

Thomas Weber

## Innovationen auf der nächsten S-Kurve – Das Beispiel der Brennstoffzelle

# Inhaltsverzeichnis

1. Die Brennstoffzelle – Eine „Disruptive Technology“
2. Die Brennstoffzelle als Alternative zum klassischen Verbrennungsmotor
  - 2.1 Herausforderung für die Automobilindustrie: Zukunftssichere Antriebstechnologien
  - 2.2 Mögliche Zukunftslösung: Die Brennstoffzelle
  - 2.3 Seit dem 19. Jahrhundert im Gange: Die wissenschaftlichen Vorarbeiten
3. DaimlerChrysler – Technologieführer beim Brennstoffzellen-Antrieb
  - 3.1 Zentrales Betätigungsfeld der Forschung: Innovationen in der Antriebstechnik
  - 3.2 Technologische Vorreiterrolle: Entwicklung der ersten Brennstoffzellen-Fahrzeuge
  - 3.3 Brennstoffzellen als Zulieferkomponente: Die strategische Brennstoffzellen-Allianz
  - 3.4 Sicherung der Zukunft: Intensive Zusammenarbeit mit potenziellen Lieferanten
4. Ausblick: Sprung auf nächste S-Kurve steht noch bevor
  - 4.1 Brennstoffzellen-Entwicklung gewinnt an Bedeutung
  - 4.2 Ursprünglicher Zeitplan zu optimistisch
  - 4.3 Noch einige Hürden zu nehmen

## Literaturverzeichnis

Dr. Thomas Weber ist seit Januar 2003 Stellvertretendes Mitglied des Vorstands der DaimlerChrysler AG und verantwortlich für Forschung und Technologie. Nach Berufsausbildung und Studium war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Stuttgart und am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung in Stuttgart, wo er auch promovierte. Ab 1987 übernahm er in der DaimlerChrysler AG verschiedene Leitungsfunktionen. Zuletzt leitete er das Werk Rastatt und war Sprecher der Geschäftsleitung A-Klasse.

# 1. Die Brennstoffzelle – Eine „Disruptive Technology“

Manche Innovationen sind so weitreichend, dass sie nicht nur Bestehendes verbessern, sondern für Anwender und Hersteller den Anfang einer neuen „S-Kurve“ markieren. Das Konzept der S-Kurve von McKinsey visualisiert den Lebenszyklus einer Technologie von der Entstehungsphase bis zu ihrer Ablösung durch eine neue Technologie: Nach FOSTER<sup>1</sup> beschreibt dabei das Verhältnis zwischen der Leistungsfähigkeit (bzw. dem Kundennutzen) und dem erforderlichen F&E-Aufwand eine S-Kurve (vgl. Abbildung 1), denn die Leistungsfähigkeit lässt sich zu Anfang durch F&E-Aufwand relativ stark steigern, während in einem reifen Entwicklungsstadium relativ hoher Aufwand erforderlich ist, um auch nur geringfügige Verbesserungen zu erreichen. Spätestens in dieser Phase haben Forschung und Entwicklung somit die Aufgabe, Erkenntnisse der Grundlagenforschung oder aus anderen Applikationen einzusetzen, um Alternativen zu den etablierten Lösungen zu prüfen.

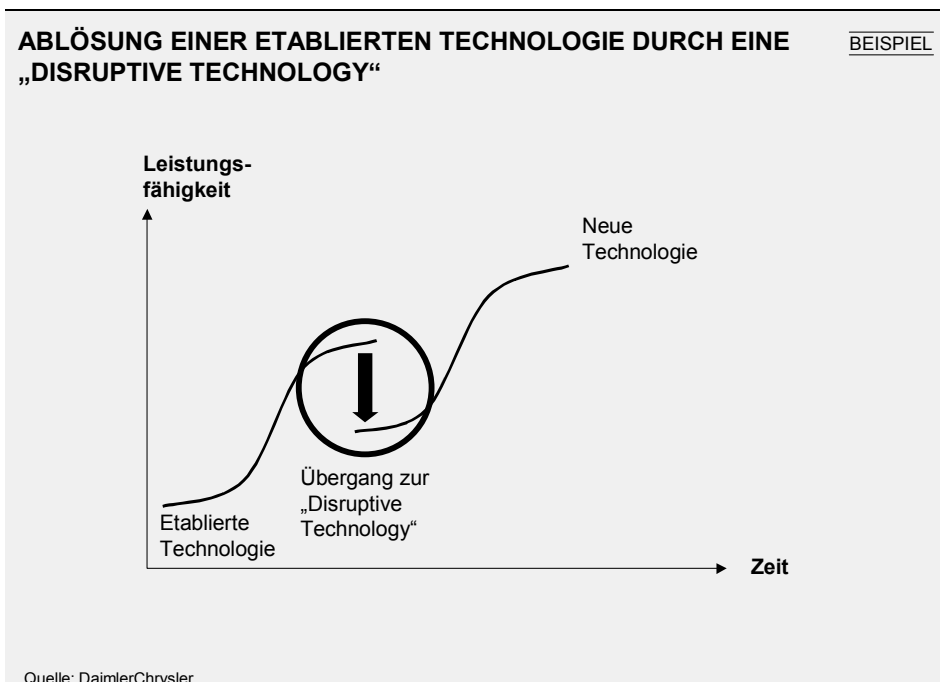


Abbildung 1

An den Überlagerungspunkten der beiden S-Kurven erreichen etablierte Technologien ihren Zenit, können sich also nicht mehr weiterentwickeln – gleichzeitig entstehen auf niedrigerem Niveau neue, grundsätzlich verschiedene Technologien, die unter Umständen hohes Potenzial mitbringen und die etablierte Technologie vollständig ablösen (so genannte Durchbruchstechnologien, englisch „*Disruptive Technologies*“). Eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit ist dann nur noch durch Übergang auf die neue Technologie zu erreichen. Dies kann sich innerhalb von etablierten Unternehmen abspielen – häufig entstehen daraus aber auch ganz neue Industrien.

