



# Tatort Tonspur

Wo niemand hinschaut, aber alle hinhören sollten

NZZ



**Jasmine Jacot-Descombes** (jja.)

Open Source Intelligence Reporterin

+ Folgen

Seit 2021 als Redaktorin im Video-Ressort der NZZ. Weiterbildungen in den Bereichen Soziologie, Open Source Intelligence (OSINT), digitale Recherche und Verifikation, Audio- und Video-Forensik. Heute Teil der Ressorts Visuals (OSINT) und International.

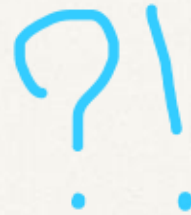
#### **Fokus-Themen**

- Video
- Digitale Recherche
- Audio- & Videoforensik

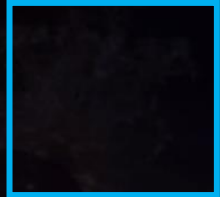
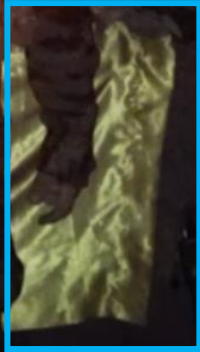
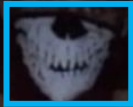
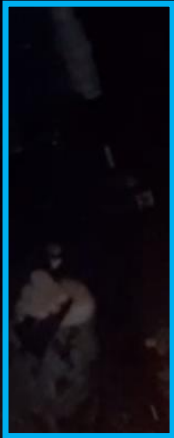
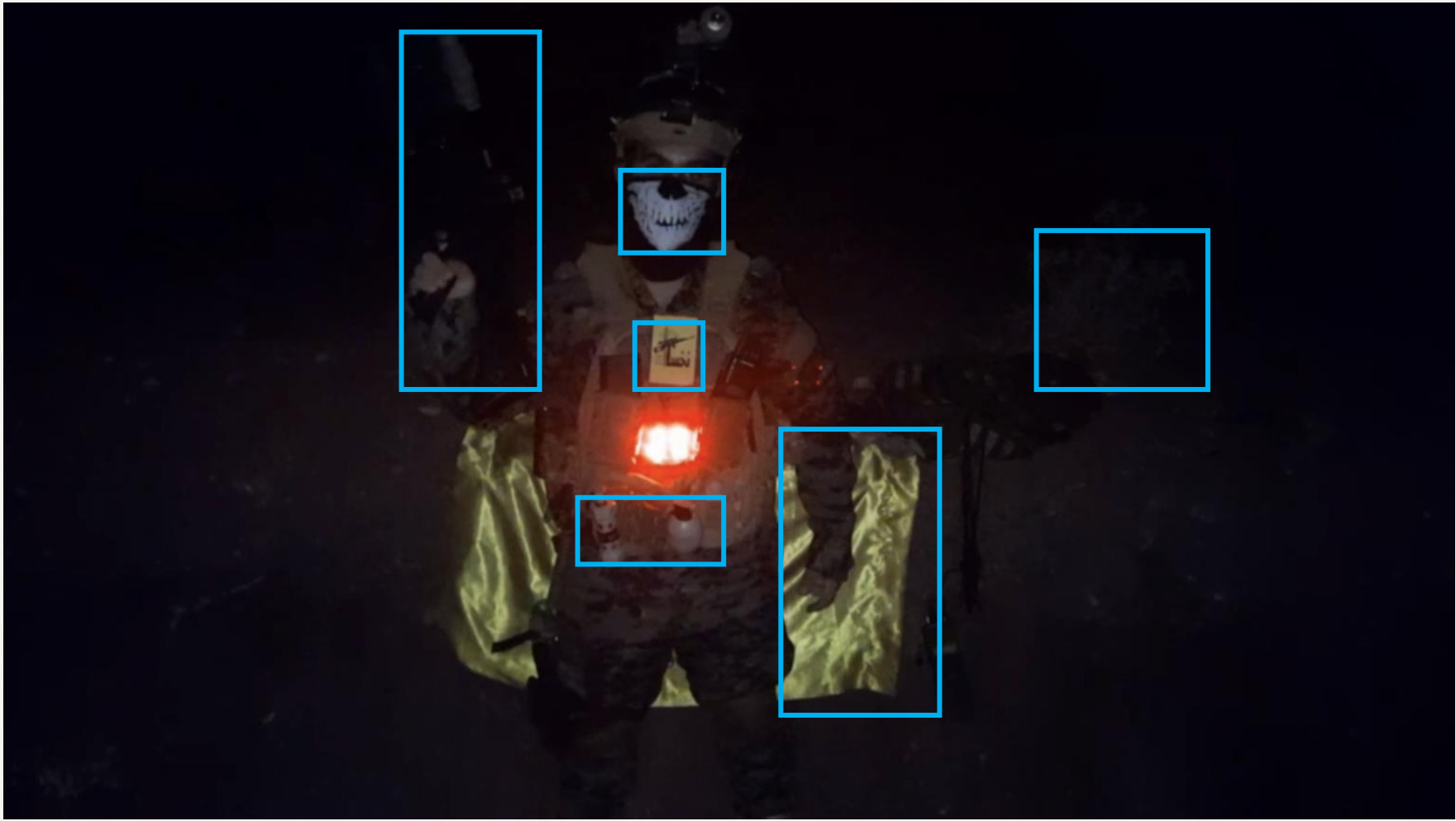


# Tatort Tonspur

Wo niemand hinschaut, aber alle hinhören sollten

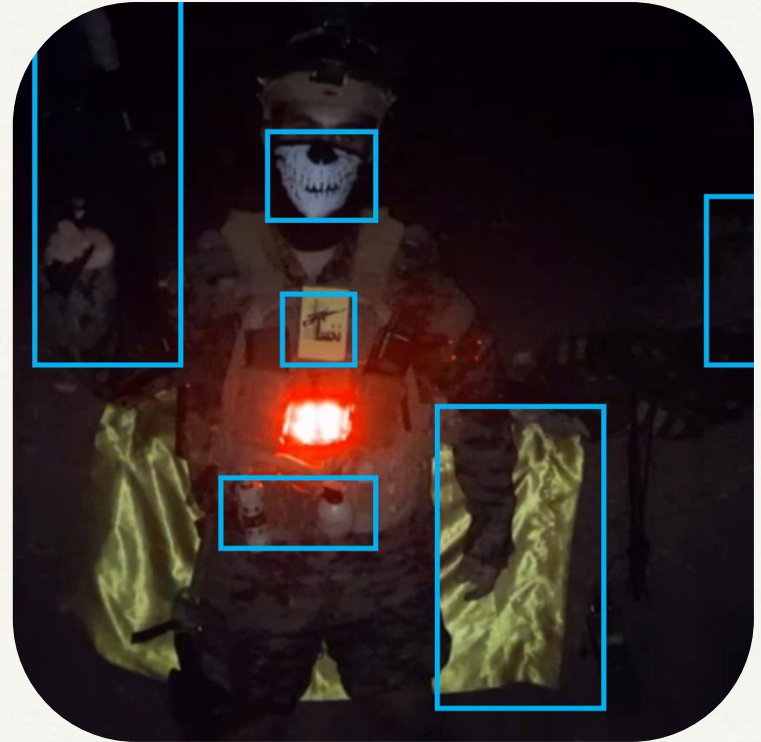






# «Normale» Verifikation

- Wo wurde es gepostet?
- Von wem?
- Ähnliche Videos?
  
- Metadaten?
  
- Ältere Versionen des Videos?
  
- ... Und was sagt uns das Audio?



# Was kann Audioforensik?

## Authentifizierung

Manipulationen, Bearbeitungen, KI-generierte Inhalte oder nachträgliche Veränderungen erkennen

## «Verbesserung»

Tonqualität verbessern und verborgene Informationen aufdecken

## Versteckte Metadaten

Zusätzliche Informationen ermitteln, die nicht in den EXIF-Daten enthalten sind (Womit wurde die Aufnahme gemacht? Wann? Wo?)

## Physik

Alle möglichen interessanten Berechnungen durchführen 😊

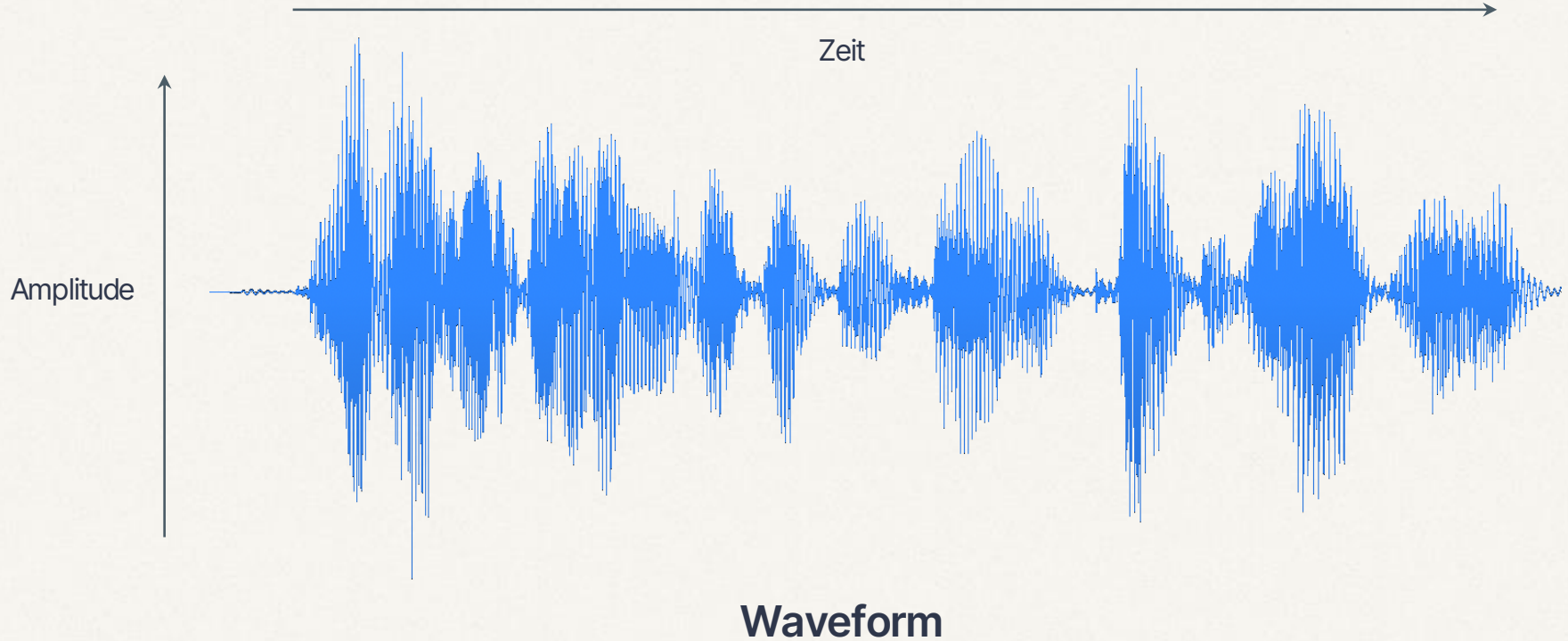
## Nachvollziehbarkeit

Nachverfolgen, wohin eine Datei gesendet, hochgeladen oder gespeichert wurde

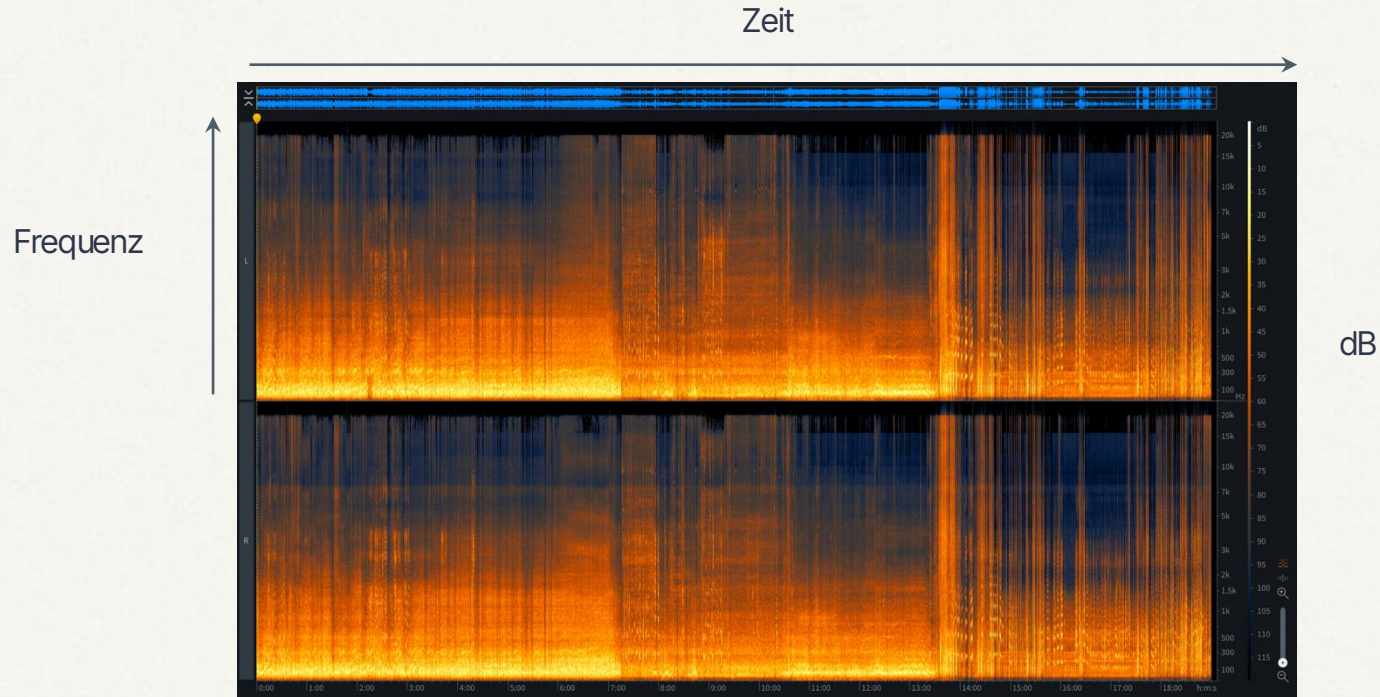
## ... und was nicht?

