

4 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit erklärt die Grundlagen, um Interpolationen mit Splines durchzuführen und stellt aufbauend auf diesen vier Hauptprogramme vor, um Wirkungsgradkennfelder durch Spline-Interpolationen zu erstellen und zu analysieren:

- `main_Interpolation.m` (Programm A.1.1): Durchführen der Spline-Interpolation und Berechnen der Kontrollpunkte D , die das Wirkungsgradkennfeld beschreiben.
- `main_Verlustleistung.m` (Programm A.2.1): Berechnen der Verlustleistung für gesuchte Parameter (M, n) mithilfe der Kontrollpunkte.
- `main_Unsicherheitsanalyse.m` (Programm A.3.1): Berechnen der Abweichung der interpolierten Verlustleistung zur Verlustleistung der Messdaten, um Genauigkeit der Interpolation anzugeben.
- `main_plot.m` (Programm A.4.1): Plotten der Zusammenhänge für eine bessere Analyse.

Wie die Auswertung der Interpolation zeigt, lassen sich mit diesen Programmen sehr genaue Interpolationen erstellen, die eine durchschnittliche Abweichung von den tatsächlichen Daten von weniger als 0.0007 % haben.¹ Allerdings zeigt sich auch, dass die Genauigkeit der Interpolation sehr stark von den in der Konfiguration gewählten Parametern ist.

Neben den Tests, durch die eine optimale Wahl der Parameter für die jeweiligen Messdaten gefunden werden kann, können weiterhin Tests mit angepassten Messdaten durchgeführt werden. Mit diesen Tests kann bestimmt werden, welche Menge und Form der Messdaten zu den besten Ergebnissen führt, sodass anschließend die Anzahl der tatsächlich durchgeführten Messungen, sowie deren Messpunkte, angepasst werden können.

Für diese Tests können zusätzlich zu dem Vorgehen in Kapitel 3.5 die Zusammenhänge mit dem Programm `main_plot.m` (Programm A.4.1) grafisch dargestellt werden, um die Analyse zu unterstützen.

Weiterhin kann der Einfluss weiterer Parameter getestet werden, die im Rahmen der in Kapitel 3.5 durchgeführten Tests nicht berücksichtigt wurden. Insbesondere auch die Anzahl der Interpolationspunkte X für die Berechnung der Verlustleistung mit Interpolationspunkten und Kontrollpunkten.²

Außerdem wird eine Erweiterung des Programms `main_Unsicherheitsanalyse.m` (Programm

¹Siehe die Tests in Kapitel 3.5.

²Für die durchgeführten Tests wurde die Anzahl der Interpolationspunkte auf ein Vielfaches der Matrix gesetzt, mit der die Berechnung durchgeführt wurde. Sofern die Anzahl kein Vielfaches ist, muss die Berechnung für jeden Interpolationspunkt einzeln durchgeführt werden, was nicht nur den Rechenaufwand erhöht, sondern auch zu einer anderen Genauigkeit bei der berechneten Ergebnisse führen kann.

A.3.1) empfohlen, die neben der berechneten durchschnittlichen Abweichung unter anderem auch die maximal- und minimal-Werte, sowie die Varianz angibt.

Die durchgeführten Tests lassen auch vermuten, dass die Genauigkeit erhöht ist, wenn man die Splinekurve S_D über den deBoor-Algorithmus mit dem Programm `deBoor.m` (Programm A.1.7) berechnet und diese anstelle der Kontrollpunkte D für die Berechnung der Verlustleistung P_V verwendet. Obwohl die Tests keine signifikante Auswirkung vermuten lassen, wenn die Splinekurve S_D statt der Kontrollpunkte D verwendet wird, kann der deBoor-Algorithmus für den mehrdimensionalen Fall implementiert werden, um nach einer entsprechenden Erweiterung des Programms `Mehrdimensionale_Spline_Interpolation.m` (Programm A.1.12) weitere Tests durchzuführen und die Auswirkungen dieses Vorgehens für den mehrdimensionalen Fall zu analysieren.

Weiterhin können die Programme `getKnotenfolge.m` (Programm A.1.5) und `getInterpolationspunkte.m` (Programm A.1.4) mit weiteren Wegen zur Berechnung dieser Parameter erweitert und getestet werden. Siehe hierfür die Kapitel 2.1 und 2.3.

Ein noch unbehandeltes Thema ist die Problematik der Spline-Interpolation im Umgang mit Ecken³. Diese Problematik liegt vor, da an diesen Eckpunkten keine Differenzierbarkeit vorliegt. Ob die Behandlung dieser bei den für diesen Anwendungsfall verwendeten Messdaten einen signifikanten positiven Effekt erzielen würde, bleibt fraglich, trotzdem kann es nicht schaden, eine Behandlung der Ecken nach [2] zu implementieren und die Auswirkung auf die Genauigkeit der Interpolation zu testen.

Generell bleiben bei der Interpolation immer unvermeidbare Probleme⁴, da mit glatten Funktionen interpoliert wird.[2]

Im Hinblick darauf wäre eine Umsetzung und Analyse der auf Grundlagen der Splines beruhenden Approximation nach [2] interessant, da aus dem Vergleich mit der Interpolation wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden können, die wiederum für eine weitere Optimierung der Programme verwendet werden können.

Als abschließender Ausblick können die Programme für den n-dimensionalen Fall erweitert werden. Für den in dieser Arbeit betrachteten Anwendungsfall ist nur eine Implementierung des mehrdimensionalen Falls für zwei Dimensionen notwendig. Da die Funktionalitäten der Programme auch für andere Anwendungsfälle interessant sind, ist es sinnvoll, diese Erweiterung durchzuführen, sofern in anderen Anwendungsfällen für mehr als zwei Dimensionen interpoliert werden soll.

³Dabei sind geometrische Ecken gemeint, zum Beispiel für die Verbindungslinien $[0,0]$ zu $[1,0]$ und $[1,0]$ zu $[1,1]$.

⁴Zum Beispiel die starke Abhängigkeit von der Parametrisierung der Interpolationsstellen (also die Wahl, welcher Parameterwert zu welchem zu interpolierenden Punkt zugeordnet wird)

Zwar ist es zum Stand dieser Arbeit bereits möglich, die vorgestellten Programme für die Interpolation von Wirkungsgradkennfeldern von E-Motoren einzusetzen⁵, aber die starke Abhängigkeit der Genauigkeit von den gewählten Parametern, sowie die in den Programmen implementierten Methoden zum Testen und die Ausblicke auf mögliche Erweiterungen, sollten als Motivation dienen, aufbauend auf dieser Arbeit weitere Tests durchzuführen und die Programme mit den dadurch gewonnenen Erkenntnissen zu erweitern. Eine solche Erweiterung der Programme kann den Grundstein dafür legen, dass die Software so eingesetzt werden kann, dass mit dieser zuverlässig genaue Spline-Interpolationen durchgeführt werden können.

⁵Mit einer entsprechenden Anpassung können diese Programme für alle Arten an Daten verwendet werden, die auf eine solche Weise interpoliert werden sollen.