



**Strömungsoptimierung durch mikrostrukturierte
Oberflächen im Eisenbahnwesen – Darstellung von
Möglichkeiten und Anforderungen bei
Hochgeschwindigkeitszügen**

40. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge“
11.-14. September 2011, Graz, Österreich

DI Peter Leitl, DI Andreas Flanschger

Allgemeines zur Thematik „Riblets“

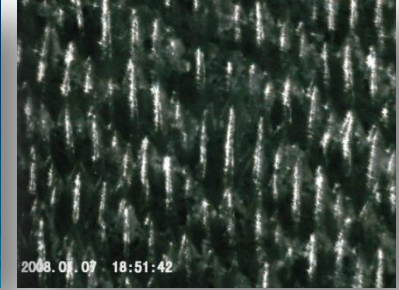
- Vorstellung bionic surface technologies (BST) GmbH
- Reibungsreduktion in der turbulenten Grenzschicht mit Riblets
- Vorgehensweise Berechnung von Riblets
- Realeinsatz am Flugzeug und Windkanalergebnisse

Anwendung an Hochgeschwindigkeitszügen

- Leistungsbedarf von Hochgeschwindigkeitszügen
- Aerodynamische Widerstandsanteile
- Potential zur Reduktion des Reibungswiderstandes durch Riblets
- Vereinfachte CFD Berechnung eines Hochgeschwindigkeitszuges
- Zusammenfassung und Diskussion

bionic surface technologies

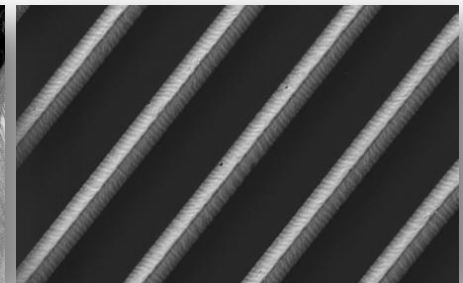
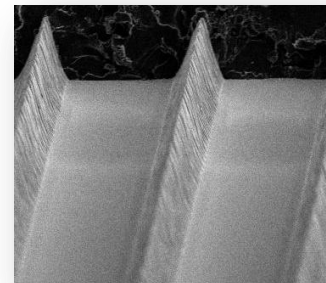
BIONIC. the nature shows the solutions



SURFACE. several surfaces need several solutions



TECHNOLOGIES. realizing bionic solutions for technical applications



Der Strömungswiderstand

Strömungswiderstand verursacht Kosten und CO2 Ausstoß

Strömungswiderstand = Druck.- + Reibungswiderstand

Viskoser Reibungswiderstand bei modernen Anwendungen bis zu **80%**



~ 80 Prozent



~ 50 Prozent



~ 50 Prozent

Bildquellen:

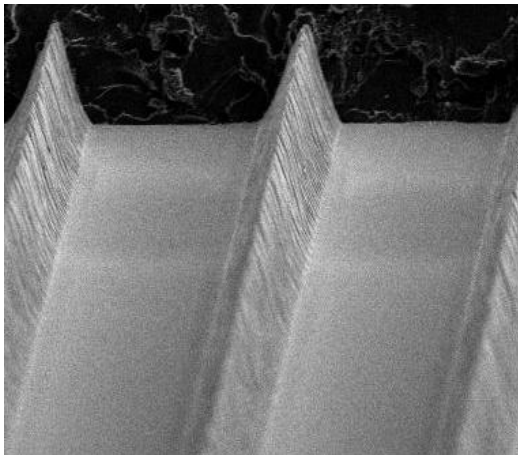
Windkraft - www.jpweb-design.com

High-Speed Train - Bombardier Transportation (www.contitech.de)

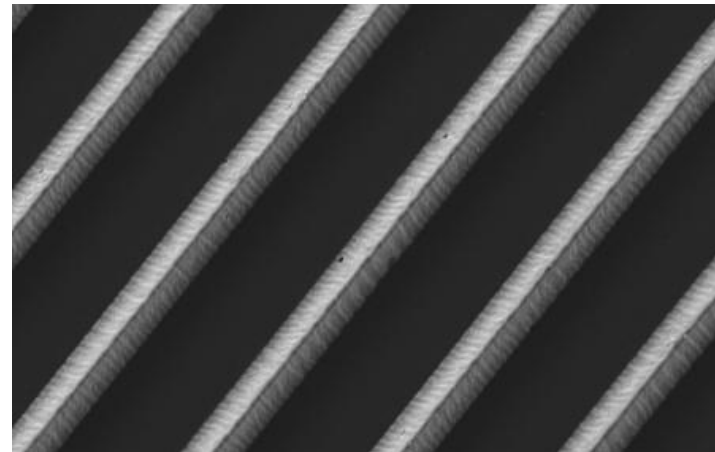
Der Riblet-Effekt

Strömungswiderstand vermindern durch Riblets

Riblets sind mikro- und nanostrukturierte Rillen,
die längs entlang der Strömung angeordnet,
bei exakter geometrischer Auslegung,
die Reibung in der turbulenten Grenzschicht von Strömungen,
um bis zu 8% verringern.



