

Thermodynamic and Thermal Management of IC Engines - a worthwhile research topic ?

Thermodynamik und Wärmemanagement von Verbrennungs- motoren - ein lohnenswertes Forschungsthema ?

Helmut Eichseder

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

KULI USER MEETING 2005

Steyr, 29. und 30. Juni 2005



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

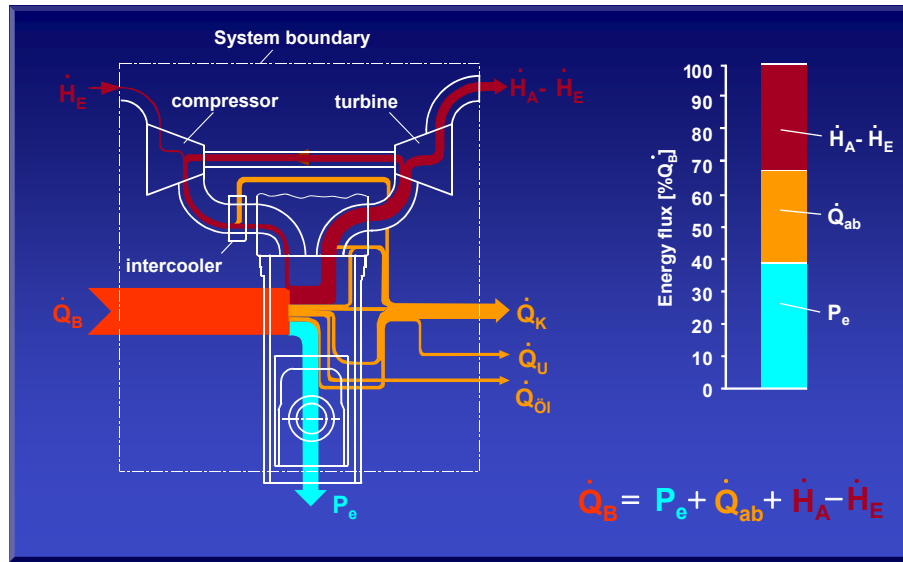
Thermodynamic and Thermal Management

- Introduction
- Energy Balance and Thermodynamic Analysis
- Efficiency and thermal situation for new combustion concepts (Examples Hydrogen and HCCI Combustion)
- Thermal Management
- Summary



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Energy Balance



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Advanced Analysis of Losses

$$\eta_i = \eta_{IRC} - \Delta\eta_{ICS} - \Delta\eta_{IC} - \Delta\eta_{RC} - \Delta\eta_{WH} - \Delta\eta_{GE}$$

η_i indicated efficiency

η_{IRC} efficiency of ideal engine with real charge

$\Delta\eta_{ICS}$ losses due to injection during compression stroke

$\Delta\eta_{IC}$ losses due to incomplete combustion

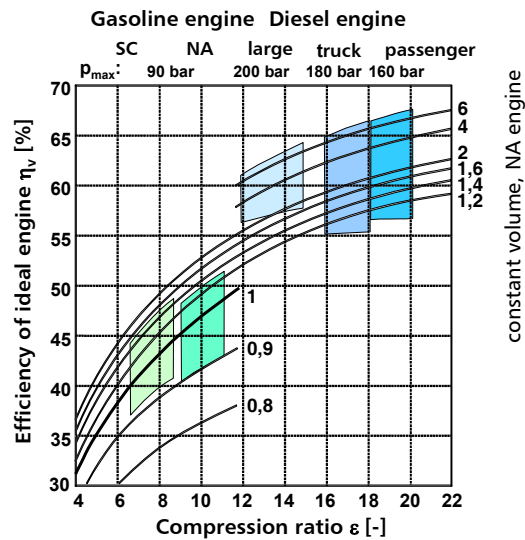
$\Delta\eta_{RC}$ losses due to real combustion

