

LTT aktuell Neues aus Forschung & Entwicklung

Neuer Forschungsverbund „Turbulente Verbrennung“ gegründet

Turbulente Verbrennung entschlüsseln

Neuer Bayerischer Forschungsverbund (FORTVER) für Grundlagenforschung im Bereich der schadstoffarmen turbulenten Verbrennung unter Beteiligung der Thermodynamik-Lehrstühle Erlangens, Bayreuths und Münchens (TU) eingerichtet.

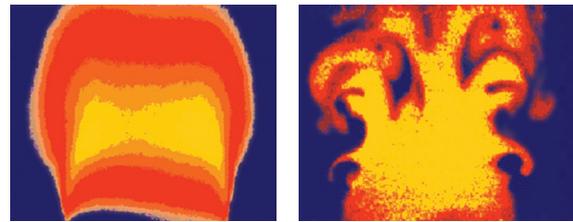
Unter Beteiligung der Thermodynamik-Lehrstühle der drei bayerischen Universitäten Erlangen, Bayreuth und München (TU) wurde im Oktober 2002 ein neuer **Bayerischer Forschungsverbund für Turbulente Verbrennung (FORTVER)** eingerichtet, der in den nächsten drei Jahren zielgerichtet Arbeiten durchführen soll, damit das hohe und weltweit führende Niveau der Grundlagenforschung in Deutschland im Bereich der schadstoffarmen turbulenten Verbrennung ausgebaut und wichtige Verbindungen in die technologischen Anwendungen hergestellt bzw. verfestigt werden können.

In FORTVER geht es wesentlich darum, die turbulente Verbrennung gezielter steuern und auch berechnen zu können, damit eine schadstoffarme und hocheffiziente, also verbrauchsarme Verbrennung besser möglich wird. Besonderes Potential liegt in der Anwendung bei modernen Gasturbinen-Brennverfahren, Industrie-feuerungen und auch bei Verbrennungsmotoren - in all diesen Fällen bildet die turbulente Verbrennung die Grundlage der auftretenden komplexen Mischungs- und Reaktionsprozesse, deren Berechnung bisher selbst auf Großrechnern noch große Probleme bereitet. Hier setzt der

neue Forschungsverbund mit insgesamt sieben Arbeitspaketen an. Auf der einen Seite sollen neue optische und laser-gestützte Messmethoden entwickelt und eingesetzt werden, mit denen die entsprechenden Flammenmodelle erforscht und weiterentwickelt werden können. Auf der anderen Seite sollen neuartige, in den letzten Jahren im Bereich der numerischen Strömungssimulation vorgeschlagene Berechnungsansätze nun auch für die vielfach komplexeren Vorgänge der Gemischbildung und Verbrennung eingesetzt werden. Die Fachleute reden hier von der instationären „Large-Eddy-Simulation“, die eine bessere Raum-Zeit-

Auflösung der Vorgänge erlaubt. Hierzu sind allerdings Höchstleistungsrechner nötig, die vorgesehene Anbindung an den Bundeshöchstleistungsrechner des Leibniz-Rechenzentrums in München ist dazu ein entscheidender Standortvorteil.

Das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst fördert den Forschungsverbund FORTVER über die nächsten drei Jahre mit insgesamt *Fortsetzung auf Seite 2*



Beispiel für eine Flamme, bei der grobskalige Ablösewirbel (siehe rechts) eine Berechnung bisher verhindern. In den beiden Abbildungen dargestellt ist eine staukörperstabilisierte Vormischflamme.

links: Mittelwert; rechts: 2D-Laserlichtschnitt mit 15 ns Belichtungszeit; Falschfarbendarstellung

LTT aktuell Neues aus Forschung & Entwicklung

Modellierung des Wärmeübergangs auf der Kühlstrecke von Warmwalzstraßen

Wärmeübergangsmodellierung

In Kooperation mit der Siemens AG wurde am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik ein Modell zur Beschreibung des Wärmeübergangs im Kühlbetrieb von Walzwerken entwickelt.

Zur Erzielung hoher Wärmeübergangsraten, wie sie z.B. bei der Abkühlung von heiß gewalzten Blechen in Warmwalzstraßen erforderlich sind, bietet sich aus betriebstechnischen Gründen die sogenannte Laminarstrahlkühlung an.

