

# Zur Hörbarkeit von digitalen Clipping-Verzerrungen

Frank Schultz, Hans-Joachim Maempel  
Fachgebiet Audiokommunikation, TU Berlin

Vortrag auf der 25. Tonmeistertagung - 15.11.2008 - PR 02

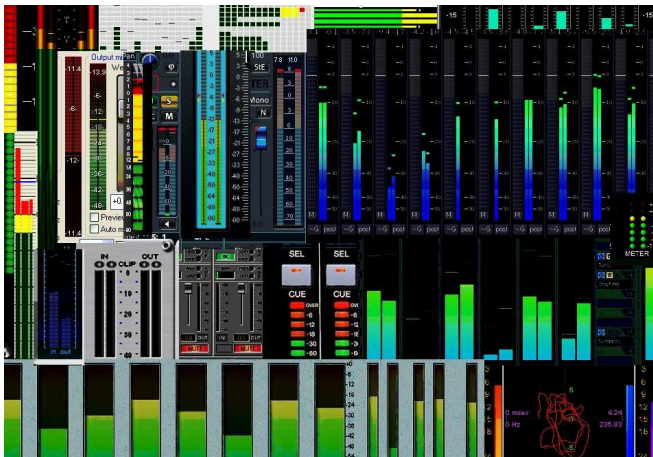
Drummer Lars Ulrich:

„Listen, there's nothing up with the audio quality. It's 2008, and that's how we make records.

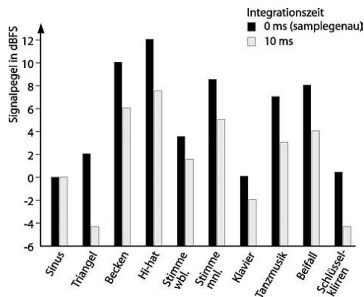
[Producer] Rick Rubin's whole thing is to try and get it to sound lively, to get it to sound loud, to get it to sound exciting, to get it to jump out of the speakers. Of course, I've heard that there are a few people complaining. But I've been listening to it the last couple of days in my car, and it sounds fuckin' smokin'."

<http://www.roadrunnerrecords.com/blabbermouth.net/news.aspx?mode=Article&newsitemID=106612>

## Softwaregestütztes Metering?!



## Bisherige Untersuchungen



Ergebnisse nach Jakubowski, H. (1984). „Aussteuerungsmessung in der digitalen Tonstudientechnik“. In: Rundfunktechnische Mitteilungen 28 (5). S. 213-219.  
zitiert in Weinzierl, S. (Hg.) (2008). „Aufnahmeverfahren“. In: Handbuch der Audiotechnik. Berlin, Heidelberg: Springer. S. 551-607.

## Analoge vs. digitale Übersteuerung

- Verzerrung ( $a_{k3}$ ) aufgrund Übersteuerung eines analogen vs. digitalen Systems

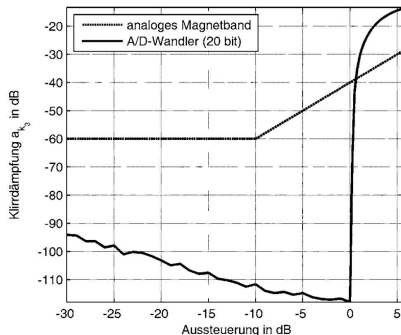
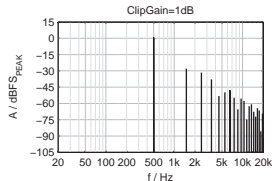
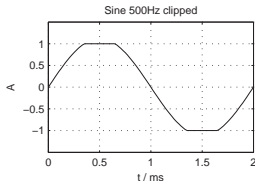
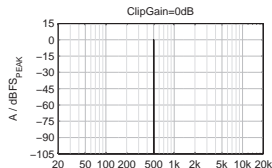
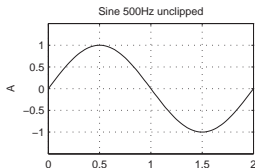


Abb. aus Weinzierl, S. (Hg.) (2008). „Aufnahmeverfahren“. In: Handbuch der Audiotechnik. Berlin, Heidelberg: Springer. S. 551-607.

## Digitale Übersteuerung

- digitales Clipping eines Sinussignales
- 1dB Clip  $\Rightarrow a_{k3}, a_{k5}$  ca.  $-30 \text{ dB}_{rel}$



## **Versuchs- und Wiedergabetechnik**

- x86 PC mit Win XP SP3
- Matlab R2007a, Filter Design Toolbox 4, Signal Processing Toolbox 6 und Statistics Toolbox 7
- elektrostatischer Kopfhörer STAX SRS-202 mit Verstärker STAX SRM-252II
- PreSonus EASERA GATEWAY (IEEE 1394)

## **Versuchspersonen**

- insgesamt 17 VPn: hörversuchserfahren, musikalische Ausbildung, überwiegend Studenten, 5 Tonmeister

