

# Funktionales Geräusch und Sicherheitsaspekte in der Fahrzeugakustik

Bernhard Lange, Adam Opel AG, Rüsselsheim

---

Geräusch ist lange Zeit als lästige Begleiterscheinung der Technik betrachtet worden. Diese Auffassung ist historisch begründet und auch heute noch Allgemeingut. Für Geräuschminderung sorgen dann die Akustiker, die bisher auf allen Gebieten ja auch leisere Geräte entwickelt haben.

Wir wissen inzwischen, dass das aber nur bis zu einem gewissen Punkt so einfach funktioniert. Je stärker die Hauptschallquellen z. B. eines Autos im Pegel gemindert werden, um so mehr Schallquellen werden wahrgenommen. Das inzwischen antiquierte Paradebeispiel dafür ist das störende Ticken der Uhr in einem ansonsten leisen Fahrzeug. Praktisch reduziert sich das Geräuschproblem leider nicht auf nur eine verbleibende Störschallquelle, sondern es entsteht ein hässlicher Lärmteppich vieler schwer identifizierbarer Quellen. Dieser wirkt auf den Menschen störender als ein geringfügig lauterer Geräusch, das in einem logischen Zusammenhang mit der Funktion des Gerätes steht. Oder anders betrachtet: eine weitere Geräuschreduktion könnte zwar sehr aufwändig und teuer in der technischen Umsetzung sein, dem Kunden aber keinen Gewinn an Komfort bringen. Dieser ist vielmehr eher dadurch zu erzielen, indem man die funktionale Komponente des Geräusches stärker betont und es dadurch z.B. 2 dB lauter macht.

Dem Ingenieur stellt sich also die Aufgabe zu entscheiden, wie weit eine Lärmreduktion gehen muss und zu welchem Punkt der funktionale Charakter eines Geräusches zu Lasten der Pegelminderung betont werden muss, um den Komfort zu erhöhen. Ziel ist also subjektive Leisheit zu Lasten der objektiven Leisheit. Die hier auftretende Frage nach dem funktionalen Geräuschcharakter ist keineswegs trivial, wird aber meist intuitiv richtig beantwortet.

Der Komfortaspekt ist nur eine Seite bei der Geräuschgestaltung, zunehmende Bedeutung wird die Frage nach der Sicherheit erlangen. Es ist nun nicht ganz so offensichtlich, was Geräusch mit Sicherheit zu tun hat, doch es gibt viele Verknüpfungen.

Wenn hier von Geräusch die Rede ist, so muss zwischen Innen- und Außengeräusch unterschieden werden. Beim Innengeräusch interes-

siert die Einwirkung auf den Fahrer und sein Fahrverhalten. Beim Außengeräusch dagegen sind die anderen Verkehrsteilnehmer betroffen und leider auch die Anwohner, für die der Straßenlärm keinen Informationswert hat, sondern nur lästig ist. Für diese können Fahrzeuge gar nicht leise genug sein, während Verkehrsteilnehmer sich erfahrungsgemäß darauf verlassen, Autos zu hören. Die Orientierung im Verkehrsraum kombiniert Sehen und Hören. Ist dieses Gleichgewicht gestört - das gilt beispielsweise für Elektrofahrzeuge - dann funktioniert die intuitive Orientierung nicht mehr mit der gewohnten Sicherheit. Eine unbegrenzte Lärmreduktion könnte durchaus zu einem Zielkonflikt führen, der sicher nicht einfach zu lösen ist. An dieser Stelle soll der Hinweis auf mögliche Modifikationen des Geräuschcharakters genügen.

Das Innengeräusch mag auf den ersten Blick weniger sicherheitsrelevant erscheinen, bietet aber ein sehr weites Feld.

Denken wir an das Türschlaggeräusch. Autotüren mögen satt oder blechern klingen, aber wenn sie nicht ganz schließen, klingen sie signifikant anders. Jeder Autofahrer ist darauf eingestimmt. Was messtechnisch nicht so leicht zu unterscheiden ist, erkennt das Ohr recht sicher. Üblicherweise sogar verlässt man sich bei der Entscheidung, ob eine Tür richtig geschlossen ist, nur auf das Gehör - ohne viel darüber nachzudenken.

Und das ist typisch für die Geräuschverarbeitung: sie läuft größtenteils im Hintergrund ab. Beim Verlassen eines Toleranzbereiches funktioniert sie aber als verlässliches Warnsignal. Diese erstaunliche Leistung des Gehörs wurde durch Mutation und Selektion hervorgebracht. Das Gehör hat sich über einen sehr langen Zeitraum entwickelt, nicht erst beim Menschen. Versetzen Sie sich in den Urwald: Der Selektionsdruck durch Fressfeinde favorisiert ein schnelles Ortungssystem für Gefahren. Lebewesen, die Feinde durch verräterische Geräusche schnell und sicher orteten, konnten erfolgreicher reagieren. Sie hatten damit einen Überlebensvorteil und haben sich so im Laufe der Zeit stärker verbreitet und für die Ausprägung der beschriebenen Höreigenschaften gesorgt. Unter

diesem Aspekt waren folgende Gehör-eigenschaften wichtig:

niedrige Hörschwelle,  
Hervorhebung impulshaltiger Geräusche,  
ihre schnelle Ortung,  
Gefahrenerkennung aus dem Klang,  
Hören auch während des Schlafs.

