

CAPSTONEPROJEKT

Fahrrad-Kino Projektbericht

Vorgelegt an
Prof. Herrn Waffenschmidt im
Studiengang
Elektrotechnik

ausgearbeitet von:
Maurício Stiefvater und Sebastian Panusz

Deutz, im Juli 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
1.1 Motivation.....	3
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Projektorganisation	3
2 Grundlagen	4
2.1 Überblick und Gestaltung	4
2.2 Anschlusskonzept	4
2.3 Energiebedarf.....	5
2.4 Messbox	6
3 Aufbau	7
3.1 mechanischer Aufbau	7
3.2 elektrischer Aufbau	7
4 Umsetzung.....	9
4.1 Schaltung	9
4.2 Aufbauanleitung und Bedienungsanleitung (Video).....	9
5. Probedurchläufe/ Ergebnisse	10
6 Zusammenfassung und Zukunft	12
7 Literaturverzeichnis	13
8 Abbildungsverzeichnis	13

1 Einleitung

1.1 Motivation

Nachdem wir erfahren haben, dass an der Technischen Hochschule Köln ein Prototyp für ein Fahrrad-Kino-Projekt entwickelt wurde, der jedoch noch erweitert werden muss, um voll funktionsfähig zu sein, fühlten wir uns sofort motiviert, diese Arbeit zu übernehmen. Die Idee, durch das Treten in die Pedale einen Film zum Laufen zu bringen und dabei die Zuschauer aktiv in die Energiegewinnung einzubeziehen, faszinierte uns von Anfang an. Dieses Projekt bietet nicht nur eine innovative Möglichkeit, erneuerbare Energien zu nutzen, sondern fördert auch ein Bewusstsein für nachhaltige Energiequellen und umweltfreundliche Unterhaltung, dazu ist der soziale Aspekt gemeinsam ein Kino am Laufen zu halten nicht zu unterschätzen. Unsere Begeisterung für Technologie und nachhaltige Innovationen treibt uns an, dieses Projekt weiterzuentwickeln und es zu einem erfolgreichen, funktionalen System zu machen.

1.2 Zielsetzung

Das Hauptziel dieses Projekts besteht darin, den bestehenden Prototyp des Fahrrad-Kinos weiterzuentwickeln und zu optimieren, um ihn voll funktionsfähig zu machen. Für diese Weiterentwicklung werden neue Bauteile eingebaut und neue Anschlusskonzepte durchdacht.

Ziel ist hier einen Film möglichst umweltfreundlich vorzuführen, mit selbst erzeugter Energie aus eigener Muskelkraft.

1.3 Projektorganisation

Projektbetreuer: Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Projektteam: Maurício Stiefvater & Sebastian Panusz

Unterstützung: Zentralwerkstatt, Prof. Dr. Markus Stockmann und Vorgänger Gruppe (Yasmin Zielke, Tom Leonhard, Daniel Gladka und Teng Tian)

2 Grundlagen

2.1 Überblick und Gestaltung



Abbildung 1 Prototyp

Das Projekt "Fahrrad-Kino" basiert auf der Idee, dass Fahrräder einen oder mehrere Generatoren antreiben, der oder die dann einen Strom erzeugen. Diese Energie wird genutzt, um einen Beamer und eine Musikanlage zu betreiben, sodass gemeinsam Filme, Serien oder Sport-Events angesehen werden können.

2.2 Anschlusskonzept

Basierend auf dem vorhandenen Prototyp lassen sich zwei Anschlusskonzepte beziehungsweise eine dritte Hybridlösung herausarbeiten. Gehen wir zum Beispiel davon aus, dass wir am Ende sechs Ständer benötigen.

Das erste Konzept, die elektrische Lösung verwendet den Prototyp weiter und dieser wird vervielfältigt. Der erzeugte Strom jedes Generators wird parallel auf einen Punkt geführt.

Das zweite Konzept, die mechanische Lösung übernimmt nur den Ständer des Prototyps. Der Generator wird zwar auch übernommen allerdings wird dieser nur einmal benötigt und mechanisch an alle Ständer gekoppelt.

