

Einige Grundüberlegungen zur Qualität von Geräuschen

Ute Jekosch¹, Jens Blauert²

¹ School of Architecture, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy NY 12180, USA, jekosu@rpi.edu

² Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum, jens.blauert@rub.de

Einleitung

Um 1985 begann in Fachkreisen eine Diskussion darüber, ob der A-bewertete Schallpegel individuelle Geräusche hinreichend kennzeichnet. In der Folge wurden unterschiedliche Parameter-Sätze zur Geräuschkennzeichnung vorgeschlagen, die sowohl physikalische als auch auditive Parameter enthalten. Wir werden im Folgenden zeigen, dass ein solcher Ansatz die Problematik der Geräusch-Qualität noch nicht vollständig erfassen kann, jedoch einen Schritt in die richtige Richtung darstellt.

Der Charakter eines Geräusches

Die Anwendung einer Metrik aus instrumentellen und/oder auditiven Messgrößen zur Geräuschkennzeichnung resultiert üblicherweise in einem Parametersatz. In der Sprache der achtziger Jahre wurde ein solches parametrisches Profil eines Geräusches als dessen *Qualität* bezeichnet. Von einer solchen Verwendung des Wortes Qualität wird aus heutiger Sicht abgeraten. Stattdessen wird dafür der Begriff *Geräusch-Charakter* vorgeschlagen [2], oder – wenn man die parametrische Repräsentation eines Sounds meint – der Begriff *Sound-Charakter*.

Wir gehen auf diese Terminologiefrage in folgendem Zusammenhang ein: Um den Charakter eines Sounds zu ermitteln, muss zunächst eine Metrik erstellt werden. Zur Identifikation geeigneter psychoakustischer Parameter werden z.B. spezielle multidimensionale Analysemethoden angewendet. Nach dem Erstellen der Metrik werden die Parameterwerte jeweils durch Messung bestimmt, wofür man spezifische Messinstrumente oder Versuchspersonengruppen benötigt. Wenn die Messaufgabe es erforderlich macht, müssen Versuchspersonengruppen (sog. *panels*) in der Lage sein *selektiv* zu beurteilen, also etwa auditive Merkmale heraushören und moderierende Faktoren vernachlässigen können. Denn die auditive Wahrnehmung wird auch durch nicht-akustische Faktoren mitbestimmt, und der Hörer ordnet dem Wahrgenommenen Bedeutung zu. Zur Messung des Sound-Charakters werden deshalb ggf. weitere Metriken herangezogen, Beispiele sind semantische und emotive Profile.

Ein Ersetzen der Hörversuche durch instrumentelle Messverfahren ist in einigen Fällen möglich. So gibt es bekanntlich instrumentelle Verfahren zur Bestimmung der auditiven Merkmale *Lautheit* und *Schärfe* [1]. Man muss sich bei ihrer Anwendung allerdings darüber klar sein, dass sie nur Schätzwerte für die zu Grunde liegenden auditiven Größen liefern und insofern mit Vorsicht anzuwenden sind.

Produkt-Geräusch-Qualität

Es besteht heutzutage weitgehende Übereinstimmung darüber, dass die Geräusche – industrieller – Produkte zu diesen "passen" sollten. Es wird weiter angenommen, dass die erzielte "Passgenauigkeit" die Qualität der Geräusche be-

stimmt [4, 5]. Um diese Frage weiter zu diskutieren, benutzen wir die folgende Definition:

Product-Sound Quality is a descriptor of the suitability of the sound attached to a product. It results from judgements upon the totality of auditory characteristics of the said sound – the judgements being performed with reference to the set of those desired features of the product which are apparent to the users in their actual cognitive, actional and emotional situation [3]

Offensichtlich existiert Produkt-Geräusch-Qualität also nicht per se, sondern entwickelt sich in einem mehrstufigen Prozess. Strahlt ein Produkt Schallwellen aus, können diese instrumentell vermessen werden, was zu einem akustischen Profil des Produktes führt. Treffen die Schallwellen auf Zuhörerohren, korrelieren sie in der Regel mit auftretenden Hörereignissen. Die Hörereignisse können mit psychoakustischen Methoden vermessen werden, was zu einem auditiven Profil führt. Weiterhin können entsprechend bei Bedarf z.B. emotive oder semantische Profile zusätzlich bestimmt werden. Die unterschiedlichen Profile bilden zusammen den Charakter des Geräusches. Entsprechend der Definition vergleichen dann die Testpersonen, zumeist die Produktnutzer, den *Charakter* des Produktgeräusches mit einer internen Referenz, die unter anderem ihre Erwartung bezüglich des Produktes beinhaltet. Da diese Referenz ihrerseits einen Parametersatz beinhaltet, kann man hier vom *Referenz-Charakter* sprechen. Dem Vergleich folgt abschließend die Qualitätszuweisung. Sowohl Vergleich als auch Qualitätszuweisung beinhalten oftmals kognitive Prozesse, die in der Regel – wie schon die Hörwahrnehmung selbst – durch emotive und aktionale Faktoren moduliert werden.

