

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Anwendung von SVM-Regression und SVM-Quantilregression auf die Auswertung von elektrischen Impedanzspektren von Formsanden zu prüfen und bewerten. Dabei wurden am Lehrstuhl MRT bereits erstellte Messungen zu verschiedenen Formsanden als Trainingsdaten verwendet. Für die SVM wurde der RBF-Kernel verwendet.

Zunächst wurden Bewertungskriterien für die Kennlinienregression und Quantilregression eingeführt, um eine Bewertung der Regressionen durchführen zu können. Erste Versuche der SVM-Regression auf einzelnen Messdaten waren zunächst enttäuschend mit einem RMSE von bis zu 11400 % und einem Bestimmtheitsmaß von mindestens 29 %.

Aus diesem Grund wurde anschließend nach Verbesserungsmöglichkeiten für die SVM-Regression gesucht. Dafür wurden die Messdaten vor dem Training der SVM logarithmiert, um den Messbereich gleichmäßiger zu gestalten. Dies führte dazu, dass das Modell nicht ausschließlich auf den hohen Messwerten optimiert wird. Dieser Ansatz führte bereits zu einer Verbesserung des RMSE um zwei Größenordnungen auf etwa 150 %. Gleichzeitig stieg auch das Bestimmtheitsmaß auf mindestens 43 % an. Jedoch waren die Fehlerwerte weiterhin in einem komplett unbrauchbaren Bereich für eine präzise Analyse der Daten.

Der nächste Verbesserungsschritt bestand in einer Aufteilung der Messdaten in mehrere Messbereiche. Durch eine Aufteilung in zwei Messbereiche konnte bereits eine weitere Verbesserung des RMSE um eine Größenordnung auf etwa 22 %-26 % beobachtet werden. Das Bestimmtheitsmaß stieg hier bereits auf über 99 % an. Da jedoch der RMSE weiterhin zu hoch war, wurde anschließend eine Aufteilung in drei Teilbereiche vorgenommen, was wiederum eine Verbesserung des RMSE auf 3 % bis 7 %.

Des Weiteren wurden die Parameter der SVM und des Kernels angepasst. Eine Anpassung des Regularisierungsparameters C sowie der Bandbreite des Kernels γ brachten dabei keine nennenswerte Verbesserung, während die Anpassung des akzeptierten Fehlermaßes ϵ eine Verbesserung auf etwa 2 % brachte. Die Parameter wurden im weiteren Vorgehen durch eine Grid Search optimiert, wodurch der RMSE auf etwa 0,4 % - 0,6 % sank. Dies stellt eine für die Analyse der Daten sehr gut nutzbare Genauigkeit der Regression dar. Eine Anwendung der Grid Search auf die Teillängen der Messbereich brachte hingegen keine Verbesserung der Genauigkeit.

Darüber hinaus wurde die Anwendung von Kreuzvalidierung zur Verbesserung der Genauigkeit geprüft, durch die eine Eliminierung der verschiedenen Teilbereiche möglich wurde. Trotz der Reduzierung auf einen Teilbereich der SVM lag ein RMSE von etwa 0,2 % vor. Dieser stieg zwar durch die Erweiterung der Messdaten auf mehrere Messdateien auf etwa 1 % an, lag damit jedoch weiterhin in einem akzeptablen Bereich.

Der nächste Schritt zielte darauf ab, die Analyse auf eine Quantilregression zu erweitern. Dabei wurden die vorherigen Optimierungen weiterhin angewandt. Auf ersten Messdaten konnte eine Abweichung des Qualitätsmaßes vom Optimum um nur 1,2 Prozentpunkte beobachtet werden. Dies stellt eine hinreichend gute Genauigkeit der Quantilregression dar.

Aufgrund der Beschränkungen des Messbereichs des LCR-Meters wurden im weiteren Vorgehen Probleme bei einigen Messungen im niedrigen Frequenzbereich beobachtet. Dieses Problem wurde gelöst, indem der niedrige Frequenzbereich unter 500 Hz abgeschnitten wurde.

Die so gesammelten Erkenntnisse wurden anschließend auf verschiedene Messungen angewandt. Dabei war zu beobachten, dass die Quantilregression bei schwierigen Kurvenverläufen der Daten insbesondere an den Wendepunkten nicht mehr hinreichend präzise funktioniert. Die Quantile erreichten eine Abweichung von bis zu 7 Prozentpunkten und waren besonders an den Wendepunkten sehr ungenau. Dies führt dazu, dass eine Anwendung der Quantilregression nach dieser Arbeit bei diesen Daten nicht sinnvoll ist. Eine Anwendung an simpleren Kurvenverläufen führte jedoch zu keinen Problemen und erreichte eine Abweichung der Quantile von nur bis zu 2 Prozentpunkten.

Insgesamt wurde gezeigt, dass die SVM-Regression ein mächtiges Werkzeug zur Messdatenanalyse bei der elektrischen Impedanzspektroskopie darstellt. Mit einem RMSE von unter 1 % und einem Bestimmtheitsmaß über 99 % eignet sich die Regression gut zur weiteren Analyse der Messdaten. Problematischer gestaltet sich jedoch die Quantilregression, welche in der Berechnung aufwendiger ist. Hier offenbaren sich wesentliche Schwierigkeiten, sobald die Messdaten einen komplizierten Kurvenverlauf haben. Auf den entsprechenden Daten ist eine Anwendung der Quantilregression somit nicht sinnvoll.

Eine weitere Untersuchung der Quantilregression ist aufgrund der Ungenauigkeiten auf schwierigen Messdaten zu empfehlen. Hierbei bietet sich eine Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Kernel sowie eine Verwendung verschiedener Bibliotheken zur Quantilregression an. Des Weiteren könnte eine Erhöhung der Rechenkraft weitere Wege zur Parameteroptimierung ermöglichen, indem die Anzahl der untersuchten Parameterwerte und die Anzahl der Falten bei der Kreuzvalidierung erhöht wird.