

29

Vom intelligenten Radlager zum „Robot Wheel“

Bernd Gombert



Steigende Anforderungen an Kraftfahrzeuge

Warum geht der Trend zu Elektromobilität?

Umweltfreundliche Elektromobilität ist der erwartete Trend und wird eine echte Alternative zum jetzigen Stand der Technik. Innovative Technologien, die hohen Ölpreise und eine wachsende ökologische Haltung vieler Menschen ist der Grund, warum die weltweite Akzeptanz für Elektromobilität sehr stark zunimmt.

Die Anforderungen an Kraftfahrzeuge steigen ständig, sowohl in Bezug auf Verbrauch, Komfort und Sicherheit sowie in Bezug auf die Emission.

Auf Grund des wachsenden CO₂-Bewusstseins, verbunden mit gesetzlichen Auflagen, wie Stadtmaut für Fahrzeuge mit zu hohem CO₂-Ausstoß und dem Wunsch der Regierung nach weniger Abhängigkeit von den labilen Öl- und Gaslieferanten, steigt der Wunsch nach Fahrzeugen, die durch wenig Emission glänzen, die Vision „Zero Emissions“.

Neben der Umweltsituation ist das Streben nach mehr Komfort und Sicherheit zu betrachten. In

Fahrzeugen werden mechanische Lenk- und Bremssysteme durch mechatronische Komponenten ersetzt und führen so zu einer hohen Funktionalität bei gesteigerter Sicherheit.

Bezug nehmend auf die weitere Entwicklung im Bereich Sicherheit ist die Vision „Zero Accidents“, das autonome und unfallfreie Fahren zu nennen. Nach schlupfgeregelten Brems- und Fahrstabilitätssystemen sollen nun, als weitere Voraussetzung für die Erfüllung dieser Vision, Fahrerassistenzsysteme, unter der Bezeichnung ADAS (Advanced Driver Assistance System), geschaffen werden.

Die By-Wire-Technologie ist u. a. eine der Voraussetzungen für die Umsetzung von ADAS. Sie macht es möglich über die aktuelle Verkehrssituation zu wachen und den Fahrer aktiv zu unterstützen. By-Wire bedeutet, dass alle wichtigen Befehle des Fahrers direkt über ein Steuersignal weitergegeben werden.

Damit die Wettbewerbsfähigkeit von Produktionsunternehmen erhalten bzw. gesteigert wird, ist es von enormer Bedeutung solche innovativen Produkte zu entwickeln und auf dem Markt zu bringen.

Die Verlagerung des elektrischen Antriebs in die Radeinheit wurde schon vor mehr als einem Jahrhundert realisiert. Bereits 1896 meldete Ferdinand Porsche ein Patent für seinen Radnaben-Elektromotor an. Für die Hofwagenfabrik Lohner & Co. in Wien entwickelte Porsche das erste mit Radnaben-Elektromotor ausgestattete Fahrzeug, das zunächst

noch nicht die Funktionen besaß, die man unter einem Hybrid versteht, da der Radnaben-Motor den einzigen Antrieb des Fahrzeugs darstellte.

Der erste Lohner-Porsche mit zwei Radnabenmotoren an den gelenkten Vorderrädern wurde 1900 auf der Weltausstellung in Paris präsentiert. Die Elektromotoren waren direkt am Antriebsrad platziert, um komplexe, störanfällige Transmissionen von der Kurbelwelle bis

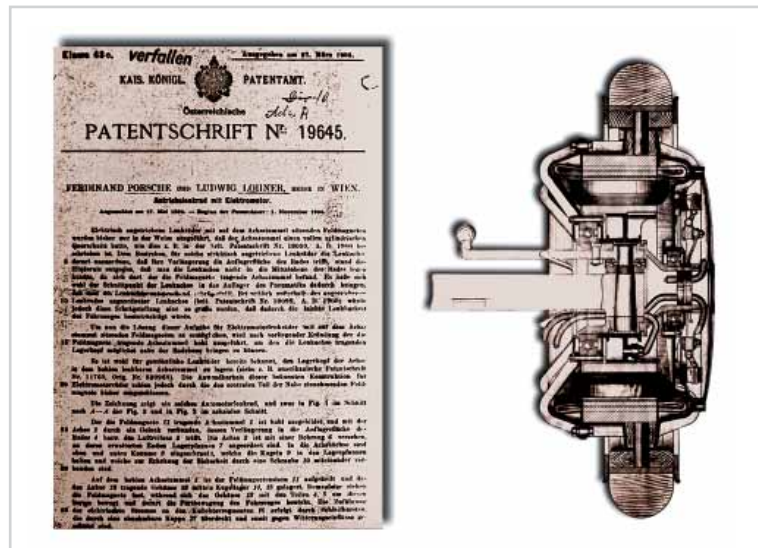


Bild 1 Patentschrift und Konstruktion des Radnabenmotors von F. Porsche [1]



