

3D Graphik in der Messdatenerfassung

Käferstein, B.

Zur Messung der Schallabstrahlung von Maschinen und Geräten kann das sog. Oberflächenhüllverfahren nach DIN EN ISO 3746 angewendet werden. Dabei wird der abgestrahlte Schallpegel an verschiedenen Punkten auf z.B. einer die Maschine einhüllenden Halbkugel gemessen. Im Zuge der Konstruktion eines Drehgalgens zur Steuerung des Fahrweges war es notwendig, einen kleinen Ausflug in die Computergraphik zu unternehmen: Die Position des Messroboters sollte graphisch dargestellt werden, da während der Messung kein Zutritt zum schallisolierten Messraum möglich ist.

The surface envelope method according to DIN EN ISO 3746 is used to calculate the radiated sound. Sound pressure level measurements are taken at different points on a surface. A half sphere may be used to surround the machine. During the design process of the position control unit for the rotating boom it was necessary to undertake a little excursion to computergraphics. The Software should display the position of the measuring robot because due to restricted entrance of the test chamber.

1 Motivation

Ein 180°-Bogen aus Hohlprofil stellt die Trägerkonstruktion für die Meßmikrophone dar. Das Profil ist an der Decke des Meßraums drehbar befestigt und der Bogen kann der Länge nach mit einem dort angebrachten E-Motor durch eine Führung gezogen werden. Es ergeben sich daher zwei Freiheitsgraden (Azimuth und Elevation). Die fest am Träger angeschraubten Messmikrophone werden daher über dem Objekt auf einer Halbkugel positioniert, die damit auch die Hüllflächenform festlegt. Durch Messen des Schalldruck- oder Intensitätspegels an festgelegten Punkten kann unter Berücksichtigung der zugehörigen Hüllflächensegmentengröße der Schalleistungspegel errechnet werden.

Da sich während des Meßvorgangs aus Sicherheitsgründen niemand im Raum aufhalten darf aber dennoch die Stellung des Roboters angezeigt und simuliert werden soll, **Bild 1**, wird sie graphisch am Rechner dargestellt. Für die Steuerung wurde ein eigenes Programm unter MS Visual Basic entworfen, das die Positionsdaten aus einer Excel-Geometrieberechnungstabelle ausliest, **Bild 2**. Damit werden die Servomotoren des Roboters an-

gesteuert. Bei Erreichen der Position wird die Messwerterfassung gestartet und der zugehörige Schalldruckverlauf aufgezeichnet.

Bei Einsatz einer Intensitätssonde ist es weiterhin möglich, die abgestrahlte Schalleistungsdichte ver-

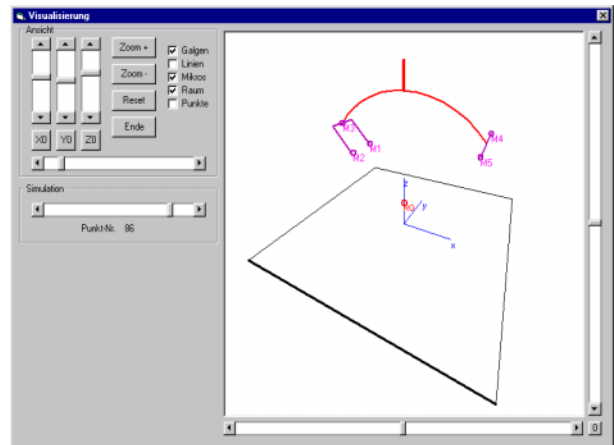


Bild 1: Drehgalgengeometrie im Ansichtsfenster

teilung sichtbar zu machen, mit der die Orte der stärksten Luftschallabstrahlung auf der Maschine identifiziert werden können. Dann können gezielt weitere Maßnahmen zur Schallminderung durchgeführt werden.

