

Protokoll

Psychophysik Reflexe Sensomotorik

Dienstag 30.03.2004

Gruppe B2D

Christoph Schwörer

Daniel Kersting

Senid Maslesa

Prolog

Die Psychophysik, auch subjektive Sinnesphysiologie genannt, unterscheidet sich zur objektiven Sinnesphysiologie darin, dass die durch Reize verursachte Erregung nicht im Körper direkt (z.B. Versuch Insekten ERG) gemessen werden sondern die Stärke der Empfindung durch eine Versuchsperson angegeben wird.

Trotz der Subjektivität der Messungen existieren aber auch in der Psychophysik bestimmte allgemein gültige Gesetze und Rechenregeln. So setzt beispielsweise die Steven'sche Potenzfunktion ($E = k(S-S_0)^n$ mit E = Empfindungsintensität; n = ein vom Receptortyp abhängiger positiver Wert; S = Reizwert; S_0 = Schwellwert) den Empfindungswert zum Reizwert in Proportion.

Es gibt aber auch Reize die nicht nur zu einer Empfindung führen sondern auch zu einer direkten (meist Motorischen) Reaktion des Körpers führen. Diese unwillkürlichen, mit kurzer Latenz ablaufenden Reaktionen werden Reflexe genannt.

Versuchsteil I:

Bestimmung der absoluten Hörschwelle des Menschen

Einleitung

Der Mensch ist in der Lage Frequenzen von ca. 15 Hz bis 17-21 kHz wahrzunehmen. Der beim Sprechen verwendete Bereich („Sprachbereich“) liegt hierbei zwischen 300 Hz und 5000 Hz.

Nicht jede Frequenz ist bei gleich niedrigem Schalldruckpegel hörbar. So erfordert es wesentlich geringeren Schalldruckpegel um Frequenzen im Sprachbereich wahrzunehmen als außerhalb dieses Frequenzbereichs.

Der minimale Schalldruckpegel ab dem eine bestimmte Frequenz hörbar ist wird Hörschwelle genannt.

Methode

In diesem Versuch wird der Versuchsperson ein Köpfhörer aufgesetzt der mit einem Reizgenerator verbunden ist. Dieser kann Impulse in einem Frequenzbereich von 15 Hz bis >30 kHz bei verschiedenem Schalldruck erzeugen.

Nun werden verschiedenen Frequenzen, anfangend bei 20 Hz (50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 Hz) bei einem eindeutig hörbaren Schalldruckpegel eingestellt und anschließend der Schalldruckpegel gesenkt bis die Frequenz von der Versuchsperson eindeutig nicht mehr wahrgenommen werden kann. Anschließend wird der Schalldruckpegel wieder gesteigert bis die Versuchsperson die Impulse wieder hören kann (Dieser eingestellte Schalldruckpegel sollte jedoch geringer liegen als der zuvor eingestellte maximale Pegel). Diese Prozedur wird solange auf und ab wiederholt bis man eine Genauigkeit von 0.5 dB SPL erreicht hat. Das Angewandte Verfahren wird als „Staircase Prozedur“ bezeichnet.

Die bei den verschiedenen Frequenzen gemessenen Schalldruckpegel werden zur Auswertung protokolliert.

Anschließend werden noch die oberen und unteren absoluten Hörschwellen gemessen indem ein Schalldruckpegel von 95 dB SPL am Gerät eingestellt wird und die Frequenz solange gesteigert bzw. gesenkt wird, bis kein Ton mehr hörbar ist.

Ergebnisse:

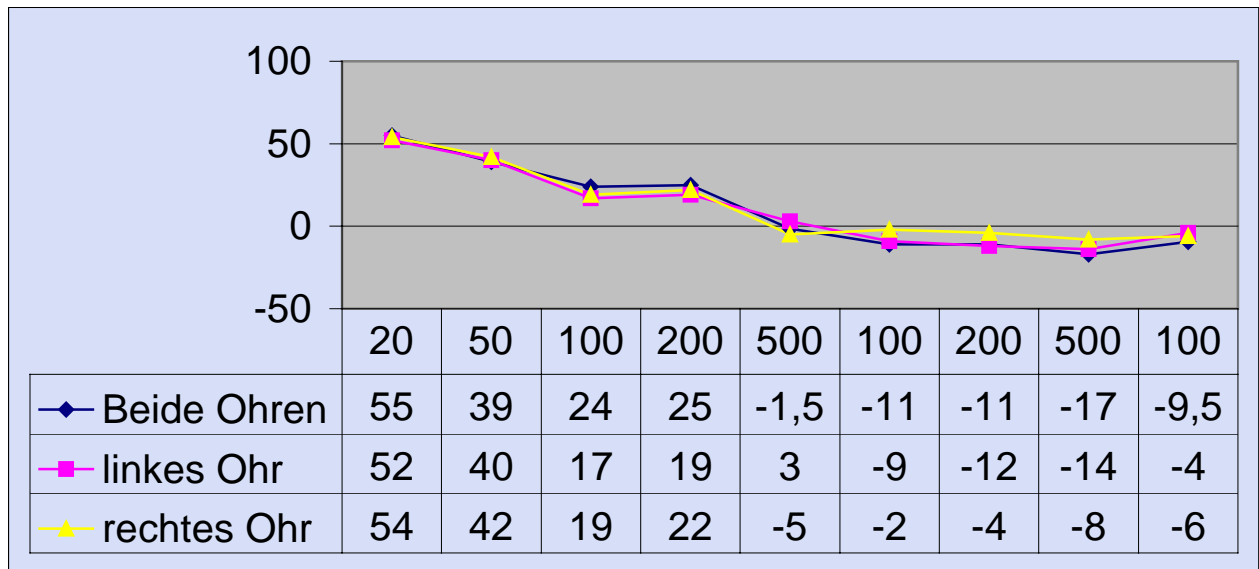


Abb. 1.1

Erwartungsgemäß war das Hörvermögen der Testperson im Sprachbereich am besten, d.h. es wird der niedrigste Schalldruckpegel benötigt um noch etwas wahrzunehmen. Außerhalb des Sprachbereichs steigt die Kurve zu beiden Seiten hin an.

Die absolute obere Hörschwelle der Testperson lag bei 20700 Hz.

Die absolute untere Hörschwelle der Testperson lag bei 15 Hz (Niedrigst mögliche Einstellung des Testgerätes, es ist also durchaus möglich das die tatsächliche absolute untere Hörschwelle noch tiefer liegt als im Versuch bestimmt.)

Diskussion:

Wenn man die Kurve aus Abb. 1.1 mit Literaturwerten vergleicht lässt sich eine grobe Übereinstimmung im Kurvenverlauf feststellen. Allerdings liegen die gemessenen Wert um ein Stück nach unten verschoben. Weiterhin fällt auf, dass bei dem Versuch mit beiden Ohren meist ein besseres Ergebnis erzielt wurde als nur mit einem Ohr.

Die absolute Hörschwelle der Testperson liegt sehr hoch jedoch noch gut im Bereich des Möglichen.

Versuchsteil II:

Akustische Richtungslokalisierung beim Menschen

Einleitung:

Um auf Gefahren außerhalb seines Gesichtsfeldes reagieren zu können ist es unverzichtbar eine ungefähre Richtung des gehörten angeben zu können. So gehört die Richtungslokalisierung zu einer der wichtigsten Fähigkeiten des Menschen. Dies wird ermöglicht durch das „binaurale“ hören, also das hören mit 2 Ohren. Das binaurale hören wird durch 2 Faktoren bestimmt. Zum einen durch die Zeitliche Verzögerung mit der ein akustischer Reiz an beiden Ohren wahrgenommen wird. Wenn ein Geräusch beispielsweise von rechts kommt so wird der Reiz zuerst am rechten Ohr und mit kurzer Verzögerung erst am linken Ohr wahrgenommen. Der zweite bestimmende Faktor ist die Lautstärke des Geräusches, also der Schalldruck im Ohr. Der Reiz scheint immer aus der Richtung zu kommen aus der er lauter wahrgenommen wird. So ein Reiz der auf dem linken Ohr lauter wahrgenommen wird als auf dem rechten, „von links“ kommen.

