

Oskar

Prototypische Implementierung und Evaluierung einer mobilen Braille-Texteingabemethode

BACHELORARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science

im Rahmen des Studiums

Verfahrenstechnik

eingereicht von

Johannes Střelka-Petz

Matrikelnummer 09926247

an der Fakultät für Informatik
der Technischen Universität Wien

Betreuung: Mag.rer.soc.oec. Dr.rer.soc.oec. Roman Ganhör
Mitwirkung: Dipl.-Ing. Peter Mayer

Wien, 23. November 2018

Johannes Střelka-Petz

Roman Ganhör

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Johannes Střelka-Petz
HasnerstraÙe 93/15-16
1160 Wien

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 23. November 2018

Johannes Střelka-Petz

Lizenz

Urheber ist Johannes Střelka-Petz, 2018. Dieses Werk bzw. Inhalt steht unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0, ) Lizenz. Diese Lizenz erlaubt es, den Inhalt zu vervielfältigen, zu verbreiten und öffentlich aufzuführen unter folgenden Bedingungen: Der Name des Autors/Rechtsinhabers muss genannt werden. Bearbeiteter oder in anderer Weise umgestalteter Inhalt darf als neu entstandener Inhalt nur unter Verwendung identischer Lizenzbedingungen weiter gegeben werden. Dies ist eine Lizenz, die auf der internationalen Creative Commons-Initiative basiert. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>



Die Urheberinnen und Urheber der Abbildungen und Werke fremder Urheberschaft, werden angeführt. Ebenfalls werden die Lizenzen der Abbildungen und Werke fremder Urheberschaft gekennzeichnet.

- Creative-Commons-Lizenz, CC, , <https://creativecommons.org>
- Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, CC BY, , <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Creative-Commons-Lizenz Namensnennung-Nicht kommerziell, CC BY-NC, , <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Danksagung

Ich bedanke mich für Zeit und Mühen meines Betreuer Mag. Dr. Roman Ganhör, der mir mit wertvollen Dankanstößen und konstruktiver Kritik zur Seite stand. Darüber hinaus bedanke ich mich bei OStR Prof. Mag. Erich Schmid vom Bundes-Blindenerziehungsinstitut für seine Ressourcen und sein besonderes Engagement. Weiters bedanke ich mich bei Betreuer Dipl.-Ing. Peter Mayer, Dipl.-Ing. Paul Panek sowie Dipl.-Ing. Bernhard Stöger für ihre hilfreichen, fachlichen Ratschläge sowie ihr spontane Hilfsbereitschaft. Für das Korrekturlesen bedanke ich mich herzlich bei Claudia Petz. Bei den Testpersonen möchte ich mich für ihre Geduld bedanken. Ganz spezieller Dank gebührt meiner wundervollen Frau Barbara.

Kurzfassung

Blinde und sehbehinderte Menschen sind bei der Texteingabe auf nicht-visuelle Rückmeldungen angewiesen. Smartphones bieten die Möglichkeit virtueller Tastaturen, die jedoch wenig haptische Rückmeldungsmöglichkeiten bieten und langsamer sind als physische Tastaturen.

Andere Tastaturen, wie elektronischen Braille Tastaturen bieten zwar mehr haptische Rückmeldungsmöglichkeiten, sind aber für die mobile Anwendung nicht geeignet weil sie (im Gegensatz zum Smartphone) beim Bedienen auf einer festen Unterlage abgelegt werden müssen.

In dieser Arbeit wird eine mobile Tastatur für Smartphones (Oskar) vorgestellt, die blinde und sehbehinderte Menschen bei der Texteingabe vielfältig mit haptischen Rückmeldungen versorgt. Oskar ist ein Hardwareprototyp, der das Prinzip von Akkordtastaturen für die Texteingabe auf Smartphones (ohne feste Unterlage) zugänglich macht. Es wurden zwei Varianten von Oskar gebaut, eine für Einhandbedienung und eine für Zweihandbedienung. Die Prototypen basieren auf handelsüblichen Komponenten und Schnittstellen wie Arduino, Bluetooth und USB.

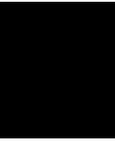
Beide Varianten von Oskar, Einhandbedienung und Zweihandbedienung, wurden mit sieben Personen des österreichischen Bundes-Blindenerziehungsinstitut getestet. Der Test umfasste einen qualitativen Teil mit Befragung und Interviews und einen quantitativen Teil mit Geschwindigkeitsmessungen. Die Messungen zeigten, dass ungeübte Personen mit dem einhändigen Oskar Prototypen fast gleich schnell Texte eingeben konnten (wenn auch ungenauer), wie mit einer virtuellen Tastatur. Weiters zeigten die Messungen, dass ungeübte Personen mit dem zweihändigen Oskar Prototypen vier mal schneller (und genauer) Schreiben als mit einer virtuellen Tastatur.

Trotz der kurzen Eingewöhnungszeit während der Tests war den Testpersonen der zweihändige Oskar Prototyp lieber als die virtuelle Tastatur. Jedoch wurde die virtuelle Tastatur vor den einhändigen Oskar Prototyp gereiht. Der Prototyp und die Tests zeigen, dass eine mobile Akkord Tastatur wie Oskar eine Alternative zum Touchscreen sein kann, wenn neben der Texteingabe auch die Steuerung des Smartphones mit der mobilen Akkord Tastatur möglich ist.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	ix
1 Motivation	1
2 Ziele	5
3 State of the Art	7
3.1 Virtuelle QWERTY Tastaturen	8
3.2 Braille	9
3.3 Akkord Tastaturen	12
4 Implementierung	19
4.1 Das Konzept	21
4.2 Konzeptmodell und Prototypen	23
4.3 Prototypen für Usertests	28
5 Usertests	35
5.1 Testaufbau	35
5.2 Quantitative Ergebnisse	40
5.3 Qualitative Ergebnisse	46
6 Diskussion	53
6.1 Geschwindigkeit und Genauigkeit	53
6.2 Merkmale von Oskar1 und Oskar2	55
6.3 Gesammelte Erfahrungen	57
6.4 Schlussfolgerungen und Ausblick	59
Abbildungsverzeichnis	60
Tabellenverzeichnis	61
Appendices	61
AnhangA Berechnung virtuelle Brailletastatur	63

AnhangB Quantitative Messergebnisse der Usertests	65
Literaturverzeichnis	67



Motivation

Die mechanische Texteingabe mit Schreibmaschine begann sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durchzusetzen (Lintl, 2014). Die QWERTY Tastaturbelegung, welche von der Schreibmaschine „Sholes and Glidden Type-Writer“, (Patentantrag 1875, Patentiert 1878) (Sholes, 1878) stammt, wird heute noch verwendet. Trainierte Anwenderinnen und Anwender können mit der QWERTY Tastatur Eingabegeschwindigkeiten von bis zu 150 Wörtern pro Minute erzielen (Lintl, 2014). Die QWERTY Tastaturbelegung wurde von der Schreibmaschine auf die Tastatur des Computers und den berührungsempfindlichen Bildschirm (Touchscreen) des Smartphones als virtuelle Tastatur übertragen (Lintl, 2014).

Touchscreens steuern Smartphones und sind ein zentrales Merkmal moderner Smartphones. Ein Smartphone ist ein Mobiltelefon mit Computerfunktionalitäten und einem Kommunikationssystem. Laut einer 2014 durchgeführten Umfrage besitzen 64% der US-Amerikanerinnen und US-Amerikaner ein Smartphone, und am häufigsten wird die Textnachrichtenfunktionen verwendet (Smith, McGeeney, Duggan, Rainie & Keeter, 2015). Durch die Verkleinerung und das Fehlen von physischen Anhaltspunkten ist das 10 Finger System nicht mehr anwendbar (Paisios, 2012; Tarvainen, 2010; Grussenmeyer & Folmer, 2017). Am Smartphone ist ohne das 10 Finger System die Eingabegeschwindigkeit von Schreibtischtastaturen nicht erreichbar (Tarvainen, 2010). Weiters ist durch die geringe haptische Wahrnehmbarkeit des Touchscreens das Schreiben für Blinde und Sehbehinderte schwerer (D. Kocielinski, 2013).

1825 wurde die Brailleschrift von Louis Braille (1809-1892) veröffentlicht (Schmid, 2012) und ist die heute am weitesten verbreitete Blindenschrift (Perkins et al., 2013). Braillezeichen bestehen aus zwei Spalten mit ursprünglich sechs, oder für den Computer acht, möglichen Positionen für taktile Punkte (Abbildung 1.1).

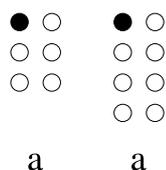


Abbildung 1.1: Der Buchstabe a in 6-Punkte-Brailleschrift und in 8-Punkte-Brailleschrift

Braille-Schreibmaschinen, im folgenden Brailleur genannt, haben für jeden der 6 oder 8 Punkte eine eigene Taste. Die Braillezeichen werden, wie bei den Akkorden in der Musik, durch kombinierten Tastendruck gebildet. Die verbreiteten Braille-Schreibmaschinen vom Typ Perkins (Perkins Brailleur) haben zusätzliche drei Tasten für „Leerzeichen“, „Löschen“ und „Zeilenvorschub“. Weil jedes Braillezeichen aus der Kombination, von maximal 8 dieser Zustände aufgebaut ist, braucht eine Brailletastatur nur acht Tasten und drei Tasten für „Leerzeichen“, „Löschen“ und „Zeilenvorschub“ um den gleichen Zeichenumfang wie eine Schreibmaschine (33 Tasten bei der Software-QWERTY-Tastatur am Touchdisplay eines Smartphones) eingeben zu können (Abbildung 3.1). Kommerziell erhältliche mobile Brailleur, ordnen die Tasten horizontal in einer Zeile an um die Tastatur wie eine Schreibmaschine, mit zwei Händen, auf einem Schreibtisch bedienen zu können.

Tragbare Geräte welche die Tasten im Block zu zwei Spalten und drei oder vier Zeilen anordnen erlauben eine Bedienung mit zwei Händen ohne Schreibtisch (Powell, 2015; Varada, 2017; Ewald, 2014). Dabei wird das Gerät in beiden Händen gehalten und die Tasten werden auf der Rückseite bedient. Die Anordnung der Tasten im Block eines Braillezeichens ist tastbar, also taktil, und nutzt die räumliche Wahrnehmung und Zuordnung, also die Propriozeption. Tastsinn und Propriozeption ergeben zusammen eine haptische Wahrnehmung. Außerdem kann eine solche Anordnung auch noch einhändig bedient werden (Tarvainen, 2010). Einhändig bedient jeder Finger zwei Tasten aus einer der vier Zeilen der zwei Spalten im Block (Abbildung 1.2) Dabei muss es mit jedem Finger möglich sein entweder die Tasten der ersten, zweiten oder beider Spalten gleichzeitig, im Akkord, zu drücken.

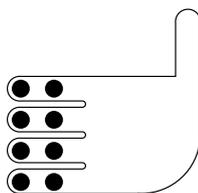


Abbildung 1.2: Hand mit Finger auf je 2 Braillepunkten einer Braillezelle

Aufgrund der verschiedenen Ansätze zur Texteingabe interessiert hier, ob eine mobile Akkord Tastatur zur Eingabe der Blindenschrift Braille besser zu bedienen ist als die

verbreitete virtuelle QWERTZ Tastatur am Touchscreen? Besser kann hier zum Beispiel schneller, genauer, benutzerfreundlicher, bequemer, nachhaltiger, günstiger oder praktischer bedeuten. Worauf legen die Benutzer Wert?

KAPITEL 2

Ziele

Ziel dieser Arbeit ist die Herstellung einer mobilen Tastatur (Oskar, Anfangsbuchstaben von Open Source Key ARrangement) für die Eingabe von Brailleschrift. Oskar soll folgende Funktionen unterstützen und folgende Eigenschaften besitzen: Die Tastatur soll im Stehen und Gehen bedienbar sein. Die Texteingabe am Smartphone soll mit der Tastatur möglich sein. Oskar soll auch mit nur einer Hand bedienbar sein. Akkorde sollen die Anzahl der Tasten pro Zeichen reduzieren. Die Brailleschrift soll mit der Tastatur eingegeben werden können. Ein wesentliches Ziel ist es, die mobile Akkord Tastatur Oskar für Blinde und Sehbehinderte leistungsfähiger als gängige mobile Texteingabemethoden zu gestalten. Um dieses Ziel zu überprüfen, wird eine Evaluierung durchgeführt.

Oskar ist eine Akkord Tastatur für die Brailleschrift, so wie auch der Prototyp (Wireless Smartphone Keyboard for Visually Challenged Users) von D'silva, Parthasarathy und Rao (D'silva et al., 2016).

Eine Schlussfolgerung und geplante Evaluierung der Arbeit von D'silva et al. soll hier als Ziel für die Testgeräte herangezogen werden. Es soll überprüft werden ob, mit dem vorgestellten Gerät, die Eingabegeschwindigkeit und Genauigkeit der Blinden und Sehbehinderten mit Braillekenntnis, im Vergleich zur voreingestellten Eingabemethode am Smartphone, gesteigert werden kann. Die Evaluierung einer 8-Punkt-Brailleschrift wie von D'silva et al. vorgeschlagen wird hier nicht durchgeführt. Es wird die 6-Punkt-Brailleschrift anstatt der 8-Punkt-Brailleschrift untersucht weil diese leichter mit bisherigen Studienergebnissen vergleichbar ist.

Die Leistungsfähigkeit von Oskar soll in den Bereichen Schnelligkeit und Genauigkeit mit Messungen untersucht werden. Der Vergleich der Leistungsfähigkeit soll mit einer virtuellen QWERTZ Tastatur und einer physischen Braille Tastatur stattfinden. Das

2. ZIELE

Urteil der Testpersonen soll anhand von Beobachtungen bei den Messungen und bei Interviews untersucht werden.

State of the Art

Stand der Technik bei der Texteingabe ist die QWERTY Tastatur. Am Smartphone wird Text über den Touchscreen mit virtuellen QWERTY Tastaturen eingegeben. Akkord Tastaturen wie die Brailletouch der Blindenschrift bieten eine Alternative zu QWERTY Tastaturen. Die Blindenschrift Braille wird mit Braillelern eingegeben, wobei es neben den mechanischen und elektronischen auch virtuelle Brailletouch am Smartphone gibt. Twiddler und GKOS sind weitere Beispiele von Akkord Tastaturen.