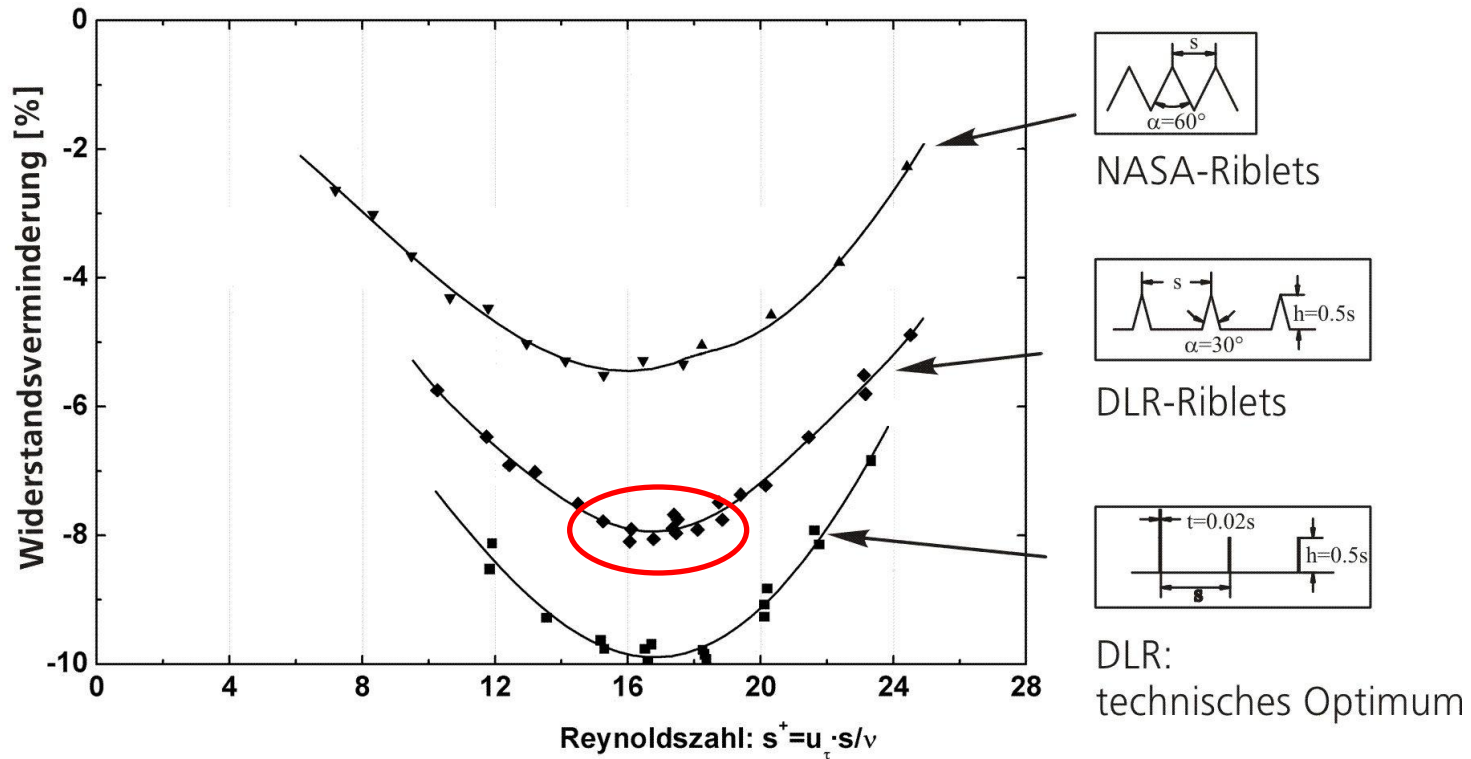
REM-Aufnahme



REM-Aufnahme

Der Riblet-Effekt

Mit Riblets lässt sich der **Reibungswiderstand** um bis zu **8% reduzieren**.



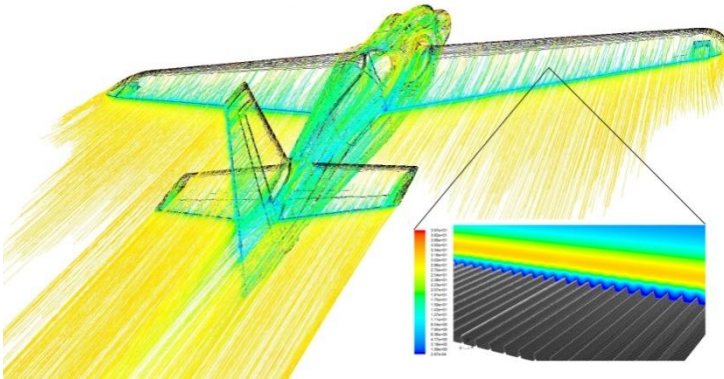
Reynoldszahl:
Wandschubspannungsgeschwindigkeit
Wandabstand
kinematische Viskosität

