

## Team "Self-Balancing Bike", Hochschule Karlsruhe, Technik und Wirtschaft

Das Projekt-Team „Self-Balancing Bike“ für den COSIMA-Wettbewerb 2017 stellt sich vor.



### Teammitglieder von links nach rechts:

Sarah Eisenkolb, Felix Heller und Maike Akermann

Wir, Sarah Eisenkolb, Felix Heller und Maike Akermann, sind ein Team aus drei Bachelor Studenten an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft. Derzeit studieren wir im sechsten Semester Mechatronik mit Spezialisierung in Mikromechatronik. Im Rahmen unseres Entwicklungsprojekts möchten wir das „Self-Balancing bicycle“ realisieren.

Das Spannende an diesem Projekt ist aus unserer Sicht die Vereinigung der technischen Aspekte. Es wird ein mechanischer Aufbau konstruiert und gefertigt, auch die elektronischen Elemente müssen dimensioniert und ausgewählt werden. Es folgen die Programmierung sowie der Entwurf einer Regelung. Dies macht das anspruchsvolle Projekt sehr vielfältig.

Unser Ziel ist es, all diese Komponenten zu verbinden, um einen funktionierenden Prototyp herzustellen. Wir sind uns sicher, dass wir nicht nur unsere fachlichen Kenntnisse erweitern sowie unsere Teamfähigkeit verbessern, sondern auch unsere Organisationsfähigkeit eines gesamten Projektes vertiefen werden.

### Unsere Vision

Warum kann mein Fahrrad nicht kurz alleine stehen bleiben?

Das haben wir uns zu Beginn des Projekts gefragt. Die tägliche Fahrt mit dem Fahrrad zur Hochschule mit einem kurzen Stopp beim Bäcker wäre entspannter. Ohne Parkplatzsuche vor dem Bäcker, einfach absteigen und sich ein Frühstück holen.

Dies war die Grundidee unseres Projekts, deshalb möchten wir ein Fahrrad aufrüsten, das sich für kurze Zeit ausbalancieren kann. Es wird nicht über Stunden stehen bleiben, aber für kurze Fahrt - Unterbrechungen eine deutliche Erleichterung im Alltag bringen.

### Absatz von E-Bikes

Die Statistik beweist eindeutig: E-Bikes werden immer beliebter. So ist das Wachstum der Branche deutlich zu erkennen. Dies zeigt, dass das E-Bike immer mehr an Bedeutung im Alltag gewinnt und vielleicht auch bald die 1-Million Marke knackt. Deshalb sind wir auf die Idee gekommen, unser Projekt an einem E-Bike zu realisieren, da dieses in der Zukunft eine bedeutende Rolle spielen wird. Viele Pendler benutzen das E-Bike als neue Möglichkeit, um zur Arbeit zu kommen und das Auto stehen zu lassen.

Natürlich darf auch der Spaßfaktor nicht unbeachtet bleiben, so dient das E-Bike als sportliche Freizeitbeschäftigung. Auch im Alltag benutzen immer mehr Menschen dieses zur Besorgung alltäglicher Gebrauchsgegenstände. Doch wiegen die E-Bikes gut und gerne 20 Kilogramm oder mehr. Wer nicht allzu kräftig ist, dem wird das Bugsieren des Bikes fast zu schwer und umständlich. Kurz anzuhalten, um sich zum Beispiel mit Freunden zu unterhalten, wird umständlich. So wird der kurze Stopp zur mühevollen Last.

Genau dieses Problem versuchen wir durch unsere Idee zu lösen.

### **Warum wir bei dem Cosima-Wettbewerb mitmachen Wollen**

Der „COSIMA - Competition of Students in Microsystems Applications“ Studentenwettbewerb im Bereich Mikrosystemtechnik bietet Studententeams, mit bis zu vier Mitgliedern die Möglichkeit einen Prototyp Ihrer Idee während des MikroSystem Technik Kongresses 2017 in München zu präsentieren. Die Besonderheit dieses Wettbewerbs ist es, dass es keine feste Aufgabenstellung gibt. Es gibt die Rahmenbedingung, dass ein Alltagsgegenstand mit einem mechatronischen System aufgerüstet werden soll. Somit ist eine freie Themenwahl für die Teams möglich und es wird die Kreativität und die Begeisterung für die Mikrosystemtechnik der Stunden gefordert.

