

# Strom & Wärme

## The gap is closed! New Handbook

A very wide and competent state of the art description is now available for all manufacturers and users of thermoprocessing equipment. But also specialists from neighbouring fields, students and all those who are generally interested in this important but widely unknown technology will find a quick survey here as well as a very profound expertise.

The main intention of this book is the presentation of practical thermal processing for the improvement of material and parts in industrial application. Additionally, a summary of respective thermal and material science fundamentals is given as well as basic fuel-related and electrical engineering knowledge for this technology and finally design aspects, components and safety requirements



*Handbook of Thermoprocessing Technologies;*  
*Fundamentals - Processes - Components - Safety*  
Edited by A. von Starck, A. Mühlbauer, C. Kramer  
Vulkan Verlag, Essen, 2005  
81 authors, 820 pages, 16,5 x 23cm, 160,00 Euro  
ISBN 3-8027-2933-1

## Neues Seminar Schlüsselkunde Industrie

In Kooperation mit dem Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung (HEA) e.V. beim VDEW veranstaltete das ETP am 28. Februar 2005 in Hannover erstmalig das Seminar „Energieeinsatz beim Schlüsselkunden Industrie: Kennzahlen – Strukturen – Potenziale“. Praxisnah präsentierten die Referenten im Rahmen dieses Seminars aktuelle branchen- und produktspezifische Energiekennzahlen und Effizienzbewertungen aus der industriellen Prozesstechnik. Einen weiteren Themenschwerpunkt bildete die Energieberatung in der Industrie einschließlich des systematischen Vertriebscontrollings. Anhand von Praxisbeispielen wurden energetische Betriebsanalysen und betriebliches Lastmanagement sowie technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertungen von industriellen Prozessen vorgestellt. Ausblicke auf zukünftige Entwicklungen und Märkte für den innovativen Stromeinsatz in der Prozesstechnik rundeten das Seminar ab.

Im nächsten Jahr am 27. Februar 2006 wird dieses erfolgreich gestartete Seminar wieder stattfinden und schon jetzt lädt das ETP Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Unternehmen der Energiewirtschaft sowie aus den Bereichen der Energiedienstleistung und Energieberatung nach Hannover ein. ■

**Redaktion:**  
Dipl.-Ing. Helene Kasjanow  
Prof. Dr.-Ing. Egbert Baake  
Telefon: 05 11 / 7 62 - 22 90  
Telefax: 05 11 / 7 62 - 32 75  
E-Mail: ewh@ewh.uni-hannover.de  
URL: www.etp.uni-hannover.de

## Seminarrückblick Elektroprozesstechnik

In Zusammenarbeit mit der Forschungsvereinigung Industrieofenbau e.V. (FOGI) führte das ETP am 15. und 16. Februar 2005 in Hannover das stets gut besuchte Seminar „Elektrothermische Prozesstechnik“ durch. In acht Beiträgen präsentierten Experten aus der Industrie und dem ETP den aktuellen Stand der industriellen elektrothermischen Prozesstechnik. Thematische Schwerpunkte waren in diesem Jahr das induktive Schmelzen von Sonderwerkstoffen, innovative Anwendungen der induktiven Erwärmung, die Lasermaterialbearbeitung sowie die Infrarot- und Mikrowellenerwärmung. Ein Beitrag zum Design elektrothermischer Anlagen mit numerischen Methoden rundete das Vortragsprogramm ab. Wieder einmal stießen die vorgestellten Forschungsprojekte am ETP auf besonders großes Interesse bei den Seminarteilnehmern.

Auch zur nächsten Veranstaltung der Seminarreihe „Elektrothermische Prozesstechnik“ am 14. und 15. Februar 2006 lädt das ETP Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Unternehmen, die wärmetechnische Anlagen herstellen oder betreiben, sowie Beschäftigte aus dem Bereich der Energiedienstleistung und Energieberatung wieder nach Hannover ein. ■

**Herausgeber:**  
Institut für Elektrothermische Prozesstechnik und Vereinigung zur Förderung des Instituts für Elektrowärme der Universität Hannover e.V.

