

UNTERWASSER-SOUNDBILD

Kapt. Wolf Scheuermann

Hamburg 02:18 03.03.2005

Prinzip:

Im Schallfeld S , das zu einem bestimmten Zeitpunkt t an einem Hydrophon eintrifft steckt alle Information über das Frequenzspektrum f , erzeugt durch die Schallquelle, deren Richtung α_x und α_y und Abstand R , die Intensität I und Schallfortpflanzung c und die Wegablenkungen s durch Meeresboden, Wasseroberfläche, Gegenstände, etc.:

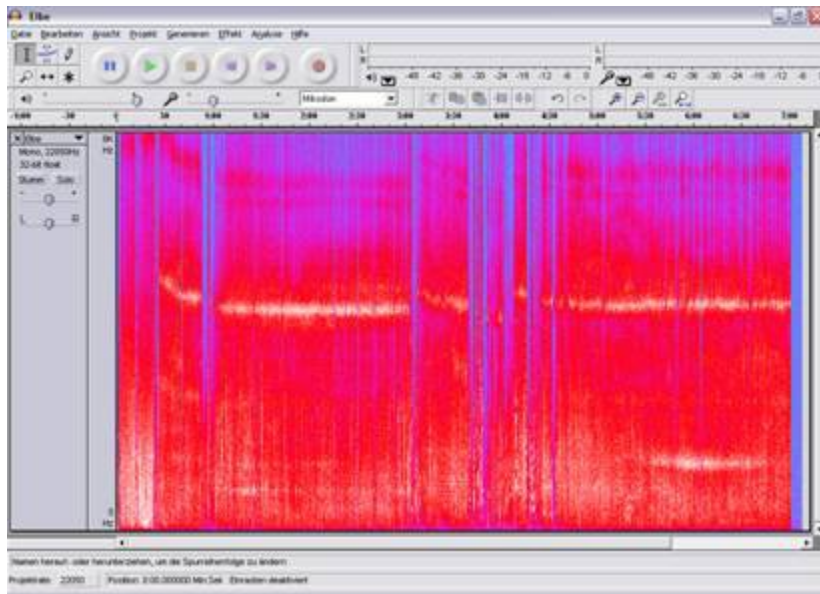
$$S = S(f, \alpha, R, c, s, \dots)$$

Meßverfahren:

Es müßte also mit einem Array aus Richthydrophonen und durch Messung der richtungsabhängigen Intensität des Schallfeldes möglich sein ein akustisches 2D-Bild der Unterwasserlandschaft zu gewinnen ("Window to the Sea". Ein ähnliches System beschreibt Stephen Coonts als MSPS in seinem Uboot-Thriller 'America' 2001).

Das Folgende ist der Versuch einen solchen Blick ins Meer mit Hilfe nur eines einzelnen ungerichteten Hydrophons zu realisieren!

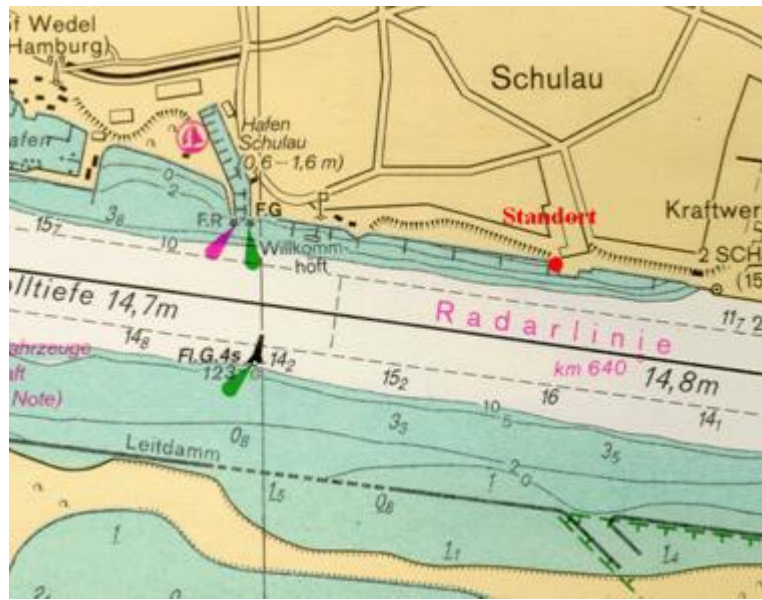
Ausgangspunkt ist die recht krude Unterwasserschallaufnahme vorbeifahrender Schiffe an der Elbe:



Elbe.wav

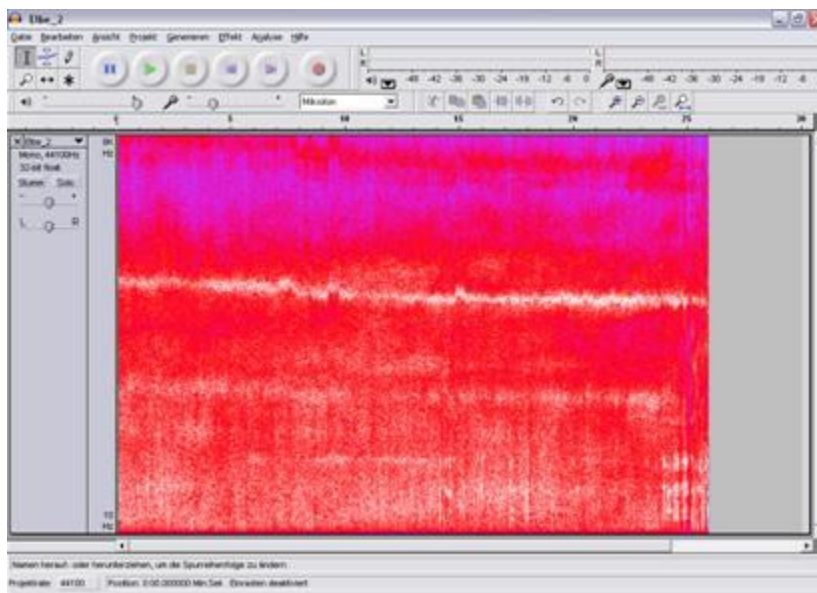
AudioElbe.png

Standort: STANDORT2.gif:



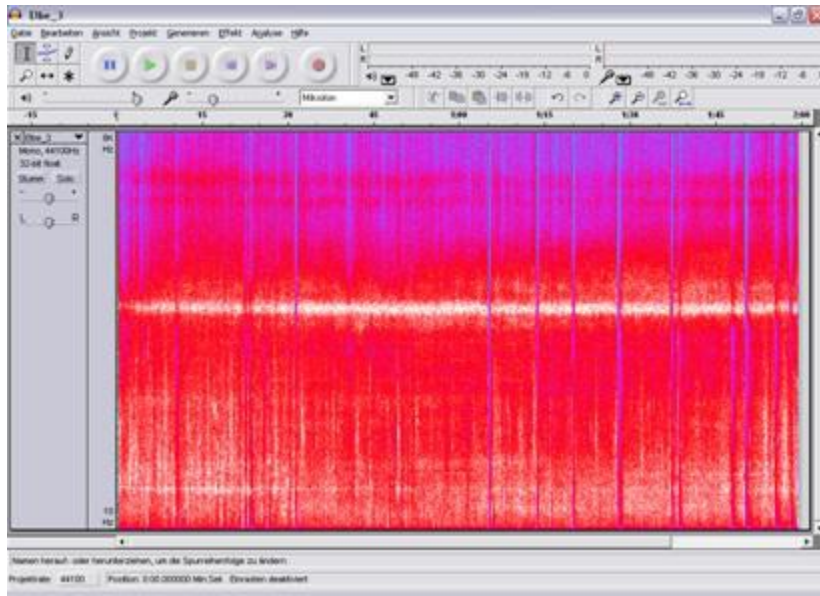
Es kamen starke Überwasser- und Störgeräusche in die Aufnahme.

Folgende Einzelszenen sind aus der Gesamtaufnahme geschnitten:



