

Implementieren eines Energiespeichersystems eMule 7.0

Studienarbeit T3_3100

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Philipp Bellmann, Rafael Heuschkel

Abgabedatum:	13. Januar 2025
Bearbeitungszeitraum:	01.10.2024-13. Januar 2025
Matrikelnummern:	6889044, 4002442
Kurs:	TFE22-1
Betreuerin / Betreuer:	Khamis Jakob

Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.14 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 24.07.2023.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Studienarbeit T3_3100 mit dem Thema:

Implementieren eines Energiespeichersystems eMule 7.0

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Musterstadt, den 13. Januar 2025

Philipp Bellmann, Rafael Heuschkel

Kurzfassung

Diese Arbeit begleitet die Erstellung oder Überarbeitung von Stromlaufplänen eines von konventionellem Verbrennungsmotor auf Elektroantrieb umgebauten Kawasaki Mule 610 Fahrzeugs.

Im Rahmen der Implementierung eines Energiespeichersystems in das umgetaufte „Kawasaki eMule“ sollen folgende Ziele erreicht werden: Die Erstellung von aktuellen Stromlauf und Bestückungsplänen der elektrisch/elektronischen Fahrzeugschaltkreise. Eine Vereinheitlichung und Vergemeinschaftung der Pläne des Systems und dessen Einzelkomponenten. Die Erstellung einer Installationsanleitung für Autodesk Fusion 360 auf verschiedenen Betriebssystemen.

Im ersten Schritt wurde die Installationsanleitung erstellt, da die Teammitglieder selbst ebenfalls noch die Software herunterladen müssen, sowie die Installation auf den Laborendgeräten durchgeführt werden musste. Da die privaten Endgeräte der Teammitglieder auf macOS laufen und die des Labors auf Windows könnten direkt beide Varianten abgedeckt werden. Im nächsten Schritt wurden die Stromlaufpläne in der Softwareumgebung erstellt und vergemeinschaftet. Immer wenn gerade Zeit entböhrt werden konnte, wurde den anderen Teams bestmöglich unter die Arme gegriffen.

Insgesamt wurden fünf Stromlaufpläne, entsprechend der DIN EN 60617 realisiert. Im Rahmen der Pläneerstellung wurde eine eigene Bibliothek zur DIN EN 60617 angelegt und eine Struktur zur einfachen Erweiterung der Vergemeinschaftung angelegt. Weiter konnte eine detaillierte Anleitung zur Installation der CAD-Software Autodesk Fusion 360 auf den Betriebssystemen macOS und Windows zur Verfügung gestellt werden. Neben den Teamspezifischen Aufgaben konnte die anderen Projektteams bei diversen Aufgaben unterstützt werden.

Abstract

English translation of the „Kurzfassung“.

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung, Ziel und Vorgehensweise der Arbeit	1
2	Grundlagen	7
2.1	Geschichte der Elektrofahrzeuge	7
2.2	Normen zur Zeichnung von Schaltzeichen	10
2.3	Autodesk Fusion 360	13
2.3.1	Installationsanleitung	13
2.3.2	Historie und Entwicklung	17
3	VorgehenTest	19
4	Umsetzung und Ergebnisse	21
5	Zusammenfassung	39
5.1	Ausblick	41
	Literaturverzeichnis	43
	Abbildungsverzeichnis	47
	Tabellenverzeichnis	49
	A Nutzung von Künstliche Intelligenz basierten Werkzeugen	51
	Sachwortverzeichnis	54

1 Problemstellung, Ziel und Vorgehensweise der Arbeit

Der globale Wandel hin zu nachhaltigeren Mobilitätslösungen ist in vollem Gange. Angesichts steigender Umweltauflagen und wachsendem Bewusstsein für die negativen Auswirkungen fossiler Brennstoffe vollzieht sich ein paradigmatischer Wechsel von konventionellen Verbrennungsmotoren hin zu Elektroantrieben. Dieser technologische Umbruch betrifft nicht nur den privaten Automobilsektor, sondern auch Nutzfahrzeuge und Spezialfahrzeuge, die zunehmend auf elektrische Antriebe umgestellt werden.[Pis23] Im Rahmen eines universitären Projekts haben wir ein Kawasaki Mule 610 Fahrzeug erfolgreich von einem Verbrennungsmotor auf einen Elektroantrieb umgerüstet. Dieser Umbau stellte einen ersten Meilenstein dar, der es uns ermöglichte, die Vorteile elektrischer Mobilität in einer praktischen Anwendung zu demonstrieren. Nun soll das Projekt weiterentwickelt werden, um durch gezielte Verbesserungen – wie den Einsatz einer leistungsfähigeren Batterie – die Effizienz und Reichweite des Fahrzeugs zu optimieren und neue Standards in der elektrischen Antriebstechnologie zu setzen.

Problemstellung

Das Kawasaki Mule 610 wurde durch unsere Vorgängerjahrgänge von einem auslieferungsgemäß verbauten Verbrennungsmotor auf einen Elektromotorantrieb umgebaut. Das Fahrzeug wurde von „Kawasaki Mule 610“ in „Kawasaki eMule“ umge-

tauft. Die Dokumentation des Umbaus wurde in diesem Zuge nur notdürftig bis garnicht und ohne jegliche Vereinheitlichung vorgenommen. Die vorhandene Dokumentation liegt für jeden Stromlaufplan nach einer andren Norm durchgeführt vor. Legenden zu den genutzten Normen sind nicht vorhanden. Die Aktualität der vorliegenden Dokumentation muss durch Abgleiche mit dem Verbaustand des Fahrzeugs und Absprache mit dem Dozenten Herr Khamis Jakob für jeden Stromlaufplan einzeln überprüft werden.²

3Im folgenden werden lediglich die Aspekte der Problemstellung für die Aufgabe der Erstellung von Stromlaufplänen und Bestückungsplänen betrachtet. Das erste Problem ergibt sich in der Auswahl eines geeigneten Programmes zum Erstellen der Dokumentation. Die Schwierigkeit besteht hierbei darin, ein Programm zu finden, welches allen gestellten Anforderungen entspricht. Diese sind:

- Das Programm muss möglichst kostengünstig sein, da nur ein begrenztes Budget zur Verfügung steht.
- Das Programm muss sowohl für die Betriebssysteme Windows als auch macOS ausgelegt sein, um sicherzustellen, dass jedes Teammitglied optimal arbeiten kann.
- Das Programm muss sowohl in der Lage sein Stromlaufpläne als auch Bestückungspläne erstellen zu können, da auf Grund des beschränkten Budgets nicht mehrere Programmlizenzen finanziert werden können.
- Das Programm muss die ausgewählte Norm unterstützen, oder die Möglichkeit bieten eigene Bibliotheken mit Bauteilen zu erstellen.

Sollte das Programm die ausgewählte Norm nicht unterstützen und diese muss als eigene Bibliothek angelgt werden, so ist dies mit enormem zeitlichem Mehraufwand verbunden. Dieser Mehraufwand kann eine Gefahr für die angesetzten Zeitziele des Prjektes darstellen. Ein weiteres Problem stellt der Umstand, dass noch keins der Teammitglieder sowohls jemals mit CAD-Software, als auch an einem Projekt in

diesem Ausmaß ohne saubere Dokumentation gearbeitet hat.

Zielsetzung

Für das Team, welches für die „Erstellung der Stromlauf- und Bestückungspläne des Fahrzeugs“ zuständig ist werden folgende Ziele für den ersten Arbeitszeitraum im Wintersemester 2024 definiert:

- Erstellung von aktuellen Stromlauf und Bestückungsplänen der elektrisch/-elektronischen Fahrzeugschaltkreise
- Vereinheitlichung und Vergemeinschaftung der Pläne des Systems und dessen Einzelkomponenten
- Erstellung einer Installationsanleitung für die ausgewählte CAD-Software für verschiedene Betriebssysteme

Geplante Vorgehensweise

Wie sind wir vorgegangen

- geeignetes Program gesucht
- eingearbeitet
- eigene Bibs erstellt
- alte pläne geordnet und brauchbare in din norm übersetzt

- neue Pläne gezeichnet

Um die Ziele bestmöglich umsetzen zu können muss das eMule-Team in verschiedene Kleingruppen aufgeteilt werden. So können die verschiedenen Teilaufgaben möglichst effizient bearbeitet werden. Im ersten Schritt muss sich das gesamte eMule-Team einen Überblick über das Fahrzeug und dessen Zustand verschaffen. Dieser Überblick umfasst sowohl den mechanischen sowie elektrisch/elektronischen Aufbauzustand des Gesamtfahrzeugs und der einzelnen Komponenten. Im nächsten Schritt wählt jedes Teilteam sein eigenes weiteres Vorgehen. In dieser Arbeit wird nur das Vorgehen des Teams zur „Erstellung der Stromlauf- und Bestückungspläne des Fahrzeugs“ näher betrachtet.

Im ersten Schritt wird eine passende CAD-Software ausgewählt. Es wird eine Online-Recherche zu möglichen Optionen durchgeführt. Diese werden dann auf die Kriterien Preis, Systemkompatibilität, Funktionsangebot und Implementierungsmöglichkeiten geprüft. Nach der Prüfung sollten zwei bis drei Programme in der näheren Auswahl stehen, welche dann nochmals gegeneinander verglichen werden, um die bestmögliche Option auszuwählen.

Ist die Auswahl der Software getroffen soll die Erstellung der Installationsanleitung abgearbeitet werden. Zeitgleich soll die Software auf den sowohl auf den Laborendgeräten als auch auf den für die Nutzung geplanten privaten Endgeräten installiert werden.

Im nächsten Schritt soll eine Einarbeitung in der Teammitglieder in Eigenverantwortung durchgeführt werden. Dieser Arbeitsschritt soll sicherstellen, dass bei der späteren Arbeit mit dem möglichst wenig Zeit verloren wird. Im Zuge der Einarbeitung soll auch die Projektumgebung zur späteren Vergemeinschaftung angelegt werden. Diesen dient ebenfalls als Digitale Datenbank des Projekts.

Der erste Schritt zur eigentlichen Erstellung der Pläne besteht darin die vorhandene Dokumentation einzusehen werden. Hier wird überprüft, welche Teile der Dokumentation dem aktuellen Aufbauzustand entsprechen. Die Teile der Dokumentation, welche nicht dem aktuellen Stand entsprechen, müssen verworfen werden. Auf Basis der vorhandenen Dokumentation und des Aufbauzustandes des Fahrzeuges muss eine neue gesamtheitliche Dokumentation des Gesamtsystems erstellt werden. Um die Dokumentation einheitlich zu gestalten muss sich auf eine

Norm festgelegt werden, nach dieser die neue Dokumentation erstellt wird.
Zur Vergemeinschaftlichung der einzelnen Pläne werden diese nochmals auf Übersichtlichkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst sowie in einen DIN A3 Format mit Titelblock und Legende übertragen.

2 Grundlagen

Das folgende Kapitel fasst die für die vorliegende Arbeit benötigten theoretischen Grundlagen zusammen. Hierzu wird in Kapitel 2.1 die Geschichte der Elektrofahrzeuge näher betrachtet. Anschließend wird in Kapitel 2.2 auf Normen zur Zeichnung von Schaltzeichen eingegangen. Abschließend wird in Kapitel 2.3 das zur Erstellung der Dokumentation genutzte Tool Autodesk Fusion 360 durchleuchtet.

2.1 Geschichte der Elektrofahrzeuge

Die Geschichte der Elektrofahrzeuge ist ein faszinierendes Kapitel in der Entwicklung der Mobilität. Obwohl Elektrofahrzeuge heute als Zukunftstechnologie gelten, reichen ihre Ursprünge weit zurück und sind eng mit den Anfängen des Automobilbaus verknüpft.

Die Anfänge im 19. Jahrhundert

Bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die Grundlagen für Elektrofahrzeuge geschaffen. Der Schotte Robert Anderson baute in den 1830er Jahren eines der ersten elektrisch betriebenen Fahrzeuge. Es handelte sich um ein einfaches Fahrzeug mit einer nicht wiederaufladbaren Batterie. In den folgenden Jahrzehnten

wurden Elektrofahrzeuge durch die Entwicklung von wiederaufladbaren Batterien und Elektromotoren immer praktikabler.[Vat25] Einen wichtigen Beitrag leistete der Franzose Gaston Planté, der 1859 den ersten funktionsfähigen Bleiakkumulator entwickelte. Diese wiederaufladbare Batterie ermöglichte den kontinuierlichen Betrieb von Elektromotoren und legte den Grundstein für die spätere Entwicklung von Elektrofahrzeugen. [Ind25]

Die Blütezeit der Elektrofahrzeuge um 1900

Um die Jahrhundertwende erfreuten sich Elektrofahrzeuge großer Beliebtheit. Sie waren leiser, sauberer und einfacher zu bedienen als die damals üblichen Fahrzeuge mit Dampf- oder Verbrennungsmotoren. Vor allem in Städten wurden Elektroautos aufgrund ihrer geringen Reichweite und einfachen Handhabung bevorzugt eingesetzt. [Ene25] Marken wie Baker Electric und Detroit Electric prägten diese Ära. [Ein25]

Elektrofahrzeuge hatten zu dieser Zeit bedeutende Marktvorteile. Während Verbrennungsmotoren oft manuell gekurbelt werden mussten und unangenehm laut waren, konnten Elektrofahrzeuge mit einem einfachen Schalter gestartet werden. [Blo25] Die Reichweiten von etwa 50 bis 100 Kilometern pro Batterieladung reichten für den städtischen Einsatz vollkommen aus. [ADA25]

Der Rückgang durch den Verbrennungsmotor

Die Dominanz der Elektrofahrzeuge begann jedoch im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts zu schwinden. Wesentliche Faktoren dafür waren:

- Die Erfindung des elektrischen Anlassers durch Charles Kettering im Jahr 1912, der die Handkurbel bei Verbrennungsmotoren überflüssig machte. [Gre25]

- Die zunehmende Verfügbarkeit von billigem Erdöl, das Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren erschwinglich machte. [gün25]
- Die Massenproduktion von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor durch Henry Ford, die die Kosten für Autos drastisch senkte. [alp25]
- Bis in die 1930er Jahre waren Elektrofahrzeuge weitgehend vom Markt verdrängt. [alp25]

Wiederbelebung im 20. Jahrhundert

Die Energiekrisen der 1970er Jahre und das wachsende Umweltbewusstsein führten zu einem erneuten Interesse an Elektrofahrzeugen. Automobilhersteller experimentierten mit Prototypen, um Alternativen zu fossilen Brennstoffen zu entwickeln. In dieser Phase entstanden Fahrzeuge wie der General Motors EV1, der 1996 eingeführt wurde. Trotz seiner technischen Fortschritte wurde die Produktion jedoch nach wenigen Jahren eingestellt.

Die Renaissance der Elektrofahrzeuge im 21. Jahrhundert

Der Beginn des 21. Jahrhunderts markierte eine neue Ära für Elektrofahrzeuge. Fortschritte in der Batterietechnologie, insbesondere die Entwicklung von Lithium-Ionen-Akkus, machten Elektroautos leistungsfähiger und alltagstauglicher. Gleichzeitig führten Umweltauflagen und staatliche Förderprogramme zu einer verstärkten Nachfrage.

Ein entscheidender Wendepunkt war die Gründung von Tesla Motors im Jahr 2003. Mit dem Tesla Roadster, der 2008 auf den Markt kam, bewies das Unternehmen, dass Elektrofahrzeuge nicht nur umweltfreundlich, sondern auch leistungsstark und

attraktiv sein können. Dies ebnete den Weg für weitere Modelle wie den Nissan Leaf, den BMW i3 und die elektrische Version des Volkswagen Golf.

