

Akustische Kamera

(Schallbild-Kamera, Bestimmung von Signalquellen durch Interferenzortung)

Gerd K. Heinz, GFaI Berlin

Mit der akustischen Kamera wird eine neue Technik, die der interferenziellen Rekonstruktion der Lage von Schallquellen in einem akustischen Raum mittels Software eingeführt. Ein akustisches Feld wird mit mehreren Mikrofonen an definierten Orten aufgenommen. Vorausgesetzt, die Koordinaten der Mikrofone sind bekannt, kann ein Erregungsfeld mit bestimmten Koordinaten mittels Interferenztransformation approximativ rückgerechnet werden. Die Approximation gelingt umso besser, je mehr Kanäle aufgenommen werden. Interdisziplinär aus Neuroinformatik und Optik kommend entstand BMWi-gefördert die Software und ein 16-Kanal-Meßgerät zur parallelen Aufnahme der Kanaldaten mit Abtastraten bis zu einhunderttausend Abtastungen pro Sekunde und Kanal.

Die Kanaldaten werden von geeichten Meßmikrofonen aufgenommen. Anhand spezifischer Messungen kann gezeigt werden, daß interessante, neue Meßmöglichkeiten mit dieser neuen Technologie verfügbar werden. So kann die Geschwindigkeit von Fahrzeugen in dutzenden Metern Entfernung bestimmt werden. Lärmkarten an Maschinen und Anlagen können aus der Entfernung aufgenommen werden. Bewegte, schallemitierende Objekte können erstmalig akustisch verfolgt werden.

Neben der Entwicklung von Visualisierungstechniken für die Industrie kann die entwickelte Technologie Bedeutung im Umweltschutz erlangen. Der Lärm abfliegender Flugzeuge oder Hubschrauber wird exakt dem Objekt zuordenbar. Schallemissionskarten von Fahrzeugtypen sind angebbar und verifizierbar. Löcher im Auspuff z.B. werden sofort erkannt.

Gegenüber dem Stand der Technik besitzt das Verfahren folgende Vorteile:

- ◆ Das Meßgerät ist transportabel
- ◆ Schalltote Räume werden nicht zwingend benötigt
- ◆ Nichtstationäre Vorgänge werden zeitlich aufgelöst
- ◆ Zeitlupen-Movies der jeweiligen Emission sind angebbar
- ◆ Die Anwendbarkeit ist nicht auf das Nahfeld eingeschränkt
- ◆ Reflexionen und Störungen bewirken praktisch kaum eine Verfälschung des Ergebnisses

Es ist praktisch das erste, robuste Verfahren, das es gestattet, relative Lärmkartierungen industrieller Objekte (Motoren, Triebwerke, Maschinen, Geräte etc.) ohne schalltoten Raum anzufertigen. Derzeit sind Kontakte zu Maschinen- und Anlagenbauunternehmen und Motoren- und Turbinenherstellern entstanden. Relevanz hat das entwickelte Verfahren überall dort, wo schalltote Räume nicht genutzt werden können oder wo anhand der Ingenieurserfahrung nicht entscheidbar ist, durch welche Baugruppen, Gehäuseteile etc. große Lärmanteile verursacht werden.

Weitere Informationen:

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V., Berlin
GFaI, Dr. Heinz, Rudower Chaussee 5/13.7, D-12484 Berlin
Phone: +49 (30) 6392-1624/-1600 Fax: +49 (30) 6392-1602
e-mail: heinz@gfai.de
http://www.gfai.de/www_open/perspg/heinz.htm

