

Strom aus solarthermischen Kraftwerken im Sonnengürtel

Robert Pitz-Paal, DLR, Köln

Solarthermische Kraftwerke nutzen nur den direkten Teil der Solarstrahlung und sind daher in Deutschland kaum sinnvoll einsetzbar. Trotzdem gehören deutsche Firmen und Forschungseinrichtungen weltweit zu den Technologieführern. Dies gelingt nur durch geeignete internationale Partnerschaften. In diesem Beitrag wird erläutert, welche wichtigen internationalen Netzwerke es in diesem Umfeld gibt. An Beispielen wird veranschaulicht wie sich deutsche Technologien und Forschungsergebnisse im internationalen Markt positionieren lassen.

1. Einleitung

Parabollinnenkollektoren, die mittels Hochtemperaturwärme in einem konventionellen Kraftwerk Strom erzeugen, stehen seit mehr als 20 Jahren in der kalifornischen Mojave Wüste. Lange fand ihre Erfolgsgeschichte keine Nachahmer. Doch die globale Herausforderung durch Klimawandel und Ölpreisschock haben die Vorteile dieser Technik wieder wachgerufen und führten seit einigen Jahren zu einem regelrechten Bauboom, zunächst angeregt durch ein entsprechendes Stromeinspeisegesetz in Spanien. Inzwischen wird jedoch im gesamten Sonnengürtel der Welt gebaut.



Abb. 1: Testzentrum Plataforma Solar in Almería (Spanien)

Zwei unterschiedliche Systeme zur großtechnischen solarthermischen Stromerzeugung in sonnenreichen Ländern sind heute verfügbar. Zum einen linienfokussierende Systeme, die die konzentrierte Strahlung in ihrer Brennlinie auf ein selektiv beschichtetes Absorberrohr richten und damit Temperaturen bis zu 400°C im dort zirkulierenden Wärmeträger erzielen. Zum anderen Punkt-fokussierende Systeme, bei denen dreidimensional gekrümmte, der Sonne nachgeführten Einzelspiegeln (Heliostaten) die Solarstrahlung auf einen Wärmetauscher (Receiver) ausrichten, der sich auf der Spitze eines Turms befindet. Dabei können höhere

Temperaturen als in den linienfokussierenden Systemen erzielt werden. Beide Techniken zielen darauf ab, die in konventionellen Kraftwerken durch fossile Energieträger erzeugte Wärme ganz oder teilweise zu ersetzen. Ihr Charme besteht darin, dass sich die Hochtemperaturwärme (im Vergleich zum Strom) sehr kostengünstig und effizient zwischenspeichern lässt, um damit den Betrieb bei Wolkendurchgängen oder nach Sonnenuntergang fortzusetzen. Sind geringe Mengen (<15%) an fossiler Zufeuerung im Kraftwerk möglich, lässt sich mit diesem Konzept Strom nach Bedarf mit hoher Zuverlässigkeit bereitstellen, um damit fossile Kraftwerkskapazitäten vollständig zu ersetzen.

2. Internationale Kooperation als Basis für die Technologieentwicklung

Die Entwicklung dieser Technik wurde bereits Ende der Siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts durch die Internationale Energieagentur (IEA) initiiert (vergl. Tab. 1). Deutschland nahm bereits damals eine führende Rolle ein, als das DLR mit der Projektkoordination des Aufbaus der Demonstrationsanlage SSPS im spanischen Almería beauftragt wurde. Nachdem 1981 der Nachweis der ersten solarthermischen Stromerzeugung in Europa gelungen war, wurde die Anlage als Testzentrum unter dem Namen „Plataforma Solar de Almería (PSA)“ (vergl. Abb. 1) partnerschaftlich von der spanischen CIEMAT und vom DLR weiterbetrieben. Die PSA entwickelte sich als das europäische Testzentrum, in dem wesentliche kommerzielle Systeme, die später im Markt Eingang fanden, entwickelt und erprobt wurden.

