



### Einleitung

Die Beurteilung und die gezielte Beeinflussung der Abstrahlcharakteristik ist ein nicht unwesentliches Ziel bei der Entwicklung von Lautsprechern. Eine umfassende Darstellung und Bewertung der Zusammenhänge findet der interessierte Leser in dem sehr lesenswerten Buch von Floyd E. Toole: Sound Reproduction, Kapitel 18 - Objective Evaluations [01]. Praktische Hinweise zur messtechnischen Vorbereitung der Simulation von Lautsprechern sind auf der Homepage von Kimmo Saunisto [06] zu finden.

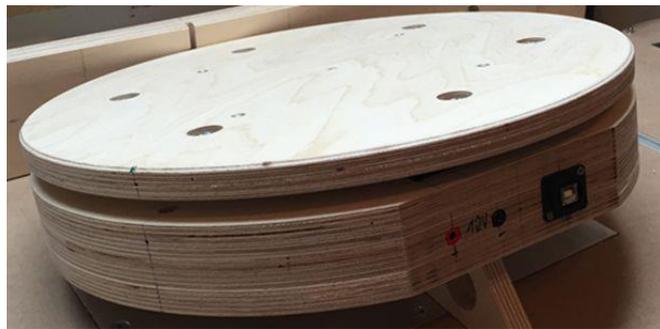
In der ARTA Application Note No. 6 [02] sind die messtechnische Erfassung der Abstrahlcharakteristik sowie verschiedene Möglichkeiten der Auswertung der Messungen dargestellt. Ferner ist die Konstruktion eines einfachen Drehtisches ohne eigenen Antrieb enthalten.

Diejenigen, die häufiger Abstrahlcharakteristiken mit hoher Winkelauflösung messen, wissen, dass es eine aufwändige, stupide Tätigkeit ist, die dennoch vom Ausführenden Konzentration erfordert, denn sonst sind schnell Winkel übersprungen oder der gemessene Winkel und die Filebezeichnung stimmen nicht überein.

Um diese Messungen zu erleichtern wurde die Anbindung eines professionellen Drehtisches (Outline ET250-3D) und eines DIY-Drehtisches realisiert.



Outline ET250-3D

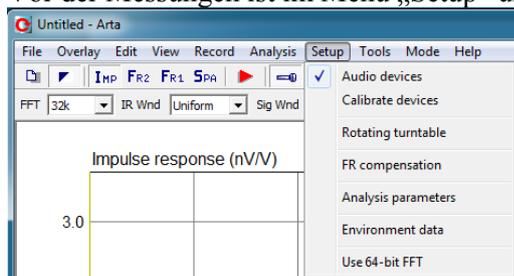


DIY-Drehtisch

Der DIY-Drehtisch wurde speziell für Vielmesser im DIY-Bereich und Selbstbaugruppen entwickelt. Dabei wurde auf die Nachbaubarkeit und die Kosten geachtet. An dieser Stelle geht unser Dank an Wim Huyghe (Software) und Ralf Grafe (Hardware), die beide wesentlich zum Gelingen des Projektes beigetragen haben.

### Messungen mit dem automatischen Drehtisch

Vor der Messungen ist im Menu „Setup“ unter „Rotating turntable“ festzulegen, mit welchem Drehtisch gearbeitet werden soll. Als Optionen werden ein externer DIY-Drehtisch oder der professionelle Drehtisch Outline ET 250-3D angeboten.



#### A) Outline Drehtisch ET 250-3D

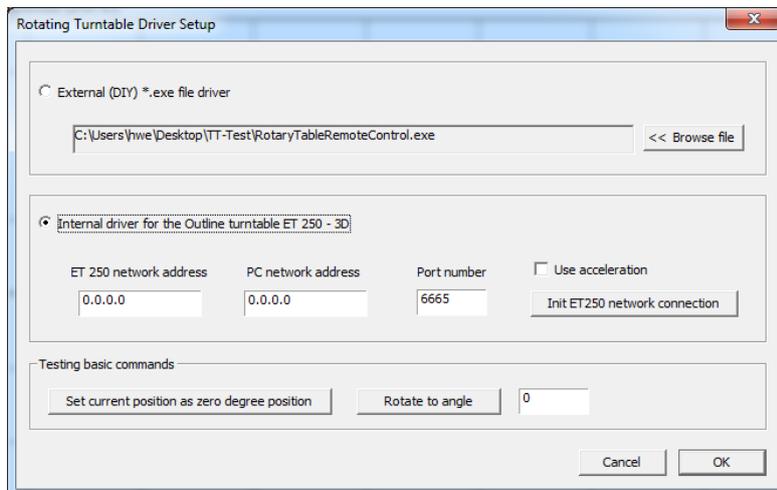
Bei Wahl des ET 250 sind die IP-Adressen für Drehtisch und Computer sowie die Nummer des Ports einzugeben. Durch Betätigung des Buttons

„Init ET250 network connection“ wird der Drehtisch angebunden.



