

# UNTERSUCHUNGEN ZEITSKALIERTER SPRACHWIEDERGABE MIT NORMAL SEHENDEN, SEHBEHINDERTEN UND BLINDEN PROBANDEN

*Dirk Höpfner*

*Lehrstuhl Kommunikationstechnik, BTU Cottbus  
hoepfner@tu-cottbus.de*

**Abstract:** In diesem Beitrag werden die Ergebnisse eines Hörversuches mit normal sehenden, sehbehinderten und blinden Probanden, denen zeitskalierte Sprache präsentiert wurden, vorgestellt. Zur Analyse des in [5] vorgestellten *TD-PSOLA- (Time Division-Pitch Synchronous Overlapp and Add)* Algorithmus zur Beschleunigung von gespeicherter natürlicher Sprache und gleichzeitigen Untersuchung der perzeptiven Hörfähigkeiten von normal sehenden, sehbehinderten und blinden Probanden wurde ein Verständlichkeits- und Verstehbarkeitstest durchgeführt. Die Ergebnisse zwischen normal Sehenden und in ihrer Sehfähigkeit beeinträchtigten Probanden unterscheiden sich nicht signifikant. Die Hypothese, dass blinde Menschen eine höhere Leistung in der Sprachwahrnehmung besitzen, da visuelle Hirnareale Prozesse der auditiven Signalverarbeitung übernehmen könnten, und somit beschleunigte Sprache besser verstehen, bestätigt sich in diesem Versuch nicht.

## 1 Einleitung

Mit dem Beginn der Sprachaufzeichnung in den 30er Jahren entstand in der Sprachverarbeitungsforschung gleichzeitig der Wunsch, Sprache zeitlich zu skalieren, also zu beschleunigen oder zu verlangsamen. Auf Grund der Redundanz, die unsere Sprache enthält, ist es möglich, Sprachparameter bei gleich bleibender Verständlichkeit stark zu modifizieren. Bei einfacher Unterbrechung des Sprachsignals mit 10 Unterbrechungen pro Sekunde und Entfernung von 50% des Sprachmaterials wurde bei [4] noch eine Restverständlichkeit von mehr als 80% erreicht. Das Herausnehmen von Sprachinformationen soll auch für die Zeitskalierung verwendet werden, im dem nach gezielter Segmententnahme die verbleibenden Segmente einfach zusammengefügt werden. Diese Technik wird vom Prinzip her auch in dem hier vorgestellten Hörtest angewendet, nur das nicht wie in den Anfängen der zeitlichen Skalierung von Sprache, Segmente äquidistant aus dem Sprachmaterial herausgeschnitten wurden, sondern die zu separierenden Segmente unter Einbeziehung bestimmter Signal- und damit auch Lautparametern ermittelt wurden.

Mit der Zeitskalierung von Sprache wuchs gleichzeitig das Bedürfnis, die akustische Kommunikation insbesondere für blinde Personen effizienter zu gestalten. [3] beschäftigte sich bereits in den 70er Jahren mit Hörversuchen von zeitlich skalierte Sprache an blinden Probanden und kam zu dem Schluss, dass eine moderate Geschwindigkeitserhöhung auf 250 bis 275 W/min (Wörter pro Minute) von sprachlichen Äußerungen für blinde Studenten praktikabel erscheint. Nimmt man eine durchschnittliche Sprachgeschwindigkeit von 150 W/min an, entspricht das einer Geschwindigkeitserhöhung um den Faktor 1,7 bis 1,8. Untersuchungen von beschleunigter Sprache im Zusammenhang mit der Blindenkommunikation fanden bis heute nur in sehr geringem Maße statt. Ein entwickelter echtzeitfähiger Algorithmus zur stufenlosen Beschleunigung gespeicherter natürlicher Sprache soll in einem Verständlichkeits- und Verstehbarkeitsversuch an normal sehenden und blinden Probanden getestet werden. Somit soll einerseits der Algorithmus auf seine Genauigkeit insbesondere bei sehr hohen Geschwindigkeiten getestet und andererseits die Hypothese überprüft werden, ob blinde Menschen, auf Grund des besser trainierten Hörvermögens, zeitskalierte Sprache besser verstehen können als normal sehende Menschen.