1977	Initiierung des SSPS (IEA) and CESA Projects (Spanien)
1979	Sieben Länder sind am Aufbau von SSPS in Almería beteiligt (DLR für D)
1985	Zusammenführung von CESA und SSPS Anlagen zum Testzentrum PSA
1981	Erste solarthermische Stromerzeugung in Europa
1987	Spanisch Deutscher Kooperationsvertrag auf der Basis 50:50 (DLR/CIEMAT)
1990	PSA qualifiziert sich als Europäische Großanlage
1994	Erste gemeinsame EU Projekte (DLR/CIEMAT)
1998	Wechsel des Kooperationsmodells zur projektbezogenen Kooperation
2004	Beginn der Zusammenarbeit DLR/ Fraunhofer auf Gebiet der Fresnelkollektoren
2006	25jähriges Bestehen der PSA
2007	Erste kommerzielle Stromerzeugung in Spanien

Tabelle 1: Historischer Abriss der deutsch-spanischen Kooperation auf der PSA

Davon profitierten insbesondere spanische und deutsche Unternehmen. Als sich Ende der 1990iger Jahre noch keine konkreter Markteinstieg der Technologie in Europa abzeichnete, musste die deutsche Seite aufgrund rückläufiger Förderung ihren Einfluss reduzieren und hat seitdem eine Gastrolle auf der PSA. Anfang 2000 vermehrten sich die Anzeichen für einen Markteintritt der Technologie in Spanien jedoch und die Entwicklungsarbeiten wurden inten-

siviert. Andere deutsche Forschungspartner z.B. das FhG-ISE beteiligen sich seit 2004 an diesen Aktivitäten. Das in 2004 verabschiedete spanische Einspeisegesetz führte zum Bau kommerzieller solarthermischer Anlagen in Spanien, die erstmalig 2007 Strom ins Netz einspeisten.

Um die Kosten weiter zu senken sind jedoch weitere F&E Aktivitäten auf diesem Gebiet notwendig. Da diese fast immer an sehr große und teure Testinfrastruktur gekoppelt sind, bündelten im Jahr 2003 vier europäische Großforschungseinrichtungen ihre Kompetenzen und Infrastruktur zum sogenannten Sollab Verbund, nämlich neben DLR und CIEMAT auch die französische CNRS und das Schweizer Paul Scherer Institut (gemeinsam mit der ETH Zürich). Damit konnte auch für deutsche Unternehmen ein noch besserer Zugang zur Testinfrastruktur ermöglicht werden.

Wesentlich für die weitere Verbreitung dieser Technik in weitere Länder des Sonnengürtels war darüber hinaus die SolarPACES Kooperation der IEA, die auf den frühen Aktivitäten in Almería aufbauten und der heute 16 Mitgliedsländer angehören (vergl. Abb. 2). In diesem Netzwerk, in dem das DLR wesentlich Koordinationsaktivitäten wahrnimmt, konnten neue Märkte insbesondere in USA; Ägypten, Algerien, Australien, Italien, Israel, UAE und Südafrika erschlossen werden, die inzwischen zum Großteil auch von deutschen Unternehmen beliefert werden.



Abb. 2: SolarPACES Netzwerk der Internationalen Energieagentur (IEA) mit heute 16 Mitgliedsländern

3. Marktsituation und die Rolle der deutschen Industrie

Weltweit werden heutzutage etwa 0,6 GW an solarthermischen Kraftwerken betrieben, während sich etwa die gleiche Kapazität zurzeit im Bau befindet, der größte Teil davon in Spanien und den USA. Weitere Projekte in der Größenordnung von 6-8 GW befinden sich weltweit in der Entwicklung (vergl. Abb. 3).

