# Modellierung beweglicher Steuerflächen mit dem DLR TAU-Code

**Laia Alcaraz Capsada, Britta Ernst, Lars Reimer, Frank Spiering, Ralf Heinrich**

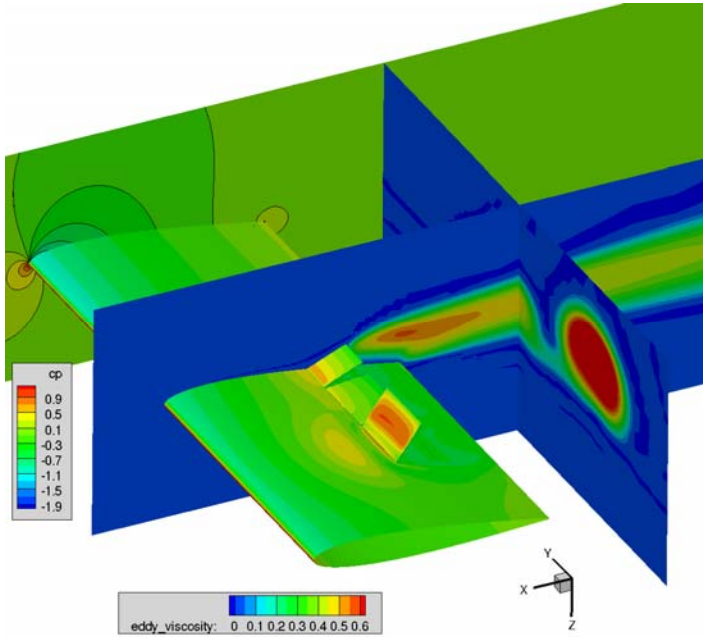
**DLR Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik**

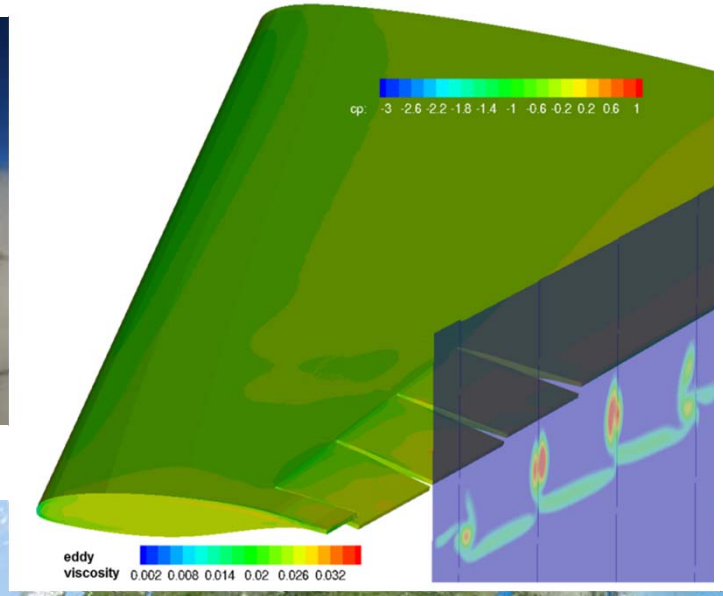
**20. DGLR-Fach-Symposium der STAB**
**08.11. – 09.11.2016, Braunschweig**

# Modellierung beweglicher Steuerflächen mit dem DLR TAU-Code

Übersicht

- Motivation
- Strategien für die Modellierung beweglicher Steuerflächen
  - Anwendungen
  - Neuere Entwicklungsarbeiten
- Zusammenfassung und Ausblick






DLR

# Motivation

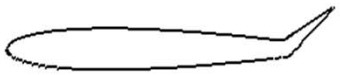
Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

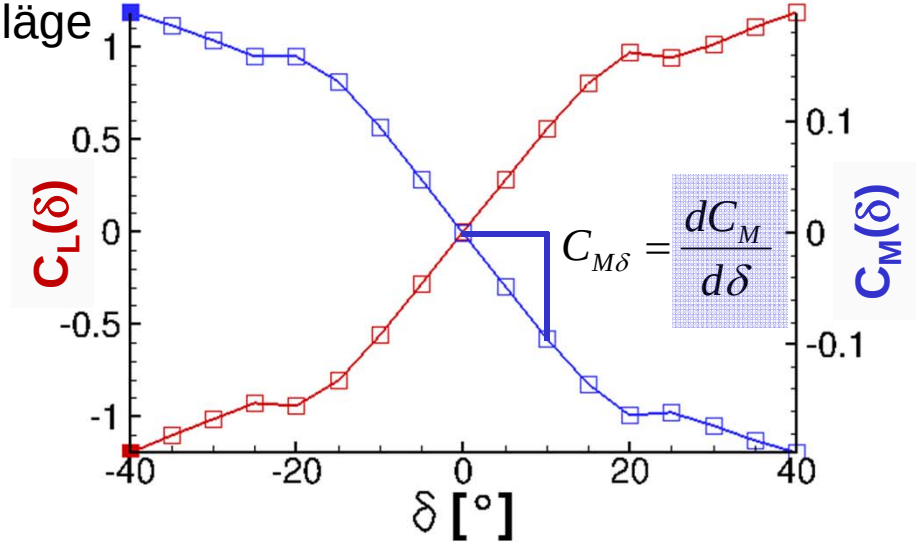
- Für die Auslegung der Steuerflächen muss der Einfluss der Steuerfläche auf die Beiwerte und die Lastverteilung eines Flugzeuges ermittelt werden
  - . . . Aussagen über die Steuerbarkeit eines Flugzeuges
  - . . . Aussagen über die Effektivität einer Steuerfläche
  - . . . Aussagen über die benötigten Scharniermomente (Aktuatorik)
  - . . .

# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Für die Auslegung der Steuerflächen muss der Einfluss der Steuerfläche auf die Beiwerte und die Lastverteilung eines Flugzeuges ermittelt werden
  - . . . Aussagen über die Steuerbarkeit eines Flugzeuges
  - . . . Aussagen über die Effektivität einer Steuerfläche
  - . . . Aussagen über die benötigten Scharniermomente (Aktuatorik)
  - . . .
- Zu betrachten sind statische Ausschläge
  - Statische Derivativa





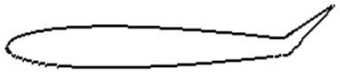

- . . . und dynamische Ausschläge
  - Dynamische Derivativa

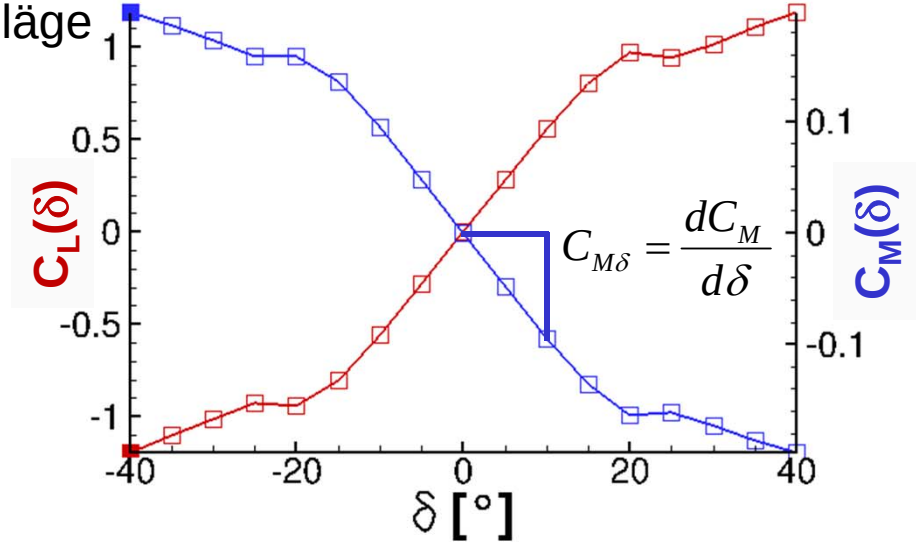
$$C_M = C_{M,\alpha_O} + C_{M\alpha}\Delta\alpha + C_{M\delta}\Delta\delta + C_{Mq}q + C_{M\dot{\alpha}}\dot{\alpha} + C_{M\dot{\delta}}\dot{\delta}$$

# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Für die Auslegung der Steuerflächen muss der Einfluss der Steuerfläche auf die Beiwerte und die Lastverteilung eines Flugzeuges ermittelt werden
  - . . . Aussagen über die Steuerbarkeit eines Flugzeuges
  - . . . Aussagen über die Effektivität einer Steuerfläche
  - . . . Aussagen über die benötigten Scharniermomente (Aktuatorik)
  - . . .
- Zu betrachten sind statische Ausschläge
  - Statische Derivativa






- . . . und dynamische Ausschläge
  - Dynamische Derivativa

$$C_M = C_{M,\alpha_O} + C_{M\alpha}\Delta\alpha + C_{M\delta}\Delta\delta + C_{Mq}q + C_{M\dot{\alpha}}\dot{\alpha} + C_{M\dot{\delta}}\dot{\delta}$$

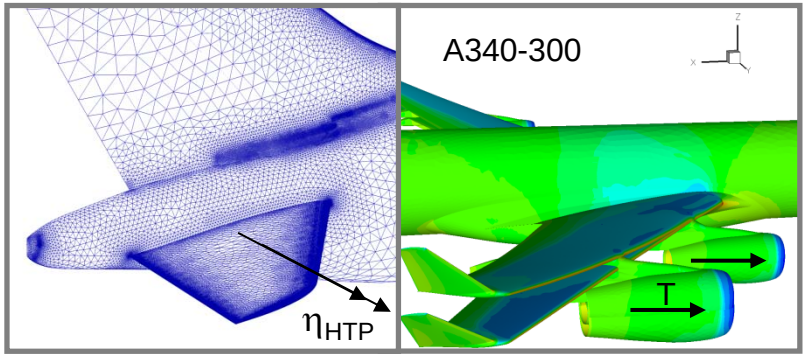
$C_{M\dot{\delta}}$: Sensitivität des Nickmomentenbeiwertes bezüglich der Drehrate der Steuerfläche

# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Simulation des freifliegenden Flugzeuges im aeroel. Gleichgewicht müssen Schub und Steuerflächen so eingestellt werden, das gilt: $\Sigma F_i = 0, \Sigma M_i = 0$

- Beispiel Horizontalflug
  - Steuerparameter sind $\eta_{HTP}$, T und Nickwinkel $\Theta$



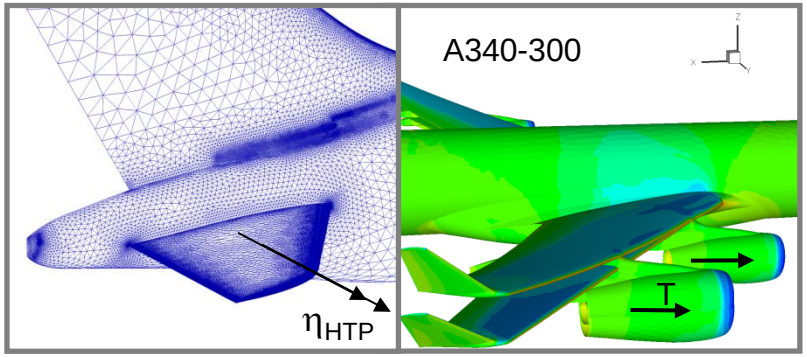

DLR

# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Simulation des freifliegenden Flugzeuges im aeroel. Gleichgewicht müssen Schub und Steuerflächen so eingestellt werden, das gilt: $\mathbf{\Sigma F_i = 0, \Sigma M_i = 0}$

- Beispiel Horizontalflug
  - Steuerparameter sind $\eta_{HTP}$, T und Nickwinkel $\Theta$

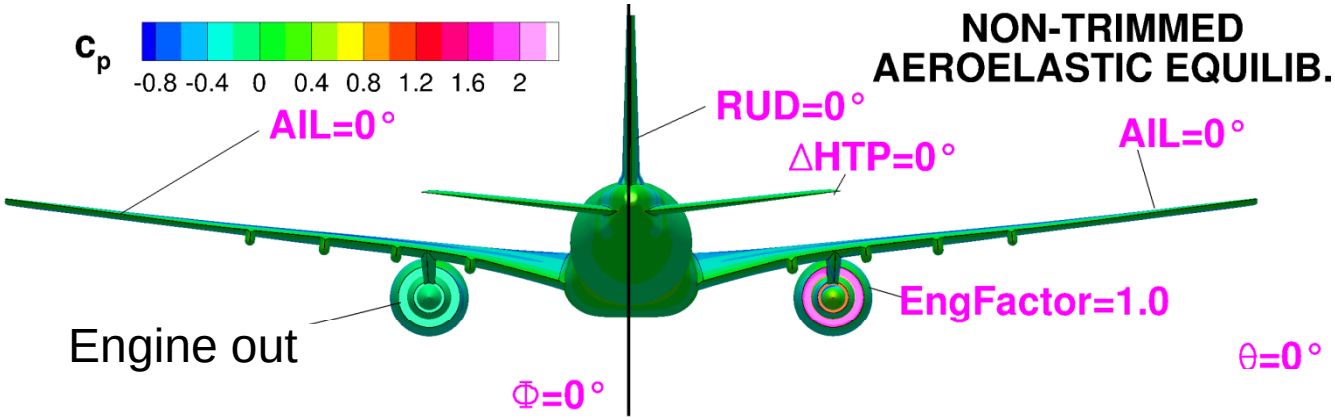


# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Simulation des freifliegenden Flugzeuges im aeroel. Gleichgewicht müssen Schub und Steuerflächen so eingestellt werden, das gilt: $\Sigma F_i = 0, \Sigma M_i = 0$

- Beispiel Horizontalflug bei Triebwerksausfall
  - Mit Triebwerkssimulation
  - Steuerparameter sind $\eta_{HTP}$, $\eta_{ail}$ , $\eta_{rud}$ , $\Phi$, $\Theta$, ein Triebwerksparameter



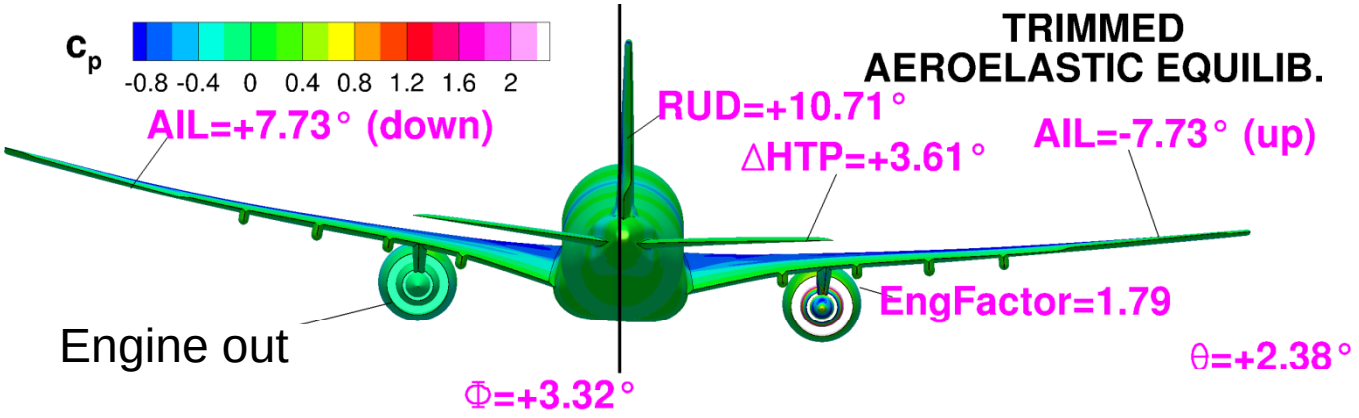

DLR

# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Simulation des freifliegenden Flugzeuges im aeroel. Gleichgewicht müssen Schub und Steuerflächen so eingestellt werden, das gilt: $\Sigma F_i = 0, \Sigma M_i = 0$

- Beispiel Horizontalflug bei Triebwerksausfall
  - Mit Triebwerkssimulation
  - Steuerparameter sind $\eta_{HTP}$, $\eta_{ail}$ , $\eta_{rud}$ , $\Phi$, $\Theta$, ein Triebwerksparameter

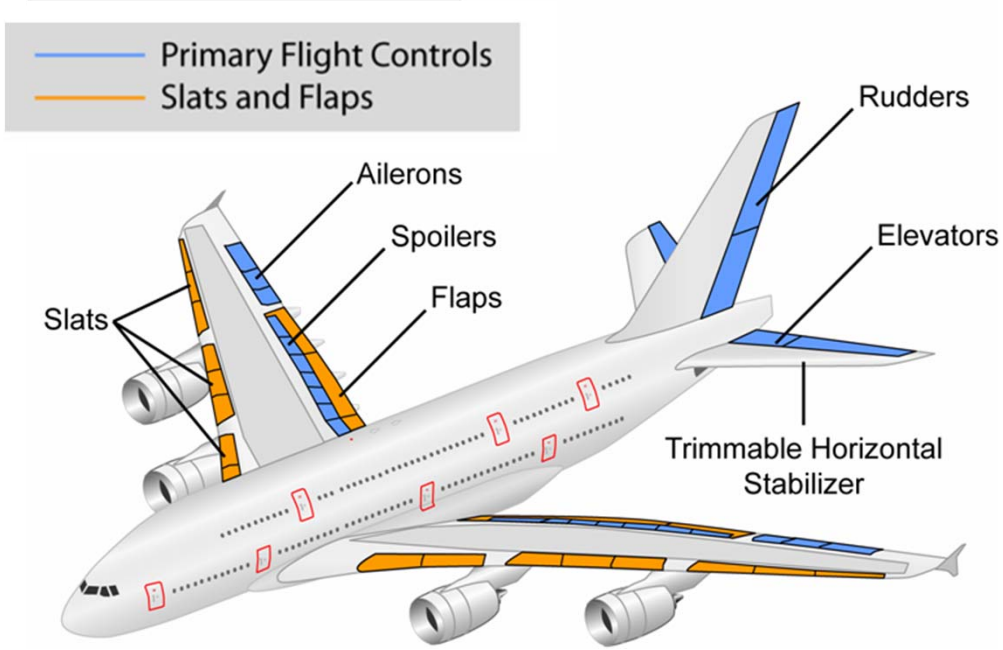


# Motivation

Wann wird die Fähigkeit Steuerflächen beweglich zu modellieren benötigt?

- Simulation eines manövrierenden Flugzeuges: Virtuelle Flugversuche
- Berücksichtigung aller Primärsteuerflächen
- . . . auch der Spoiler für GLA und MLA

MLA: Maneuver Load Alleviation
GLA: Gust Load Alleviation



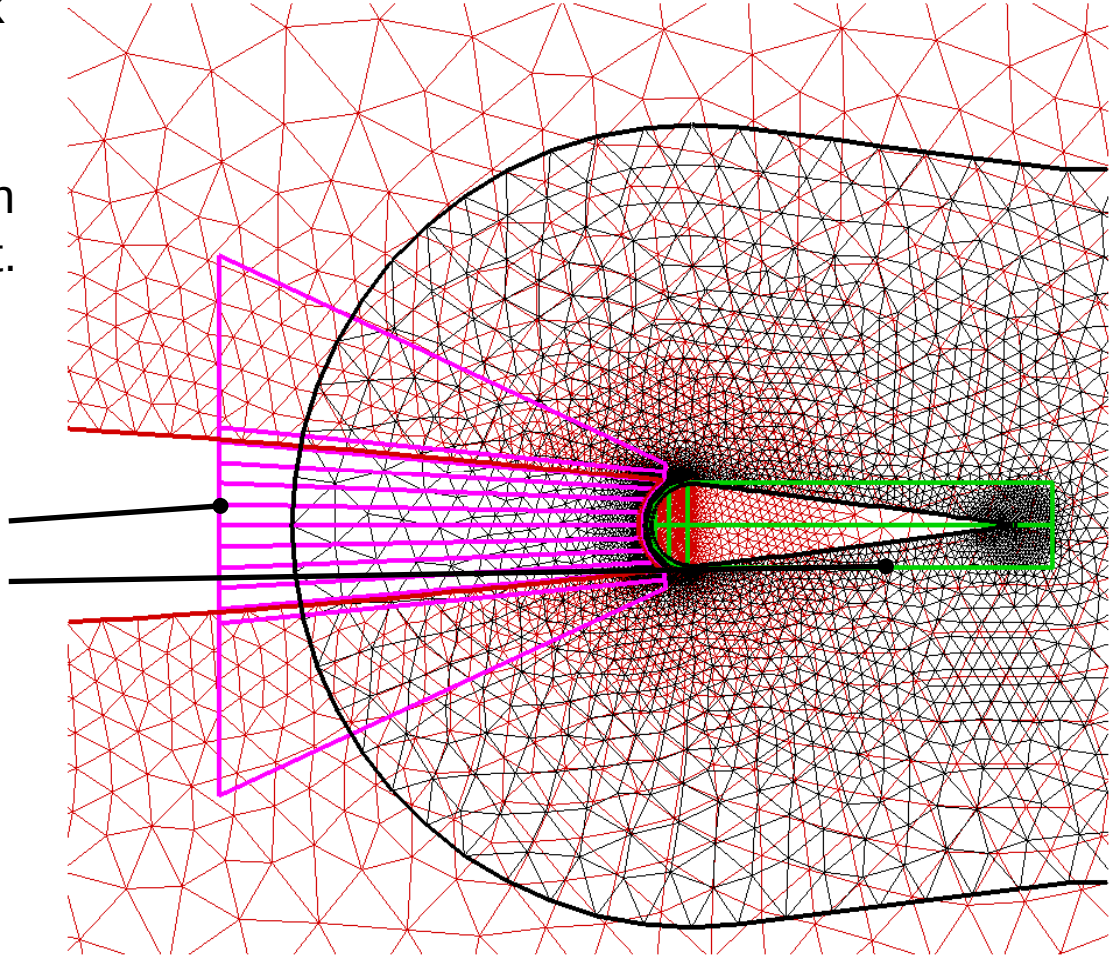
X31, “Herbst maneuver”
First flown by Wolfgang Herbst, 1993

DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Nutzung der Chimera Technik

- Anwender erstellt Komponentennetze
- Nur möglich (in TAU), wenn ein Spalt in Strömungsricht. modelliert wird
- Erfordert eine hohe Netzauflösung im Spalt
- Zusätzlich we(u)rden Lochdefinitionsgeometrien benötigt*

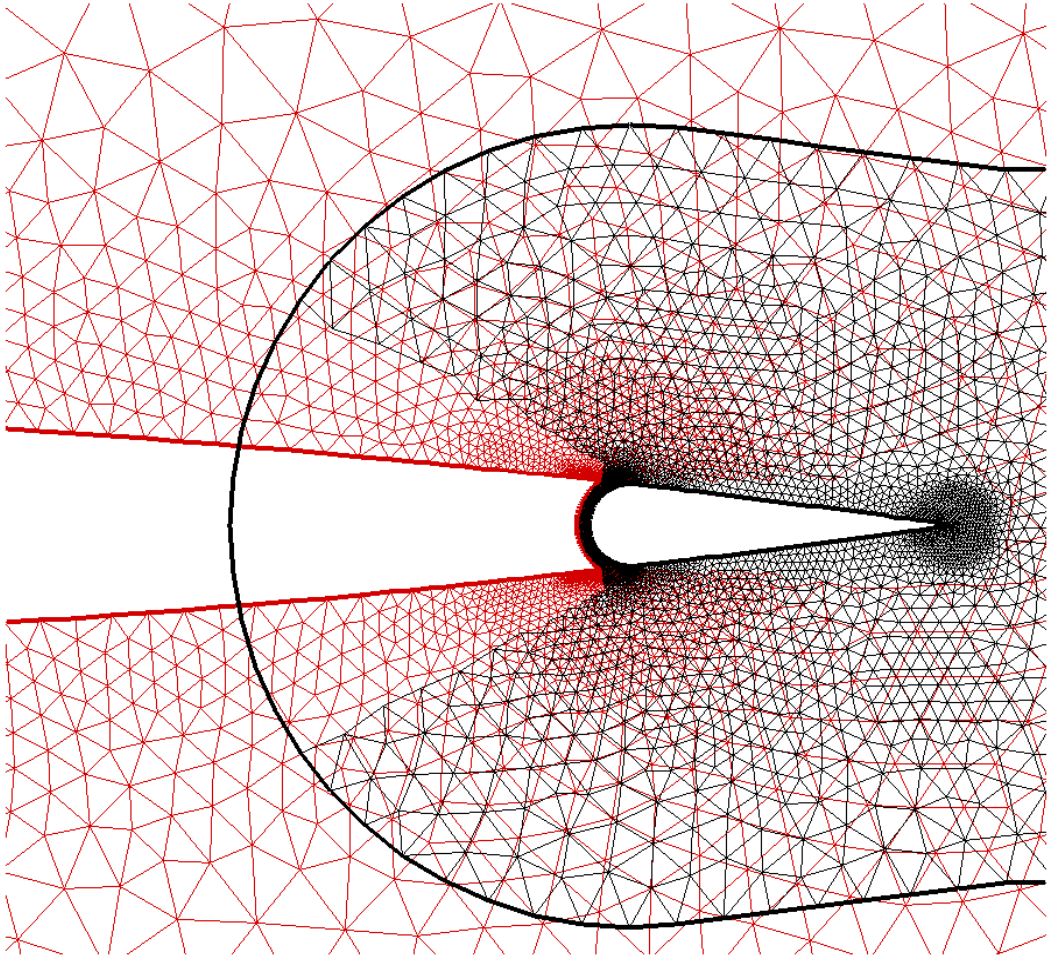


*) Inzwischen ist ein „automatic hole cutting“ in TAU verfügbar

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Nutzung der Chimera Technik

- Anwender erstellt Komponentennetze
- Nur möglich (in TAU), wenn ein Spalt in Strömungsricht. modelliert wird
- Erfordert eine hohe Netzauflösung im Spalt
- Zusätzlich we(u)rden Lochdefinitionsgeometrien benötigt*
- Nicht konservativ
- Nicht besonders Anwenderfreundlich