# ARTA - APPLICATION NOTE

## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA



Mit der Aktivierung von „Use acceleration“ kann die Drehgeschwindigkeit erhöht werden. Vor Inbetriebnahme wird empfohlen, zusätzlich das Handbuch des ET 250-3D zu Rate zu ziehen.

Vor der ersten Messung sollte die Funktionsfähigkeit getestet werden. Im Bereich „Testing basic commands“ können die Nullposition festgelegt und ein beliebiger Winkel angefahren werden.

### B) Externer DIY-Drehtisch

Bei Wahl des externen DIY-Drehtisches ist das Verzeichnis anzugeben, in dem sich ARTA und die Steuerungssoftware befinden. Dazu im Folgenden einige Erläuterungen.

#### Software für den DIY-Drehtisch

Eine Installation der Drehtisch-Software ist nicht erforderlich. Es müssen lediglich die Files aus der Datei RemoteControlRotaryTable.zip in das Verzeichnis kopiert werden, in dem sich ARTA.exe befindet. Nachfolgend eine Übersicht aller erforderlichen Dateien.

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
Log4Net	05.01.2016 22:45	Dateiordner	
log4net.dll	06.10.2011 20:44	DLL-Datei	281 KB
RotaryTableRemoteControl.exe	05.01.2016 22:45	Anwendung	104 KB
usbGenericHidCommunications.dll	05.01.2016 22:45	DLL-Datei	15 KB
WHAudio.RotaryTable.exe	05.01.2016 22:45	Anwendung	2.444 KB
WHAudio.USB_Framework.dll	05.01.2016 22:45	DLL-Datei	25 KB
WHAudio.Utils.dll	05.01.2016 22:45	DLL-Datei	13 KB
Arta.exe	20.12.2015 22:21	Anwendung	4.757 KB
RotaryTable.log	24.01.2016 11:46	Textdokument	2 KB

### Vorbereitung der Messung

Zur Vorbereitung der Messung ist der Drehtisch mit Strom zu versorgen und die Verbindung mit dem Computer per USB Kabel herzustellen.

Als Stromversorgung eignet sich ein 12V/3A Netzteil oder ein 12V Bleigel-Akku. Ein voll geladener 12V/2,2Ah Akku hält bequem eine längere Messsession durch und macht uns darüberhinaus unabhängig vom Stromnetz. Ferner wird man bei Outdoormessungen und auch bei Messungen im RAR vom lästigen Verlegen langer Kabel befreit.



# ARTA - APPLICATION NOTE

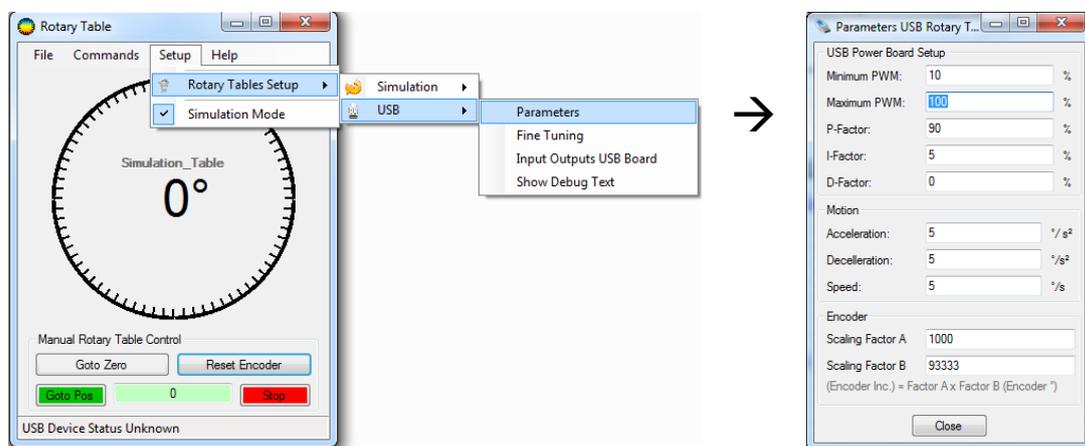
## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA

Bis ca. 3m bis 4m funktioniert der Drehtisch einwandfrei mit passiven USB-Verlängerungskabeln. Das sollte für die Messung in üblichen Wohnräumen reichen. Bei längeren Strecken zwischen Computer und Drehtisch ist ein USB-Booster erforderlich.