2 Grundlagen der 3D-Visualisierung

2.1 Rotation und Translation

Grundlage der Darstellung bilden 4x4 Matrizen und Vektoren des \mathbb{R}^4 , die eine schnelle, einfache und standardisierte Behandlung der Graphikroutinen ermöglichen. Es wird eine Transformationsmatrix M aufgestellt, die folgendes Aussehen hat:

$$M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \quad \text{Gl. 1}$$

Die linke obere Teilmatrix der Größe 3x3 wird mit Drehwinkelargumenten besetzt, so daß man z.B. für eine Drehung um die x-Achse und um die y-

Nr.	s [m]	φ [rad]	φ [°]	ψ [°]	ν [rad]	Galgen X	Galgen Y	Galgen Z	Ok?	Mikro sktX	Mikro sktY	Mikro sktZ	Mikro T X	Mikro T Y	Mikro T Z	
1	0.001	0.000	0.0	0.0	0.0006	0.001	0.000	2.200	ok	1	0.001	-0.250	1.700	0.001	-0.250	1.700
2	0.267	0.6263	36.0	9.0	0.1571	0.215	0.196	2.179	ok	2	0.082	0.263	2.179	0.299	-0.092	1.689
3	0.267	1.2566	72.0	9.0	0.1571	0.082	0.263	2.179	ok	3	0.082	0.263	2.179	0.299	0.101	1.689
4	0.267	1.8869	108.0	9.0	0.1571	-0.082	0.263	2.179	ok	1	0.180	0.266	1.689	0.180	0.266	1.689
5	0.267	2.5133	144.0	9.0	0.1571	-0.215	0.196	2.179	ok	3	-0.215	0.196	2.179	-0.005	0.313	1.689
6	0.267	3.1416	180.0	9.0	0.1571	-0.266	0.000	2.179	ok	4	-1.679	0.500	0.766	-0.188	0.250	1.689
7	0.267	3.7699	216.0	9.0	0.1571	-0.215	-0.196	2.179	ok	5	1.652	0.582	0.766	-0.299	0.092	1.689
8	0.267	4.3982	252.0	9.0	0.1571	-0.082	-0.263	2.179	ok	3	-0.082	-0.263	2.179	-0.299	-0.101	1.689
9	0.267	5.0265	288.0	9.0	0.1571	0.082	-0.263	2.179	ok	4	-0.994	1.442	0.766	-0.180	-0.266	1.689
10	0.267	5.6549	324.0	9.0	0.1571	0.215	-0.196	2.179	ok	3	0.215	-0.196	2.179	0.005	-0.313	1.689
11	0.297	0.0000	0.0	10.0	0.1747	0.295	0.000	2.174	ok	1	0.209	-0.250	1.682	0.209	-0.250	1.682
12	0.297	0.6263	36.0	10.0	0.1747	0.239	0.174	2.174	ok	2	0.022	0.325	1.682	0.316	-0.090	1.682
13	0.297	1.2566	72.0	10.0	0.1747	0.091	0.281	2.174	ok	3	0.091	0.281	2.174	0.332	0.121	1.682
14	0.297	1.8869	108.0	10.0	0.1747	-0.091	0.281	2.174	ok	2	-0.302	0.121	1.682	0.173	0.276	1.682

Bild 2: Eingabe und Berechnung für Kugelkoordinaten

Achse des WKS folgendes Aussehen erhält:

$$M_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad M_y = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{Gl. 2}$$

Raumpunkte im Weltkoordinatensystem werden mit vier Koordinaten dargestellt, wobei die letzte Koordinate immer 1 ist:

$$P = (x \quad y \quad z \quad 1)^T \quad \text{Gl. 3}$$

Um eine Drehung der Punkte um die festen WKS-Achsen vorzunehmen, muss daher dreimal hintereinander der Ortsvektor eines jeden Punktes mit M_x, M_y, M_z multipliziert werden.

2.2 Projektion

Im nächsten Schritt sind die Punkte durch eine weitere Transformation vom 3D-Raum auf eine 2D-Ansichtsebene d zu projizieren. Theoretisch wäre eine einfache Zentralprojektion auf eine Hauptebene durch Weglassen einer Koordinate möglich. Für an ansprechendere 3D-Effekte wird jedoch eine allgemeine perspektivische Projektionsmatrix gewählt:

$$M_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -d_x/d_z & z_p \cdot d_x/d_z \\ 0 & 1 & -d_y/d_z & z_p \cdot d_y/d_z \\ 0 & 0 & -z_p/q \cdot d_z & z_p^2/q \cdot d_z + z_p \\ 0 & 0 & -1/q \cdot d_z & z_p/q \cdot d_z + 1 \end{pmatrix} \quad \text{Gl. 4}$$

2.3 Aufbau der Körper

Die Körper werden als Wireframe Modelle aus reinen Linienzügen zusammengesetzt, **Bild 3**, so daß Füllflächenoperationen und Verdecktheitsprüfungen entfallen können. Es gibt innerhalb des Programms eine interne Liste, die alle relevanten Punkte der Geometrie enthält. Das sind die Punkte auf dem Bogen, die Positionen der Messmikrofone, der Boden und eine Achsdarstellung mit Beschriftung.