Was wir vermeiden, hinterfragen oder ausser Acht lassen sollten.

# Wie sieht das aus?

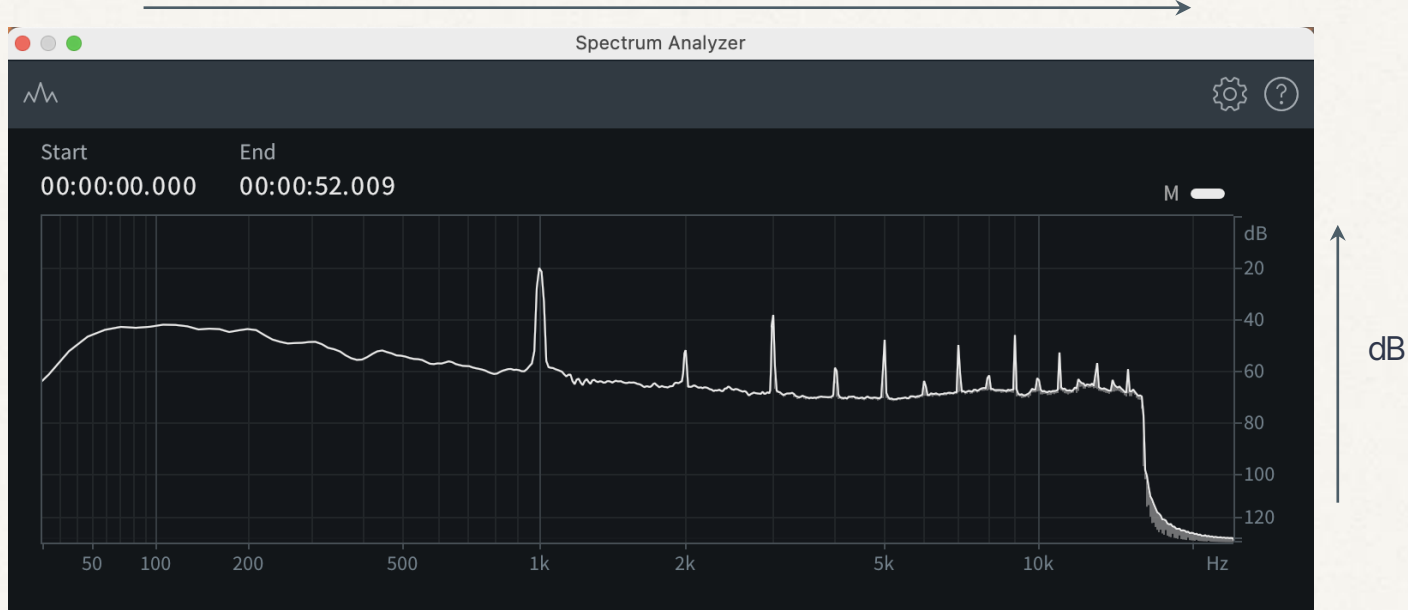


# Wie sieht das aus?

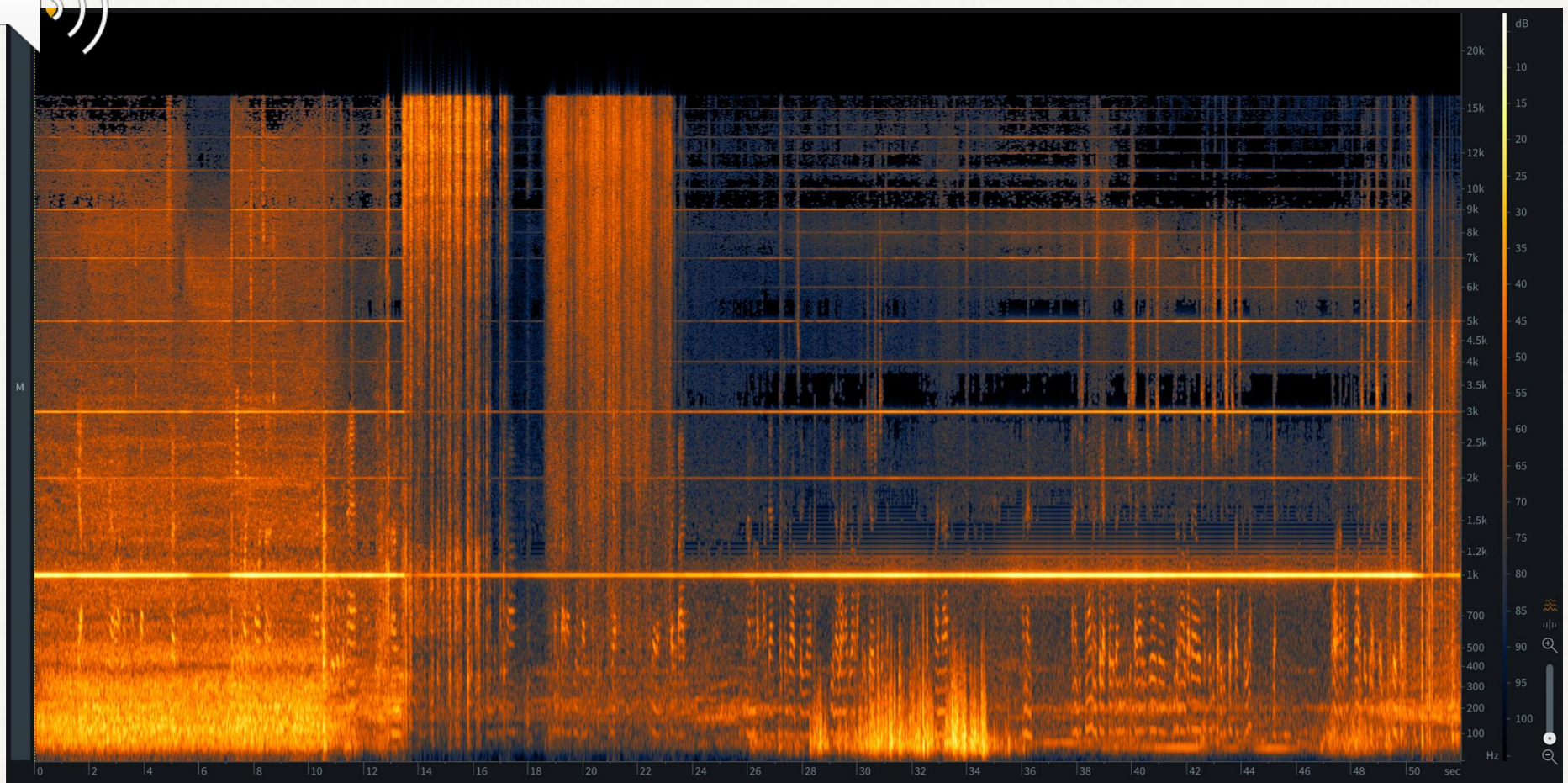


# Wie sieht das aus?

Frequenz



Spektrum



M

dB  
20k  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100  
Hz

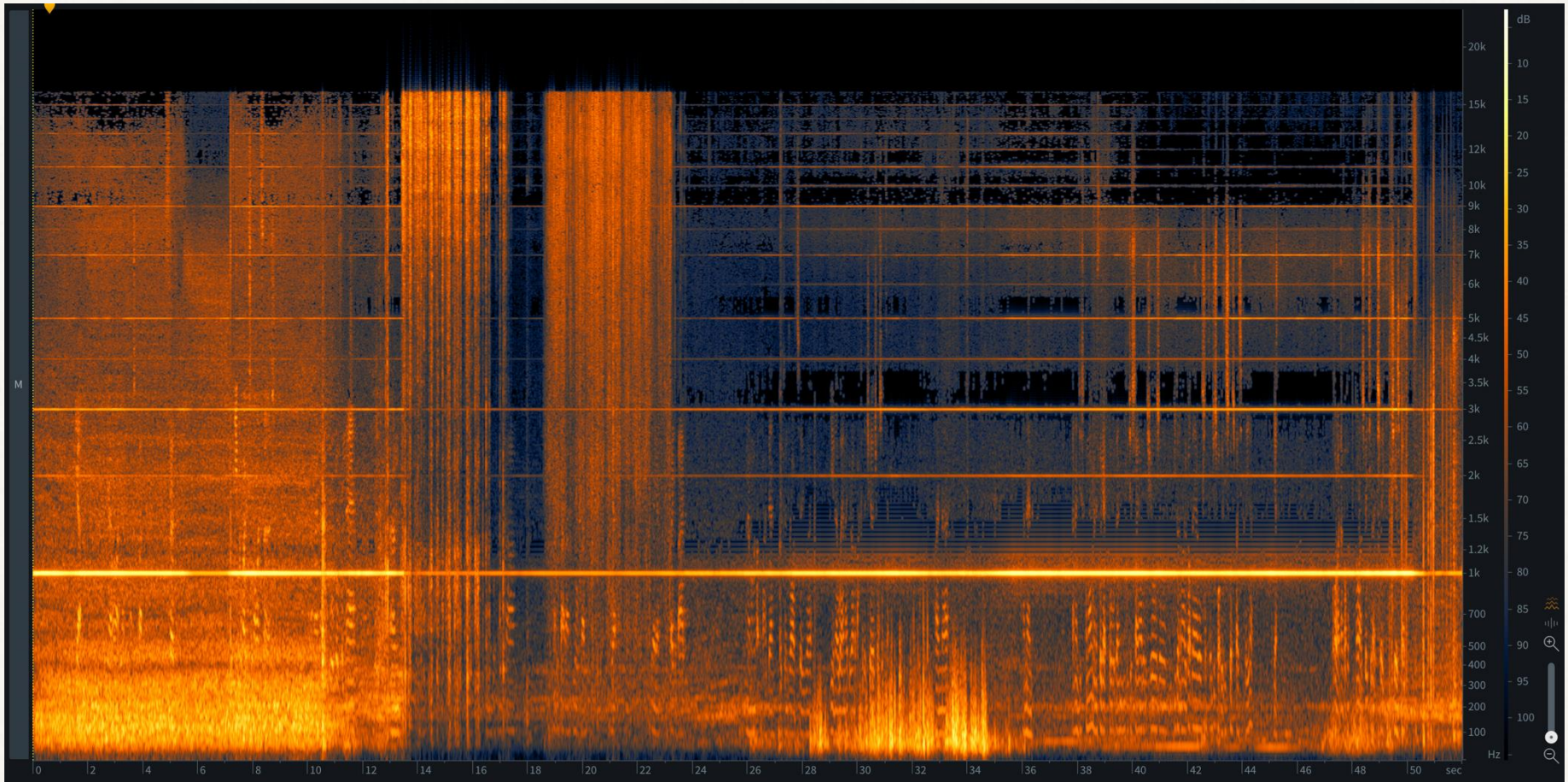
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 sec