Achten Sie beim Aufstellen des Drehtisches darauf, dass er sich ungestört drehen kann. Das schließt ein, dass alle Kabel zu den Lautsprechern die Drehbewegung mitmachen können. Falls mit einem Aufsatz mit Stützrolle gearbeitet wird, ist darauf zu achten, dass auch der Drehradius der Stützrolle frei von Hindernissen ist.

### Optimierung der Betriebsparameter und Kalibrierung des DIY-Drehtisches

Wie bereits ausgeführt, ist die hier vorgestellte Konstruktion in weiten Grenzen variabel. Je nach Wahl des Encoders, der Getriebeübersetzung oder evtl. auch des Ritzels sind entsprechende Anpassungen erforderlich. Die Anpassung bzw. Optimierung der Betriebsparameter und die Kalibrierung werden im Programm WHAudio.RotaryTable.exe vorgenommen.



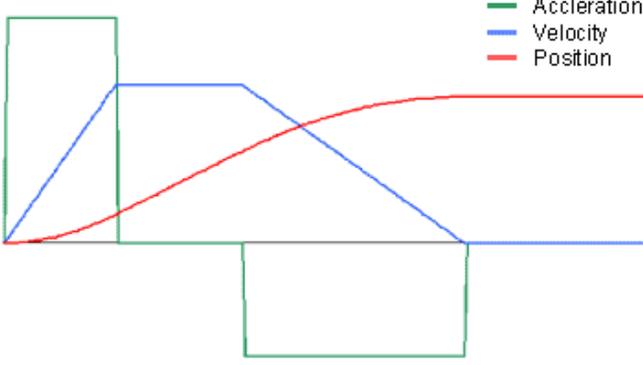
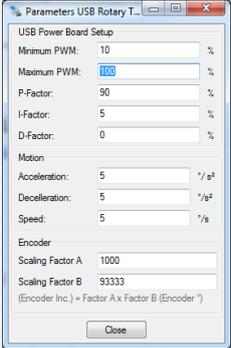
Über Setup → Rotary Tables Setup → USB gelangt man zum Menüpunkt „Parameters“. Die dort vorzufindenden Betriebsparameter werden im Folgenden erläutert.

<b>Minimum PWM</b> <b>0 – 100%</b>	Die erforderliche Leistung, um den Drehtisch zu bewegen. Der Wertebereich ist 0% bis 100%. Dieser Wert ist nicht besonders kritisch, selbst wenn er bei Null belassen wird, sollte der Drehtisch einwandfrei laufen. Ermittlung des korrekten Wertes: Die Parameter Minimum und Maximum PWM werden von Null ausgehend so lange erhöht, bis sich der Drehtisch beginnt zu bewegen.
<b>Maximum PWM</b> <b>0-100%</b>	Zur Begrenzung der Ausgangsleistung der Steuerungsplatine zum Motor kann es sinnvoll sein, Maximum PWM zu begrenzen. Die Erfordernis kann man aus dem “Fine Tuning Menü” ableiten (siehe weiter unten).
<b>P-Factor</b> <b>0-100%</b>	Proportionaler Term des internen PID Controllers (Proportional – Integral – Derivative Controller) siehe hierzu auch <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller">http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller</a> . <b>Anmerkung:</b> Die oben gezeigten Parameter sind geeignete Startwerte zu weiteren Optimierung.
<b>I-Factor</b> <b>0-100%</b>	Integraler Term des internen PID Controllers.