Teil 1: Bestimmung der binauralen Zeitdifferenzschwelle

Methode:

Der Versuchsperson werden Kopfhörer aufgesetzt die mit einem Reizgenerator verbunden sind der ein kurzes Klicken erzeugt. Am Reizgenerator lassen sich für den rechten und linken Kanal der Kopfhörer verschiedene Verzögerungen (Im Bereich zwischen 0-9999 μ s) einstellen. Nun wird am Reizgenerator ein fester wert von 1000 μ s Verzögerung für das rechte Ohr eingestellt und die Verzögerung am linken Ohr um +- 100 μ s Variiert. Die Versuchsperson, die nicht weiß wie das gerät eingestellt ist, muss nun angeben ob das Geräusch von links oder rechts kommt. Die Angabe „Mitte“ ist hierbei nicht zulässig.

Protokolliert werden nun die Angaben der Versuchsperson bei zufällig eingestellten werden im oben angegebenen Testbereich und anschließend ausgewertet.

Ergebnisse:

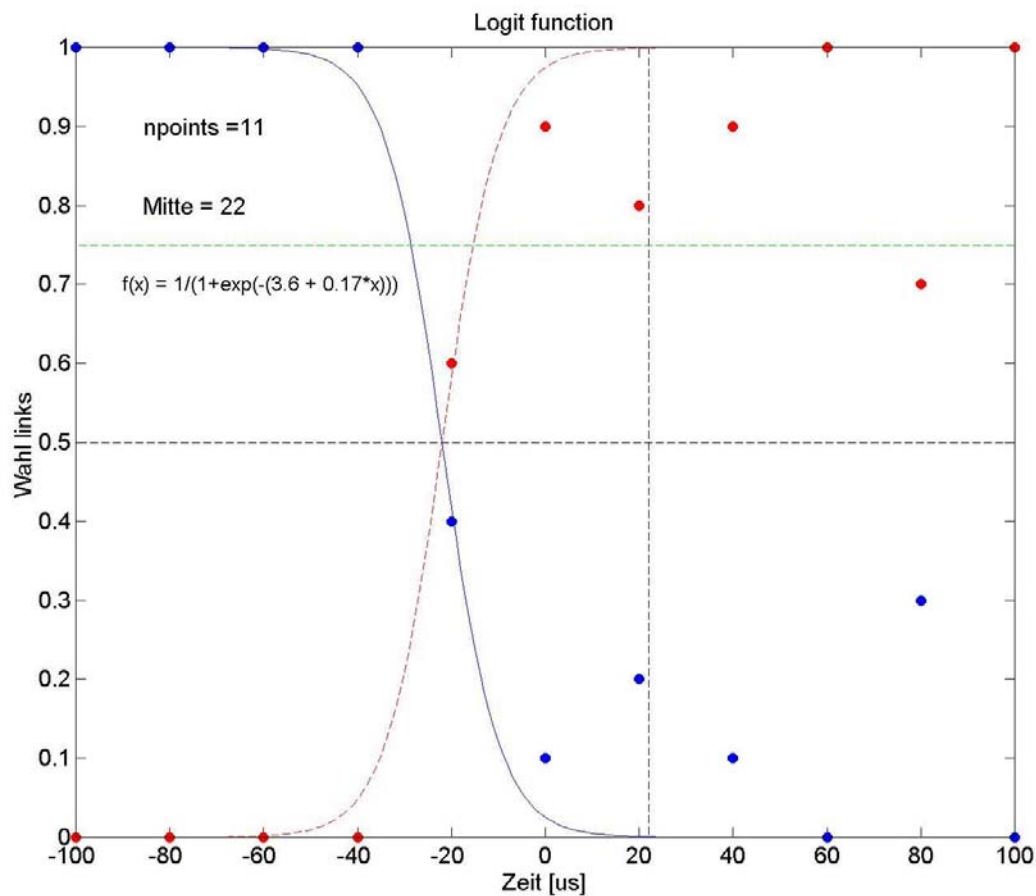


Abb. 2.1

Wie man aus dem Schaubild (Abb. 2.1) erkennen kann ist beim „Mittelpunkt“ ein Vorzeichenfehler aufgetreten. Dieser liegt bei -22 und nicht bei 22 . Als Kriterium für ein „sicheres“ Ergebnis bei einem psychophysischen Versuch wird eine 75% Schwelle gesetzt. Bei der Versuchsperson liegt diese Schwelle bei $-28,24\mu\text{s}$ nach links und $-14,76\mu\text{s}$. Die binaurale Zeitdifferenzschwelle entspricht dem Zeitabstand der subjektiven Mitte zum 75%-Wert, für den Probanden also $6,75\mu\text{s}$

Der Winkel zur Vorrausrichtung berechnet sich wie folgt:

$$\sin \alpha = \Delta l / d$$

$$\Delta t = \Delta l / c \rightarrow \Delta l = \Delta t * c$$

Also ist: $\sin \alpha = (\Delta t * c) / d$, wobei:

α der gesuchte Winkel zur Vorrausrichtung,

Δt die Zeitverzögerung (in diesem Fall $6,75\mu\text{s}$),

c die Schallgeschwindigkeit in der Luft (330m/s) und

d der durchschnittliche Ohrenabstand beim Menschen (20 cm) ist.

$$\text{Es ergibt sich: } \sin \alpha = (6,75\mu\text{s} * 330\text{m/s}) / 20\text{cm} = 0,0111 \rightarrow \alpha = 0,64^\circ$$

Teil 2: Die relative Bedeutung von Schalldruck und Laufzeitunterschieden für das Richtungshören beim Menschen („trading Messung“)

Methode:

Wie auch beim vorigen Versuch werden der Versuchsperson auch diesmal Kopfhörer aufgesetzt und ein seitlich verzögertes Geräusch vorgespielt. Allerdings wird diesmal nicht die Verzögerung verändert sondern die Lautstärke auf der „verzögerten“ Seite, solange bis die Versuchsperson angibt, das Geräusch käme aus der Mitte. Die so ermittelten Werte werden in ein Diagramm eingetragen und anschließend wird eine Ausgleichsgerade ermittelt und eingezeichnet.

Ergebnisse:

Tabelle 1.1

Verzögerung	Durchgänge					Mittelwert
	1	2	3	4	5	
-100	-9	-6	-7,5	-9	-6	-7,5
-50	-7,5	-4,5	-1,5	-3	-6	-4,5
0	0	0	4,5	3	1,5	1,8
50	3	3	0	4,5	6	3,3
100	1,5	1,5	7,5	7,5	4,5	4,5

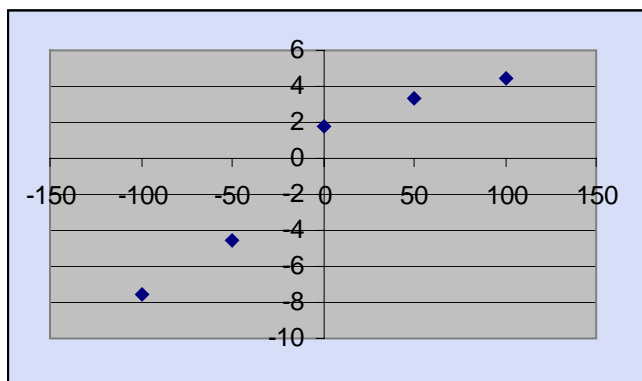


Abb. 2.2

Diskussion:

Durchgeführt wurde der sogenannte Patellarsehnenreflex. Hierbei wurde die Ferse der Versuchsperson mit Kontaktgel bestrichen und mit einem Elektrischen Kontakt in Verbindung gebracht. Um die Kontaktschleife zu schließen musste die Versuchsperson den zweiten Kontakt in der Hand halten. Die Zwei Kontakte waren über einen Zeitmesser miteinander verbunden. Nun wurde der Versuchsperson mit einem Hammer an dem sich ein

dritter Kontakt befand unterhalb der Kniescheibe auf die Patellarsehne geschlagen. Dieser Kontakt setzte den Zeitmesser in Gang. Die Unterbrechung der Kontaktschleife durch das nach vorne zucken des Unterschenkels durch den ausgelösten Reflex beendete die Zeitmessung wieder. In diesem Zustand wurde der Versuch 16 mal wiederholt und die Ergebnisse notiert. (Tabelle 3.1) Anschließend musste die Versuchsperson den Ganzen Körper in eine Grundspannung versetzen und der Versuch wurde weitere 16 Male wiederholt und die Ergebnisse notiert. (Tabelle 3.1) Anschließend wurde das Knie der Versuchsperson mit dem Hammer nur berührt um der Versuchsperson ein Signal zu geben ohne einen Reflex auszulösen. Die Person sollte so schnell wie möglich den Kontakt der Ferse unterbrechen,. Dieser Versuch wurde weitere 16 mal wiederholt und die Ergebnisse notiert. (Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1

Durchgänge	Reaktionszeit		
	entspannt	angespannt	willentlich
1	116	146	310
2	182	156	291
3	154	128	473
4	152	118	338
5	177	113	312
6	218	122	364
7	255	154	375
8	143	126	431
9	210	133	312
10	218	134	379
11	155	120	377
12	236	189	363
13	259	118	468
14	267	220	357
15	179	161	480
16	322	137	310
Mittlewert	202,69	142,19	371,25
Standartabweichung	51,93	27,13	58,21

Diskussion:

Man erkennt deutlich die Abweichungen zwischen entspannter und angespannter Körperhaltung. Diese liegen weit jenseits der 5% die allgemein als „Standartabweichung“ zulässig sind. Beim Wilcoxon Verfahren lagen beide Messreihen außerhalb dieser Maximalabweichung. Die Messergebnisse sind im unwillkürlichen Bereich recht hoch aber noch im vertretbaren Bereich. Die willkürliche Reaktion ist erwartungsgemäß extrem niedrig. Die starke Standartabweichung weist auf eine erhöhte körperliche Unruhe hin.

Versuchsteil IV:

Sensomotorische Integration

Einleitung:

Methode:

Bei diesem Versuch wurde der Kopf der Testperson mit Hilfe eines Gestells so fixiert, dass die Augen 57cm entfernt vom Bildschirm lagen. Anschließend wurde ein Infrarotsensor am linken Auge angebracht der die Augenbewegung maß und an einen Computer weitergab. Es wurden 4 verschiedene Versuchsreihen durchgeführt. Jeweils eine zur Linearität der Augenbewegung, zur glatten Augenbewegung, zur Augenbewegung beim Lesen und eine zu den Sakkaden des Auges. Beim Versuch zur Linearität musste die Versuchsperson jeweils einen weißen Balken auf dem Monitor fixieren der in 2° Schritten von -10° bis $+10^\circ$ eingeblendet wurde fixieren. Anschließend wurde die glatte Augenbewegung in drei Versuchen gemessen. Hierbei musste die Versuchsperson zuerst einen Weißen Punkt auf schwarzem Hintergrund fixieren, der sich mit sinusförmiger Geschwindigkeit im -10° bis $+10^\circ$ Bereich bewegte. Beim 2. Versuch wurde der Monitor abgeschaltet und die Versuchsperson sollte versuchen die Augenbewegung im vorhergehenden Versuch zu wiederholen. Beim 3. Versuch wurde der Monitor wieder eingeschaltet und die Versuchsperson musste den selben Punkt auf einem Strukturierten Hintergrund verfolgen. Nun wurde der Versuchsperson zu dem Versuch der Augenbewegungen beim Lesen ein normaler Deutscher Text eingeblendet und die Augenbewegungen beim lesen aufgezeichnet. Anschließend wurden der Versuchsperson ein englischer Text, ein Gedicht und ein Text mit schweren Rechtschreibfehlern eingeblendet und die Augenbewegungen wiederum aufgezeichnet.

Ergebnisse:

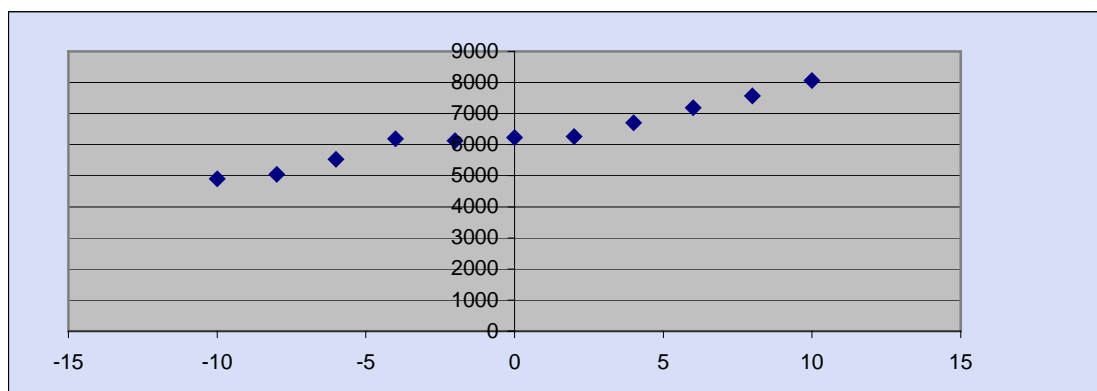


Abb. 4.1(X-Achse: Ausrichtung [°] Y-Achse: Horiz. Augenposition[mm])

In Abb. 4.1 dargestellt ist der lineare Zusammenhang zwischen tatsächlicher und gemessener Augenbewegung. Man erkennt auf beiden Seiten der Achse ein recht lineares Messergebnis. Die Verschiebung der Geraden nach links lässt auf eine Verschiebung des Messmittelpunktes schließen.

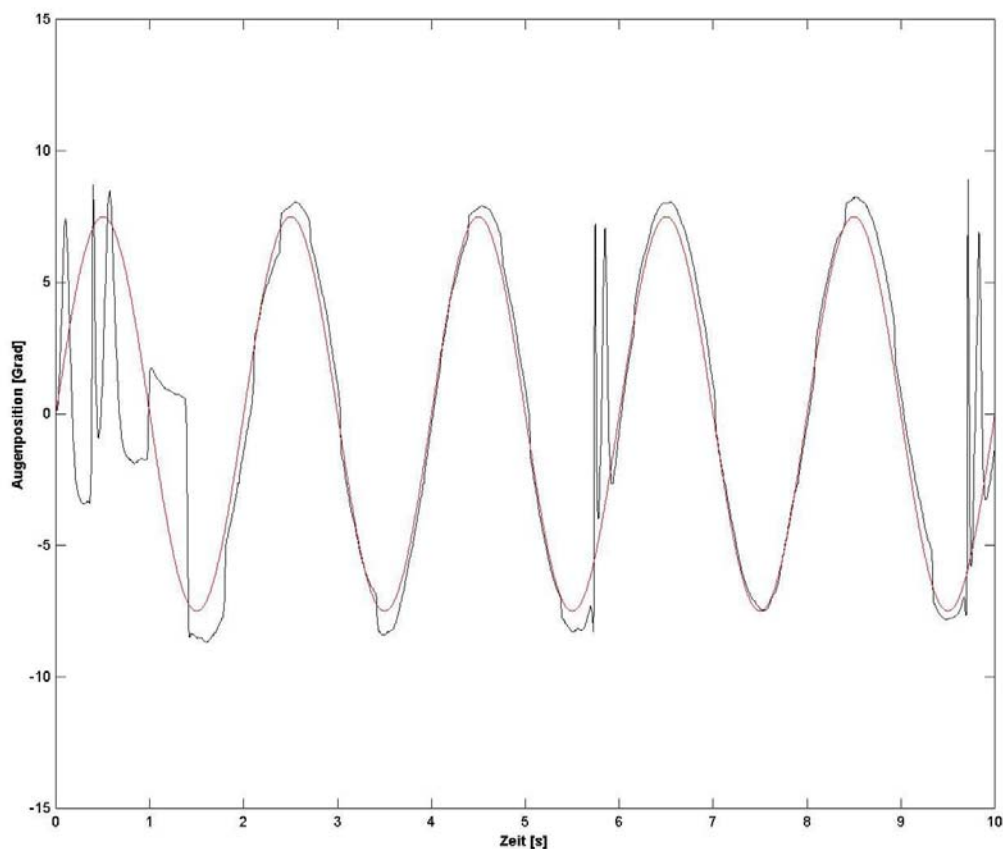


Abb. 4.2 (Lineare Augenbewegung bei eingeschaltetem Bildschirm)