Bild 2 Das erste Elektrofahrzeug, gebaut 1835 [1]

zum Rad zu eliminieren. Getriebe und Antriebswellen konnten entfallen, weil das Rad als Rotor des Gleichstrommotors um den mit der Radaufhängung fest verbundenen Stator rotierte. Der Antrieb arbeitete daher ohne mechanische Reibungsverluste mit einem Wirkungsgrad von stolzen 83 %. Die Elektromotoren leisteten maximal je 7 PS, während die Normleistung bei 2,5 PS und 120 Umdrehungen pro Minute lag. Doch damals wie heute bildete die Größe des Akkumulators eine entscheidende Schwachstelle. Der 44-zellige Bleisäure-Akku mit 300 Ah und 80 V hatte eine Reichweite von 50 km. Das Gewicht des Akkus betrug 410 kg bei einem Fahrzeuggewicht von knapp einer Tonne.

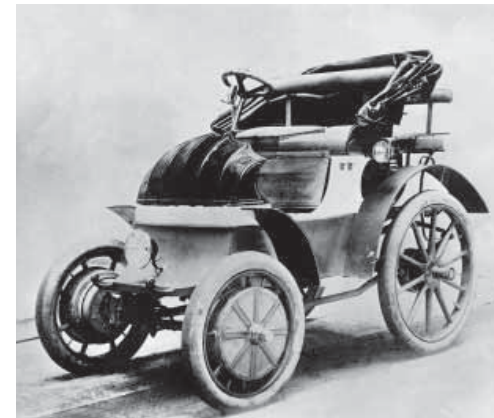


Bild 3 Lohner-Porsche 1900 auf der Weltausstellung in Paris [1]

Die im gleichen Jahr entwickelte Rennversion des Lohner-Porsche war mit Vierradantrieb ausgerüstet und allein die Batterien für die vier Stromaggregate wogen zusammen 1800 kg. Trotz des hohen Gewichts erreichte der Rennwagen immerhin eine Geschwindigkeit von 60 km/h.

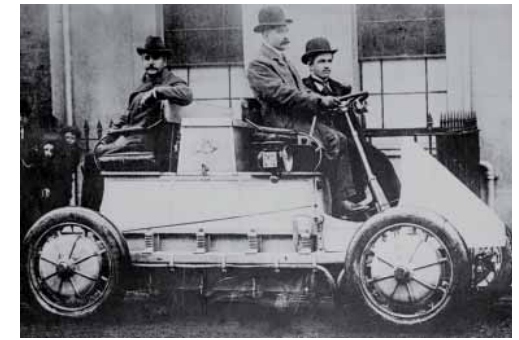


Bild 4 Lohner-Porsche mit vier Radnabenmotoren 1900 [1]

Um dem Nachteil der mangelnden Reichweite des reinen Elektrofahrzeugs zu begegnen, entwickelte Porsche noch im selben Jahr den „Semper Vivus“, ein Fahrzeug mit benzin-elektrischem Antrieb (Mixte – heute bekannt unter der Bezeichnung Range Extender), dem Vorläufer aller heutigen Automobile mit Hybridantrieb. Der Verbrennungsmotor lieferte über einen Generator Strom für die beiden Elektromotoren. Es war auch möglich, den Benzinmotor nach dem Start zu aktivieren, so dass der Elektromotor als Generator fungierte und den Akkumulator auflud. Bei Bedarf konnten auch beide Motoren parallel genutzt werden.

Auch das moderne Hybrid-Elektrofahrzeug (HEV) spart Kraftstoff, indem es die beim Bremsen freierwerdende kinetische Energie speichert und beim Beschleunigen wieder an einen Elektromotor zur Unterstützung des Verbrennungsmotors abgibt. Beim Anhalten und langsamer Fahrt wird letzterer abgeschaltet. Wird jedoch die volle Leistung benö-