$$s^+ = u_\tau s / \nu [-]$$

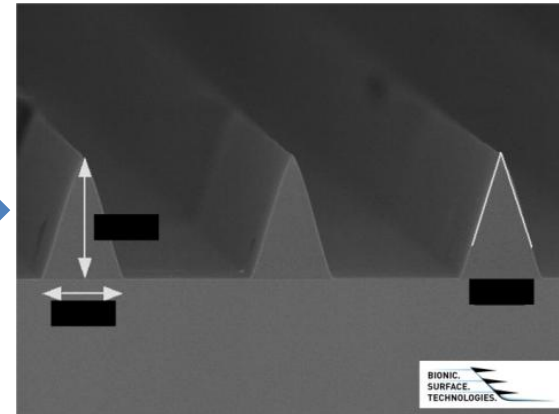
$$u_\tau \text{ [m/s]}$$

$$s \text{ [m]}$$

$$\nu \text{ [m}^2\text{/s]}$$



CFD Analyse von versch.
Betriebspunkten



Produktion der
Mikrostrukturen



Einsatz am Objekt



Aufbringen der Oberflächenstruktur
als Lack oder Folie

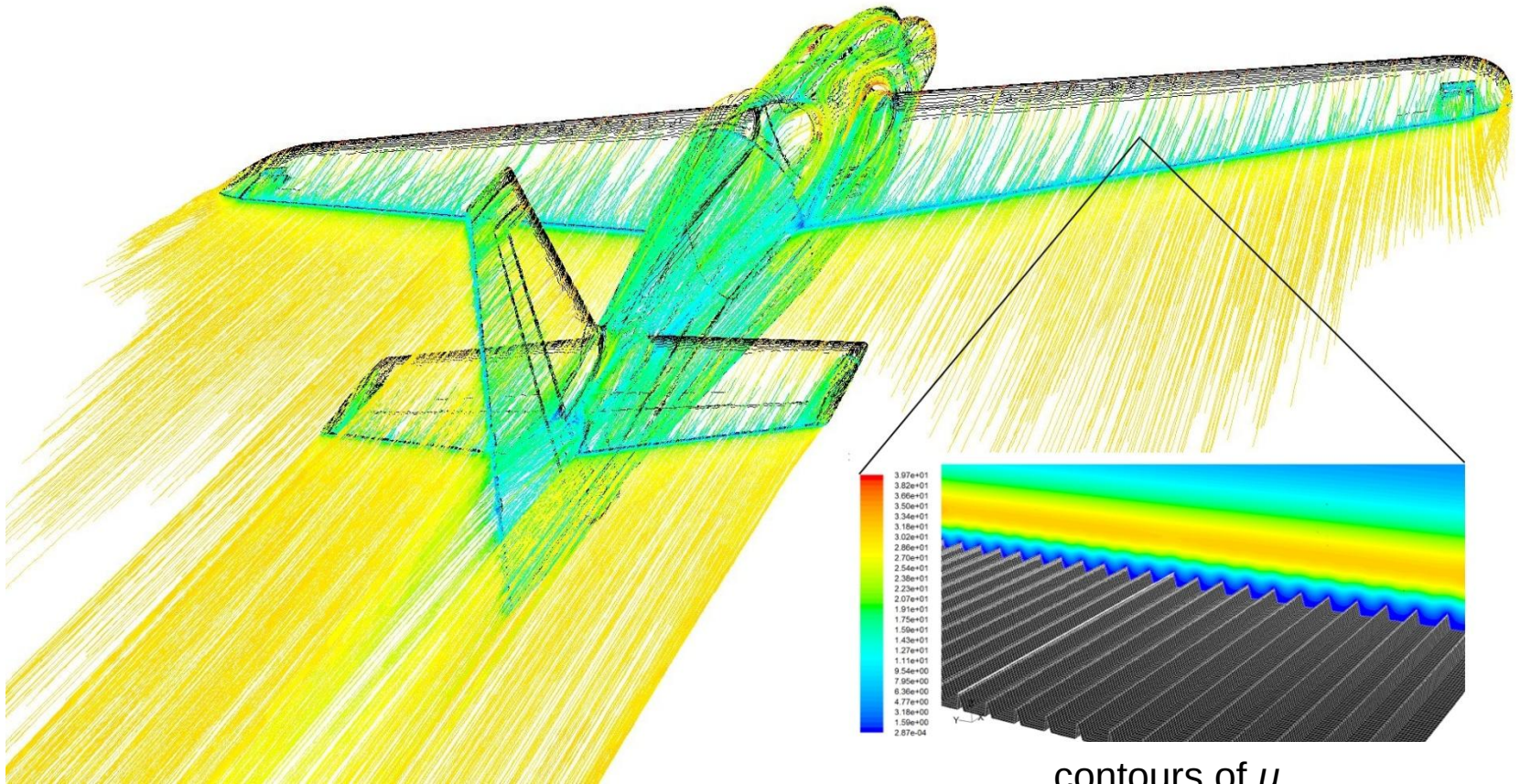
CFD-Analyse

- Betrachtung von verschiedenen Betriebspunkten im Maßstab 1:1
- Mittels Berechnungsalgorithmus werden Strömungszustände auf Ribletoberfläche umgerechnet
- Berechnung zeigt bei welchen Flächen welche Ribletstrukturen welchen Vorteil gegenüber einer glatten Oberfläche bringen
- Berechnungen ergeben den Gesamtnutzen von Riblets gegenüber glatter Oberfläche und erspart Kosten für Realtests
- Berechnung dient als Basis von Wirtschaftlichkeitsrechnungen für einen möglichen Einsatz von Riblets

