

Die Ordnungsschwelle - das unerforschte Phänomen

Curt Menke

Weltneuheit: „Schneller schalten“ = Taktfrequenz Ihres Gehirns beschleunigen

Einen PC mit einer Taktfrequenz von 10 MHz oder gar darunter würde heute wohl niemand mehr anschaffen. Die jetzt üblichen hohen PC-Taktfrequenzen sind aber auch bitter nötig, weil ja die meisten Aufgaben im PC sequentiell abgearbeitet werden. Da ist unser Gehirn zwar erheblich langsamer, aber dank seiner vielen Millionen Parallelrechner doch bei den meisten Aufgaben wesentlich effizienter.

Dank seines Äquivalents von etwa 50.000 (!) Megabytes pro Gehirnhälfte braucht unser Gehirn nur eine Taktfrequenz von etwa 30 Hz (!) zur Bewältigung aller anstehenden Aufgaben. Bei vielen Menschen ist die Taktfrequenz jedoch noch deutlich langsamer. In seinem Bestseller „Die Entdeckung der Langsamkeit“ hat Sten Nadolny in allen Details einen Menschen beschrieben, dessen innere Taktfrequenz im auditiven, visuellen und motorischen Bereich offenbar extrem niedrig liegt. Vielleicht ist der Erfolg dieses Buches auch darauf zurückzuführen, daß sich viele Leser darin wiedergefunden haben. Als Weltneuheit stellt ELV hier ein Gerät vor, mit

dem sich unsere innere Taktfrequenz nicht nur messen, sondern im Regelfall sogar durch Training verbessern läßt. Und damit hat es folgende Bewandnis:

Ein neuartiger Test

Jemand gibt Ihnen einen Kopfhörer, den Sie seitenrichtig aufsetzen. Vor Ihnen auf dem Tisch steht ein kleines pultförmiges Elektronik-Gerät. Als Bedienelemente trägt es auf seiner Oberseite je eine leicht zugängliche Taste zur Rechten und zur Lin-

ken. Jemand instruiert Sie, daß Sie gleich dicht nacheinander im linken und im rechten Ohr je einen Klick hören werden. Ihre Aufgabe besteht lediglich darin, nach diesen beiden Klicks die rechte oder die linke der beiden erwähnten Tasten kurz niederzudrücken, und zwar auf der Seite, von der Sie den ersten Klick gehört haben. Zur Bestätigung Ihrer zutreffenden Reaktion wird eine mittig zwischen den beiden Tasten angeordnete gelbe Leuchtdiode aufblinken. Dann ertönen zwei neue Klicks.

Mutig beginnen Sie mit diesem neuartigen Experiment. Zu Beginn sind Sie beim Drücken der Tasten sehr sicher; die gelbe Leuchtdiode signalisiert Ihnen die Richtigkeit Ihres jeweiligen Tastendrucks. Aber schon nach etwa ein bis zwei Minuten werden Sie gelegentlich etwas unsicher. Ertönte der linke oder der rechte Klick zuerst? Vereinzelt bleibt die Bestätigung durch die gelbe Leuchtdiode aus. Offenbar hat sich der Abstand zwischen den beiden Klicks gegenüber dem Beginn stetig verringert. Schließlich haben Sie den Eindruck, daß jeweils auf vier richtige eine unrichtige Reaktion kommt, daß ihre „Treffquote“ also 80% beträgt und daß sich dieses Verhältnis auch nicht mehr nennenswert verändert. Sie schauen auf die Rückseite des Gerätes und lesen dort auf einem LCD-Display beispielsweise den Wert „38 Millisekunden“ ab. Das ist dann Ihre **gegenwärtige** auditive Ordnungsschwelle.

Was bedeutet „Ordnungsschwelle“?