# ARTA - APPLICATION NOTE

## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA

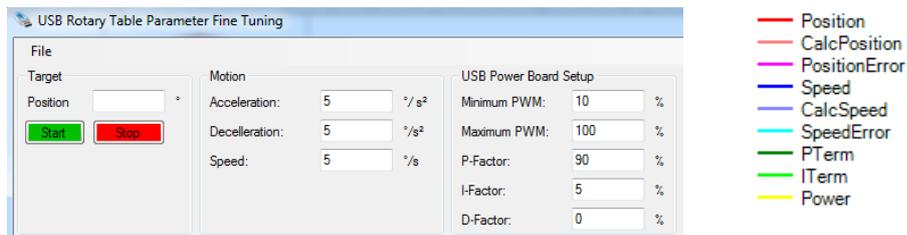
<b>D-Factor</b> <b>0-100%</b>	Derivativer Term des internen PID Controllers.
<b>Acceleration (°/s<sup>2</sup>)</b>	Beschleunigungs-, Entschleunigungsfaktor und Geschwindigkeit
<b>Deceleration (°/s<sup>2</sup>)</b>	Zur Verhinderung von abrupter Be-/Entschleunigung bzw. der Gefahr des Herunterfallens des Testobjektes vom Drehtisch folgt der Drehtisch nachfolgend
<b>Speed (°/s)</b>	gezeigtem Bewegungsprofil.
	
<b>Encoder Scaling Factor A</b>	Die beiden Skalierungsfaktoren für den Encoder bestimmen die Winkelposition des Drehtisches. Für die Kalkulation müssen folgende Angaben bekannt sein:
<b>Encoder Scaling Factor B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n = Anzahl der Zähne des Ritzels</li> <li>N = Anzahl der Zähne des Drehkranzes</li> <li>U = Untersetzung des Getriebemotors</li> <li>I = Anzahl der Impulse des Encoders pro Umdrehung</li> </ul> <p>Der Faktor A ist ein reiner Skalierungsfaktor und kann frei gewählt werden. Die Berechnung des Skalierungsfaktors B ist wie folgt:</p> $\text{Scaling Factor B} = N/n \cdot U \cdot I/360 = \text{Impulse/}^\circ$
	<p>Beispiel:</p> <p>n = 11, N = 177, U = 131,25, I = 16</p> $\text{Scaling Factor B} = 177/11 \cdot 131,25 \cdot 16/360 = 93,864 \text{ p/}^\circ$ <p>Da beide Faktoren nur ganzzahlig sein dürfen, sollte A = 1000 wegen der besseren Auflösung (Berücksichtigung von 3 Nachkommastellen) gewählt werden.</p> <p>Scaling Factor A = 1 und B = 93 oder für eine bessere Auflösung          Scaling Factor A = 1000 und B = 93864.</p>

Die Optimierung der Parameter für die jeweilige konkrete Ausführung des Drehtisches wird durch das **Parameter Fine Tuning** Menü unterstützt. In diesem Menü können alle wesentlichen Bewegungssignale in Soll (Calc) und Ist verglichen werden.

