

## Aktive Geräuschgestaltung bei Staubsaugern

Markus Bodden\*, Heinrich Iglseider\*\*

\* Ingenieurbüro Dr. Bodden, Ursulastr. 21, 45131 Essen, info@product-sound.de, www.product-sound.de;

\*\* STMS Ingenieurbüro, Im Fasanenkamp 10, 31552 Rodenberg, iglseider@t-online.de

### Einleitung

Die Definition der Geräuschqualität nach Blauert und Bodden („Geräuschqualität ist die Eignung eines Geräusches für eine bestimmte technische Aufgabe“, 1994) besagt, daß die Geräusche eines Produktes nicht generell unerwünscht sind, sondern einen bestimmten Zweck erfüllen. Hierbei ist der Aspekt der Interaktion für die Kontrollier- und Handhabbarkeit des Produktes sowie die Zufriedenheit der Kunden besonders wichtig. Die Geräusche von Produkten werden nicht angehört, um die Geräusche an sich zu hören, sondern um Informationen aus Ihnen ziehen zu können. So eignet sich der akustische Kanal insbesondere dafür, den Nutzer intuitiv, unmissverständlich und ohne größere nötige Aufmerksamkeit oder Anstrengung über den Zustand eines Produktes zu informieren und ihm eine Rückmeldung über die ausgeführten Aktionen zu geben.

Geräusche werden in der Regel inherent durch die (mechanische) Funktion eines Produktes hervorgerufen. Diese Abhängigkeit schränkt zum einen Möglichkeiten der Geräuschgestaltung ein und kann zum anderen zu hohen Kosten führen, da bei einer Optimierung Geräuschentstehungsmechanismen verändert werden müssen. Demgegenüber werden bei "aktiven" Methoden Geräusche zusätzlich generiert und mit den inherent entstehenden überlagert, so daß bei der Geräuschgestaltung eine größere Freiheit, Variabilität und häufig auch eine Kostenreduktion vorliegt.

Desweiteren kann der Fall auftreten, daß die inherente Rückmeldung entweder unzureichend erfolgt oder fehlt völlig, so wie dies zum Beispiel beim Staubsauger der Fall ist. Das Gerät erzeugt im Betrieb in der Regel ein relativ lautes Geräusch, das den Benutzer und seine Umgebung jedoch im wesentlichen nur stört, ihm aber keine wesentliche Information über den Betriebszustand und seine ausübende Aufgabe gibt. Anhand des Beispiels des Staubsaugers werden im folgenden die Möglichkeiten der aktiven Geräuschgestaltung diskutiert.

### Aktive Geräuschgestaltung

Unter Aktiver Geräuschgestaltung wird hier verstanden, daß zusätzlich zu den automatisch durch den Betrieb eines Produktes erzeugten Geräuschen weitere, für den Nutzer sinnvolle Geräusche „aktiv“ erzeugt und wiedergegeben werden. Die Motivation zur Aktiven Geräuschgestaltung ergibt sich hierbei durch drei unterschiedliche Umstände - zum einen durch die Änderung von Funktionsprinzipien, zum anderen dadurch, daß bestimmte Rückmeldungen prinzipiell nicht direkt durch die Funktion hervorgerufen werden, und schließlich aus Kostengründen.

Traditionell beruhten Produkte in der Vergangenheit im wesentlichen auf mechanischen Abläufen, die damit automatisch die entsprechenden und notwendigen Geräusche erzeugt haben. Die so erzeugten Geräusche weisen aber den Nachteil auf, daß sie sowohl in der Lautstärke als auch in der Geräuschqualität allgemein schlecht zu kontrollieren und zu optimieren sind.

Als Folge der Verlagerung mechanisch ausgeübter Vorgänge in Elektronik fielen auch die entsprechenden Geräusche mechanischen Ursprungs weg. Als Beispiel sei hier der Blinker im Kraftfahrzeug genannt, dessen Geräusch früher durch das Klicken des Relais geprägt war. Bei dem Ersatz des Relais durch eine rein elektronische Lösung fällt dieses Geräusch weg, an das sich Ge-

nerationen von Autofahrern als Rückmeldung für das Einschalten des Blinkers gewöhnt hatten.

Generell erlaubt die Aktive Geräuschgestaltung eine außerordentliche Freiheit des Designs - prinzipiell können hier beliebige Geräusche entworfen werden. Es liegt somit in der Verantwortung des Entwicklers, Geräusche zu entwerfen, welche die folgenden Randbedingungen erfüllen:

- die Rückmeldungen muß den Erwartungen und Anforderungen der Benutzer entsprechen;
- die Rückmeldung muß sinnvoll, unmissverständlich und möglichst intuitiv sein;
- die Rückmeldung muß zum übrigen Produktgeräusch passen und darin entsprechend wahrnehmbar sein;
- Kosten und Realisierbarkeit im Produkt müssen beachtet werden.

Eine mögliche Umsetzung für Staubsauger wird im folgenden vorgestellt.