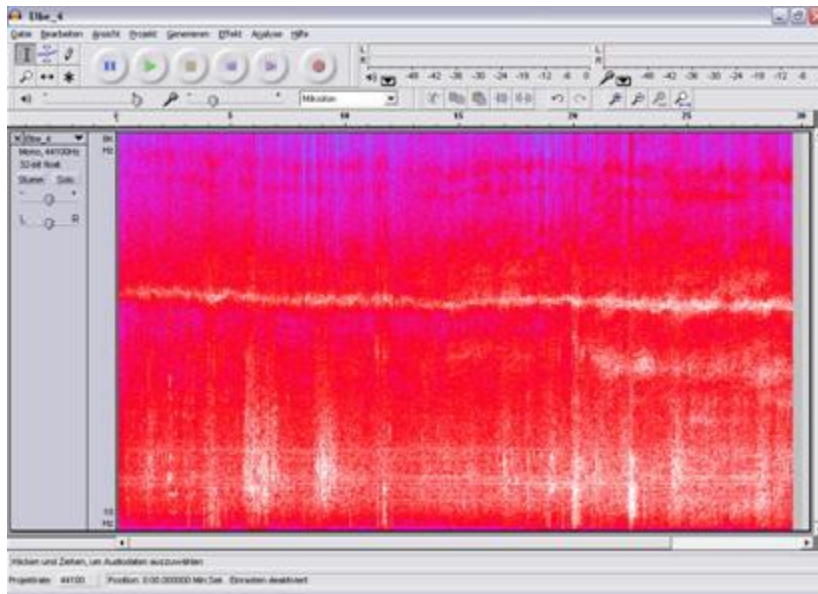
Elbe_2.wav Schnellfähre, starker Dopplereffekt

AudioElbe_2.png



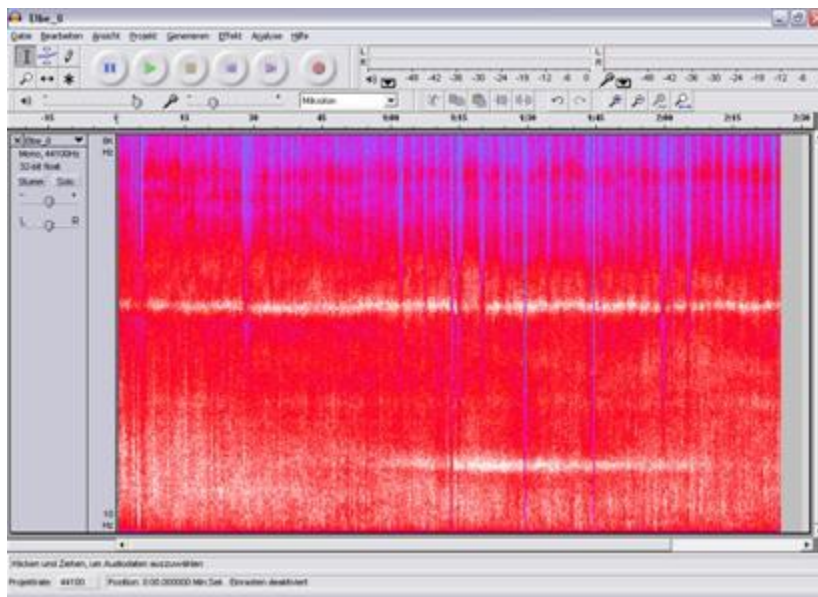
Elbe_3.wav Containerschiff 'Ever Delight'

AudioElbe_3.png



Elbe_4.wav "Barkassen Meier"

AudioElbe_4.png



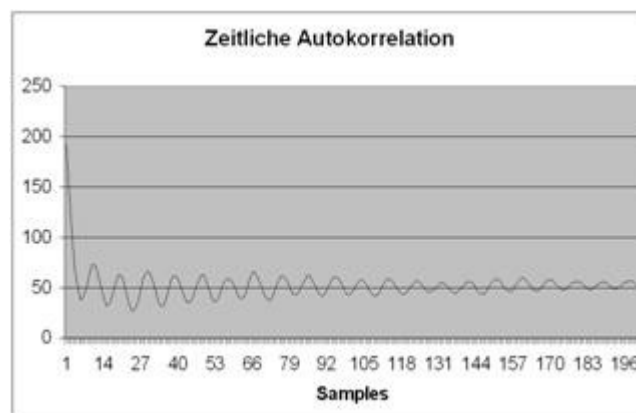
Elbe_8.wav kleiner Produktentanker mit stark kratzender Schraube kommt von rechts aus dem Hörschatten der Bühne und passiert den CPA AudioElbe_8.png

Die Idee:

Die Schiffe fahren am stationären Hydrophon vorbei, dadurch ist in der zeitlichen Information eine azimutale Information vorhanden! Bei 10 kt legt ein Schiff ca. 5 m/s zurück. Die Analyse der Audioszene erfolgt in 1-sec-Schritten, jeder Zeitstreifen entspricht daher einem nicht näher bestimmten Horizontalwinkel. So wird die horizontale Auflösung gerechnet.

