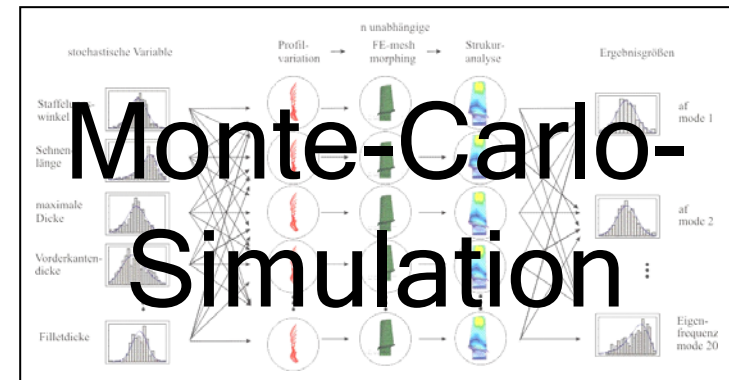
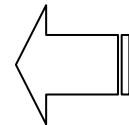
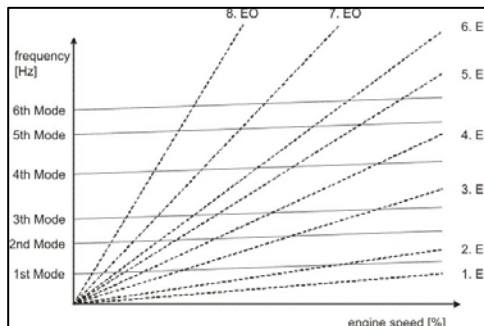
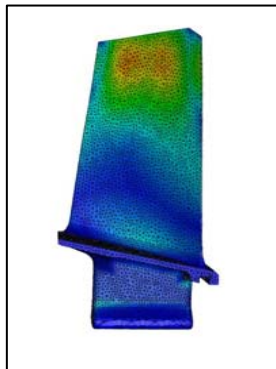
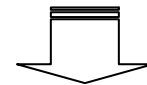
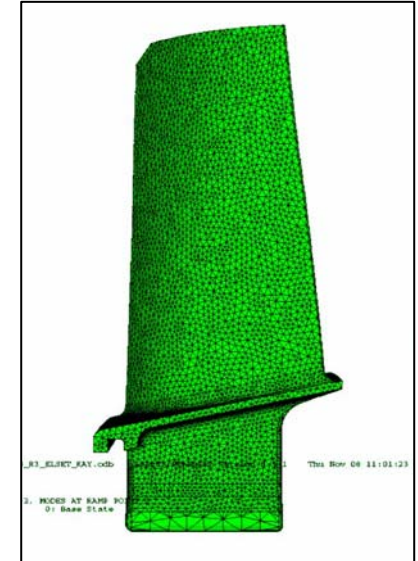
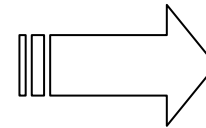
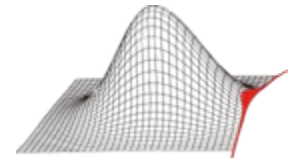


“Probabilistische Untersuchung des Einflusses aller Produktionstoleranzen auf die Lebensdauer von Verdichterschaufeln”

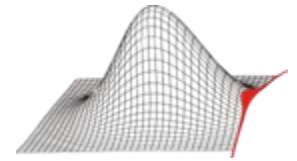
Beitrag zum 2. Dresdner-Probabilistik-Workshop

Kay Heinze, Konrad Vogeler
Technische Universität Dresden

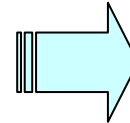
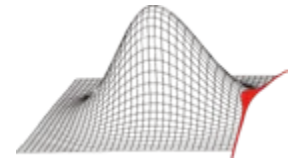
Winfried-Hagen Friedl
Rolls-Royce Deutschland



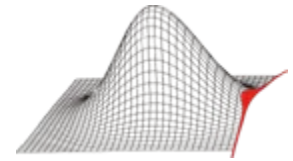
Welchen Einfluss haben die Produktionsstreuungen auf die hochzyklische Ermüdung und die Eigenfrequenzen



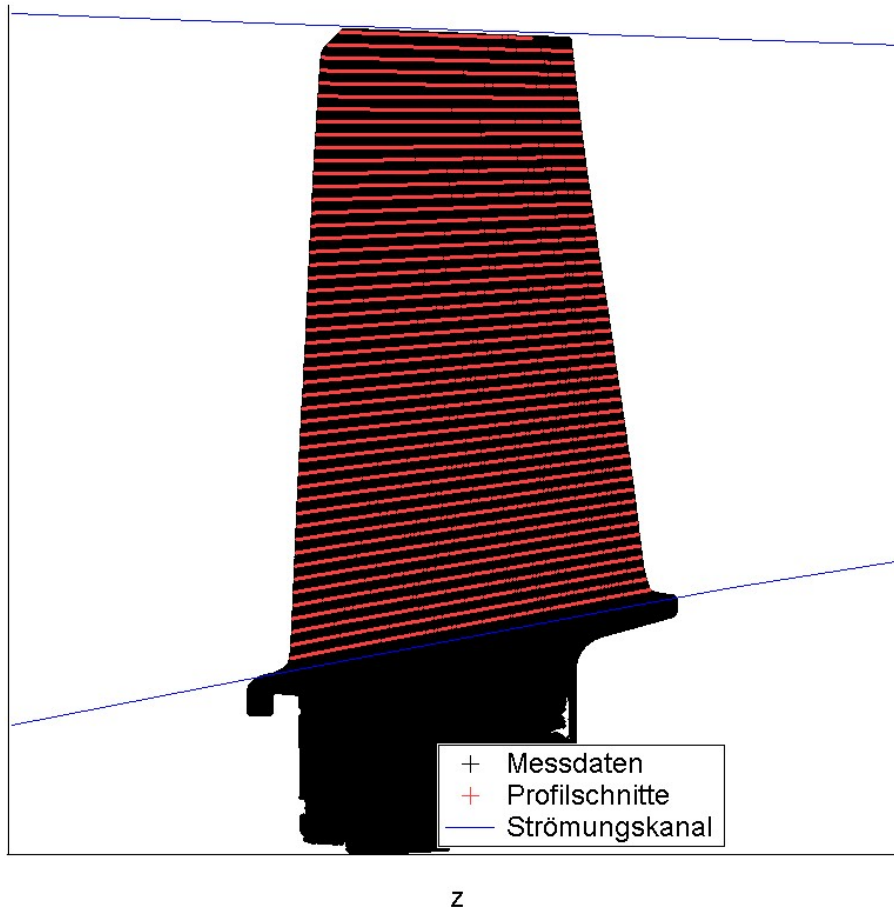
1. Messkampagne und parametrisches Modell
2. Prozesskette zur Übertragung der Produktionsstreuungen auf das FE-Netz
3. Probabilistische Simulation zur Untersuchung des Einflusses der Produktionsstreuungen auf die hochzyklische Ermüdung



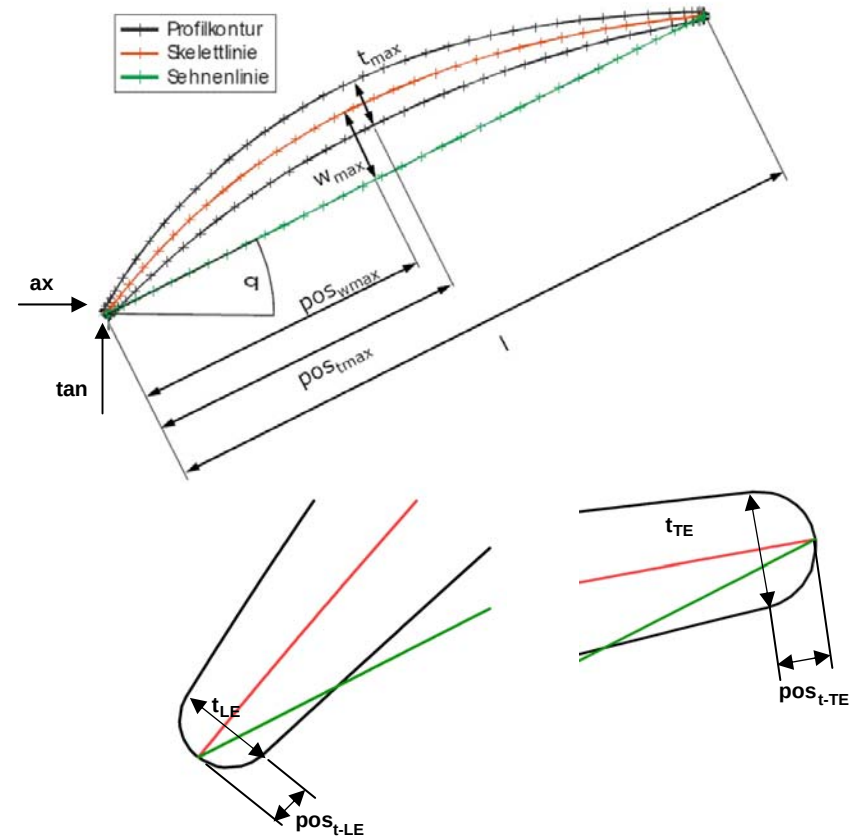
Messkampagne mit einem
Umfang von 500 Schaufeln.

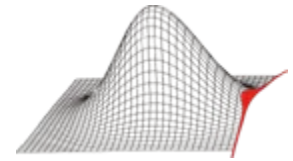


Unterteilung der Messdaten in
Profilschnitte.

