

SQQ7: Sampling in Zeitlupe

Anschauliche Experimente zu den Grundlagen digitaler Audiosysteme

oder: Wir bauen uns einen AD/DA-Wandler mit
einem virtuellen Modularsynthesizer!

Sampling | PCM | Nyquist-Frequenz | Aliasing
Quantisierung | Dither | Rekonstruktion

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



SQQ7: Sampling in Zeitlupe

Was haben wir vor?

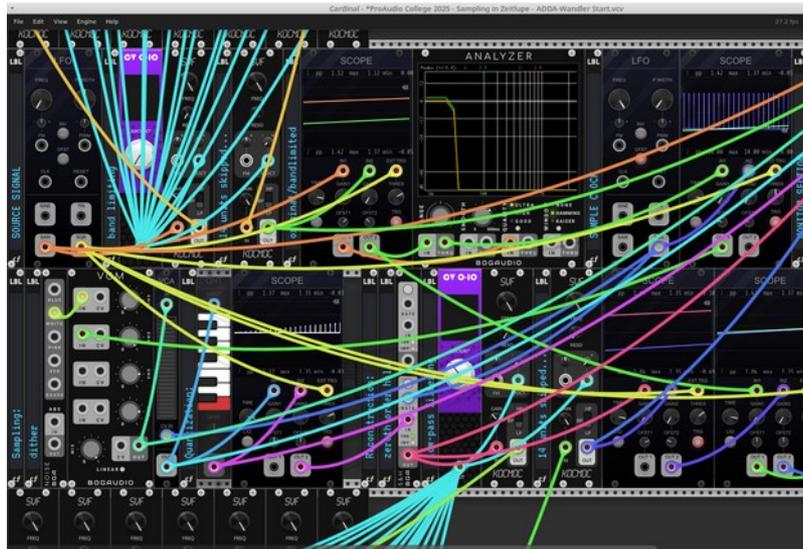
Modularsynthesizer verarbeiten **analoge Signale** im Bereich 0-10V oder $\pm 5V$ (*control voltage, CV*).

Wir benutzen virtuelle Analogsignale für

- das analoge Eingangssignal,
- die Clock,
- die digitale Impulsfolge nach der Abtastung,
- und das wiederhergestellte analoge Ausgangssignal.

Wir benutzen nur Standardmodule. Es wird hacky!

Zum Testen und Analysieren nach jeder Verarbeitungsstufe nutzen wir: Oszilloskope, Analyser und eine Abhörmatrix.



