



Bauen eines eigenen E-Bikes

STUDIENARBEIT

für die Prüfung zum
Bachelor of Science
des Studienganges Informatik / Informationstechnik

an der
Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe

von

Lorenz Scherrer

Abgabedatum 1. April 2090

Bearbeitungszeitraum	12 Wochen
Matrikelnummer	8809469
Kurs	tinf21b3
Ausbildungsfirma	Sick AG Waldkirch
Betreuer der Ausbildungsfirma	Titel Vorname Nachname
Gutachter der Studienakademie	Titel Vorname Nachname

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema: »Bauen eines eigenen E-Bikes« 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. _____

Ort Datum

Unterschrift

Sofern vom Dualen Partner ein Sperrvermerk gewünscht wird, ist folgende Formulierung zu verwenden:

Sperrvermerk

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anderslautende Genehmigung vom Dualen Partner vorliegt.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	3
2 Batterie	4
2.1 Zellen	4
2.1.1 Art der Zellen	5
2.1.2 Wahl der Marke	6
2.2 Battery Management Systems	7
2.3 Verbindung zwischen den Zählen	9
2.3.1 Löten vs. Punktscheißen	9
2.4 Punktschweißgerät	11
2.4.1 Funktionsweise des Punktschweißens	11
2.4.2 Erforderlicher Strom für das Punktschweißen	11
2.5 Konstruktion der Batterie	13
3 Controller	14
3.1 Wahl des Controllers	14
3.2 Installation des Controllers	14
4 Steuergerät	15
4.1 Wahl des Steuergeräts	15
4.2 Programmierung des Steuergeräts	16
5 Motor	17
5.1 Arten von Fahrradmotoren	17
5.1.1 Energierückgewinnung	22
5.2 Position des Motors	22
5.3 Lesitung des Motors	23
5.4 Reichweite	24
6 Schaltung	25
7 Konstruktion	26
7.1 Position der Batterie	26
7.2 Position des Controllers	26
7.3 Anbringen des Motors	26
Anhang	27

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	iii
Index	29
Literaturverzeichnis	29

Abbildungsverzeichnis

2.1	1850 VS 21700[Tritek.12132021]	5
2.2	Schaltplan[LorenzScherrer.02.03.2024]	8
2.3	Fassung für 18650 Batterie[.02.03.2024]	10
2.4	Punktgeschweißte Verbindung[LorenzScherrer.02.03.2024]	10
2.5	Verbindung Löten[LorenzScherrer.02.03.2024]	11
5.1	Motorenarten[<i>E-Bike Motoren – Die E-Bike Motorarten im Überblick o. D.</i>]	18
5.2	Mittelmotor[<i>Mittelmotor nachrüsten: Fahrrad zum Elektrofahrrad umbauen / Pedelec & E-Bike Umbausätze: Warum sich Nachrüsten lohnt! / ebike-solutions.com o. D.</i>]	19
5.3	Radnarbenmotor[LORENZ SCHERRER 2023]	20
5.4	Rotor und Stator[INGENIEURSMENTALITÄT 2022]	21
5.5	DLRK-Wicklung[INGENIEURSMENTALITÄT 2022]	22
1	Schaltplan[LorenzScherrer.02.03.2024]	28

https://de.aliexpress.com/item/1005005632222384.html?spm=a2g0o.detail.0.0.5e45kjqSkjqSMR&gps_id=pcDetailTopMoreOtherSeller&scm=1007.40050.354490.0&scm_id=1007.40050.354490.0&scm_url=1007.40050.354490.0&pvid=ff0a5c93-5b49-4b72-8d89-ab2399d2384b&_t=gps_id:pcDetailTopMoreOtherSeller,scm_url:1007.40050.354490.0,pvid:ff0a5c93-5b49-4b72-8d89-ab2399dtpp_buckets:668%232846%238109%231935&pdp_npi=4%40dis%21EUR%21357.48%21214.49%21%21%212693.92%21%21%40211b801816968695527344423e2d00%2112000034299170807%21rec%21DE%214722450050%21

tutorial to open the Controller:<https://www.youtube.com/watch?v=J7zqIJj9T98>

1500w mit gutem Display:https://de.aliexpress.com/item/1005002039144747.html?spm=a2g0o.productlist.main.3.5216CqZ2CqZ27w&algo_pvid=41fab78b-7080-4cce-91f3-236b00807b31&algo_exp_id=41fab78b-7080-4cce-91f3-236b00807b31-1&pdp_npi=4%40dis%21EUR%21271.12%21206.05%21%21%21280.00%21%21%4021038ede16969217908428768ea960%2112000018510823057%21sea%21DE%214722450050%21&curPageLogUid=91b35EEUok2K

Hinterrad mit gutem Display :https://de.aliexpress.com/item/33035315399.html?src=google&aff_fcid=ffe1edafa3cb4da5b4af36951050d145-1696943734828-01991-UneMJZVf&aff_fsk=UneMJZVf&aff_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff_trace_key=ffe1edafa3cb4da5b4af36951050d145-1696943734828-01991-UneMJZVf&aff_trace_id=fe73039276964fd487498d65dbe7c436&afSmartRedirect=y

auch :https://www.amazon.de/Bathrena-YMTDZ-1500W-Elektrofahrrad-Umbausatz/dp/B0BS3P1BXQ/ref=asc_df_B0BS3MP1SG/?tag=googshopde-21&linkCode=df0&hvadid=650925477782&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=7571842994384908359&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=9041876&hvtargid=pla-1978608447255&th=1&gclid=Cj0KCQjw7J0pBhCfARIIsAL3bo

Kosten

- 267 Motor Kit
- 140 Zellen
- 50 BMS
- Kleine Zeug 30-50

Kapitel 1

Einleitung

Mein Name ist Lorenz Scherrer, und ich bin derzeit Student im Studienengang Informatik-Informationstechnik. Ich wende mich an Sie, da ich auf der Suche nach einem Betreuer für meine bevorstehende Studienarbeit bin, die sich mit dem Ziel befasst, ein eigenes E-Bike von Grund auf zu konstruieren.

Die Kernkomponente dieser Arbeit wird der Bau der Batterie sein, die den Motor des E-Bikes antreiben wird. Hierbei werde ich größere Lithium-Ionen-Zellen verwenden und diese in einer geeigneten Konfiguration zusammenschließen, um die benötigte Spannung und Kapazität zu erreichen. Zudem wird ein Smart Battery Management System (BMS) eingesetzt, um die Sicherheit und Effizienz der Batterie zu gewährleisten.

Desweitern liegt im Fokus die Programmierung des Controllers. Ich will die Motordaten und die Leistung flexibel anpassen, um das E-bike sowohl Straßen tauglichen zumachen (maximale Leistung 250W) als auch zu testen welche Leistung ein 15000W Motor bringt(auf einem Privat Grundstück).

Das Gesamtziel dieser Arbeit ist es, ein voll funktionsfähiges, individuell angepasstes E-Bike zu erstellen, bei dem der Bau der Batterie und die Programmierung des Controllers entscheidende Schritte sind.

Wenn Sie Interesse an der Betreuung meiner Studienarbeit haben oder weitere Fragen haben, stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung. Ich freue mich auf die Möglichkeit einer Zusammenarbeit.

Mit freundlichen Grüßen,

Lorenz Scherrer

Kapitel 2

Batterie

Eine essenzielle Komponente bei der Realisierung eines individuell konstruierten E-Bikes ist die Batterie, welche den Motor mit der benötigten Energie versorgt. Im vorliegenden Abschnitt wird detailliert auf die Fertigung einer individuellen Lithium-Ionen-Batterie eingegangen, die durch die Auswahl passenden Zellen und ihre spezifische Konfiguration realisiert wird.

Die Batterie muss den spezifizierten Anforderungen hinsichtlich Leistung, Form und Stabilität entsprechen. In Bezug auf die Leistung ist eine Spannung von 48 Volt erforderlich, um den Motor zu versorgen, und die Batterie muss eine Leistung von 1500 Watt bereitstellen, um die gewünschte Performance zu gewährleisten. Dies wird durch diese Formel berechnet^{2.1}:

$$P = U \cdot I \longrightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1500W}{48V} = 31.25 \quad (2.1)$$

Die Batterie sollte nicht nur die erforderliche Leistung liefern, sondern auch eine stabile und sichere Form aufweisen. Die physikalische Stabilität der Batterie ist entscheidend, um sicherzustellen, dass sie den Belastungen während des Betriebs standhält und keine strukturellen Schwächen aufweist.

Darüber hinaus ist die Form der Batterie relevant, da sie in das E-Bike integriert werden muss. Die Form sollte daher kompatibel mit dem vorgesehenen Platzierungsort sein, um eine effiziente Nutzung des verfügbaren Raums zu ermöglichen. Die Batterie sollte sich leicht und sicher im vorgesehenen Bereich befestigen lassen, um eine optimale Integration in das Gesamtsystem zu gewährleisten.

Die Konstruktion der Batterie stellt einen maßgeblichen Schritt im Bau eines selbstgefertigten E-Bikes dar, da sie maßgeblich die Leistung und Reichweite des Fahrzeugs beeinflusst.

2.1 Zellen

Die Zellen in einer Lithium-Ionen-Batterie für E-Bikes spielen eine entscheidende Rolle bei der Speicherung und Bereitstellung elektrischer Energie. Jede Zelle fungiert als eigenständige Energieeinheit, die miteinander kombiniert werden, um die gewünschte Spannung und Kapazität für den E-Bike-Motor zu erreichen. Ihre Aufgaben umfassen die Speicherung von Elektronen

während des Ladevorgangs und die Abgabe dieser Elektronen während des Entladevorgangs, um den Motor mit Strom zu versorgen.

Die Zellen werden in der Batterie durch spezifische Verbindungsmethoden miteinander verbunden. Die Verbindung erfolgt durch das serielle Schalten der Zellen, wodurch die Einzelspannungen addiert werden. Dieser Schritt ermöglicht es, die für den E-Bike-Motor erforderliche höhere Gesamtspannung von 48 Volt zu erreichen. Die meisten Zellen haben 3.6 Volt Nennspannung um auf die 48 Volt zu kommen müssen 13 in Reihe geschaltet werden.

Die Entscheidung, Zellen in Serie oder parallel zu schalten, beeinflusst maßgeblich die Leistung und Charakteristik der Batterie. Die Reihenschaltung erhöht die Gesamtspannung, während die Parallelschaltung die Gesamtkapazität steigert. Dies hat direkte Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des E-Bikes. Eine geeignete Kombination von Reihen- und Parallelschaltungen kann die erforderliche Spannung und Kapazität optimieren und somit die Fahrleistung und Reichweite des E-Bikes verbessern.

Insgesamt spielen die Zellen im Lithium-Ionen-Batteriebau für E-Bikes eine zentrale Rolle, und ihre Verbindung durch Reihen- und Parallelschaltungen ist entscheidend für die Leistungsfähigkeit und Effizienz des Batteriesystems.

2.1.1 Art der Zellen

Bei der Art der Zellen kommen nur zwei in Frage einmal die 21700-Zellen und 18650-Zellen.



Abbildung 2.1: 1850 VS 21700 [Tritek.12132021]

Die Entscheidung zwischen 21700-Zellen und 18650-Zellen für die Batteriekonstruktion von E-Bikes erfordert eine eingehende wissenschaftliche Analyse verschiedener Faktoren. Einer der entscheidenden Aspekte ist die energetische Leistung und Kapazität der Zellen. Die größeren Dimensionen der 21700-Zellen ermöglichen eine höhere Kapazität pro Zelle im Vergleich zu den kleineren 18650-Zellen, was zu einer potenziell höheren Energiedichte führt und somit die Gesamtkapazität und Reichweite der Batterie positiv beeinflussen kann.

21700-Zellen weisen oft niedrigere interne Widerstände im Vergleich zu 18650-Zellen auf. Dies bedeutet, dass weniger Energie in Form von Wärme verloren geht, während die Zellen betrieben werden. Ein niedrigerer interner Widerstand ermöglicht eine effizientere Nutzung der in der Batterie gespeicherten Energie und reduziert somit die Wärmeentwicklung während des Betriebs. Dies kann insgesamt zu einer besseren thermischen Leistungsfähigkeit der Batterie beitragen und potenzielle Überhitzungsprobleme verringern.

Die Verwendung von 21700-Zellen bietet eine Reihe von Vorteilen, die das Preis-Leistungs-Verhältnis im Vergleich zu 18650-Zellen verbessern. Zum einen sind 21700-Zellen aufgrund ihrer höheren Energiedichte kosteneffizienter, da sie eine größere Kapazität pro Zelle bieten. Dadurch wird weniger Zellen benötigt, um die gleiche Leistung zu erzielen, was zu Einsparungen sowohl bei den Material- als auch bei den Herstellungskosten führt. Zudem reduziert die Verwendung weniger Zellen das Risiko von Ausfällen und erfordert weniger Arbeitsaufwand für die Montage und Wartung.

Zusammenfassend lässt die wissenschaftliche Analyse vermuten, dass die Verwendung von 21700-Zellen aufgrund ihrer potenziell höheren Kapazität, verbesserten Wärmeableitung und der Möglichkeit, von technologischen Fortschritten zu profitieren, für E-Bike-Batterien vorteilhaft sein könnte.

2.1.2 Wahl der Marke

Die beiden Zelltypen, Samsung und Lishen, unterscheiden sich in mehreren Schlüsselparametern, die bei der Entscheidung für die Batteriekonstruktion eines E-Bikes berücksichtigt werden sollten.

Die Samsung-Zellen zeichnen sich durch eine höhere Kapazität von 4900 mAh aus, was potenziell zu einer längeren Betriebsdauer des E-Bikes führen könnte. Allerdings liegt der maximale Entladestrom bei 9,8A pro Zelle, was die Leistungsfähigkeit des Motors beeinflussen kann.

Im Gegensatz dazu bietet die Lishen-Zelle eine Kapazität von 4000 mAh, was etwas niedriger ist als bei Samsung. Allerdings ermöglicht sie einen höheren maximalen Entladestrom von 12A pro Zelle. Ein zusätzlicher Vorteil könnte sein, dass die Lishen-Zellen preiswerter sind, was eine wirtschaftliche Alternative darstellen könnte.

In einer Batteriekonfiguration für E-Bikes spielt die Anzahl der parallel geschalteten Zellen eine entscheidende Rolle für die Entladeleistung. Wenn weniger Zellen parallel geschaltet sind, bedeutet dies, dass die Gesamtkapazität der Batterie reduziert ist. Um dennoch die erforderliche Leistung bereitzustellen, muss der Entladestrom pro Zelle erhöht werden. Es gibt auch Zellen, die einen Entladestrom von 35 Amper liefern.

Die Entscheidung zwischen diesen Zellen hängt von den spezifischen Anforderungen des E-Bike-Projekts ab. Wenn eine längere Reichweite und eine höhere Kapazität priorisiert werden, könnten die Samsung-Zellen die bessere Wahl sein. Wenn jedoch eine höhere Leistungsfähigkeit des Motors und ein wirtschaftlicher Preis im Vordergrund stehen, könnte die Lishen-Zelle die geeignete Option sein. Es ist ratsam, die Projektspezifikationen und das Budget sorgfältig zu prüfen, um die optimale Zellwahl zu treffen.

Es wurde sich für die Lishen-Zellen entschieden, da sie am billigsten waren und auch mehrere parallel geschaltet werden um eine erhöhte Kapazität zu erreichen einher geht auch das genug Leistung von der Batterie geleistet werden kann. Es werden 13 Zellen in Reihe geschaltet um 48 Volt zu erreichen, 5 parallel für eine Kapazität von 20 Amperstunden und einen maximalen Entladestrom von 60 Amper. Hier ist die Berechnung: 2.4. Die Begründung warum genau fünf parallel geschaltet werden findet man hier:²

$$A_{\text{Battery}} = 12A \cdot 5 = 60A \quad (2.2)$$

$$V_{\text{Battery}} = 3.6V \cdot 13 = 46.8V \quad (2.3)$$

$$\text{Kapazität} = 4000mAh \cdot 5 = 20Ah \quad (2.4)$$

Hier sieht ist der Schaltplan einer solchen Batterie mit BMS:^{2.2}

2.2 Battery Management Systems

Ein entscheidender Aspekt bei der Konstruktion von Lithium-Ionen-Batterien für E-Bikes ist die Wahl des richtigen Battery Management Systems (BMS). Dieser Abschnitt erläutert die Funktionen, den Auswahlprozess und die Entscheidungsgrundlagen für die Verwendung eines Balancing-BMS anstelle eines BMS, das lediglich Überwachungsfunktionen bietet.

Ein BMS ist ein elektronisches System, das die Leistung und Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien überwacht und regelt. In seiner Grundfunktion überwacht es Parameter wie Spannung, Strom, Temperatur und Ladezustand. Zudem bietet es Schutzmechanismen, um Überladung, Tiefentladung und Überhitzung zu verhindern.

Es gibt zwei Haupttypen von BMS: solche, die lediglich Überwachungsfunktionen bereitstellen, und solche, die auch ein sogenanntes Balancing implementieren. Balancing bedeutet, dass das BMS aktiv eingreift, um sicherzustellen, dass alle Zellen in der Batterie während des Lade- und Entladevorgangs ähnliche Spannungen aufweisen.

Die Entscheidung für ein Balancing-BMS basiert auf der Notwendigkeit, eine gleichmäßige Verteilung der Spannung über alle Zellen hinweg sicherzustellen. Dieser Prozess ist entscheidend, um die Lebensdauer der Batterie zu verlängern und eine optimale Leistung zu gewährleisten. Im Gegensatz dazu konzentriert sich ein BMS mit ausschließlich Überwachungsfunktionen darauf, die Parameter zu überwachen, ohne aktiv in den Ladungsausgleich zwischen den Zellen einzutreten. Die Variation der Spannung zwischen den Zellen in einer Batterie ist problematisch, da sie zu mehreren negativen Effekten führen kann, die die Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Lebensdauer der Batterie beeinträchtigen.

Wenn die Spannung zwischen den Zellen variiert, kann dies zu einer ungleichmäßigen Entladung führen. Einige Zellen können schneller entladen werden als andere, was zu einem Ungleichgewicht in der Kapazitätsnutzung führt. Dies führt zu einer verkürzten Laufzeit und einer ineffizienten Nutzung der gesamten Batteriekapazität.

Eine Variation der Spannung birgt das Risiko von Überladung für einzelne Zellen. Wenn eine Zelle eine höhere Spannung aufweist als andere, besteht die Gefahr, dass sie über ihre

Nennspannung hinausgeladen wird. Überladung kann zu einer thermischen Instabilität führen, was wiederum zu Sicherheitsrisiken wie Überhitzung, Bränden oder sogar Explosionen führen kann.

Umgekehrt kann eine zu niedrige Spannung in einer einzelnen Zelle bei Entladung auftreten. Dies kann zu einer Tiefentladung führen, was die Lebensdauer der Zelle drastisch verkürzt und zu irreparablen Schäden führen kann.

Ungleichmäßige Spannungsverteilung kann zu einer ungleichen Alterung der Zellen führen. Einige Zellen altern schneller als andere, was zu einem vorzeitigen Versagen der Batterie führen kann. Eine ausgeglichene Spannungsverteilung trägt dazu bei, die Lebensdauer der gesamten Batterie zu maximieren.

Eine ungleichmäßige Spannungsverteilung kann die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems beeinträchtigen. Insbesondere bei elektrischen Anwendungen wie E-Bikes kann dies zu einer unzureichenden Leistung und einer verringerten Reichweite führen.

Die Wahl eines Balancing-BMS für die E-Bike-Batteriekonstruktion wurde aufgrund der Fokussierung auf eine maximal homogene Spannungsverteilung getroffen. Durch das aktive Balancing wird vermieden, dass einzelne Zellen aufgrund unterschiedlicher Lade- und Entladezyklen eine Ungleichgewichtssituation erfahren. Dies trägt nicht nur zur Verbesserung der Batterielebensdauer bei, sondern optimiert auch die gesamte Leistungsfähigkeit des E-Bike-Akkus.

Die Entscheidung für ein Balancing-BMS basierte auf der Zielsetzung, eine Batterie zu konstruieren, die nicht nur effizient und leistungsstark ist, sondern auch eine langfristige Zuverlässigkeit und Haltbarkeit gewährleistet. 2.2

Eine größere Version dieser Abbildung ist im Anhang zu finden.1

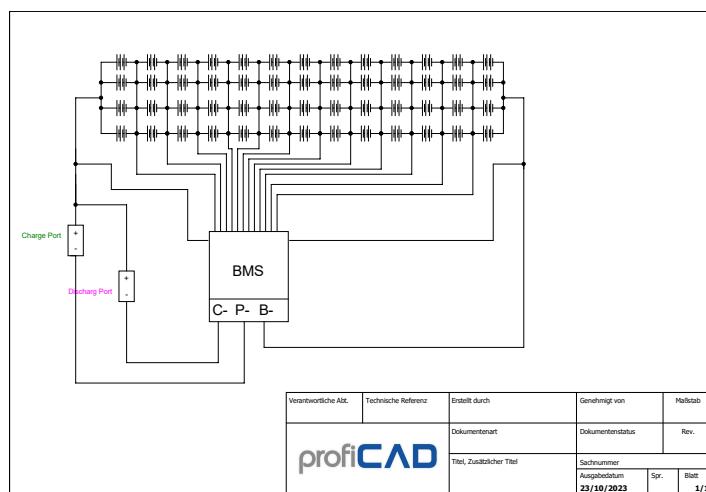


Abbildung 2.2: Schaltplan[LorenzScherrer.02.03.2024]

2.3 Verbindung zwischen den Zählen

Die Verbindung zwischen den Zellen in einer Batterie kann auf verschiedene Weisen hergestellt werden, wobei die gängigsten Methoden das Punktzuschweißen, das Löten und das Verschrauben sind. Jede Methode hat ihre eigenen Vor- und Nachteile, und die Auswahl hängt von den spezifischen Anforderungen des Batteriedesigns ab.

Beim Punktzuschweißen werden dünnere Drähte oder Metallstreifen direkt an bestimmte Punkte auf den Batteriezellen geschweißt. Dies geschieht durch kurze elektrische Impulse, die einen Punkt auf der Zelle schmelzen und den Draht oder Streifen daran befestigen.

Beim Löten wird ein Lötzinn verwendet, um die Verbindungen zwischen den Zellen und den Verbindungselementen herzustellen. Dies kann mit einem Lötkolben erfolgen, der das Lötzinn schmilzt und es an Ort und Stelle hält, wenn es abkühlt.

Diese Methode beinhaltet das Anbringen von Metallfassungen an den Enden der Batteriezellen, die dann miteinander verschraubt werden. Die Fassungen dienen als Anschlusspunkte für die Verbindungselemente.