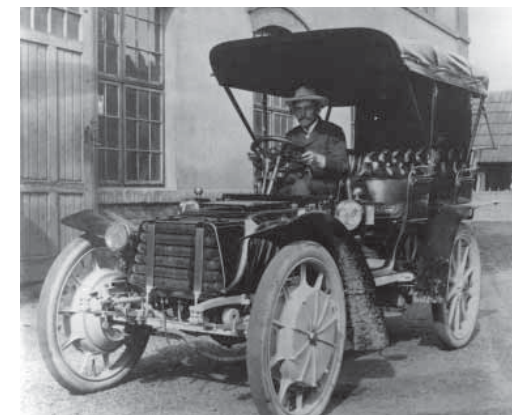


Bild 5 Lohner-Porsche-Mixte mit benzin-elektrischem Antrieb 1901 [1]

tigt, treiben Verbrennungsmotor und Elektromotor gemeinsam an. Der Vorteil der Leistungsteilung ist, dass man mit einem kleineren Verbrennungsmotor auskommt und die Beschleunigung durch die hervorragenden Drehmomenteigenschaften des Elektromotors verbessert wird.

Die meisten HEV besitzen eine Parallelkonfiguration, d. h. neben dem mechanischen Antriebsstrang, der vom Verbrennungsmotor zu den Rädern verläuft, verfügt das Fahrzeug über einen Elektromotor und einen großen Akku.

Bei der Reihenkonfiguration werden die Räder hingegen von einem oder mehreren Elektromotoren angetrieben und statt der mechanischen Verbindung zu den Rädern, treibt der Verbrennungsmotor einen Generator an, der den Strom für diese Motoren erzeugt. Dieses Hybridfahrzeug wird auch Plug-in-HEV genannt.

Während die ersten Hybridfahrzeuge sperrige Bleisäure-Akkus verwendeten, sind die Akkus heutzutage deutlich kleiner dimensioniert. Toyota und Honda, die in der Vermarktung effizienter und Kraftstoff sparender Hybridautos bereits weit vangeschritten sind, verwenden statt der Bleiakkus z. B. leichtere und umweltfreundlichere Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH). Ein weiterer Vorteil die-

ser Akkus liegt in der langen Lebensdauer. Der Nachteil allerdings betrifft den etwas schwachen Wirkungsgrad bei der Energieumformung und damit verbunden eine starke Erwärmung des Akkus beim Laden und Entladen. Der beste Ladewirkungsgrad herrscht bei einem Ladezustand von 50 bis 70 %. Durch diesen teilgeladenen Betrieb ist jedoch eine größere Masse erforderlich.

Parallelen zu den Entwicklungen in der Roboterwelt

Stellt man sich die Frage, welche parallelen Technologien eine ähnliche Entwicklung vollzogen haben und wohin die Reise des Automobils der Zukunft geht, so stellt man fest, dass der Ursprung des mechatronischen Ansatzes und der Trend hin zur Autonomie in der Roboterwelt zu finden ist.

In der Vergangenheit jedoch war der Roboter dem Automobil in dieser Hinsicht immer einen Schritt voraus, das Automobil hat aber mittlerweile stark aufgeholt. Besonders während der letzten Jahrzehn-

