

„Probabilistische HCF-Untersuchung von Verdichterschaufeln“

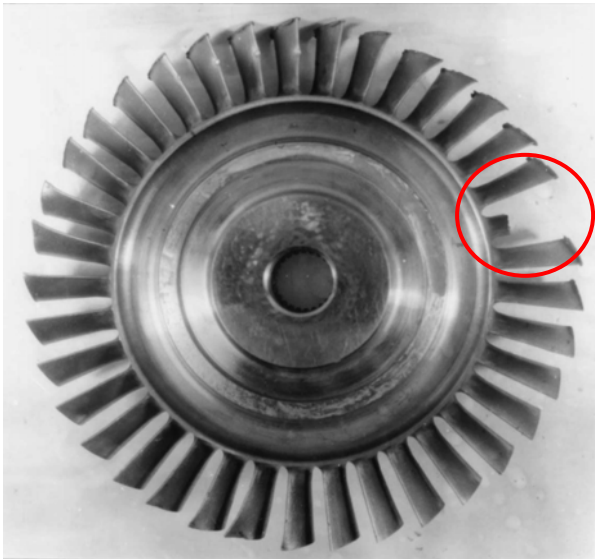
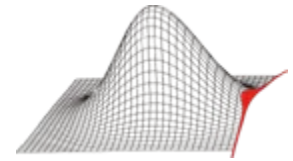
Kay Heinze, Konrad Vogeler, Matthias Voigt

Technische Universität Dresden

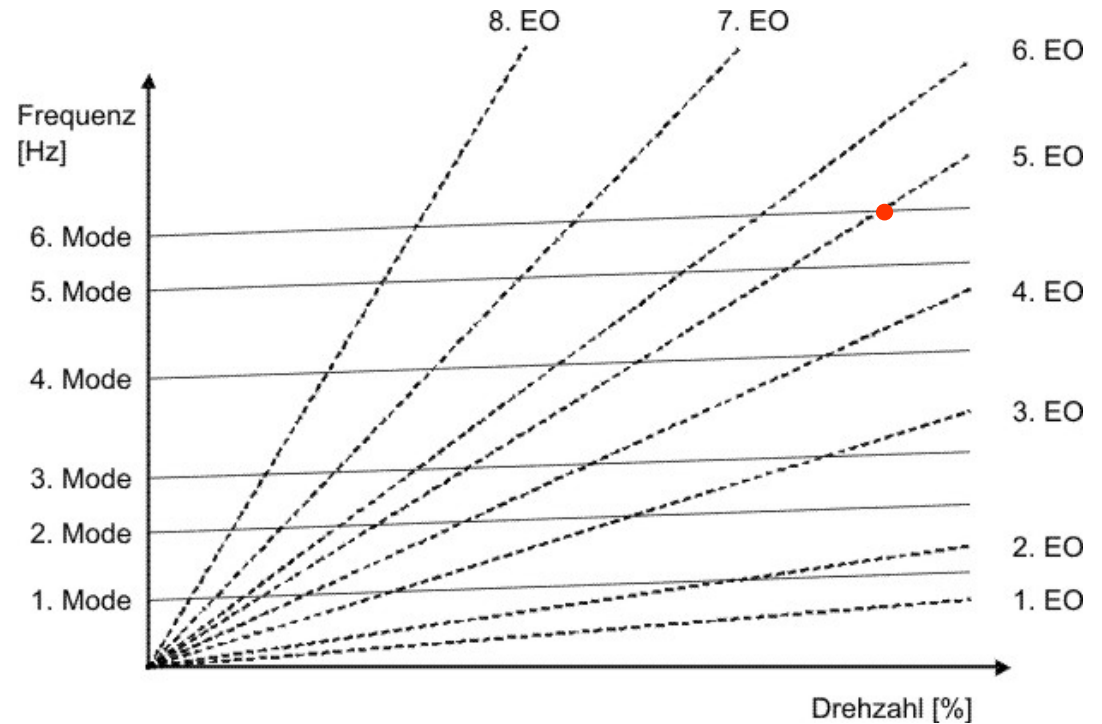
Winfried-Hagen Friedl

Rolls Royce Deutschland

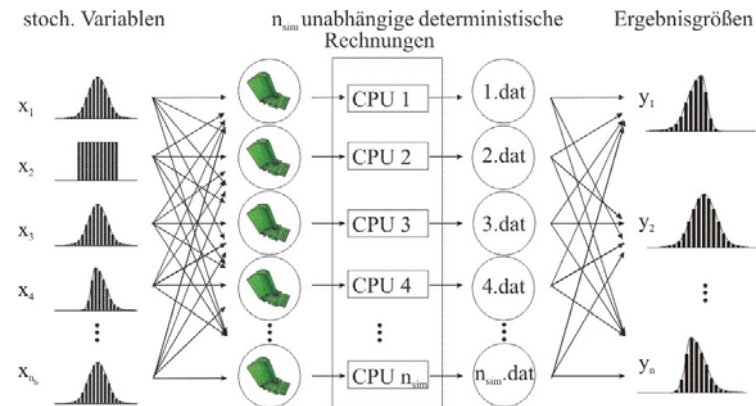
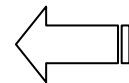
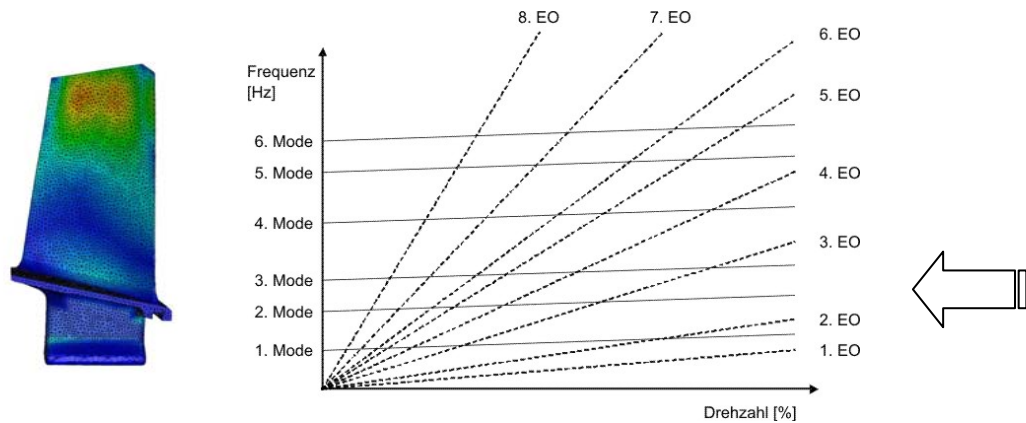
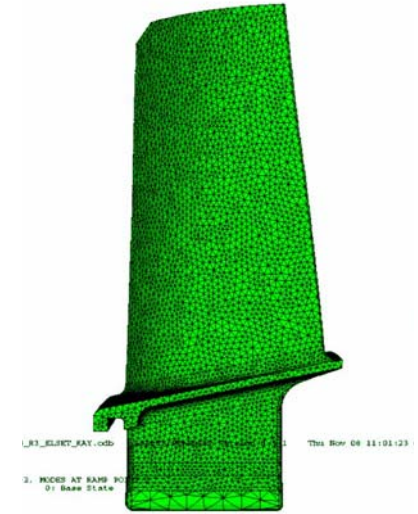
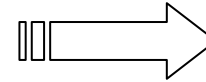
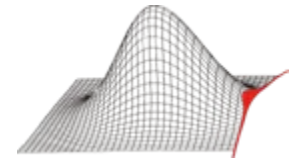
Dresden, 10. Oktober 2008



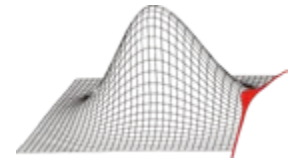
Quelle: C.H.Tao et al: Engineering Failure Analysis 6 (1999)



Resonanzschwingungen können zum Versagen des Bauteils führen

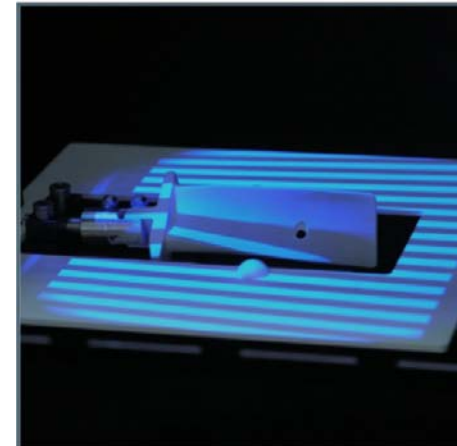
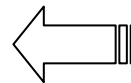


Welchen Einfluss haben die Produktionsstreuungen auf das Campbell-Diagramm und die HCF-Belastung?

