

Forschungsthema

Registrier-Nr.

HIS

1259/99

Sachbericht

Schaltungstechniken und Technologie zur mikroelektronischen Realisierung von hochkanaligen Interferenzsystemen

Projektlaufzeit

1.1.2000 bis 1.9.2001

Projektleitung

Dr. G. Heinz

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. (GFal)
Albert-Einstein-Str. 16, D-12489 Berlin

Tel. +49 (30) 6392 1600

Fax. +49 (30) 6392 1602

Das Projekt wurde gefördert durch das
Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi)

Berlin, den 30.5.2002

-korrigiert und ergänzt-

Unterschrift

Projektverantwortlich Dr. G. Heinz

Inhalt

	Seite
1 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit Zielsetzungen des Antrags	3
2 Darstellung der erzielten Ergebnisse	3
3 Auswirkungen auf die technisch-technologische Entwicklung	5
4 Nutzen für kmU	5
5 Veröffentlichungen in Zusammenhang mit dem Projekt	6
6 Schutzrechte	8
Anlagen (Bilder, Fotos)	9

1 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Zielsetzungen des Antrags

Im Projektantrag hieß es:

"Im Projekt sollen unter Einbeziehung algorithmischer und softwaretechnischer Fragen insbesondere mikroelektronische und schaltungstechnische Möglichkeiten untersucht werden, akustische Photo- und Cinematographie vorrangig durch Entwicklung spezifischer, hochkanaliger Systeme noch sensitiver zu gestalten, um insbesondere höhere Kontrastverhältnisse zu ermöglichen. Es sollen einfache, auf interferenzielle Rekonstruktion zugeschnittene Lösungsprinzipien für einen "Megasensor" entwickelt werden, die zu preiswerten, hochkanaligen Interferenzsystemen mit mehreren hundert Kanälen führen. Preis und Volumen eines solchen Recorders wären derzeit noch nicht in der Region, die für kmU erforderlich wäre, um solche Techniken nutzen zu können.

Ein Prototyp mit mindestens 64 (8x8) Kanälen ist im Projekt zu entwickeln."

Über die Antragszielstellung hinausgehend konnte ein 256-Kanal-Prototyp entwickelt und erprobt werden. Software und spezifische Firmware wurden entwickelt, sodaß erste Messungen mit diesem Prototyp möglich wurden. Die Zielstellungen des Antrags wurden erreicht und überboten.