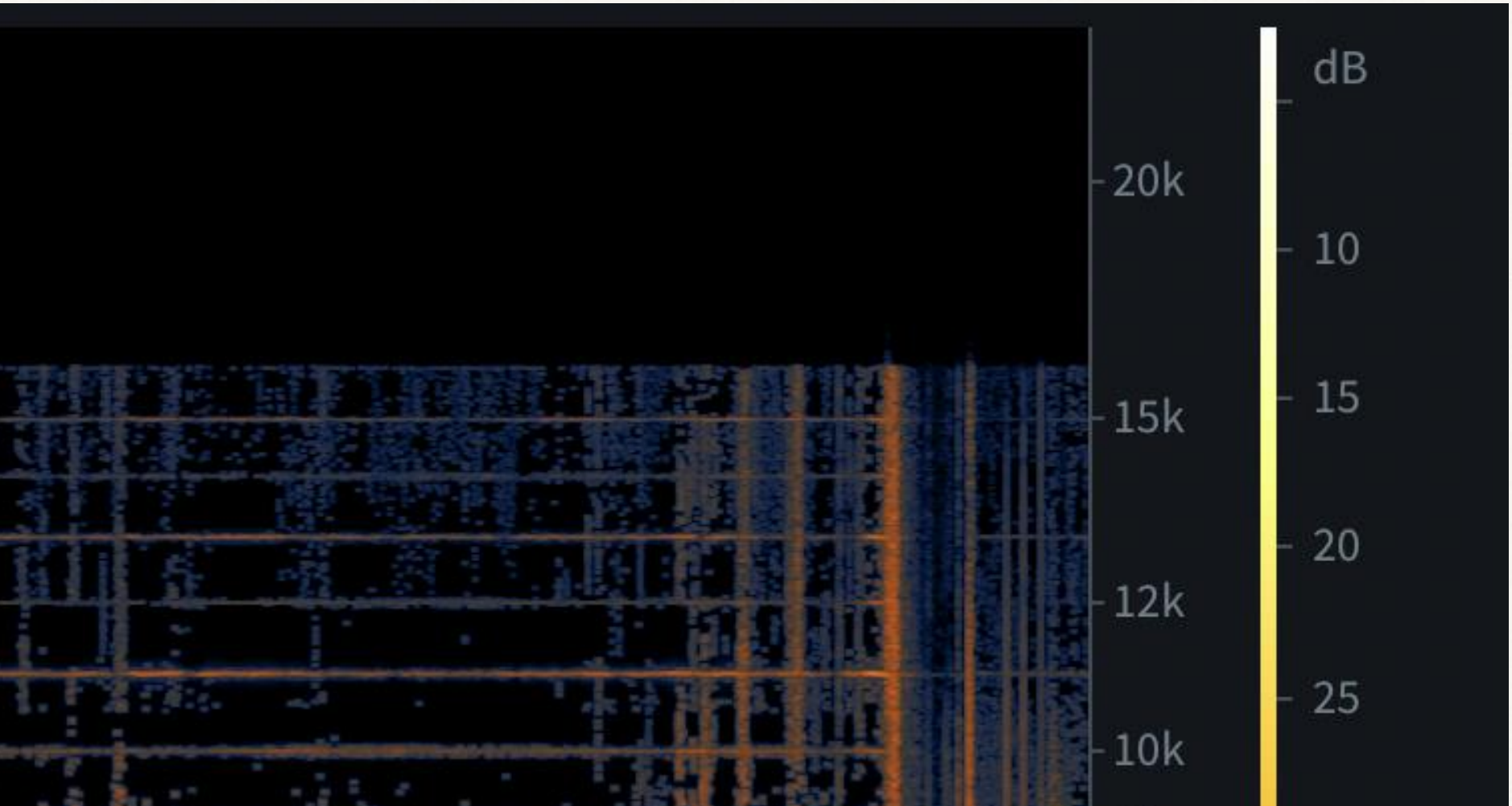


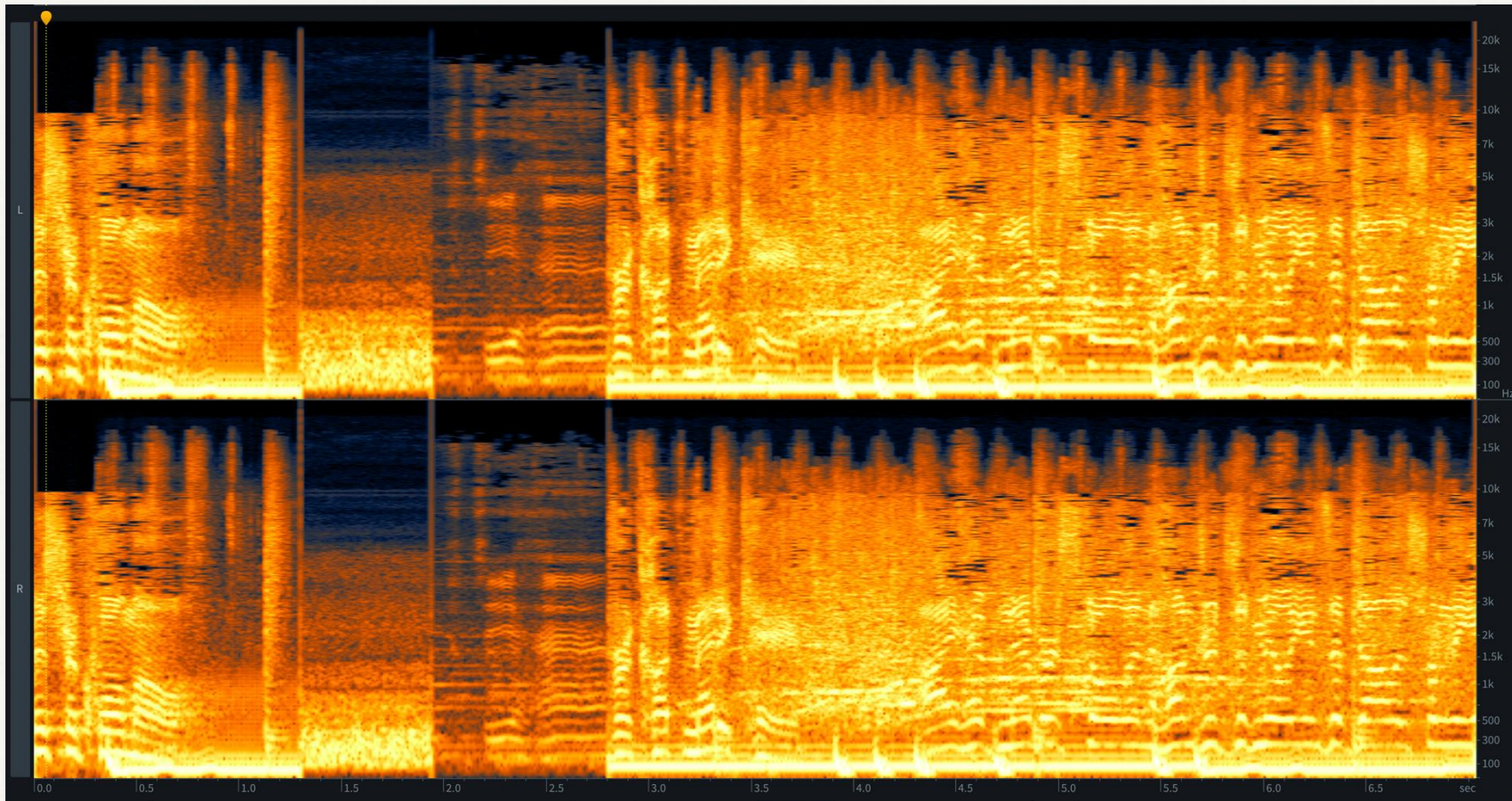
# Ist die Datei manipuliert?



iphone-voicemail.ogg







# Wie kann man das brauchen?

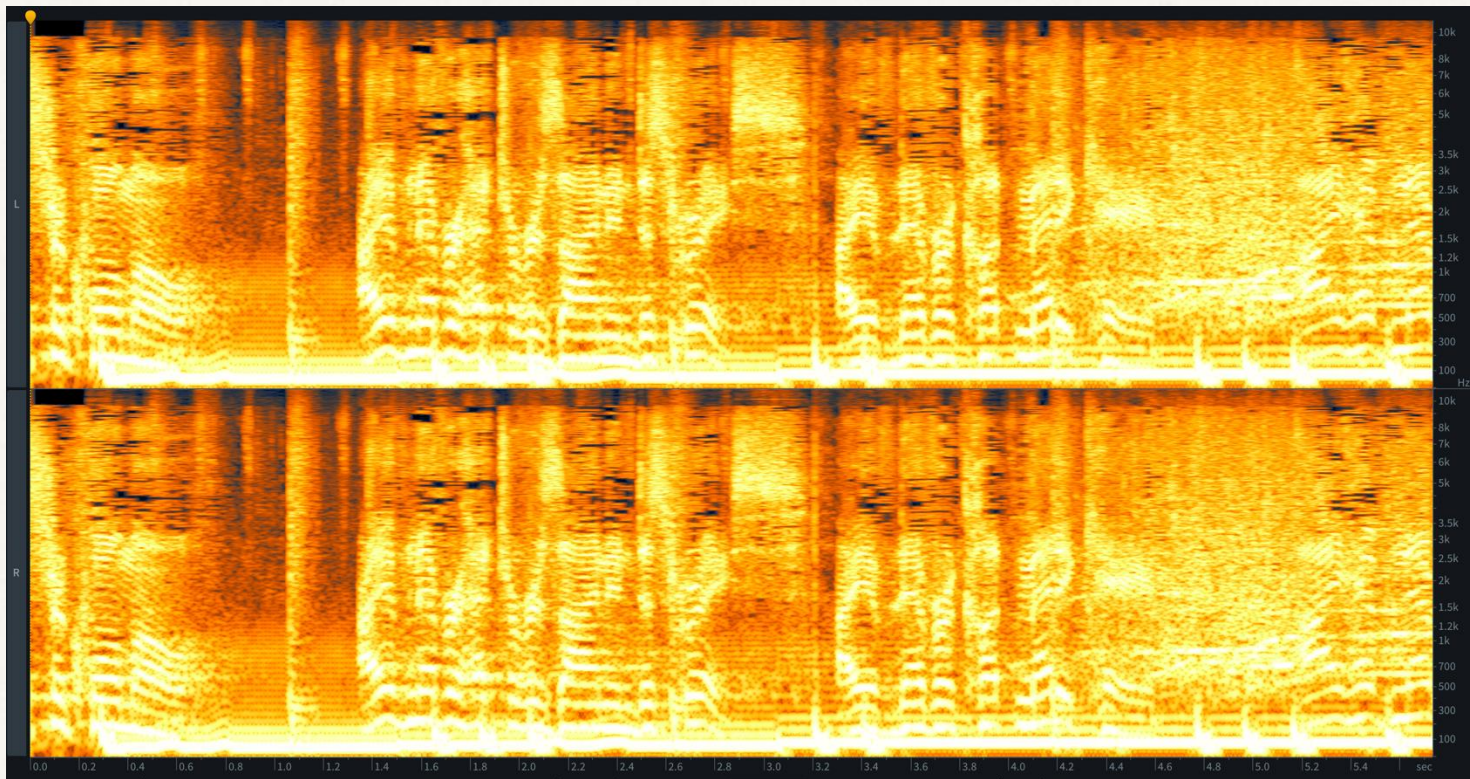
Kleine Demo

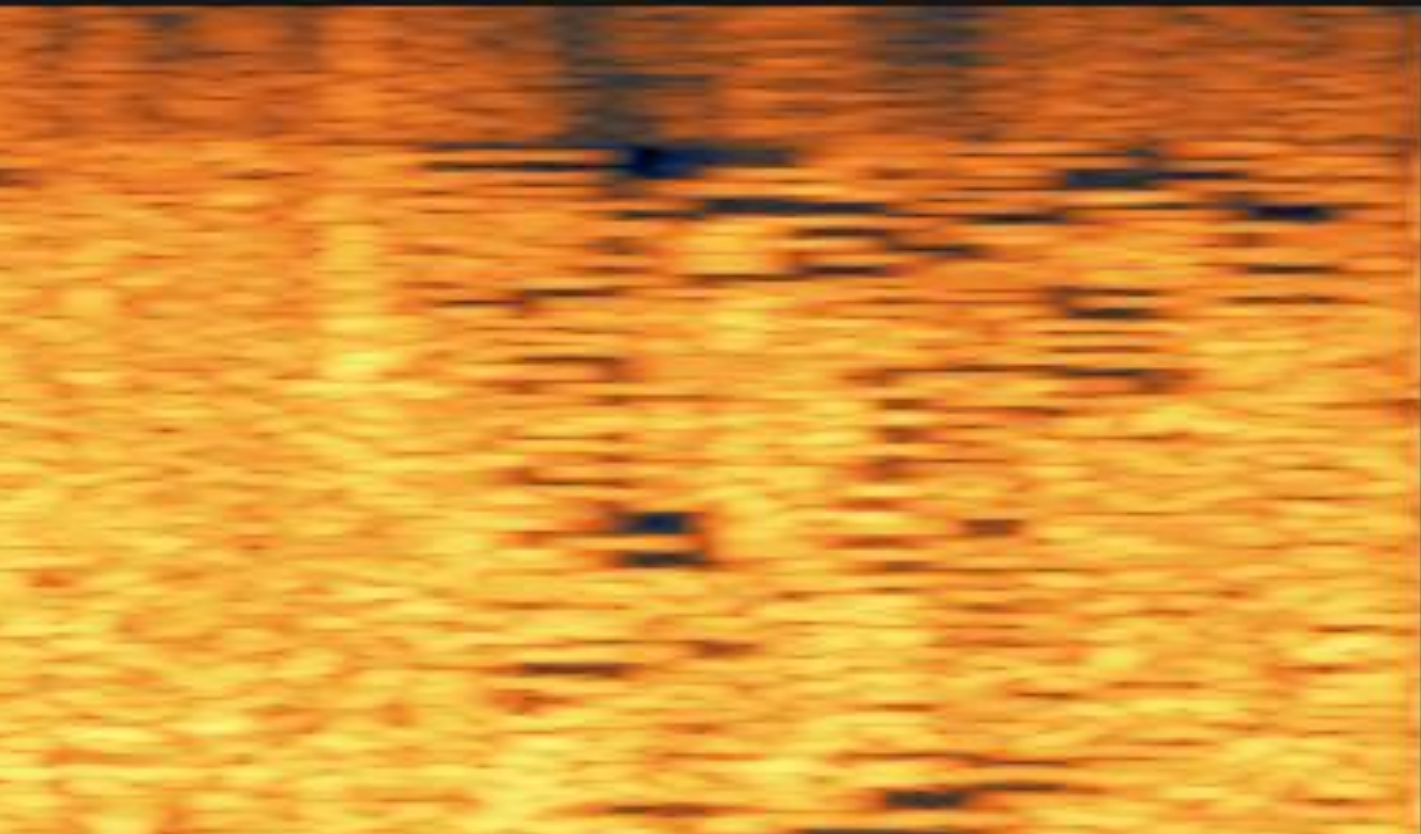
(wünscht mir Glück)

# Authentizitätsprüfung

Kann das Gerät diese Datei tatsächlich erzeugen?  
(Dateiformat, Frequenzen, Abtastrate, verlustbehaftet/verlustfrei, Stereo/Mono usw.)

Wurde die Datei manipuliert oder verändert?  
(Verlustbehaftete oder verlustfreie Kodierung, ungewöhnliche Kompression, überlappende Frequenzen, Bearbeitungsspuren usw.)





