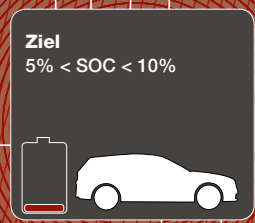
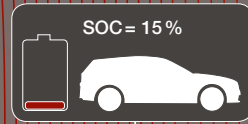
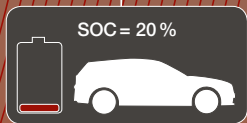


# Neue Speicher braucht das Land

Die Akkus zukünftiger Elektroautos sollen klein und leicht, effizient und langlebig sein – tauglich für den Masseneinsatz. Forscher der TU München treiben mit ihrer Arbeit an neuen Batterien die Entwicklung der Elektromobilität voran



**SOC = State of charge:**  
Maßeinheit für den Ladezustand der Batterie  
in Prozent der maximalen Kapazität

Link

[www.ees.ei.tum.de](http://www.ees.ei.tum.de)

**B**ald ist der Tank leer. Immer mehr Menschen wollen mobil sein und die Zahl der Autos auf unserem Planeten wächst rasant. Doch mit den herkömmlichen Verbrennungsmotoren wird das nicht mehr lange funktionieren. Massenhaft betrieben, schädigen sie zunehmend Umwelt und Gesundheit. Außerdem ist ihr Brennstoff endlich – die weltweiten Reserven von fossilen Primärenergieträgern wie Erdöl und Erdgas, so schätzen Experten, werden nur noch 40 bis 80 Jahre reichen.

Forschung, Wirtschaft und Politik sind sich inzwischen weitgehend einig: Die Zukunft gehört der Elektromobilität, dem Einsatz von Elektrofahrzeugen im Individualverkehr. Die deutsche Bundesregierung verknüpft seit dem Jahr 2009 mit ihrem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ Klimaschutz und Industriepolitik. Das Ursprungsland des Automobils soll auch Leitmarkt für

die E-Mobilität werden – mit mindestens einer Million Elektrofahrzeugen auf deutschen Straßen bis 2020. Doch der Weg dahin ist schwierig. „Es reicht nicht, einfach den Antrieb auszutauschen“, sagt Andreas Jossen, Professor für Elektrische Energiespeichertechnik (EES) an der Technischen Universität München (TUM). „Alle Komponenten des Fahrzeugs und seiner Infrastruktur müssen überdacht werden.“ Weltweit gebe es noch kein ganzheitliches Konzept für wirtschaftlich und technologisch sinnvolle Elektrofahrzeuge, die mit den heute genutzten Autos in Fahrleistung und Verfügbarkeit mithalten können.

#### **Wissenschaftszentrum Elektromobilität**

An einem solchen Konzept arbeitet das 2010 gegründete Wissenschaftszentrum Elektromobilität (WZE) der TUM. Es bündelt die Forschungsaktivitäten zu Fragen der Elektromobilität von über 50 Lehrstühlen an acht ▶



**Auf der Suche nach der optimalen Ladestrategie** hilft eine Klimakammer, in der das Verhalten von bis zu 32 einzelnen Batteriezellen bei Temperaturen zwischen - 20 °C bis 50 °C untersucht wird