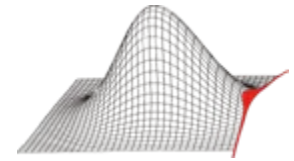


Aktuell 400 Schaufeln mittels optischen
Streifenprojektionsverfahren vermessen

Ergebnis ca. 2,1 Mio Messpunkte auf der
Schaufeloberfläche

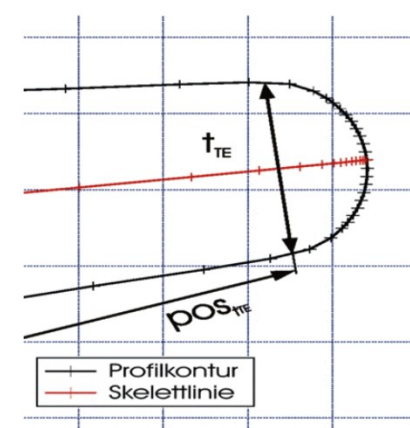
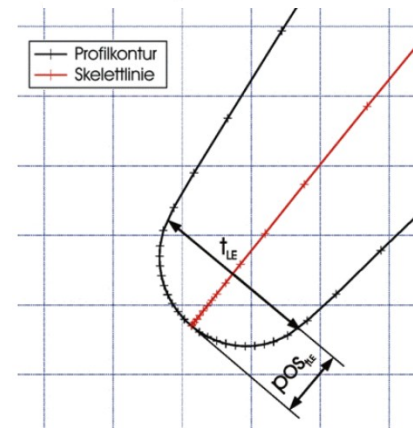
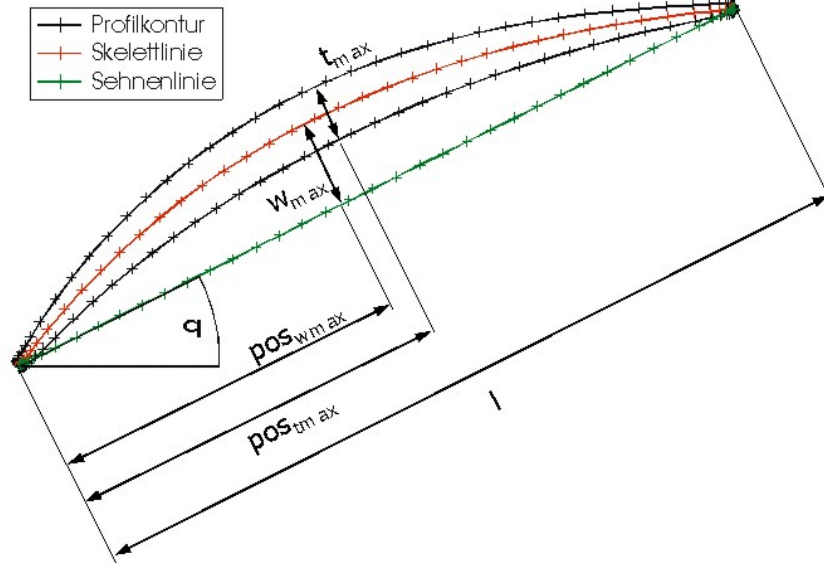
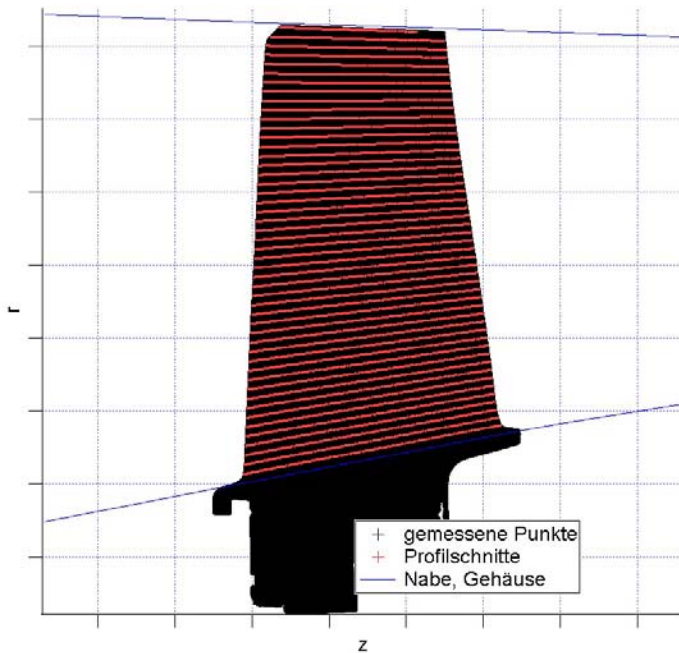


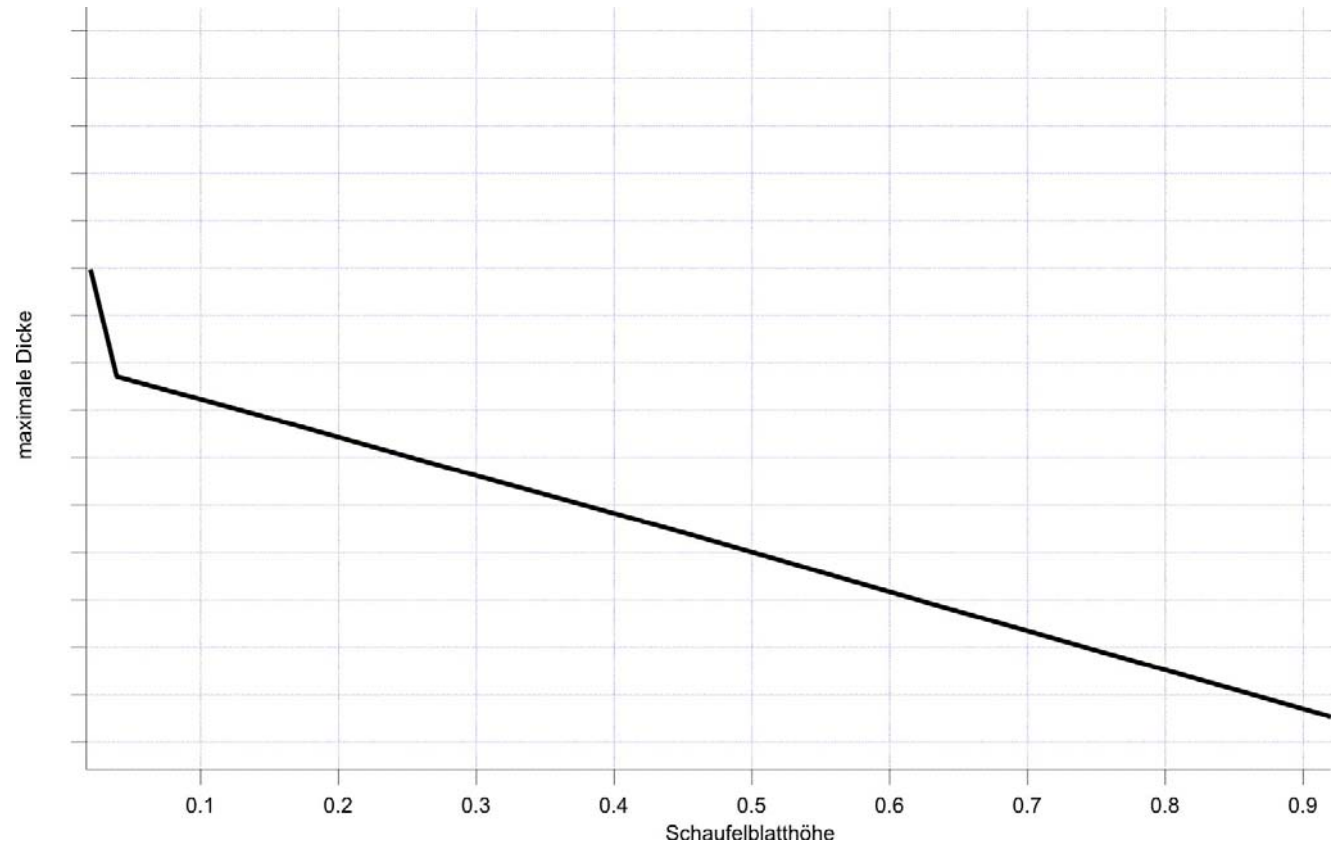
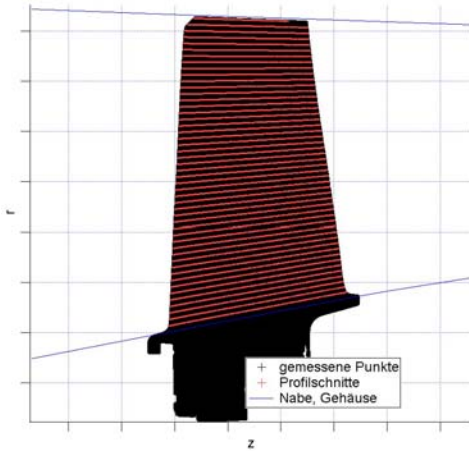
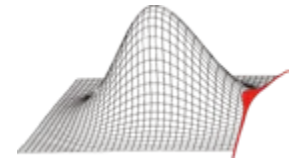
Quelle: www.ivb-jena.de

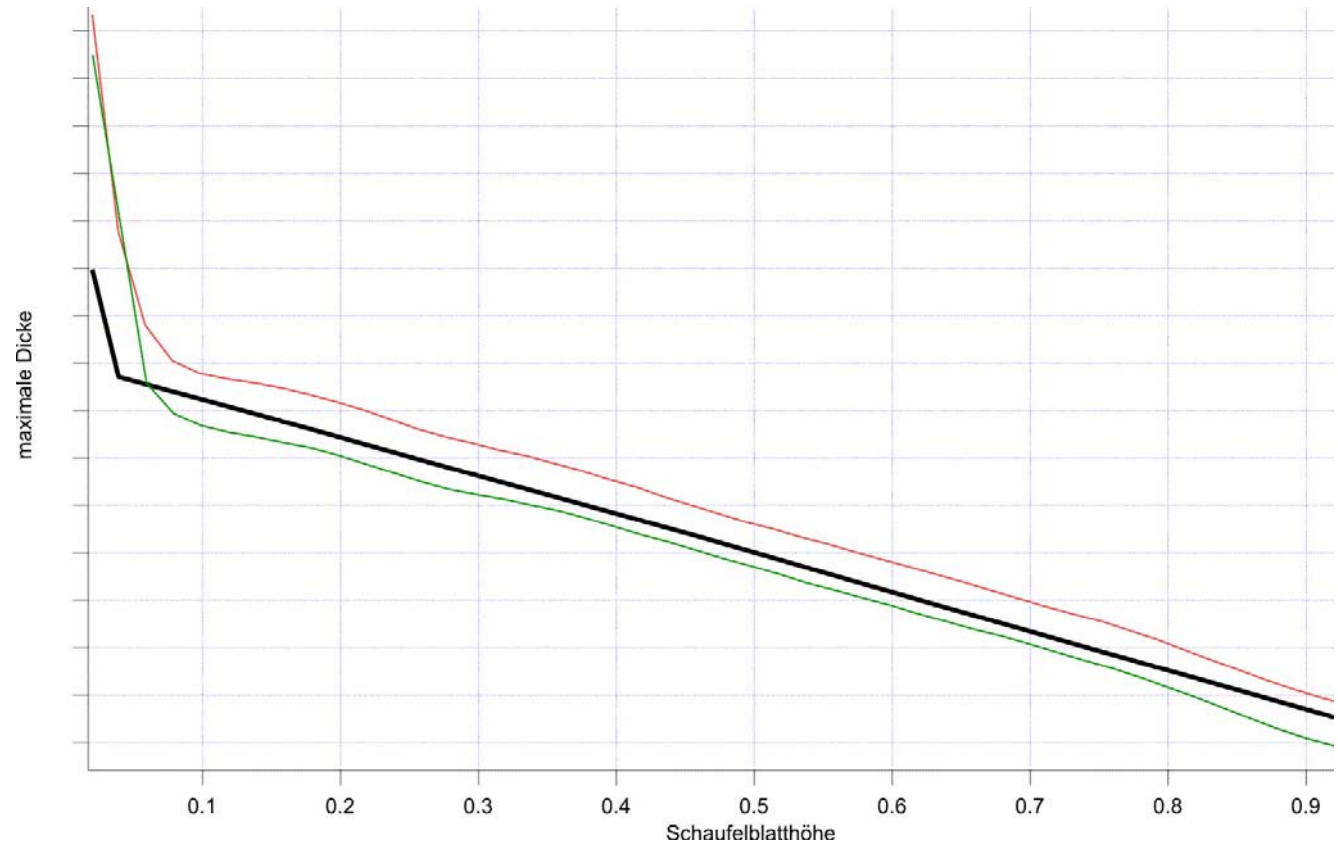
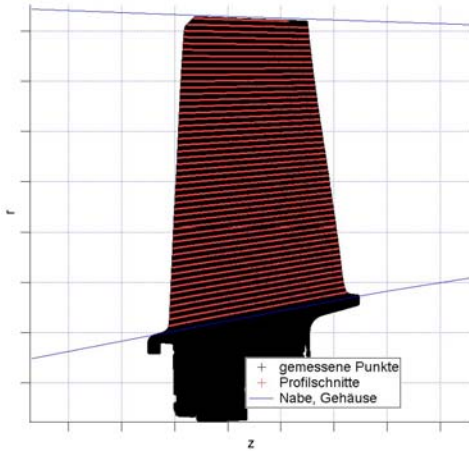
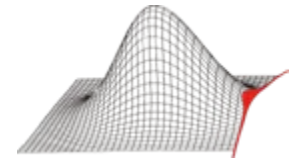