## 2 Sprachliche Kommunikation blinder Menschen

In Deutschland leben nach [2] schätzungsweise 655.000 sehbehinderte Menschen und davon sind 155.000 insgesamt und 35.600 im erwerbsfähigen Alter blind. Von den verbleibenden Sinnen ist bei den Blinden die auditive Wahrnehmung die wichtigste Schnittstelle zur Umwelt. Fehlende visuelle Informationen können mit entsprechenden Hilfsmitteln in akustische Informationen transformiert werden. Zahlreiche Geräte unterstützen dazu die Sprachausgabe, um beschreibende Informationen akustisch zu präsentieren oder aber Text als Sprache auszuspielen. Beispiele hierfür sind das Vorlesesystem für bedruckte Materialien, der Screenreader als Computersoftware, überwiegend in der Textverarbeitung und im Internet-Browser eingesetzt, PDA und das immer beliebter werdende DAISY-Hörbuch. Beim DAISY-Hörbuch kann die natürliche Sprachaufnahme interaktiv mit einem synthetischen Sprachmenü gesteuert werden. In allen Anwendungen besteht für den Nutzer die Möglichkeit, die Wiedergabe-Geschwindigkeitsstufen der synthetischen oder natürlichen Sprachausgabe individuell auszuwählen. Die Änderung der Geschwindigkeit erfolgt nicht stufenlos und ist in der Regel in den Geräten mit einer Unterbrechung der Wiedergabe verbunden. Einer Umfrage zufolge nutzen im Raum Cottbus derzeit 625 der befragten, stark sehbehinderten Personen ein Vorlesesystem, 485 einen Screenreader, 335 einen PDA und 385 einen DAISY-Player. 205 der Befragten beabsichtigten, sich einen DAISY-Player demnächst zuzulegen. Die offensichtlich geringe Verbreitung eines PDA wird hauptsächlich durch den sehr hohen Preis bestimmt. Durch Betrachtung der implementierten Sprachausgabe in den Hilfsmitteln für sehbehinderte Menschen sollte die zeitskalierte Sprachausgabe und deren Wirkungsweise bei normal sehenden und sehbehinderten Menschen näher untersucht werden. Bei der Beobachtung von Blinden im Umgang mit Sprachausgabesystemen wurde die Hypothese aufgestellt, dass Blinde beschleunigte Sprache besser verstehen müssen, als normal Sehende. Begründet wird dies aus der Tatsache, dass das auditive Wahrnehmungsvermögen besser trainiert sein muss und die nicht genutzte visuelle Gehirnleistung der auditiven Signalverarbeitung zur Verfügung gestellt werden kann. Unterstützt wird die Hypothese durch elektrophysiologische Untersuchungen von [8]. Hier wurden 14 von Geburt an blinden und 11 sehenden Probanden sinnvolle und sinnleere Sätze vorgespielt. Anhand von ERP-Messungen (Event Related Potential) wurde ermittelt, dass Blinde einen sinnleeren Satz schneller erkennen können, als normal sehende Menschen. Weiterhin wurde bei den sehenden Probanden eine dominante linke Hirnhemisphäre während der Sprachdarbietung lokalisiert, die bei den Blinden nicht nachzuweisen war. Die Hirnaktivität verteilt sich demnach bei blinden Menschen während der Sprachwahrnehmung, was wiederum durch Messungen der Blutflussveränderungen nachgewiesen werden konnte. Bei blinden Menschen werden neben den entsprechenden Bereichen der linken und rechten Hemisphäre auch visuelle Hirnareale zur auditiven Wahrnehmung aktiviert.

## 3 Zeitskalierung von Sprache, Hörtestdesign und Probanden

Der für den Hörversuch entwickelte TD-PSOLA Skalierungsalgorithmus ist in der Lage, als wav-Datei gespeicherte Sprache in Echtzeit bis zu vierfacher Geschwindigkeit zu beschleunigen.

