

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

S. Senin, J. Langebach, Ch. Karcher

## Bestimmung von Innenoberflächentemperaturen mittels Leuchtdichtemessung von Flüssigkristallen

### ABSTRACT

Die Flüssigkristall-Messtechnik wird für die Bestimmung der Temperaturverteilung auf Oberflächen und des konvektiven Wärmeüberganges eingesetzt. Die bisherigen Anwendungen dieser Technik beschränken sich auf Außenflächen und benötigen komplizierte Datenverarbeitung mit Farbanalyse. In diesem Beitrag wird eine Messmethode zur Bestimmung der Temperaturverteilung mittels Leuchtdichtemessungen vorgestellt, die eine berührungslose Bestimmung der Temperaturverteilung auch auf Innenoberflächen ermöglicht.

### MOTIVATION

In der Ingenieurpraxis sind heutzutage numerische Simulationen unverzichtbar. Die Qualität der Abbildung von physikalischen Effekten in den numerischen Modellen kann mit Hilfe eines Experiments festgestellt werden. Neue Möglichkeiten für die Temperaturfelderfassung bietet die Flüssigkristall-Thermometrie (Liquid-Chrysal Thermometry). Cholesterinische Flüssigkristalle (TLC) reagieren auf Temperaturänderung mit einer Änderung ihrer optischer Eigenschaften. Mit diesem Prinzip kann das Außentemperaturfeld in einer einzigen Messung qualitativ und quantitativ bestimmt werden [1]. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Messmethode für die Aufnahme des Innentemperaturfeldes mit Hilfe von Flüssigkristallen zu gewinnen.

### EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Abbildung 1 zeigt den experimentellen Aufbau. Die Hauptbestandteile sind eine Lichtquelle, ein Versuchsmodell und eine digitale, ortsauflösende Leuchtdichtemesskamera LMK98.

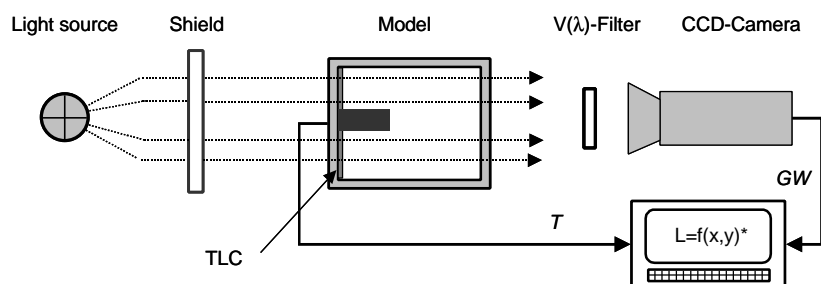


Abbildung 1. Versuchsaufbau

Eine Lichtquelle beleuchtet das Versuchsmodell durch die Streuscheibe von der Seite. Diese Scheibe dient als Schutz gegen direkte Wärmestrahlung. Auf der Innenseite des Modells wird eine dünne, transparente Schicht von Flüssigkristallen BM/R30C20W/C17-10 von der Fa. Hallcrest aufgetragen [2]. Somit kann der Zustand der Flüssigkristallschicht auch von außen erfasst werden.

