

## Das Softwarepaket SAM-Lattice:

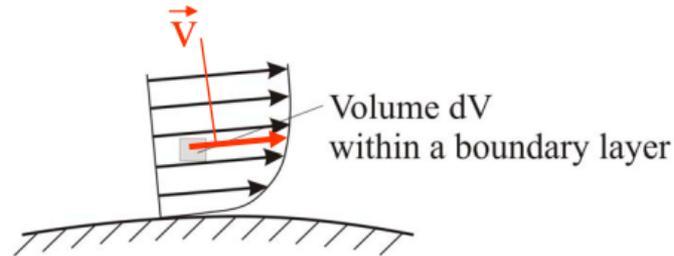
Strömungssimulation  
mit der Lattice-Boltzmann-Methode

# Die Lattice Boltzmann Methode

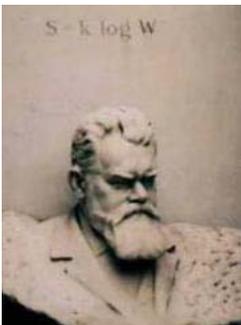


Claude-Louis-Marie-Henri  
Navier  
(1785-1838)

## Macroscopic Description of a Flow

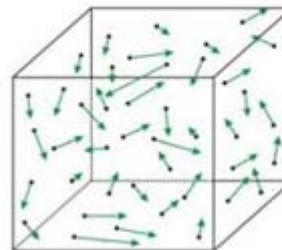


Sir George Gabriel  
Stokes  
(1819-1903)



Ludwig  
Boltzmann  
(1844-1906)

## Microscopic Description of a Flow

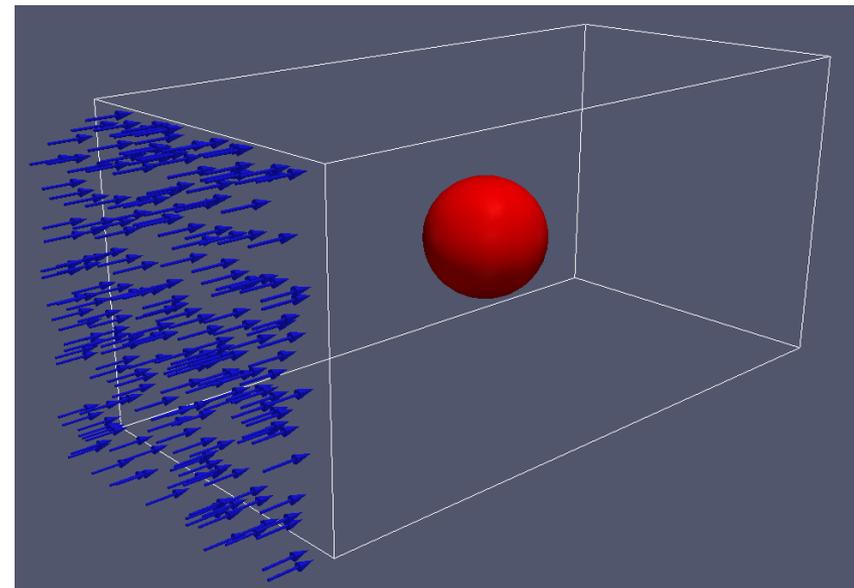


$$f(\mathbf{r}, \xi) = \frac{dN}{dV d\xi}$$

# Paralleles Rechnen

Die Notwendigkeit parallelisierter Berechnungsverfahren kann anhand eines einfachen, akademischen Beispiels gezeigt werden:

Berechnung der Strömung um eine Kugel  
mit Large-Eddy Turbulenzmodellierung (LES)  
für  $Re=10000$