Texteingabemethode	Geschwindigkeit in WPM	Gesamtfehlerrate in %
PACmate BX400 mit Übung (Southern, Clawson, Frey, Abowd & Romero, 2012)	32.9	9.41
Twiddler mit Übung (Lyons et al., 2004)	26.2	5
Brailletouch Smartphone (Southern et al., 2012)	20	24.1
GKOS mit Übung (Tarvainen, 2010)	12.8	keine Angabe
Twiddler ohne Übung (Lyons et al., 2004)	4.3	10.4
virtuelle QWERTY-T. mit Übung (Alnfai & Sampalli, 2016)	3.72	20.54
GKOS ohne Übung (Tarvainen, 2010)	3.4	keine Angabe

Tabelle 3.1: Eingabegeschwindigkeit und Gesamtfehlerrate der in State of the Art beschriebenen Texteingabemethoden im Überblick

3.1 Virtuelle QWERTY Tastaturen

Smartphones mit den Betriebssystemen Android, iOS oder Windows Mobile werden mit einer vorinstallierten, virtuellen QWERTY Tastatur ausgeliefert. Die gängigste Texteingabemethode ist die virtuelle Tastatur mit QWERTY Tastaturbelegung (Alnfai & Sampalli, 2016; Mattheiss, Regal, Schrammel, Garschall & Tscheligi, 2014).

Die QWERTY Tastaturbelegung ist eine Anordnung von Buchstaben, Ziffern und Symbolen. QWERTY ist eine Sammelbezeichnung für Tastaturbelegungen, auf denen die ersten sechs Tasten in der obersten Buchstabenreihe mit den lateinischen Buchstaben Q, W, E, R, T und Y belegt sind. Im englischen Sprachraum wird die QWERTY Tastaturbelegung verwendet. Bei anderen Sprachen als der Englischen mit Lateinschrift werden Varianten der QWERTY Tastaturbelegung verwendet. QWERTZ Tastaturbelegung ist die Variante der QWERTY Tastaturbelegung welche im deutschen Sprachraum verbreitet ist (Abbildung 3.1).

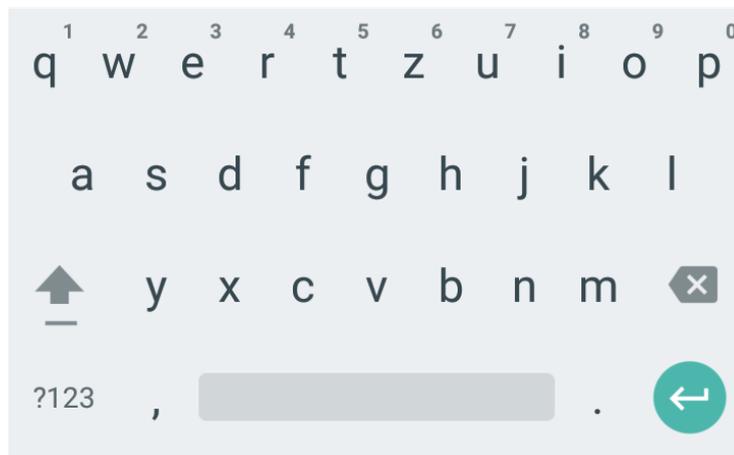


Abbildung 3.1: Virtuelle QWERTZ Tastatur, Smartphone Betriebssystem Android Version 6.0

Benutzer mit Sehheinschränkungen können die virtuelle Tastatur in Kombination mit einem Screenreader verwenden. Bei der Verwendung eines Screenreaders und der virtuellen QWERTY Tastatur wird eine Methode namens Split-tap oder „talking fingertip technique“, „sprechende Fingerspitzen Technik“ verwendet. Mit Split-tap kann, ohne den Touchscreen zu sehen und ohne taktile Rückmeldung, am Touchscreen auf der virtuellen Tastatur navigiert werden. Bei Split-tap wird die Taste durch die einfache Berührung des Touchscreens (Tap) oder Wischen (Slide) unter dem Berührungspunkt durch den Screenreader vorgelesen und für die Eingabe ausgewählt aber noch nicht eingegeben.

Zur Eingabe der mit Split-tap ausgewählten Taste können zwei verschiedene Methoden zum Einsatz kommen, Double-tap oder Lift-off. Mit Double-tap kann die mit Split-tap ausgewählte Taste mit einem oder mit zwei Fingern eingegeben werden. Mit einem Finger

kann bei zweifacher, kurz aufeinander folgender Berührung an einer beliebigen Position am Touchscreen das, mit Split-tap gewählte Zeichen der Taste eingegeben werden. Bei Double-tap kann die mit Split-tap ausgewählte Taste auch durch Tap eines zweiten Fingers eingegeben werden, während der für Split-tap verwendete Finger die Taste weiter berührt. Alternativ kann auch die zuletzt berührte Taste, also die mit Split-tap ausgewählte Taste, eingegeben werden, sobald die Berührung unterbrochen wird (Methode Lift-off) (Alnfai & Sampalli, 2016; Grussenmeyer & Folmer, 2017).

Eine von Alnfai und Sampalli durchgeführte Studie mit geübten, blinden Personen an virtuellen QWERTY Tastaturen ergab eine durchschnittliche Texteingabegeschwindigkeit von 3,72 WPM, bei einer Gesamtfehlerrate von 20.54 % (Alnfai & Sampalli, 2016).

3.2 Braille

Braille-Schreibmaschinen haben Akkord Tastaturen. Im Punktschriftalphabet Braille, der Blindenschrift für Blinde und Sehbehinderten, ergibt sich die Bedeutung der einzelnen Zeichen aus der Anordnung von Punkten in einem Raster. Zur Eingabe von Braillezeichen der Brailleschrift werden Akkord Tastaturen, Braille-Schreibmaschine und elektronische Brailletastatur, verwendet.

3.2.1 Brailleschrift

Das Braille-Zeichen (Braillezelle) der Blindenschrift besteht aus sechs taktilen Punktpositionen. Die Positionen sind in einem aufrecht stehenden Rechteck aus drei Zeilen und zwei Spalten angeordnet. Sie lassen sich zu 64 Kombinationen anordnen. Die Durchnummerierung der ersten 6 Punkte einer Braillezelle erfolgt von der linken Spalte oben nach unten und von der rechten Spalte von oben nach unten (Abbildung 3.2).

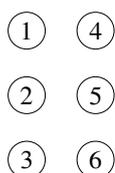


Abbildung 3.2: 6-Punkt-Brailleschrift

Das Basis-System der deutschen Blindenschrift ermöglicht die Wiedergabe eines Textes in 6-Punkte-Blindenschrift (Abbildung 3.3). Die Vollschrift erweitert das Basis-System um Lautgruppenkürzungen für besonders häufig vorkommende Lautgruppen (Abbildung 3.4). Die Vollschrift bildet die Grundlage der deutschen Blindenschrift. Um den Raumbedarf weiter zu reduzieren und den Schreib- und Lesevorgang zu beschleunigen, wurde die Kurzschrift für eine Reihe von Sprachen mit weiteren Abkürzungen und entsprechenden Anwendungsregeln entwickelt.

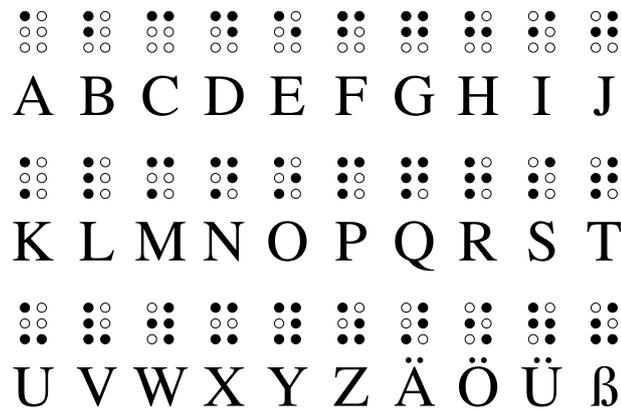


Abbildung 3.3: Das Alphabet des Basis-Systems der deutschen Blindenschrift

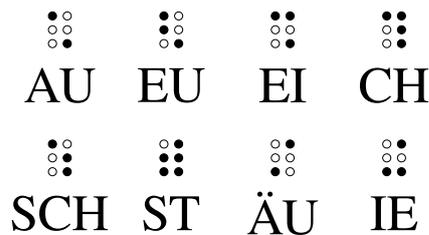


Abbildung 3.4: Lautgruppenkürzungen der Vollschrift

Computer-Braille (auch als Euro-Braille bezeichnet) wird definiert durch die Deutsche Norm DIN 32 982 „8-Punkt-Brailleschrift für die Informationsverarbeitung“ (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1994). Computer-Braille umfasst 256 Zeichen im 8-Punkte-Format und ordnet Zeichen der 8-Punkte-Brailleschrift den Zeichenkodierungen der EDV zu (Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder, 2005).

Bei Computer-Braille sind die Punkte einer Braillezeile in zwei Spalten zu 4 Zeilen angeordnet. Die Durchnummerierung der ersten 6 Punkte einer Braillezeile erfolgt, wie auch in der 6-Punkte-Blindenschrift, zuerst in der linken Spalte, von oben nach unten und dann in der rechten Spalte von oben nach unten. Die für die Informationsverarbeitung nötigen zwei weiteren Punkte der EU-Computerbraille befinden sich darunter. Der siebte Punkt liegt in der linken und der achte Punkt in der rechten Spalte (Tabelle 3.5).

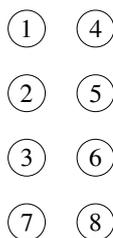


Abbildung 3.5: 8-Punkt-Brailleschrift

Brailletastaturen haben sechs Tasten. Brailletastaturen zur Eingabe von Computer-Braille besitzen acht Tasten. Eine Taste für jeden Braillepunkt in einer Braillezelle. Die Zeichen werden mit Akkorden durch gleichzeitiges Drücken mehrerer Tasten eingegeben (Grussenmeyer & Folmer, 2017).

3.2.2 Virtuelle Brailletastaturen

Virtuelle Brailletastaturen sind Anwendungen am Smartphone zur Texteingabe über den Touchscreen. Bei der virtuellen Brailletastatur werden Braille Tastaturen, wie der Perkins Brailleur, am Touchscreen nachgeahmt.

Geräte mit dem Betriebssystem iOS von Apple ab der Version 8 können optional mit einer virtuellen Brailletastatur, von Apple Braillebildschirmeingabe genannt, bedient werden. Die virtuelle Brailletastatur von iOS, basiert auf BrailleTouch und Perkininput und ist in zwei Modi verfügbar.

- abgewandter Bildschirm Modus: Die Person hält das Gerät mit dem Touchscreen vom Körper abgewandt. Die Hände halten das Gerät an den Seiten und die Finger berühren den Touchscreen, auf der dem Körper abgewandten Seite. So kann mit jeweils drei oder vier Fingern von jeder Hand am Touchscreen im Akkord getippt werden, ohne eine Unterlage zu verwenden. (Abbildung 3.6)
- Schreibtisch-Modus: Sechs oder acht Finger tippen wie beim Perkins Brailleur nebeneinander auf dem Touchscreen. (Abbildung 3.7)

Im abgewandter-Bildschirm-Modus und im Schreibtisch-Modus wurden vergleichbare Eingabegeschwindigkeiten um 20 WPM von Southern et al. festgestellt, berichtet Grussenmeyer und Folmer (Grussenmeyer & Folmer, 2017).

Die durchschnittlichen Gesamtfehlerraten waren bei abgewandter-Bildschirm-Modus 24,1 % und bei Schreibtisch-Modus 27,3 %. Die durchschnittlichen Gesamtfehlerraten wurden



Abbildung 3.6: Virtuelle Brailletastatur, abgewandter Bildschirm Modus, Smartphone Betriebssystem iOS Version 11.3

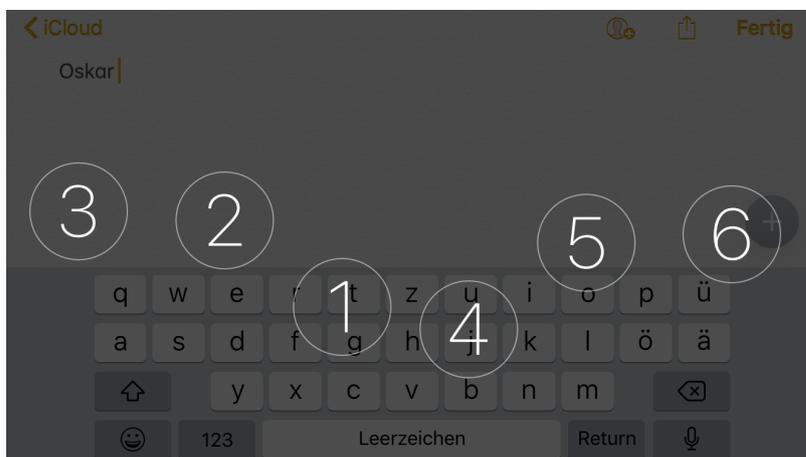


Abbildung 3.7: Virtuelle Brailletastatur, Schreibtisch Modus, Smartphone Betriebssystem iOS Version 11.3

aus den Angaben von drei Leistungsgruppen berechnet (Anhang Berechnung virtuelle Brailletastatur) (Southern et al., 2012).

3.3 Akkord Tastaturen

Bei einer Akkord Tastatur gibt man Zeichen mit kombinierten Tastenanschlägen (Akkord), wie bei einem Klavier, ein. Kombinierte Tastenanschläge zur Zeicheneingabe verwendete der Telegraph von Wheatstone and Cooke (Wheatstone, 1840). Auf den Telegraphen erhielten Wheatstone und Cooke am 12. Juni 1837 in England ein Patent (Cooke & Wheatstone, 1839). Damit war der Telegraph von Wheatstone and Cooke wahrscheinlich die erste dokumentierte Akkord Tastatur (Tarvainen, 2010). Kommerziell verwendet wurde der Telegraph von Wheatstone and Cooke erstmals 1838, in England bei der „Great Western Railway“ zwischen Paddington und West Drayton (Bowers, 2002).

3.3.1 Perkins Brailler

Der Perkins Brailler ist bis heute der Standard unter den mechanischen Schreibmaschinen für Blinde geblieben. Der Perkins Brailler wurde zum ersten mal von David Abraham im Jahr 1951 hergestellt. Auftraggeber für diese mechanische Braille Punktsschriftmaschine war die „Perkins School for the Blind“ welche auch Namensgeber wurde (Seymour-Ford, 2009). Abraham verbesserte die Punktsschriftmaschine von Hall durch Hinzufügen einer Leertaste, Rücktaste und eines Zeilenvorschubs. Der Perkins Brailler hat sechs Tasten für die Punkte der Braillezeichen, die in zwei, horizontal nebeneinander liegenden, Zeilen angeordnet sind: die erste Zeile hat den 1., 2. und 3. Punkt und die zweite Zeile hat den 4., 5. und 6. Punkt (Alnfai & Sampalli, 2016). Der Zeilenvorschub liegt links der Tasten für die Punkte der Braillezeichen. Die Leertaste liegt zwischen den zwei Spalten für die Punkte der Braillezeichen. Die Rücktaste liegt rechts der Tasten für die Punkte der Braillezeichen. (Abbildung: 3.8)

3.3.2 Elektronische Brailletastaturen

Die Anordnung der Brailletastatur bei elektronischen Brailletastaturen entspricht der Anordnung von Perkins Braillern. Bei elektronischen Brailletastaturen werden die Computer-Braille Punkte 7 und 8 neben den Tasten für die 6-Punkte-Blindenschrift als zusätzliche Tasten ausgeführt, oder die Tasten für Zeilenvorschub und die Rücktaste bekommen eine Doppelfunktion als Punkte 7 und 8. Elektronische Brailletastaturen können kabellos oder mit Kabel an elektronischen Endgeräten wie PC oder Smartphone angeschlossen werden.