Das dritte Konzept, die Hybridlösung, also elektrisch und mechanisch, vereint die beiden ersten Konzepte, indem beispielweise immer zwei Ständer mechanisch gekoppelt werden. Alle 3 Paare werden elektrisch parallel geschaltet.

	Elektrisch	Mechanisch	Hybrid
Vorteile	-Einfache Übernahme des Prototyps -Integration einer Messanzeige an jedem Fahrrad	-Kraft auf Generator wird über alle Fahrräder verteilt -effizientere Nutzung des Generators	-Kraft auf Generator teilt sich auf zwei Fahrräder auf -Generator könnte etwas effizienter genutzt werden
Nachteile	-Ineffiziente Nutzung des Generators	-Kraft/Leistung jedes einzelnen Fahrrads nicht so einfach messbar	-individuelle Kraft/Leistung Messung nicht möglich

Nach intensiven Überlegungen und Evaluationen sind wir zu dem Entschluss gekommen, dass die elektrische Lösung für uns die beste darstellt. Wir können den bereits vorhandenen Prototypen weiter verwenden, haben bereits Messdaten und können individuell an jedem Fahrrad eine Messanzeige integrieren, die es dem Nutzer ermöglicht nachzuvollziehen wie viel Energie er erzeugt.

2.3 Energiebedarf

Die Ermittlung des Energiebedarfs ist entscheidend, um die erforderliche Anzahl der Fahrradständer zu bestimmen. Die Vorgänger Gruppe hat einen Energiebedarf von ca. 300W bis 330 Watt bestimmt [1]. Folgende Geräte wurden dabei berücksichtigt:

Gerät (Energieverbrauch)

- Laptop (80 W)
- Beamer (200W)
- Tonanlage (20W)
- Optional eine aufblasbare Leinwand (30W)

Aufbauend auf dem Energiebedarf war der nächste Schritt, die Festlegung, der Anzahl an benötigten Fahrradständer.

Laut den Messungen der Vorgängergruppe liegt die Ladeleistung pro Fahrrad zwischen 53,4 und 64,7 Watt [1]. Um das Worst-Case-Szenario abzudecken, haben wir mit 50 Watt pro Fahrrad gerechnet. Dies würde beim bestimmten Energiebedarf von 300W, mindestens sechs Fahrrädern entsprechen, die das Kino betreiben. Wir haben uns dazu entschieden insgesamt auf sechs Fahrradständer zu setzen mit dem Hintergedanken, dass wir immer noch Energie effizientere Geräte betreiben werden als von der Vorgänger Gruppe bestimmt.

In Realität haben wir diese Geräte betrieben:

- **Beamer:** Der Beamer Casio XJ-A252 hat eine Leistungsaufnahme von 165 W (Eco Off), 120 W (Eco On Level 1) bis 60W (ECO On Level 5) [2]. Um auch bei Tageslicht eine ausreichende Helligkeit zu gewährleisten, wird mit 165 W gerechnet.

- **Musikanlage:** Wasserdichte Bluetooth-Lautsprecher sind ideal für die Musikwiedergabe im Freien. Da diese Lautsprecher über eingebaute Akkus verfügen und bis zu 20 Stunden Musik abspielen können, wird ihr Energiebedarf nicht in die Berechnung einbezogen, da sie vor der Vorstellung aufgeladen werden können.
- **Video-Player:** Ein Laptop wird als Video-Player verwendet, da er leicht zu transportieren ist und verschiedene Video-Plattformen unterstützt. Der Laptop hat eine Akkulaufzeit von 6 Stunden und benötigt 65 W, die in die Berechnung einfließen.

Der gesamte Energiebedarf hängt von der Einstellung des Beamers ab. An sonnigen Tagen muss der Beamer auf die maximale Helligkeit eingestellt werden, während bei Dunkelheit der Eco-Mode Level 1 ausreichen könnte.

Um den maximalen Energiebedarf abzudecken, werden die maximalen 165 W des Beamers mit den 65 W des Laptops addiert. Dies ergibt einen realen Energiebedarf von insgesamt 230 W. Natürlich wäre es auch möglich die Bluetooth Lautsprecher oder diverse andere Geräte zum Laden anzuschließen.

