



Bike-by-Wire

Konzept eines vollständig elektrifizierten Antriebsstrangs für ein Fahrrad

S. Rönnecke, C. Menz, S. Bachmann

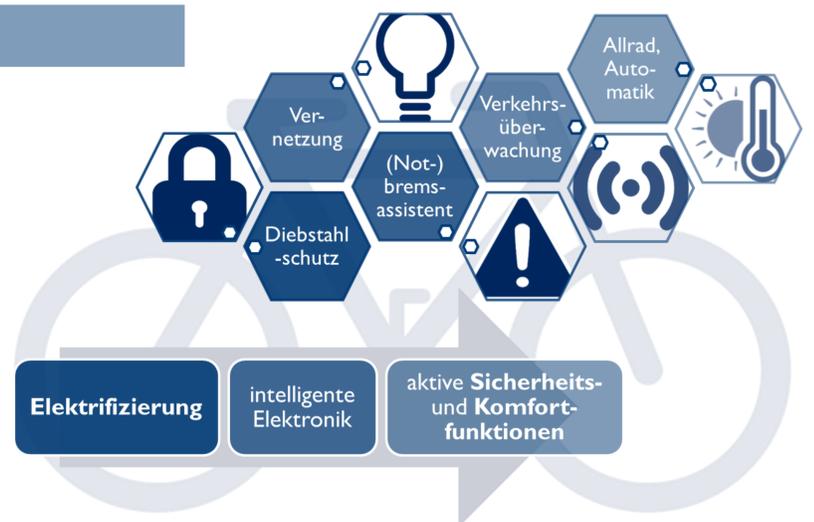
Hochschule Schmalkalden, Fakultät Elektrotechnik, Blechhammer 6-9, 98574 Schmalkalden, Deutschland

Einleitung

Die Kraftfahrzeugindustrie – insbesondere die Automobilindustrie – zielt in ihrer technischen Entwicklungsstrategie auf das autonome Fahren ab. Hintergrund dieser Strategie ist neben der Steigerung des Komforts, die relevante Erhöhung der Verkehrssicherheit und damit vor allem die Vermeidung von Unfällen mit Personenschäden im Straßenverkehr.

Das System Fahrrad ist in diese Entwicklungsstrategie bisher nicht bzw. nur rudimentär als passiver Verkehrsteilnehmer ähnlich dem Fußgänger eingebunden.

Ziel des vorgestellten Konzeptes ist, in Anlehnung an die Strategie der Automobilindustrie, die Entwicklung eines vollständig elektrifizierten Antriebsstrangs für das Fahrrad (Bike-by-Wire). Damit wird die Voraussetzung für aktive Assistenzsysteme und eine dezentral vernetzte Funktionsstruktur zur Realisierung eines intelligenten sicheren Fahrrades geschaffen. Als aktiv agierender Verkehrsteilnehmer trägt es zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und damit aller Beteiligten bei. Durch die „Elektronifizierung“ des Fahrrades kann elektrische Energie für diese aktiven Systeme bereitgestellt werden.



Systemdesign

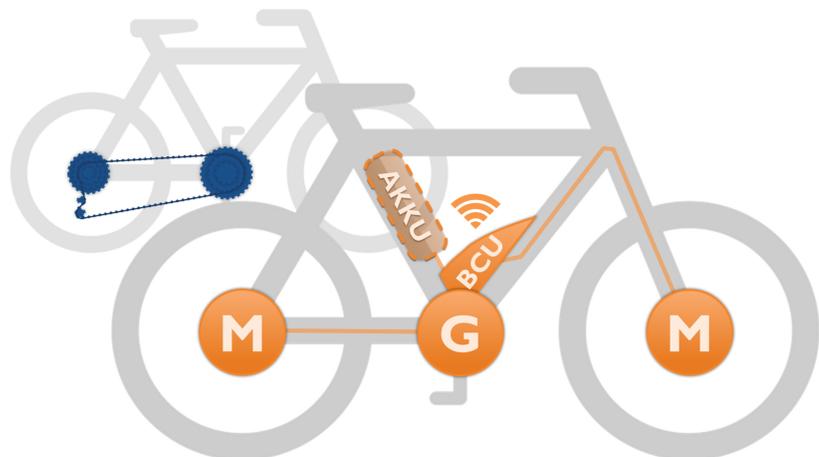


Abbildung 1: vollständig elektrifizierter Antriebsstrang (rechts) bestehend aus einem Generator (G), einer eingebetteten Steuereinheit (Bike Control Unit - BCU), Motoren in den Radnaben (M) und optionalem Energiespeicher (Akku) als Ersatz für den mechanischen Antriebsstrang (links)

Der vorgestellte, elektrifizierte Antriebsstrang (Abbildung 1) verzichtet vollständig auf die mechanischen Komponenten des konventionellen Fahrradtriebs, sowohl bei der Kraftübertragung zum Rad, als auch bei der Schaltung, die durch eine adaptive, elektrische Drehmomentenregelung ersetzt wird. Für eine elektrische Unterstützung wird lediglich ein zusätzlicher Akku benötigt.

An Stelle von Kette und Gangschaltung treten ein – mit den Pedalen mechanisch gekoppelter – Generator, zur Umwandlung mechanischer Arbeit in elektrische Energie und mindestens ein Motor in der Radnabe, der das Fahrrad mit der zur Verfügung stehenden Energie antreibt. Die eingebettete Steuereinheit (Bike Control Unit - BCU) dient der Motoransteuerung und ermög-

licht durch ein übergeordnetes Energiemanagement die direkte Übertragung der aufgebrachteten Muskelkraft an die Räder, sowie eine gezielte Beeinflussung des Fahrverhaltens.