Braillezeilen sind elektronische Ausgabegeräte zur taktilen Darstellung von Braillezeichen. Braillezeilen stellen die Punkte von Braillezellen mit beweglichen Stiften taktil dar und bestehen aus mehreren, in einer Zeile angeordneten Braillezellen. Braillezeilen werden als Ausgabegeräte von Smartphones unterstützt. Braillezeilen können mit Brailletastaturen verbaut sein und können als eigenständige Textverarbeitungsgeräte ausgeführt sein.



Abbildung 3.8: Perkins Brailler

Braille-Notizgeräte (Braille Notetaker) sind Textverarbeitungsgeräte für Sehbehinderte und Blinde. Braille-Notizgeräte haben für die Eingabe eine Tastatur und für die Ausgabe entweder eine Braillezeile, Sprachausgabe oder beides. Obwohl Braille-Notizgeräte als eigenständige Geräte konzipiert sind, können manche auch nur als Ein- und Ausgabegerät verwendet werden.

PACmate BX400

PACmate BX400 ist ein kommerzielles Braille-Notizgerät mit Tasten in der gängigen Anordnung eines Perkins Brailers (Abbildung: 3.9) (Southern et al., 2012)

PACmate BX400 hat im Unterschied zu anderen Braille Notetakern keine integrierte Braillezeile für die Ausgabe von Braillezeichen sondern eine Sprachausgabe. Der PACmate BX400 kann über Bluetooth mit bluetoothfähigen Smartphones verbunden werden.

Eine von Southern et al. durchgeführte Studie mit geübten Personen für PACmate BX400 ergab eine durchschnittliche Texteingabegeschwindigkeit von 32,9 Wörter pro Minute (WPM) bei einer Gesamtfehlerrate von 9.41 % (Southern et al., 2012).

Wireless Smartphone Keyboard for Visually Challenged Users

Beim Wireless Smartphone Keyboard for Visually Challenged Users werden für die Eingabe von Braillezeichen Tasten aus einem Feld von zwei Spalten und drei Reihen verwendet. Diese 6 Tasten repräsentieren die 6 Punkte einer Braillezelle. Eine weitere



Abbildung 3.9: PACmate BX400

Taste wird für die Eingabe von Leerzeichen verwendet. Über einen Mikrocontroller und ein Bluetoothmodul werden die eingegebenen Zeichen an eine Anwendung (Application, App) eines Smartphones übertragen. Die App ersetzt die virtuelle QWERTY Tastatur am Smartphone, kann mit dem Screenreader TalkBack verwendet werden und stellt die drahtlose Verbindung mit der Tastatur her (D'silva et al., 2016).

Ein Screenreader ermöglicht die akustische und taktile Wiedergabe der am Bildschirm dargestellten Information. Über Lautsprecher kann eine synthetische Sprachausgabe Informationen akustisch wiedergeben. Eine Braillezeile oder der Vibrationsmotor im Smartphone können zur taktilen Wiedergabe verwendet werden. Die Screenreader der Smartphonebetriebssysteme werden bei iOS VoiceOver und bei Android TalkBack genannt.

3.3.3 Twiddler

Twiddler ist eine mobile Einhand- Akkord Tastatur mit einem Eingabefeld wie bei einem Mobiltelefon mit physischen Tasten. Das Eingabefeld besteht aus zwölf Tasten welche in drei Spalten und vier Zeilen angeordnet sind. Bei der Verwendung zeigt das Tastenfeld vom Körper weg und jede Zeile wird mit je einem Finger bedient (Abbildung 3.10) (Clawson et al., 2005). Der Twiddler verwendet eigene Akkorde zur Zeicheneingabe. Die Akkorde basieren nicht auf den Braillezeichen der Brailleschrift wie bei den Brailleschreibmaschinen.



Abbildung 3.10: Twiddler Abbildung von Case (2010) 

Bei Anfängerinnen und Anfängern auf Twiddler konnten durchschnittliche Eingabegeschwindigkeiten von 4,3 WPM bei einer Gesamtfehlerrate von 10,4 % festgestellt werden. Nach 6 Stunden und 20 Minuten Übung am Twiddler konnten die selben Personen durchschnittliche Eingabegeschwindigkeiten von 26,2 WPM bei einer Gesamtfehlerrate von 5 % erreichen (Lyons et al., 2004).

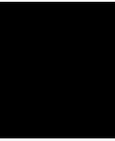
3.3.4 GKOS

GKOS ist eine Akkord Tastatur von Seppo Tiainen und steht für Global Keyboard Optimized for Small Wireless Devices. Die Baupläne und Quellen für die Software der GKOS Tastaturen sind frei zugänglich. GKOS ist für kleine Endgeräte gedacht, welche von einer möglichst platzsparenden Eingabemethode profitieren können. Obwohl GKOS für eine beidhändige Verwendung entwickelt wurde ist die einhändige Verwendung ebenfalls möglich. GKOS verwendet Akkorde um mit sechs Tasten alle Funktionen und Zeichen einer QWERTY Computertastatur eingeben zu können (Tarvainen, 2010).

Die GKOS Tastatur verwendet eigene Akkorde zur Zeicheneingabe. Die Akkorde basieren nicht auf den Braillezeichen der Brailleschrift wie bei den Braille-Schreibmaschinen. Die sechs Tasten der GKOS Tastatur entsprechen aber in Anzahl und Anordnung den Punktpositionen der Braillezeichen.

Es existieren keine kommerziell erhältlichen, physischen GKOS Tastaturen. Es gibt Prototypen und Anleitungen zum Bau von physischen GKOS Tastaturen, Software basierte Umsetzungen am Computer mit QWERTY Tastatur sowie virtuelle GKOS Tastaturen am Smartphone.

Bei Anfängerinnen und Anfängern auf GKOS konnten durchschnittliche Eingabegeschwindigkeiten von 3,4 WPM erreicht werden. Nach einer Übung mit 59 Phrasen mit GKOS konnten bei den selben Personen durchschnittliche Eingabegeschwindigkeiten von 12,8 WPM festgestellt werden (Tarvainen, 2010).



Implementierung

Oskar soll als mobile Tastatur eine Alternative oder Ergänzung zum Touchscreen bieten. Bei der Texteingabe-geschwindigkeit und -genauigkeit soll der Touchscreen übertroffen werden. Auch die Textbearbeitung und Steuerung des Smartphones soll mit Oskar möglich sein. Oskar soll ebenfalls individuell anpassbar sein. Befestigung von Oskar an Endgeräten wie einem Smartphone oder Tablet sind vorstellbar. Auch am Lenker von Fahrzeugen wie Auto, Motorrad, Fahrrad, Kinderwagen oder Postzustellwagen könnte Oskar installierbar sein. Für Sehbehinderte und Blinde könnte eine Befestigung am Blindenstock oder an der Blindenschleife nützlich sein. Als tragbares Gerät könnte Oskar an Kleidungsstücken wie Gürtel, Hosentasche oder als Brusttasche und der Handtasche getragen werden. Am Unterarm oder der Hand befestigt, könnte Oskar auch bedient werden. Als Eingabegerät kann Oskar die Funktionen von Tastatur, Touchscreen, Keypad und Fernsteuerung übernehmen.

Bei Oskar wurde als Texteingabemethode Braille implementiert. Mit der gleichen Hardware und angepasster Software können aber auch andere Texteingabemethoden wie zum Beispiel GKOS, Twiddler oder Multi-tap implementiert werden. Oskar hat im Vergleich zur Schreibtischtastatur eine kleinere Bauform und größere Bewegungsfreiheit (weil die Bindung an eine Unterlage entfällt). Weiters wird bei einhändiger Bedienung von Oskar eine Hand frei (günstig beim Tippen mit Telefon am Ohr). Gegenüber anderen elektronischen Braille Tastaturen hat Oskar den Vorteil, dass die Zuordnung der Zeichen zu den Akkorden von Screenreadern unabhängig funktioniert und angepasst werden kann. Daher brauchen die Konfigurationen der verwendeten Screenreader nicht abgestimmt werden, um gleiches Verhalten für Spezialzeichen zu gewährleisten.

Als Touchscreenersatz hat Oskar den Vorteil der taktilen Tasten welche die blinde Bedienung erleichtert. Touchscreens sind spröde und können bei mechanischer Beanspru-

chung, wie dem Sturz auf den Boden, brechen. Oskar kann mechanisch stabiler als ein Touchscreen gebaut werden.

Als Keypad (ohne die Verwendung von Akkorden) kann Oskar für die Cursorsteuerung bei Spielen verwendet werden. Die Tasten können mit häufig verwendeten Shortcuts belegt werden. Natürlich können auch die Tasten eines Keypads zur Zifferneingabe durch Akkorde realisiert werden.

Als Fernsteuerung für z.B.: SmartTV, Multimediacenter, Homeautomation oder mp3-Player beim Laufen, bietet Oskar durch die handliche Größe einen Vorteil gegenüber einer kabellosen Tastatur.

Vorstellbare Nutzerinnen und Nutzer des quelloffenen Tastaturarrangement Oskar könnten folgende Personengruppen sein:

- Blinde und Sehbehinderte, Einhändige, vom repetitive strain injury syndrom Betroffene (Lyons et al., 2004),
- Videospieleerinnen und Videspieler, CAD Anwenderinnen und Anwender, Nutzerinnen und Nutzer von Head Mounted Displays
- Fußgängerinnen und Fußgänger, Sportlerinnen und Sportler wie z.B.: Skifahrerinnen und Skifahrer, Lenkerninnen und Lenker von Rädern, Autos und Kinderwägen

Als Einsatzorte von Oskar kommen neben dem Arbeitsplatz, im Wohnzimmer und unterwegs, auch Bereiche verminderter Schwerkraft (wie beim Parabelflug oder auf der internationalen Raumstation) infrage. Beim Schreiben mit dem 10-Finger-System unter verminderter Schwerkraft muss die Benutzerin, der Benutzer zu Tastatur und Bildschirm räumlich stabilisiert werden. Auf Bildern der internationalen Raumstation sieht man mit Fußschlaufen fixierte Laptopbenutzer. Durch Befestigung von Oskar am Laptop oder Bildschirm können sich Personen mit den Händen relativ zum Laptop oder Bildschirm stabilisieren. Die Tastatur dient dabei gleichzeitig als Griff.

4.1 Das Konzept

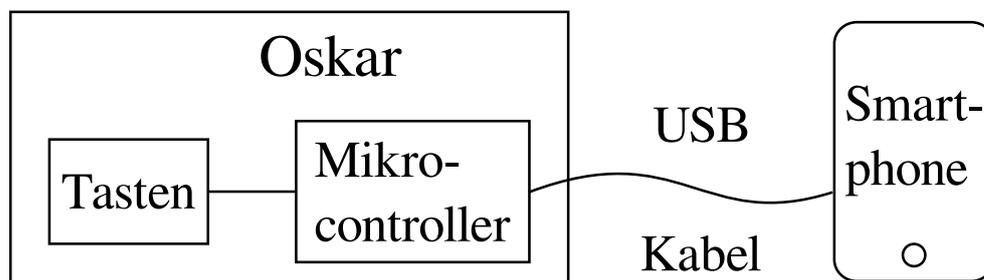


Abbildung 4.1: Schematischer Aufbau von Oskar

Abbildung 4.1 zeigt den schematischen Aufbau von Oskar. Der Aufbau besteht aus den Tasten, welche mit einem Mikrocontroller verbunden sind und einem Smartphone, zu dem die Texteingaben übertragen werden.



Abbildung 4.2: Universal GKOS IR Keyboard

Als erstes wurde nach dem Vorbild von GKOS IR Keyboard¹ (Abbildung 4.2) entwickelt. Die Texteingabemethode GKOS verwendet 6 Tasten. Verwendet wird GKOS IR Keyboard, mit den Tasten vom Körper abgewandt. Die Finger ruhen auf den Tasten, Handfläche und Daumen halten das Gerät. Bei der zwei- und der einhändigen Bedienung werden die Tasten der ersten Zeile mit den Zeigefingern, die zweite Zeile mit den Mittelfingern und die dritte Zeile mit den Ringfingern gedrückt. Die Tasten einer Zeile sind über einen Steg miteinander verbunden, sodass zwei Tasten mit nur einem Finger gedrückt werden können. Wenn man jedem Finger zwei Tasten in einer Zeile zuordnet, können alle Tasten mit nur einer Hand alleine gedrückt werden (Tabelle 4.1).

A	D	Zeigefinger
B	E	Mittelfinger
C	F	Ringfinger

Tabelle 4.1: GKOS Fingerzuordnung

¹<http://www.gkos.net/gkos-net-index.html>

Die Tasten sind wie die Punkte einer Braillezelle angeordnet und können auch als solche interpretiert werden. Erweitert man die Anordnung um eine Zeile mit zwei Tasten kann auch Computer-Braille eingegeben werden (Tabelle 4.2).

1	4	Zeigefinger
2	5	Mittelfinger
3	6	Ringfinger
7	8	kleiner Finger

Tabelle 4.2: Braillezelle Nummerierung und Fingerzuordnung

Die Übersetzung der Akkorde: Jede einzelnen Taste wird einem Bit in einem Byte (8 Bit in einem Byte) zugeordnet.

Durch das Drücken der Tasten werden die zugeordneten Bits im Byte von 0 auf 1 gesetzt. Jedes Zeichen (Buchstaben, Satzzeichen, usw.) ist einem der 256 möglichen Kombinationen der Bits in einem Byte zugeordnet. Jedem Zeichen ist ein Zeichencode, entsprechend der USB HID Klasse, zugeordnet.

USB² (Universal Serial Bus) ist ein Standard für Kabel, Stecker und Kommunikationsprotokolle für die Verbindung, Kommunikation und Stromversorgung von Endgerät und externen Geräten. USB HID Klasse³ (Human Interface Device) definiert eine Klasse von externen Geräten des USB-Standards welche direkt vom Menschen bedient werden.