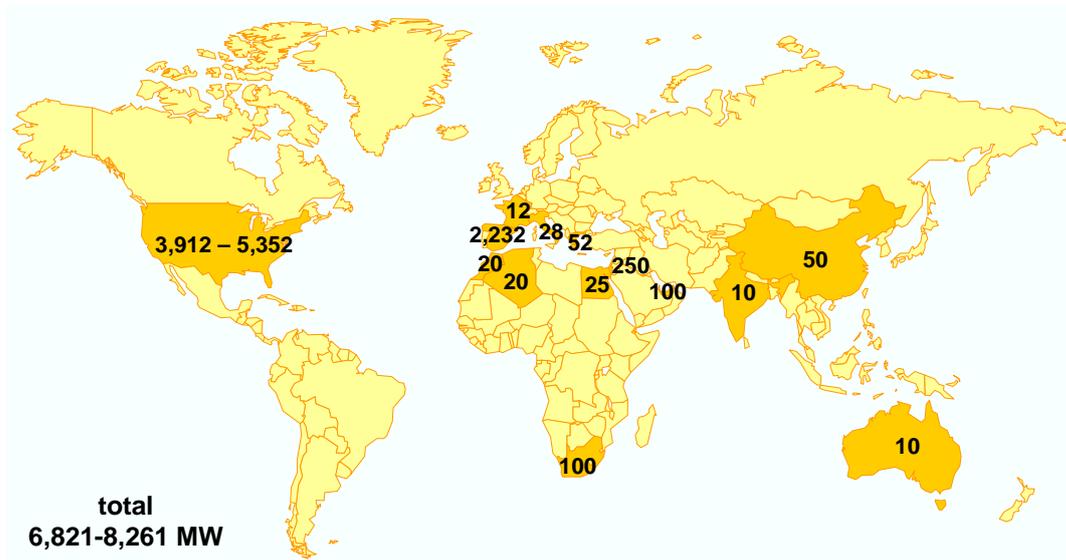


Abb. 3: Solarthermische Kraftwerkskapazitäten in fortgeschrittenem Planungsstadium

Dabei sind insbesondere deutsche und spanische Hersteller dominant. Neben der Projektentwicklung und der schlüsselfertigen Lieferung von Solarfeldern und Kraftwerksblöcken sind deutsche Unternehmen führend bei der Herstellung von Schlüsselkomponenten wie Spiegeln, Absorberrohren und Dampfturbinen. Darüber hinaus treten große deutsche Energieversorger als Investoren und mittelfristig vermutlich auch als Betreiber von solarthermischen Kraftwerken auf.



Abb. 4: 50 MW_e Andasol Kraftwerke in der Nähe von Guadix (Spanien)

4. Wettbewerbsvorteile durch F&E

Da solarthermische Kraftwerke in Deutschland keinen Heimatmarkt haben, konkurriert die Industrie auf internationalen Märkten. Ihr Schlüssel zum Erfolg liegt in der Lieferung überlegener Hightech Komponenten oder in der Fähigkeit, Systemlösungen aus einer Hand anzubieten und dabei möglichst alle technischen und finanziellen Risiken abzudecken. Dazu sind deutsche Großunternehmen aus der Energiebranche generell gut aufgestellt. Entscheidend bleibt, dass sie Spitzentechnologie liefern und damit Wettbewerbern technologisch immer einen Schritt voraus sind. Hier kommen die deutsche Forschungslandschaft ins Spiel, der Technologieentwicklung vorbereiten und die industrielle Umsetzung begleiten kann.

Im Folgenden werden dazu drei Beispiele aufgeführt.

4.1 Direktverdampfung

Die Technologie der solaren Dampferzeugung, bei der das Thermoöl in einem Parabolrinnenkollektor durch Wasser/Dampf ersetzt wird, wurde seit Mitte der 1990er Jahre maßgeblich vom DLR in Kooperation mit deutschen und spanischen Partnern entwickelt. An der DISS-Versuchsanlage auf der PSA wurden dabei Verfahren als technisch sicher beherrschbar identifiziert sowie umfangreiche Komponententests durchgeführt und Simulationsmodelle und Regelungskonzepte entwickelt und validiert. Außerdem haben jüngste Untersuchungen die wirtschaftliche Relevanz dieser Technologie bestätigt. Als nächster Schritt vor der Markteinführung steht die Demonstration des Gesamtsystems mit mehreren parallelen Verdampfersträngen im kraftwerksrelevanten Maßstab (ca. 5 MWe). Es ist daher geplant, mit deutschen Industriepartnern im Umfeld des geplanten ANDASOL III Kraftwerks in Südspanien (siehe Abb. 4) eine entsprechende Pilotanlage zu realisieren, das aus einem Kollektorfeld von etwa 2-3 Kollektorsträngen besteht. Dieses Kollektorfeld muss einerseits kontinuierlich betrieben werden, um die Langzeitstabilität der Komponenten und die Alltagstauglichkeit des Systems bewerten und demonstrieren zu können. Andererseits wird es so flexibel gestaltet werden, dass es die Untersuchung verschiedener Betriebsstrategien erlaubt. Ein neuartiges Wärmespeichersystem soll zudem in einer Größenordnung von 5-15 MWh in diese Testanlage integriert und einem längeren Betrieb im Kraftwerk unterworfen werden, um die Machbarkeit im realen Betrieb zu demonstrieren. Auch bei der Demonstrationsanlage eines Fresnelkollektors mit Beteiligung von DLR und Fraunhofer ISE auf der PSA wurde gleich die Direktverdampfung eingesetzt und in den letzten beiden Jahren erprobt.

