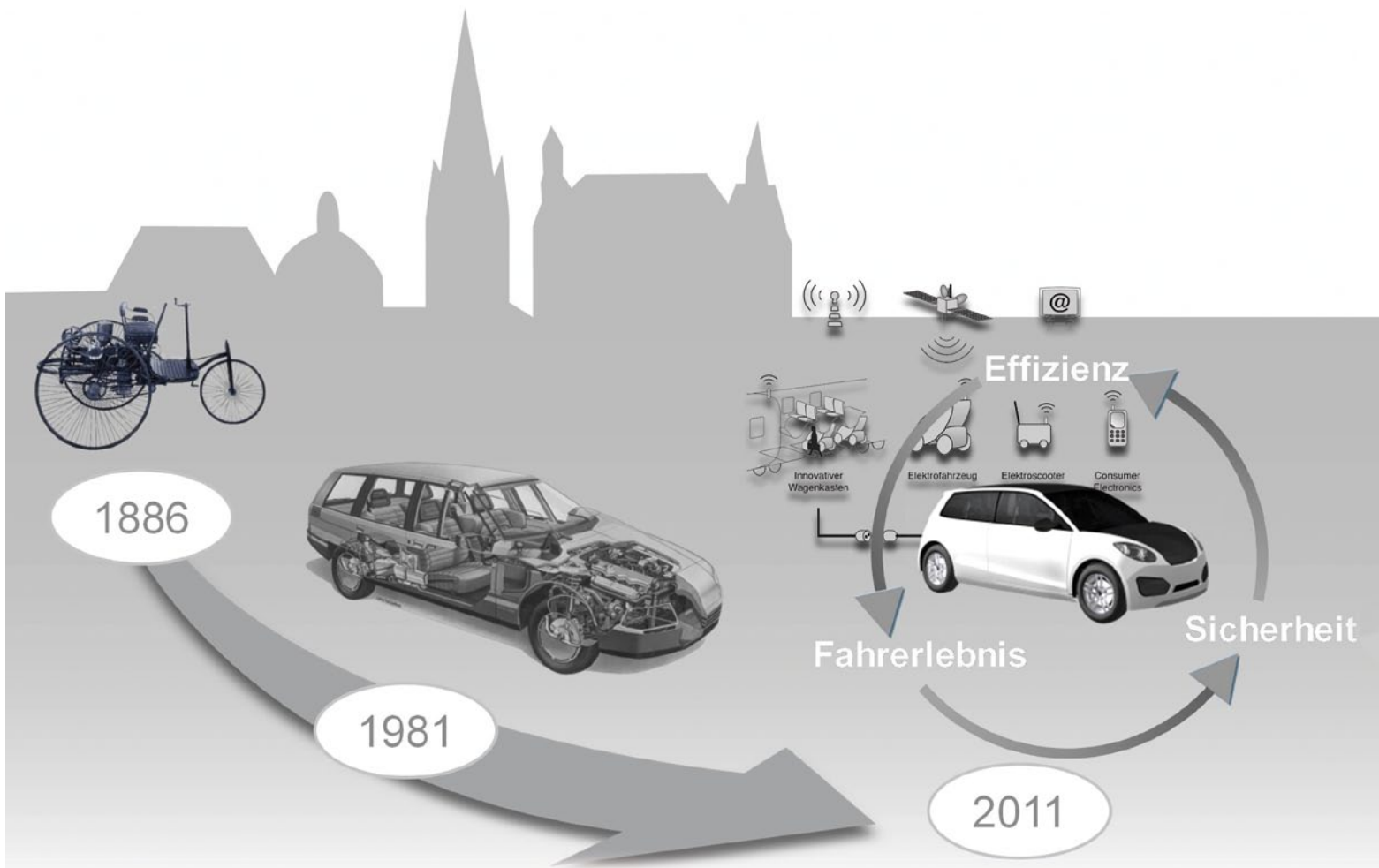
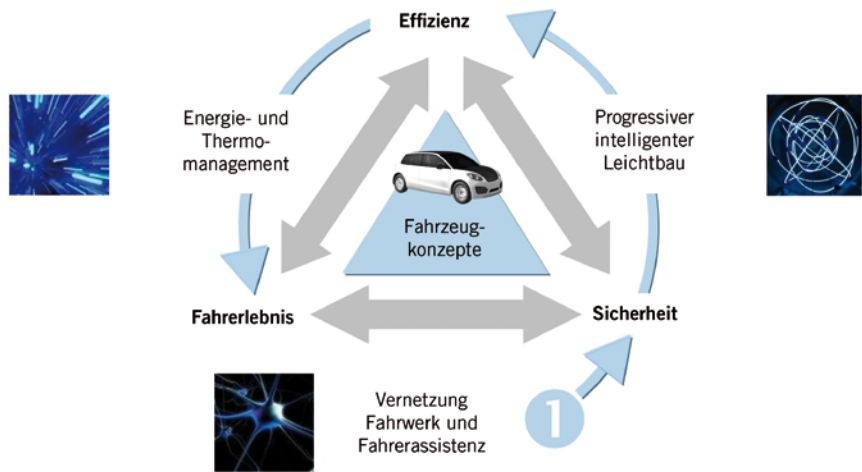


FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE FÜR DAS AUTOMOBIL DER ZUKUNFT

Zukünftige Mobilitätskonzepte sind ein wichtiger Untersuchungsgegenstand. Bei der Erforschung sollten heutige Gegebenheiten und Annahmen konsequent infrage gestellt werden. Der hohe Vernetzungsgrad des Forschungsfelds erfordert eine noch engere Kooperation zwischen der Automobilindustrie, der Energiewirtschaft, der Chemie- und IT-Branche sowie des Schienenfahrzeugsektors, mahnt Professor Lutz Eckstein.





1 Zieleigenschaften, Zielkonflikte und resultierende Forschungsfelder

SYMBOL DEUTSCHER INGENIEURKUNST

Das Automobil spielt heute weltweit eine herausragende Rolle – technologisch, wirtschaftlich wie gesellschaftlich. Speziell in Deutschland haben etwa 10 % der Patente Automobilbezug, der motorisierte Individualverkehr trägt mit über 80 % zur Gesamtpersonenbeförderungsleistung bei, mehr als 800.000 Menschen arbeiten bei Automobilherstellern und -zulieferern und weitere 1.100.000 Arbeitsplätze hängen direkt von der Automobilindustrie ab [1, 2, 3]. Während das Automobil vor über 100 Jahren nur wenigen Menschen vorbehalten war und das Autofahren technische Expertise und eine Portion Kühnheit erforderte, ist es längst zur Selbstverständlichkeit geworden, wie die Zahl von 566 Fahrzeugen auf 1000 Einwohner in Deutschland belegt [4]. Längst prägt das Automobil die Wahrnehmung Deutschlands in aller Welt und ist zum Symbol deutscher Ingenieurkunst geworden.

Diese Erfolgsgeschichte ist das Produkt gemeinsamer Anstrengungen der Automobilindustrie im engen Austausch mit der Wissenschaft in einem zukunftsorientierten politischen Rahmen. Als Symbol dieser Kooperation gilt das Forschungsprojekt UNI-Car, das 1981 durch die fahrzeugtechnischen Lehrstühle der TU Darmstadt, der RWTH Aachen, der TU Berlin sowie der Universität Stuttgart in Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie konzipiert und auf der IAA vorgestellt wurde [5].

