

8. Fazit und Ausblick

8.1. Zusammenfassung der Arbeit

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, ein neues Erweiterungssystem für das Elektrokart SMS REVO SL zu entwickeln, welches die Schwachstellen des bisherigen Ansatzes überwindet und gleichzeitig eine zukunftssichere Plattform für Erweiterungen und Anpassungen bietet. Ausgangspunkt der Arbeit war die Analyse des bestehenden Systems, das durch hohen Verkabelungsaufwand, eingeschränkte Flexibilität und mangelnde Übersichtlichkeit geprägt war. Die Vielzahl an externen Komponenten führte zu erhöhter Fehleranfälligkeit, erschwerter Wartung und steigenden Kosten. Nach einer detaillierten Anforderungsanalyse wurden unterschiedliche Konzepte erarbeitet, bewertet und in Form von Paarvergleichen und Nutzwertanalysen gegenübergestellt. Auf dieser Grundlage fiel die Entscheidung für ein System, das alle bisherigen Funktionen auf einer zentralen Platine integriert. Im Bereich der Hardware wurde ein Platinenlayout entwickelt, das alle notwendigen Kommunikationsschnittstellen wie CAN oder USB aber auch eine Netzwerkschnittstelle berücksichtigt und diese über ein zentrales System verfügbar macht. Dadurch können bestehende Komponenten flexibel angebunden werden. Eine robuste Steckverbindung ersetzt die fehleranfällige Einzelverkabelung, wodurch Aufbau- und Wartungsaufwand deutlich reduziert werden. Auf der Softwareseite wurde besonderer Wert auf Flexibilität gelegt. Jede Funktionalität des Systems kann softwareseitig aktiviert oder deaktiviert werden, sodass eine einheitliche Basisplatine für alle Karts verwendet wird. Dies erleichtert sowohl die Produktion als auch die spätere Handhabung. Zudem wurde ein Fehlerprotokoll mit Error-Logs implementiert, das Diagnosen erleichtert und die Wartbarkeit des Gesamtsystems erheblich verbessert. Ein wesentlicher Beitrag dieser Arbeit ist die Einführung neuer Schnittstellen: Über den CAN-Bus können nun sowohl bestehende Funktionen wie ein RFID-Reader, Status-LED und Fernbedienungs-signale als auch neue Funktionen standardisiert übertragen werden. Dadurch entfällt die Notwendigkeit separater Signalleitungen, wofür jedoch weiterhin Schnittstellen geliefert werden, damit die Abwärtskompatibilität zu bestehenden Karts bleibt erhalten. Mit einer kabellosen Datenverbindung über WLAN wurde die Basis für Telemetrie, Livedatenanzeige und drahtlose Konfiguration geschaffen. Kunden und Techniker können so direkt auf relevante Daten zugreifen oder Einstellungen vornehmen, ohne physische Eingriffe am System durchführen zu müssen. Die Integration einer Funkfernbedienung erhöht die Sicherheit und Bedienfreundlichkeit, da zentrale Funktionen wie Not-Aus, Ready-to-Drive oder SOC-Abfragen komfortabel und redundant ausgelöst werden können. Die abschließenden Tests und die Inbetriebnahme haben leider einige Fehler offenbart, welche eine Nutzung und einen umfassenden Test aktuell unmöglich machen. Auch die fehlende Software zur Nutzung eines Displays trägt dazu bei, dass das vorgestellte System seinen Anforderungen nicht gerecht wird. Trotzdem wurde ein System entwickelt, welches eine solide Grundlage schafft. Die Konzepte müssen nicht vollständig überdacht werden, sondern es reicht einzelne

Systeme, wie die Kommunikationsschnittstelle über USB zu überarbeiten, um mit einer Version 2 ein funktionierendes System in relativ kurzer Zeit vorstellen zu können. Insgesamt konnte mit dieser Arbeit jedoch kein funktionsfähiges Produkt entwickelt werden.

8.2. Mögliche Weiterentwicklungen

Neben den bereits bestehenden Erweiterungen und den neu umgesetzten Systemen gibt es einige Weitere Systeme, welche zukünftig als neue Funktionen implementiert werden können, um große Vorteile zu liefern. Aufgrund des Umfangs, der nötigen Vorbetrachtungen und dem Entwicklungsaufwand werden diese nicht mehr im Rahmen dieser Bachelorarbeit behandelt, sondern sollen lediglich als Ausblick betrachtet werden.