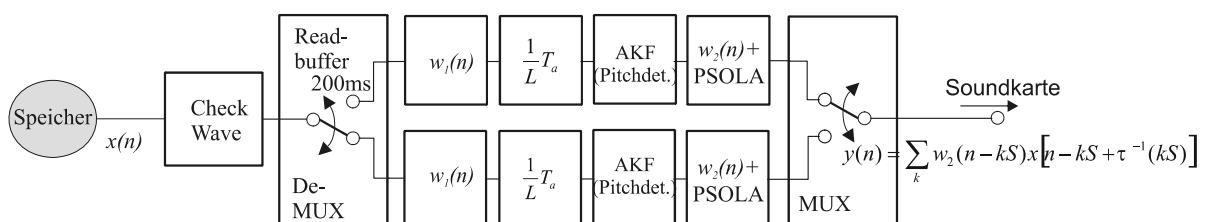


Abbildung 1 – Prinzip des Zeitskalierers

Zur Absicherung der Echtzeitverarbeitung erfolgt die Skalierung des Zeitsignals wie in Abb. 1 in zwei Speicherebenen, wobei in einer 200 ms - Ebene die Skalierung berechnet wird, während der zweite Bereich die Daten zur Soundkarte des Computers übergibt. Der Algorithmus arbeitet ausschließlich im Zeitbereich. Nach dem Einlesen von 200 ms Sprachsamples wird das Signal mit  $w_1(n)$  in Abhängigkeit einer minimal zu erwartenden Grundfrequenz gefenstert. Um den Berechnungsaufwand in der Autokorrelationsfunktion (AKF) zu minimieren, wird eine Tiefpassfilterung und eine anschließende Unterabtastung mit dem Faktor  $1/L$  durchgeführt. Deren Nyquistfrequenz muss zur Detektion der Grundfrequenz noch weit über dieser liegen. Es schließt sich das Center-Clipping-Verfahren an, so dass die AKF nur noch auf ein einfaches Vorwärts- und Rückwärtszählen beschränkt wird und danach die gefundenen Pitchmarken gesetzt werden können. Entsprechend des eingestellten Komprimierungsfaktors  $\tau$  werden nun einige Segmente  $S$  gelöscht. Die verbleibenden Segmente werden nach einer Hamming- oder Hanning-Fensterung  $w_2(n)$  mit einer halben Segmentbreite überlappt und addiert. Ist das 200 ms lange Sprachsignal in der Verarbeitungsebene berechnet, kann es durch den Multiplexer ausgegeben werden. Die Software ermöglicht eine echtzeitgesteuerte Geschwindigkeitsregelung, deren Komprimierungsfaktor mit einem Eingabegerät - vorzugsweise mit der Maus - am Computer reguliert werden kann. Der Algorithmus wurde als dll-Datei für Windows programmiert und kann somit einfach in jede Versuchsumgebung eingebunden werden. Dateien müssen demnach nicht, mit allen notwendigen Skalierungsfaktoren verarbeitet und gesondert abgespeichert werden. Sie werden im Versuch während der Wiedergabe skaliert.

Für die Durchführung des Hörtests mit den normal sehenden und sehbehinderten Probanden wurde eine Software als Hörtestumgebung entwickelt, in der beliebige Testszenarien kombiniert werden können. Berücksichtigt wurde, dass alle Probanden ihre Reaktionen und Antworten akustisch darbieten müssen, dadurch ein Versuchsleiter protokolliert muss und auch die Erläuterungen und Anweisungen zum Versuchsablauf vom Computer akustisch abgespielt werden. Verlaufsdaten und Ergebnisse werden Probanden bezogen abgespeichert. Die Software wurde auf einem Notebook mit studientechnischen Eigenschaften implementiert. Der Versuch wurde mit dem geschlossenen diffusfeldentzerrten Kopfhörer DT 770 von Beyerdynamic durchgeführt. Ein geschlossener Kopfhörer war notwendig, da die Versuche nicht in einem Versuchslabor stattfanden, sondern in den meisten Fällen bei den Probanden zu Hause. Durch diesen Referenz-Kopfhörer werden akustische Umgebungseinflüsse um 18 dB gedämpft, so dass in einem Wohnzimmer mit einem Umgebungsgeräusch unter 70 dB für alle Probanden gleiche akustische Bedingungen angenommen werden konnten. Die akustischen Störpegel wurden bei jedem Probanden mit einem Schallpegelmessgerät überprüft.