DIE HERAUSFORDERUNGEN

Die aktuellen Herausforderungen lassen sich den drei Kategorien der Nachhaltigkeit zuordnen. Prominentester Vertreter der ökologischen Herausforderungen ist der Klimawandel, zu welchem der Pkw- und Nfz-Verkehr weltweit mit etwa 19 % der in Summe 4 % anthropogenen CO₂-Emissionen beiträgt [6]. Die ökonomischen Herausforderungen reichen von der Endlichkeit fossiler Ressourcen über Wechselkursrisiken bis hin zur Frage nach der Verfügbarkeit lokal sehr unterschiedlich konzentrierter Rohstoffe wie den Seltenen Erden. Nicht weniger bedeutend sind die gesellschaftlichen Herausforderungen, die sich zudem global am stärksten unterscheiden: Während wir in Europa beispielsweise vor der Frage stehen, wie wir eine alternde, an einen hohen Mobilitätsstandard gewöhnte Gesellschaft auch im Sinne einer Entlastung der Sozialsysteme möglichst lange mobil halten können, sind in Indien (8 Fahrzeuge/1000 Einwohner) und China (22,5/1000) weite Teile der Gesellschaft bislang weder motorisiert noch gibt es abseits der großen Zentren eine moderne Verkehrsinfrastruktur oder eine flächendeckende Fahrausbildung [4]. Allein der Umstieg vom Zweirad auf ein einfaches motorisiertes vierrädriges Fahrzeug wird vor dem Hintergrund Hunderttausender Verkehrstoter pro Jahr als wesentlicher Schritt bewertet [7].

Deshalb kann und wird es nicht eine einzige Technologie oder Lösung geben,

sondern wir sehen einer Zeit entgegen, in der eine Vielfalt von Fahrzeugkonzepten und Antriebstechnologien erforderlich sein wird, um den sehr unterschiedlichen markt- und kundenspezifischen Anforderungen Rechnung zu tragen.

GESTALTUNGSZIELE UND VISION

Trotz der divergenten und vielfältigen Herausforderungen lassen sich drei übergeordnete Gestaltungsziele formulieren.

Das Ziel der Effizienz resultiert unmittelbar aus der Endlichkeit fossiler Ressourcen sowie der Notwendigkeit, Mobilität wirtschaftlich darzustellen und betrifft dabei sowohl den Energieverbrauch des Betriebs als auch den Ressourcenbedarf zur Herstellung zukünftiger Kraftfahrzeuge. In Anbetracht von jährlich mehr als 1 Million Verkehrstoten weltweit muss ein weiteres Ziel von Politik, Industrie und Wissenschaft sein, die Sicherheit des Systems Fahrer-Fahrzeug-Umfeld signifikant zu verbessern. Speziell die forcierte Einführung der Elektromobilität wirft zahlreiche sicherheitsrelevante Fragestellungen auf, die nicht als gelöst betrachtet werden können. Während Effizienz und Sicherheit notwendige Voraussetzungen für zukünftige Automobile darstellen, bedarf es eines dritten Gestaltungsziels als hinreichende Bedingung, damit eine große Zahl von Kunden bereit ist, ein neues Kraftfahrzeug zu kaufen: das Fahrerlebnis. Dies ist dabei nicht gleichzusetzen mit Fahrdynamik, sondern umfasst genauso die gesamte Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug, einschließlich Aspek-

ten wie Akustik und Fahrkomfort. Aus der Verbindung dieser drei übergeordneten Gestaltungsziele lässt sich die Vision eines emissions- und unfallfreien Fahrerlebnisses formulieren.

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Effizienz, Sicherheit und Fahrerlebnis spannen die Ecken eines Zielkonfliktdreiecks auf, aus welchem wesentliche Forschungsschwerpunkte für das Automobil der Zukunft resultieren, ❶.

Der Zielkonflikt zwischen Fahrerlebnis und Sicherheit erfordert die Entwicklung innovativer, vernetzter Fahrerassistenz- und Fahrwerkregelsysteme. Auf der Ebene der Fahrzeugstabilisierung führte die Einführung des ESP zu einer statistisch signifikanten Verbesserung der Sicherheit, wie sie 2004 erstmals nachgewiesen wurde [8]. Die konsequente Weiterentwicklung erfordert einen gesamtheitlichen Ansatz, weg von einer Ansammlung von Systemen hin zu integrierten Systemen mit schlüssigem Interaktions- und koordiniertem Funktionskonzept. Dies bedingt die Neustrukturierung der Intelligenz des Kraftfahrzeugs im Sinne eines zentralen „Fahrzeuggehirns“, das zudem die Aktionen intelligenter Stellglieder koordiniert.