2.4 Messbox

Zusätzlich wird jedes Fahrrad mit einer kleinen Box ausgestattet, die am Lenker befestigt wird. Diese Box wird mit einer Messanzeige ausgestattet. Die Modellierung, der Konstruktion der Messbox erfolgte mit Hilfe des CAD-Programm „Fusion“ von Autodesk. Das Drucken übernahm Prof. Dr. Markus Stockmann.

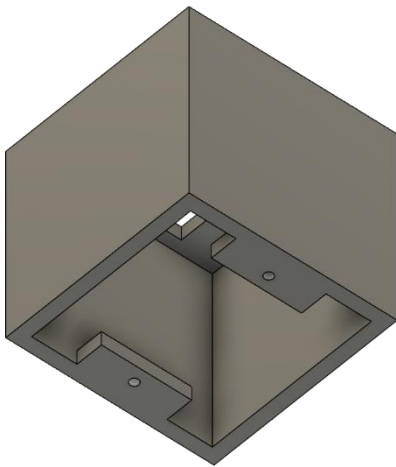


Abbildung 3 Untersicht Oberteil der Messbox

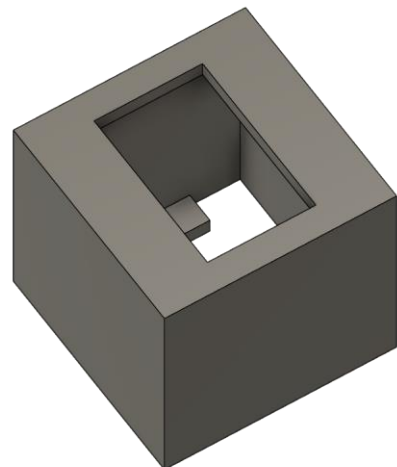


Abbildung 2 Draufsicht Oberteil der Messbox

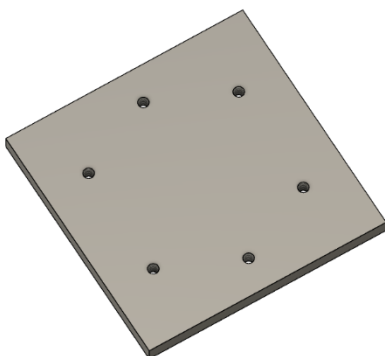


Abbildung 5 Draufsicht Unterteil der Messbox

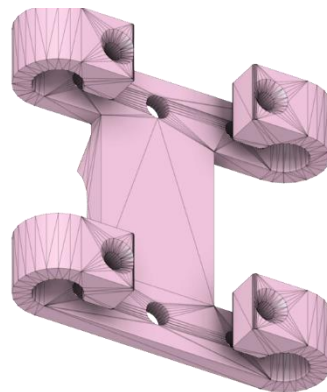


Abbildung 4 Draufsicht auf Halterung der Messbox

3 Aufbau

3.1 mechanischer Aufbau

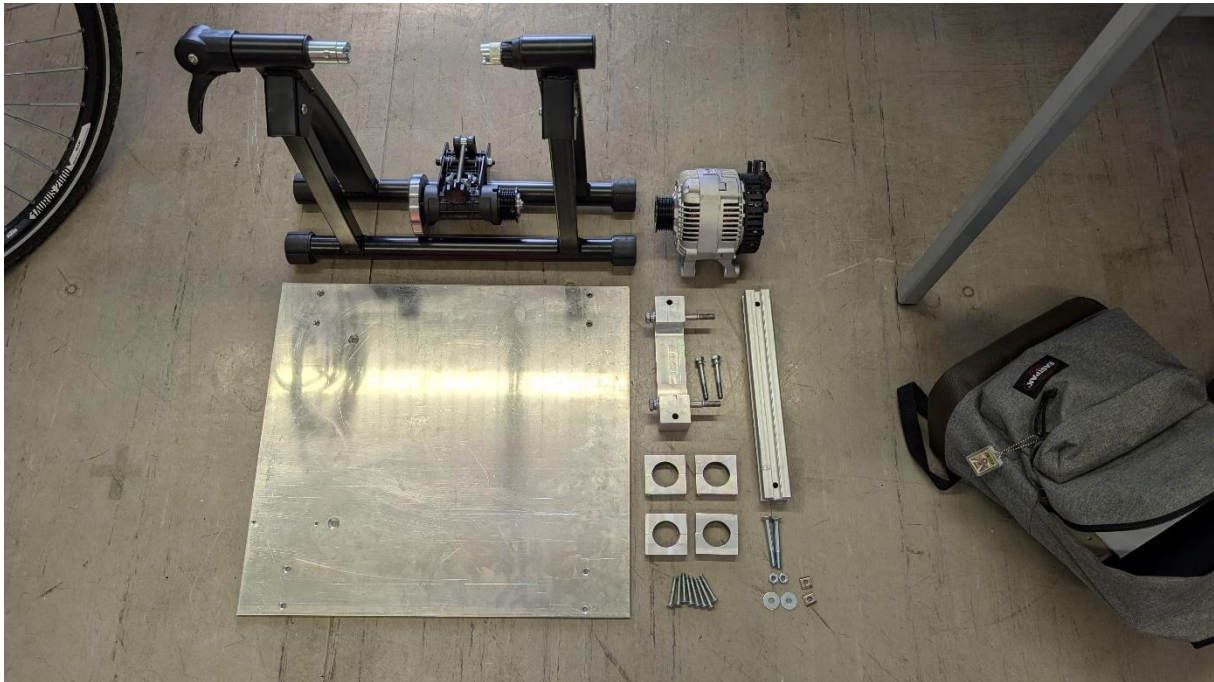


Abbildung 6 Mechanische Komponenten

Der mechanische Teil besteht aus einer Grundplatte, auf der ein Fahrradständer, eine Lichtmaschine und eine kleine Abzweigdose befestigt werden können.

Die Lichtmaschine ist auf einer Einbauschiene montiert, sodass sie hin- und hergeschoben werden kann, um sich an das Fahrrad anzupassen. Am Generator ist eine Riemenscheibe angebracht, um die mechanische Energie zu übertragen.

Die Bremse am Fahrradständer wurde entfernt und durch eine Riemenscheibe ersetzt. Zusätzlich besitzt der Ständer eine Übertragungsrolle, gegen die das Rad später gedrückt wird.