$\Delta\eta_{WH}$ wall heat losses

$\Delta\eta_{GE}$ gas exchange losses

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Efficiency of Ideal Engine



Combined
constant volume
constant pressure

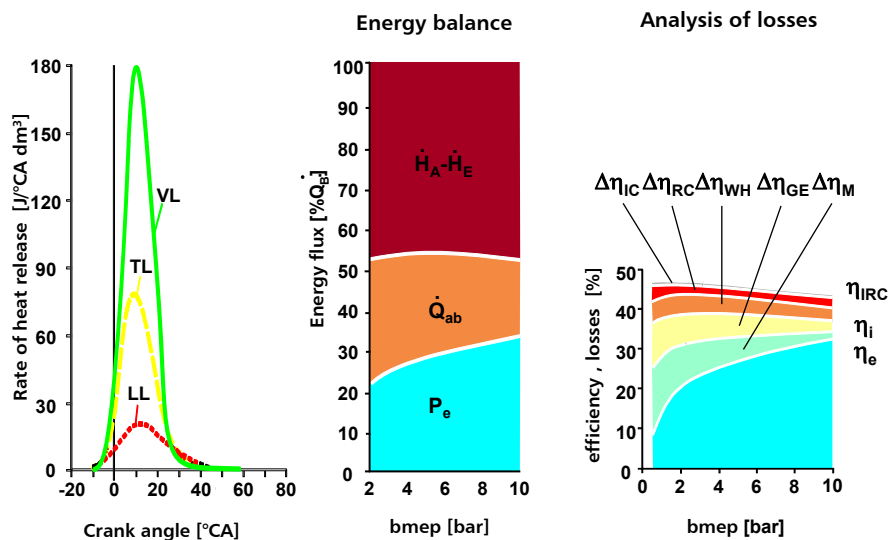
Limited
peak pressure

Source: Pischinger, TUG

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Conventional Gasoline Engine

$n = 2000 \text{ min}^{-1}$

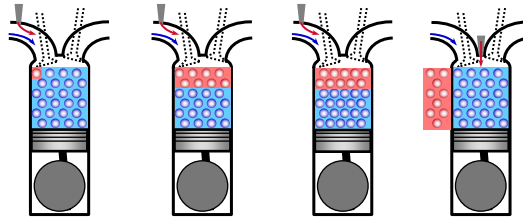


Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Hydrogen Combustion System - Potential

Assumption:

$\lambda = 1$
 $\lambda_a = \text{const.}$
 $\eta_e = \text{const.}$
 $T = \text{const.}$



Fuel	Gasoline	H ₂	H ₂	H ₂
Mixture formation	external	external	external cryogen	internal
Mixture temperature [K]	293	293	210	293
Mixture cal. value [MJ/m ³]	3,6	3,0	4,15	4,22
Power - potential [%] (compared to gasoline)	100	82	115	117

Source: BMW, TUG

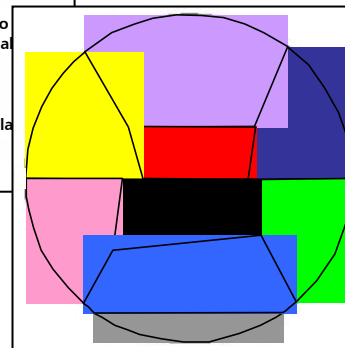
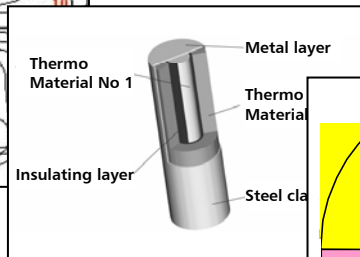
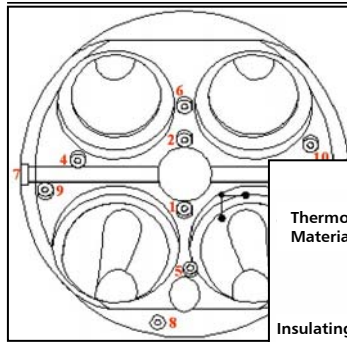


Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Investigations concerning Heat Transfer