Auf der Ebene der Fahrzeugkomponenten stellt der Leichtbau ein zweites wesentliches Forschungsfeld dar, um den Zielkonflikt zwischen Sicherheit und Effizienz zu adressieren. Trotz der belegbaren Wirksamkeit von Fahrerassistenzsystemen wird es in den kommenden Jahrzehnten immer noch zu Verkehrsunfällen kommen. Damit kann auf schützende Strukturen und Systeme nicht grundsätzlich verzichtet werden. Gleichzeitig ist eine hohe Integrität und Steifigkeit der Fahrgastzelle und Fahrwerksbauteile unerlässlich, um eine ausreichende Sicherheit zu gewährleisten und das gewünschte Fahrerlebnis zu erzielen. Dies hat in Summe entscheidende Auswirkungen auf die Masse und damit auf die Effizienz, was auch bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen zu intensiven Leichtbaubestrebungen führt [9].

Die Anstrengungen zur Reduktion der Fahrzeugmasse müssen sich somit auf alle Komponenten und Systeme des Automobils erstrecken und erfordern über einen Werkstoffleichtbau hinausgehende Bauweisen und funktionsintegrierte Lösungen nach dem Vorbild der Luftfahrt, ❷, [10, 11].

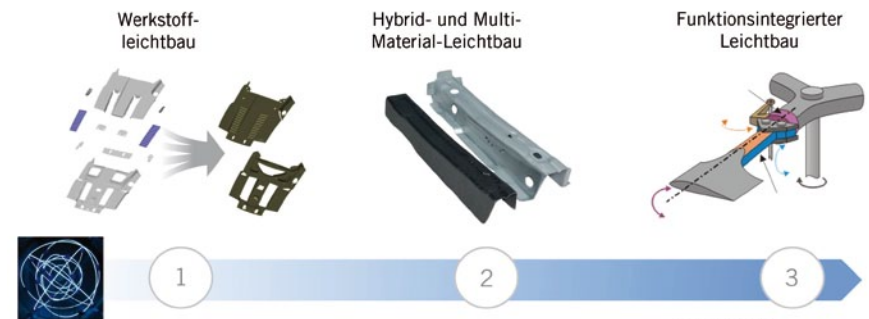
Vor dem Hintergrund der markt- und segmentspezifischen Anforderungen wird es auch hier nicht eine einzige Lösung geben, sondern einen Wettbewerb um die jeweils beste Lösung – seien es höchstfeste Stähle, Leichtmetalle, FVK-Strukturen oder eine Kombination verschiedener Materialien und Fertigungsverfahren [12].

Obwohl ein leichtes Fahrzeug nicht nur optimale Voraussetzungen für Effizienz, sondern auch ein hohes Maß an Agilität und gute Fahrleistungen bietet, bedarf das Auflösen des grundsätzlichen Zielkonflikts zwischen Effizienz und Fahrerlebnis weiterer Ansatzpunkte, die nicht nur für reine Elektrofahrzeuge Potenzial versprechen. Zum einen kann durch einen (teil-)elektrifizierten Antriebsstrang bis zu 30 % der kinetischen Energie des Fahrzeugs rekurriert und als mechanische Antriebsenergie reinvestiert werden [9]. Zum anderen eröffnet die Betrachtung des Kraftfahrzeugs als thermodynamisches Gesamtsystem vielfältige Möglichkeiten, chemische,

elektrische, thermische und mechanische Energieflüsse durch geeignete Umwandlungs- und Speicherungsprozesse miteinander zu verknüpfen.