Bei der Darstellung eines Bytes als Zahl wird jedem Bit eine Potenz von 2 zugeordnet. Damit entspricht jede einzelne Taste einer Potenz von 2. (Taste 1: $2^0 = 1$, Taste 2: $2^1 = 2$, Taste 3: $2^2 = 4$, Taste 4: $2^3 = 8$, Taste 5: $2^4 = 16$, Taste 6: $2^5 = 32$, Taste 7: $2^6 = 64$, Taste 8: $2^7 = 128$) Diese Potenzen werden addiert und die Summe einem Zeichen und dessen Zeichencode zugeordnet.

Zum Beispiel wird der Buchstabe „d“ in Braille mit den Punkten 1, 4 und 5 dargestellt (Tabelle 4.3). Die Summe (Taste 1: $2^0 = 1 +$ Taste 4: $2^3 = 8 +$ Taste 5: $2^4 = 16$) ergibt 25. Für die Summe 25 wird der in der HID Definition hinterlegte Zeichencode 7 für den Buchstaben „d“ zum Endgerät übertragen.

Stelle im Byte	8	7	6	5	4	3	2	1
Wert des Bits	0	0	0	1	1	0	0	1

Tabelle 4.3: Bits im Byte des Buchstaben „d“

Damit Gelegenheit bleibt, die Akkorde vorzubereiten, werden erst beim Lösen der Tasten die Zeichencodes der HID Definition gesendet. Mehrzeichen-Kombinationen sind aufeinander-

²<http://usb.org>

³https://en.wikipedia.org/wiki/USB_human_interface_device_class

der folgende Akkorde, deren Bedeutung erst durch nachgestellte Zeichen bestimmt sind. Mehrzeichen-Kombinationen werden durch Änderung von Modi-speichernden Variablen realisiert. Dabei können die Einzelzeichen, welche die Mehrzeichen-Kombinationen bilden, unterdrückt oder im Nachhinein gelöscht werden, bis das letzte Zeichen bestimmt um welche Mehrzeichen-Kombinationen es sich handelt.

4.2 Konzeptmodell und Prototypen

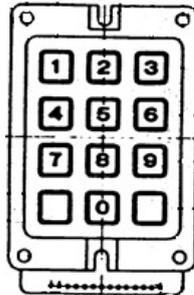


Abbildung 4.3: Konzeptmodell Tastatur BLE 1

Bei der ersten Umsetzung verwendete ich statt einzelner Tasten ein Tastaturfeld mit 3x4 Tasten (TOKAI, block type standard key board switch, Type BLE-1, Abbildung 4.3). Bei diesem Tastaturfeld können zwei Tasten mit nur einem Finger gleichzeitig gedrückt werden, weil die Tasten so nah beieinander liegen. Der Abstand von Taste zu Taste beträgt 14 mm, und die Tasten haben eine Kantenlänge von 8.9 mm. Beim GKOS IR Keyboard sind jeweils zwei Tasten mit Steg verbunden um alle Kombinationsmöglichkeiten der 6 Tasten drücken zu können. Beim Konzeptmodell Tastatur BLE 1 sind keine Stege zwischen den Tasten notwendig, um einhändig alle Kombinationsmöglichkeiten der 6 Tasten drücken zu können.

Der Mikrocontroller eines Arduino Micro⁴ Entwicklerboards übersetzt die Akkorde in einen Datenstrom, der von den Endgeräten als Tastatureingaben interpretiert wird. Arduino⁵ ist eine open-source (quelloffene) Mikrocontroller Entwickler Plattform aus Hard- und Software. Die Programmierung der Mikrocontroller selbst erfolgt in einer C bzw. C++ ähnlichen Programmiersprache. Standardisierte Kommunikation zwischen Eingabegerät und Endgerät findet über das im USB HID definierte Protokoll statt. Das Programm zur Übersetzung der Akkorde, entsprechend der Vollschrift der deutschen Blindenschrift, sowie Leerzeichen, Löschen und Enter wurde für den Mikrocontroller entwickelt. Im Arduino Micro ist der Mikrocontroller ATmega32U4 verbaut, bei dem USB integriert ist. Das USB HID Protokoll wird über Universal Serial Bus (USB) und USB On-The-Go (USB-OTG) übertragen.

⁴<https://store.arduino.cc/arduino-micro>

⁵<https://www.arduino.cc/>

Der USB-OTG-Standard, eine Erweiterung von USB, erlaubt die direkte Kommunikation zwischen externen Geräten (Smartphone) ohne Host. Bei USB ohne USB-OTG-Standard wird die Kommunikation von einem Host-Controller, in der Regel am Motherboard eines Computers (Endgerät, Host), gesteuert.

Das Tastaturfeld ist zu klein um mit vier Fingern 8 Tasten zu bedienen. Um mit Oskar Computer-Braille realisieren zu können sind 8 Tasten nötig welche mit 4 Fingern einer Hand bzw. 8 Fingern beider Hände bedient werden können (Tabelle 4.2). Die Breite der Finger ist größer als der Tastenabstand. Der geringe Abstand zwischen den Tasten des Tastaturfeldes ermöglicht zwar das gleichzeitige Drücken von zwei Tasten in einer Zeile mit einem Finger, aber der Abstand der Reihen ist zu gering für vier Finger, um das Tastaturfeld bequem bedienen zu können. Außerdem sind die Tasten des Tastaturfeldes mit mehr Kraft (66 ± 25 cN) als gewünscht zu drücken.

4.2.1 Prototyp Cherry MX Brown

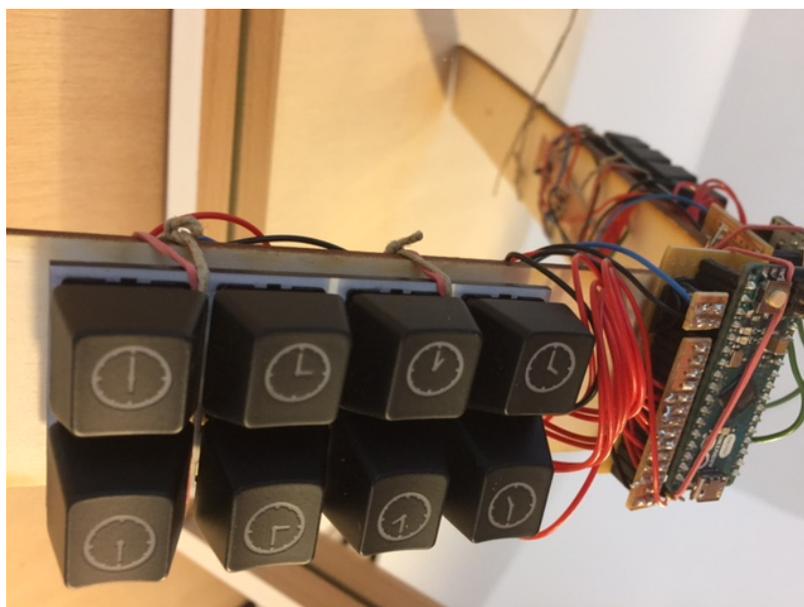


Abbildung 4.4: Prototyp mit Cherry MX Brown Tasten

Für eine bequemere Eingabe wurden die mechanischen Tastatur-Tasten, Marke Cherry, Modell MX-Brown (MX1A-G1NN), mit spürbarem Druckpunkt, ohne Klickgeräusch verbaut. Die Tasten sind leichtgängig (45 ± 20 cN) und individuell anzuordnen. In Abbildung 4.4 sieht man die verbauten Cherry MX Tasten und Arduino Micro auf einem Holzbrett montiert. Der Abstand von Taste zu Taste beträgt 19 mm. Der Abstand vom Rand einer Taste zur nächsten Taste beträgt weniger als einen Millimeter. Drückt man zwischen zwei Tasten, drückt man beide Tasten. Zwei Tasten können trotz des relativ großen Abstandes gedrückt werden, weil die Tasten leichtgängig genug sind, um auch zu funktionieren, wenn sie am Rand gedrückt werden. Der Aufbau hat genügt um zu zeigen,

dass die 8 Tasten mit 4 Fingern bequem bedient werden können. Durch den relativ großen Tastenhub (2.3 mm bis zur Auslösung und 4 mm bis zum Anschlag im Vergleich zu 1 mm bei TOKAI BLE-1) können, bei einhändiger Bedienung, andere Tasten unabsichtlich mitgedrückt werden.

4.2.2 Prototyp ALPS SLLB120300



Abbildung 4.5: ALPS SLLB120300

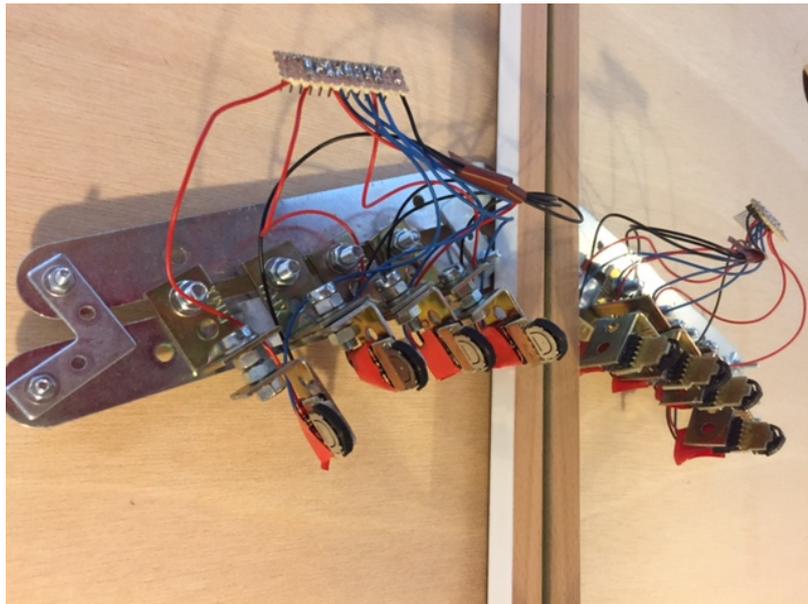


Abbildung 4.6: Prototyp ALPS SLLB120300 mit Spiegel

Der Navigationsknopf ALPS SLLB120300⁶ bietet drei Eingabemöglichkeiten in einem Knopf (Abbildung 4.5). Der Navigationsknopf ALPS SLLB120300 lässt sich durch Drehen

⁶<http://www.alps.com/prod/info/E/HTML/MultiControl/Switch/SLLB/SLLB120300.html>

im Uhrzeiger- und Gegenuhrzeigersinn, sowie durch Drücken schalten. In Abbildung ?? sieht man die auf Metallschienen verbauten ALPS SLLB120300 und ihr Spiegelbild für eine bessere räumliche Vorstellung. Der Aufbau erlaubt Versuche zur ergonomischen Anordnung der Tasten. Der Selbsttest führte zu folgenden Erkenntnissen, welche die Experimente mit ALPS SLLB120300 beendeten: ALPS SLLB120300 sind mit zu viel Kraft zu Bedienen (Drehen 65 ± 3 cN, Druck 200 ± 100 cN). Es ist einfacher, die Finger auf die gewünschten Positionen zu legen und anschließend gleichzeitig zu drücken, als mit den Fingern Drehbewegungen in unterschiedlichen Richtungen und Druckbewegungen auszuführen.

4.2.3 Prototyp mit Bluetooth, Kunststoffgehäuse und Daumenjoystick

Da mehr Smartphones Bluetooth integriert haben als USB-OTG und die kabellose Kommunikation von Oskar mit einem Smartphone mehr Freiheiten bei der mobilen Anwendung erlaubt wurde als nächstes an der Bluetooth Datenübertragung gearbeitet.

Bluetooth⁷ ist ein Industriestandard zur kabellosen Datenübertragung. Es wurde von der Bluetooth SIG (Special Interest Group) gemäß IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.15.1 (802.15, WPAN, Wireless Personal Area Network) entwickelt. Bluetooth ist als Ersatz von Kabelverbindungen zwischen Geräten konzipiert. Der verwendete Frequenzbereich liegt im ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical Band) zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz.

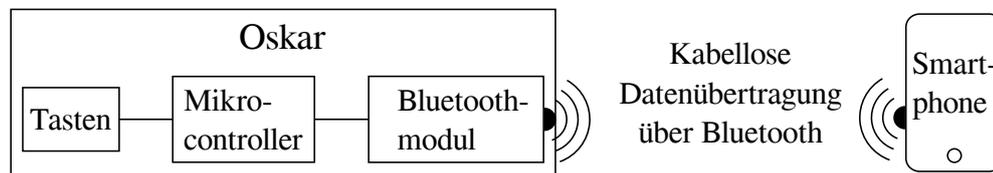


Abbildung 4.7: Schematischer Aufbau von Oskar mit Bluetooth

Abbildung 4.7 zeigt eine Bluetooth Verbindung zwischen Oskar und einem Smartphone. Bei der Datenübertragung mit Bluetooth werden die Daten vom Mikrocontroller an ein Bluetoothmodul geschickt und das Bluetoothmodul übernimmt die Kommunikation mit einem bluetoothfähigen Smartphone.

Das USB HID Protokoll kann auch über Bluetooth übertragen werden. Bluetooth wurde als eigenes Bauteil (Bluetooth Modem BlueSMiRF Silber, Abbildung 4.9 Markierung 1) ausgeführt und über eine serielle Schnittstelle vom Mikrocontroller angesprochen.

⁷<https://www.bluetooth.com/>

Die Energieversorgung erfolgt, wie auch bei den vorherigen Prototypen, über USB, jedoch jetzt nicht mehr vom Endgerät sondern von einer über USB angeschlossenen Energiequelle, wie einer Powerbank oder einem Netzstromadapter.



Abbildung 4.8: Prototyp mit Kunststoffgehäuse, Tasten

In Abbildung 4.8 sind die Cherry MX Tasten in einem Kunststoffgehäuse zu sehen. Zur Orientierung wurde die Taste 1 mit einem taktil gut unterscheidbaren Tastenkopf (Keycap) versehen. Das Kunststoffgehäuse ist ein handelsüblicher Vorratsbehälter mit einer möglichst platzsparenden Abmessung, in den Öffnungen für die Tastatur und Kabel geschnitten wurden (Abbildung 4.9).

Es wurde ein mit dem Daumen zu steuernder zweiachsiger Joystick mit Druckfunktion (Alps SKRHAAE010⁸) für die Tasten Leerzeichen, Löschen und Enter implementiert. (Abbildung 4.9 Markierung 2).

Im Selbsttest konnten folgende Beobachtungen angestellt werden: Die Fixierung des Gerätes mit nur einer Hand ist schwer und unbequem. Der Versuch, die Tastatur mit einem Gummiband an der Hand zu fixieren, scheiterte, weil sich der Winkel der Tasten zu den Fingern auf Grund der Form des Gehäuses änderte. Durch die fehlende Fixierung in der Hand ist der Daumenjoystick nicht zu verwenden, weil der Daumen das Gerät hält.