Bewerbung um den Philip Morris Forschungspreis '97

Bildteil

Akustische Kamera

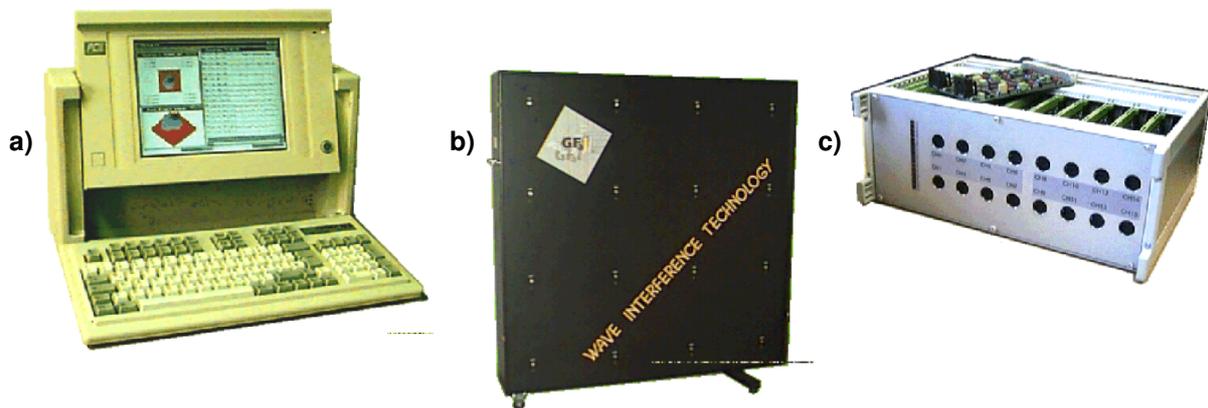


Abb. 1: Im Vergleich zum Fotoapparat ist die Schallbildkamera etwas größer:
a) Portabler Personalcomputer (PC) zur Aufnahme und Berechnung der Bilder
b) Mikrofonarray mit eingebautem 16-Kanal Meßverstärker c).
Mit dem Mikrofonarray werden 16 Tonspuren aufgenommen. Diese werden digitalisiert und in den Hauptspeicher des PC übertragen. Anschließend können diese 'Kanaldaten' wie Textfiles auf die Festplatte gespeichert, oder von der Festplatte gelesen werden. Die Entwicklung eines Bildes mittels an der GFai erfundener 'Interferenztransformation' geschieht per Software und kostet je nach gewünschter Bildauflösung zur Zeit noch einige Stunden Rechenzeit. Sämtliche Hardwareeinstellungen der Meßverstärker werden vom PC aus per Software gesteuert. Mikrofonarray und PC sind mit einem Kabel zur bidirektionalen Datenübertragung verbunden. Datenraten bis zu 50 Kilosamples pro Sekunde (kSps) auf allen 16 Kanälen können übertragen werden. Mit dem Standard-Mikrofonarray können Frequenzen ab 300 Hz und Entfernungen bis zu 30 Meter vermessen werden. Tiefere Frequenzen oder größere Aufnahmeentfernungen bedingen Mikrofonarrays mit vergrößerten Abmessungen. Größte Meßdistanz waren bislang ca. 200 Meter mit einem Spezialarray von 5x6 Metern. Siehe dazu auch die Internet-Seite http://www.gfai.de/www_open/perspg/g_heinz/akustik/outdoor.htm

