

IMPRESSUM

Redaktion & Layout:
Lars Zigan, M. Sc.
Tel. +49-9131-85 29 765
lars.zigan@cbi.uni-erlangen.de

Sekretariat:
Tel. +49-9131-85 29900
Fax +49-9131-85 29901
sek@litt.uni-erlangen.de

Verantwortlich für
den Inhalt:
Prof. Dr.-Ing. A. Leipertz

Lehrstuhl für Techni-
sche Thermodynamik
Am Weichselgarten 8
91058 Erlangen

Auflage:
3000 Exemplare
Internet:
www.litt.uni-erlangen.de



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



Personalia » Antrittsvorlesung

Die Antrittsvorlesung von Prof. Dr.-Ing. **Michael Wensing** an der Universität Erlangen-Nürnberg fand am 16. Juni 2006 statt. Prof. Wensing stellte seine Forschungsschwerpunkte an der FAU vor: die motorische Verbrennung, alternative Kraftstoffe, Abgasnachbehandlung, die technische Verbrennung allgemein sowie laserdagnostische Untersuchungen von Zerstäubungs-, Gemischbildungs- und Verbrennungsvorgängen. In der Lehre wird Prof. Wensing neben den klassischen Aufgaben des Lehrstuhls in der Technischen Thermodynamik sowie in der Wärme- und Stoffübertragung Vorlesungen zur motorischen Verbrennung anbieten.

Personalia » Auszeichnungen

Den DECHEMA-Studentenpreis 2006 im Fachgebiet chemische Verfahrenstechnik/ Chemieingenieurwesen erhielt Dipl.-Ing. **Johannes Kiefer** für hervorragende fachliche Leistungen und ein besonders kurzes und damit effizientes Studium.

Dipl.-Ing. **Sabrina Schwarz** erhielt den VDI-Preis 2006 in der Studienrichtung Maschinenbau für ihre Diplomarbeit „Charakterisierung der Rußprimärpartikelverteilung in nicht vorgemischten Flammen unter verminderter Gravitation“.

Personalia » Promotionen

Dipl.-Ing. **Ingo Schmitz** konnte seine Promotion am 07. Juli 2006 erfolgreich mit dem Thema „Untersuchungen zum Einfluss von Druck und Temperatur auf die Spraycharakteristik bei der Benzin-Direktspritzung“ abschließen.

Am 14. Juli 2006 promovierte **Ahmad Hasan Sakhrieh**, M. Sc.

mit dem Thema „Reduction of pollutant emissions from high pressure flames using an electric field“.

Personalia » Ruhestand

Herzlichen Dank gilt unserem Meister **Konrad Roth** (Mechanik-Werkstatt), der seine Dienstzeit Ende Juni 2006 beendete. Er war 17 Jahre lang Mitarbeiter des Lehrstuhls für Technische Thermodynamik seit dessen Gründung im Juni 1989. Wir wünschen ihm eine schöne Zeit im Ruhestand!

Personalia » Neue Mitarbeiter

Nach erfolgreichem Abschluss seiner Masterarbeit am LTT-Erlangen hat **Lars Zigan**, M. Sc. am 01. Juli 2006 mit dem Ziel der Promotion seine Tätigkeit in der Arbeitsgruppe Verbrennungstechnik unter der Leitung von Dr.-Ing. Frank Beyrau begonnen. Ferner ist er der neue Redakteur der LTT aktuell.

Grundlagen und moderne Anwendungen der Verbrennungstechnik

Vom 20. bis 23. März 2006 fand bereits zum vierten Mal der Kurzlehrgang Verbrennungstechnik an der Universität Erlangen unter der Leitung des LTT-Erlangen statt. Ziel der Veranstaltung war es, einen Überblick über die Bereiche Grundlagen der Verbrennungstechnik, messtechnische Entwicklungen und Anwendungen, Möglichkeiten der numerischen Simulation in der Verbrennungstechnik und moderne Technologien und Anwendungen der Verbrennungstechnik zu vermitteln. Hochrangige Fachleute aus dem Industrie- und Hochschulbereich konnten für die Vorträge gewonnen werden, beispielsweise Prof. U. Maas, Prof. W. Polifke, Prof. D. Thévenin und Prof. C. Schwarz im Bereich der numerischen Simulation von Verbrennungsvorgängen, Dr.-Ing. K. Lucka und Dr. J. Wüning im Bereich der Ölverbrennung und industrieller Prozessfeuerungen, Dr.-Ing. H. Streb im Bereich der Gasturbinenverbrennung sowie Dr. C. Gaegauf als Experte für die Nutzung von Biobrennstoffen. Der Kurzlehrgang Verbrennungstechnik findet in zweijährigem Turnus an der Universität Erlangen statt.