Wie man deutlich erkennt braucht die Versuchsperson ca. 1 Sekunde um den Punkt zu fokussieren und dem Punkt mit den Augen zu folgen. Ist dies aber erst einmal erfolgt bleibt die Augenbewegung, bis auf einen kurzen Ausschlag bei Sekunde 6 sehr nah der tatsächlichen Bewegung des Punktes. Dieser kurze Ausschlag wird sehr vermutlich ein kurzer Lidschlag der Testperson sein.

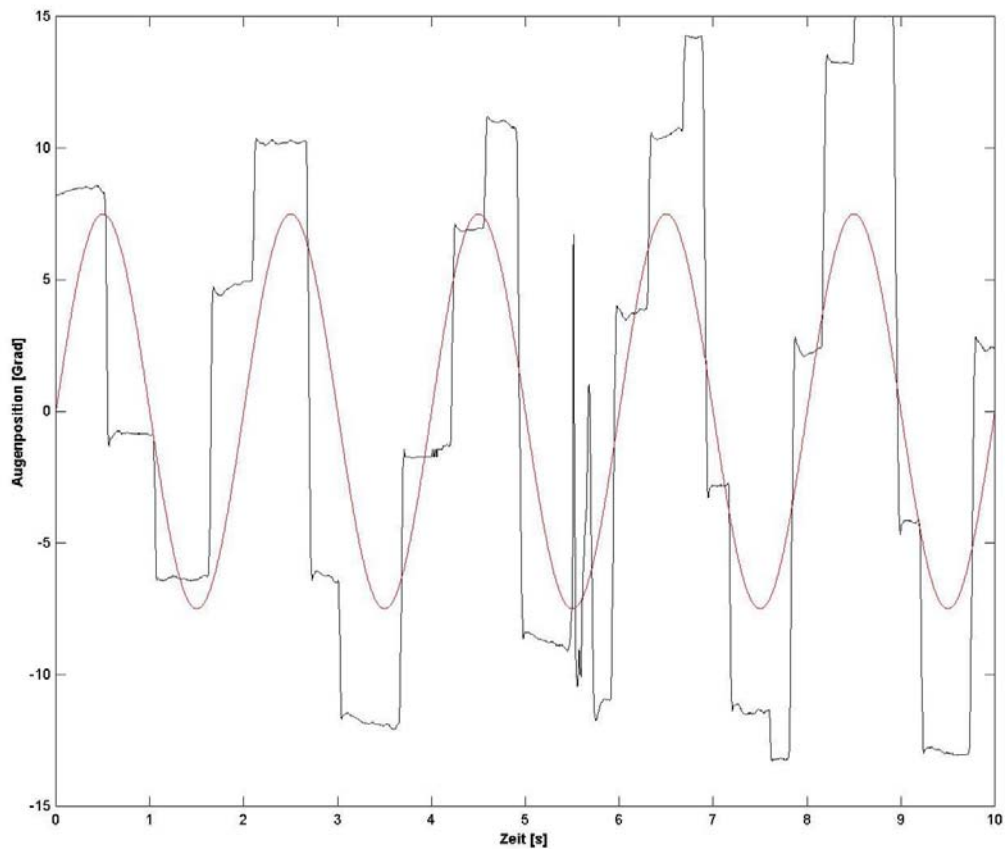


Abb. 4.3 (Lineare Augenbewegung bei ausgeschaltetem Monitor)

Man erkennt deutlich, dass die Augenbewegung nicht mehr linear sondern sehr sprunghaft verlief. Die Geschwindigkeit des Punktes wurde recht gut eingehalten jedoch wird der Ausschlag nach rechts bzw. links zum Ende hin immer größer.

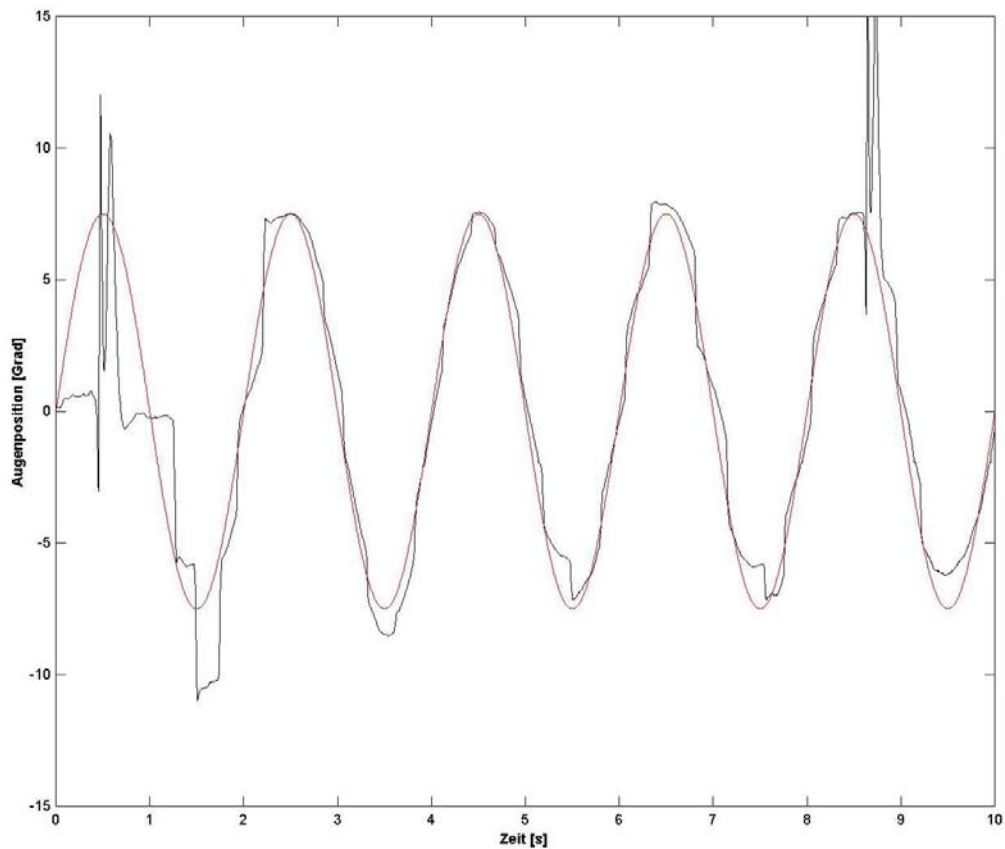


Abb. 4.4 (Lineare Augenbewegung auf strukturiertem Hintergrund)

Im Vergleich mit Abb. 4.2 sieht man, dass es ca. die doppelte Zeit, also 2 Sekunden, dauert bis die Versuchsperson den sich bewegenden Punkt auf dem Strukturierten Hintergrund ausgemacht hat und ihn fokussiert. Ist dies aber einmal geschehen folgt der Fokus fast ideal dem Punkt.

