

Parameterstudien zum aero-akustischen Entwurf von Hubschrauberrotoren mit unterschiedlichen Verfahren

Abschlusspräsentation Masterarbeit

Dirk Rabe

DLR, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Abteilung für Helikopter, Braunschweig



Wissen für Morgen



Inhaltsverzeichnis

1. Motivation
2. Parameter und Methoden
3. Vergleich der Methoden
4. Ergebnis der Parameteruntersuchung
5. Zusammenfassung und Ausblick



1. Motivation

2. Parameter und Methoden

3. Vergleich der Methoden

4. Ergebnis der Parameteruntersuchung

5. Zusammenfassung und Ausblick



1. Motivation

Lange Entwicklung von Hubschrauberrotoren

Entwicklung von ERATO ca. 8 Jahre

ERATO → Blue Edge™ ca. 17 Jahre

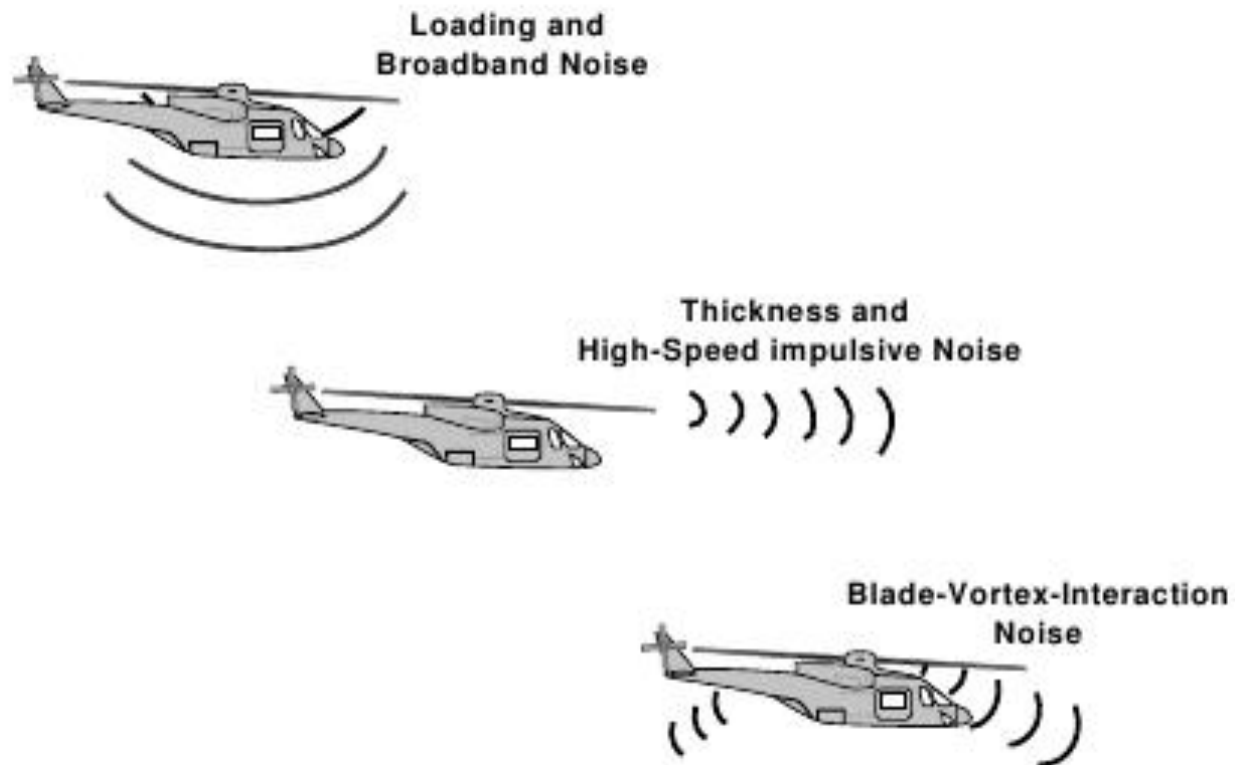
→ 25 Jahre Entwicklung für leisen Rotor

Ziele:

1. Finden einer geeigneten Methode für eine Parameterstudie
2. Parameterstudie für Effektivität zur Lärmreduktion



1. Motivation



Quelle: Modelling Aerodynamic generated sound of helicopter rotors, K. S. Brentner and F. Farassat

Abb.1.1: Lärmarten und –richtungen von Helikoptern

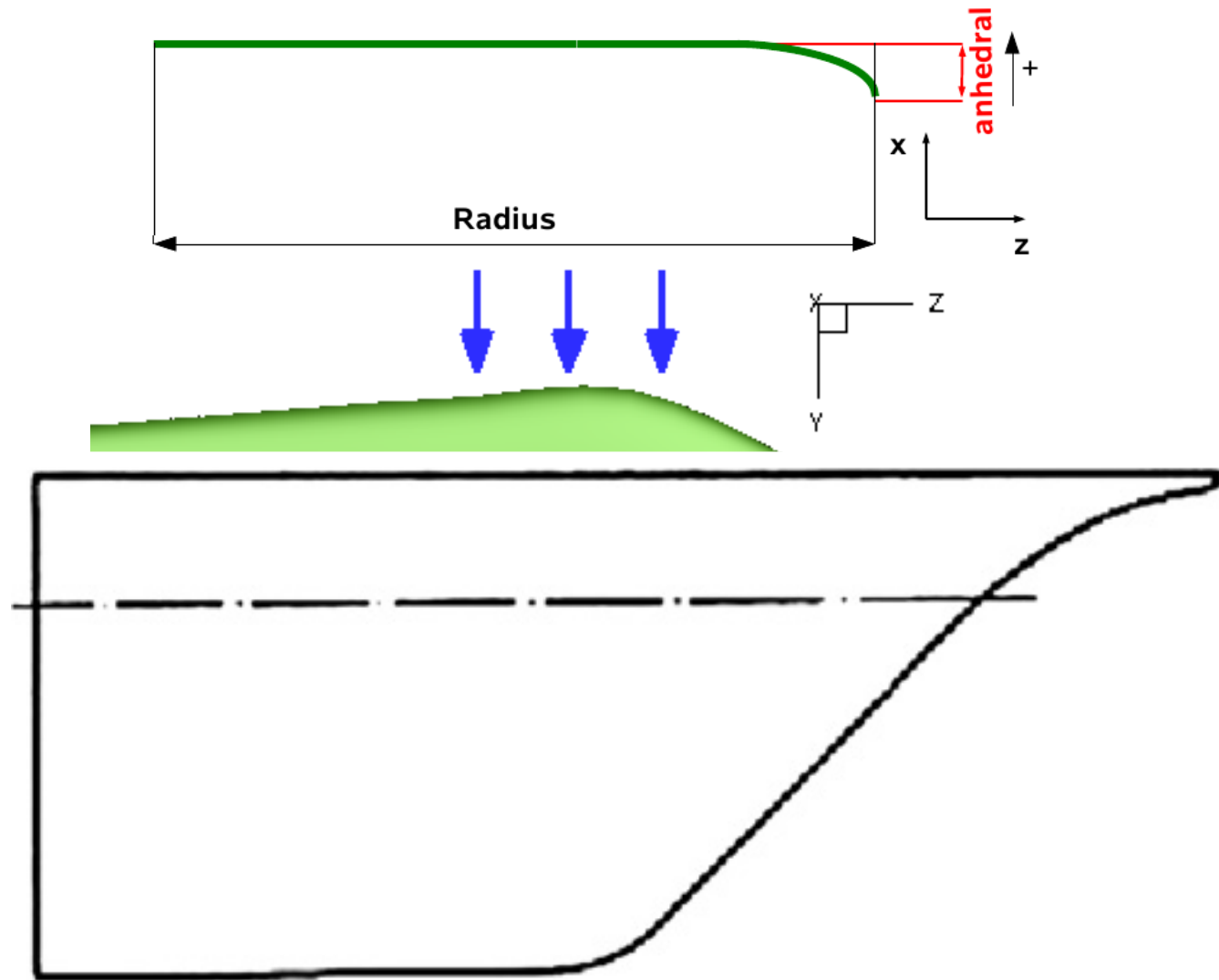


1. Motivation
- 2. Parameter und Methoden**
3. Vergleich der Methoden
4. Ergebnis der Parameteruntersuchung
5. Zusammenfassung und Ausblick