Man erkennt an dieser Stelle, dass Wissen über die verwendeten Referenzen sehr wichtig für eine erfolgreiche Modellierung des Qualitätsbildungs-Prozesses ist. Dabei kann angenommen werden, dass ein gutes Produktgeräusch sicherlich signalisieren soll, dass das Produkt selbst von hoher Qualität ist. Die Funktion des Produktgeräusches als Informations- und Zeichenträger gewinnt somit entscheidende Bedeutung [4].

Geräusch-Qualität

Zweifelloos kann ein Produktgeräusch den Nutzer über den Betriebszustand des Produktes informieren. Zum Beispiel möchte ein Kraftfahrer beim Überholen hören, dass sein Motor tatsächlich beschleunigt. Hier besteht also durchaus eine funktionelle Verwandtschaft zur Lautsprache als Informationsträger. Die Qualität von Lautsprache ist wie folgt definiert:

Speech Quality is the result of an assessment of the suitability of a speech sample – considering all of its recognized and nameable features and feature values – namely, as to which amount this speech sample complies with a reference arising from aspects such as individual expectations and/or social demands and/or pragmatic necessities – considering all recognized and nameable features and feature values of the reference [5]

Diese Definition beinhaltet wesentliche Verfeinerungen gegenüber der o.g. Definition für Produkt-Geräusch-Qualität. Unter anderem ist Qualität nunmehr als Ergebnis eines Messprozesses definiert, d.h. Qualität entsteht in einem Prozess, in dem eine reliable Zuordnung von Zahlen zu Objekten geschieht. Qualität wird somit quantifiziert, in anderen Worten, sie wird gemessen. Ferner wird festgelegt, dass die betrachteten Parameter und Parameterwerte identifizierbar und beschreibbar sein müssen. Dies ist eine sinnvolle Einschränkung insbesondere im Technik-Kontext, denn es hebt den Qualitätsbildungs-Prozess aus der Anonymität. Nur die identifizierbaren und beschreibbaren Merkmale von Geräusch- und Referenz-Charakter werden in die Modellierung des Qualitätsbildungs-Prozesses einbezogen.

Zwischen der ersten und der zweiten Definition besteht ein weiterer wesentlicher Unterschied, auf den besonders hinzuweisen ist: Der Unterschied liegt im *Charakter der Referenz*. In der ersten Definition besteht der Referenz-Charakter aus den gewünschten Eigenschaften des Produktes, d.h. der Geräuschquelle. In der zweiten Definition ist der Referenz-Charakter wesentlich breiter und ggf. abstrakter angelegt – z.B. funktionell bestimmt. Dabei bezieht er sich nicht mehr mittelbar auf die Geräuschquelle, sondern unmittelbar auf das Geräusch – z.B. als Informations- und *Zeichenträger*. Im Zuge dieser Diskussion wird deutlich, dass die zitierte Definition von *Sprach-Qualität* unmittelbar auf *Geräusch-Qualität* im Allgemeinen übertragen werden kann. Im Gegensatz zu Produkt-Geräusch-Qualität, wo *the sound of quality* das Entscheidende ist, ist es nun die Qualität des Geräusches selbst, d.h. *the quality of sound*.

Der Charakter der Referenz

Wie oben bereits angedeutet, beruht das Qualitätsergebnis auf einem mentalen Prozess mit den Stufen Vergleich und Abstandsbeurteilung. Die zu vergleichenden Objekte sind einerseits die *Sounds*, d.h. die zu beurteilenden Geräuschlaute, und andererseits die jeweilige Referenz. Geräusche und Referenzen haben jeweils ihren spezifischen Charakter. Diese Charaktere werden evaluiert, indem man quantitative Profile mit denjenigen ihrer Merkmale ermittelt, die in den Qualitätsbildungs-Prozess eingehen. Für den Charakter der Referenzen kann dies zu erheblichen methodischen Problemen führen, denn viele relevante Merkmale der Referenz sind der direkten instrumentellen oder auditiven Messung nicht zugänglich, insbesondere nicht mit verfügbaren ingenieur-typischen Methoden. Jedoch besteht auch bei Ingenieuren in der Regel kein Zweifel an der wesentlichen Rolle der Referenzen im Qualitätsbildungsprozess. Es ist deshalb unbestritten, dass der Erforschung der Bildung, Spezifikation und Klassifikation von Referenzen hohe Priorität zuzumessen ist. Wir schlagen vor, für eine grobe Klassifikation der Referenzen von dem Grad ihrer Abstraktion auszugehen [6]. Dies macht insofern Sinn, als postuliert werden kann, dass mit steigendem Abstraktionsgrad das kognitive System des Menschen immer stärker einbezogen wird. Für die weitere Diskussion sei zunächst vereinfachend angenommen, dass dieser Abstraktionsgrad auf einer eindimensionalen Skala beschrieben werden kann.