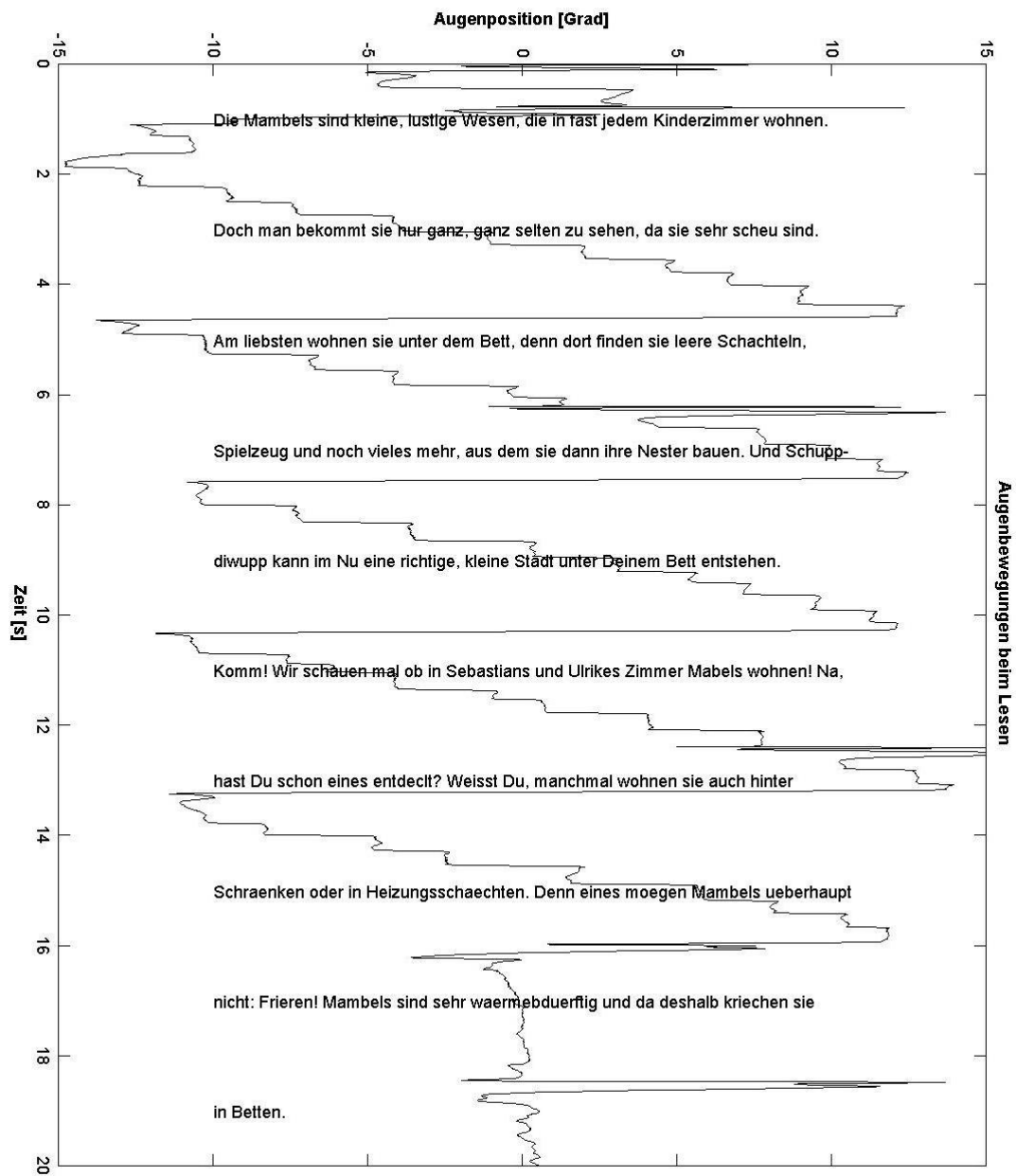


Abb. 4.5 (Augenbewegung bei einem deutschen, recht einfachem Text)

Man erkennt, dass beim lesen das Wort meist sehr schnell mit dem Auge überflogen wird, der Fokus dann aber eine kurze Zeit am Wortende bleibt. Da es sich um einen recht einfachen Text handelt gibt es so gut wie keine Rücksprünge innerhalb einer Zeile um einen Teil erneut zu lesen.

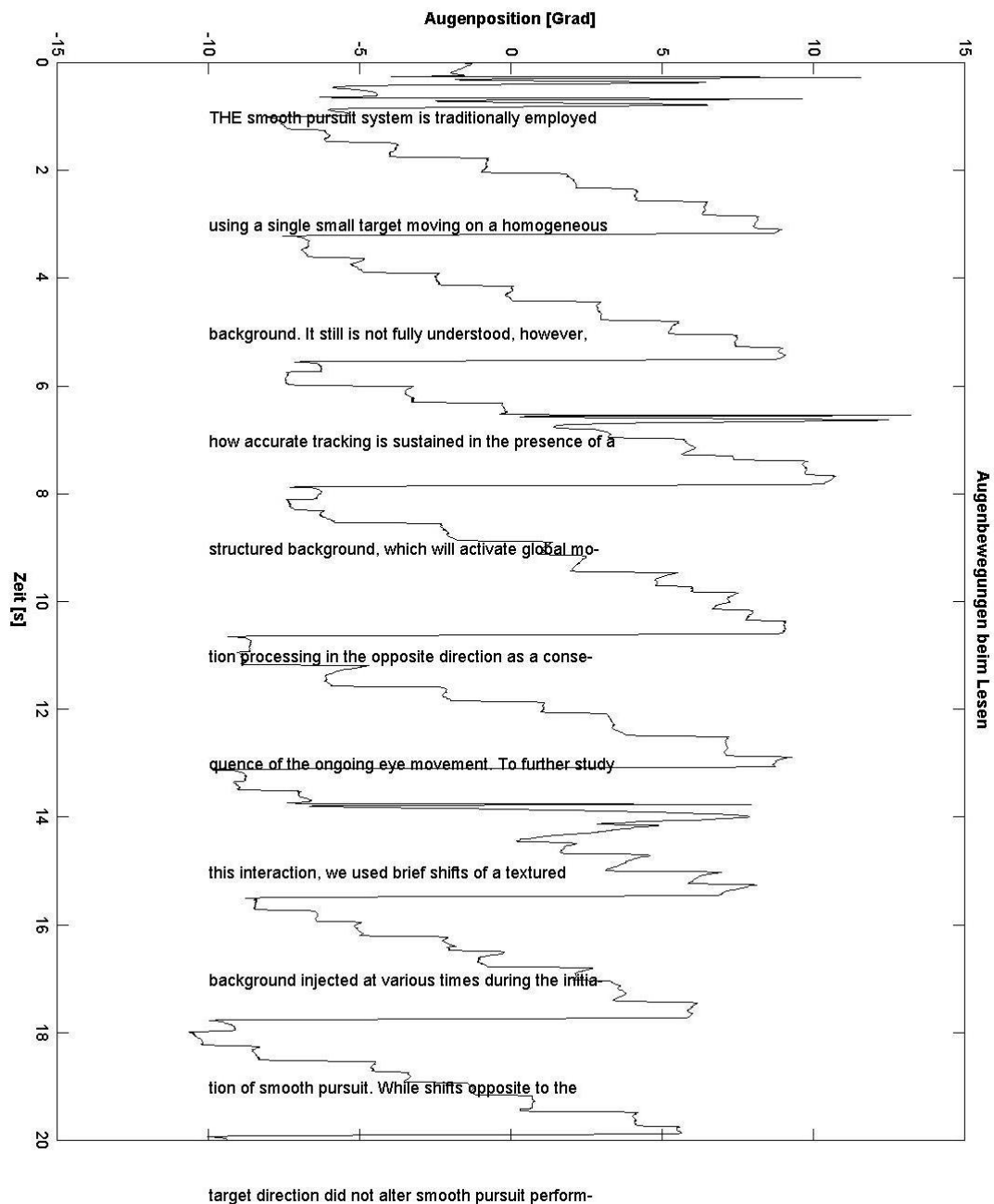


Abb. 4.6 (Augenbewegung bei einem englischen normal schweren Text)

Auch dieser Text konnte von der Versuchsperson ohne größere Schwierigkeiten gelesen werden. Es gibt jedoch einige Stellen an denen der Fokus des Auges zurück sprang um einen Teil des bereits gelesenen erneut zu lesen. Man kann daraus schließen dass die Versuchsperson mit dem Englischen nicht so vertraut ist wie mit Deutsch und bei manchen Worten Verständnis- bzw. Identifikations-Probleme auftreten.