# Strom & Wärme



Universität Hannover  
Institut für Elektrothermische Prozesstechnik  
Prof. Dr.-Ing. B. Nacke

Universität Hannover I.H

## EFG-Verfahren zur Herstellung von Si-Solarzellen Optimierung durch 3D-Modellierung

Die solare Energienutzung durch direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie gewinnt zunehmend an Bedeutung. Um innerhalb des stark wachsenden Solarenergiemarktes wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen kostengünstige Herstellungsverfahren für Solarzellen hoher gleichbleibender Qualität entwickelt und optimiert werden.

Ein besonders erfolgversprechender Prozess zur Herstellung von Solarzellen ist das EFG-Verfahren (Edge-defined Film-fed Growth). Bei diesem Verfahren werden lange Silizium-Oktagone mit einer Wandstärke, die bereits der Dicke der So-



Gezogener Si-Oktagon

larzellen entspricht direkt aus der Siliziumschmelze gezogen. Mit Hilfe von Laserstrahlen können anschließend die quadratischen Wafer geschnitten werden. Das EFG-Verfahren führt gegenüber konventionellen Verfahren zu Material- und damit Energieeinsparungen von bis zu 50 % aufgrund der geringen Sägeverluste.

Eine weitere Verbesserung des EFG-Verfahrens ist durch Optimierung des Prozesses beispielsweise hinsichtlich der Reduzierung der Waferdicke möglich. Im Rahmen eines aktuellen BMU-Verbundprojektes werden daher unter anderem mit Hilfe von dreidimensionalen Simulationsmodellen numerische Berechnungen des komplexen Prozesses durchgeführt. Unter der Projektleitung von der RWE Schott Solar GmbH in Alzenau, die als bedeutender Photovoltaikproduzent die EFG-Anlagen betreibt, arbeitet das ETP zusammen mit ACCESS aus Aachen an dem interdisziplinären Forschungsprojekt. Die komplexen dreidimensionalen Simulationsmodelle müssen die gekoppelten elektromagnetischen, thermischen und mechanischen Seiten des Prozesses unter Einbeziehung der Nichtlinearitäten der Materialeigenschaften

berücksichtigen. ACCESS übernimmt dabei die Aufgabe, die thermischen und strukturmechanischen Simulationen durchzuführen. Das ETP ist für die elektromagnetische Simulation zuständig. Die iterative Kopplung der elektromagnetischen, thermischen und mechanischen Teile des Modells wird mit Hilfe moderner Internet-Technologien zwischen ACCESS und dem ETP realisiert. Die Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Experimenten bei RWE Schott Solar. Das Modell wird derzeit eingesetzt, um die industriell realisierbaren Optimierungspotenziale des EFG-Prozesses aufzuzeigen. ■

### Inhalt

EFG-Verfahren zur Herstellung von Si-Solarzellen	1
Einsatzbereiche der Thermografie-Messung	2
The gap is closed	3
Neues Seminar	3
Seminarrückblick	3
E. Wrona promoviert	4
MIKA-Projekt	4

## Einsatzbereiche der Thermografie-Messung

### Langjährige praktische Erfahrungen am ETP

Zur berührungslosen Erfassung von Oberflächen-Temperaturverteilungen an Anlagen, Gebäuden, Werkstücken oder Produkten eignet sich hervorragend die Infrarot-Thermografie. Sie kann in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten gewinnbringend eingesetzt werden. Thermografie-Messungen und weitergehende Analysen von Erwärmungs- und Kühlvorgängen bietet das ETP mit seinem modernen Echtzeit-Thermografiesystem als Dienstleistung an. Dabei liegen langjährige praktische Erfahrungen aus vielen Anwendungsbereichen vor, beispielsweise bei der thermischen Analyse von industriellen Anlagen und Prozessen, Einrichtungen der Energieversorgung, öffentlichen und privaten Gebäuden, aus dem Gartenbau oder bei elektronischen Systemen und Bauelementen der Mikrotechnologie.

