



CAE Noise Inspector

Leitfaden für Mikrofonarray Design

CA Engineering und Service GmbH
Dipl.-Ing. MSc Kai-Uwe Kohn
Vorhelmer Straße 81

59243 Beckum

Fon: +49 25 21/ 859 - 0
Fax: +49 25 21/ 859 - 360

e-mail: kai-uwe.kohn@cae-online.de

Geometrische Auflösung in Abhängigkeit von der Frequenz

Das geometrische Auflösungsvermögen des Beamformingverfahrens ist Abhängig von den Parametern:

- Frequenz
- Größe des Mikrofonarrays
- Abstand des Mikrofonarrays zum Messobjekt

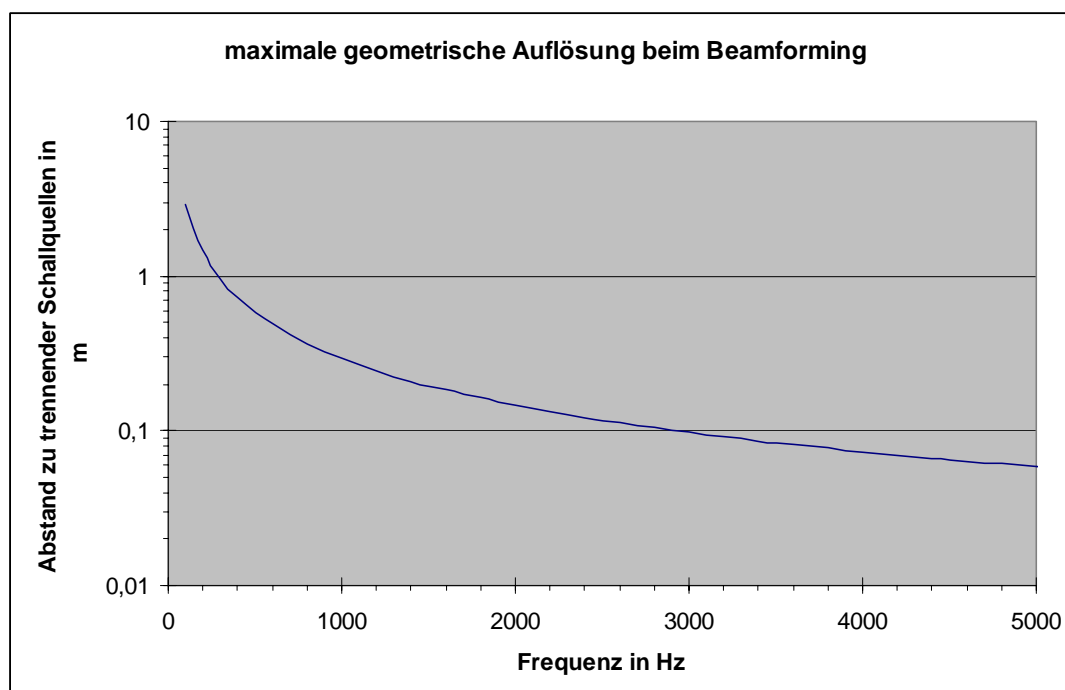
Für ein Mikrofonarray mit kreisförmiger Fläche ist das geometrische Auflösungsvermögen gegeben durch:

$$R \approx 1,22 \frac{z}{D} \lambda$$

mit R Abstand zweier gleichlauter noch trennbarer Schallquellen mit gleichem Frequenzinhalt
 z Abstand zum Messobjekt
 D Durchmesser des Mikrofonarrays
 λ Wellenlänge (c/f)

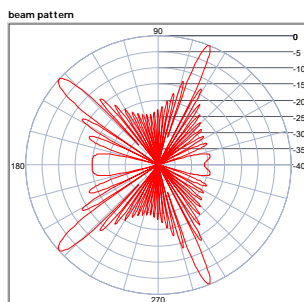
Wird der Abstand zwischen Mikrofonarray und Messobjekt sehr gering, ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Entfernungen zwischen Schallquelle und Mikrofonen starke Pegelunterschiede. Außerdem wird der Einfluss bei gerichtet abstrahlenden Quellen immer größer. Aus diesen Überlegungen ergibt sich ein minimales Verhältnis zwischen z/D zwischen Abstand und Mikrofonarray-Durchmesser. Dieses sollte nicht kleiner als $z/D = 0,7$ werden.