Eine offensichtliche Verbesserung würde ein neuer RFID-Reader liefern, welcher das aktuelle, enorm teure Bauteil ersetzen würde. Dafür muss sich ausführlich mit Sicherheitsstandards und Verschlüsselung auseinandergesetzt werden, um sicherzustellen, dass der aktuelle Standard mindestens gleichwertig beibehalten werden kann, um Missbrauch, Manipulation oder Kopieren der Karten zu verhindern. Vor allem die WLAN-Schnittstelle bietet noch sehr viel Potenzial für Erweiterungen. Ein aktuell sehr großes Problem ist, dass es keine Möglichkeit gibt Updates für das Steuergerät des Karts aufzuspielen, außer sich vor Ort physisch mit dem Steuergerät zu verbinden und eine neue Firmware aufzuspielen. Da die Karts bei Ortsklubs in ganz Deutschland verteilt genutzt werden, ist das mit einem enorm teuren und zeitaufwändigen Verfahren verbunden, da bei jedem update ein Techniker das Kart vor Ort aufsuchen oder der Kartclub das Kart selbst beim Hersteller vorbeibringen muss. Die WLAN-Schnittstelle könnte diesem Problem Abhilfe schaffen. So kann eine Firmwaredatei über die kabellose Datenübertragung zur Verfügung gestellt werden. Dafür könnte der ESP seine Funktionalität als WLAN-Client nutzen und sich mit dem Internet oder einem Netzwerk an der Rennstrecke verbinden. Damit kann dem Kart übers Internet eine neue Version der Steuergerätsoftware zur Verfügung gestellt werden. Die VCU unterstützt flashen per CAN, das bedeutet, dass die Option 1 das Kart mit einer neuen Software flashen kann. Diese Funktionalität gibt es bereits in anderen Projekten mit ähnlicher Hardware. Neben der Erweiterungsplatine nutzt auch das Ladegerät für die Kartbatterien eine Platine auf Basis eines ESP32. Dieser ist in der Lage die Ladegeräte über CAN mit einem neuen Softwarestand zu bespielen, welchen er über eine Internetverbindung erhält. Diese müsste nur fürs Kart angepasst werden. Neben der Möglichkeit zur Nutzung für Remote Updates könnte eine Internetverbindung auch für Remote Diagnose verwendet werden. So würde auch die Fehlersuche vor Ort minimiert, wenn es möglich ist Fehlerspeicher auch aus der Ferne auszulesen. Um all das zu vereinfachen und zu vereinheitlichen wäre es auch eine mögliche Erweiterung, dass das Kart die Netzwerkschnittstelle nicht selbst zu Verfügung stellt,

sondern seine Daten auf einen Server schickt, welcher dann alle Aufgaben übernimmt. Das würde den Mikrocontroller enorm entlasten, da Aufgaben wie Authentifizierung, Clientverwaltung, Webserver Handling oder Internetzugriff nicht vom ESP32 im Kart verarbeitet werden müssten. Auf diesen Server könnten auch mehrere Karts ihre Daten senden, sodass ein Kartclub mit mehreren Kart diese auf einmal auswerten kann, ohne ständig zwischen den Netzwerken der Karts wechseln zu müssen. Auch für Wettbewerbe wäre die Telemetrie damit zum Beispiel zur Technischen Kontrolle vom Schiedsgericht nutzbar.

Ein weiterer Vorteil für die Nutzung im Wettbewerb könnte die Erweiterung des Karts um einen Zeitnahme Transponder darstellen. Dieser könnte mit einem Sender an der Strecke gepaart werden, sodass dem Kart Rundenzeitenberechnung zur Verfügung steht. Diese könnte sowohl am Kart als auch über Telemetrie dargestellt werden, um eine sofortige Rückmeldung an Fahrer und Trainer im Training oder Zeitnahme im Wettbewerb zu geben. Weitere Möglichkeiten zur Verbesserung können im Aufbau der Software vorgenommen werden. So unterstützt der ESP32 Multithreading. Dadurch könnte die Performance und die Latenz bei der Abarbeitung von eingehenden CAN-Nachrichten, anderen Signalen oder Nutzereingaben beschleunigt werden, um so das Nutzererlebnis für den Kunden aufzuwerten. Es könnte zum Beispiel das Display oder als mögliche weitere Funktionalität das Flashen der VCU in einen eigenen Thread ausgelagert werden. So wäre das Display nutzbar und würde keine anderen Funktionen dafür unterbrechen oder blockieren. Auf Lange Sicht wäre es sogar denkbar die VCU in den ESP32 zu integrieren. Das Steuergerät erfüllt keine rechenintensiven Operationen, welche der ESP32 nicht auch durchführen kann. Eine solche Neuerung würde maßgeblich zur Kostenreduktion beitragen, da die teure VCU als Zukaufteil entfallen würde. Durch eine Positionierung der neuen Option 1 mit VCU an der Position der Alten VCU würden zudem ein großer Teil des Kabelbaums sowie die Notwendigkeit eines zweiten CAN-Bus entfallen. Auch Rechenaufwand würde durch die vereinfachte oder entfallene Kommunikation zwischen VCU und Erweiterung verringert werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das entwickelte System eine Vielzahl an Weiterentwicklungen zulässt. Dadurch wird die Basis geschaffen, das Elektrokart kontinuierlich an neue Anforderungen im Bereich Training und Wettbewerb anzupassen und langfristig wettbewerbsfähig zu halten.