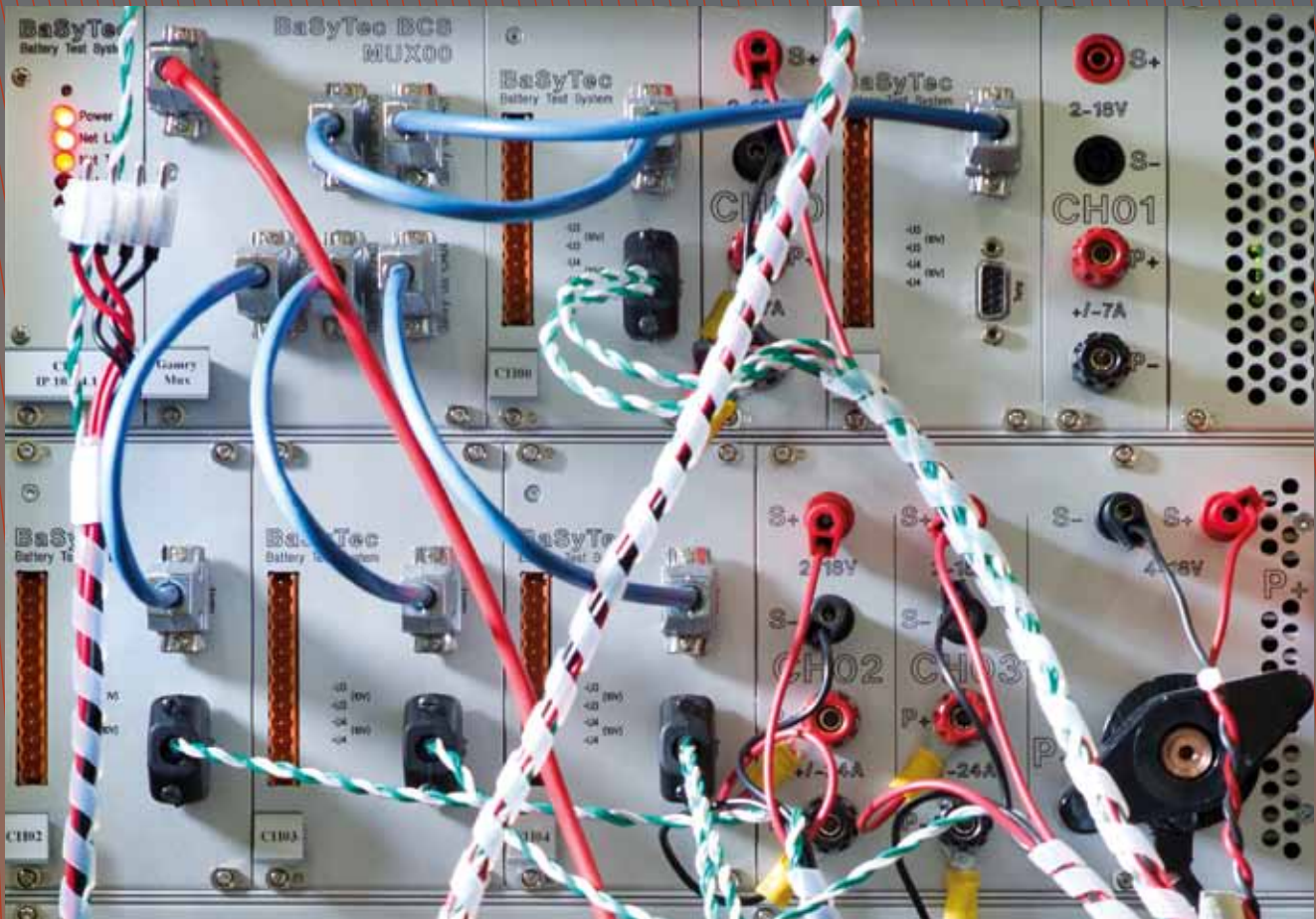
Fakultäten und fördert die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Das WZE fasst die relevante Infrastruktur der Lehrstühle zusammen und schafft Möglichkeiten für nationale und internationale Kooperationen. Eingebunden ist das WZE in die Munich School of Engineering, eine neue Fakultät, die den Schwerpunkt Energie mit den drei Säulen Elektromobilität, Erneuerbare Energien und Energieeffizienz hat.

Über das WZE ist die TUM seit Oktober 2010 am Campus for Research Excellence and Technological Enterprise (CREATE) in Singapur beteiligt. Gemeinsam mit internationalen Partnern arbeiten ihre Wissenschaftler an dem von Singapur finanzierten Projekt „Electromobility in Megacities“. Hier werden neben neuen Verkehrskonzepten für Ballungsräume auch die speziellen klimatischen und kulturellen Anforderungen an die Elektromobilität in Asien untersucht. In Deutschland will das WZE mit seinem Pilotprojekt MUTE zeigen, dass

Elektromobilität bald für den Individualverkehr eine bezahlbare Alternative sein kann. Zum ersten Mal werden hier in einem umfassenden Forschungsansatz technische Herausforderungen an ein Elektrofahrzeug mit sozioökonomischen Rahmenbedingungen verknüpft. Das innovative Fahrzeugkonzept für den Einsatz im städtischen Großraum soll mit einem fahrbaren Prototyp in diesem September auf der Internationalen Automobil-Ausstellung (IAA) in Frankfurt vorgestellt werden.