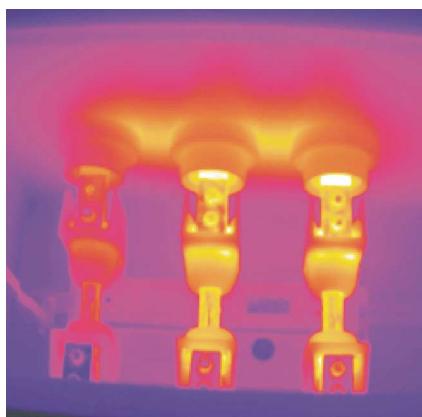
In der Industriethermografie können durch den Einsatz des Messsystems thermische Prozesse optimiert und vorbeugende Diagnostik bzw. bedarfsorientierte Wartung durchgeführt werden. Die Auffindung sowohl thermischer als auch mechanischer Defekte wird durch die berührungslose und zerstörungsfreie Thermografie-Messung unterstützt.

Die Gebäudediagnostik ist heute einer der bekanntesten Einsatzbereiche der Thermografie-Messung. Hier wird die Infrarot-Thermografie teilweise auch in Kombination mit der Blower-Door-Messung, d.h. die Luftdurchlässigkeitsprüfung eines

Gebäudes, eingesetzt. Durch Infrarotdiagnostik lassen sich Schadstellen von wärmedämmenden Schichten auffinden sowie unterschiedliche Strukturen, wie z.B. verdeckte Balkenkonstruktionen, analysieren. Gerade in diesem Anwendungsbereich kann unter Zuhilfenahme derartiger Untersuchungen eine deutliche Reduzierung von Wärmeverlusten erreicht werden, die sich in deutlichen Energie- und Kosteneinsparungen bemerkbar macht.

Weiterhin wird die Thermografie-Messung zweckmäßig in der Qualitätskontrolle eingesetzt. Thermische Prozesse können analysiert und Produktionseinrichtungen bzw. Produktionsgüter kontrolliert werden. Auch hier ist die Detektion von Qualitätsmängeln oder Fehlern einfach möglich.

Bei der bedarfsorientierten Wartung von Elektroanlagen steht Infrarot-Thermografie zunehmend im Blickpunkt des Interesses. Ohne Unterbrechung des Betriebs können schadhafte Stellen und überlastete



Temperaturverteilung an einer dreiphasigen Trenneranlage

Bauelemente, die im Allgemeinen zu heiß werden, mit dem Infrarot-System schnell und sicher aufgefunden werden, so dass vor einem möglichen Ausfall oder sogar einer Zerstörung der Anlage Revisionsarbeiten durchgeführt werden können. Hierdurch werden Ausfallzeiten vermieden und damit verbundene Kosten eingespart.

Die Untersuchung elektronischer Systeme oder einzelner Bauteile der Mikro- oder Leistungselektronik ist ein zunehmend wichtiger Anwendungsbereich der Infrarot-Thermografie. So können die Temperaturverteilungen und Verlustleistungen einzelner elektronischer Bauteile exakt bestimmt werden und Bauteile mit erhöhten Wärmeverlusten so kombiniert und platziert werden, dass lokal auftretende unzulässige Erwärmungen vermieden werden. Hierdurch wird die thermische Belastung empfindlicher Bauteile reduziert und die erforderliche Kühlung des Gesamtsystems kann optimiert werden.

Ein weiteres innovatives Anwendungsgebiet ist die thermische Untersuchung von elektromechanischen Mikrobau-elementen. Deren zunehmende Miniaturisierung führt zu geringen Oberflächen dieser elektrisch hochbelasteten Kleinstbauteile. Die damit stark eingeschränkte Möglichkeit zur Wärmeabgabe erfordert umfangreiche Maßnahmen zur thermischen Optimierung, die durch den Einsatz der Infrarotthermografie maßgeblich unterstützt werden kann. ■

## E. Wrona promoviert

### Simulationsmodell zum induktiven Randschichthärten

Nach fünfjähriger Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ETP wurde am 11. Januar 2005 Herr Elmar Wrona zum Dr.-Ing. promoviert. Herr Dr. Wrona arbeitete während seiner Zeit am ETP vorrangig auf dem Gebiet der induktiven Wärmebehandlung. Daneben betreute er die Hauptdiplomvorlesungen zur elektrothermischen Prozess-technik und wirkte in der Planungskommission des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik mit.