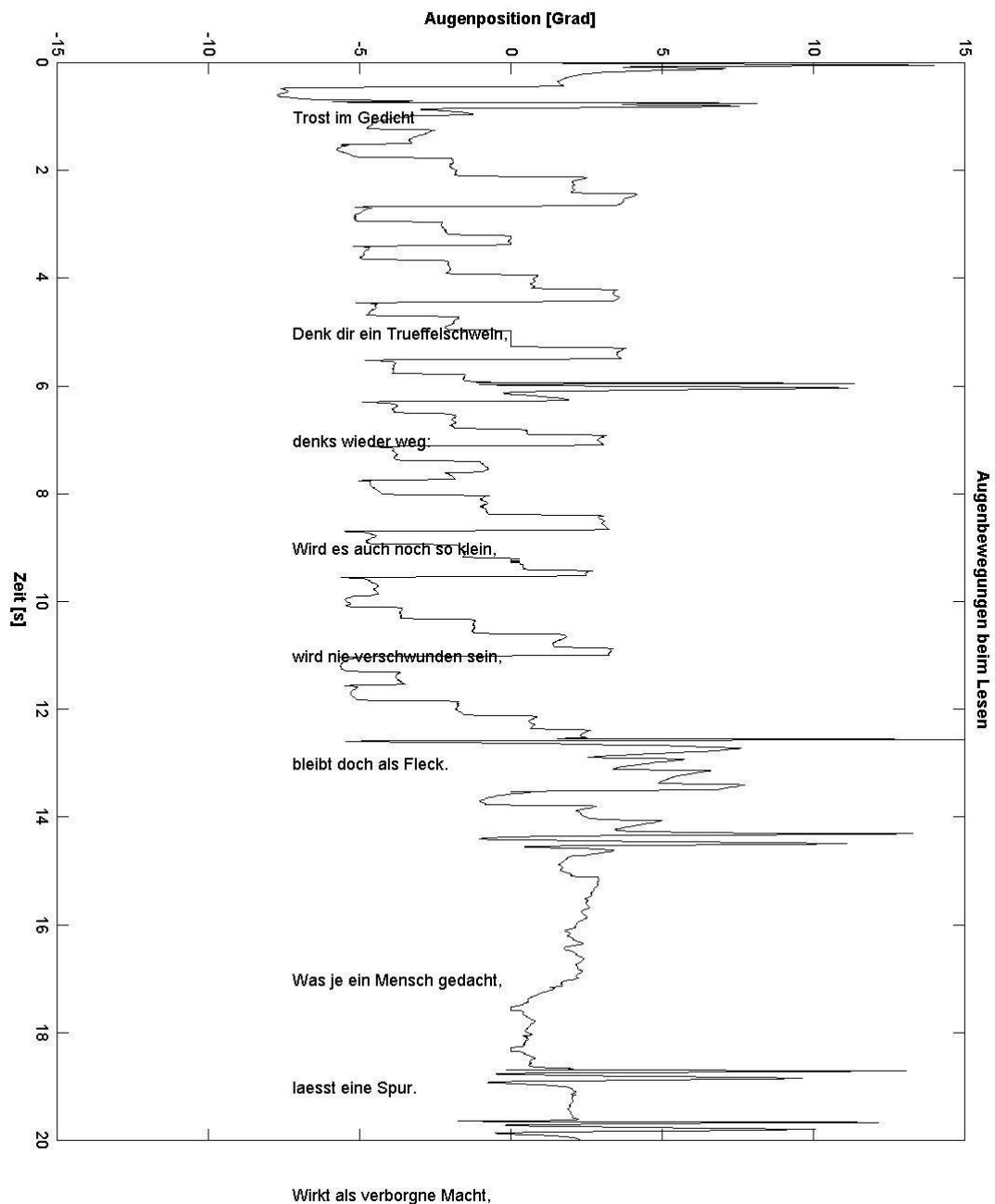


Abb. 4.6 (Augenbewegung beim lesen eines Gedichts)

Man erkennt, dass das Auge beim lesen des Gedicht länger auf einem Wort verweilte und auch öfters zurück sprang. Dies lässt sich wohl damit erklären, dass es beim lesen des Gedichts länger dauert das aktuelle Wort in Zusammenhang mit dem ganzen Text zu bringen, was aber auch nicht immer sofort gelingt, so dass Teile des Textes erneut gelsen werden müssen um den Sinn zu erkennen.