Allocation of sensors

Set-up of sensors

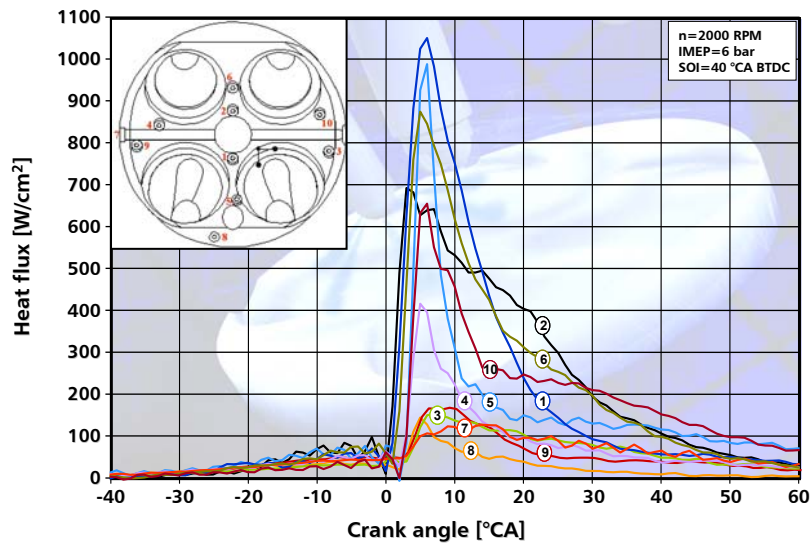


Weighting of sensors



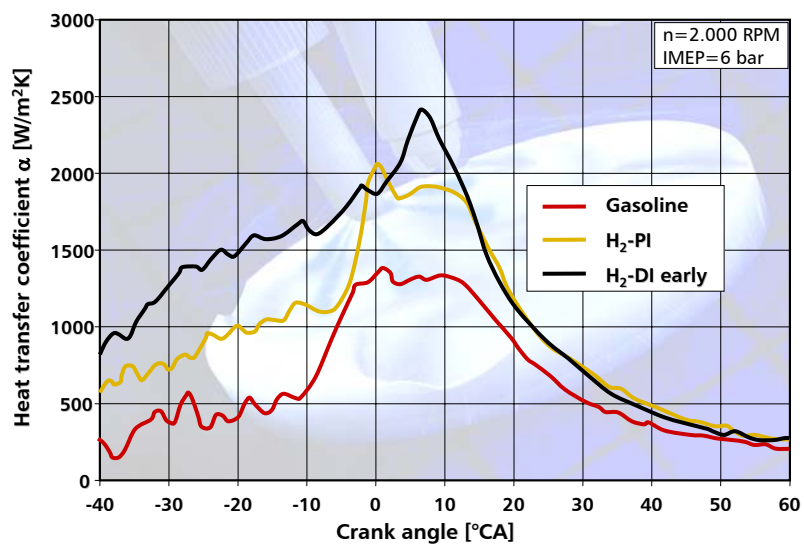
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Investigations concerning Heat Transfer



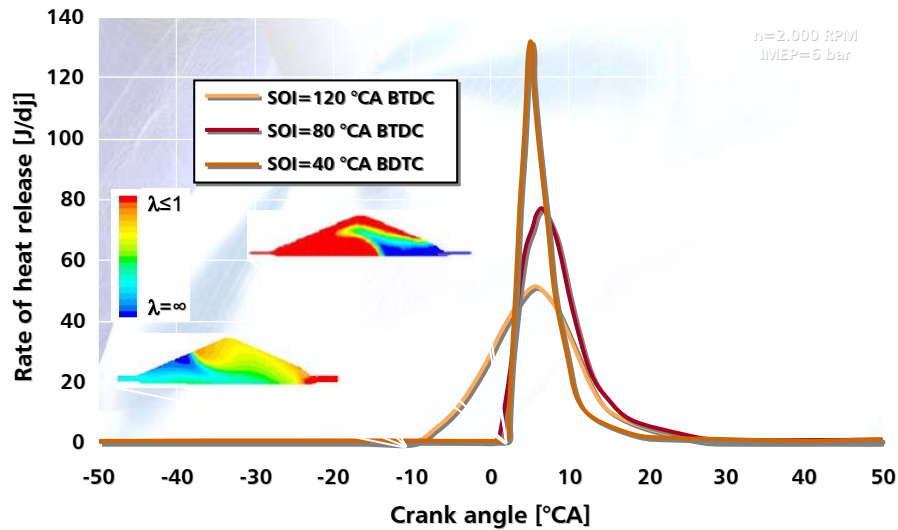
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Investigations concerning Heat Transfer