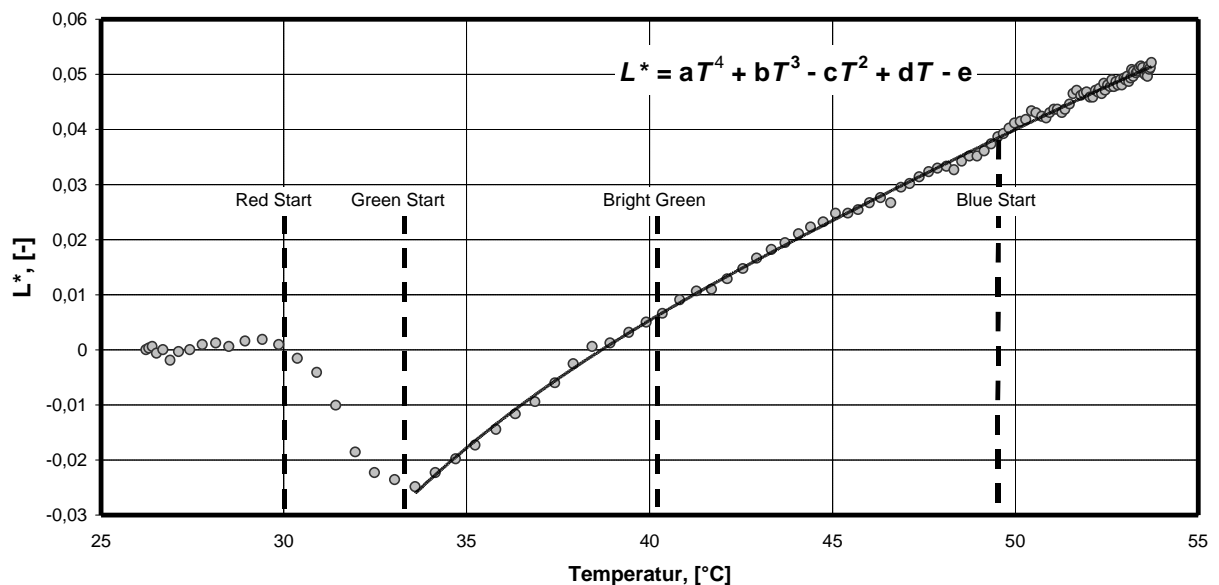
### MESSMETHODE

Die Messung wird in drei Schritten durchgeführt. Zuerst wird die Lampe eingeschaltet und das durch die Flüssigkristallschicht fallende Licht als Leuchtdichteverteilung („kalte Aufnahme“) aufgezeichnet. Danach wird die Heizpatrone eingeschaltet und eine neue Leuchtdichteverteilung („warme Aufnahme“) in einem stationären Zustand ermittelt. Typischerweise stellt sich dieser Zustand nach ca. 2 Stunden ein. Anschließend werden die zwei Bilder am Rechner subtrahiert und auf kalten Niveau dividiert. Daraus ergibt sich die gewünschte dimensionslose Leuchtdichteverteilung, die anhand einer Kalibrierungskurve in die Temperaturverteilung umgerechnet wird. Die erzielte Genauigkeit dieser Messmethode liegt bei  $\pm 0.7K$

### MESSMETHODE

Im Modell wird ein Widerstandsthermometer Pt100 oberhalb der Heizpatrone angebracht und der „virtuelle“ Leuchtdichtesensor seitlich von der Patrone positioniert. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der gemessenen Leuchtdichte als Funktion der Temperatur in der Aufheizungsphase. Die erzielte Genauigkeit dieser Messmethode liegt bei  $\pm 0.7K$

**Fig. 2** Representative Calibration Curve -  
 Dimenionsless Light Density response to Temperature



Wir erkennen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Leuchtdichte und Temperatur in einem Bereich zwischen Grünstart bei 33,2°C und Blaustart bei 55°C. Dieses Verhalten kann durch eine mathematische Funktion approximiert werden. In der Anfangsphase bis zum Grünstart, in dem der rote Anteil dominant ist, ist diese Flüssigkristallmischung für dieses Verfahren nicht geeignet.

## ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wird eine neue Messmethode zur Erfassung von Temperaturfeldes mittels Flüssigkristallen vorgestellt. Das durch die TLC fallende Licht wird mit einer Leuchtdichtekamera bei ausgeschalteter und eingeschalteter Lampe analysiert. Bei diesem Verfahren kann die Kalibrierung während der Messung durchgeführt werden und erfordert keine weitere Datenverarbeitung. Diese Methode ermöglicht, Temperaturfelder sowohl von Innenoberflächen als auch Außenoberflächen qualitativ und quantitativ zu bestimmen.

### Literaturhinweise:

[1] D.K. Hollingworth, A.L. Boehmann, E.G. Smith, R.J. Moffart. "Measurement of Temperature and Heat Transfer Coefficient Distribution in a Complex Flow Using Liquid Crystal Thermography and True-Colour Image Processing". ASME. Collected paper in Heat Transfer, HTD-Vol. 123, pp. 35-42 (1989).

[2] [www.hallcrest.com](http://www.hallcrest.com)

### Autorenangabe(n):

Dipl.-Ing. Stepan Senin

Dipl.-Phys. Jan Langebach

Priv. Doz. Dr.-Ing. habil. Christian Karcher

TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik, Postfach 10 05 65

98694 Ilmenau

Tel.: +49(0)3677-692465

Fax: +49(0)3677-691281

E-mail: [stepan.senin@stud.tu-ilmenau.de](mailto:stepan.senin@stud.tu-ilmenau.de)