2. Methoden und Parameter

- V-Stellung
- Profiltiefe
- Pfeilung
- Verwindung



A. Brocklehurst and G.N. Barakos, A review of helicopter rotor blade tip shapes

2. Methoden und Parameter

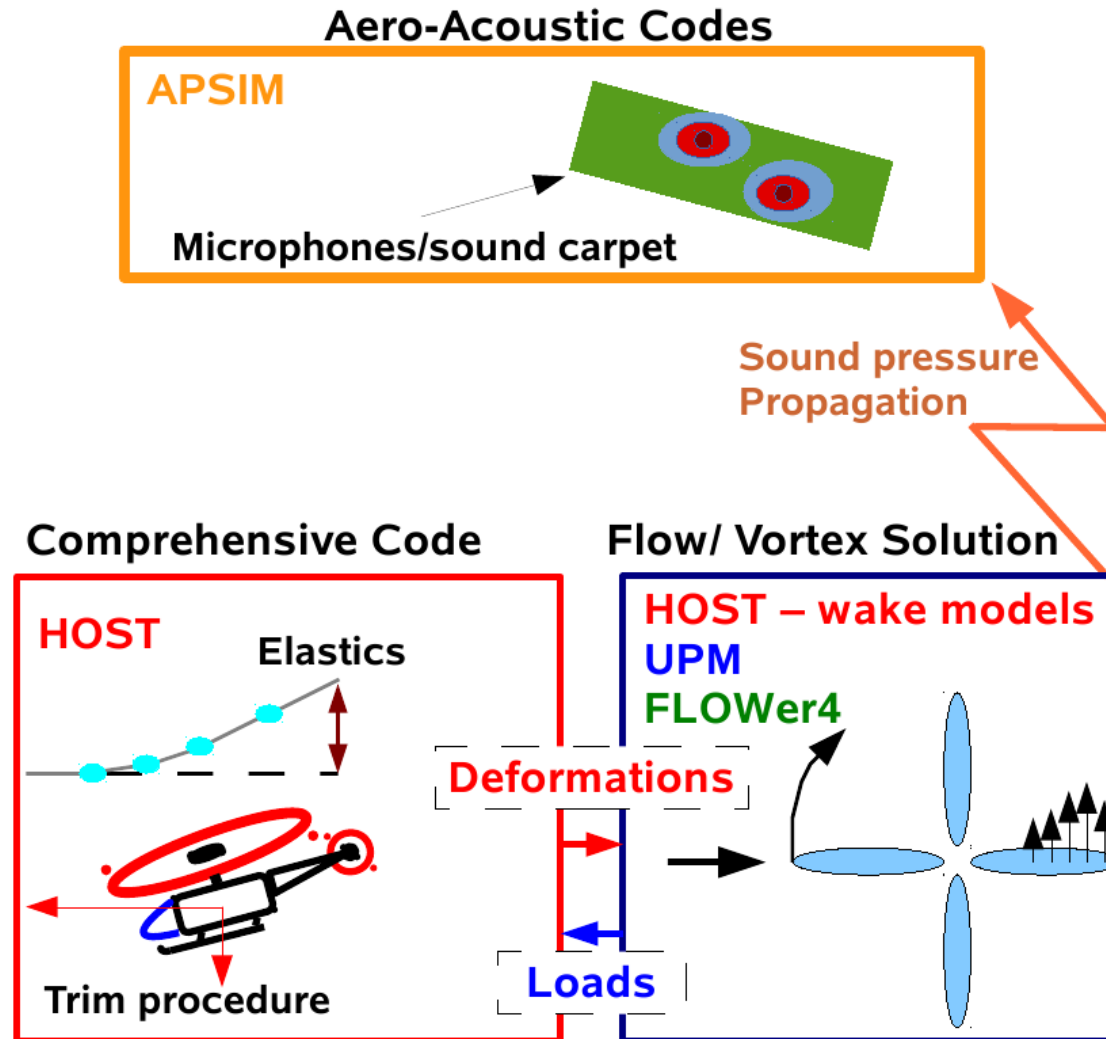


Abb.2.2: Numerische Prozesskette

2. Methoden und Parameter

Blatt-Elementen-Theorie (**BET**)

BET + fixes/freies Wirbelmodell (**METAR**, **MESIR**)

Panel Verfahren (**UPM**)

UPM + freies Wirbelmodell; (**UPM-METAR**, **UPM-BET**)

Computational Fluid Dynamics (**CFD**)

FLOWer4 – Verfahren höherer Ordnung (**EULER**, **RANS**
(Reynolds-Averaged-Navier-Stokes))

Steigende
Genauigkeit und
Dauer



1. Motivation
2. Parameter und Methoden
- 3. Vergleich der Methoden**
4. Ergebnis der Parameteruntersuchung
5. Zusammenfassung und Ausblick



3. Vergleich der Methoden

	HARTII	7AD	ERATO
R [m]	2.0	2.1	2.1
RPM [1/min]	1042	1022	946
μ [-]	0.150	0.154	0.165
Ma_{tip} [-]	0.638	0.660	0.616
Ma_{∞} [-]	0.096	0.102	0.102

Tabelle 3.1: Sinkflugeigenschaften unterschiedlicher Rotoren



3. Vergleich der Methoden

HARTII (Stand Bo105)

7AD (Stand H135)

ERATO (1998 Blatt
Blue Edge™ 2015 H160)