2 Darstellung der erzielten Ergebnisse

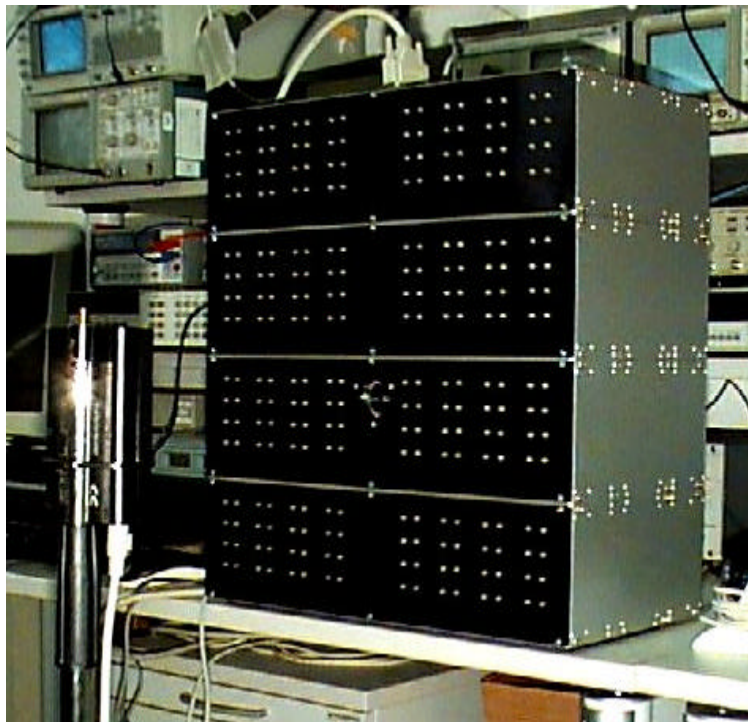
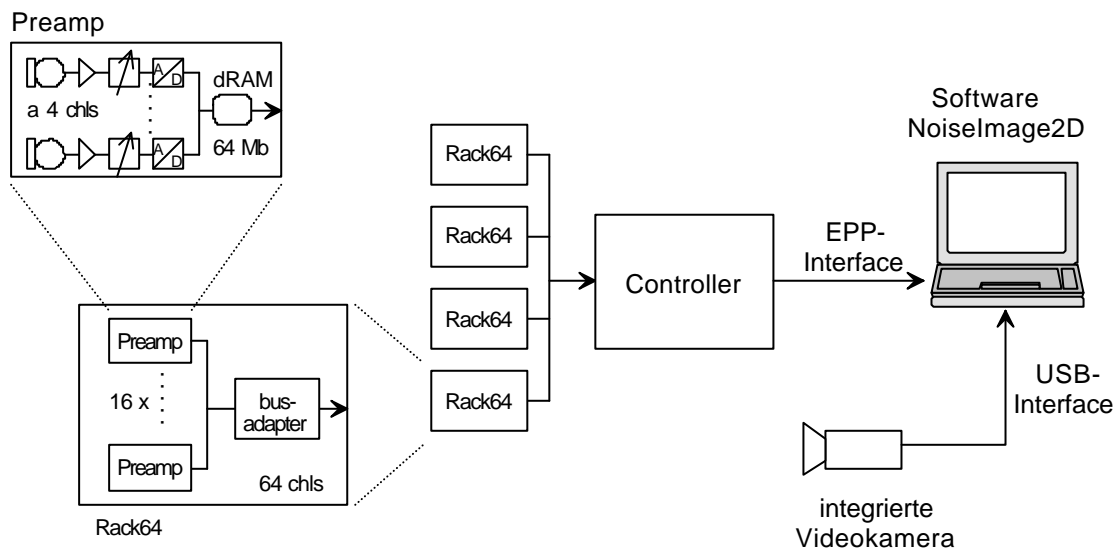


Fig. 1: Entwickelter 256-Kanal-Prototyp mit 256 Mikrofonen und integrierter Video-Kamera. Techn. Daten: Pro Kanal 192 kS/s a 16 bit, Summenabtastrate < 50 MS/s, interner Datenpuffer 4295 Mbit ~ 4,3 Gbit(!), 320 Watt(!), EPP-Interface

Mit diesem Projekt waren verschiedene Barrieren, nicht nur in akustischer Sicht zu verschieben. Im internationalen Vergleich gelang es, den derzeit kompaktesten Datenrecorder so hoher Kanalzahl zu entwickeln.

Die im Projektantrag S.4-4 dargestellten Teilziele wurden erreicht.