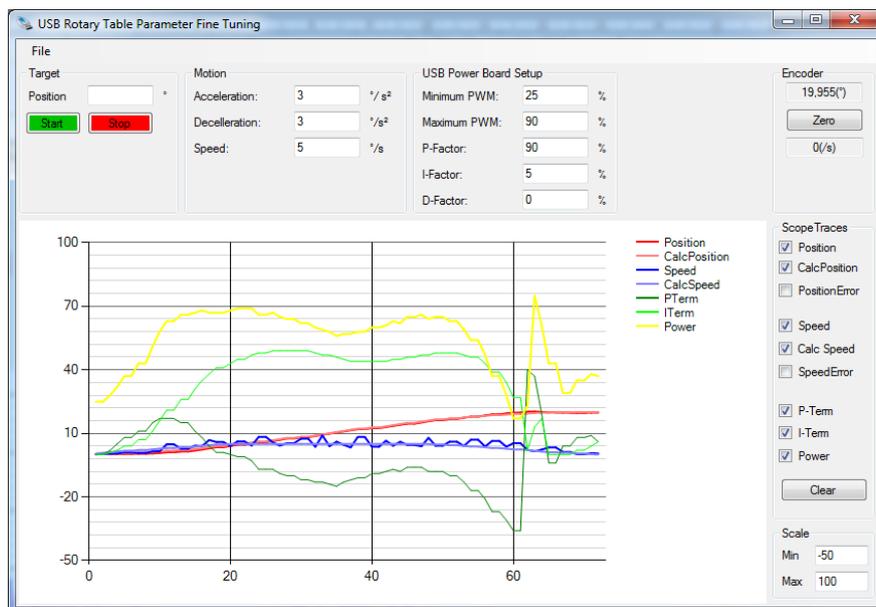


# ARTA - APPLICATION NOTE

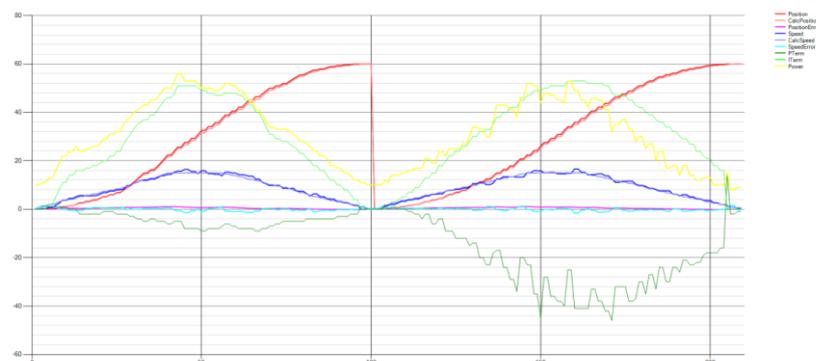
## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA



Dabei ist die Auswirkung der Veränderung einzelner Parameter wie P- und I-Factor direkt zu beobachten.



Wenn der Encoder zwischen zwei gleichen Drehtischbewegungen auf Null gesetzt wird, sind die Auswirkungen der Parameterveränderung in einer Grafik direkt zu vergleichen.



### Kalibrierung

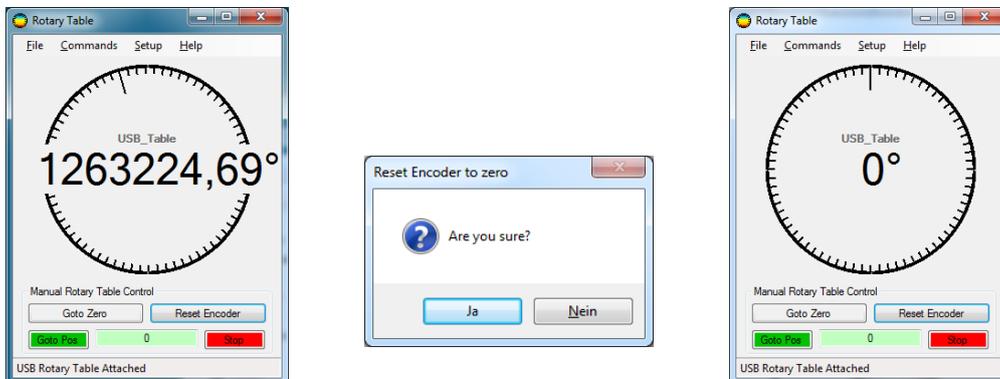
Nach Eingabe der Grundparameter besteht die Kalibrierung des Drehtisches aus einem einfachen „Reset Encoder“. Nach Einschalten der Stromversorgung und Start von WHAudio.RotaryTable.exe erscheint das nachstehende linke Teilbild. Die etwas ungewöhnliche Winkelangabe signalisiert, dass



# ARTA - APPLICATION NOTE

## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA

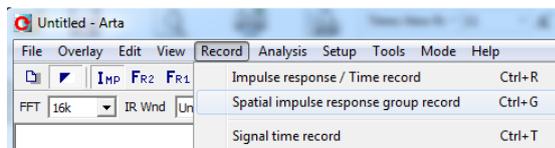
der Encoder ein Reset erwartet. Dies kann prinzipiell in jeder Position erfolgen, sollte sich jedoch an eventuell vorhandenen Markierungen auf dem Drehtisch orientieren (Nullmarke).



Nach dem Reset erscheint das oben stehende rechte Teilbild. Diese Stellung des Drehtisches wird bis zum nächsten Reset oder Abschalten der Stromversorgung als Nullstellung gespeichert.