Die Intensität des Schallfeldes wird durch Multipath beeinflusst. Annahme ist, daß vor allem die vertikale Mehrwegablenkung am Flußboden ausschlaggebend ist und hier nochmals vor allem der zwischen Schiff und Hydrophon liegende Teil. Weitere Annahme ist, daß von der "Lichtquelle" (dem Schiff) nur wenige Winkelgrade nach unten (vom Hydrophon aus gesehen) der erste Multipath empfangen wird. Dieser Weg hat den geringsten Unterschied zum Direktempfang, wogegen ein näher zum Hydrophon liegender Multipath den längeren Weg hat und den steileren Winkel nach unten.

Multipath und vor allem die Zeitverzögerung durch Weglänge muß sich in einer zeitlichen Autokorrelation des Audiosignals widerspiegeln. Der zeitliche Versatz der Autokorrelationsfunktion entspricht also (wenn auch hochgradig nichtlinear) u.a. dem vertikalen Winkel des Multipathechos. Die Stärke der Autokorrelation sollte also den "Helligkeitsverlauf" in vertikaler Richtung wiedergeben. Im Sekundentakt nebeneinander gelegt ergibt sich so ein zweidimensionales Graustufenbild der Unterwasserlandschaft mit sich darüber bewegendem Schallquelle als "Beleuchtung".



Aus den Verhältnissen (22050 Hz Wav-Samplerate, 500-1000 m Passierabstand der Schiffe, 15 m Wassertiefe und der Schallgeschwindigkeit in kaltem Frischwasser von $c = 1422$ m/s) errechne ich eine maximale Korrelationszeit von ca. 200 Sampeln, bzw ca. 9 msec.

Bildbearbeitungs-Verfahren:

Das Wav-File wird mittels **SOUND1.BAS** in ein ASCII-Textfile umformatiert.

Beispiel: Elbe_2.wav -> Elbe_2.txt:

-15664

-14260

-10459

-5754

-1568

1181

2069

1234

-526

-1818

-1271

1579

5885

9948

12288

...

Mit **SOUND2.BAS** das Audiosignal aus der invertierten in die richtige Wellenform bringen:

Beispiel: Elbe_2.txt -> Elbe_2_.txt:

14971.5

15967.5

-15476

-14294.5

-13880

-14633

-16303.5

14764

13935

14297

15482.5

-15968.5

-15162.5

-15256.5

-16244

15118

...

AUTOKOR2.BAS berechnet aus knapp 1 sec dauernden Zeitscheiben die Autokorrelationsfunktion von 0 bis 9 msec in 1/22050 sec-Schritten:

Beispiel: Elbe_2_.txt -> AUTOKORR.TXT:

-47.83677 276.7581

P2

Created by Wolf

201 80

255

248.8627 187.5122 134.6921 93.31554 63.7584 48.67691 42.81389 43.02511 40.47675 30.72188
15.71333 -1.823864 -17.74508 -28.27253 -30.35876 -24.58896 -15.71683 -7.301298 -4.22076 -7.480908
-14.17505 -22.61822 -26.36095 -24.14522 -16.6963 -6.186364 4.779756 10.36097 10.15281 5.690695
-1.255877 -6.208736 -6.523224 .561851 10.05846 20.80384 27.9594 29.4902 24.61709 18.13048
11.6579 8.498081 10.76588 16.78375 23.91716 30.22274 32.08948 29.58888 23.73981 16.75906
12.48172 11.0361 14.21125 19.61802 23.8123 25.19829 20.91065 13.51375 4.71606 -2.07027
-4.731678 -4.245472 .887843 5.993852 9.759771 9.872052 5.661557 1.110857 -3.285188 -4.046642
-3.12215 7.399633 16.33431 23.19774 25.08547 23.89969 20.35448 16.48632 14.11763 15.97533 ...

Die 1. und 4. Zeile (MinMax-Werte und Spalten- und Zeilenzahl) stehen am Ende des Textes und müssen an die richtige Stelle von Hand kopiert werden.

