

# Nanophon® ein optisches Mikrophon realisiert mit einem Michelson-Interferometer und Datenkompression mittels Wavelets

E.Roth, C.Hoffmann

Institut für Physiologische Optik im Augenzentrum Friedrichstadt, Düsseldorf

[eye@e-roth.de](mailto:eye@e-roth.de)

Die den eingekoppelten Schallwellen entsprechenden zeitlichen Veränderungen der Interferogramme werden in Abhängigkeit von den interessierenden Wellenlängenbereichen komprimiert und aufgezeichnet.

## 1 Einführung

Es wird ein optisches Mikrophon, realisiert mit einem Michelson-Interferometer vorgestellt. Die eingestrahlte Schallwelle verändert in Abhängigkeit von der Amplitude und Frequenz des Signals die Lage des Messarms des Michelson-Interferometers. Die dadurch bedingten Änderungen des Interferogramms am Ausgang des Interferometers werden in Abhängigkeit vom interessierenden Frequenzintervall mit Wavelet-Algorithmen datenkomprimiert. Die Digitalisierung ist in Gatterlogik mit Hilfe eines Microcontrollers realisiert.

## 2 Aufbau des Nanophons

Entgegen der Realisierung anderer optischer Signalaufnehmer für Schallwellen - im weitesten Sinne - besteht die der Konversion des Signals aus einem Michelson-Interferometer. So können kleinste Auslenkungen der Grenzschicht, ggf. durch Heterodyntechnik verbessert, sehr exakt hochzeit aufgelöst werden. Zum Detektieren der Laufrichtung werden zwei PIN-Fotodioden in unterschiedlichem Abstand zum Mittelpunkt des Ringsystems in einer Halterung in der Ebene des Interferometers angebracht. Beim Durchlaufen der Ringe entsteht dadurch ein sog. Quadratursignal, bei dem die ansteigenden und abfallenden Flanken an den PIN-Dioden zeitlich verschoben sind. Mit einer geeigneten Signalaufbereitung werden die Signale einem Decoder zugeführt, der daraus ein Impuls und ein Richtungssignal erzeugt. Beide Signale werden in einem Zähler verarbeitet. Das Zählergebnis wird in gleichen Zeitabständen parallel ausgelesen und für die Weiterverarbeitung im Computer in USB-Datenpakete umgewandelt.

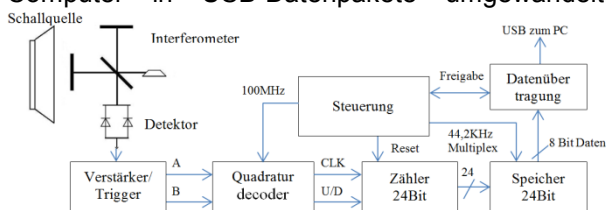


Abb. 1 Blockschaltbild Nanophon

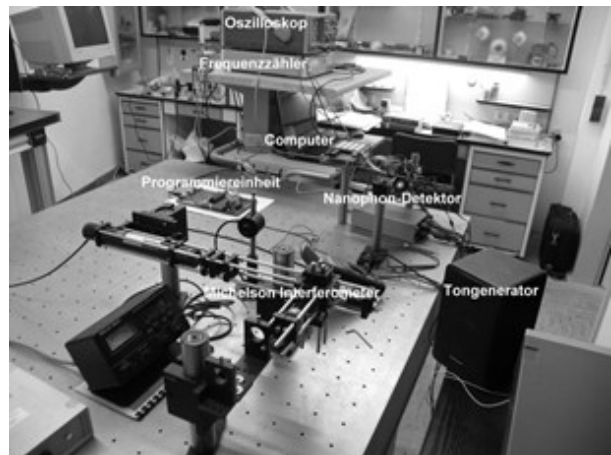


Abb. 2 experimenteller Aufbau

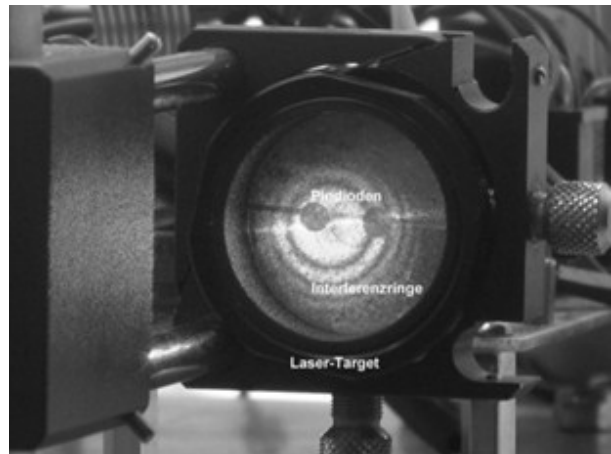
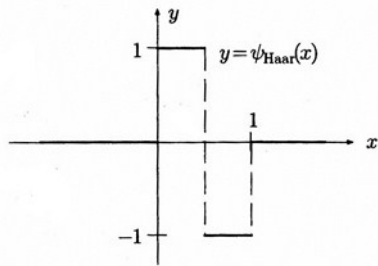


Abb. 3 Interferogramm auf PIN-Diodenträger

## 3 Theorie zum Wavelet

Die Wavelet-Programmverarbeitung sollte als Ausgang nicht nur die Koeffizienten der Wavelets haben, sondern auch in der Lage sein, das ursprüngliche akustische Signal direkt zu rekonstruieren. Damit wäre der Kreis bis zur Signalaufzeichnung und -ausgabe realisiert.