Der Fahrradtrieb nach dem Konstruktionsprinzip X-by-Wire erhöht die Freiheitsgrade beim Rahmendesign und ermöglicht eine praktikable Realisierung eines Allradantriebes. Ein zusätzlicher Speicher ermöglicht die Nutzung von, durch Rekuperation zurückgewonnener Bremsenergie und eine zusätzliche Unterstützung des Fahrers und erweitert damit die Anforderungen an das Energiemanagement. Das rein elektrische Antriebskonzept schafft die Basis, elektronische Assistenzsysteme, wie sie bereits im Automobilbereich etabliert sind, in das Fahrrad zu integrieren.

Hard- und Softwarekonzept

Hardwarekonzept Die Hauptkomponenten des Antriebsstrangs sind drei elektrische Maschinen als Wandler zwischen mechanischer und elektrischer Energie im System. Die Steuereinheit (BCU) beinhaltet neben einem Mikrocontroller auch die notwendige Leistungselektronik für das Energiemanagement (Abbildung 2). Der Generator ist über einen ungesteuerten Brückengleichrichter (B6U) an einen Zwischenkreiskondensator angeschlossen. Aus diesem wird die Steuerungselektronik über einen Tiefsetzsteller versorgt. Die Ansteuerung der Nabenmotoren erfolgt sensorlos, feldorientiert geregelt über gesteuerte MOSFET-Brückenschaltungen (B6C) und ermöglicht den Betrieb in vier Quadranten, was die generatorische Energierückspeisung einschließt. Durch Sollwertvorgabe können Drehmoment oder Drehzahl der Motoren über die Steuerungssoftware geregelt werden.

Softwarekonzept Um die Synchronmotoren zu betreiben, werden in den drei Phasen sinusförmige Ströme eingespeist, so dass ein, der momentanen Drehzahl entsprechendes, Drehfeld entsteht. Die dafür benötigte Rotorposition wird indirekt aus den elektrischen Maschinengrößen ermittelt. Außerdem beinhaltet das Softwarekonzept einen übergeordneten Regler für das Energiemanagement, der die Leistungsabgabe an die Motoren (P_A), in Abhängigkeit von der Zwischenkreisspannung U_{ZK} , so regelt, dass sich die Lastverhältnisse am Generator und damit ein entsprechendes Gegenmoment (M_G) nutzerindividuell, gelände- und leistungsabhängig einstellt.

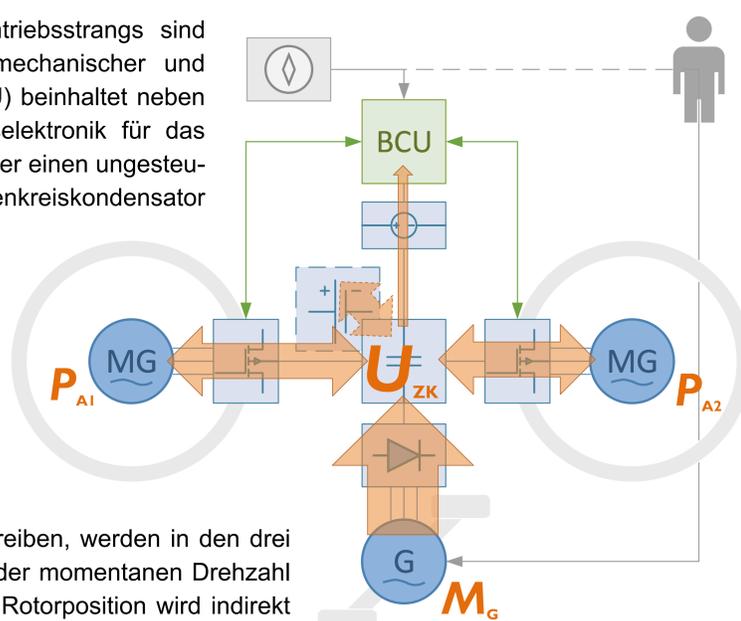


Abbildung 2: Systemkomponenten des vollständig elektrifizierten Antriebsstrangs bestehend aus elektrischen Maschinen, Leistungselektronik und Energiemanagement, mit in orange dargestelltem Energiefluss zwischen den Komponenten

Ausblick

Um das vorgestellte Softwarekonzept weiter verfeinern zu können, soll ein detailliertes Modell des Gesamtsystems erstellt werden. Dieses Modell soll als Ausgangspunkt für den Entwurf eines adaptiven Reglers dienen, um das Fahrverhalten an individuelle ergonomische Anforderung des Benutzers anzupassen.

Die weitere Hardwareentwicklung beinhaltet die Schaffung von drahtgebundenen sowie drahtlosen Schnittstellen, die ein modular erweiterbares Konzept und damit die Realisierung elektronischer Assistenzsysteme durch Einbindung zusätzlicher Sensorik, Benutzerinterfaces und Vernetzung mit der Umwelt ermöglicht.

Ersteller:

Simon Rönnecke, M.Sc.

Co-Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Silvio Bachmann

Christoph Menz, M.Sc.

Tel.: +49(0)3683 688 5210

E-Mail: s.roennecke@hs-sm.de

Tag der Forschung 25. April 2018