#### **Guter Speicher ist teuer**

Die Forschungsarbeiten verdeutlichen, wie die Elektromobilität den Straßenverkehr verändern wird, aber auch, dass Autofahrer umdenken müssen, wenn diese sich durchsetzen soll. Jonny Dambrowski, Post-Doktorand am EES, erläutert: „Ein Elektrofahrzeug ist etwas völlig anderes als das Auto, das wir kennen. Das liegt vor allem am Energiespeicher. Es wäre viel



Fotos: Eckert, TUM

**Bild oben:** Auf dem Prüfstand: Frontansicht eines Testsystems der Firma BaSyTec, mit dem TUM Forscher Batterien analysieren  
**Bild unten:** Dieser an der TUM entwickelte E-Mobil-Prototyp fährt zur Messe IAA



Bild: TUM

zu teuer, sich einen auf den Mehrzweckeneinsatz ausgelegten Speicher einzubauen.“ Autofahrer müssen sich fragen: Wie setze ich das Fahrzeug hauptsächlich ein? Für Gelegenheitsfahrer lohnt sich ein Elektroauto nicht. Großes Potenzial hat das E-Mobil dagegen im regelmäßigen Kurzstreckeneinsatz. Der Energieversorger E.ON hat ermittelt, dass derzeit in Deutschland 50 Prozent aller Autos im Straßenverkehr täglich nicht weiter als 50 Kilometer und 80 Prozent nicht weiter als 70 Kilometer bewegt werden. Elektrofahrzeuge sind gut geeignet für sich wiederholende Fahrten auf festen Routen, wie sie etwa zwischen Wohnung und Arbeitsplatz oder im Einsatz von Dienstleistungs- und Logistikflotten vorkommen. Hier ist sowohl der Energieverbrauch planbar als auch die Möglichkeit zur Einrichtung von Ladestationen gegeben. Auf den Münchner Wissenschaftstagen 2010 schätzte Dr. Jörg Kruhl, Leiter Neue Technologien bei E.ON, das Gesamtpotenzial dieses Bereichs auf >

**Batterien-Puzzle:** In den Laboren der TUM warten Lithium-Ionen-Batterien auf den nächsten Testeinsatz

über 20 Millionen Fahrzeuge. Mehr als die Hälfte der laut Kraftfahrt-Bundesamt hierzulande zugelassenen rund 42 Millionen Autos sind Klein- oder Kompaktwagen.

### **Gefragte Batteriemanager**

Das MUTE-Mobil soll durch sein geringes Gewicht, wenig Rollwiderstand und eine gute Aerodynamik Vorbild für ein vergleichsweise günstiges Auto sein. Mit Akkus betriebene Fahrzeuge haben freilich derzeit noch eine wesentlich schlechtere Energieausbeute als Benzinmotoren und das „Tanken“ dauert viel länger. Nicht zuletzt diese beiden zentralen Probleme gilt es bei der Entwicklung der Elektromobilität zu lösen. Die unter anderem an CREATE und MUTE beteiligten 18 Forscher und Studenten des im Mai 2010 gegründeten Lehrstuhls EES wollen deshalb das Batteriemangement effizienter machen. Hierbei spielen neben den vielversprechenden Lithium-Ionen-Batterien auch klassische Bleibatterien und alkalische Systeme eine Rolle. Geforscht wird ebenso an Systemen, die auf Metall-Luft, Redox Flow und Hochtemperaturbatterien basieren. Ein Ziel ist dabei stets, Akkus kleiner, leichter und robuster zu machen. MUTE nutzt als Energiespeicher einen Lithium-Ionen-Akkumulator mit neu entwickeltem Batteriemangement, Sicherheits- und Kühlsystem.