Die Brennstoffzelle (BZ) ist ein Beispiel für eine solche Durchbruchstechnologie, bei deren Entwicklung DaimlerChrysler seit vielen Jahren als Schrittmacher fungiert. Dennoch vereint sie beide Entwicklungspfade in sich – denn ihr Aufgreifen durch die etablierte Automobilindustrie könnte durchaus zur Schaffung ganz neuer Industrien mit neuen Kompetenzen, Aufgabenfeldern und Produkten führen. Wir befinden uns hier mitten in einem Veränderungsprozess, dessen Tragweite derzeit noch nicht abschätzbar ist.

Wie dieser Prozess bisher verlaufen ist, welche Chancen sich eröffnen und welche Strategien DaimlerChrysler dabei einschlägt, soll der vorliegende Beitrag aufzeigen – ergänzt um einen Ausblick auf die Herausforderungen, die in der Zukunft zu meistern sein werden.

## 2. Die Brennstoffzelle als Alternative zum klassischen Verbrennungsmotor

### 2.1 Herausforderung für die Automobilindustrie: Zukunftssichere Antriebstechnologien

Die Geschichte des Automobils zeigt sehr anschaulich die Entwicklung von Innovationen und Technologien. Sie beginnt mit der Erfindung des Verbrennungsmotors 1876 durch Nicolaus August Otto und seiner erstmaligen Verwendung als Antrieb im Patent-Motorwagen Nr. 1 von Karl Benz 1886. Zeitgleich baute auch Gottlieb Daimler seinen 1883 entwickelten und 1885 zum Patent angemeldeten schnell laufenden Verbrennungsmotor in eine Motorkutsche ein, nachdem er bereits 1885 das erste zweirädrige Fahrzeug (Motor-Reitrad) damit angetrieben hatte.

Auf dieser Grundlage entwickelte sich die Innovation Automobil – ein revolutionäres Produkt, das das menschliche Bedürfnis nach Mobilität auf ganz neue Art befriedigen

konnte. Nach Einführung der Serienproduktion durch Henry Ford um 1910 entstand eine völlig neue Industrie mit sehr vielen Arbeitsplätzen. Für manche Länder – darunter Deutschland und die USA – wurde diese Branche einer der wichtigsten Eckpfeiler der Volkswirtschaft.

Heute ist das Auto ein ausgereiftes, technisch hochwertiges Produkt, das den spezifischen Anforderungen der Kunden immer besser gerecht wird. Neben dem ursächlichen Bedarf nach reiner Ortsveränderung oder Bewältigung von Transportaufgaben sind weitere Anforderungen hinzugekommen: Komfort, Sicherheit, Leistung, Design. Durch ständige Verbesserungen in diesen Bereichen müssen Automobilunternehmen nicht nur den Anforderungen des Markts, sondern auch ihrer Verantwortung gegenüber Umwelt und Gesellschaft gerecht werden. Aktuelle Herausforderungen sind die weitere Erhöhung der passiven und aktiven Sicherheit, Anwendungen der Telematik und nicht zuletzt die Verbesserung des Umweltschutzes: Im Mittelpunkt steht hier die Reduzierung des Verbrauchs und damit die Verringerung der Schadstoffemissionen – insbesondere des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.

Die Vision eines schadstofffreien und umweltverträglichen Verkehrs führt zu immer neuen Innovationen, die sich auch in der Weiterentwicklung des Antriebsstrangs widerspiegeln: Die klassischen Otto- und Diesel-Verbrennungsmotoren haben technisch einen derart hohen Stand erreicht, dass ihre Leistungsfähigkeit die theoretisch möglichen Wirkungsgrade von Wärmekraftmaschinen schon fast erreicht. Ihr Hauptnachteil aber liegt in der Abhängigkeit von fossilen Energierohstoffen: Diese setzen neues Kohlendioxid frei, dessen Einfluss auf die Umwelt – wenn auch wissenschaftlich noch umstritten – als stark negativ angenommen wird. Mit regenerativen Energiequellen ist das Problem zu umgehen: Insbesondere biogene Energierohstoffe (Pflanzenöl, Zucker oder Stärke, aber auch Holzabfälle und Stroh sowie andere pflanzliche Materialien), die in biosynthetische Kraftstoffe umgewandelt werden, sind bei ihrer Verbrennung im klassischen Motor CO<sub>2</sub>-neutral, denn sie setzen lediglich das Kohlendioxid frei, das sie der Atmosphäre beim Wachstum entnommen haben. Der klassische Verbrennungsmotor hat also durchaus noch Zukunftspotenzial.

Dennoch – und angesichts der nahezu erreichten Leistungsgrenzen – sucht man bereits nach weitreichenderen Alternativen. Ziel ist es, eine wirksame Kombination aus (regenerativem) Energierohstoff und maximalem Wirkungsgrad der Energiewandlung zu finden.

## 2.2 Mögliche Zukunftslösung: Die Brennstoffzelle

Auf der Suche nach alternativen Antriebstechnologien hat sich eine Vision herauskristallisiert: eine mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle, welche elektrisch angetriebene Fahrzeuge mit Strom versorgt.