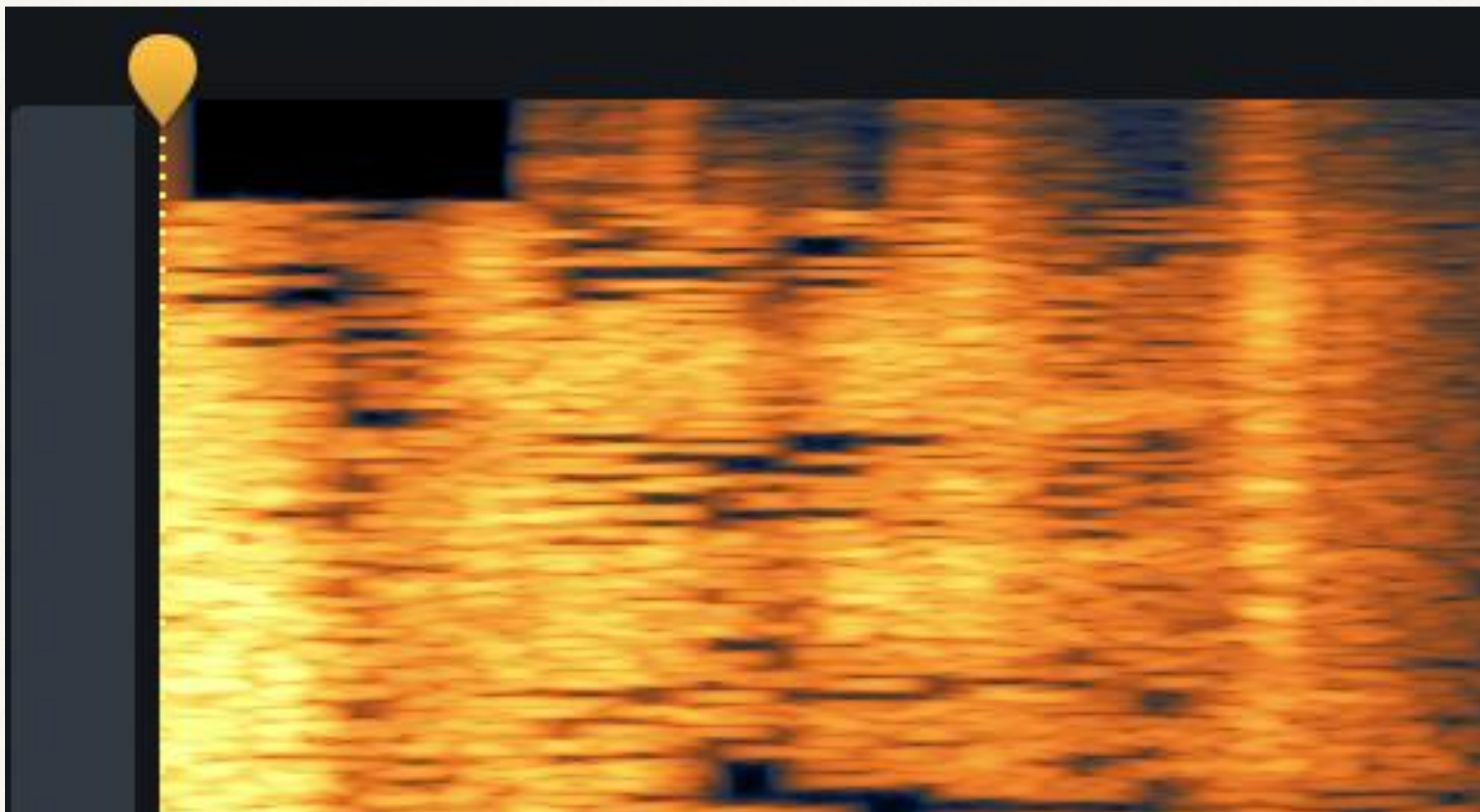
10k

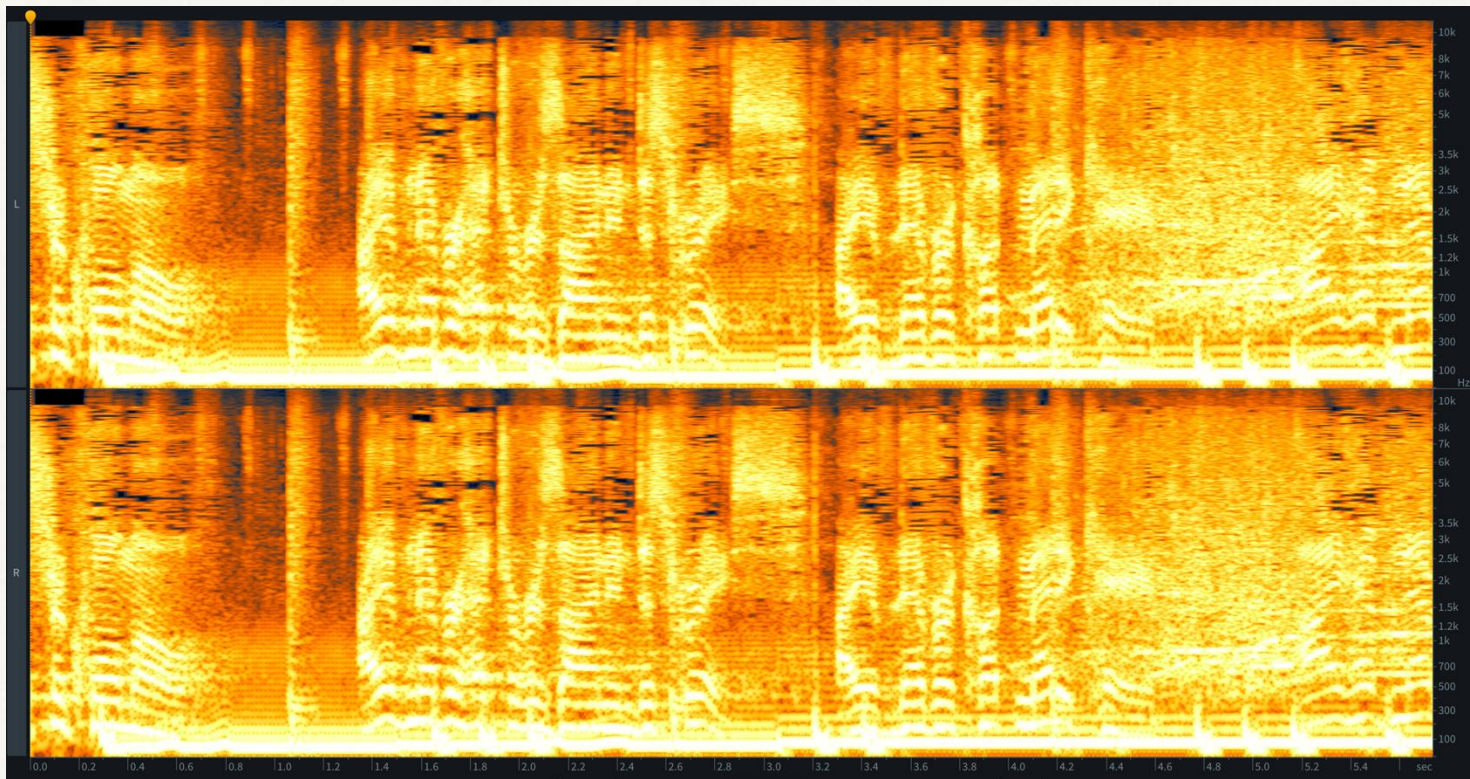
8k

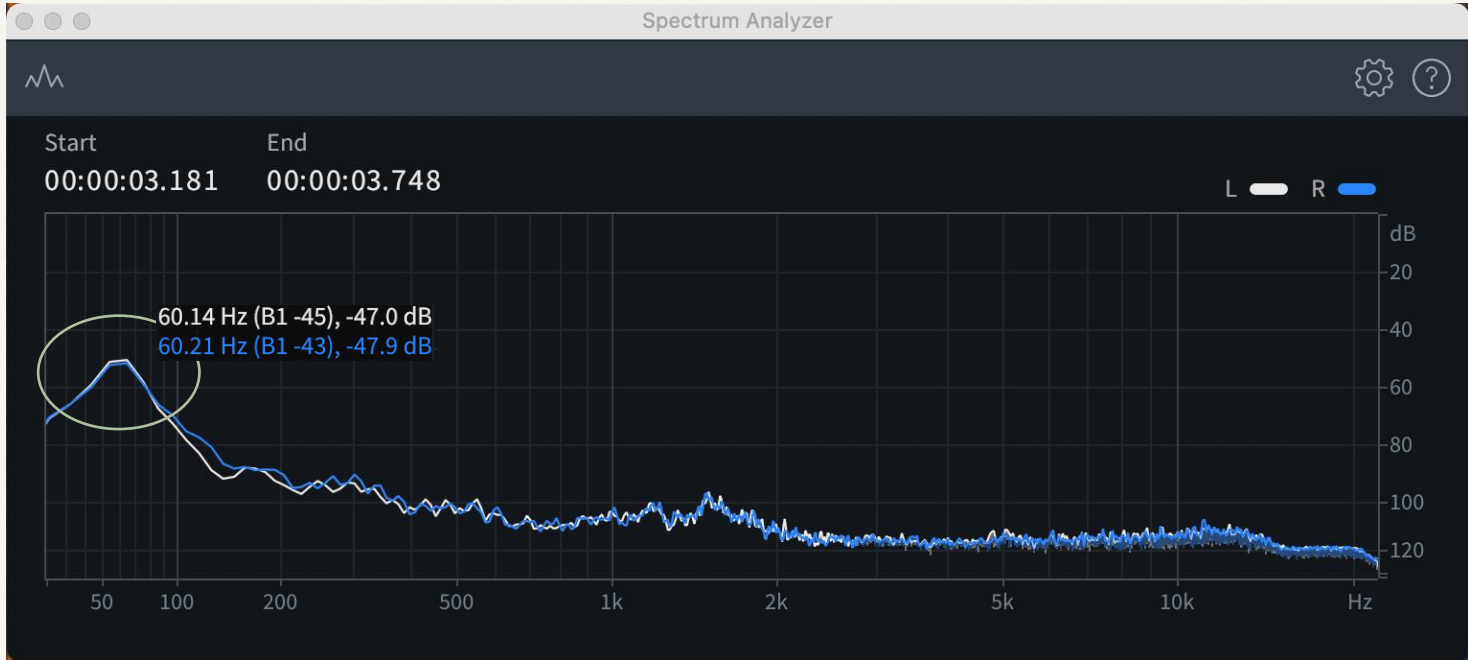
7k

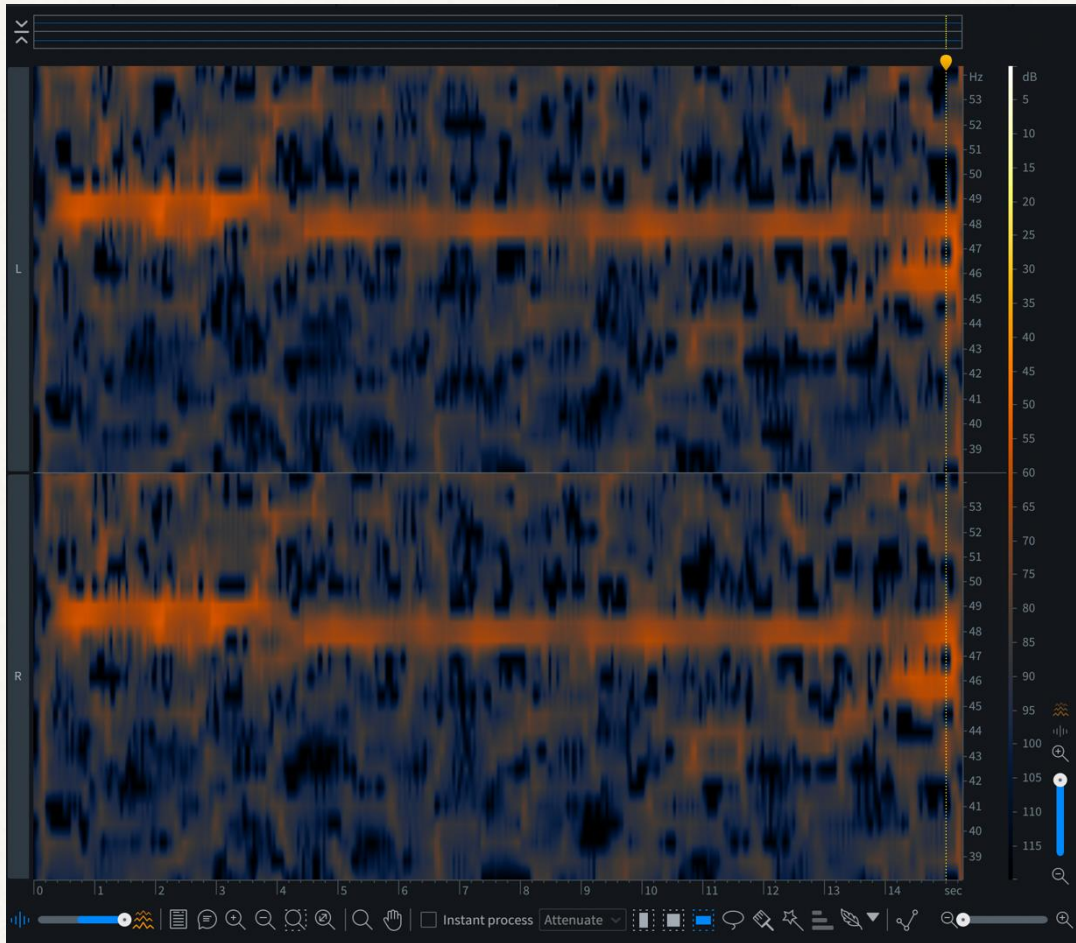
6k

5k









### Netzfrequenz am 13.06.2026

(Zeitraum 60 min, min 49.954 Hz, max 50.076 Hz, mitte 50.016 Hz,  $\sigma$  0.024, VK 0.00049)



# Warum können wir all das?

## Video

24 / 25 / 30 / 60 / 120 Bilder pro Sek.