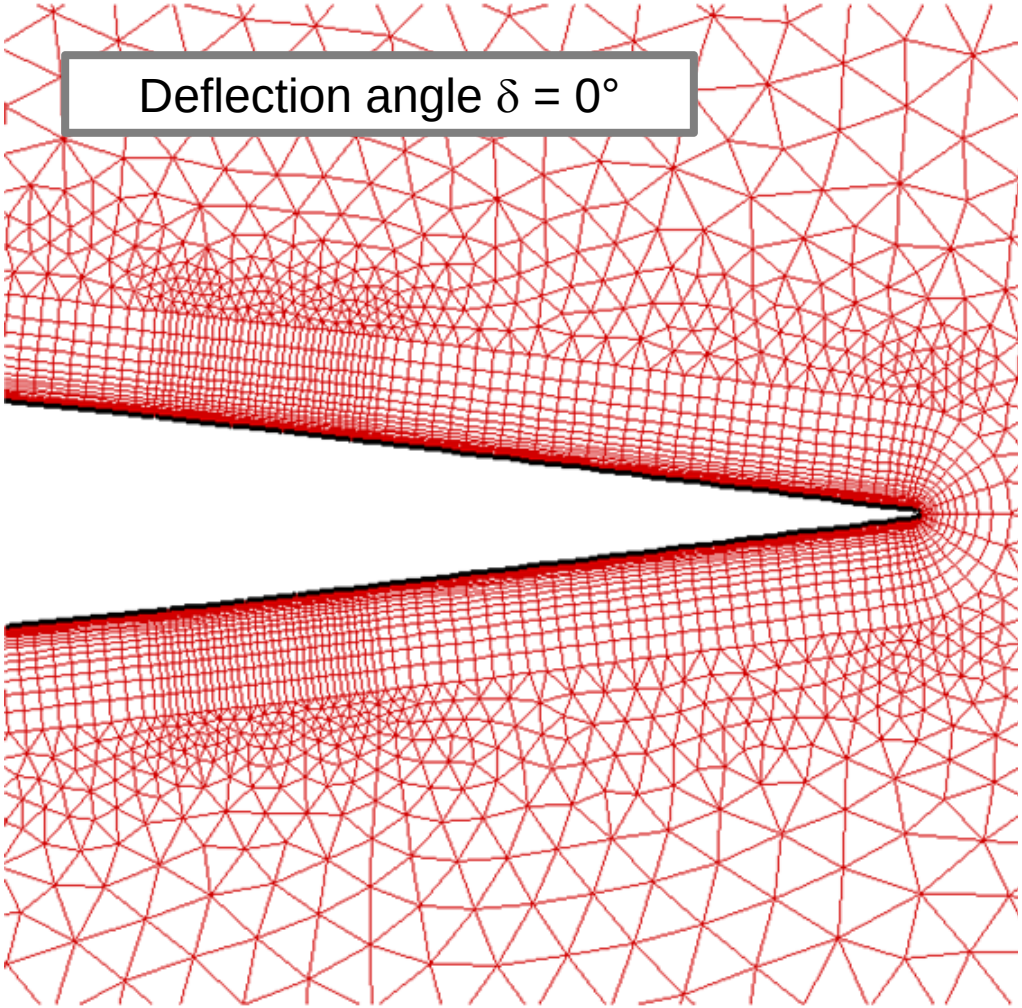


*) Inzwischen ist ein „automatic hole cutting“ in TAU verfügbar

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

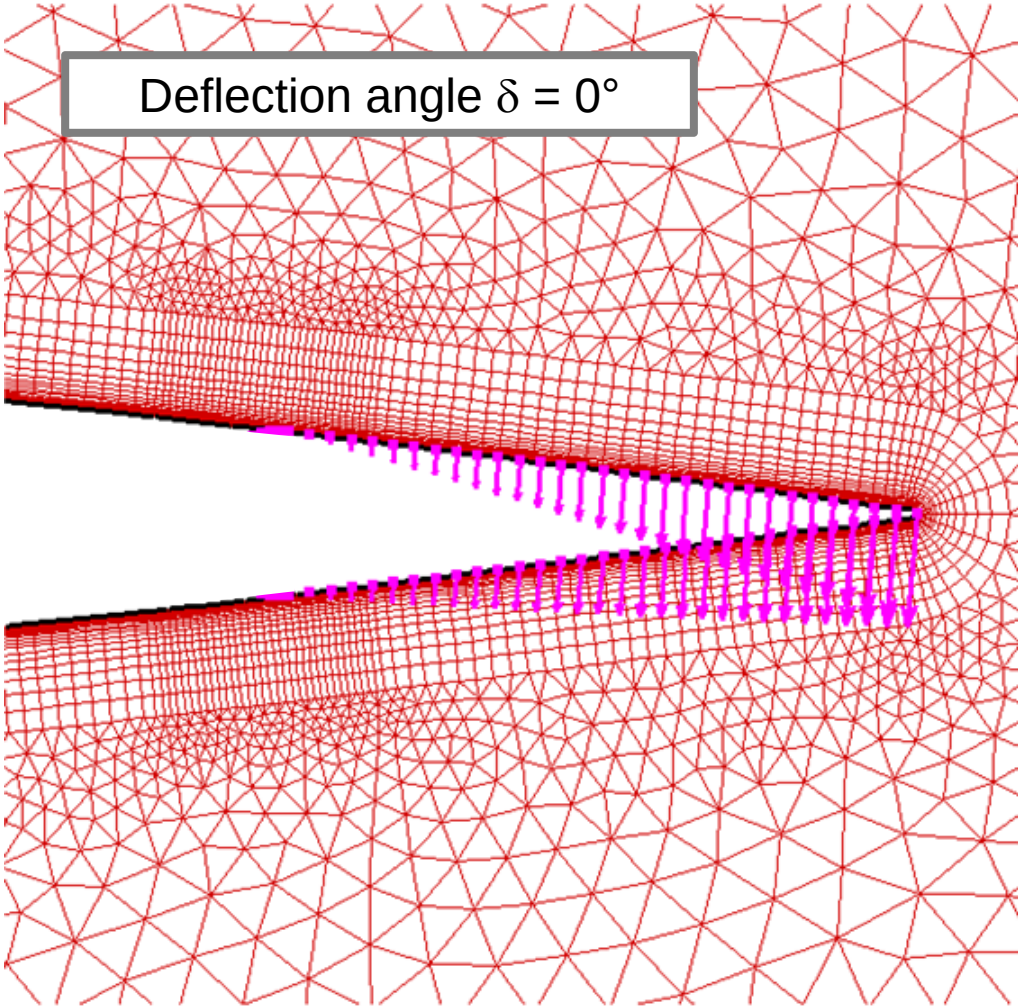
- Es wird kein Spalt in Strömungsrichtung benötigt
- Sehr effizient
- Konservativ



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

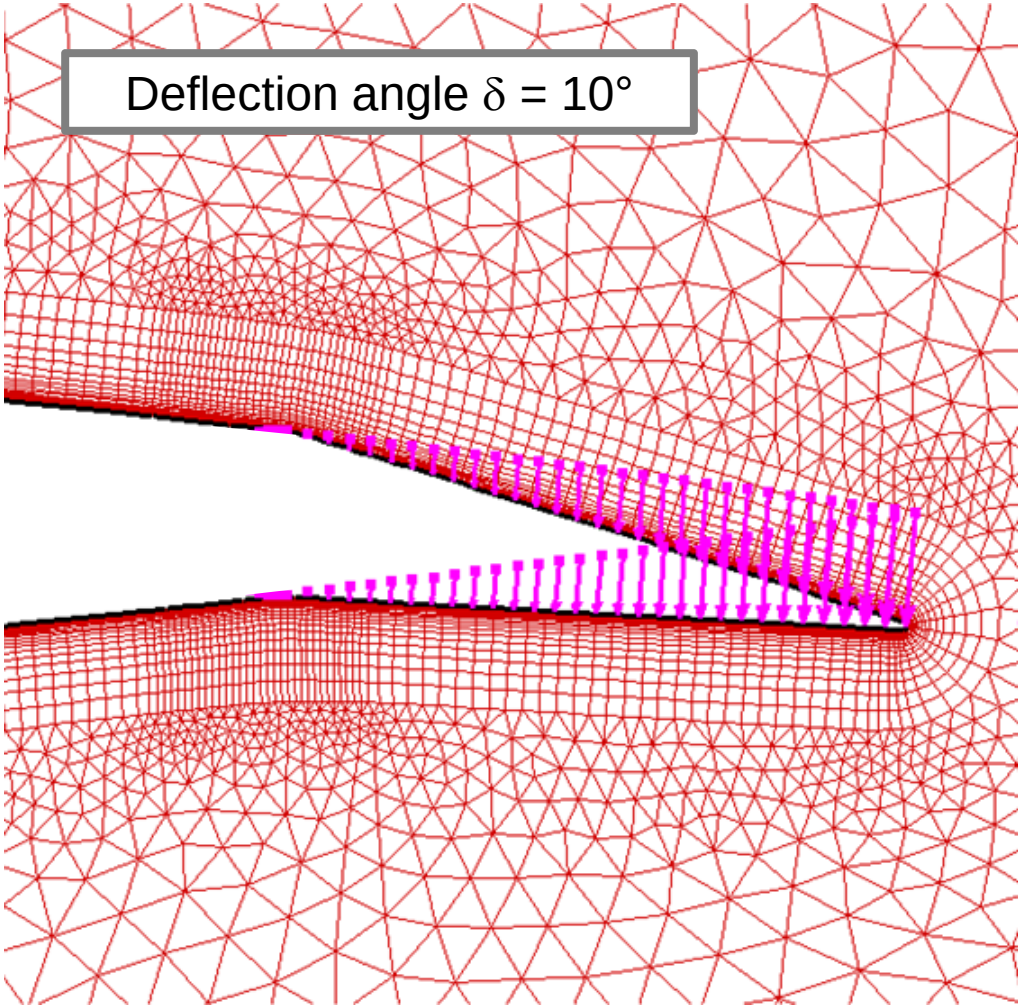
- Es wird kein Spalt in Strömungsrichtung benötigt
- Sehr effizient
- Konservativ
- Der Nutzer muss Verschiebungsfeld zur Verfügung stellen
  - Implementierung einer vereinfachten Methode
  - Implementierung einer Methode nach McDaniel



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

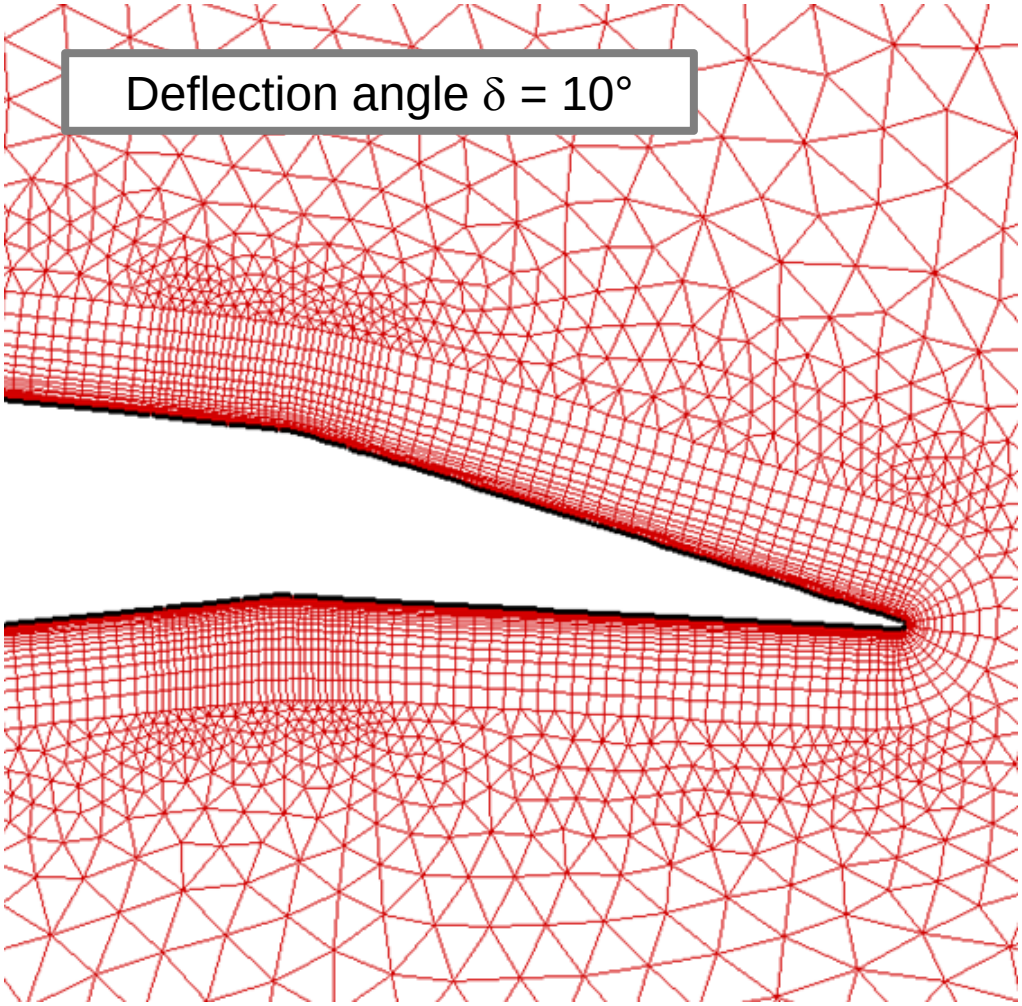
- Es wird kein Spalt in Strömungsrichtung benötigt
- Sehr effizient
- Konservativ
- Der Nutzer muss Verschiebungsfeld zur Verfügung stellen
  - Implementierung einer vereinfachten Methode
  - Implementierung einer Methode nach McDaniel



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

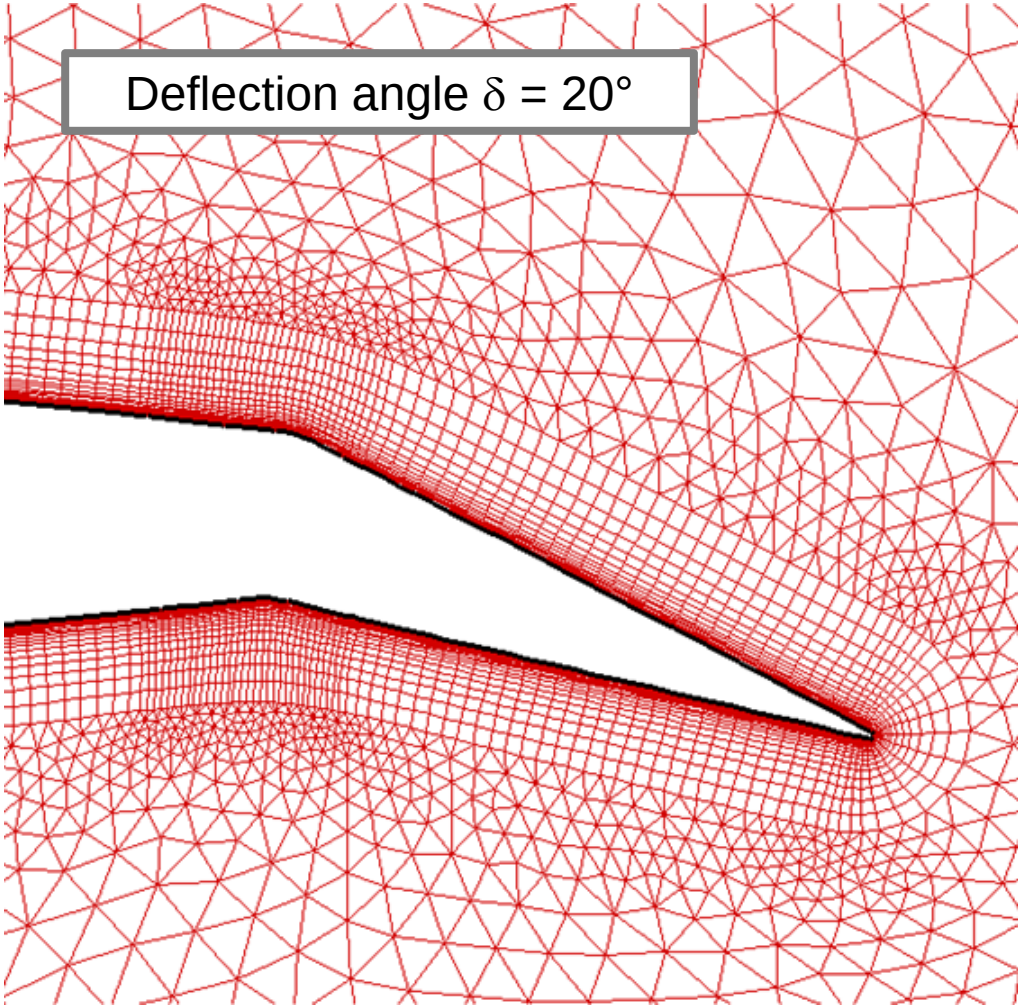
- Es wird kein Spalt in Strömungsrichtung benötigt
- Sehr effizient
- Konservativ
- Der Nutzer muss Verschiebungsfeld zur Verfügung stellen
  - Implementierung einer vereinfachten Methode
  - Implementierung einer Methode nach McDaniel



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

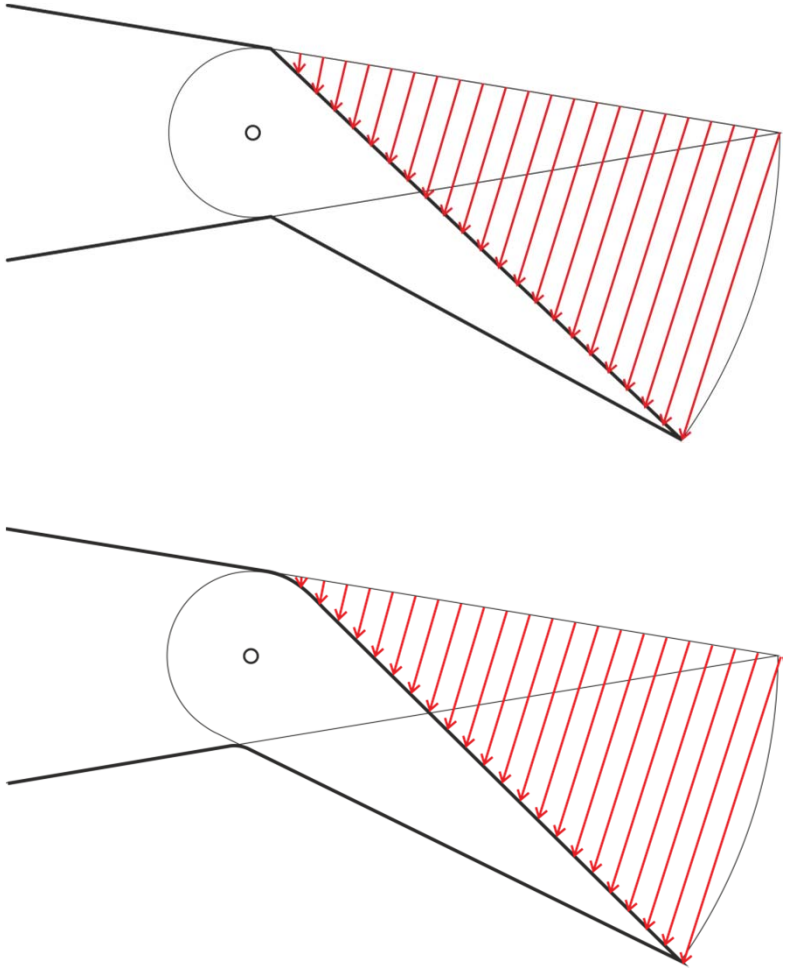
- Es wird kein Spalt in Strömungsrichtung benötigt
- Sehr effizient
- Konservativ
- Der Nutzer muss Verschiebungsfeld zur Verfügung stellen
  - Implementierung einer vereinfachten Methode
  - Implementierung einer Methode nach McDaniel



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

- Es wird kein Spalt in Strömungsrichtung benötigt
- Sehr effizient
- Konservativ
- Der Nutzer muss Verschiebungsfeld zur Verfügung stellen
  - Implementierung einer vereinfachten Methode
  - Implementierung einer Methode nach McDaniel*

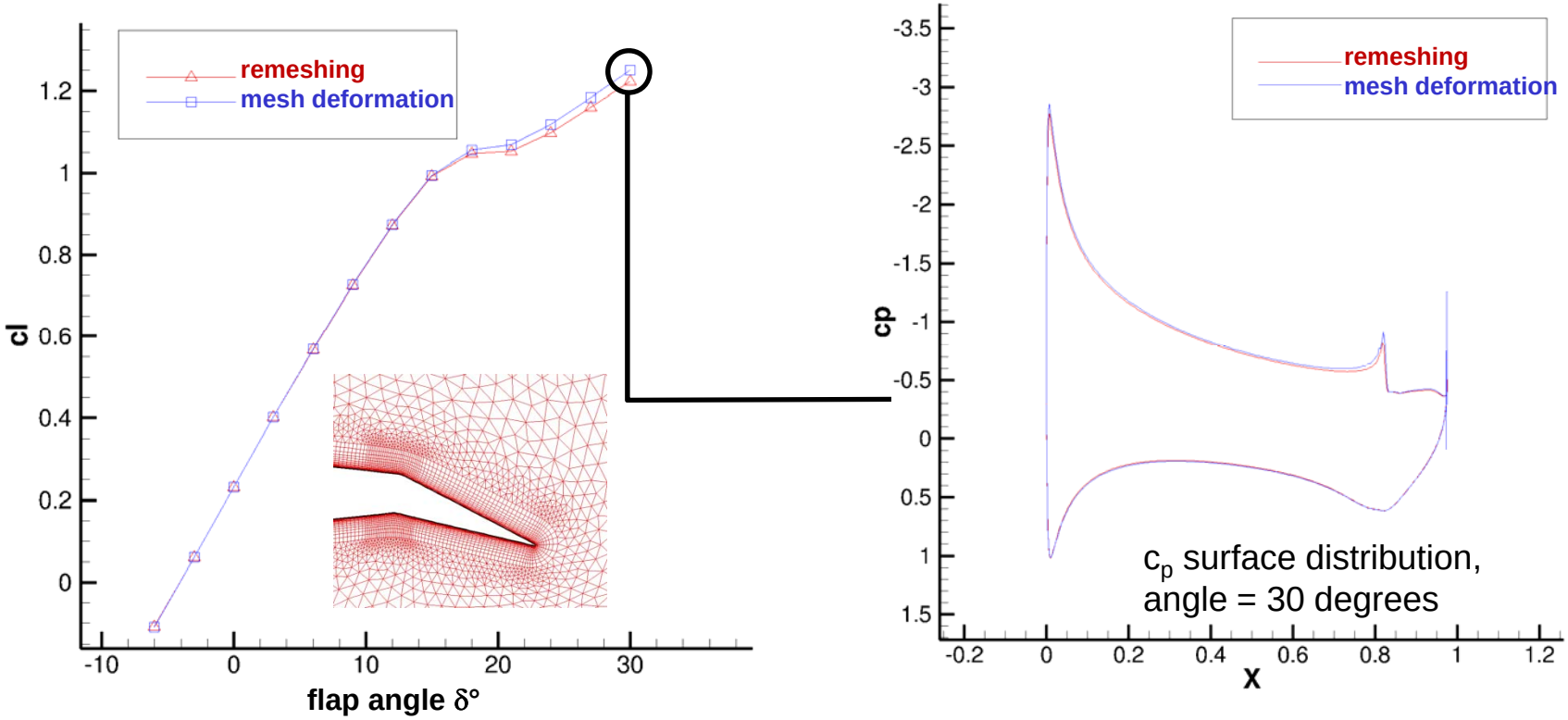


*) McDaniel, AIAA-2011-1175

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

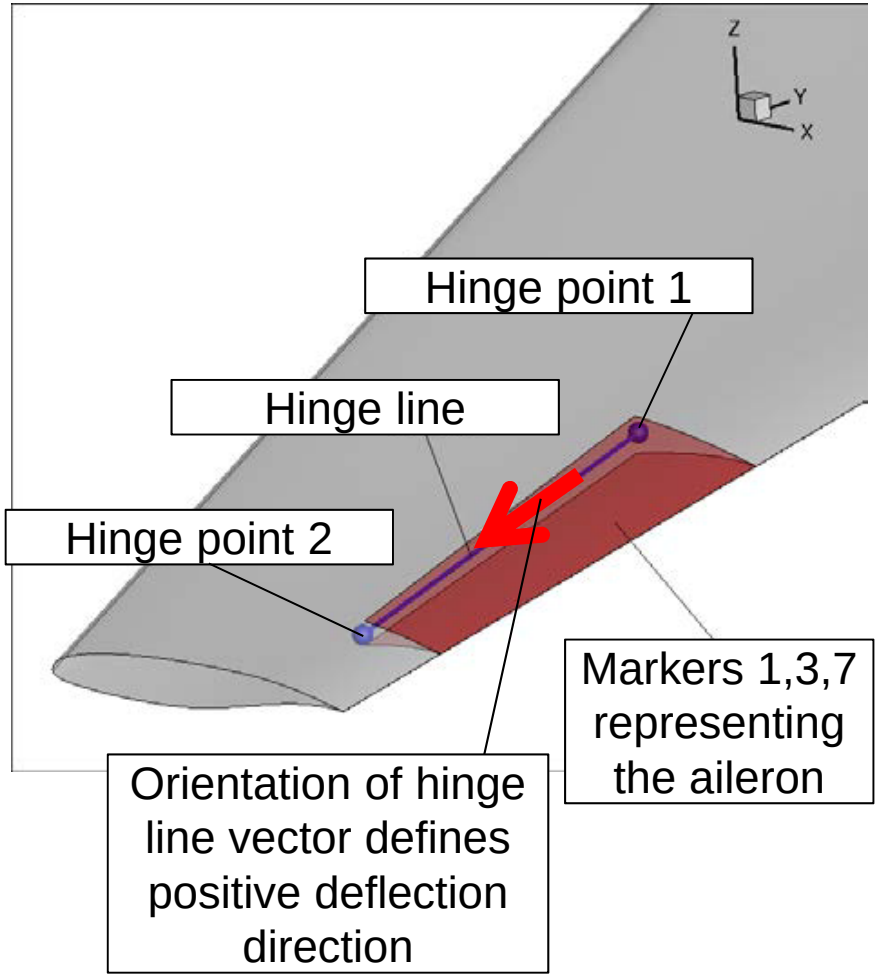
- Verifikation: Vergleich von Resultaten auf neu generiertem Netz und deformiertem Netz
- Geometry: NACA0012, Ma = 0.3, AoA = 2.0°, Re = 10 x $10^6$



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

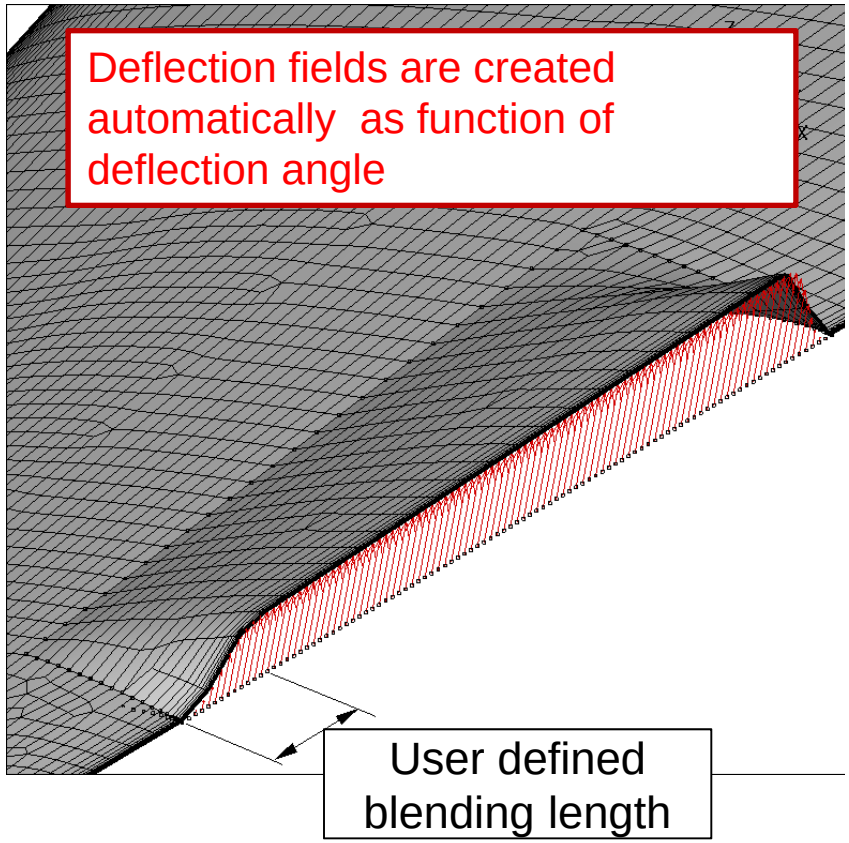
- Methode lässt sich auch gut im 3D anwenden!