### Staubsauger

Die Geräusche von Staubsaugern sind meist laut und werden in der Regel als lästig empfunden. Außerdem gibt das Geräusch dem Nutzer keine weitere Information als das der Sauger eingeschaltet ist sowie eventuell in welcher Leistungsstufe er betrieben wird. Insbesondere wird aber keine Information über die eigentliche Aufgabe und Funktion des Saugers, nämlich das Aufsaugen von Staub, gegeben. Da insbesondere auch Feinstaub von den Geräten erfaßt wird, aber nicht direkt sichtbar ist, ist der Nutzer auf seine Intuition angewiesen und muß solange saugen, bis er meint, daß die zu reinigende Fläche sauber wäre.

Aus diesem Grunde wurde eine Aktive Geräuschgestaltung entwickelt, welche dem Nutzer eine Rückmeldung über den tatsächlichen Vorgang und vor allem den Fortschritt der Reinigung gibt. Abb. 1 zeigt das Schema des zum Patent angemeldeten Verfahrens.

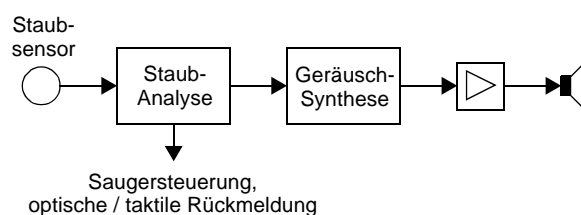


Abb. 1 Aufbau des Systems zur Aktiven Geräuschgestaltung bei Staubsaugern basierend auf einer Messung des Staubflusses

Die von einem Sensor gemessene aufgesaugte Staubmenge wird zur Generierung eines akustischen Signals herangezogen, das dann über einen in den Sauger integrierten Lautsprecher abgestrahlt wird.

### Staubmessung

Eine geeignete Rückmeldung über den Saugvorgang und Fortschritt der Reinigung erfordert zunächst einmal, daß diese entsprechend erfaßt werden können. In dem hier vorgestellten Verfahren wird hierzu ein Staubsensor verwendet, der direkt den aufgesaugten Staub mißt und analysiert (Patent DE 44 25 291

A 1). Der Sensor wird z.B. in einem Knick des Saugrohres angebracht und erfährt die Staubteilchen, welche auf den Sensor treffen. Die Auswerteeinheit des Sensors erlaubt die Bestimmung der Masse und der Anzahl der Teilchen, so daß die Menge und Art des aufgesaugten Staubes gemessen werden kann. Prinzipiell kann hierbei bis zu einer gewissen Grenze der Aufprall jedes einzelnen Teilchens nachgewiesen werden, so daß eine kontinuierliche Information über den Staubfluß vorliegt. Mit diesem Sensor kann damit indirekt der Reinheitsgrad der zu reinigenden Fläche gemessen werden.

Das von dem Sensor gelieferte Signal wird dazu genutzt, eine akustische Rückmeldung zu erzeugen. Prinzipiell erlaubt es zusätzlich eine Steuerung bzw. Regelung des Saugers sowie die Generierung einer optischen oder taktilen Rückmeldung, welche jedoch - wie im folgenden diskutiert - Nachteile gegenüber einer akustischen Lösung aufweisen.

### Akustische Rückmeldung

Prinzipiell kann bei der Aktiven Geräuschgestaltung ein beliebiges Geräusch erzeugt werden. Die oben aufgeführten Randbedingungen schränken diese Möglichkeiten jedoch erheblich wieder ein. Das größte Problem stellt prinzipiell das Grundgeräusch des Saugers dar, das meist relativ laut und häufig auch entsprechend lästig ausfällt. Eine weitere Einschränkung bildet die Notwendigkeit die Geräusche abzustrahlen, was insbesondere bezüglich des Tradeoffs zwischen der Qualität des abgestrahlten Geräusches in der notwendigen Lautstärke und dem benötigten Platzbedarf und den entstehenden Kosten zu sehen ist.

Einige Produkte nutzen für Rückmeldungen rein „künstliche“ Geräusche, die jedoch nicht kontinuierlich, sondern nur zu bestimmten Zeitpunkten oder Aktivitätseinsätzen abgestrahlt werden und eher der Klasse der Warnsignale zuzuordnen sind. Beispiele hierfür sind Geräusche einer Mikrowelle oder der Bedienoberfläche eines Computers. Diese Geräusche sind in der Regel für den Benutzer neu und müssen zunächst in einem Lernprozeß mit der zu übermittelnden Information in Verbindung gebracht werden.

Im vorliegenden Fall bietet sich jedoch ein Geräusch an, das von Nutzern sofort und ohne weiteren Lernprozeß intuitiv gedeutet wird. Es handelt sich hierbei um das Geräusch, das entsteht, wenn - im Vergleich zu Feinstaub - größere Teilchen wie zum Beispiel Krümel aufgesaugt werden.