Herausforderungen und Perspektiven

Trotz der Erfolge stehen Elektrofahrzeuge weiterhin vor Herausforderungen. Die Infrastruktur für Ladestationen muss ausgebaut werden, um eine flächendeckende Versorgung zu gewährleisten. Zudem sind die Produktionskosten von Batterien nach wie vor hoch, obwohl sie durch Skaleneffekte und technologische Fortschritte stetig sinken.

Die Perspektiven für Elektrofahrzeuge sind dennoch vielversprechend. Die fortschreitende Entwicklung von Feststoffbatterien und die Integration erneuerbarer Energien in die Stromerzeugung könnten die Elektromobilität nachhaltig vorantreiben. Politische Initiativen wie das Verbot von Verbrennungsmotoren in einigen Ländern ab 2035 unterstreichen den globalen Wandel hin zu emissionsfreien Fahrzeugen.

2.2 Normen zur Zeichnung von Schaltzeichen

Entstehung und Bedeutung von Normen

Normen haben ihren Ursprung in der industriellen Revolution, als der Bedarf an standardisierten Verfahren und Produkten exponentiell anstieg. Unterschiedliche Maße, Zeichnungen oder Bezeichnungen führten zu Missverständnissen, Ineffizienzen und Fehlern in der Fertigung und Kommunikation. Um diesem Chaos entgegenzuwirken, wurden Normen geschaffen, die als verbindliche Regelwerke dienen.

Normen ermöglichen eine einheitliche Sprache zwischen Ingenieuren, Herstellern und Anwendern. Sie sichern die Kompatibilität von Bauteilen, verbessern die Qualität und fördern den internationalen Handel. Im Kontext technischer Zeichnungen – insbesondere von Schaltzeichen – gewährleisten Normen, dass technische Pläne weltweit eindeutig verstanden werden können, unabhängig von Sprache oder regionalen Besonderheiten.

Die bekanntesten Normen für Schaltzeichen

Drei der bekanntesten und am häufigsten verwendeten Normen für Schaltzeichen sind:

- **DIN-Normen (Deutschland):** Diese Normen, herausgegeben vom Deutschen Institut für Normung, sind insbesondere im deutschsprachigen Raum verbreitet. Sie umfassen eine breite Palette von Standards, darunter auch solche für elektrische, hydraulische und pneumatische Schaltzeichen.
- **IEC-Normen (International):** Die International Electrotechnical Commission (IEC) ist für die Entwicklung global gültiger Standards verantwortlich. Die IEC 60617-Serie beispielsweise definiert Symbole für elektrotechnische Anlagen und Komponenten.
- **ANSI-Normen (USA):** Das American National Standards Institute (ANSI) ist die dominierende Normierungsorganisation in den USA. ANSI-Zeichnungen sind häufig in nordamerikanischen Projekten anzutreffen.

Die Wahl der Norm hängt von der Region und dem Anwendungsfall ab. Während europäische Projekte häufig auf DIN- oder IEC-Normen basieren, dominieren ANSI-Normen in den USA.

Die DIN-Norm für Schaltzeichen im Detail

Die DIN-Normen sind in Deutschland der zentrale Standard für die Erstellung technischer Zeichnungen und Schaltpläne. Besonders relevant ist die Norm DIN EN 60617, die elektrische Schaltzeichen beschreibt. Diese Norm wurde in Zusammenarbeit mit der IEC entwickelt, was die internationale Anschlussfähigkeit erleichtert.

Die DIN EN 60617 regelt detailliert:

- **Die Darstellung von Bauelementen:** Elektronische Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren oder Schalter haben klar definierte Symbole.
- **Das Layout von Schaltplänen:** Vorgaben für Linienführung, Anschlussstellen und Abstände zwischen Symbolen sorgen für Übersichtlichkeit.
- **Verbindungsleitungen:** Die Darstellung von Leitungen und Kreuzungen vermeidet Missverständnisse, beispielsweise durch eindeutige Markierungen bei Verbindungen.

Ein zentrales Ziel der DIN-Norm ist es, Komplexität zu reduzieren und eine intuitive Lesbarkeit zu fördern. Zusätzlich berücksichtigt die Norm auch neuere Technologien und Entwicklungen, wodurch sie immer wieder aktualisiert wird.

Durch die Einhaltung der DIN-Norm können Ingenieure sicherstellen, dass ihre Schaltpläne sowohl in der eigenen Organisation als auch international korrekt interpretiert werden. Normen sind daher nicht nur ein Werkzeug der Standardisierung, sondern auch ein Mittel zur Qualitätssteigerung und zur Vereinfachung technischer Prozesse.

2.3 Autodesk Fusion 360

Autodesk Fusion 360 ist eine integrierte Plattform für computergestütztes Design (CAD), Fertigung (CAM) und technische Analyse (CAE), die als Cloud-basierte Lösung entwickelt wurde. Sie erlaubt es, mechanische und elektronische Designprozesse zu vereinen, und bietet damit Ingenieuren, Designern und Entwicklern eine zentrale Plattform für die Produktentwicklung. Im Folgenden wird zunächst die Unternehmensgeschichte von Autodesk als Entwickler dieser Software beleuchtet, bevor die Kernfunktionen und speziellen Funktionen zur Erstellung elektronischer Schaltpläne detailliert werden.

2.3.1 Installationsanleitung

Anleitung zur Erstellung eines Studentenaccounts und zum Herunterladen von Fusion 360 Electronics.

Erstellung eines Autodesk-Studentenaccounts

Zur Nutzung von Fusion 360 Electronics ist die Erstellung eines Autodesk-Studentenaccounts erforderlich. Dies ermöglicht den kostenlosen Zugriff auf die Software.

Registrierung

- Zugriff auf die Registrierungsseite: [Autodesk Registrierungsseite](#).
- Ausfüllen des Formulars mit den notwendigen Informationen:
 - Vor- und Nachname

- Gültige E-Mail-Adresse
- Passwort entsprechend den Sicherheitsrichtlinien

Bestätigung der E-Mail-Adresse

- Nach dem Absenden des Formulars wird eine E-Mail zur Bestätigung empfangen.
- Öffnen der E-Mail und Klicken auf den Bestätigungslink zur Verifizierung der Adresse.

Vervollständigung der Profilinformationen

- Anmeldung im Autodesk-Konto.
- Angabe weiterer Informationen wie Institution, Studienrichtung und Studienjahr zur Bestätigung des Studentenstatus.

Verifizierung des Studentenstatus

- Hochladen eines Dokuments, das die Immatrikulation belegt (z. B. eine Studienbescheinigung).
- Autodesk prüft die Dokumente innerhalb weniger Tage und sendet eine Bestätigung per E-Mail.

Herunterladen und Installieren von Fusion 360 Electronics

Zugriff auf den Download-Bereich

- Nach erfolgreicher Verifizierung des Accounts erfolgt die Anmeldung und Navigation zur Autodesk Education Community.
- Auswahl von Fusion 360 aus der Liste der verfügbaren Software.

Download und Installation

Windows

- Beachten Sie bei der Auswahl der Downloaddatei die Unterschiede zwischen den Softwareversionen für die verschiedenen Windows-Betriebssysteme. Diese unterscheiden sich in der Versionsnummer (z. B. „Windows 11“) und in den Bit-Versionen (32- und 64-Bit).
- Schritte zur Identifikation der Windows-Version:
 1. Drücke die Tastenkombination Windows-Taste + I, um die Einstellungen zu öffnen.
 2. Gehe zu System → Info.
 3. Unter Windows-Spezifikationen findest du die genaue Version und Edition von Windows (z. B. „Windows 11 Pro“, „Version 22H2“).
- Schritte zur Identifikation der Bit-Version:

1. Drücke die Tastenkombination Windows-Taste + I, um die Einstellungen zu öffnen.
 2. Gehe zu System → Info.
 3. Unter Gerätespezifikationen → Systemtyp steht z. B. „64-Bit-Betriebssystem“.
- Klicken auf „Jetzt herunterladen“ und Befolgen der Anweisungen auf dem Bildschirm.
 - Nach Abschluss des Downloads Öffnen der Installationsdatei und Befolgen der Installationsanweisungen.

macOS

- Beachten Sie bei der Auswahl der Downloaddatei die Unterschiede zwischen der Softwareversion für Betriebssysteme mit Apple Silicon Prozessor und Intel Prozessor.
- Schritte zur Identifikation des verbauten Prozessors:
 1. Klicke oben links auf das Apple-Symbol.
 2. Wähle "Über diesen Mac".
 3. Schaue im Fenster, das sich öffnet:

Wenn dort „Chip“ steht, gefolgt von z. B. „Apple M1“ oder „Apple M2“, ist ein Apple Silicon Prozessor verbaut.