## **Audioinhalte als Referenzstimuli**

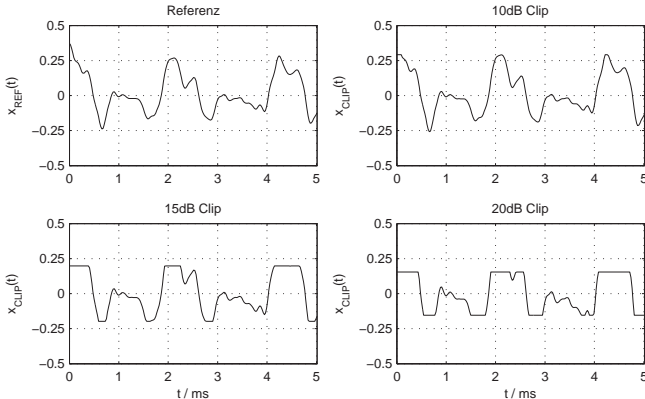
von Referenz-CDs und hochwertigen Kunstmusik-/Sprachproduktionen

- Beifall
- Perkussion
- Sprecherin
- Sprecher
- Klavier
- Trompete/Orchester
- Cello/Klavier



## Stimulusaufbereitung

- digitale Übersteuerung
- Lautheitsanpassung nach ITU-R BS.1770



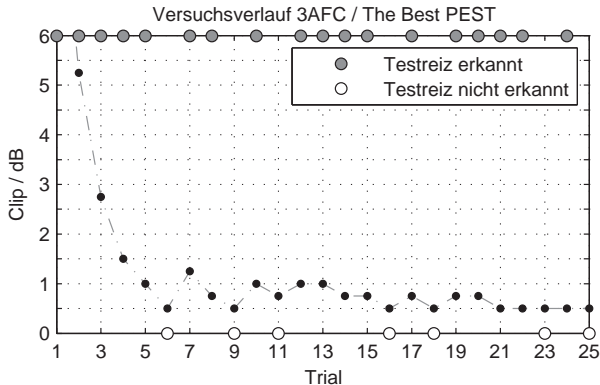
## Hörversuchsdesign I

- 3-Alternative-Forced-Choice GUI (3AFC)

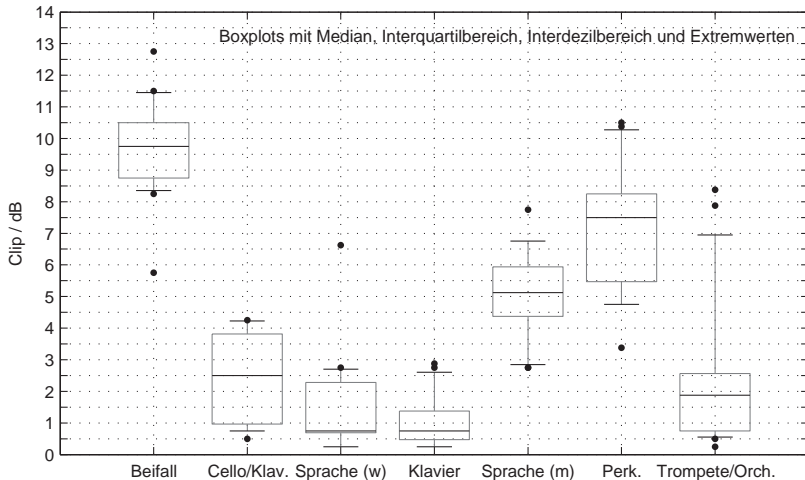


## Hörversuchsdesign II

- Maximum-likelihood Methode: The Best PEST



## Stichprobenplot



## Extreme individuelle Erkennungsschwellen

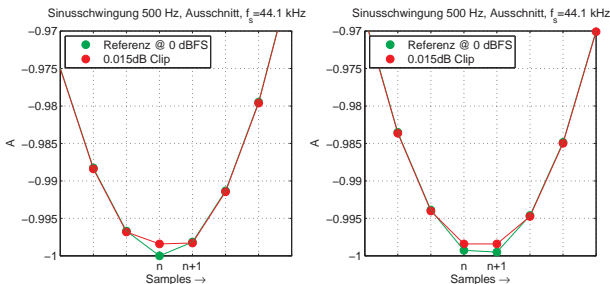
- empfindlichste VPn konnten bei weibl. Stimme, Trompete/Orch., Klavier **0.25 dB** Übersteuerung detektieren
- empfindlichste VPn konnten bei Cello/Klavier **0.5 dB** Übersteuerung detektieren
- höchste individuelle Erkennungsschwelle **12.75 dB** für Beifall

## Varianzanalyse, A-posteriori Tests

- Varianzaufklärung: 78% durch Variation des Audioinhaltes, 9 % sind Urteilervarianz, 13% sind Fehlervarianz
- Perkussion und Beifall haben eine **signifikant** unterschiedliche Erkennungsschwelle zueinander und gegen die anderen Stimuli

## Nebenversuch mit sehr empfindlicher VP

- noch feiner aufgelöste Erkennungsschwellenbestimmung in 0.0005 dB-Schritten
- aus Einzelergebnis: Klavier **0.2 dB**, Sinussignal (500Hz) **0.015 dB!**



- Sinussignal (500Hz) 0.015 dB  $\hookrightarrow a_{k3,5,7,\dots} < -82 \text{ dB}_{rel}$

Mastering Engineer Ted Jensen:

„...In this case the mixes were already brick-walled before they arrived at my place. Suffice to say I would never be pushed to overdrive things as far as they are here. Believe me, I'm not proud to be associated with this one, and we can only hope that some good will come from this in some form of backlash against volume above all else.“

<http://www.roadrunnerrecords.com/blasbbermouth.net/news.aspx?mode=Article&newsitemID=106612>