

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung

Das Hauptziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines automatisierten Messsystems zur Prozessüberwachung des Aufschmelzvorgangs in einer Vakuuminduktionsgießanlage. Der entwickelte Ansatz basiert auf der FTMP-Methode, die eine Schmelzzeitpunktbestimmung durch die Analyse von Amplitudenänderungen in den Frequenzspektren induzierter Spannungen ermöglicht.

Das konzipierte System umfasste eine Signalaufbereitungsschaltung in Hardware sowie eine digitale Verarbeitungskette in Software. Im Rahmen der Hardwareentwicklung wurde eine maßgeschneiderte Sekundärspule mit Keramikhalterung gefertigt, die unterhalb der Primärspule in der VIM platziert wurde. Die Konfiguration ermöglicht eine galvanisch getrennte Spannungsmessung ohne Verfälschung der Frequenzinformation.

Vor dem realen Einsatz wurde die gesamte Signalkette unter Laborbedingungen erfolgreich verifiziert. Die Hardware funktionierte wie erwartet und lieferte eine Ausgangsspannung, die exakt innerhalb des zulässigen Eingangsbereichs des ADU lag. Parallel dazu wurde die gesamte Softwarekette, von der Datenerfassung über die Echtzeitanalyse bis zur Speicherung, validiert. Das Programm erwies sich als zuverlässig und war in der Lage, über einen Zeitraum von mehr als zwei Stunden kontinuierlich Messdaten zu verarbeiten und in strukturierte CSV-Dateien zu speichern. Die modulare Architektur der Software ermöglicht zudem eine flexible Anpassung an unterschiedliche Mikrocontrollersysteme.

Die Integration des Systems in die VIM und die Durchführung eines Schmelzversuchs mit Chrom deckten jedoch eine unerwartete Herausforderung auf. Die grundlegende Annahme, dass an den Enden der Sekundärspule zwei exakt gegenphasige Signale anliegen, traf in der realen Umgebung nicht zu. Die Differenzbildung in der Signalaufbereitungsschaltung führte aufgrund dieser Uneigengleichheit zu einer teilweisen oder vollständigen Auslöschung des Nutzsignals. Die gemessenen Rohdaten am ADU-Eingang waren stark verrauscht und für die Schmelzzeitpunktbestimmung ungeeignet. Dies steht im Gegensatz zu den erfolgreichen Laborversuchen, bei denen die Gegenphasigkeit künstlich nachgestellt wurde.

Trotz des unerwarteten Ergebnisses im realen Schmelzversuch zeigt die Arbeit, dass das entwickelte System prinzipiell zur kontinuierlichen Überwachung des Aufschmelzvorgangs geeignet ist. Die Validierung der Hardware und Software unter Laborbedingungen bildet eine solide Grundlage für zukünftige Optimierungen.

6.2 Ausblick

Ein zentraler Ansatz für zukünftige Arbeiten ist die Überarbeitung der Signalaufbereitungsschaltung, um die Abhängigkeit von einer ideal gegenphasigen Signalinduktion zu eliminieren. Anstelle der bisherigen Differenzverstärkung sollte eine Methode gewählt werden, die einem passiven Tastkopfes eines Oszilloskops ähnelt. Ein vielversprechender Vorschlag hierfür ist die in gezeigte modifizierte Schaltung. In dieser Konfiguration wird die vom Mikrocontroller bereitgestellte Gleichspannung von 3,3 V über einen Spannungsteiler auf 1,65 V abgeschwächt. Ein nachgeschalteter Impedanzwandler stellt sicher, dass diese Referenzspannung nicht durch die nachfolgende Schaltung belastet wird.

Ein Teil der Sekundärspule wird direkt an die 1,65 V Referenzspannung angeschlossen. Das induzierte AC-Signal schwingt somit direkt um diesen festen DC-Offset. Der andere Teil der Spule wird über einen Spannungsteiler abgeschwächt, um die Amplitude auf einen messbaren Wert zu reduzieren. Das so angepasste Signal wird direkt an den ADU-Eingang des Mikrocontrollers geliefert.

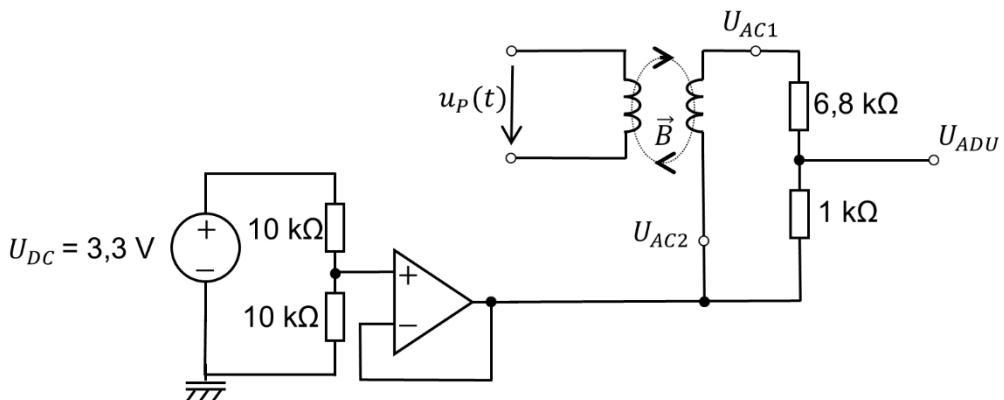


Abbildung 30: Empfehlung für eine modifizierte Schaltung

Dieses vereinfachte Konzept verzichtet bewusst auf die Differenzbildung in der Hardware. Es ermöglicht die Messung der induzierten Spannung an nur einem Messpunkt der Spule, ähnlich der Vorgehensweise bei der erfolgreichen Vorabmessung mit dem passiven Oszilloskop Tastkopf. Das resultierende Signal wird in seiner gesamten Amplitude erfasst und um den konstanten DC-Offset von 1,65 V verschoben, sodass es ideal für die Verarbeitung durch den ADU geeignet ist.

Die im Rahmen der Arbeit entwickelte Software ist Systemunabhängig. Diese Flexibilität sollte in zukünftigen Projekten genutzt werden. Durch die Anpassung des Systems an verschiedene Mikrocontroller kann das Verfahren präziser werden und auf eine breitere Palette von Anlagen übertragen werden. Langfristig sollte auch eine zuverlässige Methode zur Temperaturmessung implementiert werden, um die Liquidustemperaturen zu erfassen.