CFD-Analyse

EDGE 540:

Streamlines Contours of velocity [m/s]



Ergebnisse

Flugmotorsport

Flugzeugtyp Zivko Edge 540

- 60% beklebte Oberfläche

Resultat: mit Riblets **1,56 % schneller →**
3,8 % mehr Effizienz



Flugzeugtyp Cassutt

- 60% beklebte Oberfläche

Resultat: mit Riblets **1,58 % schneller →**
4 % mehr Effizienz



Anwendung bei Hochgeschw.zügen

40. Tagung "Moderne Schienenfahrzeuge" Graz -2011

Leistungsbedarf von Zügen

Gesamtleistung in Watt [W]:

$$P_G = (F_R + F_L + F_H + F_B) \cdot v$$

Rollwiderstand in N:

$$F_R = \mu_R \cdot m \cdot g$$

Luftwiderstand in N:

$$F_L = c_W \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{v^2}{2}$$

Beschleunigungswiderstand in N:

$$F_B = m_{res} \cdot \frac{dV}{dt}$$

Steigungswiderstand in N:

$$F_H = m \cdot g \cdot \sin(\arctan N)$$

Leistungsbedarf von Zügen

Leistungsbedarf ohne Steigung, ohne Beschleunigung:

$$P_G = (F_R + F_L) \cdot v$$

Rollleistung in W:

$$P_R = \mu_R \cdot m \cdot g \cdot v$$

Leistungsbedarf Luftwiderstand:

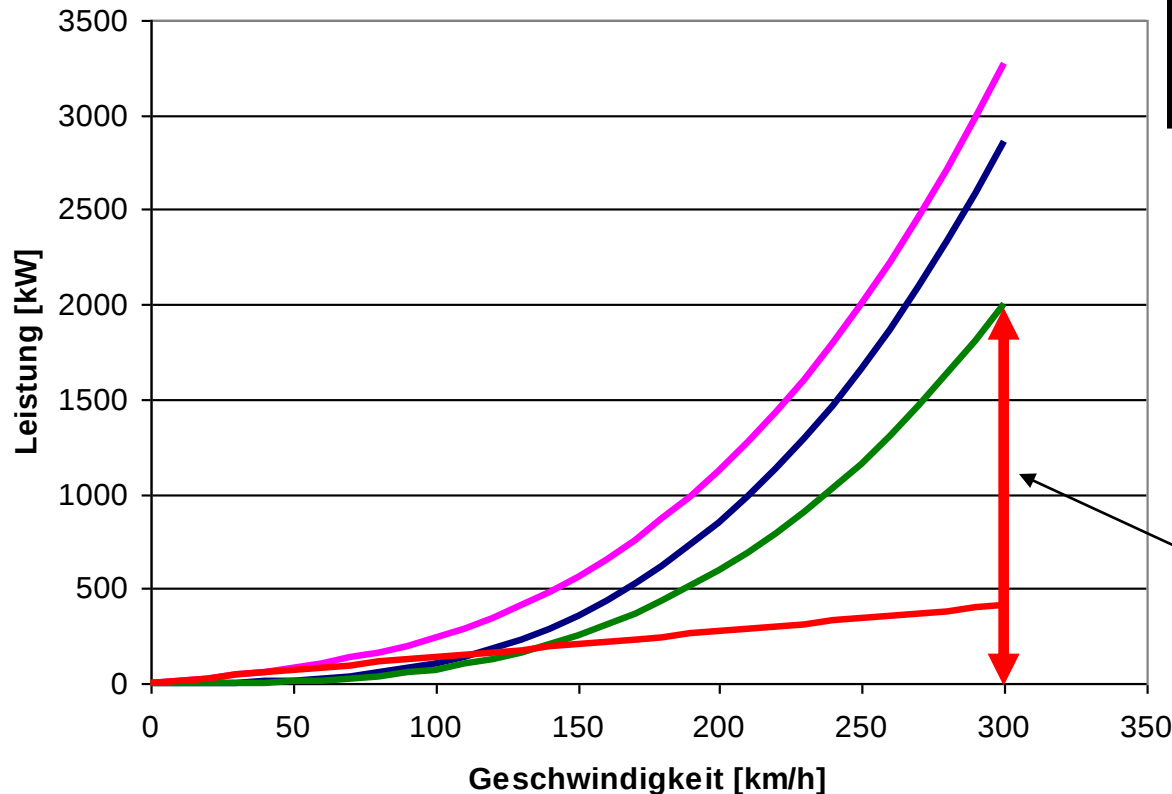
$$P_L = c_W \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{v^3}{2}$$

Bei hohen Geschwindigkeiten ist der Leistungsbedarf um den aerodynamischen Widerstand zu überwinden mit großem Abstand der dominante Anteil am Gesamtwiderstand.
Geschwindigkeit geht mit der 3. Potenz ein!