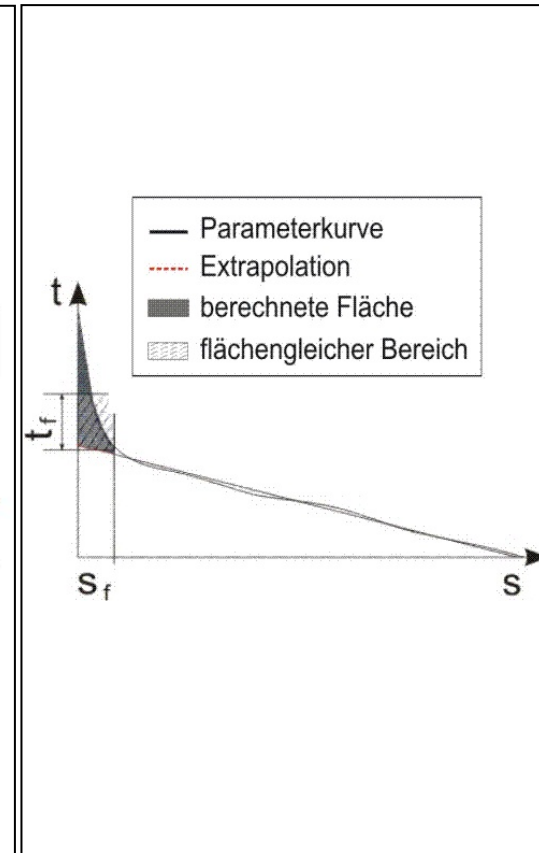
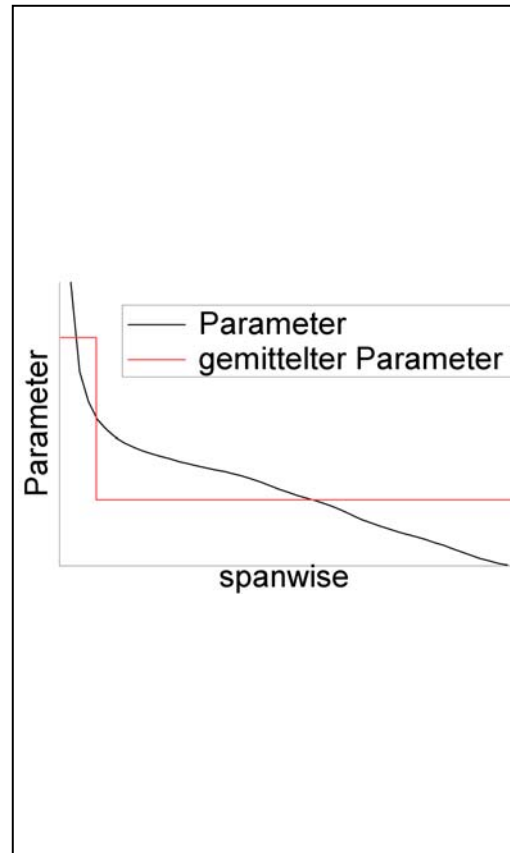
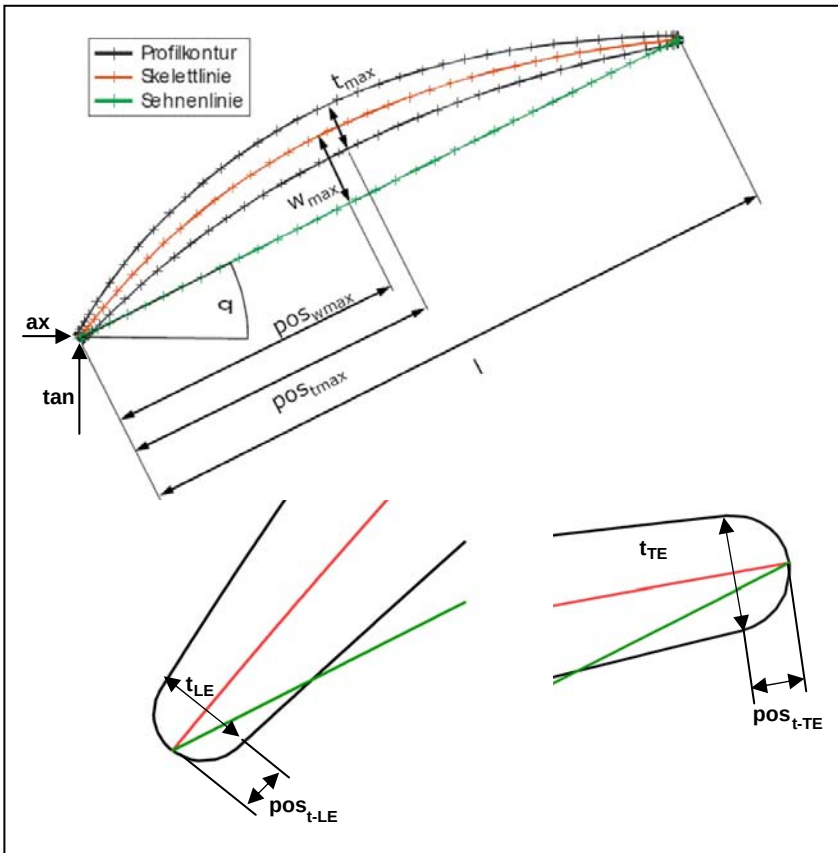


Berechnung von 12 Parametern
an jedem Profilschnitt.

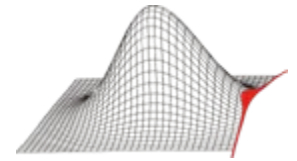




Parameter / Schnitt (12) * Anzahl Abschnitte (1) + 2 Filletparameter

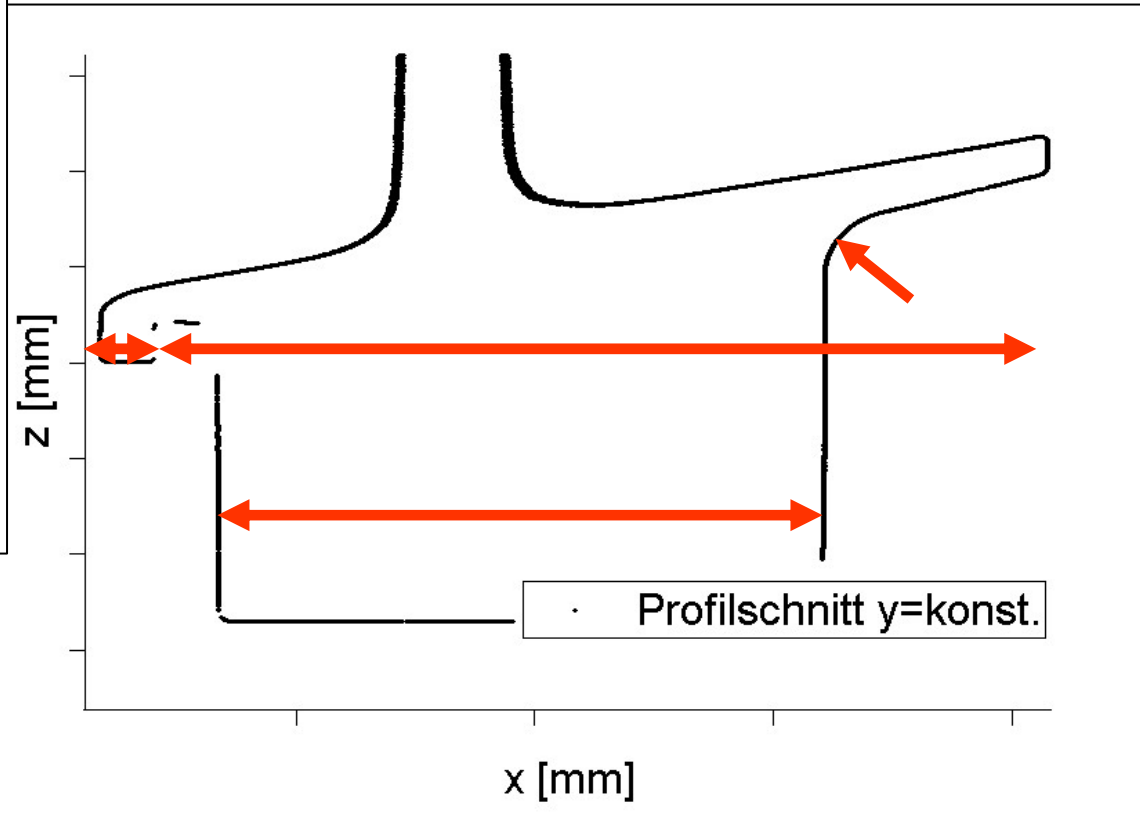
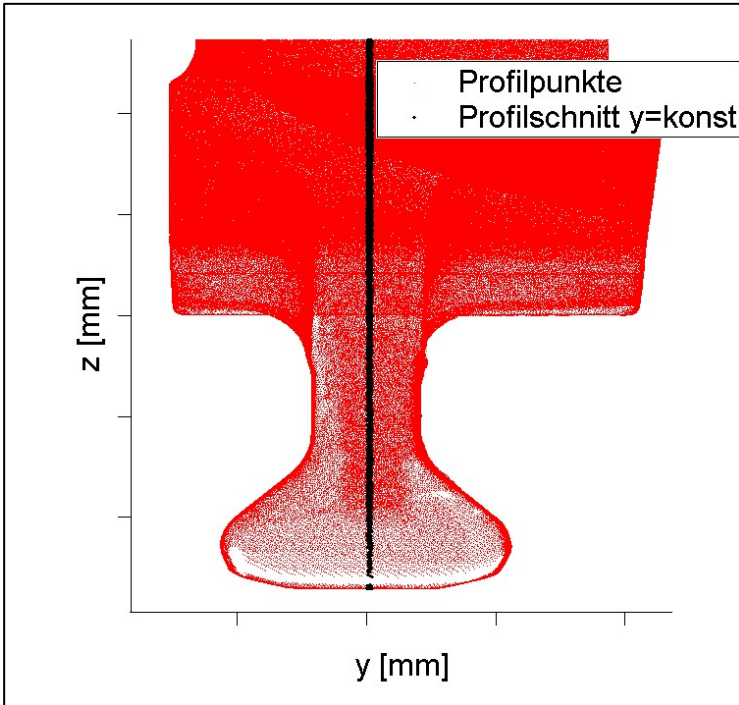
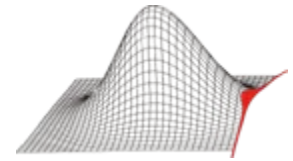


Jedes Schaufelblatt kann mit 14 Parameter beschrieben werden.