- **Algorithmisches Konzept:** Algorithmische und softwaretechnische Untersuchungen führten zu einem leistungsfähigen Systemkonzept, welches auch für Laptops geeignet ist. Die Berechnung eines Bildes mit 256 Kanälen kann erfordert wenige Sekunden (Testbilder: ca. 30 Sekunden Rechenzeit). Dazu wurden eine Fülle unterschiedlichster Optimierungen in technischen Details realisiert.
- **Mikroelektronische Realisierung:** Alternative Schaltungskonzepte wurden untersucht, miniaturisierbare Schaltungslösungen weiterentwickelt. Wir entschieden uns, ein bestehendes Systemkonzept modular auszubauen. Es wurde ein spezifisch angepaßter Controller entwickelt, dessen Herz eine PLD zur Bussteuerung darstellt. Analog-PLDs fanden aufgrund noch mangelhafter Kennwerte keinen Eingang in das Projekt. AD-Wandler harmonieren mit dRAMs über einen 16 bit breiten Bus. Die Datenübertragung auf der Backplane wird in 8-bit Portionen geführt, sodaß eine optimale Kopplung an das EPP-Interface gewährleistet wird (1:1). Fanauts wurden 4-stufig gesplittet in Gruppen zu je 64 Kanälen. Dadurch ergab sich die Chance, das System in Schritten zu entwickeln: Zunächst wurde ein 64-Kanal-Einschub "für sich" entwickelt, siehe auch Foto. Dieser besitzt ein separates Netzteil sowie einen eigenen Busadapter. Je vier dieser 64-Kanal-Arrays wurden anschließend an einen EPP-Controller gehängt. Modularität konnte sowohl im PCB-Layout als auch in der Baugruppenstruktur erreicht werden. Im Detail würde eine Systembeschreibung den Rahmen des Abschlußberichts sprengen, die interne Dokumentation umfasst etwa 100 MByte incl. aller Schaltpläne, Spezifikationen, Layouts, Konstruktionszeichnungen, Mikroprogramm- und PLD-Files.



- **Meßwertaufnehmer:** Mit Fa. Sennheiser konnte ein neuer Qualitätsstandard für die Kapsel KE4-211 entwickelt werden, der eine Spezifikation der Kapsel im benötigten Toleranzrahmen gewährleistet (+/- 0,5 dB). Damit konnten eigene Untersuchungen entfallen, der ursprünglich geplante Mikrofonmeßplatz konnte entfallen. Zur Langzeitstabilität der Mikrofonparameter liegen noch keine hinreichenden Erkenntnisse vor.
- **Arrayanordnung:** Aus Gründen modularen Aufbaus wurde eine Matrixanordnung bevorzugt, die jegliche interne Verdrahtung minimiert. Damit sind zwar einer optimalen Ortskurve des Gesamtarrays Grenzen gesetzt, jedoch ergaben sich konstruktive Vorteile, die zu kleinstem Volumen und Gewicht

fürten. In Meßbildern ist das typische Aliasing-Verhalten der Matrix-Anordnung zu erkennen. Dennoch erschien dieser Kompromis als ausgewogen.

- **Fertigungstechnologie:** Geeignete Gehäuse- und PCB-Technologien (Printed Circuit Board) wurden entwickelt, die zu einer preiswerten und einfachen Lösung führten. Eine großflächige Multilayer-Backplane wurde zugunsten eines modularen Aufbaus mit 4 Stück 64-Kanal-Backplanes verworfen.
- **Integrierte Videokamera:** Hier konnte eine Schnittstelle entwickelt werden, die Twain-Standard sowie SDK-Treiber unterstützt. Damit ist es möglich, alle Twain-Bildquellen (dig. Fotoapparate, Scanner etc.) sowie Videokameras anzuschließen.
- **Prototyp:** Ein Prototyp mit 256 Kanälen und Videokamera wurde komplett modular aufgebaut. Stromversorgungen versorgen jedes 64-Kanal-Rack getrennt. Damit wird optimale Entwicklungsfreundlichkeit und Wartbarkeit garantiert. Eine Besonderheit der Entwicklung liegt in spezifischen Schaltungen zur sensorischen Mikrofonankopplung, wie Betriebsspannungsbereitstellung, Verstärkungsregler, Symmetrierglied, Vorverstärker, Impedanzwandler etc. Dazu waren einerseits schaltungstechnische und software-spezifische Lösungen abzuwägen und zu bewerten. Andererseits führt die extreme Packungsdichte in Probleme bei der Wärmeabfuhr von Analog-Digitalwandlern und Netzteilen (4x80 Watt in der Rückseite des Geräts), sodaß überdies spezielle Konstruktionen und Anordnungen zur passiven Kühlung zu beachten waren.

3 Auswirkungen auf die technisch-technologische Entwicklung

Mit dem Projekt stehen nunmehr erste, konkrete Erfahrungen zur Verfügung, die Visionen hochkanaliger, akustischer Kameras bewertbar erscheinen lassen.