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



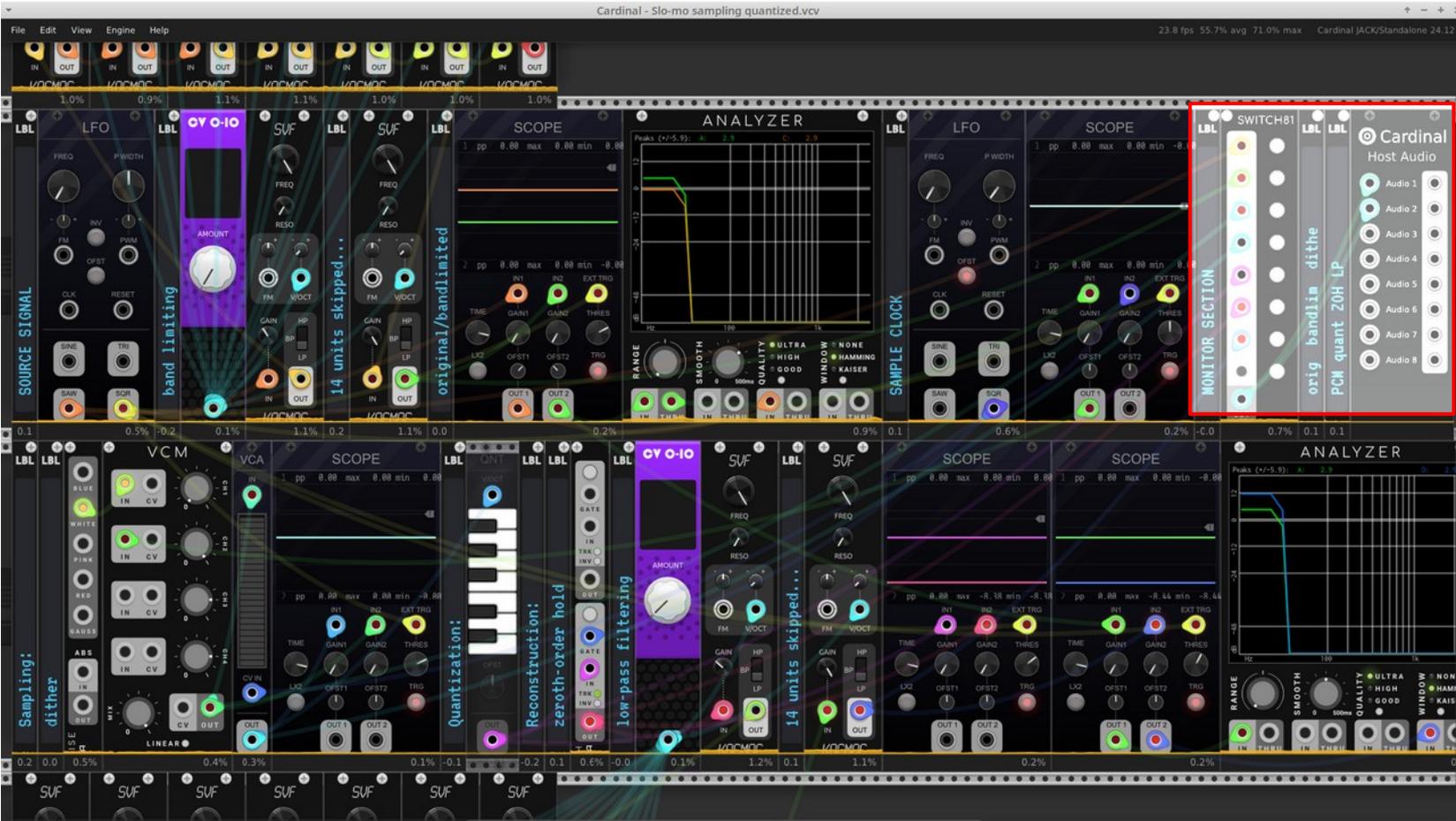
Schritt 1: Sägezahn-Testsignal erzeugen mit LFO (= low-frequency oscillator)



BiW/vdt



Check: Signal nach jedem Verarbeitungsschritt über Monitor-Matrix abhören



BiW/vdt



Schritt 2: Signal steilflankig bandbegrenzen mit kaskadierten Tiefpässen



BiW/vdt



Check: Originales und bandbegrenztes Signal analysieren (Oszilloskop und Spektrum)



BiW/vdt



Schritt 3: Sample-Clock erzeugen mit LFO (Rechteck mit kurzer Pulsbreite)



BiW/vdt



Check: Sample-Clock und Eingangssignal visualisieren



BiW/vdt



Schritt 4: Rauschgenerator dazumischen (Dithering!)

Cardinal - Slo-mo sampling quantized.vcv

File Edit View Engine Help 23.8 fps 55.7% avg 71.0% max Cardinal JACK/Standalone 24.12

Source Signal: LFO, PWIDTH, FM, INV, PFM, OFST, CLK, RESET, SINE, TRG, SAW, SCW

band limiting

14 units skipped...

original/bandlimited

SCOPE 1 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

ANALYZER Peaks (+/-5.9): 4.2 2.9 C 2.9

LFO FREQ, PWIDTH, FM, INV, PFM, OFST, CLK, RESET, SINE, TRG, SAW, SCW

SCOPE 2 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

SWITCH81

Cardinal Host Audio: Audio 1-8

orig bandlim dithe

PCM quant 20H LP

VCM: dither, IN CV, OUT, LINEAR

SCOPE 3 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

Quantization: 14 units skipped...