Man sieht, dies sind Eigenschaften, die unser Hören auch heute noch prägen (z. B. Bedeutung der ersten Wellenfront für die schnelle Richtungserkennung). Die Hervorhebung impulshaltiger Geräusche ist in unserer heutigen Umwelt weit weniger bedeutsam, lässt uns im Auto eventuelle Klappergeräusche aber lästiger empfinden. Oder allgemeiner: In der Natur angepasste Gehöreigenschaften bestimmen heute unsere Wahrnehmung technischer Geräusche nach nicht darauf optimierten Wertungskriterien. So hat die Klangwichtung Einfluss auf unser emotionales Verhältnis zu Autos, und das ist mehr als nur Präferenz für Motorsounds.

Warum sollte diese emotionale Wirkung des Geräuschs nicht für sicherheitsrelevante Informationen genutzt werden? Es gilt, die evolutionsbedingte Hörinterpretation technisch umzusetzen,

Beim Türschließgeräusch ergibt sich die Klangdifferenzierung weitgehend konstruktionsbedingt. Ein anderes Beispiel ist das Ansteigen des Motorgeräuschs bei Annäherung an die Maximaldrehzahl, wodurch dem Fahrer signalisiert wird, den nächsthöheren Gang einzulegen. Bei kritischen Überholvorgängen wird so der Blick nicht von der Straße abgelenkt. Im Falle des Blinkers verlangt sogar der Gesetzgeber eine akustische Signalisierung. Sinnvoll ist sie für jede Schalterbetätigung und für manuell aktivierte Stellmotoren, die immer zahlreicher ins Auto Einzug halten. In diesen Fällen erwartet man leise, aber hörbare Geräusche, aus denen die Funktion ablesbar ist. Ein elektrischer Fensterheber soll z. B. mitteilen, dass er die Endstellung erreicht hat ohne dass der Fahrer sich durch einen seitlichen Blick davon überzeugen möchte. Ein problematischer Fall ist das Antiblockiersystem. Das Ansprechen des ABS wird üblicherweise durch Bremspedalvibrationen und das zugehörige Rattergeräusch der Regelung angezeigt. Er soll erfahren, dass er im Grenzbereich fährt. Dazu muss das Geräusch laut genug sein, aber nicht so laut, dass ein weniger erfahrener Fahrer sich erschrecken könnte und deshalb von der Bremse

geht. Sicherheit bedeutet hier eine Gratwanderung zwischen zu leise und zu laut.

In den bisher genannten Fällen bestand der Sicherheitsgewinn insbesondere in dem leichten und schnellen Erkennen aus der Funktionalität des Geräuschs. In diese Kategorie fallen auch alle Defekte, die sich akustisch ankündigen. Frage an Konstrukteure: Wie lässt sich diese Grenze vorziehen, ein Defekt also schon früher ankündigen? Oder gar ein ungünstiger Betrieb (z. B. Reifen mit zu niedrigem Luftdruck) über das Geräusch anzeigen?

Ein ganz wesentlicher Sicherheitsaspekt ist die Aufmerksamkeit des Fahrers. Zu lautes Innengeräusch ermüdet, ebenso aber lange Fahrten in eintöniger Landschaft mit niedrigeren Geschwindigkeiten (z. B. USA). Laute und brumrige Autos zu verbessern gehört zum Tagesgeschäft, wie aber macht man eintönige Fahrten interessanter? (Warum sagt man eigentlich "eintönig" und nicht z. B. "einfarbig"?). Ein Lösungsansatz könnte darin bestehen, kleine Änderungen, die immer vorkommen (leichte Steigungen, Gegenwind), akustisch mit einer auffälligen Änderung zu beleben, indem man ihnen eine verstärkte Klangreaktion des Motors zuordnet. Fahrwiderstandsänderungen bewirken bei kleineren Motoren größere relative Leistungsänderungen und damit Klangverschiebungen, bei leistungsstarken Motoren sind die Rückmeldungen an den Fahrer aber schwächer ausgeprägt. Die Möglichkeiten sind mit passiven Maßnahmen naturgemäß beschränkt, aber das Nachdenken darüber führt vielleicht bei stufenlosen Getrieben zu wirksamen Ansätzen. Hat die Getriebelogik eine potenziell eintönige Fahrt erkannt, so kann sie auf geringe Änderungen mit verstärkten Drehzahlausschlägen reagieren, die dann die Aufmerksamkeit des Fahrers steigern.

Die Sicherheitsaspekte der Akustik sind bisher nur wenig bedacht worden und können ein neues Tätigkeitsfeld eröffnen. Denkt man an die Ausdrucksstärke der menschlichen Stimme und die Fähigkeiten des Gehörs, Sprecher und ihre Stimmungslagen zu erkennen, so kann man sich vorstellen, später einmal ergonomische Belange und Sicherheitsaspekte über die Ausbildung technischer Geräusche zu berücksichtigen. Geräusche mit selbsterklärendem Charakter müssen an die evolutionsbedingte Interpretation anknüpfen und werden dann schneller und sicherer wahrgenommen.