Mit dem Prototyp steht ein Gerät zur Verfügung, mit dem interferentielle Rekonstruktionsexperimente im Hochkanalbereich unkompliziert und unaufwendig ausgeführt werden können.

Mit Projektschluß stehen wesentliche Erkenntnisse zur Verfügung, die für die Zukunft die Konstruktion akustischer Kameras gestatten, die wartbar, zuverlässig, preiswert, leicht, energiesparend und klein gestaltet werden müssen. Insbesondere können Aussagen über Ortsselektivität, Aliasing-Armut und Kontrast erstmals praktisch untersucht werden. So ist es nun möglich, reale Quellen hochkanalig aufzunehmen, und akustische Bilder einer identischen Szene mit unterschiedlicher Kanalzahl zu entwickeln. In Verbindung mit nichtlinearen Operatoren kann hier in kurzer Zeit ein Durchbruch bei einer quasi-aliasingfreien Darstellung komplexer Quellenanordnungen erreicht werden.

Es erweist sich als dringend erforderlich, den entwickelten Prototyp für Experimente in größerer Breite nutzbar zu machen. Leider reichte die Zeit im Projektrahmen nur für allererste Untersuchungen aus. Dazu sollte unbedingt ein Folgeprojekt realisiert werden.

Die Entwicklung führte zusätzlich zu interessanten Firmenkontakten auch mit Firmen, die an mobilen, kompakten, hochkanaligen Datenerfassungssystemen z.B. für die Überwachung im Bereich von Kraftwerksanlagen und Fertigungsanlagen interessiert sind (Siemens-Energietechnik / Siemens-Westinghouse, DaimlerChrysler Motorenbau). Derzeit wird geprüft, inwiefern sich entsprechende Varianten für diese Bereiche zukünftig ableiten lassen.

4 Nutzen für kmU

Projektbegleitend konnte eine Vielzahl unterschiedlicher Untersuchungen mit akustischen Kameras der 32-Kanal-Klasse für kmU durchgeführt werden. So wurde ein Projekt für NGZ-Cash Dahlewitz mit

insgesamt drei Meßtagen durchgeführt, bei dem Geldzählmaschinen akustisch "minimiert" wurden. Die Bedeutung dieser Messreihe liegt insbesondere darin, daß hier gezeigt werden konnte, wie vergleichsweise schnell und kostensparend neue, lärmarme Gerätegenerationen in kmU entwickelt werden können. Die entsprechenden Meßberichte sind über GFal und NGZ zu beziehen.

Mit dem HIS-Projekt wurde ein Schritt getan, um auf dem Weg zu noch kleineren und leistungsfähigeren, akustischen Kameras voranzukommen. Dies wäre ohne Projektförderung undenkbar. Ziel ist es, daß mit der Entwicklung Lärmkartierungen für kmU einfacher realisierbar werden. Obwohl akustische Dienstleistungen teuer sind, kartiert eine akustische Kamera etwa für ein Zehntel des Preises und zehnmal so schnell wie z.B. ein Akustiker mit einer Intensitätssonde. Dafür ist die Qualität umso überzeugender. Für ein Unternehmen werden Lärmuntersuchungen in einem etwa zehnmal größeren Rahmen möglich. Insbesondere kmU sind mit Dienstleistungsangeboten der Zukunft adressiert: Eine Lärmursachenanalyse durch ein Akustikbüro ist i.a. nicht unter einigen Arbeitswochen zu haben, mit einer akustischen Kamera geht es innerhalb von Stunden.

Da die deutsche Exportwirtschaft vornehmlich vom kmU-getriggerten Maschinenbau lebt, sind Konkurrenzvorteile deutscher Industrie in größerem Maßstab zu erreichen. Etwa fünfzig bislang durchgeführte Lärmkartierungen für unterschiedlichste Unternehmen führten zu einer beschleunigten Aufklärung der Schwingungs- und Schallabstrahleigenschaften der untersuchten Geräte.