Reconstruction: zeroth-order hold

low-pass filtering

SCOPE 4 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

SCOPE 5 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

ANALYZER Peaks (+/-5.9): 4.2 2.9 C 2.9

SCOPE 6 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

SCOPE 7 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

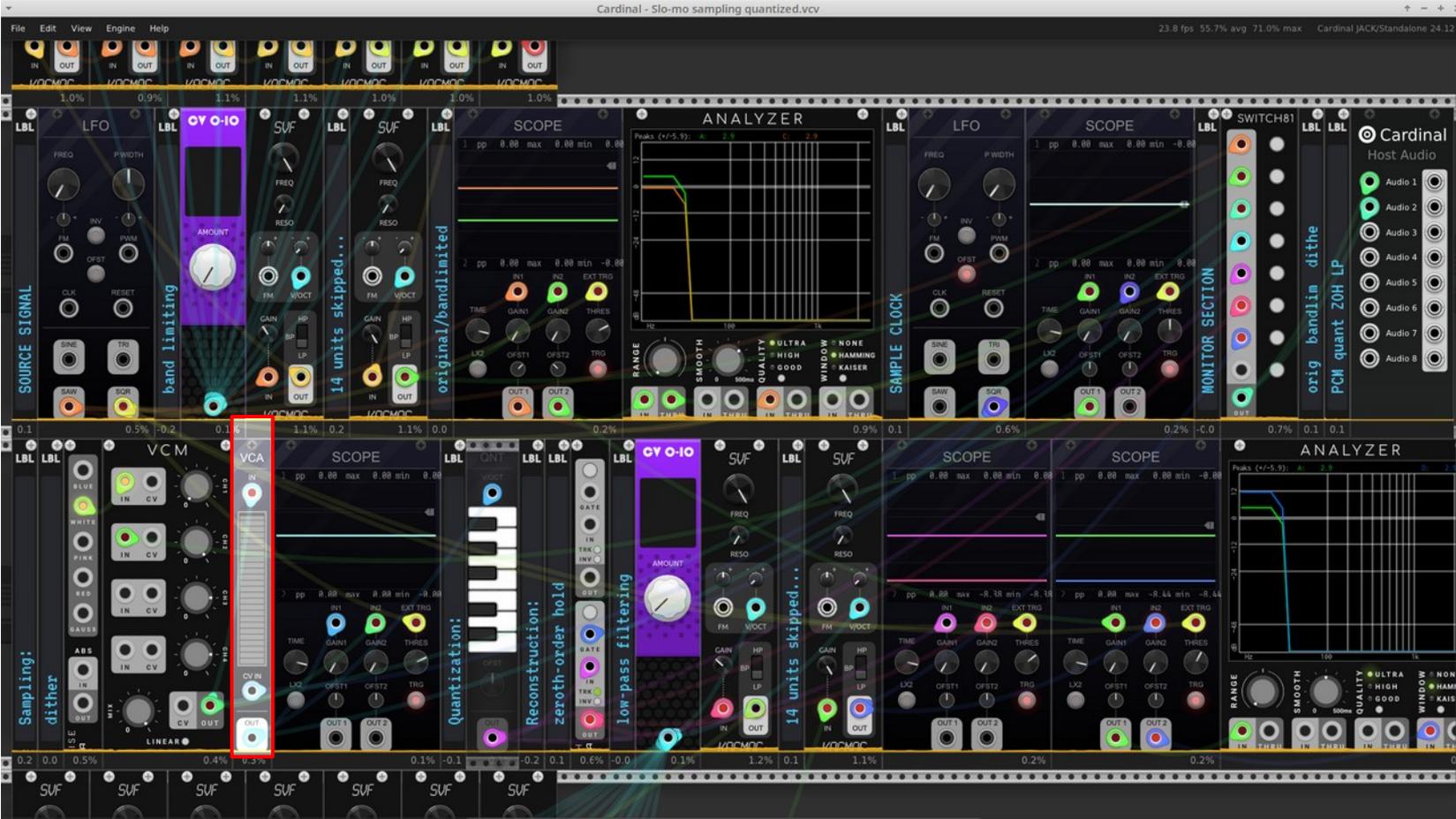
SCOPE 8 pp 0.00 max 0.00 min -0.00

ANALYZER Peaks (+/-5.9): 4.2 2.9 C 2.9

BiW/vdt



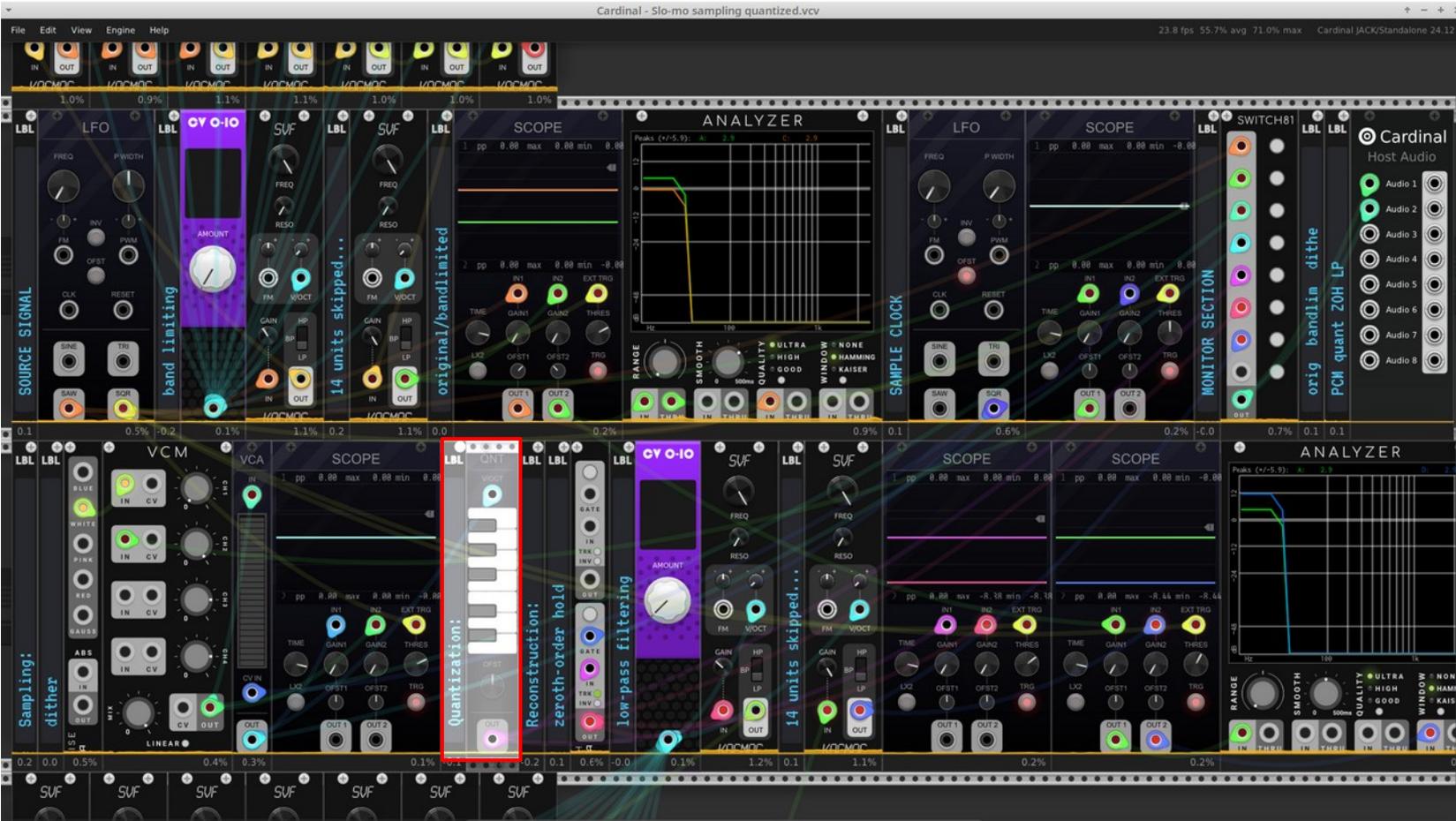
Schritt 5: Signal abtasten mit clock-getriebenem VCA (= voltage-controlled amplifier)



