



# 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

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Batterie</b>	<b>4</b>
2.1	Zellen . . . . .	4
2.1.1	Art der Zellen . . . . .	5
2.1.2	Wahl der Marke . . . . .	6
2.2	Batterie Management System . . . . .	7
2.3	Verbindung zwischen den Zählen . . . . .	7
2.3.1	Löten vs. Punktschweißen . . . . .	7
2.4	Punktschweißgerät . . . . .	7
2.5	Konstruktion der Batterie . . . . .	7
2.5.1	Wahl des Anschlusses . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Controller programmieren</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Steuergerät programmieren</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Motor</b>	<b>10</b>
5.1	Arten von Fahrradmotoren . . . . .	10
5.2	Position des Motors . . . . .	10
5.3	Lesitung des Motors . . . . .	10
5.4	Energierückgewinnung . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Schaltung</b>	<b>11</b>
	<b>Anhang</b>	<b>12</b>
	<b>Index</b>	<b>12</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>12</b>

[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-ab2399d2384b&\\_t=tpb\\_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](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-ab2399d2384b&_t=tpb_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=9lb35EEUok2K](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=9lb35EEUok2K)

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&terminal\\_id=fe73039276964fd487498d65dbe7c436&afSmartRedirect=y](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&terminal_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&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9041876&hvtargid=pla-1978608447255&th=1&gclid=Cj0KCQjw7J0pBhCfARIsAL3boLdZ3d-o-J5DNsq86iPL5Sy2MpaLXXU81\\_64ypCntZLyFj-ZCQaAkziEALw\\_wcB](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&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9041876&hvtargid=pla-1978608447255&th=1&gclid=Cj0KCQjw7J0pBhCfARIsAL3boLdZ3d-o-J5DNsq86iPL5Sy2MpaLXXU81_64ypCntZLyFj-ZCQaAkziEALw_wcB)

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.

Desweiteren 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<sup>2.1</sup>:

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

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. Dies ist besonders wichtig, um mögliche Gefahren wie Leckagen oder mechanische Schäden zu vermeiden.

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 wird, 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 12/13/2021]

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.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Energieeffizienz und Wärmeentwicklung. Die größere Oberfläche der 21700-Zellen trägt zu einer effizienteren Wärmeableitung bei, was insbesondere in Hochleistungsanwendungen wie E-Bikes von Vorteil ist. Eine verbesserte Wärmeableitung kann die Lebensdauer der Batterie verlängern und eine konstante Leistung unter anspruchsvollen Bedingungen gewährleisten.

Zusätzlich sollten technologische Fortschritte berücksichtigt werden. Die spätere Einführung der 21700-Zellen ermöglichte möglicherweise die Integration neuerer Technologien, die sich positiv auf Leistung, Sicherheit und Zuverlässigkeit auswirken. Obwohl 18650-Zellen etabliert und bewährt sind, könnten die neueren 21700-Zellen von Fortschritten in der Batterietechnologie profitieren.

Insgesamt legt die wissenschaftliche Analyse nahe, 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 Amperer 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 geeignetere 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 mehrer Parallel geschaltet werden um eine erhöhte Kapazität zu erreichen einher geht auch das genug leistung von der Batterie geleistet werden kann. Es werden 13 in Reihengeschaltet um 48 Volt zu erreichen, 5 parallel für eine Kapazität von 20 Amperestunden und einen maximalen Entlade-



strom von 60 Ampher. Hier ist die Berechnung: 2.4. Die Begründung warum genau fünf parallel geschaltet werden findet man hier:2

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

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

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

## 2.2 Batterie Management System

## 2.3 Verbindung zwischen den Zählen

### 2.3.1 Löten vs. Punktschweißen

## 2.4 Punktschweißgerät

## 2.5 Konstruktion der Batterie

### 2.5.1 Wahl des Anschlusses

## Kapitel 3

# Controller programmieren

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 SxxxS-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.

## Kapitel 4

# Steuergerät programmieren

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.

# 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

### 5.2 Position des Motors

### 5.3 Leistung des Motors

### 5.4 Energierückgewinnung

## Kapitel 6

# Schaltung

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

Es muss die Kaefiggröße bestimmt werden wahrscheinlich ist es kleinsss

# Literatur

TRITEK [12/13/2021]. »21700 vs 18650 Akku, Kampf auf LEV«. In: *ebike battery manufacturer*.  
URL: <https://tritekbattery.com/de/21700-or-18650-battle-of-batteries-on-lev/>  
[siehe S. 5].