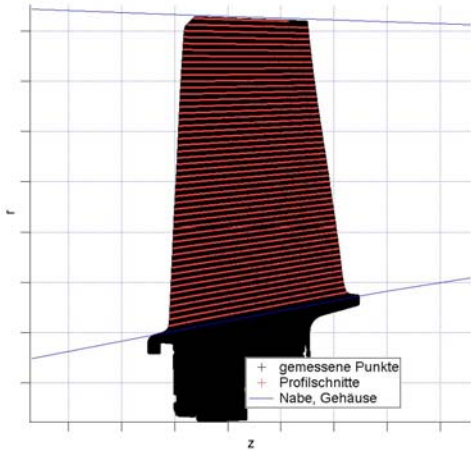
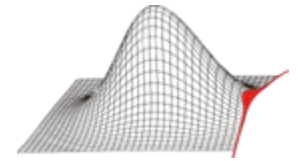
Aufteilung der Schaufel in Profilschnitte

Bestimmung von zehn Parametern je Profilschnitt (plus zwei Parameter die den Fillet der Schaufel beschreiben)

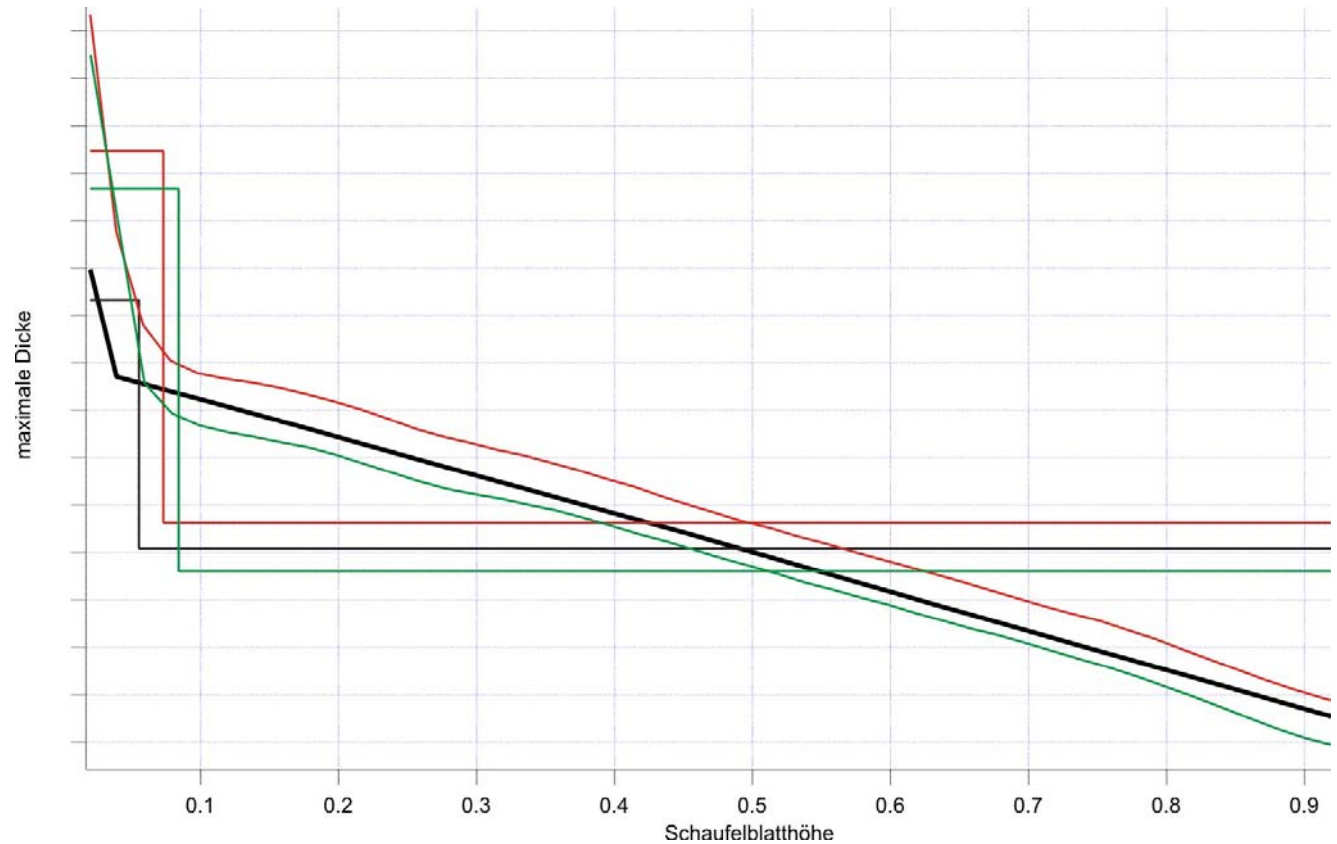


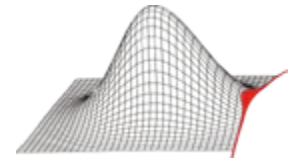




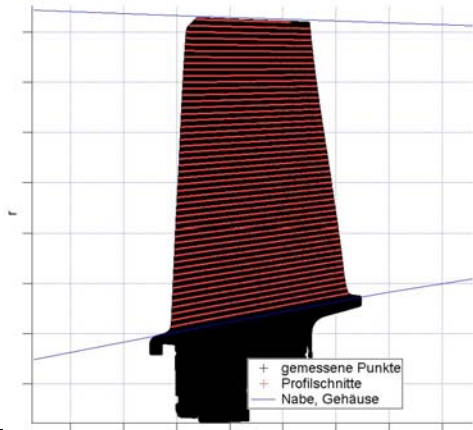


Einteilung der Schaufel in einen Bereich im Schaufelblatt, da die Charakteristik der meisten Schaufeln der Sollgeometrie entspricht.

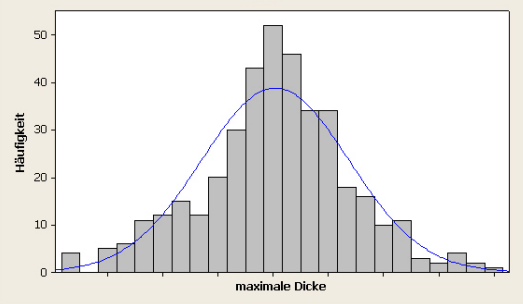




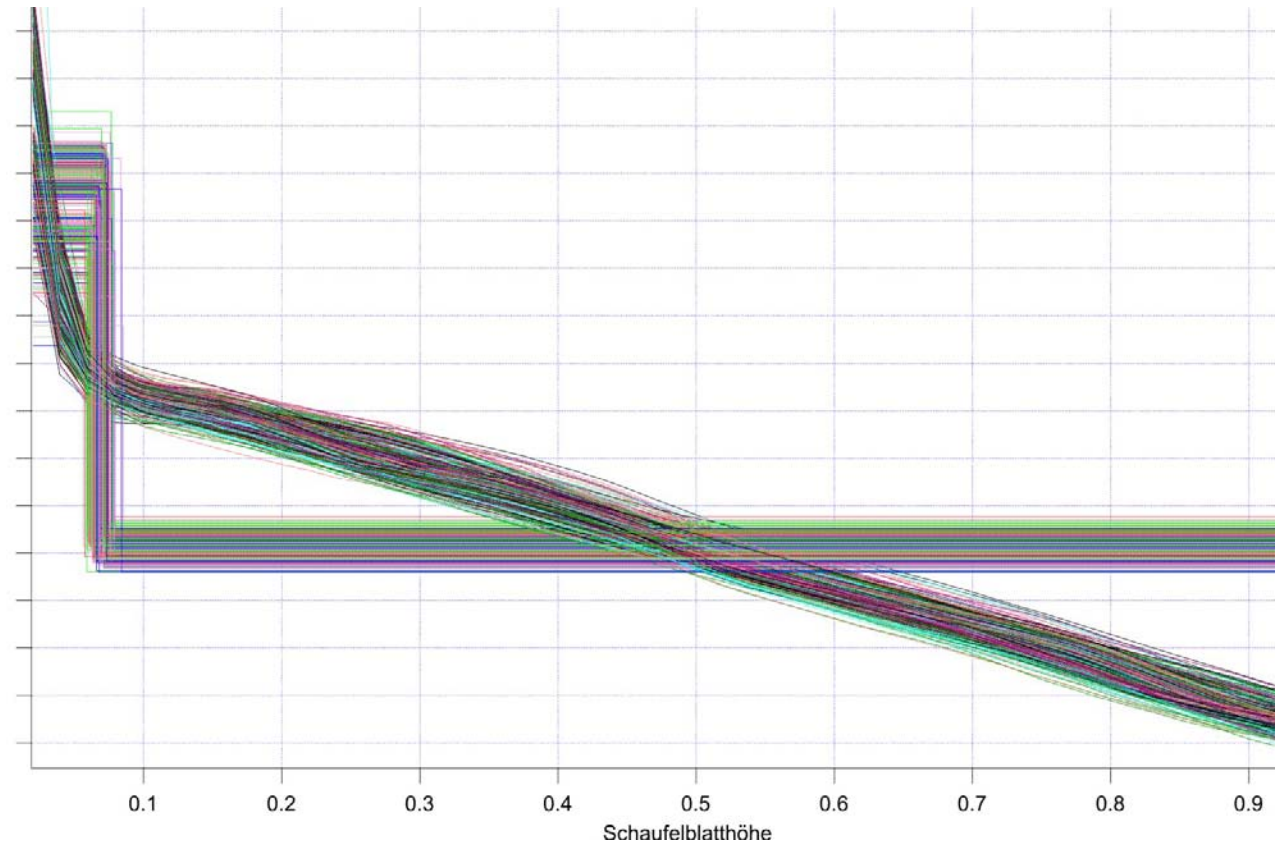
teilungen und Verteilungsparameter werden aus
mittelten Werten für einen Bereich bestimmt

