

vielfältigen, zähen und langen Wege der öffentlichen Forschungsförderung. Unsere Systeme der Forschungsförderung scheinen überreguliert und deutlich überverwaltet. Bestes Beispiel ist die Forschungsförderung zur Elektromobilität. Bereits im Mai hatte das Bundesverkehrsministerium auf Grundlage von Landesvorschlägen 115 Mill. € aus dem Konjunkturpaket II für einzelne Musterregionen genehmigt. Endgültige Projektzusagen sind bei den meisten Vorhaben nach sieben Monaten immer noch nicht vorhanden. Vermutlich zieht sich die Forschungsförderung aus dem Konjunkturpaket II ins Jahr 2010, wenn die Konjunktur wieder läuft. Es gibt eine Vielzahl von Forschungsprojekten auf EU-, Bundes- und Landesebenen, die im administrativen Überbau ertrinken. Und so wird nicht allzu selten aus interessanten Forschungsansätzen eher »Leitz-Ordner-« oder »Ablageforschung«. Vielleicht ist das der Grund, warum Politiker so große Sympathie für Endkundenprämien statt Forschungsförderung zeigen.



Marion A. Weissenberger-Eibl\*

### Bestandteil eines zukünftigen Mobilitätskonzepts

Wir am Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI untersuchen das Thema Elektromobilität nicht nur im Hinblick auf das Elektroauto an sich oder hinsichtlich der Entwicklung einzelner Technologien. Unser Ansatz ist stattdessen die systemische Forschung: Wir untersuchen, welche Auswirkungen der Ausbau der Elektromobilität auf die Gesellschaft hat und wie sich unser Mobilitätsverhalten ändert.

Damit stellen wir nicht nur allein die Frage: »Wie sinnvoll ist die Unterstützung einzelner Technologien zur Förderung von Elektroautos?«, sondern wir beschäftigen uns mit dem »System Mobilität« und erforschen, welche ökonomischen, ökologischen, sozialen und politischen Auswirkungen die Elektromobilität in diesem System hat, welche Innovationen diese Entwicklung unterstützen und welche Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen. Aus diesem Grund stellen wir uns die Frage: »Wie sehen die Mobilitätsszenarien der Zukunft aus?«

Unser Ziel ist es, die Anforderungen der Mobilität von morgen zu identifizieren. Dabei ist es wichtig, neue Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen, um die negativen Folgen der immer knapper werdenden Ressourcen, des Klimawandels und des Umweltschutzes sowie der zunehmenden Feinstaub- und Lärmbelastung zu bewältigen. Aber auch der Wandel der Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur sowie ein insgesamt steigendes Mobilitätsbedürfnis von Wirtschaft und Gesellschaft fordern uns heute heraus. Aus diesen Gründen müssen wir unsere bestehenden Mobilitätsangebote radikal überdenken.

\* Univ.-Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl ist die Leiterin des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.

Aufgrund der zunehmenden CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Verbrennung knapper werdender fossiler Ressourcen sind im Automobilbau innovative Antriebssysteme ohne oder mit möglichst wenig CO<sub>2</sub>-Ausstoß von zentraler ökologischer und ökonomischer Bedeutung. Dabei können Fahrzeuge mit Elektroantrieb eine wichtige Rolle in unseren zukünftigen Mobilitätskonzepten spielen. Wir am Fraunhofer ISI haben deshalb in einer Studie die wesentlichen Parameter der Elektromobilität in einer Wirtschaftlichkeitsanalyse identifiziert und mögliche Zukunftsszenarien entwickelt.

Die Studie hat gezeigt, dass es aus ökologischer Sicht gute Gründe für eine stetig steigende Marktdurchdringung von Elektro- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen gibt. Die Elektromobilität weist aufgrund ihrer höheren Energieeffizienz wesentliche Vorteile gegenüber anderen individuellen Mobilitätslösungen auf und kann so zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. Wenn man dabei vom aktuellen Strommix ausgeht, ergibt sich immer noch eine positive CO<sub>2</sub>-Bilanz gegenüber herkömmlichen Antriebssystemen. Sollte man durch eine stärkere Marktdurchdringung von erneuerbaren Energien sowie mit Hilfe intelligenter Lastverlagerung den Strom besser verteilen können, würde man sogar eine weitere Reduktion der Emissionen erreichen.

Zusätzlich zur Senkung der Treibhausgasemissionen sowie lokaler Emissionen wie Lärm und Feinstaub und der Steigerung der Energieeffizienz hat Elektromobilität weitere Auswirkungen auf unser gesellschaftliches System. So bietet sie die Möglichkeit, regenerative Energien in den Verkehrssektor zu integrieren, indem man sie als Stromspeicher nutzt. Grundsätzlich verstärken sich der Ausbau der Elektromobilität und der erneuerbaren Energien wechselseitig, da Batterien als Speicher dienen können und so die schwankende Stromeinspeisung aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen ausgleichen könnten. Damit ist in unserem zukünftigen Mobilitätssystem die Elektromobilität nicht nur ein Mittel zur Fortbewegung, sondern hat den Vorteil, dass sie Lastschwankungen ausgleichen und so CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren kann.

Wenn wir davon ausgehen, Elektroautos zumindest theoretisch als Teil unseres Stromspeichersystems zu nutzen, stellt sich die Frage, ob die Besitzer der Elektromobile ihre Fahrzeuge zur Speicherung zur Verfügung stellen würden. Aus diesem Grund ist ein weiteres Forschungsfeld am Fraunhofer ISI die Frage nach der Kundenakzeptanz: Die Entwicklung der intelligentesten technischen Lösungen bringt nichts, wenn diese nicht auf die Bedürfnisse der Kunden eingehen. Unseren Studien zufolge werden sich elektrobetriebene Fahrzeuge primär in den Märkten durchsetzen, in denen ihre spezifischen Vorteile genutzt werden: kleine Fahrzeuge für den innerstädtischen Verkehr, Elektroroller oder Leichttransporter für den innerstädtischen Lieferverkehr.

Hier schätzen wir die Nachfrage auf etwa 8 Mill. Elektro- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge bis zum Jahr 2050, das entspricht 17% des heutigen Fahrzeugbestandes. Der Energiebedarf hierfür beträgt 10 bis 15 Terawattstunden. Diese zusätzlich notwendige Strommenge würde keine besonderen Anforderungen an den Bau von Kraftwerken stellen. Wir sehen gute Chancen für die Elektromobilität, beispielsweise bei Elektrorollern, städtischen Zweitwagen, Lieferverkehr in Städten oder bei Pendlern in Umweltzonen sowie bei Kunden mit hohem Umweltbewusstsein – aber eben nicht für alle Einsatzbereiche. Dies ergibt in der Schlussfolgerung ein Pluralismusszenario, bei dem Elektromobilität eine von mehreren verkehrstechnischen Lösungen im System ist.

Der Aufbau einer Beladungsinfrastruktur ist nach Meinung unserer Forscher finanzierbar, da der überwiegende Teil der Beladung zu Hause, an Arbeitsplätzen oder in öffentlichen Parkhäusern passiert. An diesen Orten ist ein Stromanschluss kostengünstig zu installieren. Ein weiterer Vorteil beim Aufbau einer Beladungsstruktur ist, dass ein Auto in Deutschland in 95% seiner Zeit steht. In diesem Zusammenhang müssen wir uns mit der Frage auseinandersetzen, inwieweit sich weitere Beladungskonzepte wie Stromzapfsäulen in Städten oder Schnellbeladestationen durchsetzen könnten und wie sich diese Investitionen finanzieren lassen. Dafür ist es wichtig, Geschäftsmodelle für den Aufbau der Betankungsinfrastruktur zu gestalten, bei denen sich mit hoher Sicherheit die Wertschöpfungsstrukturen zwischen Automobilfirmen, Stromanbieter und beispielweise Batterieherstellern verschieben werden.

Besonders die Entwicklung der Batterien stellt uns heute vor große Herausforderungen. Hier sind massive Investitionen in Forschung und Entwicklung dringend nötig, da in Deutschland kaum noch Batterien und Akkus produziert oder weiterentwickelt werden. Außerdem stehen die Entwickler momentan vor der Herausforderung, die Sicherheit, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit sowie Recycling der Batterien zu verbessern. Um Kompetenzen aufzubauen, fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Entwicklung mit dem Forschungsprojekt LIB 2015, an dem neben der Industrie und Universitäten auch mehrere Fraunhofer-Institute beteiligt sind. Unsere Aufgabe in diesem Forschungsprojekt ist das Roadmapping. Im Zentrum dieses Roadmapping-Prozesses steht die Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie, aber auch Aspekte der Marktpräsentation oder Rohstoffverfügbarkeit können so gesamtheitlich abgebildet werden.

Um diesen zukünftigen Bedarf und die Anforderungen für die Elektromobilität vorausschauend zu planen, sind die gerade angesprochenen Roadmapping-Prozesse hilfreich. Diese stellen ein Verfahren zur graphischen Darstellung von Technologiepotentialen und Pfaden sowie zur Integration von Prozessen, Markttreibern und Projekten dar.

Bei dieser vorausschauenden Forschungsmethode wird der technologische Entwicklungsbedarf in Abhängigkeit von marktrelevanten Trends und Produkthanforderungen analysiert. Ziel der Entwicklung einer Roadmap ist es, das Wissen unter allen Beteiligten über die technologische Entwicklung zusammenzufassen. So können wir zukünftige Entwicklungsschritte von bestimmten Technologien zur Förderung der Elektromobilität darstellen und ihre Potentiale bewerten.

Wenn wir von Elektromobilität und der Unterstützung einzelner Technologien sprechen, müssen wir auch die Rohstoffthematik in unsere Überlegung einbeziehen. Rohstoffe sind die Basis für Zukunftstechnologien, da sie oft unersetzliche Grundstoffe für innovative Produkte und damit die Basis für die Entwicklung neuer Technologien sind. Bei der schon angesprochenen Batterieentwicklung sind Lithium und Kobalt essentielle Rohstoffe. Den Bedarf an Rohstoffen und Erden wie Lithium und Kobalt untersuchen wir in unserer Studie »Rohstoffe für Zukunftstechnologien«. Momentan sehen wir keine Engpässe für Lithium, aber andere Erden wie Neodym für die Magnete in den Elektromotoren oder Kupfer für die Wicklungen der Spulen sind voraussichtlich nicht in dem entsprechenden Maße vorhanden.

Aufgrund dieser Endlichkeit der Rohstoffe ist es wichtig, die Wechselwirkungen zwischen dem technologischen Fortschritt und dem Rohstoffbedarf mit in die Planung der Technologien einzubeziehen sowie ihr Recyclingpotential zu prüfen. Wenn wir von Elektromobilität sprechen und uns Gedanken darüber machen, welche Technologien in diesem Zusammenhang zu fördern sind, müssen wir auch der Frage nachgehen, welche Rohstoffe verfügbar sind oder in Zukunft vielleicht durch andere ersetzt werden müssen.

Um den systemischen Gedanken weiter zu verfolgen, müssen wir beim Thema »Mobilitätsszenarien der Zukunft« auch in Betracht ziehen, welche Auswirkungen Rohstoffe für neue Werkstoffe haben. Werkstoffe sind die Basis für die Entwicklung vieler Zukunftstechnologien, die im nächsten Schritt Produkt- und Dienstleistungsinnovationen ermöglichen. Für die Verkehrsszenarien der Zukunft bedeuten Werkstoffe beispielsweise neue, leichtere Materialien, die dazu führen, das Gewicht der Fahrzeuge zu reduzieren, was wiederum einen geringeren Verbrauch und mehr Antriebskraft für das Fahrzeug bedeutet oder neue Materialien für die Batterieentwicklung ermöglicht.

Das bedeutet aber auch, dass der globale Bedarf an wichtigen Rohstoffen langfristig steigt. Viele Rohstoffe sind heute noch in ausreichendem Maße vorhanden, trotzdem kann es in der Zukunft zu Engpässen kommen. Deshalb ist der Ersatz von natürlichen Rohstoffen durch neue Werkstoffe von großem Interesse für zukünftige Technologien für Elek-

tromobile. Hier ist strategische Vorausschau gefragt: Ziel ist es, den zukünftigen Bedarf und die Anforderungen an Werkstoffe frühzeitig identifizieren sowie vorhandene Werkstoffe auf ihre noch unbekanntenen Potentiale und Anwendungsmöglichkeiten untersuchen, um langfristig mit Elektromobilen erfolgreich zu sein.

Das Ziel des Fraunhofer ISI ist es, die treibenden Kräften und Rahmenbedingungen der Elektromobilität zu analysieren und in Zukunftsszenarien einzuberechnen, so dass strategische Entscheidungen auf Basis umfassender Analysen und mit Hilfe wissenschaftlich etablierter Methoden der Technologievorausschau getroffen werden können. Dabei ist die Förderung von Elektroautos ein wichtiger Bestandteil unserer zukünftigen Mobilitätskonzepte. Das Schaffen erfolgreicher Rahmenbedingungen als Nährboden und Umfeld für Innovationen ist auf diesem Weg genauso wichtig wie ihr frühzeitiges Erkennen und Fördern.