2.3.1 Löten vs. Punktscheißen

Die Wahl der geeigneten Methode zur Verbindung von Batteriezellen ist entscheidend für die Leistung, Sicherheit und Mobilität eines E-Bike-Batteriesystems. Angesichts der spezifischen Anforderungen und Einschränkungen wurde die Entscheidung getroffen, nur Löten und Punktschweißen in Betracht zu ziehen, wobei die Methode der mechanischen Verbindung mit Fassungen ausgeschlossen wurde.

Die Methode der mechanischen Verbindung mit Fassungen wurde aus mehreren Gründen ausgeschlossen. Die schwere und kostspielige Natur dieser Methode erwies sich als unpraktisch für die Anzahl der Zellen in einer E-Bike-Batterie. Darüber hinaus war die mobile Verwendung des E-Bikes ein entscheidender Faktor, und eine zu komplexe mechanische Verbindung hätte die Tragbarkeit des Systems erheblich beeinträchtigt.^{2.3}

Nach Ausschluss der mechanischen Verbindung blieben Löten und Punktschweißen als die beiden geeigneten Optionen für die Verbindung der Batteriezellen. Obwohl beide Methoden ihre Vor- und Nachteile haben, wurde eine fundierte Entscheidung getroffen, um den spezifischen Anforderungen gerecht zu werden.^{2.4}

Löten ist die kosteneffizientere Option mit dem geringern Beschaffungsaufwand, da es weniger spezielle Ausrüstung erfordert und leichter zugänglich ist. Die Einfachheit des Lötens ermöglichte eine effiziente Materialbeschaffung und eine schnellere Umsetzung. Obwohl Löten die Batterie durch die Wärmeentwicklung belasten kann und sie weniger stabil ist. Diese Vermutung muss durch einen Test geprüft werden, da die andere Option nicht ohne weiters zugänglich ist.^{2.5}

Das Punktgeschweißt werden der Batteriezellen wurde als bevorzugte Methode ausgewählt, da Löten aufgrund seiner Instabilität und des erhöhten Platzbedarfs mechanisch weniger praktikabel

Abbildung 2.3: Fassung für 18650 Batterie[**02.03.2024**]Abbildung 2.4: Punktgeschweißte Verbindung[**LorenzScherrer.02.03.2024**]

war. Die Auswahl der geeigneten Verbindungs methode für Batteriezellen ist von entscheidender Bedeutung für Leistung, Sicherheit und Mobilität eines E-Bike-Batteriesystems. Angesichts der spezifischen Anforderungen und Einschränkungen erwies sich das Punktgeschweißt werden als die effizienteste Lösung, während die mechanische Verbindung mit Fassungen aus mehreren Gründen ausgeschlossen wurde. Die komplexe Natur und der hohe Platzbedarf der mechanischen Verbindung wären unpraktisch für die Anzahl der Zellen gewesen und hätten die Tragbarkeit des Systems beeinträchtigt. Nachdem die mechanische Verbindung ausgeschlossen war, blieben Löten und Punktschweißen als die beiden geeigneten Optionen für die Verbindung der Batteriezellen. Löten erwies sich als kosteneffizienter, erforderte jedoch einen Test, um die Stabilität zu bestätigen. Punktschweißen hingegen bot eine Standardlösung mit hoher Stabilität und geringerer Wärmeentwicklung auf den Batterien. Insgesamt wurde das Punktgeschweißt werden aufgrund seiner Effizienz und Zuverlässigkeit als bevorzugte Methode für die Verbindung der Batteriezellen für das E-Bike-Batteriesystem gewählt.



Abbildung 2.5: Verbindung Löten[LorenzScherrer.02.03.2024]

2.4 Punktschweißgerät

Das Punktschweißen ist ein gängiges Widerstandsschweißverfahren, das zur Verbindung von einem Blech und einer Zelle ohne den Einsatz von Zusatzwerkstoffen verwendet wird. Dabei werden die zu verbindenden Werkstücke durch die Erzeugung von Wärme an der Kontaktstelle verschmolzen und zu einer festen Verbindung vereint. Das Funktionsprinzip des Punktschweißens beruht auf der Nutzung elektrischen Stroms, um die erforderliche Wärmeenergie zu erzeugen und die Werkstücke zu verbinden.

2.4.1 Funktionsweise des Punktschweißens

1. **Ausrichtung der Werkstücke:** Zunächst werden die zu schweißenden Bleche präzise zueinander ausgerichtet, da eine nachträgliche Korrektur schwierig ist.
2. **Anbringen und Aufpressen der Elektroden:** Zwei Elektroden, typischerweise aus Kupferlegierungen, werden auf die Oberflächen der Bleche aufgebracht und miteinander gepresst. Die Elektroden dienen dazu, den elektrischen Strom in die Schweißstelle zu leiten.
3. **Erhitzung und Verflüssigung:** Durch den elektrischen Strom, der zwischen den Elektroden fließt, entsteht an der Kontaktstelle der Bleche Wärme. Diese führt dazu, dass das Material lokal schmilzt und die Bleche miteinander verschweißt werden.
4. **Abkühlung und Erstarrung:** Nach Abschalten des Stroms erstarrt das geschmolzene Material und bildet eine feste Verbindung zwischen den Blechen. Der Druck der Elektroden wird während dieses Prozesses aufrechterhalten.

2.4.2 Erforderlicher Strom für das Punktschweißen

Der für das Punktschweißen benötigte Strom hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Materialien der Werkstücke, ihre Dicke und die gewünschte Schweißqualität. Typischerweise liegt die erforderliche Stromstärke im Bereich von mehreren Hundert bis Tausend Ampere.

Die hohe Stromstärke ist notwendig, um ausreichend Wärmeenergie an der Schweißstelle zu erzeugen und die Bleche lokal aufzuschmelzen. Niedrigere Ströme würden nicht genügend Wärme erzeugen, um die erforderliche Schmelztemperatur zu erreichen.

Insgesamt ist das Punktschweißen ein effizientes Verfahren zur Herstellung von festen Verbindungen zwischen Blechen. Es erfordert einen geeigneten elektrischen Strom, um die erforderliche Wärmeenergie zu erzeugen und die Werkstücke erfolgreich zu verschweißen.

Transformator

Ein Transformator wird beim Punktschweißen verwendet, um die erforderliche Stromstärke und Spannung für den Schweißprozess bereitzustellen.

Ein Transformator ist ein elektrisches Gerät, das verwendet wird, um die Spannung von Wechselstrom (AC) zu ändern. Es besteht aus zwei Spulen, die eng miteinander gekoppelt sind, aber elektrisch isoliert voneinander sind. Diese Spulen sind als Primär- und Sekundärwicklung bekannt.

Das Funktionsprinzip eines Transformatoren basiert auf elektromagnetischer Induktion. Wenn Wechselstrom durch die Primärwicklung fließt, erzeugt er ein wechselndes Magnetfeld um die Spule herum. Dieses Magnetfeld induziert eine Spannung in der Sekundärwicklung gemäß den Prinzipien der elektromagnetischen Induktion von Faraday.

Die Verhältnisse der Windungen in der Primär- und Sekundärwicklung bestimmen die resultierende Spannungsumwandlung. Wenn die Anzahl der Windungen in der Sekundärwicklung größer ist als die in der Primärwicklung, wird die Spannung im Verhältnis erhöht (Step-Up-Transformator). Wenn die Anzahl der Windungen in der Sekundärwicklung kleiner ist als die in der Primärwicklung, wird die Spannung im Verhältnis reduziert (Step-Down-Transformator).

Ein Mirkowelen-Transformator eignet sich sehr gut für den Bau eines Punktschweißgeräts.