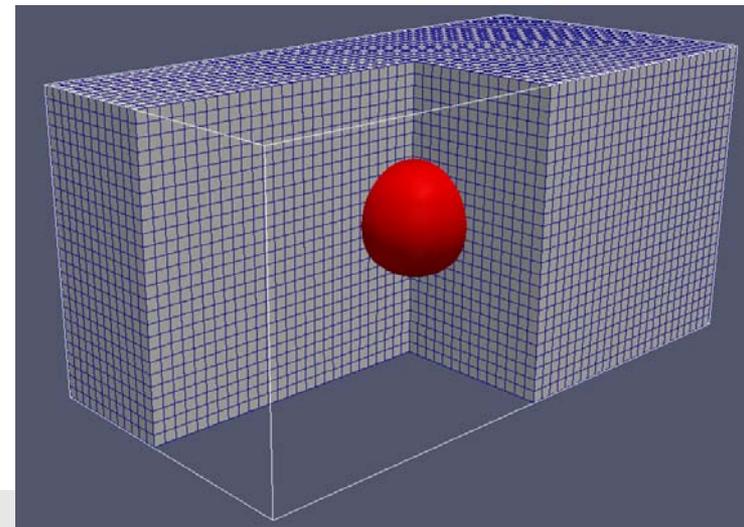


- Zur numerischen Berechnung der Strömung muss das Berechnungsgebiet in diskrete Rechenpunkte zerlegt werden.
- Um alle Strömungsphänomene im Rahmen der verwendeten Modelle abzubilden, lässt sich die Anzahl der benötigten Rechenpunkte abschätzen zu:

$$\sim 3 \cdot 10^9$$

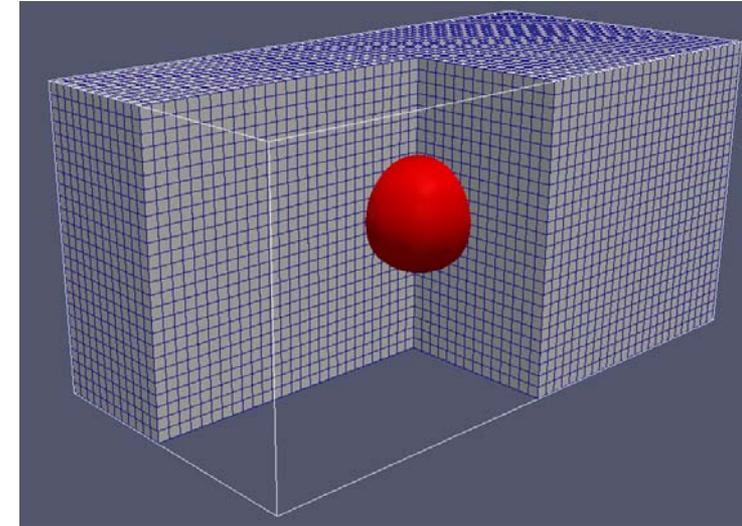
- Durch effiziente numerische Techniken (z.B. lokale Gitterverfeinerung) lässt sich die Anzahl der Rechenpunkte deutlich verringern:

$$\sim 4 \cdot 10^7$$



## Serielle Berechnung

- Ein Prozessor berechnet die Strömung im gesamten Gebiet



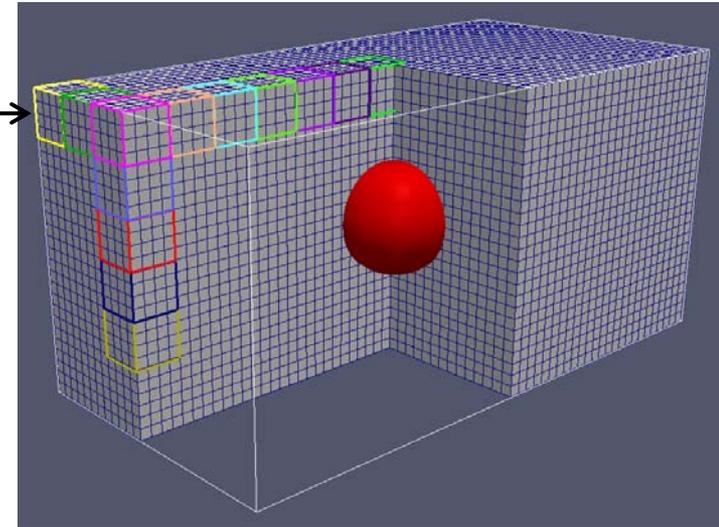
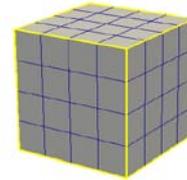
- Geschätzte Dauer der Berechnung mit lokal verfeinertem Gitter:

**~ 500 s pro Zeitschritt**

- Die transiente Natur der Strömung erfordert ca. 20000 Zeitschritte:

$$\rightarrow 500\text{s} \cdot 20000 = 10 \cdot 10^6 \text{ s} \approx \mathbf{116 \text{ Tage}}$$

## Parallele Berechnung



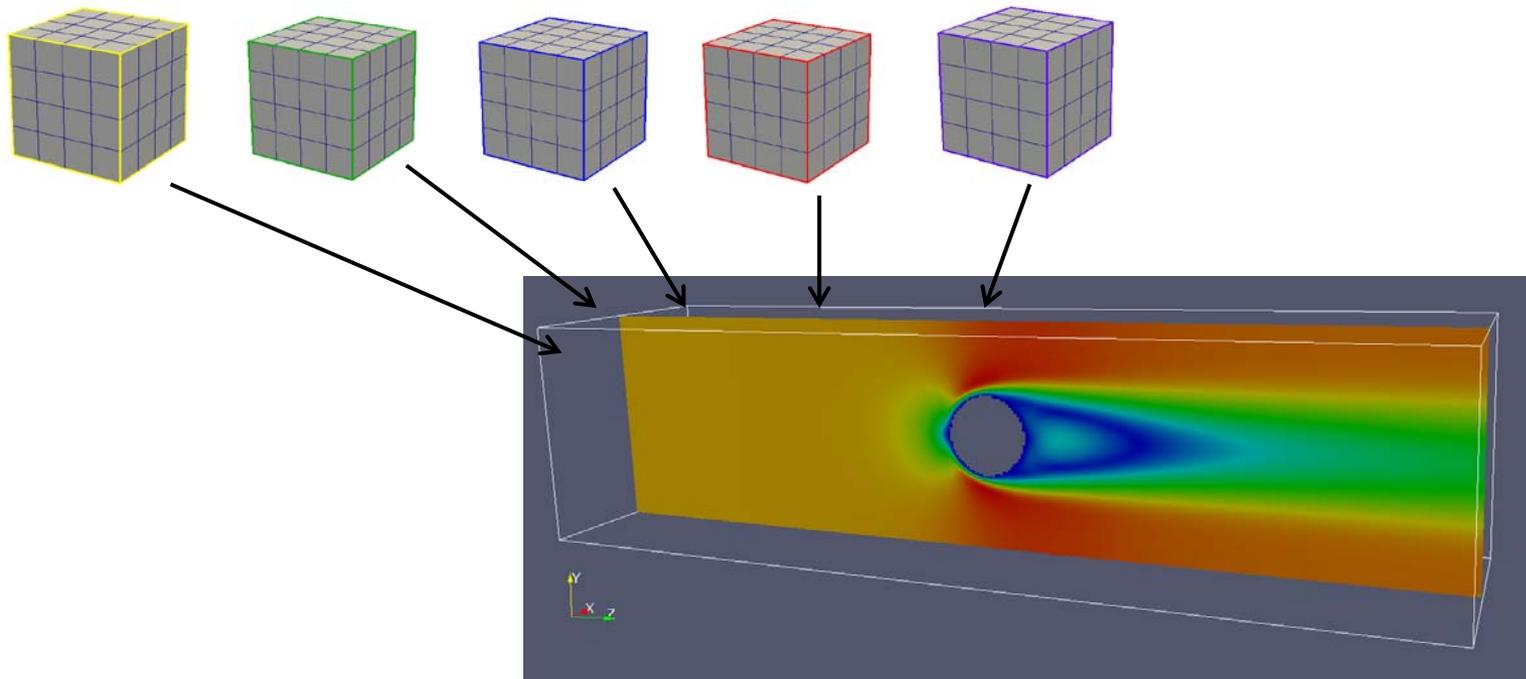
- Das Berechnungsgebiet wird in **n** möglichst gleiche Teile zerlegt
- Jeder der **n**-Prozessoren berechnet die Strömung in seinem Teilgebiet
  