Wenn dort „Prozessor“ steht, gefolgt von einem Intel-Prozessor (z. B. „Intel Core i5“), ist ein Intel-Prozessor in dem Mac verbaut.

- Klicken auf „Jetzt herunterladen“ und Befolgen der Anweisungen auf dem Bildschirm.
- Nach Abschluss des Downloads Öffnen der Installationsdatei und Befolgen der Installationsanweisungen.

Aktivierung der Education-Lizenz

- Beim ersten Start von Fusion 360 erfolgt die Eingabe der Anmeldeinformationen.
- Die Software erkennt automatisch den Studentenstatus und aktiviert die entsprechende Lizenz.

2.3.2 Historie und Entwicklung

Autodesk, Inc. wurde 1982 von John Walker und einer Gruppe von Programmierern gegründet und spezialisierte sich schnell auf Softwarelösungen für Architektur, Ingenieurwesen und digitale Medien. [Wik24b] Die Veröffentlichung von AutoCAD im Jahr 1982 setzte einen wichtigen Meilenstein für die computergestützte Konstruktion und wurde zur führenden CAD-Software für Architekten und Ingenieure weltweit.[Wik24a]

Mit dem Aufkommen neuer Anforderungen in der Fertigungsindustrie und der Integration von Elektronik in mechanische Systeme begann Autodesk, eine neue Art von Software zu entwickeln. Ziel war es, die Mechanik- und Elektronikentwicklung auf einer Plattform zu vereinen und kollaboratives, Cloud-basiertes Arbeiten zu ermöglichen. Dies führte zur Einführung von Fusion 360 im Jahr 2013. [con24] Durch die Integration traditioneller CAD/CAM/CAE-Funktionen und die cloudbasierte Zusammenarbeit wurde Fusion 360 zu einem beliebten Werkzeug in der Produkt-

entwicklung und verhalf Autodesk zu einer neuen Marktposition im Bereich der digitalen Fertigung.

3 VorgehenTest

Je nach Art der Arbeit kann diese Kapitelüberschrift auch „Konzeptentwurf“ lauten.

Beschreibung der Ausgangssituation und des Themenumfelds. Ggf. wird darauf eingegangen, welche Randbedingungen und Einflüsse zu beachten sind.

Anforderungsanalyse und Anforderungsdefinition, nach Möglichkeit strukturiert, um zu einem späteren Zeitpunkt die Anforderungen nachvollziehbar verifizieren zu können.

Herleitung einer Lösung (einer Methodik, eines experimentellen Aufbaus oder von unterschiedlichen Konzepten), Lösungsbewertung und bewusste Wahl des gewählten Vorgehens. An dieser Stelle ist auch auf die Zuverlässigkeit einer Methodik oder auf die Genauigkeit von Untersuchungen einzugehen. Die Überlegungen sollen dazu helfen, mit der angestrebten Lösung die gestellten Anforderungen zu erfüllen, um schließlich die Ziele der Arbeit erreichen zu können.

Bei einer Gegenüberstellung von verschiedenen Lösungsansätzen kann z. B. eine Nutzwertanalyse helfen. Dabei sind nicht nur z. B. die Funktion, Leistungsfähigkeit, Umsetzbarkeit und Nutzbarkeit, sondern auch z. B. wirtschaftliche Aspekte, wie Stück-, Entwicklungskosten oder Ressourcenverbrauch zu berücksichtigen. Sehr bedeutend sind auch Aspekte der Nachhaltigkeit unter Betrachtung des gesamten Lebenszyklus einer erarbeiteten Lösung.

Sowohl bei der Anforderungsdefinition, als auch bei der Lösungsfindung gibt es eine große Anzahl an verschiedenen Methoden. Eine kleine Auswahl ist in der folgenden Aufzählung zu finden.

- Anforderungsdefinition mithilfe des Requirements Engineering [PR21]
- Systems Engineering Ansatz [Sch23]
- Agile Entwicklungsmethodiken [Coh10; Mar20; WRM22]
- Klassische Bewertungsverfahren [BK97; Zan14]

Ziel dieses Kapitels ist, dass auf Basis von umfassend und genau formulierten Anforderungen (ggf. auch Nicht-Zielen) eine Lösungsvielfalt erarbeitet wird, welche anschließend strukturiert bewertet wird, um eine fundierte Begründung für die angestrebte Art der Umsetzung herzuleiten.

4 Umsetzung und Ergebnisse

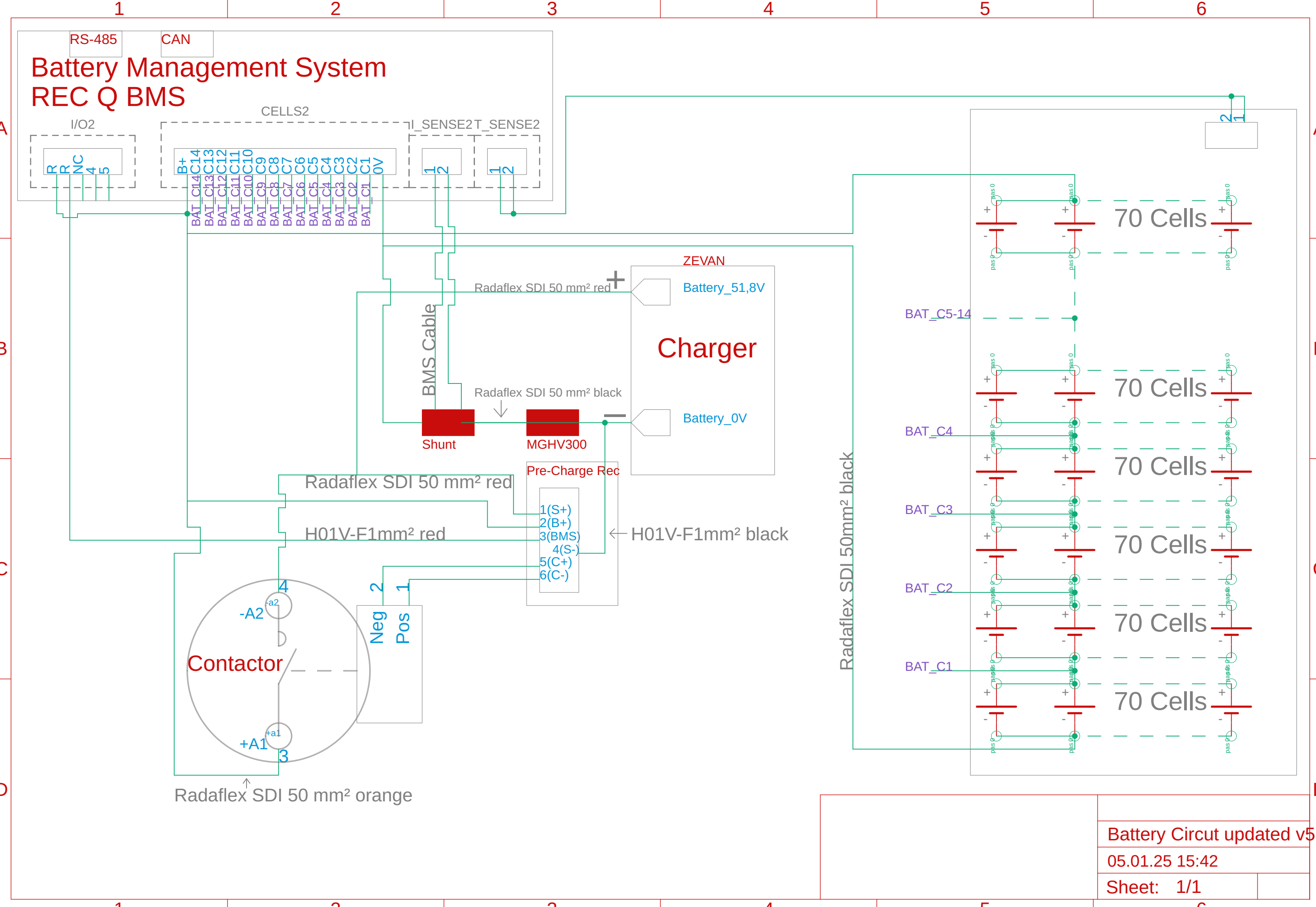
Um die bestmögliche Dokumentation des Systemaufbaus sicherstellen zu können, dürfen die Vorbereitungen, auf die Aufgabe, nicht unterschätzt werden. Diese lassen sich in zwei große Teile aufteilen. Der wichtigere von beiden Schritten ist die sorgfältige Auswahl eines passenden Tools zur Erstellung der Dokumentation. Aspekte wie Benutzerfreundlichkeit, Funktionen die erfüllt werden, Betriebssystemkompatibilitäten und Kosten spielen hier eine große Rolle. Um diese Auswahl mit genügend Sorgfalt zu treffen wird folgendes Vorgehen angewandt:

Es werden verschiedene CAD-Softwareprogramme recherchiert und evaluiert. Die Funktionen stehen hier an erster Stelle. Das Programm muss in der Lage sein, Stromlaufpläne und Bestückungspläne erstellen zu können. An nächster Stelle stehen die Kosten, die für das Programm abgerufen werden. Da das Projekt ein begrenztes Budget hat sollen diese möglichst gering gehalten werden. Wichtig zu beachten ist hierbei jedoch, dass die Kosten im Verhältnis zur gebotenen Leistung des Programms stehen müssen. Die Programme *Autodesk Fusion 360* und *EPlan* sind jeweils sehr vielversprechend. Die Nutzerfreundlichkeit ist in beiden Programmen gleichermaßen gegen. Entschieden wird sich für Autodesk Fusion 360, da EPlan über keine macOS Kompatibilität verfügt.

Im nächsten Schritt der Vorbereitung muss eine tiefgreifende und umfassende Einarbeitung in das Programm durchgeführt werden. Hier wird ein besonderes Augenmerk auf die Aspekte Stromlaufplanerstellung, Bestückungsplanerstellung, Bibliothekerstellung und die dazugehörige Erstellung neuer Bauteile sowie die Programm-Projekt-Struktur gelegt.

Stromlaufplan Battery Circuit

Für die Erstellung des *Battery Circuit* Stromlaufplans nach festgelegter Norm und aktuellem Verbaustand wird der vorliegende Plan zunächst ausgedruckt. Im ersten Schritt wird dieser Stromlaufplan systematisch auf Unstimmigkeiten, wie fehlende Verbindungen oder unklare Symbolik, überprüft. Gefundene Fehler werden im nächsten Schritt markiert und anschließend korrigiert, wobei die Einhaltung elektrotechnischer Standards gewährleistet wird. Zudem erfolgt eine Layoutanpassung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit. Im letzten Schritt muss herausgefunden werden, nach welcher Norm der Stromlaufplan erstellt wurde. Diese Norm muss recherchiert und in die von uns gewählte DIN EN 60617 Norm „übersetzt“ werden. Der überarbeitete Stromlaufplan wird abschließend mit Autodesk Fusion 360 in ein DIN-A3-Format übertragen. Dabei werden Titelblock und Legende integriert, um die Professionalität und Lesbarkeit sicherzustellen.



Stromlaufplan Motor Controller

Für die Erstellung des *Motor Controller* Stromlaufplans nach festgelegter Norm und aktuellem Verbaustand wird der vorliegende Plan zunächst ausgedruckt. Im ersten Schritt wird dieser Stromlaufplan systematisch auf Unstimmigkeiten, wie fehlende Verbindungen oder unklare Symbolik, überprüft. Gefundene Fehler werden im nächsten Schritt markiert und anschließend korrigiert, wobei die Einhaltung elektrotechnischer Standards gewährleistet wird. Zudem erfolgt eine Layoutanpassung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit. Im letzten Schritt muss herausgefunden werden, nach welcher Norm der Stromlaufplan erstellt wurde. Diese Norm muss recherchiert und in die von uns gewählte DIN EN 60617 Norm „übersetzt“ werden. Der überarbeitete Stromlaufplan wird abschließend mit Autodesk Fusion 360 in ein DIN-A3-Format übertragen. Dabei werden Titelblock und Legende integriert, um die Professionalität und Lesbarkeit sicherzustellen.