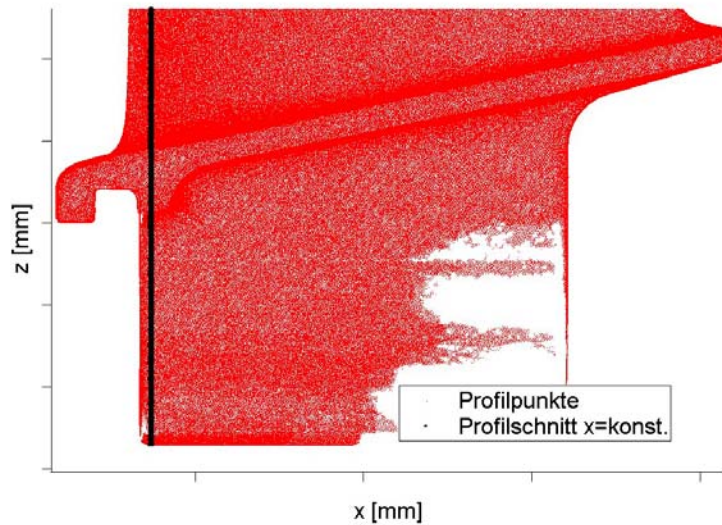
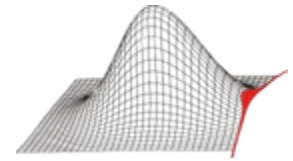


Parametrisierung der Plattform und des Schaufelfusses

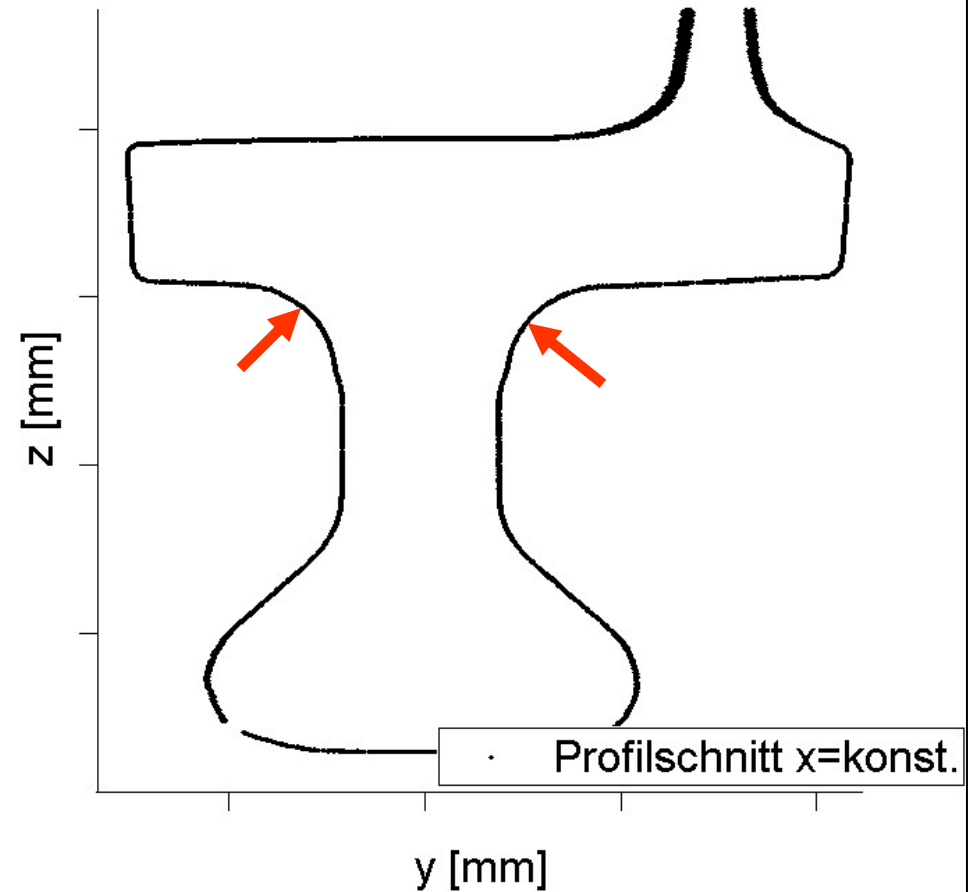
- Plattformabmaße
- Schaftabmaße
- Radien am Übergang Fuss zu Plattform
- Radien am Übergang Fuss zu Schwalbenschwanz
- Winkel der Flanken zur xy-Ebene

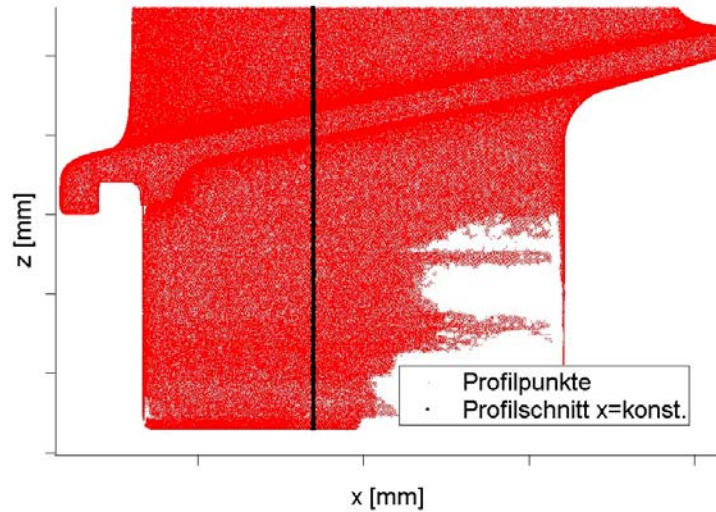
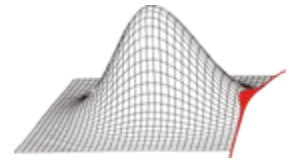


Plattform und Schaufelfuss
sowie Radius Hinterseite

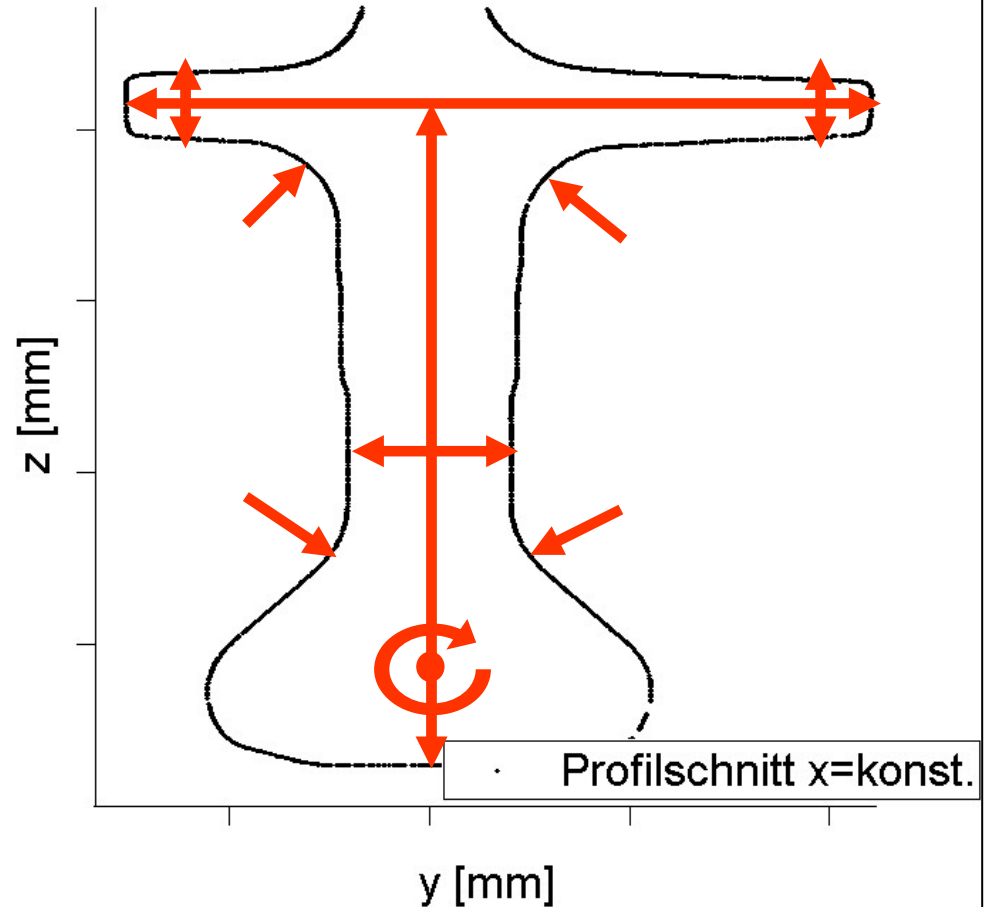


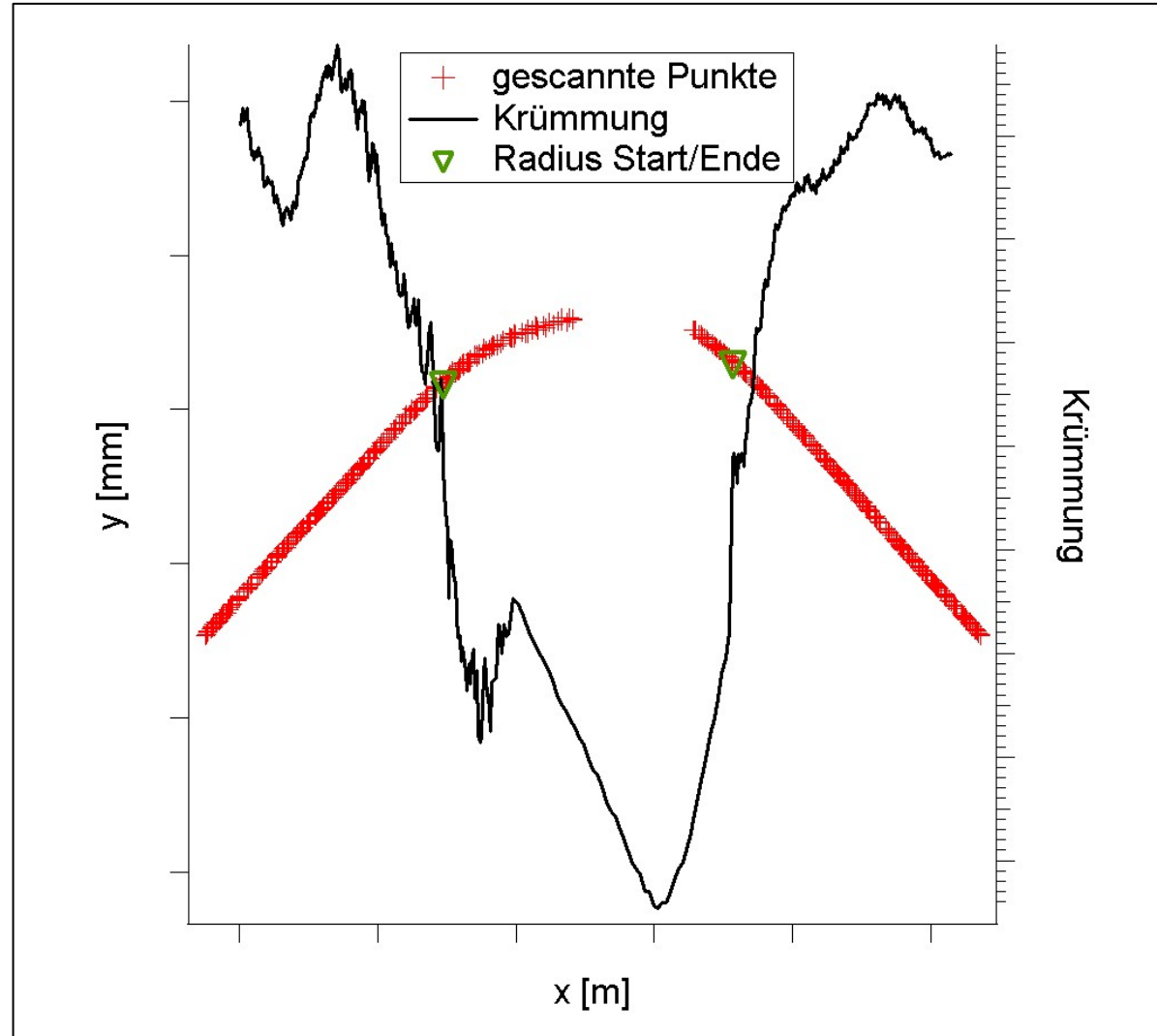
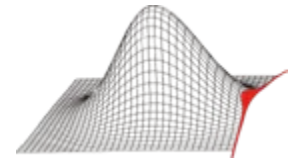
Radien am Übergang zwischen Plattform und Schaufelfuss

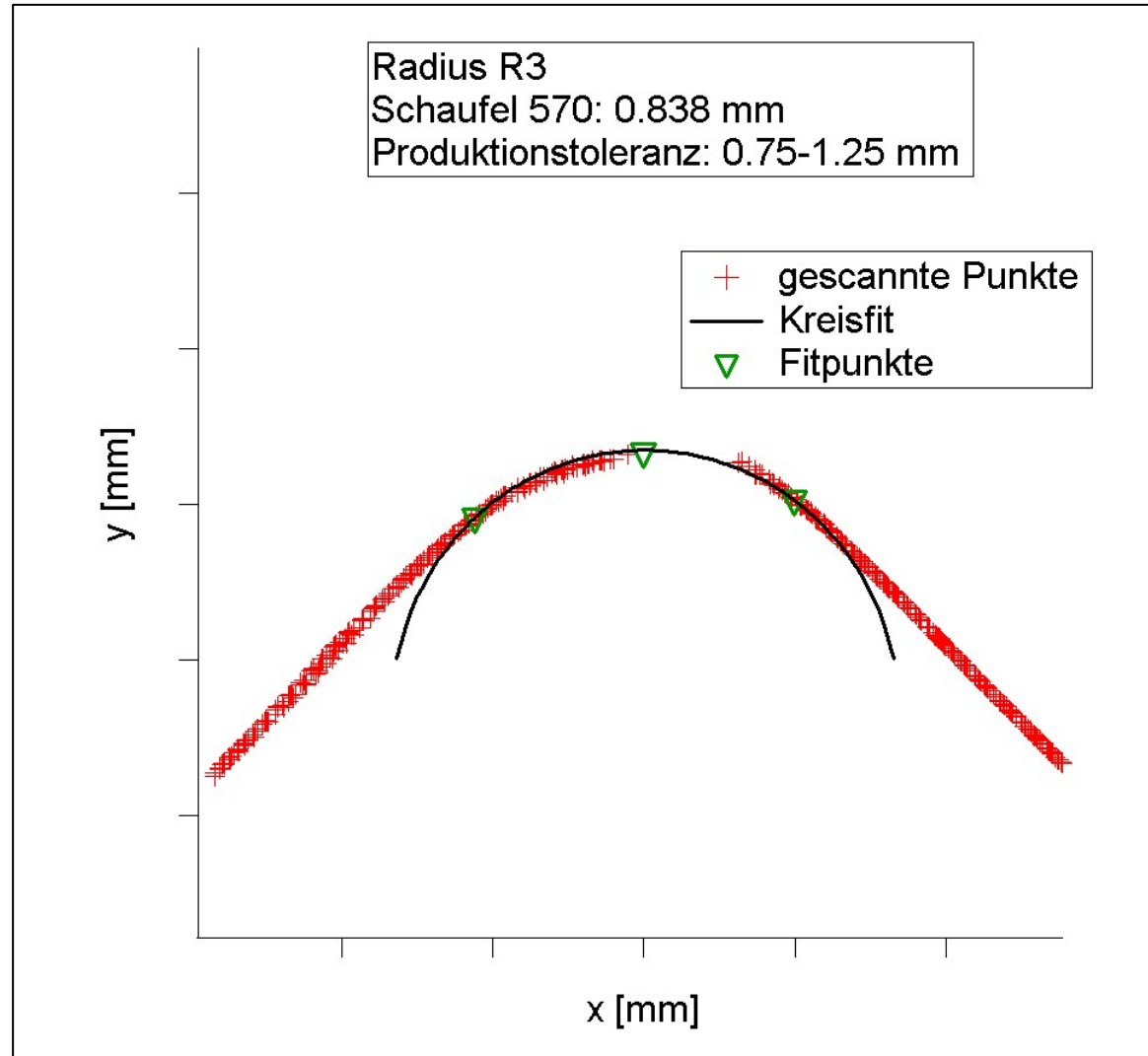
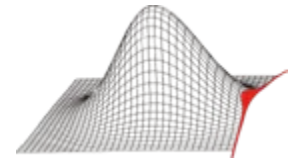


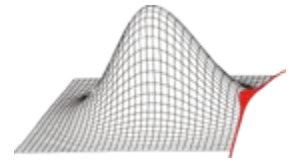


Breite von Schaufelfuss und
 Plattform sowie die
 Übergangsradien und die Lage
 der Schaufel während des
 Betriebs

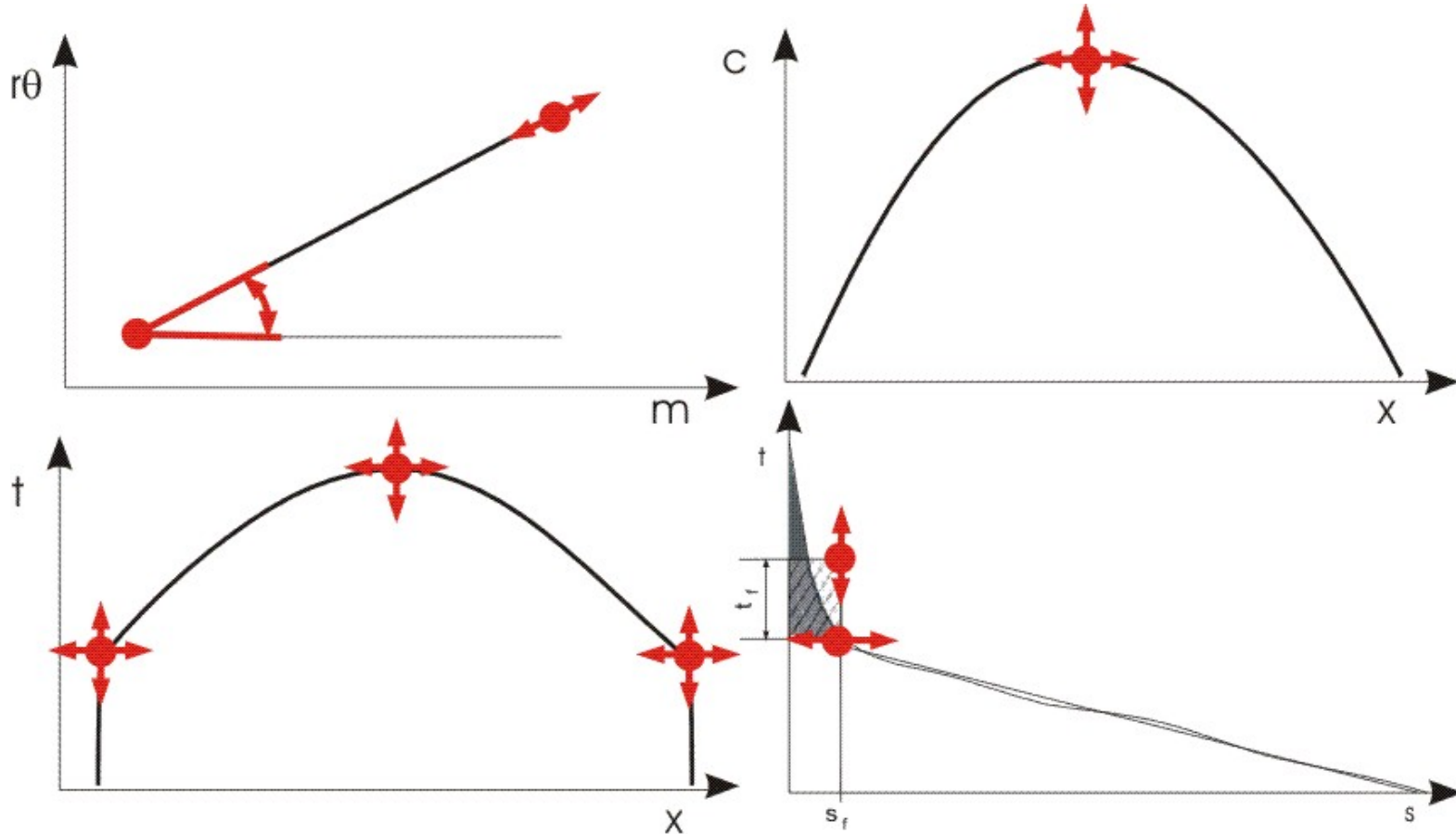
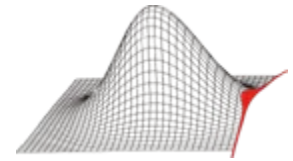




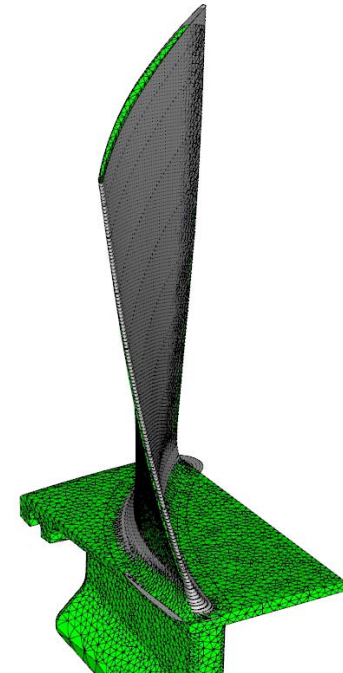
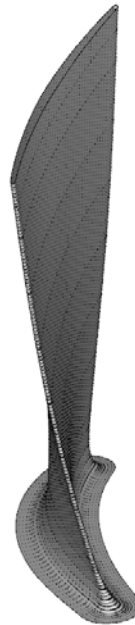
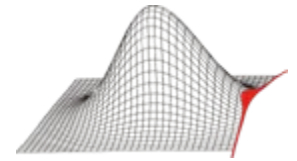




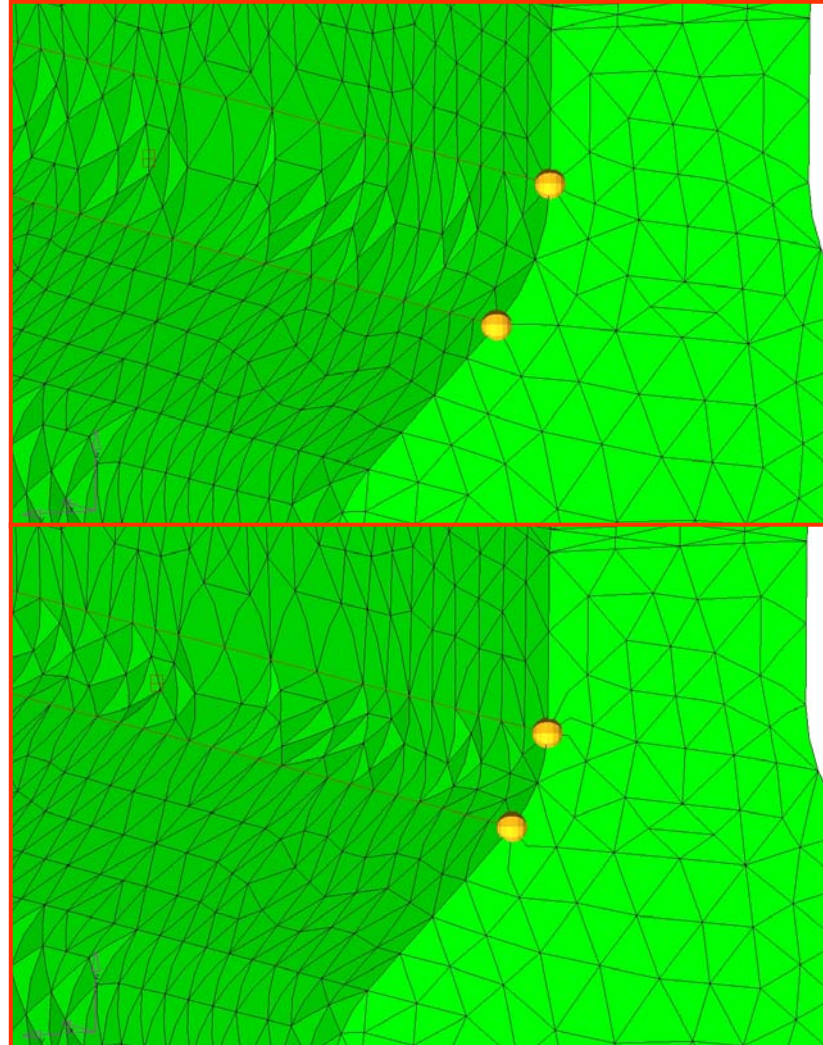
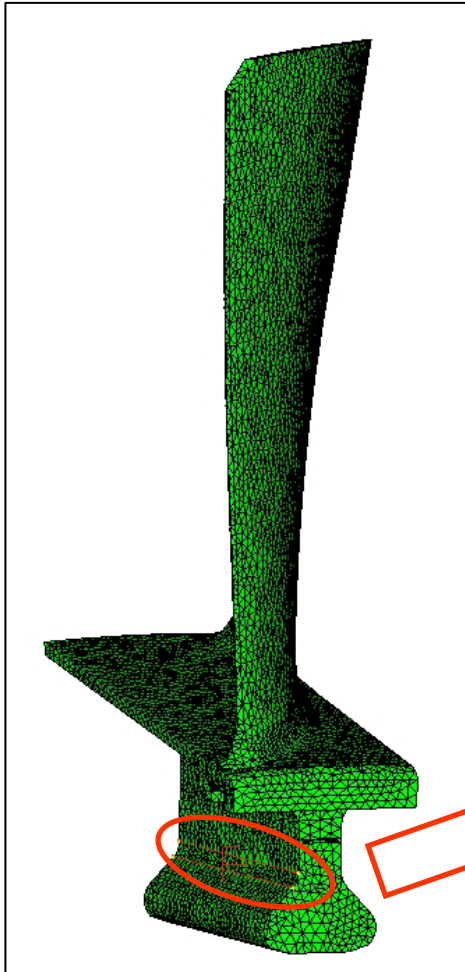
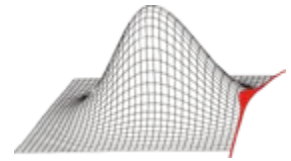
1. Messkampagne und parametrisches Modell
2. Prozesskette zur Übertragung der Produktionsstreuungen auf das FE-Netz
3. Probabilistische Simulation zur Untersuchung des Einflusses der Produktionsstreuungen auf die hochzyklische Ermüdung