Der spezifische Nutzen dieses Projekts besteht darin, daß erstmals praktisch gezeigt werden kann, daß der Selektivitätsgewinn zu steigender Kanalzahl nur mit der Wurzel skaliert, d.h. einer Vervielfachung des Aufwands steht nur eine Verdopplung der Selektivität entgegen.

Dies bedeutet, daß niederkanalige, preiswerte, für kmU geeignete akustische Kameras entwickelt werden können, die durchaus über akzeptable Leistungsparameter verfügen.

Durch das Projekt wuchs insbesondere die Erkenntnis, daß die Entwicklung von Photos und Filmen mit mehr als 64 Kanälen im Moment noch nicht die vom Bediener geforderte Schnelligkeit aufweist. Sowohl Preis, als auch Gewicht, als auch Arbeitsgeschwindigkeit wachsen proportional mit der Kanalzahl, hingegen steigt die Qualität nur unterproportional. So gesehen, ist das Projekt etwa 3 Jahre der Zeit voraus. In drei Jahren werden die Bauelemente kompakter und kleiner sein, die Rechengeschwindigkeit verarbeitender Laptops wird hoch genug sein, um die Projektergebnisse in die Praxis einfließen zu lassen. Dann fließen die Ergebnisse dieses Projekts in die nächste Generation leistungsfähigerer, akustischer Kameras ein.

5 Veröffentlichungen in Zusammenhang mit dem Projekt

Publikationen mit Projektbezug

- [1] Heinz, G.: Introduction to Interference Networks. Invited plenary speech and regular paper. First International ICSC Congress on Neuro Fuzzy Technologies (NF2002). January 16-19, 2002, Capitolio Havana, Cuba
- [2] Heinz, G.: Akustische Photo- und Kinematografie. Vorträge in Veranstaltungen der GFal, der TSB, des VIU, der Humboldt-Universität Berlin, der TU Berlin, der FHTW, der TFH Wildau, bei Firmen, beim Tag der AiF, für Ehrengäste der Wista Berlin-Adlershof. Monatlich durchschnittlich etwa fünf Veranstaltungen seit 1997
- [3] Heinz, G.: Abstraction Levels in Neuro-computation - from Pattern Processing to Wave Interference. Invited plenary lecture and regular paper #1504-436 for the International ICSC Symposium on BIOLOGICALLY INSPIRED SYSTEMS (BIS'2000) as part of the International ICSC Congress on Intelligent Systems and Applications (ISA'2000) December 11-15, 2000 at the University of Wollongong (near Sydney), Australia
- [4] Heinz, G.: Space-time Relations in Wave Interference Systems with Attention to Nerve Networks. Regular paper #1402-028 for the Second International ICSC Symposium on Neural Computation NC'2000, Technical University of Berlin, May 23-26, 2000

-
- [5] Heinz, G.: Neue Möglichkeiten der Ortung und Dokumentation von Schallquellen mit der akustischen Kamera. Hannover Messe, Forum tech transfer, 20.3.2000, Halle 18, L01
 - [6] Heinz, G., Döbler, D., Nguyen, T.: Acoustic Photo- and Cinematography basing on the H-Interference Transformation (HIT). ASA'99: 137th meeting of the Acoustical Society of America, 2nd Conv. European Acoustics Ass. and 25th German Acoustics and DAGA Conference at TU Berlin, Germany, March 14-19, 1999. Abstract in: Acta Acoustica - the journal of the European Acoustics Association, p. S363, paper 4pPAa12, S. Hirzel Verlag, Suppl. 1, Jan/Feb. 1999, Vol. 85. ISSN 1436-7947

Medienecho zur Akustischen Kamera

(Aufsätze siehe <http://www.acoustic-camera.com> -> Presse)

