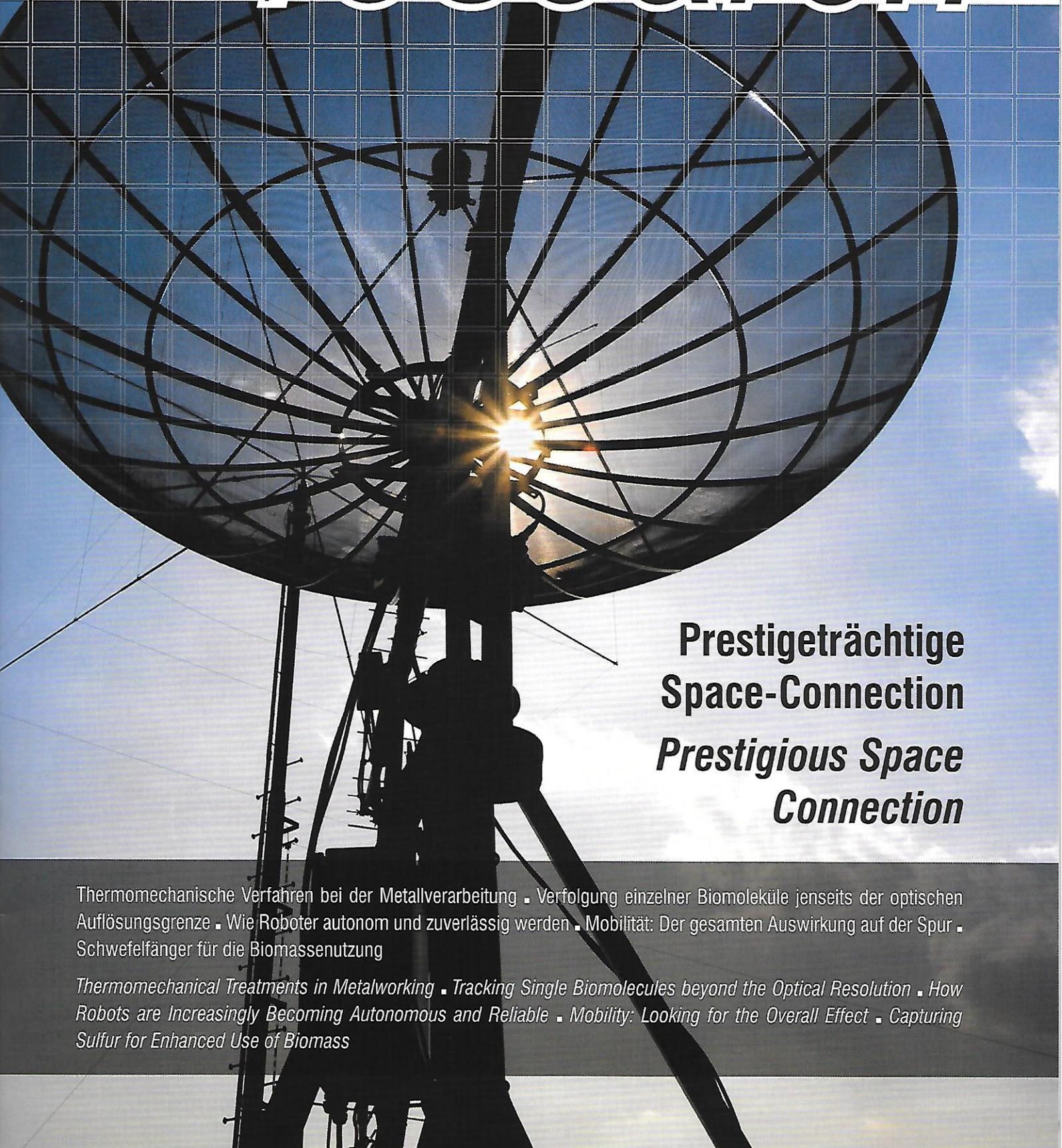


# TU GRAZ *research*



## **Prestigeträchtige Space-Connection *Prestigious Space Connection***

Thermomechanische Verfahren bei der Metallverarbeitung ■ Verfolgung einzelner Biomoleküle jenseits der optischen Auflösungsgrenze ■ Wie Roboter autonom und zuverlässig werden ■ Mobilität: Der gesamten Auswirkung auf der Spur ■ Schwefelfänger für die Biomassennutzung

*Thermomechanical Treatments in Metalworking ■ Tracking Single Biomolecules beyond the Optical Resolution ■ How Robots are Increasingly Becoming Autonomous and Reliable ■ Mobility: Looking for the Overall Effect ■ Capturing Sulfur for Enhanced Use of Biomass*

# Mobilität: Der gesamten Auswirkung auf der Spur

## Mobility: Looking for the Overall Effect

Helmut Brunner, Mario Hirz

Im Rahmen eines Forschungsprojekts in Kooperation mit dem österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) und dem ÖAMTC wird am Institut für Fahrzeugtechnik an neuen Ansätzen für die Individualmobilität der Zukunft gearbeitet. Ein Ziel ist die Bewertung verschiedener Mobilitätskonzepte und Technologien unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus.

Der motorisierte Individualverkehr hat weltweit betrachtet den größten Anteil an der gesamten Verkehrsleistung, wobei Prognosen von einem weiteren Wachstum ausgehen. Die Europäische Union verfolgt Ziele zur Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen wie CO<sub>2</sub>. Ab 2021 soll beispielsweise ein durchschnittlicher Pkw nicht mehr als 95 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer gefahrener Strecke im genormten Fahrzyklus ausstoßen. Der Einsatz alternativer und innovativer Materialien, Technologien und Energieformen, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren, kann jedoch zu einer Erhöhung des Aufwands und der resultierenden Emissionen in der Phase der Produktion und Bereitstellung sowie in der Phase des Lebensendes eines Fahrzeuges („End of Life“, EOL) führen. Außerdem stellt die Art der Fahrzeugnutzung einen wichtigen Aspekt im gesamten Lebenszyklus dar. Hier spielen die Fahrleistung und der Anteil verschiedener Streckenprofile (z. B. städtischer Verkehr, Überlandverkehr und Autobahnfahrten) eine Rolle. Im Sinne einer ganzheitlichen Analyse und Bewertung ist es daher erforderlich, die Untersuchungen nicht nur auf die Fahrzeuge zu beschränken, sondern Mobilität als ganzheitliches System zu betrachten und alle in Abbildung 1 in vier Kategorien eingeteilten Einflüsse zu berücksichtigen.

### Analyse des Mobilitätsverhaltens

Ausgangsbasis für die Untersuchungen ist die Kenntnis des realen Mobilitätsverhaltens von Personen verschiedener Alters- und Berufsgruppen. Die Analyse der Daten aus einer durchgeführten >

*As part of a research project in cooperation with the Austrian Society of Automotive Engineers and the ÖAMTC, new approaches for individual mobility of the future are being elaborated at the Institute of Automotive Engineering. One of the aims is a broad evaluation of various mobility concepts and technologies, taking into account the entire life cycle.*

*Individual motorized traffic is responsible for the largest share of global traffic, and forecasts assume even further growth. The European Union is developing different objectives to reduce CO<sub>2</sub>. From 2021 onwards, as an example, the CO<sub>2</sub> emission of an average passenger car is limited to 95 grams of CO<sub>2</sub> per kilometer distance traveled in the standardized driving cycle. The use of alternative and innovative materials, technologies and forms of energy, however, may increase the effort and the resulting emissions at the stage of production, supply and end-of-life. Furthermore, the use phase is an important aspect in the life cycle analysis. In this case, the traffic performance and mix of different road profiles, such as urban transport, rural or motorway journeys, need to be taken into account. In terms of a holistic analysis and evaluation it is necessary not to limit the investigations only to the vehicle but to consider mobility as an integrated system and to be aware of further influences in the four categories, which can be seen in Figure 1.*

### Mobility behavior analysis

*The starting point for the research is the knowledge of the real mobility behavior of persons of various ages and professions. The analysis of the collected data from a conducted mobility inquiry enables the derivation of various representative use cases, mainly differed by the daily and maximum traffic performance and transport demand within a defined time period. Another important aspect is the composition of different road profiles (urban traffic, rural or motorway traffic). >*



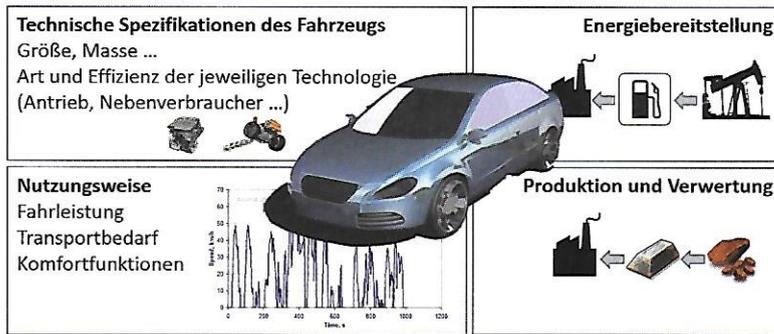
Helmut Brunner ist wissenschaftlicher Projektmitarbeiter am Institut für Fahrzeugtechnik. Als Themenschwerpunkt verfolgt er die Mobilität der Zukunft mit Fokus auf den urbanen Raum und im Kontext der Auswirkungen im gesamtheitlichen Lebenszyklus.

*Helmut Brunner is scientific project researcher at the Institute of Automotive Engineering. His main research focus is in the mobility of the future, especially in urban areas and within the context of the entire life cycle.*



Mario Hirz ist stellvertretender Institutsvorstand am Institut für Fahrzeugtechnik und Leiter des Forschungsbereichs für Automotive Mechatronik.

*Mario Hirz is vice head of the Institute of Automotive Engineering and head of the Research Area for Automotive Mechatronics.*



**Abbildung 1:**  
**Einflussfaktoren auf den Lebenszyklus eines Fahrzeugs.**

**Figure 1:**  
**Influencing factors on the life cycle of a vehicle.**

Mobilitätserhebung ermöglicht die Ableitung stellvertretender Nutzungsmuster. Hier zeigen sich Unterschiede im täglichen und maximalen Fahrleistungs- und Transportbedarf innerhalb eines definierten Zeitraums oder in der Zusammensetzung der Streckenprofile.

### Technische Analyse

Eine umfassende Analyse von Technologien in der Fahrzeug- und Antriebstechnik in Hinblick auf Produktion, Nutzungsphase und End-of-Life-Phase macht die unterschiedlichen Einflüsse auf die Lebenszyklusbetrachtungen deutlich. Im Fokus stehen dabei Fahrzeugkonzepte, Größen, Antriebssysteme, Energiespeicher, KarosseriefORMen und Kombinationen von Einzeltechnologien. Neben dem Fahrzeugantrieb gewinnt mit zunehmender Anzahl an Komfortfunktionen auch der Energiebedarf von Nebenaggregaten im Fahrzeug an Bedeutung. Zur Ermittlung dieser Einflüsse werden Messungen an Fahrzeugen unter realen Bedingungen durchgeführt.

### Life Cycle Assessment

Diese Methode dient zur Bewertung des gesamten Lebenszyklus von Produkten und umfasst die Zusammenhänge in den Phasen der Produktion, der Nutzung und des „End of Life“ (EOL). Mit dem Fortschritt der Entwicklungen zur Effizienzsteigerung steigt oft auch der Aufwand zur Herstellung und Verwertung. Der Einbau von komplexeren Systemen zur Abgasnachbehandlung sowie von E-Motoren und Batterien erfordert zusätzliche Materialien, von Nichteisenmetallen wie Aluminium oder Kupfer bis hin zu selteneren Rohstoffen wie Kobalt oder Neodym. Ein anderes Beispiel ist die Leichtbauweise. Während der Phase der Nutzung trägt sie durch einen geringeren Fahrwiderstand zur Verringerung des Energieverbrauchs bei, jedoch kann der Einsatz von Leichtbaumaterialien den Bedarf an Energie während der Phase der Produktion erhöhen. Während die Gewinnung und Bereitstellung des Werkstoffes Stahl in einem

### Technical analysis

A comprehensive analysis of automotive technologies taking into account the production, use phase and end-of-life phase, illustrates the different influences on life cycle considerations. The focus is on different vehicle designs, sizes, propulsion systems, energy storage systems, body technologies and combinations of individual technologies. In addition to the vehicle drive, an increasing number of comfort functions and auxiliaries has resulted in a growth of the energy demand in the vehicle. In this project, the determination of these influences is carried out by measurements on vehicles under real conditions.

### Life Cycle Assessment

This method is used for the evaluation of defined impact categories along the entire life cycle of product and processes and considers the relationships in the phases of production, use and end-of-life (recycling). Developments and innovations such as the integration of more complex systems for exhaust after-treatment, the additional installation of electric motors in hybrid vehicles or the use of batteries to store energy in the vehicle, result in an increased demand for various materials, from non-ferrous metals such as aluminum or copper to rare earth materials such as cobalt or neodymium. The increase in efficiency of the drive is in contrast to a possible additional effort during production and end-of-life treatment. Another example is the lightweight construction. During the use phase this strategy contributes to a lower driving resistance, which results in a reduced energy consumption. However, the use of lightweight materials can increase the need for energy during the phase of production. An example of this is the use of aluminum. Since the production and supply of steel material results in an energy demand of around 2 to 5 kWh per kilogram, the provision of aluminum requires about 30 to 60 kWh/kg. As the production of aluminum requires a high amount of electrical energy, it is important to consider the technology and efficiency of electric energy production.

### Comprehensive survey and evaluation

A generated data master enables the creation, simulation, evaluation and illustration of a variety of scenarios of individual mobility, supported by a developed simulation model in MATLAB. This can

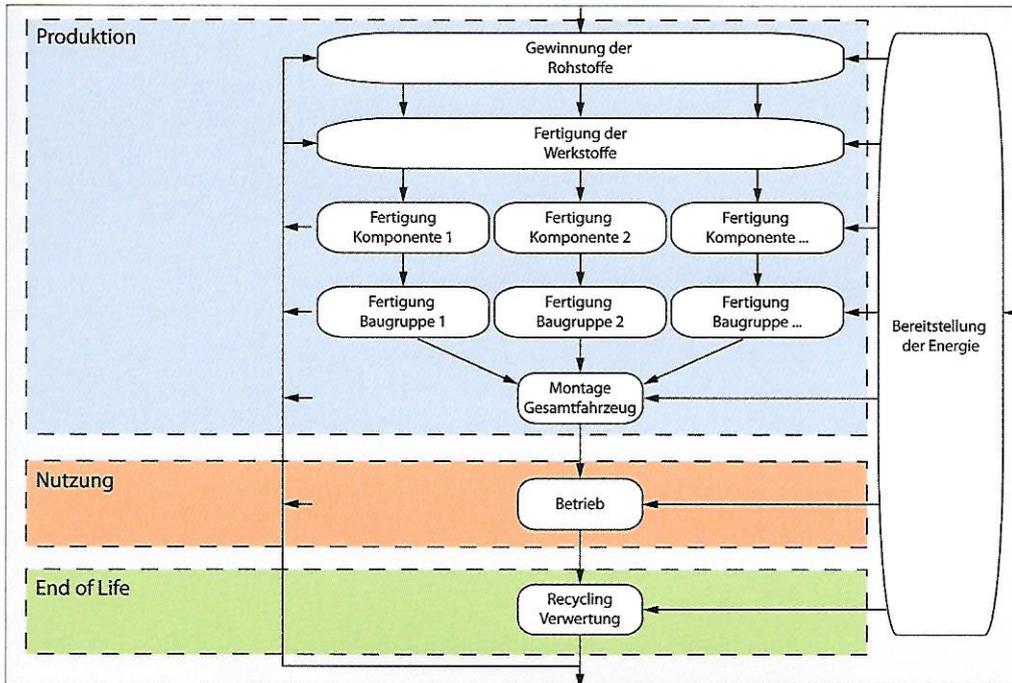


Abbildung 2: Schema des Lebenszyklus eines Pkw. Figure 2: Life cycle of a passenger car.

Energiebedarf von rund 2 bis 5 kWh/kg resultieren, benötigt die Bereitstellung von Aluminium etwa 30 bis 60 kWh/kg. Der hohe Einsatz an elektrischer Energie erfordert hier wie auch während der Phase des Betriebs eines (teil-)elektrisch angetriebenen Fahrzeugs die Berücksichtigung der Technologien zur Erzeugung des elektrischen Stroms.

**Gesamtbetrachtung und Bewertung**

Der aus den Untersuchungen in den verschiedenen Abschnitten generierte Datenstamm ermöglicht die Darstellung einer Vielzahl von Szenarien zur Abbildung der Individualmobilität. Dies erfolgt über ein entwickeltes Simulationsmodell in MATLAB und kann über einen definierten Langzeitraum unter Verwendung verschiedener Fahrzeug- und Mobilitätskonzepte und durch das Setzen von Rahmenbedingungen (Fahrprofil, Ortsbezug, Energiemix oder klimarelevante Kriterien) variiert werden. Abbildung 3 zeigt beispielsweise die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Betrieb eines Benzinfahrzeugs und eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs mit Range Extender. Im seltenen Falle von Langstrecken leert sich die Batterie oftmals während der Fahrstrecke, wodurch der an Bord befindliche mit Benzin betriebene Generator zum Einsatz kommt. Der Kurzstreckenfahrer kann das Potenzial des elektrischen Antriebs besser nutzen. Bei einem Vergleich des österreichischen mit dem europäischen Strommix ist erkennbar, dass die Technologie der Stromerzeugung einen deutlichen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz hat. ■

be done over a defined long-term period, using different vehicle and mobility concepts and the setting of boundary conditions such as the driving profile, local subjections, energy mix, and climate conditions. As an example, Figure 3 shows the resulting CO<sub>2</sub>-emissions for the use of gasoline and range-extender electric driven vehicles taking into account different user scenarios and mixes of electric energy production. The considered use case of the right example is a composition of rare but longer trips, where the battery of the vehicle is emptied frequently. Therefore, the on-board generator is activated to reload the battery. As a result, only a low CO<sub>2</sub> saving potential can be determined in relation to a conventional gasoline driven vehicle. ■

Abbildung 3: Gesamtemissionen an CO<sub>2</sub> für die Herstellung (blau) und den Betrieb (grau) verschiedener Antriebssysteme sowie aus der Bereitstellung verschiedener Energieformen (orange). REEV: Elektrofahrzeug mit Range Extender zur Verlängerung der Reichweite; (AT): österreichischer Strommix; (ENTSO-E): europäischer Strommix. Betriebszeit: 9 Jahre (entspricht etwa 90.000 km). Figure 3: Total emissions of CO<sub>2</sub> for production (blue) and use (grey) of different propulsion systems, and from the energy supply (orange). REEV: range-extender electric vehicle; (AT): electric energy production in Austria; (ENTSO-E): European electric energy mix; period of use: 9 years, 90,000km, resp.