A



C

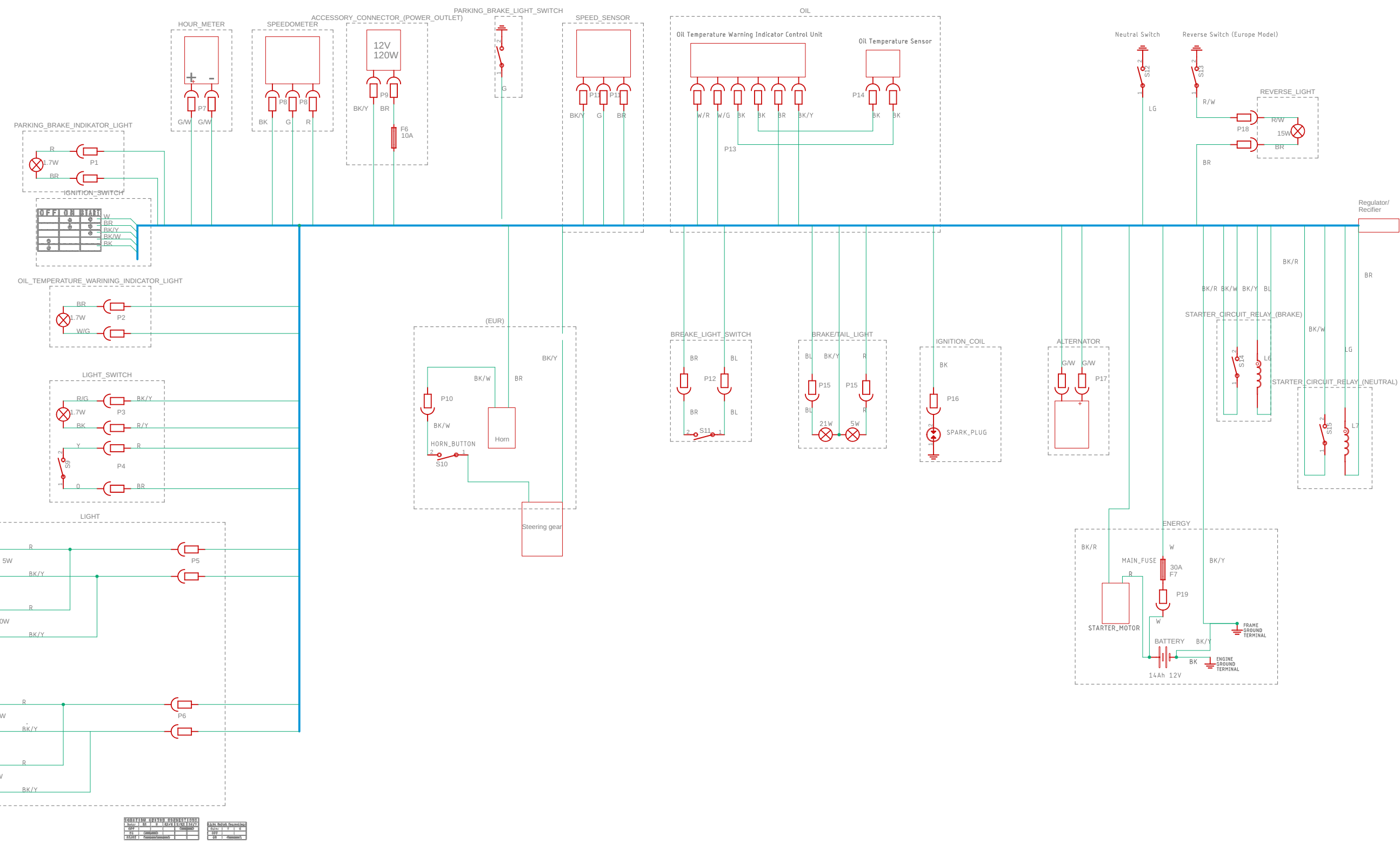
D

Sheet: 1/1

Stromlaufplan LV-Onboard-Netz

Für die Erstellung des *LV-Onboard-Netz* Stromlaufplans nach festgelegter Norm und aktuellem Verbaustand wird der vorliegende Plan zunächst ausgedruckt. Im ersten Schritt wird dieser Stromlaufplan systematisch auf Unstimmigkeiten, wie fehlende Verbindungen oder unklare Symbolik, überprüft. Gefundene Fehler werden im nächsten Schritt markiert und anschließend korrigiert, wobei die Einhaltung elektrotechnischer Standards gewährleistet wird. Zudem erfolgt eine Layoutanpassung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit. Im letzten Schritt muss herausgefunden werden, nach welcher Norm der Stromlaufplan erstellt wurde. Diese Norm muss recherchiert und in die von uns gewählte DIN EN 60617 Norm „übersetzt“ werden. Der überarbeitete Stromlaufplan wird abschließend mit Autodesk Fusion 360 in ein DIN-A3-Format übertragen. Dabei werden Titelblock und Legende integriert, um die Professionalität und Lesbarkeit sicherzustellen.

Abbildung 4.3: Schaltplan des LV-Onboard-Netz



TITLE: onboard-Netz v17

Document Number:

REV:

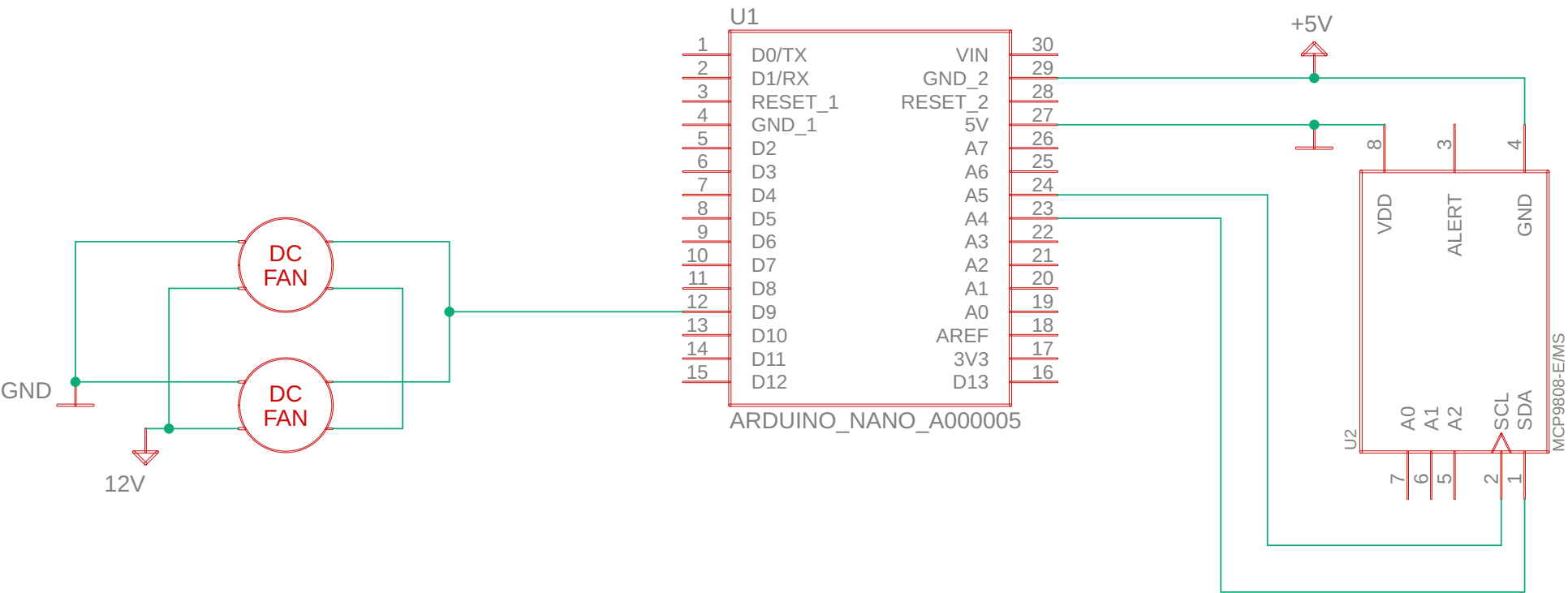
Date: 09.01.25 13:19

Sheet: 1/1

Stromlaufplan Charger Temperature Control

Für die Erstellung des *Charger Temperature Control* Stromlaufplans nach festgelegter Norm und aktuellem Verbaustand wird zunächst eine händische Skizze des Systems, durch die für den Einbau zuständigen Kollegen, angefertigt und an das Dokumentationsteam weitergegeben. Im ersten Schritt wird dieser Stromlaufplan systematisch auf Unstimmigkeiten, wie fehlende Verbindungen oder unklare Symbolik, überprüft. Gefundene Fehler werden im nächsten Schritt markiert und anschließend korrigiert, wobei die Einhaltung elektrotechnischer Standards gewährleistet wird. Zudem erfolgt eine Layoutanpassung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit. Im letzten Schritt muss die Normkonformität der Stromlaufplanskizze überprüft werden. Der überarbeitete Stromlaufplan wird abschließend mit Autodesk Fusion 360 in ein DIN-A3-Format übertragen. Dabei werden Titelblock und Legende integriert, um die Professionalität und Lesbarkeit sicherzustellen.