Wissenschaftlich definiert ist die Ordnungsschwelle diejenige Zeitspanne, die bei einem bestimmten Menschen mindestens zwischen zwei Sinnesreizen verstreichen muß, damit diese in eine Reihenfolge, also eine zeitliche Ordnung, gebracht werden können. Diese Ordnungsschwelle liegt nach Untersuchungen von Professor Ernst Pöppel und dessen Mitarbeitern (1) bei der normalen Population zwischen 30 und 40 Millisekunden. Und zwar nicht etwa nur im auditiven*, sondern ebenso im visuellen** und im kinästhetischen*** Sinnesbereich. Analog zu der oben beschriebenen Messung der auditiven Ordnungsschwelle würde die visuelle Ordnungsschwelle durch das dicht aufeinanderfolgende Aufblitzen zweier Leuchtdioden zu

*Hörbereich, ** Sehbereich, *** Tastbereich



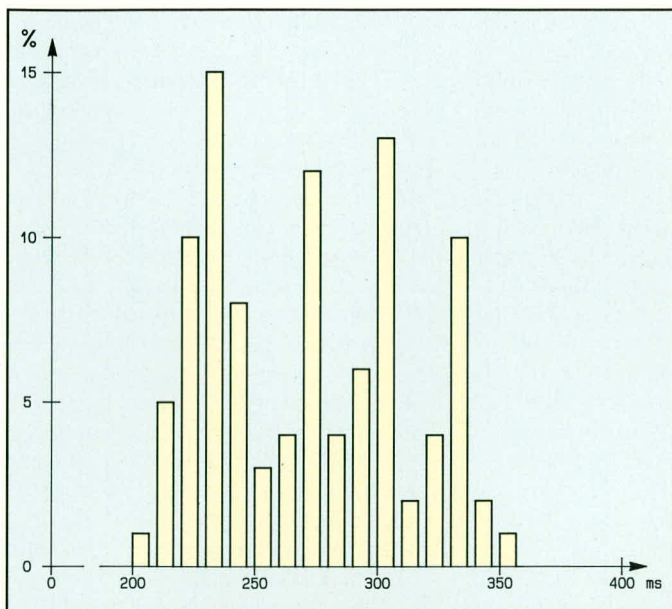


Bild 1:
Akustische
Reaktionszeit in
tausendstel
Sekunden in einer
Entscheidungssituation

ermitteln sein, wobei sich der zeitliche Abstand auch wieder - wie oben beschrieben - in Abhängigkeit von der Richtigkeit der Einzelreaktion verändert. Zum Ermitteln der kinästhetischen Ordnungsschwelle wären taktile Reize zu verwenden.

Welche wesentlich weiterreichende Bedeutung die Ordnungsschwelle in unserer zentralen Verarbeitung von Sinnesreizen hat, hat Dr. J. Ilmberger (2) in sehr geschickt aufgebauten Versuchsreihen nachgewiesen: In seinem Versuchsaufbau hörte der Proband jeweils nur **einen** von zwei möglichen verschiedenen Sinnesreizen und mußte darauf mit dem Drücken **einer** von zwei möglichen Tasten reagieren. Gemessen wurde hier die Zeitspanne zwischen dem Sinnesreiz und der Reaktion. Verständlich, daß diese Zeitspanne deutlich länger war und auch bei ein und derselben Versuchsperson nicht immer konstant war, sondern gewisse Schwankungen zeigte. Aber jetzt kommt das Interessante; denn diese Schwankungen wiesen nicht etwa die zu erwartende Gaußverteilung um einen Mittelwert auf:

Ordnungsschwelle steuert auch Reaktionszeit

Wie aus Abbildung 1 zu erkennen ist, gibt es bei den Reaktionszeiten eindeutige Maxima in regelmäßigen Abständen. Die Abstände dieser Maxima entsprechen genau der zuvor gemessenen Ordnungsschwelle der betreffenden Versuchsperson. Sowohl Pöppel (1) als auch Ilmberger (2) interpretieren diese Ergebnisse übereinstimmend dahingehend, daß unsere Ordnungsschwelle zugleich unsere innere Taktfrequenz darstellt, die auch Erkennungs- und Entscheidungsabläufe verschiedener Art steuert. Wenn also die Versuchsperson bei ihrer Reaktion die erste zeitliche Möglichkeit verpaßt hat, muß offenbar erst

der nächste Zyklus abgewartet werden, um neu zu einer Entscheidungs-Chance zu gelangen. Die Ordnungsschwelle ist somit die Periodendauer ($1/f$) unserer inneren Taktfrequenz.

Das bedeutet aber leider zugleich, daß all die hübschen Game-Boy-Spiele, die unserer heranwachsenden Generation so reichlich angeboten werden und heute fast schon zum Status-Symbol eines Erstkläblers geworden sind, allenfalls zum Zeitvertreib geeignet sind, aber kaum einen Trainingseffekt für geistige Beweglichkeit für sich in Anspruch nehmen können; denn sie sind ebenso wie der im vorigen Absatz beschriebene Reaktionstest schlicht abhängig von der individuellen Ordnungsschwelle des betreffenden Kindes, die sie schwerlich verändern können.