Das Haar-Wavelet wird zur Kompression benutzt. Es ist als Treppenfunktion definiert, siehe [BLATTER, C. 2003].



$$\Psi(x) := \begin{cases} 1 & \text{falls } 0 \leq x < \frac{1}{2} \\ -1 & \text{falls } \frac{1}{2} \leq x < 1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } \int_{-\infty}^{\infty} \Psi(x) dx = 0 \quad \text{und} \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(x)|^2 dx = 1$$

Das Haar-Wavelet ist gut lokalisiert im Zeitbereich

$$\|\Psi_{r,k}\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi_{r,k}(t)|^2 dt = 1$$

Wie gewünscht auch zum besseren Rechnen bei der Kompression der Daten bilden die  $\psi_{(v,k)}$  eine orthonormierte Basis von  $L^2(\mathbb{R})$ .

#### 4 Das Auswerteprogramm

Für den experimentellen Aufbau des Nanophon® wurde das Haar-Wavelet ausgewählt, weil die Signale keine Eigenschaften haben, die einen anderen Wavelet-Typen als besser angepasst erscheinen lassen. Dies kann bei speziellen Anwendungen notwendig sein, wenn man genauere

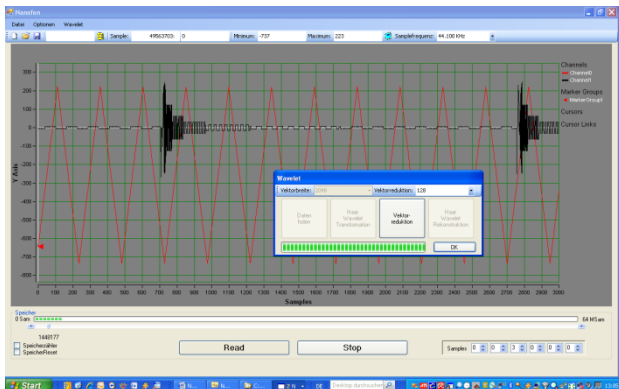


Abb. 4 Originalsignal und Wavelet-Berechnung

Voraussetzungen über die aufzuzeichnenden Signale hat. Das Programm liest die mit 44.2kHz vom Nanophon kommenden Daten ein und speichert diese zuerst zwischen. Gleichzeitig wird ein Datensatz Haar transformierter Daten erzeugt. Die Kompressionsrate und die Datensatzbreite können variiert werden. Nach der Rücktransformation wird das rekonstruierte Signal dargestellt.

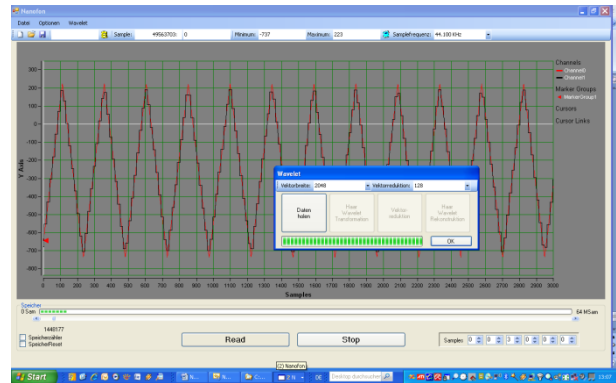


Abb. 5 Originalsignal und Wavelet-Rücktransformation nach Datenreduktion

#### 5 Zusammenfassung und Diskussion

Die vorliegende Arbeit sollte nur die Grundlagen für das Betreiben eines Nanophon® zusammentragen und den Betrieb testen. Es wurde gezeigt, dass der experimentelle Aufbau der Aufgabe einer interferometrischen Aufzeichnung und Datenaufnahme von Schallwellen gewachsen ist. Die Apparatur kann als Seismograph betrieben werden, der quantitativ misst und vor allem in der Lage ist, über ein größeres Frequenzspektrum simultan die Ereignisse im Erdmantel aufzuzeichnen. Im gesamten hörbaren Bereich ist durch die über große Bereiche einstellbare Kennlinienfreiheit eine viel genauere Ausmessung von Schall möglich. Als nächster Schritt ist die Realisierung der Optik in integrierter Optik und die Verarbeitung der Interferogramm/Wavelet-Daten in einem Signalprozessor geplant.

#### 6 Literatur

- BLATTER, C. (2003). Wavelets. Eine Einführung. Braunschweig: Vieweg & Teubner Verlag.
- KUTTRUFF, H. (2004). Akustik. Eine Einführung. Stuttgart: Hirzel.
- LOUIS, A. K. (1998). Wavelets. Theorie und Anwendungen. Stuttgart: Vieweg & Teubner Verlag.
- MITREA, M. (1994). Clifford Wavelets, Singular Integrals and Hardy Spaces. Berlin: Springer-Verlag.
- PEDROTTI, F. L. (2008). Optik für Ingenieure. Grundlagen. Berlin, Heidelberg: Springer.
- ROEDERER, J. (1995). Physikalische und psychoakustische Grundlage der Musik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- SCHENK, C. und TIETZE, U. (1985). Halbleiterschaltungstechnik. Berlin, Heidelberg: Springer.