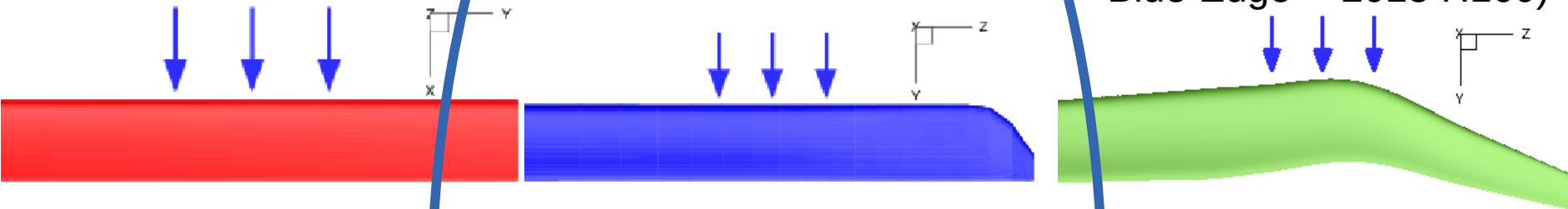


Abb.3.1: Blatt-Geometrien untersuchter Rotorblätter

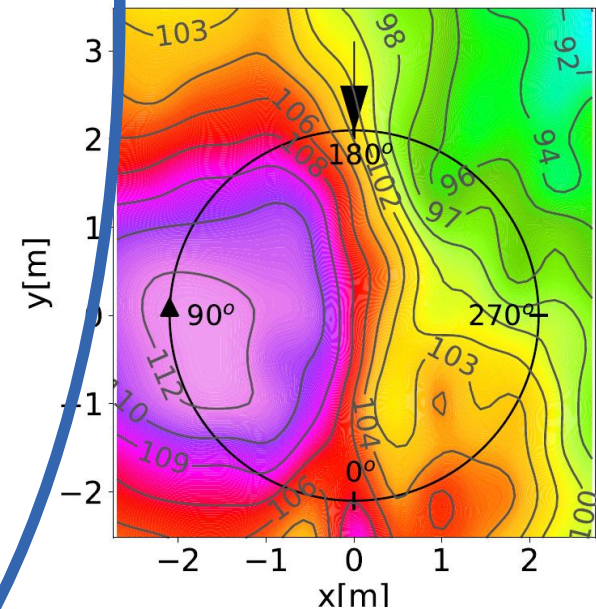
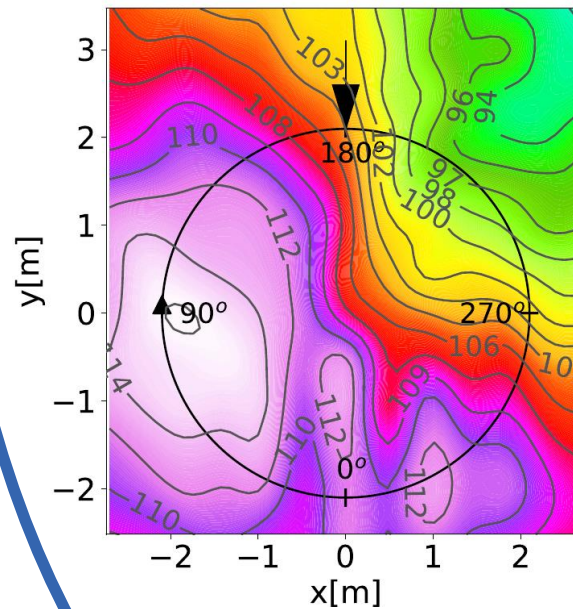
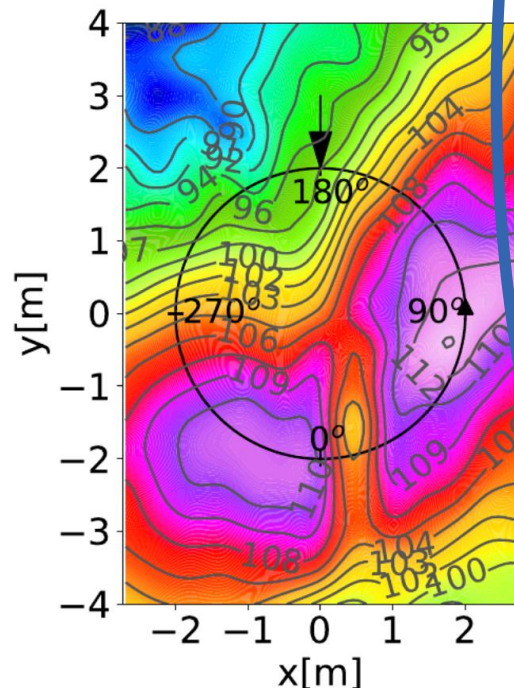


Abb.3.2: Schalldruckpegel (SPL) [dB] der Experimente im mittleren Frequenzbereich

3. Vergleich der Methoden

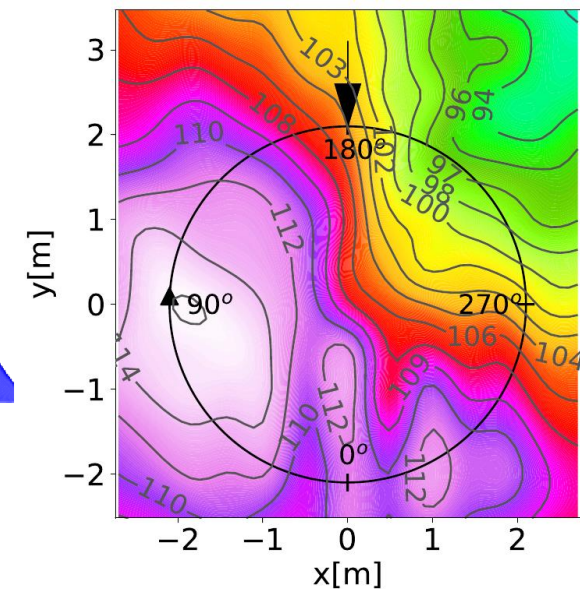
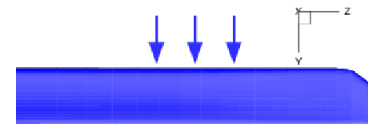