Als junges Studententeam, das motiviert ist ein Projekt von Beginn an in einen funktionierenden Prototyp zu verwandeln, haben wir beschlossen, am COSIMA Wettbewerb teilzunehmen. Mit unserer Kreativität, die nicht nur die ungewöhnliche Idee eines selbststehenden Fahrrades betrifft, sind wir bei COSIMA genau richtig. Hier können wir unserem Einfallsreichtum freien Lauf lassen, sowie auch unserer Affinität für die Mikromechatronik nachkommen. Mit großer Freude haben wir die Zusage für eine Teilnahme am Wettbewerb erhalten und arbeiten jetzt an der Umsetzung unseres Projekts. Ganz besonders freuen wir uns darauf unsere erworbenen Fähigkeiten einsetzen zu können, und so die Hochschule Karlsruhe im deutschlandweiten Wettbewerb vertreten können.

### **Projektbeschreibung**

Unsere Lösung - „Actio gleich Reactio“

Dieses einfache Prinzip wenden wir an, um unser Fahrrad zu stabilisieren.

Doch wie genau wird das funktionieren?

Fällt ein Fahrrad, erzeugt dies ein Kippmoment, welches sich aus dem Produkt der Fahrradmassenkraft ( $F_k$ ) und der Höhe des Schwerpunktes ( $h_s$ ) errechnet. Die Fahrradmassenkraft ist abhängig von dem Ausfallwinkel ( $\varphi$ ). Wir rüsten das Fahrrad mit einer runden Schwungmasse und einem damit verbunden Drehmotor aus. Wird diese Scheibe nun durch den Motor beschleunigt erzeugt dies ein Drehmoment. Vereinfacht heißt das, dass wir bei einer bestimmten Beschleunigung das gerade vorherrschende Kippmoment ausgleichen können.

Um das fallende Fahrrad zu stabilisieren zu können wird ein Drehmoment von ca. 13 Nm benötigt.

Daraufhin ist die herrschende Gesamtbeschleunigung gleich Null. Ist das Fahrrad allerdings schon in Bewegung fällt es weiter, wenn auch ohne Beschleunigung des Falls.

Wenn wir allerdings die Beschleunigung der Drehscheibe höher ansetzen, haben wir demnach ein größeres Drehmoment bei gleichbleibendem Kippmoment. Somit erschaffen wir eine negative Beschleunigung, die dem Fall entgegenwirkt, somit den Fall abbremst, und schließlich das Fahrrad wiederaufrichtet.

Diese zeitabhängige Berechnung des Kippmoments und erforderlicher Beschleunigung wird ein Regler auf einem Mikrokontroller übernehmen. Daraufhin wird dieser die Motortreiber ansteuern, welche den Drehmotor bedienen, um so das Fahrrad wiederaufzurichten.

Die Schwungmasse wird in den Rahmenkasten des Fahrrades montiert. Die Idee hinter dieser Positionierung ist es, dass die Schwungmasse eingeklappt werden kann und somit im Rahmen verschwindet und der Fahrer während der Fahrt nicht behindert wird. Diese Lage ermöglicht auch ein festes Montieren der Schwungscheibe, da durch den Rahmen die Schwungscheibe sicher montiert werden kann. Auch ist die Schwungmasse so zentral montiert.

Als Voraussetzung um das System starten zu können, sollen die Bremsen angezogen und der Lenker mechanisch fixiert werden. Des Weiteren darf sich kein Fahrer auf dem Fahrrad befinden, dies möchten wir durch Sensoren im Lenker und Sensoren im Sattel sicherstellen.

Warum wir sicher sind, dass dieses Unterfangen funktioniert?

Weil dieses Prinzip im kleinen Format schon funktioniert und existiert. Der „Cubli“- ein auf seiner Ecke balancierender Würfel – wurde in einem studentischen Projekt an der ETH Zürich entwickelt. Dieses Grundkonzept möchten wir daher auf ein eher alltägliches Problem anwenden – das selbstständige Balancieren eines Fahrrads.

In unseren Berechnungen haben wir die maximale Auslenkung betrachtet, von welcher das Fahrrad innerhalb angemessener Zeit (10 Sekunden) sich aufrichten kann. Dies war bei einer Auslenkung von +/- 4° gegeben.

Durch erste Simulationen mithilfe von Matlab konnten wir ein erstes Gefühl für die auftretenden Momente bekommen. Eine Herausforderung an unserem Projekt ist das hohe Drehmoment und die hohe Drehzahl, welches der Motor zur Beschleunigung der Masse benötigt. Wir haben uns für einen LQR-Regler entschieden, den wir auf ein maximales Drehmoment des Motors von 15 Nm begrenzt haben. Dieser Regler konnte unsere Auslenkung von 4° innerhalb kürzester Zeit ausgleichen. Somit sind wir guter Dinge, die Theorie in die Praxis umsetzen zu können.

#### **Partner und Premium-Sponsoren:**



**Partner: Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft**



**Premium-Sponsor: Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG**