

### 3.18 Untersuchungen zur Relativität neuronaler Impulsausbreitung und zu Interferenzerscheinungen geometrisch kurzer Impulse

Dr. Gerd Karl Heinz

Das Grundproblem im Erkenntniszuwachs zur Informationsverarbeitung in biologischen Systemen wird charakterisiert durch verschiedene, allgemein anerkannte Thesen zu neuronalen Strukturen: Das neuronale System scheint von stochastischer Natur. Die Entschlüsselung der Verschaltung eines neuronalen 'Fasersystems' ist nicht möglich, da dessen Verschaltung zu komplex ist. Ein Neuron hat extrem vielfältige Beziehungen zu motorischen, reflektorischen, sensorischen und vegetativen Mechanismen, sodaß die eigentlich informationsverarbeitende Funktion eines Neurons oft nicht erkennbar wird.

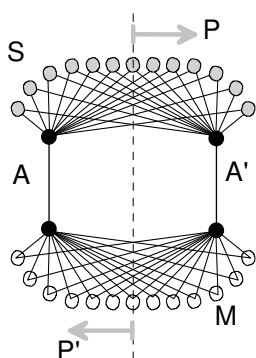


Fig. 1  
 Biology oriented, one-dimensional self interference circuit. Dendrites and axons carry all informations very slowly (0.1-120mm/sec).  
 S: asynchronous pulse generators (neurons)  
 M: receiving multipliers (neurons)  
 A, A': transmission lines (axons)  
 P: pointer at the transmitter side  
 P': pointer at the receiver side.

Ausgehend von der Erkenntnis, daß die geometrische Impulsbreite in biologischen Systemen von wenigen Mikrometern bis zu 120 Millimetern reicht, erfolgten Untersuchungen zur Erforschung des informatisch relevanten Wesens *geometrisch* kurzer Impulse ( $\lambda = vT$  mit Pulsbreite T, Leitgeschwindigkeit v), die in Interferenz zueinander treten. Entscheidend für das Verständnis neuronaler Vorgänge ist das raum-zeitliche Voranschreiten eines Impulses auf mehreren Wegen zum Ziel, sowie sein Verhältnis zu Vorgänger- und Folgeimpuls, und deren positive Überlagerung (Interferenz) auf vorgegebenen Orten. Zielorte werden stets durch die Laufgeschwindigkeiten einzelner Stränge, sowie durch Hüllengeometrien möglicher Laufwege in Relation zueinander vorgegeben. Die Arbeiten fokussieren auf die Gebiete:

1. Ausbreitung von Impulsen
2. Abbildungen mit und ohne Brechzahländerung
3. Eigen- und Fremdinterferenz-Abbildungen
4. Uneigentliche Abbildungsfehler
5. Biologienahe Modellierungen

Ziel ist eine Bestimmung elementarer, biologischer Intelligenzleistungen.

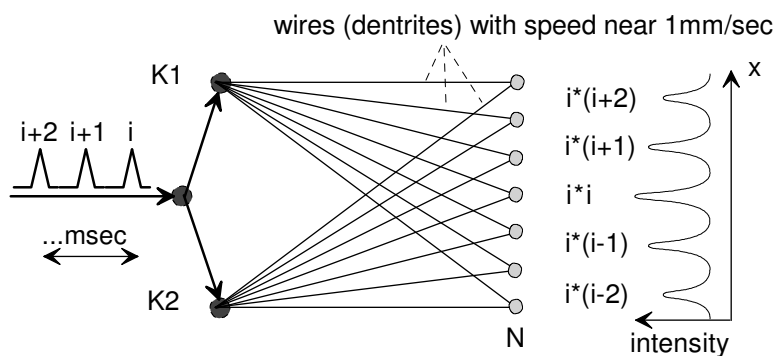


Fig. 2  
 Neural diffraction.  
 A code correlates to defined locations.  
 The interference location (x) of any maximum corresponds to the delay between different impulses  $i^*(i-j)$ .

Als wesentlich für alle Arten neuronaler Adressierung von Daten sowie abbildender Verarbeitung konnten *Abbildungen über Eigeninterferenzen* (eines Impulses mit sich selbst) erkannt werden. Sie sind optischen Abbildungen wesensähnlich. Über die Selbstinterferenz eines Impulses mit sich selbst werden *Ort- zu Ort-* Übermittlungen von Informationen in stochastisch gekoppelten Systemen möglich. Eine eindimensionale Interferenzabbildung zeigt Fig. 1.

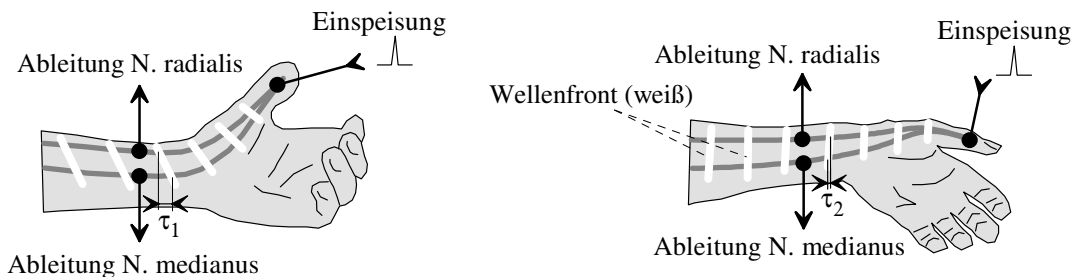


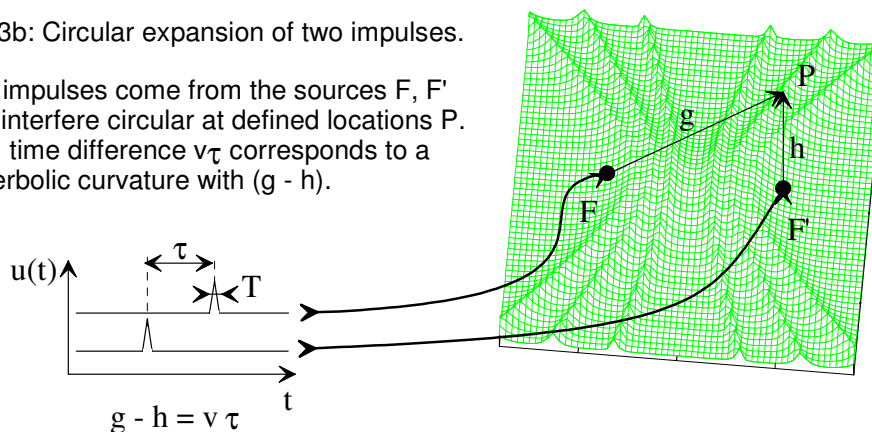
Fig. 3a: The thumb-experiment shows the importance of relative measurements. Without a relative viewpoint it is not possible, to decide the location of the thumb. But the time-difference of the arrival of both pulse-parts shows the location.

Eine interferentielle Zuordnung von Code zu Raum oder von *Zeit zu Ort* (und visa versa) wird über die zur optischen Beugung vergleichbare *Fremdinterferenz* (ein Impuls korreliert am Bildort mit seinem Folge- oder Vorgängerimpuls) ermöglicht (Fig. 2). Sie ist den aus der Optik geläufigen, holografischen Abbildungen verwandt.

Anhand eines Daumen-Experiments (Fig. 3) konnte die Relevanz der relativen Betrachtung von Laufzeiten für biologische Systeme nachgewiesen werden. Dazu werden mittels zweier Ringelektroden Impulse in die Daumenspitze eingeleitet. Zwischen Abgriffen am N. radialis und am N. medianus können die Laufzeitdifferenz und korrelierend dazu die Wellenfrontrichtung und die Stellung des Daumens bestimmt werden. Es zeigt sich, daß ein Großteil der Informatik biologischer Intelligenz in der *Relativität der Ausbreitung von Zeitfunktionen* (i.a. Impulsen) zu erkennen ist. Es kann gezeigt werden, daß es ohne die Beachtung von Laufzeiten und ohne die Signalbindung an Zeitfunktionen nicht möglich ist, elementare Lernfunktionen biologischer Systeme interpretieren zu können.

Fig. 3b: Circular expansion of two impulses.

The impulses come from the sources  $F, F'$  and interfere circular at defined locations  $P$ . Any time difference  $v\tau$  corresponds to a hyperbolic curvature with  $(g - h)$ .



Stochastische Verschaltung von Fasersystemen sowie lokales Lernen können im Interferenzmodell ohne Einschränkung akzeptiert werden. Die *logische Funktion* von Neuronen entwickelt sich *als Funktion des Ortes* (Fig.3b) wenn die geometrische Impulslänge klein ist gegenüber dem Abstand der Quellen  $F, F'$ . Die logische Funktion korrespondiert im Gegensatz zu Booleschen (nichtinterferenz-) Logiken *nicht* mit der Funktion eines definierbaren Gatters (Neurons). Dazu werde am Ort  $P$  ein Gatter  $G$  mit der (z.B. Boole'schen) Funktion  $f$  (eigen- oder fremd-) interferentiell

adressiert. Durch Parameterschwankungen gerät die Abbildung über geringe Laufzeitverschiebungen zu einem Ort  $P'$  in der Nähe von  $P$ . Dann wird dort i.A. ein Gatter (Neuron)  $G'$  anzutreffen sein, dessen (Boole'sche) Funktion  $f'$  nicht mit  $f$  übereinstimmt.

Die Konsequenzen dieses Satzes für die Konstruktion oder Interpretation biologienaher, neuronaler Lernmodelle sind bislang nicht einmal zu erraten.

Physikalische Modelle unterschiedlichster Funktionen biologischer Systeme können *struktur- und funktionsadäquat* angegeben werden. So können physikalische Modelle komplexer Wahrnehmungen gebildet werden.

- ♦ *Gefühl*, die unterbewußte Erfassung und Speicherung komplexer Eindrücke, bestehend aus Bild- Ton- und Sensordaten, kann als spezifische Überlagerung von Fremd- und Eigeninterferenzen dargestellt werden.
- ♦ *Traum*, dessen Bestandteil das geometrisch-räumliche Vorstellungsvermögen samt Bewegung von Szenen ist, ist durch einfache Verzögerungszeitmanipulationen im Kanalraum von Eigeninterferenzabbildungen darstellbar.
- ♦ Ein Modell überlasteter Nervenbahnen erzeugt potentiell ansteigende Abbildungsfehler (durch Interferenz fremder Impulse) im Bildraum, auf diese Weise wird *Schmerz* physikalisch modellierbar.
- ♦ Die mehrdeutige Zuordenbarkeit der einen Bildpunkt charakterisierenden Impulsrelation (Interferenzvektor) zu verschiedendimensionalen Vorlageräumen kann als einfachste, physikalische Modellbildung für *Ideen* angesehen werden.
- ♦ Die Überlagerung von Bildern, deren Vorlageräume um  $\tau$ -Vielfache entlang des Nervenstrangs zueinander versetzt sind, zeigt die Nichtunterscheidbarkeit solcher Bilder. Die Modellbildung erklärt *Dermatome* ebenso wie die *Dezentralisierung erlernten Verhaltens*.

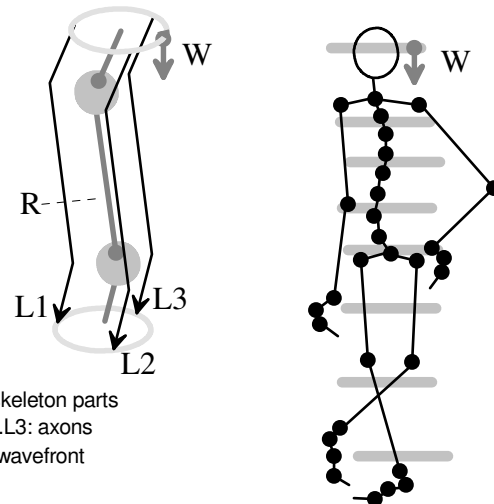


Fig. 4: Interference wavefront model of the human equilibration system.

Mit dem entwickelten theoretischen Apparat kann ausgehend von der Struktur einer Anordnung von Nerven mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Aussage zur Funktion gemacht werden. Umgekehrt läßt sich zur Funktion eine passende, neuronale Struktur angeben. Es entstand ein Manuskript von bislang 250 Seiten, das in Vorbereitung zur Publikation steht.

Neuronale Abbildungen, die biologieggleich eine Übertragung sensorischer Signale über Nervenstränge vornehmen, sind in zwei orientierenden Versuchen anhand von Computersimulationen erfolgreich nachgewiesen worden (siehe Prinzipbild).

Im ersten Versuch wurden die Farbwerte eines (2-dimensionalen) Bildes entsprechend ihrer der Einfachheit halber orthogonal gemessenen Distanz zu Senkenpunkten vierer, um des Bild herum abgehender Nervenstränge ( $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ) in die Nervenstränge hineingeschoben ('Transmitter field'). Auf der Seite des empfangenen Bildes ('Receiver field') wird bei Übereinstimmung vierer Farbwerte ein Treffer registriert. Auf diese Weise konnten erste Bilder übertragen werden. Die seriellen Signalfolgen auf den Nerven lassen sich verdichten, indem der Schwellwert für einen Treffer von vier auf drei und zwei gesenkt wird. Entsprechend häufiger treten dann allerdings Phantombildpunkte auf. Die erste, auf diese Weise erfolgte Faltung und Rückfaltung konnte im Kollegenkreis zu Weihnachten 1993 vorgestellt werden (MS-DOS-Icon, 21\*21 Pixel).

In einem zweiten Versuch wurden die Amplituden eines Bildes als pulsdichtemodulierte Einheitsimpulse unter Beachtung der Laufzeit in vier Nervenstränge (Vektoren) eingeschoben (gefaltet). Am Ende der Nervenstränge wird eine Rückfaltung durch summative Schwellwertbildung und Integration für jeden Bildpunkt vorgenommen. Auf diese Weise gelang es, kleine Bildchen mit

wenigen Bildpunkten zu übertragen. Es konnte festgestellt werden, daß die Gleichpegelfreiheit aller Kanäle eine wichtige Voraussetzung zur Erzielung einer hohen Bildqualität auf der Empfangsseite darstellt.

Die Verfahren sind aufgrund der Rückfaltung sehr rechenzeitintensiv, derzeit werden pro Bild mehrere Minuten auf einem PC-AT benötigt.

Für die Rückfaltung eines vierkanalig aufgenommenen Laufzeitraumes, der mit VGA-Standard (640\*480 pixle) als 2D-Bild (ebene Projektion) wiedergegeben werden soll, sind mit dem

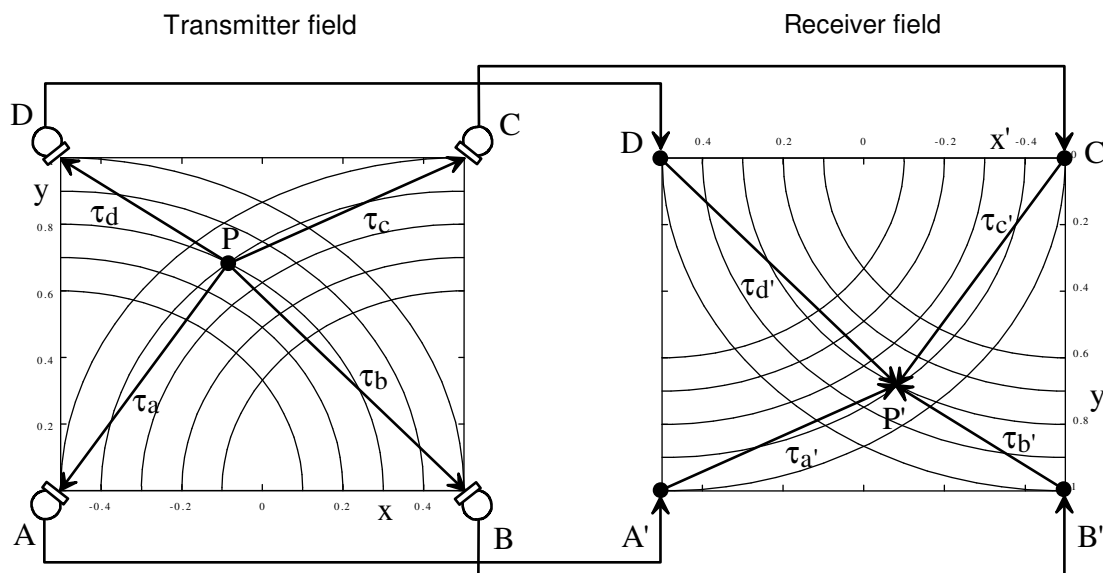


Fig. 5

Neural picture transmission circuit. The circuit was modelled with computer-simulation. It was succesfull, to transmit small pictures (MS-DOS-Logo) over the channels (nervs).

AA'...DD': Serial transmission channels (nervs), modelled as 1-dim. vectors

P: point of the original picture

P': point at the screen.

The delays from every P to every P' along all channels AA'...DD' have to be equal.

entwickelten *Maskenalgorithmus* neben einer Unzahl von Schiebeoperationen 1,2 Mio. Summationen erforderlich. Wird eine dreidimensionale Rekonstruktion erforderlich, ist entsprechend die Anzahl der Bildscheiben in der dritten Dimension zu multiplizieren. Bei einer Auflösung von 640\*640\*640 ergeben sich beispielsweise bei einer sechzehnkanaligen Abtastung/Übertragung etwa 16 Milliarden Summationen.

Die entwickelte Interferenzfaltung erklärt einerseits als *duomediale Abbildung* die *Schallortung* (biologischer) *Lebewesen*. Andererseits erklärt sie die Möglichkeit gerichteter *Adressierung von Information in (nahezu) chaotisch verschalteten, biologischen Systemen*. Für Folgeprojekte wird eine Eignung dieser Übertragungsprinzipien für technische Zwecke geprüft (z.B: für Ultraschall- und Radarbildafnahmen). 1994 soll anhand der erfolgreich verlaufenen Simulationen ein natürlicher Interferenzraum eines biologischen Individuums (homo sapiens) zurückgefaltet werden. Aufmerksamkeit wird dem immensen Rechenleistungsbedarf bereits einfachster Hin- und Rückfaltungen in den Kanalraum gewidmet. Dazu wird eine entsprechend schnelle und angepaßte Hardware entwickelt (PC mit Transputercluster). Perspektivisches Ziel ist die Aufnahme kompletter, neuronaler Laufzeiträume biologischer Individuen. Untersuchungen zur Transformierbarkeit (Zooming, Moving) dieser Bilder im Kanalraum werden folgen.

## Veröffentlichungen, Vorträge und Refrenzen

- 1) Heinz, G.: Neuronale Interferenz- Architekturen. Vortrag an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft FB3, 28.5.93
- 2) Heinz, G.: Neuronale Interferenzen. Öffentlicher Vortrag in der GFaI e.V., Akademiegelände Berlin-Adlershof am 27.8.93
- 3) Heinz, G.: Neuronale Interferenzen. Öffentlicher Vortrag im KI-Labor an der TFH Wedding am 27.10.93.
- 4) Heinz, G.: Relativität neuronaler Impulsausbreitung und neuronale Interferenz. Vortrag TU Berlin, IfM am 27.1.94
- 5) Heinz, G.: Modelling Inherent Communication Principles of Biological Pulse Networks. Journal Systems-Analysis- Modelling- Simulation, (SAMS) Gordon & Breach, London, Vol.15 (1994) Nr. 1
- 6) Heinz, G.: Neuronale Interferenzen oder Impulsinterferenzen in elektrischen Netzwerken. Autor gleich Herausgeber, GFaI-Report vom 15. Juni 1993, 164 S. Bisläng in etwa 10 Exemplaren verteilt.
- 7) Heinz, G.: Neural Interferences. GFaI-Bericht v. 2. Aug. 1993. Manuskript für 'Nature', Status revised. Folgend auf Wunsch in etwa 30 Exemplaren an Fachkollegen versandt.
- 8) Heinz, G.: Neuronale Interferenzen oder Impulsinterferenzen in elektrischen Netzwerken. In Vorbereitung zur Publikation, ca. 250 Seiten.
- 9) Heinz, G.: Beobachtbare Relativität neuronaler Impulsausbreitung. Ein Versuch mit Konsequenzen für die Neuroinformatik. Manuskript für 'Spektrum der Wissenschaft', Berlin, Nov. 1993