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

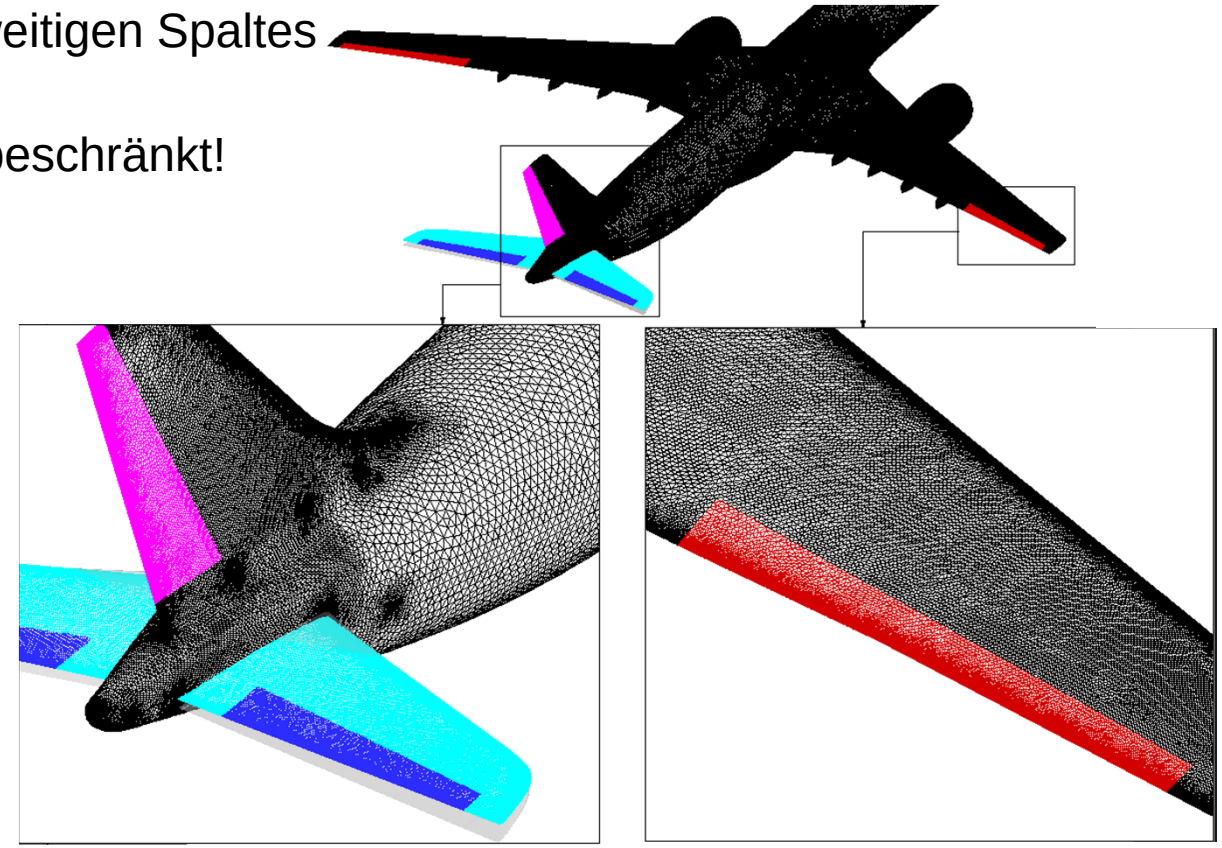
- Methode lässt sich auch gut im 3D anwenden!
- Nachteil
  - Effekt des spannweitigen Spaltes wird nicht erfasst
  - Ausschlagwinkel beschränkt!



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

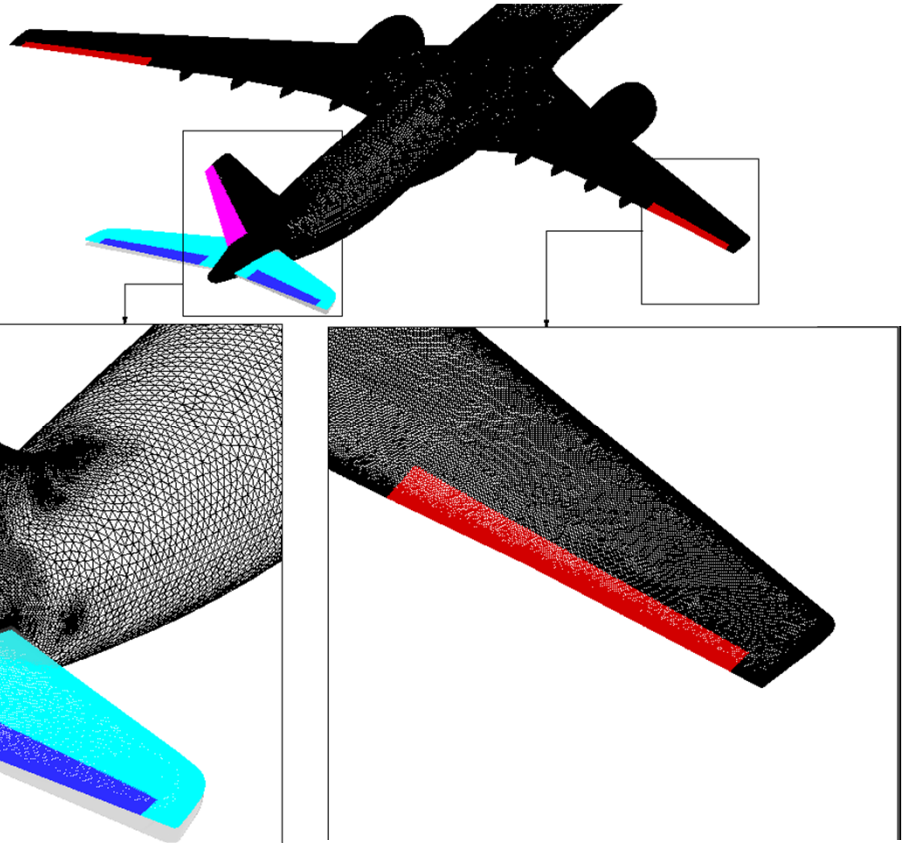
- Methode lässt sich auch gut im 3D anwenden!
- Nachteil
  - Effekt des spannweitigen Spaltes wird nicht erfasst
  - Ausschlagwinkel beschränkt!
  - Starres A.C.



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung der Netzdeformation

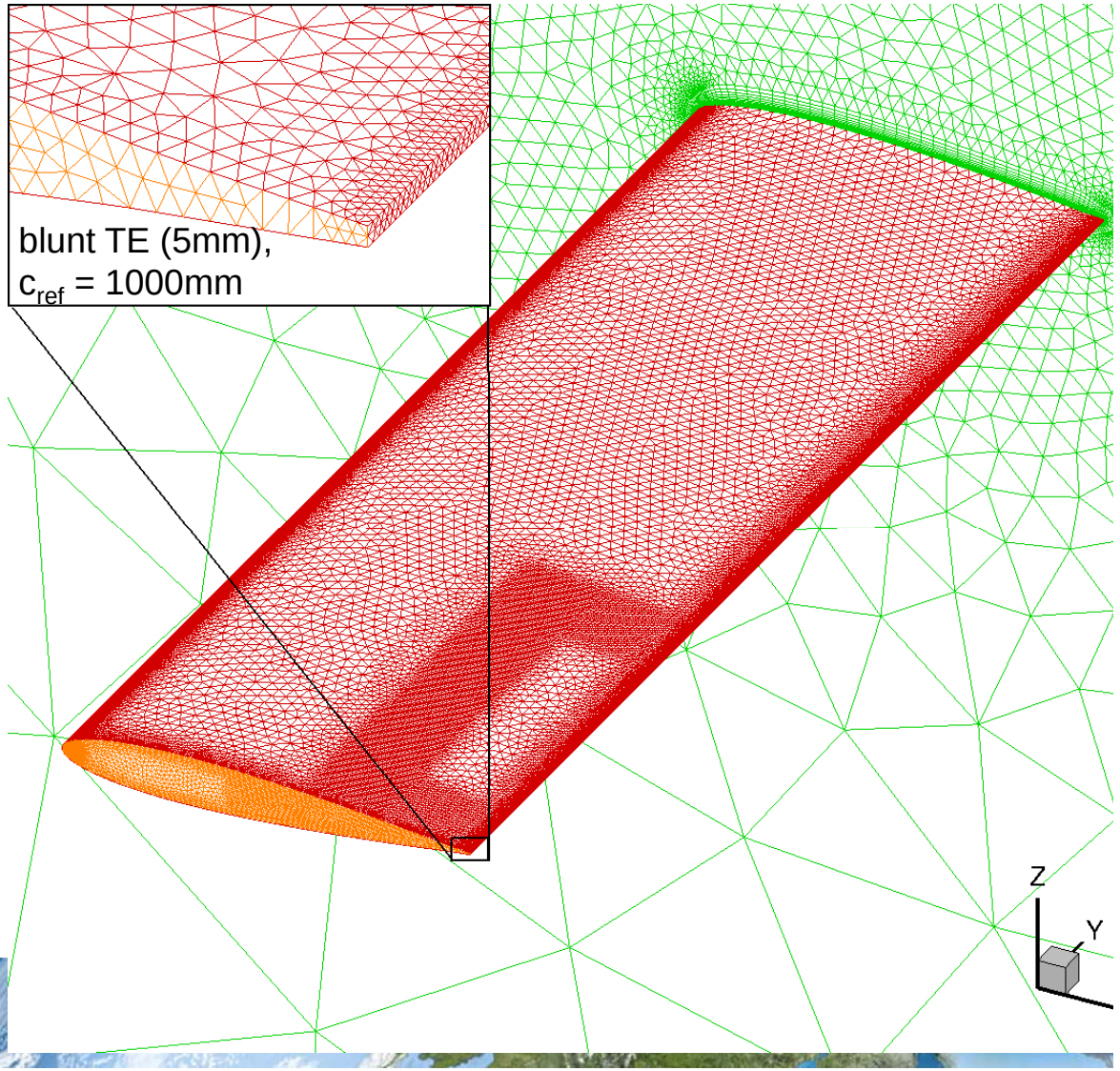
- Methode lässt sich auch gut im 3D anwenden!
- Nachteil
  - Effekt des spannweitigen Spaltes wird nicht erfasst
  - Ausschlagwinkel beschränkt!
  - Elastisches A.C.



