

# LÄRMEMISSIONEN VON ELEKTROAUTOS

## Experimente zur Geräuschwahrnehmung

Diese Kritik wird seit längerem vorgebracht: Elektroautos seien zu leise und damit eine potentielle Gefahr für Fußgänger, Radfahrer und Handicap-Gruppen wie Blinde oder Senioren. Mittlerweile geht die Angst vor den lautlosen Autos sogar so weit, dass Toyota sein Prius-Modell in Japan im Elektromodus mit einem künstlichen Geräusch ausstattet. Auch in der EU denken die Gesetzgeber darüber nach, künstliche Geräusche für die lautlosen Elektroautos einzuführen. Einer der Vorzüge des Elektroautos würde damit „wegreguliert“.

Um zu testen, welche tatsächlichen Gefahren von den lautlosen Elektroautos ausgehen, wurde am Center Automotive Research (CAR) der Universität Duisburg-Essen intensiv geforscht. Die Forschungsarbeiten waren Bestandteil des Großprojekts *ColognE-mobil*, an dem neben dem Autobauer Ford die Universität Duisburg-Essen mit 15 Lehrstühlen beteiligt war. Ziel dieses 15-Mio.-Euro-Projekts, das vom Bundesverkehrsministerium gefördert wurde, war, die Anwendungsbedingungen von Elektroautos im Straßenverkehr zu erforschen.

**ELEKTROAUTOS ALS GEFAHR?** In drei Versuchsreihen wurden am CAR Akustik- und Fahrzeugwahrnehmungstests mit insgesamt 240 Teilnehmern durchgeführt. Die Altersspanne der Teilnehmer reichte von fünf bis 95 Jahre und spiegelt damit sehr gut das Fußgänger- und Radfahrerverhalten im städtischen Verkehr wider. 14 % der Teilnehmer waren schwerhörig, 20 % – also 35 Personen – waren sehbehindert oder blind. Dies ist deshalb bedeutsam, da Sehbehinderte und Blinde im Verkehr extrem auf Geräuschwahrnehmungen angewiesen sind. 51 % der Teilnehmer besitzen einen Führerschein und können damit Fahrersituationen sehr gut beurteilen.

Die Testpersonen mussten Fahrzeuggeräusche in der Vorbeifahrt in verkehrsberuhigten Wohngebieten bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h einschätzen und subjektiv das erlebte Gefährdungspotential beurteilen. Das Geschwindigkeitsband um 30 km/h ist besonders wichtig, da bei höheren Geschwindigkeiten die Reifenabrollgeräusche stärker in den Vordergrund treten und sich damit Elektroautos und verbrennungsmotorgetriebene Fahrzeuge in ihrem Geräuschverhalten zusehends ähnlicher werden. Dies stellten unter anderem eine amerikanische und eine japanische Studie, die die Geräusche von Hybridfahrzeugen in Laborexperimenten untersuchten (NHTSA 2010, JASIC 2009), fest.

**OBJEKTIV: GERINGE UNTERSCHIEDE** Die Akustikmessungen fanden auf der Außengeräuschmessstrecke der Ford-Werke in Köln-Merkenich statt. Dabei wurden konstante Vorbeifahrten, Rollgeräusche und Vollgasfahrten gemessen. In den drei Testreihen kamen elf verschiedene Fahrzeuge zum Einsatz: Die Elektroau-

tos (BEV) *Stromos* (German-E-Cars), *Mega E-City*, *Smart Fortwo electric drive*, *Peugeot Partner*, *Ford Transit* sowie die konventionellen Fahrzeuge *Opel Agila*, *Ford Fiesta*, *Smart Fortwo Benzin*, *Smart Fortwo Diesel*, *Ford Transit Diesel* und *Peugeot Partner Benzin*.

Abbildung 1 zeigt, dass es bei den gemessenen Geschwindigkeiten keine großen Abweichungen im Lärmpegel zwischen Benzinern und Elektrofahrzeugen gibt. Den geringsten Lärmpegel der Benziner zeigte der Opel Agila, der kaum wahrnehmbare Abweichungen von 2,5 dB(A) zum vergleichbaren Elektroauto *Stromos* aufweist. Bei Smart BEV und Diesel sind diese Differenzen mit 4,5 dB(A) größer, was einer überproportionalen Zunahme entspricht und auch subjektiv deutlich wahrnehmbar ist. Da bei aktuellen Luxuslimousinen die geringen Werte des Opel Agila sogar zum Teil noch unterschritten werden, kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei konstanter Geschwindigkeit im Stadtbereich kein Wahrnehmbarkeitsunterschied zwischen modernen Benzinfahrzeugen und Elektroautos besteht. Sind die Straßen nass, ist die Übereinstimmung noch größer, da bei Nässe auch bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten das Reifenabrollgeräusch stärker zum Tragen kommt.