Abb.3.3: Blattgeometrie und SPL [dB] des 7AD Experiments

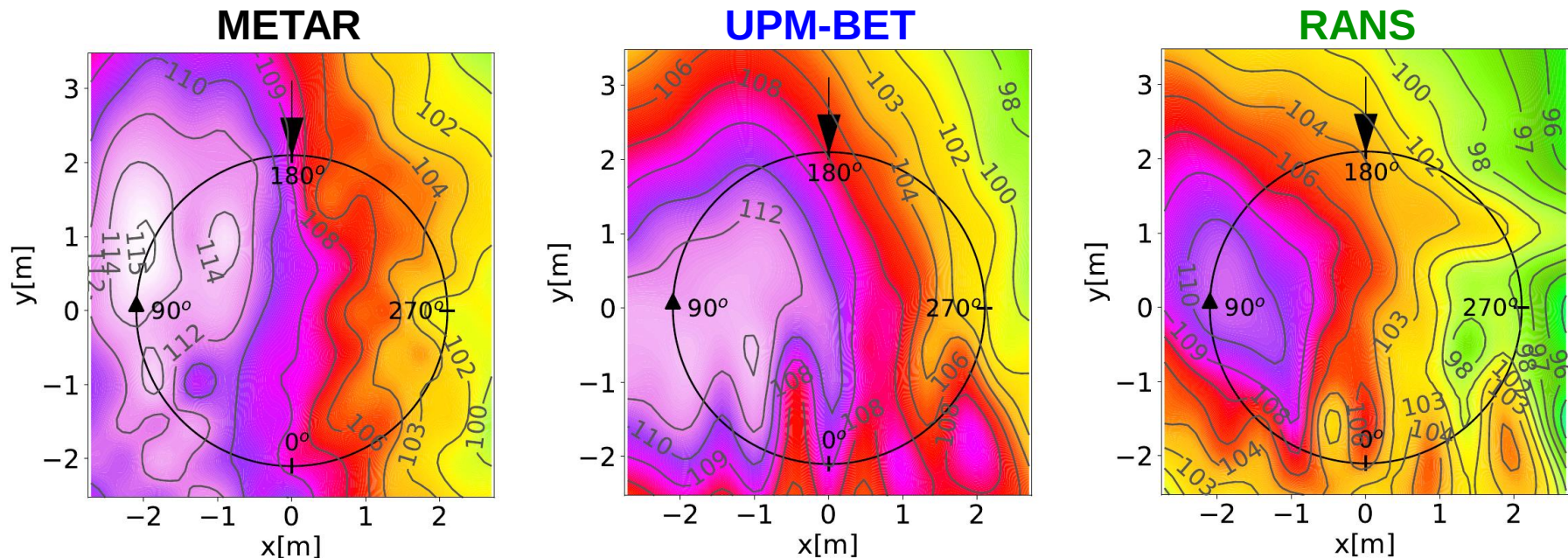
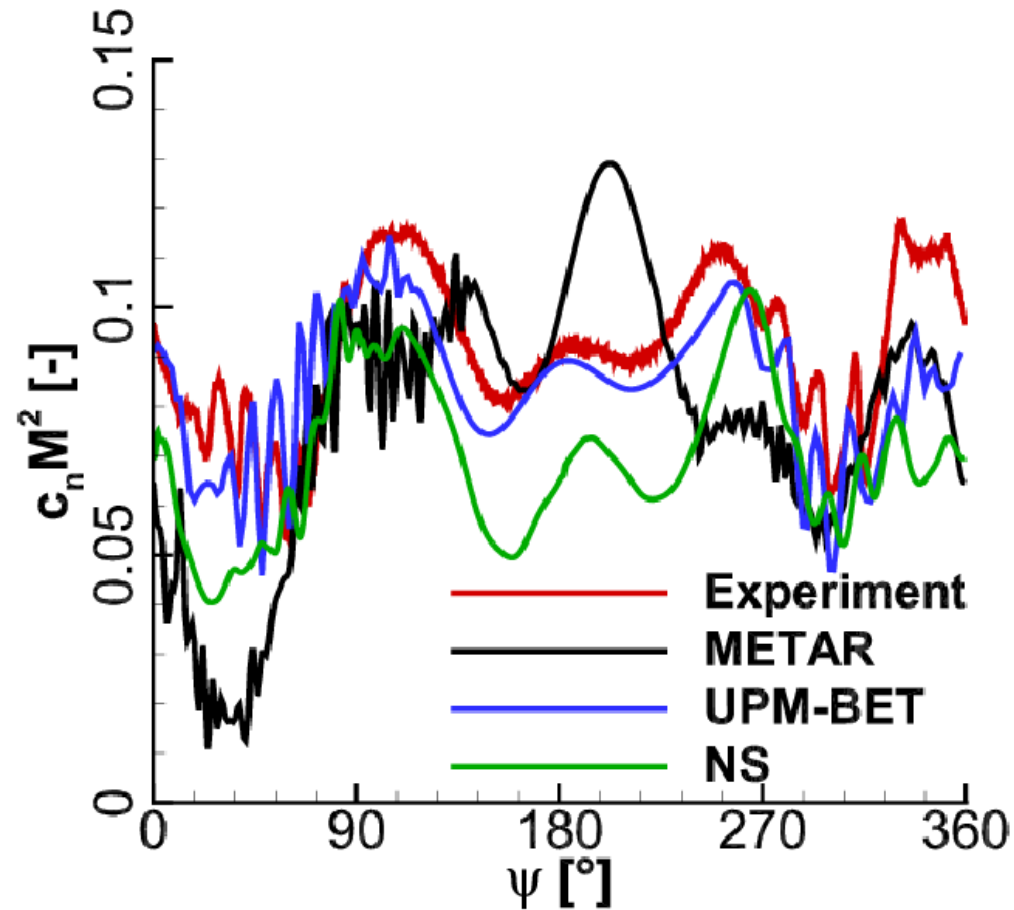


Abb.3.4: SPL [dB] unterschiedlicher Methoden für den 7AD



3. Vergleich der Methoden



	$\theta_0[^\circ]$	$\theta_c[^\circ]$	$\theta_s[^\circ]$
Experiment	6.53	2.15	-0.77
METAR	6.21	2.36	-0.76
UPM-BET	6.25	2.44	-0.95
RANS	6.30	2.72	-1.21

Tabelle 3.2: Trimmwinkel

Abb.3.5: Normierte Lasten für 7AD bei 82.5 % Blatt Geometrie



3. Vergleich der Methoden

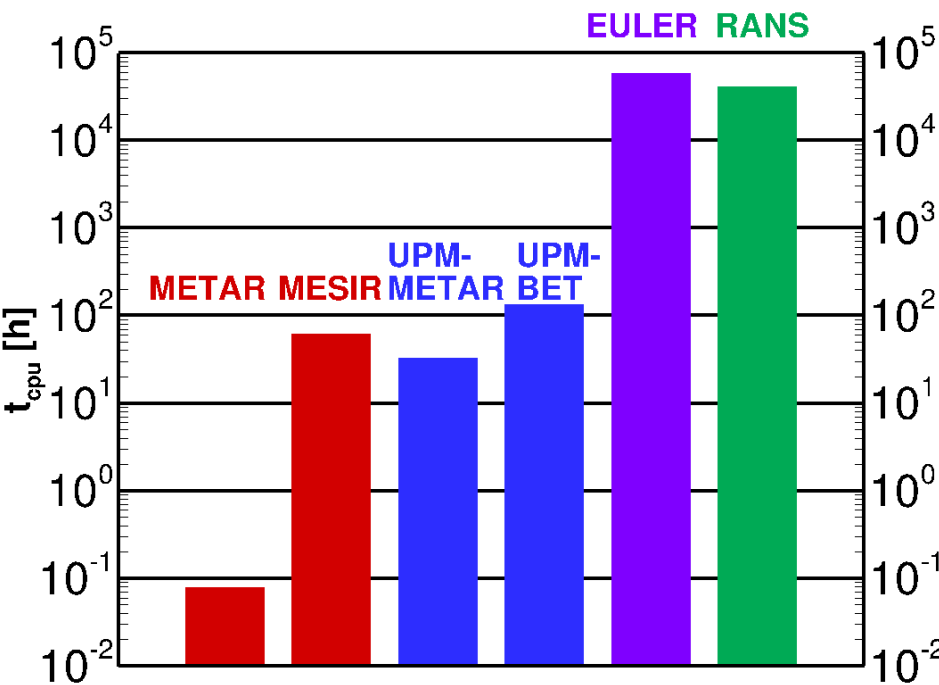


Abb.3.6: Durchschnittliche Dauer unterschiedlicher Methoden

Methoden	HARTII	7AD	ERATO
METAR	o	-	o
MESIR	o	-	-
UPM-METAR	++	o	+
UPM-BET	+	+	+
EULER	+	o	o
RANS	+	o	o

Tabelle 3.3: Genauigkeit unterschiedlicher Methoden



1. Motivation
2. Parameter und Methoden
3. Vergleich der Methoden
- 4. Ergebnis der Parameteruntersuchung**
5. Zusammenfassung und Ausblick



4. Ergebnis der Parameteruntersuchung

Referenzrotor → 7AD mit Eigenschaften des ERATO Sinkflugs

Untersuchte Parameter:

Profiltiefe

V-Stellung

Pfeilung

Verwindung



4. Ergebnis der Parameteruntersuchung

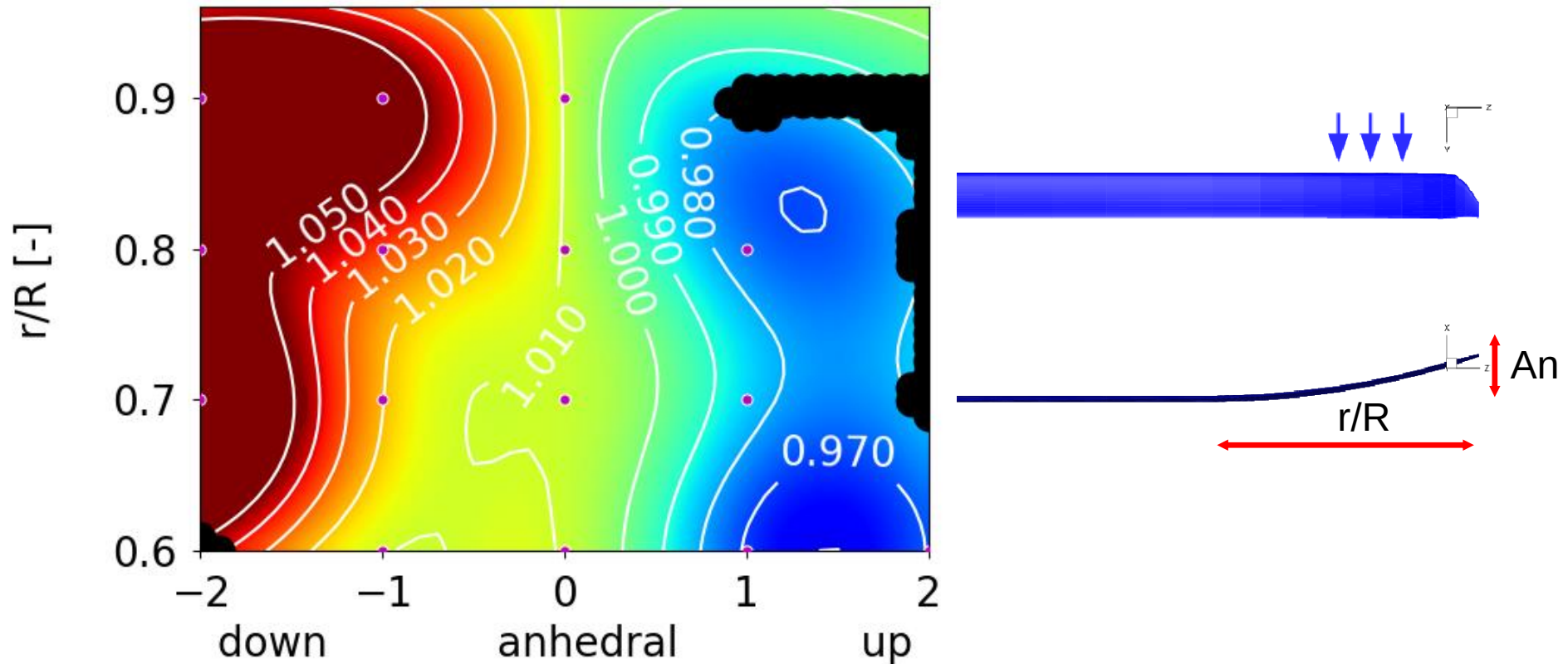


Abb.4.1: Verhalten der V-Stellung und optimiertes Rotorblatt für **UPM-BET**



4. Ergebnis der Parameteruntersuchung

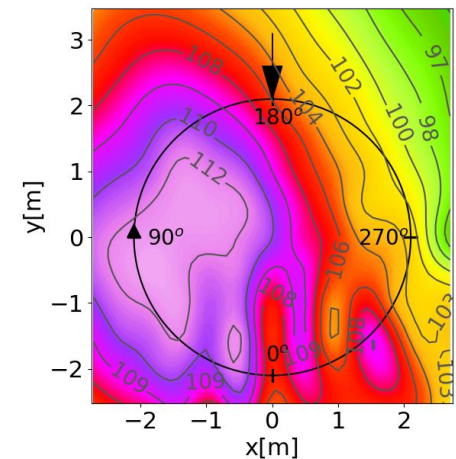


Abb.4.2: SPL [dB] des Referenzrotors für UPM-BET

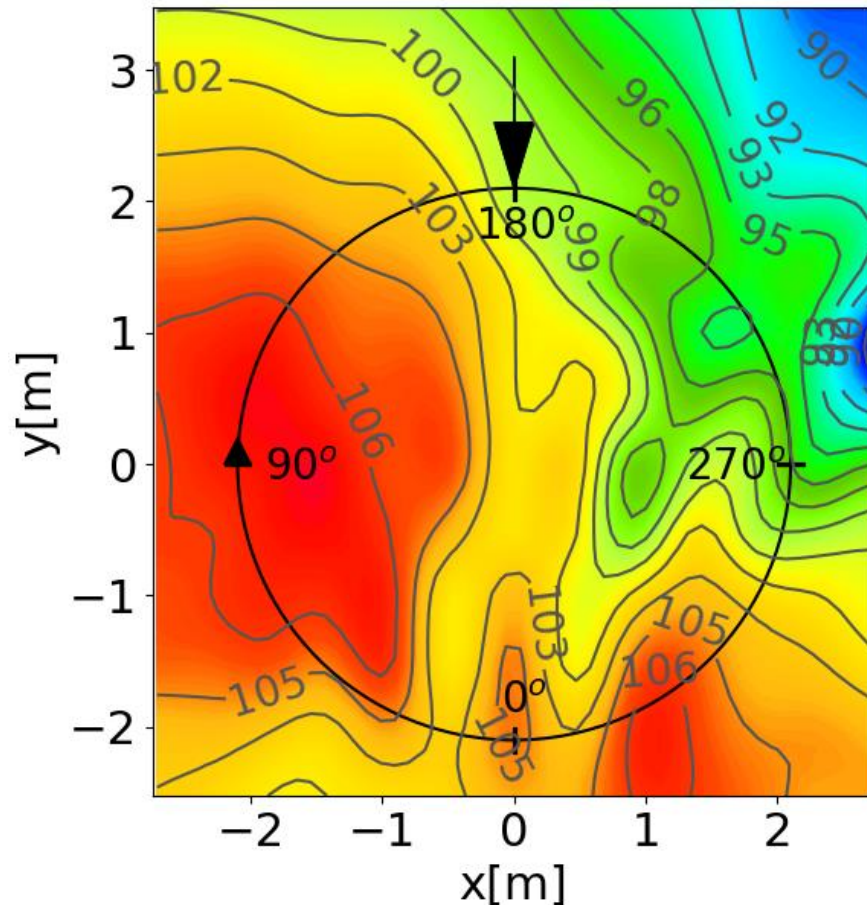
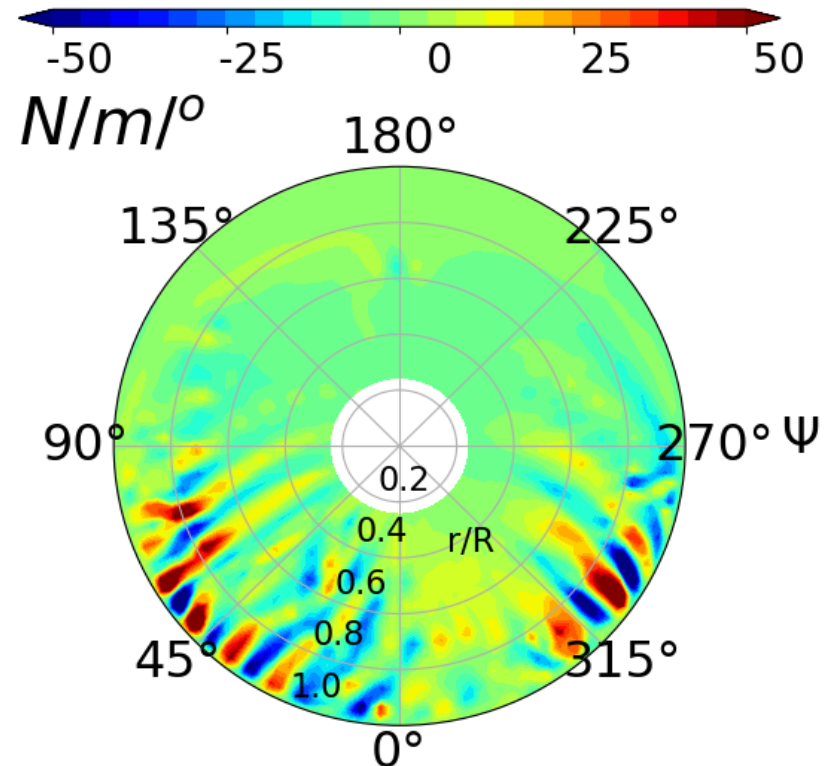