Schallbild eines Nadeldruckers

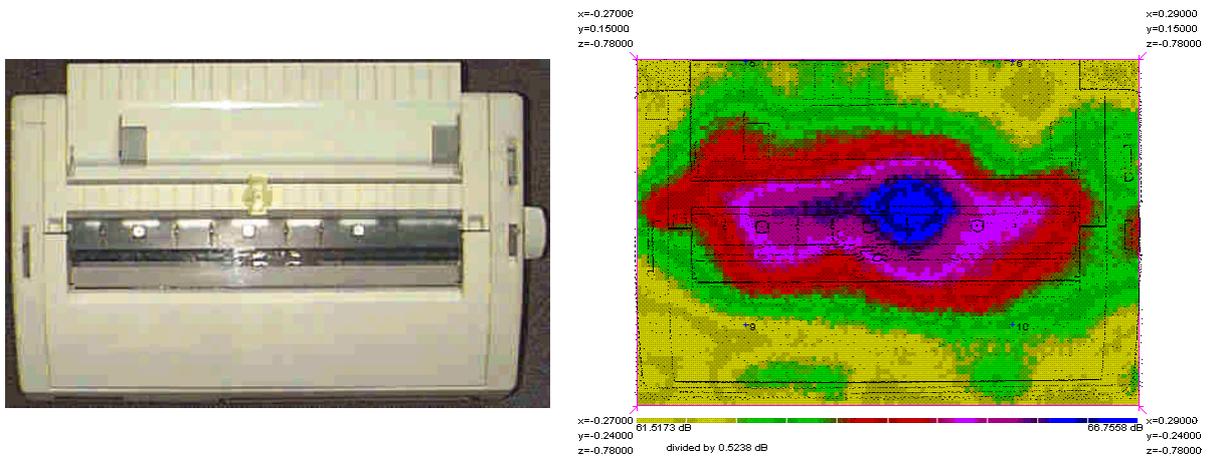


Abb. 2: Nadeldrucker a) mit Schallbild b). Starke Emissionen sind blau, schwache sind gelb dargestellt. Der A3-Drucker bedruckte während der Aufnahme eine Zeile einer Seite A4 (Portrait, linksbündig eingespannt) mit demselben Buchstaben. Das Schallbild ist mit einem Foto überlagert. Koordinaten im Schallbild gestatten eine zentimetergenaue Zuordnung zwischen Schallbild und Foto per Laser-Positioniereinrichtung im Mikrofonarray. Im Schallbild ist die Spur des Druckkopfes zu erkennen. Auffällig ist der rechte Umkehrpunkt (blau) des Druckkopfes als Ort stärkster Erregung. Am rechten Rand ist auch noch schwach der offenbar vibrierende Wagenstellknopf als Emissionsquelle zuordenbar.

Schallbild eines Flugzeugs



Abb. 3: 'Lärmverschmutzungen' der Innenstädte werden besonders durch zwei Faktoren hervorgerufen: durch den Fahrzeug- und den Flugverkehr. Die Aufnahme zeigt, dass es möglich wird, die Emission eines Flugzeugs bildlich exakt zu dokumentieren. Im Bild sehen wir neben der Lärmemission der Turbine eine starke Bodenreflexion. Die Aufnahme wurde aus einer Entfernung von 30 Metern gemacht. Die Turbine lief unter Halblast, am Aufnahmeort herrschte ein Lärmpegel von 143 dB (zum Vergleich: die Schmerzschwelle liegt bei 110 dB, die Hörbarkeitsgrenze liegt bei 0 dB)

Bilder einer PKW-Untersuchung

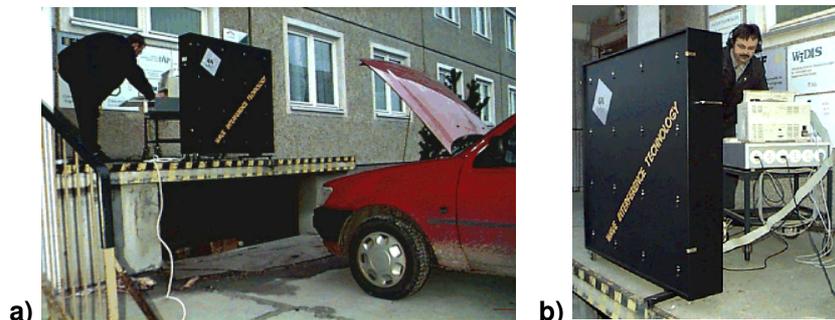


Abb. 4: a) und b) Aufnahmeanordnung für eine Motoruntersuchung mit dem 16-Kanal-Mikrofonarray. Der portable Meß-PC steht auf einem Laborwagen