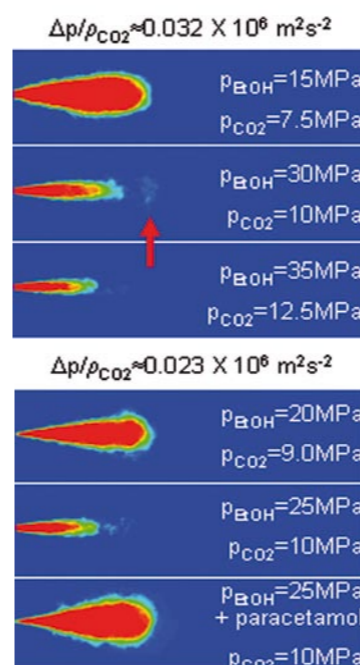
Neues aus Forschung und Entwicklung

Hochdrucksprühverfahren zur Herstellung von Partikeln

SPRAYDYNAMIK IM SAS-REAKTOR

Einspritzprozesse von Lösungen in unter- und überkritische Medien sind seit langem als renommierte Verfahren zur Herstellung feinsten Stäube mit enger Korngrößenverteilung bekannt. Der „Supercritical Antisolvent“-Prozess basiert auf der gegenseitigen Beeinflussung der Löslichkeit dreier Komponenten ineinander. Ein Wirkstoff W wird in einem Lösungsmittel L gelöst und anschließend in überkritisches Kohlendioxid (Supercritical Antisolvent, SAS) eingedüst. Aufgrund der hohen Löslichkeit des Lösungsmittels L im SAS, dem hohen Diffusionskoeffizienten überkritischer Fluide und der großen Phasengrenzfläche im Spray kommt es zu einer schnellen Vermischung beider Komponenten. Wegen der vernachlässigbar niedrigen Löslichkeit des Wirkstoffs W in dem Stoffgemisch aus SAS und Lösungsmittel L wird der Übersättigung des Wirkstoffs W durch rasche Keimbildung und Abscheidung als Partikeln entgegengewirkt.

Die Auswirkungen der Systemparameter wie Druck, Temperatur, Konzentration und Stoffstrom auf die resultierende Partikelgröße sind



Obere Abbildung: Ethanol-Spray bei variiertem Behälterdruck (p_{CO_2}) und Einspritzdruck (p_{EOH}) aber gleichem Druckdifferenz/ Dichte- Verhältnis

Untere Abbildung: Ethanol-Spray bei variiertem Behälterdruck (p_{CO_2}) und Einspritzdruck (p_{EOH}) und Paracetamol enthaltendes Spray bei gleichem Druckdifferenz/ Dichte- Verhältnis

Schadstoffreduzierung in der Verbrennung durch elektrische Felder

FLAMMEN UNTER HOCHSPANNUNG

Erneuerbare Energien werden in den nächsten dreißig Jahren auch bei einem forcierten Ausbau nur einen geringen Anteil unseres Strombedarfs decken können. Mehr als sieben Prozent der Energieversorgung muss weiterhin von den fossilen Brennstoffen getragen werden.

Aus diesem Grund beschäftigt sich ein Teilprojekt im Rahmen des Forschungsverbundes „Kraftwerke des 21. Jahrhunderts“ mit der effizienteren Gestaltung der turbulenten Verbrennung in Gasturbinen zur Stromerzeugung. Dieses Projekt wird am LTT in Zusammenarbeit mit der Siemens AG bearbeitet. In Gasturbinen wird hauptsächlich eine magere, vorgemischte Verbrennung zur Verminderung der thermisch erzeugten Stickoxide eingesetzt. Diese kann jedoch Stabilitätsprobleme mit sich bringen, als Folge davon vergrößert sich z. B. die Kohlenmonoxidemission, da die Verbrennung lokal unvollständig verläuft.