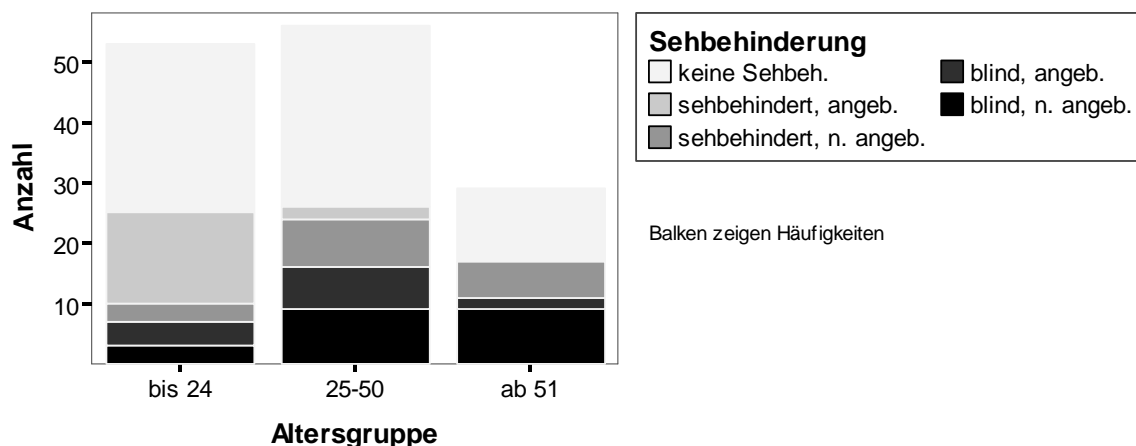


Abbildung 2 - Zusammensetzung der Probanden

Für den Versuch stellten sich insgesamt 145 sehbehinderte und normal sehende Probanden aus Brandenburg und Berlin unentgeltlich zur Verfügung. Von diesen Personen wurden jedoch die Ergebnisse von nur 138 Teilnehmern ausgewertet, da bei den anderen Personen Unstimmigkeiten im Versuchsablauf auftraten, wie z.B. Unterbrechung durch Besuch, Hörbeeinträchtigung oder Konzentrationsschwierigkeiten. In Abb. 2 ist das Teilnehmerfeld nach Sehbehinderung und Alter aufgeschlüsselt. Als problematisch erwies sich die Gewinnung einer ausreichenden Anzahl an blinden Probanden. Insgesamt wurden 70 normal sehende und 68 sehbehinderte, davon 34 blinde Probanden getestet.

#### **4 Versuchsdurchführung**

Im Vorfeld des eigentlichen Hörtests wurde eine ca. 20-minütige Tonschwellen-Audiometrie durchgeführt, um Versuchspersonen mit einer starken Hörbeeinträchtigung auszuschließen. Für das Audiogramm wurde das Versuchs-Notebook mit einer Audiometersoftware und einem angeschlossenen Audiometerkopfhörer HDA 200 von Sennheiser benutzt. Kalibriert wurde der wiedergegebene Schallpegel im Vorfeld mit einem Kunstkopf und dem Artemis-system HMS II.3 der Firma HEAD acoustics. Die gemessenen Abweichungen des Versuchsystems wurden dann im Audiogramm der Versuchspersonen berücksichtigt. Obwohl damit kein normgerechtes Audiometer zur Verfügung stand, konnten auf jeden Fall die Probanden untereinander verglichen und Teilnehmer mit schweren Hörschädigungen bei einer Differenz von mehr als 20 dB ausgeschlossen werden.

Der eigentliche Hörtest für zeitskalierte Sprache beinhaltete einen Verstehbarkeits- und zwei Verständlichkeitstests einmal mit und im zweiten Test ohne Wiederholungen. In allen Tests wurden den Probanden Sprachbeispiele vorgespielt, um sich mit der Testumgebung (Kopfhörer, Lautstärke) und der zeitskalierten Sprache vertraut zu machen. Die Versuchshintergründe und die Aufgaben wurden den Probanden vor dem Versuch erläutert, so dass der programmierte Versuchsablauf möglichst nicht gestört oder unterbrochen wurde.

##### *Verstehbarkeitstest:*

Bei dem Verstehbarkeitstest sollten die Inhalte von fünf längeren Sprachabschnitte verstanden und eine Frage nach jedem Sprachabschnitt beantwortet werden. Bei den Texten handelte es sich in Anlehnung an [11] um Ausschnitte aus Zeitungsartikeln oder Kurzgeschichten. Bei der Auswahl der Textart wurde beachtet, dass sie allgemein verständlich waren, also keine wissenschaftlichen Begriffe oder komplizierte Eigennamen beinhalteten. Die Länge der Texte lag zwischen 17 und 32 Sekunden und wurde im Vorfeld als Kompromiss zwischen Merkfähigkeit (geringe Textdauer) und Regelungsvorgang (möglichst lange Zeit) ermittelt. Die Versuchspersonen mussten während der Präsentation die Wiedergabe-Geschwindigkeit mit dem Mauseisrad soweit verringern, dass sie den Inhalt gerade so verstehen konnten. Es wurde davon ausgegangen, dass nur von sehr wenigen Probanden eine grenzwertige Geschwindigkeit gewählt wird. Deshalb wurde die Geschwindigkeit vor jeder Präsentation um den Faktor eins erhöht. Bezugswert war die am Ende der vorangegangenen Präsentation gewählte Geschwindigkeit. Das heißt, wurde die doppelte Geschwindigkeit gewählt (Faktor 2,0), begann der nächste Abschnitt mit einer beschleunigten Sprache mit dem Faktor 3,0. Somit wurden die Probanden gezwungen, sich die Geschwindigkeit erneut einzuregeln. Ziel war es, nicht nur die durchschnittliche Verstehbarkeitsgeschwindigkeit zu ermitteln, sondern auch die individuell gewählten Geschwindigkeiten, um daraus die Behaglichkeit zeitskalierter Sprache abzuleiten. Während der Präsentation wurde der eingestellte Geschwindigkeitswert alle 100 ms aufgezeichnet. Somit war es möglich, die Regelungskurven zu analysieren, um Probanden mit Schwierigkeiten bei der Regelung heraus zu filtern, um die Geschwindigkeit während der Passage zu ermitteln, die für die korrekte Beantwortung der Frage verstanden werden musste und um die Geschwindigkeit am Ende einer Passage, die als die vermeintlich behagliche ge-

wählt wurde, festzuhalten. Zur Eingewöhnung in den Verstehbarkeitstest, wurde ein Testabschnitt mit einer Länge von 42 s präsentiert, der auch wiederholt werden konnte. Dieses war insbesondere bei vorwiegend älteren Personen und blinden Schülern notwendig, die kaum oder keine Erfahrung mit dem Computer hatten und sich mit der Mausradregelung vertraut machen mussten. Die von der Software abgespielte Frage zur gerade gehörten Textpassage musste von den Probanden akustisch beantwortet werden und wurde vom Versuchsleiter als richtig oder falsch markiert.