Um herauszufinden, wie der sekundäre Block gewickelt werden muss, kann die Transformatorformel verwendet werden. 2.8

Transformator Formel:

$$\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad (2.5)$$

$$\frac{U_s}{U_p} \cdot N_p = N_s \quad (2.6)$$

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \quad (2.7)$$

$$\frac{I_p}{I_s} \cdot N_p = N_s = \frac{16A}{800A} \cdot 224 \approx 4.48 \quad (2.8)$$

U_p : Spannung am primären Block

U_s : Spannung am sekundären Block $\approx 4V$

I_p : Stromstärke am primären Block = 16A

I_s : Stromstärke am sekundären Block

N_p : Wicklungen primären Block = $16 \cdot 14 = 224$

N_s : Wicklungen sekundären Block

Jetzt muss der sekundäre Block entfernt werden um hin neu zu wickeln. 2.8

Der Block muss auf einer Seite mit einer Stahlsäge durchtrennt werden und dann heraus geschlagen werden.

2.5 Konstruktion der Batterie

Es wurde beschlossen, die Zellen mit doppelseitigem Klebeband anstatt mit Heißkleber zu verbinden.

Anschließend wurden alle Zellen punktverschweißt, sowohl in Reihe als auch parallel geschaltet. Die Anschlüsse des Batteriemanagementsystems (BMS) wurden gemäß dem Blockschaltbild 1 an die jeweilige Zellreihe angeschlossen. Nach Abschluss dieser Schritte wurde das Batteriepack mit einer Umwicklung aus Katonasch und Kaptonband isoliert. Diese Maßnahme diente dazu, die Zellen vor äußeren Einflüssen zu schützen und potenzielle Kurzschlüsse zu vermeiden. Nach der Isolierung konnte das Batteriepack erfolgreich mit einem Ladegerät geladen werden.

Kapitel 3

Controller

Ein entscheidender Schritt bei der Herstellung eines maßgeschneiderten E-Bikes besteht darin, den Controller des Motors zu programmieren, um die Leistungsparameter anzupassen und die Fahrerfahrung zu optimieren. Diese Anpassungen können sowohl die Geschwindigkeit als auch die Effizienz des E-Bikes beeinflussen.

Es bietet sich die Möglichkeit, Open-Source-Software zu verwenden oder neue Features hinzuzufügen, um den Controller nach den eigenen Wünschen zu gestalten. Hier sind einige Ressourcen, die Ihnen bei der Programmierung Ihres Controllers behilflich sein können:

1. Open-Source-Firmware für SxxS-Ktxx-Controller: Eine Möglichkeit, den Controller zu programmieren, besteht darin, auf Open-Source-Firmware zurückzugreifen. Diese Firmware bietet die Flexibilität, die Funktionen des Controllers anzupassen und neue Parameter einzustellen. Das Pedelecforum bietet eine umfassende Ressource zur Verfügung, die Sie bei der Anpassung Ihrer Controller-Firmware unterstützt. Hier finden Sie weitere Informationen.
2. GitHub Repository für BMSBattery S-Controller Firmware: Eine weitere wertvolle Quelle ist das GitHub-Repository für die Firmware der BMSBattery S-Controller. Dieses Repository bietet eine Community-gesteuerte Plattform, auf der Sie auf bereits entwickelte Software zurückgreifen oder eigene Anpassungen vornehmen können.

Die Programmierung des Controllers eröffnet Ihnen die Möglichkeit, die Leistungsparameter Ihres E-Bike-Motors individuell anzupassen, sei es für eine höhere Geschwindigkeit, eine längere Reichweite oder eine bessere Steuerung. Es ist jedoch wichtig, dies mit Vorsicht zu tun, um die Sicherheit und Stabilität des E-Bikes nicht zu gefährden.

3.1 Wahl des Controllers

Vergleich des alten Controller und neuen Controller.

3.2 Installation des Controllers

Kapitel 4

Steuergerät

Ein unverzichtbarer Bestandteil des E-Bike-Systems ist das Steuergerät, das die verschiedenen Betriebsmodi des Controllers steuert. Dieses Steuergerät ermöglicht es dem Fahrer, die Einstellungen und Leistungsparameter des E-Bikes je nach Bedarf anzupassen.

Die Umsetzung des Steuergeräts kann auf verschiedene Arten erfolgen:

1. Einfacher Schalter: Eine Möglichkeit besteht darin, einen einfachen Schalter zu verwenden, der dem Fahrer die Wahl zwischen verschiedenen Modi bietet. Dieser Schalter kann beispielsweise zwischen den Modi für unterschiedliche Geschwindigkeitsstufen oder Leistungsniveaus umschalten.
2. Anpassbares Display: Alternativ kann ein anpassbares Display integriert werden, das dem Fahrer eine visuelle Schnittstelle zur Steuerung des E-Bikes bietet. Mit einem solchen Display kann der Fahrer nicht nur zwischen verschiedenen Modi wählen, sondern auch Informationen wie Geschwindigkeit, Batterieladung und Fahrstrecke anzeigen.

Die Wahl zwischen einem einfachen Schalter und einem anpassbaren Display hängt von den individuellen Anforderungen und Präferenzen ab. Ein einfacher Schalter bietet eine unkomplizierte Bedienung, während ein Display zusätzliche Informationen und Anpassungsoptionen bietet.

Das Steuergerät spielt eine entscheidende Rolle dabei, die E-Bike-Fahrerfahrung anzupassen und zu personalisieren. In den folgenden Abschnitten werden wir uns mit weiteren Aspekten des E-Bike-Baus beschäftigen, einschließlich der Anpassung der Gangschaltung und der Vorbereitung des Fahrrads für die erhöhte Kraftauswirkung der elektrischen Unterstützung.

4.1 Wahl des Steuergeräts

Zwei steuergerät welche funktionen haben sie?

Welches ist besser?

4.2 Programmierung des Steuergeräts

Kann man die Geschwindigkeit mit dem Steuergerät verwenden?

Welche Sensoren gibt es?

Welche

Kapitel 5

Motor

In Bezug auf die Kraftübertragung werde ich einen Torque Arm einsetzen, um sicherzustellen, dass die Kräfte angemessen verteilt werden.

- Welcher Motor sollte gewählt werden?
- Welche Ausmaße hat der Motor?
- Passt der Motor an Fahrrad?
- Wie viel Watt sollte der Motor haben?
- Wo sollte der Motor sitzt?

Ausmaße des eines möglichen Motors:

- rotating thread freewheel
- 135-142mm frame dropout
- Inner Diameter 559mm
- Outer Diameter 572mm
- Compatible Tire 26*1.75 - 26*2.25

5.1 Arten von Fahrradmotoren

E-Bikes verwenden drei Hauptarten von Motoren. Der Mittelmotor befindet sich im Bereich des Tretlagers und bietet eine ausgeglichene Gewichtsverteilung, ein natürlicheres Fahrgefühl und eine effiziente Kraftübertragung durch die Mitte des Rahmens. Im Gegensatz dazu ist der Hecknabenmotor im Hinterrad integriert und ermöglicht eine einfache Installation, kann jedoch das zusätzliche Gewicht die Fahrstabilität beeinträchtigen. Der Frontnabenmotor befindet sich im Vorderrad und bietet ebenfalls eine einfache Installation, aber ein erhöhtes Lenkerdrehmoment kann das Lenkverhalten beeinflussen. Die Wahl des Motors hängt von den individuellen Vorlieben des Fahrers und den Fahrerfordernungen ab.



Abbildung 5.1: Motorenarten [E-Bike Motoren – Die E-Bike Motorarten im Überblick o. D.]

Mittelmotor

Ein Mittelmotor bei einem E-Bike befindet sich im Bereich des Tretlagers, also dort, wo üblicherweise auch die Kurbelgarnitur sitzt. Im Gegensatz zu einem Heckmotor, der sich im Hinterrad befindet, oder einem Frontmotor, der sich im Vorderrad befindet, bietet ein Mittelmotor einige Vorteile:

Der Mittelmotor zeichnet sich durch eine ausgeglichene Gewichtsverteilung aus, da er sich im Bereich des Tretlagers befindet. Dadurch befindet sich der Schwerpunkt des Fahrrads näher am Boden, was zu einer besseren Fahrstabilität führt. Dieses Merkmal ist besonders vorteilhaft beim Fahren auf unebenem Gelände oder in Kurven. Zudem bietet der Mittelmotor ein natürlicheres Fahrgefühl, da er das Treten ähnlich wie ein herkömmliches Fahrrad unterstützt.