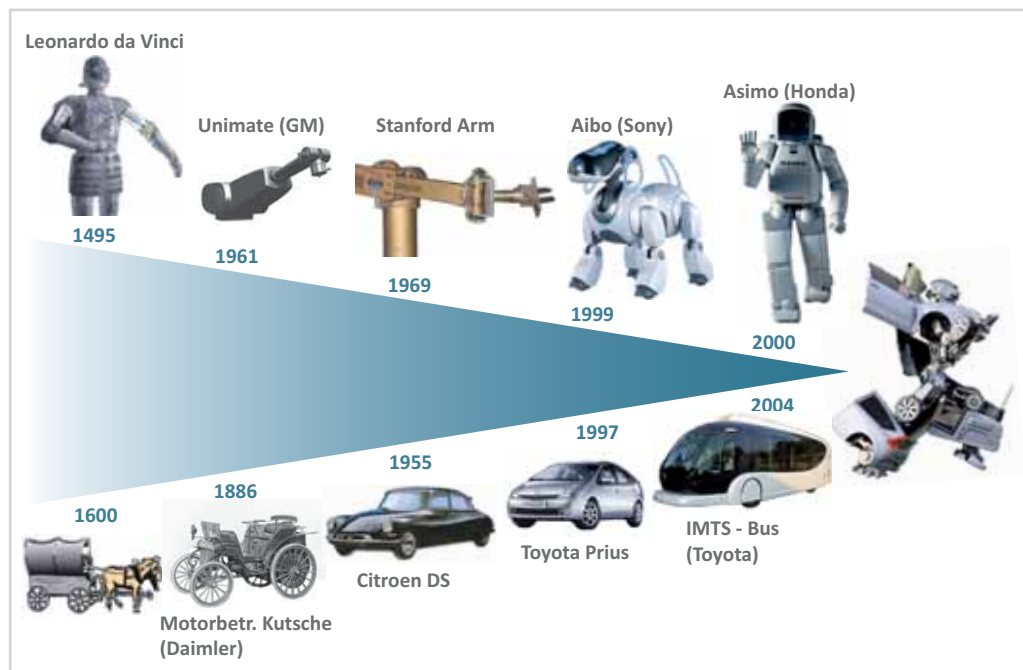


Bild 6 Entwicklungsschritte in der Roboter- sowie in der Automobilwelt

te fand eine kontinuierliche Annäherung statt, so dass die komplette Verschmelzung von Roboter und Automobil schon jetzt bei den gleichen Einsatzfeldern und ähnlichen Technologien zu erkennen und später vorprogrammiert ist. Heute ist die Vision, dass sich die Technologien des zukünftigen Automobils ganz mit der Moderne des Roboters verbinden.

Reduziert man nun Auto und Roboter auf deren Kernkomponenten, so erkennt man die grundsätzliche Übereinstimmung der klassischen Maschinen, die da wären: Powertrain, Control System, Body und Chassis. Der Antrieb einer Gelenkachse von einem Roboter ist daher prinzipiell vergleichbar mit dem Antrieb eines Rades im Auto. Es liegt daher nahe, die räumlichen und funktionellen Einheiten ähnlich wie beim Roboter zusammen zu führen. Diese Zusammenführung wird folgend „Robot-Wheel“ genannt.



Bild 7 Das intelligente Schaeffler Rad-Modul

Ausblick auf das Automobil der Zukunft

Ein erster verheißungsvoller Schritt hin zum „Robot-Wheel“ ist die Entwicklung der intelligenten Radlager der Schaeffler Gruppe. So wird hier zum Beispiel auf die „Modulbauweise“, bei der konstruktive Elemente der Radlager Umgebung mit dem Lager verbunden werden, gesetzt. Die Verknüpfung mechanischer und elektronischer Komponenten, wie beispielsweise messende Sensorik bei Rad- und Bremskraft, ist ein weiterer Entwicklungstrend.

Grundlage der Entwicklung sind in die Radlagereinheit integrierte Sensoren. Diese messen die Beanspruchungsverteilung im Radlager bei verschiedenen Fahrzuständen, wie Beschleunigen oder Bremsen. Über diese so genannte per-

manente Radkraftmessung sind alle Kräfte und Momente am Rad jederzeit erkennbar. Solche Radlager bilden damit die Grundlage für weiterreichende Assistenzsysteme über ABS oder ESP hinaus, mit denen die Längs- und Querdynamik des Fahrzeugs zur Sicherheit der Insassen kontrolliert werden kann.