Der Vocoder und die Ordnungsschwelle

Wenn man sich genauer mit der Ordnungsschwelle und ihrer offenkundigen Bedeutung für unsere zentrale Verarbeitung aller sensorischen Reize - einschließlich der vorstellbaren Möglichkeit einer Beschleunigung dieser Taktfrequenz durch systematisches Training - befaßt, stößt man auf einen überraschenden Zusammenhang mit einem ganz anderen Arbeitsgebiet, nämlich der Sprachverschlüsselung: Diplomaten, Geheimdienste, Militärs und auch Geschäftsleute in aller Welt sind darauf angewiesen, daß ihre drahtlosen oder drahtgebundenen Telefongespräche nicht unbefugt abgehört werden. Zu diesem Zweck gibt es Sprachverschlüsselungsgeräte, sogenannte Vocoder. Eine verbreitete Ausführung dieser Vocoder tastet den Sprachfluß in regelmäßigen zeitlichen Abständen ab und verschlüsselt das Ergebnis, das dann auf die Leitung oder den Sender gegeben wird.

Am anderen Ende dieser Übertragungsstrecke werden diese codierten „Samples“ wieder decodiert und zusammengefügt. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen war man bei der Entwicklung dieser Verfahren stets bemüht, den Abstand der einzelnen Samples voneinander möglichst groß zu halten. Aber eine verständliche Übertragung kam nur zustande, wenn dieser Abstand der einzelnen Samples voneinander unter 40 Millisekunden (!) lag. Kein Wunder - in diesem Zeitbereich liegen auch die kürzesten zu übertragenden Konsonanten b - d - g - k - p - t. Nun wird deutlich, weshalb für eine einwandfreie Spracherkennung in unserem Gehirn ebenfalls in diesem Rhythmus abgetastet werden muß, vor allem die auditive Ordnungsschwelle also im Bereich zwischen 30 und 40 Millisekunden liegen sollte.

Ordnungsschwelle und Sprachaufbau

Pöppel und Ilmberger haben ihre Messungen der Ordnungsschwelle an Erwachsenen und Kindern mit regulärer zentraler Sinnesverarbeitung durchgeführt und dabei die erwähnten Werte von 30 bis 40 Millisekunden erhalten. Die einzige Ausnahme sind Messungen an Aphasikern gewesen, also Menschen, deren sprachliche Fähigkeiten nach einem linksseitigen Hirnschlag stark eingeschränkt waren. Bei diesen Patienten ergaben sich erheblich verlangsamte auditive Ordnungsschwellen in der Größenordnung von 100 Millisekunden. In ihrer weiteren Arbeit haben Pöppel, Ilmberger und Steinbüchel (3) versucht, die verlangsamte auditive Ordnungsschwelle dieser aphasischen Patienten dadurch zu verkürzen, daß sie den betreffenden Patienten sofort nach ihrer Reaktion auf die beiden Klicks die Richtigkeit oder Unrichtigkeit ihrer Reaktion zurückmeldeten. Schon dieses recht einfache Training ergab bereits eine Verbesserung der Ordnungsschwellenwerte und einen beschleunigten Sprachaufbau der betroffenen Patienten.

Deshalb ist es besonders erstaunlich, daß bisher niemand ernsthaft geprüft hat, ob auch ein Zusammenhang zwischen der Ordnungsschwelle, einem beeinträchtigten Sprachaufbau und Lese-Rechtschreib-Problemen besteht. Lediglich an der Rutgers University Newark hat Frau Professor Paula Tallal in jüngster Zeit gewisse Feststellungen (4) getroffen, die diese Annahme noch wahrscheinlicher machen: Auch sie hat zunächst festgestellt, daß bei manchen Kindern die Sprachentwicklung beeinträchtigt ist, obwohl keine unmittelbaren Störungen des peripheren Hörens oder mit bisherigen Mitteln meßbare Beeinträchtigungen der Hirnfunktionen vorliegen. Durch systematische Untersuchungen

gen kamen Frau Tallal und ihre Mitarbeiter dann zu dem Ergebnis, daß beispielsweise bei frühkindlichen Sprachentwicklungsstörungen häufig eine Beeinträchtigung der Sprachwahrnehmung, also der zentralen Hörverarbeitung, vorliegt. Diese Kinder können bestimmte rasche akustische Signalwechsel in der gesprochenen Sprache nicht richtig verarbeiten. Wurden diese Sprachlaute - insbesondere der Übergang von kurzen Konsonanten zu Vokalen - mit Hilfe eines Computer-Programms künstlich verlängert, konnten die betroffenen Kinder die Laute plötzlich gut verstehen.

