application. Also, the technical interconnection and control of the system, aiming at efficient linkage of heat sinks and sources as well as optimal waste heat recovery, is a crucial part of the development process.

The development of a sensitive thermal energy storage for temperatures up to 300°C includes material testing of, and laboratory experimenting with dual medium storages (solid filler material in direct contact with heat transfer oil, Fig. 3). Compared to pre-existing storage technologies (e. g. pressurised water or thermal oil storage) these pressureless solutions offer considerable benefits in terms of manufacturing cost by using inexpensive materials (e. g. rocks) for a solid storage medium. Once the development has been finished, this innovative energy storage will be installed at the Giesserei Heunisch GmbH in Bad Windsheim in the form of a pilot plant. It will be run and monitored under working conditions during a following test phase. Our goal is to demonstrate the feasibility and the economical as well as environmental advantages of such a system.

### Autor | Author

R. Gurtner

Abb. 2: Vor Ort bei der Gießerei Heunisch GmbH

Fig. 2: On site at the Giesserei Heunisch GmbH



Abb. 3: Proben geeigneter Feststoffschüttungen

Fig. 3: Samples of solid filler materials



## 2.3 NEUE STEUER- UND REGELUNGSKONZEPTE FÜR DAS ENERGY EFFICIENCY CENTER NEW CONTROL CONCEPTS FOR THE ENERGY EFFICIENCY CENTER

### Sponsoren | Sponsor

Assmann Büromöbel GmbH & Co. KG  
BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH  
Bürgerstiftung Würzburg und Umgebung  
Cabot Aerogel  
Dörken GmbH & Co. KG  
DuPont de Nemours S. à r. l. edlundsepp  
Gestaltungsgesellschaft mbH  
EEV Küchen GmbH  
Ehrenfels Isoliertüren GmbH  
Energy Glas GmbH  
Hightex GmbH  
Knauf Gips KG  
Lindner AG  
Maincor AG  
Okalux GmbH  
Porextherm Dämmstoffe GmbH  
Roto Frank Bauelemente GmbH  
Rubitherm Technologies GmbH  
Saint-Gobain Performance Plastics Cologne GmbH  
SGL Carbon SE  
Siemens Schweiz AG  
Siemens AG Building Technologies Division  
Siteco Beleuchtungstechnik GmbH  
Sparkassenstiftung für die Stadt Würzburg  
Team Weber GmbH  
Uhlmann & Zacher GmbH  
Uponor GmbH  
va-Q-tec AG  
Versaidag-Indutex GmbH  
Waldner Holding GmbH & Co. KG  
Walter Sticking GmbH  
Warema Renkhoff SE

Das ZAE Bayern hat ein hochinnovatives Forschungs-, Entwicklungs-, Demonstrations- und Informationszentrum – das Energy Efficiency Center (EEC) – in Würzburg errichtet, das eine Vielzahl von neuen Energieeffizienztechnologien bündelt und demonstriert. Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes „Forschung für Energieoptimiertes Bauen (EnOB)“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sowie durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert und von zahlreichen Partnern unterstützt. Das Gebäude wurde 2013 bezogen.

Im Jahr 2014 startete das Projekt „Betrieboptimierung, Monitoring, Entwicklung von interdisziplinären Steuerungs- und Regelungskonzepten am Energy Efficiency Center (MoniResearch)“. Kurzfristiges Ziel dieses Projekts ist der Start des Intensivmonitorings in enger Abstimmung mit dem EnOB-Begleitforschungsteam (Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE). Mittelfristige Ziele sind die Durchführung eines Langzeitmonitorings und die Entwicklung von Steuerungs- und Regelungsstrategien für einen energetischen und wirtschaftlichen Optimalbetrieb. Der Abschluss und die Auswertung der Monitoringphase, eine weitere Fortsetzung des Monitorings sowie die Optimierung des Wissenstransfers sind langfristige Ziele des Projekts.

Das EEC wurde während der Bauphase bereits mit umfangreichen Monitoringkomponenten sowie einem High-Level-Controller ausgestattet. Dieser erlaubt, ein überdurchschnittlich komplexes Monitoring durchzuführen sowie experimentell aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen zur Funktionsweise von innovativen Komponenten und Systemen sowie Wechselwirkungen von Gebäudekomponenten zu untersuchen. Damit ist nach erfolgreicher Inbetriebnahme gewährleistet, dass Entwicklungen in ihrer Wechselwirkung ausreichend erfasst, Optimierungszyklen verkürzt und daraus abzuleitende Innovationspotenziale frühzeitig erkannt und genutzt werden. Damit verbunden können Steuerungs- und Regelungsstrategien für die Gebäudeautomation entwickelt werden. Beispielsweise wird eine präemptive Steuerung erarbeitet, die auf Basis einer 3-Tage-Wetterprognose sowie typischer Lastprofile die im EEC eingesetzten innovativen Speichertechniken, wie die PCM-Komponenten im Wand- und Deckenbereich, die Löschwassertanks mit regenerativer Kältebereitstellung (PINC) sowie die Absorptionskälteanlage mit Solespeicher optimal abgestimmt betreibt.

ZAE Bayern has established a highly innovative site for research, development, and demonstration (Energy Efficiency Center, EEC) in Würzburg, where a large number of novel energy efficient technologies are collected and demonstrated. Within the framework of the initiative “Research for Energy-Optimised Construction (EnOB)”, the project was funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, the Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology as well as a number of other partners. The building was taken into service in 2013.

In 2014 the project “Optimisation of Operations, Monitoring and Development of Interdisciplinary Control Concepts at the Energy Efficiency Center (MoniResearch)” was launched. The project’s short-term goal is to start intensive monitoring in close coordination with the EnOB research team (Karlsruhe Institute of Technology (KIT) and Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE). Medium-term goals are the execution of long-term monitoring and the development of control and regulation strategies for energetic and economic optimum operation. Finally, long-term goals are conclusion and evaluation of the monitoring phase, further monitoring, as well as optimising our means of knowledge transfer.

During its construction the EEC was equipped with extensive monitoring equipment and a high-level controller which allows for exceptionally complex monitoring and experimental investigation of the latest scientific questions as well as interaction between building components on innovative components and systems. This ensures that after being put into operation successfully, developments and their interdependencies can be adequately registered, optimisation cycles can be shortened and therefore potential for innovation can be recognised and utilised early. Consequently, strategies for regulation and control in building automation can be developed. For example, we are working on a preemptive control unit which, based on a three-day weather forecast and typical load profiles, operates the innovative storages such as in-wall PCM components, extinguishing water tanks with regenerative cooling supply (PINC), or an absorption chiller with brine tank storage in optimised coordination.

Another goal is the optimisation of the user interface which visually signals energetically suboptimal behaviour to EEC-users. We aim at examining the inter-

Eine weitere Maßnahme ist die Optimierung der Nutzerschnittstelle, die im EEC durch eine optische Anzeige energetisch nicht optimales Nutzerverhalten signalisiert. Untersucht werden sollen die Wechselwirkungen zwischen der Art der Bedienung, der Anzeige von aktuellen Verbrauchsdaten und dem Verhalten der Nutzer.

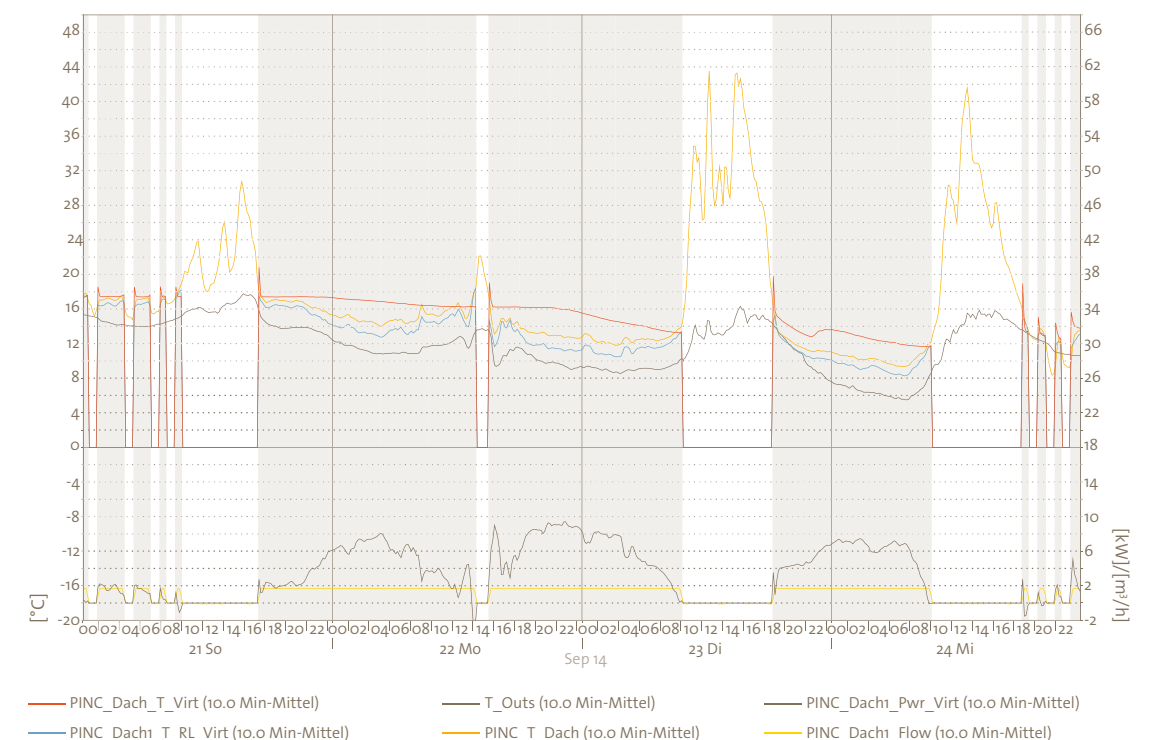
Abgerundet wird das Projekt durch die Entwicklung von Konzepten in Zusammenarbeit mit der Lang Hugger Rampp GmbH, um Technologieinformationen und Projekterkenntnisse in Form von downloadbaren Animationen für Schulungs- und Informationszwecke zur Verfügung zu stellen. Hier sollen Wirkprinzipien und Funktionsweisen der technischen Gebäudeausrüstung durch dreidimensionale, interaktive Visualisierungen und Animationen erlebbar und verständlich gemacht werden. Energieströme, Temperaturverteilungen sowie aero- und fluidmechanische Prozesse werden dabei veranschaulicht.

dependencies between the mode of operation, the display of current consumption data, and user behaviour.

The project gets its finishing touches from our cooperation with Lang Hugger Rampp GmbH, together with whom we develop concepts for the provision of technological information and project findings in the form of downloadable animations for educational and informational purposes. These illustrate and explain the principles and mechanics of building services and allow for experiencing and understanding them with the help of three-dimensional, interactive visualisation. Concepts illustrated are energy flow and temperature distribution as well as aero- and fluid-mechanical processes.

Abb. 1: Gemonitorierte Temperaturen und Leistungen der passiven Infrarot-Nachtkühlanlage PINC. In den hellgrau markierten Zeiträumen ist die Kühlung aktiv

Fig. 1: Measured temperatures and performances of passive infrared night cooling system PINC. During the periods marked in light grey cooling is active



### Autor | Author

S. Weismann

### Ansprechpartner | Contact

**Dipl.-Phys. Stephan Weismann**  
Stellv. Gruppenleiter,  
Energieoptimierte Gebäude  
Deputy 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 03ET1245A)  
Bayerisches Staatsministerium  
für Wirtschaft und Medien,  
Energie und Technologie

### Kooperationspartner | Partners

Lang Hugger Rampp GmbH  
PGG GmbH  
Siemens AG

### Literatur | References

- [1] H.-P. Ebert, Cutting edge building technologies: the Energy Efficiency Center, World Sustainable Energy Days, Wels, Austria, 26.-28.02.2014.
- [2] T. Rampp et al., The Energy Efficiency Center: Lightweight Construction With Smart Technology, sb13 munich conference, München, Germany, 24.-26.04.2013.
- [3] S. Weismann, Energy Efficiency Center, EnOB-Workshop 2013, Kassel, Germany, 21.-22.03.2013.
- [4] H.-P. Ebert, Innovative Komponenten für energieeffiziente Gebäude, EnOB-Sommerakademie 2012, Karlsruhe, Germany, 15.-25.09.2012.
- [5] F. Klinker et al., Heating and cooling using a combination of several TES technologies in the new R&D building of the ZAE Bayern in Würzburg, InnoStock 2012, Lleida, Spain, 16.-19.05.2012.



## 2.4 CO<sub>2</sub>-ERDWÄRMESONDEN ZUR BEHEIZUNG VON EISENBAHNWEICHEN CO<sub>2</sub>-BOREHOLE HEAT EXCHANGER AS A HEATING SYSTEM FOR RAILWAY SWITCHES

### Ansprechpartner | Contact

**Dipl.-Phys. Lars Staudacher**  
Stellv. Gruppenleiter,  
Solarthermie und Geothermie  
Deputy Head of Group,  
Solar Thermal and Geothermal

### Bereich | Division

Energiespeicherung  
Energy Storage

+49 89 329442-41  
lars.staudacher@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie  
(FKZ 0327446B)

### Kooperationspartner | Partners

PINTSCH ABEN geotherm GmbH  
Europäisches Institut für Energie-  
forschung (EIFER)  
Institut für Angewandte Geowis-  
senschaften (AGW) am Karlsruher  
Institut für Technologie (KIT)

Eisenbahnweichen müssen im Winter frei von Eis und Schnee gehalten werden, um einen zuverlässigen Bahnbetrieb zu gewährleisten. Heute werden dafür in Deutschland überwiegend elektrische Widerstands- und in begrenztem Umfang auch Gasweichenheizungen eingesetzt. Allein bei der Deutschen Bahn AG werden dafür, bei einer Anschlussleistung von rund 490 MW, jährlich 186 GWh elektrische Energie aufgewandt.

Das ZAE Bayern hat zusammen mit PINTSCH ABEN geotherm GmbH, dem Europäischen Institut für Energieforschung (EIFER) und dem Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) eine Weichenheizung entwickelt, die ohne konventionelle Energie arbeitet und deshalb während des Betriebs keinen CO<sub>2</sub>-Ausstoß verursacht. Dies wird durch ein Wärmerohrsystem ermöglicht, welches ausschließlich im Untergrund vorhandene Wärme nutzt. Der Schlüssel hierzu ist ein thermisch angetriebener Transportprozess, der sogenannte Zweiphasen-Thermosiphon, dessen prinzipieller Aufbau in Abb. 1 dargestellt wird. Der Wärmeträger befindet sich in zwei Phasen (gasförmig/flüssig) in einem geschlossenen System, z. B. einem Rohr, dessen unterirdisches Ende als Verdampfer dient und das mit einem Kondensator im kritischen Bereich der Weiche verbunden ist. Wird dieser gekühlt, beginnt das Arbeitsmedium dort zu kondensieren und das Kondensat fließt aufgrund der Schwerkraft zurück zum Verdampfer. Gleichzeitig beginnt das Arbeitsmedium in der warmen Verdampfungszone zu verdampfen und steigt in Richtung Kondensator auf. So entsteht ein geschlossener Kreislauf.

Die Kondensatoren befinden sich sowohl in als auch zwischen den Gleitstühlen der Weiche (Abb. 2). In eine Bohrung sind dazu mehrere Verdampferrohre eingebaut, die mit den Kondensatoren verbunden sind, wobei in der Regel mehrere Bohrungen pro Weiche benötigt werden.

Das zur Auslegung der Verdampferrohre erstellte Simulationsprogramm berücksichtigt die geologischen und meteorologischen Gegebenheiten am jeweiligen Standort. Die speziell für diesen Anwendungsfall entwickelten beheizbaren Gleitstühle werden durch zwei Kondensatoren in den angrenzenden Schwellenfächern ergänzt. Die gesamte Fläche dieser Bauteile dient dabei als Schmelzfläche für Eis und Schnee im kritischen Weichenbereich.

Die grundlegenden physikalischen Prozesse und die Konstruktion der Kondensatoren wurden in Laborex-

perimenten untersucht und optimiert. Die geothermische Weichenheizung wurde zur Marktreife weiterentwickelt. In 4-5 Pilotanlagen soll im Rahmen eines Messprogramms ihre Praxistauglichkeit nachgewiesen werden. Das innovative Weichenheizsystem wurde im Dezember 2013 vom Eisenbahnbundesamt zugelassen und anschließend von der Deutschen Bahn AG für eine Erprobungsphase von zwei Jahren freigegeben. Drei Pilotanlagen in Grünberg (Abb. 3), Hamburg und Sponholz wurden bisher mit den Prototypen ausgerüstet. In Grünberg ist die geothermische Weichenheizung bereits seit dem Winter 2012/13 erfolgreich im Einsatz. Für 2015 ist eine weitere Pilotanlage geplant.

ZAE Bayern and PINTSCH ABEN geotherm GmbH, in collaboration with the European Institute for Energy Research (EIFER) and the Institute of Applied Geosciences (AGW) at Karlsruhe Institute of Technology (KIT), have developed a switch point heating system that uses no conventional energy and therefore causes no CO<sub>2</sub>-emission during operation. This is achieved by employing a heat pipe which exclusively uses underground thermal energy. It employs a thermally driven heat transport process, a so called two-phase thermosiphon, as shown in Fig. 1. The heat carrier is located in a two phase state (gas/liquid) in a closed system, e. g. a pipe with its lower end in the ground serving as an evaporator which is connected to a condenser in the railway switch's critical areas. Triggered by cooling of the upper end the heat carrier condenses and flows back to the evaporator driven by gravity. Simultaneously, the heat carrier in the warmer evaporation zone starts to evaporate and rise up to the condenser, closing the cycle.

The condensers are placed inside of, as well as between, the slide plates (Fig. 2). One borehole contains several evaporation pipes which are connected to the condensers while typically several boreholes are required per railway switch.

For the design of the evaporation pipes a simulation programme was developed which takes the local geological and weather conditions into account. Heated slide plates have been developed exclusively for this application. They are complemented by two condensers in the neighbouring sleeper bays. The entire surface of these devices is employed for melting snow in the critical area of the railway switch.

The basic physical processes and the construction of the condensers were investigated and optimised in laboratory experiments and developed further for commercial application. Within a monitoring programme at 4-5 pilot installations their suitability is to be prov-

erimenten untersucht und optimiert. Die geothermische Weichenheizung wurde zur Marktreife weiterentwickelt. In 4-5 Pilotanlagen soll im Rahmen eines Messprogramms ihre Praxistauglichkeit nachgewiesen werden. Das innovative Weichenheizsystem wurde im Dezember 2013 vom Eisenbahnbundesamt zugelassen und anschließend von der Deutschen Bahn AG für eine Erprobungsphase von zwei Jahren freigegeben. Drei Pilotanlagen in Grünberg (Abb. 3), Hamburg und Sponholz wurden bisher mit den Prototypen ausgerüstet. In Grünberg ist die geothermische Weichenheizung bereits seit dem Winter 2012/13 erfolgreich im Einsatz. Für 2015 ist eine weitere Pilotanlage geplant.

The innovative heating system has been licensed in December 2013 by the Federal Railway Authority and Deutsche Bahn AG has approved a technical release for field testing over a two-year period. Using the licensed prototypes three pilot plants at Grünberg (Fig. 3), Hamburg, and Sponholz have been installed. At Grünberg station the geothermal switch point heating system has been working successfully since winter 2012/13. Another pilot plant is to be constructed in 2015.

### Autor | Author

L. Staudacher, P. Osgyan

Abb. 1: Prinzip eines Zweiphasen-Thermosiphons

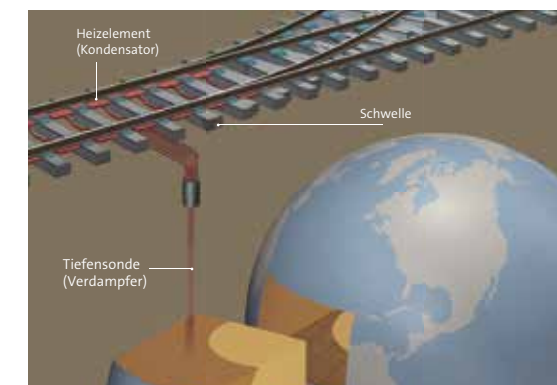
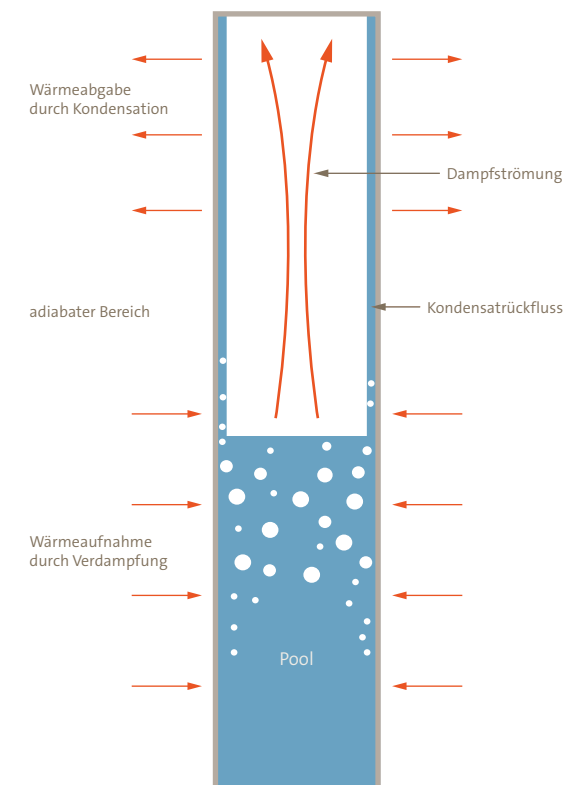
Fig. 1: Principle of a Two-Phase-Thermosiphon

Abb. 2: Schematische Darstellung der geothermischen Weichenheizung (© PINTSCH ABEN geotherm GmbH)

Fig. 2: Principle of the geothermal switch point heating system (© PINTSCH ABEN geotherm GmbH)

Abb. 3: Pilotanlage im Bahnhof Grünberg

Fig. 3: Pilot plant at Grünberg station



## 2.5 SOLARFABRIK DER ZUKUNFT SOLAR FACTORY OF THE FUTURE

### 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 und Medien,  
Energie und Technologie  
(FKZ 20-3043.5)  
Bayerisches Staatsministeri-  
um für Umwelt und Verbrauchs-  
erschutz (FKZ TEU01EU-63134)  
Europäischer Fonds für regionale  
Entwicklung (EFRE)  
Bayerische Forschungsstiftung  
(FKZ AZ-1006-11)  
Bundesministerium für Bildung  
und Forschung (FKZ 03EK35011)  
EU Kommission (FKZ 287818)  
Industrieprojekt

### Kooperationspartner | Partners

Albert-Ludwigs-Universität  
Freiburg  
BELECTRIC OPV GmbH  
BGT Bischoff Glastechnik AG  
Durst Phototechnik Digital  
Technology GmbH  
ECKART GmbH  
Energie Campus Nürnberg (EnCN)  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Heliatek GmbH  
Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)  
LEONHARD KURZ Stiftung &  
Co. KG  
Merck KGaA  
PolyIC GmbH & Co. KG  
Siemens AG  
Webasto Roof & Components SE  
Zentrum für Sonnenenergie-  
und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW)  
und weitere Partner aus Industrie  
und Forschung

Die Aufgabe der „Solarfabrik der Zukunft“ besteht darin, durch die Rolle-zu-Rolle-Fertigung von Solarmodulen Photovoltaik-Technologien zur Verfügung zu stellen, die Elektrizität für weniger als 0,05 €/kWh produzieren können. Die „Solarfabrik der Zukunft“ umfasst die Arbeitskreise Funktionelle Filme (FF), OPV Prozesstechnik (OPV-P) sowie das Technikum, in dem die von den beiden Arbeitskreisen und den Kooperationspartnern an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) entwickelten Photovoltaik-Technologien vom Labormaßstab zur Vorserienreife hochskaliert werden.

Im Arbeitskreis FF werden lösungsorientierte Herstellungstechniken für Barriere- und Konversionsschichten sowie Silizium-Schichten erarbeitet. Zur Herstellung der Silizium-Schichten, die als Absorber in Solarmodulen eingesetzt werden, wird von dispergierten Silizium-Nanopartikeln ausgegangen, die getrocknet und thermisch nachbehandelt werden müssen. Da kommerziell erhältliche Silizium-Nanopartikel mit einer Oxidschicht umgeben sind, ist vor deren Verarbeitung ein Ätzschritt zum Entfernen dieser Schicht notwendig. Zu diesem Zweck wurde eine geschlossene Prozesslinie aufgebaut, in der die Nanopartikel unter Inertgas mit Flußsäure geätzt und unter Vakuum getrocknet werden können. Ausgegangen wird bei der Entwicklung der Absorber-Schichten von Nanopartikeln im Korngrößenbereich von 40 nm bis 300 nm. Obwohl bei diesen Größen der Effekt der Schmelzpunktniedrigung nicht zu erwarten ist, zeigen Untersuchungen mittels Rasterelektronenmikroskopie bereits bei Temperaturen von 850°C eine weitgehende Versinterung der Partikel (Abb. 2). Die so hergestellten Schichten werden 2015 auf ihre Einsatzfähigkeit in Solarzellen überprüft.

The “Solar Factory of the Future’s” purpose is to provide photovoltaic technologies which allow the roll-to-roll manufacturing of solar modules capable of producing electricity at a cost of less than 0.05 €/kWh. The “Solar Factory of the Future” consists of two research groups, Functional Films (FF), and OPV Processing (OPV-P), as well as the workshop where the photovoltaic technologies developed by these groups and their cooperation partners at Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) get upscaled from laboratory- to prototype-scale.

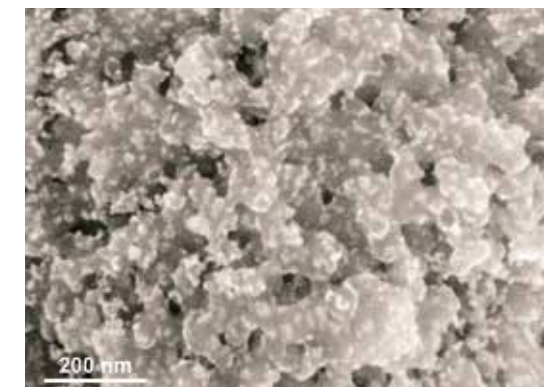
The FF-group develops solution based processing techniques for barrier layers, light conversion layers, and silicon layers. The preparation of silicon layers for application as an absorber in solar modules begins with dispersed silicon nanoparticles which subsequently need to be dried and thermally treated. Since commercially available silicon nanoparticles are covered in an oxide layer, an etching process is applied to remove this layer before further processing. For this purpose, a closed processing line was installed on which the nanoparticles can be etched with hydrofluoric acid in an inert atmosphere and dried in a vacuum. The starting material used for the development of absorber layers are silicon nanoparticles with grain sizes ranging from 40 nm to 300 nm. Even though for these sizes no lowering of the melting point is to be expected, scanning electron microscopy has revealed an almost complete sintering of the particles at temperatures as low as 850°C (Fig. 2). The layers produced using this method will be tested for applicability in solar cells in 2015.



Abb. 1: Solarbild bestehend aus 4 mit Ink-Jet gedruckten Schichten, Größe 2,5 cm x 2,5 cm  
Fig. 1: Solar image consisting of four layers printed by ink-jet, size 2.5 cm x 2.5 cm

Ein Schwerpunkt des Arbeitskreises OPV-P ist die Entwicklung digitaler Verfahren für den Druck von Solarmodulen. Mittels Digitaldruck ist es möglich, PV-Module beliebigen Aussehens zu erzeugen, was beispielsweise zur Erstellung von „Solarbildern“ verwendet werden kann (Abb. 1). Die Geometrie der oberen und unteren Elektroden wird dabei durch elektrische Simulationen optimiert. Drei der vier Schichten invertierter Solarzellen konnten mithilfe eines industriellen Ink-Jet-Druckers gedruckt werden. Die Effizienz der so erhaltenen Solarzellen ist vergleichbar mit den Zellen, die mittels herkömmlicher Verfahren (z. B. Spin Coating oder Rakeln) erzeugt werden.

Im Technikum wurden die ersten großflächigen organischen Solarmodule gefertigt. Durch die Kombination von vollflächiger Beschichtung der Glassubstrate und Strukturierung der Module mittels Laserablation konnte die durch die serielle Verschaltung der einzelnen Zellen zum Modul bedingte inaktive Zone auf 5% der Gesamtfläche reduziert werden. Dies ist ein wesentlicher Fortschritt bei der Eliminierung der Effizienzverluste beim Übergang von Laborzellen zu gedruckten Modulen. Ein sogenannter Loop-Coater für die Beschichtung von 7-8 m langen Endlosfolien sowie ein Präzisionslaminator für die Verpackung der gefertigten Module ergänzen die Ausrüstung im Technikum. Damit ist das Technikum in der Lage, Module in der Größenordnung von einigen Quadratmetern pro Woche herzustellen. Zur Produktion von PV-Modulen mit einer jährlichen Kapazität von ungefähr 200 kW werden ab Sommer 2015 eine Beschichtungsanlage mit drei Schlitzdüsen und einem Flexodrucker sowie eine Rolle-zu-Rolle-Anlage für die Laserstrukturierung zur Verfügung stehen.



One main focus of the OPV-P group lies on the development of digital processes for printing solar modules. Digital printing allows for the creation of PV-modules of any shape and size, for example, of “solar images” (Fig. 1). Electrical simulation is used in this process to optimise the geometry of the top and bottom electrodes of the cell. Up to three out of the four layers of inverted solar cells could already be printed by the OPV-P group using an industrial grade ink-jet printer. The efficiency of these cells is comparable to cells produced by conventional means (e. g. spin coating or squeegee process).

In the workshop the first large-scale organic solar modules have been manufactured. The inactive zone of the module that results from the serial connection between the respective cells was reduced to 5% of the overall surface using a combination of full surface coating and structuring of the modules through laser ablation. This is a significant advance in the elimination of efficiency loss on the way from laboratory cell to printed module. A so-called loop coater for coating 7-8 m long roll-to-roll plastic foils as well as a precision laminator for packaging the finished modules are also part of the workshop's equipment. Using these we can now manufacture several square metres of printed solar modules per week. From summer 2015 onwards a multi-head coater with three slot-die coating units, a flexographic printer and roll-to-roll-equipment for laser patterning will be available in the workshop for the production of PV modules with an annual capacity of about 200 kW.

Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Silizium-Nanopartikeln nach thermischer Behandlung bei 850°C  
Fig. 2: Scanning electron microscopy image of silicon nanoparticles after thermal treatment at 850°C

### Autor | Author

H.-J. Egelhaaf, E. Stern, M. Voigt



## 2.6 NETZWERKPROJEKT „INNOVATIVE PHOTOVOLTAIK FÜR ZUKÜNFTIGE MÄRKTE (PV-ZUM)“ NETWORK PROJECT “INNOVATIVE PHOTOVOLTAICS FOR FUTURE MARKETS (PV-ZUM)”

### Ansprechpartner | Contact

**Dr. Thomas Kunz**  
PV-Systeme  
PV Systems

**Dr. Claudia Buerhop-Lutz**  
PV-Systeme  
PV Systems

### Bereich | Division

Erneuerbare Energien  
Renewable Energies

+49 9131 9398-155  
thomas.kunz@zae-bayern.de

+49 9131 9398-177  
claudia.buerhop-lutz@  
zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie  
(FKZ 16KN040101)

### Kooperationspartner | Partners

DHG Engineering GmbH  
EMPURON AG  
FS Frankensolar GmbH  
IRCAM GmbH  
SUNSET Energietechnik GmbH  
Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm  
SKZ TeConA GmbH  
Schultes Maschinenbau GmbH  
Medea AV Multimedia und Soft-  
ware GmbH  
Pixelflieger.de UG  
PV-Engineering GmbH  
Top50-Solar®

Im Netzwerkprojekt „Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte (PV-ZUM)“ koordiniert das ZAE Bayern verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Geplant sind Aktivitäten insbesondere in den Bereichen eines optimierten Eigenverbrauchs von erzeugtem Photovoltaik-Strom und einer verbesserten Zuverlässigkeit von PV-Installationen sowie im Bereich von PV-Lösungen für extreme klimatische Einsatzbedingungen (Abb. 1). Im Augenblick sind insgesamt elf kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) und zwei Forschungsinstitute am Netzwerk beteiligt. Im ersten Jahr konzentrierten sich die Aktivitäten auf die detaillierte Planung und Beantragung der Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Zwei dieser Projekte, die bereits vom Projektträger bewilligt und vor Kurzem begonnen wurden, werden im Folgenden vorgestellt.

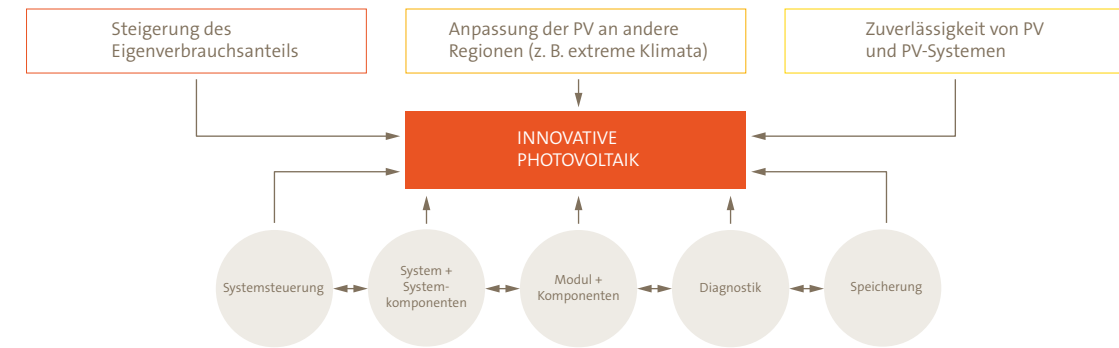
Im Projekt „Trink- und Kühlwasserversorgung durch Photovoltaik-Strom mit effizienter Anlagentechnik (TEA)“ geht es um Strategien zu einem effizienten Eigenverbrauch von Photovoltaik-Strom für elektromagnetische Antriebe, wie z. B. Wasser- oder Wärmepumpen. Vielfach sind in solchen Systemen Speichermöglichkeiten der Energie in Form von Lage- oder thermischer Energie vorhanden. Wichtig zur Umsetzung einer geeigneten Steuerungsstrategie des Systems ist die Einbeziehung einer Prognose für den zu erwartenden Energiebedarf. Im Projekt soll als Demonstrator die Gebäudekühlung des ZAE-Forschungsgebäudes in Erlangen testweise mit einem solchen System betrieben werden (Abb. 2). Ziel ist es, einen möglichst hohen Anteil des Stromverbrauchs der Kühlung mit PV-Strom zu decken.

Im Projekt „Entwicklung eines flugfähigen Prüfsystems zur Bewertung installierter Photovoltaik mit Infrarot-Thermographie (FLAIR)“ geht es um die Entwicklung effektiver Prüfsysteme für PV-Installationen (Abb. 3). Als besonders geeignet haben sich dafür vor allem für größere Installationen Infrarotbilder erwiesen (Abb. 4), die mittels eines ferngesteuerten Modellflugzeugs beim Überfliegen der Anlage aufgenommen werden. Entscheidend für die Qualität der Diagnostik ist die Auswertung der Bilder sowie der präzise Abgleich mit Referenzdaten aus anderen Messungen, wie z. B. Hellkennlinien- oder Elektrolumineszenz-Messungen. Vor allem bei großen Installationen ist eine manuelle Auswertung der Bilder sehr aufwendig. Im Projekt soll deshalb u. a. eine vollautomatische Diagnostik des Bildmaterials entwickelt werden.

Within the frame of the network project “Innovative Photovoltaics for Future Markets (PV-ZUM)”, ZAE Bayern coordinates a number of R&D projects. We particularly aim to work in the fields of optimising intrinsic consumption of photovoltaic electricity and increasing the reliability of PV installations as well as PV solutions for extreme climatic conditions (Fig. 1). At the moment, a total of eleven small and medium enterprises (SME) and two research institutes contribute to our network. During the network’s first year the partners have concentrated on the detailed planning of R&D projects. Two of these, which have already been approved by the reviewers and recently launched, are to be presented hereinafter.

The project “Supply of Drinking and Cooling Water by PV Electricity with Efficient Systems (TEA)” is working on strategies to increase efficiency in intrinsic consumption of photovoltaic energy using electromagnetic drives such as water or heat pumps. Such systems frequently incorporate means of storing potential or thermal energy. An important factor in finding a sufficient regulation strategy for these systems is the implication of an energy consumption prognosis into the planning. As a means of demonstration, the cooling of the ZAE research facilities in Erlangen will be temporarily realised through such a system (Fig. 2). Our goal is to maximise the share of cooling energy covered by PV electricity.

The project “Development of a Flight Based Inspection System for Photovoltaic Installations with IR Thermography (FLAIR)” aims at the development of effective inspection methods for PV-installations (Fig. 3). Infrared images taken with the aid of radio controlled model aeroplanes during flyovers have proven very effective, especially for large scale plants (Fig. 4). The most critical factors for ensuring the quality of such diagnostics are the evaluation of the images as well as precise comparison to reference data gathered, for example, via illuminated IV or electroluminescence measuring. Particularly for large plants a manual evaluation of the material is very time consuming. Therefore, the project also aims at developing a method for automated evaluation of image material.



### Autor | Author

T. Kunz, C. Buerhop-Lutz

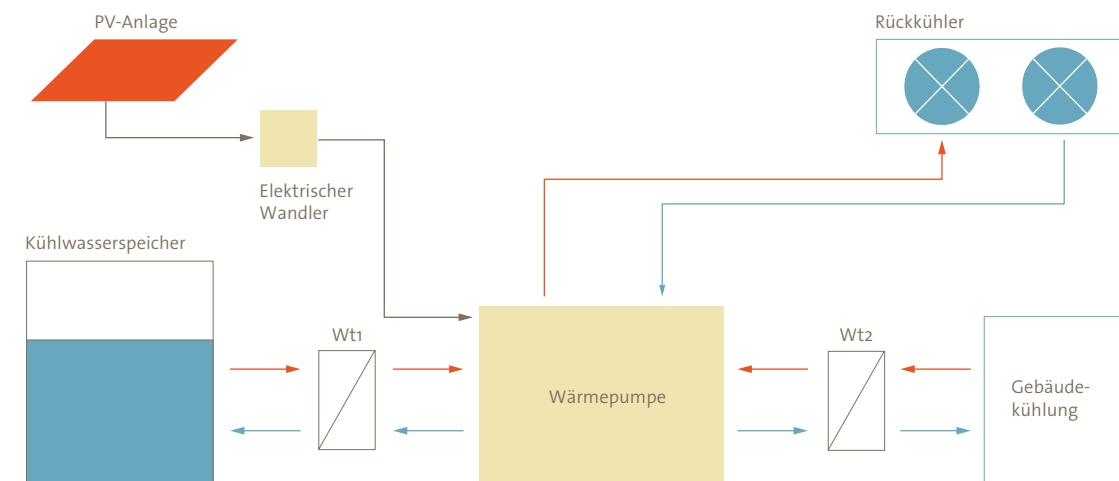


Abb. 1: Übersicht über die Themenbereiche der verschiedenen F&E-Aktivitäten in PV-ZUM

Fig. 1: Overview of topics and various activities of PV-ZUM

Abb. 3: Luftbild einer großen PV-Installation, die mittels entsprechender IR-Aufnahmen besonders effizient überprüft werden kann

Fig. 3: Aerial photograph of a large PV installation, which may be efficiently inspected via IR-thermography

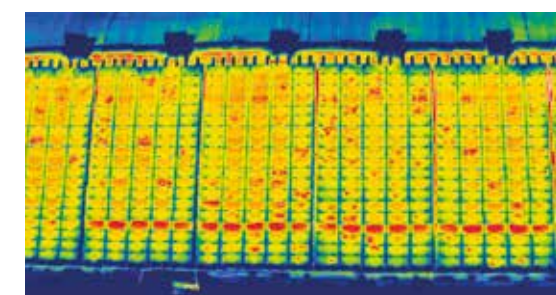


Abb. 2: Geplanter Demonstrator einer mit PV-Strom gespeisten Gebäudekühlung im F&E-Projekt TEA

Fig. 2: Demonstrator of a building cooling system fed by PV electricity as planned in the R&D-project TEA

Abb. 4: IR-Aufnahme zur Überprüfung einer PV-Installation

Fig. 4: IR image for inspection of a PV installation



## 2.7 UNTERSUCHUNG EFFIZIENZLIMITIERENDER FAKTOREN IN PEROWSKIT-SOLARZELLEN TESTING OF EFFICIENCY LIMITING FACTORS IN PEROVSKITE SOLAR CELLS

### Ansprechpartner | Contact

**Dr. Andreas Baumann**  
Stellv. Gruppenleiter,  
Organische PV und Elektronik  
Deputy Head of Group,  
Organic PV and Electronics

### Bereich | Division

Energieeffizienz  
Energy Efficiency

+49 931 70564-342  
andreas.baumann@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Eigenforschung

Gemäß dem Energiekonzept der Bundesregierung sollen im Jahr 2050 mindestens 80% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden. Bis heute bestehen über 80% der installierten Photovoltaik-Module aus Silizium (Si). Im Bereich der Dünnschicht-Photovoltaik (PV) und speziell im Bereich der gedruckten PV (3. Generation der PV) liegt der Fokus auf kostengünstiger Produktion. So können organische Solarzellen (OPV) aus Lösung (Polymere) bzw. durch Vakuumsublimation (im Fall von Kleinmolekülen) auf eine Vielzahl von Substraten mittels großtechnischer Produktionsverfahren, wie etwa dem Rolle-zu-Rolle-Verfahren, aufgebracht werden. Dadurch sollen Produktionskosten auf weniger als 0,05 €/kWh gesenkt werden. Allerdings sind die Wirkungsgrade von OPV Solarmodulen deutlich geringer als die von herkömmlichen Si-PV-Modulen.

In den letzten Jahren haben neue Dünnschicht-Solarzellen, die sogenannten Perowskit-Solarzellen, für großes Aufsehen in Fachkreisen gesorgt. Der Umwandlungsgrad dieser Solarzellen konnte seit der Entdeckung im Jahr 2009 von 3,9% [1] bis heute auf über 20% gesteigert werden [2]. Sie sind damit in kürzester Zeit bereits wettbewerbsfähig mit kommerziellen (Dünnschicht-) PV-Technologien und können zudem aus der Flüssigphase bzw. mittels Vakuum-Abscheidungsverfahren hergestellt werden. Abb. 1 zeigt flüssigprozessierte Perowskit-Solarzellen, die in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Energieforschung der Julius-Maximilians-Universität Würzburg hergestellt wurden.

„Perowskit“ bezeichnet dabei eine bestimmte Kristallstruktur mit der Strukturformel  $ABX_3$ , die in einer Vielzahl verschiedener Zusammensetzungen in der Natur existiert. Abhängig von der Materialklasse besitzen die Perowskit-Kristalle unterschiedliche Eigenschaften, von ferroelektrischen bis hin zu supraleitenden und auch photovoltaischen. Die vielversprechendsten Verbindungen für Solarzellen sind derzeit Methylammonium (A) – Blei (B) – Halogenide (X = Iod, Chlor, Brom). Abb. 2 zeigt entsprechendes Röntgenbeugungsspektrum. Die Bandlücke der organisch metallischen Halogenid Perowskit-Kristalle lässt sich dabei durch Variation der kationischen und anionischen Komponenten des Kristalles sehr variabel verändern. Diese Eigenschaft ist für künftige Anwendungen z. B. in der Architektur im Hinblick auf die Farbenvielfalt und die spektrale Anpassung sehr attraktiv.

According to the energy concept of the German government, at least 80% of the electric energy used in the country should come from renewable sources by the end of 2050. To date, more than 80% of the grid installed PV modules are made of silicon (Si). The fields of thin-film and, especially, printed photovoltaics (3<sup>rd</sup> generation PV) focus strongly on low production cost. Organic solar modules (OPV), for example, can be applied to a wide variety of substrates from solutions (polymers) or via vacuum sublimation employing large scale production methods such as roll-to-roll processing. Thereby, production cost is expected to sink to 0.05 €/kWh. However, OPV solar modules are significantly less efficient than conventional Si-PV modules.

Recently, a new type of thin-film solar cells, the so-called perovskite solar cells, has caused quite a sensation in the PV research community. Its power conversion efficiency (PCE) has been improved from 3.9% [1] in 2009, when the technology was first discovered, to a current value of 20% [2]. Thus, these cells have reached a state of competitiveness to commercially established thin-film PV-technologies in a very short time span while allowing to be manufactured from solutions or using vacuum separation. Fig. 1 shows solution-processed perovskite solar cells manufactured in cooperation with the chair of energy research at the University of Würzburg.

„Perovskite“ denotes a crystalline structure with the formula  $ABX_3$  which occurs in nature in a wide variety of compounds. Depending on their class of materials per-

Abb. 1: Sechs Perowskit-Solarzellen auf einem Glassubstrat der Größe 1,25 cm x 1,25 cm mit unterschiedlichen aktiven Flächen, die in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Energieforschung der Julius-Maximilians-Universität Würzburg hergestellt wurden

Fig. 1: Six perovskite solar cells on a glass substrate of the size 1/2 inch x 1/2 inch with different active area sizes fabricated in cooperation with the chair of energy research at the University of Würzburg

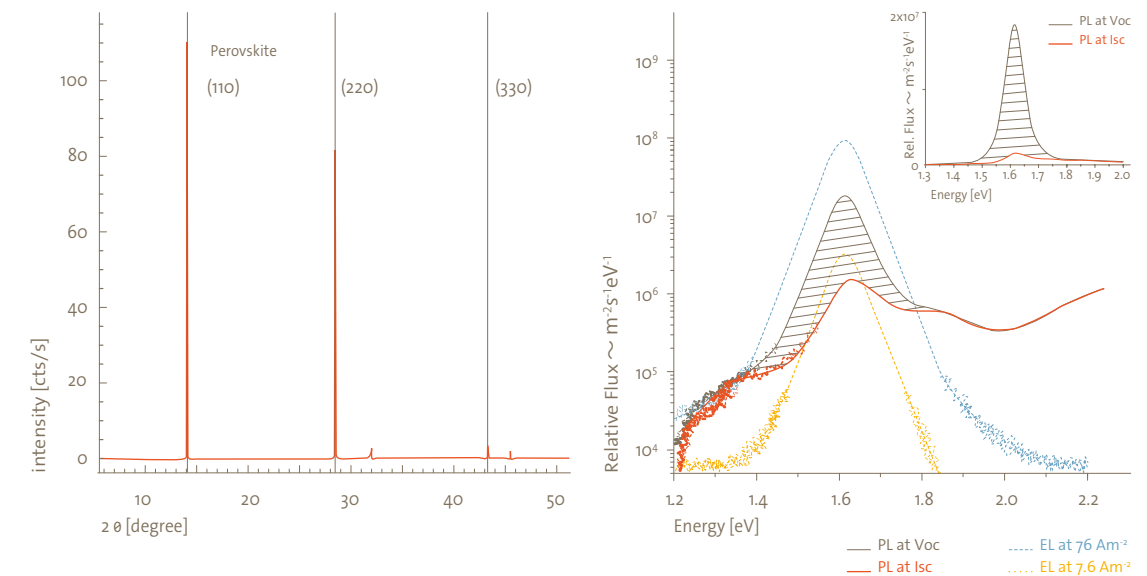
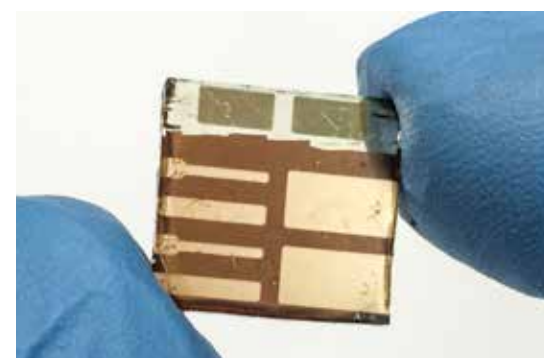


Abb. 2: Röntgenbeugungsspektrum eines kristallinen Perowskit-Films  
Fig. 2: X-ray diffraction pattern of a crystalline perovskite layer

Abb. 3: Photo- und Elektrolumineszenz-Quenching in Perowskit-Solarzellen unter Leerlauf- ( $V_{oc}$ ) und Kurzschlussbedingungen ( $I_{sc}$ ) (aus [3])  
Fig. 3: Photo- and electroluminescence in a perovskite solar cell at open ( $V_{oc}$ ) and short circuit conditions ( $I_{sc}$ ) (from [3])

In Zusammenarbeit mit internationalen Forschergruppen aus Valencia und Oxford sowie dem Lehrstuhl für Energieforschung der Julius-Maximilians-Universität Würzburg konnten bereits erste grundlegende Untersuchungen zu diesen neuen Solarzellen-Typen gemacht werden, die in wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht wurden [3-4]. Das Potenzial der Solarzellen wurde dabei anhand von Messungen der Elektrolumineszenz und der externen Quantenausbeute untersucht. Generell soll eine ideale Solarzelle im Leerlauf-Fall das Licht ausstrahlen, das sie absorbiert hat. Im Kurzschluss-Fall dagegen wandelt sie das absorbierte Licht vollständig in elektrischen Strom um, ohne Rekombinationsverluste der Ladungsträger. Im Vergleich zu organischen Dünnschicht-Solarzellen konnte dabei nachgewiesen werden, dass Perowskit-Solarzellen deutlich näher an die theoretisch machbare Grenze rücken, was das hohe Potenzial dieser Technologien belegt, das noch lange nicht ausgereizt ist. Des Weiteren wurden in ersten Untersuchungen zur Lebensdauer der lichtinduzierten Ladungsträger unterschiedliche Rekombinationszeiten in Perowskit-Solarzellen festgestellt, die in weiteren Forschungsarbeiten näher untersucht werden sollen.

ovskite crystals exhibit varying physical properties such as ferroelectric, superconductive, or photovoltaic. The most promising compounding partners for solar cells at the moment are methylammonium (A), lead (B), and halides (X = iodine, chlorine, bromine). Fig. 2 shows the respective X-ray diffraction spectrum. The band gap of these organo-metal halide perovskite crystals can easily be adjusted through variation of their cationic and anionic components. This flexibility in colour appearance makes it very attractive for future architectural applications.

Initial basic research on this new type of solar cell has been conducted and its results published in scientific journals [3-4] in cooperation with international groups of researchers from Valencia and Oxford as well as the chair of energy research at the University of Würzburg. For example, the cells' maximum potential was determined via electroluminescence and external quantum efficiency measurements. Generally speaking, an ideal solar cell would emit the same amount of light it absorbs when in idle state. Short-circuited, on the contrary, it would convert all the absorbed light into electricity without any recombination losses. The perovskite cells come significantly closer to this ideal state than their organic thin-film counterparts, underlining the massive and not yet used potential found in this technology. Moreover, studies on the life cycle of photogenerated charge carriers have shown varying recombination times in perovskite solar cells which will be the subject of future investigation.

### Autor | Author

A. Baumann

### Literatur | References

- [1] A. Kojima et al., Journal of the American Chemical Society, 131 (2009) 6050-6051.
- [2] National Center for Photovoltaics, Best Research-Cell Efficiencies [www.nrel.gov/ncpv/](http://www.nrel.gov/ncpv/)
- [3] K. Tvingstedt et al., Scientific Reports, 4 (2014) 6071.
- [4] A. Baumann et al., APL Materials, 2 (2014) 081501.



## 2.8 THERMISCHE ENERGIESPEICHER ZUR ENTLASTUNG ELEKTRISCHER NETZE THERMAL ENERGY STORAGE FOR LOAD RELIEF IN GRIDS

### Ansprechpartner | Contact

**Dr. Stefan Hiebler**  
Gruppenleiter,  
Thermische Energiespeicher  
Head of Group,  
Thermal Energy Storage

**M.Eng. Andreas Krönauer**  
Stellv. Gruppenleiter,  
Wärmetransformation  
Deputy Head of Group,  
Heat Conversion

### Bereich | Division

Energiespeicherung  
Energy Storage

+49 89 329442-35  
stefan.hiebler@zae-bayern.de

+49 89 329442-13  
andreas.kroenauer@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie  
(FKZ 03ESP330A)

### Kooperationspartner | Partners

BSH Bosch und Siemens  
Hausgeräte GmbH  
Bayernwerk AG

2013 stammten in Deutschland 23,4% des verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Quellen [1]. Das Energiekonzept der Bundesregierung möchte den Anteil aus erneuerbaren Energien bis 2030 auf 50% steigern. Die zunehmende fluktuierende Einspeisung aus erneuerbaren Quellen vergrößert die Differenz zwischen Angebot und Nachfrage, was den Bedarf von „Must-Run“-Kraftwerken zur Bereitstellung von Regelleistung zum Ausgleich der Schwankungen steigert. Durch den Einsatz von thermischen Speichern, die Elektrizität in thermische Energie wandeln, können Anwendungen Energie nur dann aus dem Netz beziehen, wenn sie auch ausreichend zur Verfügung steht, was den Bedarf an „Must-Run“-Kraftwerken verringert [2].

Das ZAE Bayern untersucht mit seinen Kooperationspartnern Bosch Siemens Hausgeräte GmbH und Bayernwerk AG im Projekt „Decentralized intelligent Thermal Energy Storage for Grid (DiTES4Grid)“ das Potenzial von Kühl-Gefrier-Kombinationen in Haushalten als elektrisch verschiebbare Last. Dazu wird ein modernes A+++ No-Frost-Gerät mit 355 l Gesamtvolumen mit einem Phasenwechselspeicher (PCM-Speicher) ausgerüstet, ohne dabei den Nutzinhalt zu reduzieren.

Bei der Potenzialanalyse wurden drei eutektische Salzlösungen mit Schmelztemperaturen zwischen -21°C und -26°C auf ihre Eignung untersucht. Zusätzlich erfolgte eine Betrachtung verschiedener Speicherintegrationskonzepte im Hinblick auf ihre Effizienz und Kosten. Der PCM-Speicher wurde unter identischen Voraussetzungen mit einem für das elektrische Netz gleich wirksamen Batteriespeicher verglichen. Die Mehrkosten der Speicher sollen durch variable Stromtarife, die sich an der regenerativen Einspeiseleistung orientieren, refinanziert werden. Das in Abb. 2 gezeigte Strompreisprofil berücksichtigt vor allem eine Mittagsspitze durch Photovoltaikanlagen und liefert im Tagesmittel einen Strompreis von 0,25 €/kWh. Es zeigte sich, dass der PCM-Speicher dem Batteriespeicher wirtschaftlich überlegen ist. Erst bei Preisen von 600 €/kWh für den fertig installierten Batteriespeicher kann dieser mit dem PCM-Speicher gleichziehen. Daher liegt der weitere Fokus auf der Entwicklung eines kostengünstigen PCM-Speichers, der die Effizienz der Kühl-Gefrier-Kombination nicht zu stark beeinträchtigt.

23.4% of electricity consumed in Germany in 2013 came from renewable sources [1]. The energy concept of the German government aims to increase this percentage to 50% by the year 2030. The increasing share of fluctuating power feeds from renewable sources increases the peak gaps between power supply and demand and, consequently, the need for must-run power plants. In order to reduce this need for must-run plants, thermal storages which convert electricity into thermal energy can be incorporated into applications to flatten out demand peaks [2].

In cooperation with Bosch Siemens Hausgeräte GmbH and Bayernwerk AG, ZAE analyses the potential of household fridge-freezers for application as shiftable electrical loads in the project “Decentralized intelligent Thermal Energy Storage for Grid (DiTES4Grid)”. For testing purposes, a modern A+++ no-frost fridge-freezer has been equipped with a phase change material storage (PCM storage) without compromising its net capacity of 355 l. Three eutectic salt solutions with melting points ranging between -21°C and -26°C were tested for applicability. Also, several storage integration concepts were assessed regarding efficiency and cost. The PCM storage was compared to a battery storage of the same technical specifications under identical conditions. The additional cost of the storages is to be compensated for by flexible electricity tariffs which fluctuate with the current power feed from renewable sources. The graph in Fig. 2 depicts this fluctuation of energy prices, especially taking into account a midday feeding peak caused by photovoltaic plants and showing an average cost of 0.25 €/kWh. Results show a clear economic advantage for the PCM storage. The battery storage would only be able to compete at a price of less than 600 €/kWh for the fully installed system. Therefore, future focus will be on the development of a cost-effective PCM storage with little effect on the overall efficiency of the fridge-freezer.



Abb. 1: Schmelzversuch einer PCM-Probe. Die feste Phase schwimmt nicht wie bei Wassereis auf der Flüssigkeit

Fig. 1: Melting test of a PCM sample. The solid phase does not swim like water ice upon the liquid phase

### Autor | Author

A. Krönauer, P. Hennemann,  
S. Pöllinger, S. Hiebler

### Literatur | References

[1] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., AG Energiebilanzen <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2014/01/2014-01-13-bdew-energiebilanz-2013.html>

[2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Integration der erneuerbaren Energien in den deutschen/europäischen Strommarkt (Integration EE) Endbericht, 2012, p. 6.

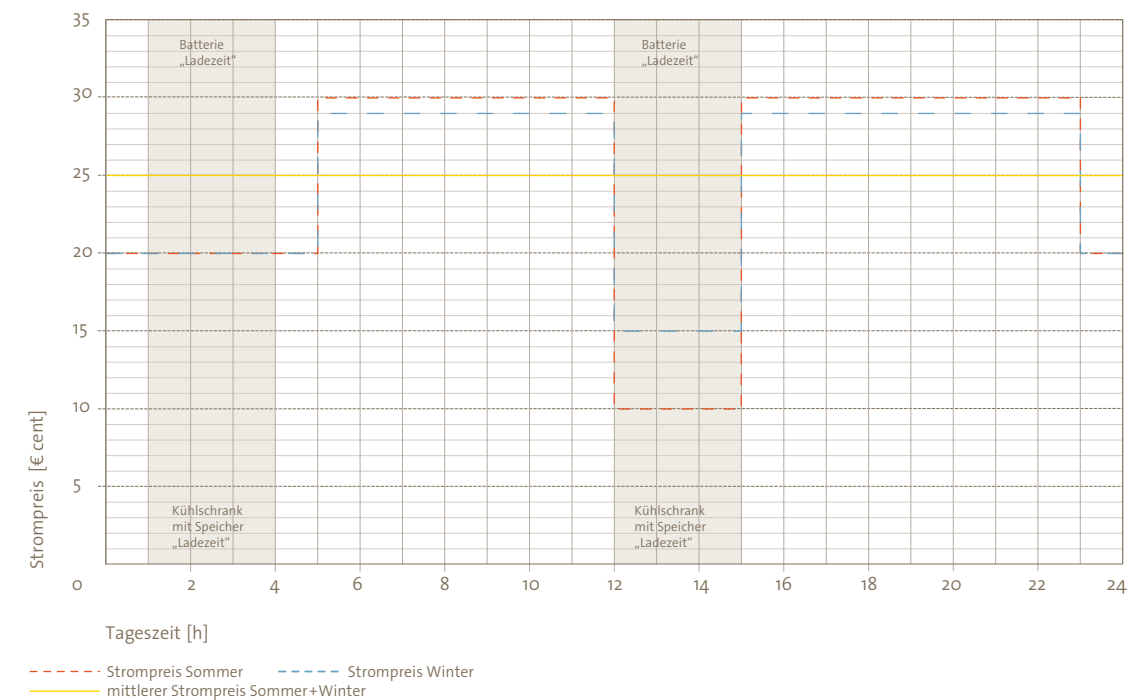


Abb. 2: Strompreiskurve mit Sommer- und Wintergang sowie den Speicherladezeiten als Grundlage für die wirtschaftliche Betrachtung  
Fig. 2: Electricity tariff trend for summer and winter with time schedule for storage loading allowing for economic comparison of PCM and battery storages

## 2.9 SIMULATION FLUKTUIERENDER ELEKTRISCHER LEISTUNG IM NIEDERSPANNUNGSNETZ SIMULATION OF FLUCTUATING ELECTRICAL LOAD IN LOW VOLTAGE GRIDS

### Ansprechpartner | Contact

**Dr. Philipp Luchscheider**  
Smart Grids  
Smart Grids

### Bereich | Division

Erneuerbare Energien  
Renewable Energies

+49 9131 9398-404  
philipp.luchscheider@  
zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Bayerisches Staatsministerium  
für Wirtschaft und Medien,  
Energie und Technologie  
Europäischer Fonds für regionale  
Entwicklung (EFRE)  
(FKZ VIII/4-3665a/43/8)

### Kooperationspartner | Partners

Areva GmbH  
Bayernwerk AG  
Fraunhofer-Institut für Integrierte  
Schaltungen IIS  
Fraunhofer-Institut für Integrierte  
Systeme und Bauelementetechnologie IISB  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
GILDEMEISTER energy solutions  
HEW Hof Energie+Wasser GmbH  
Hochschule Hof  
IBC Solar AG  
Rauschert GmbH  
Rehau Energy Solutions GmbH  
SMA Solar Technology AG  
Stadt Arzberg  
Stadt Hof

Der Zubau von Photovoltaik (PV) im Niederspannungsstromnetz und verschiedene Änderungen am Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) haben zu einer veränderten Nutzung des Stromnetzes geführt. Diesen veränderten Bedingungen wirkt der Netzbetreiber durch Leitungsausbau und Einsatz moderner Transformatoren entgegen. Der Netzausbau wird derzeit jeweils auf Grenzwerte im Netz ausgelegt. Eine simulative Nachbildung einzelner Komponenten und deren Verknüpfungen ermöglichen hier die Betrachtung wechselseitiger Beeinflussung sowie die genauere Analyse der Auslastung einzelner Betriebsmittel im Jahresverlauf. Darüber hinaus ermöglicht die Simulation den Vergleich verschiedener Ausbauszenarien und den Einsatz unterschiedlicher Regelstrategien.