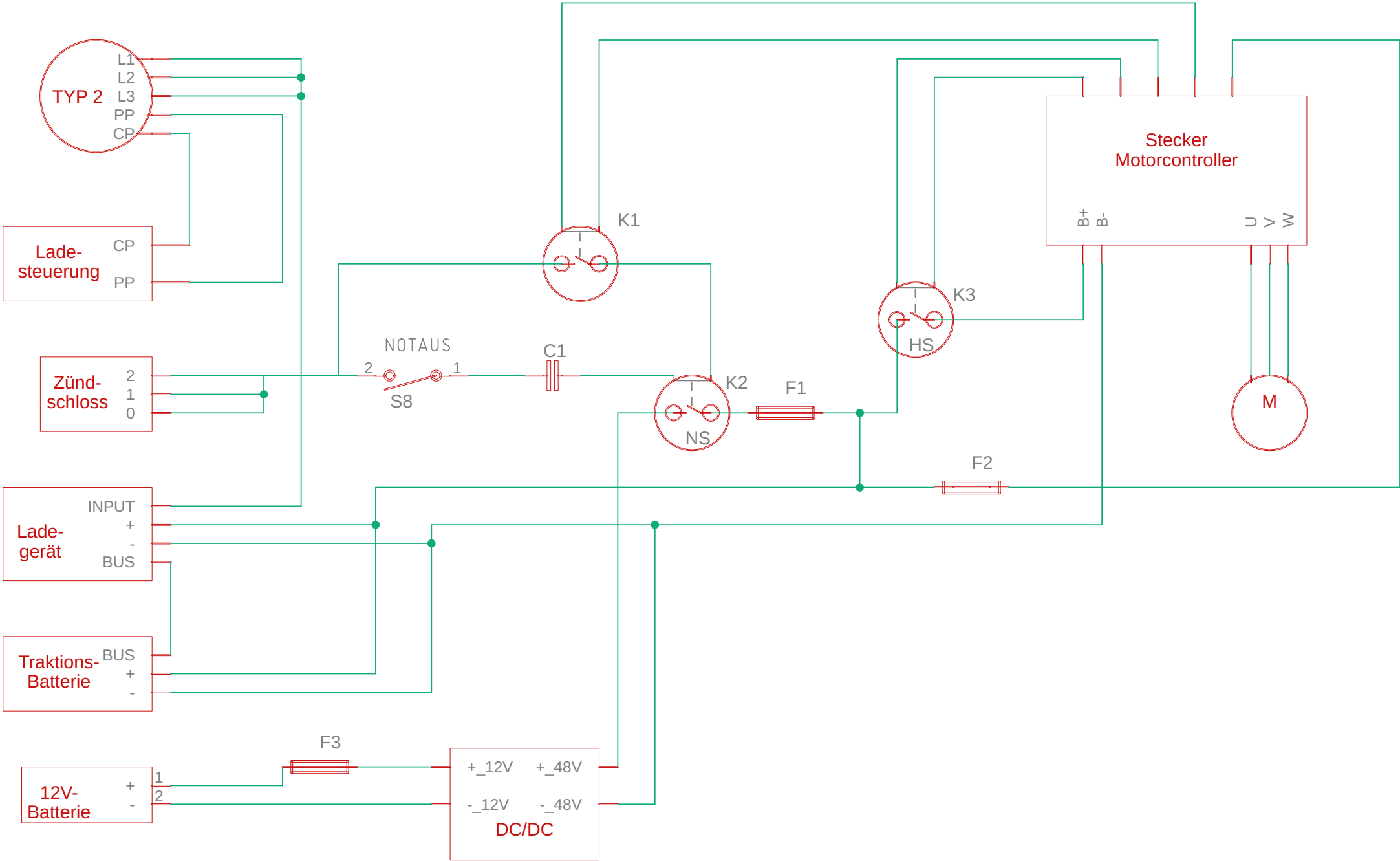
Abbildung 4.4: Schaltplan der Charger Temperature Control



Stromlaufplan HV-Onboard-Network

Für die Erstellung des *HV-Onboard-Network* Stromlaufplans nach festgelegter Norm und aktuellem Verbaustand wird zunächst eine händische Skizze des Systems, durch die für den Einbau zuständigen Kollegen, angefertigt und an das Dokumentationsteam weitergegeben. Im ersten Schritt wird dieser Stromlaufplan systematisch auf Unstimmigkeiten, wie fehlende Verbindungen oder unklare Symbolik, überprüft. Gefundene Fehler werden im nächsten Schritt markiert und anschließend korrigiert, wobei die Einhaltung elektrotechnischer Standards gewährleistet wird. Zudem erfolgt eine Layoutanpassung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit. Im letzten Schritt muss die Normkonformität der Stromlaufplanskizze überprüft werden. Der überarbeitete Stromlaufplan wird abschließend mit Autodesk Fusion 360 in ein DIN-A3-Format übertragen. Dabei werden Titelblock und Legende integriert, um die Professionalität und Lesbarkeit sicherzustellen.

Abbildung 4.5: Schaltplan des HV-Onboard-Networks



Legende der Schaltzeichen

In der folgenden Tabelle werden die verwendeten Schaltzeichen des Stromlaufpläne gemäß der Norm DIN EN 60617 erläutert. Diese Schaltzeichen dienen dazu, die elektrischen Komponenten und deren Verbindungen im Stromlaufplan eindeutig und standardisiert darzustellen. Die Legende bietet eine Übersicht über jene Symbole, die in den vorangegangenen Stromlaufplänen verwendet werden, und erleichtert so das Verständnis der Systemarchitektur und Funktionalität der einzelnen Pläne sowie des Gesamtsystems. Dieses Verzeichnis umfasst aktuell:

- | | |
|-----------------|---------------------|
| • Schütz | • PTC-Widerstand |
| • Kondensator | • Potentiometer |
| • Funkenstrecke | • Stecker |
| • Masse | • LED |
| • Batterie | • Spule |
| • Sicherung | • Drei-Phasen-Motor |
| • Schalter | |

Im weiteren Verlauf des Projekts kann dieses Verzeichnis beliebig um weitere Schaltzeichen ergänzt und angepasst werden.














Symbol	Beschreibung
	Schütz
	Kondensator
	Funkenstrecke
	Masse (Ground)
	Batterie
	Sicherung
	Schalter
	PTC-Widerstand
	Potentiometer
	Stecker
	LED
	Spule
	Drei-Phasen-Motor

Tabelle 4.1: Legende der Symbole

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts eMule 7.0 wurden verschiedene Ziele für das Wintersemester 2024 gesetzt. Diese lauteten:

1. Fortsetzung der Entwicklung und Installation des neuen Energiespeichersystems in Form einer Traktionsbatterie für das eMule-Fahrzeug
2. Weiterentwicklung des Kühlsystems der Traktionsbatterie
3. Verbesserung der vorhandenen Kühlsystem-Temperaturregelung durch Arduino-Mikrocontrollerprogrammierung
4. Verbesserung der Verkabelung des vorhandenen Traktionsbatteriemanagementsystems
5. Einbau von Sensoren
6. Erstellung von aktuellen Stromlauf und Bestückungsplänen der elektrisch/-elektronischen Fahrzeugschaltkreise
7. Vereinheitlichung und Vergemeinschaftung der Pläne des Systems und dessen Einzelkomponenten
8. Erstellung einer Installationsanleitung für Autodesk Fusion 360 für verschiedene Betriebssysteme

9. Durchführung von Messungen und Funktionstests

10. Vorbereitung des Fahrzeugs für die bevorstehende EMV-Prüfung und TÜV-Abnahme

Da in dieser Arbeit lediglich die Ziele sechs bis acht betrachtet wurden wird auch nur auf diese weiter eingegangen.

Um die Erstellung aktueller Stromlaufpläne möglichst effizient zu gestalten wurden zwei verschiedene Vorgehen angewendet. Mussten bereits vorhandene Pläne lediglich aktualisiert werden wurde wie folgt vorgegangen:

Für die Aktualisierung der Stromlaufpläne nach festgelegter Norm und aktuellem Verbaustand wurden der vorliegende Plan zunächst ausgedruckt. Im ersten Schritt wurden diese Stromlaufpläne systematisch auf Unstimmigkeiten, wie fehlende Verbindungen oder unklare Symbolik, überprüft. Gefundene Fehler wurden im nächsten Schritt markiert und anschließend korrigiert, wodurch die Einhaltung elektrotechnischer Standards gewährleistet werden konnte. Zudem erfolgte eine Layoutanpassung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit. Im letzten Schritt wurde herausgefunden, nach welcher Norm der Stromlaufplan erstellt wurde. Diese Norm wurde recherchiert und in die von uns gewählte DIN EN 60617 Norm „übersetzt“. Die überarbeiteten Stromlaufpläne wurden abschließend mit Autodesk Fusion 360 in ein DIN-A3-Format übertragen. Durch die Integration von Titelblock und Legende konnte die Professionalität und Lesbarkeit sichergestellt werden.