Ein daran angelehntes Geräusch wird aus den vom Sensor gelieferten Aufsaugdaten von Feinstaub erzeugt. Hierzu wird wie folgt vorgegangen:

- die Samples von drei unterschiedlichen Aufprallgeräuschen bilden die Basis und sind digital abgespeichert;
- die Daten des Staubsensors steuern die Auswahl, Auftretenshäufigkeit und Amplitude der Bausteine;
- die Bausteine werden entsprechend verkettet und ausgegeben.

Bei den drei Grundbausteinen handelt es sich um die Geräusche von Teilchen unterschiedlicher Materialien und Gewichte, die somit einen anderen Klangcharakter aufweisen. Die Anzahl von drei Grundbausteinen hat sich hierbei als ausreichend erwiesen um ein ausreichend abwechslungsreiches Geräusch zu erzeugen. Über die Auftretenshäufigkeit und die Amplitude wird die aufgesaugte Staubmenge akustisch dargestellt und gleichzeitig eine Monotonie des Geräusches vermieden. Die bezüglich Länge, Abtastrate und Auflösung optimierten Bausteine benötigen hierbei insgesamt lediglich einen Speicherplatz von 768 Byte.

Durch die Aktive Geräuschgestaltung werden somit Feinstaubteilchen akustisch praktisch auf die Größe von Krümeln transformiert.

### Abstrahlung

Eine Aktive Geräuschgestaltung erfordert die Möglichkeit Geräusche abzustrahlen. Produkte verfügen meist nicht über entsprechende Vorrichtungen, so daß Abstrahlelemente integriert werden müssen. Ausnahmen bilden hier z.B. Kraftfahrzeuginnenräume, in denen die Lautsprecher der Audioanlage mitgenutzt werden können.

Im vorliegenden Fall wurden die Geräusche derart entworfen, daß eine einfache, platzsparende und preiswerte Lösung umsetzbar ist. Als Abstrahlelement wird ein Piezoelement genutzt, das durch eine Ankopplung an die Gehäuseoberfläche bzw. die Ausnutzung von Gehäusehohlräumen Geräusche einer ausreichenden Lautstärke und Qualität erzeugen kann.

Prinzipiell kann die Wiedergabe bei der Aktiven Geräuschgestaltung natürlich auch auf anderem Wege, z.B. über Kopfhörer (z.B. auch Lärmschutzkopfhörer mit aktiver Geräuschreduzierung) oder durch Übertragung auf andere schon vorhandene Wiedergabesysteme erfolgen. Eine Wiedergabe über Kopfhörer weist hierbei generell den Vorteil auf, daß der Einfluß des Produkt-Grundgeräusches reduziert wird und damit mehr Freiheit bei der Gestaltung der Geräusche gewonnen wird.

Der Saugprozeß läuft in der Regel so ab, daß der Sauger mehrfach über einen Flächenabschnitt hin- und herbewegt wird. Die Anzahl der aufgesaugten Teilchen nimmt dabei immer weiter ab. Durch die akustische Rückmeldung wird dies hörbar gemacht und dem Nutzer mitgeteilt. Die akustische Rückmeldung weist somit die folgenden Vorteile auf:

- der Benutzer erhält eine Rückmeldung, welche ihm die Benutzung des Produktes erleichtert;
- die akustische Rückmeldung wird unterbewußt verarbeitet und blockiert nicht die Aufmerksamkeit des Nutzers, wie dies z.B. bei einer optischen Anzeige der Fall wäre;
- die akustische Rückmeldung erfolgt selbsterklärend und unmissverständlich;
- eine positive Rückmeldung über den Vorgang und Fortschritt der Reinigung „belohnt“ den Nutzer und erhöht seine Motivation;
- das Produkt wird positiver wahrgenommen und sein Image erhöht.

Diese Auflistung zeigt, daß die akustische Rückmeldung deutliche Vorteile gegenüber einer Lösung mit einer optischen Rückmeldung aufweist.

### Zusammenfassung

Die Aktive Geräuschgestaltung bietet eine einfache und häufig auch kostengünstige Möglichkeit, dem Nutzer eines Produktes geeignete akustische Rückmeldungen zu geben. Durch die Entkopplung von den Funktionsmechanismen des Produktes bieten sich außerdem nahezu unbegrenzte Möglichkeiten des Designs der Geräusche. Bei entsprechend sorgfältigem und verantwortungsbewußten Design können so die Handhabbarkeit der Produkte und die Zufriedenheit der Kunden erheblich erhöht werden - die Produkte werden deutlich aufgewertet.

### Literatur

Blauert, J.; Bodden, M. (1994): Gütebeurteilung von Geräuschen - warum ein Problem? In: Q.-H. Vo (ed.), *Soundengineering / kundenbezogene Akustikentwicklung in der Fahrzeugtechnik*, Expert Verlag, D-Renningen, 1-9.

Patent DE 44 25 291 A 1, Verfahren zum Nachweis von Partikeln in einer 2-Phasen-Strömung, Staubsauger sowie Verfahren zum Steuern oder Regeln eines Staubsaugers.

Patentanmeldung, Aktive Geräuschgestaltung bei Staubsaugern.