4.2 Komponentenentwicklung und -qualifizierung

Für die Parabolrinnen- und die Fresneltechnologie sind hochtemperaturstabile effiziente Receiversysteme eine Schlüsselkomponente, die von verschiedenen Kollektorfirmen weltweit benötigt werden. Die Firma Schott CSP Solar entwickelte mit Unterstützung des Fraunhofer ISE und des DLR den Vakuumreceiver PTR-70. Mit Hilfe dieser Technologie erreicht man minimale Wärmeverluste der mit Wärmeträgerfluid durchströmten Absorberrohre. Bei einer Betriebstemperatur von 380°C wird in den neuesten Schichten ein Emissionsgrad von unter 7% erreicht. Das Problem der Wasserstoffdiffusion aus dem Thermoöl ist durch Barrierschichten und Gettermaterialien gelöst worden. Neben Receivern für Thermoöl werden auch Rohre mit verstärktem Stahlwänden für die Direktverdampfung angeboten. Parabolspiegel und Kollektorkonstruktion für den SKAL-ET Kollektor wurden von der deutschen Firma Flagsol entwickelt. Die gebogenen Spezialspiegel bestehen aus mit Silber

beschichtetem Weißglas, das eine Dicke von 4 bis 5 mm hat. Die Spiegel sind 2 bis 2,8 Quadratmeter groß. Außerdem liefert das Unternehmen die Steuerung für das Solarfeld, eine Schlüsselkomponente zum Betrieb der Gesamtanlage.

Bei dem linearen Fresnelkollektor werden ebenfalls hochtemperaturstabile Absorberrohre eingesetzt, die an Luft bis 450°C stabil sind. Auch die Sekundärkonzentratoren aus frontseitig beschichteten Borosilikatspiegeln des Fraunhofer ISE können erhöhte Temperaturbelastungen aushalten.

Wichtig ist bei den konzentrierenden Primärspiegeln sowohl bei Parabolrinne, Fresnel als auch bei Turmheliostaten die optimierte Fokussierung der Sonne auf die jeweilige Receiverstruktur. Mit hochentwickelten Methoden zur Charakterisierung und Qualifizierung der Spiegelkomponenten trägt das DLR zur Qualitätssicherung beim Kraftwerksbau bei. Wichtige Bestandteile sind die Sicherstellung der Spiegelform, der spektralen Reflektivität sowie der Langlebigkeit der Komponenten.

Die Fragestellung der Vermessung und insbesondere der Leistungsabnahme kompletter Kollektorfelder erfordert noch die Weiterentwicklung der bisher vorhandenen Methoden. Eine Standardisierung der Methodik wird weltweit im Rahmen des IEA SolarPaces Programmes vorangetrieben.

4.3 UniSolar

Aktuell wird der massive Ausbau von solarthermischen Kraftwerkskapazitäten in den Staaten Nordafrikas intensiv diskutiert. Hier sei als Stichwort das maßgeblich vom DLR mitentwickelte DESERTEC Konzept genannt. Dieser Kraftwerksausbau zielt darauf ab, in Nordafrika in solarthermischen Kraftwerken kostengünstig Strom zu produzieren und diesen über Hochspannungsgleichstrom-Leitungen nach Europa und insbesondere Deutschland zu transportieren. Mittelfristig ist geplant, dass so 15 % des europäischen Strombedarfs aus diesen Quellen stammt. Um diesen massiven Ausbau realisieren zu können, müssen frühzeitig politische, technische, ökonomische und sozialpolitische Weichenstellungen erfolgen. Die Umsetzung des DESERTEC Konzepts unterstützt somit auch die im Rahmen der Union für das Mittelmeer intensivierte Zusammenarbeit zwischen den EU-Mitgliedstaaten und den Ländern des südlichen Mittelmeerraums. Das vom Auswärtigen Amt geförderte UniSolar basiert auf diesem Konzept und kann als erster Schritt in die praktische Umsetzung angesehen werden.