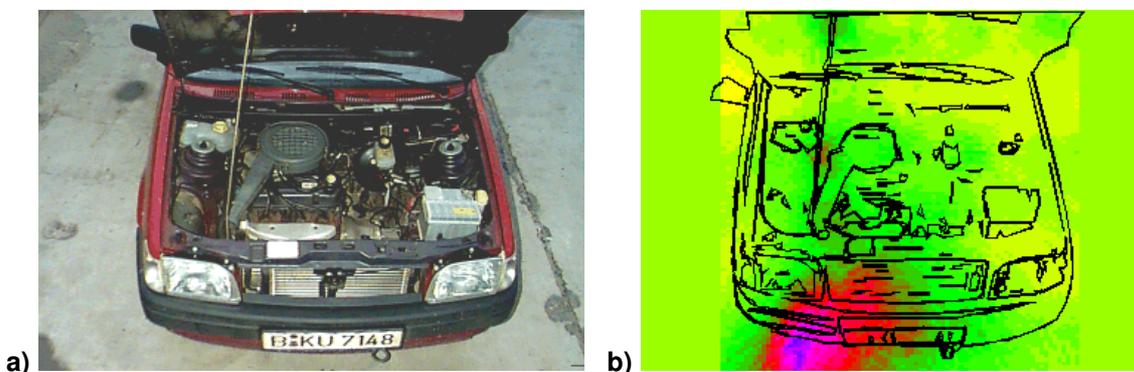


Abb. 5: Motorraum eines PKW. Eigentlich sollte der Motor aufgenommen werden...
a) Sicht des Mikrofonarrays auf das Fahrzeug
b) Schallbild mit schematisch überlagertem Foto. Laute Orte sind rot gefärbt. Es wird deutlich, daß der Motor kaum an den Emissionen beteiligt ist. Vielmehr scheint eine Bodenreflexion am lautesten zu sein

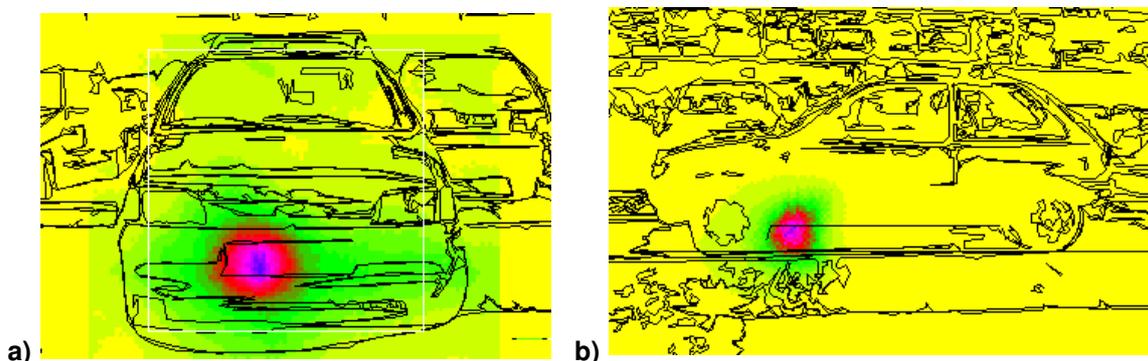


Abb. 6: Geräuschaufnahmen desselben PKW von vorn und seitlich.
Farbzuordnung hier gelb: geringe Emission, blau: höchste Emission
a) Sicht des Mikrofonarrays horizontal von vorn
b) Sicht des Mikrofonarrays horizontal seitlich
Zu sehen ist eine extrem starke Emission im Bereich des Vorschalldämpfers

