



## Doctoral Thesis

# **Numerischer Beitrag zur Charakterisierung und Vorausberechnung der Gemischbildung und Verbrennung in einem direkteingespritzten, strahlgeführten Ottomotor**

**Author(s):**

Koch, Thomas

**Publication Date:**

2002

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004522732> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 14937

NUMERISCHER BEITRAG ZUR  
CHARAKTERISIERUNG UND VORAUSBERECHNUNG  
DER GEMISCHBILDUNG UND VERBRENNUNG  
IN EINEM  
DIREKTEINGESPRIZTEN, STRAHLGEFÜHRTEN  
OTTOMOTOR

ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels  
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von  
THOMAS KOCH  
Dipl. - Ing. Universität (TH) Karlsruhe

geboren am 27. September 1973  
deutscher Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. K. Boulouchos, Referent  
Prof. Dr. M. Eberle, Korreferent  
Prof. Dr. M. Bargende, Korreferent

Zürich 2002

# Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die thermodynamischen, physikalischen und chemischen Vorgänge in einem direkteingespritzten, strahlgeführten Ottomotor behandelt. Hierbei bilden die Vorgänge der Gemischbildung und Verbrennung den Schwerpunkt der Untersuchungen.

Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines physikalisch basierten, schnellen Modelles zur Vorausberechnung des Hochdruckprozesses. Für die Entwicklung dieses phänomenologischen Ansatzes bedurfte es einer Vielzahl von grundlegenden Voruntersuchungen.

Der dominierende Einfluss der Kraftstoffeinspritzung wurde durch umfassende dreidimensionale Simulationen der Zweiphasenströmung, sowohl unter ruhenden Laborbedingungen in einer Hochtemperaturhochdruckzelle, einhergehend mit einer Validierung anhand von experimentellen Ergebnissen, als auch unter motorischen Bedingungen untersucht. Von besonderer Bedeutung war hierbei das Penetrationsverhalten, die Verdampfungsgeschwindigkeit und der Turbulenzeinfluss des Hohlkegelstrahles.

Parallel hierzu erfolgten im Rahmen einer zweiten Dissertation umfangreiche zumeist optikbasierte Experimente zur Charakterisierung der entscheidenden physikalischen Vorgänge im Einzylinderforschungsaggregat [119].

Die Kombination zahlreicher Erkenntnisse der numerischen und experimentellen Arbeiten ergaben ein vollständiges Bild der verbrennungsrelevanten Vorgänge.

Die Abbildung von Einspritzung, Kraftstoffverdampfung, Gemischbildung, Entflammung, Energieumsetzung und Stickoxidbildung durch phänomenologische Einzelmodelle erfolgte durch eine Konzentration auf die wesentlichen, entscheidenden physikalische Phänomene und erlaubt eine Rechenzeit in der Größenordnung von einer Sekunde pro Hochdruckprozess. Schwerpunkt bildete hierbei die Formulierung der Energiefreisetzungsrates durch die Superposition eines vorgemischten und eines mischungskontrollierten Ansatzes.

Das neu entwickelte Modell wurde sowohl für Anwendungen im Schichtbetrieb unter Anwendung von sechs betriebspunktabhängigen, physikalisch basierten Modellkonstanten als auch im Homogenbetrieb erfolgreich getestet und für umfangreiche Kennfeldberechnungen als Basis für Rechnungen mit der Gesamtprozessanalyse angewandt.

# Abstract

The present thesis deals with the thermodynamic, physical and chemical processes inside a jet-guided direct injected spark ignition engine. The main focus of the investigations has been set on the phenomena of mixture formation and combustion.

The objective of this work was the development of a physically based, fast model to predict the heat release and pressure evolution. Therefore numerous fundamental investigations were carried out prior to defining the basis of the phenomenological approach.

The dominating influence of the fuel injection has been investigated with extensive three-dimensional simulations of the two phase flow for quiescent laboratory conditions subsequently experimentally validated as well as for engine applications. Spray penetration, the evaporation rate and the turbulence influence of the hollow-cone spray have been of particular importance.

Comprehensive mainly optically based experiments have also been performed in parallel within the scope of a second thesis [119].

The synergetic combination of numerical with experimental investigations yielded insights into key phenomena and led to a detailed understanding of the relevant combustion-related processes.

The phenomenological modeling of the determining processes of injection, fuel evaporation, mixture formation, ignition, heat release and NO formation has been performed by concentrating on the most significant individual physical phenomena. Thereby the focus has been on the formulation of the combustion by a superposition of a premixed and mixing controlled approach.

The newly developed model has been tested for numerous operating conditions in stratified as well as homogenous charge. Additionally multidimensional operating maps have been simulated which serve as a basis for complete vehicle-cycle computations.