Der Aufbau des Simulationsbaukastens gliedert sich daher in die drei Gruppen (Abb. 1):

- Basismodelle bilden das reale Verhalten in notwendiger Genauigkeit ab und simulieren die lokale Sonneneinstrahlung, die Energieerzeugung durch Solarmodule, Energieverbraucher sowie Energiespeicher. Die Basismodelle wurden mithilfe vorhandener Literatur [1-3] sowie anhand eigener Messungen erstellt bzw. erweitert [4].
- Modellbausteine stellen vorkonfigurierte Kombinationen von Basismodellen dar. Derzeit verfügbare Modellbausteine sind unter anderem das Wetter, ein Haus, Netzknoten/Verteilnetze, ein Ortsspeicher sowie ein parametrierbares Ortsnetz.
- Steuereinheiten regeln den Stromfluss zwischen den Komponenten. Sie übernehmen die Regelung für den Betrieb verschiedener Basismodelle in Modellbausteinen anhand verfügbarer Modellgrößen. Beispiel hierfür ist eine Speichersteuerung, welche überschüssige, regenerativ erzeugte Energie in einen Speicher einlagert und diese bei Bedarf aus dem Speicher wieder bereitstellt.

Das Erstellen von lauffähigen Simulationsmodellen beinhaltet die Verknüpfung von Basismodellen und Modellbausteinen sowie die Auswahl geeigneter Steuereinheiten. Zudem müssen die verwendeten Komponenten parametrisiert werden. Die Modellbildung wurde im Projekt „Smart Grid Solar (SGS)“ in AnyLogic [5] unter Zuhilfenahme des Energieframeworks i7AnyEnergy [6] durchgeführt. Als Beispiel wird das Szenario Epplas näher erläutert. Das simulierte Ortsnetz besteht aus 17 Häu-

sen, von denen neun mit PV-Anlagen ausgerüstet sind, sowie einer zentralen PV-Anlage. Zudem wird im Ort ein Speicher zur Spannungshaltung betrieben. In der Simulation ergeben sich insgesamt ein Energiebezug von 31 MWh/a und ein Energieüberschuss von 172 MWh/a am Ortsnetztransformator. Abb. 2 zeigt den Tagesverlauf der Spannung am Ortsspeicher an drei ausgewählten Tagen im Jahr. Der Regelbedarf hängt von der Zeit ab, in der die Spannung über der Regelspannung 237 V liegt. Neben der zuvor beschriebenen grundlegenden Möglichkeit zur Bewertung verschiedener Modellgrößen in einem Szenario ist es auch möglich, Szenarien gegeneinander zu bewerten. Hierfür wird im Projekt SGS aktuell eine Plattform zur generischen Auswertung auf Grundlage von GNU R erstellt, welches komplexere Analysen, wie den zeitlichen Verlauf des Spannungsfalls im Netz sowie die Auslastung von Speichersystemen ermöglichen soll. Die Modelle sowie Steuerungseinheiten werden stetig an die Bedürfnisse im Projekt angepasst.

The simulation framework is therefore divided into three groups (Fig. 1):

- Basic models reproduce the actual performance with the precision necessary and simulate local solar irradiation, energy production via solar modules, energy consumption, and energy storages. They were modelled according to available literature [1-3] as well as our own testing [4].
- Model elements are pre-configured combinations of basic models. Elements available at the moment are, among others, weather, houses, net nodes, a local storage, and a parameterised local grid.
- Control units regulate the current flow between components. They employ regulation designs derived from multi-scale modelling. For example, a control unit which reroutes excess regenerative energy into a storage unit and later uses it to compensate for shortages.

The generation of working simulation models requires the connection of basic models and model elements as well as the selection of suitable control units. Also, the employed components need configuration. Model building has been conducted using AnyLogic [5] in the context of the project “Smart Grid Solar (SGS)”, employing the energy framework i7AnyEnergy [6]. A closer look at the Epplas scenario will provide an example. This simulated local grid consists of 17 houses, 9 of which are equipped with PV modules as well as one central PV plant. Additionally, it includes a local energy storage to compensate for voltage fluctuation. The simulation shows a total energy demand of 31 MWh/a and an energy surplus of 172 MWh/a. Fig. 2 depicts the intraday voltage levels measured at the storage for three sampled out days of a simulat-

ed year. The amount of energy needed for stabilisation hereby depends on the time span during which the grid voltage exceeds 237 V. In addition to the aforementioned, basic possibility to evaluate different model sizes in one frame scenario, scenarios can also be juxtaposed. To accomplish this, project SGS is currently working on a platform for generic evaluation, based on GNU R, which will allow for more complex analyses of data such as the grid's overtime voltage decline or the occupancy rate of storage systems. The models and control units are constantly being adapted to the requirements of the project.

ed year. The amount of energy needed for stabilisation hereby depends on the time span during which the grid voltage exceeds 237 V.

In addition to the aforementioned, basic possibility to evaluate different model sizes in one frame scenario, scenarios can also be juxtaposed. To accomplish this, project SGS is currently working on a platform for generic evaluation, based on GNU R, which will allow for more complex analyses of data such as the grid's overtime voltage decline or the occupancy rate of storage systems. The models and control units are constantly being adapted to the requirements of the project.

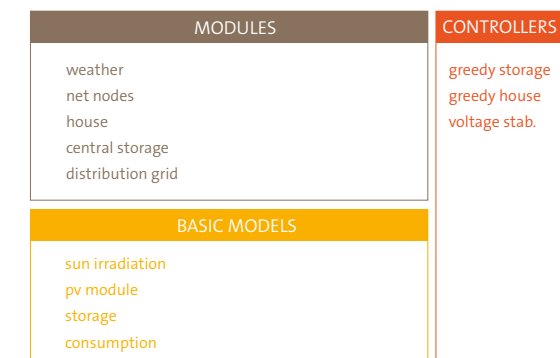
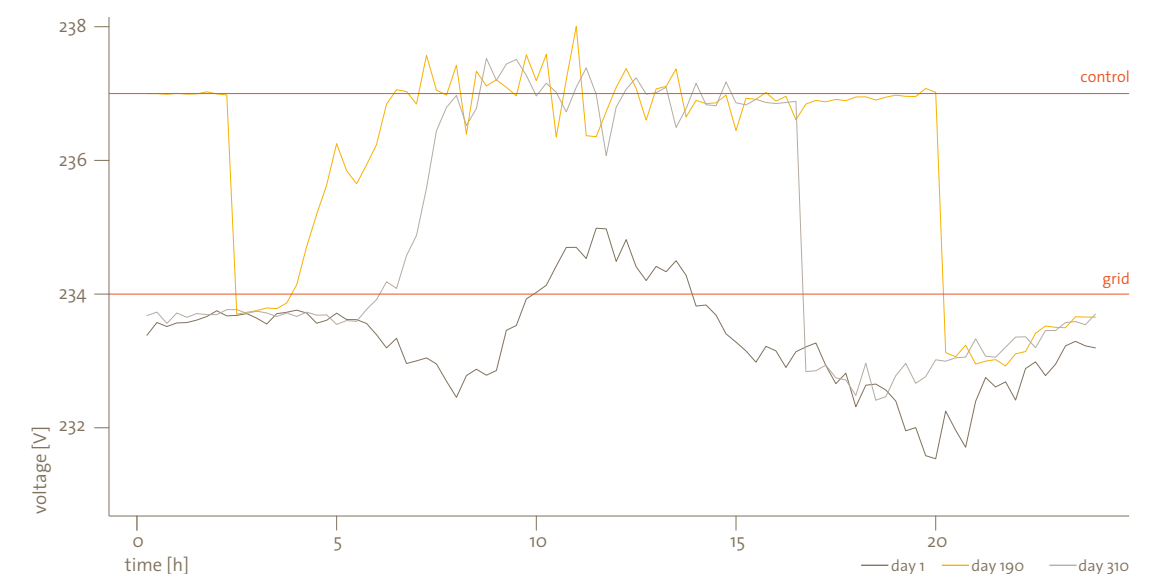


Abb. 1: Aufbau des Simulationsbaukastens für fluktuierende Leistung im Niederspannungsnetz

Fig. 1: Structure of the framework for simulating fluctuating electrical load in low voltage grids

Abb. 2: Spannungsverlauf am Ortsspeicher an drei ausgewählten Tagen des simulierten Jahres

Fig. 2: Intraday voltages at the central storage during three sampled days of the simulated year



### Autor | Author

P. Luchscheider

### Literatur | References

[1] A. Cagni et al., Characterisation of the aggregated load patterns for extrarban residential customer groups, MELECON 2004: proceedings of the 12<sup>th</sup> IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, Dubrovnik, Croatia, 12.-15.05.2004.

[2] E. Carpaneto et al., Probability distributions of the aggregated residential load, International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems 2006, Stockholm, Sweden, 11.-15.06.2006.

[3] J. F. Manwell et al., Solar Energy, 50 (1993) 399-405.

[4] P. Luchscheider et al., Zeitlich hochaufgelöste Simulation von Solarstrahlung zur Bewertung von Smart Grids, OTTI 29. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 12.-14.03.2014.

[5] The AnyLogic Company  
www.anylogic.com

[6] P. Bazan et al., Hybride Simulation eines Hauses mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher, OTTI 28. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany, 06.-08.03.2013.



## 2.10 OPTIMIERUNG VON REDOX-FLOW-BATTERIEN ZUR NETZSPEICHERUNG OPTIMISATION OF REDOX FLOW BATTERIES FOR GRID STORAGE

### Ansprechpartner | Contact

**M.Sc. Petra Dotzauer**  
Elektrochemische  
Energiespeicher  
Electrochemical Energy Storage

### Bereich | Division

Energiespeicherung  
Energy Storage

+49 89 329442-42  
petra.dotzauer@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

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

### Kooperationspartner | Partners

TU München, Lehrstuhl für Elek-  
trische Energiespeichertechnik  
(Prof. Dr.-Ing. A. Jossen)  
TU München, Lehrstuhl für Tech-  
nische Elektrochemie  
(Prof. Dr. H. A. Gasteiger)

Im Zuge der Energiewende vergrößert sich der Anteil regenerativer Energie in deutschen und internationalen Stromnetzen. Vor allem Wind- und Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) werden ausgebaut, können aber aufgrund fluktuierender Wetter- und Lichteinstrahlungsverhältnisse keine direkt an den Energiebedarf angepasste Stromversorgung sicherstellen. Speichersysteme ermöglichen es, Überschussstrom zu puffern und in Bedarfszeiten zur Verfügung zu stellen.

Wie bereits durch einige Pilotanlagen im kW- und MW-Bereich gezeigt werden konnte, eignen sich Redox-Flow-Batterien als stationäre Großspeichersysteme zur Zwischenspeicherung von fluktuierenden erneuerbaren Stromquellen [1]. Bei einer Redox-Flow-Batterie finden in einer Energiewandlereinheit elektrochemische Reaktionen statt, mit welchen das Speichermedium geladen bzw. entladen wird. Das Speichermedium wird in externen Tanks gelagert (Abb. 2). Ein Hauptvorteil der Redox-Flow-Batterie gegenüber anderen Batteriesystemen ist, dass aufgrund der Trennung von Wandlereinheit und Speichermedium das Anlagendesign insbesondere für Großanlagen flexibel gestaltet werden kann. Die Leistung des Systems hängt von Größe und Anzahl der Energiewandler ab, wohingegen sich die Speicherkapazität durch das Volumen des Speichermediums bestimmt. Vorteilhaft für einen Einsatz als Netzspeicher sind ferner die lange Lebenszeit des Speichermediums und der modulare Aufbau [2]. Angesichts der zunehmenden Relevanz von Energiespeichern ist es von Bedeutung, die wirtschaftliche Rentabilität zu steigern, um den breiten Einsatz der Redox-Flow-Batterie zu ermöglichen.

Im Rahmen des Projekts „Bayerisches Zentrum für Angewandte EnergieSpeicher-Technologien (ZAE-ST)“ werden Redox-Flow-Batteriesysteme auf ihre Anwendung als Netzspeicher optimiert. Ziel ist, das Speichersystem flexibel an unterschiedliche Anwendungs- und Betriebsbedingungen anzupassen. Dadurch kann die Gesamtenergieeffizienz in der jeweiligen Anwendung deutlich gesteigert werden, mit entsprechenden positiven Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Speichersystems.

Abb. 1: Redox-Flow-Einzelzelle am ZAE Bayern für experimentelle Analysen

Fig. 1: Redox flow single cell at ZAE Bayern for experimental analyses

In the course of the energy turnaround the share of renewable energies in German and international electricity grids is increasing. Most of all, the numbers of wind turbines and photovoltaic plants are on the rise, while these systems are unable to ensure the provision of electricity fitted to the current demand because of unstable weather and lighting conditions. Storage systems allow for the buffering of excess electricity to be provided whenever necessary.

Pilot plants (kW and MW range) have already proven that redox flow batteries are suitable stationary mass storages for buffering fluctuating sources of renewable energy [1]. Redox flow batteries use electrochemical reactions within an energy conversion unit to charge or discharge the medium, which is stored in external tanks (Fig. 2). One of the main advantages of redox flow batteries is that the separation of conversion unit and storage medium allows for high flexibility in plant design, especially on large scales. While the performance of the system depends on the size and number of the conversion units incorporated, the capacity is determined by the physical volume of the storage medium. Other advantages for use as a buffer storage in grids are modularity and the medium's long lifecycle [2]. Given the increasing relevance of energy storages, their economic viability needs to be improved in order to allow for a more widespread usage of redox flow batteries.

Within the frame of the project “Bavarian Center for Applied EnergyStorage-Technology (ZAE-ST)” redox flow batteries are optimised for use in grid storage. The overall aim is flexible adaptation of the storage system



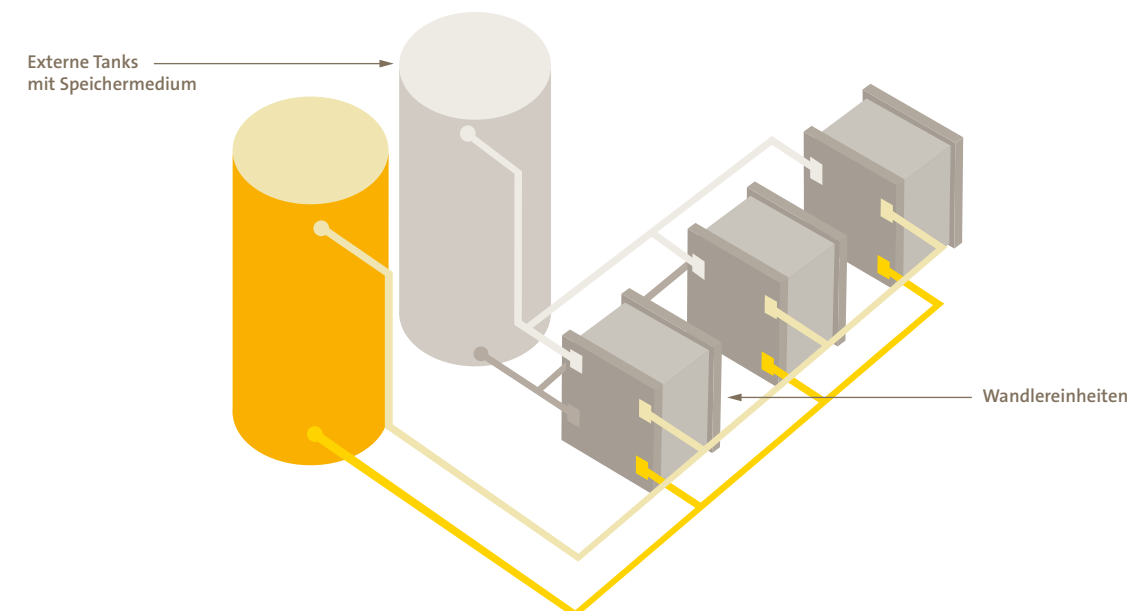
Die Optimierung erfolgt in enger Kopplung von experimentellen und simulativen Untersuchungen. Dafür wurde am ZAE Bayern ein Redox-Flow-Batterietestsystem entwickelt, mit dem sich industrielle Wandlereinheiten sowie eigene Prototypen und Testzellen in einem breiten Leistungsbereich (bis zu 15 kW) charakterisieren lassen (Abb. 1). Aus der Analyse dieser Ergebnisse können Parameter gewonnen werden, die dann in ein Simulationsmodell einfließen. Dieses besteht aus einem elektrochemischen Basismodell, das durch weitere Teilmodelle, welche z. B. thermische und hydraulische Effekte abbilden, ergänzt ist. Dieser multiphysikalische Aufbau ermöglicht, das gesamte Batteriesystem sehr detailliert und realitätsnah nachzubilden. Somit können die mit dem Modell entwickelten Regelalgorithmen direkt auf den Teststand übertragen und dort überprüft werden. Im finalen Modell wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungskonfigurationen (von der PV-Anlage mit Speicher zur Eigenverbrauchssteigerung bis zur Industrieanwendung, in der zusätzliche Netzdienstleistungen von der Batterie übernommen werden können) abgebildet und optimiert.

to varying modes of application and operating conditions. This allows a drastic increase in energy efficiency for the respective applications and, therefore, a positive effect on the storage system's economic efficiency.

This optimisation is closely linked to experimental and simulative analyses. For this purpose, ZAE Bayern has developed a redox flow battery testing system allowing characterisation of industrial grade conversion units as well as our own prototypes and test cells over a wide power spectrum of up to 15 kW (Fig. 1). The parameters found in these tests are applied in our simulation model which builds on a basic electrochemical model, complemented by further, partial models implementing, among others, thermal and hydraulic effects into the simulation. This multiphysical setup enables us to reproduce the entire battery system in a very detailed and realistic manner. Therefore, control algorithms developed using this model can immediately be applied to and validated in the testing system. The final model allows for simulation and optimisation of various application configurations, ranging from PV home-storage systems to industrial applications in which the battery provides additional grid services.

Abb. 2: Schematischer Aufbau einer Redox-Flow-Batterie

Fig. 2: Schematic of a redox flow battery



### Autor | Author

P. Dotzauer

### Literatur | References

[1] G. Kear et al., International Journal of Energy Research, 36 (2012) 1105-1120.

[2] G. Soloveichik, Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering, 2 (2011) 503-527.

## 2.11 NEUE VERFAHREN ZUR MESSUNG THERMOPHYSIKALISCHER EIGENSCHAFTEN NOVEL METHODS FOR MEASURING THERMOPHYSICAL PROPERTIES

### 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 217257)

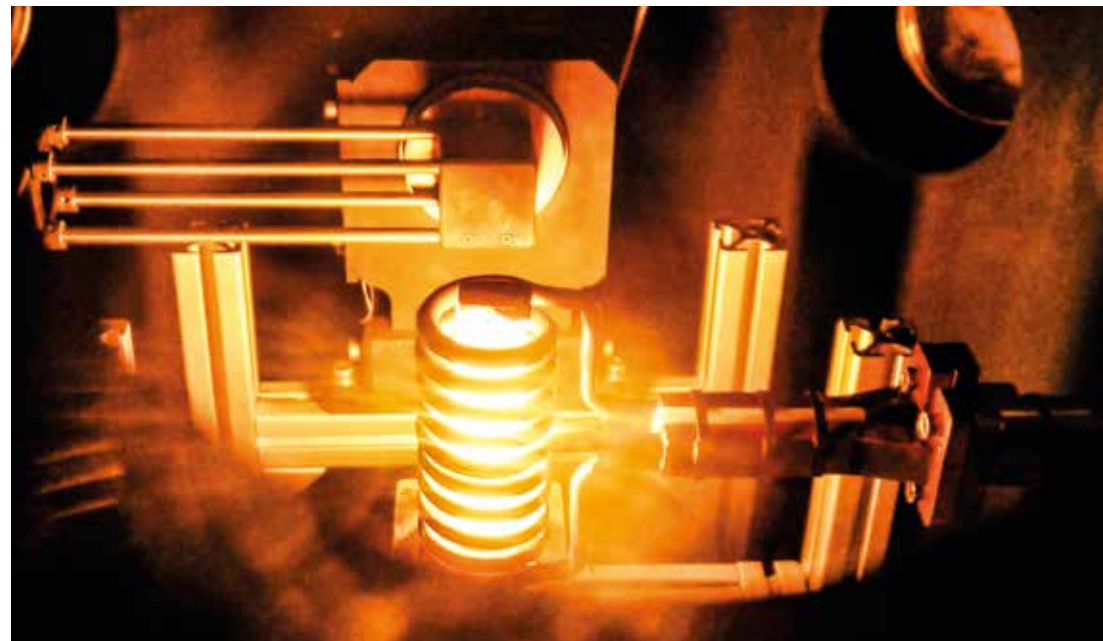
### Kooperationspartner | Partners

insgesamt 18 Partner aus  
Forschung und Industrie

Die Energieeffizienz ist eine tragende Säule der Energie-wende. Energieeffiziente Materialien, Komponenten und Systeme liefern einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des Energiebedarfs sowie zur Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen und damit zur Erreichung der anvisierten Klimaziele. Ein wichtiger Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz ist die thermophysikalische Verbesserung von Materialien, Komponenten und Systemen für den Einsatz im Hochtemperaturbereich, insbesondere hinsichtlich einer Reduktion des Wärmedurchgangs durch diese Materialien und einer Verminderung der Wärmeübertragung zwischen den Materialoberflächen. Die ökologische und ökonomische Relevanz einer solchen Optimierung wird deutlich, wenn man beachtet, dass ca. 60% aller Industrie-prozesse thermische Prozessschritte sind.

Infrarotstrahlung liefert bereits bei Raumtemperatur einen signifikanten Beitrag zum Wärmetransport und stellt bei hohen Temperaturen den dominierenden Anteil dar [1]. Eine Erhöhung der Energieeffizienz erfordert somit verbesserte infrarot-optische Eigenschaften der eingesetzten Materialien. Die Entwicklung neuer Materialien mit den geforderten Eigenschaften sowie die entsprechende Optimierung bestehender Materialien setzt die genaue Kenntnis der Materialparameter unter den jeweiligen Einsatzbedingungen im Hochtemperaturbereich voraus (Abb. 1).

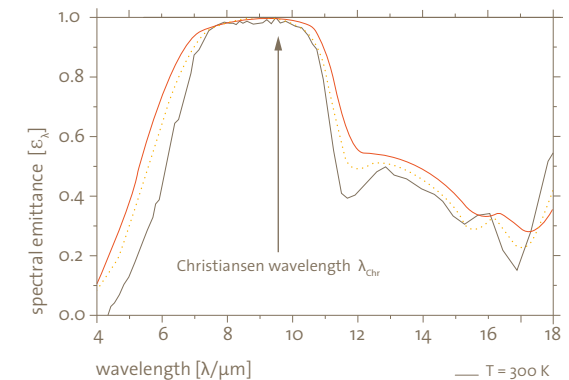
Abb. 1: Mittels Induktionsspule beheizter Schwarzer Strahler zur Durchführung von Referenzmessungen  
Fig. 1: Picture of a black body which is heated by an inductor and used for reference point measurements



Energy efficiency is a mainstay of the energy turn-around. Energy-efficient materials, components, and systems contribute significantly to reducing the overall energy demand as well as decreasing greenhouse gas emissions and, thus to achieving the agreed climate objectives. An important step towards improving energy efficiency is the thermophysical improvement of materials, components and systems for usage in high temperature applications, particularly concerning the reduction of heat transport through these materials and the decrease of surface-to-surface heat transfer. The ecological and economic relevance of such steps becomes striking when considering that thermal process steps make up about 60% of all industrial processing. Already at room temperature infrared radiation makes up a significant portion of the heat transported which increases with temperature [1]. Therefore, in order to enhance energy efficiency, the infrared-optical properties of the applied materials need to be improved. The development of new materials as well as the improvement of existing ones requires precise knowledge of these materials' physical properties under high temperature operating conditions (Fig. 1).

Abb. 2: Spektraler Emissionsgrad einer Aluminiumoxid-Keramik in Abhängigkeit von der Wellenlänge für verschiedene Temperaturen. Deutlich erkennbar ist die Christiansen-Wellenlänge, bei welcher der Emissionsgrad gleich 1 ist

Fig. 2: Spectral emittance of alumina as a function of the wavelength for different temperatures. The Christiansen wavelength, for which emittance equals 1, is marked in the graph



### Autor | Author

M. Arduini-Schuster, J. Manara

### Literatur | References

[1] M. Seifert et al., HTM – Journal of Heat Treatment and Materials, 69 (2014) 182-191.

[2] D. Gerstenlauer et al., Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 135 (2014) 44-49.

[3] J. Manara, Long wavelength infrared radiation thermometry for the measurement of ceramic thermal barrier coatings, 20<sup>th</sup> European Conference on Thermophysical Properties (ECTP), Porto, Portugal, 30.08.-04.09.2014.

Zur exakten Ermittlung der infrarot-optischen Kenngrößen [2] werden daher in der Arbeitsgruppe Angewandte IR-Metrologie neuartige Messmethoden entwickelt und evaluiert, wie beispielsweise eine Apparatur zur Bestimmung des Emissionsgrades bei hohen Temperaturen. Damit ist es möglich, die Wärmeabstrahlung von Oberflächen unter extremen Bedingungen hochgenau zu erfassen [3]. Die metrologische Komplexität ergibt sich dabei vor allem durch die Kombination aus neuen Materialien und extremen Umgebungsbedingungen, die leistungsfähige und zuverlässige Messverfahren erfordern. Insgesamt erfüllen die entwickelten Apparaturen höchste Ansprüche hinsichtlich Genauigkeit und Rückführbarkeit. Die Messunsicherheiten der Aufbauten werden regelmäßig im Rahmen von nationalen und internationalen Ringvergleichen verifiziert und dokumentiert.

Die Erweiterung der metrologischen Expertise erfolgt unter anderem im Rahmen des EU-Projektes „High Temperature Metrology for Industrial Applications (HiTeMS)“, das innerhalb des „European Metrology Research Programme (EMRP)“ angesiedelt ist. An diesem Projekt sind 18 Partner beteiligt, bei denen es sich sowohl um metrologische Staatsinstitute als auch um Industrieunternehmen handelt. Dadurch sind einerseits die messtechnische Exzellenz und andererseits die industriennahe Anwendung der Forschungsergebnisse sichergestellt. Darüber hinaus ermöglicht die enge Kooperation der Arbeitsgruppe Angewandte IR-Metrologie mit den Arbeitsgruppen Thermische Analyse (Bestimmung von Wärmeleitfähigkeiten) und Nanomaterialien (Synthese neuer Materialien) die umfassende infrarot-optische und thermische Charakterisierung neuer Materialien ebenso wie die zielgerichtete Entwicklung und Optimierung dieser Materialien für Hochtemperaturanwendungen (Abb. 2).

Consequently the Applied IR Metrology group is developing and evaluating novel methods of measurement for the accurate determination of infrared optical properties [2], for example an apparatus that helps determining the rate of infrared emission at high temperatures. It allows precise detection of surface-emitted infrared radiation under extreme conditions [3]. The reason for the metrological complexity of these setups is their combination of new materials and extreme environmental conditions, which call for efficient and reliable methods of measurement. Overall, the developed equipment meets the highest standards in terms of accuracy and traceability. The measurement inaccuracies of these setups and procedures undergo constant documentation and verification through national and international round robin tests.

We extend our metrological expertise, inter alia, as a contributor to the EU project “High Temperature Metrology for Industrial Applications (HiTeMS)”, which is part of the “European Metrology Research Programme (EMRP)”. This project is carried out by a total of 18 partners such as national metrology institutes and industrial companies. This ensures metrological excellence on the one hand and industry-oriented application of the findings on the other. Furthermore, close cooperation between the Applied IR Metrology group and the Thermal Analysis (determination of thermal conductivities) and Nanomaterials (synthesis of new materials) groups allows for precise infrared-optical and thermal characterisation of new materials as well as specific development and optimisation of materials for high temperature applications (Fig. 2).