Nachdem alle Bauteile eingebaut sind und die Lichtmaschine je nach Größe des Rades eingestellt ist, kann der Riemen zwischen den Riemenscheiben positioniert werden. Schließlich wird das Fahrrad am Fahrradständer befestigt.

3.2 elektrischer Aufbau

Die elektrische Schaltung besteht aus folgenden Komponenten:

Laderegler: Um Überlastungen zu vermeiden, wird vor der Batterie ein 40A-Laderegler der Marke Steca installiert. Laut Messungen erzeugt ein Generator einen effektiven Ladestrom von bis zu 4,83 A, was insgesamt 29 A bedeutet [1]. Da ein 30A-Laderegler zu nah an den 29 A liegen und die nächste Größe (40A) nicht viel teurer war, haben wir uns für die größere Variante entschieden.

DC-Sicherungsschutzschalter: Um die Leitungen gegen Kurzschlüsse und Überlastungen zu schützen, wird zwischen Laderegler und Batterie ein 40A-DC-Sicherungsschutzschalter der Marke Red Wolf eingebaut.

Wechselrichter: Der Wechselrichter der Marke Cartrend hat eine Ausgangsleistung von 300 W und kann bis zu 600 W belastet werden [1] [3]. Außerdem besitzt er einen Batteriewächter, der einen Pfeifton ausgibt, sobald der Batteriezustand zu niedrig ist [1] [3].

Tiefsetzsteller: Der Tiefsetzsteller von der Vorgänger Gruppe konzipiert und gebaut, wandelt die 12 V Gleichspannung der Batterie in 1,5 V um, sodass die Erregerspule nur die mindestens benötigten 1,0 V erhält, statt der momentanen Spannung der Batterie [1].