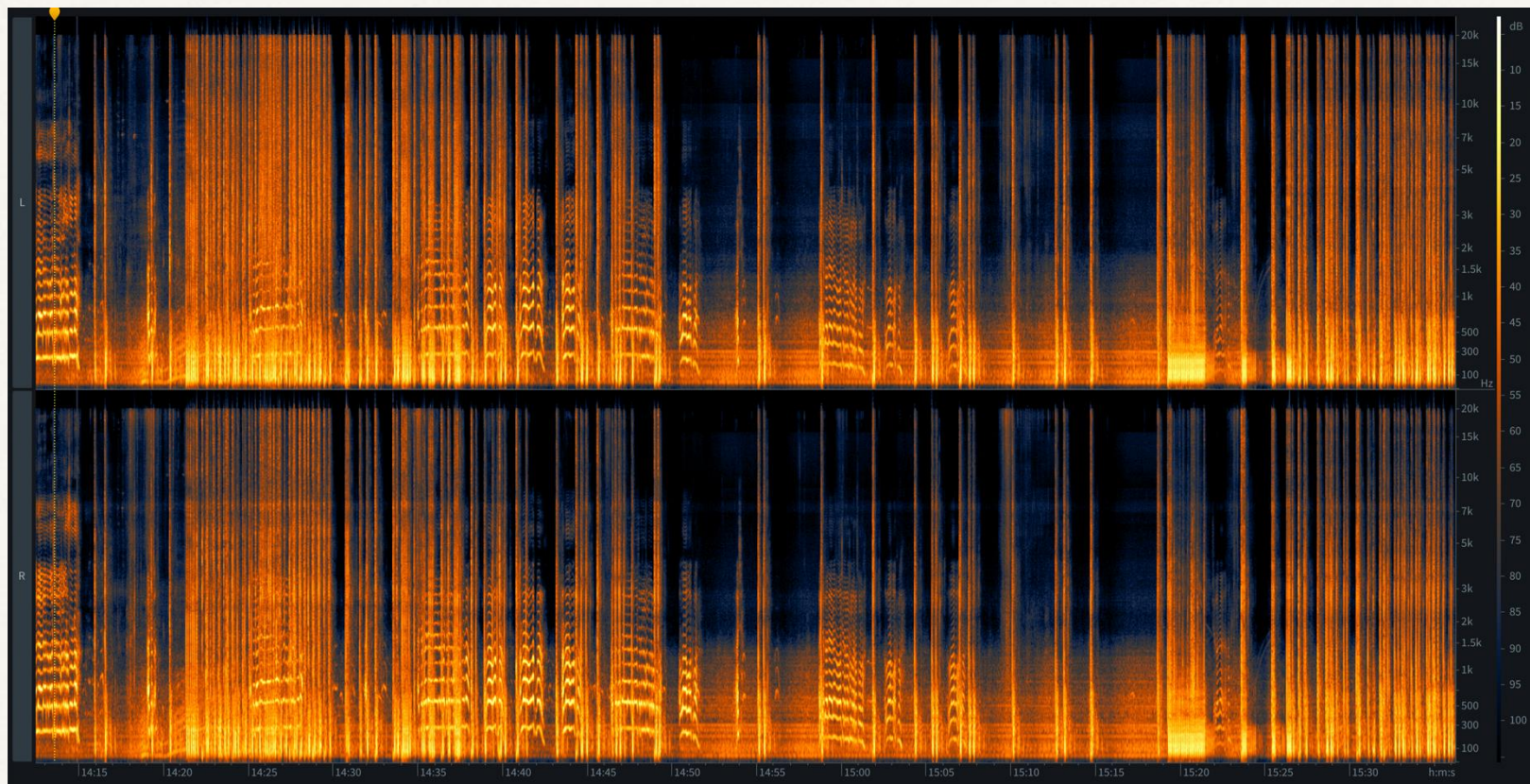
## Audio

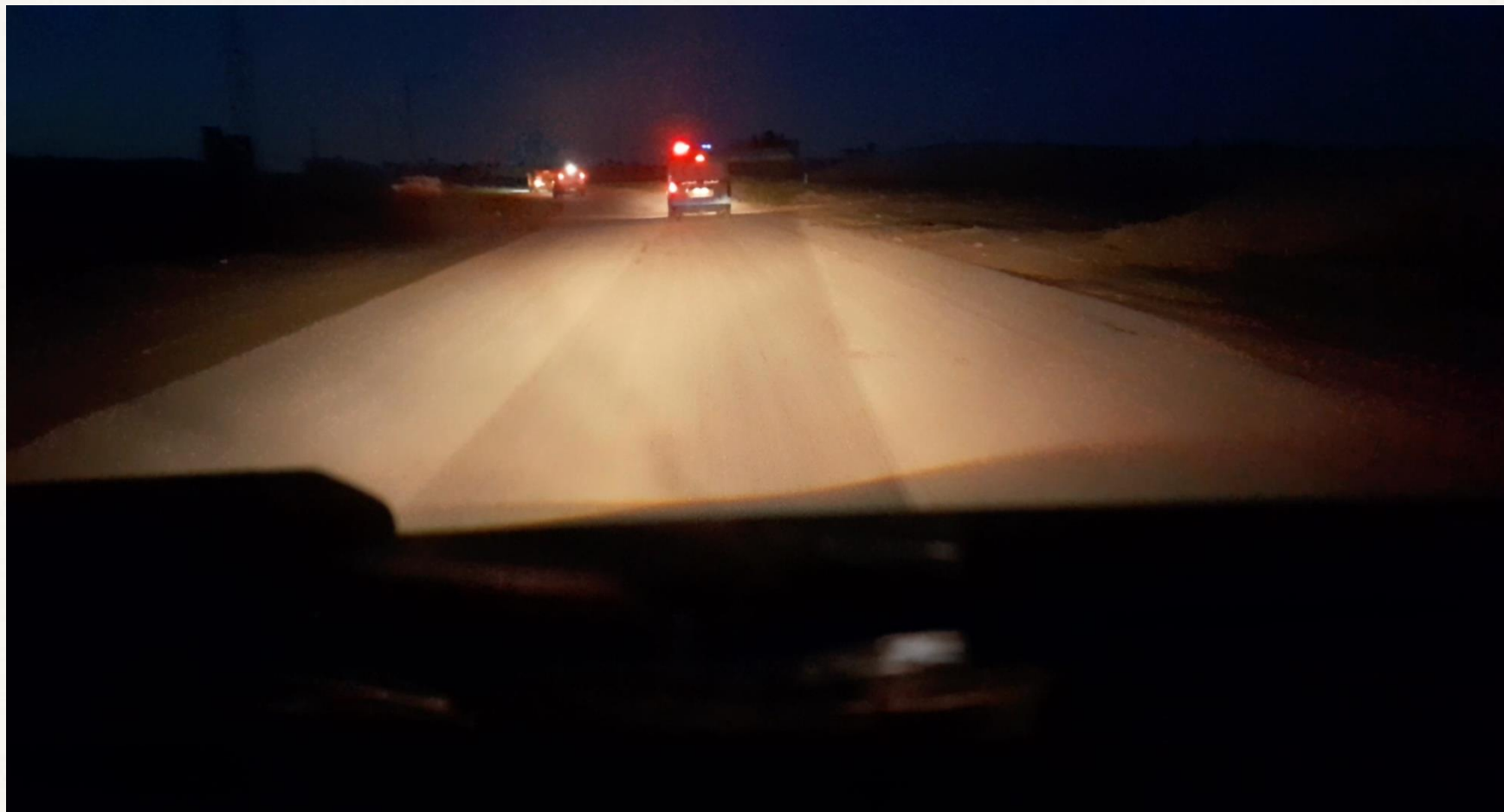
**44'100** (CDs, normales Streaming)

**48'000 kHz:** Standard für Videoproduktion,  
Film, Broadcast.

**88'200 / 96'000** "hi-res" Audio

**... und wir können noch mehr**







Crack Pop.wav

RX ADVANCED

Crack Pop.wav

Repair Assistant

All

Module Chain

Repair

- Ambience Match
- Breath Control
- Center Extract
- De-bleed
- De-click
- De-clip
- De-crackle
- De-ess
- De-hum
- De-plosive
- De-reverb
- De-rustle
- De-wind
- Deconstruct
- Dialogue Contour
- Dialogue Isolate
- Guitar De-noise
- Interpolate
- Mouth De-click
- Music Rebalance
- Spectral De-noise
- Spectral Recovery
- Spectral Repair
- Voice De-noise
- Wow & Flutter

Utility

- Azimuth
- Dither

dB

20k 15k 10k 7k 5k 3k 2k 1.5k 1k 500 300 100 Hz

L

R

0.00 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 sec

Instant process Attenuate

h.ms.ms

00:00:00.000

-inf -70 -57 -54 -51 -48 -45 -42 -39 -36 -33 -30 -27 -24 -21 -18 -15 -12 -9 -6 -3 0

L -25

R -25

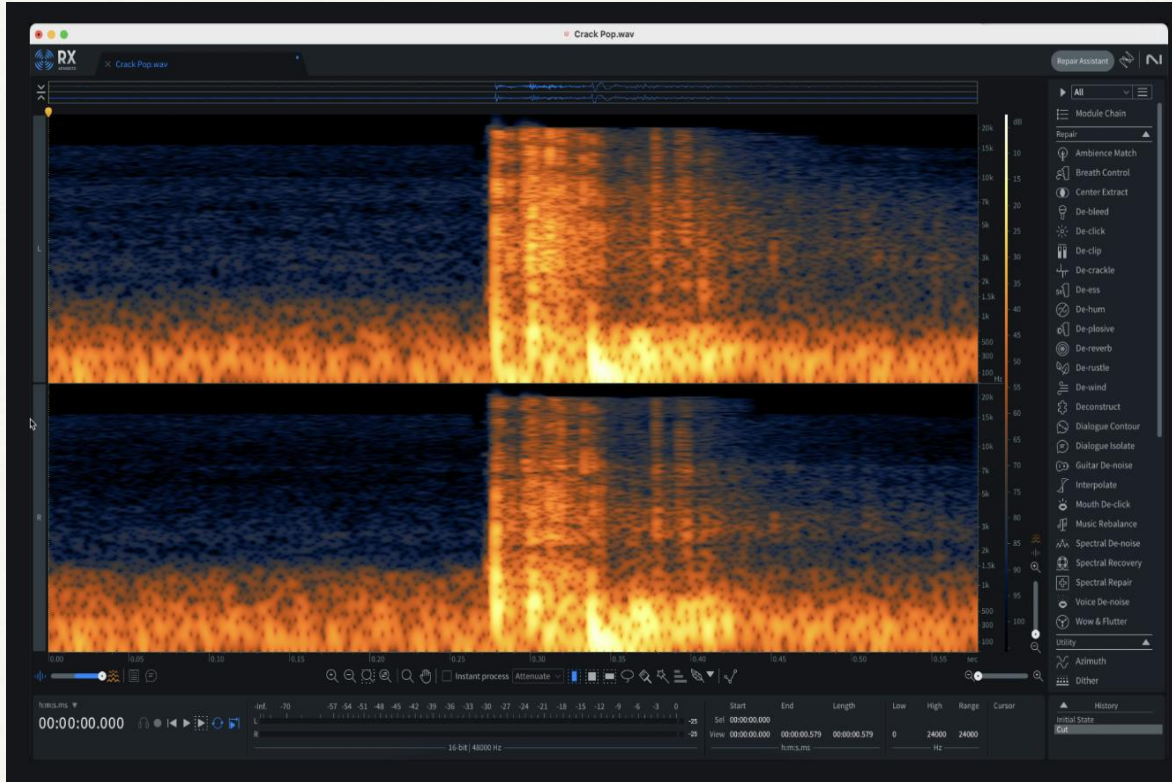
16-bit | 48000 Hz

Start	End	Length	Low	High	Range	Cursor
00:00:00.000	00:00:00.579	00:00:00.579	0	24000	24000	

h.ms.ms

Initial State

Cut



Schallgeschwindigkeit (s) = 343m/s

Geschossgeschwindigkeit (v) = 800m/s

Zeitverzögerung (t) = 0.06s

$t / (1/s - 1/v)$

ca. 36m Distanz

(forensic-journalism.com )

# Weitere Dinge, die wir berechnen können

Raumgrösse abschätzen (RT60 / Nachhallzeit)

Schüsse oder Waffen vergleichen

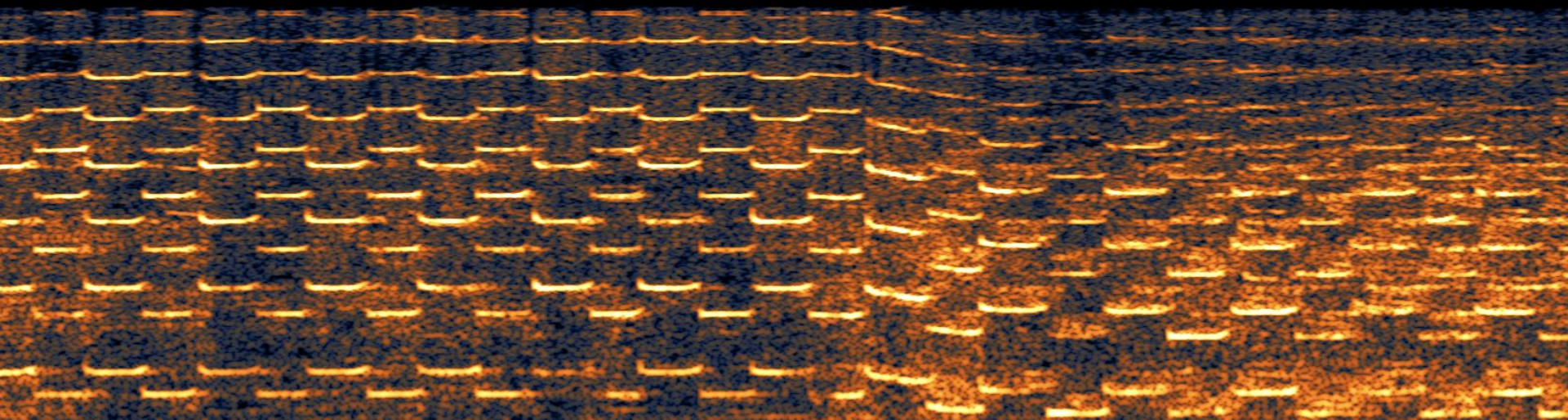
Stimmen vergleichen

Triangulation durchführen

Geschwindigkeit berechnen (Doppler-Effekt)

Raumeigenschaften analysieren (Fenster,

Wände, Reflexionen, Nachhall usw.)