Zwei in Braille trainierte Testpersonen mussten die Fingerhaltung üben, um ihre Braillekenntnisse am Gerät mit nur einer Hand anzuwenden. Die zwei in Braille trainierten

⁸<http://www.alps.com/prod/info/E/HTML/MultiControl/Switch/SKRH/SKRHAAE010.html>

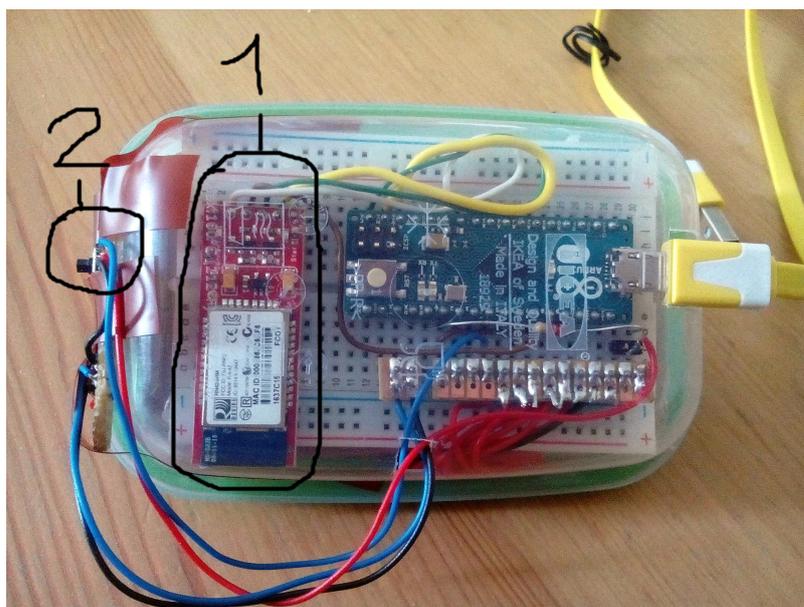


Abbildung 4.9: Prototyp mit Kunststoffgehäuse, Innen, 1: Bluetooth Modem BlueSMiRF Silber, 2: Alps SKRHAAE010

Testpersonen konnten ihre Braillekenntnisse mit zwei Händen am Gerät schnell anwenden.

4.3 Prototypen für Usertests

Für die Usertests wurden unterschiedliche Prototypen gebaut; eine Version für einhändige Benutzung (Oskar1) und eine für zweihändige Benutzung (Oskar2). Die Vorstellung der zu testenden Texteingabemethoden in einem Einführungsgespräch vor den Messungen der Usertests hat gezeigt, dass die Ergonomie für die einhändige und zweihändige Bedienung von Oskar nicht ausreichend gegeben war um zuverlässige Messdaten zu erhalten. Um eine ausreichende Bedienbarkeit zu gewährleisten wurde Oskar, vor den Messungen, um Griffe erweitert. Weil zwei Ausführungen von Oskar mit unterschiedlichen Griffen schneller zu realisieren waren als eine Ausführung von Oskar mit modular austauschbaren Griffen, wurde auf die modulare Ausführung von Oskar verzichtet. Der Unterschied der beiden Ausführungen von Oskar für die Usertests besteht in den unterschiedlichen Griffen. Die zwei verschiedenen Ausführungen der Griffen machen Oskar einhändig Oskar1 oder zweihändig Oskar2 bedienbar.

Die Elektronik und Energieversorgung wurde nicht im Gerät verbaut, sondern über Kabel außen mitgeführt. Die Anbindung an das Smartphone wurde bei den Usertest-Oskars unterschiedlich ausgeführt. Da sich der Unterschied bei der Datenübertragung auf die Texteingabe der Testperson nicht auswirkt, wurde bei einer Ausführung auf die technisch aufwendigere, kabellose Bluetooth Datenübertragung verzichtet und stattdessen ein USB

Kabel verwendet. Oskar1 wurde über Bluetooth und Oskar2 über USB-Kabel mit dem Smartphone verbunden. Oskar1 wurde mit einem Arduino Micro und Oskar2 mit einem Arduino Micro kompatiblen Nachbau, dem Pro Micro⁹, umgesetzt.

Für Oskar1 und Oskar2 wurden von Cherry MX Brown Tasten kompatible Nachbauten der Marke Gateron, Modell Brown (KS-8 series) verwendet weil diese leichter verfügbar waren. Gateron Brown machen ebenfalls kein Klickgeräusch und haben auch einen spürbaren Druckpunkt allerdings bei einer Kraft von 55 cN im Gegensatz zu 45 cN bei Cherry MX Brown. Bearbeitungsfunktionen wurden auf Akkorde gelegt. Im Unterschied zum Prototyp mit Bluetooth, Kunststoffgehäuse und Daumenjoystick, setzen die Prototypen für Usertests die Funktionen der Tasten nur mit Akkorden um. Der Daumenjoystick wurde bei Oskar2 ausgeführt und um einen Knopf auf der Joystick-Achse erweitert (Abbildung 4.12, ganz links). Für die Usertests wurde der Daumenjoystick aber nicht verwendet, um gleiche Bedingungen herzustellen. Das Leerzeichen wird mit dem Braillepunkt 8 eingegeben. Löschen wird mit dem Braillepunkt 7 eingegeben. Enter wird mit dem Akkord aus den Braillepunkten 1,3,4,7 und 8 eingegeben (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1994). In Abbildung 4.11 ist der Schaltplan von Oskar1 und in Abbildung 4.10 ist der Schaltplan von Oskar2, ohne Joystick, schematisch dargestellt.

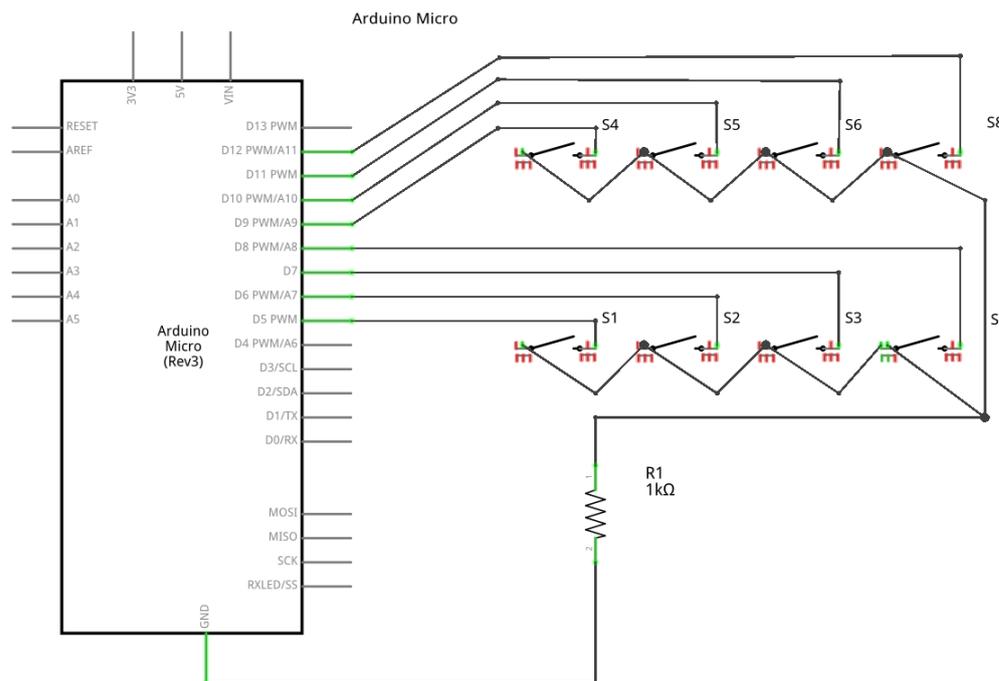


Abbildung 4.10: Schematischer Schaltplan von Oskar2, ohne Joystick, Arduino Micro: Mikrocontroller Pro Micro, S1-S8: Tasten Gateron Brown, R1: 1kΩ Widerstand

⁹<https://www.sparkfun.com/products/12640>

4. IMPLEMENTIERUNG

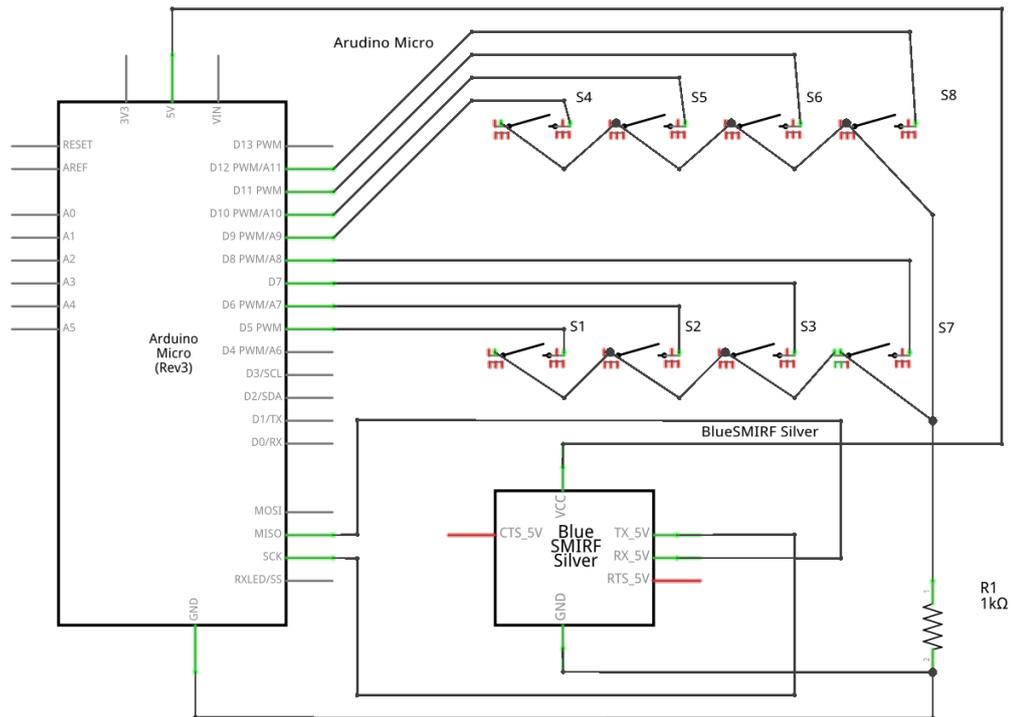


Abbildung 4.11: Schematischer Schaltplan von Oskar1, Arduino Micro: Mikrocontroller Arduino Micro, S1-S8: Tasten Gateron Brown, R1: 1kΩ Widerstand

Oskar2 hat Griffe an der Seite (Abbildung 4.12). Die Griffe verbessern die Handhaltung bei der Verwendung von Oskar, mit den Tasten vom Körper abgewandt. Dabei halten die Hände Oskar2 an den Seiten mit den Handflächen und Daumen, die freien Finger berühren die Tasten auf der dem Körper abgewandten Seite (Abbildung 4.13). So kann mit jeweils vier Fingern von jeder Hand getippt werden, ohne eine Unterlage zu verwenden.

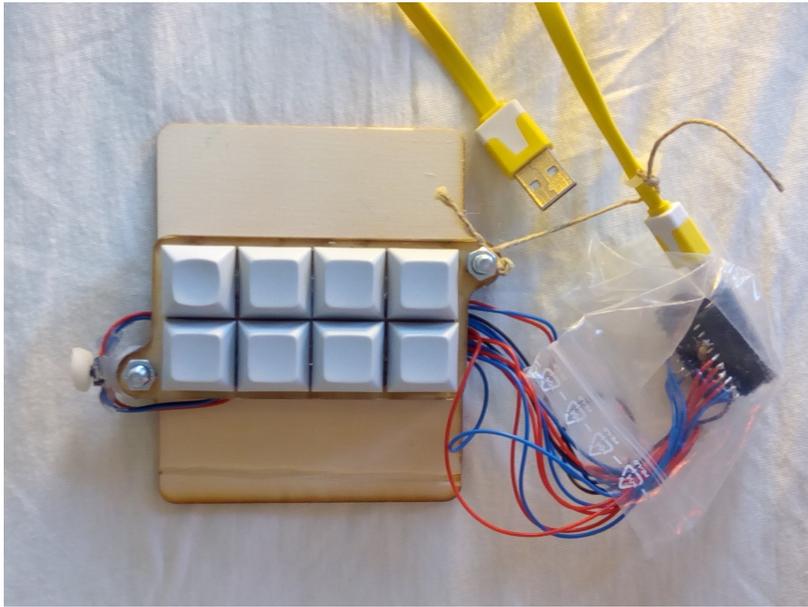


Abbildung 4.12: Oskar2

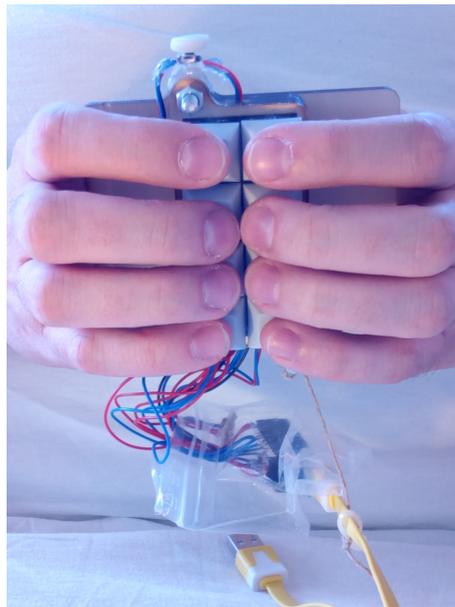


Abbildung 4.13: Oskar2 mit Händen

Oskar1 hat eine Stütze für die Handfläche und ein flexibles Band am Handrücken zur Befestigung (Abbildung 4.14). Die Stütze der Handfläche hält die Tasten im rechten Winkel zur Handfläche (Abbildung 4.15). Die Befestigung mit dem flexiblen Band am

Handrücken sorgt für freie Finger, die tippen können, ohne Oskar1 festhalten zu müssen. Ein Haargummi schützt die Haut zwischen Zeigefinger und Daumen vor Druckstellen (Abbildung 4.14, oben). Die Energieversorgung erfolgt über USB von einer Powerbank (Abbildung 4.14, Zylinder links) Jedem Finger sind zwei Tasten in der Höhe der Finger zugeordnet (Abbildung 4.16). Um die nötigen Akkorde greifen zu können, ist es notwendig, mit jedem Finger entweder die Tasten der ersten, zweiten oder beider Spalten gleichzeitig drücken zu können. Der Abstand der Tasten ist so gering, dass zwei Tasten mit einem Finger alleine gedrückt werden können.

