

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 129 (2003)  
**Heft:** Dossier (46/03): Innovative Fahrzeugtechnologie

**Artikel:** Mögliche Konzepte für eine nachhaltigere individuelle Mobilität  
**Autor:** Dietrich, Philipp  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108860>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Mögliche Konzepte für eine nachhaltigere individuelle Mobilität

Der Verkehr ist derjenige Energiebereich mit dem höchsten Wachstum. Global gesehen wird die individuelle Mobilität in den nächsten 30 Jahren wohl zu einer Verdoppelung der Anzahl Personenwagen auf unserem Planeten führen. Unter diesen Voraussetzungen kommt der Verbrauchsreduktion der Fahrzeuge eine zentrale Bedeutung zu. Ausgehend von Personenwagen – und unter der Annahme, dass die Sport-Utility-Vehicles eine vorübergehende Erscheinung bleiben werden – liegen in der Massenreduktion des Fahrzeugs und der Effizienzsteigerung des Antriebes die grössten Verbesserungspotenziale.

## Drei Ansätze für effizientere Antriebe

Im Folgenden werden drei Konzepte zur Effizienzsteigerung des Antriebs betrachtet und ihre Potenziale kurz dargestellt. Dabei kann zum einen der Verbrennungsmotor zusammen mit dem Getriebe verbessert werden. Als weiterer Ansatz ist die Kombination eines Verbrennungsmotors mit einem Elektromotor zu einem Hybridantrieb zu nennen. Mit der Integration eines Elektromotors kann die Bremsenergie genutzt und so die erforderliche Primärenergie reduziert werden. Als dritter Ansatz kann der Verbrennungsmotor durch eine Brennstoffzelle ersetzt werden.

Beim Verbrennungsmotor können die Schadstoffemissionen mit Einsatz von Erdgas so tief gesenkt werden, dass die strengsten Emissionsvorschriften (SULEV) erfüllbar werden. Zudem besteht in einem für reinen Erdgasbetrieb ausgelegten Fahrzeug die Möglichkeit, die Kompression zu erhöhen und die Drosselverluste zu reduzieren, so dass die Energieeffizienz gegenüber dem saugrohreingespritzten Benzinbetrieb um 5 bis 10 % verbessert werden kann. Der Dieselmotor behält im städtischen Betriebsbereich einen Verbrauchsvorteil von ca. 15–20 % gegenüber dem Benzinmotor.

Ein Hybridantrieb besteht aus einem Elektromotor und einem Verbrennungsmotor. Gegenüber den ersten Hybridantrieben verfügen heutige Konzepte nicht mehr über die spezifische Eigenschaft, eine gewisse Strecke nur rein elektrisch angetrieben zurücklegen zu müssen. Vielmehr steht der Wirkungsgrad des Antriebes im Mittelpunkt. Mit dem Elektromotor wird gefahren, falls die benötigte Energie dadurch kleiner wird als beim Betrieb mit dem Verbrennungsmotor. Die elektrische Leistung bei diesen «Mild-Hybrid»-Konzepten ist

meist kleiner als 25 % der Leistung des Verbrennungsmotors.

Die Hauptvorteile liegen in einem möglichen Start-Stop-Betrieb, der kurzfristigen Unterstützung des Verbrennungsmotors in dynamischen Betriebsphasen (Beschleunigung) und der Nutzung der Bremsenergie sowie einer effizienteren Bereitstellung der elektrischen Bordnetzleistung. Weiter kann die Elektromaschine auch zur Schwingungsdämpfung eingesetzt werden.

Die Leistungsfähigkeit des Antriebes wird massgeblich durch die Kapazität der Batterie bestimmt, wobei die Tendenz Richtung 42-V-Batterie geht. Meist steht eine Bleibatterie zur Diskussion, die allenfalls mit Supercaps kombiniert für höhere Kurzzeitleistungen genutzt wird. Durch die Integration der Elektromaschine in den Antrieb kann der Verbrauch gegenüber dem konventionellen Antrieb (Verbrennungsmotor mit Getriebe) nochmals um ca. 15 % reduziert werden.