- Bei Verwendung von 1024 Prozessoren und einem SpeedUp von 90 % ergibt sich für dieselbe Berechnung eine Dauer von:

$$500/1024 \cdot 1/0.9 = 0.54 \text{ s pro Zeitschritt}$$

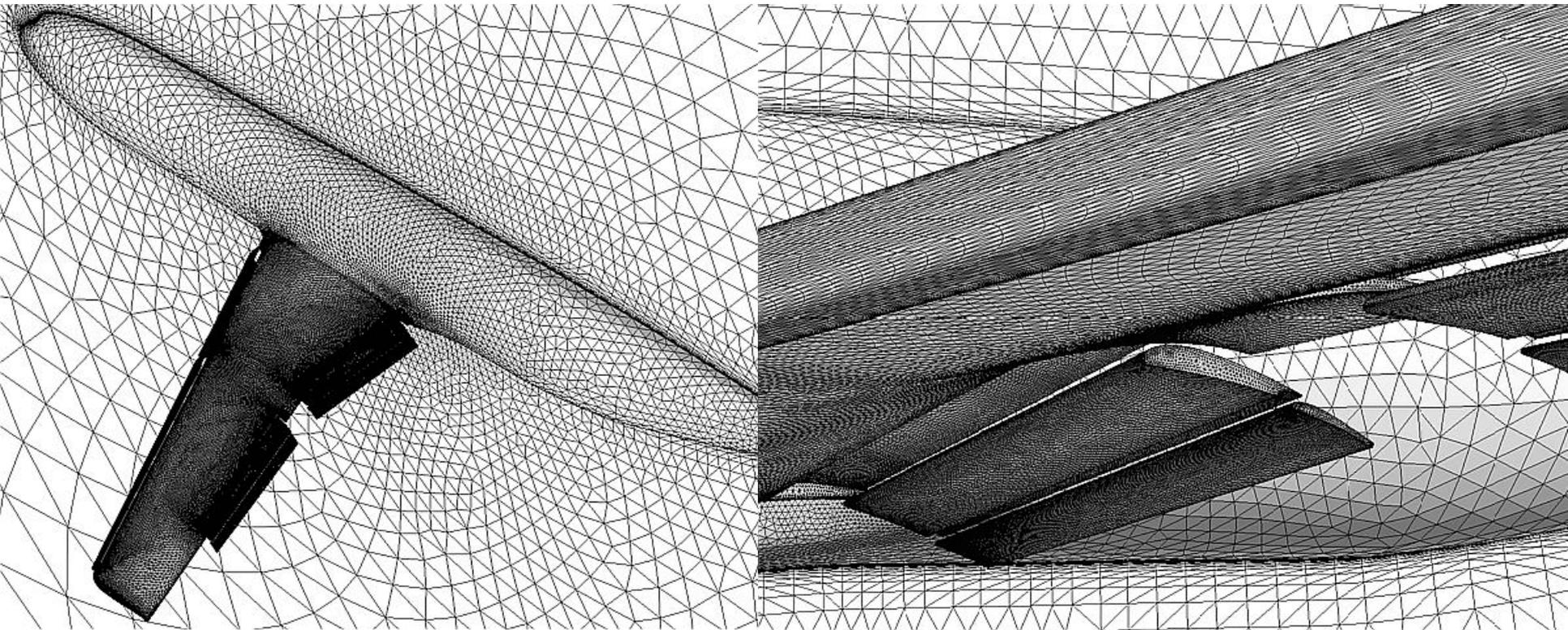
bei 20000 Zeitschritten:  $\rightarrow 0.54\text{s} \cdot 20000 = 10850 \text{ s} \approx \mathbf{3 \text{ Stunden}}$

## Ergebnis Darstellung

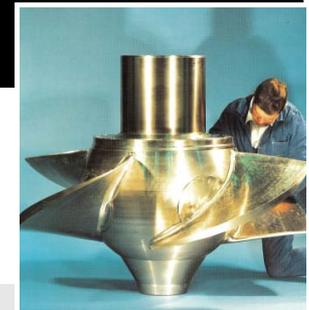
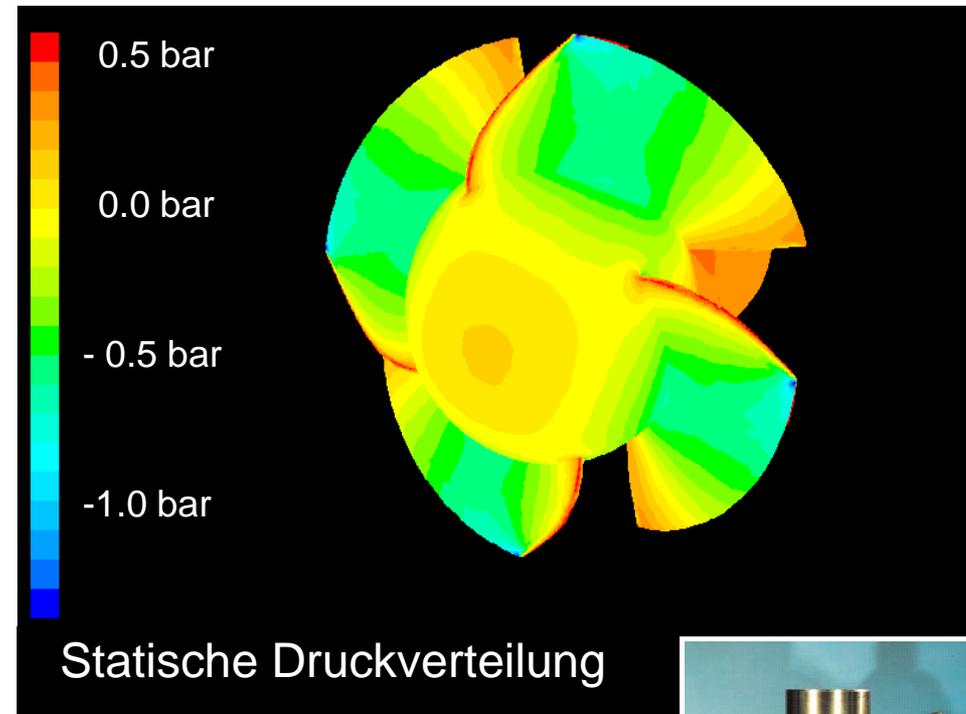
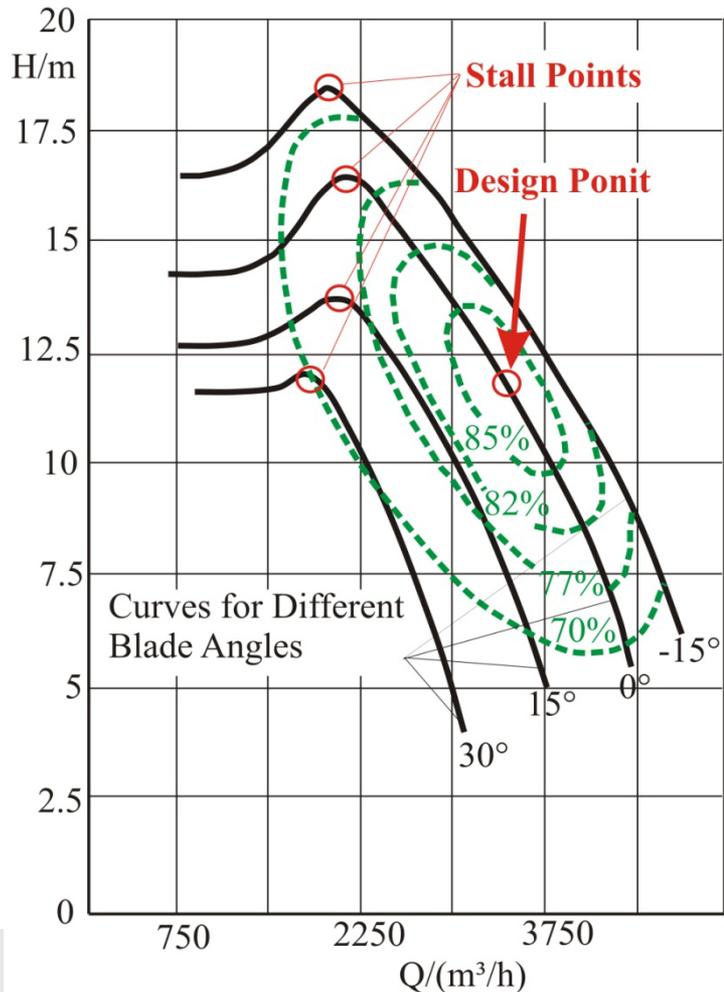
- Die Ergebnisse in den einzelnen Teilgebieten werden zur Visualisierung zu einem Bild zusammengesetzt:



## Technologieentwicklung: Flugzeugaerodynamik



## Technologieentwicklung: Kreiselpumpe für die Kraftwerkstechnik

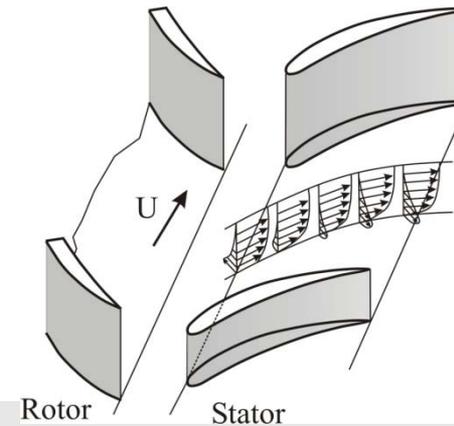
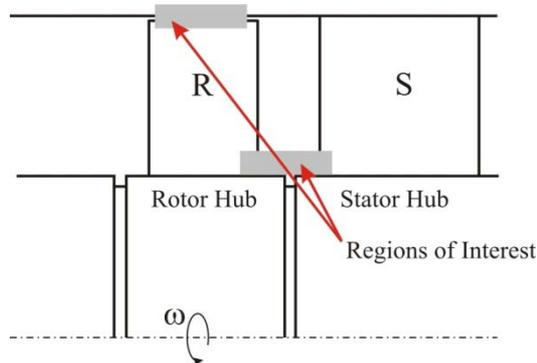
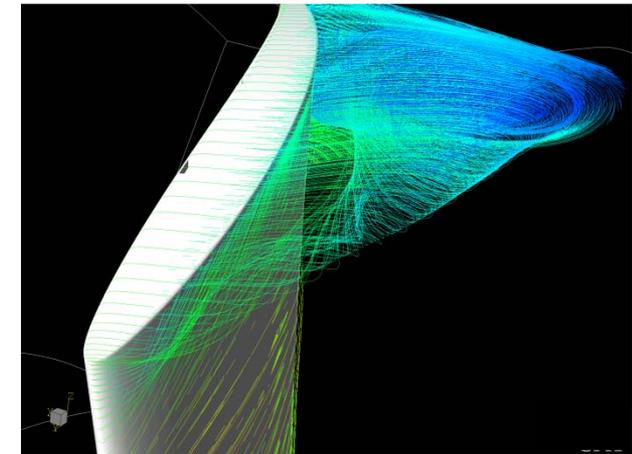
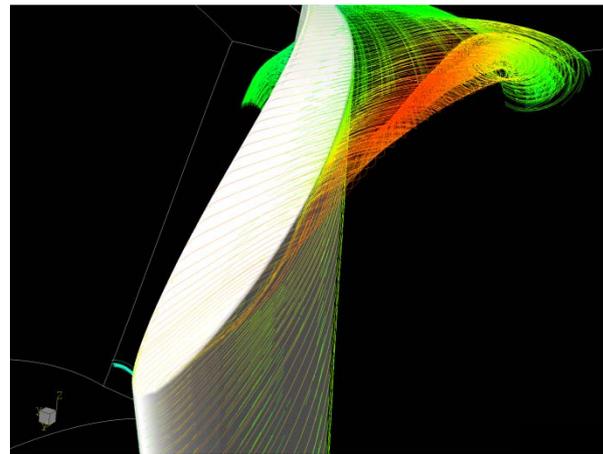
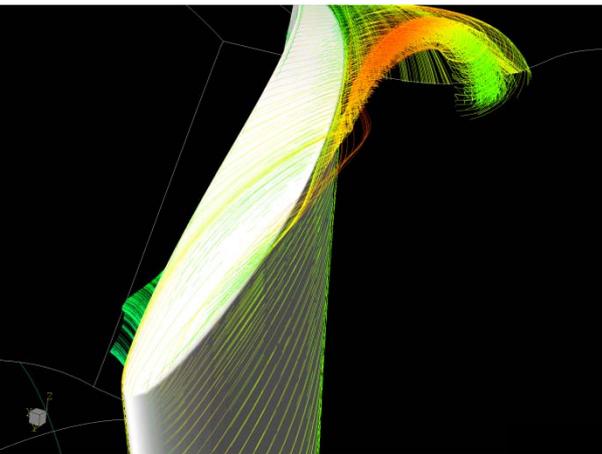