Der niedrigste Abstraktionsgrad ist sicherlich dann gegeben, wenn die Referenz ein tatsächlich existierendes Geräusch ist,

z.B. ein sog. *Target-Sound*. Im Grenzfall der authentischen Übertragung läge übrigens gar keine Abstraktion vor. Dies gilt insbesondere, wenn bereits akustisch eine verzerrungsfreie Übertragung angestrebt wird – sog. *Straight-Line Transmission*. Sehr hohe Abstraktion liegt hingegen vor, wenn nicht ein Geräusch selbst Gegenstand der Referenz ist, sondern die Bedeutung, für die dieses Geräusch steht – denn Bedeutungen sind Begriffe und insofern per se abstrakter Natur.

Die Semiotik lehrt, dass die Zuweisung von Bedeutung zu Geräuschen symbolisch, ikonisch oder indexial sein kann [4]. Der höchste Abstraktionsgrad liegt bei symbolischer Zuordnung vor, denn dabei ist die Zuweisung der Bedeutung arbiträr und muss gelernt werden – so wie man die Elemente einer Sprache lernen muss.

Sofern das Geräusch mit Emotionen assoziiert ist, wäre zu prüfen, ob es direkt Emotionen auslöst oder als Zeichen für Emotionen steht – daraus bestimmt sich der jeweilige Abstraktionsgrad. Ethische, ästhetische Komponenten der Referenz weisen auf hohe Abstraktion hin. Soziologische Komponenten können z.B. emotional geladen oder rein kognitiv und insofern in unterschiedlichem Maße abstrakt sein.

Die Autoren hoffen, dass der Abstraktionsgrad sich nachhaltig als brauchbares Ordnungsprinzip für Referenz-Charaktere in Zusammenhang mit dem Qualitätsbildungs-Prozess erweisen wird, sie können allerdings dazu zu diesem Zeitpunkt noch keine überzeugenden Daten vorlegen. Es ist jedoch offensichtlich, dass die Charaktere der Referenzen einen Bereich von sehr einfach bis sehr komplex abdecken, wobei u.a. akustische, auditive, visuelle, emotionale, aktionale und kognitive Komponenten in unterschiedlicher Kombination auftreten. Wenn der Qualitätsbildungs-Prozess durch einen Menschen erfolgt, ist neben dem peripheren sensorischen Systemen auch das zentrale Nervensystem beteiligt, und letzteres ist bekanntlich ein biologischer Computer mit riesiger Speicherkapazität und massiver Parallelverarbeitung. Dies muss bei der technischen Modellierung von Qualitätsbildungs-Prozessen bedacht werden.

Literaturverzeichnis

1. E. Zwicker & H. Fastl, *Psychoacoustics: Facts and Models* (Springer, D-Heidelberg, 1999)
2. W. L. Martens & N. Zacharov, "Spatial Distribution of Reflections Affects Auditory Quality and Character of Speech Sounds Located in a Virtual Acoustic Environment", *Proc. 1st ISCA Worksh. Auditory Qual. Syst. D-Herne, 91-96*, (IKA, Ruhr-Univ. Bochum, D-Bochum, 2003)
3. J. Blauert & U. Jekosch, "Sound-Quality Evaluation - A Multi-Layered Problem", *ACUSTICA united with acta acustica* 83, 747-753, (1996)
4. U. Jekosch, "Assigning Meaning to Sounds – Semiotics in the Context of Product-Sound Design", in: J. Blauert (ed.), *Communication Acoustics* (Springer, Heidelberg, 2005 in press)
5. U. Jekosch, *Sprache hören und beurteilen. Ein Ansatz zur Grundlegung der Sprachqualitätsbeurteilung* (perception and appraisal of speech: laying the foundations of speech-quality assessment and evaluation) habil. thesis (Univ. Essen, D-Essen, 2000)
6. J. Blauert & U. Jekosch "Concepts Behind Sound Quality: Some Basic Consideration", *Proc. InterNoise 2003*, paper N 466, CD-ROM (Jeju-Island, Korea, 2003).