## 2.12 KORRELATION MECHANISCHER UND THERMISCHER EIGENSCHAFTEN PORÖSER FESTKÖRPER CORRELATION OF MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES IN POROUS SOLIDS

### Ansprechpartner | Contact

**Dr. Gudrun Reichenauer**  
Gruppenleiterin,  
Nanomaterialien  
Head of Group,  
Nanomaterials

### Bereich | Division

Energieeffizienz  
Energy Efficiency

+49 931 70564-328  
gudrun.reichenauer@  
zae-bayern.de

Kann ein Wärmedämmmaterial mehr als nur gut dämmen? Das zentrale Qualitätsmerkmal eines Dämmmaterials ist natürlich seine niedrige Wärmeleitfähigkeit, aber für die praktische Anwendung spielen auch die Handhabbarkeit und die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes eine entscheidende Rolle. Die neuesten Materialentwicklungen auf dem Gebiet der technischen Wärmedämmung basieren auf nanoporösen Materialien mit Wärmeleitfähigkeiten bei Umgebungsbedingungen von unter 0,017 W/(mK). Diese niedrigen Werte ergeben sich aus der starken Unterdrückung des Wärmetransports entlang der Gasphase in den Poren dieser hochporösen Werkstoffe [1]. Im Gegensatz zu hochporösen Schäumen mit Poren im Mikrometerbereich wird die Wärmeleitung über die Festkörperphase bei nanoporösen Dämmmaterialien zum dominierenden Mechanismus des Gesamtwärmetransports.

Wie sieht es nun mit den mechanischen Eigenschaften der nanoporösen Dämmmaterialien aus? Ist es möglich, diese zu verbessern, ohne gleichzeitig die Wärmeleitfähigkeit zu erhöhen?

Sowohl die mechanischen Eigenschaften als auch die Festkörperwärmeleitfähigkeit des nanoporösen Materials werden durch die Eigenschaften der Feststoffphase, die Porosität des porösen Werkstoffes und die geometrischen Eigenschaften seiner Mikrostruktur bestimmt (Abb. 1). Die makroskopische mechanische Steifigkeit des porösen Materials ergibt sich aus dem Widerstand, den die einzelnen Netzwerkelemente der Mikrostruktur einer Verformung entgegensetzen. Dieser hängt von der Richtung der angreifenden Kraft und der Geometrie des Netzwerkelementes ab. Es ist leicht verständlich, dass unterschiedlich hohe Verformungen entstehen, je nachdem, ob ein Netzwerkelement mit gleicher Kraft entlang seiner Achse gestaucht oder gebogen wird. Physikalische Modelle zeigen, dass die Netzwerkelemente in hochporösen Materialien vorwiegend auf Biegung belastet werden, sodass der Widerstand gegen Verformung quadratisch von der Länge der Netzwerkelemente abhängt [2]. Im Gegensatz hierzu ist für die Wärmeleitfähigkeit lediglich die Länge des Weges von der „heißen“ zur „kalten“ Seite, d. h. die Verknüpfung der Netzwerksegmente von Interesse (Abb. 1).

Um die Korrelation zwischen den mechanischen Eigenschaften und dem Festkörperwärmetransport zu analysieren, wurden organische (Polyurea) Aerogele mit unterschiedlicher Mikrostruktur systematisch untersucht. Die Experimente zeigen, dass sich die quadratische Abhän-

Can thermal insulation material do more than just insulate well? The main quality looked for in insulation is of course low thermal conductivity, but in practical applications other characteristics, such as easy handling or the mechanical properties of the material, can play an important role. The latest developments in technical insulation rely on nano-porous materials with thermal conductivities as low as 0.017 W/(mK) or less. These low numbers are achieved by strong suppression of the heat transfer along the gas phase within the pore [1]. Contrary to highly porous foams, the dominating mechanism of heat transport in nano-porous materials is the heat transport along the solid framework.

So, what are the mechanical properties of nano-porous solids then? And can they be improved without loss of thermal insulation capability?

Both the mechanical stiffness and solid thermal conductivity of nano-porous materials are determined by the physical properties of the backbone material, the porosity of the insulator itself, and the geometry of its micro-structure (Fig. 1). The porous material's macroscopic stiffness is ruled by the stiffness of the struts that make up its microstructure. The stiffness of these struts, in turn, depends on the direction of the applied force and the geometry of the struts. Of course, different grades of deformation will manifest, depending on whether the struts are compressed vertically or bent horizontally with comparable force. Physical models show that in microstructural elements of nano-porous materials bending is the predominant type of deformation and that, therefore, the stiffness of a strut is a quadratic function of its length [2]. Contrary to this, thermal conductivity only depends on the distance between the hot and cool sides of the material, i. e. the microstructural connectivity (Fig. 1).

In order to examine the correlation between mechanical stiffness and solid thermal conductivity more closely, we systematically tested organic (polyurea) aerogels with different microstructures. Our findings show that, surprisingly, the quadratic dependency expected to determine the macroscopic stiffness and solid thermal conductivity in simple cell structures also applies to highly porous materials with complex nanostructures ( $c_{11} \sim \lambda_s^2$ , Fig. 2) [3]. For the aerogels tested, neither a highly inhomogeneous micro-network structure nor a specifically anisotropic preparation of it or a change of the network elements from struts to string-of-pearls-like elements could alter the quadratic dependency

gigkeit, die für die makroskopische mechanische Steifigkeit und Festkörperwärmeleitfähigkeit bei einfachen Zellstrukturen erwartet wird, überraschenderweise auch bei hochporösen Materialien mit komplexen Mikrostrukturen zeigt ( $c_{11} \sim \lambda_s^2$ , Abb. 2) [3]. Bei den untersuchten Aerogelen hat weder die stark ungeordnete Netzwerkgeometrie noch eine gezielt anisotrope Präparation der Mikrostruktur oder eine geometrische Veränderung in der Erscheinungsform der Netzwerkelemente von zylindrischer zu perlenkettentartiger Geometrie einen Einfluss auf diesen Zusammenhang [3-5].

Bedeutet das nun, dass die mechanische Steifigkeit und die Festkörperwärmeleitfähigkeit in porösen Medien untrennbar miteinander verknüpft sind und eine bessere mechanische Performance auf Kosten von Dämmeigenschaften erkaufte werden muss? Nein, denn es gibt noch weitere Einflussgrößen, wie z. B. die Homogenität der Netzwerkstruktur, die Querschnittsgeometrie einer Stäbe, der Krümmungsgrad der Netzwerkelemente oder der Anteil der stauchungsdominierten Verformung im System, die einen Ansatzpunkt für eine Abweichung von der quadratischen Korrelation bieten (Abb. 2), da sie die mechanischen Eigenschaften stärker beeinflussen als die Festkörperwärmeleitfähigkeit des porösen Materials [3].

[3-5]. So does this necessarily mean that mechanical stiffness and solid thermal conductivity are inseparably connected and that thermal conductivity always increases with mechanical stiffness? It does not. There are further factors which can cause derivation from the quadratic dependency such as the microstructure's homogeneity, the struts' cross-sectional geometry, the degree of flexion of micro-elements or their tortuosity (Fig. 2), since these have a bigger impact on the mechanical stiffness of the porous material than on its solid thermal conductivity [3].

### Autor | Author

L. Weigold, G. Reichenauer

### Literatur | References

- [1] G. Reichenauer et al., Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 300 (2007) 204-210.
- [2] L. J. Gibson et al., Cellular Solids, 2 ed., Cambridge University Press, Oxford, 1997.
- [3] L. Weigold et al., Journal of Non-Crystalline Solids, 406 (2014) 73-78.
- [4] L. Weigold et al., Journal of Non-Crystalline Solids, 368 (2013) 105-111.
- [5] L. Weigold et al., Sensitivity of mechanical stiffness and solid phase thermal conductivity on micro-structural changes in polyurea aerogels, International Seminar on Aerogels, Hamburg, Germany, 05.-07.10.2014.

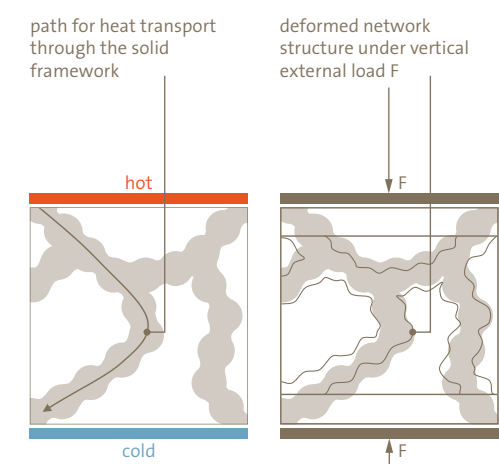


Abb. 1: Schematische Darstellung der mikroskopischen Effekte von dem Wärmetransport entlang der Festkörperstruktur  $\lambda_s$  und der mechanischen Steifigkeit  $c_{11}$  in Richtung der angelegten Kraft in einem hochporösen Material

Fig. 1: Schematic picture of the microscopic effects that define the heat transport along the solid framework  $\lambda_s$  and mechanical stiffness  $c_{11}$  in the direction of the applied force in highly porous materials

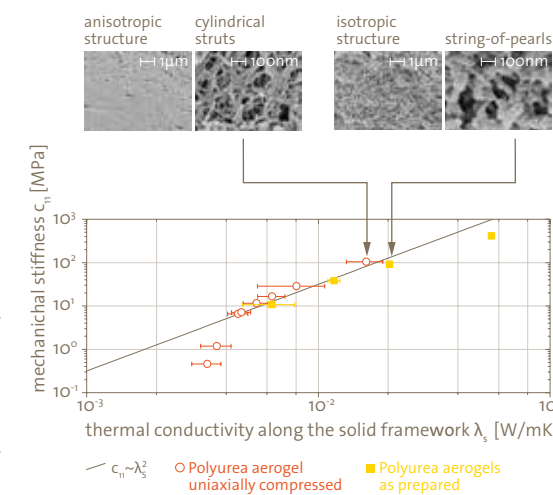


Abb. 2: Doppel-logarithmische Darstellung der Korrelation zwischen mechanischer Steifigkeit  $c_{11}$  und Wärmeleitfähigkeit über das Festkörpergerüst  $\lambda_s$ . Die geschlossenen Symbole bezeichnen die gemessenen Eigenschaften von Polyurea Aerogelen mit unterschiedlicher Dichte, die offenen Symbole die Eigenschaften eines uniaxial komprimierten Polyurea Aerogels in Richtung der Kompression. Die Korrelation  $c_{11} \sim \lambda_s^2$  ist eingezeichnet und die mit dem Rasterelektronenmikroskop aufgenommenen Bilder zeigen, wie unterschiedlich die Struktur von zwei Proben mit annähernd gleichen makroskopischen Eigenschaften sein kann

Fig. 2: Double-logarithmic plot of the correlation between mechanical stiffness  $c_{11}$  and thermal conductivity along the solid framework  $\lambda_s$ . The closed symbols show the experimentally determined properties of polyurea aerogels of different density while the open symbols mark the properties of a uniaxially compressed polyurea aerogel in the direction of compression. The mathematical correlation  $c_{11} \sim \lambda_s^2$  is represented by a solid line and the pictures taken with scanning electron microscopy (SEM) show the difference in micro-structural character of two samples with almost identical macroscopic properties

## 2.13 KONTAKTLOSE TEMPERATURMESSUNG MIT HILFE VON LEUCHTSTOFFEN CONTACTLESS THERMOMETRY EMPLOYING LUMINESCENT MATERIALS

### Ansprechpartner | Contact

**Dr. Andreas Vetter**  
Gruppenleiter, Bildgebende  
Verfahren und Thermosensorik  
Head of Group,  
Imaging and Thermosensorics

### Bereich | Division

Erneuerbare Energien  
Renewable Energies

+49 9131 9398-176  
andreasvetter@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Freistaat Bayern im Rahmen der  
Initiative „Aufbruch Bayern“  
(FKZ VIII/4B-3665a/18/7)

Die exakte Messung der Temperatur von Oberflächen stellt den Anwender immer wieder vor Herausforderungen vor allem in den Bereichen Grundlagenforschung, Ingenieurwissenschaften und Medizin. Die kontaktlose Temperaturmessung auf Basis von temperaturabhängigen Leuchtstoffen bietet hier neue Anwendungsmöglichkeiten.

Bei der „klassischen“ Messung mit Thermoelementen spielt eine gute Anbindung des Thermoelements an das messende Objekt eine kritische Rolle. Abhilfe von solchen invasiven Methoden bietet die kontaktlose Infrarot-Thermografie. Diese nutzt den Fakt, dass jeder Körper elektromagnetische Strahlung aussendet, die mit speziellen Detektoren und Kameras gemessen werden kann. Je wärmer der Körper, desto mehr strahlt dieser im Allgemeinen. Die Strahlung hängt stark vom Material und dessen Emissionsgrad ab, der gerade bei höheren Temperaturen wiederum nicht konstant und oftmals nur ungenau bekannt ist. Eine Möglichkeit zur kontaktlosen Temperaturbestimmung bieten am ZAE Bayern untersuchte Messverfahren, die auf temperaturabhängigen Leuchtstoffen basieren. Diese stellen eine ausgezeichnete Alternative zur genauen Temperaturmessung dar und haben ihre Einsatzmöglichkeiten insbesondere bei hohen Temperaturen und über große Temperaturbereiche [1-2].

Bei diesen Verfahren wird in sehr geringen Mengen ein Leuchtstoff auf das Messobjekt aufgebracht und mit einer Lichtquelle bestrahlt. Durch das Licht werden Elektronen angeregt. Diese re-emittieren wiederum Strahlung, die mit einem Detektor gemessen wird. Das genaue Verhalten der Elektronen ist abhängig von der Temperatur. So kann sich beispielsweise die Intensität der Remission bei zwei Wellenlängen (Farben) ändern, wie bei der Messung in Abb. 1 zu sehen ist.

Der Fokus der Arbeitsgruppe Bildgebende Verfahren und Thermosensorik (IMT) liegt auf der Entwicklung kostengünstiger und einfacher Messtechnik, um damit ein breiteres Anwendungsspektrum dieser neuen Verfahren zu realisieren. Bisherige Messverfahren verwenden spezielle UV-Laser, die qualitativ hochwertige Messungen erlauben, aber in der Anschaffung teuer sind. Die Arbeitsgruppe IMT untersucht mögliche Leuchtstoffe, die mit sichtbarem blauem Licht angeregt werden können. Neben den deutlich geringeren Investitionskosten bietet dieses Vorgehen auch erhebliche sicherheitstechnische Vorteile.

Exact measurement of surface temperatures is a common but often challenging task in the fields of basic scientific research, engineering, and medicine. But contactless thermometry employing temperature-sensitive luminescent materials offers a range of possible new applications.

In “classic” applications using thermocouples, the physical contact between thermocouple and sample surface is essential. To avoid such invasive methods they can be substituted by contactless infrared thermography which benefit from the fact that every object emits electromagnetic radiation, measurable with the appropriate detectors and cameras. As a general rule, the warmer a body is the more radiation it emits. Radiation highly depends on the respective material and its emissivity which rarely is documented precisely and tends to be inconstant at high temperatures. Measuring techniques employing temperature-sensitive luminescent materials, examined at ZAE Bayern, offer a different way of contactless measurement. They present an excellent alternative means of precise thermometry, particularly for high temperatures and wide temperature ranges [1-2].

For our method the sample is coated in a very thin layer of a luminescent material and then illuminated by a light source. The light stimulates electrons in the luminescent coat to re-emit radiation, measurable with a detector. The electrons’ particular behaviour depends on temperature. For example, the intensity of re-emission can alternate at two different wavelengths (i. e. colours) as depicted in Fig. 1.

The focus of the Imaging and Thermosensorics (IMT) group lies on developing simple and cost-efficient measurement methods to allow a wider application spectrum of luminescent thermometry. Present thermometry methods use special UV lasers which allow for very exact measurements but are also very expensive. The IMT group is testing a range of possible luminescent materials which can be stimulated by visible blue light. Apart from drastically lowered cost these also offer significant advantages in operating safety.

To allow for testing of a range of luminescent materials in a reasonable timeframe we implemented a semi-automated testing setup. This enables us to search for luminescent materials suited to very particular applications. YAG:Sm, for example, proved itself to be a very

Um verschiedene Leuchtstoffmaterialien in einer vertretbaren Zeit testen zu können, wurde ein halbautomatisierter Messstand aufgebaut. Dadurch ist eine gezielte Suche nach den idealen Leuchtstoffen für spezifische Anwendungen möglich. Bei den Tests erwies sich beispielsweise YAG:Sm als ein äußerst geeigneter Leuchtstoff. Bei einer Anregung von 405 nm (blau) hat er ein zur Temperaturbestimmung sehr attraktives Leuchtverhalten, wie in der Kalibrierkurve (Abb. 2) zu sehen ist. Weitere Schritte sind die Erweiterung dieser Messtechnik hin zur gepulsten Anregung sowie zur zeitlich aufgelösten Messung. Dies ermöglicht in Kombination mit einer Lock-in-Auswertung punktuelle Messungen, bei denen das Umgebungsrauschen stark unterdrückt werden kann und somit eine höhere Messgenauigkeit erzielt wird. Des Weiteren forscht die Arbeitsgruppe IMT an einer einfachen Umsetzung des Messprinzips hin zur bildgebenden Temperaturbestimmung mithilfe von Leuchtstoffen.

suitable thermographic luminescent. Stimulated at a wavelength of 405 nm (blue) its luminescence was clearly visible, as shown in Fig. 2. Further measures will be an extension of our methods by pulsed stimulation and application over extended periods of time. In combination with lock-in analysis this allows for selective measurements with considerably suppressed background noise and, therefore higher precision. Finally, the IMT group is looking for a simple technical implementation of this technology in order to advance the field of luminescent thermometry.

### Autor | Author

A. Vetter

### Literatur | References

[1] A. H. Khalid et al., *Sensors*, 8 (2008) 5673-5744.

[2] J. Brübach et al., *Progress in Energy and Combustion Science*, 39 (2013) 37-60.

Abb. 1: Temperaturabhängige Lumineszenz von YAG:Sm  
Fig. 1: Luminescence of YAG:Sm at various temperatures

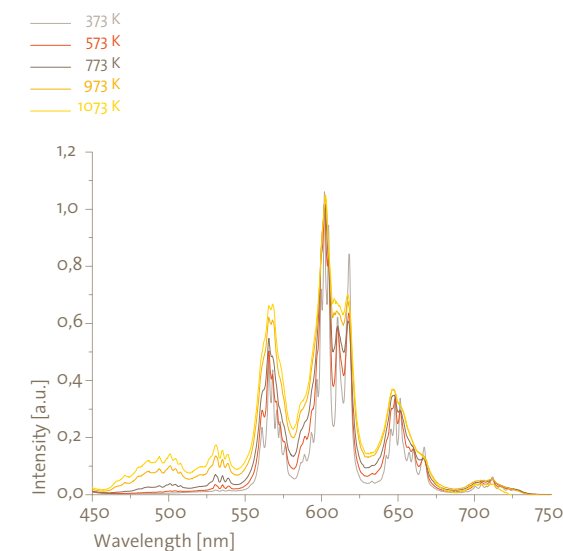
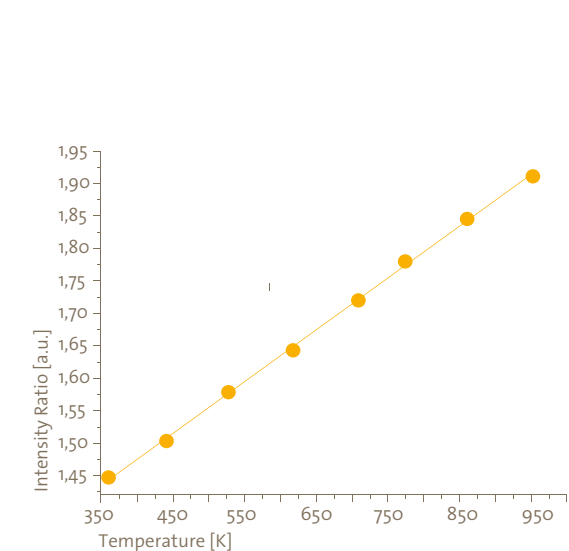


Abb. 2: Kalibrierkurve von YAG:Sm  
Fig. 2: Calibration curve of YAG:Sm





## 2.14 VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG THERMISCHER KONTAKTWIDERSTÄNDE METHOD FOR THE DETERMINATION OF THERMAL CONTACT RESISTANCE

### Ansprechpartner | Contact

**Dipl.-Phys. Stephan Vidi**  
Gruppenleiter,  
Thermische Analyse  
Head of Group,  
Thermal Analysis

### Bereich | Division

Energieeffizienz  
Energy Efficiency

+49 931 70564-350  
stephanvidi@zae-bayern.de

### Fördermittelgeber | Funding

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie  
(FKZ 03ESP230A)

Ein wichtiger, oft aber vernachlässigter Parameter beim Transport von Wärme ist der thermische Kontaktwiderstand. Dieser tritt immer dort auf, wo zwei Materialien sich berühren, verstärkt, wenn es sich dabei nur um kraftschlüssige und nicht um stoffschlüssige Verbindungen handelt. Im Bereich niedrig wärmeleitender Materialien sind diese Widerstände oft vernachlässigbar. Erhöht sich die Wärmeleitfähigkeit der betrachteten Materialien, so müssen Kontaktwiderstände in Simulationen und Berechnungen mit einbezogen werden, um tragbare Aussagen über den Wärmetransport treffen zu können.

Thermische Kontaktwiderstände finden sich in vielen Produkten des Alltags wieder, treten aber auch bei industriellen Prozessen wie beispielsweise der Kunststoffbearbeitung auf. Die bei der Verarbeitung zwischen den Kunststoffen und den Werkzeugen auftretenden thermischen Widerstände sind oft nicht bekannt und verhindern so eine optimale Einstellung der Bearbeitungsparameter. Die Folgen davon sind höhere Bearbeitungszeiten und eine niedrigere Effizienz. Auch die Qualität des fertigen Produkts kann dadurch beeinträchtigt werden.

Um ein besseres Verständnis von Kontaktwiderständen zu erhalten, führt die Arbeitsgruppe Thermische Analyse Untersuchungen mit einer modifizierten Stabapparatur durch (Abb. 1). Während das klassische Stabapparatur-Messverfahren für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von thermisch mittel- bis hochleitenden Proben entwickelt wurde, sind die Messmöglichkeiten der in der Arbeitsgruppe Thermische Analyse eingesetzten Stabapparatur erweitert worden, um verschiedene weitere thermische Parameter untersuchen zu können.

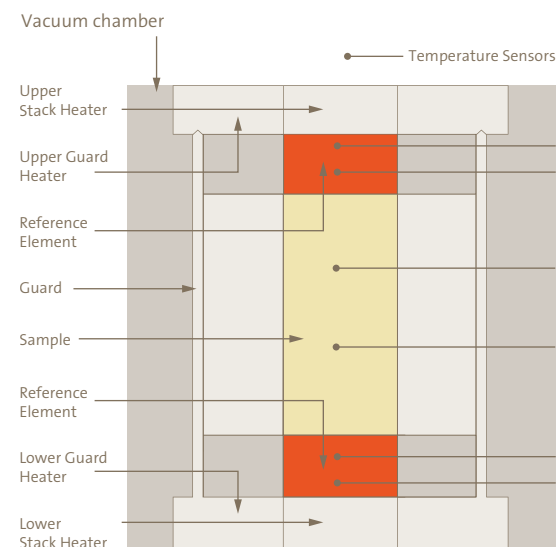
Abb. 1: Prinzipieller Aufbau der Stabapparatur  
Fig. 1: Setup of the cut-bar apparatus

Abb. 2: Gasdruckabhängiger thermischer Kontaktwiderstand vor und nach Erhöhung der externen Belastung  
Fig. 2: Thermal contact resistance in dependency of gas pressure before and after application of an external load on the sample stack

Thermal contact resistance is an important, nevertheless often neglected parameter in heat transport. It occurs wherever two materials touch, especially if the contact is purely mechanical. These resistances are usually negligible for materials with low thermal conductivity but need to be considered for more thermally conductive materials in order to be able to make reliable statements on heat transport.

Thermal contact resistances are a part of many everyday products but also of industrial processes such as the processing of plastics. Thermal contact resistances between the tools and medium are often unknown which makes process optimisation difficult. Consequently, processing takes longer while production efficiency and possibly the quality of the final product decline.

To gain a better understanding of thermal contact resistances the Thermal Analysis group conducts tests employing a modified cut-bar apparatus (Fig. 1). While the common cut-bar measuring technique was developed to determine exact numbers for materials with average or high thermal conductivity, the method has been enhanced by the Thermal Analysis group to allow the analysis of further thermal parameters.



Es wurden Messverfahren und spezielle Auswerteverfahren entwickelt, um Wärmespeichereigenschaften, wie z. B. die Schmelzenthalpie von Latentwärmespeichermaterialien (PCM), im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Messmethodik zur thermischen Charakterisierung von PCM-Wärmespeicherkomponenten (PCM-Metro)“ zu untersuchen. Hierbei wird der gesamte Probenstapel einem Temperatursprung unterworfen, und die Wärmeströme in die zu untersuchende Probe werden bestimmt. Spezielle Korrekturverfahren erlauben hierbei die genaue Bestimmung der aufgenommenen oder abgegebenen Wärmemenge.

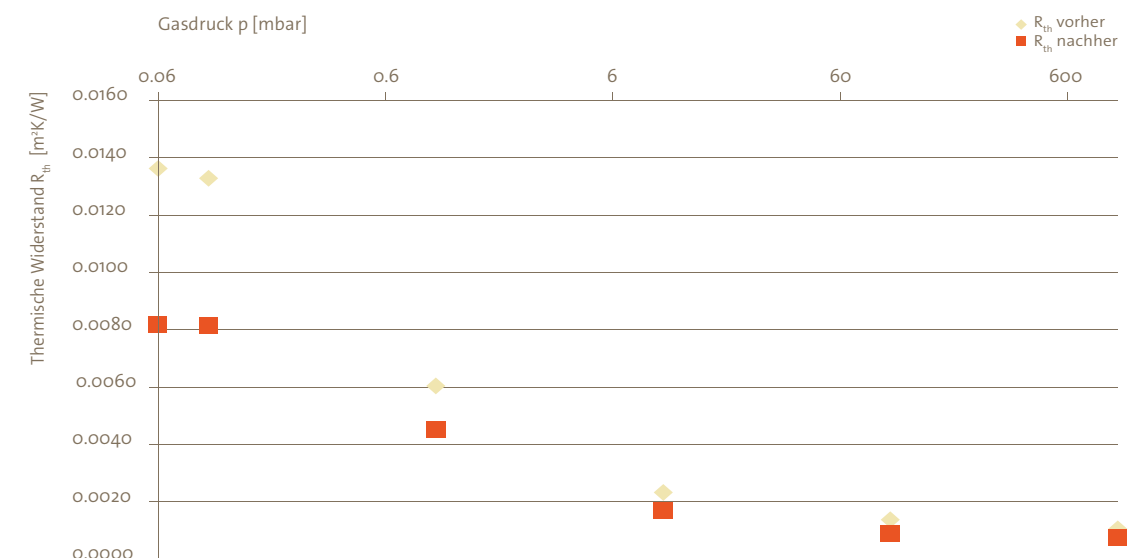
Im Bereich der thermischen Kontaktwiderstände wurden in Studienarbeiten Modelle zur Vorhersage von thermischen Kontaktwiderständen erstellt. Messungen des gasdruckabhängigen Kontaktwiderstands (Abb. 2) geben Auskunft über die mittlere Rauheit der sich berührenden Körper. Somit können über die Rauheit und die Festigkeit der betrachteten Materialien Rückschlüsse auf die auftretenden thermischen Kontaktwiderstände gezogen werden.

Methods for measuring and evaluation of parameters such as the melting enthalpy of phase change materials (PCM) were developed in the framework of the “Development of Measurement Methodology for the Thermal Characterisation of PCM Heat Storage Components (PCM-Metro)” project. During these measurements an entire stack of samples is exposed to a temperature jump while the heat flow in one of the samples is measured. A specific method of correction hereby allows for exact determination of the quantity of heat absorbed or emitted.

Our research has resulted in theoretical models for the prediction of thermal contact resistance. Measurements of the gas pressure dependent thermal contact resistance (Fig. 2) produces information on the average surface roughness of the touching samples. Thus, the surface roughness and structural strength of the investigated materials can be used to estimate their thermal contact resistance.