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder

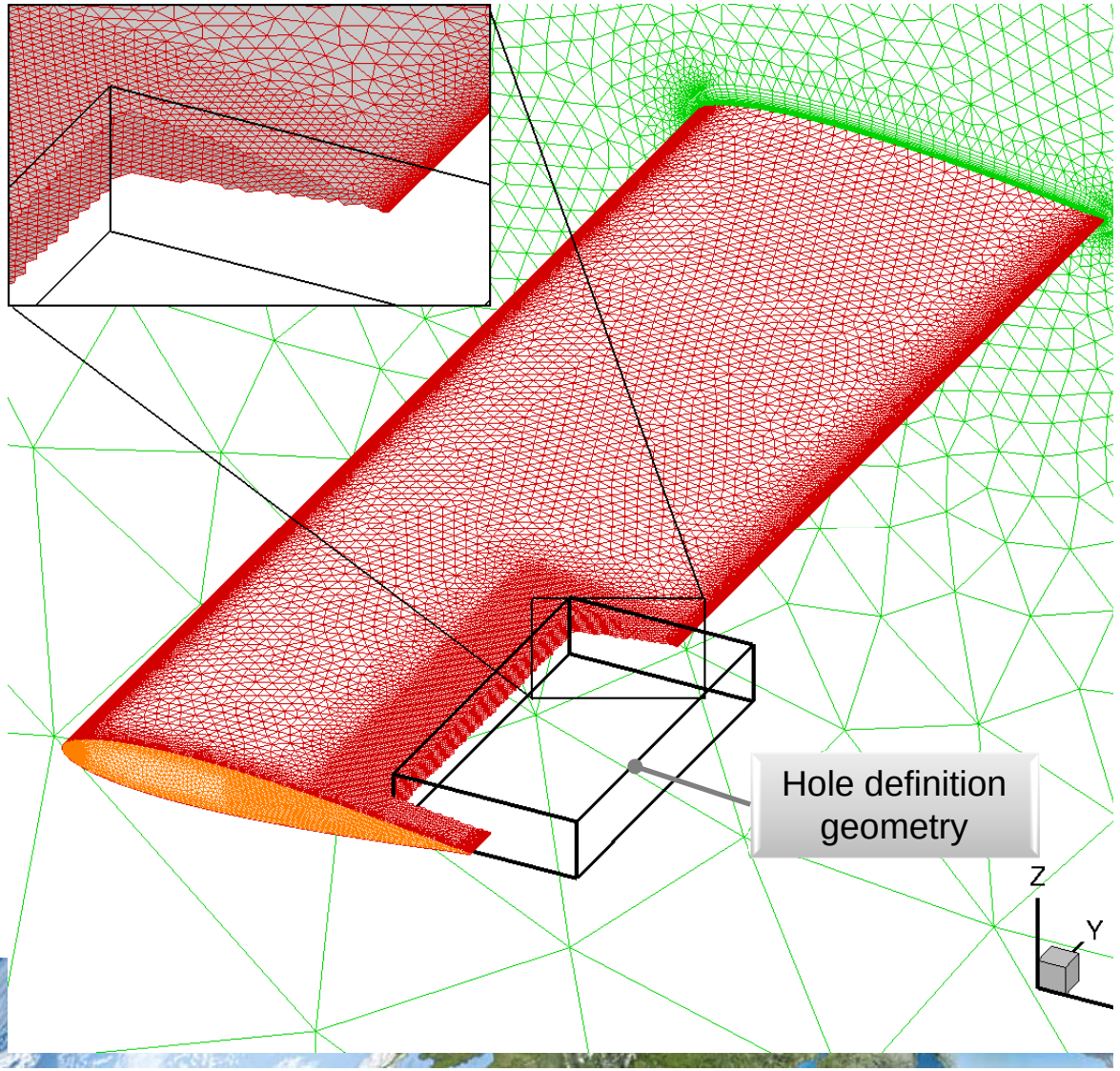



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder

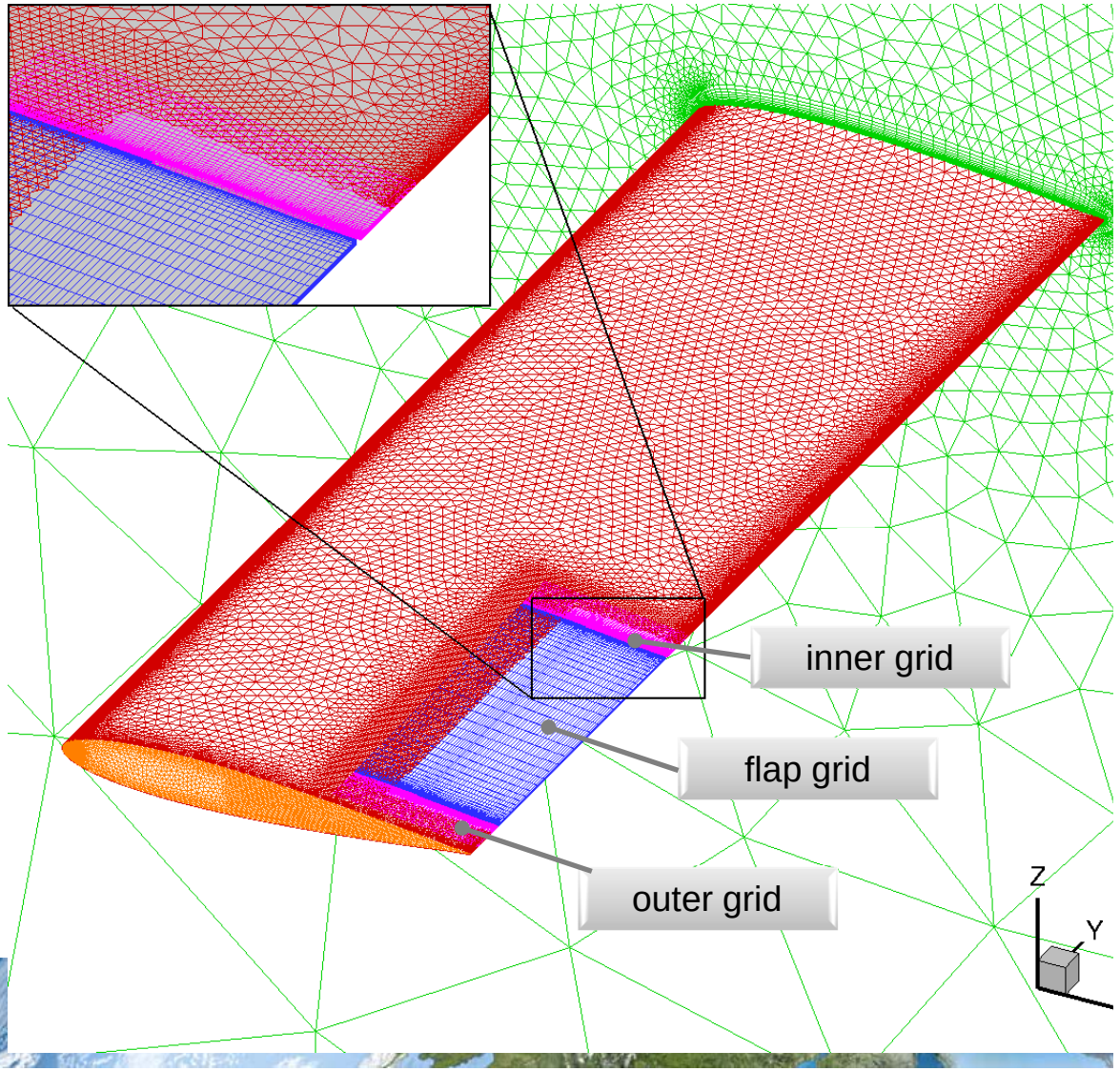



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder

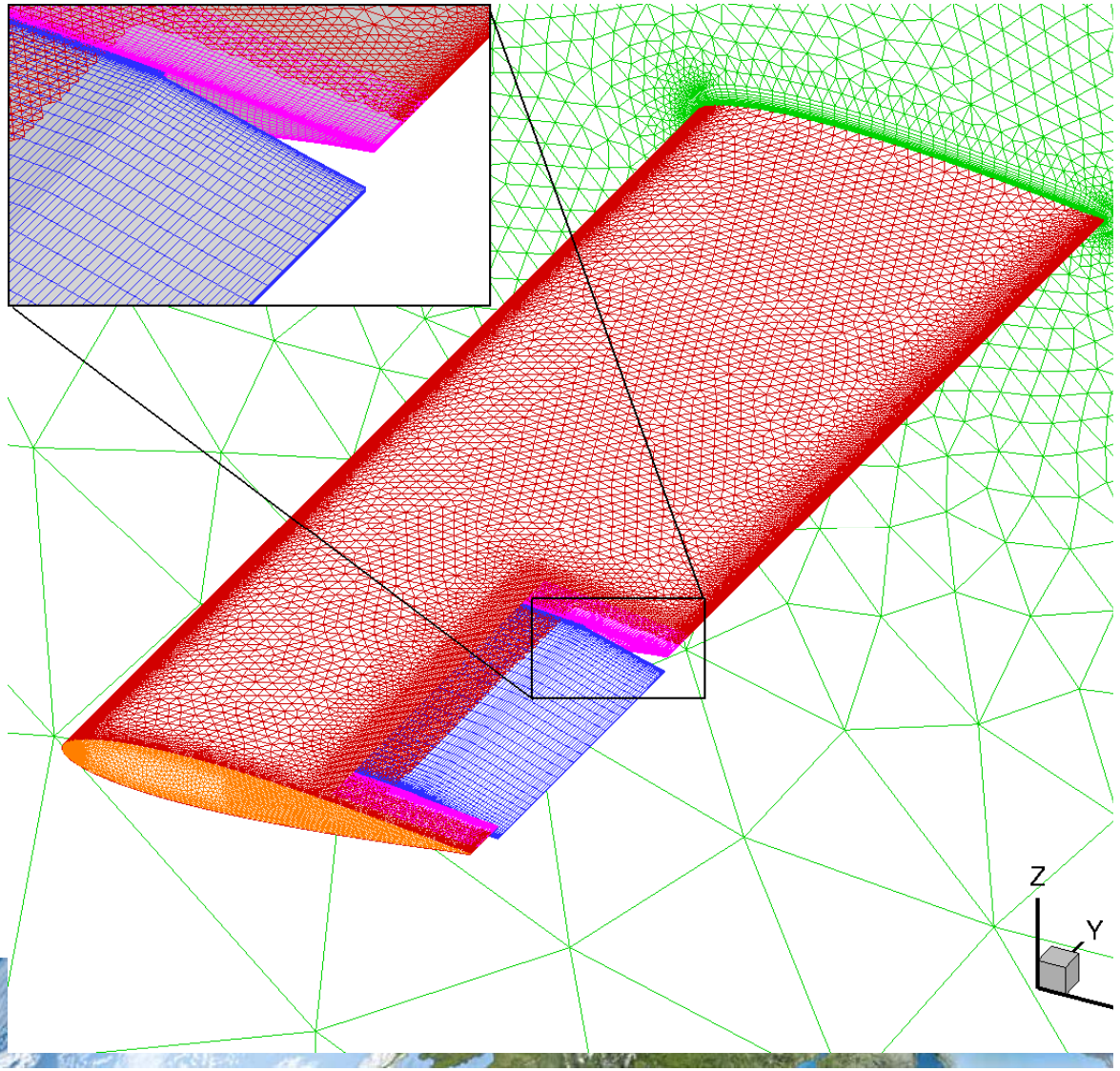



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder

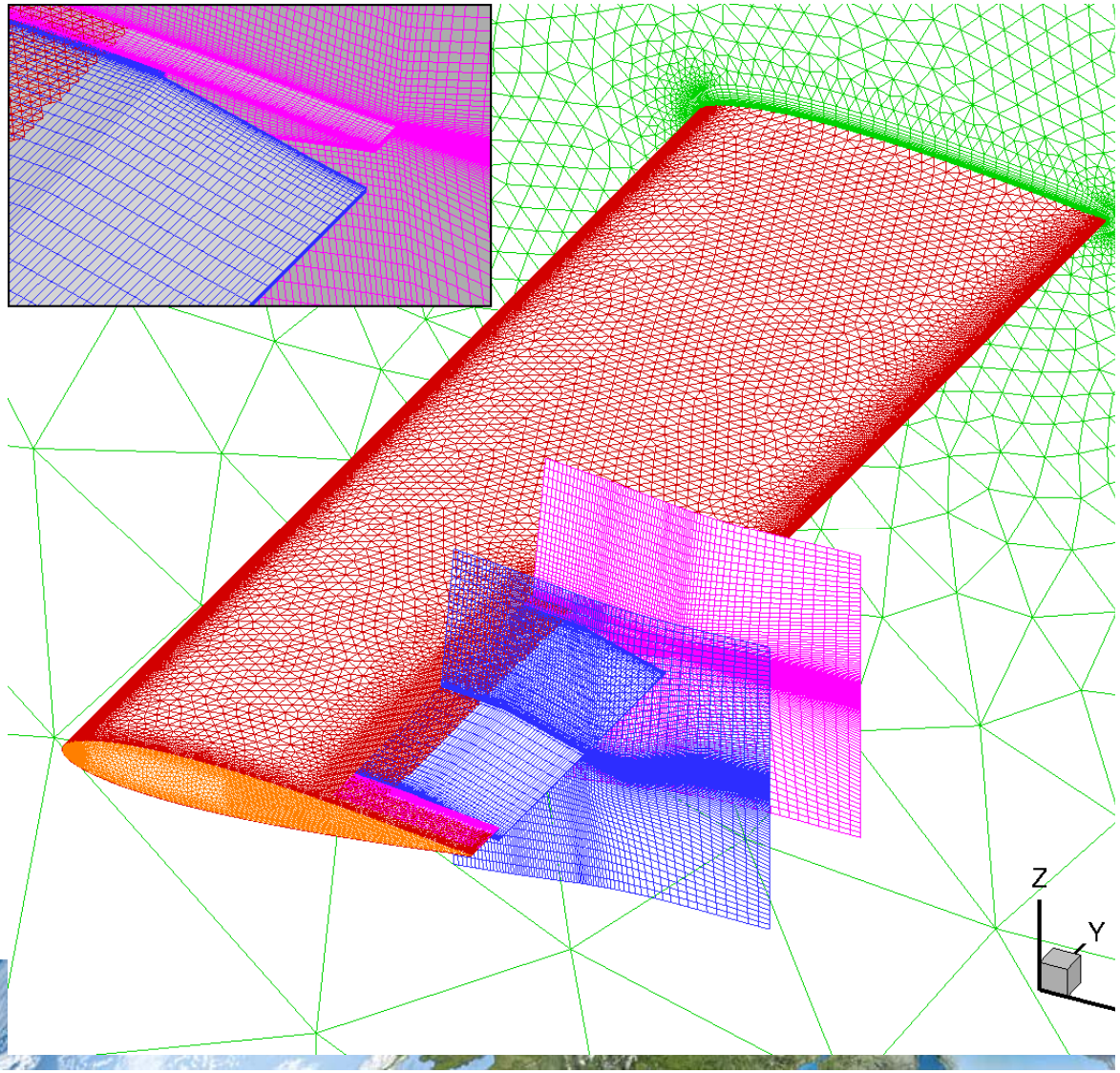



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder

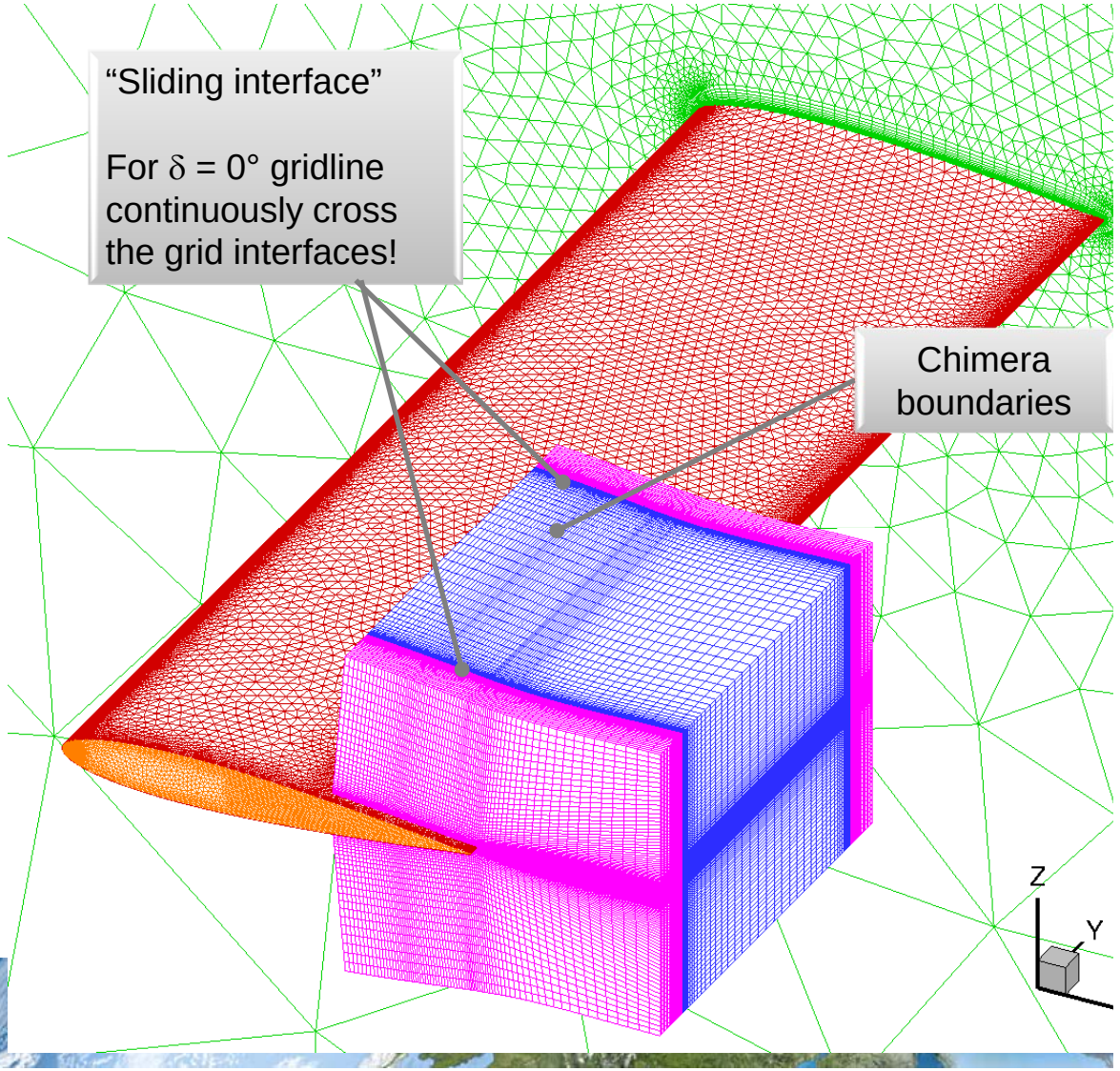



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder

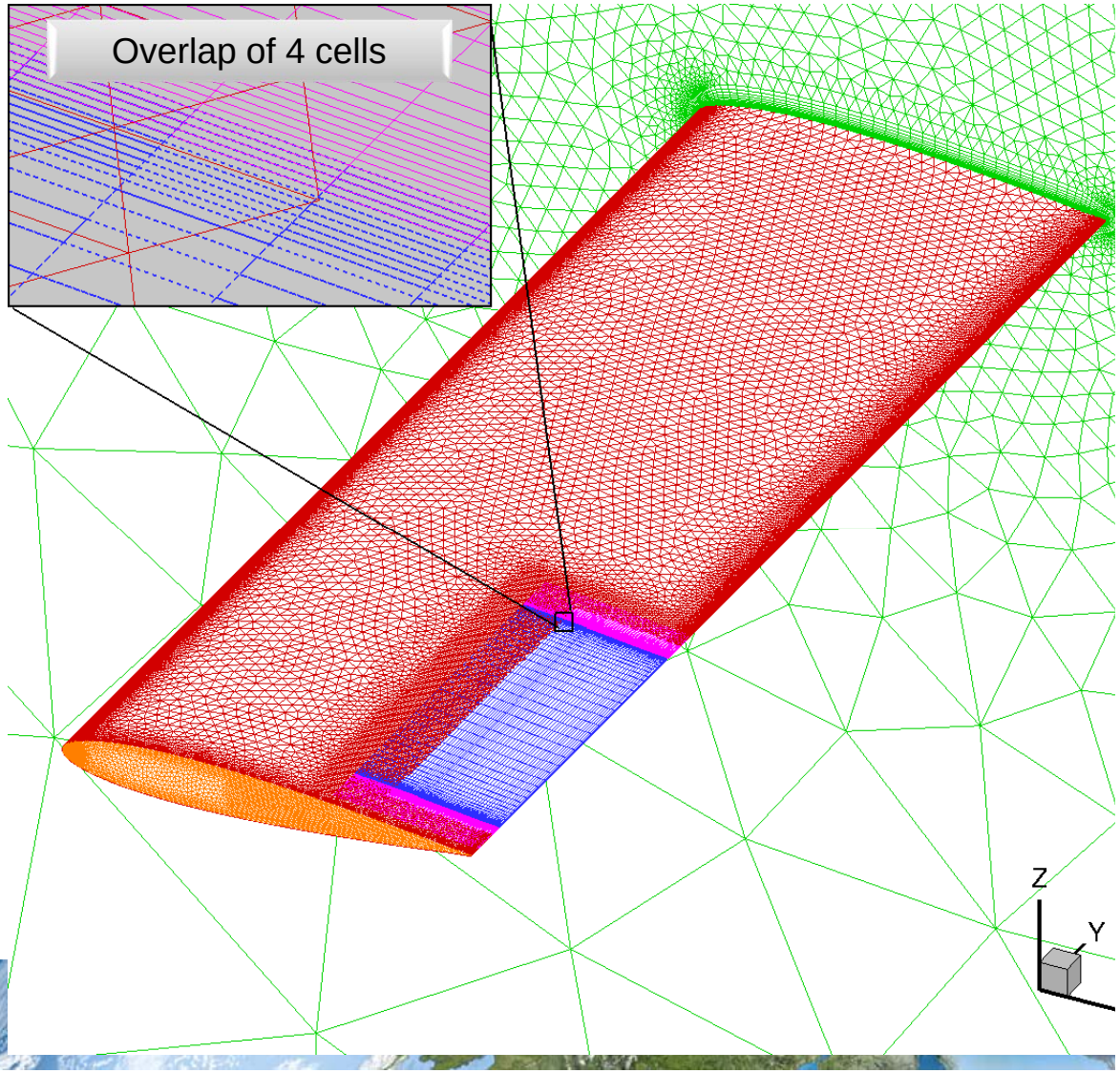



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: NACA0012 Flügel mit Querruder
- Erzeugung einer Überlappung mittels Extrusion
  - Standard Chimera kann genutzt werden!

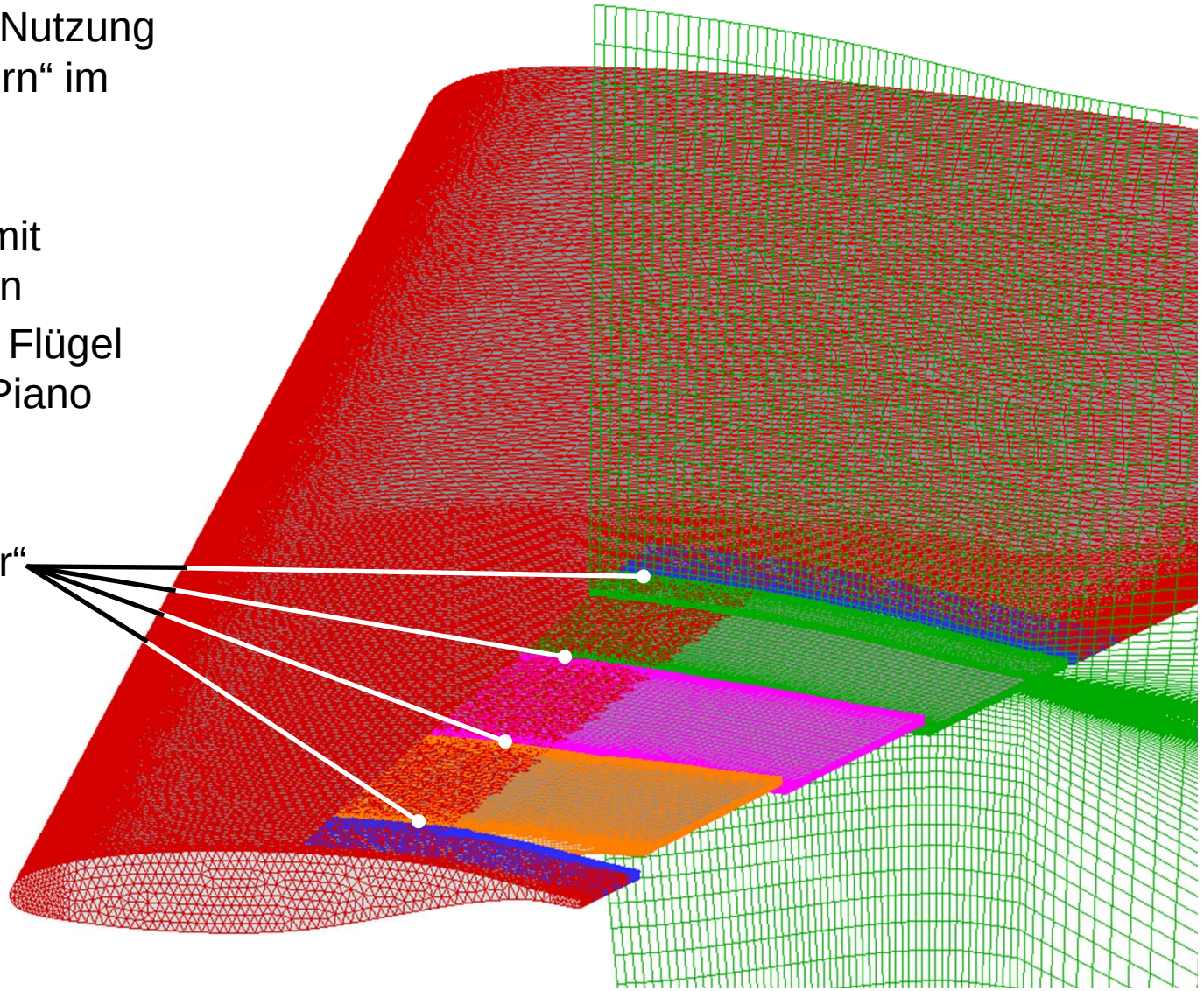



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: LANN Flügel mit Querruder Piano

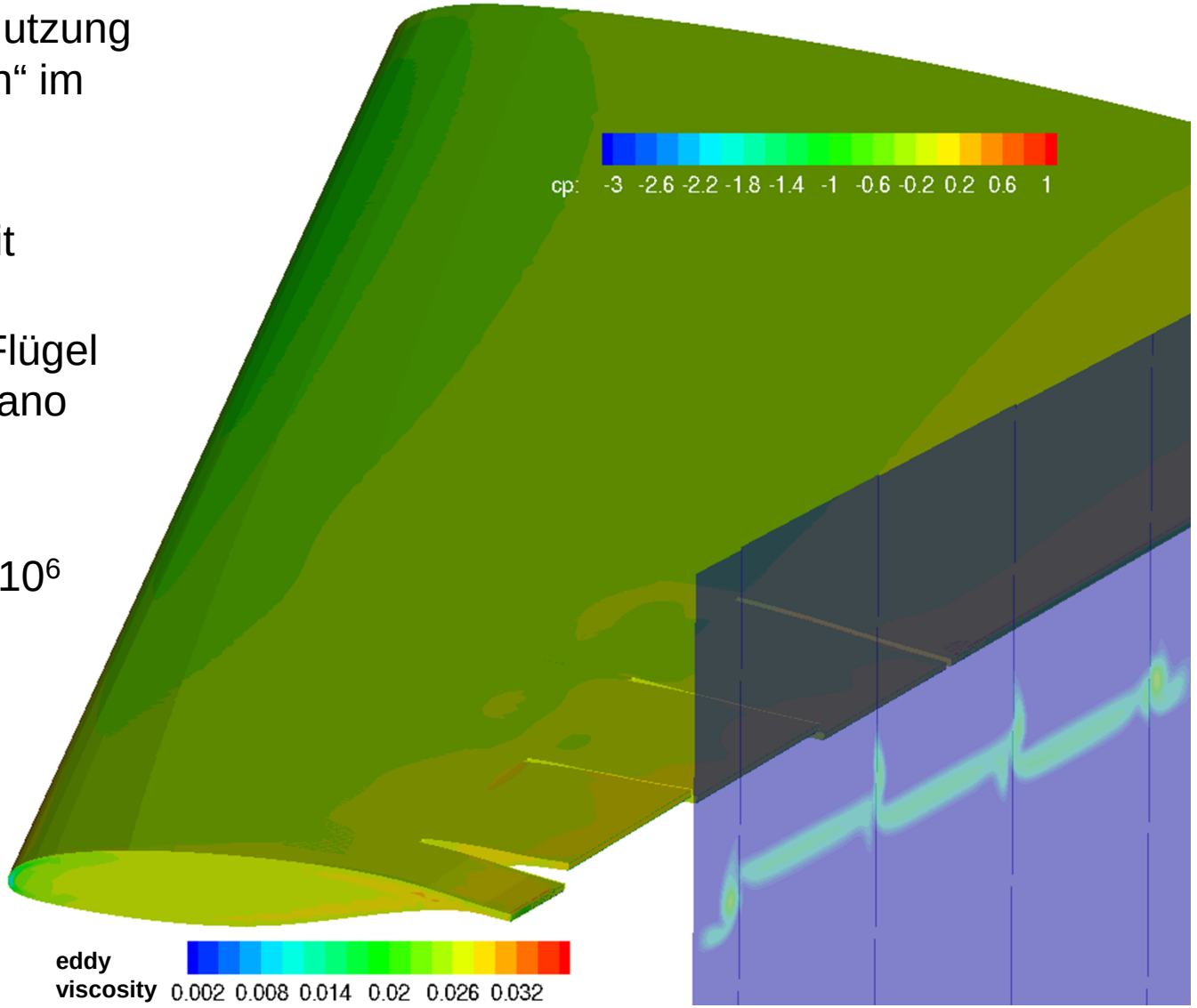



DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Verbesserung: Nutzung der Netzdeformation und Chimera

- Verbesserung: Nutzung von „Gleiträndern“ im Spalt
- Bewegung der Steuerflächen mit Netzdeformation
- Beispiel: LANN Flügel mit Querruder Piano
  - Ma = 0.3
  - AoA = 0.6°
  - Re = 7.17 x $10^6$




DLR

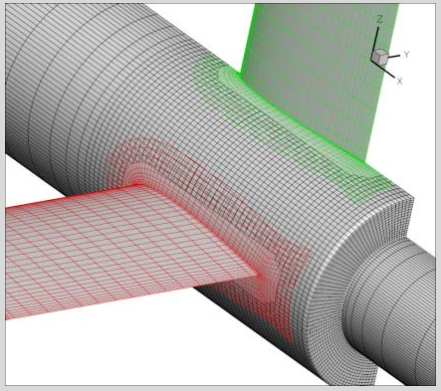
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

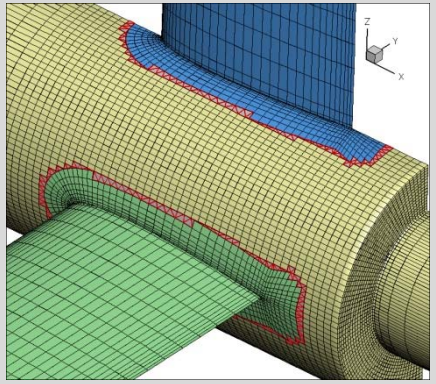
Verbesser

- Verbes
  von „G
  Spalt
- Beweg
  Steuer
  Netzde
- Beispie
  mit Qu
  - Ma
  - Ac
  - Re

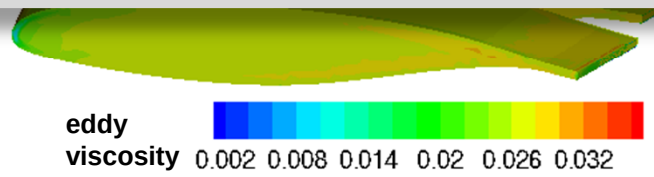
Nachteil:

- Überlappende Oberflächennetze (Kraftintegration aufwendiger und weniger robust)





- Nutzer muss sich mit zwei Gittergeneratoren auskennen (über Lizenzen verfügen)
- Um „Standard Chimera“ nutzen zu können, muss immer für eine ausreichende Überlappung gesorgt werden




DLR

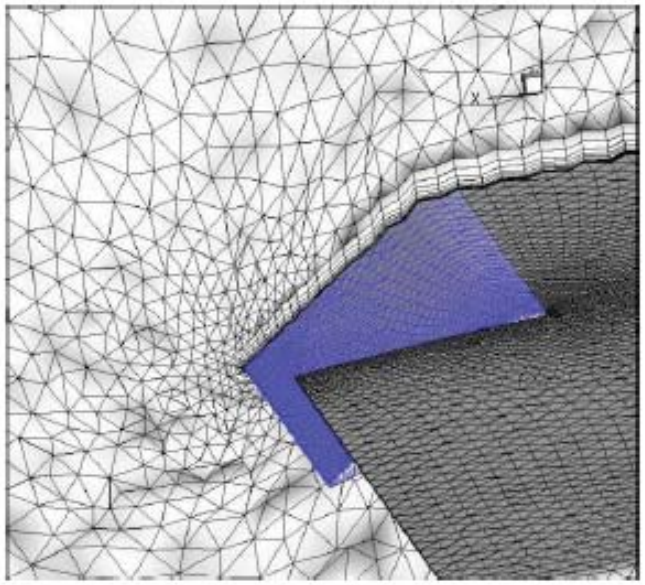
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

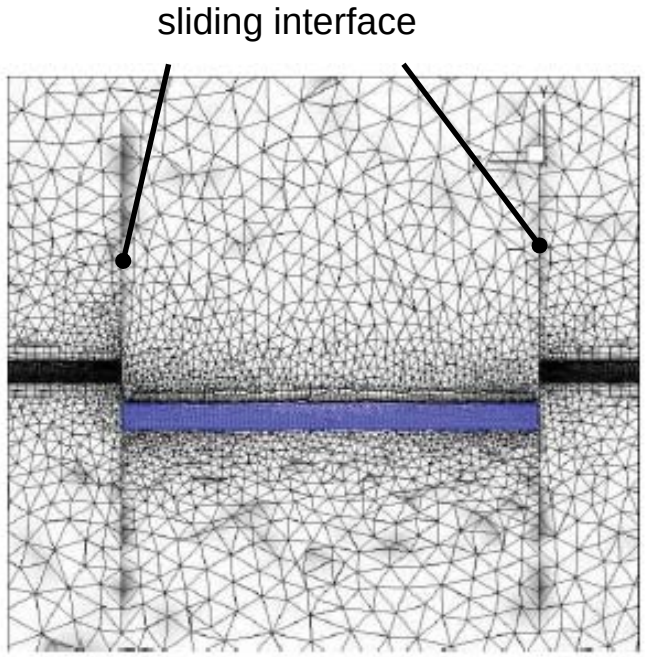
Forderung der Anwender:

- Nutzung von nur einem Gittergenerator (CENTAUR)
- Möglichst keine „Einengung“ durch notwendige Netzüberlappung

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern (KEINE Netzüberlappung)

- Implementierung einer neuen Randbedingung in TAU






McDaniel, AIAA-2011-1175

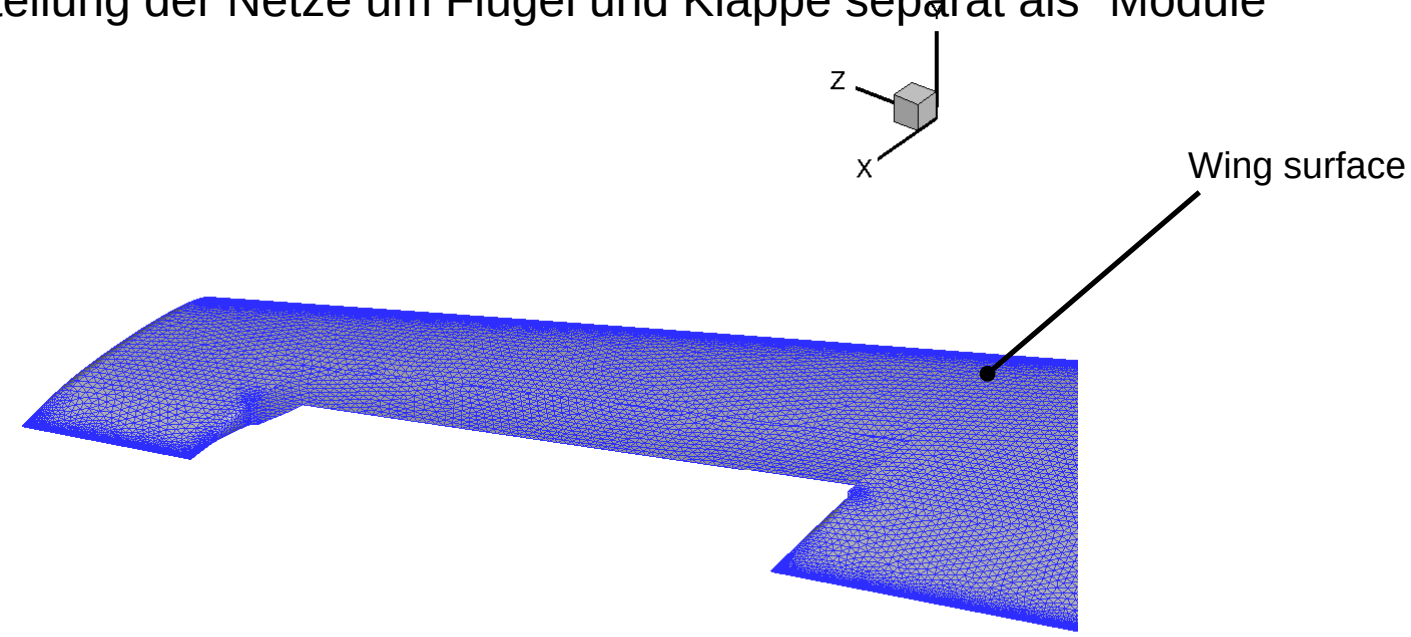
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

  - Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als “Module”



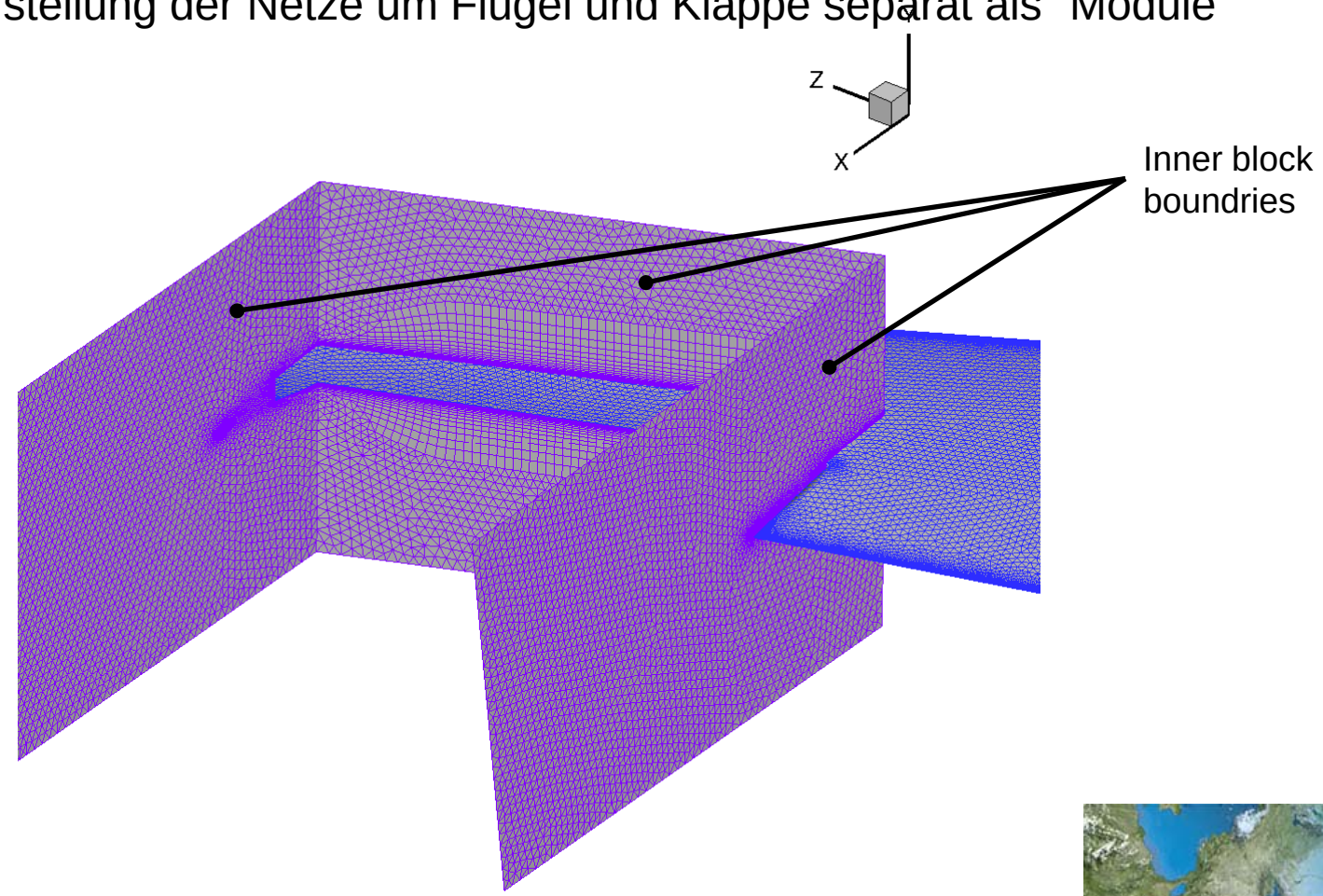
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

  - Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als “Module”




DLR

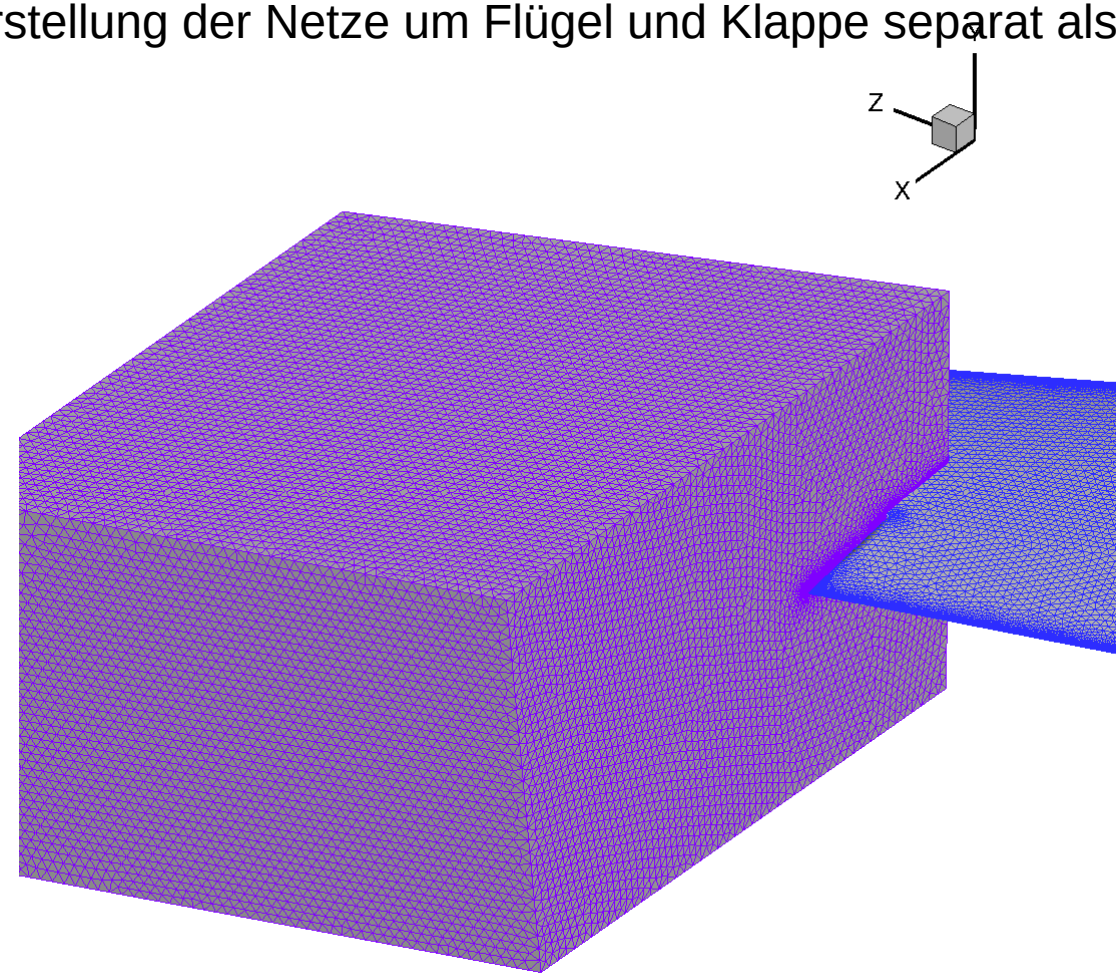
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

- Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als „Module”




DLR

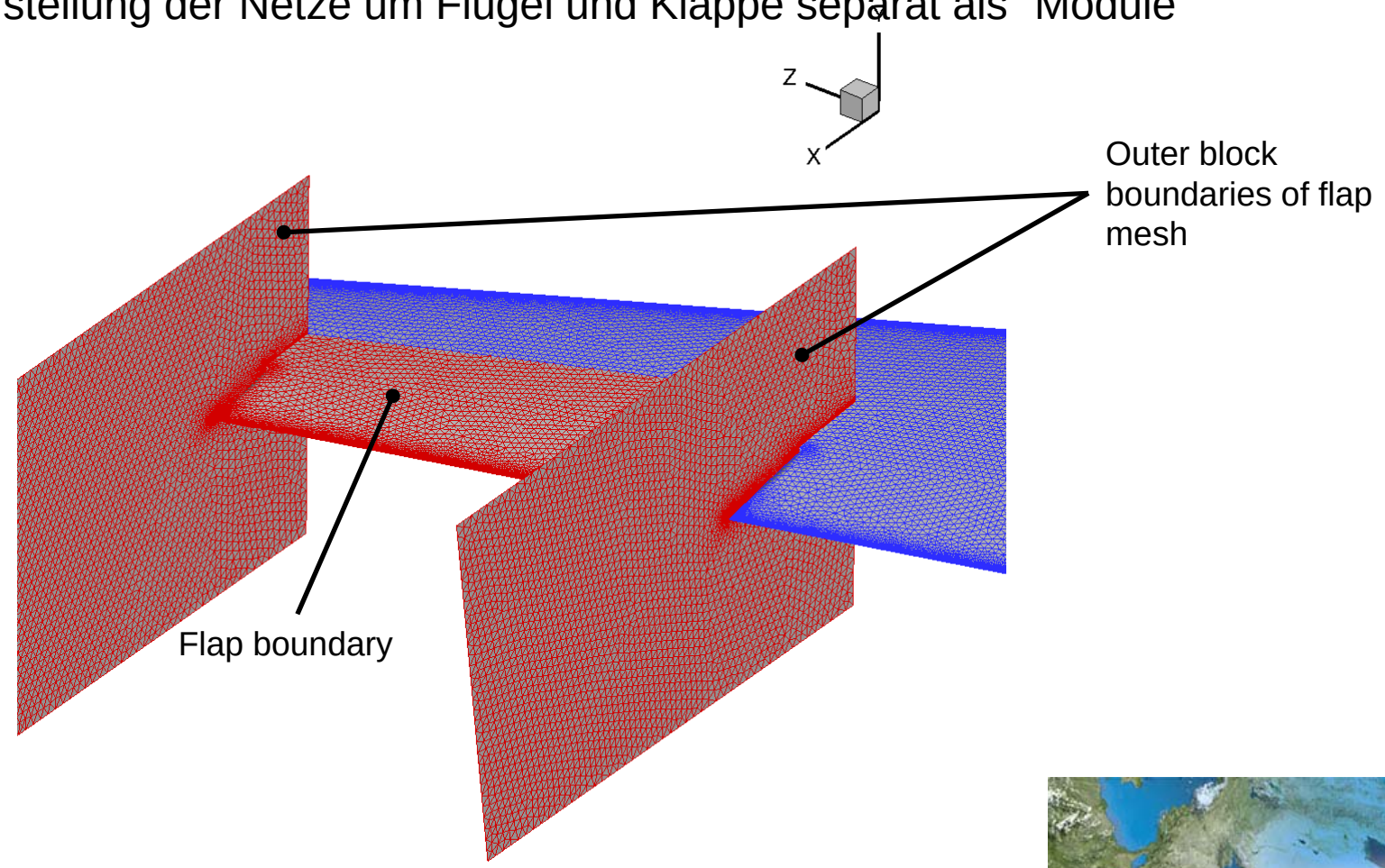
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

- Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als “Module”




DLR

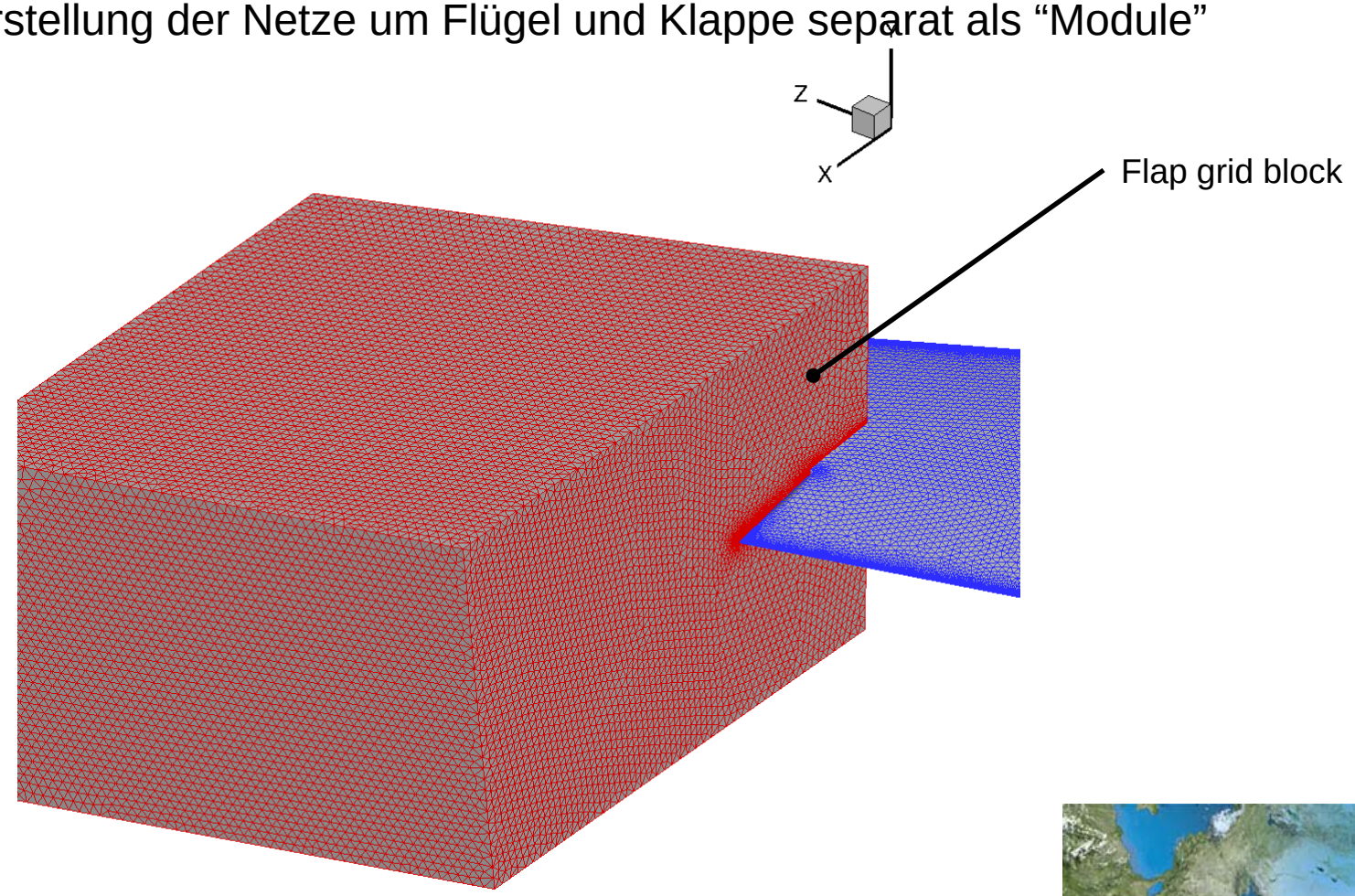
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

  - Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als “Module”



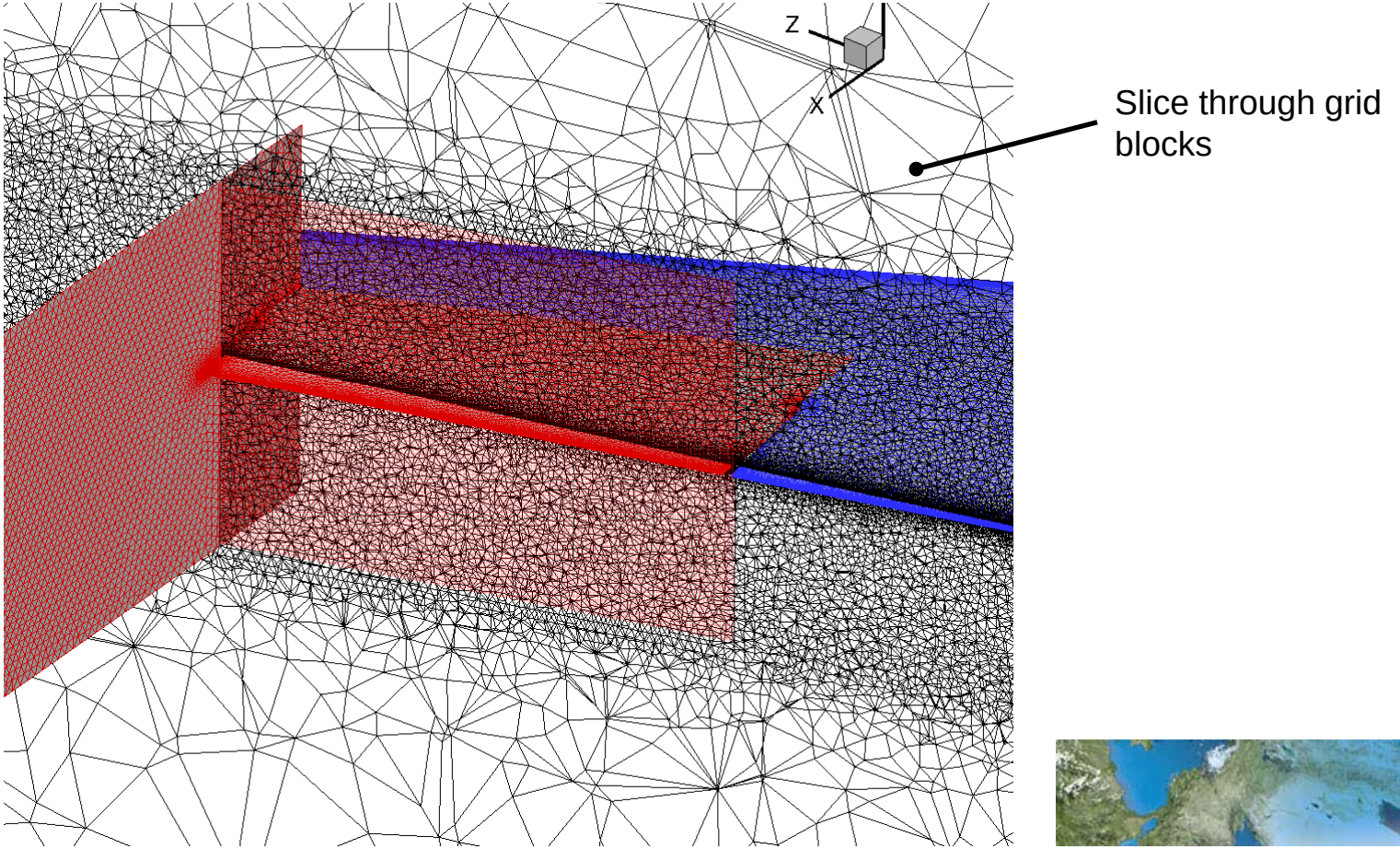
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

  - Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als “Module”



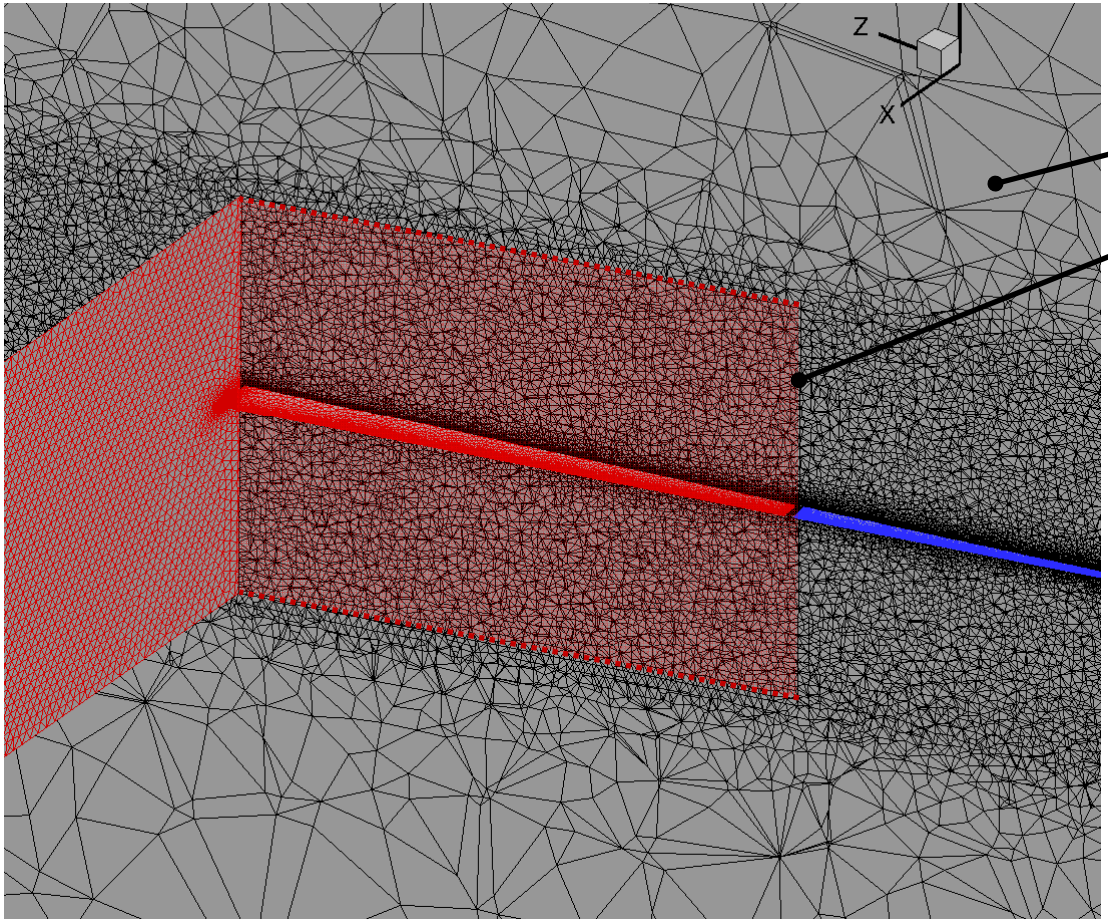
# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

- Wie kann so ein Netz mit CENTAUR generiert werden?

➢ Nutzung des “modular approach”

  - Erstellung der Netze um Flügel und Klappe separat als “Module”

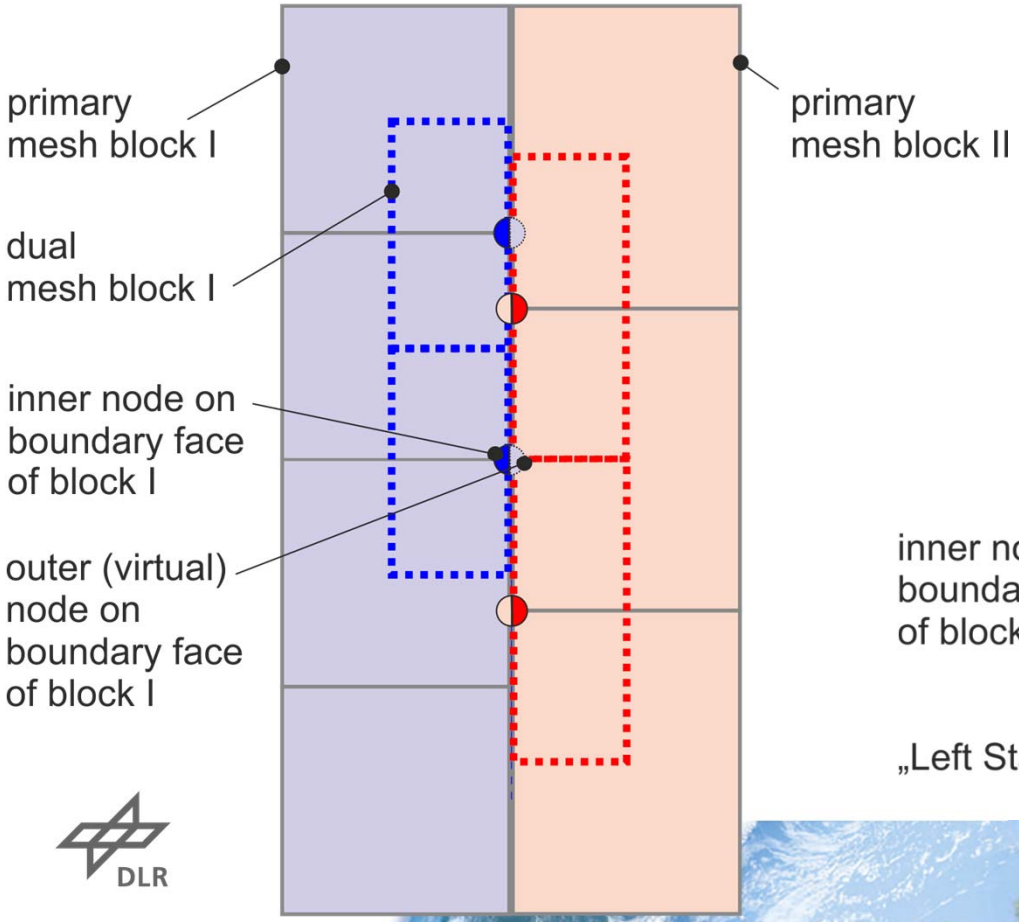


# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen

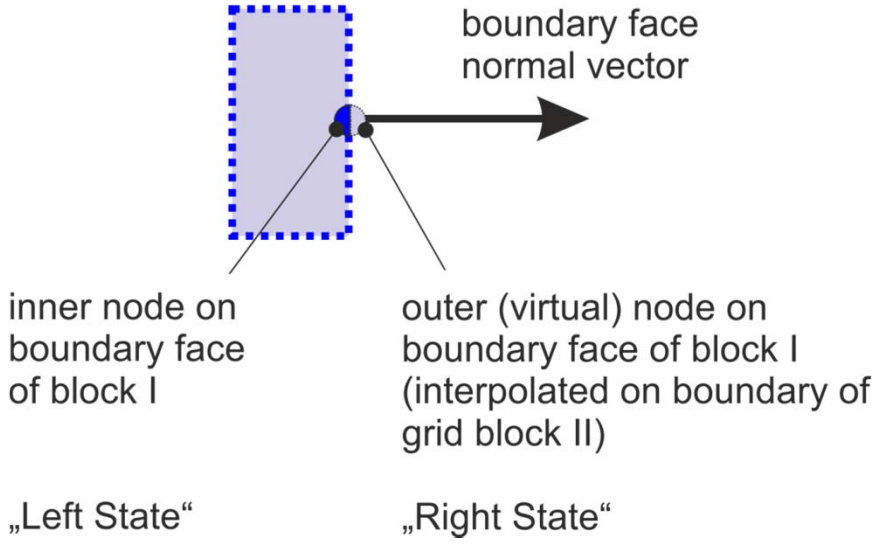
Alternative: Nutzung von „echten“ Gleiträndern

Implementierung einer neuen Randbedingung in TAU für Gleiträndern

- Implementierung als Flussrandbedingung




- Lösung eines Riemann-Problems zur Bestimmung des Randflusses



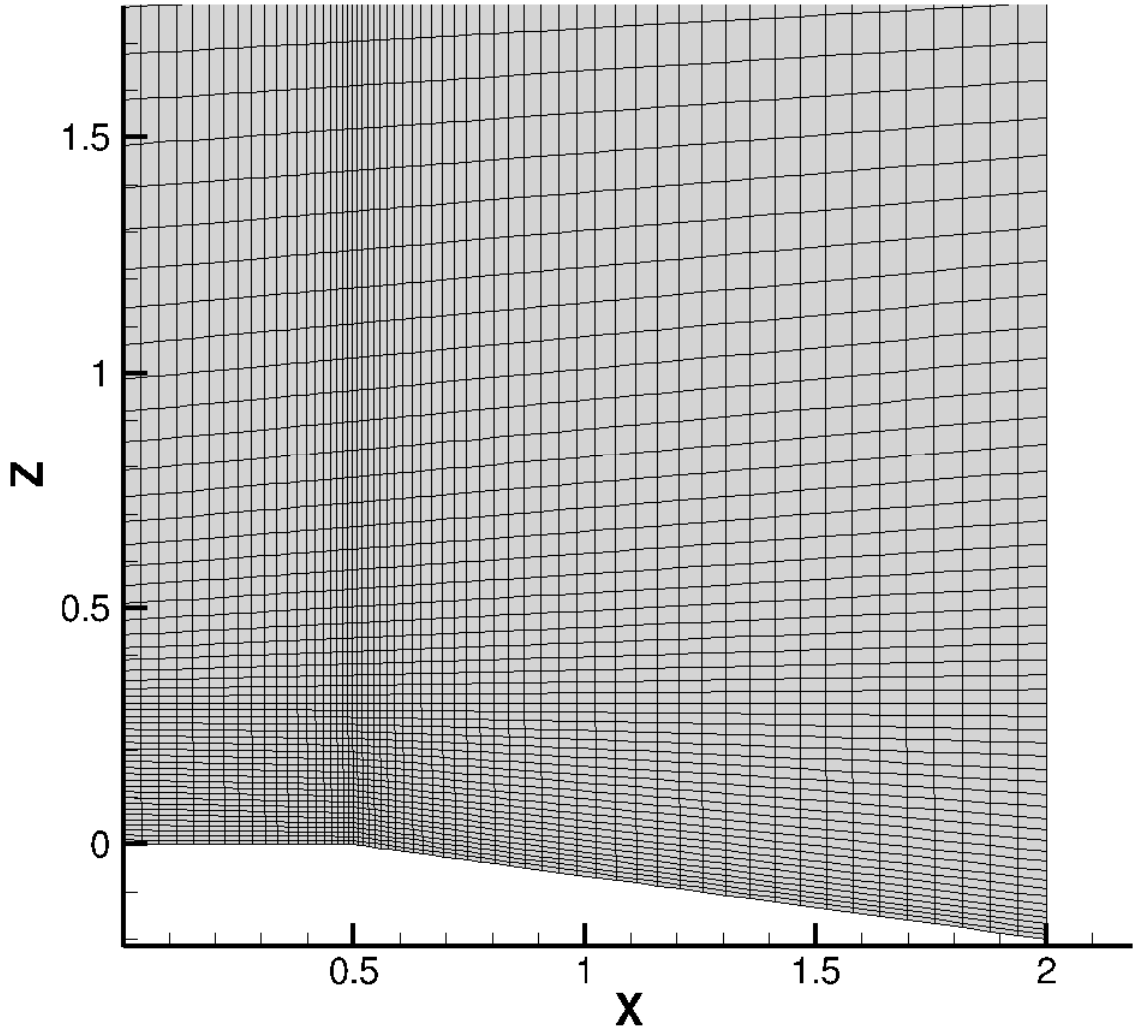

DLR

# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- Referenzgitter (ohne patched grids)