PGMCONV3.BAS macht daraus ein korrektes PGM-256-Graustufenbild:

Beispiel: AUTOKORR.TXT -> AUTOKORR.PGM:

P2

Created by Wolf

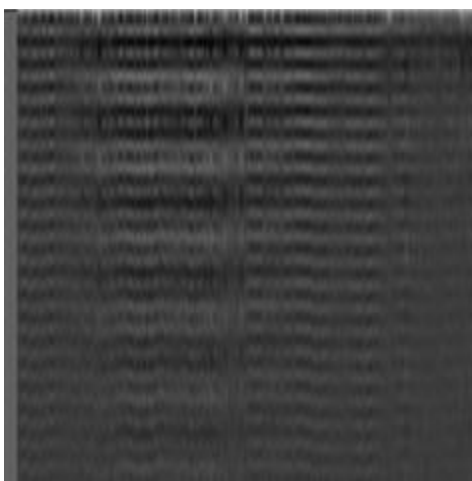
201 80

255

233 185 143 111 88 76 71 71 69 62 50 36 24 15 14 18 25 32 34 32 26 20 17 19 24 33 41
46 46 42 37 33 32 38 45 54 60 61 57 52 47 44 46 51 56 61 63 61 56 51 47 46 49 53 56 57
54 48 41 36 34 34 38 42 45 45 42 38 35 34 37 43 50 56 57 56 54 51 49 50 54 60 65 67 66
61 56 51 50 52 56 59 60 58 53 47 42 40 42 45 48 51 51 47 42 37 36 38 43 48 51 51 49 46
43 41 43 46 51 55 55 53 49 45 44 45 48 53 57 59 59 57 55 53 53 57 60 62 62 60 55 51 47
46 47 49 52 54 53 52 48 46 44 45 47 51 53 54 54 52 50 48 48 49 51 53 54 53 49 46 42 41
42 45 47 47 45 43 41 40 41 45 48 52 53 53 51 48 45 45 46 48 51 54 55 55 52 50 49 50 53

230 181 139 106 83 70 66 68 67 62 50 35 20 10 7 13 24 33 39 37 30 22 16 16 23 33 43 50
51 47 40 34 31 35 43 53 61 62 58 50 42 38 38 45 55 63 66 63 57 49 44 43 47 53 59 62 59
53 45 40 37 39 44 50 53 52 47 39 33 32 34 39 47 54 56 53 48 43 41 43 49 58 64 67 66 60
54 50 49 52 59 64 65 62 55 48 43 42 43 ...

Dieses Bild kann bereits betrachtet werden, sollte aber um 90° nach rechts gedreht werden. Man erkennt eine periodische Autokorrelation, was durch das kohärente Frequenzspektrum einer Schiffschraube zu erwarten ist (Speckle). Die optisch interessante Information befindet sich knapp unter dem oberen Rand.



Um der Nichtlinearität der vertikalen Auflösung Rechnung zu tragen sollte noch das Programm **UWBILD1.BAS** laufen (Namen an DOS-Konvention anpassen!):

Beispiel: KORR4B.TXT -> KORR4B_.PGM:

P2

Created by Wolf

201 80

255

0 1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 4 5 6 6 7 9 10 11 13 15 17
19 21 24 26 29 33 36 40 45 49 54 60 66 72 79 86 94 102 111 121 131 142 153 166 179 193
208 223 232 228 224 220 216 211 206 201 196 191 185 179 174 168 161 155 148 141 136 130
123 117 110 105 100 94 88 85 82 78 75 74 72 71 71 71 71 70 69 66 63 58 52 46 39 32 26
20 15 14 15 18 22 27 32 33 33 31 26 21 18 18 22 28 37 43 46 44 39 34 32 39 48 58 61 56
49 44 49 56 62 61 52 47 49 55 55 45 35 35 43 44 37 35 48 57 53 50 60 67 56 51 59 53 41
47 49 37 45 50 41 51 52 45 57 55 58 60 46 53 47 50 52 49 52 42 45 44 52 46 55 53

