

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering

Technische Hochschule Wildau [FH]
Fachbereich Ingenieurwissenschaften
Studiengang: Luftfahrttechnik/-logistik

Simulation des Zerfalls von Flüssigkeiten mit ANSYS FLUENT
(Simulation of the decay of liquid jets with ANSYS FLUENT)

Autor: Mario Ramlow
Matrikelnr.: 51040171
Seminargruppe: LL11

1. Gutachter: Prof. Dipl. Ing. Thomas Mirre
2. Gutachter: Dr. rer. nat. Andreas Spille-Kohoff

Eingereicht am: 28.05.2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	8
2	Zielsetzung	9
3	Theorie des Strahlzerfalls	10
3.1	Dimensionslose Kennzahlen	10
3.1.1	Weber-Zahl	10
3.1.2	Ohnesorge-Zahl	11
3.1.3	Reynolds-Zahl	11
3.2	Klassifizierung des Strahlzerfalls	11
3.2.1	Rayleigh-Zerfall	13
3.2.2	Erster windinduzierter Zerfall	15
3.2.3	Zweiter windinduzierter Zerfall	15
3.2.4	Zerstäubung	16
3.3	Mechanismen des Strahlzerfalls	16
3.3.1	Primärzerfall	16
3.3.2	Sekundärzerfall	18
3.3.3	Beispiel	19
4	Grundlagen der Strömungssimulation	21
4.1	Vorgehensweise bei einer CFD-Simulation	21
4.2	Allgemeine Transportgleichung	22
4.3	Erhaltungsgleichungen	23
4.3.1	Massenerhaltung	23
4.3.2	Impulserhaltung	24
4.3.3	Energieerhaltung	25
4.3.4	Navier-Stokes-Gleichungen	26
4.4	Diskretisierung	26
4.4.1	Finite-Volumen-Diskretisierung	27
4.4.2	Zeitdiskretisierung	31
4.4.3	Linearisierung	32
4.4.4	Druck-Geschwindigkeits-Kopplung	32
4.5	Lösungsalgorithmen	34
4.5.1	Direkte Verfahren	34
4.5.2	Iterative Verfahren	34
4.6	Mehrphasensimulation	35
4.6.1	Euler-Lagrange	35
4.6.2	Euler-Euler	35
4.6.3	Berechnung freier Oberfläche	35
5	Simulation des Rayleigh-Zerfalls mit ANSYS FLUENT	37
5.1	Simulation des zweidimensionalen Referenzfalls	37
5.1.1	Geometrie und Vernetzung	37
5.1.2	Start- und Randbedingungen	38

5.1.3	Untersuchung des Mechanismus zur gezielten Anregung	40
5.1.4	Gitterstudie	42
5.1.5	Daten Referenzfall	43
5.2	Sensitivität der Simulationsergebnisse	45
5.2.1	Sensitivität bezüglich numerischer Parameter	45
5.2.2	Sensitivität bezüglich der Stoffeigenschaften	47
5.2.3	Sensitivität bezüglich der Anregungsparameter	50
5.2.4	Strahlcharakteristika	52
5.3	Simulation des Rayleigh-Zerfall in 3D	54
5.4	Validierung der Simulations-Ergebnisse	55
5.4.1	Zusammenfassung Vergleichsarbeit	56
5.4.2	Vergleich der Ergebnisse	56
5.4.3	Fazit	57
6	Zusammenfassung und Ausblick	58

6 Zusammenfassung und Ausblick

Am Beispiel des Rayleigh-Zerfalls konnte gezeigt werden, dass die Strömungssimulation eine gute Alternative zu den aufwendigen experimentellen Untersuchungen des Strahlzerfalls darstellt.

Durch die Verwendung eines zweidimensionalen Halbmodells und die gezielte Anregung des Strahlzerfalls konnte ein Referenzfall aufgesetzt werden, der hervorragende Übereinstimmung mit experimentellen Ergebnissen lieferte.

Die Betrachtung der Sensitivität der Simulationsergebnisse, konnte durch analytische Grundlagen bestätigt werden. Auch die Simulation für den dreidimensionalen Fall stellte keine grundlegende Schwierigkeit dar.

Dennoch kam es zu einigen unerwarteten Ergebnissen die in der Bachelorarbeit nicht weiter untersucht werden konnten. So kam es zu einer Abweichung bei der Änderung der Geschwindigkeit zwischen Simulation und Theorie. Auch für die optimale Kreisfrequenz und für die Aufbruchlänge zwischen der zwei- und dreidimensionalen Simulation kam es zu Abweichungen. Als Ausblick sollte eine genaueren Untersuchung der Ursachen dieser Abweichungen vorgenommen werden.

Außerdem wurde in dieser Arbeit der Einfluss der Düsenströmung und des Umgebungsgases vernachlässigt. Um ein besseres Verständnis für den Strahlzerfall, auch zur Simulation von anderen (aufwendigeren) Zerfallsbereichen, zu entwickeln, sollte eine Untersuchung dieser Faktoren vorgenommen werden. Um den Rechenaufwand für die Simulation nicht zu erhöhen, wird eine Modellierung dieser Einflüsse am Einlass empfohlen.