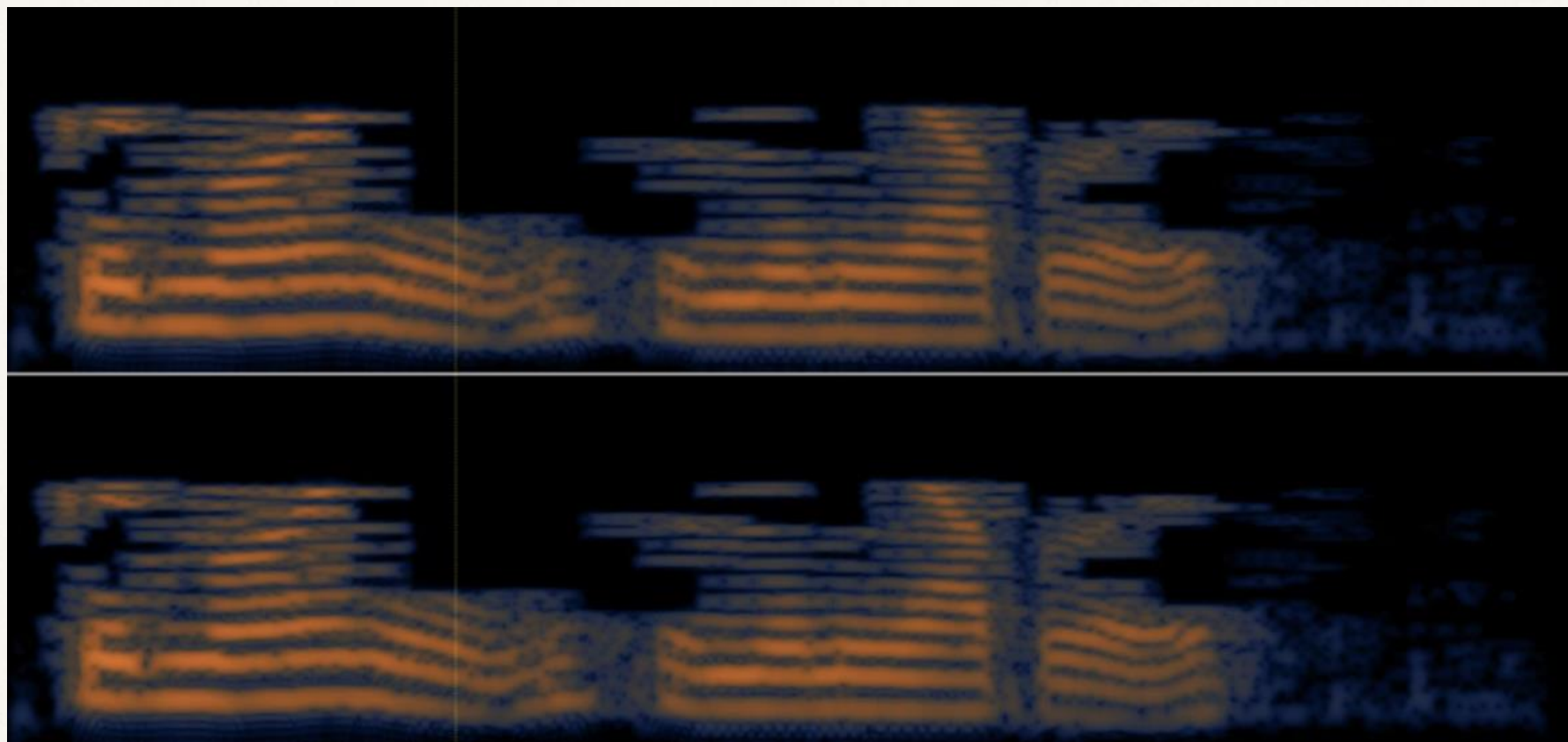


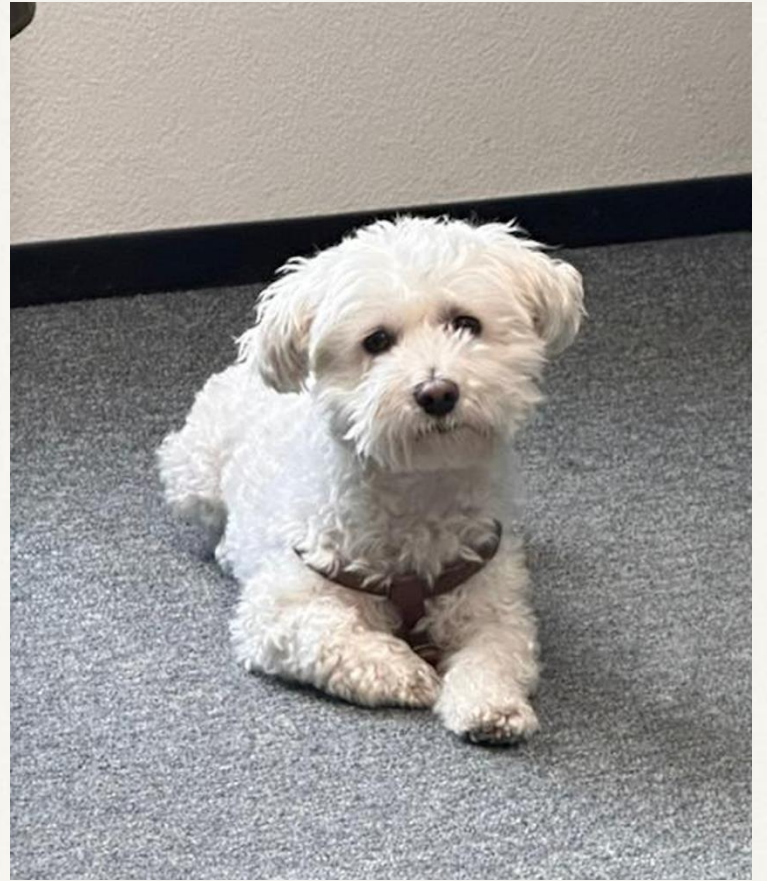
**??**

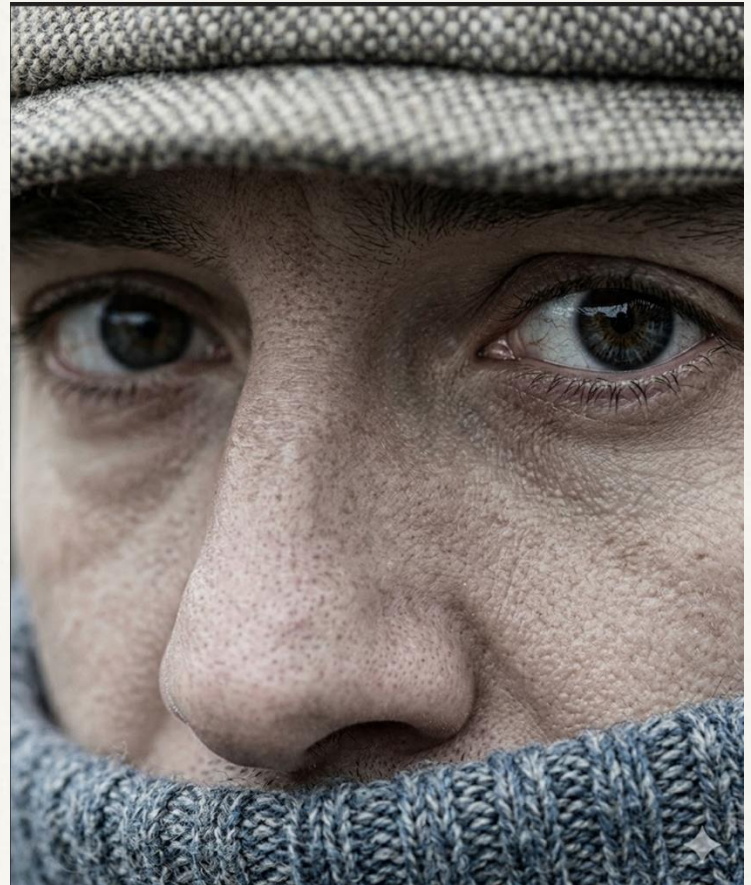
**Was kann Audioforensik  
eigentlich nicht?**