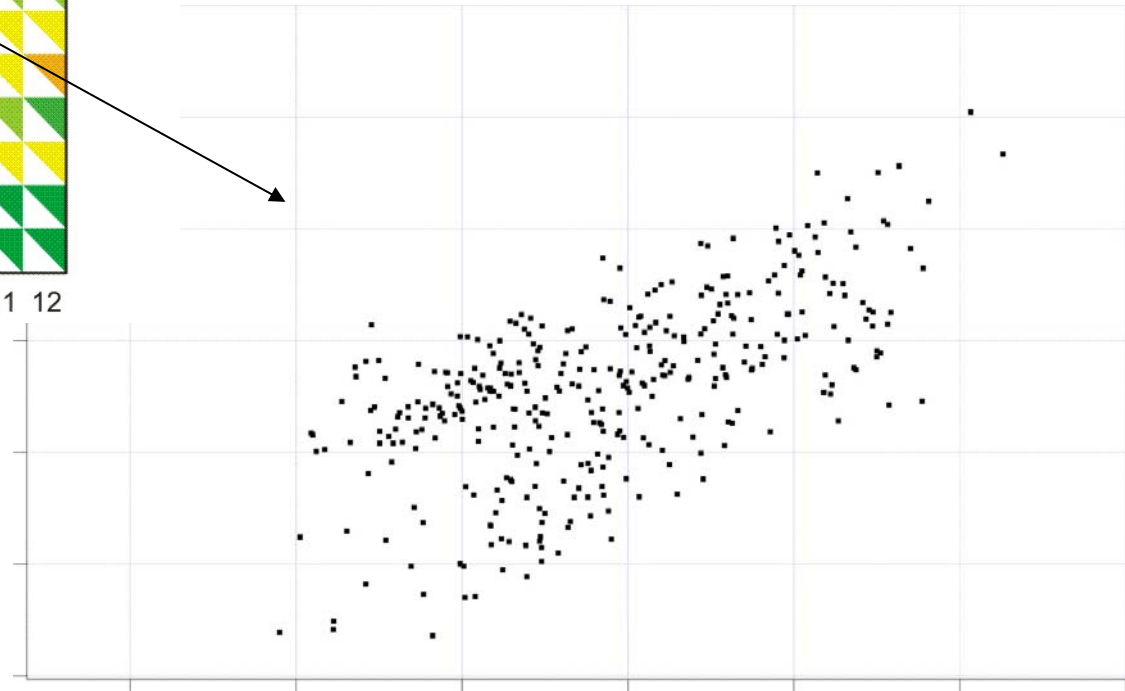
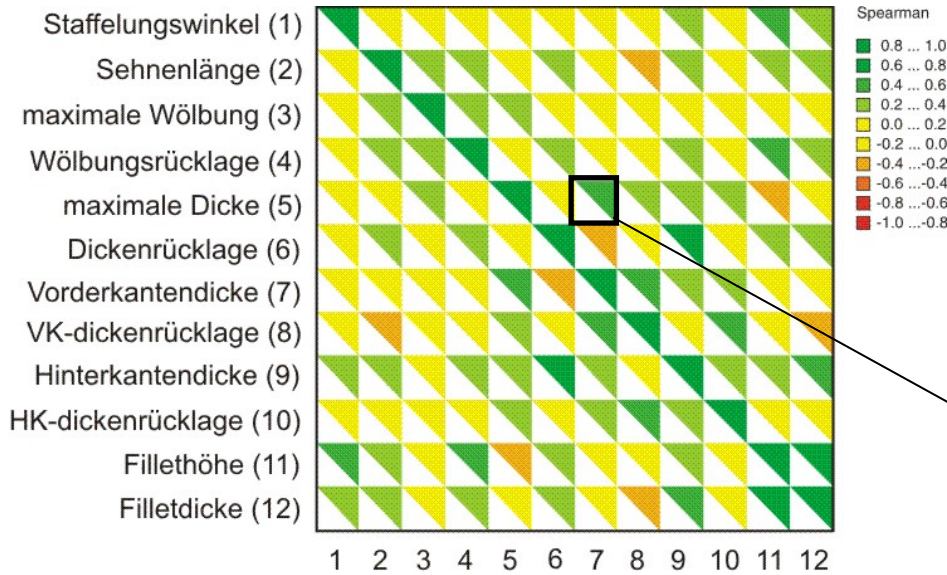
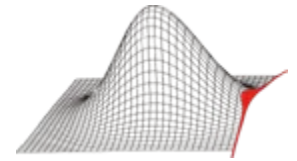


Histogramm von maximale Dicke
Normal



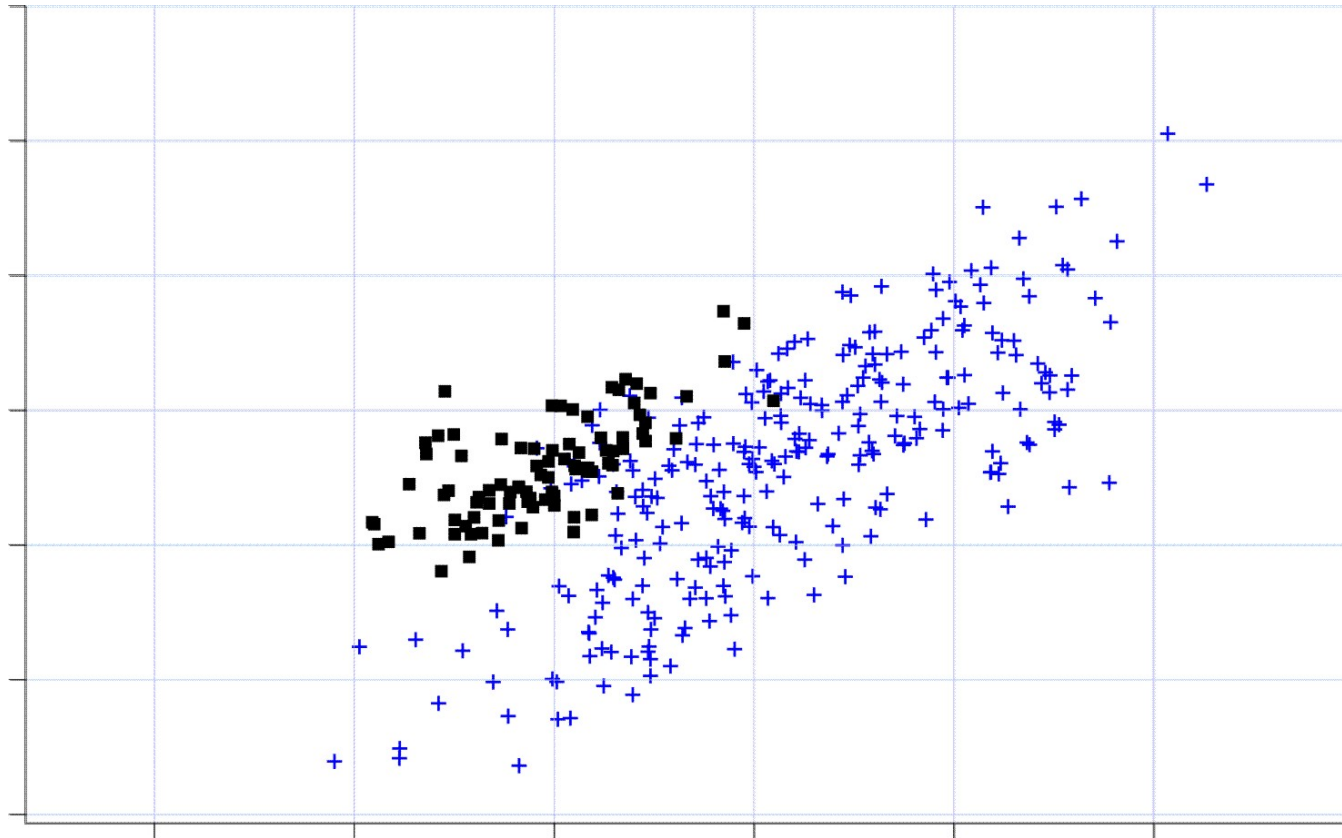
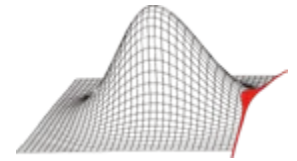
maximale Dicke





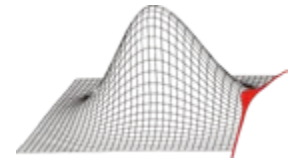
Vorderkantendicke - maximale Dicke

Aufdeckung von verdeckten Korrelation



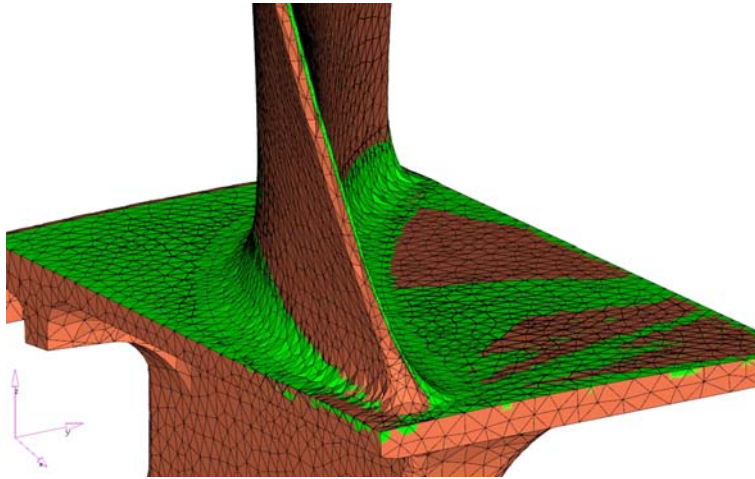
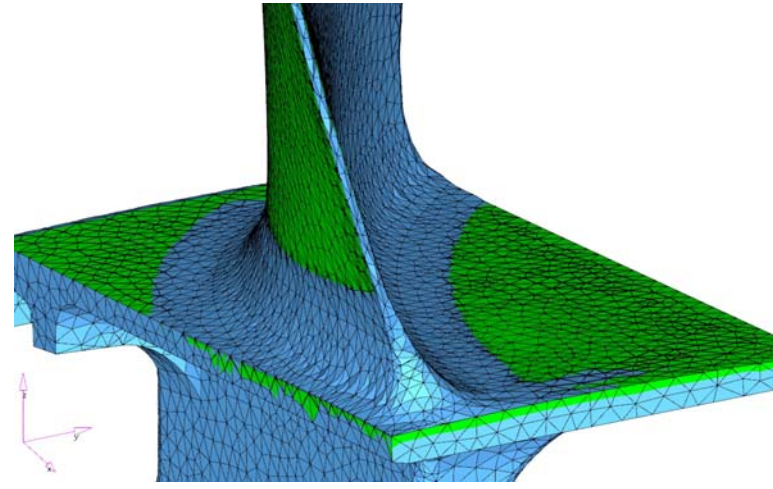
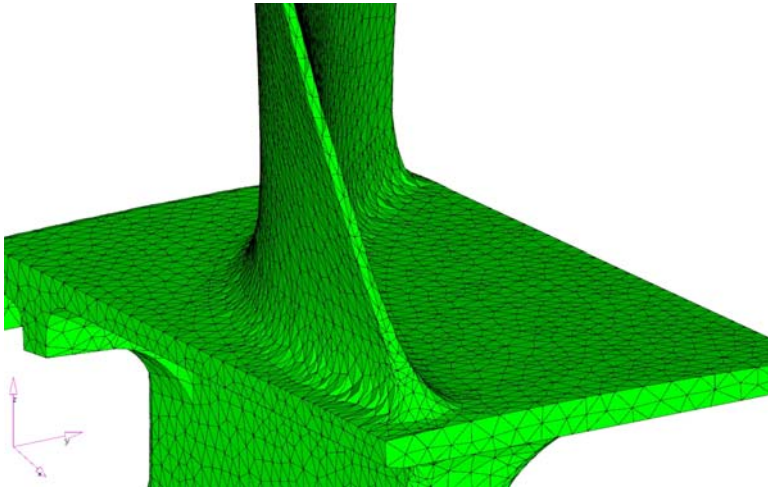
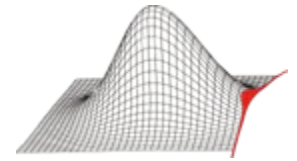
Vorderkantendicke - maximale Dicke