Abb.4.3: SPL [dB] und Lastschwankungen der optimierten V-Stellung für UPM-BET



4. Ergebnis der Parameteruntersuchung

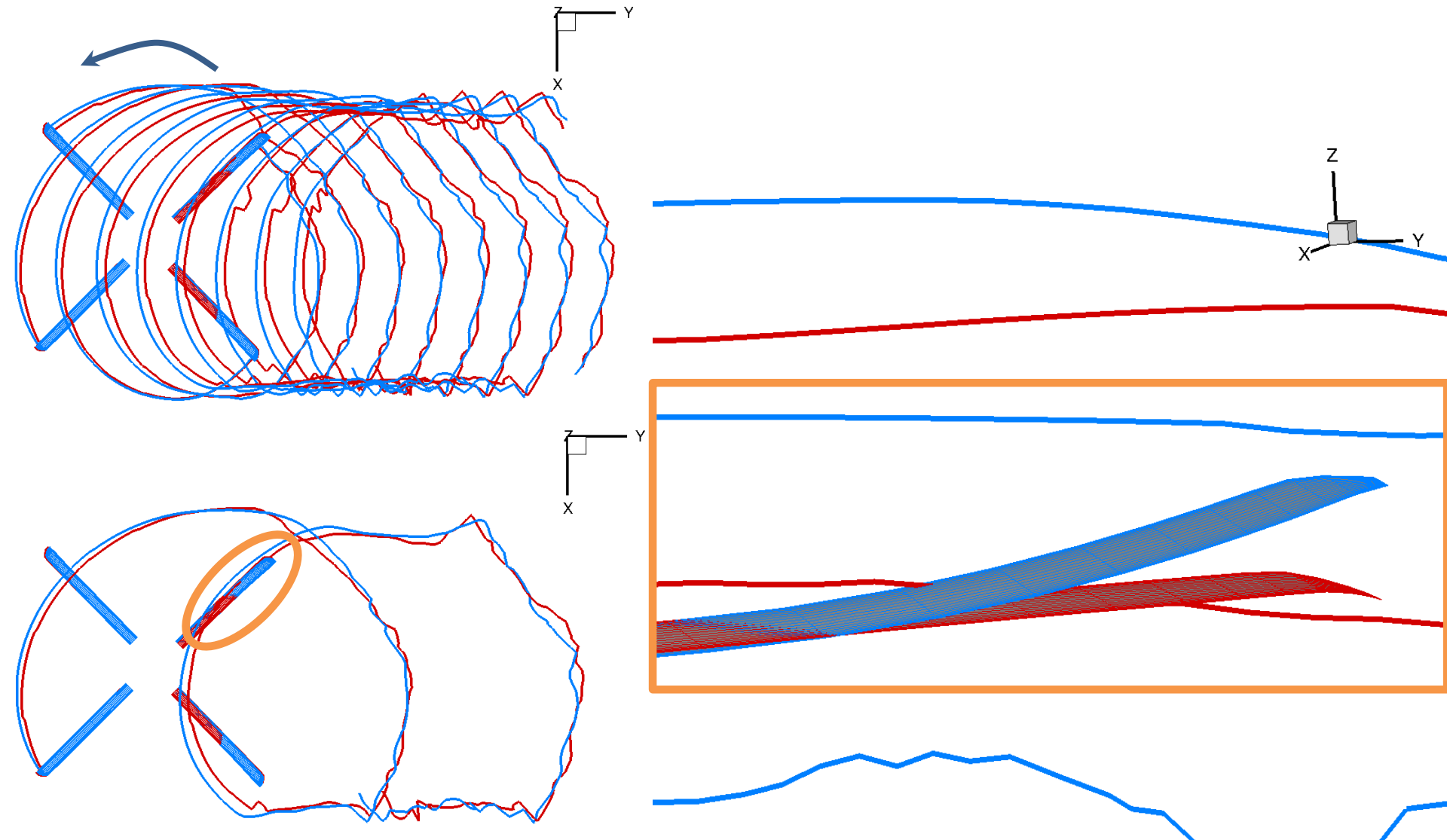


Abb.4.4: Wirbelfeld der optimierten V-Stellung für **UPM-BET**

4. Ergebnis der Parameteruntersuchung

	METAR	MESIR	UPM-METAR	UPM-BET
Profiltiefe	++	+++	+++	+
V-Stellung	+++	+++	○	+++
Pfeilung	+	+	+++	+++
Verwindung	+	+++	+	+

Tabelle 4.1: Lärmreduktionsmöglichkeiten unterschiedlicher Parameter



1. Motivation
2. Parameter und Methoden
3. Vergleich der Methoden
4. Ergebnis der Parameteruntersuchung
5. Zusammenfassung und Ausblick