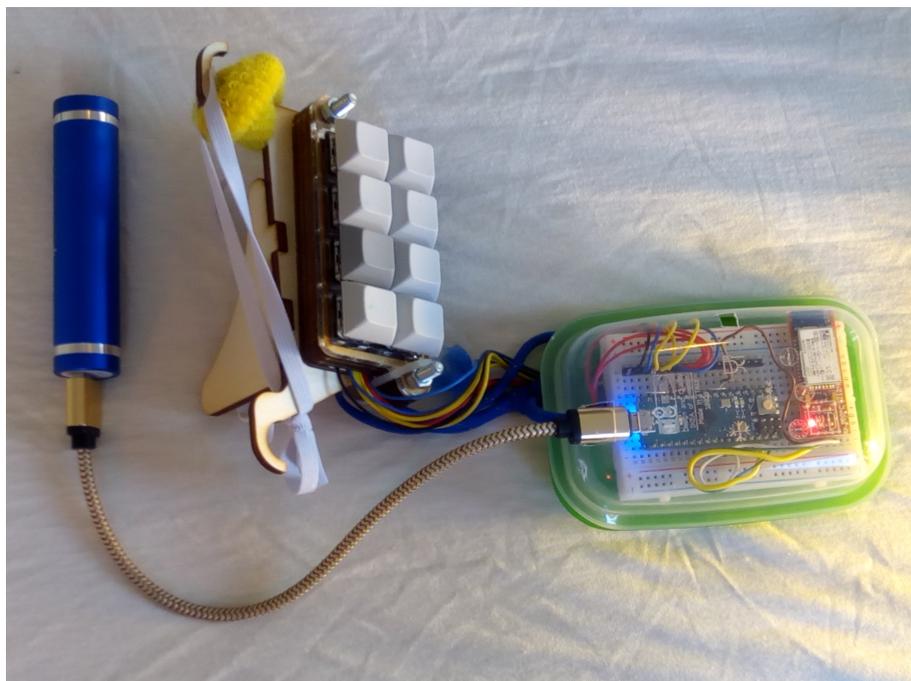


Abbildung 4.14: Oskar1



Abbildung 4.15: Oskar1 Stütze



Abbildung 4.16: Oskar1 mit Hand

Die Materialkosten von Oskar1 und Oskar2 wurden abgeschätzt. Der Preis von Material wie Holz und Plexiglas ist stark von der Ausnutzung der verfügbaren Fläche abhängig. Die Preise im Einzelhandel schwanken von Händler zu Händler. Die tatsächlich aufgewendeten Kosten sind höher, da mehr Material gekauft werden musste als im Geräte verbaut wurde. Material war nicht in der exakt erforderlichen Menge verfügbar, außerdem musste eine Reserve für Fehlschläge und Versuche einkalkuliert werden. Die abgeschätzten brutto Materialkosten betragen bei Oskar1 € 95 und bei Oskar2 € 40 (Tabelle 4.4).

Material	Einzelpreise € brutto	Oskar1 Stk.	Oskar1 € brutto	Oskar2 Stk.	Oskar2 € brutto
Arduino Micro	29	1	29	0	0
Pro Micro	17.4	0	0.	1	17.4
BlueSMiRF Silber	35.4	1	35.4	0	0.
Gateron Brown	0.62	8	4.96	8	4.96
Keycaps	0.85	8	6.8	8	6.8
Alps SKRHAAE010	1.82	0	0.	1	1.82
USB-Kabel	3	1	3	1	3
Powerbank	10	1	10	0	0
Schrauben	0.10	2	0.2	2	0.2
Muttern	0.10	2	0.2	2	0.2
Stiftleiste	1.96	2	3.92	2	3.92
1 kOhm Widerstand	0.03	1	0.03	1	0.03
Plexiglas	0.10	1	0.10	1	0.10
Holz	1.16	1	1.16	1	1.16
Schaltlitze	0.10	1	0.10	1	0.10
Summe			94.87		39.69

Tabelle 4.4: Materialkostenabschätzung Oskar1 und Oskar2

User tests

Die User tests sollen Oskar1 und Oskar2 mit gängigen Texteingabemethoden vergleichen und Unterschiede herausstellen. Die Methoden der Messung der Texteingabegeschwindigkeit und der Interviews sollen reproduzierbar und generalisierbar sein. Reproduzierbar bedeutet, dass die Methoden nachstellbar sind und die Ergebnisse bestätigt oder widerlegt werden können. Generalisierbar bedeutet, dass die Ergebnisse eine Aussage über einen weiteren Bereich als den des beschränkten Experiments zulassen. Erreicht wird die Generalisierbarkeit durch genaue Messung relevanter Größen von Tätigkeiten, die repräsentativ für das tatsächliche Verhalten sind (Soukoreff, 2002).

Die Vorgehensweise ist an (Siqueira, 2016) angelehnt und führt zu folgendem Testaufbau:

- Tests über Braille Texteingabemethoden am Smartphone vergleichen Texteingabegeschwindigkeit, Genauigkeit und Urteil der Testpersonen.
- Die untersuchten Texteingabemethoden werden verglichen mit einer virtuellen QWERTY Tastatur sowie einem Perkins Brailleur.

5.1 Testaufbau

In einem Einführungsgespräch wurden personenbezogene Daten und bisherige Erfahrungen erfasst, außerdem wurden die Testgeräte vorgestellt. Untersucht wurde die Texteingabeleistung einer virtuellen QWERTZ Tastatur, Oskar1 und Oskar2 mit dem Screenreader TalkBack am Smartphone durch Sehbehinderte und Blinde mit Braillekenntnis. Um die unterschiedlichen Texteingabeleistungen der Testpersonen besser vergleichbar zu machen wurde die Texteingabeleistung mit einem Perkins Brailleur als Referenz verwendet und die Leistungen an diesem Gerät als Grundlinie für die Texteingabeleistung an anderen

Geräten herangezogen. Der Perkins Brailleur in unserem Testaufbau wurde realisiert als Eingabe von Braille über eine QWERTZ Tastatur mit Screenreader COBRA an einem Desktop-Computer.

Die Dauer der Übung und Messung pro Testperson und Testgerät wurde auf 5 Minuten beschränkt. Der abzuschreibende Text wurde in Phrasen unterteilt. Nach Abschluss einer Phrase wurde die nächste präsentiert. Die letzte, in den 5 Minuten begonnene Phrase, durfte fertig getippt werden. Äußerungen der Testpersonen während der Übung und Test zu den Testgeräten wurden für die Auswertung notiert. 7 Testpersonen, 4 Testgeräte, und 5 Minuten Messdauer ergeben einen Gesamtmesszeitraum von 140 Minuten. In einer Nachbesprechung wurden die Testgeräte von den Testpersonen bewertet und Bemerkungen erfasst. Quantitativ wurden die Leistungsdaten ausgewertet, qualitativ wurden die Daten aus Einführungsgespräch, Äußerungen während der Übung und Test, sowie die Daten aus der Nachbesprechung ausgewertet.

5.1.1 Testpersonen

Insgesamt nahmen 8 Personen am Einführungsgespräch teil. Sieben Personen nehmen an den Leistungsmessungen und der Nachbesprechung teil. Fünf Testpersonen bezeichnen sich als blind. Drei Testpersonen können zwischen Hell und Dunkel unterscheiden. Alle Testpersonen sind Rechtshänder. 4 Testpersonen werden am Bundes-Blindenerziehungsinstitut in Wien (BBI) unterrichtet und sind im Alter von 13 bis 14 Jahren. 4 Testpersonen sind Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Blindendruckverlages des BBI, im Alter von 31 bis 47 Jahren, davon nimmt eine Person nur am Einführungsgespräch teil. Das Durchschnittsalter der Testpersonen betrug 27 Jahre. OStR Prof. Mag. Erich Schmid vom BBI rekrutierte die Testpersonen. Eine Testperson der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vom Blindendruckverlag des BBI hörte nach dem ersten Interview vor den Texteingabeleistungsmessungen auf, weil die Texteingabeleistungsmessungen in der ersten Einheit nicht funktionierte. Alle anderen Testpersonen haben die vorgesehenen Messungen und Interviews absolviert.

5.1.2 Texteingabe Testgeräte

Oskar1 und Oskar2 wurden mit Geräten, die zur Zeit erhältlich sind verglichen. Die Testgeräte mussten in der Lage sein, die Texteingabeleistungen elektronisch zu erfassen.

virtuelle QWERTZ Tastatur

Die verwendete virtuelle QWERTZ Tastatur war bei Android-Version 6.0 vorinstalliert (Abbildung: 3.1) und wurde mit dem Screenreader von Android, TalkBack (TalkBack-Version 5.2 mit Stimmdateien von Google in deutscher Sprache) vorgelesen. Bedient wurden die virtuelle QWERTZ Tastatur und TalkBack über den Touchscreen eines Smartphones (Cubot Manito 5.0 Inch, Android-Version 6.0). Die mit Split-tap gesuchten Zeichen

wurden mit Lift-off eingegeben. Automatische Textvorschläge und Textkorrektur wurden nicht verwendet.

Perkins Brailier

Um die Texteingabeleistungen eines Perkins Brailiers elektronisch erfassen zu können wurde eine Emulation am PC verwendet. Der Screenreader COBRA (Version 11.2.0, Braille Sprache & Vergrößerung für Windows XP, Vista & Windows; BAUM Systeme) wurde bei der Texteingabeleistung mit Braille auf einer QWERTZ Tastatur und Braillezeile (Braillezeile Super Vario 80, BAUM) an einem Computer verwendet (Abbildung 5.1). Der Screenreader COBRA verwendet die Tasten „f“, „d“, „s“ der QWERTZ Tastatur für die Braillepunkte 1 2 3 und die Tasten „j“, „k“, „l“ der QWERTZ Tastatur für die Braillepunkte 4 5 6 (Grundhaltung beim 10-Finger-System). Die Leertaste, Löschen und Enter behalten ihre Funktion. Damit entsprechen die Positionen der Tasten einem Perkins Brailier. Nur der Zeilenvorschub (Enter) liegt beim Perkins Brailier sonst links von den Braillepunkten. Es konnte keine Texteingabeleistungsstudie mit der deutschen Braille Blindenschrift auf einem Perkins Brailier oder einer Perkins Brailier ähnlichen Tastatur gefunden werden. Der Screenreader COBRA hat die Texteingabe am Computer vorgelesen. Zusätzlich konnte der eingegebene Text auf der Braillezeile mitverfolgt werden. Die Phrasen und Texteingabe wurden von einer Webseite mit dem Browser Internet-Explorer aufgerufen.



Abbildung 5.1: QWERTZ Tastatur mit Braillezeile

5.1.3 Textkörper

Unter realen Bedingungen wird bei der Texteingabe der Text von der Schreibenden, dem Schreibenden selbst verfasst. Die frei Textwahl der Schreibenden, dem Schreibenden hat jedoch die Nachteile, dass Eingabefehler nicht auswertbar sind und die Eingabedauer neben der Texteingabe auch vom kreativen Prozess abhängt. Die Verwendung eines vorgegebenen

Textkörpers hat den Nachteil, dass eine zusätzliche Ablenkung vom Schreiben durch die Textaufnahme stattfindet und die Wortwahl für den Anwender ungewohnt sein kann.

Um realitätsnahe Bedingungen für die Leistungsmessung des Eingabegeräts zu schaffen ist für die Tests ein repräsentativer Textkörper, vorzugsweise muttersprachlich, zu verwenden, der möglichst aktuelles Schreibverhalten abbildet. Da Texte vom Smartphone häufig im Internet Anwendung finden, ist eine Onlinequelle angebracht. Das Quellenmaterial des verwendeten Textkörpers stammt aus 10.000 Sätzen des Projekts „Deutscher Wortschatz / Leipzig Corpora Collection“ von deutschsprachigen Online-Nachrichtenseiten aus dem Jahr 2015 (Goldhahn, Eckart & Quasthoff, 2012). Der Textkörper wurde vom Urheber (© Abteilung Automatische Sprachverarbeitung, Universität Leipzig, 2015) unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, , veröffentlicht.

Bei der Auswahl von Phrasen ist auf eine moderate Länge, einfache Merkbarkeit und auf die Repräsentation der Sprache zu achten. Aus dem Textkörper des Projekts „Deutscher Wortschatz“ wurden 400 Phrasen gewählt. Die durchschnittliche Buchstabenanzahl der Phrasen liegt bei 23,6. Die Phrasen bestehen zumindest aus 11 und höchstens aus 41 Buchstaben. Die insgesamt 1567 verwendeten Wörter haben eine durchschnittliche Wortlänge von 5,3 Buchstaben. Wie bei MacKenzie und Soukoreff (2003) wurde die Buchstabenhäufigkeit der ausgewählten Phrasen mit der angenommenen Buchstabenhäufigkeit der Sprache verglichen in dem die Übereinstimmung der Buchstabenhäufigkeiten berechnet wurde. MacKenzie und Soukoreff (2003) haben für ihren englischen Textkörper (bestehend aus 500 Phrasen) eine Übereinstimmung der Buchstabenhäufigkeit von 95,4 % mit der von Mayzner und Tresselt (1965) festgestellten Buchstabenhäufigkeit berechnet. Eine Übereinstimmung von 98,8 % ergab der Vergleich der Buchstabenhäufigkeit des hier verwendeten Textkörpers durch das Programm AnalysePhrases von MacKenzie und Soukoreff mit der von Lintl berechneten Buchstabenhäufigkeit des fünf Jahre älteren Textkörpers, 10.000 Sätzen des Projekts „Deutscher Wortschatz“ von deutschsprachigen Online-Nachrichtenseiten, aus dem Jahr 2010 (Lintl, 2014, MacKenzie & Soukoreff, 2003). Die hohe Übereinstimmung lässt auf eine repräsentativen Auswahl des verwendeten Textkörpers aus den Deutschsprachigen Online-Nachrichtenseiten schließen.

Die ausgewählten Phrasen bestehen aus dem Leerzeichen und den 26 Kleinbuchstaben des Alphabets „abcdefghijklmnopqrstuvwxyz“. Auf Großbuchstaben, Sonder- und Satzzeichen wurde verzichtet. Ebenfalls verzichtet wurde bei der Auswahl auf „ä“, „ö“, „ü“ (Umlaute) und das „ß“ (scharfes S, Eszett) oder deren Darstellung durch ein nachgestelltes „e“ bei den Umlauten oder nachgestelltes „s“ oder „z“ beim Eszett. Daher wurde bei den Phrasen und der Texteingabe kein größerer Buchstabenumfang als in Englischsprachigen Studien verwendet (MacKenzie & Soukoreff, 2003). Der Zeilenumbruch (Tasten Enter oder Return) ist in den Phrasen ebenfalls nicht enthalten, aber zur Bestätigung der Eingabe bei der Software zur Messung der Texteingabeleistung notwendig.

