Akustische Photo- und Kinematographie

Helmholtz-Symposium an der PTB Braunschweig 29.10.2003

- Theoretische Grundlagen
- Aufbau und Funktion
- Industrielle Anwendung
- Erfolge
- Demonstration



Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. Rudower Chausee 30 12489 Berlin

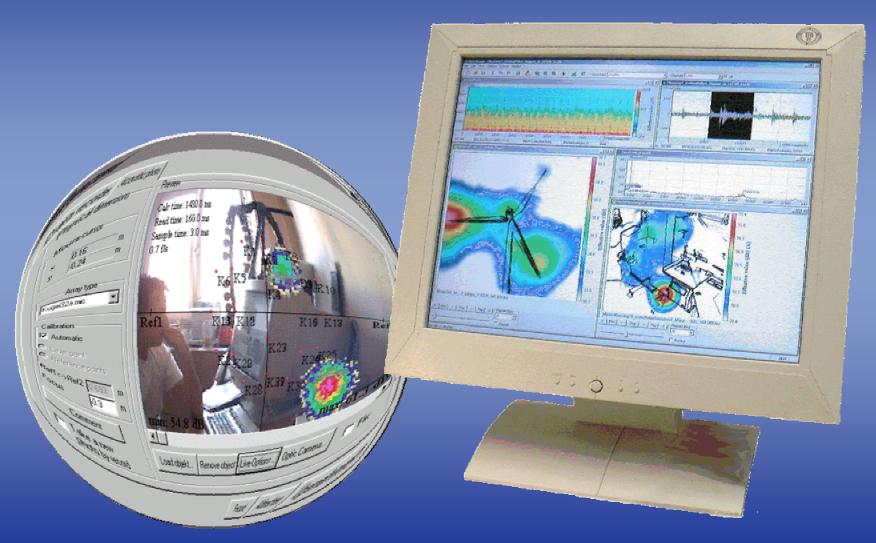
Tel. (030) 6392 -1600 Fax. (030) 6392-1602 http://www.gfai.de

"Es ist absolut möglich, daß jenseits der Wahrnehmung unserer Sinne ungeahnte Welten existieren" Albert Einstein (sinngem.)



Theoretische Grundlagen







Inverse Probleme

Übergeordnet für alle Methoden ist das Huygensche Prinzip: Wellenoberflächen lassen sich aus Elementarwellen superpositionieren, Dekompositionen sind nach verschiedenen Prinzipien bekannt, z.B:

Korrelativer Ansatz:

je zwei Quellen korrelieren hyperbolisch

Schnittpunkte zwischen Hyperbeln bestimmbar

linear separierbar, hoher Kontrast

- + genau
- hohe Rechenzeit
- Schalldruck-Bezug geht verloren
- nur stationäre Quellen kartierbar
- keine Zeitlupenauflösung

Feldtheoretischer Ansatz:

Fourier-Transformation der Zeitfunktionen Versuch der Superposition des originalen Wellenfeldes

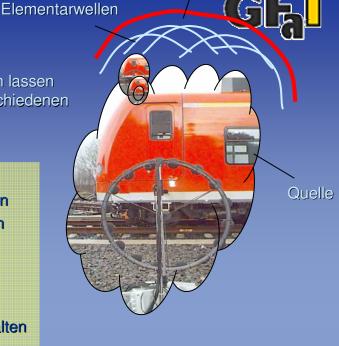
dazu Dekomposition eines linearen Gleichungssystems (z.B. durch LU-Zerlegung)

- äußere Quellen werden für innere gehalten
- hohe Kanalzahlen nötig
- aufwendig
- nur stationäre Quellen kartierbar
- keine Zeitlupenauflösung

(Inverses) Beamforming:

Fourier-Transformation der Zeitfunktionen Wellenzahlrelation gibt Selektionswinkel vor

- + Ortskurve des Arrays einrechenbar
- hohe Kanalzahlen nötig
- aufwendig
- nur stationäre Quellen kartierbar
- keine Zeitlupenauflösung



meßbare Resultierende

Interferenzieller Ansatz:

Erzeugung eines pseudo-Wellenfeldes gleicher Interferenzorte Superpositionen berechnen

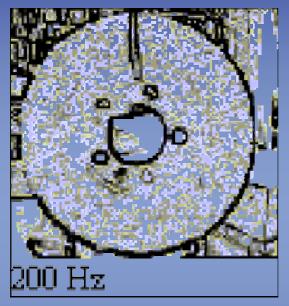
- + schnell, im Kern sind nur Additionen auszuführen
- + Schalldruck-Kartierung
- + nichtstationäre Quellen kartierbar
- + Zeitlupenaufnahmen



Methods







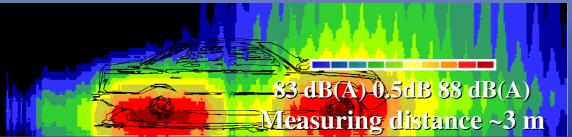
Reconstruction method:
Equivalent noise pressure

Spectral Film

Movie



Pass by Noise - Photo



Wellenfelder. Sekundärwellenfeld aufnehmendes Mikrofon Erregungsort

29.10.2002

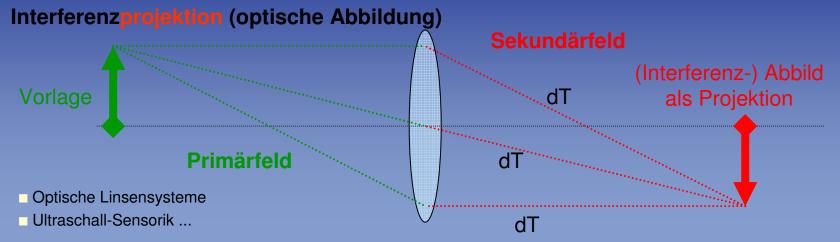


- Im Gegensatz zu anderen Methoden rekonstruieren wir nicht das originale Wellenfeld
- Leichter berechenbar ist ein virtuelles, zeitinverses Wellenfeld (gestrichelt), dessen Wellenverlauf gänzlich verschieden vom Original ist
- Dieses kann so gestaltet werden, daß Interferenzorte nahezu identisch denen des Originals sind
- Bei optischen Abbildungen (sog. Projektion) liefert dieses spiegelverkehrte Interferenzorte
- Bei der Rekonstruktion kann es eine seitenrichtige und unverzerrte Abbildung liefern

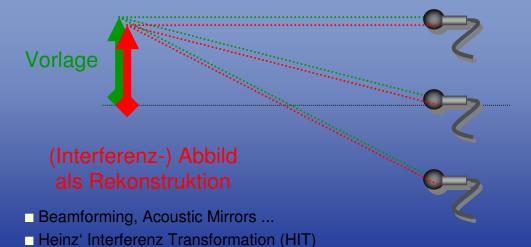
al http://www.acoustic-camera.com

Zeit gegen Raum





Interferenzrekonstruktion



df: Projektion: fortlaufende Zeit

df: Rekonstruktion: inverse Zeit

- Rekonstruktion: Interferenzorte des Sekundärfeldes erscheinen seitenrichtig
- keine "Linse" zurLaufzeitkompensation
- Mikrofone können an beliebigen Raumpunkten platziert sein

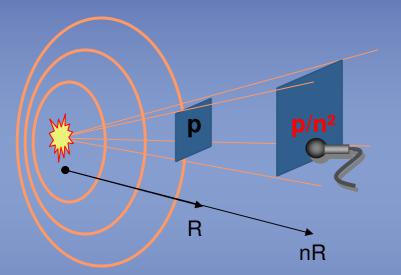




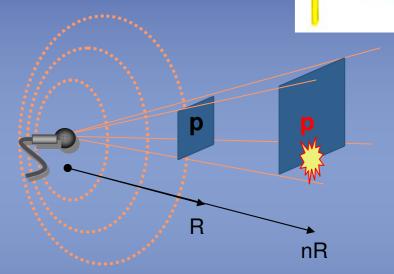
Movie eines pseudoinversen Wellenfeldes

Schalldruck-Rekonstruktion

Wellenfeld eines Punktstrahlers:

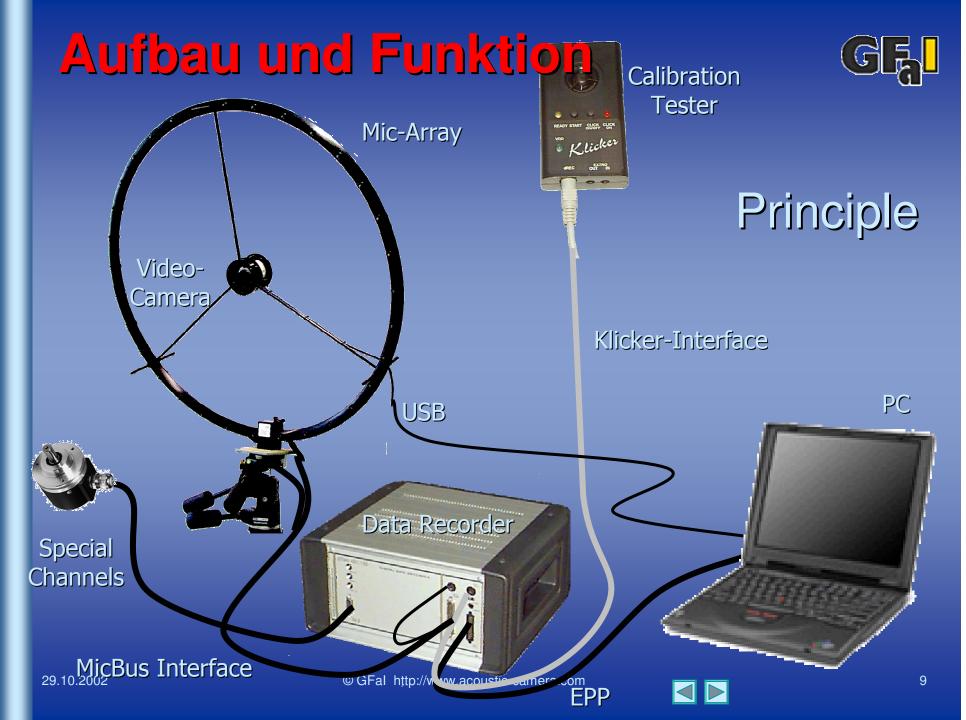


virtuelle Rekonstruktion:



- Während in realen Wellenfeldern ein Zusammenhang zwischen Flußdichte und Entfernung besteht, wird dieser hier virtuell aufgelöst
- Der vom Mikrofon aufgenommene Schalldruck p wird identisch an den Verursacher zurückgegeben (Schalldruck-Kartierung)
- Vorteil dieser Methode: Die Rekonstruktion benötigt keinerlei Annahmen über Strahlerparameter --> Messverfahren