## Technologieentwicklung: Effizienter und leiser Ventilator

100% Massenstrom (Design)

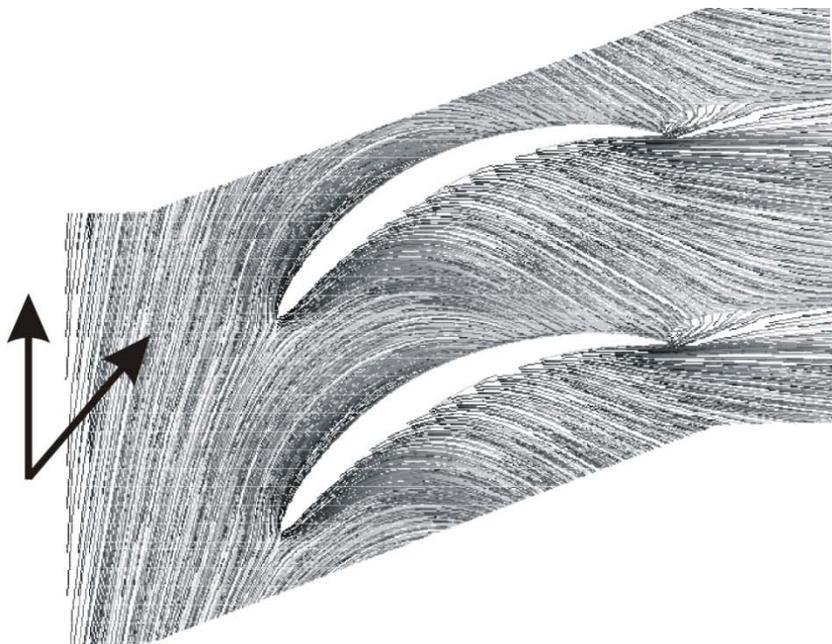
80 % Massenstrom

~69 % Massenstrom

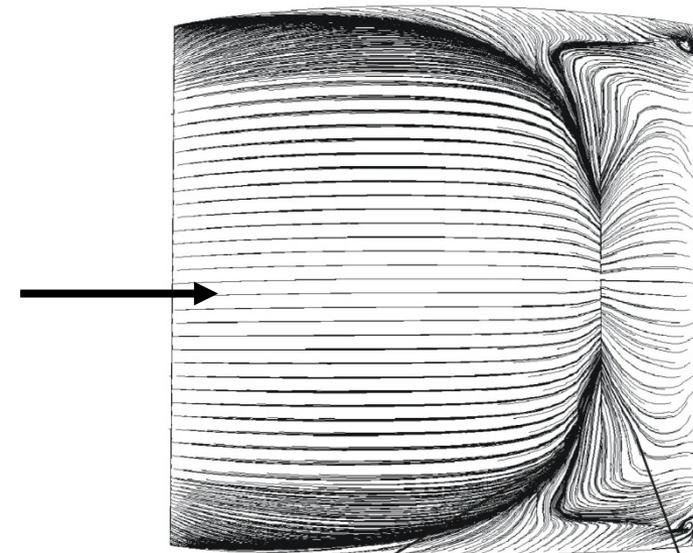


## Wissenschaftliche Untersuchung der Strömung in einer axialen Turbomaschine

### Sekundärströmung im Naben- und Schaufelblattbereich



Nabenregion



Ablöselinie

Rückströmung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