Unter Berücksichtigung des Produktionshintergrundes entstehen zwei Wolken -> einzelne Betrachtung der Wolken führt zu einem höheren Korrelationskoeffizienten



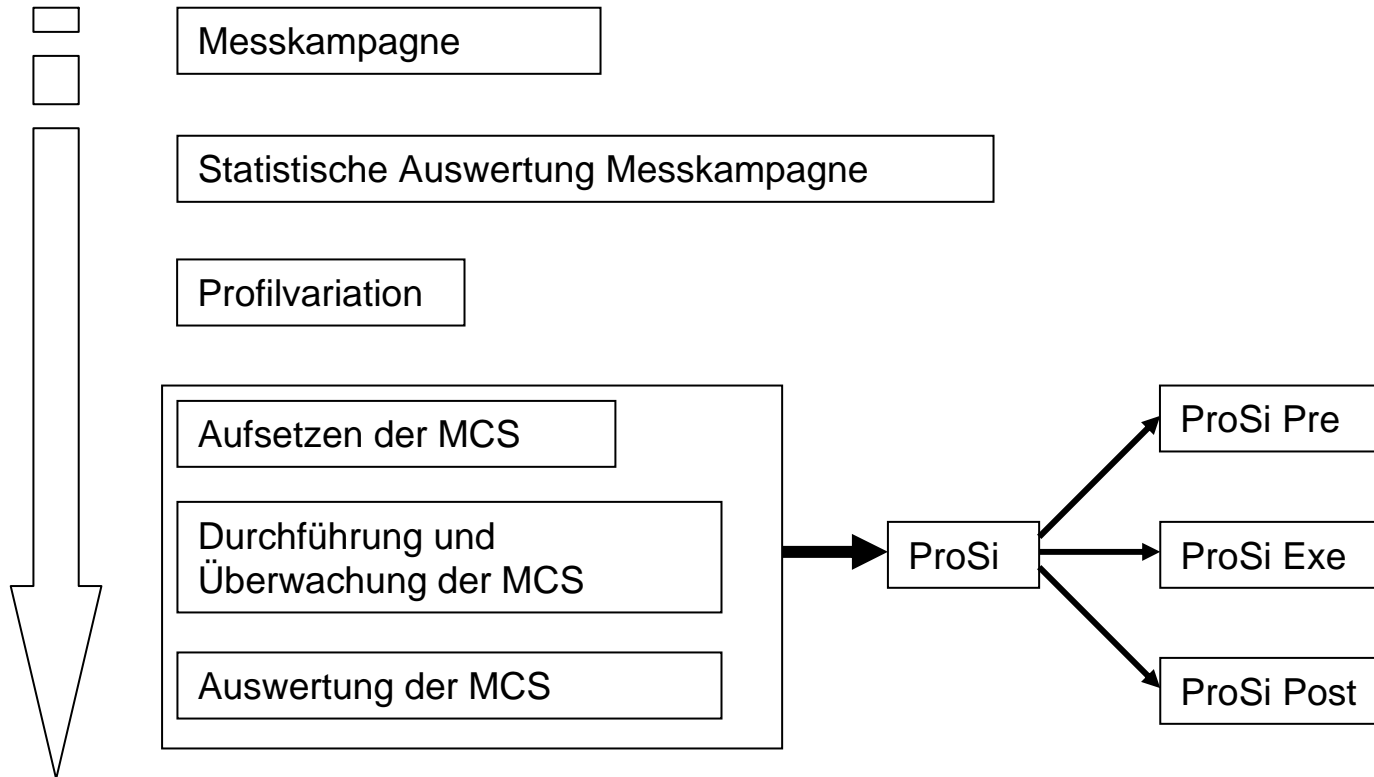
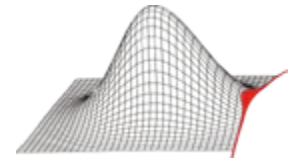
Die geometrischen Variationen und Korrelationen aus der statistischen Auswertung der Messkampagne werden mit Hilfe von 2D-Schnitten (inverser Profilaufbau und Profilvariation) zu einer 3D-Schale aufgebaut. Die Schale ist Grundlage für das Morphing des 3D-FE-Schalennetzes mit Hypermesh von Altair Hyperworks.

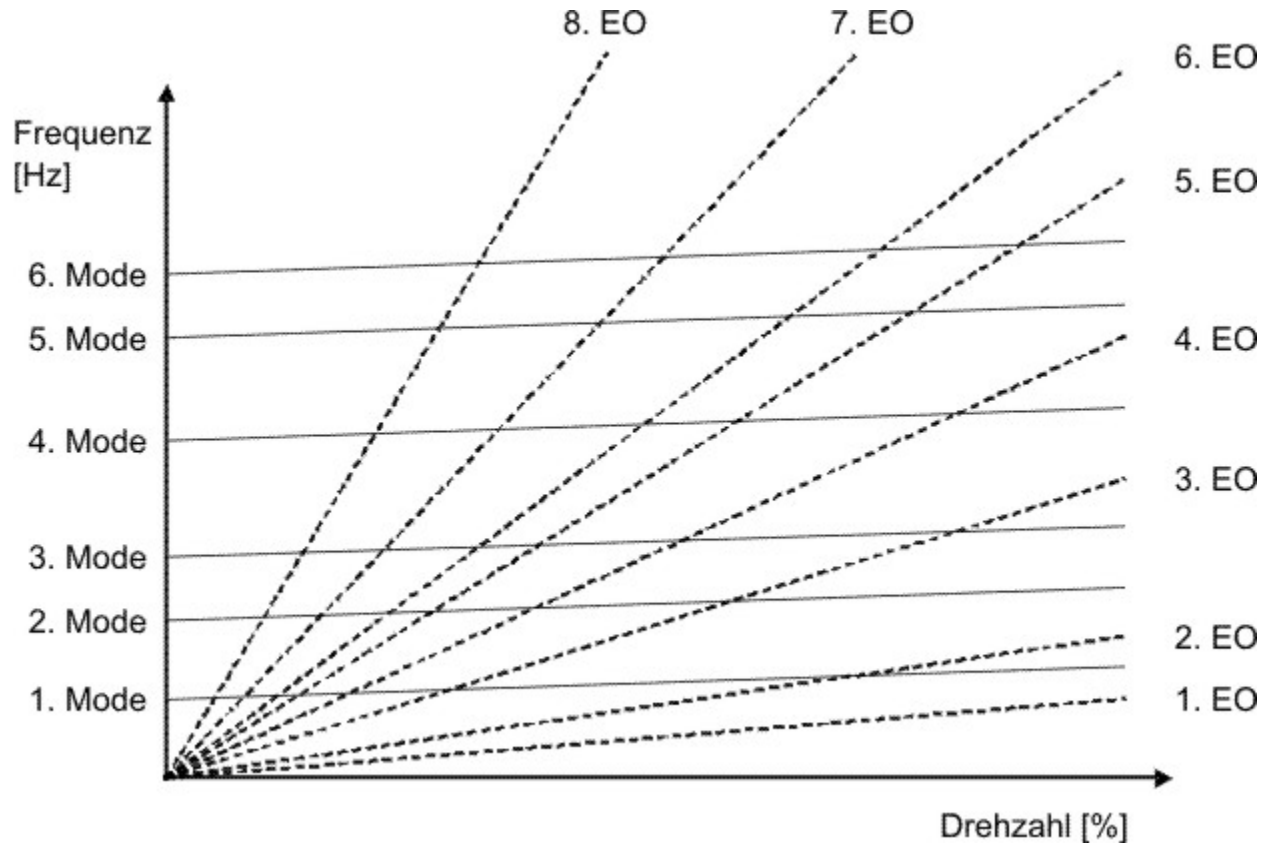
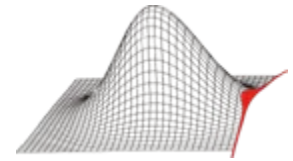
Die Schale kann auch mit 2D-Splines, 3D-Splines oder CAD erstellt werden.

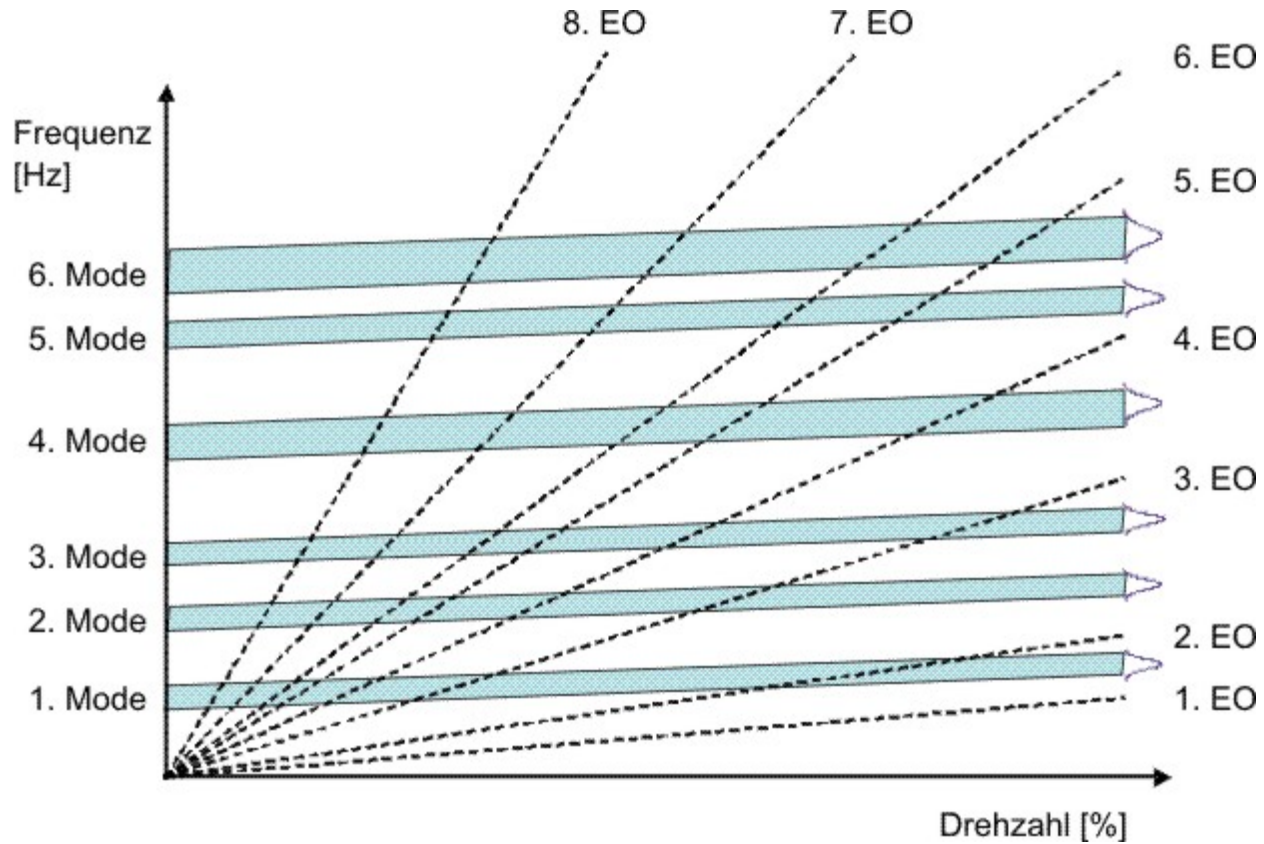
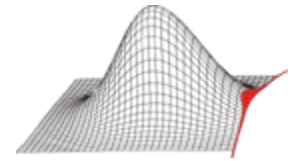