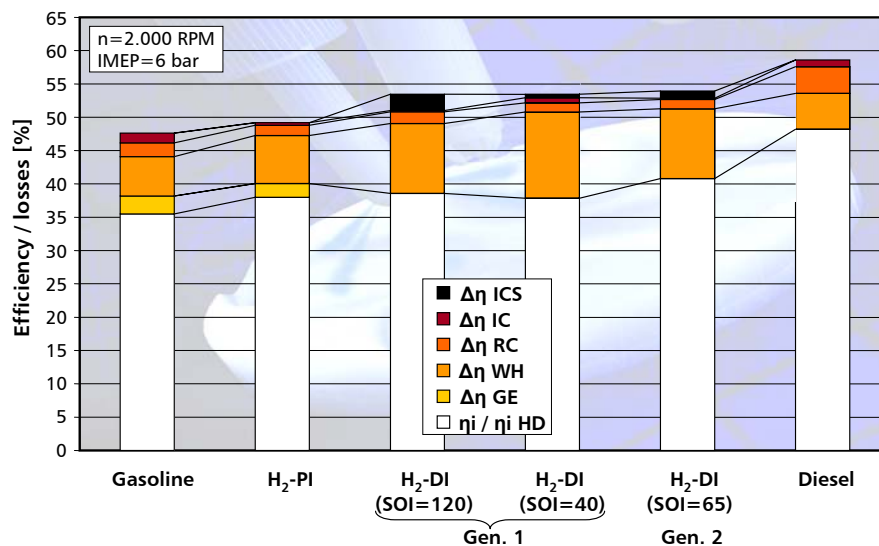
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Direct Injection (Variation of SOI)