### Autor | Author

S. Vidi, M. Brütting





3.0  
VERÖFFENTLICHUNGEN  
PUBLICATIONS



## 3.1 VORTRÄGE UND POSTER PRESENTATIONS AND POSTERS

### 3.1.1

#### Eingeladene Plenarvorträge Plenary Invited Lectures

R. Auer, **Ortsnetzspeicher im Projekt „Smart Grid Solar“**, 22. C.A.R.M.E.N. Symposium 2014, Würzburg, Germany, 07.07.2014

C. J. Brabec, **Alternative concepts and materials for printed photovoltaics**, Opening ceremony of the Heeger Center, Peking, China, 25.–26.09.2014

C. J. Brabec, **Alternative Concepts for a colorful OPV Technology**, 23<sup>rd</sup> International Materials Research Congress, Cancun, Mexico, 18.08.2014

C. J. Brabec, **Challenges in the R2R Processing of Photovoltaics**, 10<sup>th</sup> International Conference on Organic Electronics (ICOE 2014), Modena, Italy, 11.–13.06.2014

C. J. Brabec, **Closing the performance gap for printed PV technologies**, KAUST Solar Future 2014 Meeting, Thuwal, Saudi Arabia, 10.11.2014

C. J. Brabec, **Imaging Technologies for solar energy applications**, 1<sup>st</sup> International Workshop ILMaging 2014, Ilmenau, Germany, 17.09.2014

C. J. Brabec, **Managing the challenges in up-scaling printed photovoltaics (Materials and concepts for fully printed solar cells)**, EU-DST International Workshop (LARGECELLS), Brüssel, Belgium, 23.–25.06.2014

C. J. Brabec, **Material research for a Renewable Energy Scenario**, NiTecWorkshop, Tokyo, Japan, 20.03.2014

C. J. Brabec, **Materials, concepts and architectures for printed multijunction cells**, MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, USA, 04.12.2014

C. J. Brabec, **Printed Photovoltaics „Innovation through Processing“**, GDCh-Tagung „Polymers and Energy – Synthesis, engineering, characterisation and applications“, Jena, Germany, 14.09.2014

C. J. Brabec, **Printed photovoltaics: status, concepts, materials**, 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE14), Moscow, Russian Federation, 22.–26.09.2014

V. Dyakonov, **Charge-Transfer States in Donor-Acceptor Heterojunctions probed by Spin-sensitive Spectroscopy**, 578<sup>th</sup> Wilhelm and Else Heraeus-Seminar „Charge-Transfer Effects in Organic Heterostructures: Fundamentals and Applications“, Bad Honnef, Germany, 09.–12.12.2014

V. Dyakonov, **High efficiency organic and hybrid organic solar cells**, International Workshop on Technology and Analysis of Nanomaterials and Nanodevices, Würzburg, Germany, 19.–22.10.2014

V. Dyakonov, V. A. Soltamov, P. G. Baranov, H. Kraus, A. Sperllich, G. V. Astakhov, **Intrinsic Defects in SiC for Spin-based Quantum Applications**, 17<sup>th</sup> International Symposium on Nanophysics and Nanoelectronics, Nizhni Novgorod, Russian Federation, 10.–14.03.2014

V. Dyakonov, **Organic and Hybrid Organic-Inorganic Concepts for Photovoltaic Energy Conversion**, 59<sup>th</sup> Annual Conference of the South African Institute of Physics (SAIP2014), Johannesburg, South Africa, 07.–11.07.2014

V. Dyakonov, **Organic PV: Overview and latest developments**, Physics of PV Workshop, Johannesburg, South Africa, 07.07.2014

V. Dyakonov, **Role of Morphology in Formation of Charge Transfer and Triplet States in OPV Materials**, 12<sup>th</sup> International Conference on Nanostructured Materials (NANO 2014), Moscow, Russian Federation, 13.–18.07.2014

V. Dyakonov, S. Váth, H. Kraus, A. Sperllich, **Spectroscopy of Charge-Transfer States in Donor-Acceptor Bulk-Heterojunctions**, International Fall School on Organic Electronics (IFSOE 2014), Moscow, Russian Federation, 21.–26.09.2014

H.-P. Ebert, **Anwendungen thermophysikalischer Messmethoden in der Energietechnik**, Kolloquium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Berlin, Germany, 24.02.2014

H.-P. Ebert, **Cutting edge building technologies: the Energy Efficiency Center**, World Sustainable Energy Days (WSED), Wels, Austria, 26.–28.02.2014

H.-P. Ebert, C. Stark, C. Römer, J. Wachtel, M. Reim, S. Vidi et al., **Materialien und Komponenten zur energetischen Optimierung von Feuchte, Licht und Wärme in Gebäuden**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20.–21.03.2014

H.-P. Ebert, **Nanotechnologie für energieeffiziente Gebäude**, Fachtagung „Mit Nanotechnologie die Energiewende mitgestalten“, Würzburg, Germany, 12.11.2014

H.-P. Ebert, **Projektvorstellung Energy Efficiency Center, Würzburg**, Building in Progress – Integrale Prozesse am Bau, Würzburg, Germany, 25.06.2014

H.-J. Egelhaaf, **Challenges of R2R-Printed Organic Photovoltaics**, Biannual Meeting of the ITN „ESTABLIS“, Tübingen, Germany, 24.11.2014

H.-J. Egelhaaf, T. Sauermaier, A. Distler, **Degradation Mechanisms of Polymer-Based Organic Solar Cells**, 40<sup>th</sup> IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Denver, USA, 11.06.2014

H.-J. Egelhaaf, **Market Readiness of R2R-Printed Organic Photovoltaics**, International Summer School on Organic Photovoltaics 2014, Strasbourg, France, 03.09.2014

A. Hauer, **Activities within the IEA Task 42 / Annex 29**, Research to Business Meeting – New Developments for Cold Storage, Oberhausen, Germany, 30.01.2014

A. Hauer, **Energiespeicher als Treiber der Energiewende – Status und Ausblick**, Kongress „Energie- und Energiespeichertechnologien – Forschung trifft Praxis“, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, Germany, 24.11.2014

A. Hauer, **Energiespeicher – Technologien und Anwendungen**, IRES-Symposium 2014, Berlin, Germany, 18.11.2014

A. Hauer, **Energy Storage Technologies – Characteristics, Comparison and Synergies**, Renewable Energy Research Conference (RERC) 2014, Oslo, Norway, 16.–18.06.2014

A. Hauer, M. Treder, **Mobile Sorption Storage for Waste Heat Utilization**, Energy Storage – International Summit for the Storage of Renewable Energies, Düsseldorf, Germany, 25.–27.03.2014

A. Hauer, **Open Adsorption System for an Energy Efficient Dishwasher – From Thermodynamics to the Final Product**, International Sorption Heat Pump Conference (ISHPC 2014), Washington, USA, 31.03.–02.04.2014

A. Hauer, **Possibilities and Potential of Thermal Energy Storage Applications**, Energy Storage – International Summit for the Storage of Renewable Energies, Düsseldorf, Germany, 25.–27.03.2014

A. Hauer, **Speicherung thermischer Energie – Möglichkeiten und Grenzen**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 03.–04.07.2014

A. Hauer, **Strom zu Wärme – dezentrale Energiebereitstellung und thermische Energiespeicher**, Cluster-Treff „Solare Energieversorgung – Strom und Wärme im Verbund“, München, Germany, 09.07.2014

A. Hauer, **Thermische Energiespeicher für eine effiziente Wärmeversorgung**, Symposium mit Fachausstellung Energie Innovativ 2014 „Perspektiven für den Wärmemarkt“, Nürnberg, Germany, 15.10.2014

A. Hauer, **Thermische Energiespeicher – Möglichkeiten und Grenzen**, 4. VDI-Fachkonferenz „Energiespeicher in der Energiewende“, Raunheim bei Frankfurt, Germany, 24.–25.07.2014

A. Hauer, **Thermische Speicher**, DVGW/VDE 2. Münchener Energietage, München, Germany, 17.–18.03.2014

A. Hauer, **Warum Energiespeicher die Treiber der globalen Energiewende sind**, Symposium Energie, Beirat WIE – Wachstum, Impulse, Effizienz, Leipzig, Germany, 04.–05.11.2014

A. Hauer, **Wärmespeicher: Rolle im Energiesystem der Zukunft**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06.–07.11.2014

J. M. Kuckelkorn, **Ausbau der Mittellast von Geothermieheizwerken mit Absorptionswärmepumpen und KWK**, Praxisforum Geothermie.Bayern 2014, München, Germany, 08.–09.10.2014

J. M. Kuckelkorn, **Hydraulische Systemdichtheit und Frostbeständigkeit von Erdwärmesonden – Ergebnisse des Forschungsvorhabens QEWS**, Fortbildungsveranstaltung Verband Privater Sachverständiger in der Wasserwirtschaft e. V., Deggendorf, Germany, 27.02.2014

J. M. Kuckelkorn, **Kühlkonzepte für Nichtwohngebäude**, 2. VDI-Fachtagung „Hybride Gebäudeenergiesysteme“, Köln, Germany, 15.–16.10.2014

L. Lucera, P. Kubis, F. Machui, G. Spyropoulos, M. M. Voigt, C. J. Brabec, **Design and Realization of Highly Efficient OPV Modules by Combining Sub-10 Micron Laser Patterning with High Precision Slot Die Coating**, MRS Spring Meeting & Exhibit, San Francisco, USA, 25.04.2014

J. Manara, M. Lenhart-Rydzek, M. Zipf, T. Stark, M. Arduini-Schuster, H.-P. Ebert et al., **Long wavelength infrared radiation thermometry for the measurement of ceramic thermal barrier coatings**, 20<sup>th</sup> European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2014), Porto, Portugal, 30.08.–04.09.2014

G. Reichenauer, **Characterization of Aerogels – Challenges and Prospects**, 13<sup>th</sup> International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC), Montecatini Terme, Italy, 10.–13.06.2014

M. Reuß, **Perspektive der Oberflächennahen Geothermie in der Energiewende**, Workshop an der TU München „Geothermie in der Praxis“, München, Germany, 04.07.2014

M. Reuß, **Solare Nahwärme am Ackermannbogen in München**, IAB Wissenschaftstage 2014, Weimar, Germany, 12.–13.11.2014

M. Reuß, **VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds“ – Überarbeitung der Richtlinie**, OTTI 13. Internationales Anwenderforum „Oberflächennahe Geothermie“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 01.–02.07.2014

M. Reuß, **Was ist dicht? Abdichtung geothermischer Bohrungen**, Norddeutsche Geothermietagung, Hannover, Germany, 15.10.2014

M. Siller, P. Luchscheider, **Decentralised Energy Systems with Focus on Local Energy Production**, European Conference on Nanoelectronics and Embedded Systems for Electric Mobility – ecoCity eMotion (NESEM 2014), Erlangen, Germany, 25.09.2014

A. Solodovnyk, B. Lipovšek, K. Forberich, E. Stern, M. Batentschuk, M. Topič et al., **Light Propagation in Phosphor-Filled Matrices for Photovoltaic PL Down-Shifting**, SPIE Optics + Photonics 2014, San Diego, USA, 17. – 21.08.2014

H. Spliethoff, A. Hauer, **Anforderungen an Energiespeicher und Analyse technischer Konzepte**, 3. VDI-Fachkonferenz „Konventionelle Kraftwerkstechnologie der nächsten Generation“, Stuttgart, Germany, 14. – 15.05.2014

H. Weinländer, **Energieeffiziente Gebäudehülle im Zusammenspiel mit innovativer Anlagentechnik**, Kooperationsforum Energieeffiziente Gebäudehüllen – Innovative Systeme, Komponenten und Materialien, Würzburg, Germany, 04.12.2014

H. Weinländer, **Fenstercheck – Energetische Bewertung von Fenstern**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20. – 21.03.2014

H. Weinländer, **Innovative Wärmedämmungen für Gebäude**, Fachforum „Dämmung: Innovationen und Wirtschaftlichkeit“, München, Germany, 01.04.2014

S. Weismann, **Living Lab – das Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20. – 21.03.2014

### 3.1.2

#### Fachvorträge Contributed Talks

J. Adams, S. Besold, F. W. Fecher, A. Vetter, C. Buerhop-Lutz, M. M. Voigt et al., **Loss analyses on organic solar cells and modules by using contactless and non-destructive infrared lock in imaging techniques**, 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE14), Thessaloniki, Greece, 07. – 10.07.2014

J. Adams, F. W. Fecher, F. Hoga, A. Vetter, C. Buerhop-Lutz, C. J. Brabec, **IR-imaging and non-destructive loss analysis on thin film solar modules and cells**, SPIE Optics + Photonics 2014, San Diego, USA, 17. – 21.08.2014

H. Anbergen, M. Reuß, J. M. Kuckelkorn, J. Frank, L. Müller, I. Sass, **Hydraulische Integrität des Systems Erdwärmesonde**, Der Geothermiekongress 2014, Essen, Germany, 11. – 13.11.2014

G. Astakhov, H. Kraus, V. Soltamov, F. Fuchs, D. Simin, V. Dyakonov et al., **Atomic-scale defects in silicon carbide for spin-based quantum applications**, 32<sup>nd</sup> International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS 2014), Austin, USA, 10. – 15.08.2014

R. Auer, **PV at ZAE Bayern**, Workshop on photovoltaic activities in Czech republic, Czech Technical University in Prague, Prag, Czech Republic, 17.10.2014

C. Balzer, G. Reichenauer, M. Wiener, **Deformation of carbon micropores induced by gas adsorption**, 10<sup>th</sup> International Symposium on the Characterization of Porous Solids (COPS X), Granada, Spain, 11. – 14.05.2014

C. Balzer, R. Cimino, G. Gor, G. Reichenauer, A. V. Neimark, **Sorption-induced deformation of carbon micropores studied by in-situ dilatometry and density functional theory**, 2014 AIChE Annual Meeting, Atlanta, USA, 16. – 21.11.2014

C. Balzer, G. Reichenauer, **Sorptionsinduzierte Deformation – Artefakte und Chancen**, MIC/ZAE Bayern Workshop „Charakterisierung nanoporöser Materialien“, Würzburg, Germany, 08. – 09.04.2014

C. Balzer, L. Weigold, T. Noisser, G. Reichenauer, **Structural and Mechanical Properties of Nanoporous Organically Modified Silica Monoliths**, XVII. Porotec Workshop „Modifizierung poröser Materialien“, Bad Soden, Germany, 11. – 12.11.2014

A. Baumann, **Neuartige Konzepte der Photovoltaik**, Fachtagung „Mit Nanotechnologie die Energiewende mitgestalten“, Würzburg, Germany, 12.11.14

J. Bogenrieder, G. Jung, S. Trampler, S. Müller, **Erfahrungsbericht mit einer Smart Meter Infrastruktur aus dem Projekt Smart Grid Solar**, Smart Metering und Smart Building Applications, Nürnberg, Germany, 18.11.2014

C. J. Brabec, **Die Solarfabrik der Zukunft**, Expertenevaluation des Energie Campus Nürnberg – Solarfabrik der Zukunft, Nürnberg, Germany, 24.02.2014

C. J. Brabec, **Materials, Concepts and Architectures for Fully Printed Solar Cells**, Joint Workshop on „Energy Polymers“, Potsdam, Germany, 24.01.2014

C. J. Brabec, **MATSOL – Materialien der solaren Energiewandlung**, Expertenevaluation des Energie Campus Nürnberg – Materialien der solaren Energiewandlung, Nürnberg, Germany, 27.02.2014

C. J. Brabec, **Self-organization and processing of thin films**, EAM Cluster Workshop, Muggendorf, Germany, 24.01.2014

C. J. Brabec, **Transparent Photovoltaics: Concepts, Materials & Technologies**, 6<sup>th</sup> International Symposium Technologies for Polymer Electronics, Ilmenau, Germany, 20.05.2014

M. Brendel, A. Steindamm, A. K. Topczak, S. Krause, N. Koch, J. Pflaum, **The Effect of Gradual Fluorination on the Opto-Electronic Properties of F<sub>n</sub>ZnPc/C60 Bilayer Cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

M. Brendel, A. Steindamm, A. K. Topczak, S. Krause, N. Koch, J. Pflaum, **The Effect of Gradual Fluorination on the Properties of F<sub>n</sub>ZnPc Thin Films and F<sub>n</sub>ZnPc/C60 Bilayer Cells**, 3<sup>rd</sup> International „Solar Technologies Go Hybrid – SolTech“ meeting, Wildbad Kreuth, Germany, 28.04.2014

M. Brütting, S. Vidi, F. Hemberger, **Einfluss des Schutzringes bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mittels der Stabapparatur**, Jahrestagung 2014 des AK Thermophysik in der GEFTA, Würzburg, Germany, 17. – 18.03.2014

C. Buerhop-Lutz, **Erarbeitung einer Norm Thermografie PV?**, 2. Workshop VDI Arbeitskreis zur Qualitätssicherung PV, Berlin, Germany, 19.02.2014

V. Dyakonov, H. Kraus, V. A. Soltamov, F. Fuchs, D. Simin, S. Vaeth et al., **Atomic-scale defects in silicon carbide for quantum sensing applications**, 10<sup>th</sup> European Conference on Silicon Carbide & Related Materials (ECSCRM 2014), Grenoble, France, 21. – 25.09.2014

V. Dyakonov, A. Sperlich, S. Vöth, A. Baumann, **Electrically detected EPR by pulsed charge carrier extraction for application in thin-film solar cell devices**, DFG SPP 1601 Meeting, Schwerte, Germany, 07.10.2014

V. Dyakonov, F. Fuchs, V. Soltamov, S. Vaeth, E. Mokhov, P. Baranov et al., **Silicon carbide light-emitting diode as a prospective room temperature source for single photons**, MRS Spring Meeting & Exhibit, San Francisco, USA, 21. – 25.04.2014

V. Dyakonov, H.-P. Ebert, J. Manara, **Smart Skins: Energy Efficient Solutions for Textile Architecture**, 8. Aachen-Dresden International Textile Conference, Dresden, Germany, 27. – 28.11.2014

F. W. Fecher, T. Ameri, M. M. Voigt, C. J. Brabec, **Design studies of conversion efficiencies for bulk-heterojunction double- and triple-junction organic photovoltaic cells**, 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE14), Thessaloniki, Greece, 07. – 10.07.2014

F. W. Fecher, C. Buerhop-Lutz, C. J. Brabec, **Finite element simulations for studying the impact of shunts on thin film modules**, SPIE Optics + Photonics 2014, San Diego, USA, 17. – 21.08.2014

F. W. Fecher, P. Maisch, M. M. Voigt, C. J. Brabec, **Simulative comparison of grid electrode designs for ITO-free OPV modules and analysis of loss mechanisms**, 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE14), Thessaloniki, Greece, 07. – 10.07.2014

F. W. Fecher, C. Buerhop-Lutz, M. M. Voigt, C. J. Brabec, **Temperature simulation of shunts in OPV cells**, 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE14), Thessaloniki, Greece, 07. – 10.07.2014

F. Fuchs, M. Trupke, G. Astakhov, V. Dyakonov, **Spin defect engineering in silicon carbide using neutron irradiation**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

D. Gerstenlauer, C. Doerffel, M. Arduini-Schuster, J. Manara, **Modellierung des Strahlungstransports in porösen Materialien**, Jahrestagung 2014 des AK Thermophysik in der GEFTA, Würzburg, Germany, 17. – 18.03.2014

D. Gerstenlauer, S. Vidi, **Predicting the effective total conductivity of foams with graph theory and Monte Carlo simulations**, 20<sup>th</sup> European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2014), Porto, Portugal, 01. – 04.09.2014

A. Göbel, S. Vidi, H. Mehling, F. Klinker, **Alternative Messmethode zur thermischen Charakterisierung von PCM-Systemen**, Jahrestagung 2014 des AK Thermophysik in der GEFTA, Würzburg, Germany, 17. – 18.03.2014

A. Göbel, S. Vidi, H. Mehling, F. Klinker, F. Hemberger, H.-P. Ebert, **Method for the Thermal Characterization of Application Sized PCM Specimens**, 20<sup>th</sup> European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2014), Porto, Portugal, 01. – 04.09.2014

M. C. Heiber, V. Dyakonov, C. Deibel, **Encounter-Limited Recombination in Bicontinuous Phase Separated Blends**, E-MRS 2014 Spring meeting, Lille, France, 26. – 30.05.2014

M. C. Heiber, J. Gorenflot, V. Dyakonov, C. Deibel, **Origins of Reduced Nongeminate Recombination in P3HT:PCBM Organic Solar Cells**, APS March Meeting 2014, Denver, USA, 03. – 07.03.2014

M. C. Heiber, J. Gorenflot, V. Dyakonov, C. Deibel, **Origins of Reduced Nongeminate Recombination in P3HT:PCBM Organic Solar Cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

M. Helm, K. Hagel, S. Hiebler, C. Schweigler, **Solares Heizen und Kühlen mit Absorptionskälteanlage und Latentwärmespeicher**, DKV-Tagung 2014, Düsseldorf, Germany, 19. – 21.11.2014

F. Hemberger, H. Mehling, S. Vidi, H.-P. Ebert, **Enhanced Effective Thermal Conductivity by Optimized Component Distribution in Compound Systems**, 20<sup>th</sup> European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2014), Porto, Portugal, 01. – 04.09.2014

F. Hemberger, S. Vidi, H. Mehling, T. Haussmann, A. Laube, **Wärmespeicherung mit Paraffinen – Ringvergleich mit unterschiedlichen Messmethoden**, TA Instruments Anwenderseminar, Würzburg, Germany, 20. – 21.03.2014

P. Hennemann, C. Rathgeber, S. Hiebler, **Polymer als Phasenwechselmaterialien – Der Einfluss funktioneller Gruppen auf die Schmelzenthalpie**, Würzburger Tage 2014, Würzburg, Germany, 19. – 21.03.2014

S. Hiebler, **Latentwärmespeicher**, VDI Fachkonferenz „Thermische Rekuperation in Fahrzeugen“, Nürtingen, Germany, 31.03. – 01.04.2014

U. Hoyer, R. Auer, **Photovoltaic Test Laboratory of the Bavarian Center for Applied Energy Research**, Workshop on photovoltaic activities in Czech republic, Czech Technical University in Prague, Prag, Czech Republic, 17.10.2014



C. Konstantinidou, A. Göbel, K. Kenisarina, F. Hemberger, H. Mehling, H. Weinläder, **Development of measurement setup to determine the dynamic thermal behavior of building components with PCM**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

C. Konstantinidou, F. Klinker, W. Körner, H. Weinläder, **Measurements of the performance of the room integrated PCM in the new Energy Efficiency Center**, EuroSun 2014 – International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-les-Bains, France, 16. – 19.09.2014

H. Kraus, F. Fuchs, D. Riedel, V. Soltamov, D. Simin, V. Dyakonov et al., **Ambient Temperature Spin Pumping of Silicon Carbide Quantum Defects**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

A. Krönauer, **Mobile Wärmetransportsysteme auf Basis von Sorption**, 2. Energiespeichertagung, Birkenfeld, Germany, 11.03.2014

A. Krönauer, **Thermische Speicher – Möglichkeiten und Grenzen**, 26. VDI-Konferenz Thermische Abfallbehandlung 2014, VDI-/ITAD-Spezialtag „Auswirkungen der Energiewende auf die thermische Abfallbehandlung“, Würzburg, Germany, 12.11.2014

W. Lang, T. Rampp, H.-P. Ebert, **Smart Building Envelopes for Sustainable Building: The Energy Efficiency Center in Würzburg**, Energy Forum – Advanced Building Skins, Bressanone, Italy, 27. – 28.10.2014

W. Lang, T. Rampp, H.-P. Ebert, **The Energy Efficiency Center of the Center for Applied Energy Research Würzburg, Germany**, 30<sup>th</sup> International PLEA Conference, Ahmedabad, India, 15. – 18.12.2014

M. Lenhart-Rydzek, A. Göbel, F. Hemberger, S. Vidi, H.-P. Ebert, **A new method for the determination of the specific heat capacity using Laser-Flash calorimetry down to 30 K**, 32<sup>nd</sup> International Thermal Conductivity Conference (ITCC) and 20<sup>th</sup> International Thermal Expansion Symposium (ITES), West Lafayette, USA, 27.04. – 01.05.2014

M. Lenhart-Rydzek, T. Stark, M. Arduini-Schuster, J. Manara, **Enhanced measuring technique to determine the angle dependent surface emittance of industrially relevant samples in a wide wavelength range and for temperatures from 200°C up to 1600°C**, 32<sup>nd</sup> International Thermal Conductivity Conference (ITCC) and 20<sup>th</sup> International Thermal Expansion Symposium (ITES), West Lafayette, USA, 27.04. – 01.05.2014

H. Mehling, A. Göbel, S. Vidi, F. Hemberger, F. Klinker, H.-P. Ebert, **Development of calorimetric methods for large PCM samples**, IEA SHC/ECES Task 42/Annex 29 Experts meeting, Lyon, France, 28. – 29.04.2014

F. Menhart, S. Natzer, M. Riepl, C. Schweigler, **Effect of the surface texture on the heat transfer coefficient in nucleate boiling of aqueous lithium bromide solution at low heat fluxes**, International Sorption Heat Pump Conference (ISHPC 2014), Washington, USA, 30.03. – 02.04.2014

F. Menhart, M. Riepl, S. Natzer, **Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf die benötigte Wandüberhitzung zum Blasensieden in Austreibern von kompakten Wasser-/LiBr Absorptionskälteanlagen**, DKV-Tagung 2014, Düsseldorf, Germany, 19. – 21.11.2014

L. Miró, C. Rathgeber, S. Hiebler, L. F. Cabeza, **Combined DSC and T-History measurements for an improved characterisation of phase change materials**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

L. Miró, C. Barreneche, S. Brückner, A. Fernández, L. F. Cabeza, **Recovering waste heat using thermal energy storage technologies**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

M. Frank, T. Martin, F. Menhart, M. Radspieler, **Thermochemische Wärmespeicherung mit wässriger Lithiumbromid-Lösung**, DKV-Tagung 2014, Düsseldorf, Germany, 19. – 21.11.2014

C. Rathgeber, H. Schmit, P. Hennemann, S. Hiebler, **Investigation of pinacone hexahydrate as phase change material**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

B. Reeb, U. Stimming, **Bioethanol operated direct ethanol fuel cells at intermediate temperatures**, CARISMA 2014 Conference, Cape Town, South Africa, 01. – 03.12.2014

G. Reichenauer, **Warum Nanomaterialien für die Energieforschung interessant sind ...**, MIC / ZAE Bayern Workshop „Charakterisierung nanoporöser Materialien“, Würzburg, Germany, 08. – 09.04.2014

M. Reim, W. Körner, H. Weinläder, **Daylighting and shading of the new Energy Efficiency Center**, EuroSun 2014 – International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-les-Bains, France, 16. – 19.09.2014

C. Rudaz, A. Demilecamps, G. Pour, M. Alves, A. Rigacci, G. Reichenauer et al., **Bio-based aerogels: a new generation of thermal super-insulating materials**, 9<sup>th</sup> Japanese-European Workshop „Cellulose and functional polysaccharides“, Berlin, Germany, 14. – 16.10.2014

C. Rudaz, A. Demilecamps, S. Etienne-Calas, R. Courson, L. Bonnet, G. Reichenauer et al., **Nanostructuring of cellulose aerogels and their organic-inorganic hybrids**, 247<sup>th</sup> American Chemical Society National Meeting – cellulose division, Dallas, USA, 16.-20.03.2014

C. Scherdel, **Analyse von porösen Materialien: Sorption vs. Kleinwinkelstreuungsmethoden**, MIC / ZAE Bayern Workshop „Charakterisierung nanoporöser Materialien“, Würzburg, Germany, 08. – 09.04.2014

C. Scherdel, G. Reichenauer, **Structural properties of aerogels determined from gas sorption and small angle scattering – a critical appraisal**, International Seminar on Aerogels, Hamburg, Germany, 06. – 07.10.2014

T. Schmeiler, J. Gabel, R. Claessen, J. Pflaum, **Temperature dependent PL measurements of rubrene single crystals with µm-resolution**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

H. Schmit, C. Rathgeber, W. Pfeffer, S. Hiebler, **Investigation of two novel eutectic phase change materials based on ternary salt hydrate mixtures**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

D. Simin, F. Fuchs, H. Kraus, V. Soltamov, A. Sperlich, V. Dyakonov et al., **Silicon Vacancies in Silicon Carbide as a Vector Magnetometer**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

A. Solodovnyk, B. Lipovšek, K. Forberich, E. Stern, M. Topič, C. J. Brabec, **Light Propagation in Phosphor-Filled Matrices for Photovoltaic PL Down-Shifting**, 2<sup>nd</sup> Euroregional Workshop on Photovoltaics (EUROREG-PV 2014), Ljubljana, Slovenia, 01. – 03.09.2014

A. Solodovnyk, A. Hollmann, A. Osvet, K. Forberich, E. Stern, M. Batentschuk et al., **Luminescent Down-Shifting Layers with Eu<sup>2+</sup> and Eu<sup>3+</sup> Doped Strontium Compound Particles for Photovoltaics**, SPIE Optics + Photonics 2014, San Diego, USA, 17. – 21.08.2014

A. Sperlich, V. Dyakonov, **Charge Transfer States and Triplet Excitons in Organic Photovoltaic Materials Studied by Spin-Sensitive Methods**, 3<sup>rd</sup> International „Solar Technologies Go Hybrid – SolTech“ meeting, Wildbad Kreuth, Germany, 28.04.2014

A. Sperlich, H. Kraus, V. Dyakonov, **Charge Transfer States and Triplet Excitons in Polymer-Fullerene Blends and Carbon Nanotubes**, 6<sup>th</sup> International Symposium Technologies for Polymer Electronics (TPE 14), Ilmenau, Germany, 22.05.2014

A. Sperlich, O. G. Poluektov, J. Niklas, K. L. Mardis, V. Dyakonov, **Electronic Structure of Fullerene Heterodimer in Bulk-Heterojunction Blends**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

A. Sperlich, O. G. Poluektov, J. Niklas, K. L. Mardis, S. Beaupré, V. Dyakonov et al., **Electronic Structure of Fullerene Heterodimer in Bulk-Heterojunction Blends**, E-MRS 2014 Spring meeting, Lille, France, 26. – 30.05.2014

A. Steeger, A. K. Topczak, J. Pflaum, **Correlation between exciton diffusion and morphology in thin films of Diindenoperylene**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

B. Stender, S. F. Völker, C. Lambert, J. Pflaum, **Triplet-Triplet-Relaxation induced Enhancement of Saturation Emission of a single Squaraine Dye Molecule**, DPG Frühjahrstagung, Berlin, Germany, 17. – 21.03.2014

S. Väh, A. Baumann, A. Sperlich, C. Deibel, M. Ivanovic, H. Peisert et al., **The role of processing additives in Organic Solar Cells after the preparation process**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

A. Vetter, F. Fecher, J. Adams, C. Buerhop-Lutz, C. J. Brabec, **Loss analysis on CIGS-modules by using contactless, imaging illuminated lock-in thermography and 2D electrical simulations**, 40<sup>th</sup> IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Denver, USA, 08 – 13.06.2014

S. Vidi, H. Mehling, F. Hemberger, T. Hausmann, A. Laube, **Round Robin Test of a Paraffin Phase Change Material**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

F. Machui, L. Lucera, G. Spyropoulos, P. Kubis, C. J. Brabec, **Flexible upscaled and printed organic solar modules by using non-chlorinated solvents and R2R compatible methods combined with laser patterning**, 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE14), Thessaloniki, Greece, 07. – 10.07.2014

F. Machui, L. Lucera, G. Spyropoulos, P. Kubis, C. J. Brabec, **Printed and upscaled polymer solar cells and modules by using non-halogenated solvents and via laser ablation for structuring**, 22<sup>nd</sup> International Conference on the Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM 2014), Turku, Finland, 30.06. – 05.07.2014

Y. Wang, J. M. Kuckelkorn, F. Y. Zhao, M. Mu, **Indoor air environment and heat recovery ventilation in a passive school building: a case study for winter condition**, International Conference of American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) 2014, New York, USA, 18. – 22.01.2014

Y. Wang, J. M. Kuckelkorn, F. Y. Zhao, M. Mu, **Indoor environment and night passive cooling energy efficiency in a southern German low energy school building**, International Conference of Building Simulation and Optimization (BSO) 2014, London, UK, 22. – 25.06.2014