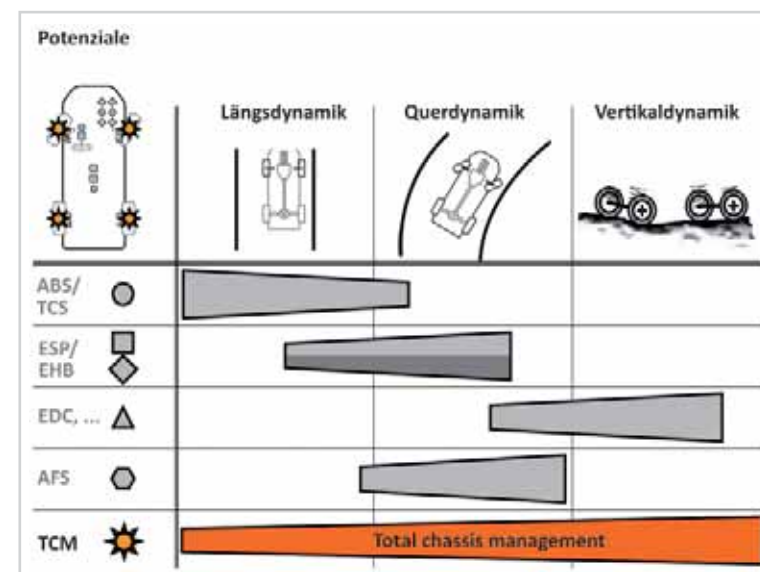
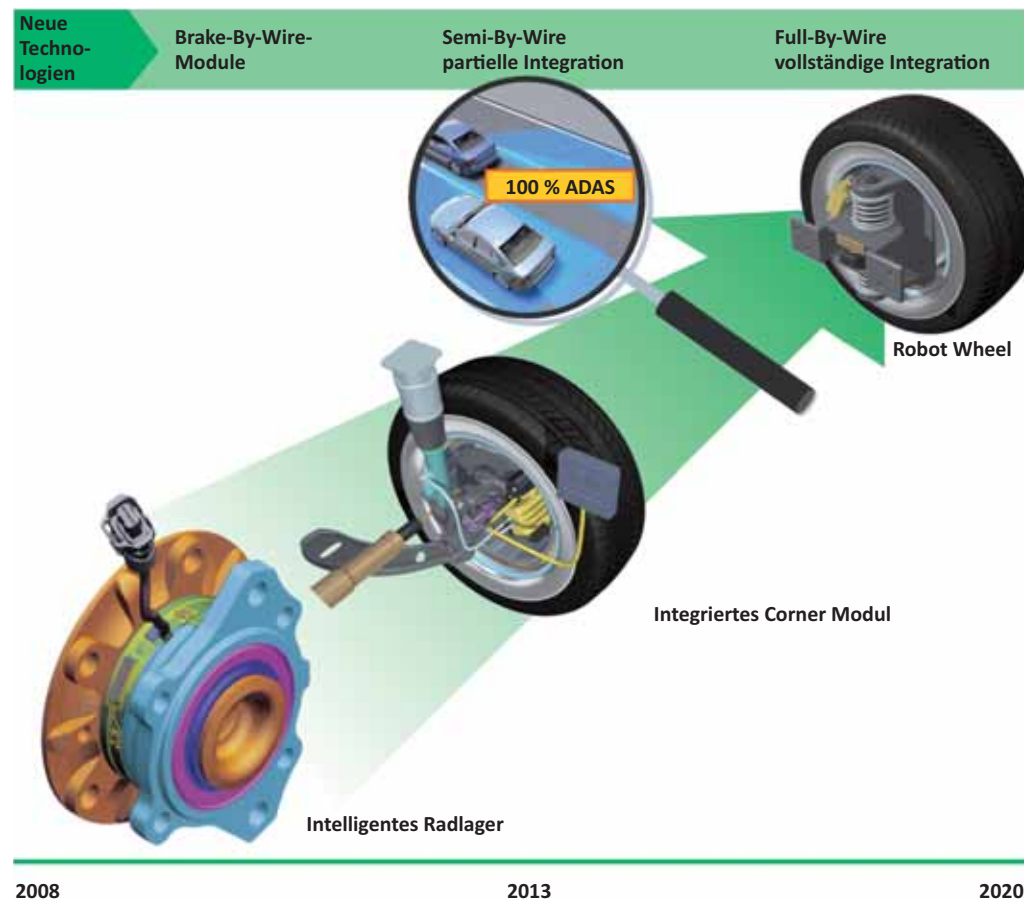


Bild 8 Längs- und Querdynamik des Fahrzeugs zur Sicherheit der Insassen



2008 2013 2020

Bild 9 Vom intelligenten Radlager zum „Robot-Wheel“

Neben dem Radnabenmotor wird die Integration von Lenkung und Dämpfung möglichst im Radmitelpunkt gesehen. Zunächst wird das Rad mechanische Komponenten wie Dämpfung und elektrische Bremsen mit der jeweiligen Sensorsignalaufbereitung beinhalten, aber auch elektronische Komponenten wie Reifendrucküberwachung (Tire-Guard) und Subsysteme der Chassis-Control-Einheit (Integriertes „Corner Modul“). In einem finalen Schritt kann die elektrische Lenkung in das Corner Modul integriert werden. Die Realisierung des „Robot-Wheels“ ermöglicht es schließlich, jedes der vier Räder individuell und aktiv durch „by-wire“ Befehle anzutreiben, abzubremesen, zu lenken und zu dämpfen.

Vorzustellen hat man sich dies, ähnlich wie beim Skateboard-Prinzip, dass Energieerzeugung und Antrieb in einer „Bodengruppe“ untergebracht

sind. Denkt man an zukünftige Energiespeicher oder auch Brennstoffzellentechnologien, so kann man erwarten, dass diese Konzepte bald Wirklichkeit werden. Mit dem Ausrüstungsgrad der Elektronik und der intelligenten Vernetzung/Verschmelzung der Komponenten steigt also auch der Grad der Autonomie des Fahrzeugs.



Bild 10 Skateboard mit Chassis und Body [2]

Literatur

- [1] Historisches Archiv der Porsche AG (www)
- [2] MIT Studie über Wheel Robot, 2005, <http://www.carbodydesign.com/detail.php?id=742>