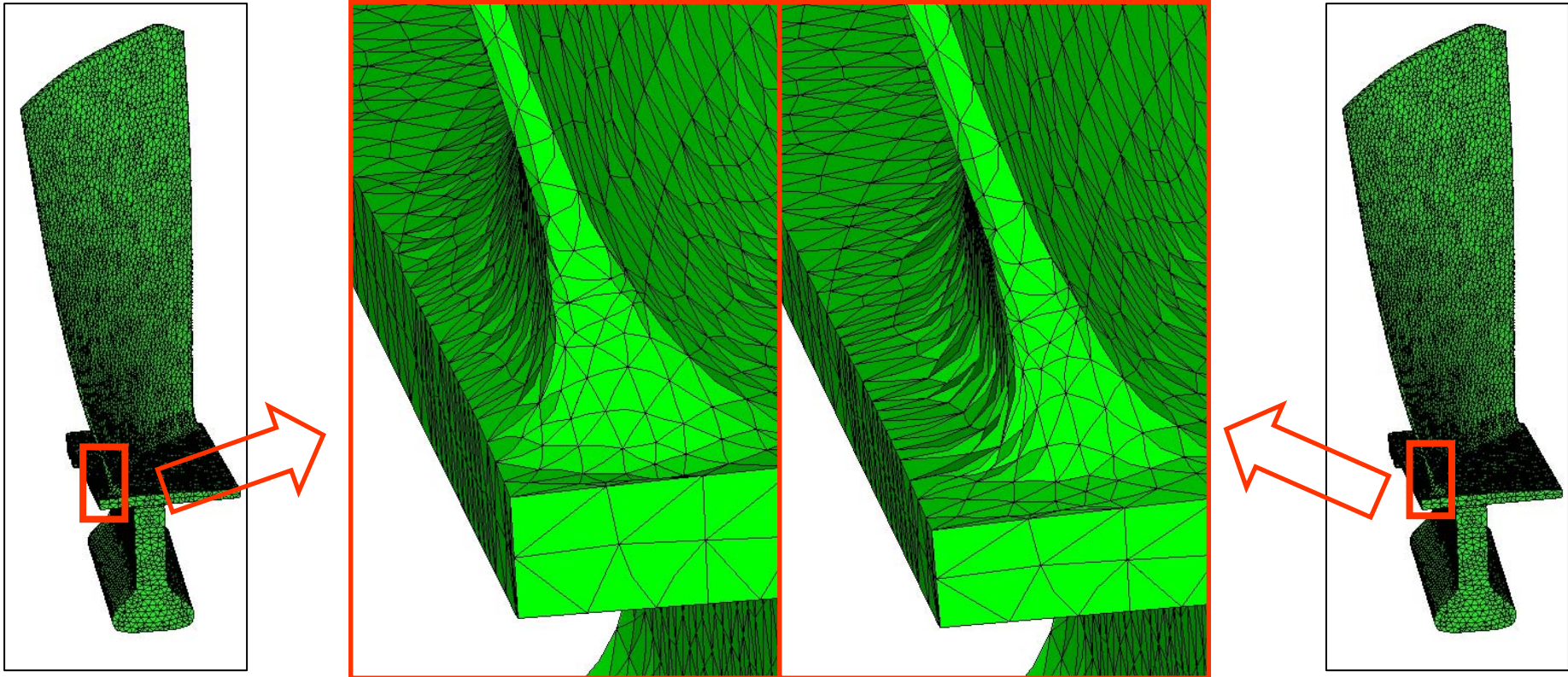
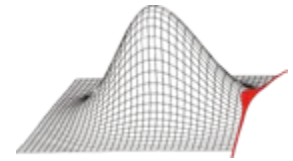


Die geometrischen Schaufelblattparameter werden mit dem Programm „Profilvariation“ verändert

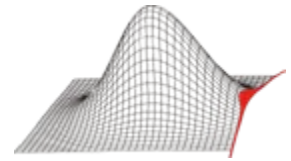


Die veränderten 2D-Profilschnitte sind die Basis für den Aufbau einer 3D-Fläche für das Meshmorphing.

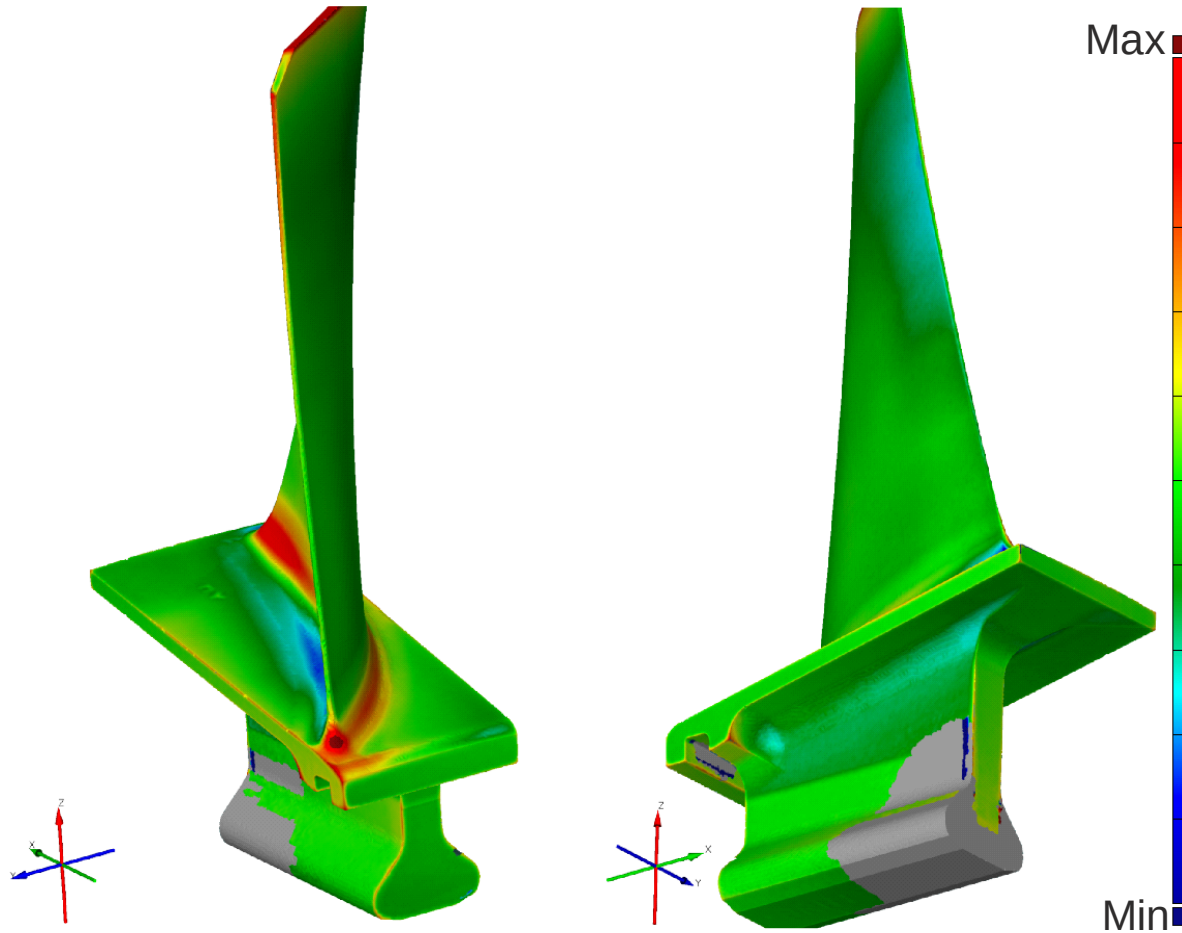


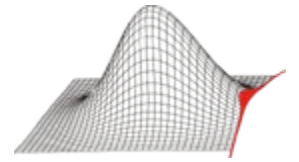


Die Bilder zeigen zwei veränderte FE-Netze. Sie unterscheiden sich in Filletgröße, Staffelungswinkel und Plattformdicke.

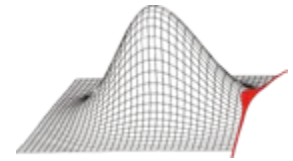


Vergleich der Abweichungen zwischen Scan und gemorphten FE-Netz



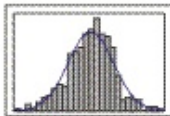


1. Messkampagne und parametrisches Modell
2. Prozesskette zur Übertragung der Produktionsstreuungen auf das FE-Netz
3. Probabilistische Simulation zur Untersuchung des Einflusses der Produktionsstreuungen auf die hochzyklische Ermüdung

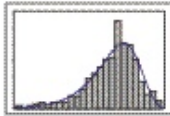


stochastische Variable

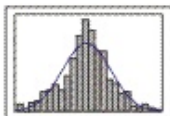
Staffelungs-
winkel



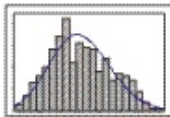
Sehnen-
länge



maximale
Dicke

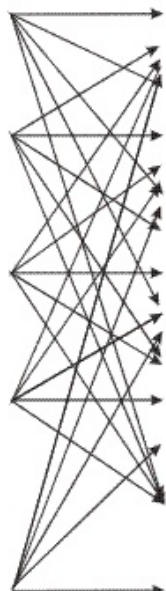
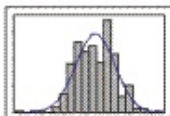