Damit ergibt sich eine maximales geometrisches Auflösungsvermögen welches nur von der Wellenlänge, also der Frequenz Abhängig ist.

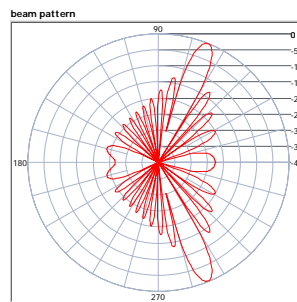


Scheinquellen bei hohen Frequenzen

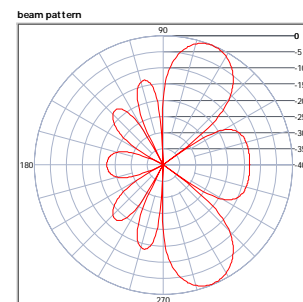
Bei Mikrofongittern mit regelmäßigen Mikrofonabständen kommt es bei höheren Frequenzen zu Scheinquellen. Wird die Wellenlänge kleiner als der doppelte Mikrofonabstand gibt es mehrere Winkel mit hoher Empfindlichkeit. Dieser Effekt ist im unteren Bild ganz links dargestellt.



Signal frequency: 6kHz
Wavelength: 0.057m



Signal frequency:
3kHz



Signal frequency: 1kHz
Wavelength: 0.34m

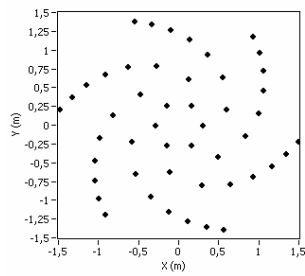
In der Auswertung macht sich das durch Scheinquellen bemerkbar, die in einem bestimmten Abstand zur realen Quelle, abhängig von der Frequenz, auftreten. Durch diese Scheinquellen ist der nutzbare Frequenzbereich regelmäßiger Mikrofonarrays eingeschränkt.

Der Effekt der Scheinquellen lässt sich durch ungleichmäßige Mikrofonanordnungen stark reduzieren, dadurch kann der nutzbare Frequenzbereich weit nach oben erweitert werden.

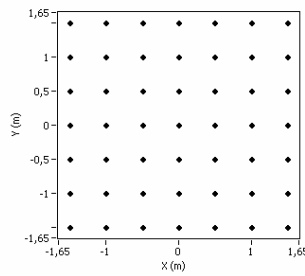
Mit CAE Noise Inspector können beliebige Mikrofonanordnungen leicht definiert und aufgebaut werden. Dadurch kann für jeden Anwendungsfall das optimale Array benutzt werden. In der Praxis haben sich spiralförmige Anordnungen bewährt. Diese zeichnen sich durch einen weiten Frequenzbereich ohne Scheinquellen aus.

Die folgenden Abbildungen zeigen das unterschiedliche Verhalten verschiedener Mikrofonanordnungen im höheren Frequenzbereich.