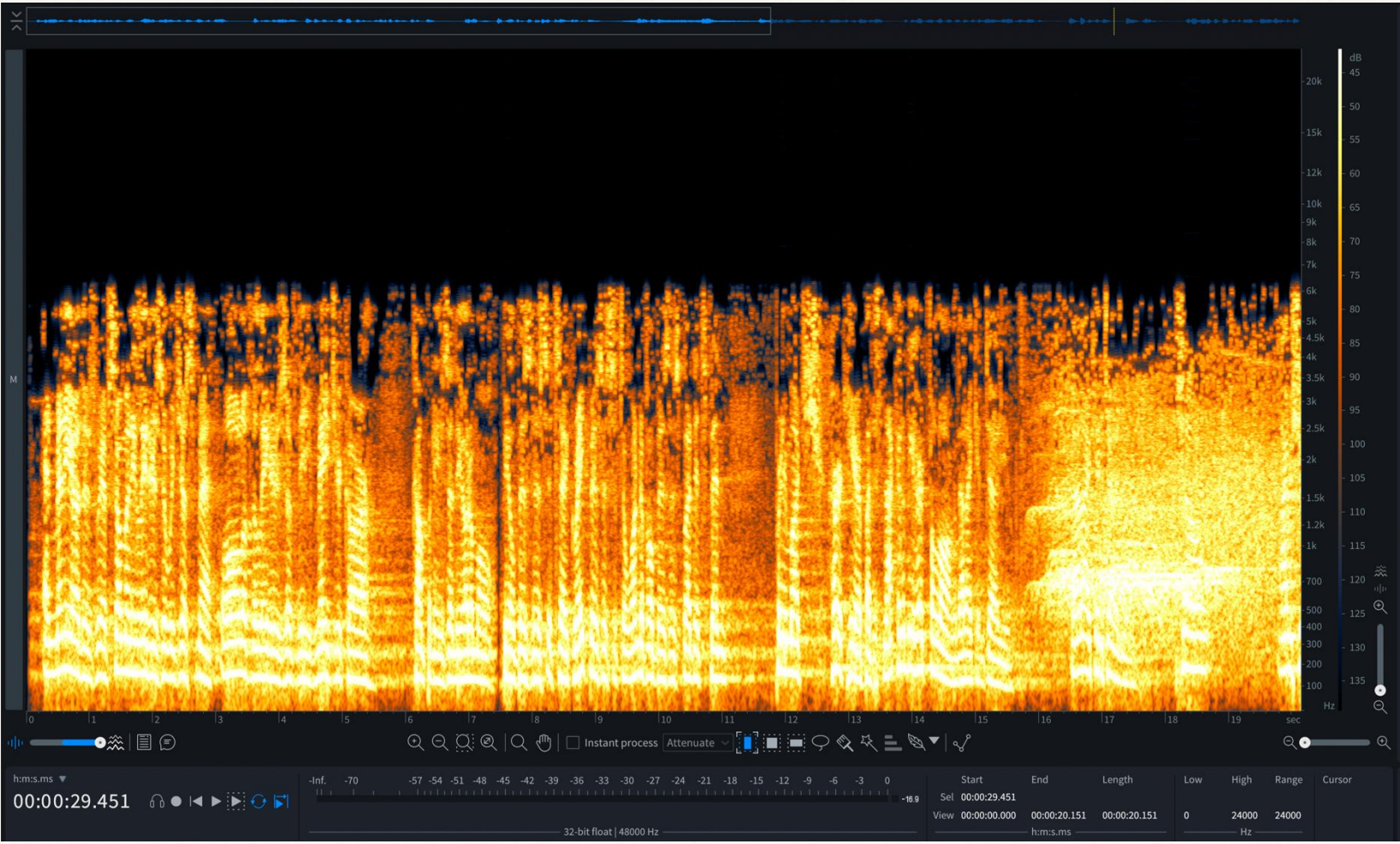
**Enhance**









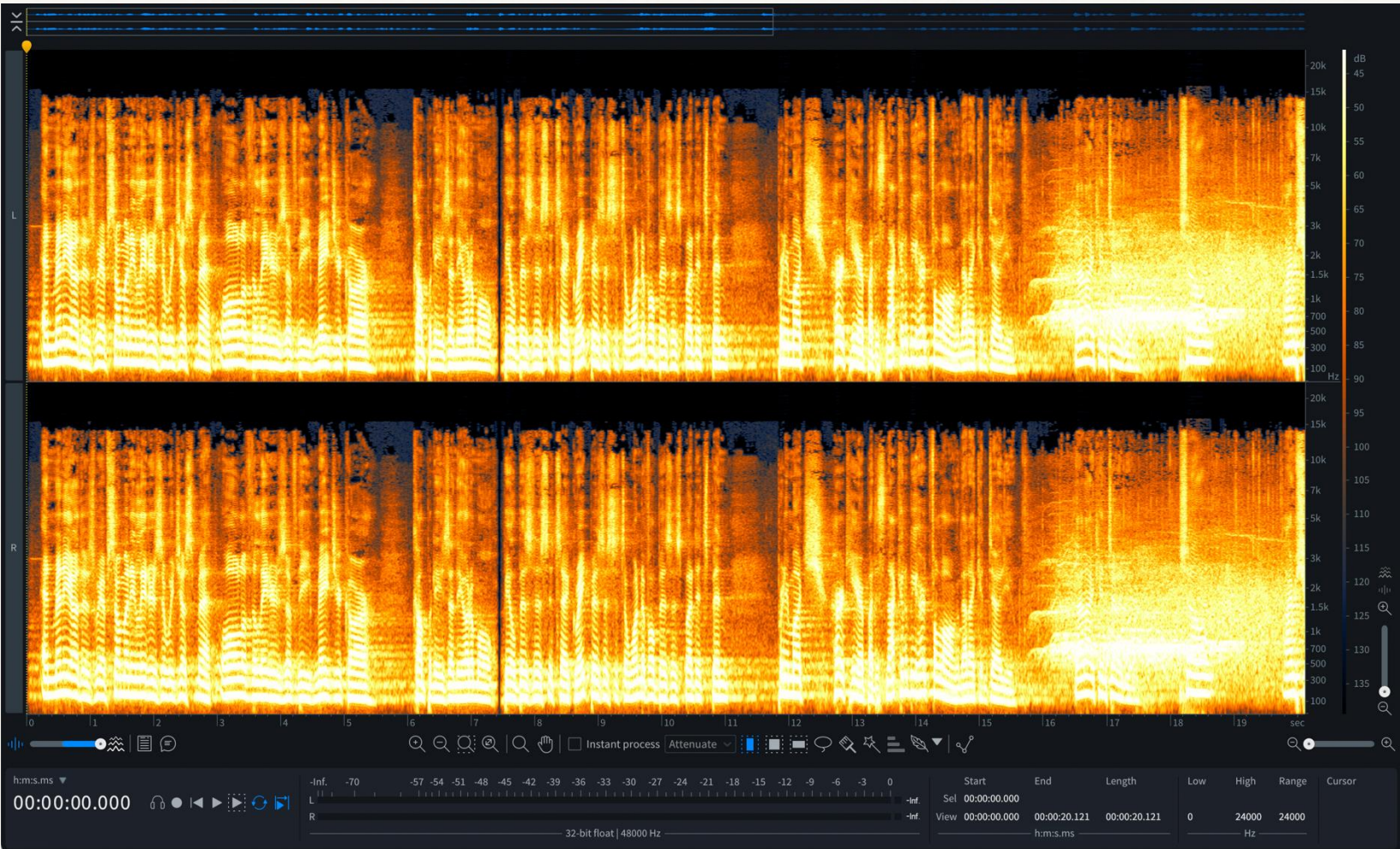


h:m:s.ms ▾  
00:00:29.451

-Inf -70 -57 -54 -51 -48 -45 -42 -39 -36 -33 -30 -27 -24 -21 -18 -15 -12 -9 -6 -3 0  
-16.9

32-bit float | 48000 Hz

Start	End	Length	Low	High	Range	Cursor
Sel 00:00:29.451						
View 00:00:00.000	00:00:20.151	00:00:20.151	0	24000	24000	
	h:m:s.ms			Hz		

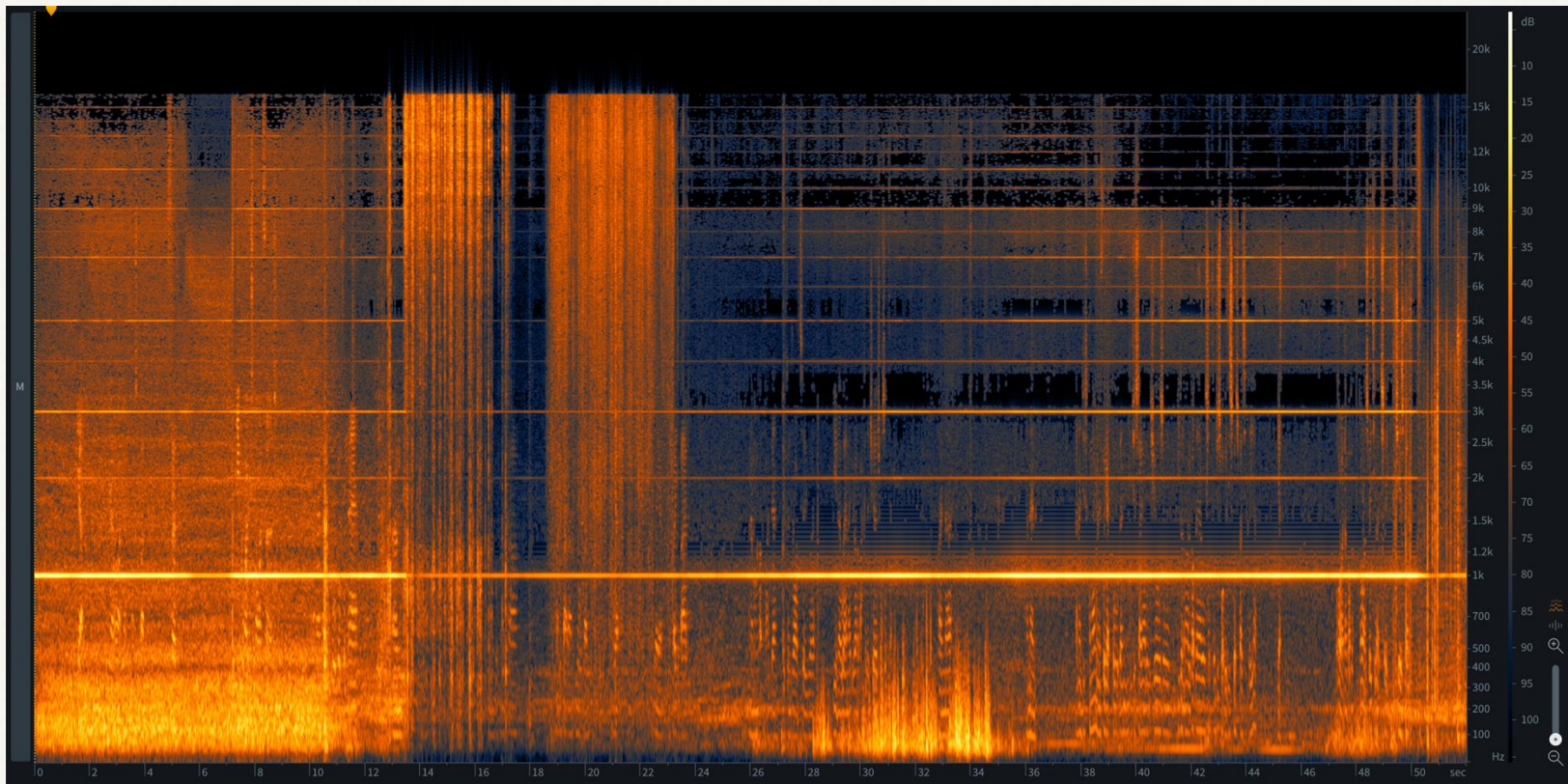


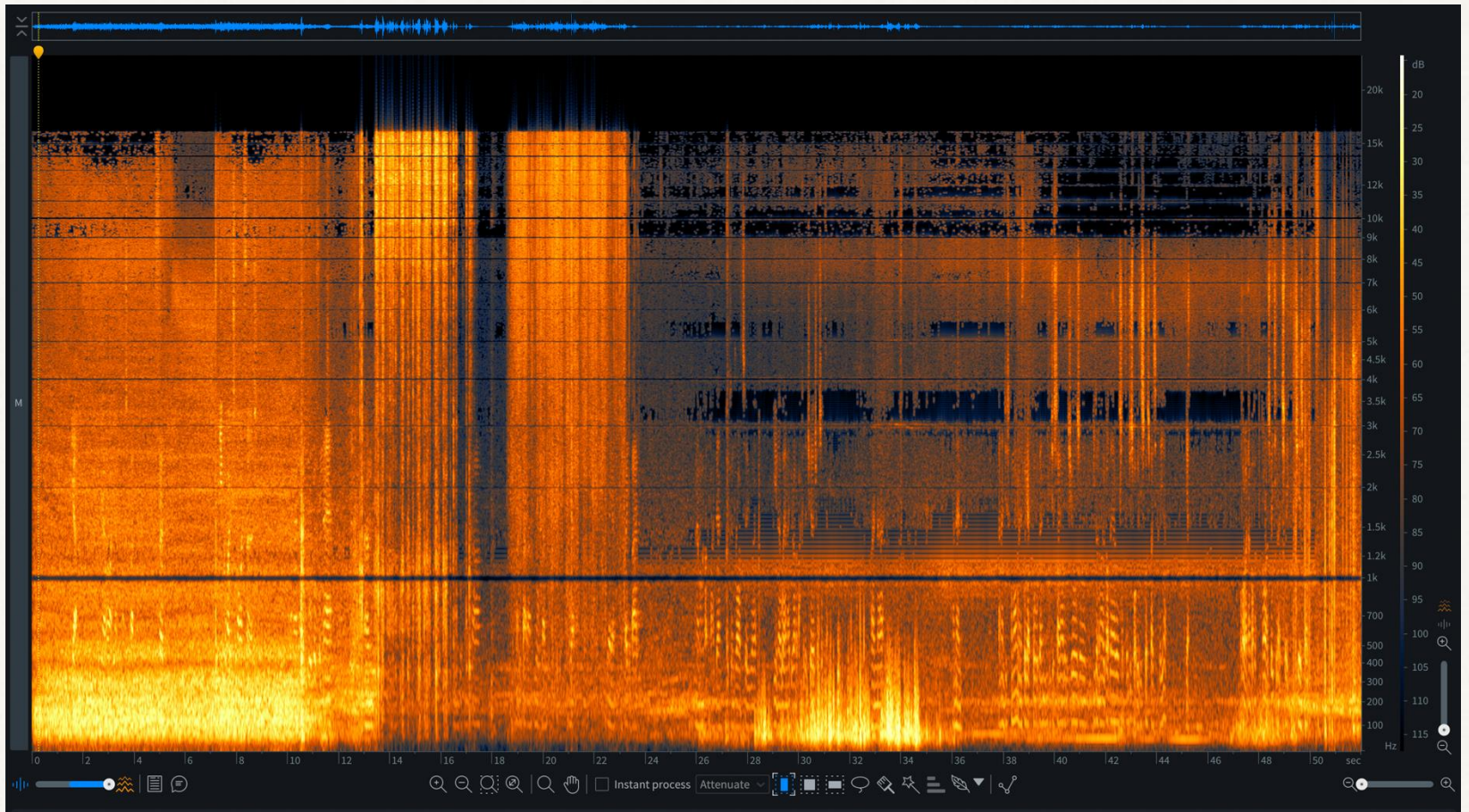
h:m:s.ms ▾  
00:00:00.000

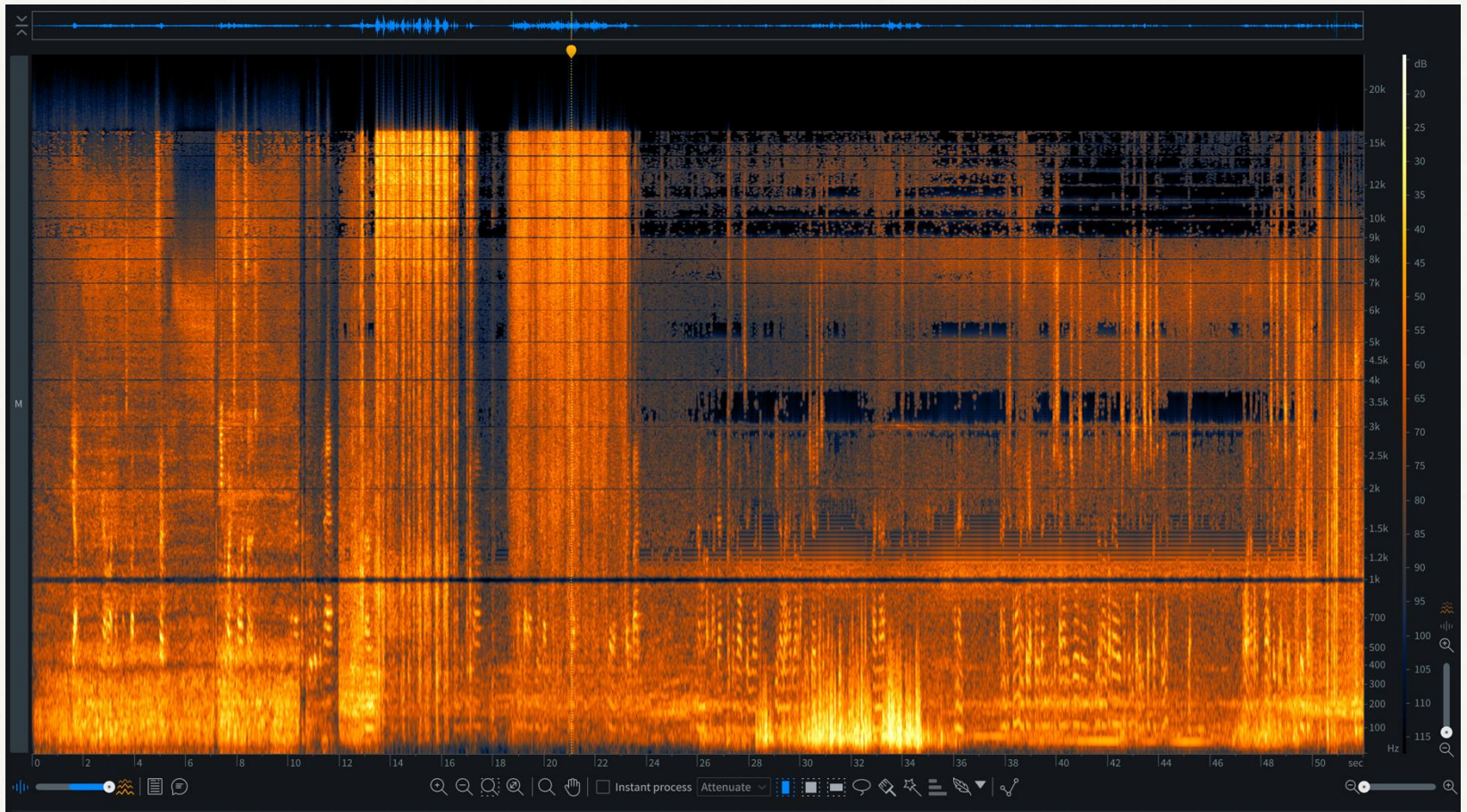


32-bit float | 48000 Hz

	Start	End	Length	Low	High	Range	Cursor
Sel	00:00:00.000						
View	00:00:00.000	00:00:20.121	00:00:20.121	0	24000	24000	
						Hz	







!