Bei diesem Verfahren wird das Kühlgut mit Reihen von nebeneinander angeordneten Wasserstrahlen (oder durchgehenden Wasservorhängen) von geringer Turbulenz, die senkrecht auf die heiße

Oberfläche auftreffen, auf die geforderte Zieltemperatur gebracht.

Die dabei erzielten Wärmeübergangsraten können leicht in der Größenordnung von 10 MW/m² und mehr liegen. Genaue Erkenntnisse über die Mechanismen, mit denen derartig hohe Werte erreicht werden können, liegen bis heute nicht vor, da die experimentelle Ermittlung von Siedekurven, bei Wandüberhit- *Fortsetzung auf Seite 3*

Der **LTT-Erlangen** wünscht
allen Freunden und Förderern
ein gesundes und erfolgreiches
Jahr **2003!**

Fortsetzung von Seite 1 „Turbulente Verbrennung entschlüsseln“

rund 1,9 Mio. Euro, wobei in Erlangen der **Lehrstuhl für Technische Thermodynamik (Prof. Dr.-Ing. Alfred Leipertz und Priv.-Doz. Dr. Friedrich Dinkelacker)** mit zwei Arbeitspaketen maßgeblich beteiligt ist. Eine Entwicklung dieser neuartigen experimentellen und numerischen



Info's: Prof. Dr.-Ing. Alfred Leipertz
Durchwahl 85 29900 - sek@litt.uni-erlangen.de



Info's: PD Dr. Friedrich Dinkelacker
Durchwahl 85 29782 - fdi@litt.uni-erlangen.de

LTT aktuell Unter Uns

Unser hiesiger Betriebsausflug stand diesmal – ebenso gut von unserem Sekretariat ausgewählt wie organisiert – unter dem Motto Sonnenschein, gute Laune und Urlaubsstimmung pur.

Bei gleißendem Licht ging unsere Fahrt zunächst in Richtung Befreiungshalle in



Werkzeuge ist eine gezielte Investition für den Forschungs- und Technologiestandort Bayern, mit der Aussicht, in absehbarer Zeit auch Fragestellungen aus dem industriellen Anwendungsfeld aufzugreifen und somit letztendlich dafür zu sorgen, dass unsere Umwelt geschont und mit den knapper werdenden Brennstoffressourcen sparsamer umgegangen werden kann.

Kelheim. Von dem imposanten Bau mit seiner repräsentativen Freitreppe auf dem Bergsporn zwischen Donau- und Altmühltal bot sich uns ein wunderschöner Blick auf das von Jurahängen umschlossene breite Donautal. Zu unseren Füßen die alte Stadt mit ihren historischen Bindungen, zu denen, neben anderen geschichtlichen Ereignissen, unser Reiseleiter bestens Auskunft geben konnte.

Den Pfaden des bereits vom Kurprinzen und späteren König Ludwig I. bereisten weiten Donautals folgend, ging es zunächst zum Kloster Weltenburg mit seiner anliegenden, neu restaurierten Abteikirche und natürlich der Klosterbrauerei mit authentischen Kostproben.

Gut gestärkt und frohen Mutes konnten wir uns dann zur Schiffsfahrt entlang des Donaudurchbruchs in alten, schmalen und wenig Vertrauen erweckenden Fischerbooten entschließen. Keineswegs diese tapfere Entscheidung bereuend wurden wir mit reißenden Stromschnellen und beeindruckenden Felswänden entlang des Ufers belohnt.

Weiter auf den Spuren moderner Wasserwege entlang der Donau war unsere nächste Etappe die zweitgrößte Schleuse Deutschlands in Berching, als verbindendes Glied des relativ neu und künstlich angelegten Main-Donau-Kanals.

Ein kurzer anschließender Stadtbummel in Berching mit seinen im Schein des Sonnenuntergangs getünchten traditionellen Häuserfassaden, lustige Gespräche, gemütliches Abendessen – und schon war der Tag so schnell verfliegen, wie er gerade begonnen hatte.

Alles in allem war es ein wunderschöner, informativer und überaus entspannender Ausflug mit viel Licht und Natur nachklingend in Erinnerung.