## Kalte Energie aus der Zelle

Mit dem Einsatz einer Brennstoffzelle wird die Energie nicht mehr über Wärme in mechanische Leistung umgesetzt, sondern es wird direkt durch einen elektrochemischen Prozess elektrischer Strom erzeugt. Dabei besteht die thermodynamische Wirkungseinschränkung von Carnot nicht mehr. In der automobilen Anwendung steht die Niedertemperaturbrennstoffzelle – die Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEM-BZ) – im Vordergrund. Sie setzt Wasserstoff mit Luftsauerstoff in Wasser um und erzeugt elektrische Energie. Das Herzstück ist eine protonenleitende Membran, die für Elektronen nichtleitend ist, so dass diese über einen externen Pfad auf die Gegenseite der Membran geführt werden müssen und auf diesem Weg als elektrischer Strom genutzt werden können. Der Wirkungsgrad dieser elektrochemischen Umwandlung nimmt mit zunehmender Leistung monoton ab und erreicht bei Nennleistung einen minimalen Wert von ca. 50 %. Pro Zelle wird eine Nutzspannung von 0,6 bis 1 Volt erzeugt. Zur Erzielung einer technisch sinnvoll nutzbaren Spannung werden viele Zellen in Serie geschaltet, wobei Spannungen von einigen 100 Volt keine Seltenheit sind. Diese Zellenstapel sind passive Komponenten, die keine bewegten Teile aufweisen. Sie müssen mit den benötigten Medien (Wasserstoff als Treibstoff, Luftsauerstoff als Oxidationsmittel und



1

**HY-Power unterwegs vor dem Paul Scherrer Institut**

2

**Angetrieben mit Wasserstoff ist das Brennstoffzellenfahrzeug HY-Power unterwegs auf den Simplonpass  
(Bilder: Paul Scherrer Institut PSI)**

Kühlwasser) versorgt werden. Die dazu notwendigen Hilfsaggregate verbrauchen einen Teil der erzeugten Elektrizität, so dass für den Nutzer eine reduzierte Leistung zur Verfügung steht. Gleichzeitig wird dadurch der Umsetzungswirkungsgrad des Brennstoffzellensystems reduziert.

Beim Brennstoffzellenantrieb erfolgt der gesamte Antrieb des Fahrzeugs über einen Elektromotor. Dies hat zwei Vorteile. Zum einen kann die Nennleistung des Motors gegenüber einem vergleichbaren Verbrennungsmotor deutlich reduziert werden, da im Fahrtrieb meist nicht die Nennleistung, sondern der Verlauf des Drehmoments entscheidend ist. Beim Elektromotor steht das maximale Drehmoment meist schon ab Stillstand zur Verfügung, so dass sehr gute Beschleunigungswerte erzielt werden können. Zudem kann ein Elektromotor kurzfristig bis zur doppelten Leistung überlastet werden, was das Leistungsgewicht zusätzlich verbessert. Der zweite Vorteil ist der deutlich breitere

nutzbare Drehzahlbereich der Elektromaschine. Als Konsequenz kann das Getriebe meist einfacher gestaltet werden, teilweise kann ein Schaltgetriebe sogar ganz entfallen, was zu Gewichts- und Kosteneinsparungen führt.

### **Ganzheitliche Bilanz**

In einem weiten Lastbereich kann das Brennstoffzellensystem mit einem Wirkungsgrad oberhalb von 40 % betrieben werden. Zusammen mit dem Elektromotor kann ein Wirkungsgrad im durchschnittlichen Verkehr von rund 35 % erzielt werden. Dies stellt für das Brennstoffzellenfahrzeug eine Halbierung des Energieverbrauchs im Stadtverkehr gegenüber dem saugrohreingespritzten Benzinfahrzeug dar.

Zur Beurteilung des Verbrauchsvorteils im Fahrzeug (Tank zum Rad) muss auch der Energieaufwand zur Erzeugung des Treibstoffes berücksichtigt werden. Dabei stellt der Wasserstoff einen Energieträger dar, er ist aber keine Primärenergiequelle. Wird der Wasserstoff aus fossilen Energiequellen hergestellt (in diesem Falle meist Erdgas), bleibt der Brennstoffzellenantrieb zwar immer noch die energetisch sinnvollste Lösung, der Vorsprung gegenüber einem Hybridkonzept mit Verbrennungsmotor schmilzt aber auf wenige Prozentpunkte. Bei der Verwendung von Strom aus dem europäischen Strommix mit seinem erheblichen Anteil an durch Kohleverbrennung erzeugtem Strom muss sogar mehr Energie aufgewendet werden als bei einem Benzinmotor.

Zieht man aber in Betracht, dass die Energieträger für den Verkehr dereinst mehrheitlich auf regenerativen Energieträgern (beispielsweise Solarenergie) basieren sollen, käme der Effizienzvorteil der Brennstoffzelle wieder voll zum Tragen.

Bis dahin sind jedoch noch verschiedene technische Lösungen zu suchen, die Brennstoffzellen zu einer kostengünstigen, zuverlässigen und effizienten Technologie der Energieumwandlung im Auto werden lassen.

---

Dr. sc. techn. Philipp Dietrich  
Kordinator Technologietransfer  
Paul Scherrer Institut PSI  
CH-5232 Villigen  
philipp.dietrich@psi.ch