Da der Textkörper vorgelesen und nicht abgeschrieben wurde, wurde bei der Auswahl auf

einfache Sprache und Rechtschreibung geachtet. Auf Fremdwörter oder selten verwendete Wörter wurde verzichtet. Bei der Auswahl wurde auf die gesprochene, (phonetisch) eindeutige Erkennbarkeit der Wörter geachtet.

5.1.4 Präsentation der Phrasen und der Texteingabe

Die Testpersonen sollten durch die Aufnahme des vorgegeben Textes möglichst wenig vom Schreibprozess abgelenkt werden. Der Screenreader von Android, TalkBack (TalkBack-Version 5.2 mit Stimmdaten von Google in deutscher Sprache) hat die Texteingabe und Phrasen für die Messung der Texteingabeleistung vorgelesen. Gesteuert wurde TalkBack über den Touchscreen eines Smartphones (Cubot Manito 5.0 Inch, Android-Version 6.0). Die Texteingabe und Phrasen wurden von einer Webseite mit dem Browser Chrome (Version 63.0) aufgerufen. TalkBack wurde für die Testgeräte virtuelle QWERTZ Tastatur, Oskar1 und Oskar2 verwendet.

Beim Perkins Brailleur wurde die vorgegebene Phrase vom Screenreader COBRA durch Steuerung mit dem Ziffernblock der QWERTZ Tastatur vorgelesen. Zusätzlich konnte die vorgegebene Phrase und der eingegebene Text auf der Braillezeile mitverfolgt werden. Die Phrasen und Texteingabe wurden von einer Webseite mit dem Browser Internet-Explorer aufgerufen.

5.1.5 Aufbau der Texteingabeleistungsmessung

Für die Messung und Aufzeichnung der Texteingabeleistung wurde die webbasiert Anwendung "WebTEM: A Web Application to Record Text Entry Metrics"(WebTEM¹) verwendet. WebTEM wurde von Ahmed Sabbir Arif unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung,  veröffentlicht. WebTEM wurde mit gängigen Webtechnologien entwickelt und läuft auf modernen Webbrowsern. Die Verarbeitung der Texteingabe findet am Endgerät des Benutzers statt. Die Anwendung braucht während der Messung eine ständige Verbindung zum Server¹ (Arif & Mazalek, 2016).

WebTEM wurde auf einem lokalen Server installiert um eigene Phrasen verwenden zu können, um Ergebnisse zu erhalten, auch wenn die eingestellte Anzahl an Phrasen nicht eingegeben wurde, und um die fehlende Internetverbindung im Testraum zu ersetzen. Die präsentierten Phrasen wurden zufällig ausgewählt. Die Eingabe jeder Phrase wurde mit einem Enter abgeschlossen.

5.1.6 Durchführung

Bei einem Einführungsgespräch wurden die Testpersonen zu ihrer Person und zu ihrer Erfahrung mit Texteingabemethoden befragt. Anschließend wurden beim Einführungsgespräch die Testgeräte vorgestellt und konnten erprobt werden. Das Einführungsgespräch dauerte 50 Minuten.

¹<http://www.asarif.com/resources/WebTEM>

Den Testpersonen wurde eine Vergütung im Wert von 6 bis 10 Euro pro Einheit in Form von Gutscheinen in Aussicht gestellt. Die Höhe der Vergütung wurde von der Anzahl der korrekt eingegebenen Zeichen abhängig gemacht. Die erste Einheit bestand aus der Einschulung und die zweite Einheit aus der Messung mit den vier Testgeräten. Eine komplette Einheit sollte unter einer Stunde dauern. Pro Testperson gab es bei der Nachbesprechung einen Gutschein im Wert von 5 Euro pro absolvierter Einheit und einen weiteren Gutschein für überdurchschnittliche Leistung im Wert von 5 Euro.

Es gab keine Anweisungen zur Korrektur bei fehlerhafter Texteingabe. Es wurde den Testpersonen selbst überlassen, Korrekturen vorzunehmen. Die Texteingabe erfolgte an einem Tisch sitzend. Bei Oskar1 gab es die Anweisung zur Eingabe an der Tastatur, nur die Hand, in der die Tastatur liegt für die Tasteneingabe zu verwenden. Bis auf die Vorstellung und Erklärung der Testgeräte gab es sonst keine Anweisungen zur Haltung oder Verwendung der Geräte.

Vor jeder Messung wurde 5 Minuten an den Testgeräten geübt, anschließend 5 Minuten gemessen. Die Übung wurde nicht ausgewertet. Die letzte, in den 5 Minuten begonnene Phrase, durfte fertig getippt werden. Bemerkungen zur Texteingabe der Testpersonen und Beobachtungen wurden notiert.

Bei einer Nachbesprechung wurde der Aufbau der Texteingabeleistungsmessung und die Testgeräte von den Testpersonen bewertet. Die Bewertung erfolgte einzeln und in der Gruppe. Die Nachbesprechungen waren in die Gruppen „Schüler“ und „Erwachsene“ aufgeteilt. Die Bewertung erfolgte mit „sehr gut“, „gut“, „schlecht“ und „sehr schlecht“. Außerdem wurden die Testpersonen zur Begründung ihrer Bewertung angeregt.

5.2 Quantitative Ergebnisse

Ein Eingabestrom wird am Endgerät durch die Tastenanschläge einer Tastatur erzeugt. Für die Auswertung wird der Eingabestrom in die Gruppen „in der Abschrift vorhandene Zeichen“ und „in der Abschrift nicht vorhandene Zeichen“ eingeteilt. In der Abschrift vorhandene Zeichen werden unterteilt in ordentlich (o) und unterschiedlich (u) von der Vorgabe abbeschriebene Zeichen. In der Abschrift nicht vorhandene Zeichen werden unterteilt in gelöschte (g) Zeichen und Steuerungszeichen (s). Steuerungszeichen sind Tastenanschläge für Bearbeitungsfunktionen wie Löschen, „Entfernen“ oder Bewegung im Text und sonstige Zeichen, die nicht dargestellt werden können, wie zum Beispiel Modifikations- und Funktionstasten. (Tabelle 5.1)

Zeichen in der Abschrift	Deutsch, Abkürzung	Englisch, Abkürzung
vorhanden	ordentlich abgeschriebenes Zeichen, o	Correct, C
vorhanden	unterschiedlich abgeschriebenes Zeichen, u	Incorrect and Not Fixed, INF
nicht vorhanden	gelöschtes Zeichen, g	Incorrect but Fixed, IF
nicht vorhanden	Steuerungs- Zeichen, s	Fixes, F

Tabelle 5.1: Einteilung des Eingabestroms für die Fehlerrate

Die verbreitete Einheit für Eingabegeschwindigkeit ist Wörter pro Minute, (words per minute, WPM). WPM entspricht der Anzahl der in der Abschrift vorhandenen Zeichen, geteilt durch die Dauer der Eingabe in Minuten und geteilt durch fünf. „Die Formel zur Berechnung des WPM-Wertes einer Tastenbelegung basiert dabei auf der allgemeinen Konvention, dass ein Wort durchschnittlich aus 5 Buchstaben besteht.“ (Lintl, 2014) Daher die Teilung der Zeichen durch fünf um auf die Anzahl der Wörter zu schließen (Soukoreff, 2002). Die korrekte Texteingabegeschwindigkeit berücksichtigt nur die korrekt (ordentlich) abgeschriebenen Zeichen in der Abschrift, berechnet sich aber sonst wie die Eingabegeschwindigkeit. Die korrekte Texteingabegeschwindigkeit wird mit der Einheit korrekte Wörter pro Minute, kWPM gekennzeichnet.

Effektivität, Geschwindigkeit Soukoreff (2002)

Effektivität ist ein Maß für die Wirksamkeit bzw. Qualität der Zielerreichung.

- Wörter pro Minute (WPM, words per minute):

$$= \frac{\text{Anzahl der in der Abschrift vorhandenen Zeichen}}{\text{Dauer in Minuten} \cdot 5}$$

$$= \frac{o+u}{\text{Dauer in Minuten} \cdot 5}$$
- korrekte Wörter pro Minute (kWPM):

$$= \frac{\text{Anzahl der in der Abschrift ordentlich abgeschriebenen Zeichen}}{\text{Dauer in Minuten} \cdot 5}$$

$$= \frac{o}{\text{Dauer in Minuten} \cdot 5}$$

Effizienz, Genauigkeit Soukoreff und MacKenzie (2003)

Effizienz ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit, eine Kosten Nutzen Relation.

- Gesamtfehlerrate (GFR, total error rate): $= \frac{u+g}{o+u+g} * 100\%$
Die Gesamtfehlerrate besteht aus der Summe von
Fehlerrate (FR, not corrected error rate): $= \frac{u}{o+u+g} * 100\%$

$$\text{Korrigierte Fehlerrate (KFR, corrected error rate):} = \frac{g}{o+u+g} * 100\%$$

Die Daten für die Berechnungen in Quantitative Ergebnisse befinden sich in Anhang Quantitative Messergebnisse der Usertests. In Summe wurden 278 Phrasen von 7 Testpersonen eingegeben.

Eine Reihung der Texteingabemethoden nach Texteingabeleistung aufgrund der gefundenen, durchschnittlichen Texteingabegeschwindigkeit pro Testgerät ergibt die höchste Texteingabegeschwindigkeit bei Perkins Brailier dann bei Oskar2 und danach bei der virtuellen QWERTZ Tastatur, zum Schluß bei Oskar1 (Tabelle 5.2).

Perkins Brailier > Oskar2 > virtuelle QWERTZ Tastatur > Oskar1

Eine Reihung der Texteingabemethoden nach Texteingabeleistung aufgrund der gefundenen durchschnittlichen Gesamtfehlerrate pro Testgerät ergibt die höchste Gesamtfehlerrate bei Oskar1 dann bei der virtuellen QWERTZ Tastatur und danach bei Oskar2, zum Schluß bei Perkins Brailier (Tabelle 5.2).

Oskar1 > virtuelle QWERTZ Tastatur > Oskar2 > Perkins Brailier

Das Verhältnis von an den Testgeräten durchschnittlich korrigierten Fehlern zu den durchschnittlichen Gesamtfehlern an Testgeräten (KFR/GFR) sinkt in der Reihenfolge der sinkenden Texteingabeleistung bei den Testgeräten (Tabelle 5.2).

Perkins Brailier > Oskar2 > virtuelle QWERTZ Tastatur > Oskar1

Eine Reihung der Texteingabemethoden nach Texteingabeleistung aufgrund der gefundenen durchschnittlichen korrekten Eingaben innerhalb von 5 Minuten Messung pro Testgerät ergibt die höchste Texteingabeleistung bei Perkins Brailier dann bei Oskar2 und danach bei der virtuellen QWERTZ Tastatur, zum Schluß bei Oskar1 (Tabelle 5.3).

Perkins Brailier > Oskar2 > virtuelle QWERTZ Tastatur > Oskar1

Texteingabemethode	WPM	GFR	KFR	KFR/GFR	Phrasen
Perkins Brailier	30.1	5.2	3.6	69.2	150
Oskar2	20.0	10.6	5.3	50	75
virtuelle QWERTZ Tastatur	5.1	22.6	9.6	42.5	33
Oskar1	3.4	48.7	19.9	40.9	20

Tabelle 5.2: Durchschnittsergebnisse

Texteingabemethode	kWPM
Perkins Brailleur	20.2
Oskar2	9.7
virtuelle QWERTZ Tastatur	3.9
Oskar1	1.16

Tabelle 5.3: Durchschnittsergebnisse korrekte Wörter pro Minute

Verwendete Abkürzungen und Erläuterungen für Tabellen 5.2, 5.3

- WPM, Durchschnittliche Texteingabegeschwindigkeit in WPM
- GFR, Durchschnittliche Gesamtfehlerrate in %
- KFR, Durchschnittliche korrigierte Fehlerrate in %
- KFR/GFR, Verhältnis von durchschnittlicher korrigierte Fehlerrate zu durchschnittliche Gesamtfehlerrate in %
- Phrasen, Gesamtanzahl an eingegebenen Phrasen
- kWPM, korrekte Wörter pro Minute sind korrekte Eingaben pro 5 Minuten Messung geteilt durch 5 Minuten Messung und geteilt durch 5 korrekte Eingaben pro korrektem Wort

Für die Texteingabegeschwindigkeiten des Perkins Brailleur und für die Texteingabegeschwindigkeiten der Testgeräte im Verhältnis zum Perkins Brailleur in % wurden Mittelwert, Standardabweichung und Verhältnis dieser Standardabweichung zu diesem Mittelwert in % berechnet. Die niedrigste Standardabweichung im Vergleich zum Mittelwert der Texteingabegeschwindigkeiten im Verhältnis zu Perkins Brailleur hat der Oskar2. Die Standardabweichung der Texteingabegeschwindigkeiten von Oskar2 im Verhältnis zur Perkins Brailleur liegt bei 22,9 % des Mittelwertes. Die Texteingabegeschwindigkeit der weiteren Testgeräte im Verhältnis zur Referenz Perkins Brailleur haben Mittelwerte mit Standardabweichungen die höher als die Hälfte dieser Mittelwerte liegen. Die Standardabweichung der Texteingabegeschwindigkeiten der virtuellen QWERTZ Tastatur im Verhältnis zur Perkins Brailleur liegt bei 76 % des Mittelwertes. Die Standardabweichung der Texteingabegeschwindigkeiten von Oskar1 im Verhältnis zu Perkins Brailleur liegt bei 69,6 % des Mittelwertes. (Tabelle 5.5, Tabelle 5.6)

	MW	Std. abw.	Std. abw./ MW %
Perkins Brailier, in WPM	30.1	9.5	31.7
Oskar2, in WPM	20	7.2	35.9
virtuelle QWERTZ Tastatur, in WPM	5.1	2.5	49.5
Oskar1, in WPM	3.4	2.2	65.3

Tabelle 5.4: Eingabegeschwindigkeiten der Texteingabemethoden, Mittelwert (MW), Standardabweichungen (Std. abw.) und Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert in % (Std. abw./ MW %)

Testperson	1	2	3	4	5	6	7
Perkins Brailier, in WPM	43.5	31	39.8	32	22.7	25.4	16.2
Oskar2, in %	58	47	62.8	96.6	73.1	68.7	64.3
virtuelle QWERTZ Tastatur, in %	10.1	22.4	16.9	5.1	27.7	7.1	47.7
Oskar1, in %	12.6	0	8.5	17	23.9	4.3	18.5

Tabelle 5.5: Eingabegeschwindigkeit, Perkins Brailier, in WPM, als Referenz und darauf bezogen die Texteingabemethodengeschwindigkeiten in %