C. Weber, G. Reichenauer, **Structure and Electrical Storage Characteristics of C-MnO<sub>2</sub> Hybrid-Electrodes**, XVII. Porotec Workshop „Modifizierung poröser Materialien“, Bad Soden, Germany, 11. – 12.11.2014

L. Weigold, G. Reichenauer, **Sensitivity of Mechanical Stiffness and Solid Phase Thermal Conductivity on Micro-Structural Changes in Polyurea Aerogels**, International Seminar on Aerogels, Hamburg, Germany, 06. – 07.10.2014

H. Weindlader, **Gasfüllgrade und Ug-Werte bei Isoliergläsern; Lösungen für die Inline-Prüfung und Prozesssteuerung**, Glass Technology live – glasstec Symposium, Düsseldorf, Germany, 21. – 24.10.2014

N. Wolf, T. Weis, J. Manara, **Investigations of the dependency of the infrared-optical and electrical properties of ITO coatings on the dip coating parameters and the coating thickness**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 30.03. – 04.04.2014

C. Wuschig, **Pilotinstallation eines Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssystems mit einer zwei- / einstufigen Absorptionskältemaschine**, DKV-Tagung 2014, Düsseldorf, Germany, 19. – 21.11.2014

M. Zipf, M. Lenhart-Rydzek, J. Hartmann, J. Manara, **Bestimmung der Wärmeabstrahlung keramischer Oberflächen in Gasturbinen zur berührungslosen Temperaturmessung**, Jahrestagung 2014 des AK Thermophysik in der GEFTA, Würzburg, Germany, 17. – 18.03.2014

M. Zipf, T. Stark, M. Arduini-Schuster, M. Lenhart-Rydzek, J. Manara, H.-P. Ebert, **Infrared-optical characterization of emitting and absorbing gases at high temperatures and high pressures**, 20<sup>th</sup> European Conference on Thermophysical Properties (ECTP 2014), Porto, Portugal, 30.08. – 04.09.2014

A. Zusan, K. Vandewal, B. Allendorf, N. H. Hansen, J. Pflaum, A. Salleo et al., **The Influence of Fullerene Loading on the Charge Carrier Photogeneration in Intercalated Bulk Heterojunction Solar Cells**, E-MRS 2014 Spring meeting, Lille, France, 26. – 30.05.2014

A. Zusan, K. Vandewal, B. Allendorf, N. H. Hansen, J. Pflaum, A. Salleo et al., **The Influence of Fullerene Loading on the Photogeneration in Intercalated Polymer: Fullerene Bulk Heterojunction Solar Cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

### 3.1.3

#### Poster Posters

K. Anneser, A. Zusan, V. Dyakonov, C. Deibel, **Detailed study of the charge carriers mobility in organic bulk heterojunction solar cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

C. Balzer, G. Reichenauer, O. Paris, R. Morak, M. Erko, N. Hüsing et al., **Sorption-Induced Deformation of Silica with Hierarchical Porosity**, 10<sup>th</sup> International Symposium on the Characterization of Porous Solids (COPS X), Granada, Spain, 11. – 14.05.2014

C. Balzer, L. Weigold, T. Noisser, G. Reichenauer, **Structural and Mechanical Properties of Nanoporous Organically Modified Silica Monoliths**, XVII. Porotec Workshop „Modifizierung poröser Materialien“, Bad Soden, Germany, 11. – 12.11.2014

T. Beikircher, M. Möckl, P. Osgyan, M. Reuss, G. Streib, **Ökonomischer Flachkollektor für die Erzeugung von Prozesswärme bis 150 °C**, OTTI 24. Symposium „Thermische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 07. – 09.05.2014

T. Beikircher, M. Reuss, **Super-Insulated Long-Term Heat Storage**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06. – 07.11.2014

T. Beikircher, M. Reuss, G. Streib, **Vakuumsuperisolierter Langzeitwärmespeicher**, CSU-Parteitag 2014, Nürnberg, Germany, 12. – 13.12.2014

J. Bogenrieder, M. Dalsass, S. Röhlig, U. Hoyer, C. J. Brabec, **Smart Grid Solar Forschungsprojekt Hof/Arzberg**, OTTI 29. Symposium „Photovoltaische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 12. – 14.03.2014

C. Buerhop-Lutz, H. Scheuerpflug, **Comparison of IR-images and Module Performance under Standard and Field Conditions**, 29<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014), Amsterdam, The Netherlands, 22. – 26.09.2014

C. Buerhop-Lutz, H. Scheuerpflug, **Field inspection of PV-modules using aerial, drone-mounted thermography**, 29<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014), Amsterdam, The Netherlands, 22. – 26.09.2014

C. Buerhop-Lutz, T. Kunz, **Netzwerkprojekt „Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte (PV-ZUM)“**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06. – 07.11.2014

C. Buerhop-Lutz, T. Kunz, **ZIM-Netzwerk PV-ZUM: Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte**, 11. Workshop Photovoltaik-Modultechnik, Köln, Germany, 10. – 11.11.2014

P. Dotzauer, H. Fink, A. Jossen, **Flexible Multi-scale Testing Bench for Vanadium Flow Batteries**, The International Flow Battery Forum (IFBF 2014), Hamburg, Germany, 01. – 02.07.2014

P. Dotzauer, H. Fink, **ZAE-ST (Storage Technologies): Vanadium Flow Batteries for Stationary Storage**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06. – 07.11.2014

H.-P. Ebert, C. Stark, C. Römer, J. Wachtel, M. Reim, S. Vidi et al., **Materialien und Komponenten zur energetischen Optimierung von Feuchte, Licht und Wärme in Gebäuden**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20. – 21.03.2014

H.-J. Egelhaaf, **Large-Area Processed Semi-transparent OPV Modules for System Integration**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06. – 07.11.2014

H.-J. Egelhaaf, C. Buerhop-Lutz, T. Kunz, M. Siller, **Solarfabrik der Zukunft/Smart Grid Solar/Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte (PV-ZUM)**, European Conference on Nanoelectronics and Embedded Systems for Electric Mobility – ecoCity eMotion (NESEM 2014), Erlangen, Germany, 22. – 26.09.2014

F. Fischer, E. Lävemann, **Hydrothermal Stability of Adsorbents for Thermal Energy Storage Applications**, 6<sup>th</sup> International FEZA Conference, Leipzig, Germany, 08. – 11.09.2014

M. C. Heiber, V. Dyakonov, C. Deibel, **The Effects of Charge-Transfer State Properties on Non-geminate Recombination Dynamics**, 578<sup>th</sup> Wilhelm and Else Heraeus-Seminar „Charge-Transfer Effects in Organic Heterostructures: Fundamentals and Applications“, Bad Honnef, Germany, 01.12.2014

S. Hiebler, M. Helm, K. Hagel, **Latent Heat Storage – Application for Solar Heating and Cooling**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06. – 07.11.2014

F. Klinker, H. Mehling, C. Konstantinidou, H. Weindlader, **Dynamic thermal behaviour of two newly developed PCM cooling ceiling prototypes**, EuroSun 2014 – International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-les-Bains, France, 16. – 19.09.2014

F. Klinker, H. Mehling, C. Konstantinidou, H. Weindlader, **Measurement setup to determine the thermal properties and dynamic thermal behavior of cooling ceilings with PCM**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28. – 30.05.2014

V. Kolb, M. Brendel, J. Pflaum, **Impact of plasmonic nanostructures on the optical properties of fluorinated ZnPc thin films**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

E. Lävemann, A. Krönauer, **Thermochemical Storage – Liquid Desiccant Cooling & Mobile Sorption Storage**, FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“, Berlin, Germany, 06. – 07.11.2014

D. Li, S. Wittmann, T. Kunz, T. Ahmad, N. Gaweins, M. T. Hessmann et al., **Thin Film Silicon Solar Cell on Graphite Substrate with Laser Single Side Contact**, 29<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014), Amsterdam, The Netherlands, 22. – 26.09.2014

P. Luchscheider, P. Bazan, R. German, **Zeitlich hochaufgelöste Simulation von Solarstrahlung zur Bewertung von Smart Grids**, OTTI 29. Symposium „Photovoltaische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 12. – 14.03.2014

J. Mahr, M. Brendel, J. Pflaum, **The Impact of Varying C60:C70 Mixing Ratio on the Opto-Electronic Properties of Planar Bilayer Cells**, DPG Frühjahrstagung, Dresden, Germany, 02. – 05.03.2014

J. Manara, M. Arduini-Schuster, H.-P. Ebert, J. Cremers, K. Puchta, T. Rampp et al., **Membrankonstruktionen zur energetischen Sanierung von Gebäuden**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20. – 21.03.2014

J. Manara, M. Arduini-Schuster, H.-P. Ebert, P. Siemens, **Transparente low-e Beschichtungen zum großflächigen Einsatz in der textilen Architektur**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20. – 21.03.2014

M. Neswal, P. Luchscheider, C. Stegner, J. Bogenrieder, S. Röhlig, C. J. Brabec, **Smart Grid Solar Modellversuch Hof & Arzberg**, Smart Grids Week, Graz, Austria, 19. – 23.05.2014

M. Pröll, M. Reuß, A. Hauer, C. J. Brabec, **Ertragsvergleich des CPC PVT Kollektorprinzips gegenüber PVT Flachkollektoren und Solarthermie-Fotovoltaik-Kombinationen (Side-by-Side) auf Basis von Jahressimulationen**, OTTI 24. Symposium „Thermische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 07. – 09.05.2014

C. Rudaz, A. Demilecamps, S. Etienne-Calas, R. Courson, L. Bonnet, G. Reichenauer et al., **Bio-aerogels pour la superisolation thermique**, Matériaux 2014, Montpellier, France, 24. – 28.11.2014

M. Siller, **Smart Grid Solar**, CSU-Parteitag 2014, Nürnberg, Germany, 12. – 13.12.2014

A. K. Topczak, J. Pflaum, **Temperature dependent exciton transport in organic semiconductor thin films**, MRS Spring Meeting & Exhibit, San Francisco, USA, 21. – 25.04.2014

C. Weber, G. Reichenauer, **Structure and Electrical Storage Characteristics of C-MnO<sub>2</sub> Hybrid-Electrodes**, XVII. Porotec Workshop „Modifizierung poröser Materialien“, Bad Soden, Germany, 11. – 12.11.2014

H. Weindlader, **Fenstercheck – Energetische Bewertung von Fenstern**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, Germany, 20. – 21.03.2014

S. Weismann, **Energy Efficiency Center**, CSU-Parteitag 2014, Nürnberg, Germany, 12. – 13.12.2014

M. Wiener, G. Reichenauer, **Carbon aerogel based thermal insulation for temperatures up to 2500°C**, International Seminar on Aerogels, Hamburg, Germany, 06. – 07.10.2014

M. Wiener, G. Reichenauer, **Microstructure of Porous Hard Carbons Annealed at Temperatures up to 2000°C – Sorption Analysis vs. Small Angle X-ray Scattering**, 10<sup>th</sup> International Symposium on the Characterization of Porous Solids (COPS X), Granada, Spain, 11. – 14.05.2014



N. Wolf, M. Zipf, J. Manara, **Influence of different stabilizers and solvents on low temperature processed redispersed ITO nanoparticle coatings**, The International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG 10), Dresden, Germany, 22.–26.06.2014

A. Zusan, B. Gieseking, M. Zerson, V. Dyakonov, R. Magerle, C. Deibel, **3 % DIO – As If That Weren't Enough ... Detailed Study of the Effect of Processing Additive on the Photogeneration in PBDDTT-C Based Solar Cells**, 3<sup>rd</sup> International „Solar Technologies Go Hybrid – SolTech“ meeting, Wildbad Kreuth, Germany, 28.04.2014

### 3.1.4

**Kolloquien, Seminare, Foren ...**  
Colloquia, Seminars, Forums ...

J. Adams, G. Spyropoulos, **Long term stability of OPV single junctions and tandem cells**, Joint Workshop on Organic Electronics (FAU, ICL, ZAE), Erlangen, Germany, 22.05.2014

T. Beikircher, **Kollektorrückwanddämmung**, BMU-Abschlussworkshop (0325987 A), Garching, Germany, 07.10.2014

C. J. Brabec, **Das ZAE Bayern – Gemeinsam in das neue Energiezeitalter**, Allianz Zentrum für Technik und ZAE Bayern, München, Germany, 09.05.2014

C. J. Brabec, **F&E am ZAE Bayern – Technologien zur Flexibilisierung der Erneuerbaren Energien, Gemeinsam in das neue Energiezeitalter**, Workshop SIEMENS & ZAE Bayern, Erlangen, Germany, 13.05.2014

C. J. Brabec, **PV-Forschung für das neue Energiezeitalter**, Tagung des Wissenschaftlichen Beirats von „Smart Grid Solar“, Erlangen, Germany, 12.09.2014

C. J. Brabec, **The solarfactory of the future: mission, goals and concepts**, Tagung des Wissenschaftlichen Beirats des Energie Campus Nürnberg, Nürnberg, Germany, 14.03.2014

S. Brückner, A. Teuffel, **Abwärmeaufkommen in der Industrie**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 04.07.2014

C. Buerhop-Lutz, **Outdoor mapping of PV fields**, 2<sup>nd</sup> Joint i-MEET – ZAE Day, Nürnberg, Germany, 15.12.2014

C. Buerhop-Lutz, **Vorstellung der Netzwerkprojekte in PV-ZUM**, Kickoff-Meeting des Netzwerks PV-ZUM, Erlangen, Germany, 16.01.2014

M. Dalsass, **PV Test Lab**, 2<sup>nd</sup> Joint i-MEET – ZAE Day, Nürnberg, Germany, 15.12.2014

V. Dyakonov, **Edgar-Lüscher-Lecture „Organische Photovoltaik“**, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen, Germany, 30.09.2014

V. Dyakonov, **Intrinsic Defects in SiC for Spin-based Quantum Applications**, „Seminar talk“ at the Institute for Molecular Engineering, University of Chicago, Chicago, USA, 16.04.2014

V. Dyakonov, **Nanostructures for Energy and Quantum Sensing Applications**, Workshop University of Lviv and University of Würzburg, Lviv, Ukraine, 25.–27.06.2014

V. Dyakonov, **Nanostructures for Energy and Quantum Sensing Applications**, Workshop Lomonosov Moscow State University and University of Würzburg, Moscow, Russian Federation, 27.–28.05.2014

V. Dyakonov, **Vorstellung des Energie-Effizienz-Zentrums (EEC)**, Main-Post-Akademie, Würzburg, Germany, 05.11.2014

V. Dyakonov, **Zukunft ausBauen**, NJ Empfang Kreisverband Würzburg-Land von Bündnis 90/Die Grünen, Waldbüttelbrunn, Germany, 31.01.2014

H.-P. Ebert, **Die Energie des Lichts**, Kooperationsbörse Stadt der jungen Forscher, Würzburg, Germany, 21.10.2014

H.-P. Ebert, **Functional Materials for Energy Efficient Buildings**, Joint EPS-SIF International School on Energy 2014, Varenna, Italy, 17.–23.07.2014

H.-P. Ebert, **Smarte Hüllen: Energieeffiziente Lösungen in der textilen Architektur**, Energie-seminar, Physikalisches Institut, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg, Germany, 07.02.2014

H.-J. Egelhaaf, **Lifetimes of OPV Cells and Modules**, Workshop on Organic Photovoltaics, Nürnberg, Germany, 11.12.2014

H.-J. Egelhaaf, **Solar Factory of the Future – Printed PV for the Revolution of Energy Supply**, 2<sup>nd</sup> Joint i-MEET – ZAE Day, Nürnberg, Germany, 15.12.2014

F. Fischer, **Charakterisierung von Zeolithen für den Einsatz in Adsorptionswärmespeichern**, MIC / ZAE Bayern Workshop „Charakterisierung nanoporöser Materialien“, Würzburg, Germany, 08.–09.04.2014

R. Gurtner, **Energetische Optimierung und Abwärmenutzung in einer Gießerei**, RENEXPO 2014 – Forschung trifft Wirtschaft, Augsburg, Germany, 10.10.2014

R. Gurtner, **Industrielle Abwärmenutzung einer Gießerei durch thermische Energiespeicher in Kombination mit einem Absorptionsprozess**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 05.07.2014

R. Gurtner, M. Riepl, **Pfade zur Kälteerzeugung aus erneuerbaren Energien**, 4. Erneuerbare-Energien-Tage der Netzwerkpartner (RWE), Wesel, Germany, 27.–28.03.2014

A. Hauer, **Dezentrale Energiespeicher zur Integration Erneuerbarer Energien**, Parlamentarischer Abend der Freie Wähler Landtagsfraktion „Ohne Energiespeicher keine Energiewende? – Potenziale und Herausforderungen“, München, Germany, 14.11.2014

A. Hauer, **German Funding for Energy Storage Research**, FCO Trilateral France-Germany-UK Workshop on Energy Storage, London, UK, 30.–31.10.2014

A. Hauer, **Offene Adsorption im Geschirrspüler – von der Thermodynamik zum fertigen Produkt**, Kolloquium Institut für Technische Thermodynamik, DLR, Stuttgart, Germany, 05.06.2014

A. Hauer, **Speicherung thermischer Energie, Möglichkeiten und Grenzen**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 04.07.2014

A. Hauer, **Techniken und Potenziale der Energiespeichertechnologien**, Energiedialog Bayern, Arbeitsgruppe 2: Beitrag von Speichertechnologien, München, Germany, 19.11.2014

A. Hauer, **Wirtschaftlichkeit von Energiespeichern**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 04.07.2014

M. Heßmann, **Laser Welding of Silicon Foils for Thin-Film Solar Cell Manufacturing**, Institutskolloquium am Institut für Solarenergieforschung GmbH Hameln (ISFH), Hameln, Germany, 02.09.2014

A. Krönauer, **Grundlagen der el. und th. Energiespeicherung, sowie deren ökonomische Grenzen**, WTT-Expo 2014, Karlsruhe, Germany, 09.04.2014

T. Kunz, **Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte – Ausrichtung des Netzwerks**, Kickoff-Meeting des Netzwerks PV-ZUM, Erlangen, Germany, 16.01.2014

T. Kunz, **Silicium-PhV at ZAE**, 2<sup>nd</sup> Joint i-MEET – ZAE Day, Nürnberg, Germany, 15.12.2014

E. Lävemann, **Thermische Energiespeicher, Thermodynamische Betrachtungen**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 04.07.2014

D. Li, **PVer Dreams of Solar Cell – Panasonic HIT and my solar cells**, Chairseminar-Doctoral thesis report, Erlangen, Germany, 05.06.2014

L. Lucera, **Design and realization of highly efficient OPV modules: combining sub 10 micron laser patterning with large area slot die coating, Part II**, Joint Workshop on Organic Electronics (FAU, ICL, ZAE Bayern), Erlangen, Germany, 22.05.2014

J. Manara, **Strahlungstransport in diathermen Medien**, Wärmetechnisches Kolloquium, Freiberg, Germany, 23.01.2014

M. Neswal, **Projekt Smart Grid Solar**, 8. Hofer Wirtschaftsforum, Hochschule Hof und Stadt/Region Hof – eine fruchtbare Symbiose, Hof, Germany, 01.10.2014

J. Pflaum, **Charge carrier transport in organic semiconductors**, Tutorial University of Würzburg, Würzburg, Germany, 17.06.2014

M. Reuß, **Entwicklung eines vakuum-supersolisierten Heißwasserspeichers**, RENEXPO 2014 – Forschung trifft Wirtschaft, Augsburg, Germany, 10.10.2014

M. Riepl, **Best Practice Examples – Solar Thermal Heating and Cooling**, Workshop Green Chiller Verband für Sorptionskälte e. V., Heraklion, Greece, 18.10.2014

M. Riepl, **Solare Klimatisierung**, Arbeitskreis „Bau und Energie“ des Bayerischen Bauindustrieverbandes, München, Germany, 06.02.2014

M. Rzepka, **Systemanalyse – Thermische Energiespeicher im Kontext der Energiewende**, OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 04.07.2014

M. Siller, **Smart Grids**, 2<sup>nd</sup> Joint i-MEET – ZAE Day, Nürnberg, Germany, 15.12.2014

M. Siller, P. Luchscheider, A. Schmutzer, J. Bogenrieder, M. Dalsass, C. Sölch, **Smart Grid Solar – Projekt in Oberfranken im Raum Hof/Arzberg**, E.ON Energiestammtisch, Selb, Germany, 20.11.2014

A. Solodovnyk, **Metamaterials with extraordinarily enhanced or suppressed transmission**, 20<sup>th</sup> SAOT Academy (Winter Academy) 2014, Oberhof, Germany, 09.–14.03.2014

A. Solodovnyk, B. Lipovšek, K. Forberich, E. Stern, M. Batentschuk, M. Topič et al., **Optical Properties of Polymer Matrices Filled with PL Down-Shifting Materials for Photovoltaics**, 22. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, 11. IPF-Kolloquium, 3. Workshop des Gemeinschaftsausschusses „Kombinierte Oberflächentechnik“, Dresden, Germany, 12.–13.11.2014

A. Solodovnyk, **Physics of Fluorescence**, 21<sup>st</sup> SAOT Academy (Summer Academy) 2014, Vienna, Austria, 13.–18.07.2014

A. Vetter, **Imaging and Accelerated life time testing**, 2<sup>nd</sup> Joint i-MEET – ZAE Day, Nürnberg, Germany, 15.12.2014

A. Vetter, **Imaging on Solar Cells**, Kolloquium ZAE Bayern/MIDA, Erlangen, Germany, 04.04.2014

A. Vetter, **Overview of EnCN-MATSOL**, Kolloquium EnCN/ENC, Nürnberg, Germany, 27.03.2014

A. Vetter, **Quality Control of OPV Modules by IR Imaging**, Workshop on Organic Photovoltaics, Nürnberg, Germany, 11.12.2014

S. Wieder, **EnCN-Projekt „Solarfabrik der Zukunft“**, Teilprojekt Technikum, Zwischen-evaluierung am Energie Campus Nürnberg (EnCN), Nürnberg, Germany, 24.02.2014

## 3.2 VERÖFFENTLICHUNGEN PUBLICATIONS

### 3.2.1

#### Referierte Veröffentlichungen Peer-Reviewed Publications

J. Adams, A. Vetter, F. Hoga, F. Fecher, J. P. Theisen, C. J. Brabec et al., **The influence of defects on the cellular open circuit voltage in CuInGaSe<sub>2</sub> thin film solar modules – An illuminated lock-in thermography study**, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 123, 2014, 159-165

T. Ameri, P. Khoram, T. Heumüller, D. Baran, F. Machui, A. Troeger et al., **Morphology analysis of near IR sensitized polymer/fullerene organic solar cells by implementing low band-gap heteroanalogue C-/Si-PCPDTBT**, J. Mater. Chem. A, 2 (45), 2014, 19461-19472

T. R. Andersen, H. F. Dam, M. Hösel, M. Helgesen, J. E. Carlé, T. T. Larsen-Olsen et al., **Scalable, ambient atmosphere roll-to-roll manufacture of encapsulated large area, flexible organic tandem solar cell modules**, Energy Environ. Sci., 7 (9), 2014, 2925-2933

H. Azimi, S. Kuhri, A. Osvet, G. Matt, L. S. Khanzada, M. Lemmer et al., **Effective ligand passivation of Cu<sub>2</sub>O nanoparticles through solid-state treatment with mercaptopropionic acid**, J. Am. Chem. Soc., 136 (20), 2014, 7233-7236

H. Azimi, Y. Hou, C. J. Brabec, **Towards low-cost, environmentally friendly printed chalcopyrite and kesterite solar cells**, Energy Environ. Sci., 7(6), 2014, 1829-1849

D. Baran, N. Li, A.-C. Breton, A. Osvet, T. Ameri, M. Leclerc et al., **Qualitative analysis of bulk-heterojunction solar cells without device fabrication: An elegant and contactless method**, J. Am. Chem. Soc., 136 (31), 2014, 10949-10955

A. Baumann, K. Tvingstedt, M. C. Heiber, S. Väh, C. Momblona, H. J. Bolink et al., **Persistent Photovoltage in Methylammonium Lead Iodide Perovskite Solar Cells**, APL Mater., 2, 2014, 081501

T. Beikircher, P. Osgyan, M. Reuss, G. Streib, **Flat plate collector for process heat with full surface aluminium absorber, vacuum super insulation and front foil**, Energy Procedia, 48, 2014, 009-017

T. Beikircher, V. Berger, P. Osgyan, G. Streib, M. Reuß, **Low-e confined air chambers in solar flat-plate collectors as an economic new type of rear side insulation avoiding moisture problems**, Sol. Energy, 105, 2014, 280-289

T. Beikircher, H. Drück, S. Fischer, P. Osgyan, **Short-term efficiency test procedure for solar thermal collectors based on heat loss measurements without insolation and a novel conversion towards daytime conditions**, Sol. Energy, 107C, 2014, 653-659

S. Besold, U. Hoyer, J. Bachmann, T. Swonke, P. Schilinsky, R. Steim et al., **Quantitative imaging of shunts in organic photovoltaic modules using lock-in thermography**, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 124, 2014, 133-137

Z. Birech, M. Schwoerer, T. Schmeiler, J. Pflaum, H. Schwoerer, **Ultrafast dynamics of excitons in tetracene single crystals**, J. Chem. Phys., 140 (11), 2014, 114501

C. Brandt, N. Schüler, M. Gaderer, J. M. Kuckelkorn, **Development of a thermal oil operated waste heat exchanger within the off-gas of an electric arc furnace at steel mills**, Appl. Therm. Eng., 66 (1-2), 2014, 335-345

S. Brückner, L. Miró, L. F. Cabeza, M. Pehnt, E. Lävemann, **Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review**, Renewable Sustainable Energy Rev., 38, 2014, 164-171

S. Brückner, **Using industrial and commercial waste heat for residential heat supply: A case study from Hamburg, Germany**, Sustainable Cities and Society, 13, 2014, 139-142

I. Burgués-Ceballos, F. Machui, J. Min, T. Ameri, M. M. Voigt, Y. N. Luponosov et al., **Solubility Based Identification of Green Solvents for Small Molecule Organic Solar Cells**, Adv. Funct. Mater., 24 (10), 2014, 1449-1457

A. Demilecamps, G. Reichenauer, A. Rigacci, T. Budtova, **Cellulose-silica composite aerogels from „one-pot“ synthesis**, Cellulose, 21 (4), 2014, 2625-2636

I. Etxebarria, A. Furlan, J. Ajuria, F. W. Fecher, M. M. Voigt, C. J. Brabec et al., **Series vs parallel connected organic tandem solar cells: Cell performance and impact on the design and operation of functional modules**, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 130, 2014, 495-504

F. W. Fecher, A. Pérez Romero, C. J. Brabec, C. Buerhop-Lutz, **Influence of a shunt on the electrical behavior in thin film photovoltaic modules – A 2D finite element simulation study**, Sol. Energy, 105, 2014, 494-504

A. Foertig, J. Kniepert, M. Gluecker, T. Brenner, V. Dyakonov, D. Neher et al., **Nongeminate and geminate recombination in PTB7:PC71BM solar cells**, Adv. Funct. Mater., 24 (9), 2014, 1306-1311

D. Gerstenlauer, M. H. Keller, M. Arduini-Schuster, J. Manara, G. Steinborn, **Determination of the refractive index of TiO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic composites**, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 135, 2014, 44-49

B. Gieseking, T. Schmeiler, B. Müller, C. Deibel, B. Engels, V. Dyakonov et al., **Effects of Characteristic Length Scales on the Exciton Dynamics in Rubrene Single Crystals**, Phys. Rev. B, 90, 2014, 205305

J. Gorenflot, M. C. Heiber, A. Baumann, J. Lorrmann, M. Gunz, A. Kämpgen et al., **Nongeminate recombination in neat P3HT and P3HT:PCBM blend films**, J. Appl. Phys., 115, 2014, 144502

M. Gsänger, E. Kirchner, M. Stolte, C. Burschka, V. Stepanenko, J. Pflaum et al., **High-Performance Organic Thin-Film Transistors of J-Stacked Squaraine Dyes**, J. Am. Chem. Soc., 132 (6), 2014, 2351-2362

F. Guo, P. Kubis, T. Stubhan, N. Li, D. Baran, T. Przybilla et al., **Fully solution-processing route toward highly transparent polymer solar cells**, ACS Appl. Mater. Interfaces, 6 (20), 2014, 18251-18257

F. Guo, P. Kubis, N. Li, T. Przybilla, G. Matt, T. Stubhan et al., **Solution-processed parallel tandem polymer solar cells using silver nanowires as intermediate electrode**, ACS Nano, 8 (12), 2014, 12632-12640

T. C. Hain, F. Fuchs, V. A. Soltamov, P. G. Baranov, G. V. Astakhov, V. Dyakonov et al., **Excitation and recombination dynamics of vacancy-related spin centers in silicon carbide**, J. Appl. Phys., 115, 2014, 133508

M. Helm, K. Hagel, W. Pfeffer, S. Hiebler, C. Schweigler, **Solar heating and cooling system with absorption chiller and latent heat storage – A research project summary**, Energy Procedia, 48, 2014, 837-849

T. Heumueller, W. R. Mateker, I. T. Sachs-Quintana, K. Vandewal, J. A. Bartelt, T. M. Burke et al., **Reducing burn-in voltage loss in polymer solar cells by increasing the polymer crystallinity**, Energy Environ. Sci., 7 (9), 2014, 2974-2980

H. Kraus, V. A. Soltamov, F. Fuchs, D. Simin, A. Sperlich, V. Dyakonov et al., **Magnetic field and temperature sensing with atomic-scale spin defects in silicon carbide**, Sci. Rep., 4, 2014, 5303

H. Kraus, V. A. Soltamov, D. Riedel, S. Väh, F. Fuchs, V. Dyakonov et al., **Room temperature quantum microwave emitters based on spin defects in silicon carbide**, Nat. Phys., 10, 2014, 157-162

P. Kubis, L. Lucera, F. Machui, G. Spyropoulos, J. Cordero, A. Frey et al., **High precision processing of flexible P3HT/PCBM modules with geometric fill factor over 95%**, Org. Electron., 15, 2014, 2256-2263

N. Li, T. Stubhan, J. Krantz, F. Machui, M. Turbiez, T. Ameri et al., **A universal method to form the equivalent ohmic contact for efficient solution-processed organic tandem solar cells**, J. Mater. Chem. A, 2 (36), 2014, 14896-14902

