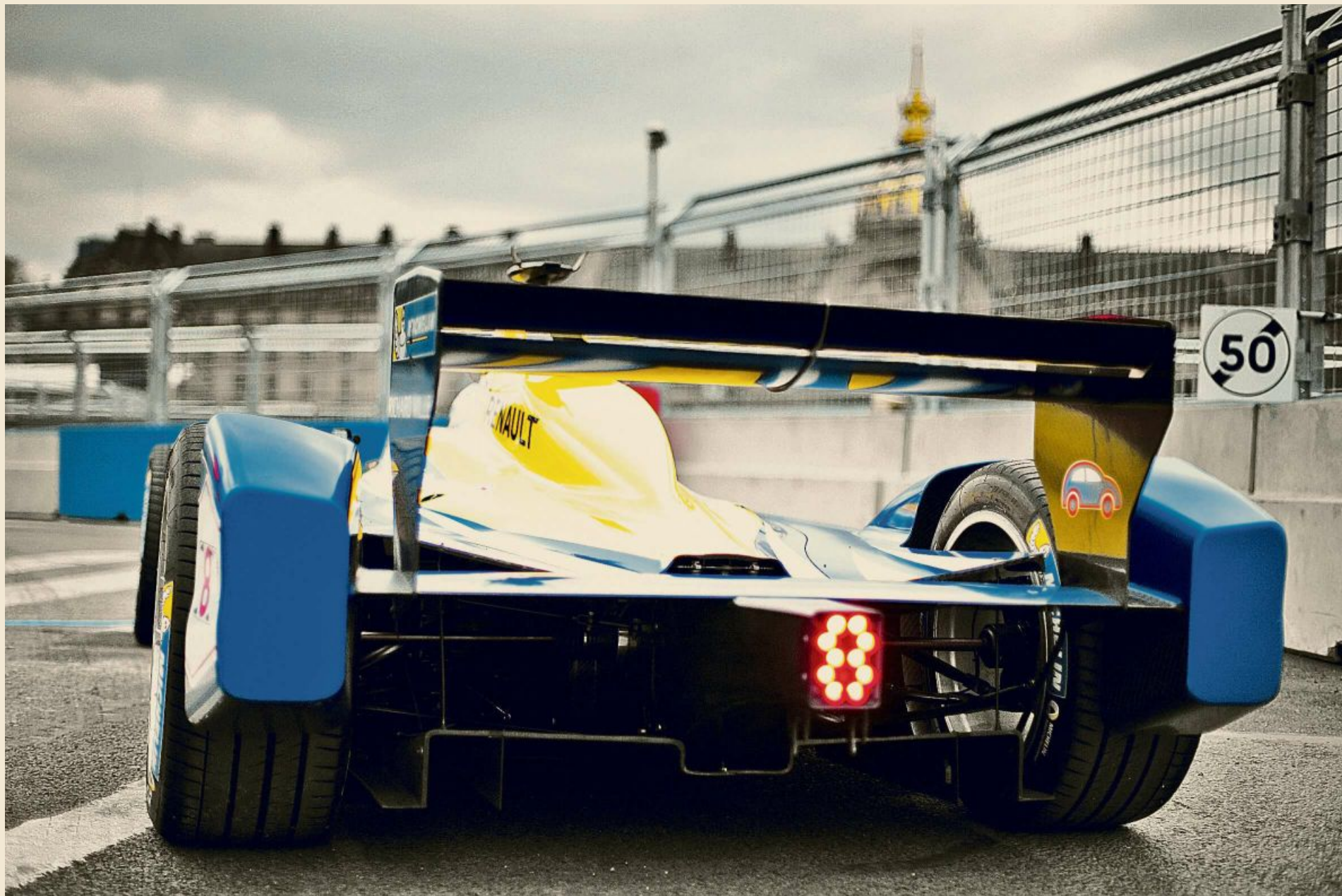


Wenn Roboter häuslich werden Seite 14

Gottesanbeterin: Ein illustres Raubtier Seite 16

derStandard.at/Forschung



Schnittig wie in der Formel 1, aber ohne lautstarkes Dröhnen: Formel-E-Rennautos laufen mit Batterien und brauchen keinen Auspuff.