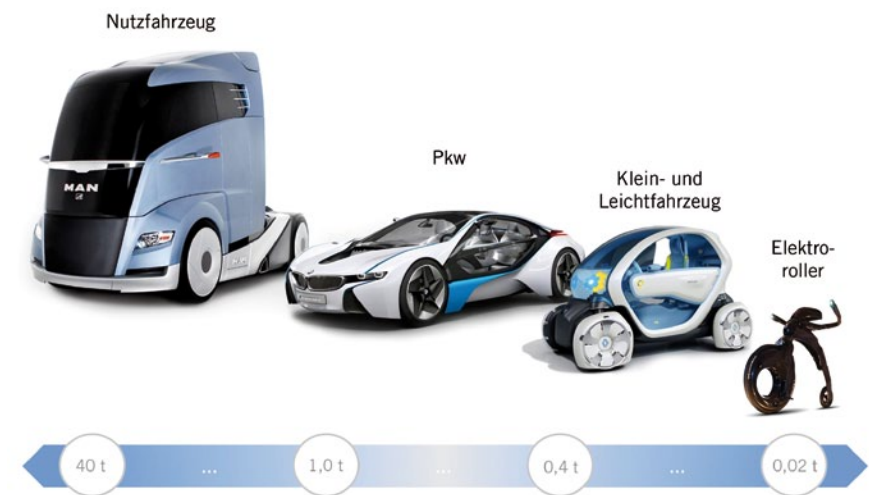
INNOVATIVE FAHRZEUGKONZEPTE

Im Zentrum des Zieledreiecks Effizienz–Sicherheit–Fahrerlebnis steht die Frage nach innovativen Fahrzeugkonzepten. Kraftfahrzeuge sind gemäß dem deutschen Verkehrsgesetz vom 3. Mai 1909 definiert als „Landfahrzeuge, die durch Maschinenkraft bewegt werden, ohne an Bahngleise gebunden zu sein“. Nicht nur deshalb sollte das Augenmerk von Forschung, Industrie und Politik weit über elektrisch angetriebene Kleinwagen hinaus reichen und die gesamte Spannweite vom E-Roller bis hin zum schweren Nutzfahrzeug abdecken, ❸. Letztere genießen aktuell zu wenig Aufmerksamkeit, obwohl diese insbesondere im Fernverkehr auf lange Sicht vorwiegend verbrennungsmotorisch angetrieben sein werden.



❷ Progressiver intelligenter Leichtbau

Vorbild Luftfahrt: Funktionsintegrierter FVK-Rotorhals des BO 105



❸ Fahrzeugkonzepte MAN Concept S, BMW Vision Efficient Dynamics, Renault Twizy, E-Roller Yike



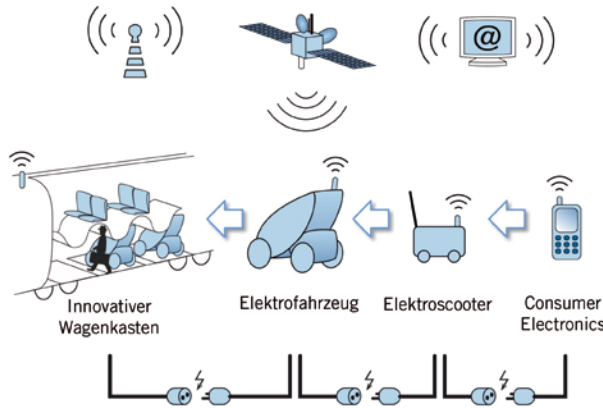
Informatorische Integration



Physikalische Integration



Energetische Integration



4 Integriertes Mobilitätskonzept

Während in China schon heute mehr als 120 Millionen Elektroroller am Straßenverkehr teilnehmen und als technische Ausgangsbasis für sehr einfache elektrisch angetriebene Kleinstfahrzeuge dienen, wird in Europa die Kategorie der Leicht-Kraftfahrzeuge auf Grundlage der EU-Richtlinie 2002/24/EG nur sehr langsam erschlossen [13, 14].

Eine wesentliche Ursache für diese langsame Entwicklung besteht in den begrenzten Möglichkeiten, bei maximal 400 kg Leergewicht ohne Batterie (Klasse L7e) ein hinreichendes Maß an Sicherheit darzustellen. Umgekehrt muss die Frage erlaubt sein, ob das Szenario einer sogenannten „Megacity“, in die Kleinfahrzeuge mit einer batteriebedingten Masse jenseits der Marke von 1000 kg weder besonders energie- noch raumeffizient bewegt werden, als zukunftsweisend gelten mag.

