

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Symbole	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Beschreibung von Schaufelprofilen in der Literatur	2
1.2 Inhalt und Ziel der Arbeit	5
2 Mathematische Grundlagen	7
2.1 Funktionen und Kurven in der Ebene	7
2.1.1 Begriffe und Definitionen	7
2.1.2 Stetigkeit von Funktionen	9
2.1.3 Stetige Differenzierbarkeit von Funktionen	10
2.1.4 Ableitungen von Funktionen in Parameterdarstellung	12
2.1.5 Krümmung ebener Kurven	13
2.1.6 Natürliche Gleichung ebener Kurven	16
2.1.7 Charakterisierung von Kurvenübergängen	18
2.2 B-Splinekurven	21
2.2.1 Definition und Eigenschaften	22
2.2.2 Ableitungen von B-Splinekurven	23
2.2.3 Beispiel: Quadratischer B-Spline und Ableitungen	26
2.3 Ableitungen in den Endpunkten von B-Splinekurven	31
2.3.1 Erste Ableitung	31
2.3.2 Zweite Ableitung	33
2.3.3 Dritte Ableitung	35
3 Grundlagen des Verdichterschaufelentwurfs	39
3.1 Verdichter und Verdichterschaufelentwurf	39
3.2 Arbeitsweise von Verdichtern	41
3.3 Koordinatensysteme beim zweidimensionalen Schaufelentwurf	44

3.4	Klassifizierung von Schaufelprofilparametrisierungen	45
3.5	Allgemeiner Aufbau und Bezeichnungen am Schaufelprofil	47
3.6	Allgemeine Forderungen an die Profilgeometrie	48
4	Direkte Parametrisierung des Schaufelprofils	51
4.1	Ablauf des Profilaufbaus	51
4.2	Vorder- und Hinterkante des Profils	52
4.3	Parametrisierung von Saug- und Druckseite mittels B-Splinekurven	53
4.3.1	C^0 -Stetigkeit an Vorder- und Hinterkante	54
4.3.2	Tangentenstetigkeit an Vorder- und Hinterkante	56
4.3.3	Krümmungsstetigkeit an der Vorderkante	58
4.4	Fitten von Referenzprofilen	59
5	Indirekte Parametrisierung des Schaufelprofils	65
5.1	Ablauf des Profilaufbaus	65
5.2	Bestimmung der Skeletlinie mittels der natürlichen Gleichung	67
5.3	Erzeugung von Saug- und Druckseite	69
5.4	Profilaufbau und Einpassen in den Aeroblock	72
5.5	Berechnung der Krümmung der Profilseiten	74
5.6	Fitten der Referenzprofile	76
6	Semidirekte Parametrisierung des Schaufelprofils	81
6.1	Ablauf des Profilaufbaus	81
6.2	Die Saugseite	83
6.2.1	Erzeugung der Saugseite aus ihrer Krümmungsverteilung	83
6.2.2	Parametrisierung der Krümmungsverteilung	85
6.2.3	Anpassen der Profillänge	85
6.3	Erzeugung der Druckseite mittels Dickenfunktion	87
6.3.1	Bestimmung von Skeletlinie und Druckseite	87
6.3.2	Modellierung der Hinterkante	89
6.3.3	Modellierung der Vorderkante	93
6.3.4	Parametrisierung der Dickenfunktion	98
6.3.5	Berechnung der Krümmung der Druckseite	101
6.4	Fitten der Referenzprofile	101
7	Aerodynamische Optimierung eines Schaufelprofils	105
7.1	Formulierung der Optimierungsaufgabe	105
7.2	Serieller Optimierungsprozess	109
7.3	Parallelisierter Optimierungsprozess auf einem HPC-Cluster	111
7.3.1	HPC-Cluster	112
7.3.2	Parallelisierung auf einem einzelnen Knoten	114
7.3.3	Parallelisierung mit der Sun Grid Engine	115
7.3.4	Parallelisierung mit statischer Knotenwahl	117
7.3.5	Vergleich der Parallelisierungen	119

7.4	Diskussion der Ergebnisse und Vergleich der Parametrisierungen	121
7.4.1	Übersicht und statistischer Vergleich	121
7.4.2	Vergleich der Profilgeometrien	123
7.4.3	Vergleich der aerodynamischen Eigenschaften	125
8	Zusammenfassung und Ausblick	131
	Literaturverzeichnis	135