LTT aktuell Konferenzen und Tagungen

Während der Sommer- und Herbstmonate sind traditionell immer viele LTT-Mitarbeiter mit Vorträgen auf unterschiedlichen Veranstaltungen weltweit aktiv. In 2002 waren dies

- Prof. Leipertz, DI Diezel, DI Heimgärtner und DP Dankers mit 3 Posterbeiträgen an der GVC/DECHEMA Jahrestagung 2002 in Wiesbaden (Juni)
- DI Fettes mit einem Vortrag an dem Int. AVL-Symposium über Verbrennungsdiagnostik in Baden-Baden (Juni)
- Priv.-Doz. Dinkelacker, DI Egermann und DI Most an dem 29th Int. Symposium on Combustion in Sapporo/Japan mit 3 Vorträgen und 6 Posterbeiträgen (Juli)
- Prof. Leipertz und DI Diezel mit einem Poster an der 12th Int. Heat Transfer Conference in Grenoble/Frankreich (August)
- Prof. Leipertz und Dr. Fröba mit Funktionsübernahmen und 4 Vorträgen an dem 2nd Meeting der Int. Ass. on Transport Properties und der 16th European Conference on Thermophysical Properties in London/GB (September)
- DI Heimgärtner an dem AVL-Forum „Partikelemissionen 2002“ in Nürnberg (September)
- Prof. Leipertz, Priv.-Doz. Dinkelacker, Drs. Fröba und Seeger und DI Ipp mit Funktionsübernahmen und 4 Vorträgen an dem VDI-Thermodynamik-Kolloquium 2002 in Wernigerode (Oktober)
- Dr. Seeger mit einem Vortrag an dem Kongreß „New Analytical On-line Techniques“ in Antwerpen/Belgien (Oktober)
- DI Schmid mit 2 Vorträgen an der SAE Herbsttagung „Fuel & Lubricants“ in San Diego/USA (Oktober)
- Dr. Fröba mit einem Vortrag auf der DKV-Jahrestagung in Magdeburg (November)

Die einzelnen Beiträge liegen zum Teil schriftlich vor und können beim LTT angefordert werden.

Fortsetzung von Seite 1 „Wärmeübergangsmodellierung“

zungen von mehreren Hundert Kelvin und gleichzeitiger starker Unterkühlung des Wasserstrahls, erheblichen Schwierigkeiten unterworfen ist.

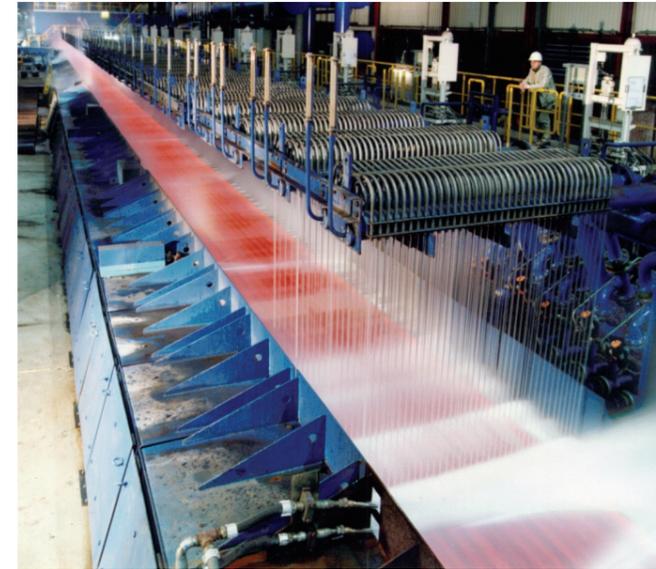
Eine erste Annäherung an die Thematik des unterkühlten Strömungssiedens bei hohen Wärmeübergangsraten gelang mit Hilfe der Hochgeschwindigkeitsfotografie, womit nachgewiesen werden konnte, dass mit zunehmender Heizflächenbelastung die Häufigkeit von sehr kleinen Dampfblasen mit geringer Lebensdauer stark zunimmt.

Auf dieser Beobachtung aufbauend wurde in einer Kooperation mit der Siemens AG ein Modell entwickelt, das zur Beschreibung des Wärmeübergangs im Kühlbetrieb von Walzwerken eingesetzt werden kann.

Es wird davon ausgegangen, dass in der Auftreffzone der Strahlen sich aufgrund der niedrigen Wassertemperatur von etwa 25 °C und des Impulses der senkrecht auftreffenden Strömung kein stabiler Dampfteil ausbilden kann und somit

direkter Kontakt von Kühlwasser und heißer Oberfläche vorliegt, deren Temperatur jedoch in der kurzen Verweildauer in der direkten Auftreffzone nicht unterhalb von ca. 400 °C sinkt.