## Mit dem Elektromotor auf der Siegerstraße

Die Formel E, die ausschließlich mit Elektroboliden bestritten wird, hilft dabei, die Grenzen der Elektromobilität auszuloten. Batterieforscher arbeiten daran, Akkus noch leistungsfähiger zu machen, und an einer neuen Generation von Energiespeichersystemen.

Alois Pumhösel

**Paris/Wien** – Sébastien Buemi liegt von Beginn an souverän an der Spitze. Die riskanten Überholmanöver innerhalb der Verfolgergruppe samt glimpflich verlaufender Kollisionen lassen den Schweizer und seinen blitzblauen Renault unberührt. Da und dort kommen härtere Fahrweisen auf. Die Beschleunigung aus den Kurven wird aggressiver. Polternde Bremsgeräusche, Schlittern in der Kurve. Auch wenn die Motoren kein lautstarkes Dröhnen von sich geben, fühlt man, dass die Fahrer die rohe Kraft zu bändigen haben.

Die Rennwagen, die sich an diesem Maiwochenende durch die engen Kurven rund um die Pariser Park- und Museumsanlagen des Hôtel national des Invalides drücken, sehen jenen Boliden ähnlich, die man aus der Formel 1 kennt. Aber nur äußerlich. Das verhaltene, hohe Kreischen, das sie bei der Beschleunigung von sich geben, lässt auf ganz andere innere Werte schließen. Ein Blick in die Boxenstraße zeigt, was sich anstelle des Benzintanks im hinteren Wagenteil befindet: eine Batterie. Willkommen beim Paris-Rennen der Formel E, der weltweit ersten Rennserie, die ausschließlich mit Elektroautos bestritten wird.

Die Batterien, die in den Formel-E-Autos verbaut sind, sind alle ident. Die Idee ist, ihren Ge-

brauch zu optimieren und möglichst viel Energie auf die Straße zu bringen. Spätestens beim Anblick der Trockeneisbehälter, die in den Boxen für die Kühlung der Batterien bereitstehen, wird klar, dass sie auch anders verwendet werden als in den Elektroautos für Otto Normalverbraucher.

„Die Batterien hier sind so konfiguriert, dass sie möglichst viel Leistung abgeben können. In Straßenautos sind sie dagegen auf einen langen Lebenszyklus abgestimmt“, sagt Nicolas Schottey, der bei Renault für die Batterieentwicklung zuständig ist, am Rande des Rennens, das am 20. Mai durch Paris führte. Renaults Elektroauto Zoe soll etwa beim Batteriemanagementsystem vom Formel-E-Ansatz profitieren. „Die Erfahrung hilft uns etwa beim Umgang mit extremen Konditionen und hohen Temperaturen“, betont Gilles Normand, der für die Elektromobilitätssparte bei Renault zuständig ist.

### Rasante Entwicklung

Die Formel E wurde geschaffen, um die Elektromobilität zu den Menschen in die Städte zu bringen. In ihrer dritten Saison macht sie bereits in 14 Städten von New York über Berlin bis Hongkong Station. Ihr rascher Erfolg lässt darauf schließen, wie schnell die neue Technologie von nun an auf die Straße gelangen wird. Bei Re-

nault, dessen Formel-E-Team von Formel-1-Legende Alain Prost mitbegründet wurde, hört man, dass die Entwicklung viel rasanter voranschreitet, als man noch vor wenigen Jahren dachte. Die Industrie lässt bereits im Dreijahrestakt neue, immer leistungsfähigere Batteriegenerationen vom Stapel.

Doch welche Verbesserungsmöglichkeiten stehen den Batteriedesignern überhaupt noch zur Verfügung? Welche Leistungssteigerungen sind absehbar? Atanaska Trifonova leitet die Batterieentwicklung am AIT (Austrian Institute of Technology). Dort ist man stolz, den gesamten Entwicklungsprozess von der Materialoptimierung bis zum Batteriedesign und Systemtest abzudecken.