- [7] I.PROM Das Innovationsmagazin des BMWi, 01/2002, S.2-4, Akustische Kamera tönt international
- [8] Automobil-Revue, Nr. 52 v. 27. Dez. 2001, S.18-19, Harmonisches Lärmorchester
- [9] Automobil-Entwicklung, Nov. 2001, S. 76, Akustische Kamera
- [10] Bild der Wissenschaft, Nov. 2001 v. 14.10.2001, S. 24, Der Pappel-Flüsterer
- [11] Elbe-Elster-Rundschau, v. 15.8.2001, S. 1, Eine Kamera mit Elektronik-Ohr
- [12] Maßstäbe, Magazin der PTB, Sept. 2001, S. 18-21, Die Form des Schalls
- [13] Spektrum der Wissenschaft August 2001, S. 89, "Ausgezeichnet" Mit Mikrofonen sehen
- [14] Wirtschaftswoche 14.6.2001, S. 108, HIGHTECH Messtechnik: Je blauer, desto lauter
- [15] GFal-Informationen, Heft 3/2001, August 2001, S. 1, Otto-von-Guericke-Preis 2001: Erfolg für GFal-Team
- [16] Capital, H.13/2001 v. 13.6.2001, S. 39, Visionen: Eine Lärmkamera macht Krach sichtbar
- [17] Frankfurter Rundschau, 12.6.2001, Lob und Preis: Gerd Heinz
- [18] Züricher Sonntagszeitung v. 10.6.2001, S. 93, Innovation: Schall im Bild
- [19] VDI-Nachrichten, Juni 2001, Forscher dicht an den Problemen der Praxis
- [20] Berliner Zeitung, Wissenschaft Berlin, S. 4, 6.6.2001, Rubrik Namen: Gerd Heinz
- [21] Internet-Journal BerliNews, Wissenschaft in Berlin, 31.5.2001, Wie man Lärm fotografiert
- [22] AiF-OvG Preis, 31.5.2001, Bilder von der Preisverleihung
- [23] AiF-OvG Preis, 31.5.2001, Pressemitteilung der AiF
- [24] 3sat Nano TV, 31.5.2001, Wie man Lärm fotografiert
- [25] ARD Globus TV, 16.5.2001, 21.30 Uhr, Adaptronik - Intelligente Werkstoffe
- [26] Internet-Journal BerliNews, Wissenschaft in Berlin, 16.3. 2001, Mit Schall jetzt auch experimentieren
- [27] Der Reporter, Febr. 2001 v. 16.2.2001, S. 9, Akustische Kamera sieht Lärm
- [28] B.Z. Technik, 11.2. 2000, Erste Kamera, die Lärm fotografiert
- [29] Adlershof Aktuell, Dez. 2001, Dem Lärm auf der Spur
- [30] Welt am Sonntag, 6.2. 2000, Lärm kann jetzt gefilmt werden
- [31] ORF, Modern Times, 21.1.2000, 22.35 Uhr, Kamera sieht Lärm
- [32] ProSieben-TV, Galileo, 8.11.1999, 19.50 Uhr, Lärmkamera
- [33] RTL sternTV, 23.6.1999, 22.05 Uhr, Wie aus Schallwellen Bilder werden
- [34] Die Welt, 16.6.1999, S.38 Forschungsförderung macht sich bezahlt
- [35] AiF-Innovationstag, 15.6.1999, BMBF-Ministerin Bulmahn zu Gast bei akustischer Kamera
- [36] MDR TV, 11.5.1999, 19.50 Uhr, Erfindermagazin 'Einfach genial': Akustikkamera
- [37] Hannover Messe, Messezeitung MZ, 24.4.1999, p.4, Sechzehn Ohren hören mehr als zwei
- [38] NDR Hörfunk, 23.4.1999, Hannover Industrie - Berliner Wissenschaftler stellen akustische Kamera vor
- [39] SFB-B1 TV, Quivive - Medizin aus Berlin, 21.4.1999, 20.15 Uhr, Hörschäden durch Spielzeugpistolen
- [40] NDR TV, N3 Nachrichten, 20.4.1999, Highlights von der Hannover Industrie '99