Der Wärmeübergang wird durch eine blaseninduzierte turbulente Diffusion gesteuert, die aufgrund der hohen Frequenz der explosionsartig entstehenden und wieder kondensierenden Dampfblasen zu einer starken Erhöhung der scheinbaren Wärmeleitfähigkeit in der wandnahen Grenzschicht führt. Hierbei ist zu beachten, dass diese Effekte sich auch auf das Strömungsprofil auswirken, da eine laminare Unterschicht in direktem Kontakt mit einer rotglühenden Stahloberfläche nicht existieren kann, und daher eine Modifikation im Verfahren zur Lösung der Grenzschichtgleichungen vorgenommen werden muss.



Das resultierende numerische Modell kann die charakteristischen Merkmale der Laminarkühlung reproduzieren und wird in der Software zur Kühlstreckenregelung verwendet.



Weitere Infos: Dipl.-Ing. Wolfgang Timm
Durchwahl 85 29900 - sek@litt.uni-erlangen.de

LTT aktuell Internationale Kooperationen

Im Rahmen eines vom DAAD geförderten deutsch-französischen Gemeinschaftsprojektes zur Nutzung der kohärenten Anti-Stokes Raman-Spektroskopie (CARS) fanden die ersten Arbeitstreffen in Besancon und Dijon in Frankreich sowie in Erlangen statt. An diesem Projekt sind die Universität Franche-Comte UFR in Besancon, das Laboratoire de Physique der Universität der Bourgogne in Dijon, und der LTT beteiligt. Ziel des mehrjährigen Forschungsprojektes ist es, den Anwendungsbereich der CARS-Technik zur simultanen zeitaufgelösten Konzentrations- und Temperaturmessung auf technische Hochdruckverbrennungssysteme zu erweitern. Unter Leitung von Herrn Dr.-Ing. **T. Seeger** werden auf deutscher Seite die experimentellen Untersuchungen von Herrn Dipl.-Phys. **F. Beyrau**, Frau **A. Malarski** und Herrn **A. Bräuer** durchgeführt. Auf französischer Seite werden die begleitenden theoretischen Arbeiten von Frau Prof. **J. Bonamy** (Besancon) und Herrn Prof. **H. Berger** (Dijon) koordiniert. Ansprechpartner: Dr.-Ing. Th. Seeger

Die PhD-Studentin **Lara Pellegri** von der Universidad de Lisboa ist seit Anfang November 2002 bis Ende Januar 2003 als Gastwissenschaftlerin am LTT zu Besuch. Wie auch an der Naturwissenschaftlichen Fakultät ihres Heimatinstituts arbeitet sie während der drei Monate am LTT über ein Stipendium auf dem Gebiet der Dynamischen Lichtstreuung. Resümierend über den ersten Teil ihrer Arbeit empfindet sie die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen in Deutschland wesentlich besser als in Portugal. Allerdings neben der Möglichkeit zu fotografieren und zu segeln vermisst sie sehr das Meer.



am LTT gemessene Stoffdaten von Arbeitsfluiden werden von ihm Simulationsprogramme entwickelt und verifiziert.

Auf Einladung von Prof. Eichseder (Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik) war Prof. **Leipertz** am 2. Dezember 2002 zu Gast an der TU Graz und hielt im gemeinsam mit dem Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik (Prof. Heitmeir) veranstalteten Seminar einen Gastvortrag mit dem Thema „Optische Messverfahren für die Technische Verbrennung“

Priv.-Doz. **Dinkelacker** nahm im Dezember 2002 als Dozent des Kurses „Physics and Chemistry of Combustion“ an einer erstmals durchgeführten, zweiwöchigen Winter-Akademie an dem Indian Institute of Technology in Kanpur teil. Eine ähnliche Veranstaltung soll in den kommenden Jahren auch am IIT Guwahati und am IIT Kharagpur durchgeführt werden.

Prof. **Leipertz** ist seit Juni 2002 berufenes Mitglied des DECHEMA-Arbeitskreises Biothermodynamik.