N. Li, D. Baran, G. D. Spyropoulos, H. Zhang, S. Berny, M. Turbiez et al., **Environmentally printing efficient organic tandem solar cells with high fill factors: A guideline towards 20% power conversion efficiency**, Adv. Energy Mater., 4 (7), 2014, art. no. 1400084

N. Li, P. Kubis, K. Forberich, T. Ameri, F. C. Krebs, C. J. Brabec, **Towards large-scale production of solution-processed organic tandem modules based on ternary composites: Design of the intermediate layer, device optimization and laser based module processing**, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 120, Part B, 2014, 701-708

I. Litzov, H. Azimi, G. Matt, P. Kubis, T. Stubhan, G. Popov et al., **Accelerated degradation of Al<sup>3+</sup> doped ZnO thin films using damp heat test**, Org. Electron., 15 (2), 2014, 569-576

W. Liu, D. Meinel, C. Wieland, H. Spliethoff, **Investigation of hydrofluoroolefins as potential working fluids in organic rankine cycle for geothermal power generation**, Energy, 67, 2014, 106-116

J. Lorrmann, M. Ruf, D. Vocke, V. Dyakonov, C. Deibel, **Distribution of charge carrier transport properties in organic semiconductors with Gaussian disorder**, J. Appl. Phys., 115 (18), 2014, 183702

Y. N. Luponosov, J. Min, T. Ameri, C. J. Brabec, S. A. Ponomarenko, **A new dithienosilole-based oligothiophene with methyldicyanovinyl groups for high performance solution-processed organic solar cells**, Org. Electron., 15 (12), 2014, 3800-3804

F. Machui, L. Lucera, G. D. Spyropoulos, J. Cordero, A. S. Ali, P. Kubis et al., **Large area slot-die coated organic solar cells on flexible substrates with non-halogenated solution formulations**, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 128, 2014, 441-446

M. Mayerhofer, S. Fendt, H. Spliethoff, M. Gaderer, **Fluidized bed gasification of biomass – In bed investigation of gas and tar formation**, Fuel, 117, Part B, 2014, 1248-1255

D. Meinel, C. Wieland, H. Spliethoff, **Economic comparison of ORC (Organic Rankine Cycle) processes at different scales**, Energy, 74, 2014, 694-706

D. Meinel, C. Wieland, H. Spliethoff, **Effect and comparison of different working fluids on a two-stage organic rankine cycle (ORC) concept**, Appl. Therm. Eng., 63 (1), 2014, 246-253

J. Min, Y. N. Luponosov, A. N. Solodukhin, N. Kausch-Busies, S. A. Ponomarenko, C. J. Brabec et al., **A star-shaped D-π-A small molecule based on a tris(2-methoxyphenyl)amine core for highly efficient solution-processed organic solar cells**, J. Mater. Chem. C, 2 (36), 2014, 7614-7620

J. Min, Y. N. Luponosov, A. Gerl, M. S. Polinskaya, S. M. Peregudova, P. V. Dmitryakov et al., **Alkyl chain engineering of solution-processable star-shaped molecules for high-performance organic solar cells**, Adv. Energy Mater., 4 (5), 2014, art. no. 1301234

J. Min, Y. N. Luponosov, D. Baran, S. N. Chvalun, M. A. Shcherbina, A. V. Bakirov et al., **Effects of oligothiophene π-bridge length on physical and photovoltaic properties of star-shaped molecules for bulk heterojunction solar cells**, J. Mater. Chem. A, 2 (38), 2014, 16135-16147



J. Min, Y. N. Luponosov, Z.-G. Zhang, S. A. Ponomarenko, T. Ameri, C. J. Brabec et al., **Interface design to improve the performance and stability of solution-processed smallmolecule conventional solar cells**, *Adv. Energy Mater.*, 4 (16), 2014, art. no. 1400816

S. Moser, L. Moreschini, H. Y. Yang, D. Innocenti, F. Fuchs, N. H. Hansen et al., **Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy of Tetragonal CuO: Evidence for Intralayer Coupling Between Cupratelike Sublattices**, *Phys. Rev. Lett.*, 113, 2014, 187001

A. Muzha, F. Fuchs, N. V. Tarakina, D. Simin, M. Trupke, V. Dyakonov et al., **Room-temperature near-infrared silicon carbide nanocrystalline emitters based on optically aligned spin defects**, *Appl. Phys. Lett.*, 105, 2014, 243112

T. Noisser, G. Reichenauer, N. Huesing, **In situ Modification of the Silica Backbone leading to Highly Porous Monolithic Hybrid Organic-Inorganic Materials via Ambient Pressure Drying**, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6 (2), 2014, 1025-1029

O. G. Poluektov, J. Niklas, K. L. Mardis, S. Beaupré, M. Leclerc, V. Dyakonov et al., **Electronic Structure of Fullerene Heterodimer in Bulk-Heterojunction Blends**, *Adv. Energy Mater.*, 4 (7), 2014, 1301517

C. Rathgeber, H. Schmit, P. Hennemann, S. Hiebler, **Calibration of a T-History calorimeter to measure enthalpy curves of phase change materials in the temperature range from 40 to 200 °C**, *Meas. Sci. Technol.*, 25 (3), 2014, 035011

C. Rathgeber, H. Schmit, P. Hennemann, S. Hiebler, **Investigation of pinacone hexahydrate as phase change material for thermal energy storage around 45 °C**, *Appl. Energy*, 136, 2014, 7-13

C. Rathgeber, L. Miró, L. F. Cabeza, S. Hiebler, **Measurement of enthalpy curves of phase change materials via DSC and T-History: When are both methods needed to estimate the behaviour of the bulk material in applications?**, *Thermochim. Acta*, 596, 2014, 79-88

I. T. Sachs-Quintana, T. Heumüller, W. R. Matker, D. E. Orozco, R. Cheacharoen, S. Sweetnam et al., **Electron barrier formation at the organic-back contact interface is the first step in thermal degradation of polymer solar cells**, *Adv. Funct. Mater.*, 24 (25), 2014, 3978-3985

H. Schmit, C. Rathgeber, P. Hennemann, S. Hiebler, **Three-step method to determine the eutectic composition of binary and ternary mixtures**, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 117 (2), 2014, 595-602

M. Schneider, A. Wagenpfafl, C. Deibel, V. Dyakonov, A. Schöll, F. Reinert, **Band bending at the P3HT/ITO interface studied by Photoelectron Spectroscopy**, *Org. Electron.*, 15 (7), 2014, 1552

C. Schuhbauer, M. Angerer, H. Spliethoff, F. Kluger, H. Tschaffon, **Coupled simulation of a tangentially hard coal fired 700 °C boiler**, *Fuel*, 122, 2014, 149-163

M. Seifert, K. Anhalt, C. Baltruschat, M. Lenhart-Rydzek, B. Brenner, S. Bonss, **Accurate non-contact temperature measurements during surface heat-treatment processes**, *HTM J. Heat Treatm. Mat.*, 69 (3), 2014, 182-191

V. Settels, A. Schubert, M. Tafipolski, W. Liu, V. Stehr, J. Pflaum et al., **Identification of Ultrafast Relaxation Processes as a Major Reason for Inefficient Exciton Diffusion in Perylene-Based Organic Semiconductors**, *J. Am. Chem. Soc.*, 136 (26), 2014, 9327-9337

G. D. Spyropoulos, P. Kubis, N. Li, D. Baran, L. Lucera, M. Salvador et al., **Flexible organic tandem solar modules with 6% efficiency: combining roll-to-roll compatible processing with high geometric fill factors**, *Energy Environ. Sci.*, 7 (10), 2014, 3284-3290

D. Stich, F. Späth, H. Kraus, A. Sperlich, V. Dyakonov, T. Hertel, **Triplet-triplet exciton dynamics in single-walled carbon nanotubes**, *Nat. Photonics*, 8 (2), 2014, 139-144

A. K. Topczak, T. Roller, B. Engels, W. Brütting, J. Pflaum, **Nonthermally activated exciton transport in crystalline organic semiconductor thin films**, *Phys. Rev. B*, 89, 2014, 201203(R)

K. Tvingstedt, O. Malinkiewicz, A. Baumann, C. Deibel, H. J. Snaith, V. Dyakonov et al., **Radiative Efficiency of Lead Iodide Based Perovskite Solar Cells**, *Sci. Rep.*, 4, 2014, 6071

Y. Wang, F. Y. Zhao, J. M. Kuckelkorn, D. Liu, J. Liu, J. L. Zhang, **Classroom energy efficiency and air environment with displacement natural ventilation in a passive public school building**, *Energy Build.*, 70, 2014, 258-270

Y. Wang, F. Y. Zhao, J. M. Kuckelkorn, D. Liu, L. Liu, X. Pan, **Cooling energy efficiency and classroom air environment of a school building operated by the heat recovery air conditioning unit**, *Energy*, 64, 2014, 991-1001

Y. Wang, F. Y. Zhao, J. M. Kuckelkorn, X. H. Li, H. Q. Wang, **Indoor air environment and night cooling energy efficiency of a southern German passive public school building operated by the heat recovery air conditioning unit**, *Energy Build.*, 81, 2014, 9-17

Y. Wang, F. Y. Zhao, J. M. Kuckelkorn, E. Rank, **School building energy performance and classroom air environment implemented with the heat recovery heat pump and displacement ventilation system**, *Appl. Energy*, 114, 2014, 58-68

X. Wang, H.-J. Egelhaaf, H.-G. Mack, H. Azimi, C. J. Brabec, A. J. Meixner et al., **Morphology Related Photodegradation of Low-Band-Gap Polymer Blends**, *Adv. Energy Mater.*, 4 (17), 2014, 140049 1-12

L. Weigold, G. Reichenauer, **Correlation between mechanical stiffness and thermal transport along the solid framework of a uniaxially compressed polyurea aerogel**, *J. Non-Cryst. Solids*, 406, 2014, 73-78

H. Weinläder, W. Körner, B. Strieder, **A ventilated cooling ceiling with integrated latent heat storage – monitoring results**, *Energy Build.*, 82 (10), 2014, 65-72

N. Wolf, T. Stubhan, J. Manara, V. Dyakonov, C. J. Brabec, **Stabilization of aluminum doped zinc oxide nanoparticle suspensions and their application in organic solar cells**, *Thin Solid Films*, 564 (8), 2014, 213-217

H. Zhang, T. Stubhan, N. Li, M. Turbiez, G. J. Matt, T. Ameri et al., **A solution-processed barium hydroxide modified aluminum doped zinc oxide layer for highly efficient inverted organic solar cells**, *J. Mater. Chem. A*, 2 (44), 2014, 18917-18923

H. Zhang, H. Azimi, Y. Hou, T. Ameri, T. Przybilla, E. Spiecker et al., **Improved High-Efficiency Perovskite Planar Heterojunction Solar Cells via Incorporation of a Polyelectrolyte Interlayer**, *Chem. Mater.*, 26 (18), 2014, 5190-5193

A. Zusan, K. Vandewal, B. Allendorf, N. H. Hansen, J. Pflaum, A. Salleo et al., **The Crucial Influence of Fullerene Phases on the Photogeneration in Organic Bulk Heterojunction Solar Cells**, *Adv. Energy Mater.*, 4 (17), 2014, 1400902

### 3.2.2 Bücher, Manuskripte Books, Manuscripts

C. J. Brabec, U. Scherf, V. Dyakonov, **Organic Photovoltaics : Materials, Device Physics, and Manufacturing Technologies, Second Edition**, Wiley-VCH, Weinheim, 2014, ISBN 978-3-527-33225-0

L. F. Cabeza, E. Oró, L. Miró, I. Martorell, A. de Gracia, A. Gil et al., **Final Report – Annex 25 – ECES IA – IEA „Surplus Heat Management using Advanced TES for CO<sub>2</sub> mitigation“**, University of Lleida, Lleida, Spain, 2014, 1-256, [www.iea-eces.org/files/a4.3\\_annex\\_25\\_final\\_report\\_v.11.pdf](http://www.iea-eces.org/files/a4.3_annex_25_final_report_v.11.pdf)

### 3.2.3 Referierte Tagungsbandbeiträge Conference Papers

J. Adams, F. W. Fecher, F. Hoga, A. Vetter, C. Buerhop-Lutz, C. J. Brabec, **IR-imaging and non-destructive loss analysis on thin film solar modules and cells**, *SPIE Optics + Photonics 2014*, Proc. SPIE – Thin Films for Solar and Energy Technology VI, Vol. 9177, San Diego, USA, 17.–21.08.2014, 917703

H. Anbergen, M. Reuß, J. M. Kuckelkorn, J. Frank, L. Müller, I. Sass, **Hydraulische Integrität des Systems Erdwärmesonde**, *Der Geothermiekongress 2014*, Essen, Germany, 11.–13.11.2014

C. Buerhop-Lutz, H. Scheuerpflug, **Comparison of IR-images and Module Performance under Standard and Field Conditions**, 29<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014), Amsterdam, The Netherlands, 22.–26.09.2014, p. 3260-3264

C. Buerhop-Lutz, H. Scheuerpflug, **Field inspection of PV-modules using aerial, drone-mounted thermography**, 29<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014), Amsterdam, The Netherlands, 22.–26.09.2014, p. 2975-2979

F. W. Fecher, J. Adams, A. Vetter, C. Buerhop-Lutz, C. J. Brabec, **Loss analysis on CIGS-modules by using contactless, imaging illuminated lock-in thermography and 2D electrical simulations**, 40<sup>th</sup> IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Denver, USA, 08.–13.06.2014, p. 3331-3334

P. Hennemann, C. Rathgeber, S. Hiebler, **Polymer als Phasenwechselmaterialien – Der Einfluss funktioneller Gruppen auf die Schmelzenthalpie**, *Würzburger Tage 2014*, Würzburg, Germany, 19.–21.03.2014

F. Klinker, H. Mehling, C. Konstantinidou, H. Weinläder, **Dynamic thermal behaviour of two newly developed PCM cooling ceiling prototypes**, *Eurosun – International Conference on Solar Energy and Buildings*, Aix-les-Bains, France, 16.–19.09.2014

C. Konstantinidou, F. Klinker, W. Körner, H. Weinläder, **Measurements of the performance of the room integrated PCM in the new Energy Efficiency Center**, *Eurosun – International Conference on Solar Energy and Buildings*, Aix-les-Bains, France, 16.–19.09.2014

P. Kubiš, L. Lucera, F. Guo, G. Spyropoulos, M. M. Voigt, C. J. Brabec, **Patterning of OPV modules by ultra-fast laser**, *SPIE Optics + Photonics 2014*, Proc. SPIE – Laser Processing and Fabrication for Solar, Displays, and Optoelectronic Devices III, Vol. 9180, San Diego, USA, 17.–21.08.2014, 91800M

J. M. Kuckelkorn, **Kühlkonzepte für Nichtwohngebäude**, 2. VDI-Fachtagung „Hybride Gebäudeenergiesysteme“, VDI-Berichte 2235, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, Köln, Germany, 15.–16.10.2014, p. 103-109, ISSN 0083-5580, ISBN 978-3-18-092235-5

W. Lang, T. Rampp, H.-P. Ebert, **The Energy Efficiency Center of the Center for Applied Energy Research Würzburg, Germany**, 30<sup>th</sup> International PLEA Conference, Ahmedabad, India, 15.–18.12.2014

D. Li, S. Wittmann, T. Kunz, T. Ahmad, N. Gawehe, M. T. Hessmann et al., **Thin Film Silicon Solar Cell on Graphite Substrate with Laser Single Side Contact**, 29<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014), Amsterdam, The Netherlands, 22.–26.09.2014, p. 1610-1613

F. Menhart, S. Natzer, M. Riepl, C. Schweigler, **Effect of the surface texture on the heat transfer coefficient in nucleate boiling of aqueous lithium bromide solution at low heat fluxes**, International Sorption Heat Pump Conference (ISHPC 2014), Washington, USA, 30.03.–02.04.2014

F. Menhart, M. Riepl, S. Natzer, **Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf die benötigte Wandüberhitzung zum Blasensieden in Austreibern von kompakten Wasser-/LiBr Absorptionskälteanlagen**, DKV-Tagung 2014, Düsseldorf, Germany, 19.–21.11.2014

L. Miró, C. Rathgeber, S. Hiebler, L. F. Cabeza, **Combined DSC and T-History measurements for an improved characterisation of phase change materials**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28.–30.05.2014

L. Miró, S. Brückner, E. Lävemann, L. F. Cabeza, **Discussing industrial waste heat potential: types and methodology to account, worldwide mapping and recovery technologies**, Grand Renewable Energy 2014 International Conference and Exhibition, Tokyo, Japan, 27.07.–01.08.2014

L. Miró, S. Brückner, E. Lävemann, L. F. Cabeza, **Estimation and use of the industrial waste heat potential**, EuroSun 2014 – International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-les-Bains, France, 16.–19.09.2014

L. Miró, C. Barreneche, S. Brückner, A. Fernández, L. F. Cabeza, **Recovering waste heat using thermal energy storage technologies**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28.–30.05.2014

M. Pröll, M. Reuß, A. Hauer, C. J. Brabec, **Ertragsvergleich des CPC PVT Kollektorprinzips gegenüber PVT Flachkollektoren und Solarthermie-Fotovoltaik-Kombinationen (Side-by-Side) auf Basis von Jahressimulationen**, OTTI 24. Symposium „Thermische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 07.–09.05.2014, p. 52-53

M. Frank, T. Martin, F. Menhart, M. Radspieler, **Thermochemische Wärmespeicherung mit wässriger Lithiumbromid-Lösung**, DKV-Tagung 2014, Düsseldorf, Germany, 19.–21.11.2014

C. Rathgeber, H. Schmit, P. Hennemann, S. Hiebler, **Investigation of pinacone hexahydrate as phase change material**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28.–30.05.2014

G. Reichenauer, **Characterization of Aerogels – Challenges and Prospects**, 13<sup>th</sup> International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC), Montecatini Terme, Italy, 10.–13.06.2014, p. 54-63

M. Reim, W. Körner, H. Weinläder, **Daylighting and shading of the new Energy Efficiency Center**, Eurosun – International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-les-Bains, France, 16.–19.09.2014

M. Reuß, **VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds“ – Überarbeitung der Richtlinie**, OTTI 13. Internationales Anwenderforum „Oberflächennahe Geothermie“, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 01.–02.07.2014

H. Schmit, C. Rathgeber, W. Pfeffer, S. Hiebler, **Investigation of two novel eutectic phase change materials based on ternary salt hydrate mixtures**, Eurotherm Seminar #99: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida, Spain, 28.–30.05.2014

A. Solodovnyk, B. Lipovšek, K. Forberich, E. Stern, M. Batentschuk, M. Topič et al., **Light propagation in phosphor-filled matrices for photovoltaic PL down-shifting IR-imaging and non-destructive loss analysis on thin film solar modules and cells**, SPIE Optics + Photonics 2014, Proc. SPIE – Reflection, Scattering, and Diffraction from Surfaces IV, Vol. 9205, San Diego, USA, 17.–21.08.2014, 92050D

A. Solodovnyk, A. Hollmann, A. Osvet, K. Forberich, E. Stern, M. Batentschuk et al., **Luminescent down-shifting layers with Eu<sup>2+</sup> and Eu<sup>3+</sup> doped strontium compound particles for photovoltaics**, SPIE Optics + Photonics 2014, Proc. SPIE – Next Generation Technologies for Solar Energy Conversion V, Vol. 9178, San Diego, USA, 17.–21.08.2014, 917806

G. D. Spyropoulos, P. Kubis, N. Li, L. Lucera, M. Salvador, D. Baran et al., **Flexible organic tandem solar modules: a story of up-scaling**, SPIE Optics + Photonics 2014, Proc. SPIE – Organic Photovoltaics XV, Vol. 9184, San Diego, USA, 17.–21.08.2014, 91841A

C. Stegner, J. Bogenrieder, P. Luchscheider, A. Schmutzer, **Einsatz dezentraler Speicher in der Niederspannung**, Konferenz Nachhaltige Energieversorgung und Integration von Speichern (NEIS 2014), Hamburg, Germany, 18.–19.09.2014

T. Beikircher, M. Möckl, P. Osgyan, M. Reuss, G. Streib, **Ökonomischer Flachkollektor für die Erzeugung von Prozesswärme bis 150°C**, OTTI 24. Symposium „Thermische Solarenergie“, Bad Staffelstein, Germany, 07.–09.05.2014, p. 238-239

Y. Wang, J. M. Kuckelkorn, F. Y. Zhao, M. Mu, **Indoor air environment and heat recovery ventilation in a passive school building: a case study for winter condition**, International Conference of American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) 2014, New York, USA, 18.–22.01.2014

Y. Wang, J. M. Kuckelkorn, F. Y. Zhao, M. Mu, **Indoor environment and night passive cooling energy efficiency in a southern German low energy school building**, International Conference of Building Simulation and Optimization (BSO) 2014, London, UK, 22.–25.06.2014

N. Wolf, D. Gerstenlauer, J. Manara, **Modelling the spectral reflectances of Sol-Gel tin doped indium oxide and aluminium doped zinc oxide coatings**, Nanotech Conference & Expo, Washington, USA, 12.–16.05.2013, p. 674-677

### 3.2.4

#### Sonstige Veröffentlichungen Miscellaneous Publications

V. Dyakonov, H.-P. Ebert, J. Manara, **Smart Skins: Energy Efficient Solutions for Textile Architecture**, 8. Aachen-Dresden International Textile Conference, Dresden, 27.–28.11.2014

H.-P. Ebert, **Cutting edge building technologies: the Energy Efficiency Center**, World Sustainable Energy Days (WSED), Wels, 26.–28.02.2014

H.-P. Ebert, C. Stark, C. Römer, J. Wachtel, M. Reim, S. Vidi et al., **Materialien und Komponenten zur energetischen Optimierung von Feuchte, Licht und Wärme in Gebäuden**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, 20.–21.03.2014, p. 25-29

H.-P. Ebert, **ZAE Würzburg: Die Effizienzforscher**, WVV energieplus, 1/2014, p. 3

S. Glaser, H. Weinläder, **Bestandsfenster energetisch beurteilen – das Forschungsprojekt FensterCheck**, DETAIL Green, 01/2014, p. 61-63

A. Hauer, **Der Komplexität Rechnung tragen – Vielfältige Speichertechnologien für die Praxis**, Stadt+Werk, 11/12 2014, p. 30-31

A. Hauer, **Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration**, Michael Sterner, Ingo Stadler, Co-Autor für das Kapitel „Thermische Energiespeicher“, Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, ISBN 978-3-642-37379-4

R. Kunde, M. Adeili, F. Volz, **Pelletkessel nicht zu groß bemessen – Einfluss der Dimensionierung auf die Effizienz von Pelletheizungen**, Gebäude Energieberater, 11/2014, p. 30-33

W. Lang, T. Rampp, H.-P. Ebert, **Smart Building Envelopes for Sustainable Building: The Energy Efficiency Center in Würzburg**, Energy Forum – Advanced Building Skins, Bressanone, 27.–28.10.2014, p. 31-42

J. Manara, M. Arduini-Schuster, H.-P. Ebert, J. Cremers, K. Puchta, T. Rampp et al., **Membrankonstruktionen zur energetischen Sanierung von Gebäuden**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, 20.–21.03.2014, p. 181

J. Manara, M. Arduini-Schuster, H.-P. Ebert, P. Siemens, **Transparente low-e Beschichtungen zum großflächigen Einsatz in der textilen Architektur**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, 20.–21.03.2014, p. 182

L. Staudacher, D. Schink, R. Zorn, H. Steger, **100% regenerativ mit oberflächennaher Geothermie**, Geothermie in Bayern, media mind GmbH & Co. KG, München, 2014, p. 63-67

L. Weigold, G. Reichenauer, **Sensitivity of Mechanical Stiffness and Solid Phase Thermal Conductivity on Micro-Structural Changes in Polyurea Aerogels**, International Seminar on Aerogels, Hamburg, 06.–07.10.2014, p. 44-50

H. Weinläder, **Fenstercheck – Energetische Bewertung von Fenstern**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, 20.–21.03.2014, p. 53-56

S. Weismann, **Living Lab – das Energy Efficiency Center des ZAE Bayern in Würzburg**, EnOB-Symposium 2014 „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“, Essen, 20.–21.03.2014, p. 141-145



## 3.3 STUDIENABSCHLUSSARBEITEN UND DISSERTATIONEN DEGREE AND DOCTORAL THESIS

### 3.3.1

#### Studienabschlussarbeiten Degree Thesis

M. Auth, **Elektronen-Spin-Resonanz Untersuchung von Ladungstransfer zwischen Kohlenstoffnanoröhren, Polymeren und Fullerenen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 02/2014, Bachelor

G. Bai, **Restgasabsaugung in einer Absorptionssäule**, Hochschule München, Versorgungs- und Gebäudetechnik, 07/2014, Bachelor

A. Basse, **Infrarot-optische Funktionsschichten über redispergierte ITO-Nanopartikelschichten**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 07/2014, Bachelor

V. Berger, **Ermittlung konvektiver Verluste am Absorber von Sonnenkollektoren**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physik und Astronomie, 01/2014, Diplom

A. Bernhardt, **Charakterisierung organischer Solarzellen mittels orts aufgelösten transientem Photostrom und Photospannung**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 01/2014, Master

A. Blockinger, **Simulation der Teilnahme von Speichern am Regenerativmarkt unter Berücksichtigung der regulatorischen Rahmenbedingungen**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Elektrische Energiesysteme, 10/2014, Bachelor

C. Brandt, **Aufbau einer Anlage zur in-situ Untersuchung der optischen Eigenschaften von Silica Xerogelen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 02/2014, Master

J. Brockmeyer, **Bestimmung des Emissionsgrades von Oberflächen bei hohen Temperaturen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 12/2014, Bachelor

X. Cao, **Auslegung und Aufbau eines saisonalen Absorptionswärmespeichers**, Hochschule München, Versorgungs- und Gebäudetechnik, 06/2014, Bachelor

N. M. Dang, **Herstellung und Charakterisierung metallischer Strukturen mit Hilfe der Shadow Nanosphere Lithographie**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 09/2014, Bachelor

C. Dettelbacher, **Validation of a Measuring Arrangement for Spectral Response Measurement of Tandem Solar Cells**, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Life Sciences, 03/2014, Master

C. Doerffel, **Simulation und Charakterisierung mikrostrukturierter Systeme**, TU Bergakademie Freiberg, Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik, 03/2014, Bachelor

M. Dusel, **Messung des Wärmedurchlasskoeffizienten von Verglasungen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 08/2014, Bachelor

T. Dziejwior, **Analyse der unterkritischen Trocknung von SiO<sub>2</sub>-Gelen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 04/2014, Master

F. Edelmann, **Aufbau und Test künstlicher Wärmequellen zur Nachbildung der Abwärme von Personen in Testräumen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 12/2014, Bachelor

L. Fischer, **Bestimmung der Absorptions- und Transmissionsspektren von infrarotaktiven Gasen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 06/2014, Bachelor

T. Gall, **Herstellung organisch-anorganischer Hybridschichten aus Nanopartikel-Dispersionen**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 05/2014, Bachelor

J. Gast, **Influence of Refractive Indices of Matrix Material and Phosphor Particles on Optical Properties of Down-Shifting Layers**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 09/2014, Bachelor

F. Glott, **Dispergierung von Nanodiamanten in Resorcin-Formaldehyd-Aerogelen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 03/2014, Bachelor

C. Götz, **Analyse und Ermittlung von Optimierungspotentialen eines Geothermieheizwerks**, Fachhochschule Flensburg, Energie und Biotechnologie, 02/2014, Bachelor

M. Grüne, **Herstellung und Charakterisierung von Perowskit-Solarzellen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 12/2014, Bachelor

T. Harder, **Bestimmung der Dielektrizitätskonstante organischer Halbleiter in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses PPV:PCBM mittels CELIV**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 07/2014, Bachelor

J. Hepp, **Contactless detection of unwanted substances in organic solar cells via illuminated lock-in IR-imaging**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 12/2014, Master

B. Hillig, **Transparente und leitfähige Schichten über redispergierte Nanopartikelsuspensionen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 01/2014, Bachelor

H. Höcker, **Passive Kälteerzeugung durch Konvektion, Verdunstungs- und Strahlungskühlung**, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Maschinenbau und Versorgungstechnik, 03/2014, Bachelor

B. Hofbeck, **Bildgebende Charakterisierung von speziell präparierten Ein-Zell-CIGS-Solarzellen**, Hochschule für angewandte Wissenschaften Ansbach, Ingenieurwissenschaften, 08/2014, Bachelor

A. Hollmann, **Synthesis and characterization of europium-doped strontium compound nanoparticles for the enhancement of solar cells via luminescent down-shifting layers**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 04/2014, Master

A. Isert, **Leistungsbetrachtung von PR-Modulen im Betrieb**, Hochschule Nordhausen, Institut für Regenerative Energietechnik, 04/2014, Bachelor

A. Karlsson, **Nanoporous Composites Based on Hybrid Organic/Inorganic Xerogels**, Umea University (Sweden), Engineering Chemistry, 08/2014, Master

H. Karrer, **Konstruktion eines variablen Versuchskollektors zur experimentellen Bestimmung des Einflusses der CPC Einstrahlcharakteristik auf PVT Solarkollektoren (konstruktiv)**, TU München, Maschinenwesen, 03/2014, Diplom

Y. Ke, **Contactless temperature measurement at high temperatures**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 08/2014, Master

J. Königer, **Optische Charakterisierung von organischen Dünnschichtbauteilen**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Chemie und Pharmazie, 01/2014, Master

V. Kunkel, **Bestimmung thermischer Materialparameter von Dünnschichtsolarellen**, TU München, Physik, 06/2014, Master

R. Longtschi, **Entwicklung und Charakterisierung von Beschichtungen mit optimierten infrarot-optischen Eigenschaften**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 09/2014, Master

J. Mägdefessel, **Elektrolumineszenzmessung mittels lock-in-Methode (ELLI) an monokristallinen PV-Modulen im Feld**, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Umweltingenieurwesen, 03/2014, Bachelor