Um diesem Effekt entgegenzuwirken, können konventionelle Maßnahmen zur Stabilisierung von mageren Vormischflammen herangezogen werden. Beispiele dafür sind u. a. Pilotflammen auf Basis von Diffusionsflammen oder die Drallstabilisierung, womit ein Staupunkt als „aerodynamischer Flammenhalter“ erzeugt wird. Allerdings weisen diese Stabilisierungsmechanismen neben ihren Vorteilen auch Nachteile auf. Deshalb kommt im vorliegenden Projekt die Stabilisierung der Flamme mit Hilfe eines elektrischen Feldes zum Einsatz, ein Grundgedanke, der bereits seit den 50er Jahren bekannt ist. Hierzu macht man sich die bei der Verbrennung durch chemische Reaktionen entstehenden Ladungsträger in der Flamme zu Nutze. Durch den Wirkmechanismus des sog. „ionischen Windes“ werden die positiven und negativen Ladungsträger durch ein elektrisches Feld separiert und beschleunigt (siehe Seite 3, Abbildung oben). (Fortsetzung auf Seite 3) »



Neues aus Forschung und Entwicklung

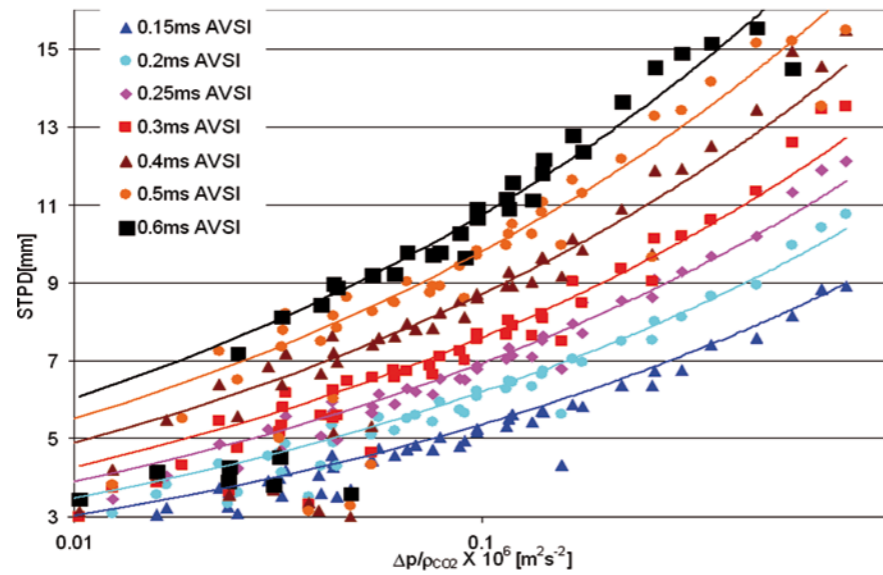
Fortsetzung von Seite 1

Sprayuntersuchungen im überkritischen Antisolvent Reaktor bei der Herstellung feinsten Pulver mit enger Korngrößenverteilung

Gemeinschaftsprojekt zwischen dem LTT und dem Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT, Prof. Schlücker)

INFORMATIONEN

Dipl.-Ing. Andreas Bräuer
Durchwahl 29773
ab@litt.uni-erlangen.de

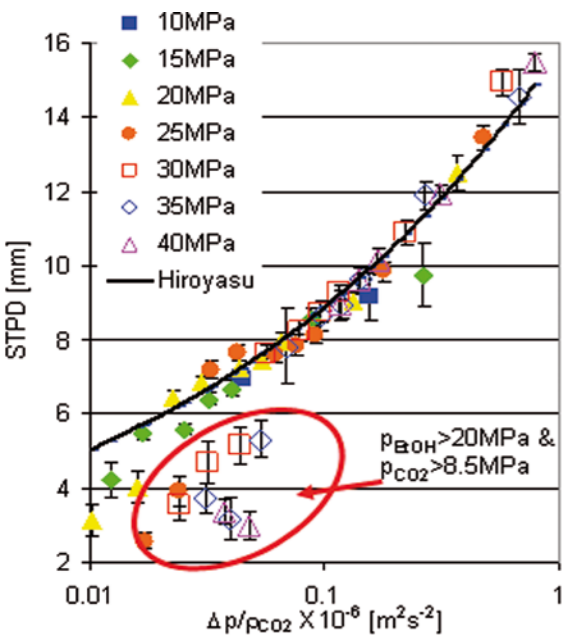


Zeitliche Entwicklung der Eindringtiefe (STPD) des Ethanol-Sprays bei Einspritzung für verschiedene Druckdifferenz/ Dichte-Verhältnisse und Aufnahmezeitpunkte

