

## Mercedes-Benz A-Klasse E-CELL: NVH-Herausforderungen

Joachim Mell<sup>1</sup>, Christoph Meier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Daimler AG, NVH-Konzepte Gesamtfahrzeug, 71059 Sindelfingen, E-Mail:Joachim.Mell@Daimler.com

<sup>2</sup>Daimler AG, NVH Powertrain, 70372 Stuttgart, E-Mail:Christoph.Meier@Daimler.com

### Einleitung

Im letzten November wurde die neuer Mercedes-Benz A-Klasse E-CELL in Valencia der Weltöffentlichkeit der Presse vorgestellt und hervorragend angenommen. Dieses rein elektrisch fahrende Fahrzeug wurde in kurzer Zeit entwickelt und für den Markt vorbereitet. Hierbei galt es einige NVH-Herausforderungen zu meistern. Einerseits enge Vorgaben an die verwendeten Teilsysteme und andererseits hohe Anforderungen beim Thema NVH führten nicht immer zu einfachen Lösungen.

### Vorgaben

Das Projekt A-Klasse E-CELL wurde unter der Prämisse gestartet, dass dieses Fahrzeug auf der gleichen Produktionslinie wie eine herkömmlich angetriebene A-Klasse gebaut werden soll. Die Produktion sollte vollständig in die bislang verwendete Produktionslinie in Rastatt integriert werden. Ebenso vorgesehen war auch, dass der bereits in der B-Klasse F-CELL (das aktuell in Serie befindliche Mercedes-Benz Brennstoffzellenfahrzeug) verwendete Antriebsstrang übernommen wird. Diese Vorgaben - gepaart mit einem ebenfalls zu übernehmenden Rohbau - sorgten für vielfältige Anstrengungen, um die bestehenden Komponenten integrieren zu können.

### Details zum Fahrzeug

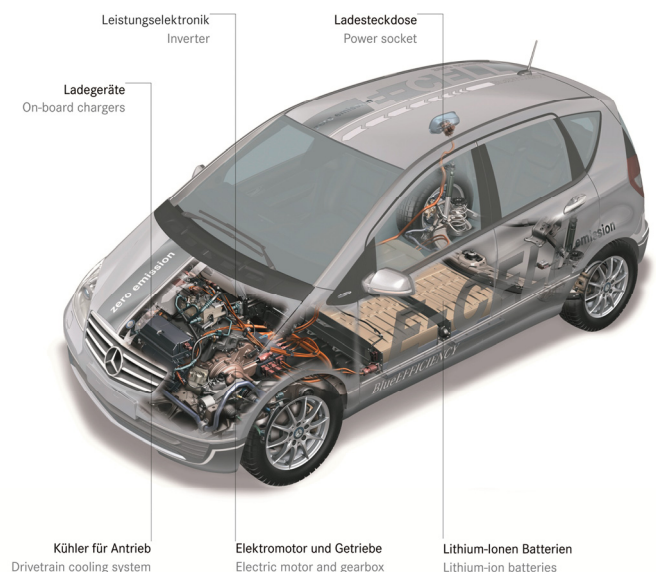
Die A-Klasse E-CELL ist wie eine herkömmliche A-Klasse aufgebaut, lediglich der Antrieb funktioniert elektrisch. Es gibt hinsichtlich Nutzraum keine Einbußen, Kofferraum und Innenraum stehen vollständig zur Verfügung. Bei der Antriebseinheit handelt es sich um eine 8polige, permanent-erregte Synchronmaschine mit einer Dauerleistung von 50 kW (kurzzeitig 70 kW). Das Nenn Drehmoment beträgt 180 Nm (kurzzeitig 290 Nm), die Reichweite liegt bei 250 km. Die Höchstgeschwindigkeit ist begrenzt auf 150 km/h, der Sprint von 0 auf 60 km/h gelingt in 5,5s und in 13,0s von 0 auf 100 km/h. Die Kraftübertragung findet über ein Planetengetriebe mit einer Festübersetzung von  $n=8,3:1$  statt. Die beiden Akkus liefern 36 kWh und befinden sich im Sandwichboden. Aufgrund des Mehrgewichts gegenüber den Versionen mit Verbrennungsmotor wurde die Fahrwerksabstimmung geändert. Geladen wird entweder mit Haushaltsstrom 230 Volt oder mit Drehstrom 380 Volt.