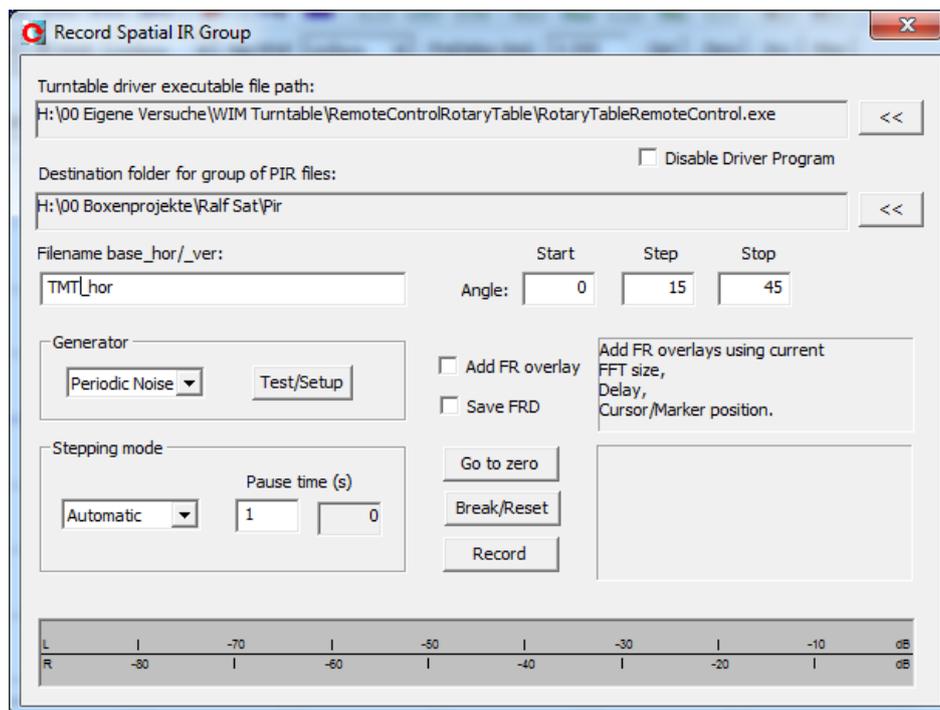
Diese Kalibrierung kann auch im Menu „Rotating table driver setup“ erfolgen.

### Durchführung der Messung



Die automatische Messung mittels Drehtisch ist bei ARTA ab Version 1.8.5 im Menu „Record“ als „**Spatial Impulse Response Group Record**“ zu finden.

Nach der Aktivierung erscheint folgendes Menü:



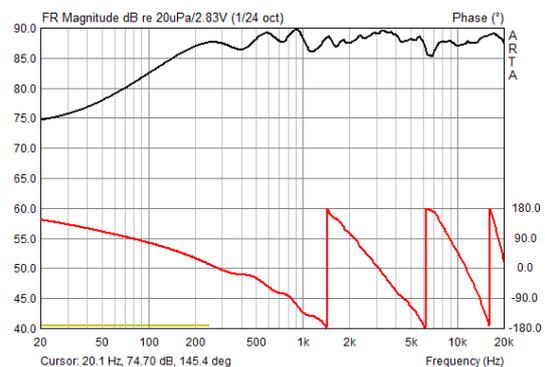
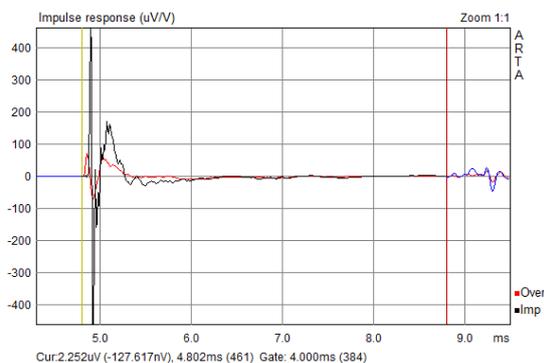


# ARTA - APPLICATION NOTE

## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA

<b>Turntable driver exe file path</b>	Angabe des Pfades, in dem das Programm RotaryTableRemoteControl.exe zu finden ist. In diesem Verzeichnis muss auch ARTA.exe liegen.
<b>Destination folder for group pir files</b>	In diesem Verzeichnis werden die Messfiles und die frd-Files abgelegt.
<b>Filename base _hor/_ver</b>	Basis des Dateinamens. Wird automatisch um die Winkelangabe ergänzt. Aus WaveguideA_hor wird also WaveguideA_hor_deg0, WaveguideA_hor_deg5, etc. hor/ver steht für horizontal/vertikal als Zusatzinformation. Vermeiden Sie im Basisnamen Ziffern, denn dies führt bei vielen Simulationsprogrammen zu Fehlern.
<b>Start/Step/Stop</b>	Startwert/ Schrittweite in Grad / Stopwert
<b>Add FR overlay</b>	Wenn die Checkbox aktiviert ist, wird von jeder Messung ein Overlay gespeichert.
<b>Save FRD</b>	Wenn die Checkbox aktiviert ist, wird von jeder Messung das frd-File gespeichert (siehe Erläuterung weiter unten).
<b>Generator</b>	Wahl des Messsignals (PN, Swept Sine, MLS)
<b>Test/Setup</b>	Öffnet das Menü „Impulse Measurement/Signal Recording“.
<b>Stepping Mode</b>	Automatisch oder Manuell.
<b>Pause Time</b>	Pause zwischen zwei Messungen in Sekunden. Die Funktion wird für die manuelle Messung benötigt, da zwischen den Messungen der Drehtisch von Hand bewegt werden muss.
<b>Go to Zero</b>	Positioniert den Drehtisch auf 0 Grad.
<b>Break/Reset</b>	Unterbricht eine laufende Messung.
<b>Record</b>	Startet eine Messreihe.
<b>Show Driver</b>	Wenn die Checkbox aktiviert ist, bleibt WHAudio.TurnTable.exe geöffnet.
<b>Disable Driver Program</b>	Deaktiviert WHAudio.TurnTable.exe für eine manuelle Messung.