Messanzeige: Jedes Fahrrad wird mit einer kleinen Box ausgestattet, die eine Messanzeige enthält und am Lenker befestigt wird. Diese Anzeige der Marke JOY-IT zeigt die momentan erzeugte Ladespannung und den Ladestrom. Durch Multiplikation dieser Werte wird die Ladeleistung angezeigt. Wenn man nicht in die Pedale tritt, kann man den Batteriezustand, anhand der Spannung beobachten.



Abbildung 7 Display der Messanzeige

Batterien: Bei den ersten Probedurchläufen haben wir eine 12 V/ 5 Ah Batterie als Speicher benutzt [4]. Später haben wir diese durch 2 parallel geschaltete 9 Ah Batterien ersetzt. Dadurch haben wir eine Gesamtkapazität von 18 Ah erreicht.

Generator: Es handelt sich um einen Generator der Firma AS (AS-PL A3023) mit 12 V Spannung und einem Ladestrom von 90 A [5]. Der Generator besitzt drei Anschlüssen.

Der Anschluss B+ verbindet den Pluspol der Batterie mit dem Wechselrichter.

Der Anschluss B- ist mit dem Fahrradständer verbunden, der als Erdungspunkt dient. Die Minuspole der Batterie und des Wechselrichters sind ebenfalls mit dem Fahrradständer verbunden.

Die Klemme D+ der Lichtmaschine ist über den Gleichspannungswandler, der als Tiefsetzsteller agiert, mit dem Pluspol der Batterie verbunden. Diese Schaltung stellt die Erregerspannung für den Start bereit.

4 Umsetzung

Das Fahrrad-Kino wird hauptsächlich im Freien aufgebaut, wo Feuchtigkeit und Nässe eine Gefahr für die elektrischen Komponenten darstellen. Aus diesem Grund werden alle elektrischen Bauteile, mit Ausnahme der Generatoren und Messanzeigen, in einer Euro Box aus Polypropylen untergebracht. Dies sorgt dafür, dass die Bauteile in einer wasserdichten Umgebung sind, und erleichtert den Transport.

Die Anschlüsse der Generatoren werden jeweils mit Lautsprecher-Steckverbindern und den dazugehörigen Kupplungen an die Box angeschlossen.

Um den Erregerstrom jederzeit ein- oder ausschalten zu können, wurde an der Box ein Kippschalter eingebaut. Daneben wurde eine Aufputz Steckdose montiert.

Für die Strom- und Spannungsmessung wird die Messanzeige über eine kleine Abzweigdose mit einem 3x1,5 mm² Kabel an den Generator angeschlossen.