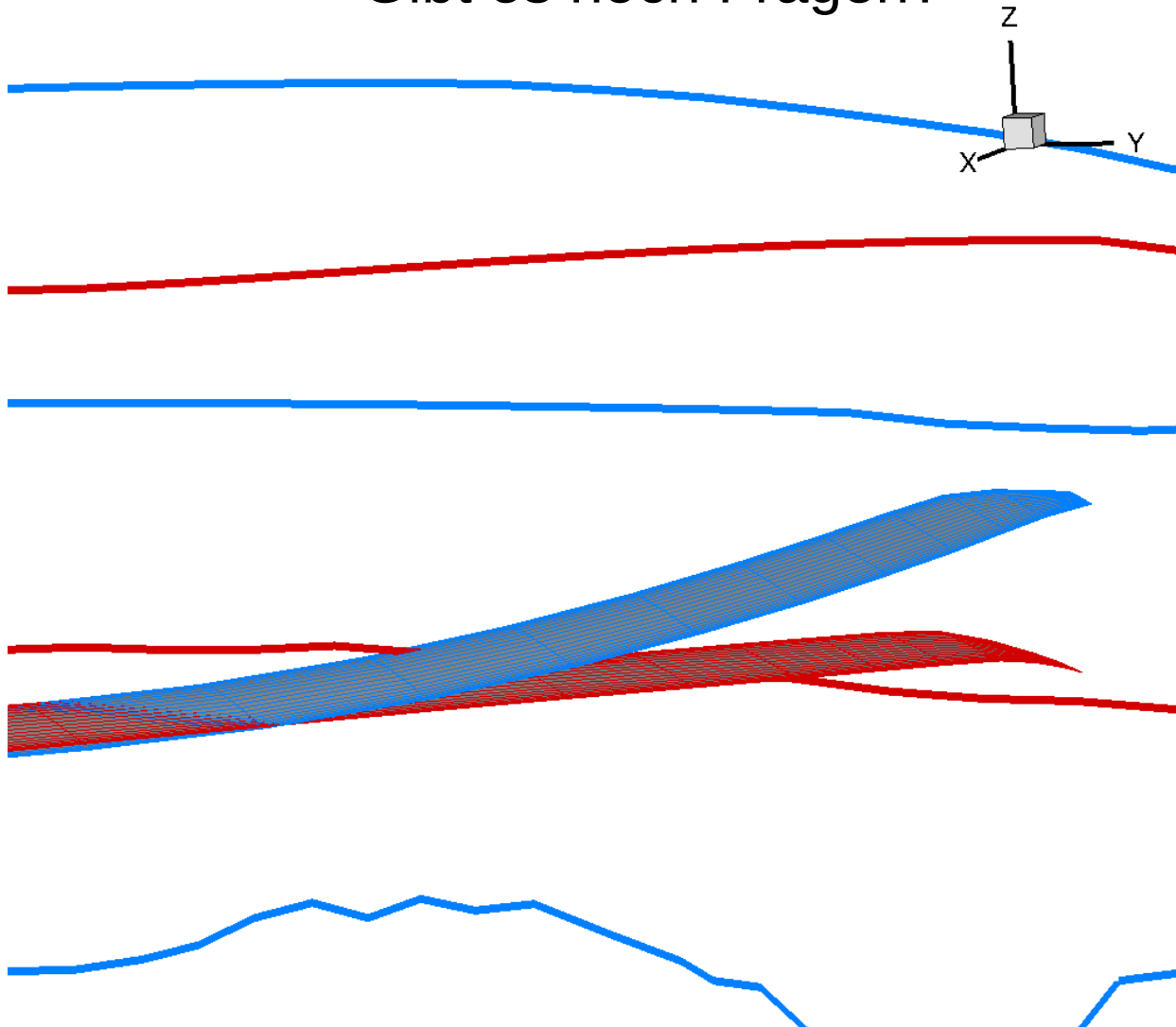


5. Zusammenfassung und Ausblick

- Nutzung verschiedener Verfahren für unterschiedliche Rotoren
 - Parameterstudie durchgeführt um BVI zu reduzieren
 - Änderung der Geometrie → Lärmreduktion
 - Voruntersuchung nicht eindeutig
 - Hoch aufgelöste CFD-Rechnungen zur Überprüfung
-
- Optimierungsstudie, auch Kombination mit anderen Parametern
 - Mehrpunktuntersuchung für Industrielle Anwendung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Gibt es noch Fragen?

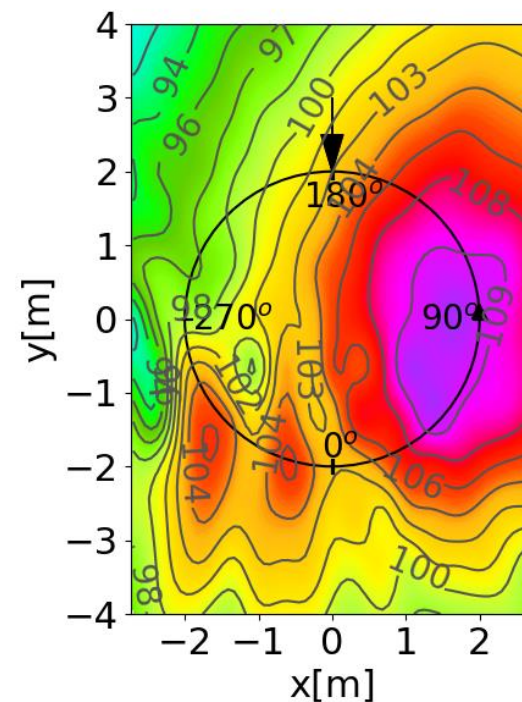
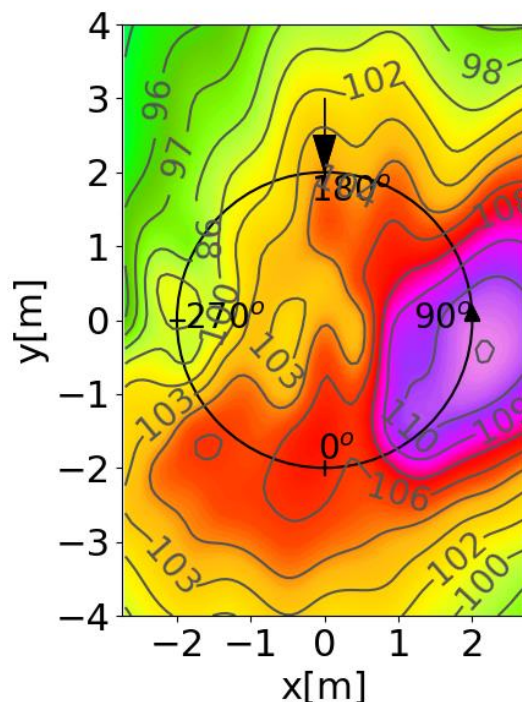
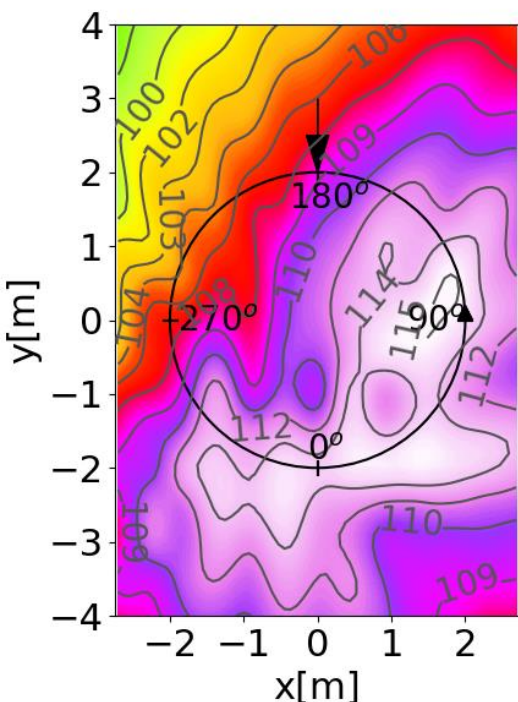
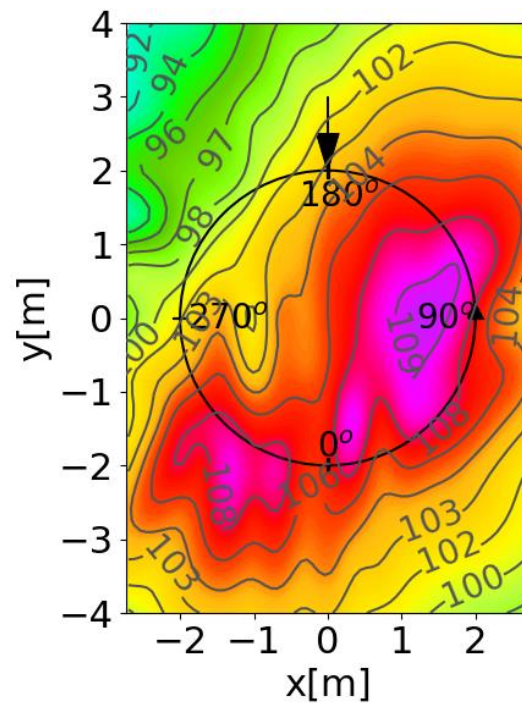
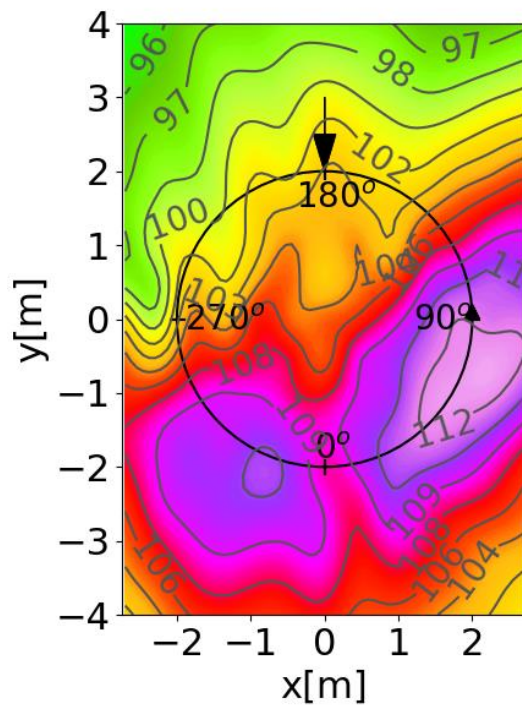
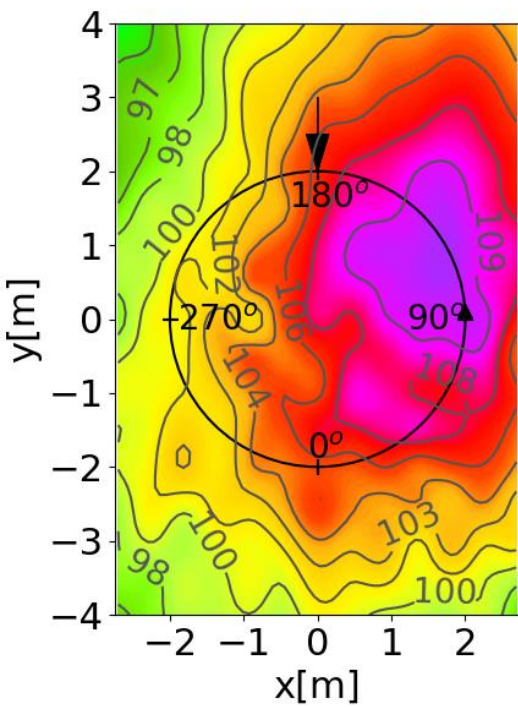