### *Verständlichkeitstest*

Hier sollte die Verständlichkeit einzelner Wörter gemessen werden. Bei Verständlichkeitstests können der *Reim-* oder *CLID- Test (Cluster Identifikation)* [6] Anwendung finden, um speziell Defekte in der Sprachwiedergabe zu entdecken. Der CLID-Test bietet außerdem den Vorteil, dass die unbekanntenen Laute nicht im Kontext erschlossen werden können. Bei der Überprüfung der verstandenen Laute sollten diese jedoch aufgeschrieben werden, um weitere Fehler bei der Übermittlung vom Proband zum Versuchsleiter zu vermeiden. Diese Möglichkeit schied jedoch in diesem Fall aus. Man entschied sich für einen Wortverständlichkeitstest, in dem jeweils ein kompletter grammatikalisch richtiger, jedoch sinnloser Satz mit vier bis sieben Sinn tragenden Wörtern Anwendung fand. Somit wurde das Kontexthören in dem Satz zwischen den Wörtern ausgeschaltet. Die Länge der Sätze erlaubte keine größere Anzahl der Wörter, da der vollständige Satz akustisch wiederholt werden musste und somit die Merkfähigkeit das Versuchsergebnis nicht entscheidend beeinflussen sollte. Das Wortinventar wurde wie in [9] ausgewählt, um den Bekanntheitsgrad der in der deutschen Sprache am häufigsten verwendeten Wörter zu nutzen. *Beispielsatz:* „*Der Hof bringt das Kind allemal.*“

Im ersten Verständlichkeitsversuch wurden die Sätze von vierfacher Geschwindigkeit solange mit einem um 0,3 verringerten Geschwindigkeitsfaktor wiederholt, bis entweder alle Wörter verstanden wurden oder die einfache Aufzeichnungsgeschwindigkeit erreicht wurde. Den Lerneffekt in Kauf nehmend, sollten hier insbesondere auch mögliche Defekte einzelner Silben, Laute oder Lautübergänge bei der Zeitskalierung untersucht werden.

Beim zweiten Verständlichkeitstest wurden die Sätze ohne Wiederholung präsentiert, beginnend mit einfacher Wiedergabegeschwindigkeit. Diese wurde sukzessive von einfacher Geschwindigkeit bis auf vierfache Geschwindigkeit nach jedem Satz erhöht. Der Lerneffekt konnte somit ausgeschlossen werden.

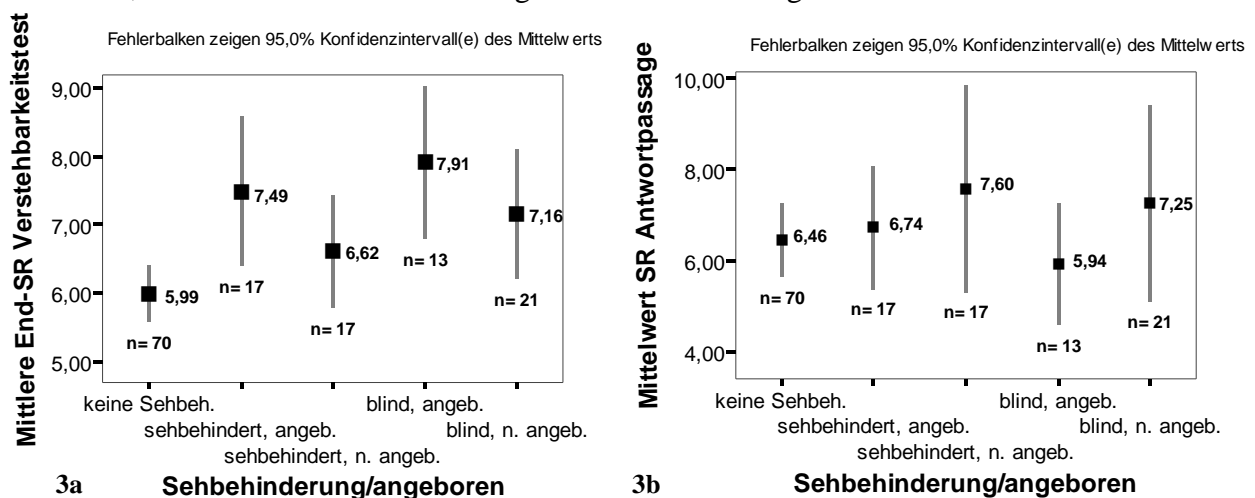
Das Sprachmaterial wurde von einem Schauspieler gesprochen, so dass für die zeitliche Skalierung ein artikulatorisch korrektes Inventar vorlag.