Hier drängt sich beim Zusammenfügen aller bisherigen Informationen dieses Beitrages förmlich die Annahme auf, daß bei den von Frau Tallal untersuchten Kindern die Ordnungsschwelle verlangsamt war. Das wäre zumindest die plausibelste Erklärung dafür, daß nach der vom Computer vorgenommenen Verlängerung des Überganges vom Konsonanten zum Vokal die Erkennbarkeit gesichert wurde; denn nun paßte dieser verlängerte Übergang in die vermutlich ebenfalls langsamere Ordnungsschwelle dieser Kinder wieder hinein.

Reihenuntersuchung der Ordnungsschwellen bei Kindern

Um diese Annahme zu überprüfen, wurde mit umfänglicher materieller Unterstützung durch ELV in einer deutschen Grundschule - nach Einholung der Genehmigung seitens der zuständigen Behörden und der Eltern - als erster Schritt an jeweils etwa vierzig Kindern aller vier Jahrgangsstufen die Ordnungsschwelle gemessen, und zwar bewußt in einem normalen Klassenzimmer, weil dieses ja auch die typische Lernumgebung dieser Schulkinder für den üblichen Unterricht darstellt. Die detaillierten Einzelergebnisse dieser Messungen können im Augenblick noch nicht veröffentlicht werden, weil wir damit in unzulässiger Weise einer noch unveröffentlichten Examensarbeit vorgeifen würden. Soviel läßt sich aber heute schon als erstes, alarmierendes Ergebnis dieser Bestandsaufnahme feststellen:

Da sowohl Pöppel als auch Ilmberger noch einmal bestätigt haben, daß ihre Anfang der achtziger Jahre vorgenommenen Messungen der Ordnungsschwelle auch bei Kindern die oben erwähnten Werte von 30 bis 40 Millisekunden erbracht hatten, muß davon ausgegangen werden, daß sich in diesem reichlichen Jahrzehnt eine fast dramatisch zu nennende Veränderung in den Ordnungsschwellen-Werten unserer jetzt heranwachsenden Generation vollzogen hat, ohne daß dies bisher irgend jemandem aufgefallen wäre:

Die aus diesen Messungen zur Veröffentlichung freigegebenen Durchschnittswerte der Ordnungsschwellen betragen bei

den Erstkläßlern 136 Millisekunden, bei den Zweitkläßlern 125 Millisekunden, bei den Drittkläßlern 139 Millisekunden und bei den Viertkläßlern 133 Millisekunden. Dabei gab es aber erfreulicherweise auch noch Kinder mit Ordnungsschwellen-Werten unter 100 Millisekunden. Aufgrund dieser überraschenden, aber zugleich beunruhigenden Feststellungen entstanden die Überlegung und der Wunsch, **allen** interessierten Menschen - und zunächst allen ELV-Freunden - eine Chance zu verschaffen, ihre eigene Ordnungsschwelle zumindest zu messen und nach Möglichkeit darüber hinaus auch das Trainieren einer als unbefriedigend erlebten Ordnungsschwelle zu ermöglichen:

Ordnungsschwellen-Tester+Trainer OTT-2000

Die Antwort auf diese Herausforderung ist der Ordnungsschwellen-Tester+Trainer OTT-2000. Er erlaubt in der eingangs beschriebenen Weise zunächst die Messung der auditiven Ordnungsschwelle über Kopfhörer. Beim Einschalten des Gerätes ertönen die beiden Klicks mit einem zeitlichen Abstand von vorsorglich zunächst 100 Millisekunden, wobei natürlich die Reihenfolge jedesmal neu zufallsgesteuert ist. Mit jedem seitenrichtigen Tastendruck verringert sich dieser zeitliche Abstand um eine Millisekunde; mit jedem falschen Tastendruck erhöht er sich um vier Millisekunden. So ist sehr bald die zutreffende auditive Ordnungsschwelle ermittelt.