Vorderkan-
tendicke



⋮

Filletdicke

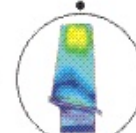
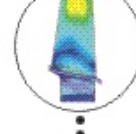
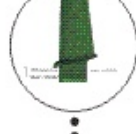
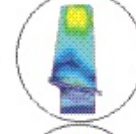
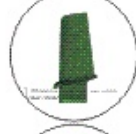
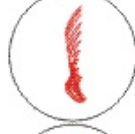
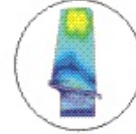
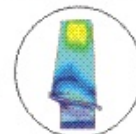


n unabhängige

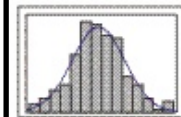
Profil-
variation

→ FE mesh-
morphing

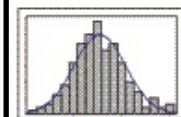
→ Struktur-
analyse



Ergebnisgrößen

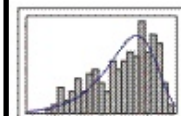


af
mode 1



af
mode 2

⋮

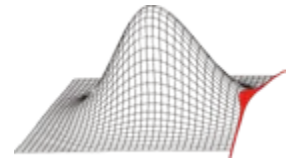


Eigen-
frequenz
mode 20

ProSi Pre

ProSi Exe

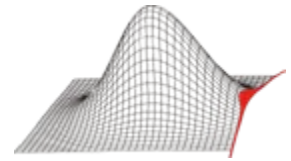
ProSi Post



Die hochzyklische Ermüdung wird mit dem RR-internen Wert af definiert.

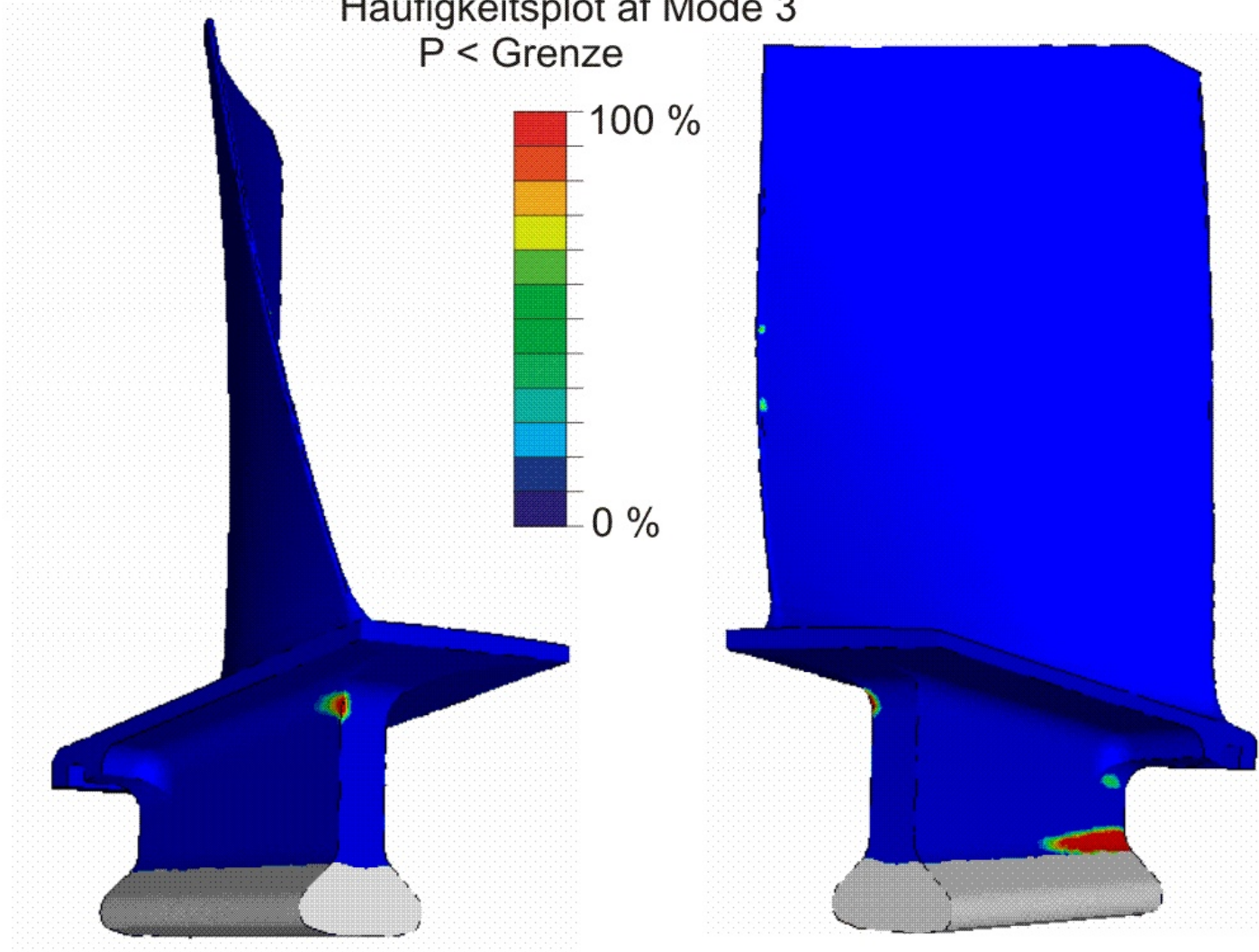
$af = f$ (Frequenz,
Verschiebung,
Biegeweichselfestigkeit,
Zugfestigkeit,
statische Spannung,
dynamischen Spannung)

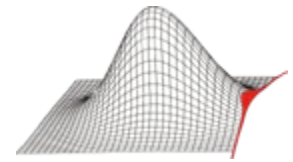
Für hohe Belastungen nimmt af ab.



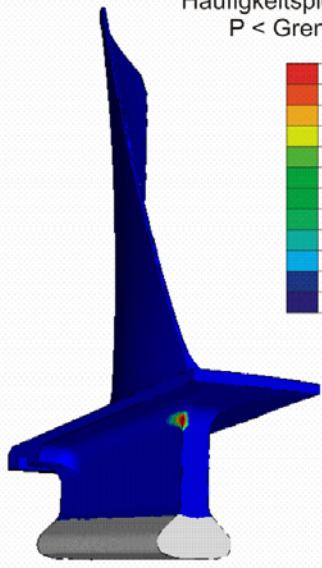
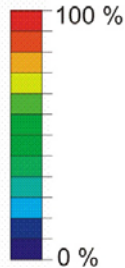
Häufigkeitsplot af Mode 3

$P < \text{Grenze}$

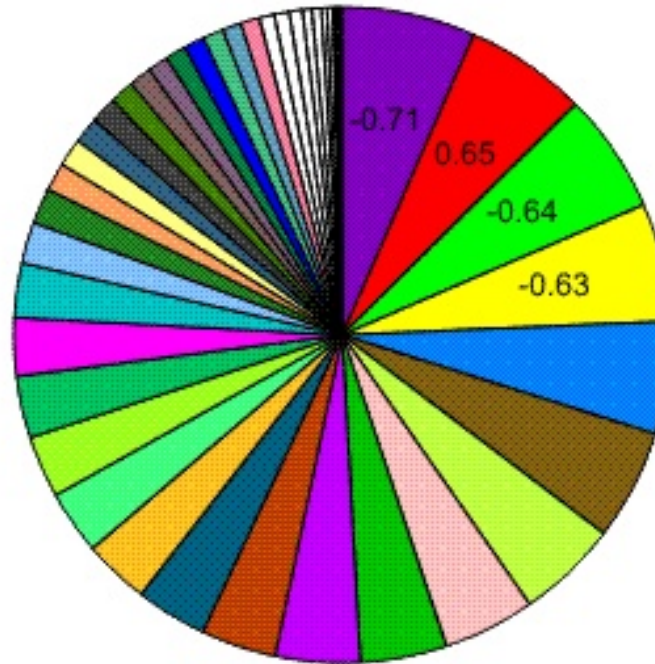




Häufigkeitsplot af Mode 3
P < Grenze



Target-Variable: af_M3_Schaft

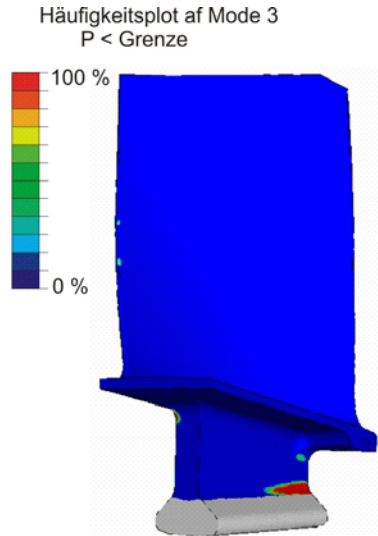
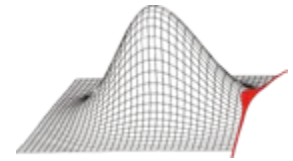


- | | |
|----------------|-------------|
| tanPos | R16 |
| PF_Breite_ySS | R19 |
| DickeHK | Nut_oben |
| PF_Neigung | R15 |
| Schaftwinkel | R14 |
| ES_Winkel | R9 |
| PF_Dicke_zSS | Fillethoehe |
| PF_Dicke_zDS | PF_DickeDS |
| PosmaxDicke | |
| DickeVK | |
| Delta_Flanke | |
| PosmaxWoelbung | |
| R7 | |
| Hoehe | |
| PosDickeHK | |
| maxDicke | |
| Nut_unten | |
| Sehnenlaenge | |
| Staffelungswin | |
| PosDickeVK | |
| Schaft_Breite | |
| Schaft_Laenge | |
| maxWoelbung | |
| R8 | |