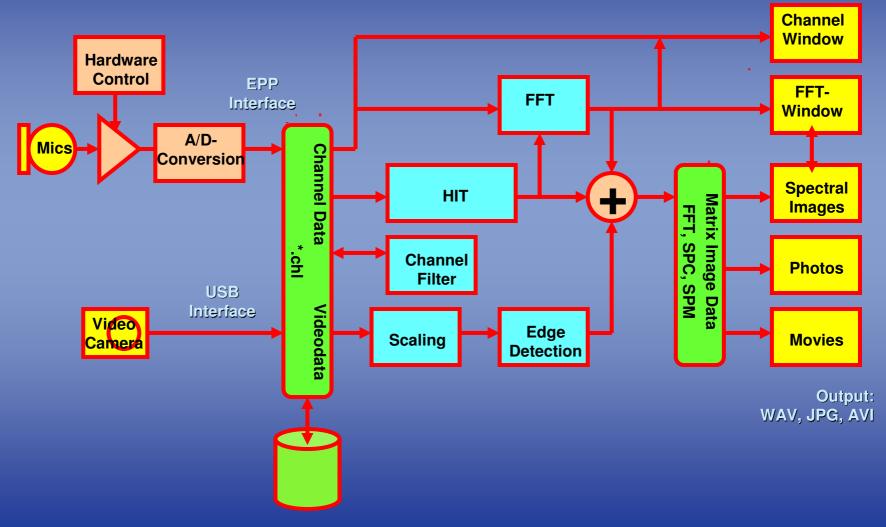




Struktur Akustische Kamera



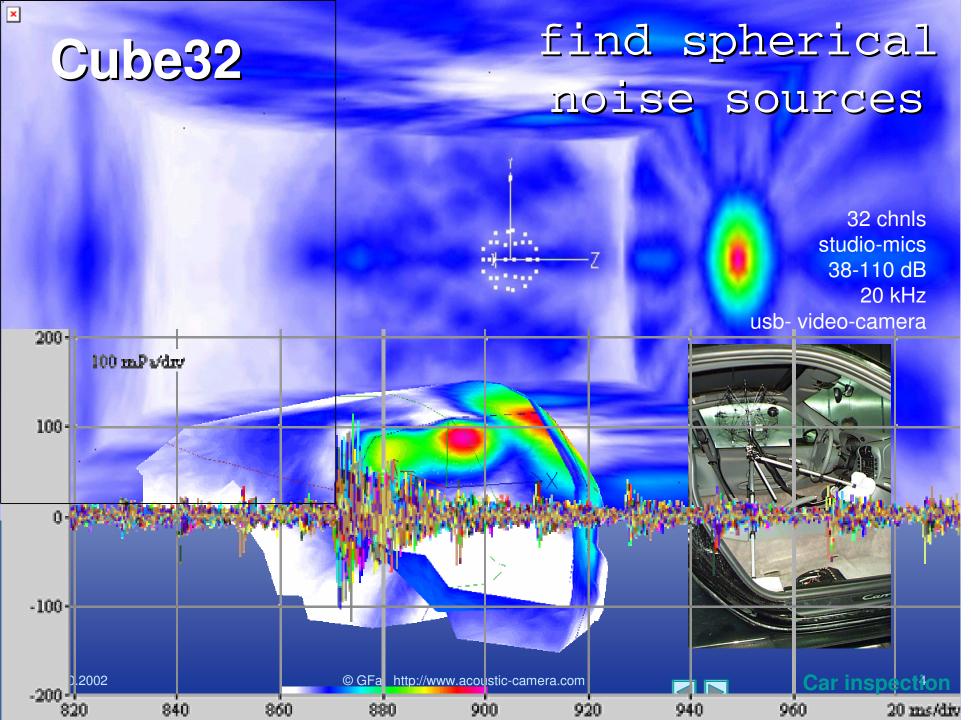
Datenfluß im Überblick













Industrielle Anwendung GF₁

Industrietauglichkeit



Klassischer Ansatz

zB.
90...161 Mikrophone,
5- bis 8-Meter Arrays

Forderung nach

- Höchster Darstellungsqualität
- Höchstem Kontrast
- -> Höchste Kanalzahl
- -> Höchster Preis
- -> Höchste Unflexibilität

Alternative Lösung

- Minimales Volumen
- Kleinstes Gewicht (Datenrecorder)
- Schnellste Berechnung
- Einfache Konstruktion
- Höchste Zuverlässigkeit
- -> Geringstmögliche Kanalzahl (16...32)
- ->Appl. spezifische Arrays
- -> 100 Gbyte Datensammlung aus allen Industriebereichen seit 1997
- -> Erweist sich als Schlüssel zu Nutzerfreundlichkeit & Erfolg

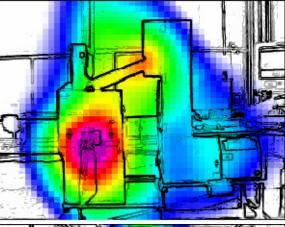


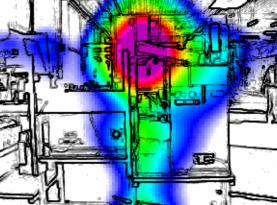
Projekt Geldsortiermaschine

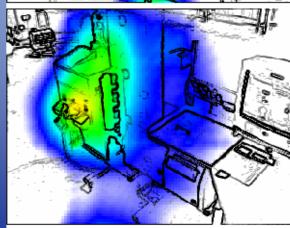
Methode:

- 1 Auffälligste Quelle finden,
- 2 Eleminieren
- 3 GOTO 1.