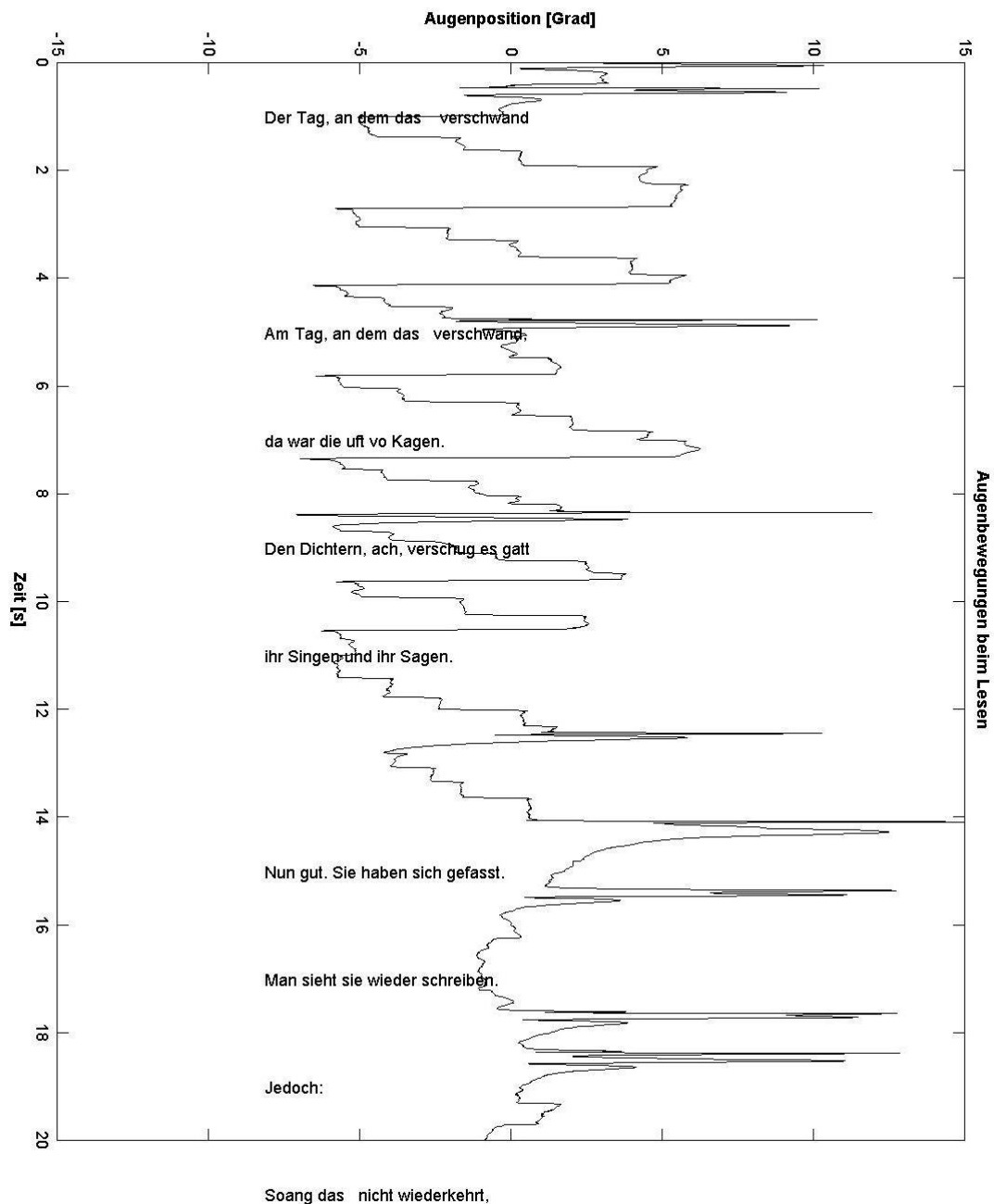


Abb. 4.7 (Augenbewegung beim lesen eines Textes mit schweren Rechtschreibfehlern)

Es wird hier ein deutlicher Unterschied zu den obigen Texten bemerkbar. Für die einzelnen Worte benötigte die Versuchsperson wesentlich länger und sie musste sehr oft bereits gesehene Teile wiederholen. Hier wird auch eine deutliche Zeitverschiebung zwischen „lesen“ und „verstehen“ erkennbar da oft Worte mit Fehlern überlesen werden und erst am Ende des Satzes springt das Auge auf die fehlerhafte Stelle zurück.

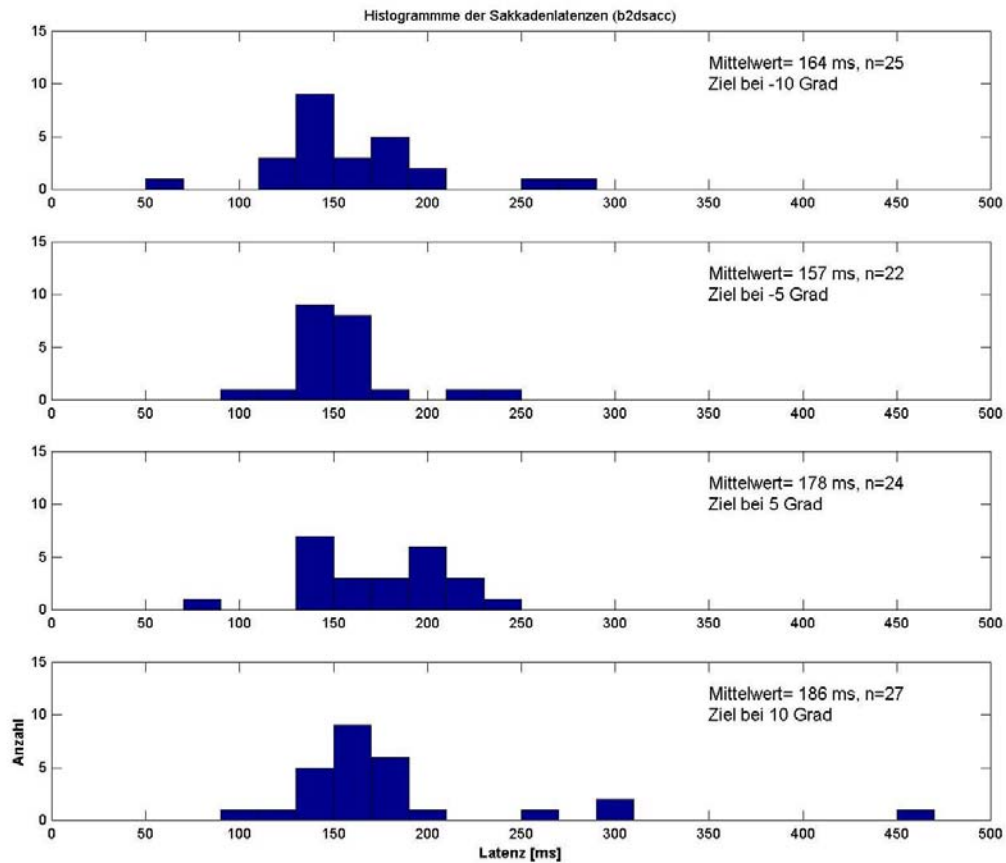


Abb. 4.8 (Aufzeichnung der Latenz der Sakkaden des Auges bei -10° bis $+10^\circ$)

Man erkennt eine deutliche Ballung der Messwerte bei ca. 150ms was darauf hindeutet, dass es sich um einen unwillkürlichen Reflex handelt und nicht um eine willentliche Handlung. Betrachtet man die Mittelwerte so lässt sich ein leichter Anstieg von links nach rechts feststellen was vermutlich an der Messung am linken Auge liegt.

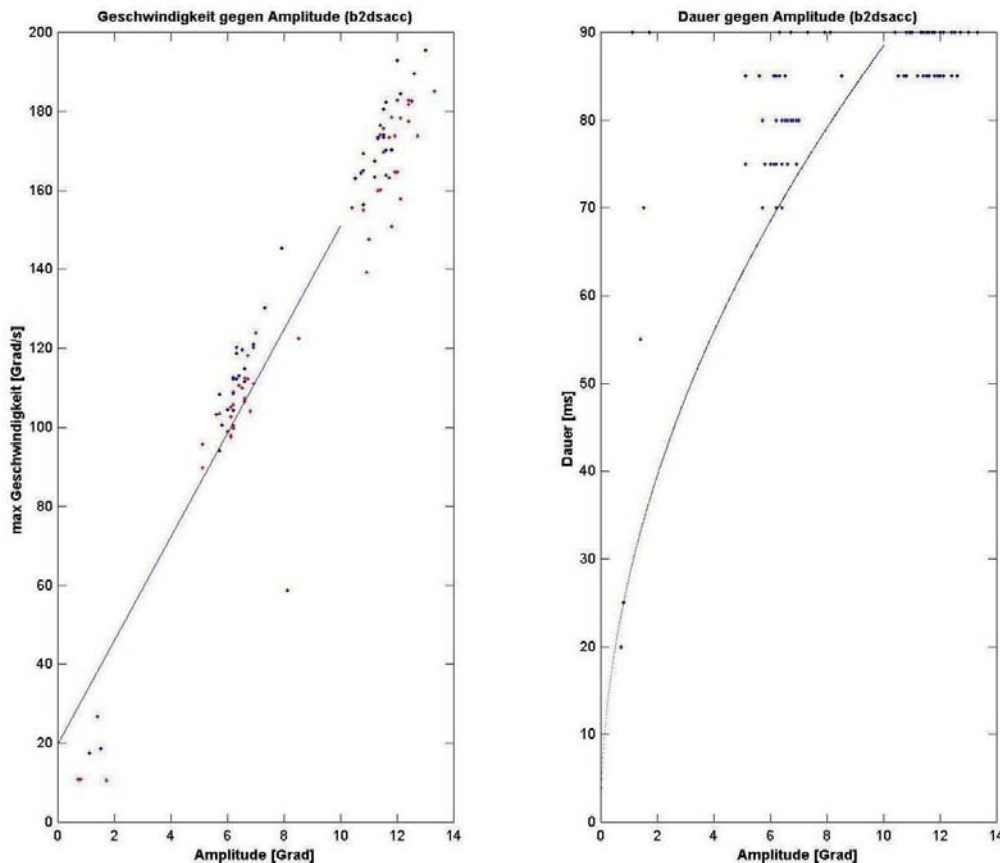
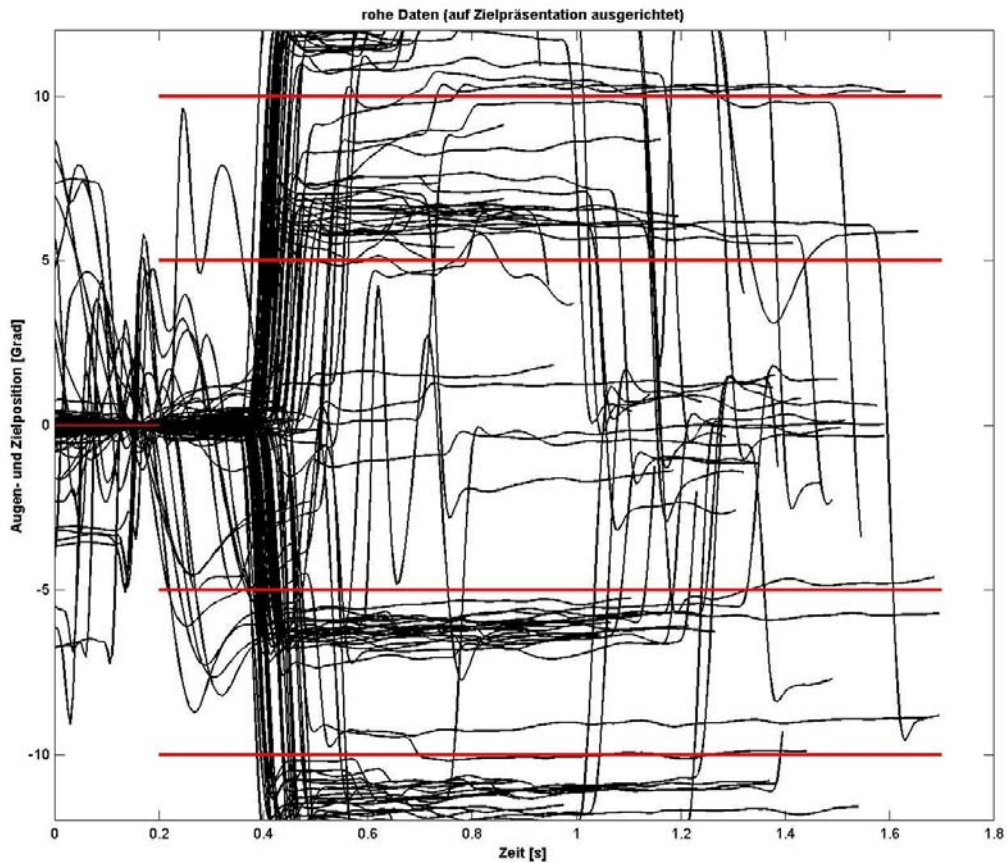