Zukünftige Mobilitätskonzepte sollten deshalb einen weiteren zentralen Forschungsschwerpunkt darstellen, der unter anderem die heutige Verkehrsraumtrennung in Fußgänger einerseits und Radfahrer bis 40-Tonner andererseits konsequent infrage stellt. Ergebnis könnte eine Kombination aus einer „Leichtfahrzeugzone“ und einem intermodalen Verkehrskonzept sein, das nicht nur eine physikalische Integration der Verkehrsträger vorsieht, sondern auch eine vollständige energetische und informatorische Vernetzung ermöglicht, 4.

Ein Mobilitätskonzept, das beispielsweise aufgrund einer räumlichen beziehungsweise zeitlichen Trennung das Aufeinandertreffen von schweren Nutzfahrzeugen und Leichtfahrzeugen vermeiden würde, eröffnet eine neue Dimension von

Effizienz, Sicherheit und Fahrerlebnis – und ermöglicht zudem eine signifikante Verbesserung der Fußgängersicherheit.

DER WEG IN DIE ZUKUNFT

Der hohe Vernetzungsgrad der genannten Forschungsfelder erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit nicht nur im Bereich der Wissenschaft, sondern auch eine umfassende Kooperation zwischen der Automobilindustrie, der Energiewirtschaft, der Chemie- und IT-Branche sowie des Schienenfahrzeugsektors. Vor dem Hintergrund eines zunehmenden Ingenieurmangels einerseits und einer wachsenden Bedeutung von Innovationen und Patenten im internationalen Wettbewerb andererseits, gilt es, den Austausch zwischen Politik, Industrie und Wissenschaft weiter zu intensivieren und die genannten Forschungsfelder konsequent durch interdisziplinäre Projekte zu adressieren.

LITERATURHINWEISE

- [1] Rudloff-Schäffer, C.: DPMA Jahresbericht 2009. Deutsches Patent- und Markenamt, München, 2010
- [2] Egeler, R.: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Indikatorenbericht 2010. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2010
- [3] N.N.: Input-Output-Rechnung – Rund drei Millionen Erwerbstätige in Deutschland sind von Produktion, Vertrieb oder Instandhaltung der Kraftfahrzeuge abhängig. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2010
- [4] N.N.: Basisdaten Personenkraftwagen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2010
- [5] Breuer, B.; Helling, J.; Appel, H.; Willumeit, H. P.; Essers, U.: Das Uni-CAR – Projektbroschüre. Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Bonn 1981
- [6] Bernstein, L.: IPCC – Climate Change 2007: Synthesis Report. A report of the intergovernmental panel on climate change, Genf, 2008
- [7] Winterhagen, J.: Der Traum des Moguls. Interview mit Ratan N. Tata. Automotive Agenda 05, Springer Automotive Media, Wiesbaden, 2010
- [8] Unsel, T.; Breuer, J.; Eckstein, L.; Frank, P.: Avoidance of „loss of control accidents“ through the benefits of ESP. FISITA World Automotive Congress. Sociedad de Tecnicos de Automocion, Barcelona, 2004
- [9] Eckstein, L.; Hartmann, B.; Schmitt, F.: Kosteneinsparpotenzial durch Leichtbau bei Elektrofahrzeugen. Lightweight Design, Ausgabe 05/2010. Vieweg+Teubner – Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2010
- [10] Sahr, C.; Berger, L.; Lesemann, M.: Systematische Werkstoffauswahl für die Karosserie des SuperLight Car. ATZ Ausgabe 05/2010, 112. Jahrgang. Springer Automotive Media – Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2010
- [11] Eckstein, L.; Ickert, L.; Goede, M.: Belastungsgerechte Leichtbaustrukturen im Automobil aus Faserverbundstrukturen. Lightweight Design, Ausgabe 06/2010. Vieweg+Teubner – Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2010
- [12] N.N.: Das InCar-Projekt von ThyssenKrupp – ATZextra. Springer Automotive Media – Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2009
- [13] Ma, J.: The way to E-Mobility in City. School of Automotive Studies, Tongji Universität, 2010
- [14] N.N.: Richtlinie 2002/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates: Typgenehmigung für zweirädrige oder dreirädrige Kraftfahrzeuge. EU, 2002



AUTOR

PROF. DR.-ING. LUTZ ECKSTEIN
ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge
an der RWTH Aachen.