Ein weiterer Vorteil des Mittelmotors liegt in seiner Effizienz. Durch die direkte Übertragung der Kraft auf das Antriebsritzel kann der Motor den Gangwechsel des Fahrers besser nutzen. Dadurch wird die verfügbare Energie effizienter genutzt, was zu einer längeren Reichweite pro Akkuladung führen kann. Schließlich trägt die zentrale Position des Motors im Rahmen zu einer besseren Gewichtsverteilung bei. Im Vergleich zu einem Heckmotor, der das Gewicht eher auf der hinteren Seite des Fahrrads platziert, hilft der Mittelmotor dabei, das Fahrrad weniger unausgewogen zu machen und eine angenehmere Fahrt zu ermöglichen.

Ein Nachteil des Mittelmotors ist, dass der Verschleiß an den Ritzeln und der Kassette höher sein kann als bei anderen Antriebssystemen. Dies liegt daran, dass der Motor direkt auf das Antriebsritzel wirkt und somit eine erhöhte Belastung auf die Zahnräder ausübt. Insbesondere bei intensiver Nutzung und häufigen Schaltvorgängen kann dies zu einem schnelleren Verschleiß führen. Es ist daher ratsam, regelmäßige Wartung durchzuführen und verschlissene Teile rechtzeitig auszutauschen, um die Lebensdauer des Antriebssystems zu maximieren und eine optimale Leistung zu gewährleisten.

Die Funktionsweise des Mittelmotors besteht darin, dass er die durch das Treten erzeugte Kraft des Fahrers verstärkt, indem er sie durch das Antriebsritzel auf das Hinterrad überträgt. Dies geschieht normalerweise über ein System aus Zahnrädern und einer Kette oder einem Riemen.

Der Motor wird von der Energie aus einem Akku gespeist, der am Fahrrad angebracht ist und über einen Steuerungselektronik mit dem Motor verbunden ist. Diese Elektronik regelt unter anderem die Leistung des Motors und kann oft auch verschiedene Fahrmodi und Assistenzniveaus bieten.



Abbildung 5.2: Mittelmotor [*Mittelmotor nachrüsten: Fahrrad zum Elektrofahrrad umbauen / Pedelec & E-Bike Umbausätze: Warum sich Nachrüsten lohnt! / ebike-solutions.com o. D.*]

Radnarbenmotor

Der Nabennmotor ist in der Nabe des Hinterrads integriert und treibt dieses direkt an, wodurch die Kraftübertragung ohne Verluste direkt vom Motor auf das Laufrad erfolgt. Ein Drehmomentssensor misst die Tretleistung des Fahrers und steuert die Motorunterstützung entsprechend.

Die Vorteile des Nabennmotors liegen im leisen Betrieb mit geringer Geräuschentwicklung, der Möglichkeit der Rekuperation zur Reichweiteröhöhung, der unauffälligen Integration in die Fahrradoptik und dem einfachen Einbau ohne spezielle Rahmenauslegung.

Jedoch weist der Nabennmotor auch einige Nachteile auf, wie eine ungünstige Gewichtsverteilung mit dem Schwerpunkt am Hinterrad, die Inkompatibilität mit Nabenschaltungen (nur Kettenschaltung möglich), die Tendenz zum Durchdrehen des Vorderrads bei Steigungen und Nässe, einen höheren Tretwiderstand durch das Getriebe im Hinterrad, problematischen Reifenwechsel durch integrierte Verkabelung und die Möglichkeit älterer Systeme, bei Dauerbelastung zu überhitzen.

Zusammengefasst bietet der Nabennmotor einen leisen Betrieb und Rekuperation, hat aber Nachteile bei der Gewichtsverteilung, Schaltungskompatibilität und Lenkung, vor allem bei anspruchsvollem Gelände.

Die Entscheidung für einen Nabennmotor basiert auf mehreren überzeugenden Argumenten. Zunächst einmal ist die Installation eines Nabennmotors im Vergleich zu anderen Antriebssystemen, wie beispielsweise einem Mittelmotor, deutlich einfacher. Da der Motor direkt in der Nabe des Rades integriert ist, erfordert seine Installation keine speziellen Rahmenanpassungen oder komplexe Montageprozesse. Dies macht den Einbau sowohl für Hersteller als auch für Endbenutzer unkompliziert und kostengünstig.

Ein weiterer Vorteil des Nabennmotors liegt in seiner dezenteren Integration in das Design des



Abbildung 5.3: Radnabenmotor[LORENZ SCHERRER 2023]

Fahrrads. Da der Motor im Inneren der Nabe verborgen ist, ist er für Außenstehende weniger sichtbar und beeinträchtigt nicht das ästhetische Erscheinungsbild des Fahrrads. Diese unauffällige Integration kann besonders für Fahrer wichtig sein, die ein elegantes und minimalistisches Design bevorzugen.

Darüber hinaus weist der Nabennmotor tendenziell einen geringeren Verschleiß auf als andere Antriebssysteme. Da die Kraftübertragung direkt vom Motor auf das Laufrad erfolgt, gibt es weniger bewegliche Teile und somit weniger Anfälligkeit für Verschleißerscheinungen. Dies führt zu einer längeren Lebensdauer des Antriebssystems und reduzierten Wartungskosten für den Fahrer.

Schließlich bietet der Nabennmotor ein großes Potenzial für Leistung. Durch die direkte Kraftübertragung auf das Laufrad und die Möglichkeit einer hohen Drehmomententwicklung kann der Nabennmotor beeindruckende Leistungen erbringen, insbesondere im Hinblick auf Beschleunigung und Bewältigung von Steigungen. Diese Leistungsstärke macht den Nabennmotor

zu einer attraktiven Option für Fahrer, die hohe Leistung und Effizienz von ihrem E-Bike erwarten.

Insgesamt bietet der Nabennmotor eine Reihe von überzeugenden Vorteilen, darunter eine einfache Installation, dezente Integration, geringeren Verschleiß und beeindruckende Leistungsfähigkeit. Diese Argumente machen ihn zu einer attraktiven Wahl für diejenigen, die nach einem zuverlässigen und leistungsstarken Antriebssystem für ihr E-Bike suchen.

Funktionsweise eines Bürstenlosen Gleichstrommotors

Bei dem Radnabenmotoren handelt es sich um einen Bürstenlosen Gleichstrommotor. Die Motor wandeln elektrische Energie in meschanische um.

Bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC-Motoren) gehören zu den effizientesten und leistungsstärksten Antriebslösungen in der heutigen Industrie. Sie bestehen aus einem Rotor und einem Stator, wobei der Stator die feststehende Komponente und der Rotor die sich drehende ist. Links ist der Rotor zusehen und recht der Stator 5.4

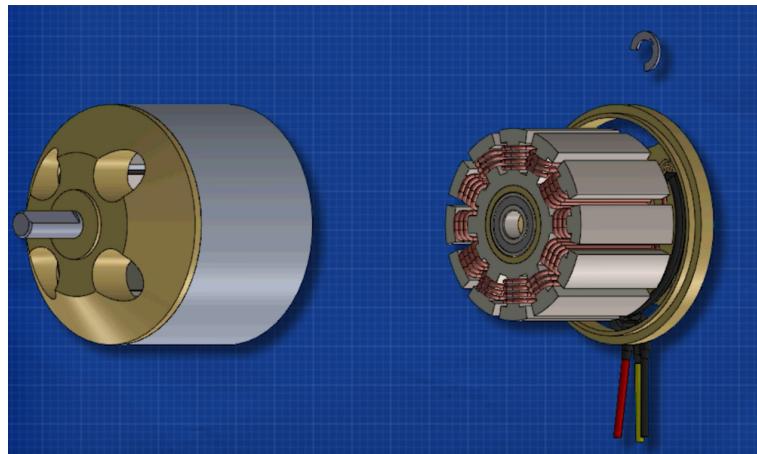


Abbildung 5.4: Rotor und Stator [INGENIEURSMENTALITÄT 2022]

Die Zähne des Stators sind die hervorstehenden Teile des Statorblechs, die dazu dienen, die Spulen zu umgeben und zu führen. Sie sind strategisch angeordnet, um ein magnetisches Feld zu erzeugen, das den Rotor antreibt. 5.4

Die Spulen im Stator sind für die Erzeugung des magnetischen Feldes verantwortlich, das den Rotor antreibt. Sie sind in drei Phasengruppen unterteilt: U, V und W. Diese Phasengruppen sind jeweils um 120 Grad versetzt, um ein gleichmäßiges Drehmoment zu erzeugen.