Hierfür steht ein optisch zugänglicher SAS-Reaktor zur Verfügung, der bei Einspritz- und Behälterdrücken bis 50 MPa betrieben werden kann. Die entstandenen Partikeln werden unter Zuhilfenahme eines Röntgen-Elektronenmikroskops auf Größe und Größenverteilung untersucht. Die in dem jungen Projekt bislang durchgeführten Experimente umfassen elastische Streulicht-Untersuchungen des Einspritzprozesses bei einer Vielzahl von Betriebsbedingungen. Zur exakten zeitlichen Synchronisation von gepulster Einspritzung und der Spraybelichtung mittels eines Laserpulses musste der pneumatisch angesteuerte Injektor durch einen Diesel-Piezo-Injektor ersetzt werden. Dies gewährleistet eine maximale Reproduzierbarkeit in Hinblick auf Einspritzzeit, Einspritzdauer und Menge. Aus den mit einer Kamera aufgenommenen Spraybildern wurde mittels einer kommerziellen Software (Splash!G) die Eindringtiefe (Spray Tip Penetration Depth, STPD) bestimmt.

Erste Untersuchungen auf Basis der elastischen Streulicht-Messung zeigten bei der Einspritzung des Ethanol in Kohlendioxid gute Übereinstimmungen der gemessenen Eindringtiefe für alle untersuchten Einspritzdrücke zwischen 10 und 40 MPa mit dem Modell von Hiroyasu. Dies trifft zu für verschiedene Aufnahmezeitpunkte des Sprays nach sichtbarem Einspritzbeginn (After Visible Start of Injection AVSI) und ist in der Abbildung oben für variierte Einspritzdrücke und Betriebsdrücke dargestellt. Der verwendete Bruch $\Delta p / \rho_{CO_2}$ ist hierbei als Verhältnis zwischen der Druckdifferenz des eingespritzten Ethanol und des sich im SAS-Reaktor befindlichen Kohlendioxids und der Dichte des Kohlendioxids berechnet. Bei der Einspritzung von Ethanol in überkritisches Kohlendioxid zeigten vor allem die Experimente starke Unterschiede zum Modell, bei denen das Ethanol mit Drücken größer 20 MPa in Kohlendioxid bei Behälterdrücken größer 8,5 MPa eingespritzt wurde. Dies wird besonders bei der Betrachtung von nur einer Aufnahmezeit AVSI deutlich, wie in der Abbildung unten gezeigt. Die entsprechenden Betriebspunkte sind mit einem roten Oval gekennzeichnet. Die obere Abbildung auf Seite 1 zeigt Spraybilder mit gleichem Druckdifferenz/ Dichte-Verhältnis $\Delta p / \rho_{CO_2}$ jedoch unterschiedlichen Betriebsbedingungen. Die Sprays im überkritischen Kohlendioxid (also für Behälterdrücke größer als 7,5 MPa) zeigen deutliche Unterschiede zum Spray im gasförmigen Kohlendioxid. Gasförmiges Kohlendioxid löst sich auf Grund der geringeren Diffusion und der geringeren Löslichkeit deutlich langsamer in Ethanol als überkritisches Kohlendioxid. Der schnelle Stoffübergang im Überkritischen wird weiterhin durch die bei hohen Einspritzdrücken

