



Doctoral Thesis

## Numerical investigation of supersonic turbulent boundary layers

**Author(s):**

Maeder, Thierry

**Publication Date:**

2000

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004015776> →

**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 No. 13662

# NUMERICAL INVESTIGATION OF SUPERSONIC TURBULENT BOUNDARY LAYERS

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZÜRICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by

Thierry Maeder

Dipl. Masch.-Ing. ETH  
born on April 10, 1971  
citizen of Agriswil (FR)

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. L. Kleiser, examiner  
Prof. Dr. R. Abhari, co-examiner  
Prof. Dr. M. Deville, co-examiner

2000

## Abstract

The effects of Mach number and wall temperature on the turbulence structure of a supersonic boundary layer have been investigated employing an extended temporal direct numerical simulation (ETDNS) method. The ETDNS method has allowed to describe with precision and for the first time the turbulence structure of highly supersonic boundary layers, which no experimental technique has achieved yet. A  $M_\infty = 4.5$  boundary layer over a strongly cooled wall displays roughly the same turbulence structure as over a nearly adiabatic wall, however with a lower fluctuation level. The intrinsic effects of compressibility on turbulence statistics are confirmed to be small even up to a Mach number of 6. At high Mach numbers ( $M_\infty \gtrsim 5$ ), a region of higher turbulent activity appears near the mid boundary-layer, and the validity of Morkovin's hypothesis is restricted.

## Kurzfassung

Mit einer neuen zeitlichen DNS-Methode (ETDNS) sind die Machzahl- und Wandtemperatureffekte auf die Turbulenzstruktur einer Überschallgrenzschicht untersucht worden. Zum ersten Mal konnte mit Hilfe der ETDNS Methode die Turbulenzstruktur von Grenzschichten im hohen Überschallbereich mit Präzision beschrieben werden, was bis jetzt keiner experimentellen Technik gelungen ist. Die Grenzschicht an einer stark gekühlten Wand bei  $M_\infty = 4.5$  weist ungefähr die gleiche Turbulenzstruktur auf wie an einer quasi-adiabaten Wand, jedoch mit geringeren turbulenten Fluktuationen. Kompressibilitätseffekte wie Druckdilationskorrelation und Dilationsdissipation bleiben klein sogar bei  $M_\infty = 6$ . Bei hoher Machzahl ( $M_\infty \gtrsim 5$ ) entsteht etwa in der Mitte der Grenzschicht ein Bereich erhöhter turbulenter Aktivität, und die Morkovinsche Hypothese ist nur noch begrenzt gültig.