- [41] Verband innovativer Unternehmen e.V., Maerz 1999, Akustikkamera liefert präzise Schallbilder
[42] ND, 26.1.1999, Hybride, deren Neuheit noch nicht gesehen wird
[43] 3sat, Technikmagazin 'HITEC', 11.1.1999, 21.00 Wenn Geräusche sichtbar werden

6 Schutzrechte

Im Gegensatz zu einer der Betrachtung offenliegenden Erfindung, wie z.B. einem Dübel, sind die Merkmale der akustischen Photographie eher im Zusammenwirken einer unsichtbar im Rechner verborgenen Vielzahl von Methoden und Ideen zu suchen, sodaß der Weg eines Geheimnisschutzes im praktischen Detail im Moment als geeignet erscheint, eine kommerzielle Nutzbarmachung am wenigsten zu gefährden.

Insbesondere wird dadurch gesichert, daß patentrechtliche Prioritäten nicht abgelaufen sind, noch ehe sich Partner mit jeweils spezifischem Marktinteresse bewerben. Dort, wo allgemein nutzbare Erkenntnisse mit geringem Gefährdungspotential vorliegen, werden diese konsequent veröffentlicht, damit sind Schutzanmeldungen Dritter ebenfalls ausgeschlossen.

Kontinuierliche Literatur- und Schutzrechtsrecherchen ergeben bislang keinen Anlaß zu Befürchtungen. Um eine kommerzielle Verwertbarkeit nicht zu gefährden wurden im Projektrahmen keine Schutzrechte angemeldet, obwohl spezifische Details schutzrechtsfähig sind. Für jedermann offensichtliche Projekthinhalte werden in verschiedener Weise veröffentlicht.