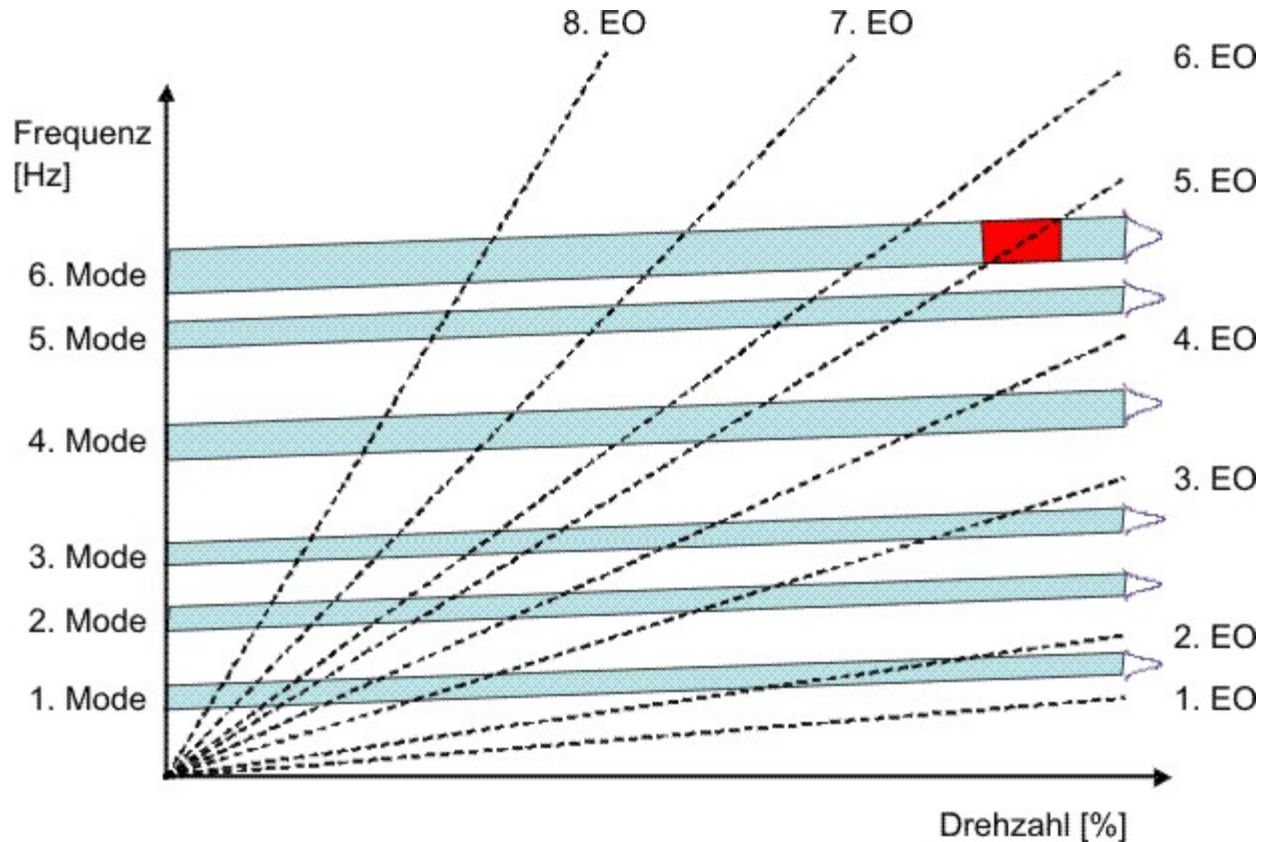
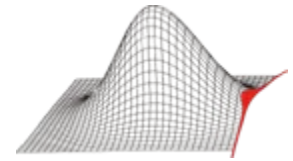
Morphing erfolgt über mehrere Einzelschritte

Bilder zeigen drei Realisierungen am Beispiel Hinterkante/Fillet

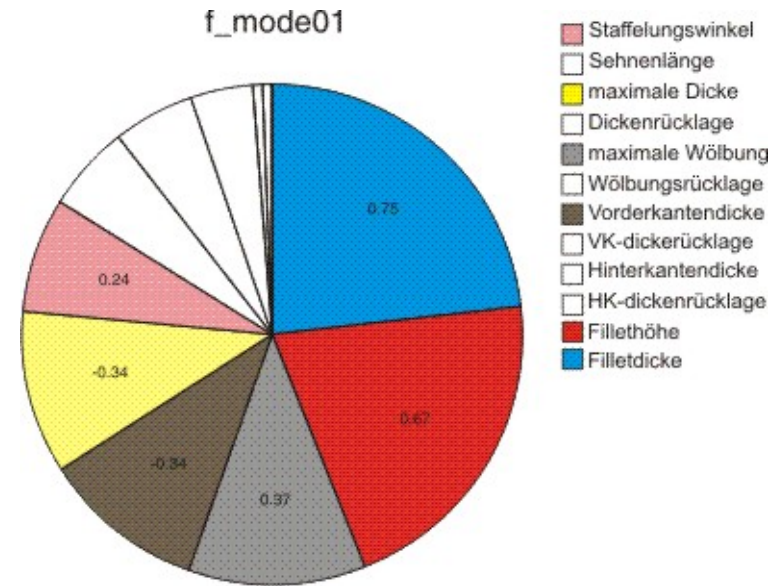
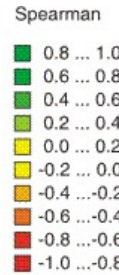
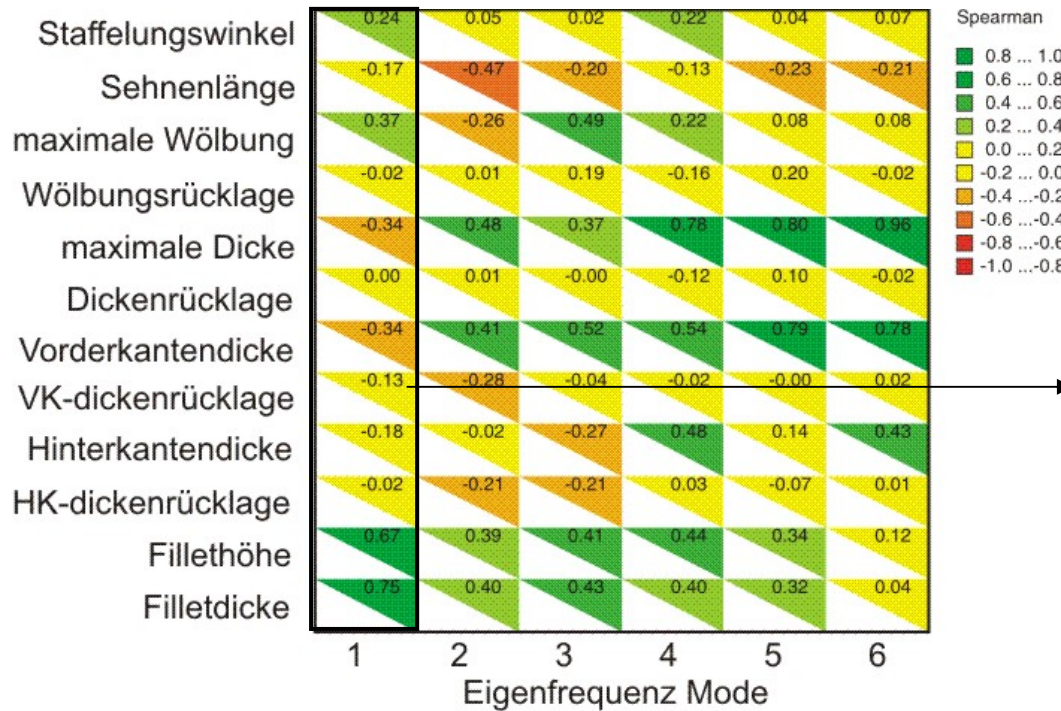
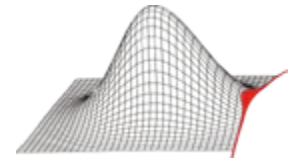