Schallbild eines Motorrades

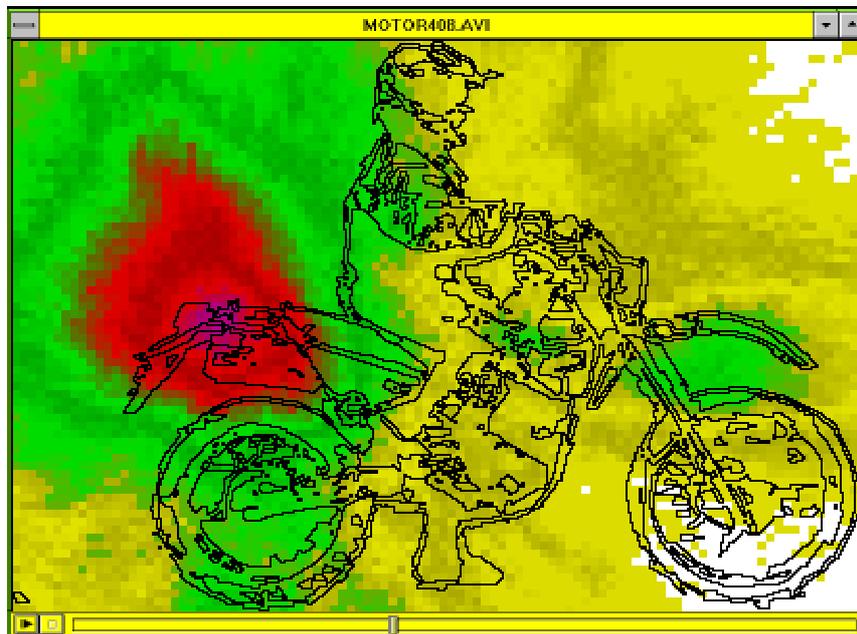


Abb. 7: Schallemission eines Cross-Motorrades mit hochgelegtem Auspuff. Rot-violett ist das Maximum zu erkennen. Der Motor ist im Schallbild nicht zu bemerken. Die Aufnahme entstand bei Dreharbeiten zur Akustischen Kamera. Sie ist Teil eines Hochgeschwindigkeits-Movies, bei dem das Schallfeld mit 5000 Aufnahmen pro Sekunde gefilmt wurde. Ein vektorisiertes Foto ist überlagert. Die Vermessung der Szene orientiert sich an einem Laserstrahl: zentrisch vom Array kommend, gibt er eine Linie $x, y = 0,0$ vor.

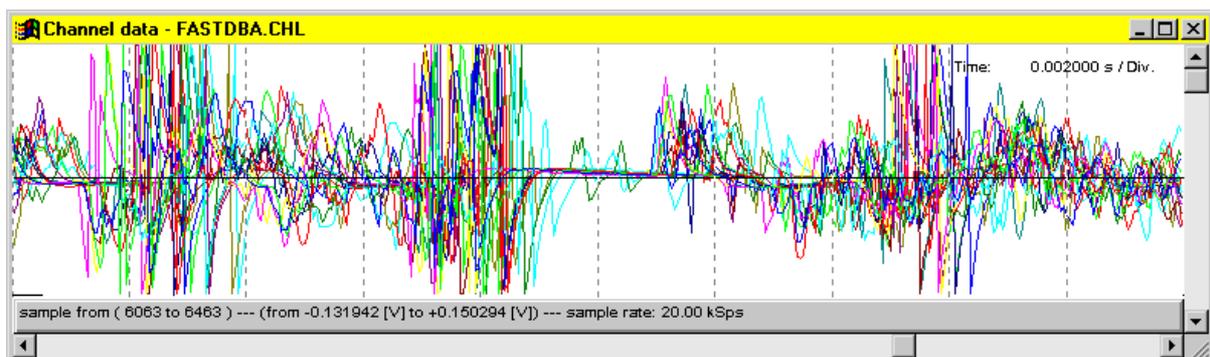


Abb. 8: Zugehörige Kanaldaten. Deutlich sind die einzelnen Zündungen zu erkennen. Deren Phasenversatz entsteht durch die verteilte Mikrofonanordnung