Es wurden Stromlaufpläne für sämtliche Systemteile, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Arbeit finalisiert waren, erstellt. Diese Stromlaufpläne entsprechen den Standards der DIN EN 60617, sind in einheitlicher Form erstellt und in einem übergeordneten Gesamtprojekt vergemeinschaftet. Insgesamt wurden somit fünf Stromlaufpläne realisiert. Aufgrund interner Absprachen wurde die Erstellung der Bestückungspläne in den nächsten Bearbeitungszeitraum im Sommersemester 2025 verschoben. Im Rahmen der Pläneerstellung wurde das Team sehr gut in das Programm Autodesk Fusion 360 eingearbeitet, eine eigene Bibliothek zur DIN EN 60617 angelegt und eine Struktur zur einfachen Erweiterung der Vergemeinschaftung aufgebaut. Weiter konnte sichergestellt werden, dass neue Teammitglieder einfach zu der Projektkloud hinzugefügt werden können, sowie eine detaillierte An-

leitung zur Installation der CAD-Software auf sämtlichen Betriebssystemen zur Verfügung gestellt bekommen haben. Zusätzlich wurde der Installationsvorgang der Software auf den laborinternen Geräten gestartet. Neben den Teamspezifischen Aufgaben konnten die anderen Projektteams bei diversen Aufgaben unterstützt werden. Hierzu zählen beispielsweise das Verladen und damit verbundenen Ein- und Ausbau der Batterie in das Fahrzeug oder die Bohrung zusätzlicher Löcher in die Aussenwand der Tragfläche des Fahrzeugs um eine bessere Funktionalität der Lüfter sicherzustellen.

5.1 Ausblick

Zwischen dem gerade vergangenen Arbeitszeitraum „Wintersemester 2024 “und dem kommenden Arbeitszeitraum „Sommersemester 2025 “werden alle Team, in reduziertem Rahmen nach Bedarf und Möglichkeit, ihre Aufgaben fortführen. Weiter ist eine TÜV-Abnahme für das Fahrzeug geplant.

Im nächsten Arbeitszeitraum sollen dann ergänzend zu der nach aktuellem Stand vorhanden Dokumentation weitere Stromlaufpläne generiert und in diese aufgenommen werden. Neben Stromlaufplänen soll die Dokumentation durch Bestückungspläne erweitert werden. Um die Übersichtlichkeit weiter zu verbessern soll die gesamte Dokumentation in einem großen Dokument als Gesamtprojekt mit sämtlichen Projekttiefen festgehalten werden. Weitere Ziele für das nächste Semester umfassen eine Modularisierung der Batterie, den Einbau des Bussystems an die Batterie, eine Erweiterung der Temperaturüberwachung sowie die Modularisierung der Powerbox und die Installation eines Displays im Cockpit, welches sämtliche Fahr-, Verbrauchs-, und Leistungsdaten anzeigt. Als optionales Ziel soll bei entsprechendem Fortschritt des Systems noch eine Musikanlage verbaut werden.

Literaturverzeichnis

- [ADA25] ADAC. *Stromverbrauch von Elektroautos im ADAC-Test*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/elektroauto/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>.
- [alp25] ARD alpha. *Henry Ford: Wie er das Auto und die Produktion revolutionierte*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://www.ardalpha.de/wissen/geschichte/kulturgeschichte/henry-ford-automobil-auto-fliessband-erfinder-100.html>.
- [BK97] A. Breiing und R. Knosala. *Bewerten technischer Systeme: Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen*. Springer eBook Collection Computer Science and Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 1997. ISBN: 9783642592294. DOI: 10.1007/978-3-642-59229-4.
- [Blo25] EnBW Blog. *Elektroautos: Vorteile und Nachteile im Überblick*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/fahren/elektroautos-vorteile-und-nachteile-im-ueberblick/>.
- [Coh10] Mike Cohn. *User stories: für die agile Software-Entwicklung mit Scrum, XP u.a.* 1. Aufl. mitp, 2010. ISBN: 9783826658983.
- [con24] Wikipedia contributors. *Autodesk – Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; abgerufen am 13. November 2024]. 2024. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Autodesk>.

- [Ein25] EinfacheAuto. *Die Geschichte des Elektroautos: Von den Anfängen bis heute*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://einfacheauto.de/blog/die-geschichte-des-elektroautos-von-den-anfangen-bis-heute>.
- [Ene25] EnergyProfi. *Geschichte der Elektromobile und Hybridfahrzeuge ab 1900*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://www.energyprofi.com/uncategorized/geschichte-der-elektromobile-und-hybridfahrzeuge-ab-1900/>.
- [Gre25] Greelane. *Charles Kettering und das elektrische Zündsystem*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://www.greelane.com/de/geisteswissenschaften/geschichte--kultur/charles-kettering-electrical-ignition-system-4076281>.
- [gün25] Tanke günstig. *Aktuelle Ölpreise: Überblick und Entwicklung*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://www.tanke-guenstig.de/oelpreise>.
- [Ind25] Cosmos Indirekt. *Gaston Planté*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Gaston_Plant%C3%A9.
- [Mar20] Robert Martin. *Clean Agile – Die Essenz der agilen Softwareentwicklung*. 1st edition. mitp-Verlag und Safari, 2020. URL: <https://learning.oreilly.com/library/view/-/9783747501139/?ar>.
- [Pis23] Stefan Pischinger. „Die Revolution des Antriebsstrangs in der Automobilindustrie“. In: *MTZ - Motortechnische Zeitschrift* 84.9 (2023), S. 62–62. DOI: 10.1007/s35146-023-1510-1. URL: <https://doi.org/10.1007/s35146-023-1510-1>.
- [PR21] Klaus Pohl und Chris Rupp. *Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum Certified Professional for Requirements Engineering Foundation Level*. 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage. dpunkt Verlag, 2021. ISBN: 9783864908149.

- [Sch23] Nadine Schlüter. *Generic Systems Engineering: Ein methodischer Ansatz zur Komplexitätsbewältigung*. 3. Auflage 2023. Springer Berlin Heidelberg, 2023. ISBN: 9783662667897. DOI: 10.1007/978-3-662-66789-7.
- [Vat25] Vattenfall InCharge. *Die Geschichte des Elektroautos: 1832 ging es los*. Zugriff am 13. Januar 2025. 2025. URL: <https://incharge.vattenfall.de/wissens-hub/articles/die-geschichte-des-elektroautos-1832-ging-es-los>.
- [Wik24a] Wikipedia contributors. *AutoCAD version history* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online; accessed 11-November-2024]. 2024. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/AutoCAD_version_history.
- [Wik24b] Wikipedia contributors. *Autodesk* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online; accessed 11-November-2024]. 2024. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk>.
- [WRM22] Ralf Wirdemann, Astrid Ritscher und Johannes Mainusch. *Scrum mit User Stories*. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Hanser eLibrary. Hanser, 2022. ISBN: 9783446474383. DOI: 10.3139/9783446474383. URL: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446474383>.
- [Zan14] Christof Zangemeister. *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen*. 5. Auflage 2014 (erweitert). Zangemeister & Partner, 2014. ISBN: 9783923264001.

Abbildungsverzeichnis

4.1	Schaltplan des Battery Circuits	23
4.2	Schaltplan des Motor Controllers	26
4.3	Schaltplan des LV-Onboard-Netz	29
4.4	Schaltplan der Charger Temperature Control	32
4.5	Schaltplan des HV-Onboard-Networks	35

Tabellenverzeichnis

4.1	Legende der Symbole	38
A.1	Liste der verwendeten Künstliche Intelligenz basierten Werkzeuge .	52

A Nutzung von Künstliche Intelligenz basierten Werkzeugen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Künstliche Intelligenz (KI) basierte Werkzeuge benutzt. Tabelle A.1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Werkzeuge und den jeweiligen Einsatzzweck.

Tabelle A.1: Liste der verwendeten KI basierten Werkzeuge

Werkzeug	Beschreibung der Nutzung
ChatGPT	<ul style="list-style-type: none">• Grundlagenrecherche zu bekannten Prinzipien optischer Sensorik zur Abstandsmessung (siehe Abschnitt ...)• Suche nach Herstellern von Lidar-Sensoren (siehe Abschnitt ...)• ...
ChatPDF	<ul style="list-style-type: none">• Recherche und Zusammenfassung von wissenschaftlichen Studien im Themenfeld ...• ...
DeepL	<ul style="list-style-type: none">• Übersetzung des Papers von [...]
Tabnine AI coding assistant	<ul style="list-style-type: none">• Aktiviertes Plugin in MS Visual Studio zum Programmieren des ...• ...
...	<ul style="list-style-type: none">• ...