Ziel des Projektes ist die technologische Zusammenarbeit und gezielte Unterstützung derjenigen Länder in Nordafrika, die gerade mit der Implementierung von ersten solarthermischen Kraftwerken begonnen haben. Dabei sollen technische Optimierungsmöglichkeiten bei der Inbetriebnahme und dem Betrieb gezielt genutzt werden und zu einer Effizienzsteigerung des solaren Kraftwerksteils und der gesamten Stromerzeugung beitragen. Die lokalen Kapazitäten sollen durch Bildungsmaßnahmen, Schulungen, Workshops und Technologie-Transfer ausgebaut werden und eine zielgerichtete Kooperation mit der deutschen Industrie ermöglicht werden. Die Verbreitung der Technologie soll durch entsprechend geschulte und unterstützte lokale Ansprechpartner und deren Vernetzung untereinander gewährleistet werden, die sowohl Projektentwicklungen als auch Technologieentwicklungen in den Zielländern kompetent begleiten und unterstützen helfen. Durch diese Maßnahmen soll die nachhaltige Implementierung von Solarkraftwerken gefördert und durch Multiplikator-Effekte beschleunigt werden.

Zielgruppen für den Ausbau der Kapazitäten und die Verbreitung der Technologie sind auf nordafrikanischer Seite Forschungseinrichtungen, Universitäten, Industrieunternehmen,

Fachkräfte, Ingenieurbüros, Entscheider und Energieversorger in den Ländern Ägypten, Algerien, Tunesien und Marokko. Weitere Staaten in Afrika sollen im Projektverlauf aufgenommen werden.

Auch im Rahmen des vom BMU geförderten TREE-Projektes („Transfer Renewable Energy & Efficiency“) bietet die Renewable Academy Berlin mit Unterstützung des Fraunhofer ISE weltweit Workshops für Entscheidungsträger und Ingenieure mit dem Thema Solarthermische Kraftwerke an.

5. Zusammenfassung und Ausblick

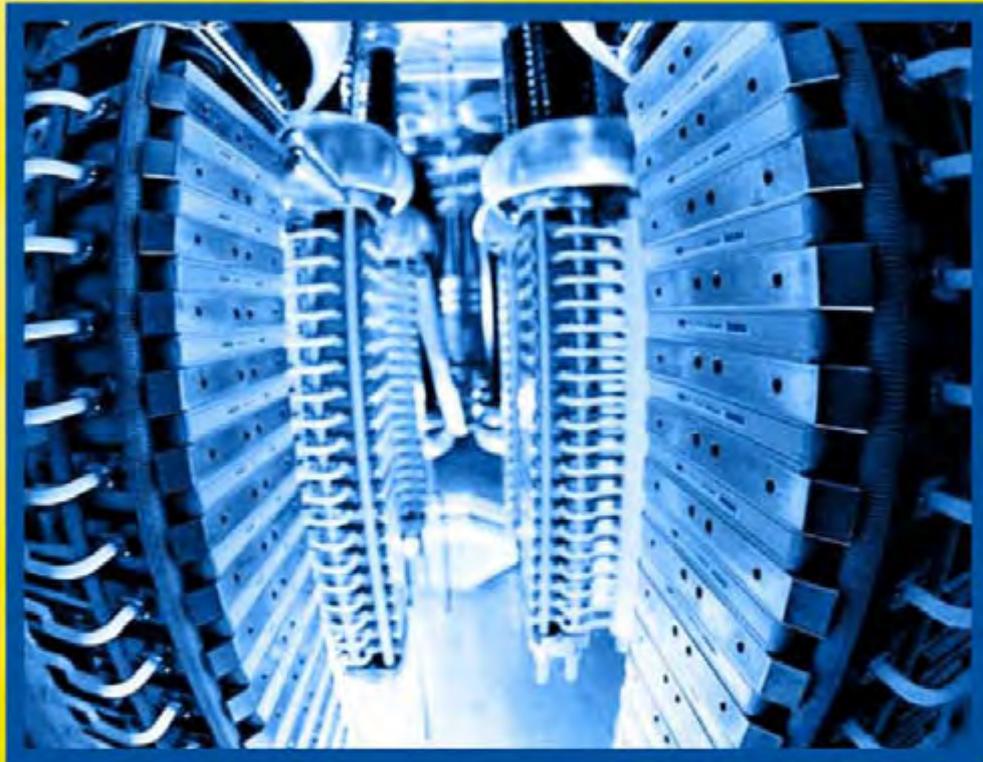
Eine technologisch führende Rolle ist Voraussetzung dafür, um erfolgreich am rasch wachsenden Markt der solarthermischen Kraftwerke partizipieren zu können. Ein fehlender Heimatmarkt setzt global operierende Unternehmen und eine international gut vernetzte Forschung sowie Zugang zu Testeinrichtungen im Sonnengürtel voraus. Beides ist zurzeit noch gegeben, allerdings können rasch wachsende Forschungsbudgets, insbesondere in den USA, China und den Golfstaaten, mittelfristig zu einer Marktverschiebung führen. Dem wachsenden Umsatz der Unternehmen und ihren eigenen Forschungsaufwendungen müssen daher entsprechende angepasste öffentliche F&E Budgets entgegen gestellt werden, um die führende Rolle in Deutschland halten zu können.