**Ein weiteres  
grosses Problem ...**



**Laurel**

oder

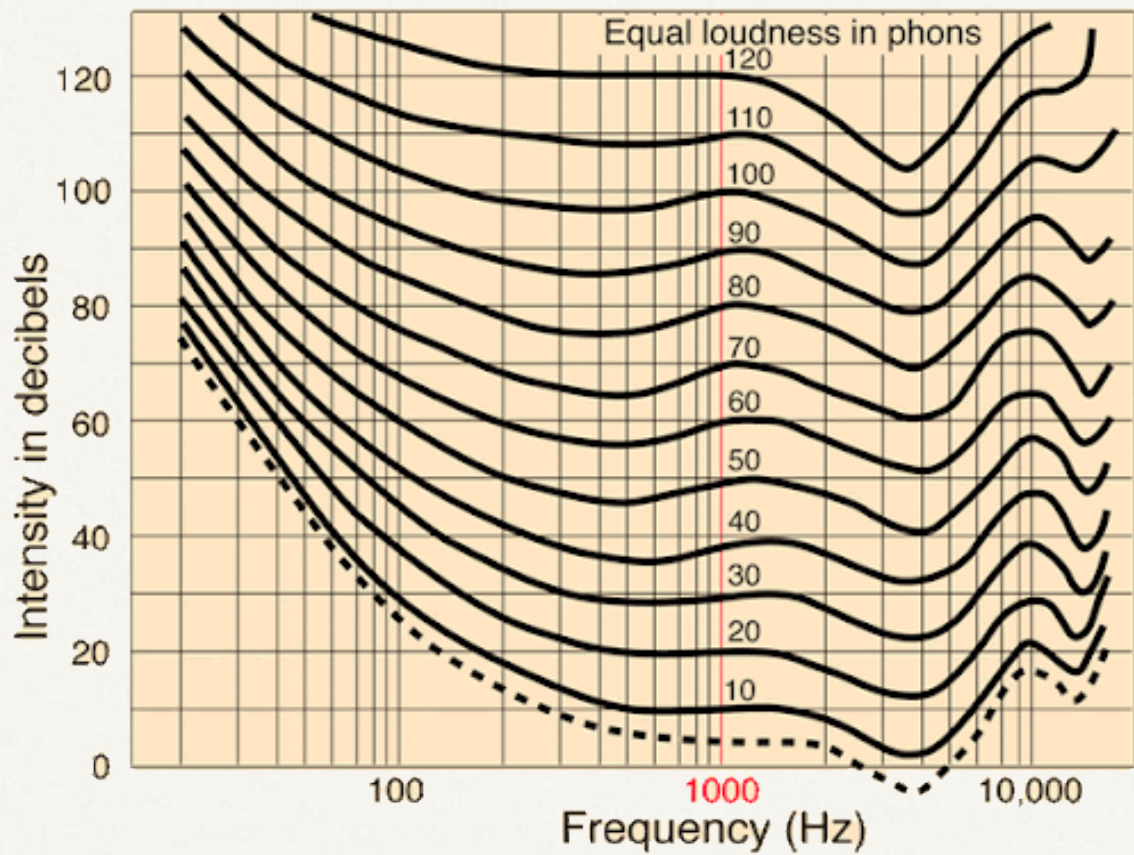
**Yanny**



**Oh, Barbie!  
Those were  
vintage!**



**Oh, Fuck!  
Those were  
vintage!**





# Layer 8 Problem

- Physische Fähigkeiten
- Kognitive Verzerrungen
- Mangel an theoretischem Wissen
- Ablenkungen durch die Umgebung
- Lebenserfahrung
- Kulturelle Erwartungen
- ...



**Trotzdem toll!**

**?**

**Und was mach ich  
jetzt damit?**

# Was kann man alles lernen?

- **Grundlagen des Schalls:** Wellenformen, Frequenz, Amplitude, Dezibel
- **Digitale Audiogrundlagen:** Abtastrate, Bittiefe, Nyquist-Theorem
- **Kompression & Dateiformate:** Verlustbehaftete vs. verlustfreie Kompression, Dateiformate wie WAV, MP3, Opus
- **Signalverarbeitung:** Filter, FFT (Fast Fourier-Transformation), Interpretation von Spektrogrammen
- **Akustik:** Nachhall, Echo, Mikrofontypen
- **Artefakte & Manipulationen:** Erkennen von Verzerrungen, Clipping und Hinweisen auf Bearbeitungen
- **Menschliche Wahrnehmung & kognitive Verzerrungen:** Psychoakustische Maskierung, kognitive Biases, Hörwahrnehmung



iZotope RX 10 / 11



SpectraLayers



Audacity



Adobe Audition

# Veroorzaken windturbines vlak over Drentse grens nou wel of geen bromtonen? Wij zochten het uit



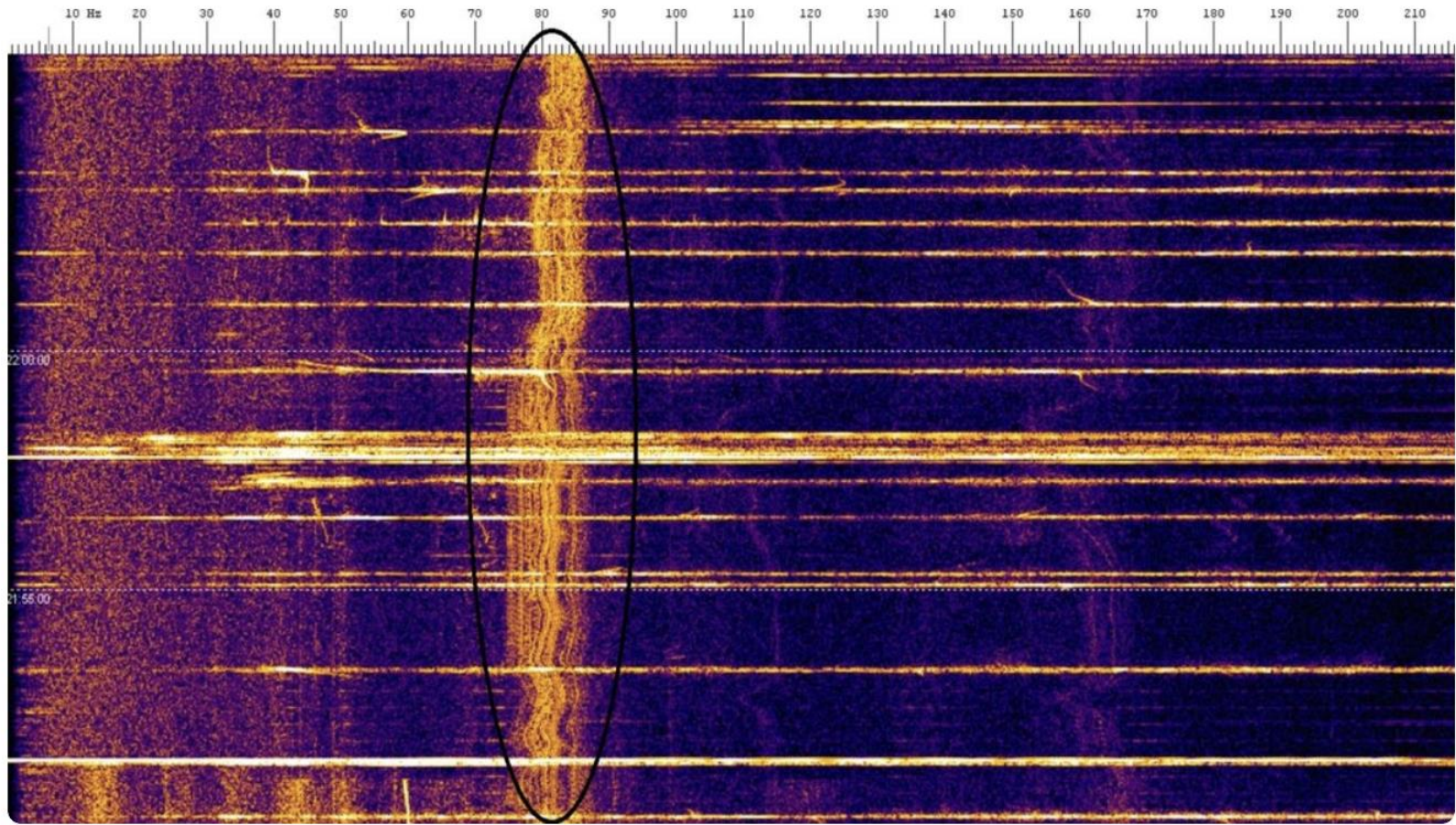
Egbert Minnema 22 maart 2023, 12:00 • Aangepast 22 maart 2023, 14:27 • 6 minuten leestijd



Windmolens bij Gasselterboerveen

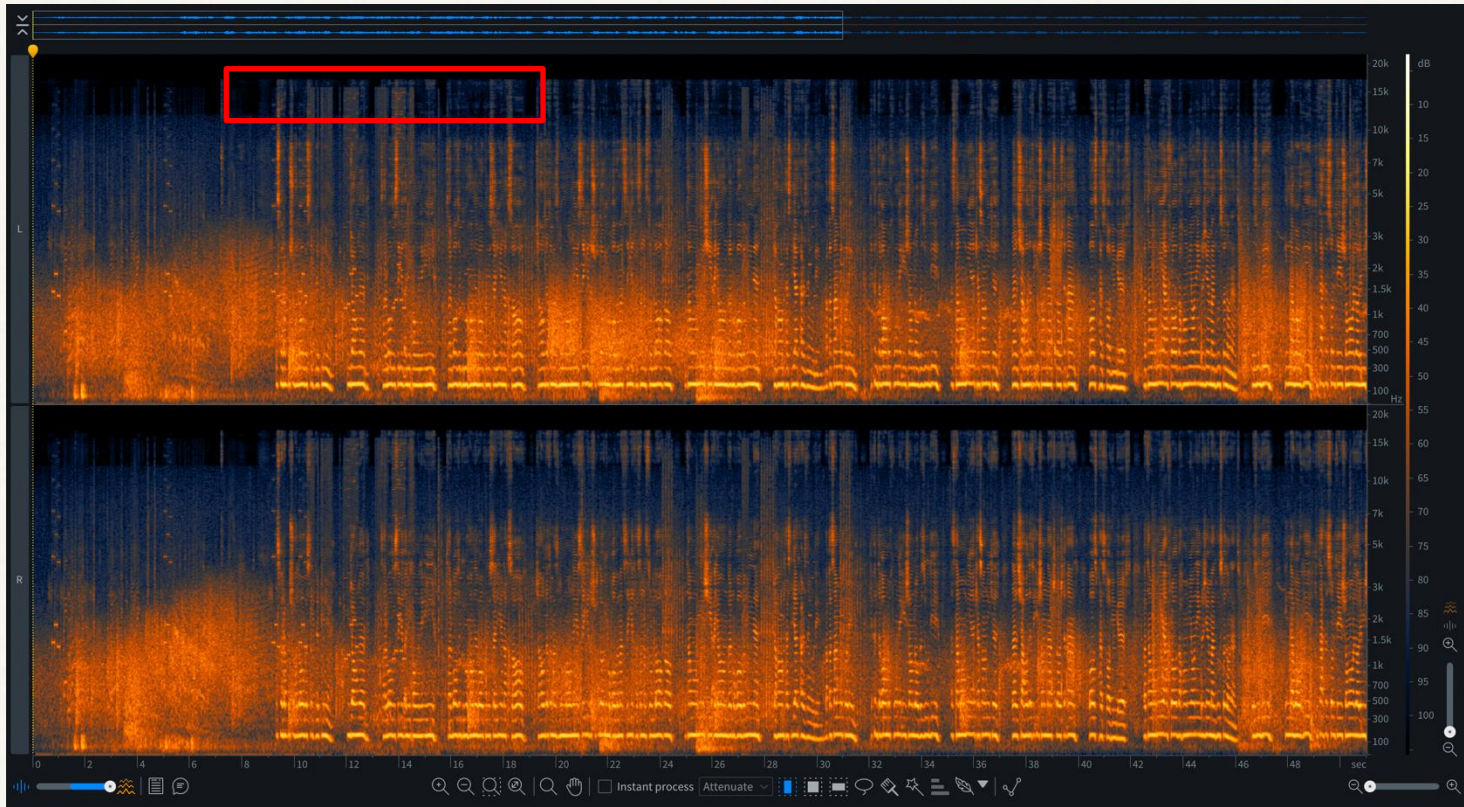
© Egbert Minnema/RTV Noord





Geluidsfoto van bromtoon van windmolen bij 2e Exloërmond

© RTV Noord/Egbert Minnema/printscreen Spectrumlab





# "Normale" Verifikation

- Wo wurde es gepostet?
- Von wem?
- Ähnliche Videos?
  
- Metadaten?
- Ältere Versionen des Videos?
  
- ... Und was sagt uns das Audio?



# Danke

fürs Zuhören ☺



[jasmine.jacot-descombes@nzz.ch](mailto:jasmine.jacot-descombes@nzz.ch)

[forensic-journalism.com](http://forensic-journalism.com)