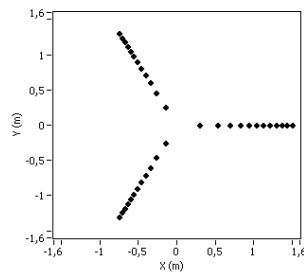
Spirale 48 Mik. D 3m



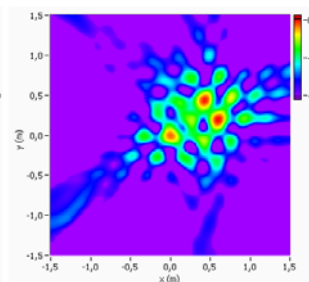
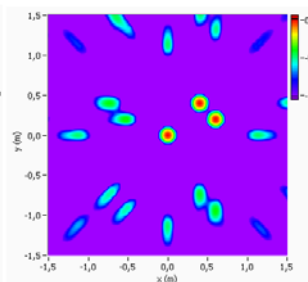
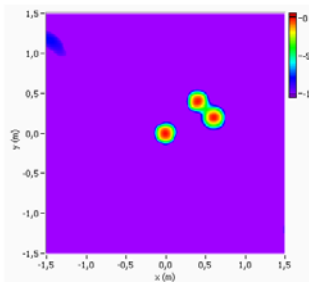
Linear 2 D 49 Mik. D 3m



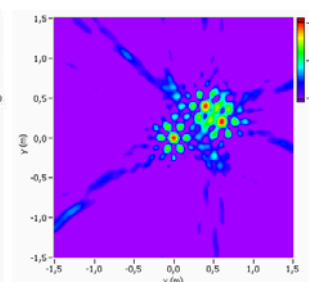
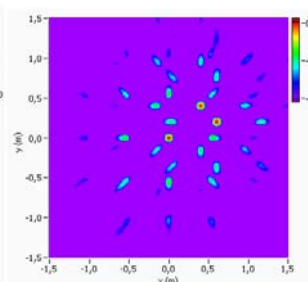
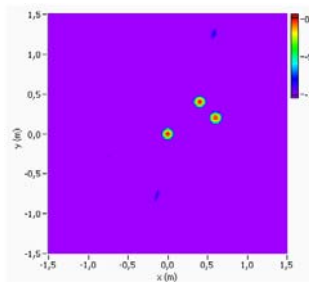
tristar 36 Mik. D 3m



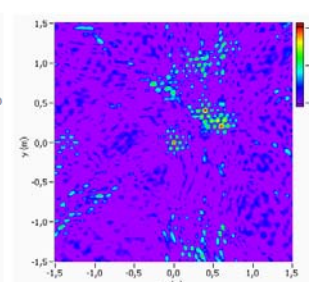
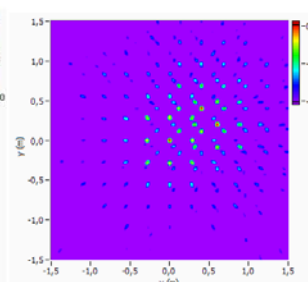
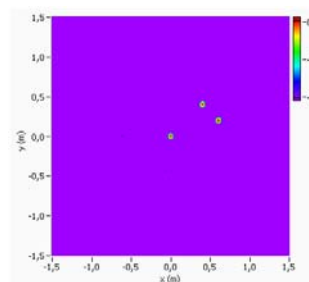
2 kHz, Abstand 3 m



4 kHz, Abstand 3 m



8 kHz, Abstand 3 m



Größe des auswertbaren Bereiches

Mit steigendem Winkel gemessen zur Normalen des Mikrofonarrays erhöht sich das Niveau der Scheinquellen und verringert sich die geometrische Auflösung. In der Regel sollte deshalb ein Auswertebereich von plus/minus 30 Grad um die Normale nicht überschritten werden. Daraus ergibt sich ein vom Abstand abhängiger Auswertebereich von ca. 1.15 z.

Flexible Array Konfiguration mit CAE Noise Inspector

Aufgrund der oben aufgeführten Randbedingungen ergibt sich, dass es kein optimales Standardarray für alle Anwendungen gibt. Verschiedene Anwendungsfälle können verschiedene Konfigurationen erfordern. Das CAE Noise Inspector System ist sowohl in der hardware als auch in der Software flexibel. Mit dem Antennenkonzept bestehend aus Mikrofonträgerfeldern und einklippsbaren Mikrofonhaltern und mit dem Softwareassistenten zur definition verschiedener Mikrofonanordnungen kann individuell für jeden Anwendungsfall das Optimum erzieht werden. Durch Simulation mit frei definierbaren Quellen kann das Mikrofonarray überprüft werden, bevor es real aufgebaut wird.