Leistungsbedarf von Zügen

Leistungsbedarf ohne Steigung, ohne Beschleunigung (fiktives Beispiel):

Vereinfachter Leistungsbedarf



Masse Zug [t]	435	Rollreibung [-]	0.001
Cw [-]	0.8	Dichte [kg/m³]	1.125
Fläche [m²]	10		

- Gesamtleistung
- Aero Leistung Gesamt
- Viskose Reib Leistung
- Roll Leistung

viskose Reibungsleistung

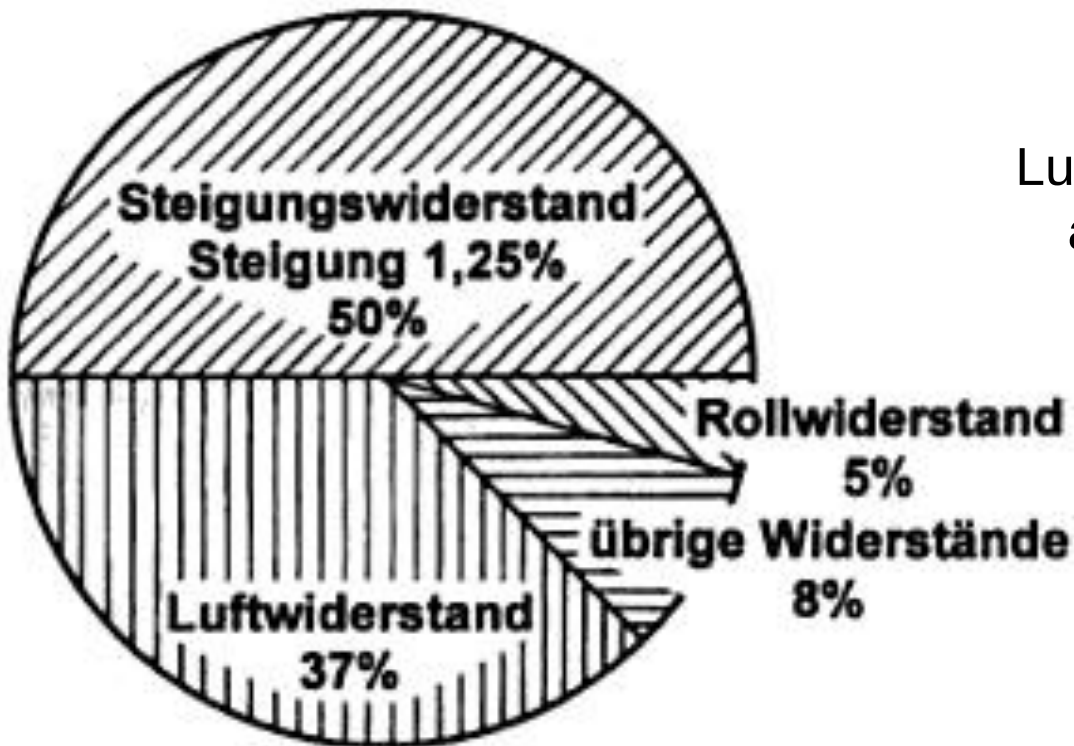


Gesamtwiderstand von Zügen

40. Tagung "Moderne Schienenfahrzeuge" Graz -2011

Aufteilung des Fahrwiderstandes

Beispiel der Fahrwiderstände bei einem ICE I bei einer Geschwindigkeit von 250 km/h und 1,25% Steigung.



Bei 0° Steigung ist der Luftwiderstand mit **74 %** der absolute Hauptanteil!!

