

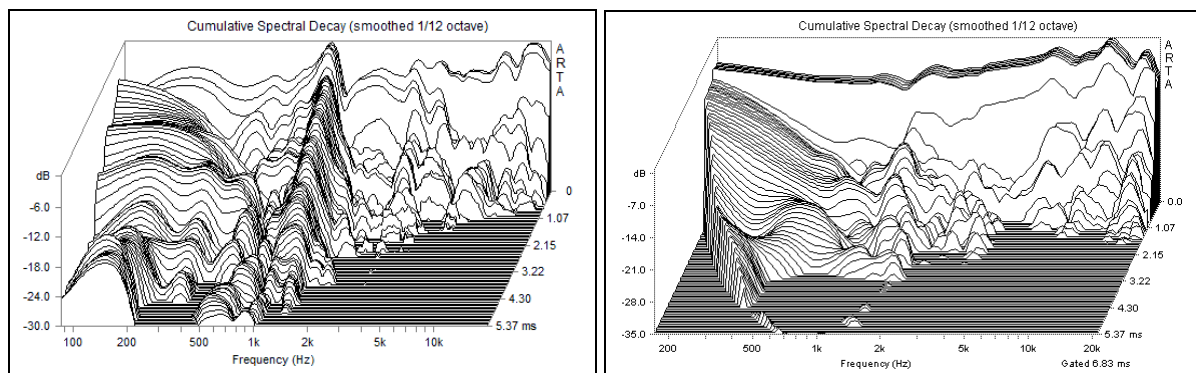
# Vom Sinn und Unsinn der CSD-Wasserfälle

Manfred Zollner

Lautsprecher strahlen Schalle unterschiedlicher Frequenzen mit unterschiedlichen Pegeln in unterschiedliche Richtungen ab; ihre messtechnische Beschreibung erfordert deshalb einen großen Aufwand. An erster Stelle der publizierten Daten steht zumeist der Betragsfrequenzgang, gefolgt von Belastbarkeit und Richtcharakteristik. Diese Daten werden mit Dauertönen ermittelt, Sprache und Musik bestehen aber nicht – jedenfalls nicht vordergründig – aus Dauertönen. Ergänzend findet man bei Herstellerdaten und Testberichten deswegen auch Wasserfalldiagramme, die in Abhängigkeit von Frequenz und Zeit das Ausschwingen der Membranen darstellen sollen. Die Aussagekraft dieser Bilder ist jedoch problematisch, weil die darin offenbarte Information sehr stark von den Analyseparametern abhängt, und weil in der Regel kein Bezug zum Höreindruck erkennbar ist.

Gerne geübte Praxis bei der Bewertung von Lautsprechern ist die Erstellung und Auswertung sogenannter Zerfalls-Spektrogramme (CSD = Cumulative Spectral Decay), auch Wasserfall-Spektrogramme genannt. Hierbei wird ein Lautsprecher mit einem Impuls angeregt. Von dem (in z.B. 1 m Abstand) erzeugten Schalldruck erstellt man Spektren – in Abhängigkeit von der Zeit. Klingen diese Spektren nach dem Impuls schnell ab, ist der Lautsprecher gut, klingen sie langsam ab, erzeugt der Lautsprecher "Impulsverzerrungen". Wie sinnvoll diese Bewertung ist, sollen die folgenden Überlegungen aufzeigen.

**Abb. 1** zeigt beispielhaft zwei CSDs. Die Frequenz läuft im Bild, logarithmisch geteilt, von links nach rechts, die Zeit von hinten nach vorne, von unten nach oben ist der Schalldruckpegel aufgetragen. Die Impulsanregung erfolgt zum Zeitpunkt null, also ganz hinten. Nach vorne hin, d.h. mit wachsender Zeit, erkennt man das unterschiedlich schnelle Abklingen der einzelnen Resonanzschwingungen. Die Auswertung scheint einfach zu sein, ist es aber nicht. Die Schwierigkeiten beginnen damit, dass zu einem *Zeitpunkt* kein sinnvolles Spektrum bestimmt werden kann – Spektren können immer nur über einen *Zeitausschnitt* ermittelt werden. Je kürzer dieser Ausschnitt, desto gröber ist die Frequenzauflösung. Im ersten Ansatz sind Zeit- und Frequenzauflösung zueinander reziprok:  $\Delta t = 1/\Delta f$ . Für 10 Hz Frequenzauflösung müsste der Zeitausschnitt 100 ms lang sein – wäre in diesen Bildern schon schwierig!



**Abb. 1:** Zerfalls-Spektren (CSD) zweier Lautsprecher [<https://www.hifi-selbstbau.de>].

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: [www.gitec-forum.de](http://www.gitec-forum.de)