

Inhaltsverzeichnis

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	XI
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Erhaltungsgleichungen der Strömungsmechanik	3
2.2. Ebene Wellentheorie	4
2.2.1. Lineare Wellenausbreitung	5
2.2.2. Nichtlineare Wellenausbreitung	9
2.2.3. Reflexion ebener Wellen	14
2.3. Spektrale Analyse numerischer Fehler	15
3. Stand des Wissens	19
3.1. Kopplung numerischer Domains	20
3.2. Reflexionsfreie Randbedingung	26
4. Motivation und Zielsetzung	29
5. Numerische Schemata	31
5.1. Eindimensionales Schema	31
5.2. Dreidimensionales Schema	35
6. Reflexionsfreie Randbedingung	39
6.1. Theorie der filterbasierten Randbedingung	41
6.2. Implementierung der GMW-filterbasierten Randbedingung	44
6.3. Modell zur numerischen Validierung	46
6.4. Mittelwert	47
6.4.1. Einfluss der Initialisierung der Domain	48
6.4.2. Einfluss der Machzahl der Gleichströmung	50
6.4.3. Einfluss der akustischen Machzahl	50
6.4.4. Vergleich mit LRT und der klassischen CRB	53
6.5. Reflexionsverhalten	54
6.5.1. Einfluss der akustischen Machzahl	55
6.5.2. Einfluss der Machzahl der Gleichströmung	58
6.5.3. Einfluss von Oberschwingungen	59
6.5.4. Kennfelder der nichtreflektierenden Randbedingung	62
6.5.5. Vergleich mit der klassischen CRB	68

6.5.6.	Vergleich mit der LRT-Randbedingung	69
6.5.7.	Reflexionen bei unangepasstem Filter	70
6.5.8.	Reflexionen bei kontinuierlich veränderlicher Frequenz	71
6.6.	Zwischenergebnis	73
7.	Reflexionsfreie Kopplungsbedingung	75
7.1.	Grundlegende Anforderungen an eine 3D/1D-Kopplung	75
7.2.	Theorie der reflexionsfreien Kopplungsbedingung	78
7.2.1.	Herleitung der numerischen Dämpfungskonstante	80
7.2.2.	Einfluss der numerischen Schallgeschwindigkeit	84
7.2.3.	Einfluss multidimensionaler Domains	86
7.3.	Systematik der numerischen Impedanzanpassung	86
7.4.	Analytische Bestimmung spektraler Fehler	87
7.5.	Experimentelle Bestimmung spektraler Fehler	89
7.5.1.	Modell und Methodik	89
7.5.2.	Einfluss der akustischen Machzahl	96
7.5.3.	Einfluss der Machzahl der Gleichströmung	101
7.5.4.	Zwischenergebnis	104
7.6.	Implementierung der Kopplung	106
7.6.1.	Rückkopplung durch Flussvorgabe	108
7.6.2.	Rückkopplung durch Zellzentren und Extrapolation	109
7.7.	Reflexionsminderung durch numerische Impedanzanpassung	115
7.7.1.	Anpassung der numerischen Impedanz bei monofrequenter Anregung	115
7.7.2.	Reflexionen bei reibungsfreier 1DFV/1DCV-Kopplung mit monofrequenter Anregung	117
7.7.3.	Anpassung der numerischen Impedanz bei Anregung mit Oberschwingungen	134
7.7.4.	Reflexionen bei Anregung mit Oberschwingungen	137
7.8.	Multidimensionale Kopplung	141
7.8.1.	Effektive Dämpfungskonstante	142
7.8.2.	Transformation der Strömungsgrößen zwischen 3D- und 1D-Domain	150
7.8.3.	Konservativität der 3D/1D-Kopplung	153
7.8.4.	Reflexionen bei 3DFV/1DCV-Kopplung	154
7.8.5.	Geschwindigkeitsprofile bei 3DFV/1DCV-Kopplung	157
7.9.	Zwischenergebnis	159
8.	Generischer Testfall	161
8.1.	Grundlegendes Modell	161
8.2.	Anforderungen an die 3DFV-Domain	163
8.2.1.	Strömungsfeld	163
8.2.2.	Netztopologie	163

8.3. Bestimmung der Parameter der 1DCV-Domain	164
8.4. Ergebnisse	166
8.5. Übertragung auf die gekoppelte Simulation von Fluidenergiemaschinen und Anlagen .	171
9. Zusammenfassung und Ausblick	173
Literaturverzeichnis	175
A. Anhang	187
A.1. Kennfelder des Grundswingungsgehaltes an der nichtreflektierenden Randbedingung bei Variation von σ_{RB} und φ_{num}	187
A.2. Herleitung der spektralen Fehler für das FV-Schema bei variablem Gewichtungsfaktor der zeitlichen Integration	189
A.3. Diffusions- und Dispersionsbeiwerte des FV-Schemas bei Variation der akustischen Machzahl	190
A.4. Spektrale Fehler des FV-Schemas bei Variation des Gewichtungsfaktors der zeitlichen Integration	192
A.5. Kopplungsparameter bei Anregung mit Oberschwingungen	193