In seiner Dissertation mit dem Titel „Numerische Simulation des Erwärmungsprozesses für das induktive Randschichthärten komplexer Geometrien“ [1] befasste er sich intensiv mit der numerischen Simulation des induktiven Randschichthärtens komplexer Bauteile und untersuchte hierbei insbesondere die Zweifrequenztechnik für das Randschichthärten von Getriebe-schne-



Dr.-Ing. Elmar Wrona

cken. Er entwickelte hierzu ein FEM-Simulationsmodell, mit dem in nennenswertem Umfang kostenintensive Versuchsreihen zur Bestimmung der elektrischen Härteparameter, wie beispielsweise Leistung und Frequenz, eingespart werden können. Das Computermodell erlaubt die Berechnung transienter dreidimensionaler induktiver Erwärmungsvorgänge und ist mit einer automatischen Optimierung zur Bestimmung der Härteparameter gekoppelt.

Promotionsvortrag, mündliche Prüfung und Promotionsfeier fanden im historischen Leibnizhaus, dem Gästehaus der hannoverschen Hochschulen, statt. Nachdem alle offiziellen Prüfungsteile erfolgreich bestanden waren, ging es zum gemütlichen Teil des Abends über, wobei Herr Dr. Wrona im Rahmen der sogenannten Kollegenprüfung auch seine außerwissenschaftlichen Kenntnisse unter Beweis stellen musste.

Seit dem 1. Februar 2005 arbeitet Herr Dr. Wrona bei der Firma HÜTTINGER Elektronik GmbH + Co. KG in Freiburg im Breisgau. Er ist bei dem Hersteller für Prozessstromversorgungen als Vertriebsingenieur in den Sparten Induktions- und Plasmatechnik tätig. Wir wünschen ihm alles Gute für seinen weiteren beruflichen Werdegang.

[1] Wrona, E.: Numerische Simulation des Erwärmungsprozesses für das induktive Randschichthärten komplexer Geometrien. Cuvillier Verlag Göttingen, 2005 ■

## MIKA-Projekt

### Optische Datenkabel

Materialien für innovative Kommunikation in der Automation und im Automobil, kurz MIKA, heißt das neue dreijährige BMBF-Verbundprojekt, an dem das ETP neben vier weiteren Partnern beteiligt ist. Geleitet wird das zu Beginn des Jahres gestartete Projekt von der SCHOTT AG mit dem Ziel, Materialien für ein robustes Datenkommunikationssystem zu entwickeln, die für die Technologie Photonics geeignet sind. Diese optische Kommunikationstechnik benötigt Materialien, die den hohen Anforderungen z. B. im Motorraumbereich eines Automobils genügen müssen.

Derzeit werden im Automobil für die Datenkommunikation Lichtleitkabel aus Kunststoff oder Kupferkabel eingesetzt. Mit dem Kupferkabel lassen sich aber keine großen Datenraten realisieren und das Kunststoffkabel ist in seiner Temperaturbeständigkeit auf 85 °C begrenzt; die Automobilindustrie fordert aber 150 °C. Im Rahmen des MIKA-Projektes wird für das Datenkabel ein neues Multikomponentenglas entwickelt. Um die gewünschten Eigenschaften des optischen Glases wie hohe Lichttransmission, niedrige Dämpfung im betrachteten Wellenlängenbereich und hohe Temperaturstabilität zu erreichen, ist ein innovativer Schmelzprozess erforderlich. Die Entwicklung des notwendigen Glas-schmelzprozesses für geeignete Gläser findet u. a. am ETP statt – sicher mit Erfolg. ■