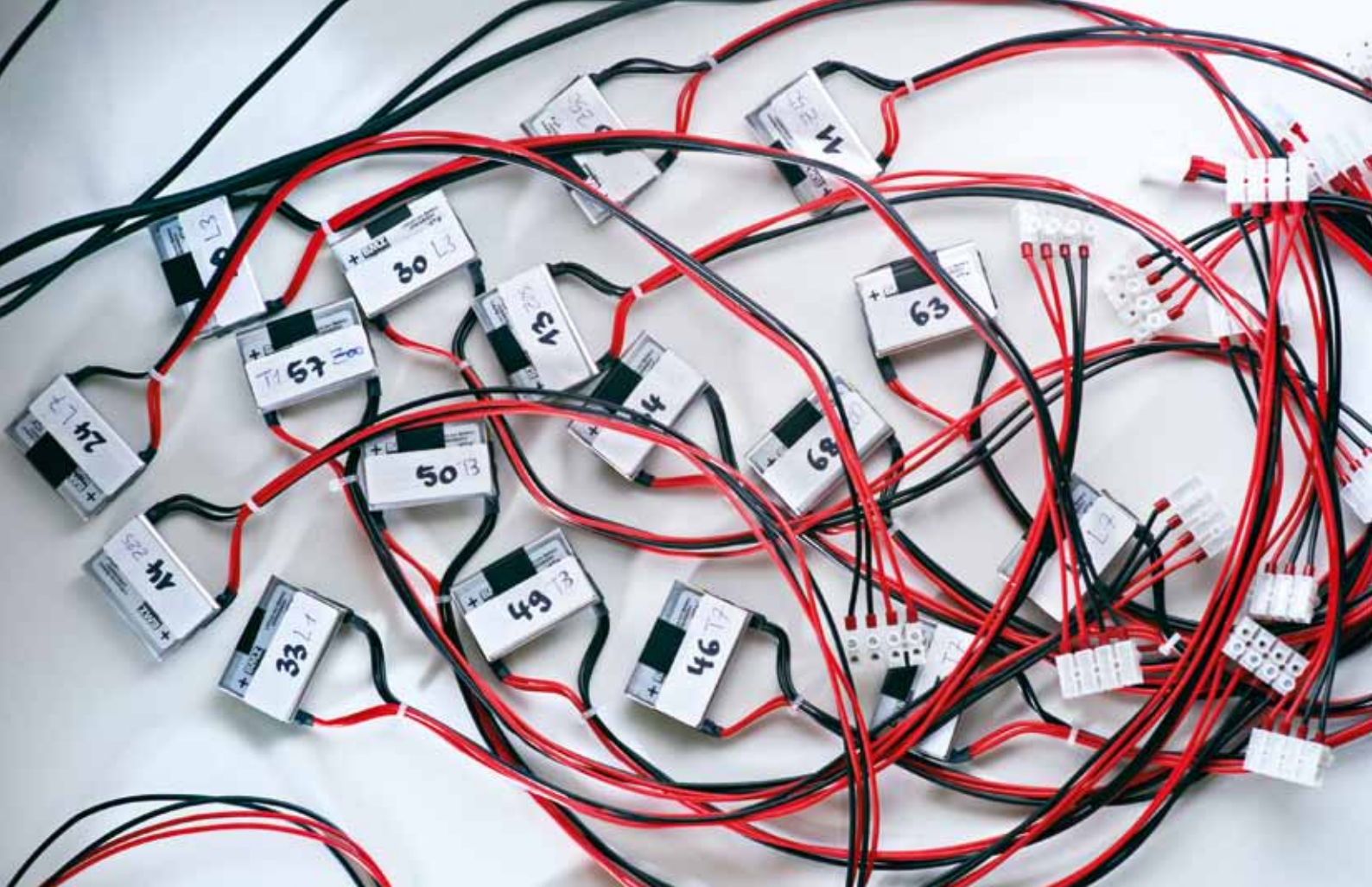
### **Vorhersagen mit Algorithmen**

Wer Batterien effizienter machen will, muss viel rechnen und experimentieren. Zum Beispiel helfen Dam-

browskis Algorithmen, Vorhersagen über die Leistungsfähigkeit von Speichern zu verbessern oder zu berechnen, wie Speicher bei unterschiedlicher Belastung und verschiedenen Temperatureinflüssen altern. Der promovierte Mathematiker setzt komplexe Modelle ein, die Stromfluss, Temperatur und Ladezustand berücksichtigen. Derartige Berechnungen eröffnen auch Wege, die Lebensdauer von Akkus besser zu bestimmen. Hier führt die Kombination von Kalendermodellen, basierend auf über längere Zeit mit bestimmtem Ladezustand stehenden Speichern, und zyklischen Modellen von Auflade- und Entladevorgängen zum Ziel. 3-D- und 2-D-Modelle geben Aufschluss über die Strom- und Temperaturverteilung im Speicher und deren Auswirkungen auf die Qualität der Leistung und der Sicherheit.

### **Batterien im Stresstest**

Auch Stressfaktoren müssen berücksichtigt werden. „Steht ein Wagen in der Kälte, ändern sich die Qualitätsmerkmale des Speichers im Vergleich zu einem, der im Warmen steht“, erläutert Dambrowski. „In unserem Batterielabor testen wir solche Dinge auch in Klimakammern. Eine weitere interessante Frage ist die Auswirkung einer Belastung der Akkus durch Höhenunterschiede, wenn Sie etwa am Fuß der Schwäbischen Alb wohnen und oft die Berge hinauf- und hinunterfahren.“ Wirkungsgrad und Lebensdauer von Batterien lassen sich durch optimierte Ladeverfahren verbessern. ▶





### Glossar

**Batteriemanagement** überwacht und steuert Ladung und Entladung von Batterien in Energiespeichersystemen (vermeidet z. B. Überladung und Tiefenentladung), sorgt für den effizienten Einsatz und verlängert die Lebensdauer elektrischer Energiespeicher.