Abb. 4.9 (Links: Geschwindigkeit der Augenbewegung in Abhängigkeit der Amplitude
Rechts: Latenz der Augenbewegung in Abhängigkeit der Amplitude)

Auf dem linken Schaubild erkennt man, dass die Geschwindigkeit mit der sich das Auge bewegt unabhängig von der Strecke ist, die es zurücklegen muss. Auf dem rechten Schaubild erkennt man die Latenz bis zur erneuten Fokussierung des Auges auf einen Punkt im Abstand der Amplitude zur ursprünglichen Fokussierung des Auges. Bringt man die beiden Schaubilder in Verbindung, so lässt sich feststellen, dass je größer die Amplitude, also je weiter der „neue“ Punkt als Abbild auf der Netzhaut von der Fovea (also dem ursprünglichen Fokus des Auges) entfernt ist, die Latenz, bis sich das Auge reagiert, in einer logarithmus-ähnlichen Kurve abgebildet wird. Dies liegt vermutlich an der immer größer werdenden Querverschaltung der Sehzellen je weiter diese von der Fovea entfernt liegen, da es dann länger dauert, bis der neue Fokuspunkt „errechnet“ wurde.



4.10 (Abbildung der Sakkaden des Auges gegen [s])

Hier sieht man alle Sakkaden des Auges der Testperson übereinandergelagert. Man erkennt deutlich eine Verdichtung etwas ober- und unterhalb der Stellen an denen eigentlich der Punkt aufgetaucht ist, dies lässt sich auf eine ungenügende Kalibrierung des Messgeräts und vor allem auf eine zu starke Verstärkung der Messdaten zurückführen. Die ungefähre Latenz liegt bei 150-200 ms. Dies berechnet sich aus dem Auftauchen des Punktes (roter Strich bei 0.2s) und dem Beginn der Augenbewegung (bei ca. 400ms). Vgl. hierzu Abb. 4.8.

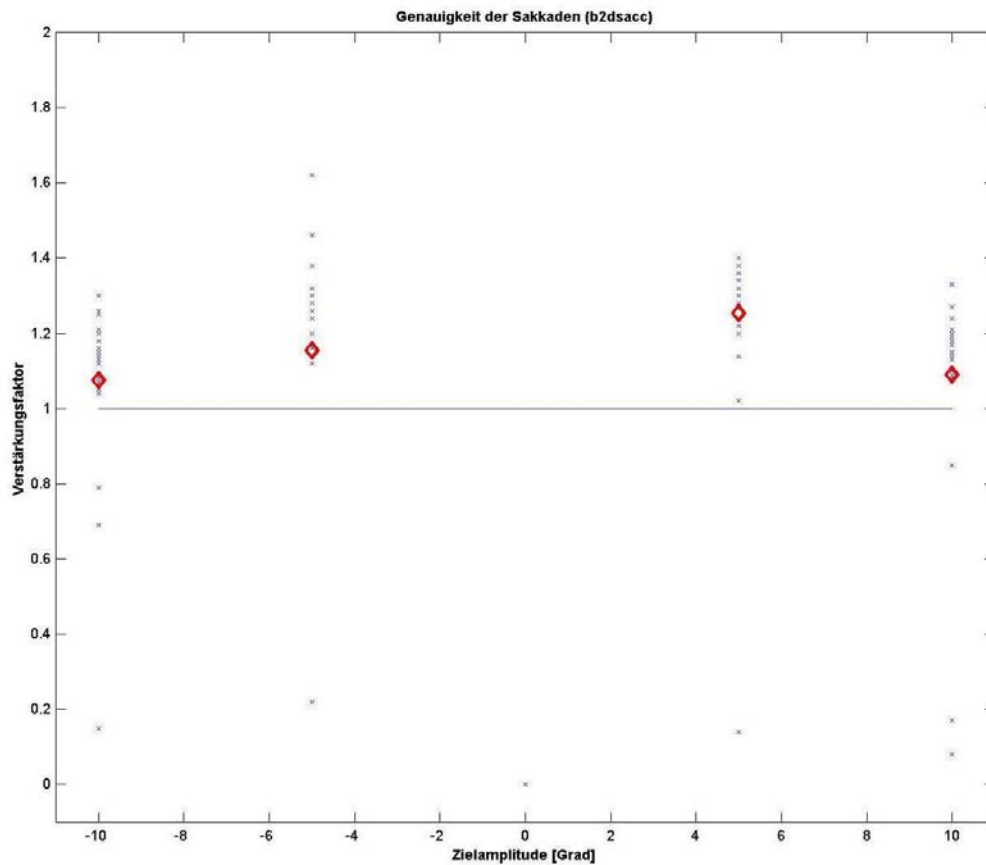


Abb. 4.11 (Durchschnittliche Genauigkeit der Sakkaden bei gegebenem Auslenkungsgrad)

Das alle gemessenen Durchschnittswerte im positiven Bereich liegen verstärkt die Vermutung, dass die Verstärkung am Messgerät zu stark eingestellt war. Vgl. hierzu Abb. 4.10.

Literatur:

Adolf Faber, Der Körper des Menschen, 13. Auflage

N.A. Campbell, Biologie, 6. Auflage