## **5 Auswertung des Hörtests**

Da die Probanden auf Grund ihrer persönlichen Eigenschaften eine Vielzahl von Parametern für die Ergebniseinflüsse mitbringen, wurde zuerst festgelegt, anhand welcher Gruppenvariablen die Probanden unterschieden werden sollen. Für die Sehbehinderung wurde die Definition der Behinderungsskala des DBSV (Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband) benutzt [12]. Ein Sehbehinderungsgrad von 1-975 wurde als Sehbehinderung und ab 98% als blind eingestuft. Somit ergeben sich unter Berücksichtigung des zeitlichen Auftretens der Sehbehinderung folgende Kategorien: 0: keine Sehbehinderung, 1: angeborene Sehbehinderung, 2: nicht angeborene Sehbehinderung, 3: angeborene Blindheit und 4: nicht angeborene Blindheit. Eine weitere Klassifizierung der Probanden erfolgte anhand des Alters mit Hilfe der Clusterzentrenanalyse, angewendet auf den ersten Verständlichkeitstest [1]. Danach ließen sich die Probanden in drei Altersklassen einteilen: 1: 0 bis 33, 2: 34 bis 55 und 3: ab 56 Jahre. Weiterhin wurde in der Auswertung unterschieden, ob die Probanden mit dem Computer Erfahrung hatten oder nicht.

Die Auswertung der Sprachgeschwindigkeit erfolgte mit der globalen Sprechrate SR in Silben pro Sekunde (Silb/s). Die normale Sprechgeschwindigkeit bewegt sich im Bereich zwischen fünf bis acht Silben/s [7] bzw. 150 W/min [10], was eine mittlere Silbenanzahl von 2,5 Silben/Wort ergibt. In der Vergangenheit wurde in der Literatur über zeitskalierte Sprache häufig die Sprechrate in W/min angegeben, die jedoch durch die Variation der Wörter bei kurzen Äußerungen wie bei den im Hörtest verwendeten einzelnen Sätzen zu starken Variationen führt.

Für den Verstehbarkeitstest wurden die im 100 ms- Takt aufgezeichneten v-Faktoren zur Berechnung der globalen Sprechrate der Textpassage, die zur Beantwortung der Frage verstanden werden musste, herangezogen. Die Sprechrate lag in den fünf Sätzen bei 4,0 bis 7,0 Silb/s und über den gesamten Text eines Versuchsteils zwischen 3,0 und 4,0 Silb/s, bedingt durch die etwas langsamere Sprechweise des Schauspielers für die korrekte Artikulation. In Abb. 3a wird die durchschnittlich gewählte Sprechrate am Ende jeder der fünf Sprachäußerungen verdeutlicht, unterschieden nach den Kategorien des Blindheitsgrades.



**Abbildung 3** – a) Mittlere gewählte Sprechrate am Ende der Textpassage b) während der Antwortpassage des Verstehbarkeitstests

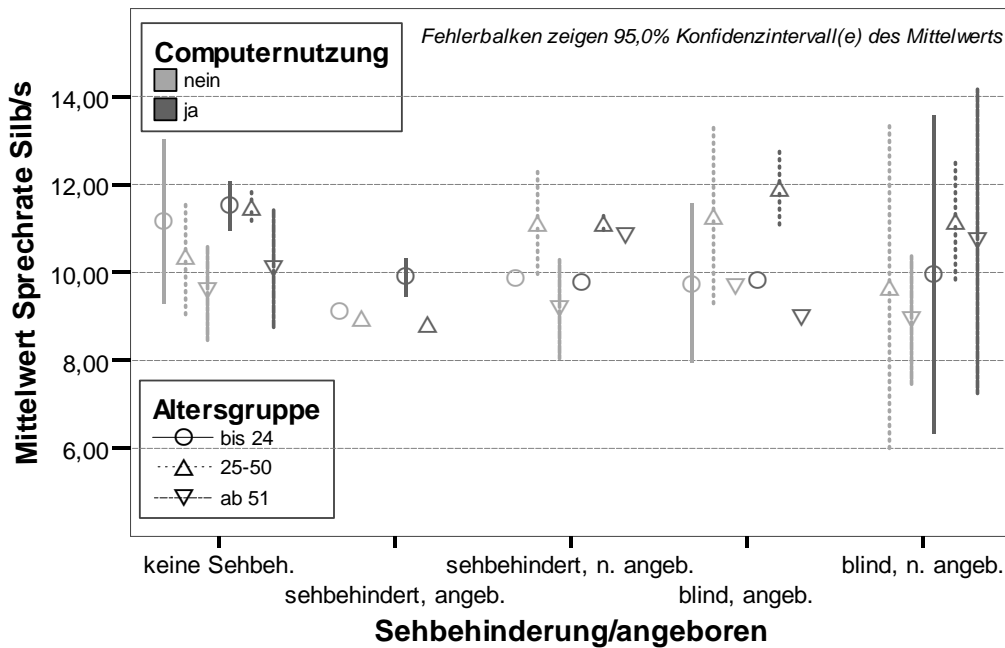
Die Probanden mit angeborener Blindheit heben sich mit einem 1,3-höheren Wert von den normal sehenden Teilnehmern ab. Ein T-Test ergab nach Überprüfung der Varianzen mit dem Levene-Test mit heterogenen Varianzen eine Signifikanz von  $p < 0,05$ . Allerdings bestätigte sich der Unterschied in der Sprechrate während der zu verstehenden Sprachpassage Abb. 3b nicht. Der Mittelwert der nach der Formel:

$$M = \left( \sum_k A(n) \cdot SR(n) \right) / k$$

berechnet wird, enthält als deutliche Gewichtung die Antwort  $A(n)$  mit 1=richtige und 0=falsche Antwort. Bei den normal Sehenden wurden im Schnitt 70,65 richtige Antworten abgegeben und bei den von Geburt an Blinden nur 55,45. Die Geschwindigkeit bei den Blinden während der Schlüsselpassage lag wiederum mit 16,3 Silb/s bei ca. 3-facher Originalgeschwindigkeit der Sprachaufnahme gegenüber 12,6 Silb/s bei den normal sehenden Teilnehmern. Die Signifikanz erreichte hier ebenfalls einen Wert von  $p < 0,05$ . Offensichtlich war die Geschwindigkeit jedoch zu hoch gewählt, um den Textinhalt verfolgen zu können, oder die Regelung konnte nicht problemlos durchgeführt werden.

Bei dem Verständlichkeitstest 1 mit Wiederholungen ergaben sich keine signifikanten Differenzen zwischen den einzelnen Probanden unterschiedlicher Sehfähigkeit. Die normal sehenden Teilnehmer erreichten sogar eine geringfügig höhere mittlere Sprechrate über die 12 Sät-

ze mit 11,11 Silb/s gegenüber 10,72 Silb/s bei den Blinden, jedoch nicht signifikant. Unterteilt man die Probanden nach ihren weiteren Parametern Alter und Computererfahrung, ergeben sich nach Abb. 4 folgende Werte:



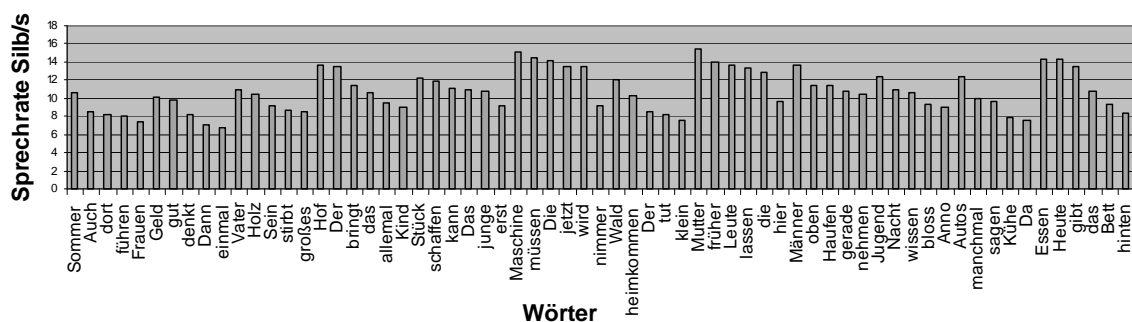
**Abbildung 4** – Mittlere Sprechraten des Verständlichkeitstests 1 mit Wiederholungen unterteilt nach Klassen

Auch hier grenzen sich die Computer erfahrenen von Geburt an Blinden im Alter vom 25-50 Jahren mit einer mittleren SR=11,94 Silb/s gegenüber den Sehenden mit 11,49 geringfügig ab. Allerdings bewirkte die Klassifizierung eine Abnahme der Probandenanzahl in den einzelnen Kategorien, so dass mit nur noch vier Probanden bei den Blinden eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 25% entsteht, signifikante Unterschiede also nicht bestätigt werden konnten.