verbesserte Zerstäubung des Ethanol-Sprays, also einer Vergrößerung der Phasengrenzfläche begünstigt. Den beschleunigten Lösungsprozess können optische Vergleiche der Sprays einmal mit reinem Ethanol und anschließend mit einer Lösung von Ethanol und dem Wirkstoff Paracetamol zeigen. Wie aus der unteren Abbildung auf Seite 1 klar ersichtlich wird, ist die Ausbreitung des Paracetamol enthaltenden Sprays im Vergleich zum reinen Ethanol-Spray weiter fortgeschritten. Grund hierfür ist das von den bereits gebildeten Partikeln aus Paracetamol gestreute Licht. Die Ausbreitung der flüssigen Phase des Ethanol kann also dem Spraybild für reines Ethanol entnommen werden. Die Ausbreitung des bereits vollständig gelösten Ethanol, welches durch die Paracetamol Partikeln angezeigt wird, kann als Differenzbild der in der Abbildung unten auf Seite 1 gezeigten Bilder errechnet werden. Die Betrachtung dieses Hochdrucksprühverfahrens zur Herstellung feinsten Partikeln mittels der elastischen Streulichttechnik hat gezeigt, welchen Einfluss die eingestellten Betriebsbedingungen auf die für die Lösung des Ethanol im Kohlendioxid benötigte Zeit hat. Im überkritischen Bereich und bei starker Zerstäubung kann diese Zeit drastisch reduziert werden. Bei sehr schneller Lösung des Ethanol im Kohlendioxid bleibt den ausfallenden Paracetamol-Partikeln wenig Zeit zur Bildung von Kristallen. Deswegen entsteht Paracetamol-Pulver mit amorphen Partikeln im submikrometer-Bereich mit enger Korngrößenverteilung. Die Einsatzmöglichkeiten derartiger Pulver erstrecken sich von der Pharmazie über die Medizin bis hin zum Materialdesign.



Gute Übereinstimmung der Messwerte mit dem Modell von Hiroyasu bei Einspritzung von Ethanol (EtOH) Kohlendioxid und starke Abweichung der Messpunkte von der theoretischen Beschreibung bei Einspritzung in überkritisches Kohlendioxid bei hohen Einspritzdrücken (rot gekennzeichnet)

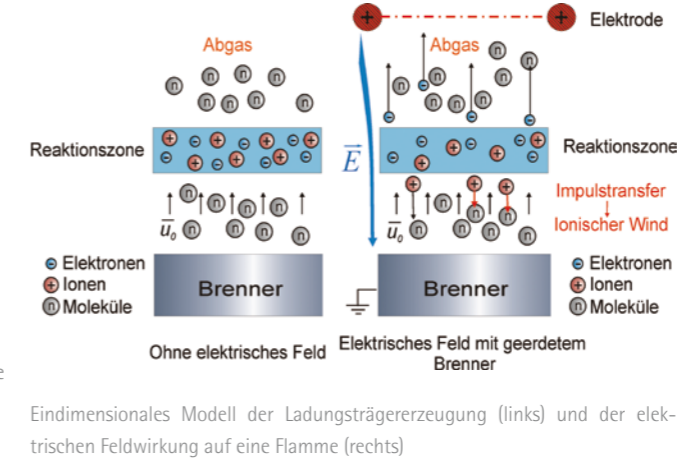
Neues aus Forschung und Entwicklung

Fortsetzung von Seite 1

Schadstoffreduzierung bei turbulenten Hochdruckflammen durch elektrische Hochspannungsfelder

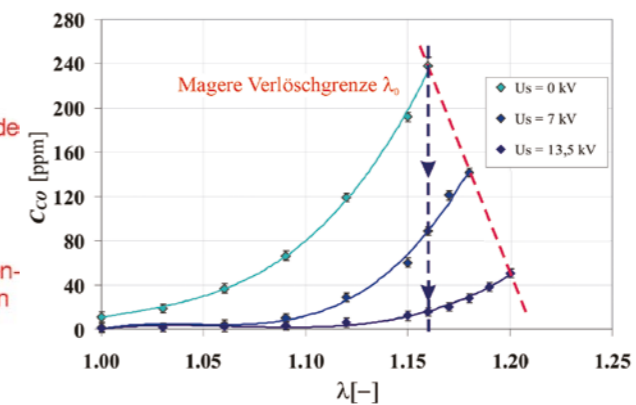
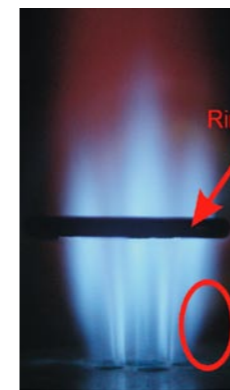
INFORMATIONEN

Dr.-Ing. Frank Beyrau
Durchwahl 29770
fb@litt.uni-erlangen.de



Eindimensionales Modell der Ladungsträgerzeugung (links) und der elektrischen Feldwirkung auf eine Flamme (rechts)