Deutliche Unterschiede zwischen Elektroauto und Benzinern treten hingegen im Lärmpegel bei Vollgasfahrten und sehr hochtourigem Fahren auf. Bei derartigem Fahrverhalten überwiegen die Geräusche der Benzinern merklich. Vollgasfahrten und extremes hochtouriges Fahren sind im Stadtverkehr in Wohngebieten jedoch nur selten zu beobachten.

Diese objektiven Messungen zeigen, dass es keine optimale Lösung ist, Elektrofahrzeuge mit künstlichen Geräuschen auszustatten, aber moderne Benzinern nicht. Konsequenterweise müssten alle leisen Fahrzeuge, unabhängig von der Antriebsart, mit künstlich erzeugten Sounds verändert werden. Die bisherigen Beobachtungen im Straßenverkehr haben aber kein signifikant gestiegenes Unfallverhalten bei modernen Benzinern gezeigt. Damit kann geschlossen werden, dass es falsch wäre, die Vor-

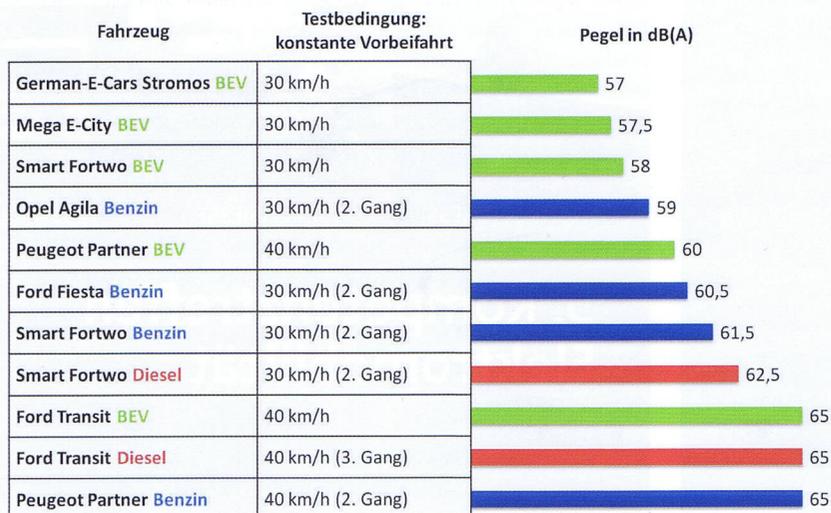


Abb. 1: Vergleich der Geräuschpegel verschiedener Fahrzeuge



Abb. 2: Befragung der Teilnehmer

züge der Elektroautos – das geräuschlosere Fahren – künstlich zu zerstören.

### SUBJEKTIV: KEIN UNTERSCHIED

Neben den objektiven Messdaten wurden im Experiment zudem subjektive Wahrnehmungen untersucht. Dies ist auch deshalb bedeutsam, weil etwa Blinde nur durch das Wort „Elektroauto“ schon ein deutlich höheres Gefahrenpotential vermuten als durch das Wort „Auto mit Verbrennungsmotor“.

Sind dies nur subjektive Einschätzungen, oder erleben Blinde Elektrofahrzeuge tatsächlich als bedrohlicher?

Die Datenerhebung erfolgte über Fragebögen in einem experimentellen Design. Die Teilnehmer bewerteten dabei vom Straßenrand aus die Vorbeifahrten der verschiedenen Fahrzeuge in einem Wohngebiet. Im Anschluss an jede Vorbeifahrt wurde ein Fragebogen ausgefüllt. Die Bewertung der Fahrzeuggeräusche wurde über ein semantisches Differential gemessen. Für Fahrzeuge, die ein ähnliches Geräuschverhalten zeigen, ergeben sich darin Geräuschwahrnehmungsprofile wie in Abbildung 3 dargestellt. Das Polaritätsprofil zeigt deutlich, dass die Testpersonen (einschließlich der Blinden) keinen Unterschied in der subjektiven Wahrnehmung zwischen Elektroauto und modernem Benziner erkannten. In den abgefragten Kriterien „leise, schwach, leichtgängig, dumpf, gewöhnlich, gedämpft, weich, tief“ stimmen das Elektroauto Stromos und der Opel Agila fast deckungsgleich überein.

Die erwarteten Unterschiede zwischen Verbrenner und Elektroauto zeigten sich nur bei den Fahrzeugpaaren von Smart und Peugeot. Hier wurden die Elektrovarianten signifikant leiser und einzigartiger wahrgenommen als ihre Zwillinge. In einer offenen Bewertung fielen Begriffe wie „surrend“ und „pfeifend“ für die Elektroautos.