Die benachbarten Spulen sind in verschiedene Richtungen gewickelt, um sicherzustellen, dass sich das magnetische Feld gleichmäßig um den Rotor verteilt und somit ein reibungloser Betrieb gewährleistet ist. Diese Wickeltechnik wird auch als dlrk-Wicklung bezeichnet 5.5.

Die Permanentmagnete am Rotor sind so angebracht, dass sie eine feste und starke magnetische Kraft erzeugen. Sie sind in einer bestimmten Anordnung platziert, um ein optimales magnetisches Feld zu erzeugen und somit eine effiziente Drehbewegung zu ermöglichen.

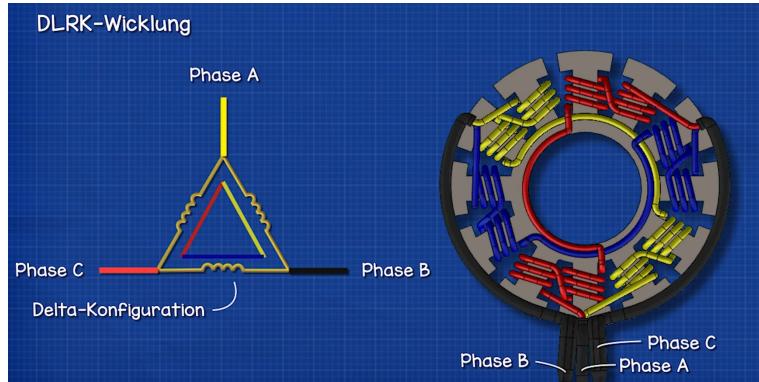


Abbildung 5.5: DLRK-Wicklung[INGENIEURSMENTALITÄT 2022]

Die Anzahl der Magneten und Spulen kann variieren, um sicherzustellen, dass sich diese nicht ausrichten und somit das gewünschte Drehmoment erzeugt wird. Durch diese Unterschiede in der Anordnung wird eine gleichmäßige und stabile Leistung des Motors gewährleistet.

5.1.1 Energierückgewinnung

Radnarbenmotoren bieten einen weiteren Vorteil: die Stromrückgewinnung. Durch ihre Konstruktion ermöglichen sie es, kinetische Energie während des Bremsens in elektrische Energie umzuwandeln. Dies geschieht, indem der Motor als Generator fungiert.

Der BLDC-Motor, der in Radnarbenmotoren verwendet wird, kann seine Rolle ändern und als Generator arbeiten, wenn er dem Drehmoment entgegenwirkt. Bei dieser Umkehrung des Betriebsmodus des Motors wird die mechanische Energie des rotierenden Rades in elektrische Energie umgewandelt, die dann in einer Batterie gespeichert oder direkt verwendet werden kann. Diese Stromrückgewinnungsfunktion ist besonders nützlich in Anwendungen, in denen häufiges Bremsen oder Abbremsen erforderlich ist, wie zum Beispiel bei Elektrofahrrädern. Sie trägt nicht nur zur Verbesserung der Energieeffizienz bei, sondern kann auch die Reichweite des Fahrzeugs erhöhen und die Lebensdauer der Bremsen verlängern, da weniger mechanische Bremsen verwendet werden müssen. Zudem vergessert sie den Bremsweg des E-bikes.

5.2 Position des Motors

Die Wahl zwischen einem Vorderrad- oder Hinterradmotor bei einem E-Bike hängt von verschiedenen Faktoren ab, die sowohl die Leistung als auch das Fahrverhalten des Fahrrads beeinflussen können. Beginnen wir mit dem Vorderradmotor: Ein klarer Vorteil liegt in der schnellen Umsetzbarkeit des Umbaus. Die Installation gestaltet sich vergleichsweise einfach, da der Motor direkt in die Nabe des Vorderrads integriert wird. Dies ermöglicht eine rasche Anpassung von herkömmlichen Fahrrädern zu E-Bikes.

Jedoch weist der Vorderradmotor einige Nachteile auf. Aufgrund der direkten Kraftübertragung auf das Vorderrad kommt es schnell zum Durchdrehen, insbesondere auf rutschigem Untergrund oder bei Steigungen. Dies beeinträchtigt das Fahrverhalten und die Traktion des Vorderrads negativ. Darüber hinaus ist die Gewichtsverteilung problematisch, da ein Großteil

des zusätzlichen Gewichts durch den Motor vorne am Fahrrad konzentriert ist. Dies kann zu einem ungleichmäßigen Fahrgefühl führen, insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten oder in Kurven.

Um diese potenziellen Probleme zu untersuchen, wurden zwei Experimente durchgeführt. Diese Experimente zielen darauf ab, das Durchdrehen des Vorderrads unter verschiedenen Bedingungen zu untersuchen und die Auswirkungen auf das Fahrverhalten zu bewerten. Die Ergebnisse dieser Experimente liefern wertvolle Erkenntnisse für die Entscheidungsfindung bei der Wahl des Motors.

Auf der anderen Seite steht der Hinterradmotor, der seine eigenen Vor- und Nachteile bietet. Einer der offensichtlichen Nachteile ist die komplexere Installation im Vergleich zum Vorderradmotor. Da der Motor in die Nabe des Hinterrads integriert wird, erfordert die Installation möglicherweise spezielle Anpassungen des Rahmens und der Verkabelung. Dies kann zu einem längeren Installationsprozess führen und zusätzliche Kosten verursachen.

Darüber hinaus kann der Hinterradmotor die Kompatibilität mit Nabenschaltungen einschränken, da die meisten Hinterradmotoren nur mit Kettenschaltungen kompatibel sind. Dies kann die Auswahl an verfügbaren Schaltungs- und Gangoptionen für den Fahrer begrenzen. Zudem kann der Einbau des Motors zu einem höheren Tretwiderstand führen, da das Getriebe im Hinterrad zusätzlichen Widerstand erzeugen kann.

Trotz dieser Nachteile bietet der Hinterradmotor auch einige wichtige Vorteile. Die Gewichtsverteilung ist oft besser ausgeglichen als beim Vorderradmotor, da sich der Motor im hinteren Teil des Fahrrads befindet. Dies kann zu einem stabileren Fahrverhalten beitragen, insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten oder in Kurven. Darüber hinaus ermöglicht die Integration des Motors in das Hinterrad eine unauffälligere Optik, da der Motor weniger sichtbar ist und das ästhetische Erscheinungsbild des Fahrrads weniger beeinträchtigt wird.

Die Entscheidung für einen Hinterradmotor wurde letztendlich aufgrund dieser verschiedenen Faktoren und den Ergebnissen der zwei Experimente getroffen. Trotz der komplexeren Installation bietet der Hinterradmotor eine bessere Gewichtsverteilung, eine stabilere Fahrdynamik und eine unauffälligere Optik, was ihn zu einer attraktiven Option für viele Fahrradfahrer macht.