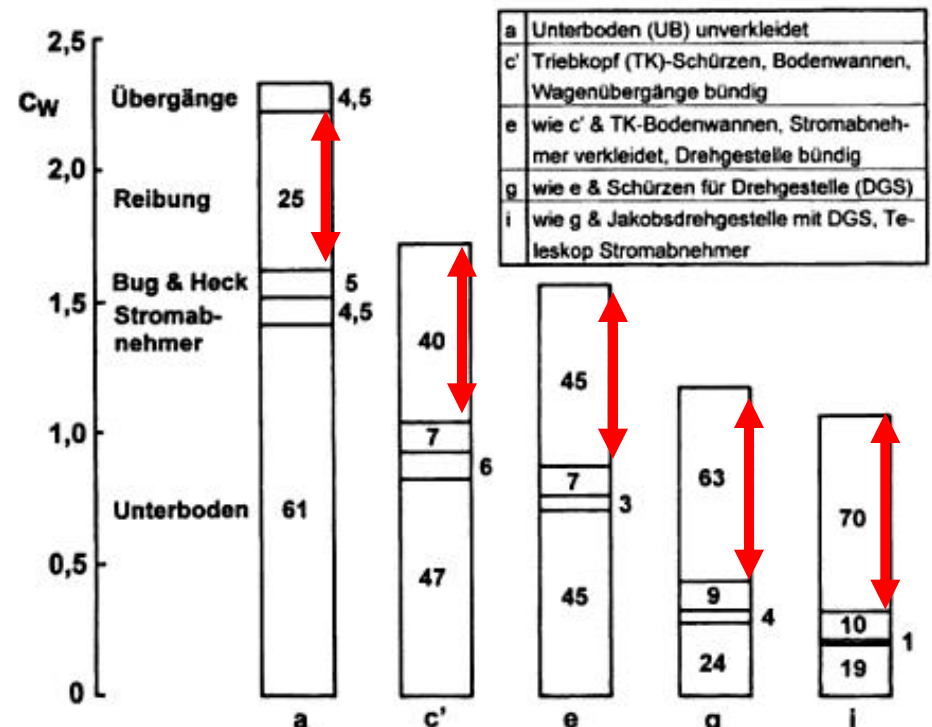
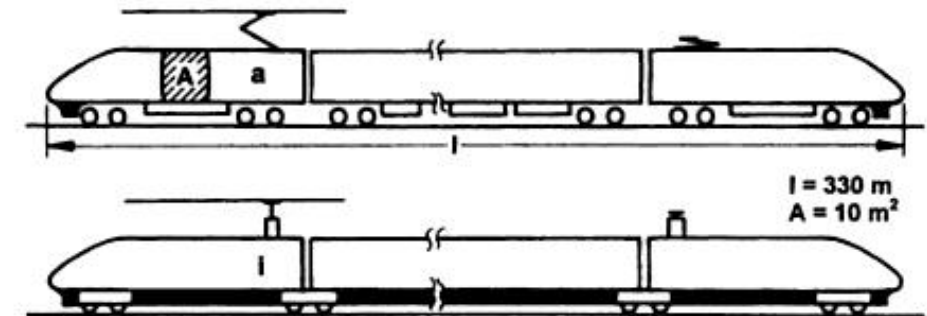
Einsatz bei Schienenfahrzeugen

Luftwiderstand von Hochgeschwindigkeitszügen

Reduzierung des Luftwiderstandes diskutiert am Beispiel ICE I. Die Anteile werden in Prozent aufgelistet.

Zu erkennen ist, dass mit der Senkung des Druckwiderstandes der Reibungswiderstandsanteil steigt.

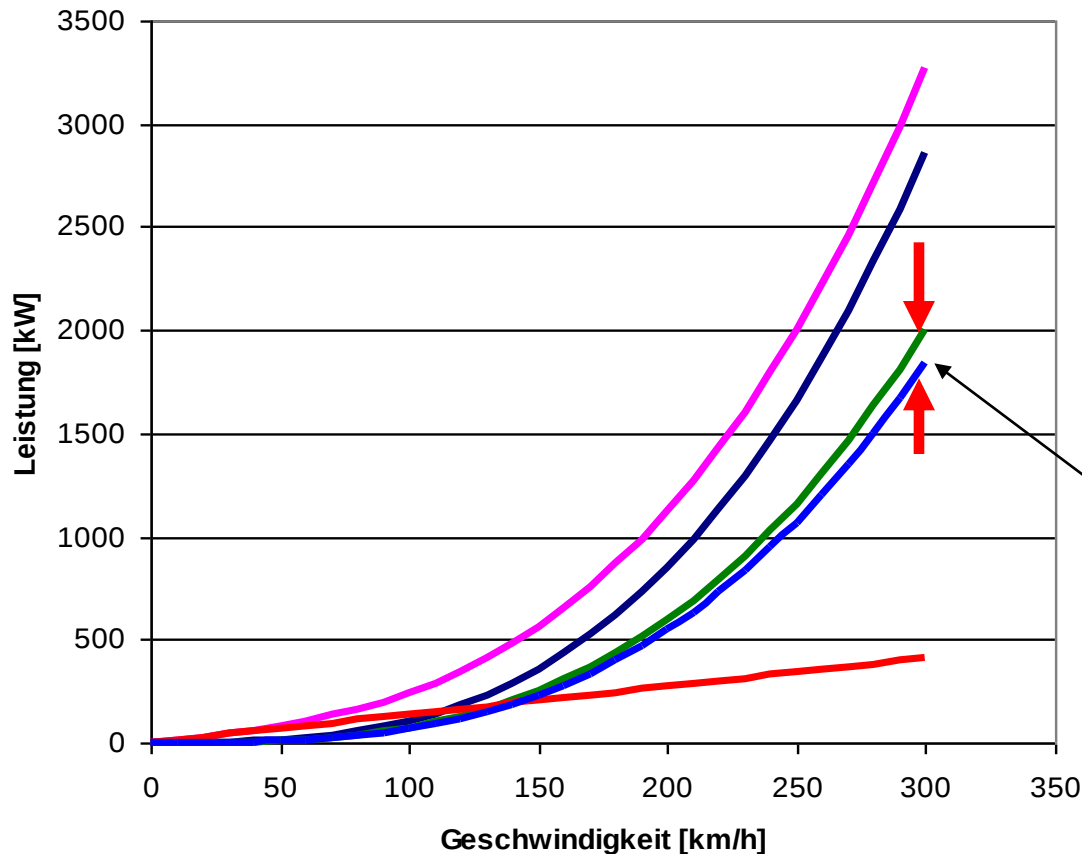
Bei 250km/h beträgt der Reibungsanteil am Luftwiderstand 70%