Prof. Dr.-Ing. Robert Pitz-Paal
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Technische Thermodynamik
Porz-Wahnheide
Linder Höhe
D-51147 Köln
robert.pitz-paal@dlr.de

Exzerpt aus Tagungsband des AKE, DPG-Tagung 2010 Bonn

home:

http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2010-AKE_Bonn/Links_DPG2010.htm



Energie

Technologien für die Zukunft

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Bonn 2010

Herausgegeben von Hardo Bruhns

Energie

Technologien für die Zukunft

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Bonn 2010

Arbeitskreis Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Herausgegeben von Hardo Bruhns

Bad Honnef, April 2011

Frühjahrstagung des Arbeitskreises Energie
in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
Bonn, 15. und 16. März 2010

Hauptvorträge

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	5
Übersicht über die Fachsitzungen.....	7
Abstracts	8
Energieeffizienz in der Informationstechnologie (vorgetragen von W. Gnettner).....	18
ITER, the Decisive Step towards Fusion Energy (vorgetragen von G. Janeschitz)	29
The Physics Base for ITER and DEMO (vorgetragen von H. Zohm).....	44
Neue Reaktorenkonzepte für die Kernspaltung, Entwicklungen von AREVA (vorgetragen von W. Dams).....	55
Brennstoffzellen für mobile Anwendungen – Wo stehen wir auf diesem Weg? (vorgetragen von D. Stolten)	67
Elektrische Energiespeicher (vorgetragen von M. Rzepka)	77
Strom aus solarthermischen Kraftwerken im Sonnengürtel (vorgetragen von R. Pitz-Paal)	90
Stromtransport: Erfordernisse und Lösungen für ein europäisches Verbundnetz unter Nutzung solaren Stroms aus Nordafrika (vorgetragen von T. Benz)	97
Intelligente Stromnetze - Perspektiven und Potenziale (vorgetragen von F. Schulte)	108
Geothermische Stromerzeugung - Vom Reservoir bis zur Turbine (vorgetragen von E. Huenges).....	114
Energie aus Biomasse – Perspektiven für Europa (vorgetragen von D. Thrän).....	126
Thermodynamisch optimiertes Heizen und Kraft-Wärme-Kopplung (vorgetragen von G. Luther).....	137

Der vorliegende Band fasst schriftliche Ausarbeitungen der Hauptvorträge der AKE Tagung des Jahres 2010 in Bonn zusammen. Leider ist es nicht gelungen, von allen Vortragenden Manuskripte zu erhalten. Die Präsentationsfolien aller Hauptvorträge können auf der Webseite des Arbeitskreises über:

<http://www.dpg-physik.de/dpg/organisation/fachlich/ake.html>

(von dort zu dem Archiv des AKE weiterklicken) eingesehen werden. Allen, die zu diesem Sammelband beigetragen haben, sei an dieser Stelle sehr herzlich gedankt.

Düsseldorf, im Dezember 2010

Hardo Bruhns

Direkter Link zum AKE - Archiv:

<http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/index.htm>

Direkter Link zum AKE - Archiv, Tagung 2010 -Bonn:

http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2010-AKE_Bonn/Links_DPG2010.htm