5.3 Lesitung des Motors

Die Entscheidung über die Motorleistung für den Bau eines E-Bikes ist ein wichtiger Schritt, der sorgfältige Überlegungen erfordert. Dabei müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden, um die optimale Leistung zu bestimmen. In diesem wissenschaftlichen Text argumentiere ich dafür, dass die Motorleistung aufgrund bestimmter Kriterien auf einen höheren Wert festgelegt werden sollte, jedoch nicht so hoch, dass sie Schäden am Fahrzeug verursacht.

Zunächst ist es wichtig zu erwähnen, dass das E-Bike nicht in seiner vorgefertigten Form gekauft werden kann, was bedeutet, dass der Motor separat erworben werden muss. Dies eröffnet verschiedene Möglichkeiten für den Erwerb und die Installation des Motors. Eine Möglichkeit besteht darin, einen Motor zu kaufen, an dem bereits Speichen und Felge angebracht sind, während eine andere Möglichkeit darin besteht, nur den Motor zu erwerben und Speichen sowie Felge selbst anzubringen. Beide Optionen haben ihre Vor- und Nachteile.

Beim selbstständigen Anbringen von Speichen und Felge ist die Entscheidungsfreiheit hinsichtlich des Motors flexibler. Allerdings geht dies mit zusätzlichem Arbeitsaufwand einher und birgt

das Risiko, dass die Zusammenstellung möglicherweise nicht in der Lage ist, die auf den Motor ausgeübte Kraft zu bewältigen. Im Gegensatz dazu kann bei einem vollständigen Motor mit Speichen und Felge davon ausgegangen werden, dass die Zusammenstellung die Kraftauswirkung aushält.

Nachdem diese Kriterien definiert wurden, wurde eine Marktanalyse durchgeführt, um festzustellen, welche Optionen verfügbar sind. Basierend auf den identifizierten Anforderungen und den verfügbaren Optionen wurde die Entscheidung getroffen, einen 1500 Watt-Motor zu verwenden. Diese Leistungseinstellung ermöglicht eine angemessene Motorleistung für das E-Bike, ohne dabei die Strukturintegrität des Fahrzeugs zu gefährden. Durch die Verwendung eines Motors mit dieser Leistung kann eine ausreichende Unterstützung für das E-Bike gewährleistet werden, während gleichzeitig potenzielle Schäden vermieden werden.

5.4 Reichweite

Reichweite berechnen

Es muss noch ein experiment gemacht werden

Kapitel 6

Schaltung

- Kassete
- Kettenblatt
- Umwerf ritzel
- Schaltrolle
- neue Kette

Es muss die Kaefiggröße bestimmt werden wahrscheinlich ist es kleinss

Kapitel 7

Konstruktion

7.1 Position der Batterie

7.2 Position des Controllers

7.3 Anbringen des Motors

TroqueArm

Anhang

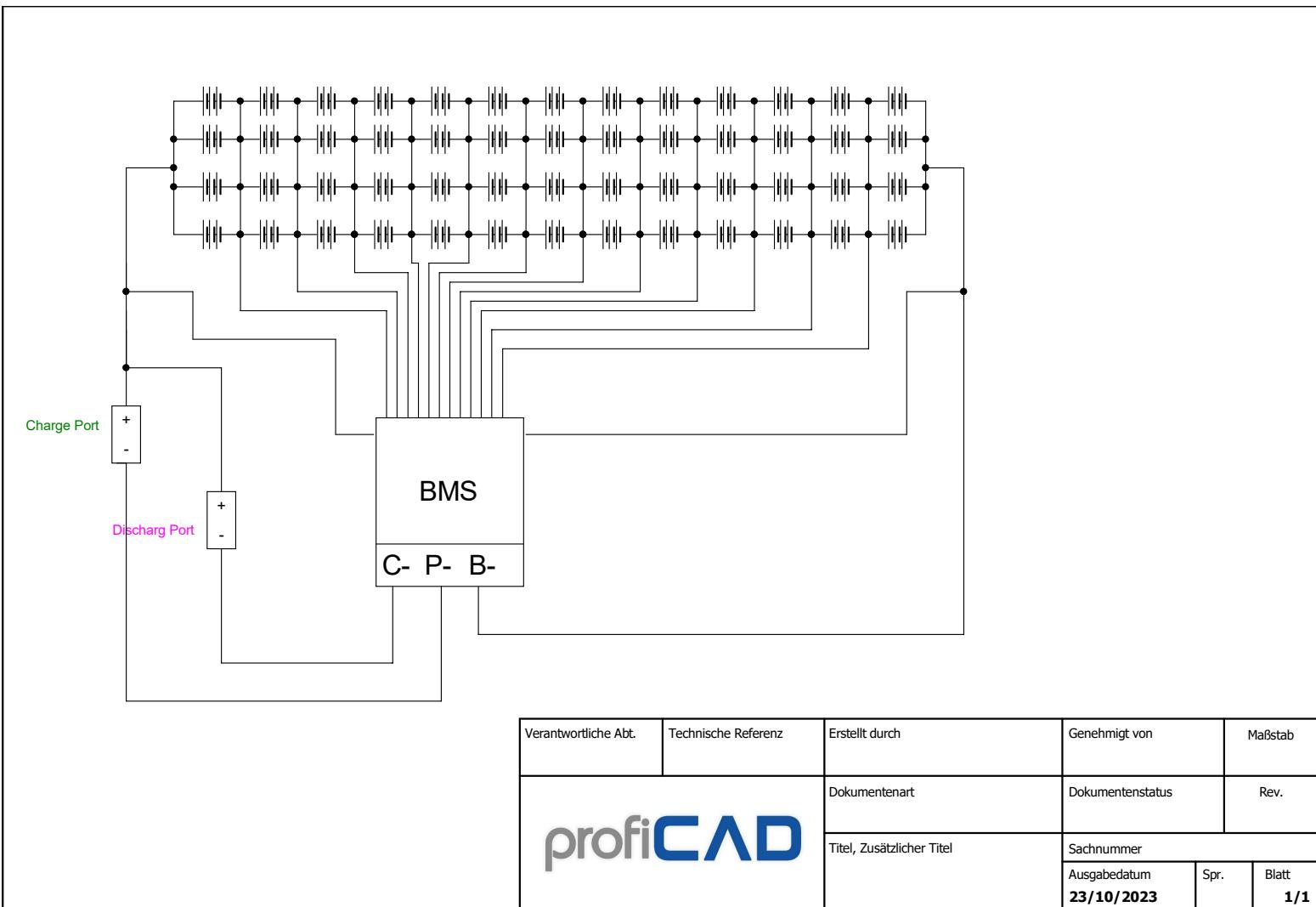


Abbildung 1: Schaltplan[LorenzScherrer.02.03.2024]

Literatur

E-Bike Motoren – Die E-Bike Motorarten im Überblick [o. D.] Die Fahrradschmiede. URL: <https://fahrradschmiede.de/bikes/e-bike-motoren-die-motorarten-im-ueberblick/> [besucht am 05.04.2024] [siehe S. 18].

INGENIEURSMENTALITÄT [5. Jan. 2022]. *Bürstenloser Gleichstrommotor*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kqcFiTrMz4Q> [besucht am 10.04.2024] [siehe S. 21, 22].

LORENZ SCHERRER [5. Nov. 2023]. *Selbst Experiment* [siehe S. 20].

Mittelmotor nachrüsten: Fahrrad zum Elektrofahrrad umbauen / Pedelec & E-Bike Umbausätze: Warum sich Nachrüsten lohnt! / ebike-solutions.com [o. D.] URL: <https://www.ebike-solutions.com/de/bafang-mittelmotor.html> [besucht am 05.04.2024] [siehe S. 19].