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

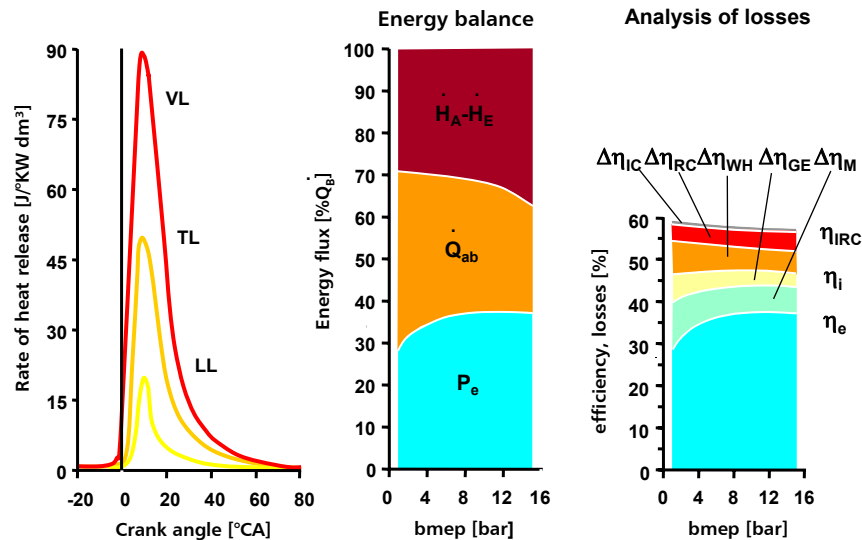
Analysis of relevant Operation Points



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

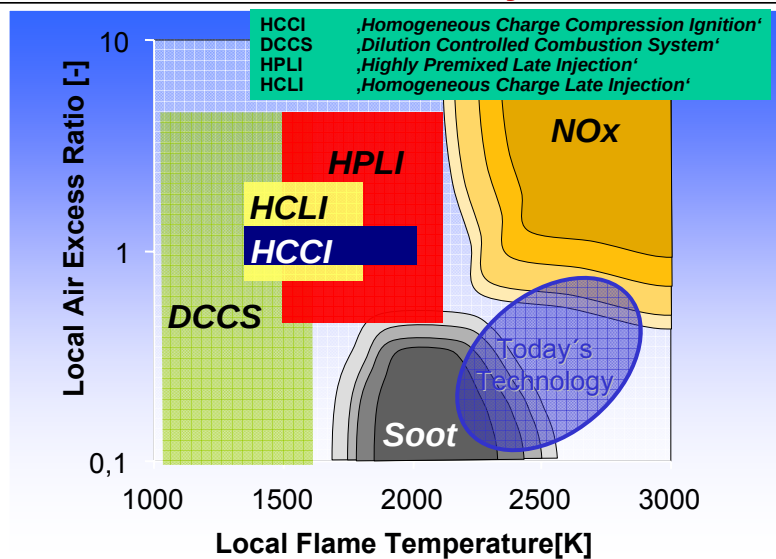
Diesel Engine

$n = 2500 \text{ min}^{-1}$



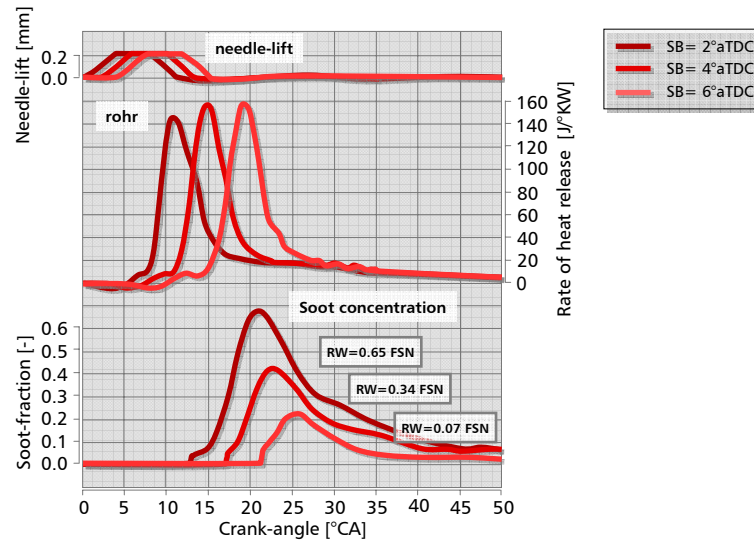
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Alternative Combustion Systems



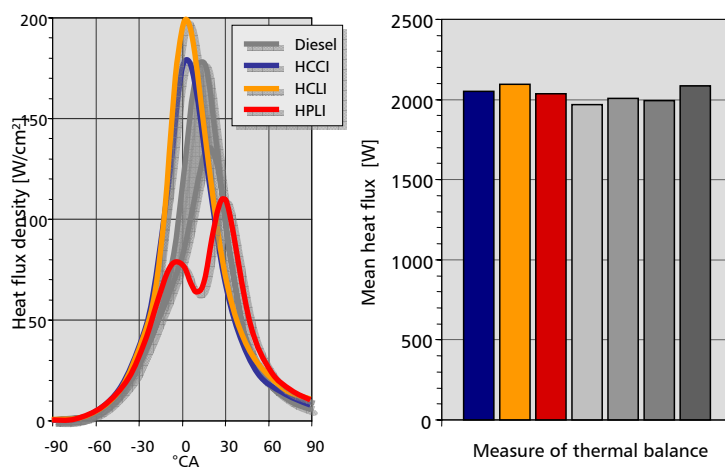
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

HPLI- Soot Production and Soot Oxydation



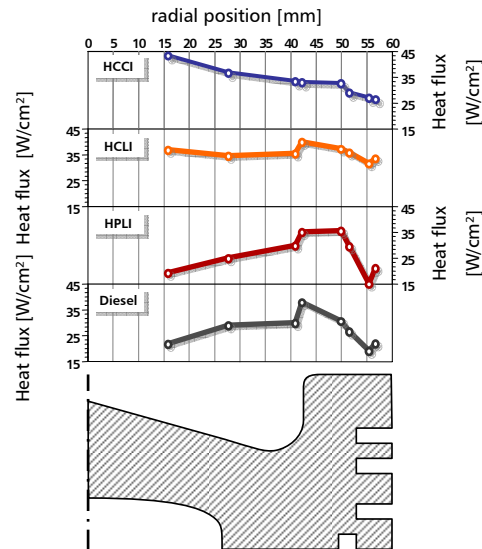
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Transient Heat Flux Density