Beispiel NGZ6000 (je 1 Tag):

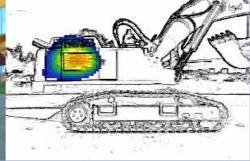
- 1. Tag: Analyse des Istzustands
- 2. Tag: Probe von 20 Konstruktionsänderungen, 3 bleiben
- 3. Tag: Kontrolle der Serienversion

Ergebnisse:

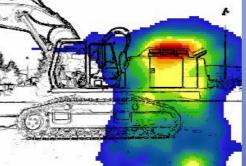
- Gesamtzeit 6 Monate
- Drei Meßtage
- Geräusch um >10 dB(A) reduziert
- Exzellente Ökonomie "preiswert!"



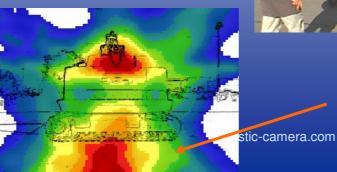












Using I³

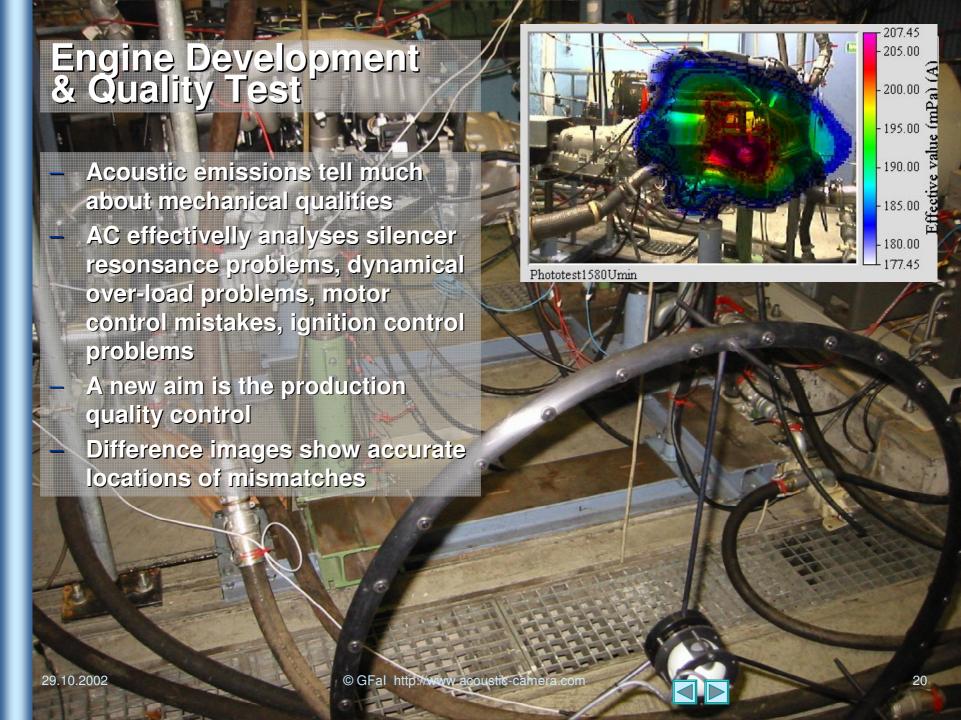


- <u>Identical measurment</u>
 conditions
- <u>Identical color table range</u>
- <u>Identical filters (dBA)</u>



Ground reflection of motor noise





Excavator noise gaps

Portable32