BiW/vdt



Schritt 6: Impulsfolge quantisieren (PCM = zeit- und wertediskretes Signal), chromatischer Quantisierer mit 1V pro Oktave



BiW/vdt



Schritt 7: Rekonstruktion des PCM-Signals mit sample-and-hold (Treppensignal)

The screenshot displays a complex digital audio workstation (DAW) interface, likely a software synthesizer or audio processor, titled "Cardinal - Slo-mo sampling quantized.vc". The interface is divided into several sections:

- Source Signal:** Includes a "SOURCE SIGNAL" section with various input and output options.
- Band Limiting:** A "band limiting" section with a "CV O-I/O" knob and "AMOUNT" control.
- Quantization:** A "Quantization:" section with a "zeroth-order hold" knob and "low-pass filtering" control.
- Reconstruction:** A "Reconstruction:" section with a "zeroth-order hold" knob and "low-pass filtering" control.
- Analyses:** Two "ANALYZER" sections showing frequency spectra. The top analyzer shows the original signal, and the bottom analyzer shows the reconstructed signal. Both show a peak at approximately 2.9 kHz.
- Monitoring:** A "MONITOR SECTION" with various input and output options.
- Host Audio:** A "Host Audio" section with "Audio 1" through "Audio 8" outputs.

The interface is highly detailed, with numerous knobs, sliders, and buttons, and a dark, colorful aesthetic.

BiW/vdt



Check: quantisiertes und Treppensignal visualisieren



BiW/vdt



Schritt 8: Glättung des Treppensignals mit kaskadierten Tiefpässen

The screenshot shows a DAW interface with the following components and settings:

- Source Signal:** LFO, SCOPE, ANALYZER (Peaks: +/-5.9, A: 2.9, C: 2.9)
- Band Limiting:** band limiting (Amount: 0.1), 14 units skipped...
- SVF 1:** SVF (Smooth Variable Filter) with FREQ, PWIDTH, FM, PFM, OFST, CLK, RESET, SINE, TRIG, SAW, SCUR, IN, OUT.
- SVF 2:** SVF (Smooth Variable Filter) with FREQ, PWIDTH, FM, PFM, OFST, CLK, RESET, SINE, TRIG, SAW, SCUR, IN, OUT.
- Low-pass Filter:** LPO (Low Pass Order) with FREQ, PWIDTH, FM, PFM, OFST, CLK, RESET, SINE, TRIG, SAW, SCUR, IN, OUT.
- Analyses:** Two SCOPE and ANALYZER modules showing the signal's frequency response before and after smoothing.
- Host Audio:** Cardinal Host Audio interface with 8 audio channels.

BiW/vdt

vdt
Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Check: geglättetes Signal und Eingangssignal visualisieren und analysieren



BiW/vdt

vdt
Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Soweit die Theorie. Jetzt zur virtuellen Praxis...

BiW/vdt



Das war: SQQ7 | Sampling in Zeitlupe

Diese Folien
zum Download:

<https://luchtbeweging.nl/download/ProAudio%20College/ProAudio%20College%202025%20-%20Sampling%20in%20Zeitlupe.pdf>



Vortrag Grundlagen Digitale Audio-
technik (igvw4edu):

<https://luchtbeweging.nl/download/igvw4edu/2020-10-02%20Grundlagen%20Digitale%20Audiotechnik.pdf>



Download Cardinal (freie, quelloffene
VCV-Rack2-Implementierung für
Linux, Windows, MacOS):

<https://cardinal.kx.studio>



Download AD/DA-Wander-Patch:

<https://luchtbeweging.nl/download/ProAudio%20College/ProAudio%20College%202025%20-%20Sampling%20in%20Zeitlupe%20-%20ADDA-Wander%20kalibriert.vcv>



BiW/vdt



Lust auf mehr?

tmt | 33

TONMEISTERTAGUNG | 2 0 2 5

Hat Dir dieses Seminar gefallen?

Möchtest Du noch mehr Austausch mit gleich-
gesinnten Audio-Profis, und mehr erfahren über
die Zukunftsthemen unseres Fachs?

12. – 15. November 2025
Congress Center Düsseldorf

<https://tonmeistertagung.com>



vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