Anlage A Erste Bilder des Systems

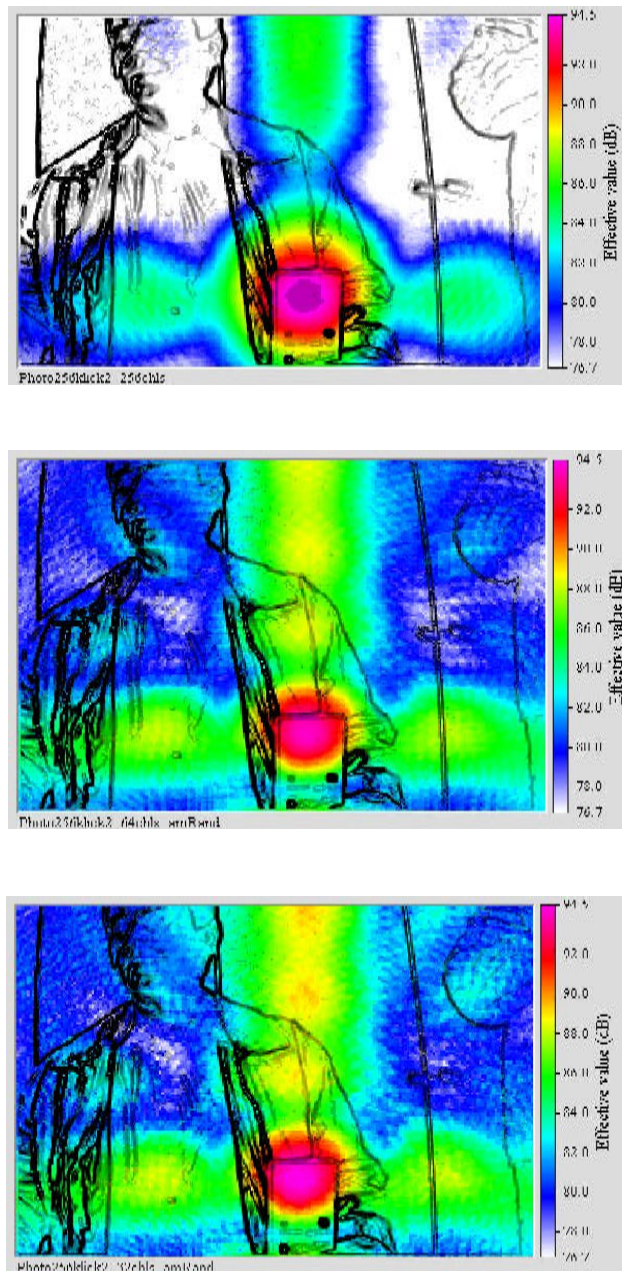


Fig. 2: Abbildungen v.o.n.u.: Vergleich eines identischen Datensatzes: oben 256-, mittig 64-, unten 32-kanalig rekonstruiert. Zur Vergleichbarkeit wurden die Farbskalen aneinander angepasst. Man sieht eine Kontrastverstärkung beim 256 Kanal-Array, allerdings hält sich der messbare Kontrastzuwachs tatsächlich in theoretisch etwa vorhersagbaren Grenzen.

Zeitfunktionen, Koordinaten

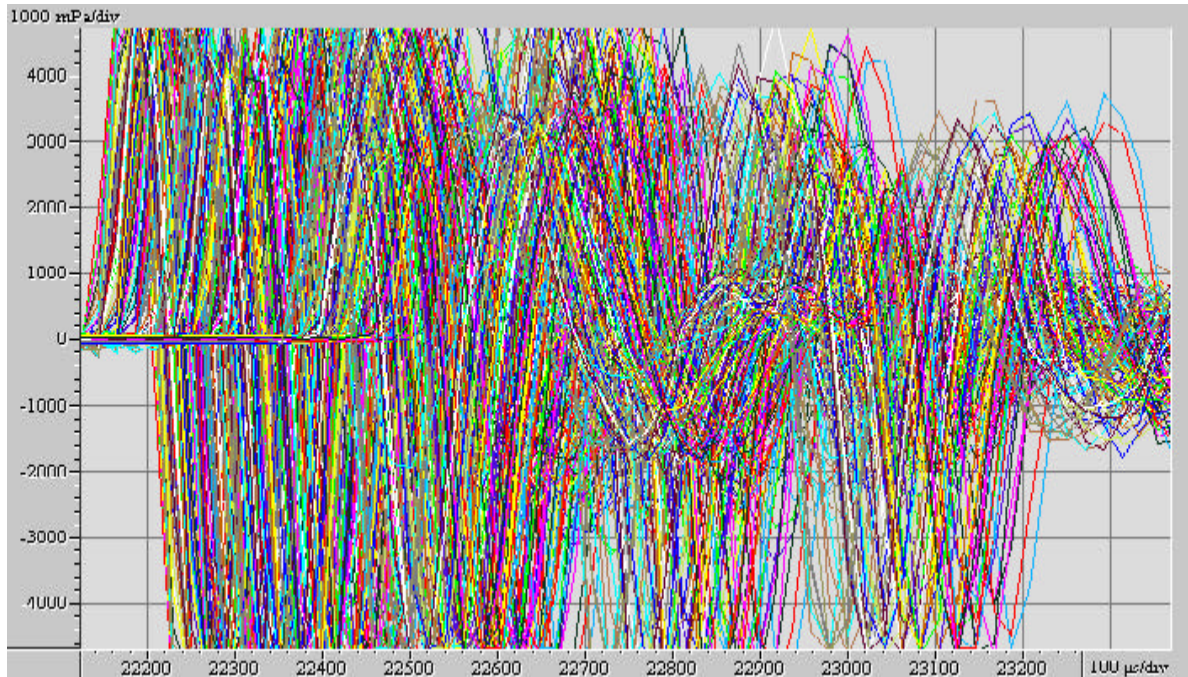


Fig. 3: Erste Aufnahme mit 256 Kanälen, jeder Kanal hat eine andere Farbe



Fig. 4: Geometrische Anordnung der Mikrofonkanäle (von vorn)