Vor dem Umschalten auf die Messung der visuellen Ordnungsschwelle wird der Kopfhörer abgesetzt, und der Proband blickt auf die beiden grünen Leuchtdioden, die nun - ebenfalls beginnend mit 100 Millisekunden und ebenfalls zufallsgesteuert - nacheinander aufleuchten. Auch hier vollzieht sich derselbe Meßablauf mit einer Verkürzung um eine Millisekunde bei richtiger und Verlängerung um vier Millisekunden bei falscher Reaktion. So ist auch hier bald die individuelle visuelle Ordnungsschwelle festgestellt. Bei Menschen mit einer verlangsamt auditiven Ordnungsschwelle, die für den Umgang mit Sprache besonders folgenreich ist, liegt diese visuelle Ordnungsschwelle häufig bei deutlich kürzeren Werten. Und genau das ist der Ansatz für das angekündigte Ordnungsschwellen-Training:

Jetzt setzen Sie als Trainingswilliger nämlich den Kopfhörer wieder auf und schalten das Gerät neu ein in der Stellung VISUELL+AUDITIV, die durch die Symbole für Auge und Ohr gekennzeichnet ist. Sie nehmen den auditiven Sinnesreiz, also die beiden Klicks, absolut synchron mit dem visuellen Sinnesreiz wahr, also dem Aufleuchten der beiden grünen Leuchtdioden. Wiederum verkürzt sich die Zeit-

spanne zwischen dem ersten und dem zweiten Sinnesreiz bei jeder zutreffenden Reaktion um eine Millisekunde und verlängert sich bei jeder falschen Reaktion um vier Millisekunden. Das Überraschende: Bei dieser gleichzeitigen auditiv-visuellen Arbeit erzielen viele Probanden schon beim ersten Durchlauf bessere Werte als bei den beiden vorangegangenen Einzelabläufen.

Erfreuliche erste Trainingserfolge

Damit aber nicht genug; wird gleich danach eine weitere Messung der auditiven Ordnungsschwelle vorgenommen, so stellt sich sehr häufig schon nach diesem ersten Trainingsdurchlauf eine Verkürzung der so wichtigen auditiven Ordnungsschwelle ein. Das hat sich bei den oben erwähnten Untersuchungen an der deutschen Grundschule auf breiter Basis bestätigt: Beim erneuten Messen der auditiven Ordnungsschwelle im Anschluß an den gleichzeitigen auditiv-visuellen Trainingsablauf erzielten 53% dieser Grundschulkinder bereits deutliche Verbesserungen. Um diese Verbesserungen allerdings aufrechtzuerhalten, muß natürlich stetig weitertrainiert werden. Da aber ein auditiv-visueller Trainingsdurchlauf bis zum Erreichen optimaler Werte selten mehr als zehn Minuten erfordert, sind wir zuversichtlich, daß auch viele Leser dieses Beitrages den Wunsch haben werden, den OTT-2000 zu besitzen und so ihre eigene interne Taktfrequenz - und sicher auch die ihrer übrigen Familie, vor allem ihrer Kinder - auf den bestmöglichen Wert zu steigern. Im nächsten „ELVjournal“ werden der genaue Schaltungsaufbau und der Nachbau des Gerätes beschrieben, das mit Rücksicht auf die erwarteten professionellen Anwender, wie beispielsweise Sozialpädiatrische Zentren (SPZs), Kinderärzte, HNO-Ärzte, Psychologen, Logopäden, Ergotherapeuten, Sprachheiltherapeuten, und Legasthietherapeuten, auch als Fertigerät verfügbar sein wird. **ELV**

Literatur

- (1) E. Pöppel „Grenzen des Bewußtseins“, DVA Stuttgart (1985), ISBN 34210277358, Seite 9-26
- (2) J.- Ilmberger „Auditory Excitability Cycles in Choice Reaction Time and Order Threshold“, Naturwissenschaften 73 (1986), Seite 743-744
- (3) N.v. Steinbüchel, J. Ilmberger, E. Pöppel „Selective Improvement of Auditory Order Threshold in Aphasic Patients“, International Journal of Psychophysiology, 11 (1991), Seite 78
- (4) P. Tallal, R.L. Sainburg, T. Jernigan „The Neuropathology of Developmental Dysphasia: Behavioural, Morphological and Physiological Evidence of a Pervasive Temporal Processing Disorder“ Reading and Writing 3 (1991), Seite 363-377