Leistungseinsparung durch Riblets

Leistungsbedarf ohne Steigung, ohne Beschleunigung (fiktives Beispiel):

Vereinfachter Leistungsbedarf



Masse Zug [t]	435	Rollreibung [-]	0.001
Cw [-]	0.8	Dichte [kg/m ³]	1.125
Fläche [m ²]	10		

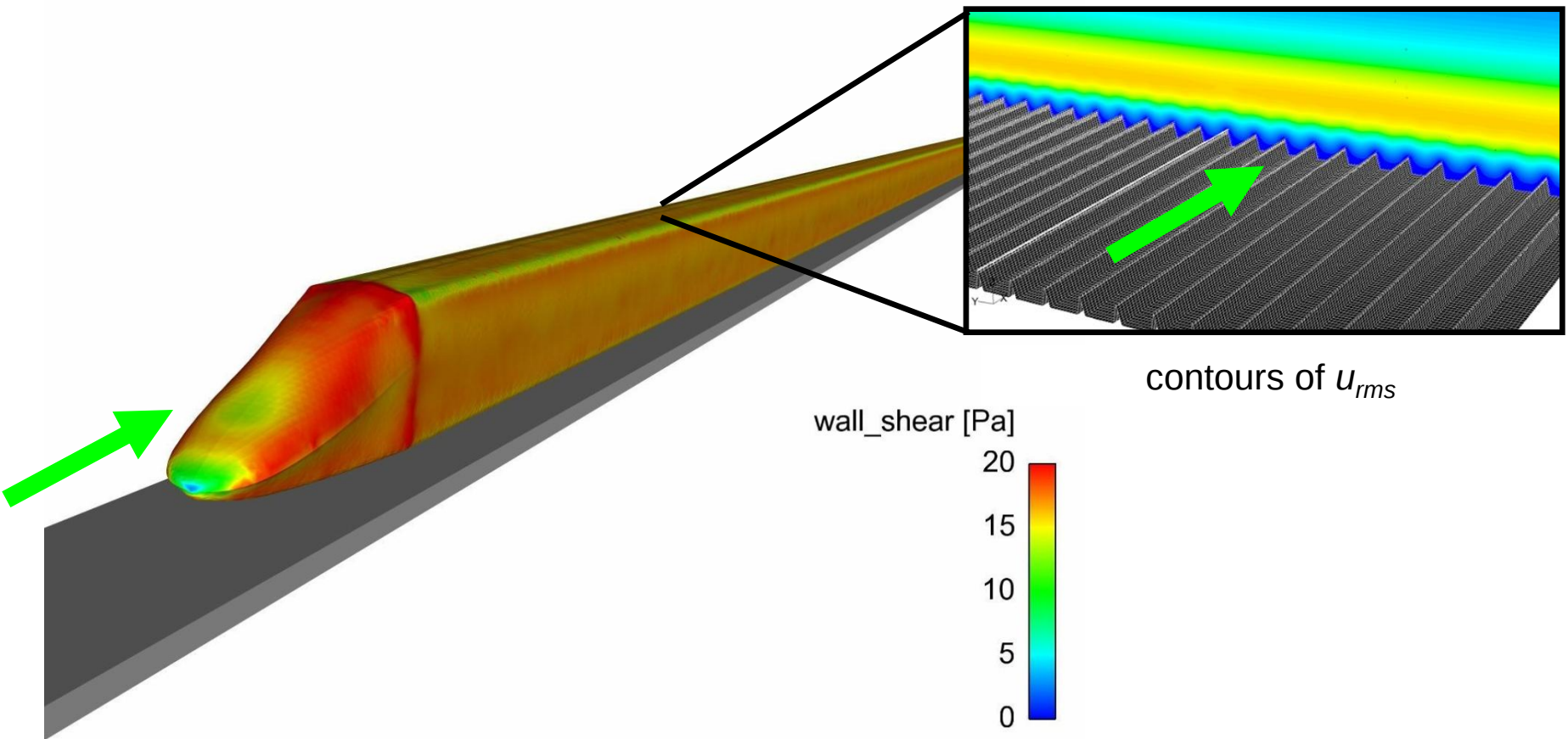
- Gesamtleistung
- Aero Leistung Gesamt
- Viskose Reib Leistung
- Roll Leistung
- Viskose Reib Leistung mit Riblets

Leistungseinsparnis
mit Riblets bei 300 km/h
4,9 %

Vereinfachtes Berechnungsbeispiel

40. Tagung "Moderne Schienenfahrzeuge" Graz -2011

CFD Berechnung eines einem Hochgeschwindigkeitszug ähnlichen Körpers. Riblets werden durch BST-Berechnungsalgorithmus an Strömungsverhältnisse angepasst.