Ein ähnliches Ergebnismuster lag nach dem 2. Verständlichkeitstest vor. Da hier keine Wiederholung vorgenommen wurde, lag die Erkennungsquote gegenüber dem 1. Verständlichkeitstest deutlich niedriger. Im letzten 13. Satz, der in dem Test mit der höchsten Geschwindigkeit abgespielt wurde, verstanden die Computer erfahrenen Blinden mittleren Alters im Durchschnitt 3,35 und die Sehenden gleicher Kategorie 3,2 Wörter richtig, was einer mittleren SR von 8,9 Silb/s bzw. 8,3 Silb/s entspricht. Auch hier konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

Interessanter Weise lässt sich im Verständlichkeitstest 1 der Effekt nachweisen, dass die Probanden auf Grund der sinnleeren Sätze nur in der Lage waren, sich nach jeder Geschwindigkeitsverringering auf ein einzelnes Wort im Satzgefüge zu konzentrieren.

**Mittelwert der Wörter satzweise sortiert**



**Abbildung 5** – Mittlere Sprechraten erkannter Wörter innerhalb eines Satzes geordnet

In Abb. 5 wurden die Wörter im Histogramm nach ihrer mittleren Erkennungs-SR innerhalb eines Satzes beginnend mit dem größten Wert des zuerst erkannten Wortes geordnet. Man erkennt die deutliche Abstufung zwischen den Wörtern. Die Stufen in dem Diagramm stimmen mit einer Geschwindigkeitsstufe zwischen zwei Präsentationen überein, so dass im Durchschnitt bei der Wiedergabe eines Satzes nur ein Wort erkannt wurde.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die anfangs aufgestellte Hypothese, dass blinde Menschen auf Grund ihrer auditiven Fähigkeiten gegenüber normal sehenden Personen in der Lage sind, zeitskalierte Sprache besser zu verstehen, konnte in diesem Versuch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Die Probanden, hinsichtlich ihres Sehvermögens unterteilt, konnten keine signifikanten Unterschiede erzielen. Bei der Beobachtung einzelner blinder Probanden, die Computer erfahrenen, blinden und 25-50 Jahre alten, konnten während des Versuches über dem erreichten Mittelwert liegende Sprechraten bei der Verständlichkeit bestätigt werden. Die kategoriale Betrachtung der Probandenparameter erreichte nur sehr hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten, begründet durch die dezimierte Probandenzahl in den einzelnen Kategorien. Um außer den hier analysierten Probanden auch blinde Personen, die regelmäßig zeitskalierte Sprachausgaben nutzen, zu untersuchen, müsste die Probandenzahl drastische erhöht werden. Die örtliche Verteilung der zur Verfügung stehenden Probanden kann nur mit Hilfe eines Online-Versuches kosten- und zeitgünstig realisiert werden, unter der Voraussetzung, es sollen nur Personen mit Computerezugang getestet werden.

## Literatur

- [1] Bühl, A.: SPSS 14. Einführung in die moderne Datenanalyse. Pearson Studium, München, 2006.
- [2] European Blind Union: Blindheit und Sehbehinderung – die demographischen Fakten. <http://www.Euroblind.org/fichierGB/Visincge.htm#demography>.
- [3] Foulke, E.; Sticht, T. G.: The Intelligibility and Comprehension of Time Compressed Speech., Proceedings of the Louisville Conference on Time Compressed Speech, Louisville, 1966.
- [4] Garvey, W. D.: An Experimental Investigation of the Intelligibility of Speeded Speech. Diss., Univ. of Virginia, 1951.
- [5] Höpfner, D.: Echtzeitfähiger Algorithmus zur stufenlosen Geschwindigkeitserhöhung gespeicherter natürlicher Sprache, ESSV, 2006.
- [6] Jekosch, Ute: Sprache hören und beurteilen: Ein Ansatz zur Grundlegung der Sprachqualitätsbeurteilung. Universität Essen, Habilitationsschrift, 2000.
- [7] Ketzmerick, B.: Zur auditiven und apparativen Charakterisierung von Stimmen. Diss., BTU Cottbus, erscheint voraus. Ende 2007.
- [8] Röder, B.; Rösler, F.; Neville, H. J.: Event – related potentials during auditory language processing in congenitally blind and sighted people. *Neuropsychologia* 38 (11), 2000.
- [9] Ruoff, A.: Häufigkeitswörterbuch gesprochener Sprache. Bd. 8, 2. Auflage, Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1990.
- [10] Seo, H.: Speech Compression. Diss., Univ. of. South Carolina, 1967.
- [11] Urban, Klaus K.: Verständnis gesprochener Sprache in Abhängigkeit von der Darbietungsgeschwindigkeit. In: Neue Tendenzen in der angewandten Phonetik II (Beiträge zur Phonetik und Linguistik). Hamburg (Buske), 1987.
- [12] DBSV, Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband: Infothek. <http://www.dbsv.org/infothek/infothek.html>.