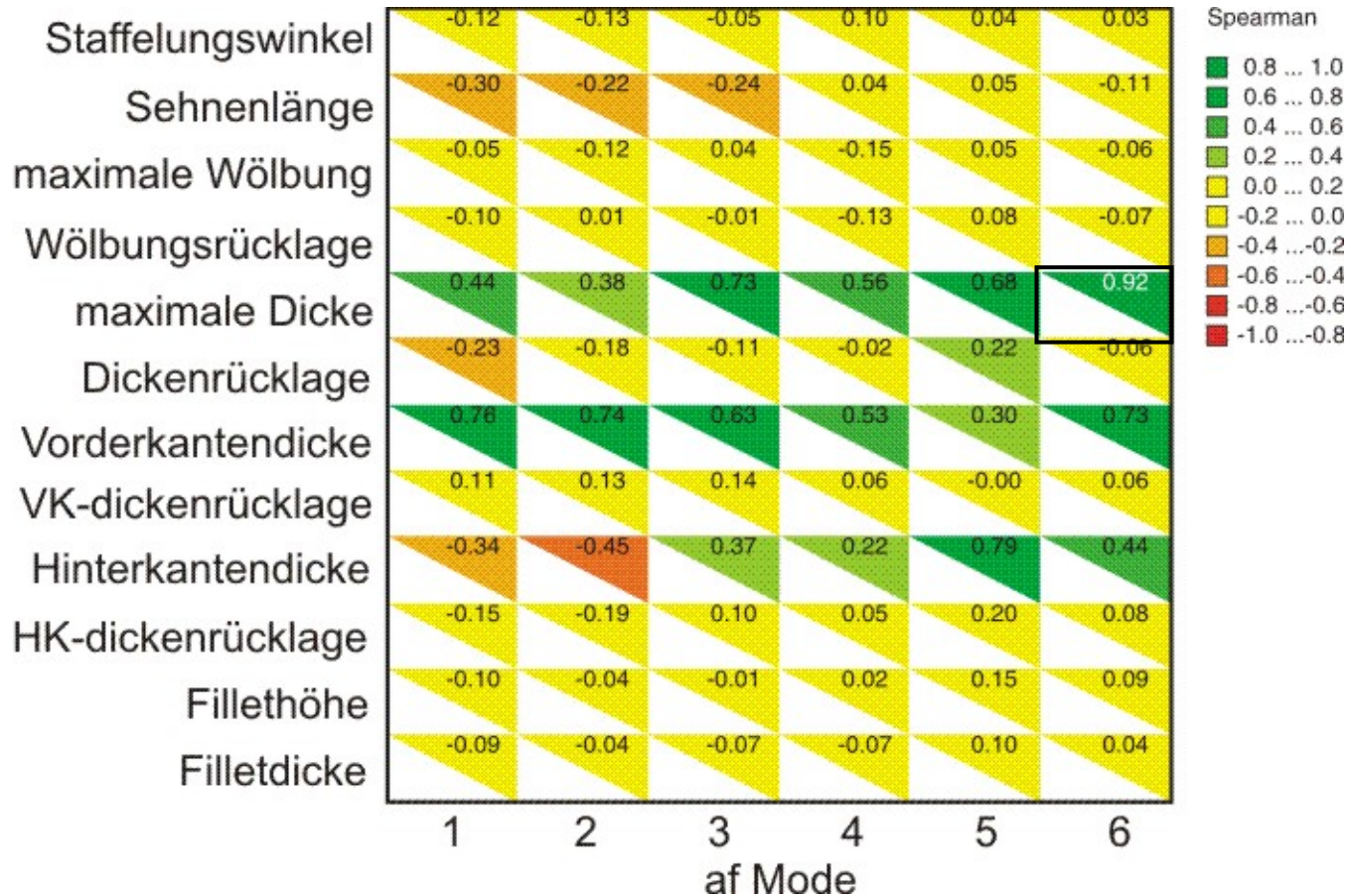
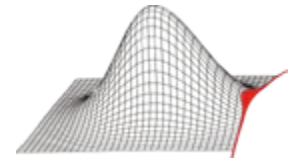




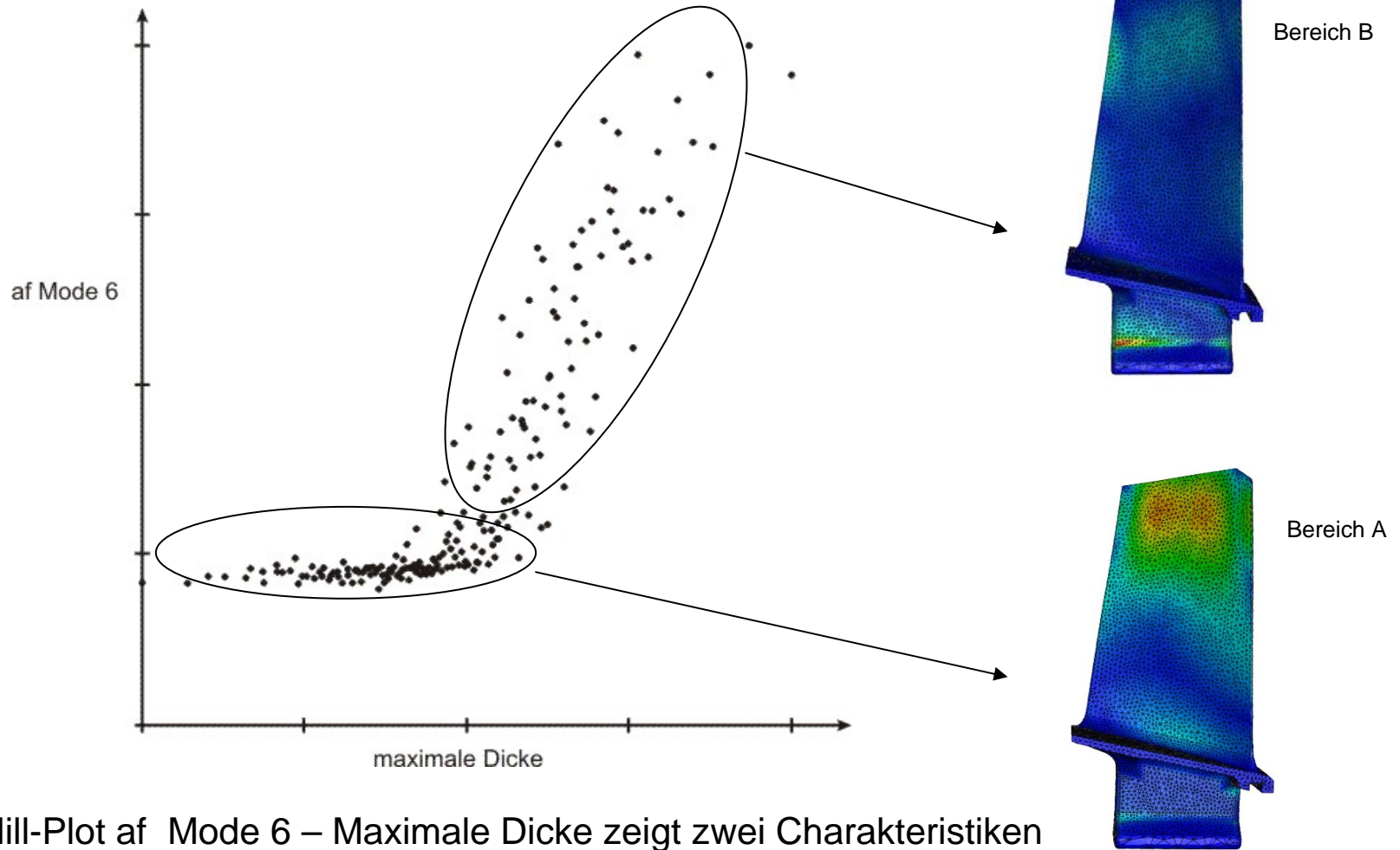
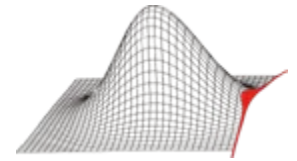
Durch die Streuung der Eigenfrequenzen müssen nicht mehr nur einzelne Punkte sondern Bereiche für die Resonanzschwingung betrachtet werden!



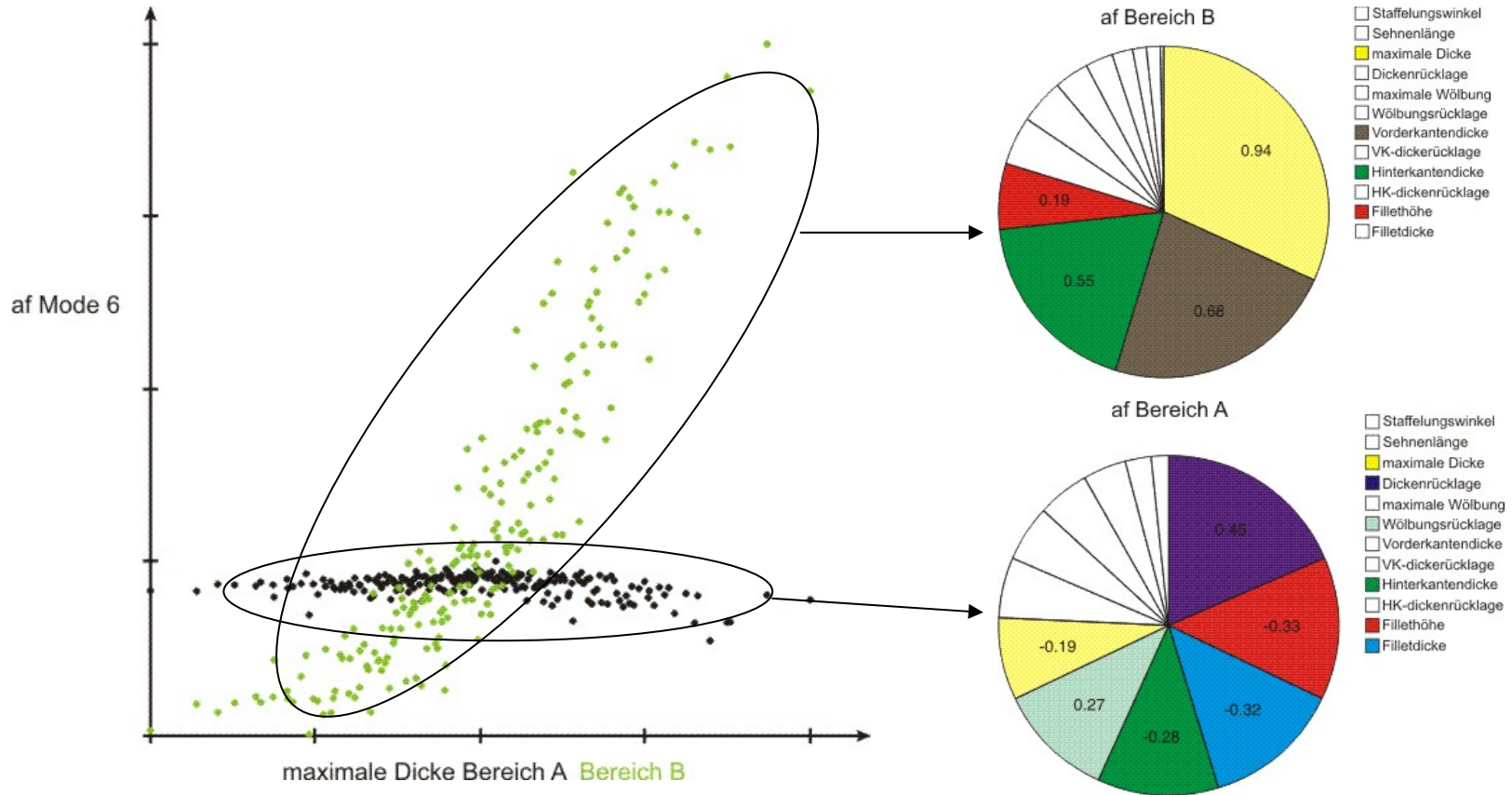
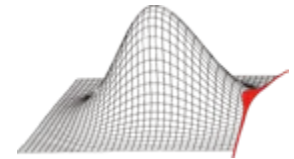
Auswertung der Eigenfrequenzen für Mode 1 (1.Biegung) -> Fillet hat den größten Einfluss auf die Eigenfrequenz -> bei den Eigenfrequenzen von Mode 2 bis Mode 6 nimmt der Einfluss der Schaufeldicke zu