### Auswirkungen auf NVH

Wie jedes rein-elektrisch fahrende Fahrzeug hat auch die A-Klasse E-CELL eine ganz spezielle NVH-Problematik. Durch die bei einem herkömmlichen Antrieb vorhandenen Nebengeräusche des Motors kommt es teilweise zu einer Verdeckung der Roll- und Fahrgeräusche. Diese Gemenge-

lage aus Motorgeräusch, Rollgeräusch und Windgeräusch ist uns allen in unterschiedlichen Ausprägungen seit Jahrzehnten bekannt.

Die erste am Fahrzeug durchgeführte Bestandsaufnahme führte in eine Erprobungsschleife, in der sowohl die Geräuschthematik als auch das Thema Fahrkomfort bearbeitet wurde.



**Abbildung 1:** Schnitt der A-Klasse E-CELL mit Kennzeichnung der wichtigsten Antriebskomponenten

### Akustische Verdeckung

Durch die fehlende – und in aller Regel eher tieffrequente – Verdeckung beim Elektrofahrzeug kommen Roll- und Windgeräusche wesentlich stärker in den Vordergrund. Erst bei höheren Geschwindigkeiten ab ca. 100 km/h werden vor allem die Windgeräusche dominant und die Motorgeräusche sind fast unhörbar. Auf der anderen Seite dominieren vor allem bei langsamen Geschwindigkeiten bis 30 km/h die Motorgeräusche das Gesamtgeräusch. Bei diesen langsamen Geschwindigkeiten tritt meistens der Motor subjektiv störend in den Vordergrund. Im Extremfall hat man im Stand beim Elektrofahrzeug keinerlei Motorgeräusch, während ein Verbrennungsmotor weiterhin vor sich hin brummt. Speziell in dieser Situation scheinen die Nebenaggregate wie zum Beispiel Klimakompressor, Bremsunterdruckpumpe oder auch ein Fahrzeuglüfter subjektiv wesentlich lauter und störender zu sein. Tatsächlich liegt diese subjektiv starke vorhandene Auffälligkeit lediglich an der fehlenden Maskierung. Diese Nebenaggregate müssen also in ihrem Pegel und in ihrer Auffälligkeit deutlich stärker abgesenkt

werden, als dies bei einem herkömmlichen Verbrenner sein müsste.

Im Laufe der Entwicklung der A-Klasse E-CELL wurden teilweise auch Nebengeräusche bemängelt, an die man im ersten Anlauf sicherlich nicht gedacht hat. Dies waren zum Beispiel die automatische Zentralverriegelung der Türen nach dem Losfahren oder auch die Lautstärke des Blinkers, wenn man wartend an der Ampel steht.

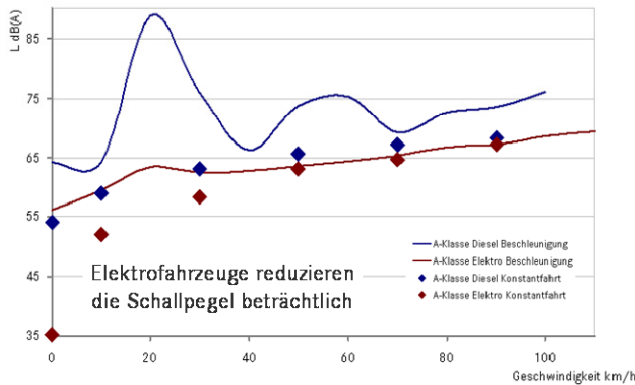


Abbildung 2: Elektrofahrzeuge sind leise, insbesondere beim Beschleunigen [1]

Beim Gesamtgeräusch des A-Klasse E-CELL können aufgrund der fehlenden Pegel des tieffrequenten Verbrennungsmotors deutlich niedrigere Werte im Gesamtfahrzeug erzielt werden, wie die Abbildung 2 verdeutlicht. Vor allem bei Beschleunigungsvorgängen werden elektromotorisch deutlich niedrigere Pegel erreicht. Die Überhöhung bei 20 km/h rührt von einer Resonanz der Abgasanlage in der 2. Motorordnung her.