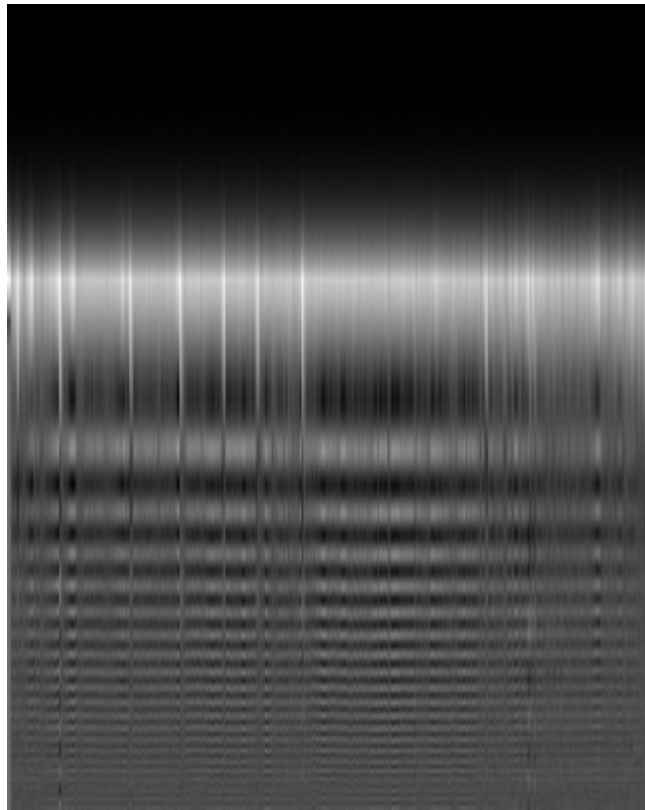
0 1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 4 5 6 6 7 9 10 11 13 14 16
18 21 23 26 29 32 36 40 44 49 54 59 65 71 78 85 92 101 110 119 129 140 151 163 176 190
205 220 229 225 221 217 212 208 203 198 192 187 181 175 170 164 157 151 144 137 131 125
119 112 105 100 95 89 83 80 76 72 ...

Auch hier sollte das Bild um 90° nach rechtsgedreht und angemessen in der Höhe skaliert werden um anschließend in einem bekannten Format (z.B. GIF) gespeichert werden zu können.

Folgende Bilder sind aus den akustischen Unterwasserszenen entstanden:



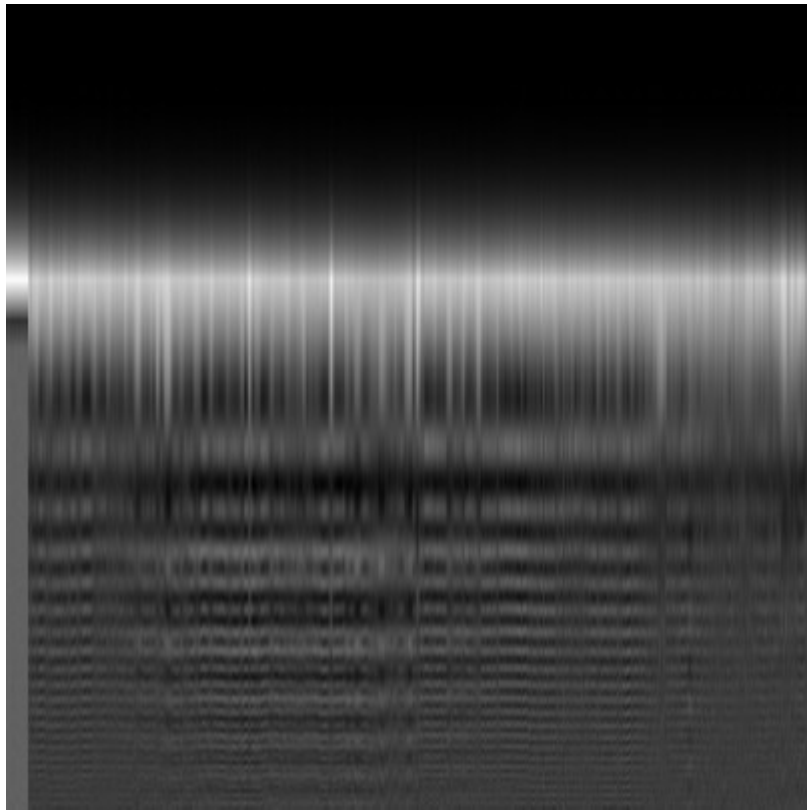
Elbe2b_.gif Schnellfähre von links (?) ist im CPA und entfernt sich



Elbe3b_.gif Containerschiff passiert auf ganzer Breite von rechts (?)



Elbe4b_.gif Barkasse kommt von links



Elbe8b_.gif Tanker kommt von rechts hinter der Buhne hervor

Es fällt auf, daß die Periodizität der Autokorrelation im Kurzzeitbereich offenbar nicht von der Frequenz

abhängt, was den Verdacht nahelegt, daß sie vom Bodenrelief beeinflusst ist und die Bilder tatsächlich die "Unterwasserlandschaft" wiedergeben.

Zum Vergleich der Standort des Hydrophons bei Hoch- und Niedrigwasser:

ElbeHochwasser.jpg

ElbeNiedrigwasser.jpg

Man beachte die Buhne rechts und die bei Hochwasser überflutete Pfahlgründung in der Mitte.