4.1 Schaltung

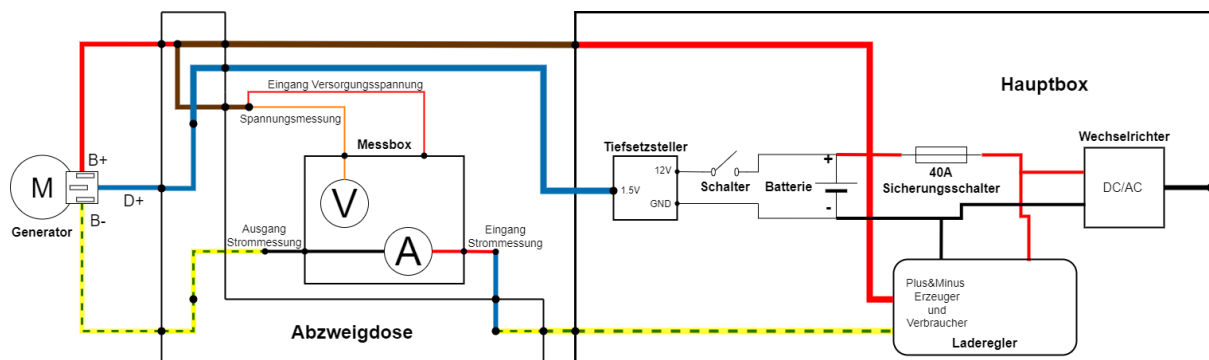


Abbildung 8 Darstellung der Verkabelung der elektrischen Komponenten

Die Schaltung soll vereinfacht, aber farblich korrekt die Verschaltung eines Fahrradständers mit der Hauptbox darstellen. Links zu sehen der Generator mit seinen drei Anschlüssen B+, D+ und B-. Alle werden in die Abzweigdose geführt. Von dort aus werden sowohl Abzweige zur Messanzeige als auch zur Hauptbox geführt. Die Messanzeige wird mit der Batteriespannung versorgt und misst im selben Moment die Spannung. Die Strommessung misst den Rückstrom zum Generator. In der Hauptbox befinden sich Tiefsetzsteller, Batterie, Sicherungsschutzschalter, Laderegler und Wechselrichter.

4.2 Aufbauanleitung und Bedienungsanleitung (Video)

Um den Nachbau und die Bedienung des Fahrrad-Kinos zu erleichtern, wurden zwei Videos erstellt: eine Aufbauanleitung und eine Bedienanleitung. In beiden Videos werden alle relevanten Informationen zum Aufbau und zur Bedienung ausführlich erklärt. Diese Videos werden voraussichtlich auf der Website 100pro-erneuerbare.com unter dem Unterpunkt Publikationen->Studentische Arbeiten verfügbar sein.

5 Probedurchläufe/ Ergebnisse

Probelauf 1

Beim ersten Probelauf wurde nur ein Ständer mit einem Fahrrad angeschlossen. Ziel war es, erste Erfahrungen mit der mechanischen Übersetzung der Rollen auf das Rad zu sammeln und die generierte Stromaufnahme mit einem Oszilloskop zu überprüfen.

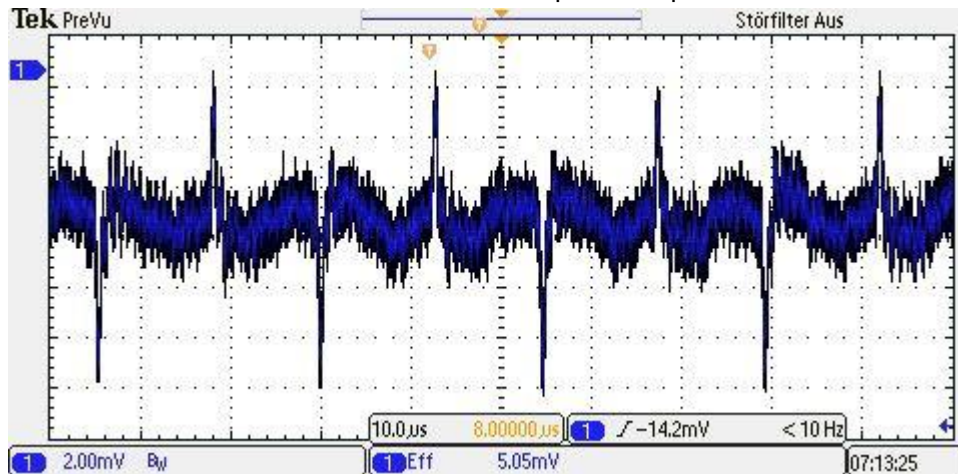


Abbildung 9 erste Stromaufnahme Umrechnungsfaktor(10mV/A)

Der erste Testversuch zeigte, dass der Generator einen effektiven Ladestrom von maximal 0.5A erzeugte. Da dieser Wert nur etwa 10 % des erwarteten Ladestroms entsprach, mussten wir den Fehler suchen.

Nach längerer Untersuchung stellten wir fest, dass die Batterie nicht vollgeladen war und die Rolle fester an den Geländereifen des Mountainbikes angebracht werden musste, da sonst der Schlupf zwischen Rolle und Reifen zu groß war.