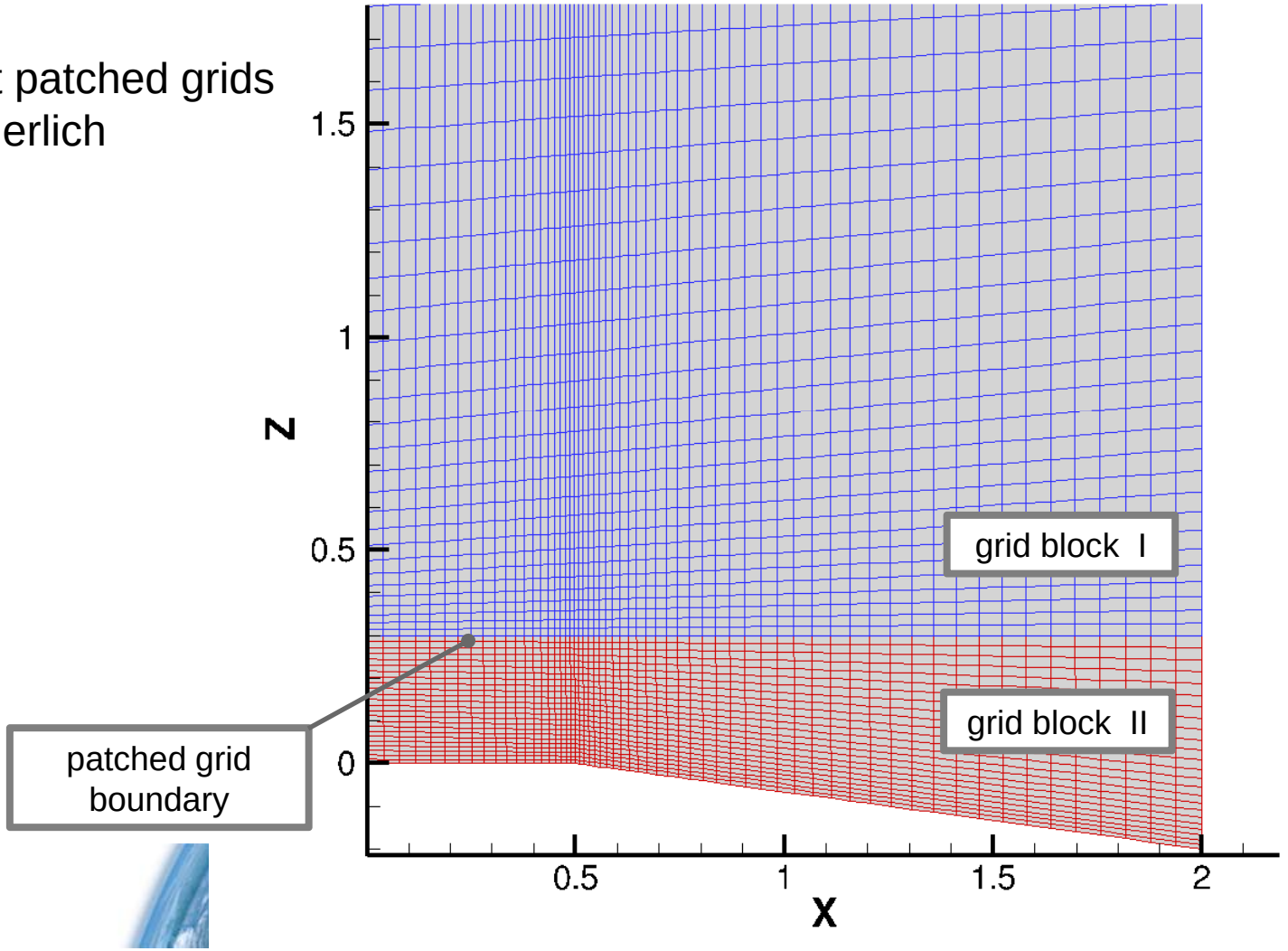
# Entwicklungsarbeiten

## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- Gitter mit patched grids
  - kontinuierlich



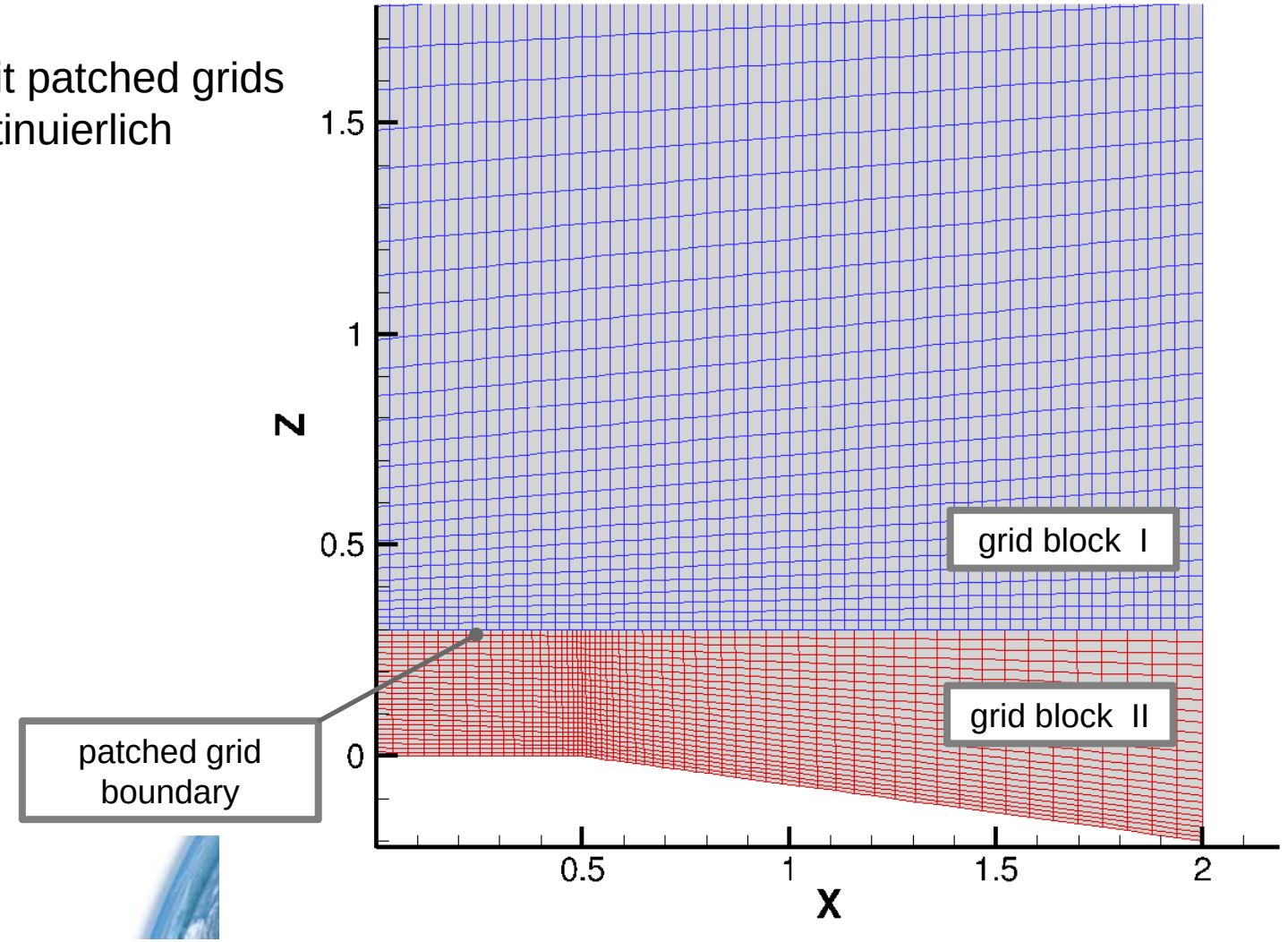
# Entwicklungsarbeiten

## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- Gitter mit patched grids
  - diskontinuierlich



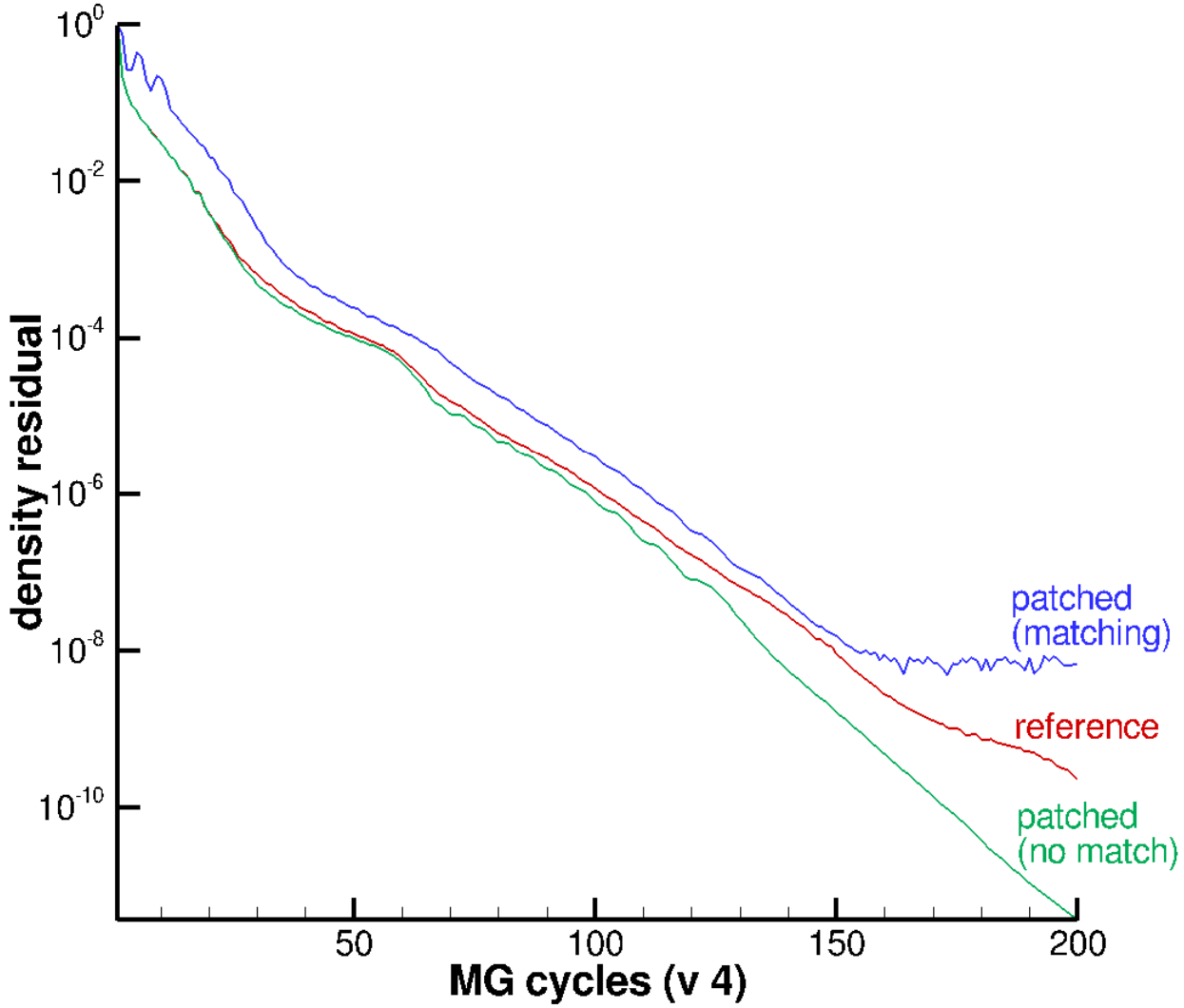

DLR

# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- Konvergenz

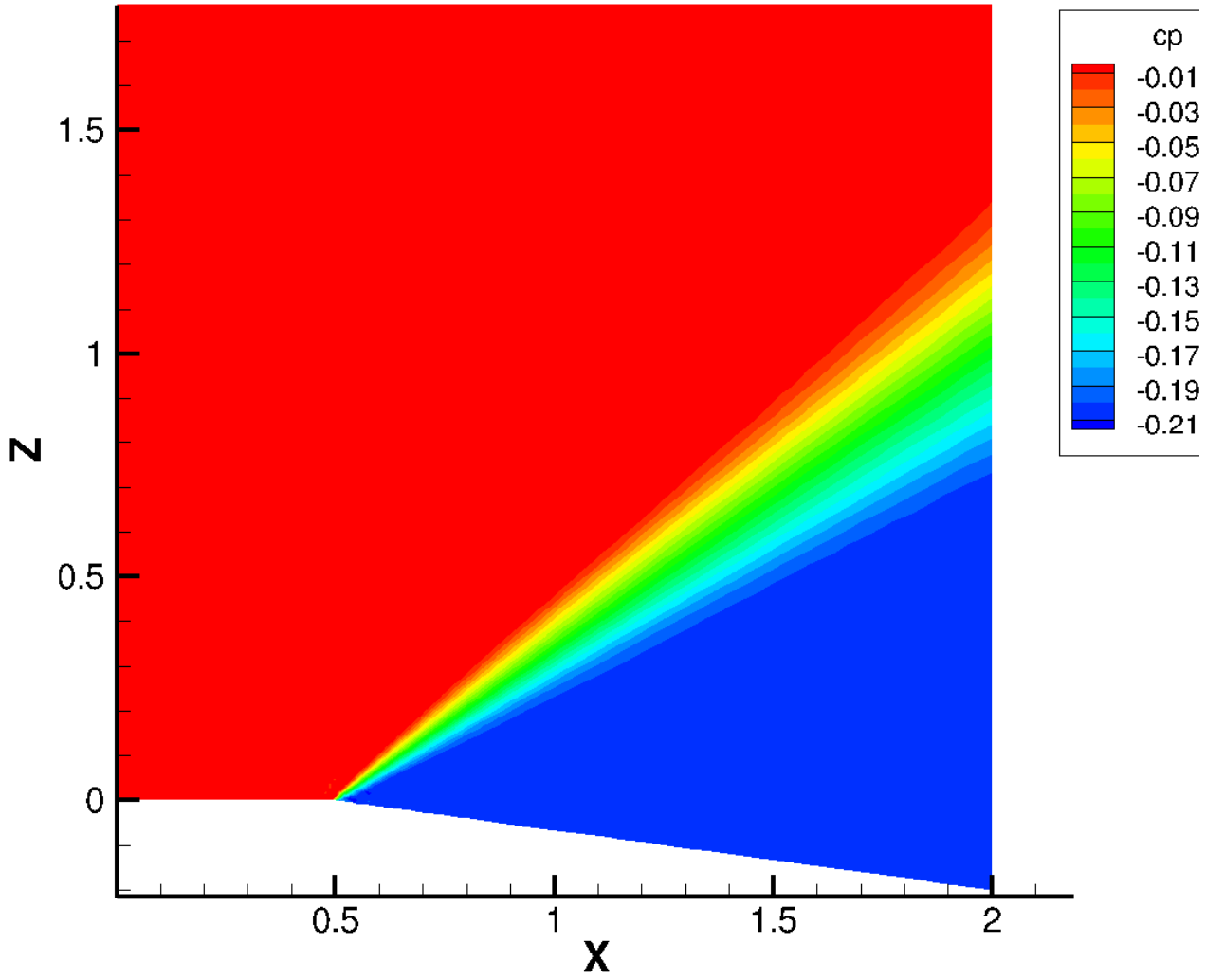


# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- $c_p$ Verteilung
  - Referenz



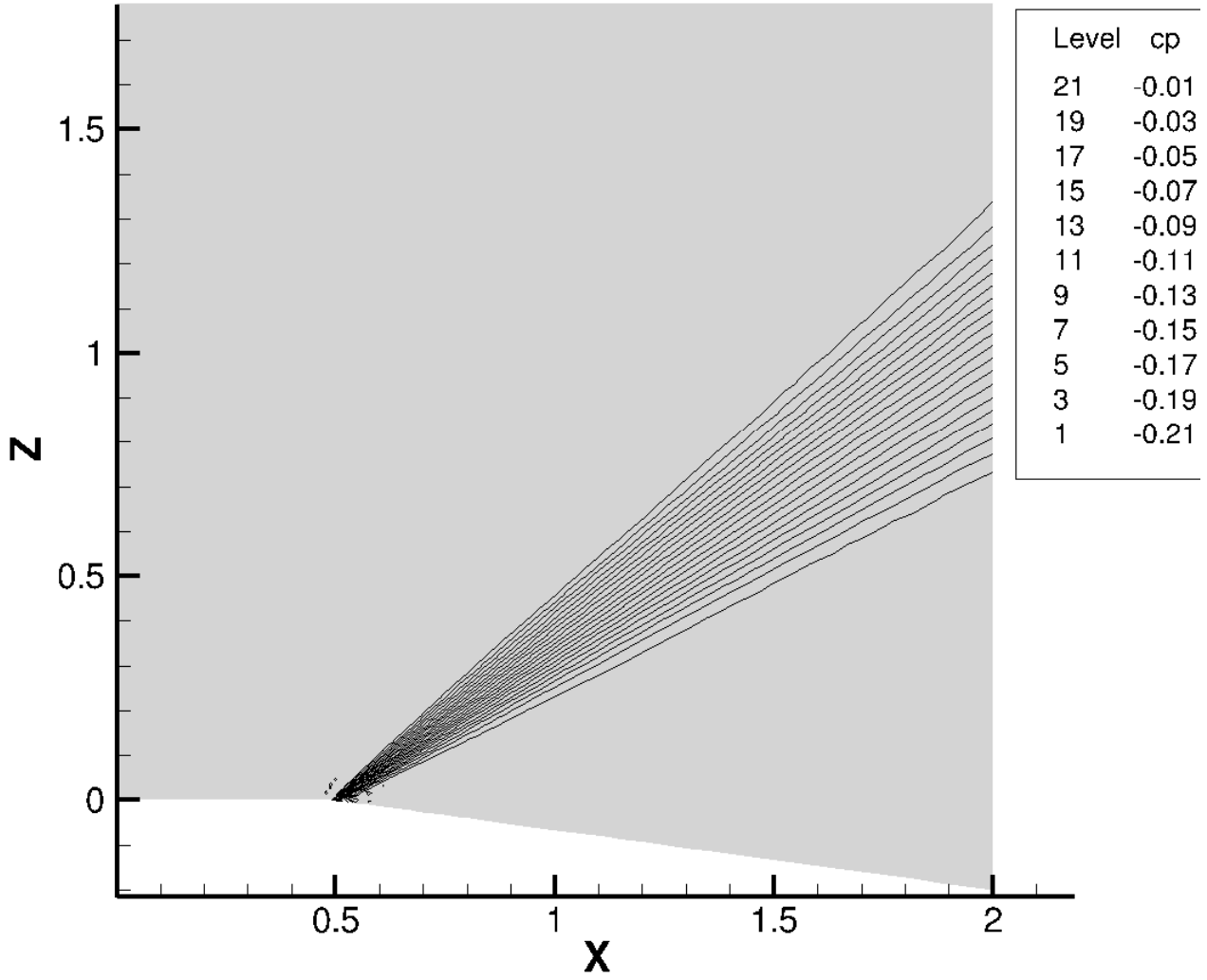

DLR

# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- $c_p$ Verteilung
  - Referenz

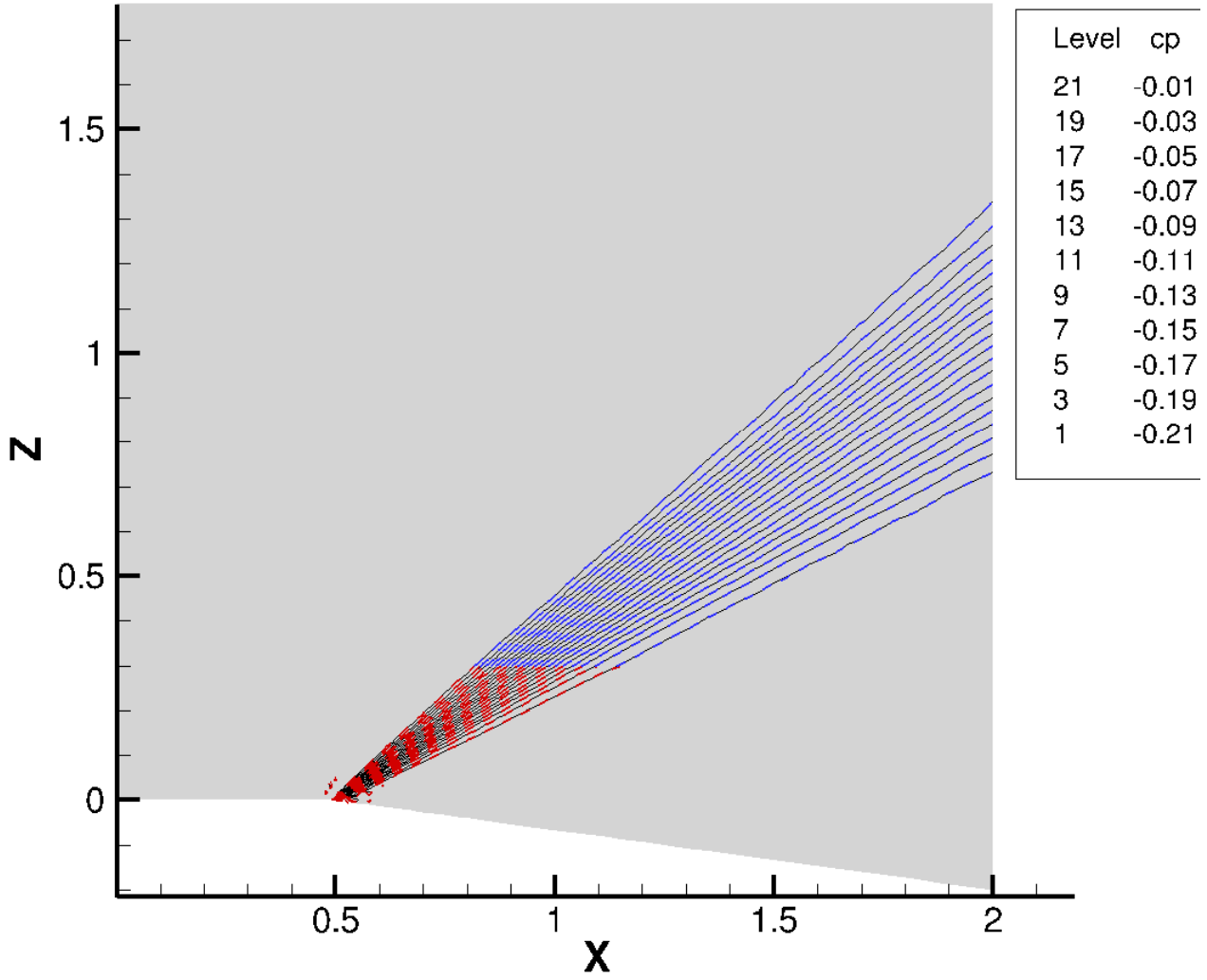


# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- $c_p$ Verteilung
  - Referenz
  - Patched grids, kontinuierlich - gestrichelt

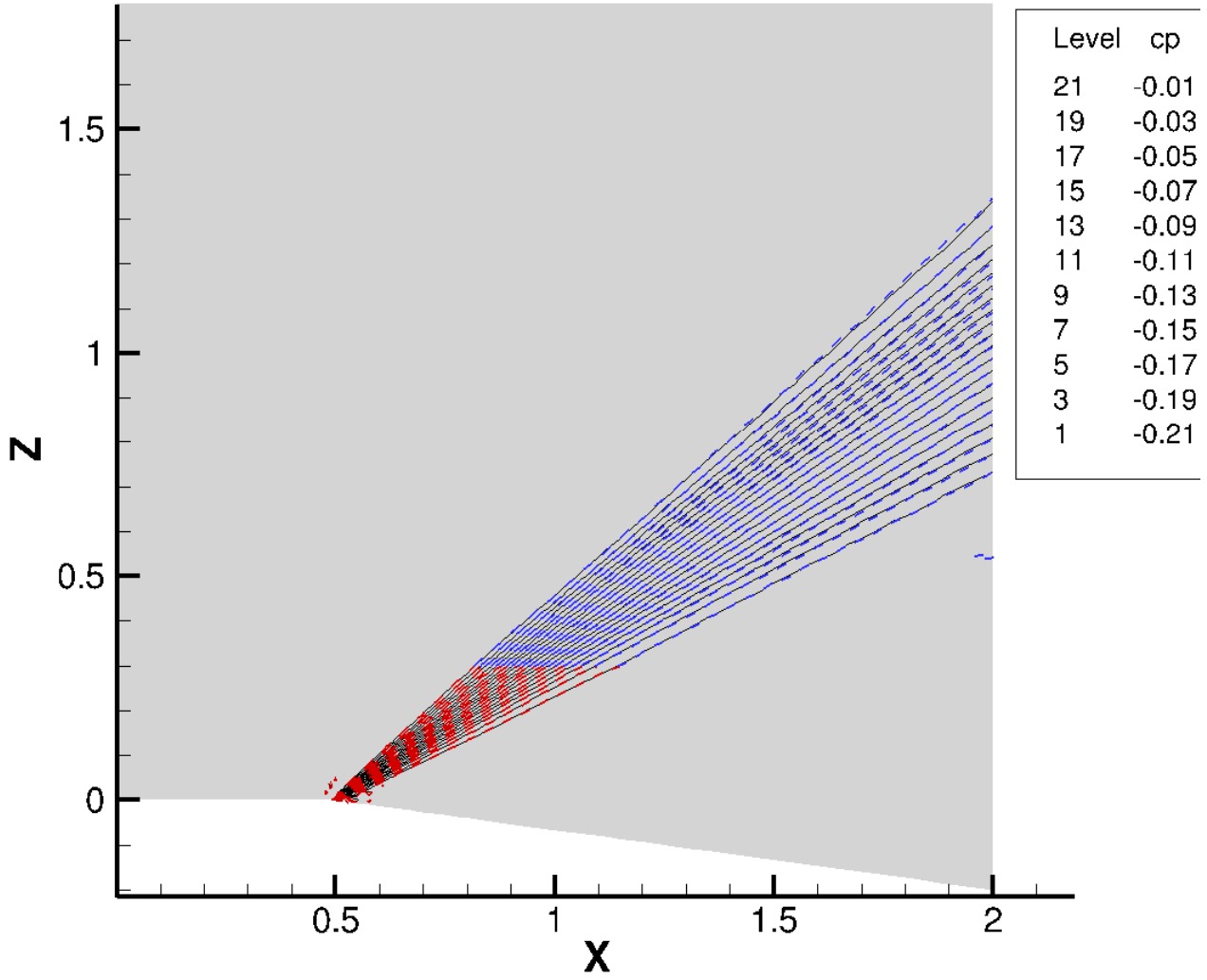


# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- $c_p$ Verteilung
  - Referenz
  - Patched grids, diskontinuierlich - gestrichelt