Zwischen bestimmten Benzinern und Elektroautos liegt auch subjektiv kein Unterschied in der Geräuschwahrnehmung vor. Die Versuchsreihe zeigt also auch hier, dass sich die Gefahrenpotentiale von modernen Benzinern und Elektrofahrzeugen, die durch geringe Geräusche auftreten können, nicht unterscheiden. Das Elektroauto ist in Bezug auf Geräuschwahrnehmung genauso sicher beziehungsweise unsicher wie der moderne Benziner.

Darstellung im Polaritätsprofil

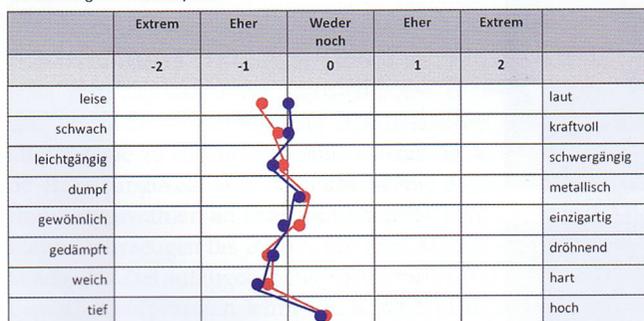


Abb. 3: Direkter Vergleich zwischen Agila und Stromos [Quellen: Center Automotive Research]

### FAHRZEUGE IM STAND: ELEKTROAUTO NICHT HÖRBAR

Wenn die Fahrzeuge stehen und der Motor läuft, sind selbstverständlich unterschiedliche Wahrnehmungen von Elektroautos und verbrennungsmotorischen Fahrzeugen gegeben. Dann ist das Elektroauto anhand seiner Geräusche nicht wahrnehmbar, weil es eben auch keine gibt. Für Blinde ist hingegen das stehende Fahrzeug mit laufendem Verbrennungsmotor sehr gut wahrnehmbar. Aus diesem Unterschied heraus leiten Blinde ein hohes Gefahrenpotential von Elektroautos ab.

Der Trend bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren läuft derzeit deutlich in Richtung Start-Stopp-Systeme. Start-Stopp-Systeme erlauben im Stadtverkehr Kraftstoffeinsparungen zwischen fünf und 15 %. Das ist erheblich und erlaubt den Autobauern, auch die CO<sub>2</sub>-Vorgaben der EU für das Jahr 2012 (im Durchschnitt 130 Gramm CO<sub>2</sub>/km für Neuwagen) zu erfüllen. Bis zum Jahr 2015 werden nach Schätzungen über 80 % der Neuwagen, die in der EU verkauft werden, mit Start-Stopp ausgestattet sein. Damit können Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren im Stand nicht mehr durch Geräusche wahrgenommen werden. Auch in diesem Punkte hat also das Elektroauto kein höheres Gefahrenpotential als der mit Verbrennungsmotor angetriebene Wagen.

### WEISS WIRKT LEISER

Unsere Studie hat einen weiteren interessanten Zusammenhang zwischen Fahrzeugfarbe und Geräuschwahrnehmung zum Vorschein gebracht: Fahrzeuge, die in kräftigeren Farben auftreten, etwa in einem leuchtenden Rot oder Grün, werden in ihren Geräuschen deutlich wahrnehmbarer eingestuft als solche in „blassen“ und unscheinbaren Farben. Das Fahrzeug in Weiß wirkt leiser, obwohl es objektiv nicht leiser ist. Vielleicht lieben Sportwagenfahrer auch deshalb eher das „Ferrari-Rot“.

**SCHLUSSFOLGERUNG** Um Fahrzeuge für sehende Menschen sicherer zu machen, könnte mit Farben mehr erreicht werden als mit künstlichen Geräuschen nur für Elektroautos. Die Experimente haben gezeigt, dass es falsch wäre, das Elektroauto künstlich lauter zu machen. Allenfalls müssten alle leisen Fahrzeuge fokussiert werden. Für Handicap-Gruppen wie Blinde, die eben rot oder grün nicht sehen können, sollten intelligente Assistenten entwickelt werden. Ein elektronisches Warnsystem könnte Blinde warnen und zugleich dem Autofahrer signalisieren, dass Blinde in der Nähe sind. ||

### Literatur:

- Japanese Automobile Standards Internationalization Centre, JASIC (2009), „A Study on Approach Warning Systems for Hybrid Vehicle in Motor Mode,“ presented at the 49<sup>th</sup> World Forum for Harmonization of Vehicle Regulation (WP.29) GRB Working Group on Noise, February 16-18, Document Number: GRB-49-10.
- National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA (2010), „Quieter Cars and the Safety of Blind Pedestrians,“ Department of Transportation, Washington, DC.



Autorin:

Kathrin Dudenhöffer, M.A.

→ kathrin.dudenhoeffer@uni-due.de

CAR-Center Automotive Research, Universität Duisburg-Essen