

KombiABS – Kombibremssystem für Pedelecs und S-Pedelecs

In den einschlägigen Gremien, insbesondere der AG Fahrrad- und S-Pedelec-Sicherheit des Deutschen Verkehrssicherheitsrats (DVR) wird intensiv diskutiert, wie sich die Sicherheit von Radfahrenden, insbesondere mit Pedelecs und S-Pedelecs, erhöhen lässt.

Ein wichtiger Punkt dabei ist die Kombibremse bei Pedelecs und S-Pedelecs, in Verbindung mit ABS, wie weitgehend bei Motorrädern bereits üblich. Bei heutigen Rädern betätigt ein Bremshebel eine Radbremse, also z. B. der rechte Bremshebel nur die Bremse am Hinterrad. Wird nur das Hinterrad gebremst, ist durch den hohen Schwerpunkt und die dynamische Radlastverlagerung nach vorne nur eine geringe Bremswirkung, beispielsweise unter 2 m/s^2 möglich. Werden dagegen wie bei der Kombibremse beide Räder mit einem Hebel gebremst, lässt sich die Verzögerung deutlich erhöhen und der Bremsweg verringern.

Die Kombibremse soll dabei ein ABS nicht ersetzen, sondern ergänzen oder auch unabhängig davon die Fahrsicherheit verbessern.

Auf der Eurobike wurden bereits erste Kombibremssysteme für Lastenräder vorgestellt.

Allerdings besteht noch ein hoher Forschungsbedarf bezüglich des Einsatzes und der Ausführung von Kombibremssystemen bei Fahrrädern:

1. Welchen Nutzen für die Verkehrssicherheit hat ein kombiniertes Bremssystem mit/ohne ABS bei S-Pedelecs und Pedelecs im Vergleich zum Stand von Technik und Gesetzgebung?
2. Welche Konzepte für kombinierte Bremssysteme mit/ohne ABS gibt es und welche Vor- und Nachteile haben sie in Bezug auf Verkehrssicherheit, Aufwand/Kosten, Gewicht, Bauraum und Energieverbrauch?
3. Was sind die technischen Systemanforderungen an kombinierte Bremssysteme mit/ohne ABS für Pedelecs?
4. Erfordert ein kombiniertes Bremssystem bei S-Pedelecs/Pedelecs ein 2-Kanal-ABS (Vorder- und Hinterrad geregelt)?

Um diese Fragen zu klären, wurde am ISBT das Forschungsprojekt „KombiABS“ ins Leben gerufen. Es wird von Prof. Wrede geleitet und insbesondere im Forschungssemester im WS24/25 zusammen mit Studierenden und wissenschaftlichen Hilfskräften in Projekten und Thesarbeiten bearbeitet. Fachlich unterstützen Prof. Dr.-Ing. Stefan Hillenbrand bei den Themen Bremsdynamik/Simulation/Versuchsträger sowie Prof. Christa Wehner (emeritiert) bei der Nutzerumfrage.

Das Projekt läuft unter der Schirmherrschaft des DVR. In der AG Fahrradsicherheit wird regelmäßig darüber berichtet und diskutiert. Für das Projekt wurde ein Expertenbeirat gegründet.

Die gemeinnützige ARCD Verkehrssicherheits GmbH, eine Tochterfirma des Auto- und Reiseclubs Deutschland, unterstützt das Projekt finanziell.

Von Firmenseite sind in das Projekt eingebunden: Bosch eBike Systems in Reutlingen, Bremsenhersteller Magura in Bad Urach sowie der Fahrradhersteller Riese & Müller in Darmstadt.

Folgende 3 Aufgabenpakete wurden bearbeitet:

1. Computersimulation der Bremsdynamik mit Matlab/Simulink mit einfachem und danach detaillierterem Modell. Dabei kann das Modell aus dem früheren ISBT-Projekt „BikeSafe“ (Pedelec-ABS) genutzt werden.

Hierzu wurden in einem studentischen Forschungsprojekt im Master „Mechatronische Systementwicklung“ Simulationen durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse (Abb. 5) wurden auf der International Cycling Safety Conference 2024 in Imabari, Japan, vorgestellt (Abb.6). In einem weiteren studentischen Forschungsprojekt soll das Simulationsmodell verfeinert und der Einfluss auf die Ergebnisse untersucht werden.