V. Mertel, **Konzept zur Ermittlung lösungsseitiger Wärmeübergangskoeffizienten in Hochtemperaturaustreibern mehrstufiger Absorptionssäulen**, TU München, Maschinenwesen, 05/2014, Master

L. Meyering, **Entwicklung nachhaltiger Wärmeenergiekonzepte für das Neubaugebiet „Kommunikationszone“ der Stadt Garching**, TU München, Gebäudetechnik und klimagerechtes Bauen, 10/2014, Master

L. Nanz, **Bestandserfassung, Benchmarking und Optimierung von energetisch relevanten Prozessen in Gebäuden mittels eines entwickelten Analysetools**, TU München, Maschinenwesen, 12/2014, Master

D. J. Niederlechner, **Funktionsanalyse einer Nachtauskühlung für ein Passivhaus-Schulgebäude**, Hochschule München, Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik, 01/2014, Bachelor

I. Ölschlegel, **Fabrication and analyzing of solution processed organic tandem solar cells with roll to roll compatible techniques with subsequent measures of optimization to enhance the cell performance**, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Umweltingenieurwesen, 09/2014, Bachelor

T. Pittius, **Konstruktion eines vakuumsuperisolierten Hochtemperaturspeichers zur Nutzung industrieller Abwärme**, TU München, Maschinenwesen, 07/2014, Bachelor

S. Sachs, **Durchführung von Messungen zu rückseitigen Wärmeverlusten an Flachkollektoren**, TU München, Maschinenwesen, 07/2014, Bachelor

R. Schex, **Development of the Measurement and Control System of a Biomass Driven Absorber Chiller**, TU München, Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, 12/2014, Master

S. Schmitt, **Raman spectroscopy – A method for examining the morphology of organic cells?**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 03/2014, Master

K. Schreier, **Thermische Kontaktwiderstände**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 09/2014, Bachelor

M. Selariu, **Fabrication and characterization of charge-carrier selective layers for Perovskite Solar Cells**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 07/2014, Bachelor

S. Stoll, **Bestimmung der Dielektrizitätskonstante organischer Halbleiter in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses PPV:PCBM mittels Impedanzspektroskopie**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 07/2014, Bachelor

S. Strohm, **Long-term stability characterization of organic tandem solar cells: A photo stability test**, Hochschule für angewandte Wissenschaften Ansbach, Ingenieurwissenschaften, 09/2014, Bachelor

T. Wagner, **Transparente, partikuläre Beschichtungen mit niedrigem Emissionsgrad**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 06/2014, Bachelor

S. Wald, **Automatisierung eines Kalibrierungsstandes berührungsloser Temperaturmessgeräte**, Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Elektrotechnik, 12/2014, Diplom

J. B. Weinrich, **Untersuchung der Polaron-dynamik in organischen PTB7:PC71BM BHJ-Solarzellen durch Transiente Absorption**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 06/2014, Master

T. Weis, **Synthese und Charakterisierung von Sol-Gel basierten transparenten leitfähigen Schichten**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 10/2014, Master

F. Werner, **Konfokalmikroskopie an Einzelphotonenemittern**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Physikalisches Institut, 01/2014, Master

### 3.3.2

Dissertationen  
Doctoral Thesis

M. T. Heßmann, **Laser Welding of Silicon Foils for Thin-Film Solar Cell Manufacturing / Laserschweißen von Siliziumfolien zur Herstellung von Dünnschicht-Solarzellen**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 09/2014

M. Woiton, **Netzartig strukturierte Oberflächen aus präkeramischen Polymeren**, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, 07/2014

## 3.4 PATENTE PATENTS

D. Baran, C. J. Brabec, **Method of Determining the Potential Efficiency of a Solution-Processable Photovoltaic Material**, WO002014173453A1

M. Boos, T. Kaup, J. Manara, M. Lenhart-Rydzek, **Niedrigemittierende Innenwandbeschichtung**, DE102013004689A1

S. Braxmeier, E. Dohmann, S. Glaser, H. Weindlader, M. Wiener, **Verfahren zur Homogenisierung von Gasmischungen in Scheibenzwischenräumen**, DE102012025190A1

B. Kinzel, A. Krönauer, E. Lävemann, **Mobiler Sorptionsspeicher**, DE102013106039A1

P. Osgyan, **Solarthermischer Flachkollektor, Verfahren zu dessen Herstellung, sowie Montagerahmen zur Durchführung des Verfahrens**, DE102013208608B3



## 3.5 MITARBEIT IN GREMIEN MEMBERSHIP IN COMMITTEES

<p><b>R. Auer</b></p> <p>Mitglied, <b>Fachausschuss Sachverständigenwesen Photovoltaik (PV) und Photovoltaische Anlagentechnik (PVAT)</b>, IHK Mittelfranken</p>	<p><b>M. Brütting</b></p> <p>Vertreter des ZAE Bayerns, <b>RAL Gütegemeinschaft PCM e. V.</b></p>	<p>Mitglied, <b>External Advisory Board</b>, FP7 EU ICT Project „Sustainable Novel Flexible Organic Watts Efficient Reliability“ (Sunflower)</p> <p>Dekan, <b>Fakultät für Physik und Astronomie</b>, Julius-Maximilians-Universität Würzburg</p>	<p>Mitglied, <b>Industrie-, Technologie- und Forschungsausschuss der IHK</b>, Würzburg-Schweinfurt</p> <p>Vorsitz, <b>Lenkungsausschuss Arbeitskreis Thermophysik</b>, Gesellschaft für thermische Analyse e. V. (GEFTA)</p>	<p>Operating Agent, <b>International Energy Agency IEA, Implementing Agreement „Energy Conservation Through Energy Storage ECES“</b>, Annex 28 „Distributed Energy Storage for the Integration of Renewable Energy – DESIRE“</p>	<p>Mitglied, <b>Fachausschuss VDI/VDE-GMA FA 2.51 „Angewandte Strahlungsthermometrie“</b>, Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)/Verband der Elektrotechnik Elektronik Informatik- und Messtechnik e. V. (VDE)</p>
<p><b>Prof. Dr. C. J. Brabec</b></p> <p>Chairman of the Editorial Board der Zeitschrift, <b>Advanced Energy Materials</b>, Wiley VCH</p>	<p><b>Dr. C. Buerhop-Lutz</b></p> <p>Mitarbeiterin, <b>Arbeitskreis DKE/AK 373.0.30 Infrarot Messtechnik</b>, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE</p>	<p>Mitglied, <b>Fakultätsrat, Fakultät für Physik und Astronomie</b>, Julius-Maximilians-Universität Würzburg</p>	<p>Mitglied, <b>Prüfungsausschuss Physiklaboranten der IHK</b>, Würzburg-Schweinfurt</p>	<p>Member of the Scientific Committee, <b>International Renewable Energy Storage Conference (IRES) 2015</b>, Düsseldorf, Germany, 09.–11.03.2015</p>	<p><b>Dr. H. Mehling</b></p> <p>Vertreter des ZAE Bayerns, <b>RAL Gütegemeinschaft PCM e. V.</b></p>
<p>Gutachterliche Tätigkeit, <b>Austrian Science Fund (FWF)</b>, <b>Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)</b>, <b>Baden-Württemberg Stiftung</b></p>	<p>Stellvertretende Vorsitzende, <b>Instandhaltung von PV-Anlagen, Thermographie</b>, VDI-GPL Fachausschuss 202.2</p>	<p>Mitglied des Kuratoriums, <b>Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoffzentrum</b>, Würzburg</p>	<p>Scientific Committee, <b>World Sustainable Energy Days (WSED)</b>, Wels, Austria, 25.–27.02.2014</p>	<p>Fachliche Leitung, <b>OTTI 3. Anwenderforum „Thermische Energiespeicher“</b>, Neumarkt i. d. Opf., Germany, 03.–04.07.2014</p>	<p>Stellvertretender Vorsitzender, <b>VDI Richtlinienausschuss VDI 2164 „Latentspeichersysteme in der Gebäudetechnik“</b></p>
<p>Member of the Scientific Advising Board, <b>CRANN AMBER</b>, Trinity College, Dublin, Ireland</p> <p>Editorial Board der Zeitschrift, <b>Emerging Materials Research</b>, ice publishing</p>	<p><b>Prof. Dr. V. Dyakonov</b></p> <p>International Advisory Committee, <b>6<sup>th</sup> International Symposium on Technologies for Polymer Electronics (TPE 2014)</b>, Ilmenau</p>	<p>Mitglied, <b>Industrie-, Technologie- und Forschungsausschuss der IHK</b>, Würzburg-Schweinfurt</p> <p>Vorstandsmitglied, <b>Physikalisches Institut</b>, Julius-Maximilians-Universität Würzburg</p>	<p><b>Dr. A. Hauer</b></p> <p>Vorstand, <b>Bundesverband Energiespeicher e. V.</b>, Berlin, 2014</p>	<p>Wissenschaftlicher Beirat, <b>OTTI 25. Symposium „Thermische Solarenergie“</b>, Bad Staffelstein, Germany, 06.–08.05.2015</p>	<p><b>S. Natzer</b></p> <p>Mitglied, <b>Arbeitskreis zur Normierung: „Solare Kühlung“</b></p>
<p>Deputy Spokesman, Member of the Academic Heads, Member of the Steering Committee, <b>Energie Campus Nürnberg (EnCN)</b></p> <p>Member of the Board of Directors, <b>Energie Campus Nürnberg (EnCN)</b></p>	<p>Mitglied, <b>Arbeitsgruppe Energieeffizienz/Energieeinsparung, Energieeffizienz-Pakt der Bayerischen Staatsregierung</b>, München</p> <p>Gutachterliche Tätigkeit, <b>Baden-Württemberg Stiftung</b>, Stuttgart</p>	<p>Mitglied des Programmkomitees, <b>FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“</b>, Berlin, Germany, 06.–07.11.2014</p>	<p>Member of the Conference Committee/Topic Chair, <b>Energy Storage 2014 – International Summit for the Storage of Renewable Energies</b>, Düsseldorf, Germany, 25.–27.03.2014</p>	<p>Workpackage Leader Task 48, <b>IEA SHC Task 48: Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling</b></p>	<p>Gutachterliche Tätigkeit, <b>Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)</b>, <b>Alexander von Humboldt Stiftung</b>, <b>Carl-Zeiss-Stiftung</b>, <b>Baden-Württemberg Stiftung</b></p>
<p>Member, <b>Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT)</b>, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg</p> <p>Principal Investigator, <b>Exzellenzcluster „Engineering of Advanced Materials“ (EAM)</b>, Erlangen</p>	<p>Mitglied des Beirats, <b>Bayerischer Cluster „Energietechnik“</b>, Nürnberg</p> <p>Gutachterliche Tätigkeit, <b>Carl-Zeiss-Stiftung</b>, Mannheim</p>	<p>Sprecher, <b>Schwerpunkt Organische Photovoltaik, Verbund „UmweltNanoTech“</b>, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, München</p>	<p>Member of the Conference Committee/Topic Chair, <b>Energy Storage 2015 – International Summit for the Storage of Renewable Energies</b>, Düsseldorf, Germany, 09.–11.03.2015</p>	<p><b>Dr. S. Hiebler</b></p> <p>Mitglied, <b>Arbeitsausschuss Thermische Energiespeicher ProcessNet</b>, Dechema</p>	<p>Scientific Committee, <b>International Conference on Organic Electronics (ICOE)</b></p> <p>Geschäftsführender Vorstand, <b>Physikalisches Institut</b>, Julius-Maximilians-Universität Würzburg</p>
<p>Member Scientific Evaluation Committee, <b>Holst Centre</b>, Eindhoven, The Netherlands</p> <p>Editorial Board der Zeitschrift, <b>Journal of Photonics for Energy</b>, SPIE</p>	<p>Mitglied, <b>Concilium Decanale</b>, Julius-Maximilians-Universität Würzburg</p> <p>Mitglied, <b>Direktorium des Forschungsverbands Erneuerbare Energien (FVEE)</b>, Berlin</p>	<p>International Organizing Committee, <b>Workshop on Organic Photovoltaics of 7<sup>th</sup> International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE 2014)</b>, Thessaloniki, Greece, 07.–10.07.2014</p>	<p>Member of Advisory Board, <b>Energy Storage Summit Japan 2016</b>, Tokyo, Japan, Nov. 2016</p> <p>Member of the Scientific Committee, <b>GreenStock, 13<sup>th</sup> International Conference on Energy Storage 2015</b>, Beijing, China, 19.–21.05.2015</p>	<p><b>R. Kunde</b></p> <p>Mitglied, <b>VDI Richtlinienausschuss VDI 6012 Blatt 2.1: Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude – Thermische Systeme – Biomassefeuerungsanlagen</b></p>	<p><b>C. Rathgeber</b></p> <p>Expert Task 4229, <b>International Energy Agency IEA, Implementing Agreement „Energy Conservation Through Energy Storage ECES“</b>, Annex 29 „Compact Thermal Energy Storages – Material Development and System Integration“</p>
<p>Member of Scientific Board, <b>PE graduate school, Imperial College</b>, London, UK</p> <p>Editorial Board der Zeitschrift, <b>Progress in Photovoltaics</b>, Wiley VCH</p>	<p>Mitglied, <b>Erweiterte Universitätsleitung (EUL)</b>, Julius-Maximilians-Universität Würzburg</p> <p>Pate, <b>Europastipendium</b>, Würzburg</p>	<p><b>Dr. H.-P. Ebert</b></p> <p>Gutachterliche Tätigkeit, <b>Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)</b>, <b>Europäische Union (EU)</b>, <b>United States Department of Agriculture</b></p> <p>Mitglied International Organizing Committee, <b>European Conference on Thermophysical Properties (ECTP)</b></p>	<p>Operating Agent, <b>International Energy Agency IEA, Implementing Agreement „Energy Conservation Through Energy Storage ECES“</b>, Annex 29 „Compact Thermal Energy Storages – Material Development and System Integration“</p>	<p><b>Dr. J. Manara</b></p> <p>Mitglied, <b>Fachausschuss „Werkstoffe der Energietechnik“</b>, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM)</p>	

<b>Dr. G. Reichenauer</b>	Gutachterliche Tätigkeit, <b>EU und diverse Forschungseinrichtungen</b>
Mitglied, <b>Arbeitskreis Kohlenstoff</b>	
Mitglied, <b>DIN-Ausschuss „Partikel- und Oberflächenmesstechnik“</b>	Mitglied, <b>Fachausschuss Energieverfahrenstechnik der GVC, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC)</b>
<b>M. Reuß</b>	Vice President, <b>International Flame Research Foundation (IFRF)</b> , Italy
Fachliche Leitung, <b>OTTI 13. Internationales Anwenderforum „Oberflächennahe Geothermie“</b> , Neumarkt i. d. Opf., Germany, 01.–02.07.2014	Jurymitglied, <b>M-Regeneration</b> , Förderpreis der Stadtwerke München
Mitglied, <b>VDI-GEU, Gesellschaft Energie und Umwelt, Koordinierungsgruppe</b>	Member, <b>The Combustion Institute</b> , Deutsche Sektion Göttingen
Obmann und Mitglied, <b>VDI Richtlinienausschuss VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds“</b>	Mitglied, <b>VDI Richtlinienausschuss VDI 3925 „Werkzeuge zur Bewertung von Abfallbehandlungsverfahren“</b>
<b>M. Riepl</b>	Mitglied, <b>Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik (VEU)</b> , Duisburg
Mitglied, <b>Arbeitskreis zur Normierung: „Solare Kühlung“</b>	Mitglied, <b>Wissenschaftlicher Beirat der VGB (Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber)</b>
Vorstand, <b>Green Chiller Verband für Sorptionskälte e. V.</b> , Berlin, 2014	<b>L. Staudacher</b>
Expert Task 48, <b>IEA SHC Task 48: Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling</b>	Mitglied, <b>VDI Richtlinienausschuss VDI 3988 „Solarthermische Prozesswärme“</b>
<b>A. Solodovnyk</b>	<b>Dr. H. Weinläder</b>
3 <sup>rd</sup> PhD Student Representative, <b>Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT)</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	Mitglied, <b>Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V.</b>
	Mitglied, <b>Fachverband Transparente Wärmedämmung</b>
<b>Prof. Dr. H. Spliethoff</b>	<b>S. Weismann</b>
Mitglied, <b>Deutsche Vereinigung für Verbrennungsforschung e. V. (DVV)</b> , Essen	Vertreter des ZAE Bayerns, <b>IBPSA-Germany, Regional affiliate of the International Building Performance Simulation Association</b>

## 3.6 VORLESUNGEN LECTURES

C. J. Brabec, <b>Devices</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2014	V. Dyakonov, J. Fricke, J. Pflaum, <b>Seminar über Energieforschung</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, WS 2013/14, SS 2014, WS 2014/15	H. Spliethoff, <b>Energiesysteme I</b> , TU München, WS 2013/14, WS 2014/15
C. J. Brabec, <b>Materialien und Bauelemente für die Optoelektronik und Energietechnologie: Grundlagen</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2013/14, WS 2014/15	H.-J. Egelhaaf, <b>Basics of Organic Solar Cells</b> , Eberhard Karls Universität Tübingen, SS 2014	H. Spliethoff, <b>Energiesysteme II</b> , TU München, SS 2014
C. J. Brabec, <b>Materialien und Bauelemente für die Optoelektronik und Energietechnologie: Anwendungen</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2014	H.-J. Egelhaaf, <b>Fundamental Molecular Photophysics</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2014/15	H. Spliethoff, <b>Prozesstechnik und Umweltschutz in modernen Kraftwerken</b> , TU München, WS 2013/14, WS 2014/15
C. J. Brabec, <b>Photophysics and Electronic Transport</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2013/14, WS 2014/15	J. Fricke, <b>Einführung in die Energietechnik</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, WS 2013/14, WS 2014/15	H. Spliethoff, <b>Regenerative Energiesysteme I</b> , TU München, WS 2013/14, WS 2014/15
C. J. Brabec, <b>Processing</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2014	J. M. Kuckelkorn, W. Dallmayer, <b>Exkursion „Solare Nahwärme am Ackermannbogen“</b> , Technische Hochschule Ingolstadt, SS 2014	H. Spliethoff, <b>Regenerative Energiesysteme II</b> , TU München, SS 2014
C. J. Brabec, <b>Projektarbeit – Arbeitsgemeinschaft Organische Photovoltaik (AG OPV)</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2013/14, SS 2014, WS 2014/15	J. Manara, <b>Physikalische Grundlagen im Bereich der Medizintechnik</b> , Krankenpflegeschule an der Klinik Kitzinger Land, WS 2014/15	H. Spliethoff, <b>Thermal Power Plants</b> , TU München, SS 2014
C. J. Brabec, <b>Seminar: Neuere Fragen zu Werkstoffen der Elektronik und Energietechnik</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2013/14, SS 2014	J. Pflaum, <b>Mechanisch-thermische Materialeigenschaften</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, WS 2013/14	
C. J. Brabec, <b>Seminar: Neuere Fragen zu Werkstoffen der Elektronik und Energietechnologie</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 2014/15	J. Pflaum, <b>Organische Halbleiter</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, SS 2014	
C. J. Brabec, <b>Seminar on Solar Energy</b> , Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SS 2014, WS 2014/15	J. Pflaum, <b>Physikalisches Praktikum zur Physikalischen Technologie der Materialsynthese</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, WS 2013/14, WS 2014/15	
V. Dyakonov, <b>Hauptseminar – Grundlagen der Experimentellen Physik</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, WS 2013/14, WS 2014/15	J. Pflaum, <b>Quanteninformation</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, WS 2013/14	
V. Dyakonov, H.-P. Ebert, J. Manara, G. Reichenauer, <b>Nanotechnologie in der Energieforschung</b> , Julius-Maximilians-Universität Würzburg, SS 2014	M. Pröll, <b>Praktikum „Laboratory Course Energy Systems for MSPE“</b> , TU München, SS 2014	
	M. Pröll, <b>Praktikum „Regenerative Energien“</b> , TU München, SS 2014	
	A. Solodovnyk, <b>Light Conversion Layers for Photovoltaics</b> , BEST Summer Course 2014 at EnCN, SS 2014	



## 3.7 SONSTIGES MISCELLANEOUS

C. Balzer, G. Reichenauer, Organisation, **MIC/ ZAE Bayern Workshop „Charakterisierung nanoporöser Materialien“**, Würzburg, Germany, 08.–09.04.2014

C. J. Brabec, Podiumsdiskussion, **Das neue EEG – Fortschritt oder Rückschritt?**, Gemeinsame Veranstaltung im Rahmen der „Woche der Sonne“, Nürnberg, Germany, 14.05.2014

C. Buerhop-Lutz, Filmprojekt, **„Dein Traumjob?“**, **Solarforscherin**, Filmaufnahmen vom MDR für den Kinderkanal (KiKa), 14.–15.07.2014

C. Buerhop-Lutz, T. Kunz, Aussteller, **Intersolar 2014**, **„Innovative Photovoltaik für zukünftige Märkte (PV-ZUM)“**, München, Germany, 04.–06.06.2014

C. Buerhop-Lutz, Beitrag, **Review on failures of PV-modules**, IEA task 13 „Lock-in Thermography with PV“

C. Buerhop-Lutz, M. Dalsass, J. Bogenrieder, Vortrag, **Smart Grid, Qualitätskontrolle von Photovoltaik im Feld mit IR**, Prof. M. Hundhausen mit Studenten, 08.07.2014

P. Dotzauer, W. Pfeffer, S. Pöllinger, Aussteller, **Energy Storage**, Düsseldorf, Germany, 25.–27.03.2014

H.-P. Ebert, Interview, **Energieeffizienz: Wie man mit der Energiewende Geld sparen kann**, Heim+Handwerk, München, Germany, 27.11.2014

H.-P. Ebert, V. Dyakonov, Interview, **Fragen zu einem Jahr ZAE auf dem neuen Hubland-Areal**, Main-Post, Würzburg, 12.08.2014

H.-P. Ebert, Mitorganisator, **Kooperationsforum Energieeffiziente Gebäudehüllen**, Würzburg, Germany, 04.12.2014

H.-P. Ebert, Podiumsdiskussion, **Kooperationsforum Energieeffiziente Gebäudehüllen**, Würzburg, Germany, 04.12.2014

H.-P. Ebert, Interview, **Nachgefragt**, Zeitschrift „de“, 17.11.2014

H.-P. Ebert, Moderation der Vortragsreihe, **Perspektiven für den Wärmesektor**, 8. Symposium „Energie Innovativ 2014“, Nürnberg, Germany, 15.10.2014

Erneuerbare Energien, Fernsehbeitrag, **Besuch der Staatsministerin Ilse Aigner am Energie Campus Nürnberg (EnCN)**, Frankenschau aktuell, Bayerisches Fernsehen, 17.10.2014

Erneuerbare Energien, Aussteller, **FVEE-Jahrestagung 2014 „Forschung für die Energiewende – Phasenübergänge aktiv gestalten“**, Berlin, Germany, 06.–07.11.2014

J. Manara, M. Arduini-Schuster, T. Stark, M. Zipf, Fernsehbeitrag, **Fassaden aus Textil**, Servicezeit, WDR, 17.06.2014

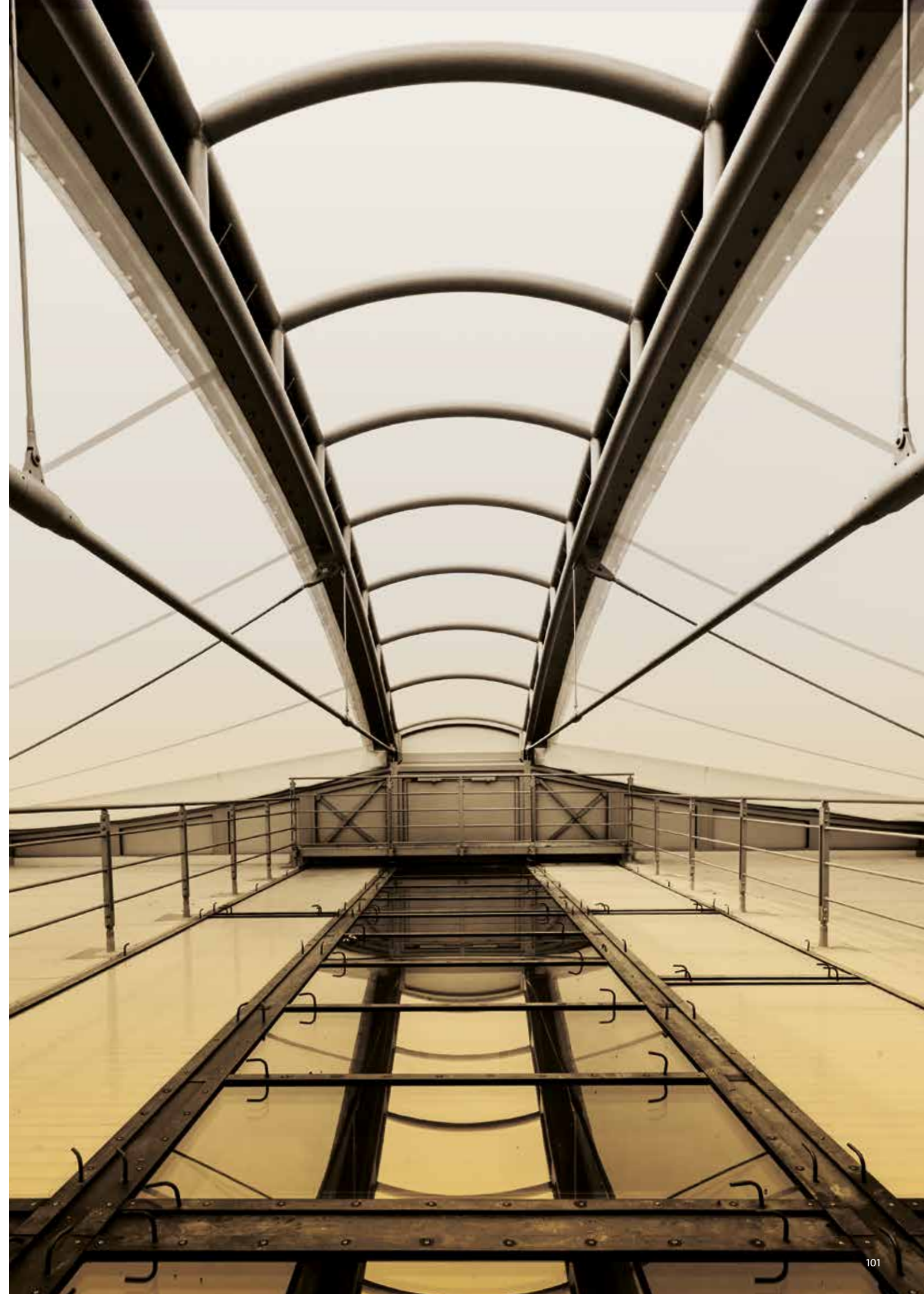
G. Reichenauer, Organisation, **European School on Advanced Aerogels**, Hamburg/Köln, Germany, 08.–10.10.2014

M. Reuß, Verleihung, **Ehrenplakette des VDI**, Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt

M. Siller, Fernsehbeitrag, **Arzberg (Lkr. Wunsiedel): Testgelände für Solarstrom eröffnet**, TVO Fernsehen für Oberfranken, 17.10.2014

M. Siller, Aussteller, **CSU-Parteitag 2014**, Nürnberg, Germany, 12.–13.12.2014

A. Solodovnyk, Exzellenzinitiative, **Erlangen Graduate School for Advanced Optical Technologies (SAOT)**, Project „Light Propagation in Phosphor-Filled Layers for Photovoltaic Application“



# ADRESSEN ADDRESSES

Sitz des Vereins (VR 1386) | Registered Office

ZAE Bayern | Am Galgenberg 87 | 97074 Würzburg | Germany | T +49 931 70564-500 | F +49 931 70564-600 | info@zae-bayern.de

Bereich | Division

Energieeffizienz  
Energy Efficiency

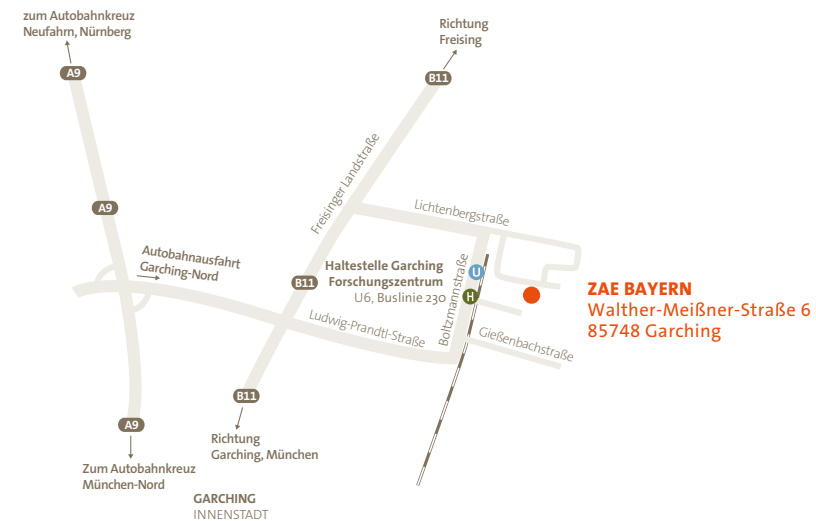
Am Galgenberg 87 | 97074 Würzburg | Germany  
T +49 931 70564-0 | F +49 931 70564-600  
ef@zae-bayern.de



Bereich | Division

Energiespeicherung  
Energy Storage

Walther-Meißner-Str. 6 | 85748 Garching | Germany  
T +49 89 329442-0 | F +49 89 329442-12  
es@zae-bayern.de



Bereich | Division

Erneuerbare Energien  
Renewable Energies

Haberstraße 2a | 91058 Erlangen | Germany  
T +49 9131 9398-100 | F +49 9131 9398-199  
re@zae-bayern.de



Bereich | Division

Erneuerbare Energien  
Renewable Energies

Fürther Str. 250, Auf AEG, Bau 16 |  
90429 Nürnberg | Germany  
T +49 911 56854-9350 | F +49 911 56854-9351  
re@zae-bayern.de



Bereich | Division

Erneuerbare Energien  
Renewable Energies

Unterkotzauer Weg 25 | 95028 Hof | Germany  
T +49 9131 9398-400 | F +49 9131 9398-199  
re@zae-bayern.de