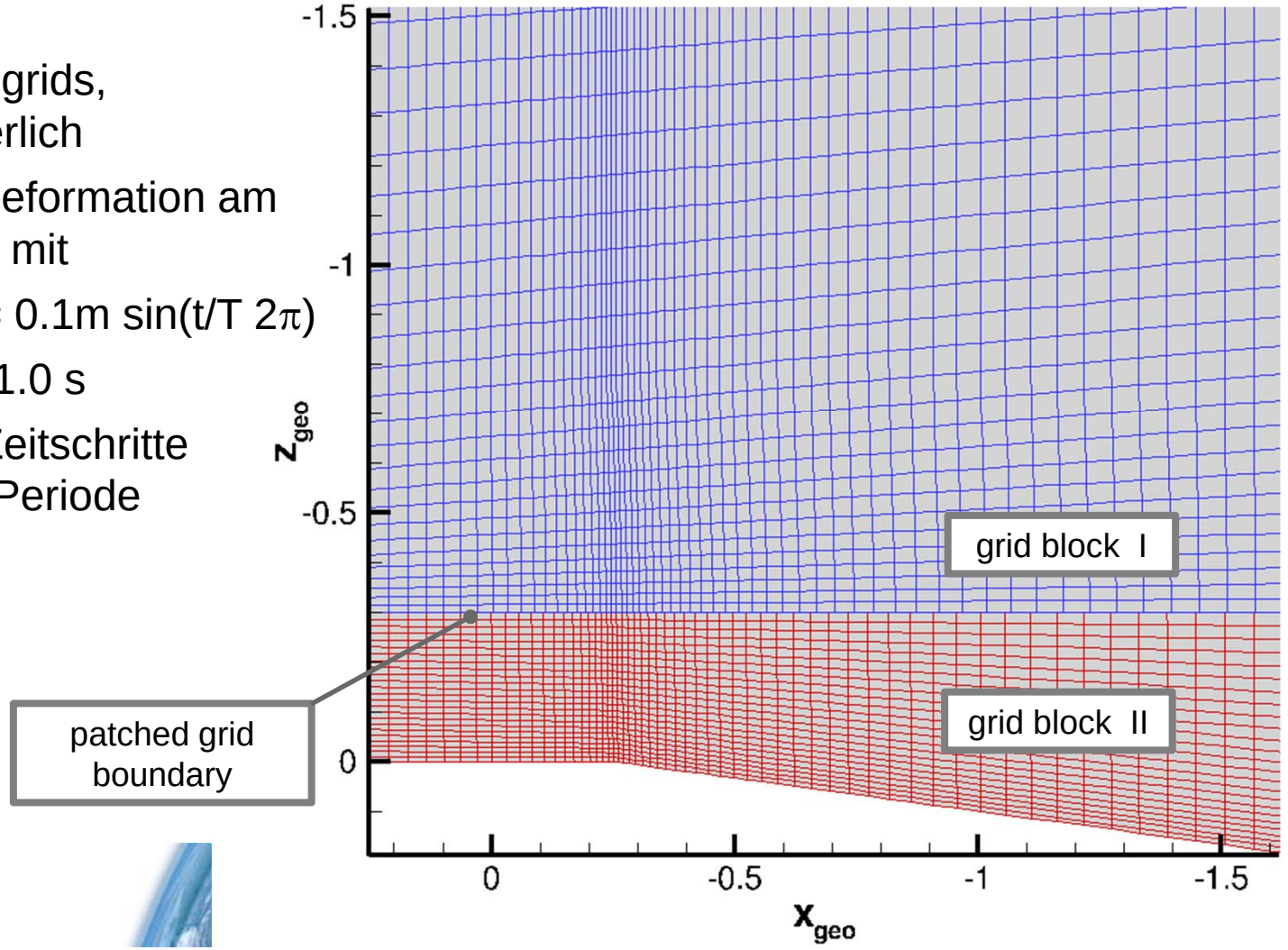


# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- Patched grids, kontinuierlich
- Lokale Deformation am Interface mit
  - $\Delta x = 0.1m \sin(t/T\ 2\pi)$
  - T = 1.0 s
  - 48 Zeitschritte pro Periode

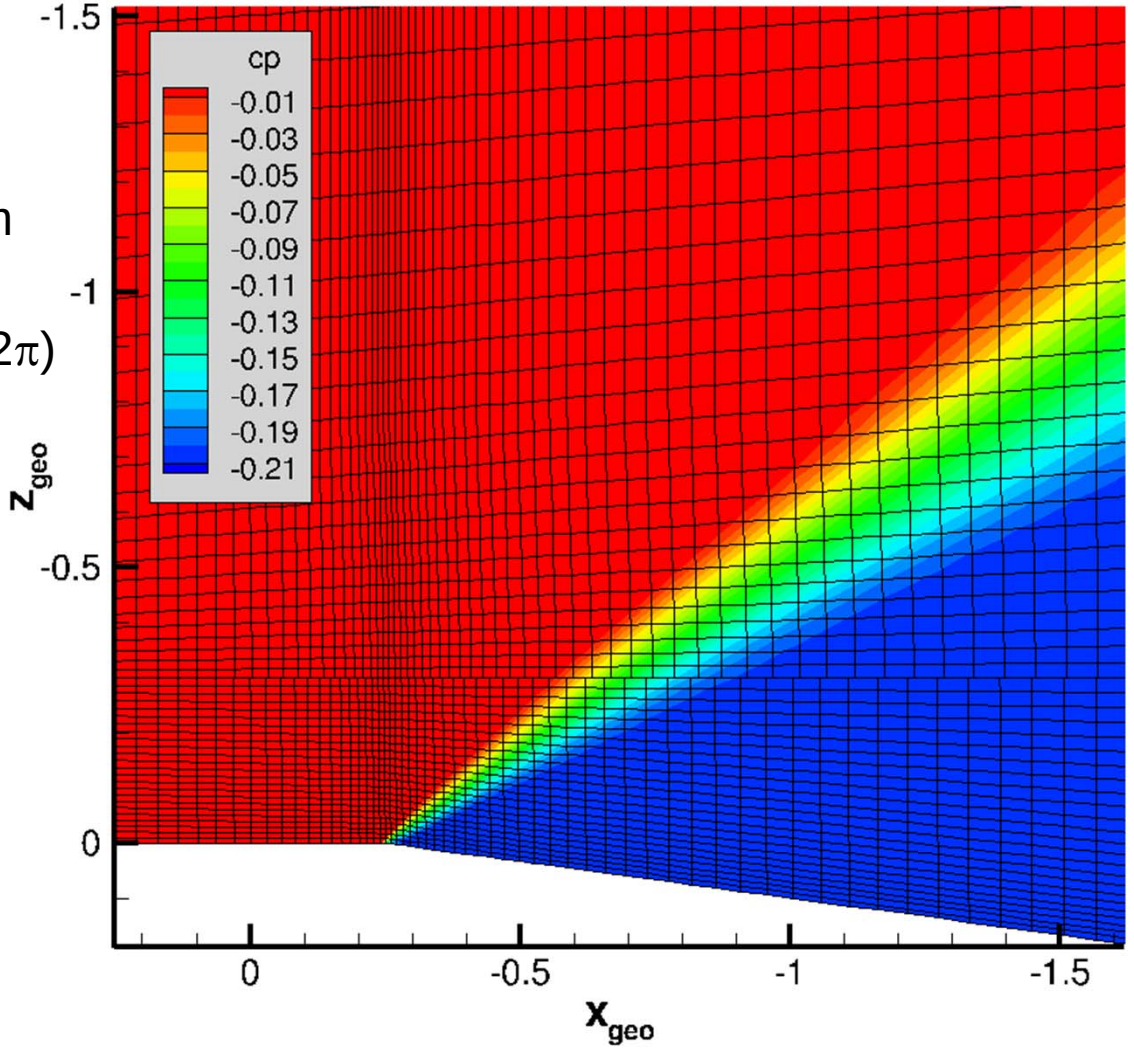


# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Simulation einer Expansion im Überschall (Ma = 1.5), reibungsfrei

- Patched grids, kontinuierlich
- Lokale Deformation am Interface mit
  - $\Delta x = 0.1m \sin(t/T\ 2\pi)$
  - T = 1.0 s
  - 48 Zeitschritte pro Periode
- $c_p$ Verteilung bei der „instationären“ Simulation



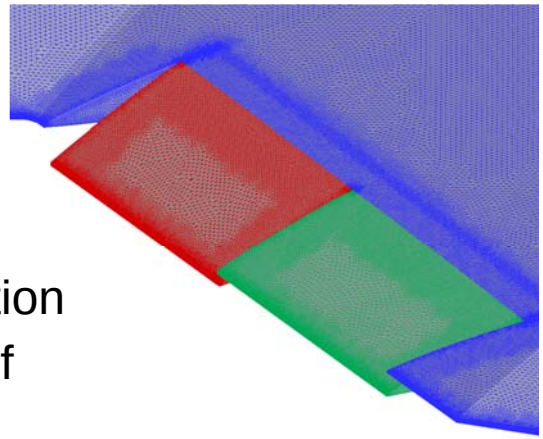
# Entwicklungsariten

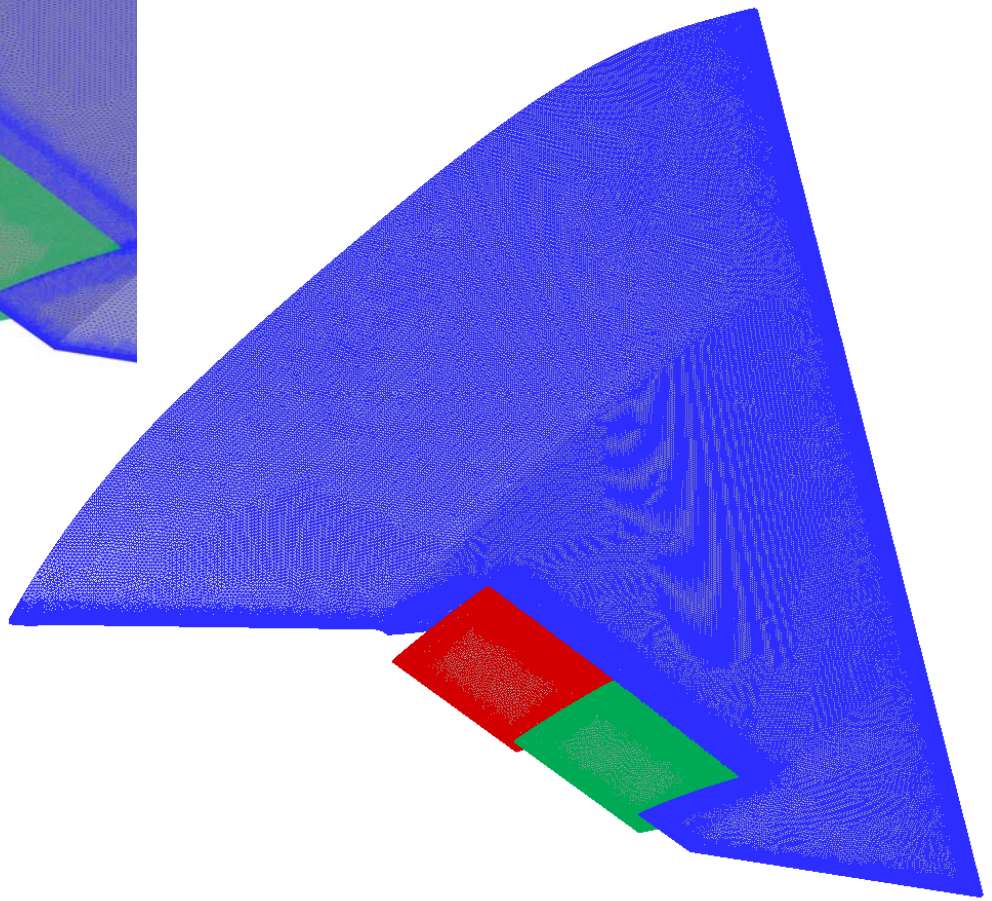
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Vergleich von Lösungen mit Standard-Gitter (modular) und patched grids für MULDICON Konfiguration bei 0° Klappenausschlagwinkel

- Ma = 0.4
- Re = 55.8 x $10^6$
- AoA = 0.0°
- v4 multigrid
- Skalare Dissipation
- CFL = 20 (10 auf Grobgittern)
- Gitter: 17.5 x $10^6$ Knoten





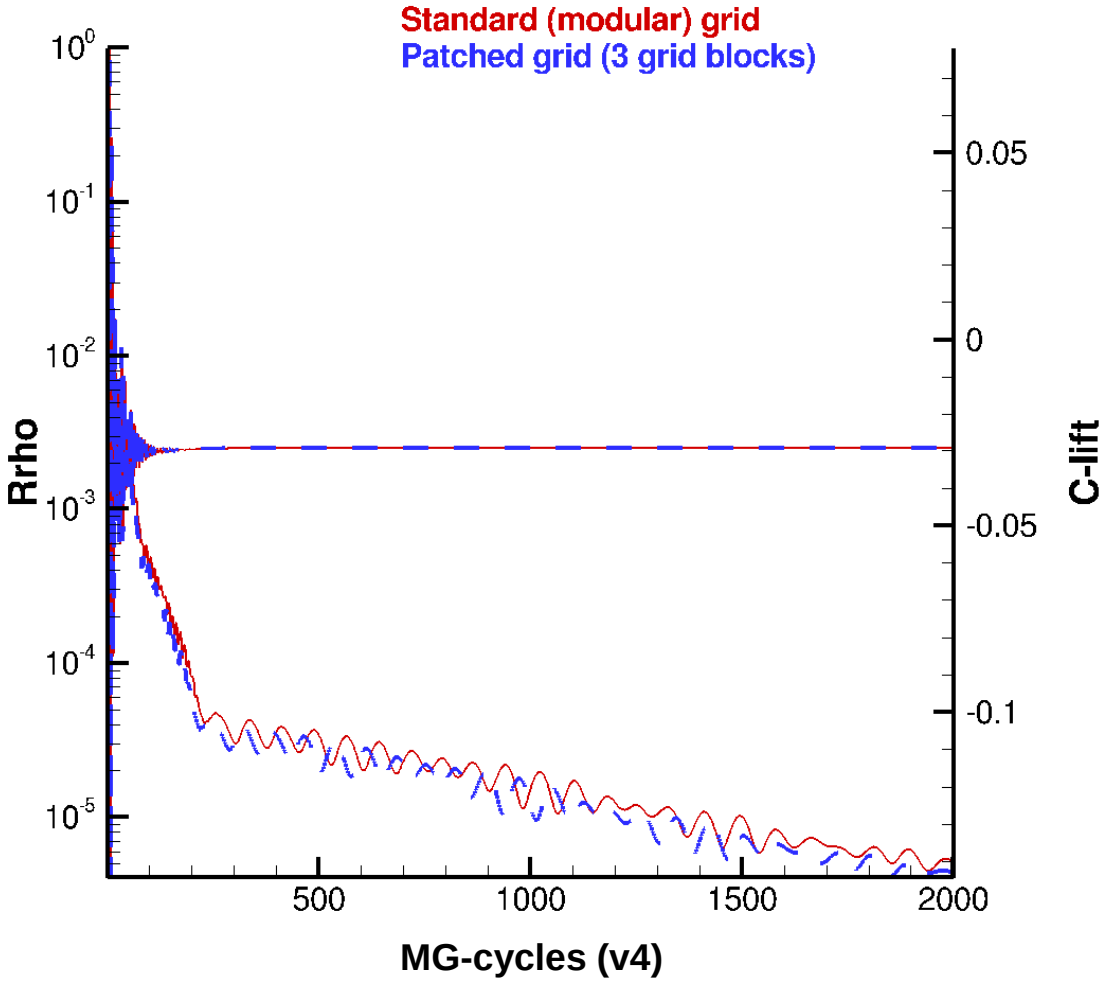
DLR

# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Vergleich von Lösungen mit Standard-Gitter (modular) und patched grids für MULDICON Konfiguration bei 0° Klappenausschlagwinkel

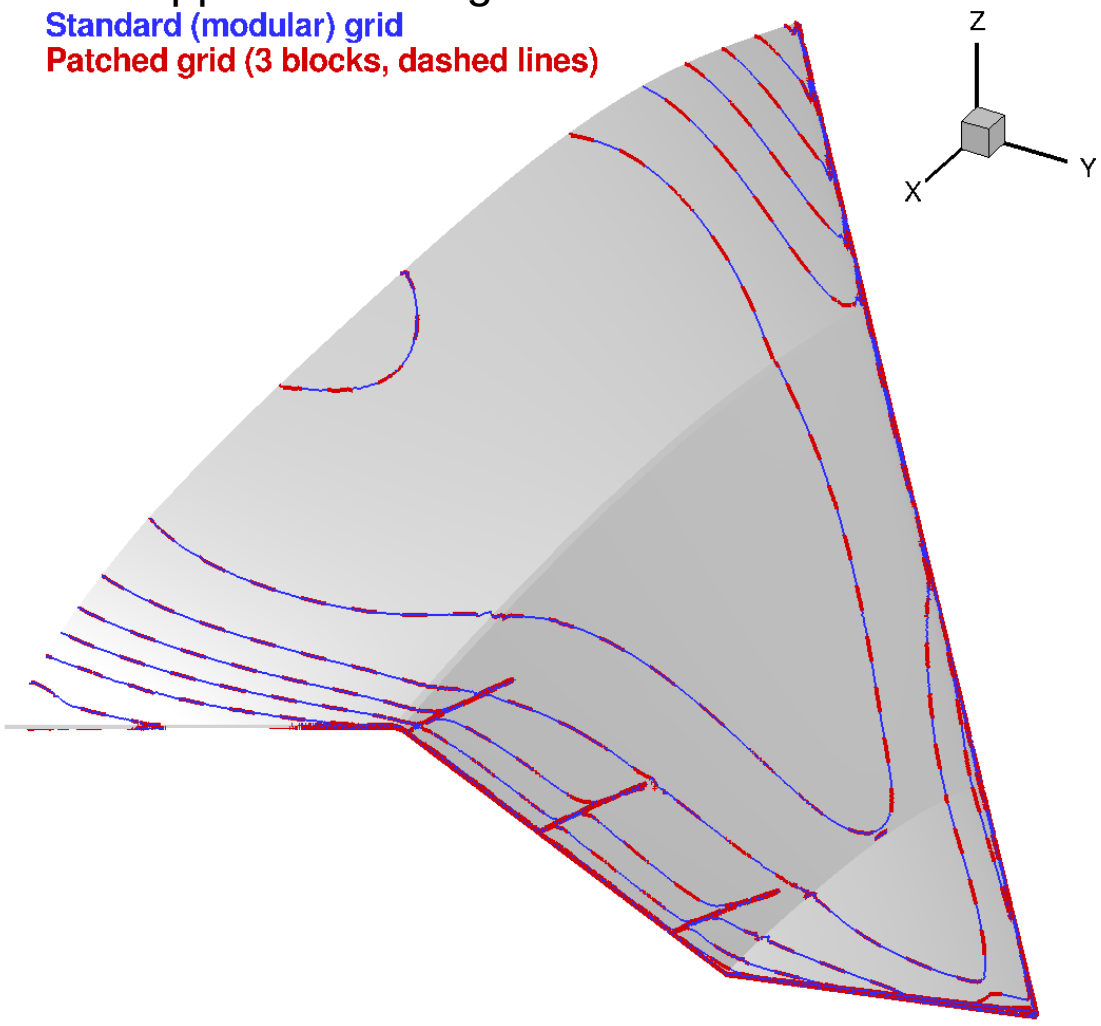
- Ma = 0.4
- Re = 55.8 x $10^6$
- AoA = 0.0°
- v4 multigrid
- Skalare Dissipation
- CFL = 20 (10 auf Grobgittern)
- Gitter: 17.5 x $10^6$ Knoten



# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Vergleich von Lösungen mit Standard-Gitter (modular) und patched grids für MULDICON Konfiguration bei 0° Klappenausschlagwinkel
- Ma = 0.4
- Re = 55.8 x $10^6$
- AoA = 0.0°
- v4 multigrid
- Skalare Dissipation
- CFL = 20 (10 auf Grobgittern)
- Gitter: 17.5 x $10^6$ Knoten




DLR

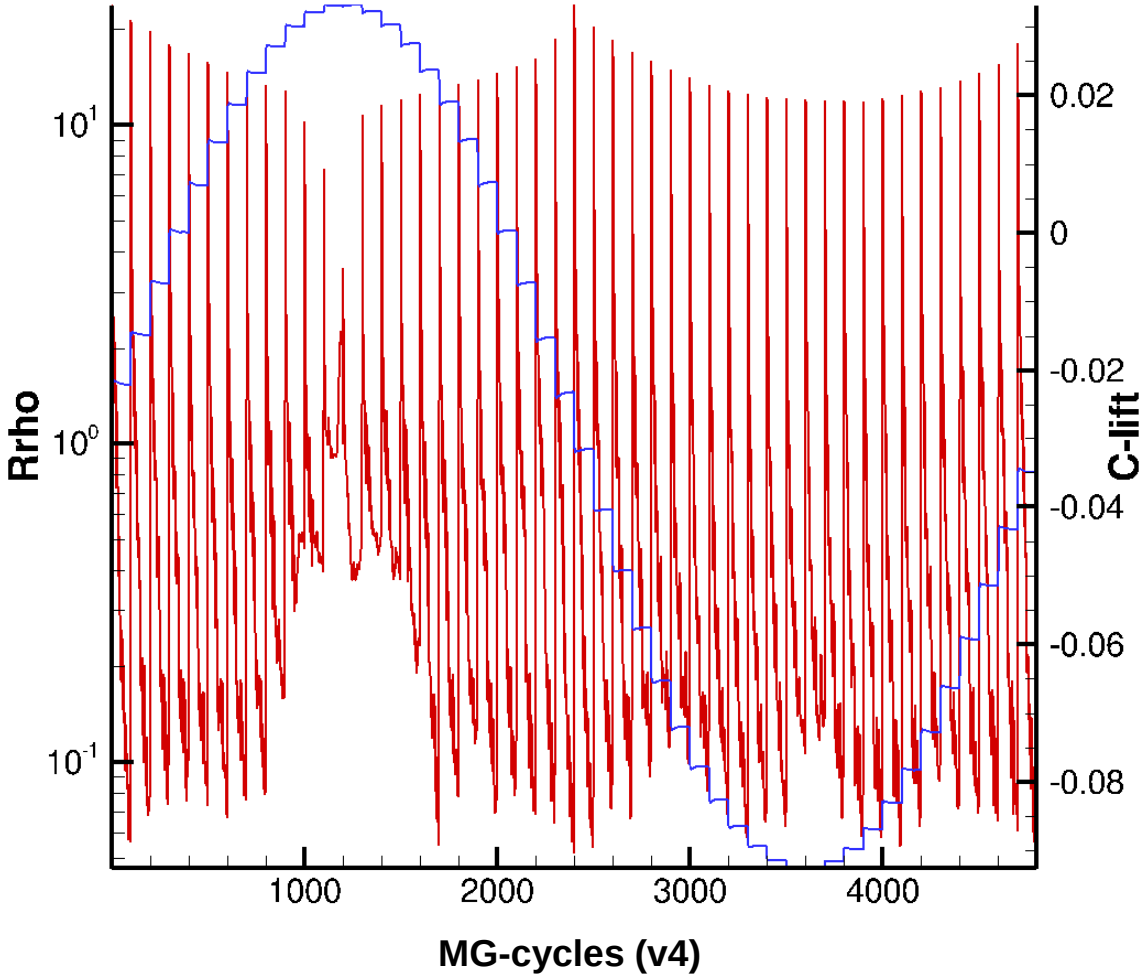
# Entwicklungsarbeiten

## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

- Vergleich von Lösungen mit Standard-Gitter (modular) und patched grids für MULDICON Konfiguration bei 0° Klappenausschlagwinkel