Trifonova sieht für die im Moment vorherrschenden Lithium-Ionen-Zellen noch vielfältige Optimierungsmöglichkeiten. Bei diesen Batterietypen fließen beim Be- und Entladen Lithiumionen in einer Elektrolytflüssigkeit zwischen Elektroden aus Kohlenstoff und Metalloxidverbindungen hin und her. Sie zeichnen sich durch vergleichsweise hohe Energiedichte bei hoher Stabilität aus.

„Am wichtigsten ist die Erhöhung der Leistung und Kompatibilität der Materialien. Neue Verbindungen und Architekturen, die durch die Verwendung von Nanotechnologien erzielt werden, können Elektroden, Elektrolyt und Prozesse noch effizienter machen, Ionenfluss und -speicherung verbessern und beispielsweise unerwünschte Nebenreaktion in der Batteriechemie ausmerzen“, erklärt die Wissenschaftlerin. „Im Moment ist auf Zellebene

eine Kapazität von 240 Wattstunden pro Kilogramm State of the Art. Bis zum Jahr 2020 soll dieser Wert laut EU-Zielvorgabe 300 erreichen.“ Das bedeutet, dass mit einer Zelle von einem Kilogramm ein Gerät mit 300 Watt Leistung eine Stunde lang betrieben werden kann.

Neben der Materialentwicklung und der industrienahen Optimierung kümmern sich die AIT-Forscher auch um Tests, Validierung und die Sicherstellung der Lebensdauer. Gemeinsam mit dem Grazer Forschungsinstitut Virtual Vehicle konnten die Experten vom AIT etwa einen Modellansatz entwickeln, der elektrochemische Prozesse mit einer Modellierung der Mikrogeometrie der Materialien in der Zelle kombiniert.

### Langzeittests

Auch im Projekt Emprove, unterstützt vom österreichischen Klima- und Energiefonds des Umwelt- sowie des Verkehrsministeriums, kümmert sich Trifonovas Team um die Langzeitprüfung von Modulen. „Wir testen nun seit Monaten Batterien, die im Rahmen des Projekts entwickelt wurden, ohne die Abbruchkriterien zu erreichen. Das System ist sehr vielversprechend“, sagt die Batterieexpertin.

Bei der Integrierung von Batterien in ein Fahrzeugsystem stellt sich immer die Frage der thermischen Konditionierung. Das heißt: Wie halte ich die Zellen in einem Temperaturbereich, der weder zu warm noch zu kalt ist, um Leistung und Lebensdauer zu maximieren. Als Energiequelle für die Temperierung steht nur die Batterie selbst zur Verfügung. Im Rah-

men des Projekts „Tes4seT“, an dem neben dem AIT und der TU Graz etwa das Institut AEE Intec vom Forschungsnetzwerk Austrian Cooperative Research (ARC) beteiligt ist, soll ein sogenannter Sorptionsspeicher entwickelt werden, der beispielsweise in Hybridfahrzeugen Abwärme im Fahrzeugbetrieb aufnimmt, um sie in der kühlen Nacht wieder abzugeben. Wärme und Kälte können simultan gespeichert und je nach Bedarf an die Batterie übertragen werden.

Noch ist im Bereich der Lithium-Ionen-Akkus einiger Spielraum zur Verbesserung vorhanden. Stefan Freunberger, der am Institut für Chemische Technologie von Materialien der TU Graz an den Grundlagen künftiger chemischer Energiespeichersysteme arbeitet, verortet für sie eine physikalische Obergrenze bei 350 Wattstunden pro Kilo.

„Im Fahrzeugbereich wird aber nie die maximal mögliche Energiedichte ausgeschöpft. Ein Teil wird zugunsten der Sicherheit und einer langen Lebensdauer geopfert“, stellt der Batterieforscher klar. Freunberger, der auch vom europäischen Forschungsrat ERC gefördert wird, ist vor kurzem zum Mitglied der Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW) gekürt worden. Was passiert, wenn man es übertreibt bei der Ausreizung der Möglichkeiten, sieht man an den Fällen explodierender Handyakkus. Bei jeder Entwicklung muss ein passender Kompromiss gefunden werden, sind sich Experten einig.

Bei Lithium-Ionen-Systemen wird an den Elektroden auf volu-

▷ Fortsetzung auf Seite 10