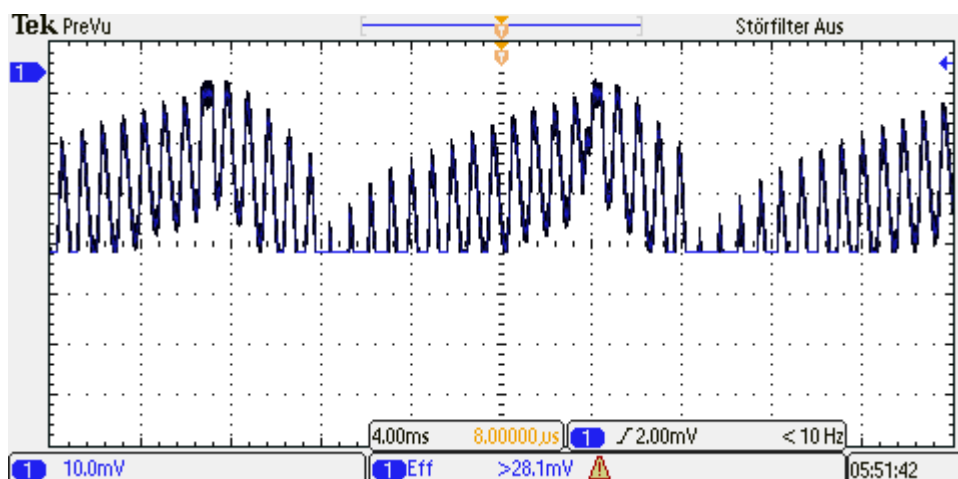


Abbildung 10 zweite Stromaufnahme Umrechnungsfaktor(10mV/A)

Nachdem wir die Batterie geladen hatten, erreichten wir die erwarteten 5A. Leider haben wir nur eine Oszilloskop Aufnahme mit 2.8 A.

Probelauf 2

Dieses Mal waren die Ziele des Probelaufs, mit zwei Fahrrädern gleichzeitig die Messboxen zu testen und zu beobachten, wie lange ein Beamer mit zwei Fahrrädern betrieben werden kann.

Hier fiel auf, dass der Stromwert an der Anzeige nur bis 1 A reichte und das nur im ersten Lastmoment auf die Pedale. Dies lag wieder daran, dass ein Mountainbike verwendet wurde. Mountainbikes benötigen mehr Kontaktfläche mit der Rolle, um die Kraft effektiv zu übertragen. Da die Rolle nicht fest genug war, drehte sich das Rad durch. Zu zweit war es möglich, den Beamer 8 Minuten lang zu betreiben.

Probelauf 3/ Erste Vorführung

Beim dritten Probelauf wurden erstmals sechs Fahrräder aufgebaut und angeschlossen. Es war möglich, eine 22-minütige Folge abzuspielen. Am Ende war der Batteriezustand jedoch sehr niedrig und der Warnsignalton des Wechselrichters ertönte. Da alle Fahrradfahrer aufgehört hatten zu treten, wurde die Batterie nicht wieder aufgeladen, was zu einem Problem bei der zweiten Vorstellung führte. Der Batteriezustand war so niedrig, dass nicht genügend Erregerstrom vorhanden war, um ein magnetisches Feld in den Generatoren zu erzeugen.

Aus diesem Fehler haben wir gelernt. Nachdem wir die Batterie ausgetauscht hatten, haben wir die zweite Folge abgespielt und danach die Batterie für zwei Minuten ohne Verbraucher aufgeladen.

Hauptvorführung

Für unsere erste große Vorführung haben wir einige Veränderungen vorgenommen. Die vorherige Batterie wurde durch zwei parallel geschaltete 12 V Batterien mit jeweils 9 Ah ersetzt. Dadurch erhielten wir eine größere Speicherkapazität und eine längere Stromversorgung.

Nach diesen Veränderungen war es möglich, eine komplette Fußballverlängerung (etwa 40 Minuten) ohne den Warnsignalton des Wechselrichters anzusehen. Während der Vorstellung leuchtete die Anzeige des Ladereglers grün, was einem Ladezustand der Batterie von über 50 % entspricht.

Nachdem wir das Treten eingestellt hatten, waren die Batterien ausreichend geladen, um den Beamer weitere 10-15 Minuten zu betreiben, bis sie vollständig entladen waren.