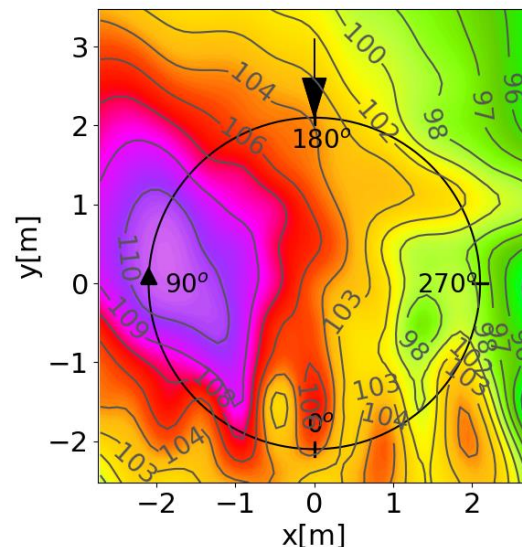
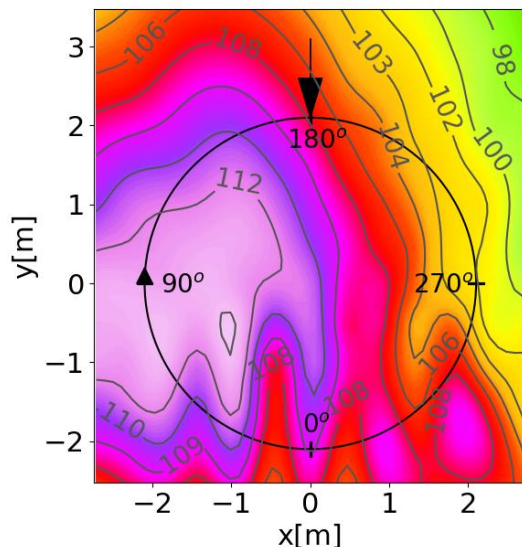
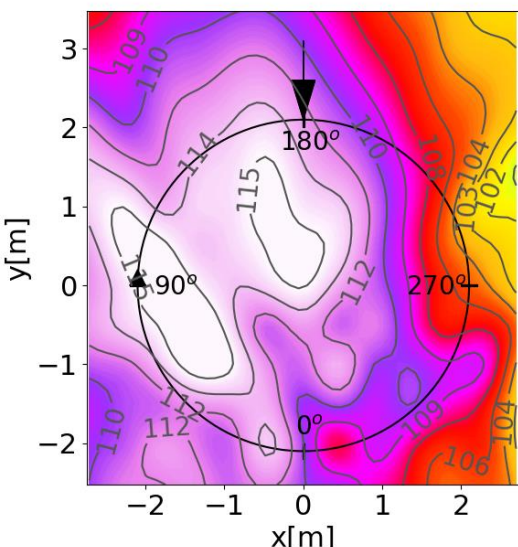
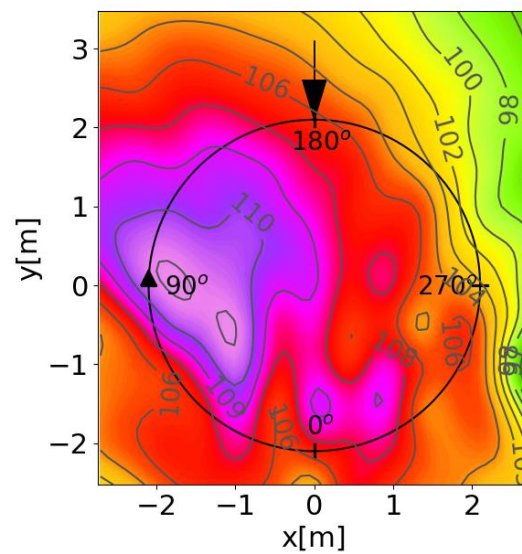
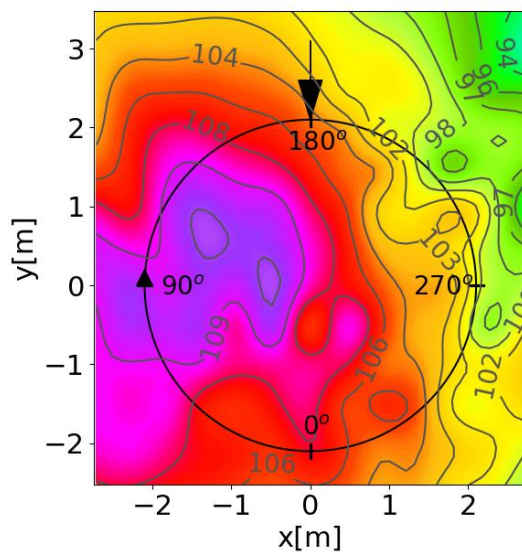
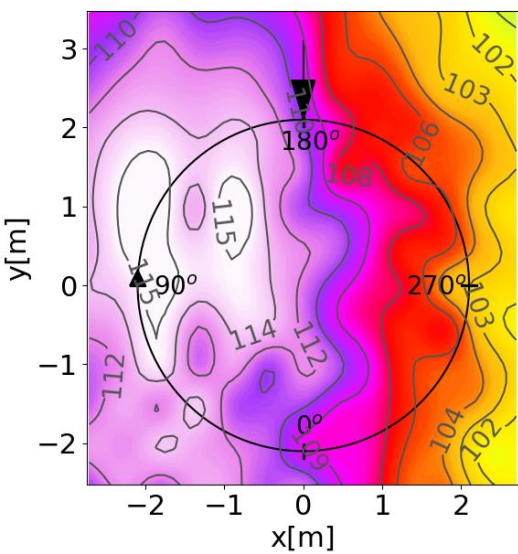
Zusätzlicher Inhalt



Wissen für Morgen







UPM-BET