Promotion

Dipl.-Ing. **Christian Fettes** promovierte zum Dr.-Ing. am 17. Juli 2002 mit einer Arbeit zum Thema „Untersuchungen zur Common-Rail-Einspritzung für PKW-Dieselmotoren mittels kombinativer Applikation optischer Messmethoden“. Gutachter in dem Verfahren war neben Prof. Leipertz Herr Prof. Dr.-Ing. habil. G.P. Merker, Universität Hannover.

ANZEIGE

ESYTEC

**Ihr Partner für den
Technologietransfer
vom LTT in
Ihr Unternehmen**

- **Spezialentwicklungen**
- **Auftragsmessungen**
- **Vertrieb von Messsystemen und Komponenten**
- **Schulung und Fortbildung**

Energie- und Systemtechnik GmbH
Telefon: 09131-9959700
Telefax: 09131-9959703
<http://www.esytec.de>
eMail: info@esytec.de

Auszeichnung

Dr.-Ing. **Armin Soika** hat für seine Dissertation „Laseroptische Untersuchungen zum Einfluss des Druckes auf die Struktur turbulenter Vormischflammen“ den **Promotionspreis 2002** der Technischen Fakultät der Universi-

tät Erlangen erhalten. Herr Soika, der seit Abschluss seiner Promotion bei der MTU in München tätig ist, hat einen neuen Brennerprüfstand aufgebaut, an dem erstmalig unter erhöhtem Druck Untersuchungen zur Turbulenz-Flamme-Wechselwirkung an Flammentypen durchgeführt werden können, wie sie z.B. typisch sind für Verbrennungsvorgänge in Gasturbinen.

Neue Mitarbeiter

Herr **Ahmad Hasan Sakhrieh**, M.Sc. in Mechanical Engineering der Jordan University in Amman (Jordanien), startete am 1. Oktober 2002 seinen mit einem DAAD-Stipendium finanzierten Forschungsaufenthalt am LTT. Nachdem er bereits seit dem 1. April in Berlin an einem Deutschkurs teilnahm, wird er nun mit dem Ziel der Promotion den Einfluss des Hochdrucks auf turbulente Verbrennungsvorgänge untersuchen.



Herr Dipl.-Ing. **Heiko Kremer** führte nach Abschluss seines Studiums am LTT zunächst seine Arbeiten in der Stoffdaten-gruppe von Herrn Dr. Fröba fort, bevor er im November zu anderen laserbasierten Messverfahren (Phasen-Doppler-Anemometrie/PDA und laserinduzierte Glühtechnik/LII) wechselte, mit denen sich der leidenschaftliche Fußballspieler und Hobbykoch ab Anfang Januar 2003 bei unserem Spin-Off-Unternehmen ESYTEC GmbH betätigen wird.



Frau Dipl.-Phys. **Monika Wendler** begann Anfang Januar 2003 in der LII - Arbeitsgruppe des LTT, wo sie die laserinduzierte Glühtechnik zur Charakterisierung



von Nanoteilchen einsetzen möchte. Während dies für Ruß schon weit fortgeschritten entwickelt ist, möchte sie sich nun verstärkt anderen Teilchen zuwenden. In ihrem Physikstudium hat sie sich während der letzten Zeit intensiv mit Hochvakuumproblemen beschäftigt und dabei gelernt, Lösungsansätze auch für schier unlösbare Anforderungen erfolgreich zu verfolgen. In ihrer Freizeit betreibt sie Karatesport oder geht gern schwimmen.

Berufung

Priv.-Doz. **Friedrich Dinkelacker** erhielt einen Ruf auf eine Tenure-Track-Hochschullehrer-Position an das Cambridge Combustion Research Center des Department of Engineering der University of Cambridge (England).

Mitarbeiterwechsel

Dr.-Ing. **Christian Fettes** wechselte nach Abschluss seiner Promotion zur META Motoren- und Energietechnik GmbH in Herzogenrath. Schwerpunkt seiner Aufgaben dort wird die dieselmotorische Brennverfahrensentwicklung sein.

IMPRESSUM

Herausgeber:

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik
Am Weichselgarten 8
D-91058 Erlangen-Tennenlohe

Verantwortlich für den Inhalt:

Prof. Dr.-Ing. A. Leipertz

Redaktion

Dipl.-Ing. (FH) Liv Diezel

Sekretariat:

Telefon +49-9131-85 29900
Telefax +49-9131-85 29901
eMail: sek@litt.uni-erlangen.de
<http://www.litt.uni-erlangen.de>

Auflage: 1000 Exemplare