Da mit dem Verbrennungsmotor eine maßgebliche Schallquelle im Fahrzeug wegfällt, die von vorne zu hören ist, ändert sich das Geräuschbild dahin, dass der Eindruck eines verstärkten Rollgeräuscheintrags aus dem Heck vorherrscht. Um das Rollgeräusch nicht nur hinsichtlich Pegel sondern auch hinsichtlich verstärkt beobachtetem Richtungshören zu optimieren, werden speziell im Heck im Bereich der Radläufe und des Unterbodens zusätzliche Isoliermaterialien eingebracht. Dadurch gleicht sich das Klangbild wieder aus, so dass nicht mehr nur das Abrollen aus dem Heck hörbar ist.

### Elektrischer Klimakompressor

Der elektrische Klimakompressor ist durch sehr weiche abgestimmte Gummimetallementen von dem Tragrahmen entkoppelt, der den Antriebstrang im Motorraum abstützt. Die direkte Luftschallabstrahlung wird durch Optimierungen auf ein sehr niedriges Niveau abgesenkt. Die Optimierung der Körperschalleinleitung über Entkoppelemente wird begleitet von einer neu entworfenen Betriebsstrategie. Üblicherweise läuft der Kältekompressor im Riementrieb ständig mit. Dies ist bei einer elektrischen Ansteuerung natürlich nicht nötig und auch nicht erwünscht.

Durch eine geschickte Wahl der verwendeten Drehzahlen wurden Drehzahlen vermieden, die zu einer Auffälligkeit im Innenraum geführt hätten. Zum Teil werden Drehzahlen gewählt, die höher liegen, als es der Kälteanforderung nach erforderlich wäre. Die Drehzahlen werden möglichst rasch angefahren, so dass durchfahrenen Resonanzen sich gar nicht erst richtig ausbilden können.

Für den stationären Betrieb stehen Kennfelder zur Verfügung, um stets das Optimum aus Klimaanforderung, Energieeinsparung und Geräuschverhalten zu erzielen. Der Klimakompressor wird geschwindigkeitsabhängig angesteuert, wobei im Stand die Drehzahl so gewählt wurde, dass möglichst wenig im Innenraum zu hören ist und erst nach einer Mindestzeit die Drehzahl angehoben wird.

### Isolationspaket

Am Antriebsaggregat selber findet keine weitere Optimierung statt, da hier eine 1:1 Übernahme des bereits in Serie gebauten Antriebsstrangs gesetzt war. Da die A-Klasse über ein kleineres Isolationspaket verfügt als die größere und sich mit einem anderen Mitbewerberumfeld messende B-Klasse F-CELL, ist das Isolationskonzept überarbeitet. Die Maßnahmen umfassen sowohl den Innenraum mit Hauptboden und Stirnwand als auch ein anderes Motorlager-Setup. Wie schon weiter vorne ausgeführt, sind gerade auch im Heck mehrere Schallisolationsumfänge eingeflossen.

### Zusammenfassung

Trotz einiger harter Vorgaben konnte die A-Klasse E-CELL gut im Markt platziert werden. Das Fahrzeug wurde von der Fachpresse bei der Pressefahrvorstellung in Valencia [1] hervorragend angenommen. Die Rückmeldungen zum Thema NVH sind durch die Bank positiv. Das Fahrzeug wurde in geräuschlicher Hinsicht als leise und angenehm bewertet [2] [3].

Bestimmte Umfänge müssen bereits vor dem Start einer neuen Fahrzeugbaureihe vorgesehen werden. Nachträglich wird man kaum noch eine geänderte Zentralverriegelung in das Fahrzeug einbringen können. Für zukünftige Fahrzeugprojekte müssen solche Einflussfaktoren von Anfang an berücksichtigt werden.

Trotz vieler einschränkender Faktoren konnte die A-Klasse E-CELL erfolgreich zur Marktreife gebracht werden. Die vielen positiven Rückmeldungen der Presse [2] [3] zeigen dies in eindrucksvoller Weise.

### Literatur

- [1] Meier, Christoph: Press Release 2010 A-Class E-CELL, Valencia, Spain
- [2] <http://www.heise.de/autos/artikel/A-Klasse-E-Cell-Probefahrt-im-Elektro-Mercedes-1150315.html>
- [3] [http://www.alternative-motion.de/magazin/testberichte/3336/mercedes-benz\\_a-klasse\\_e-cell\\_unter\\_strom.html](http://www.alternative-motion.de/magazin/testberichte/3336/mercedes-benz_a-klasse_e-cell_unter_strom.html)