6 Zusammenfassung und Zukunft

Das Fahrrad-Kino ist voll funktionsfähig und kann vielfältig angewendet werden. Allerdings fällt es den Nutzern öfters das Treten schwer auf und auch das regelmäßige Treten ist manchmal kompliziert. Der Aufbau und Transport der Fahrradständer sind aufgrund ihres Gewichts und ihrer Anzahl ohne ein Auto oder einen Transporter kaum möglich.

Um das Fahrrad-Kino in Zukunft benutzerfreundlicher und flexibler zu gestalten, könnten einige Verbesserungen vorgenommen werden:

- **Kleinere Generatoren:** Der Generator sollte kleiner gewählt werden, damit weniger Drehmoment nötig ist, um Spannung zu erzeugen. Dadurch würde das Treten leichter fallen und das Gesamtgewicht des Ständers reduziert werden.
- **Leichteres Material:** Zur Verbesserung von Transport und Aufbau sollte das Gesamtgewicht der Platte zusammen mit dem Fahrradständer reduziert werden. Dies könnte durch die Verwendung eines leichteren, aber dennoch stabilen Materials für die Grundplatte erreicht werden.

Das Fahrrad-Kino fördert soziale Interaktion und Gesundheit durch vermehrte Bewegung. Besonders jetzt, da zahlreiche Autokinos in Deutschland schließen, bietet dieses Projekt eine umweltfreundliche, flexiblere und kostengünstige Option, um weiterhin gemeinsam Filme, Serien und Sportevents anzuschauen.



Abbildung 11 Vorführung

7 Literaturverzeichnis

- [1] T. Tian, Y. Zielke, T. Leonhard und D. Gladka, „Capstone_WS23_Fahrradkino,“ Deutz, 2024.
- [2] Casio, „casio-europe.com,“ [Online]. Available: [https://www.casio-europe.com/de/produkte/projektoren/green-slim/xj-a252/#:~:text=Die%20CASIO%20Projektoren%20liefern%20brillante,Watt\)%20im%20Standby%20Modus.&text=Projektoren%20von%20CASIO%20sind%20f%C3%BCr,eine%20besondere%20Gew%C3%A4hrleistung%20zu%20b](https://www.casio-europe.com/de/produkte/projektoren/green-slim/xj-a252/#:~:text=Die%20CASIO%20Projektoren%20liefern%20brillante,Watt)%20im%20Standby%20Modus.&text=Projektoren%20von%20CASIO%20sind%20f%C3%BCr,eine%20besondere%20Gew%C3%A4hrleistung%20zu%20b). [Zugriff am Juli 2024].
- [3] Cartrend, „Amazon,“ Cartrend, [Online]. Available: <https://www.amazon.de/Cartrend-7740300-Spannungswandler-Watt-Ladefunktion/dp/B002B552GY>. [Zugriff am Juli 2024].
- [4] Batterie 24, „batterie24.de,“ HeyVolt, [Online]. Available: <https://batterie24.de/heyvolt-bike-gel-rollerbatterie-yb4l-b-50411-12v-5ah/92001>. [Zugriff am Juli 2024].
- [5] AS-PL, „as-pl.com,“ [Online]. Available: <https://as-pl.com/de/p/A3023>. [Zugriff am Juli 2024].

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Prototyp	4
Abbildung 2 Draufsicht Oberteil der Messbox	6
Abbildung 3 Untersicht Oberteil der Messbox	6
Abbildung 4 Draufsicht auf Halterung der Messbox	6
Abbildung 5 Draufsicht Unterteil der Messbox	6
Abbildung 6 Mechanische Komponenten	7
Abbildung 7 Display der Messanzeige	8
Abbildung 8 Darstellung der Verkabelung der elektrischen Komponenten	9
Abbildung 9 erste Stromaufnahme Umrechnungsfaktor(10mV/A)	10
Abbildung 10 zweite Stromaufnahme Umrechnungsfaktor(10mV/A)	10
Abbildung 11 Vorführung	12