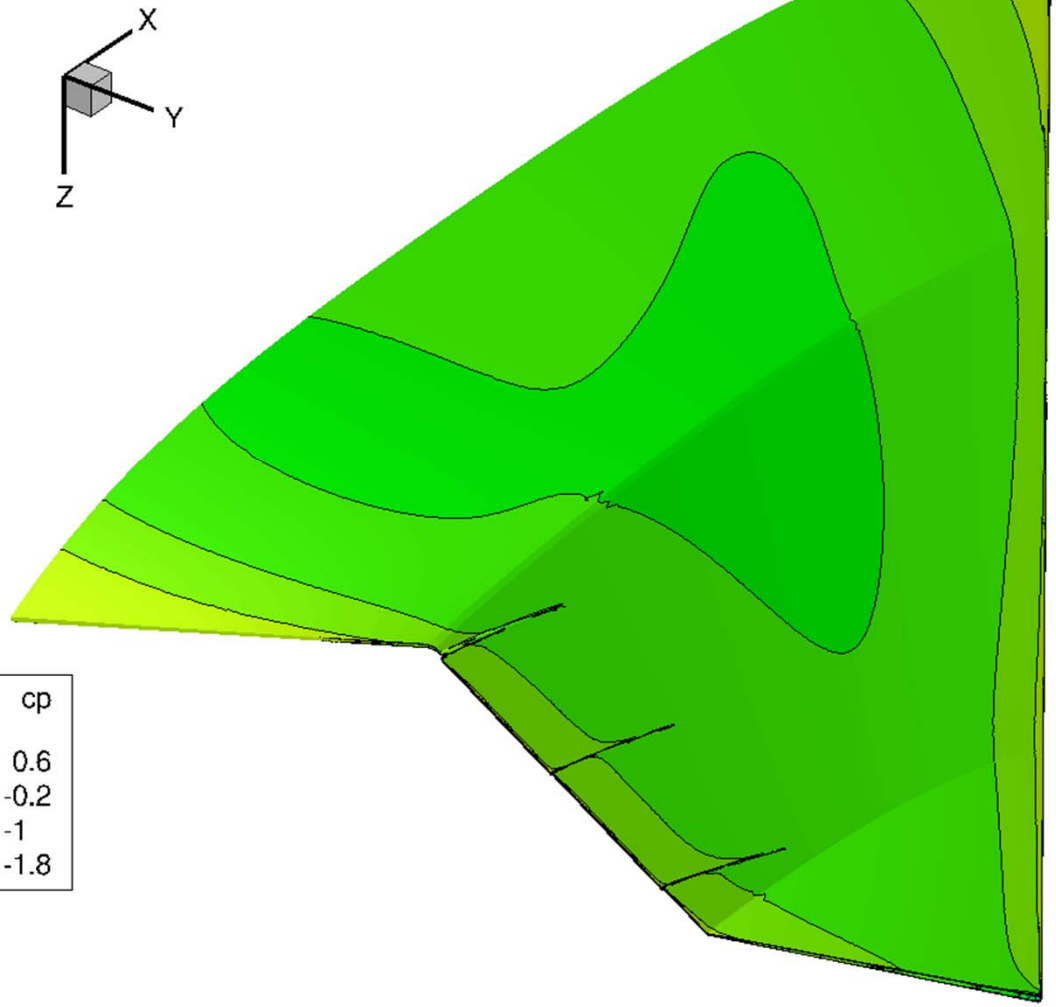
- Ma = 0.4
- Re = 55.8 x $10^6$
- AoA = 0.0°
- Instationäre Simulation mit bewegten Klappen
- $\delta_{inner}$ = 15°sin(2π t/T)
- $\delta_{outer}$ = 10°sin(2π t/T)
- v multigrid (4 levels)
- Skalar Dissipation
- CFL = 20 (10 auf Grobgittern)
- 100 innere Iterationen



# Entwicklungsarbeiten
## Implementierung von Gleiträndern in TAU (patched grids)

Verifikation der neuen Randbedingung

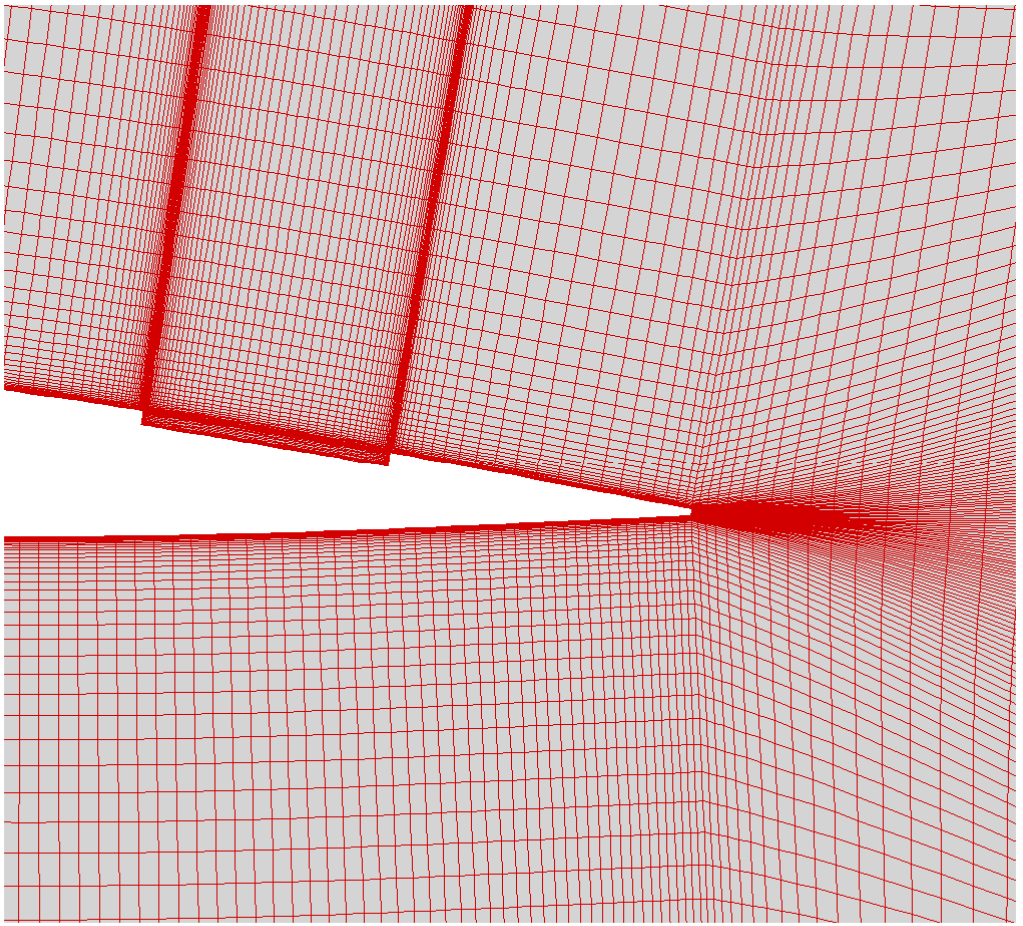
- Vergleich von Lösungen mit Standard-Gitter (modular) und patched grids für MULDICON Konfiguration bei 0° Klappenausschlagwinkel
- Ma = 0.4
- Re = 55.8 x $10^6$
- AoA = 0.0°
- Instationäre Simulation mit bewegten Klappen
- $\delta_{inner}$ = 15°sin(2π t/T)
- $\delta_{outer}$ = 10°sin(2π t/T)
- v multigrid (4 levels)
- Skalar Dissipation
- CFL = 20 (10 auf Grobgittern)
- 100 innere Iterationen



# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen
## Modellierung beweglicher Spoiler

- Um Lastminderungsszenarien modellieren zu können, müssen auch Spoiler beweglich modelliert werden

- Nutzung der Chimera Technik
- Anwendung des automatic hole-cutting

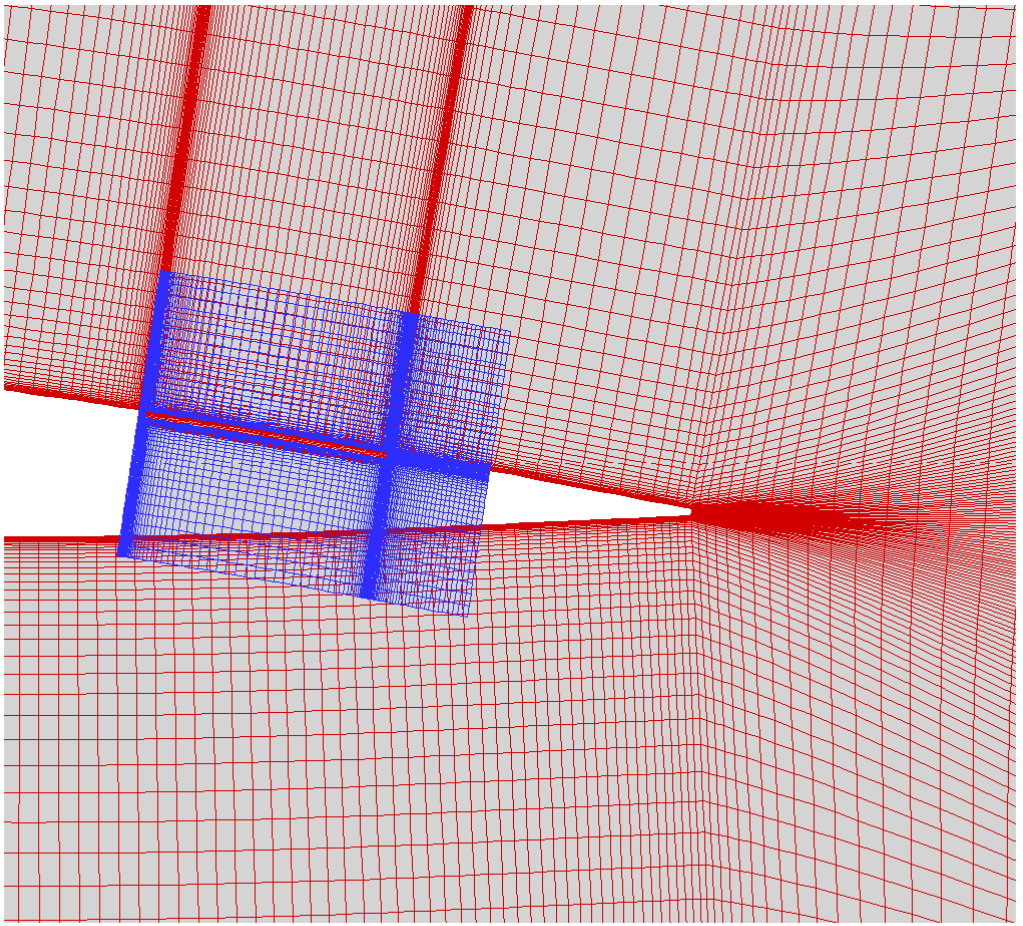


DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen
## Modellierung beweglicher Spoiler

- Um Lastminderungsszenarien modellieren zu können, müssen auch Spoiler beweglich modelliert werden

- Nutzung der Chimera Technik
- Anwendung des automatic hole-cutting

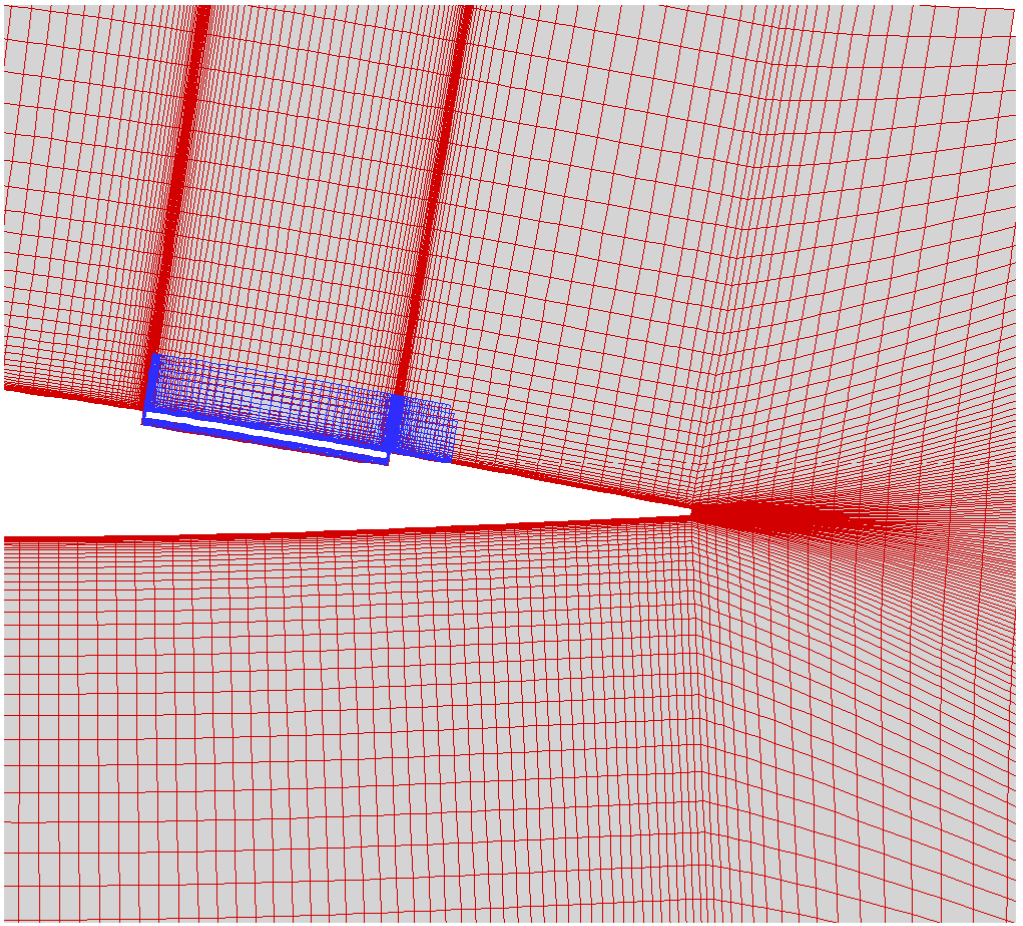


DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen
## Modellierung beweglicher Spoiler

- Um Lastminderungsszenarien modellieren zu können, müssen auch Spoiler beweglich modelliert werden

- Nutzung der Chimera Technik
- Anwendung des automatic hole-cutting

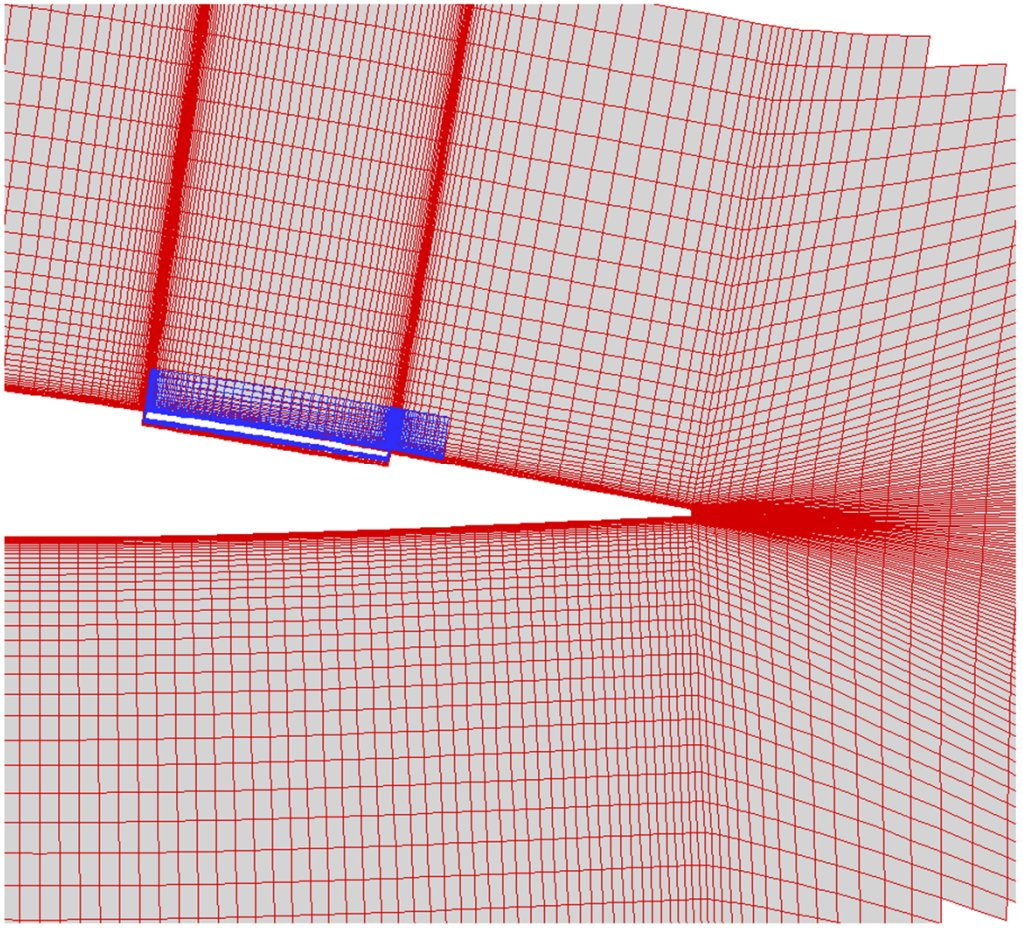


DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen
## Modellierung beweglicher Spoiler

- Um Lastminderungsszenarien modellieren zu können, müssen auch Spoiler beweglich modelliert werden

- Nutzung der Chimera Technik
- Anwendung des automatic hole-cutting

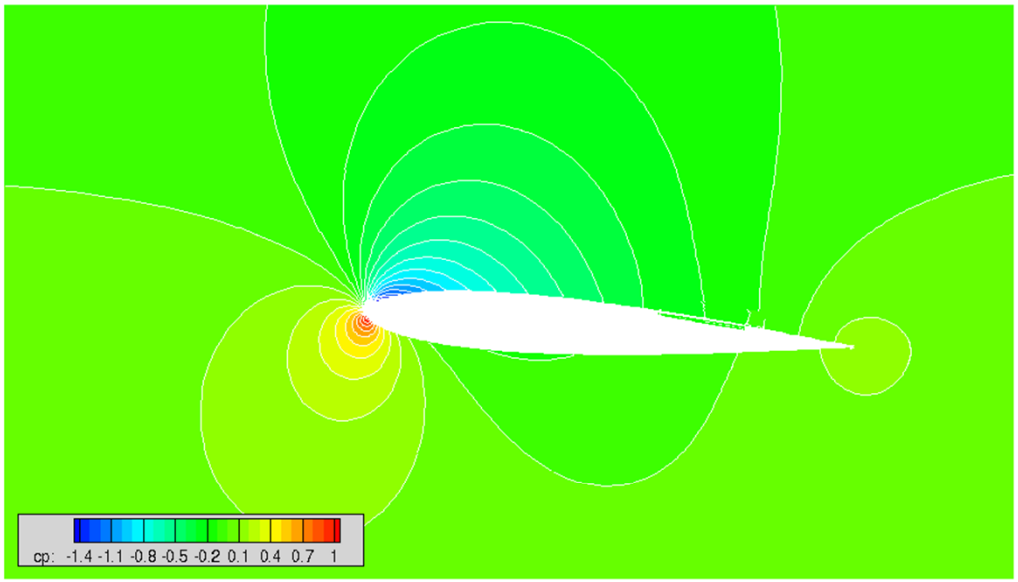


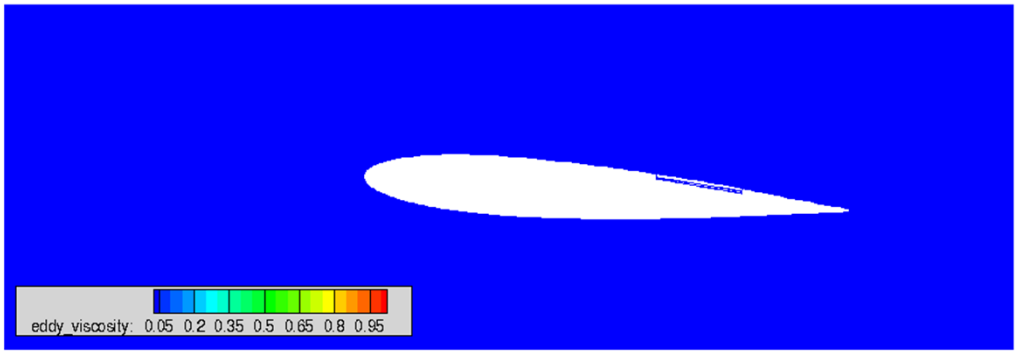
DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen
## Modellierung beweglicher Spoiler

- Um Lastminderungsszenarien modellieren zu können, müssen auch Spoiler beweglich modelliert werden

- Nutzung der Chimera Technik
- Anwendung des automatic hole-cutting
- Ma = 0.4, AoA = 4°, Re = 9.3 x $10^6$
- $\delta_{max}$ = 60°
- $\dot{\delta}$ = 90° / s



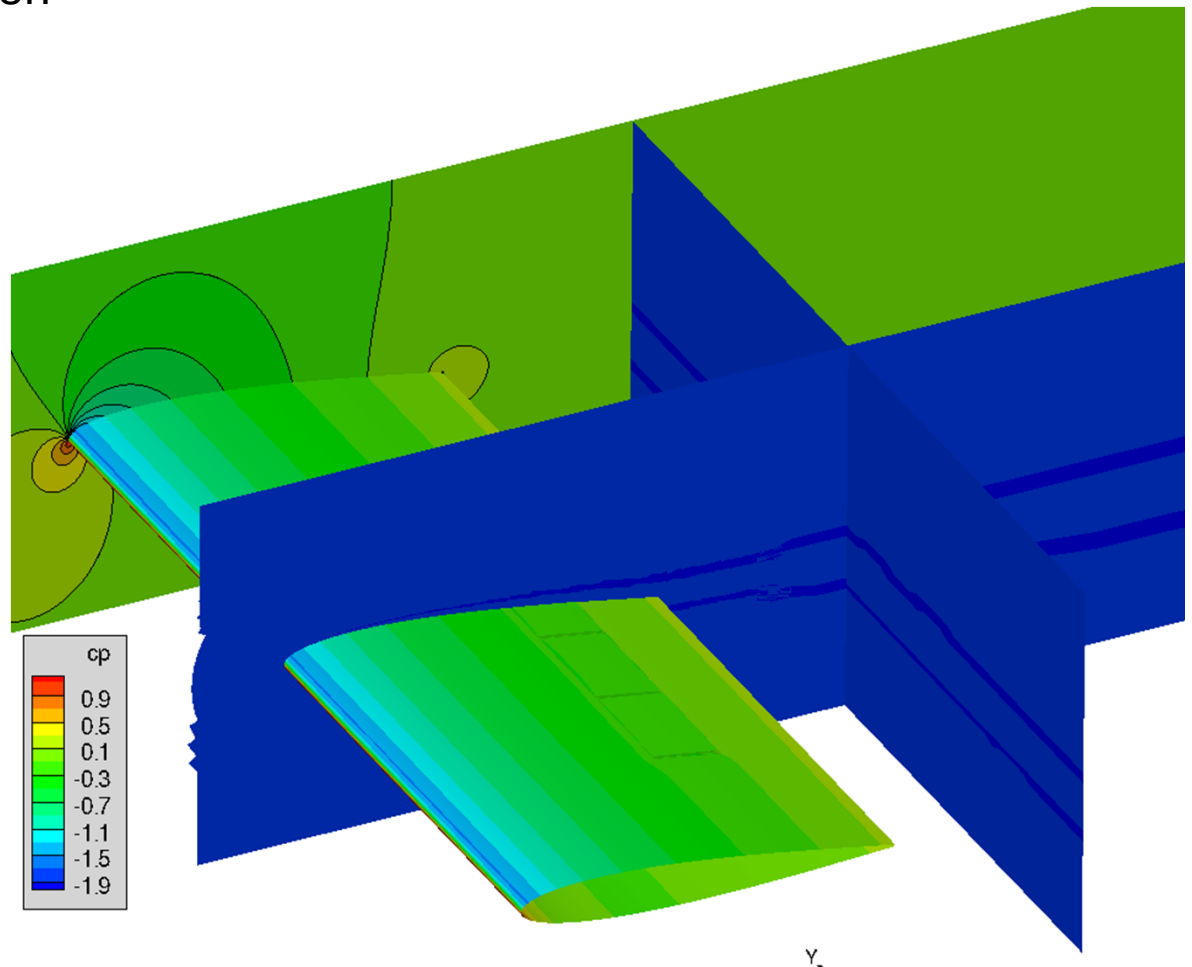




DLR

# Strategien für die Modellierung von Steuerflächen
## Modellierung beweglicher Spoiler

- Um Lastminderungsszenarien modellieren zu können, müssen auch Spoiler beweglich modelliert werden

- Nutzung der Chimera Technik
- Anwendung des automatic hole-cutting
- Ma = 0.4, AoA = 4°, Re = 9.3 x $10^6$
- $\delta_{max}$ = 60°
- $\dot{\delta}$ = 90° / s
- 3D Spoiler Piano



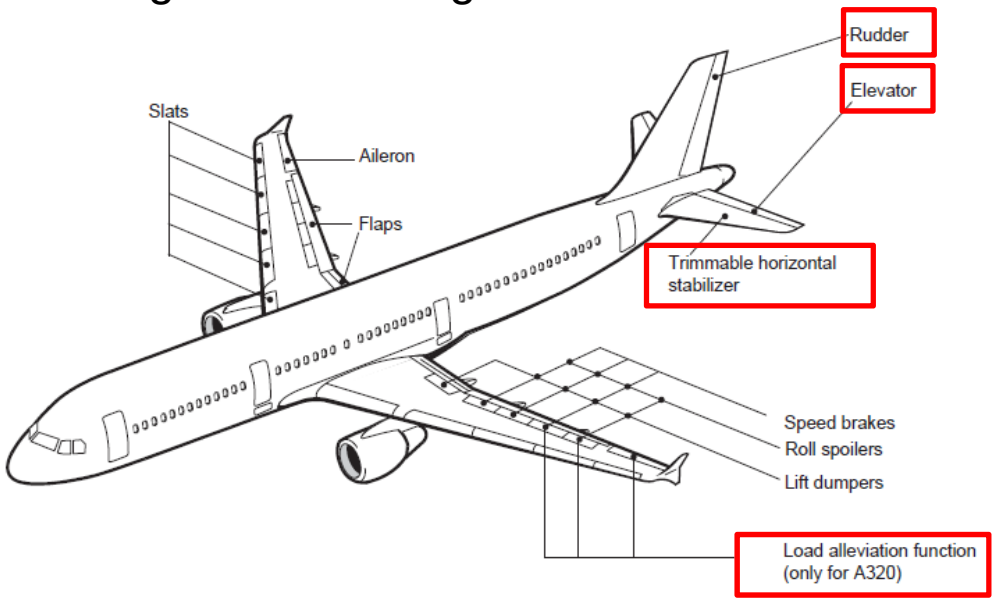
# Zusammenfassung

- Für die Modellierung beweglicher Steuerflächen mit dem TAU-Code sind eine Reihe unterschiedlicher Techniken verfügbar
  - Reine Chimera-Technik
    - Bietet sich insbesondere für die Modellierung von Spoilern an
  - Reine Netzdeformation
    - Sinnvoll bei moderaten Ausschlägen – z.B. bei Trimm-Szenarien
    - Nachteil: Keine Modellierung des spannweitigen Spaltes
  - Kombination aus Chimera-Technik und Netzdeformation
    - Erlaubt  Modellierung des spannweitigen Spaltes
    - Strukturierte Netze ermöglichen leichte Sicherstellung einer ausreichenden Überlappung, sowie eine gute Auflösung des Nachlaufes
      - Mehr Aufwand für Anwender
  - Neu in TAU: Kombination aus Gleiträndern (patched-grids) und Netzdeformation
    - Erlaubt einfache Modellierung des spannweitigen Spaltes
    - Keine Überlappung notwendig: Deutliche Vereinfachung der Gittergenerierung

DLR

# Ausblick

- Systematischer Vergleich der verschiedenen Techniken, um Anwendern eine Hilfestellung bei der Auswahl der verwendeten Techniken zu ermöglichen
- Anwendung der entwickelten Techniken im DLR  VicToria und LuFo Projekt VitAM
  - Modellierung aller Primärsteuerflächen der A320-ATRA Reiseflugkonfiguration
  - Durchführung virtueller Flugversuche



# Schönen Dank für die Aufmerksamkeit!