Zusätzlich werden die einzelnen Messpunkte aus der Exceltabelle und der Verfahrensweg mit abgebildet.

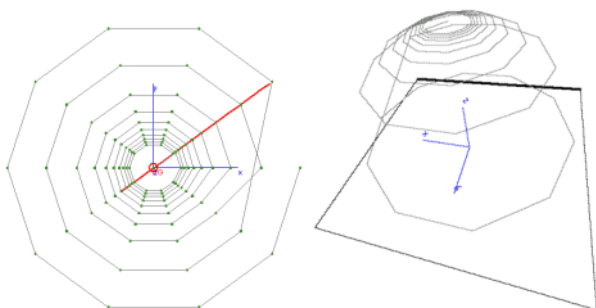


Bild 3 Messpunkttrajektorien von oben und schräg

3 Darstellung der Ergebnisse

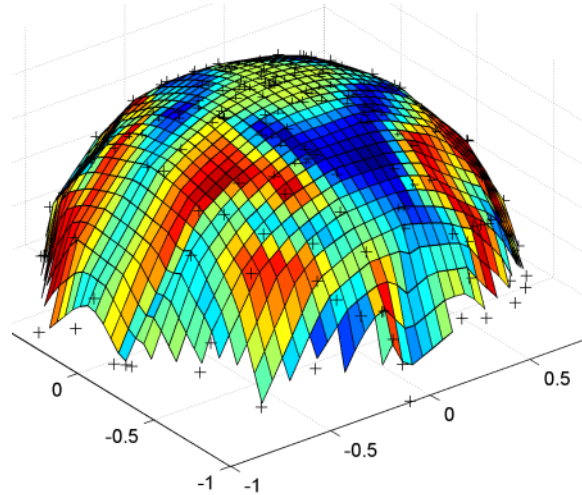


Bild 4: Messpunkte und Schallverteilung

Zur Darstellung der Ergebnisse wurde Matlab /2/ verwendet, das die oben beschriebenen Algorithmen als Befehle mit zusätzlichen Optionen bereitstellt. **Bild 4** zeigt die aus den zufällig verteilten Messpunkten (+) durch Triangulation berechnete Hüllfläche. Die Farbschattierung der Flächenelemente zeigt den interpolierten Schalldruckpegel an.

Bild 5 ist ein Vektorplot auf einer sog. Isofläche von oben betrachtet. Die Vektoren zeigen die Ausbreitungsrichtung und Größe des Schalls an; die Fläche verbindet Orte gleichen Schallpegels.

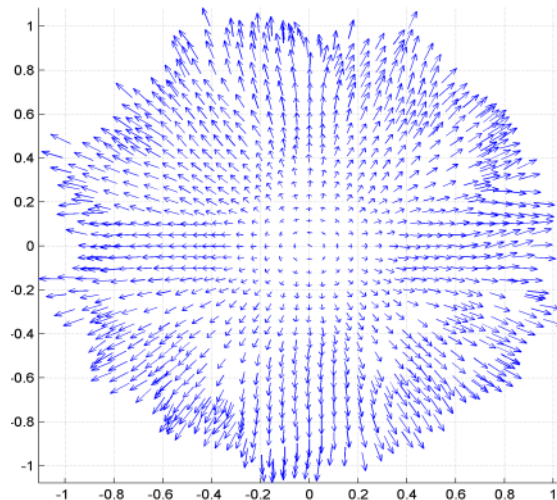


Bild 5 Vektorplot über Isofläche von oben

4 Zusammenfassung

Es wurde anhand von akustischen Messdaten die Arbeitsweise von 3D-Graphikalgorithmen und die Möglichkeiten bei der Auswertung dargestellt.

5 Literatur

- /1/ Stöcker, H. (Hrsg.): Taschenbuch mathematischer Formeln und moderner Verfahren. Deutsch, Frankfurt am Main, 1993
- /2/ <http://www.mathworks.com/support/>