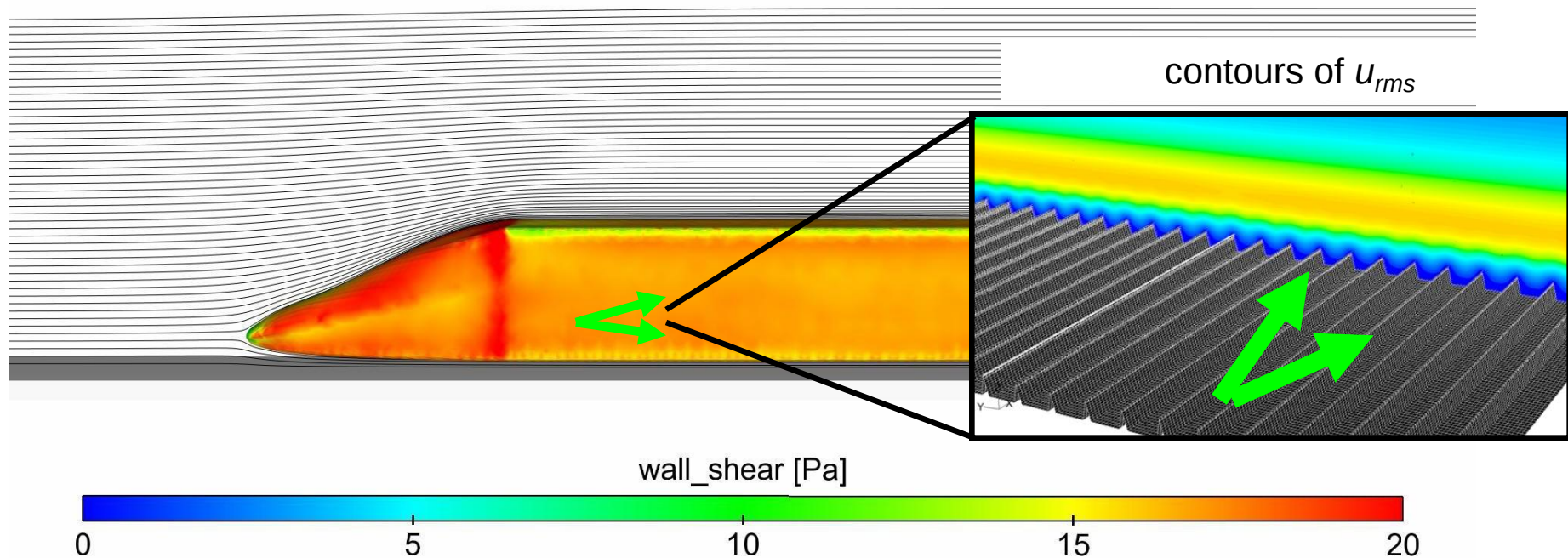




Vereinfachtes Berechnungsbeispiel

40. Tagung "Moderne Schienenfahrzeuge" Graz -2011

Mit Ausnahme von Bug und Heck zeigt die Wandschubspannung eine sehr gleichmäßige Verteilung → Riblets tragen im optimalen Bereich dazu bei die Reibungsverluste um bis zu 8% zu reduzieren!!!



Fehlanströmung von bis zu $\pm 15^\circ$ sind ohne Leistungseinbußen möglich.

Conclusio

Zusammenfassung der Ergebnisse

- Bei Hochgeschwindigkeitszügen ist die Reibung in der turbulenten Grenzschicht der dominante Widerstandsanteil
- Mit Riblets ist eine Reibungsreduktion in der turbulenten Grenzschicht um bis zu 8% möglich
- Realeinsatz am Flugzeug und Windkanalergebnisse zeigen deutlich die Funktion der verwendeten Berechnungsmethode und Technologie

Weitere Diskussion

- Realeinsatz und Reinigung von Hochgeschwindigkeitszügen mit Riblets?
- Reduktion der Schallemission in der turbulenten Grenzschicht



Strömungsoptimierung durch mikrostrukturierte Oberflächen im Eisenbahnwesen – Darstellung von Möglichkeiten und Anforderungen bei Hochgeschwindigkeitszügen

40. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge“
11.-14. September 2011, Graz, Österreich

DI Peter Leitl, DI Andreas Flanschger

bionic surface technologies GmbH
Brockmanngasse 49, 8010 Graz
info@bionicsurface.com – www.bionicsurface.com