Sofern während der Messung die FRD-Files für die Weiterverarbeitung/Simulation mit Drittprogrammen gespeichert werden sollen, ist vor Start der Messreihe das Messfenster zu bestimmen. Dafür werden die zwei Extrempositionen des gewünschten Messbereichs mit dem Drehtisch manuell angefahren und in der Impulsantwort Cursor und Marker so gesetzt, dass weder der erste Impuls beschnitten noch Teile der ersten Reflexion zum Bestandteil des Fensters werden. Im nachfolgenden Bild sind beispielhaft die Impulsantworten für 0° (schwarz) und 90° (rot) dargestellt. Es ist gut zu sehen, dass der 90°-Impuls vor dem 0°-Impuls beginnt. Eine Positionierung aufgrund nur einer Messung kann zu Fehlern beim Export führen.





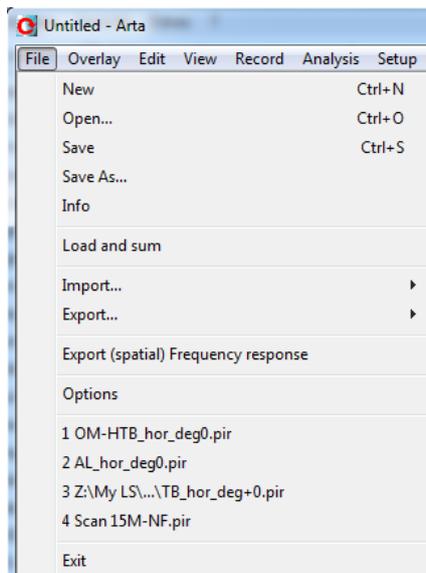
# ARTA - APPLICATION NOTE

## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA

Abschließend sind zwei weitere wichtige Punkte vor der automatischen Messung mit FRD-Export zu beachten:

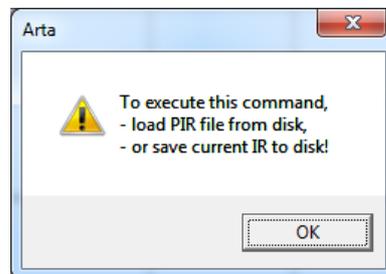
- In der Smoothed Frequency Response Darstellung muss die Option M+P (Magnitude + Phase) aktiviert sein
- Im Menü „File load and import/export setup“ muss die Checkbox bei „Retain cursor and marker position“ aktiviert sein. Das Menü ist zu finden unter File → Options.