Status Computersimulation: Trekkingrad, 5% bergab, $\mu_{\max} = 0,8$

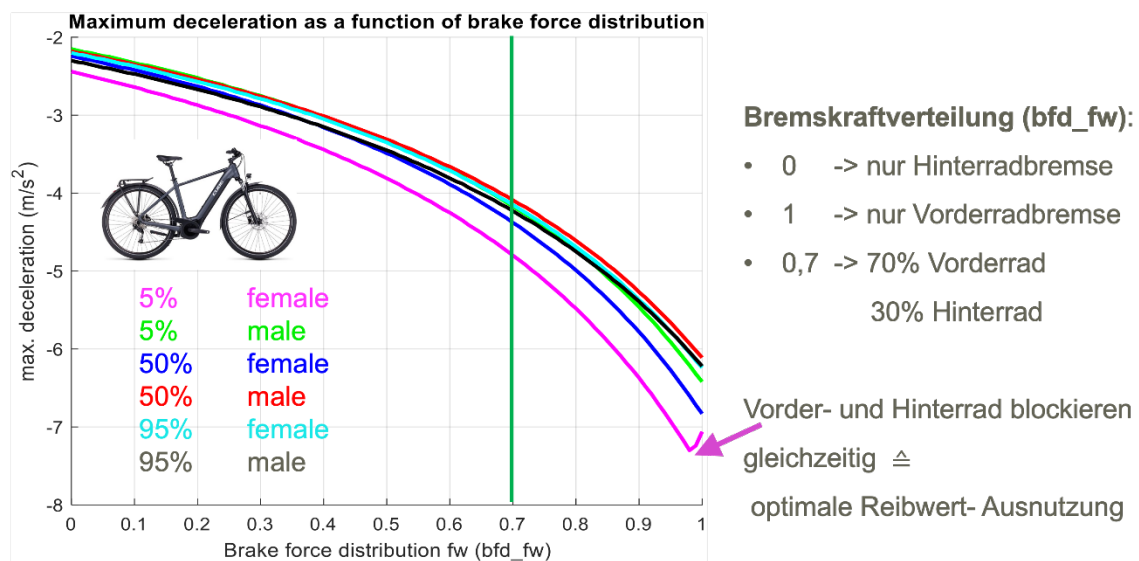


Abb. 5: Simulation der max. Verzögerung eines Trekkingrads abhängig von der Bremskraftverteilung und der Schwerpunktlage verschiedener Fahrer/Fahrerinnen



Abb. 6: Posterpräsentation der Simulationsergebnisse auf der International Cycling Safety Conference 2024 im Nov. 2024 in Imabari, Japan

2. Systematische Befragung mit Unterstützung eines Umfrageinstituts, um das Bremsverhalten der Radfahrenden zu ermitteln. Recherche und eventuell Entwicklung eigener Ideen zu einer Naturalistic Cycling Study zum Bremsverhalten. Bei letzterem werden instrumentierte Fahrräder von Probanden im Alltag genutzt und Daten aufgezeichnet.

Es wurde in 2024 eine erste Pilotumfrage zum Bremsverhalten mit 150 Teilnehmer*innen (m/w und 4 Altersgruppen) über eine Agentur durchgeführt und von einer Hochschulabsolventin ausgewertet. Die beispielhafte Auswertung in Abbildung 7 zeigt, dass ca. 60% der Radfahrenden nicht wissen, welches Rad sie mit welchem Bremshebel abbremsen. Es ist vorgesehen, die Studie in 2025 mit einer höheren Teilnehmerzahl auszuweiten und weitere Detailauswertungen zu ermöglichen. Zu Naturalistic Cycling Study läuft ein Forschungsprojekt im Master Produktentwicklung.

Pilotumfrage zum Bremsverhalten

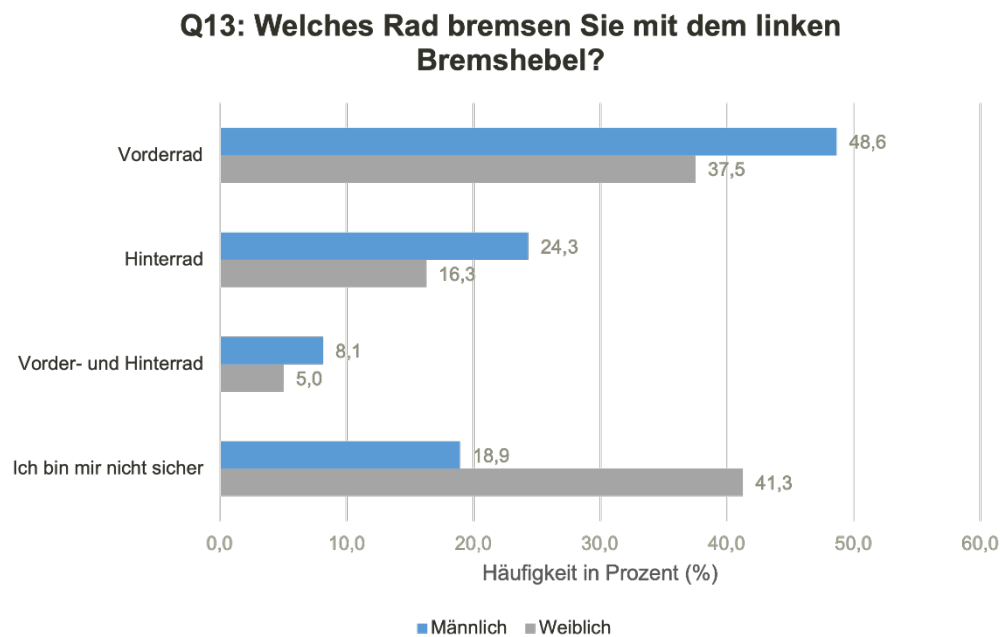


Abb. 7: Exemplarisches Ergebnis der Pilotumfrage zum Bremsverhalten mit 150 Probanden

3. Ausrüstung eines S-Pedelec-Versuchsträgers mit einer Bremsanlage, bei der softwarebasiert auf einfache Weise die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterradbremse bei verschiedenen Betätigungen eingestellt werden kann. Es handelt sich dabei um ein Brake-by-Wire-System, siehe Abbildung 8, für Versuchszwecke, mit einer mechanischen Backup-Bremse. Es ist für 2025 geplant, mit diesem Versuchsrads verschiedene Kombinationen von Kombibremsanlagen mit unterschiedlichen Bremskraftverteilungen, z.B. auch dynamisch an die Verzögerung gekoppelt, zu realisieren und im Fahrbetrieb zu testen.

Als Versuchsträger dient ein S-Pedelec von Fa. Riese & Müller. Es wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit mechanisch umgerüstet, siehe Abbildung 9. Die Erstellung der Software sowie der dynamische Test der elektrischen Bremsbetätigung haben begonnen. Der Versuchsträger soll bis ca. Mitte 2025 in Betrieb genommen werden und dann für Versuche zur Bremskraftverteilung zur Verfügung stehen.