**Energiedichte** bezeichnet in der Physik den auf ein Volumen bezogenen Energieinhalt. Von großem praktischem Interesse ist sie bei den in der Technik verwendeten Energiespeichern wie Kraftstoffen und Batterien. Im Fahrzeugbau ist die Energiedichte des verwendeten Energiespeichers entscheidend für die erzielbare Reichweite.

**Lithium-Ionen-Akkumulator** hat kurze Ladezeiten, weist eine hohe Energiedichte auf, ist thermisch stabil und unterliegt keinem Memory-Effekt. Li-Ionen-Akkus versorgen tragbare Geräte mit hohem Energiebedarf, für die herkömmliche Nickel-Cadmium- oder Nickel-Metallhydrid-Akkus zu schwer oder zu groß

wären (Mobiltelefone, Digitalkameras, Notebooks). Sie werden auch in der Elektromobilität eine Schlüsselrolle spielen.

**Nickel-Metallhydrid-Akkumulator** verdrängte die giftigen Nickel-Cadmium-Akkus, kommt dort zum Einsatz, wo hoher Strombedarf besteht und hohe Batteriekosten vermieden werden sollen (Fernsteuerungen, Elektrowerkzeuge). Gehört zu den Batterien, die für leistungsfähige Elektroautos und Hybridfahrzeuge entwickelt werden. Geringere Energiedichte als der Lithium-Ionen-Akku.

**Vehicle to Grid (V2G)** ist ein Konzept zur Speicherung und Abgabe von elektrischem Strom aus dem öffentlichen Stromnetz. Im Unterschied zu reinen E-Autos sollen hierbei Fahrzeuge nicht nur Strom aus dem Netz entnehmen, sondern in Zeiten großer Netzlast auch wieder einspeisen. Dies würde den Bedarf an Spitzenlastkraftwerken senken und einen gleichmäßigeren Betrieb von Grund- und Mittellastkraftwerken ermöglichen.

Lithium-Ionen-Akkus sollen ein Autoleben lang halten und damit wirtschaftlicher werden. Sie haben den Vorteil, dass sie sich ohne größeren Verschleiß tiefer entladen lassen als die zum Beispiel im Hybridmodell Prius von Toyota eingebauten Nickel-Metallhydrid-Akkus. Auf der Suche nach der optimalen Ladestrategie hängt zunächst viel von der richtigen Batteriediagnose ab, der genauen Determinierung des Lade- und des Alterungszustands. Darauf aufbauend kann eine smarte Ladestrategie entwickelt werden. „Bei Batterien geht es nicht nur ums Vollladen, sondern auch darum, deren Alterung zu bremsen. Wir arbeiten an Ladeverfahren, die effizient, schnell, schonend und sicher sind. Dazu gehören neue Schnellladeverfahren und Vehicle-to-Grid-Konzepte“, erklärt Dambrowski.

### Interdisziplinäre Arbeit am Verkehrsstrom

Auch die Elektrische Energiespeichertechnik arbeitet

eng mit anderen Fakultäten der TUM wie der Chemie, der Physik und dem Maschinenwesen zusammen. Ihr Ansatz ist es, die gesamte Wertschöpfungskette von Speichersystemen zu verbessern, ausgehend von der Materialwissenschaft über systemtechnische Fragen bis hin zur Integration und Applikation in Fahrzeugen und Verkehrssystemen. Dabei untersuchen die Forscher verschiedene Anwendungen in reinen Elektrofahrzeugen, Hybridfahrzeugen und Fahrzeugen mit Brennstoffzellen. Zwar steht die E-Mobilität derzeit im Vordergrund, der Lehrstuhl EES beschäftigt sich aber auch intensiv mit Speichern für erneuerbare Energiesysteme, mit stationären und portablen Speichersystemen. Nach dem Flottenversuch des E-Mobils der TUM in München sollen bis 2015 Industriepartner das Fahrzeugkonzept zu einer marktfähigen Lösung weiterentwickeln und damit die Voraussetzungen für eine Serienproduktion schaffen. *Karsten Werth*