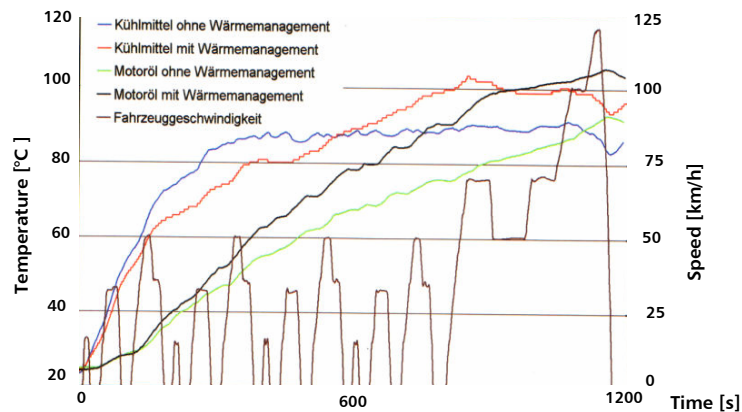
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Wall Heat Flux - Radial Distribution



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Active Thermal Management

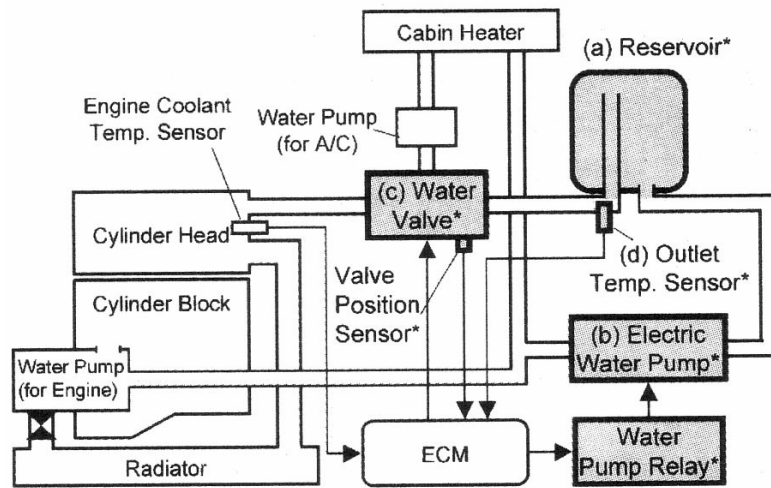


Warm up behaviour of engine oil and water during NEDC

Source: MTZ 3/2005, Ford

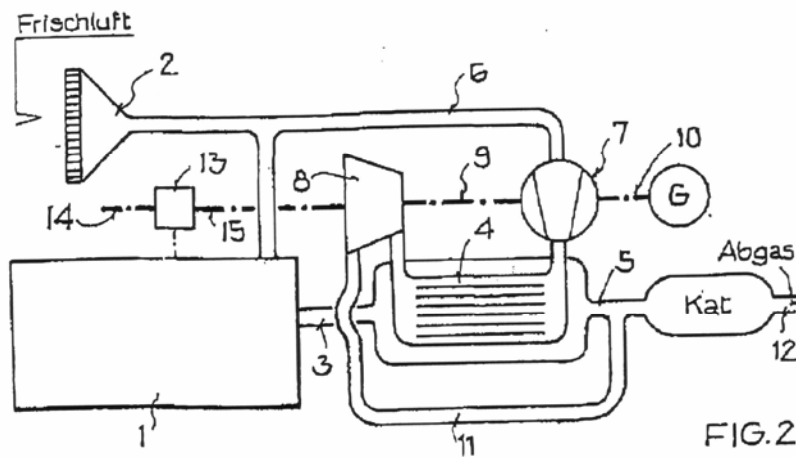
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
TUG Technische Universität Graz

Toyota Heat Management System



Source: VDI Fortschrittsberichte, Toyota, 2004

Use of Exhaust Thermal Energy



Source: Pat. DE 199 60 762 A1, DaimlerChrysler