Dicke der Schaufel hat den größten Einfluss auf den af-Wert

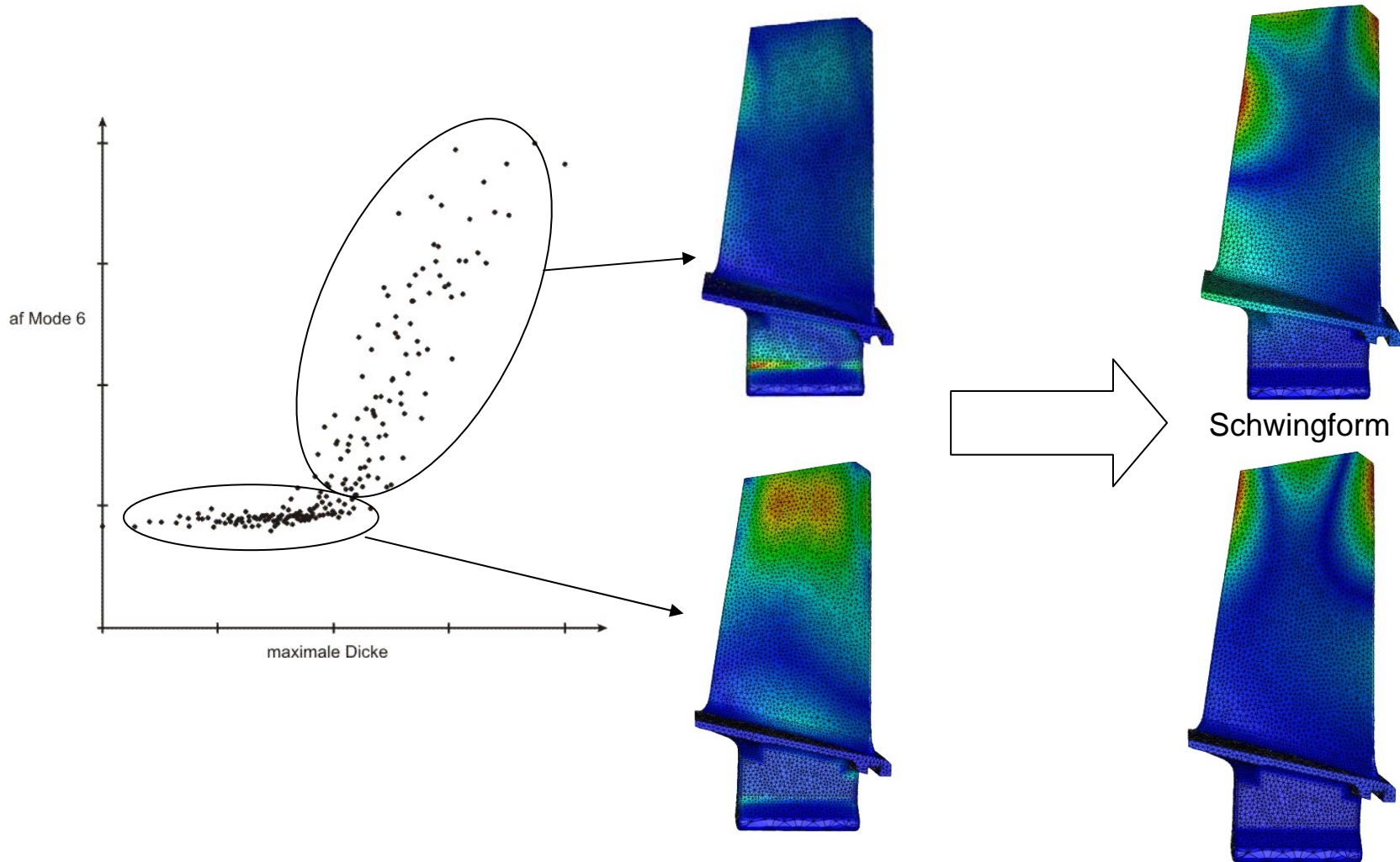
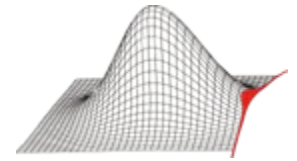


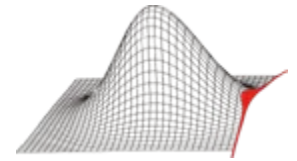
Ant-Hill-Plot af Mode 6 – Maximale Dicke zeigt zwei Charakteristiken



Auswertung des AHP-Plots unter Berücksichtigung der Bereiche zeigt die zwei Systemcharakteristiken

PieChart zeigt unterschiedliche Eingangsparameter mit den größten Einflüssen auf den af-Wert





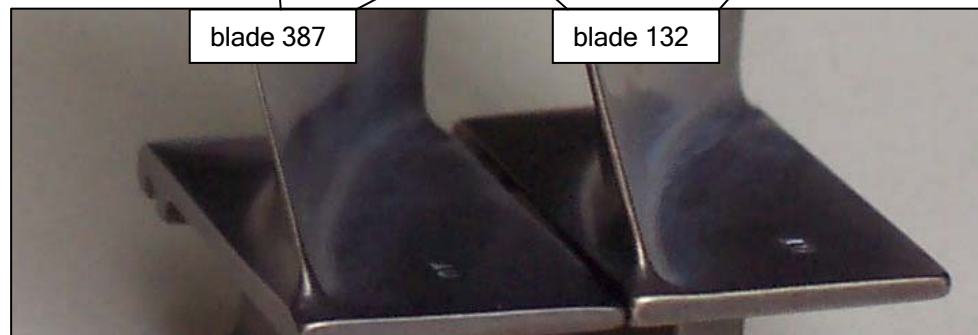
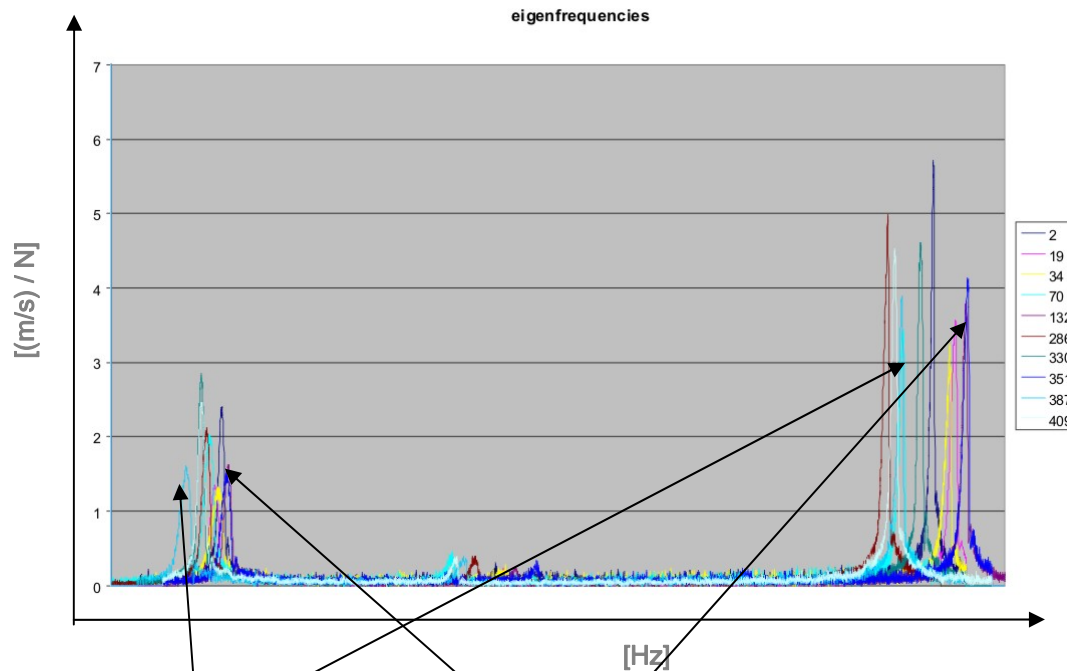
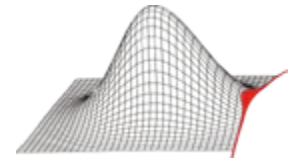
Eigenfrequenzmessung von
zehn ausgewählten
Schaufeln am Lehrstuhl für
Strukturmechanik und
Fahrzeugschwingungen der
BTU Cottbus

Messung der Schwingung
mittels Laservibrometer

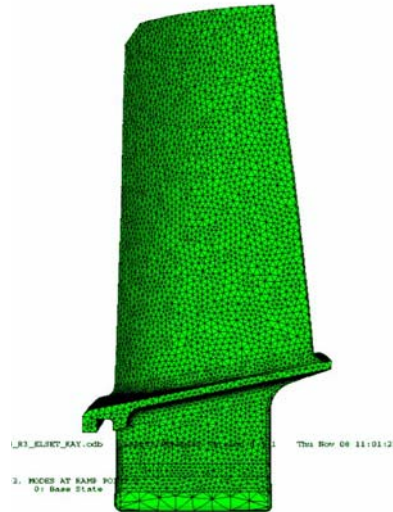
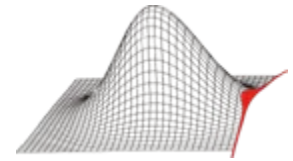
Anregung mittels Hammer

Freistehende Lagerung



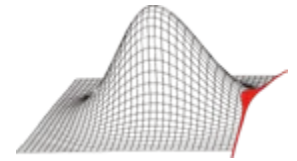


Fillet und Dicke der
Schaufel haben einen
großen Einfluss auf
die Eigenfrequenz.



Schaufel	Abweichung in %	
	Mode 2	Mode 4
2	4.34	-0.36
19	2.24	0.07
34	2.20	-0.95
70	2.46	-1.47
132	2.24	-1.20
286	2.44	-2.42
330	1.20	-0.66
351	2.28	-0.03
387	1.39	0.98
409	2.52	-0.57

Die Eigenfrequenzen zwischen Messung und Simulation weichen untereinander maximal 4,34% bzw. 2,42% ab -> Messung und Simulation stimmen gut überein.



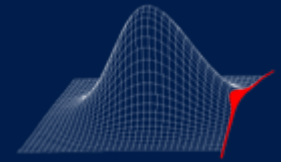
Mit der vorgestellten Prozesskette können die geometrischen Streuungen auf das FE – Modell übertragen werden.

Die Auswertung der MCS gibt Aufschluss über die Eigenfrequenzstreuungen und Schwingformänderung der einzelnen Modes, sowie die Streuung der HCF-Belastung.

Durch die Sensitivitätsanalyse kann der Einfluss der Parameter auf die Ergebnisgrößen bestimmt werden.

Die prozentuale Abweichung zwischen Messung und Simulation zeigt, dass die geometrischen Variationen gut abgebildet werden können.

Eine Verbesserung des Modells ist durch die Erweiterung des Morphingbereichs auf Plattform und Fuß möglich -> dadurch werden noch kleinere Unterschiede zwischen Messung und Simulation erwartet.



„Probabilistische HCF-Untersuchung von Verdichterschaufeln“

Kay Heinze, Konrad Vogeler, Matthias Voigt

Technische Universität Dresden

Winfried-Hagen Friedl

Rolls Royce Deutschland

Dresden, 10. Oktober 2008