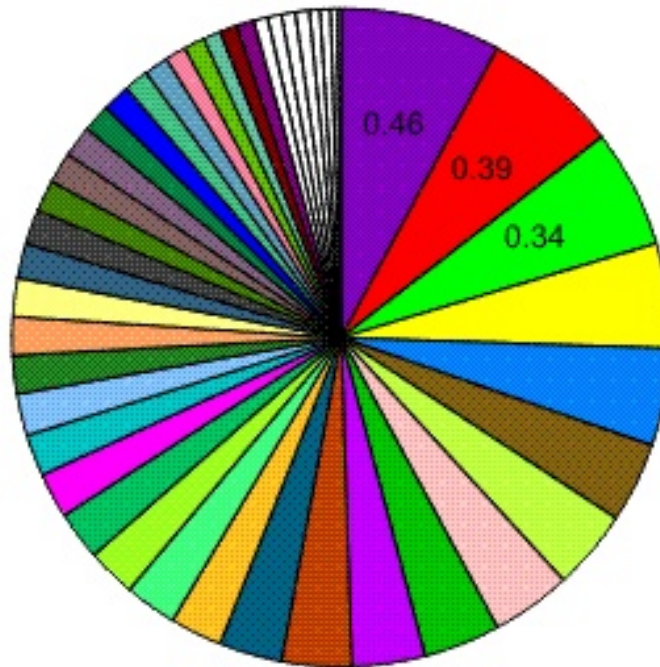
☐ Filletdicke
 R11
 R13
 R18

SchaftYneg
 R10
 PF_Laenge_xVS
 PF_Breite

PF_DickeSS
 PF_Laenge
 axPos
 R17



Target-Variable: af_M3_ES



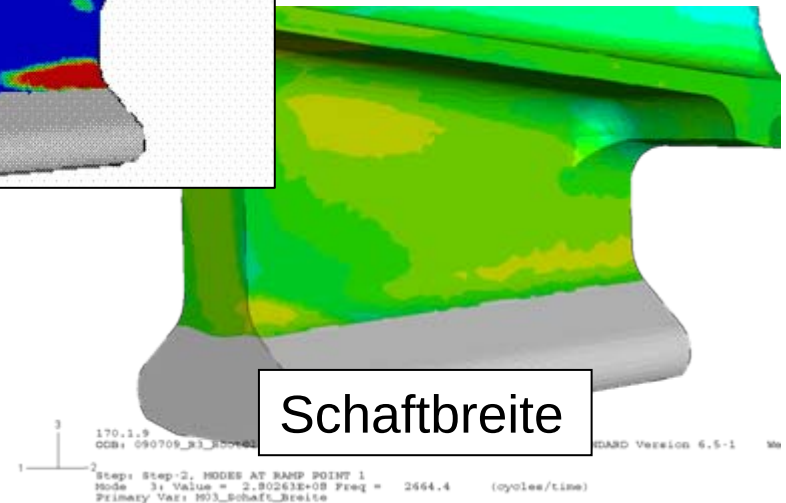
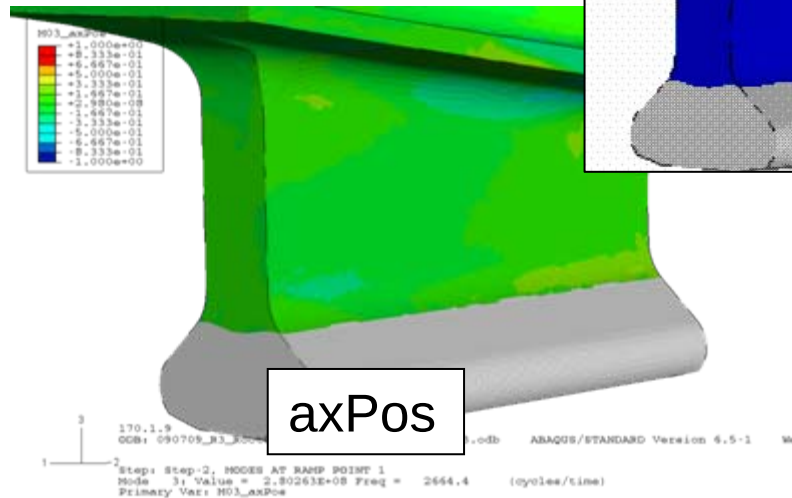
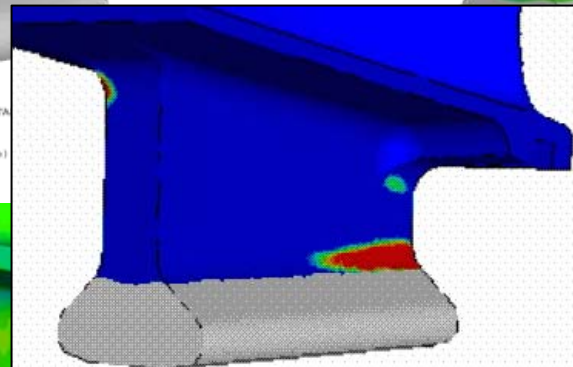
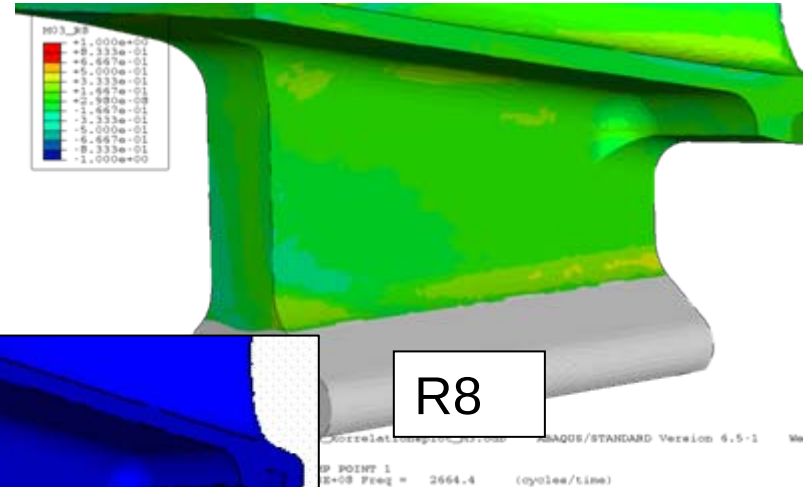
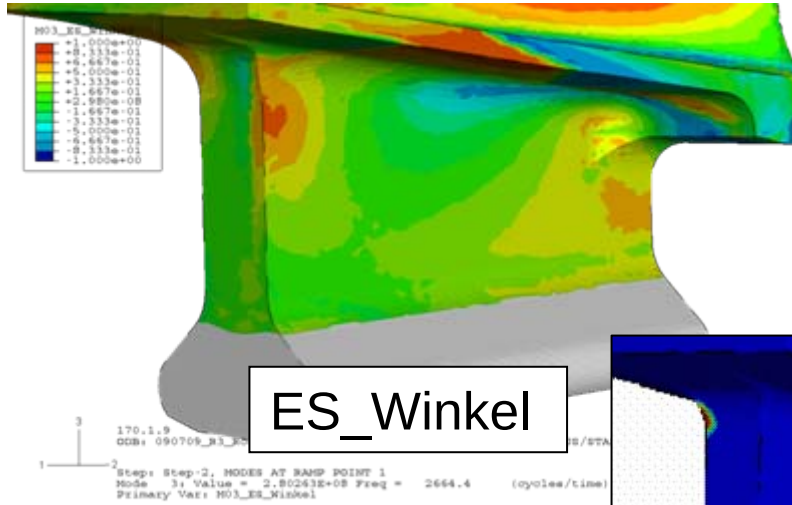
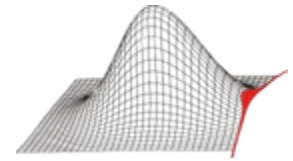
□ SchaftYneg
PF_Laenge
R16

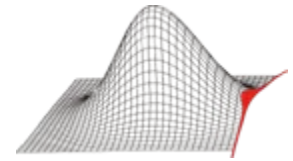
PF_DickeDS
PosDickeVK
Nut_unten

PF_Laenge_xVS
PF_Dicke_zSS

ES_Winkel
R8
axPos
Schaft_Breite
DickeVK
R18
R15
PF_Dicke_zDS
DickeHK
R10
R11
R14
maxDicke
R19
Nut_oben
PF_Neigung
Schaftwinkel
Hoehe
PosDickeHK
Schaft_Laenge
maxWoelbung
tanPos
Sehnenlaenge
Delta_Flanke

R13
PF_Breite_ySS
PF_DickeSS
Staffelungswin
R17
R7
PosmaxWoelbung
PF_Breite
PosmaxDicke
Fillethoehe
R9
Filletdicke





- Mit der Auswertung der Messdaten aus der Messkampagne konnten die Verteilungsarten und Verteilungsparameter der real gefertigten Schaufelblattparameter ermittelt werden.
- Es wurde eine Prozesskette entwickelt, mit der die Produktionsstreuungen der geometrischen Parameter auf ein FE-Netz übertragen werden können.
- Die Auswertung der probabilistischen Simulation mittels Häufigkeits- und Korrelationsplot ermöglicht eine Sensitivitätsanalyse nicht nur an einem Knoten, sondern an der gesamten Schaufel.