### Auswertung und Export von bereits durchgeführten Messungen

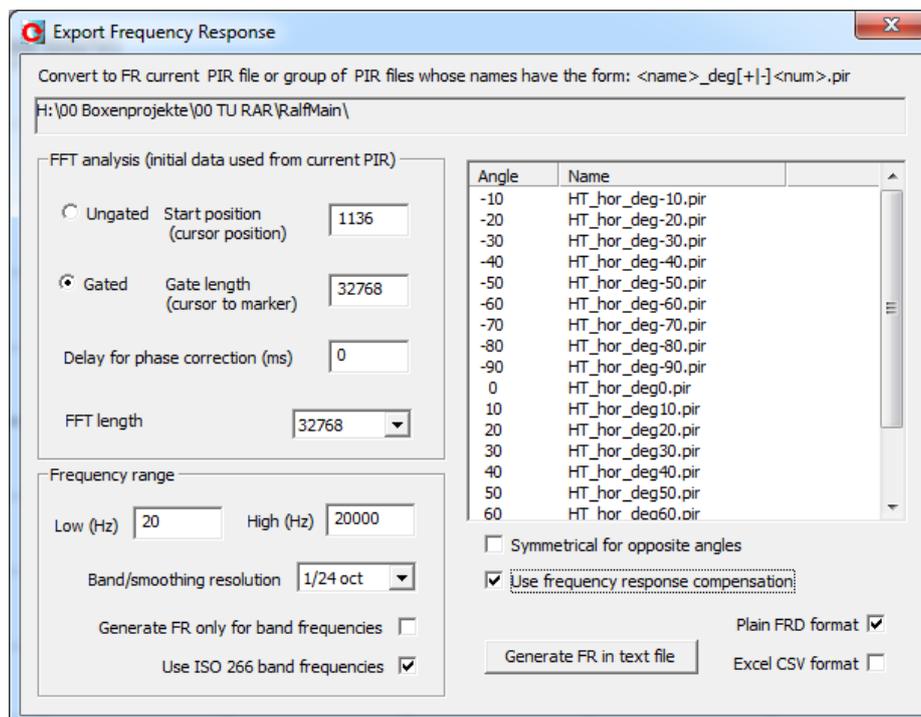


Der automatische Gruppenexport von Polarmessungen ist ab ARTA-Version 1.8.5 im Menü „File“ als „**Export spatial Frequency Response**“ zu finden.

Nach der Aktivierung des Menüpunktes erscheint folgende Meldung:



Bitte öffnen Sie eines der auszuwertenden Files oder speichern Sie das aktuelle File, bevor der File-Export beginnen kann.





# ARTA - APPLICATION NOTE

## No 9: Automatische Polarmessung mit ARTA

Sofern Sie bereits eines der Files aus der auszuwertenden Gruppe geöffnet haben, erscheint oben stehendes Menü. Im oberen Bereich des Menüs finden Sie die Angabe des Pfades, in dem die Messdaten liegen (Achtung, Konventionen für File-Bezeichnung beachten). In diesem Verzeichnis werden auch die Export-Files abgelegt (frd, txt, csv).

Wenn Sie ein Gate für den Datenexport nutzen wollen, setzen Sie bitte vor der Aktivierung des Export-Menüs Cursor und Marker!

<b>FFT Analysis (initial data used from current PIR)</b>	
<b>ungated</b>	Das aktuell geöffnete PIR-File wird ohne Gate ausgewertet
<b>Gated, gate length (cursor to marker)</b>	Das aktuell geöffnete PIR-File wird mit dem durch Cursor und Marker gekennzeichnete Gate ausgewertet.
<b>Delay for phase correction</b>	Delay zur Phasenkorrektur (siehe auch „Delay for Phase Estimation“ im Menü „Smoothed FR“)
<b>FFT Length</b>	Zeigt die FFT-Länge an

<b>Frequency Range</b>	
<b>Low</b>	Legt die untere Frequenzgrenze für den Datenexport fest
<b>High</b>	Legt die obere Frequenzgrenze für den Datenexport fest
<b>Smoothing Resolution</b>	Festlegung der Glättung
<b>Generate FR only for band frequencies</b>	Bei Aktivierung werden nur die Bandfrequenzen für die jeweilige Glättung exportiert (1/3 Oktave → 3 Stützpunkte/Oktave). Auch geeignet zur Reduzierung der Datenmenge.
<b>Use ISO 266 band frequencies</b>	Es werden nur Bandfrequenzen gemäß „ISO 266: Akustik – Normfrequenzen“ exportiert.

<b>Symmetrical for opposite angles</b>	Bei Aktivierung werden die Daten gespiegelt. Achtung, nicht verwenden, wenn bereits Messdaten mit positiven und negativen Winkeln vorliegen.
<b>Use frequency response compensation</b>	Bei Aktivierung wird die Mikrofonkorrektur für den Datenexport verwendet.
<b>Generate FR in text file</b>	Daten werden als txt-File exportiert
<b>+ Plain frd format</b>	Generate FR txt + Plain frd → Daten werden als frd-File exportiert
<b>+ Excel csv format</b>	Generate FR txt + Excel csv → Daten werden als csv-File exportiert

Viel Spaß beim Messen!

## Literatur

- [01] Floyd Toole, Sound Reproduction – Loudspeakers and Rooms, Focal Press 2008
- [02] ARTA Application Note No. 6: Directivity Measurements
- [03] ARTA Application Note No. 8: Repetitive Measurements with Script Language AutoIT
- [04] ARTA Hardware & Tools, Annex 1: Bau eines automatischen Drehtisches
- [05] Operating Manual Outline ET250-3D, <http://www.outlinearray.com>
- [06] Kimmo Saunisto: Preparation of response measurements for crossover simulation with VituixCAD, <http://kimmosaunisto.net/>

HWe, 30.12.2016, Rev. 1.4