Die Ionen können dann durch Impulsübertragung mit neutralen Teilchen aus dem Frischgas interagieren, so dass sich die Strömungsverhältnisse vorteilhaft durch diese elektroaerodynamische Kraft verändern lassen. Durch diese Änderung der Strömungsverhältnisse lässt sich die Flamme stabilisieren, was z. B. die Kohlenmonoxidemission - auch unter Hochdruckbedingungen - drastisch um bis zu 95 % reduziert. Dieser Effekt ist in der unteren Abbildung dargestellt. Die äußeren Flammen eines 7-Loch-Brenners sind durch Abheben gekennzeichnet, während das Flammeninnere durch eine Zentralflamme stabilisiert wird. Durch Anlegen einer Spannung an einer Ringelektrode wird das Flammenabheben und somit auch die CO-Emission verringert. Des Weiteren kann man die magere Verlöschgrenze zu größeren Luftzahlen hin verschieben. Dies alles erfordert dabei nur einen geringen Anteil der thermischen Leistung des Brenners, typischerweise unter 0,01 %. Diese Ergebnisse gelten für bestimmte Brenner-typen, aber die Erweiterung vor allem auf Drallflammen, die typischerweise im Gasturbinenbereich eingesetzt werden, ist aktueller Forschungsgegenstand. Außerdem ergibt sich



Messanordnung und Verlauf der CO-Konzentration über Luftzahl einer ausgewählten Konfiguration bei Hochdruck: Verschiebung der mageren Verlöschgrenze und die gleichzeitige CO-Vermindeung durch das Anlegen eines elektrischen Feldes

als weiterer Vorteil dieser neuartigen Stabilisierungsmethode die Möglichkeit zur Beeinflussung von Brennkammerschwingungen, die bei Gasturbinen und auch anderen großtechnisch genutzten Brennern ein aktuelles Problem darstellen. Dazu wird das elektrische Feld nicht statisch, sondern gepulst an den Brenner angelegt, um so den anschwingenden Brennkammerschwingungen entgegenzuwirken. Dies alles macht eine spätere Realisierung sehr interessant, wobei diese Art der Stabilisierung nicht nur auf den Bereich der Gasturbinenverbrennung beschränkt bleiben muss. Prinzipiell ist eine Anwendung dieser Methode auch bei gewöhnlichen Haushaltsbrennern und anderen großtechnisch genutzten Brennersystemen möglich.

Master of Science- und Diplomarbeiten

Seit der Ausgabe 16/2006 der LTTaktuell wurden die folgenden Arbeiten erfolgreich am LTT abgeschlossen:

– Lars Zigan, M. Sc. – Untersuchungen zum Einfluss eines elektrischen Feldes auf turbulente Hochdruckflammen, in Kooperation mit der Siemens AG, Electromagnetic Systems Plasma Technology, Erlangen (23.05.2006)

– Gabriela Guevara, M. Sc. – Comparative Soot Investigations using Time-Resolved Laser-Induced Incandescence and Thermophoretic Sampling (30.05.2006)

Personalia » Messeteilnahmen

– Der LTT war als Aussteller auf folgenden Messen vertreten:
ANALYTICA in München (25.-28.04.)
HANNOVER MESSE (24.-28.04.)
ACHEMA 2006 in Frankfurt (15.-19.05.)
HIGH-TECH-KÄRWA in Erlangen (07.07.)

Personalia » Mitarbeiterwechsel

– Dr.-Ing. Wolfgang Ipp setzt seit dem 01.03.2006 seine berufliche Laufbahn bei der Siemens VDO Automotive AG in Regensburg fort.

– Dr.-Ing. Jan Egermann ist nun bei der IAV GmbH in Gifhorn angestellt.

– Dipl.-Ing. Thomas Blotevogel und Dipl.-Ing. Marco Taschek wechselten zu der MAN B & W Diesel AG, Augsburg.

Vorankündigung

Gemeinsam mit dem
HAUS DER TECHNIK e.V., Essen

VIII. Tagung 2007

MOTORISCHE
VERBRENNUNG

15. / 16. März 2007
im MARITIM Hotel
München

weitere Informationen unter:
www.litt.uni-erlangen.de