	MW	Std. abw.	Std. abw./ MW %
Perkins Brailier, in WPM	30.1	9.5	31.7
Oskar2, in %	67.2	15.4	22.9
virtuelle QWERTZ Tastatur, in %	19.6	14.9	76
Oskar1, in %	12.1	8.4	69.6

Tabelle 5.6: Eingabegeschwindigkeit von Brailier nach Perkins, in WPM, als Referenz und darauf bezogen die Geschwindigkeit der Texteingabemethode in Prozent, Mittelwerte (MW), Standardabweichungen (Std. abw.) und Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert in % (Std. abw./ MW %)

	MW in %	Std. abw. in %	Std. abw./ MW in %
Perkins Brailier	5.2	2.6	50.6
Oskar2	10.6	4.7	43.8
virtuelle QWERTZ Tastatur	22.6	18.6	82.1
Oskar1	48.7	30.2	62.1

Tabelle 5.7: Gesamtfehlerrate der Texteingabemethoden, in %, Mittelwerte (MW), Standardabweichungen (Std. abw.) und Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert in % (Std. abw./ MW %)

Der Boxplot der Eingabegeschwindigkeiten in Abbildung 5.2 zeigt den Median als Quer-

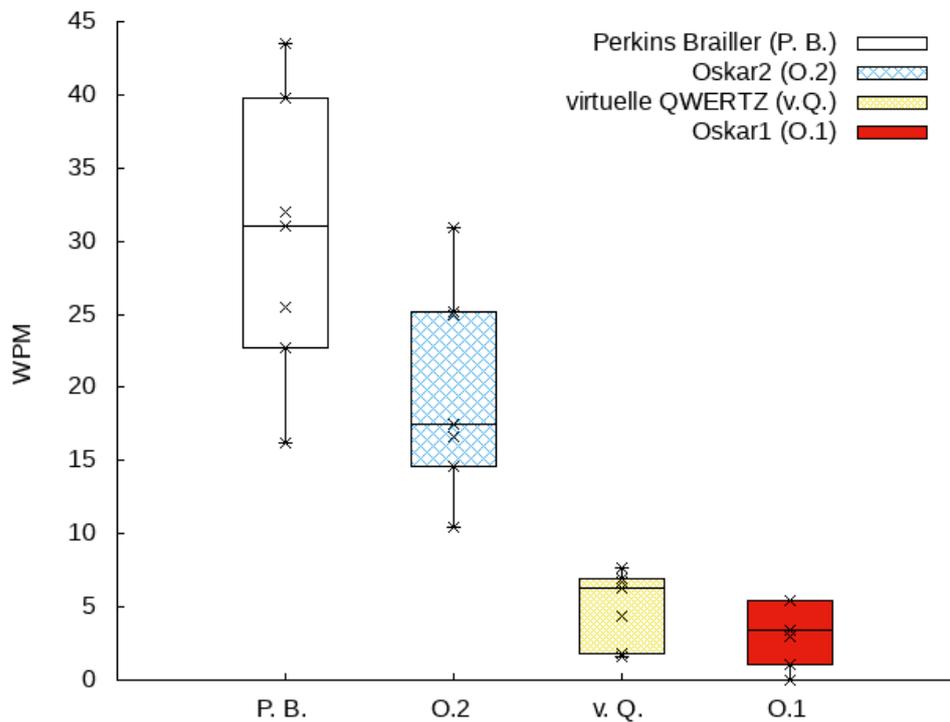


Abbildung 5.2: Messwerte und Boxplot der Eingabegeschwindigkeiten in WPM

balken und den Bereich der mittleren 50 % der Messwerte in den Kästen. Die Antennen im Boxplot reichen bis zu den äussersten, gemessenen Eingabegeschwindigkeiten. Die gemessenen Eingabegeschwindigkeiten sind als Kreuze ebenfalls in Abbildung 5.2 eingezeichnet.

Der Boxplot der korrekte Wörter pro Minute in Abbildung 5.3 zeigt den Median als Querbalken und den Bereich der mittleren 50 % der Messwerte in den Kästen. Die Antennen im Boxplot reichen bis zu den äussersten, gemessenen, korrekten Wörtern pro Minute. Die gemessenen korrekten Wörter pro Minute sind als Kreuze ebenfalls in Abbildung 5.3 eingezeichnet.

5.3 Qualitative Ergebnisse

Von den Aussagen der Testpersonen wurden hier die bemerkenswerten vorgestellt. Bemerkenswerte wurden die Aussagen weil sie häufig waren oder einen Trend erkennen lassen aber auch weil sie unerwartete sind. Hier werden die Erfahrungen der Testpersonen mit Texteingabesystemen vor, während und nach der Verwendung der Testgeräte präsentiert.

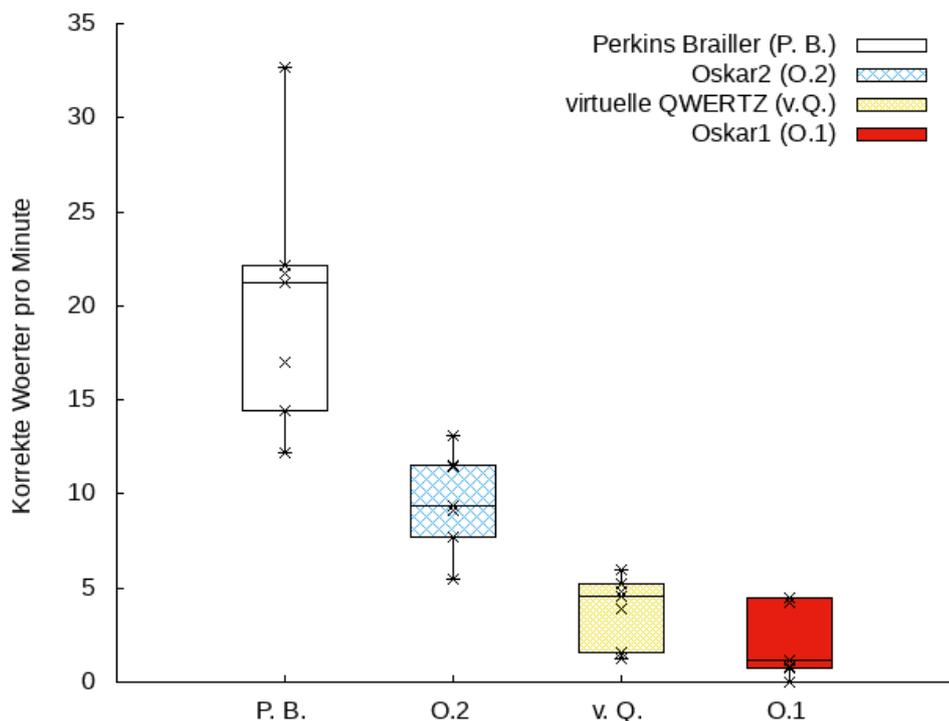


Abbildung 5.3: Messwerte und Boxplot der korrekte Wörter pro Minute

5.3.1 Einführungsgespräch

Die Brailleschrift wird von allen Testpersonen täglich gelesen. Täglich geschrieben wird die Brailleschrift von drei der acht Testpersonen. (Beim Einführungsgespräch haben 8 Testpersonen teilgenommen bei den weiteren Einheiten nur noch 7 Testpersonen.) Testpersonen, die Brailleschrift auch zum Schreiben verwenden, arbeiten im Blindendruckverlag des BBI. Die Schüler haben angegeben, dass sie bis in die 4. Klasse Volksschule (ca. 10. Lebensjahr) Braille schreiben gelernt haben, und seither Braille fast nicht mehr schreiben.

Die QWERTZ Tastatur verwenden sechs Testpersonen. Die virtuelle QWERTZ Tastatur verwenden fünf Testpersonen. Spracheingabe verwenden drei Testpersonen. Braille für die Texteingabe verwenden drei Testpersonen.

Befragt zu den Stärken und Schwächen der Texteingabemethoden wurde die QWERTZ Tastatur als "Beste" beschrieben. Jedoch wurde auch bemängelt, dass sie nicht mobil ist. Braille wird mobil verwendet aber als fehleranfällig, umständlich und unvollständig beschrieben. Die virtuelle QWERTZ Tastatur wurde als langsamer und komplizierter beschrieben. Spracheingabe geht schnell und wird im Stillen, Privaten verwendet. Die QWERTZ Tastatur verwenden fünf Testpersonen am häufigsten für die Texteingabe.

Die QWERTZ Tastatur ist drei Testpersonen die liebste Texteingabemethode. Das Smartphone ist das Lieblingsgerät von sechs Testpersonen. Alle Testpersonen besitzen iPhones und Braillezeilen.

5.3.2 Übung und Messung

Screenreader TalkBack

sind die Testpersonen nicht gewohnt, da sie alle iPhones haben. Drei Testpersonen erwähnten bei den Texteingaben, dass TalkBack für sie neu sei. Das Ertasten des Smartphones beim Navigieren zwischen vorgegebenem Text und Texteingabefeld führte vier Mal zur Aktivierung des Homebuttons. Der Homebutton war virtuell am Touchscreen, und physisch nicht ertastbar. Die Aktivierung des Homebuttons brachte eine andere Anwendung in den Vordergrund und die laufende Anwendung (die Texteingabemessung) in den Hintergrund. Dies wirkte sich negativ auf die eingegebene Textmenge aus. Mit fremder Hilfe wurde die Texteingabemessung wieder in den Vordergrunde gebracht.

Beim Screenreader TalkBack ist ein Vorlesen der einzelnen Buchstaben möglich. Der Wechsel zwischen den vorgelesenen Einheiten (Buchstaben, Wörter oder Satz) wurde in einem Menü ausgewählt, welches zuvor durch eine Geste aktiviert wurde. Das Vorlesen einzelner Buchstaben dauert länger als das voreingestellte Vorlesen von ganzen Wörtern. Eine Testperson hat das Vorlesen von einzelnen Buchstaben unter TalkBack zusätzlich zum wortweisen Vorlesen verwendet.

Oskar1 und Oskar2

verwenden die gleichen Akkorde für die Eingabe. Enter wird mit dem Akkord aus den Braillepunkten 1,3,4,7 und 8 (Tabelle 5.8) eingegeben und entspricht der Deutschen Norm DIN 32 982 „8-Punkt-Brailleschrift für die Informationsverarbeitung“ (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1994). Ungewohnt und schwer bis unmöglich beschrieben fünf Testpersonen diesen Akkord. Bei der Texteingabe mit den Oskars wurde über den Touchscreen des Smartphone navigiert, um den vorgegebenen Text von TalkBack vorlesen zu lassen. Bei der Bedienung von Oskar1, beziehungsweise Oskar2 und dem Smartphone wurden von den Testpersonen die Testgeräte bzw. das Smartphone auf dem Tisch abgelegt, weil sie bei der Anwendung schon mit beiden Händen voll zu tun hatten. Eine Testperson bemerkte, dass Lautgruppenkürzungen von TalkBack nicht richtig wiedergegeben wurden.

Oskar1

entsprach nicht den Erwartungen der Testpersonen und führte zu vermehrten Äußerungen der Frustration. Einzelne Akkorde wurden schwieriger als die übrigen Akkorde empfunden. Mehrmals wurde die schwere Eingabe der Akkorde für Enter (Tabelle 5.8) und „n“ (Tabelle 5.9) erwähnt.

Braillepunkte 1. Spalte	Braillepunkte 2. Spalte	Finger	Spalten
1	4	Zeigefinger	beide Spalten
<i>2</i>	<i>5</i>	Mittelfinger	keine Spalte
3	<i>6</i>	Ringfinger	1. Spalte
7	8	kleiner Finger	beide Spalten

Tabelle 5.8: Braillezeichen Enter (Braillepunkte 1,3,4,7,8), Fingerzuordnung pro Reihe und Spalte

Braillepunkte 1. Spalte	Braillepunkte 2. Spalte	Finger	Spalten
1	4	Zeigefinger	beide Spalten
<i>2</i>	5	Mittelfinger	2. Spalte
3	<i>6</i>	Ringfinger	1. Spalte
<i>7</i>	<i>8</i>	kleiner Finger	keine Spalte

Tabelle 5.9: Braillezeichen „n“ (Braillepunkte 1,3,4,5), Fingerzuordnung pro Reihe und Spalte

Beim Akkord von Enter werden drei Finger, inklusive des kleinen Fingers, verwendet. Der kleine Finger wird bei unserer Messung sonst nur einzeln (in keinem Akkord außer Enter) für das Leerzeichen und Löschen verwendet. Schwierigkeiten beim Akkord Enter wurde von fünf Testpersonen erwähnt. „n“ ist der zweithäufigste Buchstabe im Textkörper 10,8 % der Buchstaben sind „n“s. Schwierigkeiten beim Akkord „n“ wurde von zwei Testpersonen mehrmals erwähnt. Für den „n“ Akkord liegt jeder Finger in einer unterschiedlichen Spalte. Das trifft sonst nur noch auf den Akkord von „t“ zu. „t“ ist der vierthäufigste Buchstabe im Textkörper mit einer Häufigkeit von 6,5 %. Schwierigkeiten beim Akkord „t“ wurde nur einmal erwähnt. Zwei Testpersonen berichteten, dass Oskar1 eine hohe Konzentration benötigt. Übung würde zu besseren Ergebnissen führen, meinten zwei Testpersonen. Es konnte beobachtet werden, dass Testpersonen mit kleineren Händen Probleme hatten, die erste Spalte zu erreichen, ohne dabei die zweite Spalte mitzudrücken. Die bei der QWERTZ Tastatur gängige Funktion der sich wiederholenden Eingabe bei langem Tastendruck, führte zu fehlerhaften Eingaben. Als praktisch für unterwegs bezeichneten zwei Testpersonen den Oskar1. Eine Testperson konnte die Messung mit dem Oskar1 nicht beenden, weil die erste Phrase in den vorgegebenen fünf Minuten nicht eingegeben werden konnte. Eine Testperson hat die Messung mit Oskar1 wegen fehlender Anwendbarkeit vorzeitig abgebrochen.

Oskar2

wird mit zwei Händen verwendet und lässt bei der Texteingabe keine Hand für das Smartphone frei. Also wechselte zwischen Texteingabe und Texterfassung mindestens eine Hand zwischen Smartphone und Oskar2. Eine Testperson verwendete Oskar2 und Smartphone abwechselnd mit beiden Händen und legte das jeweils nicht verwendete Gerät auf der Tischplatte ab.

Die virtuelle QWERTZ Tastatur

befindet sich, beim verwendeten Smartphone Cubot Manito, in der unteren Hälfte des Smartphone Touchscreens, direkt über dem virtuellen Homebutton. Der Homebutton befindet sich direkt unter der Leertaste der virtuellen Tastatur und kann von der ihr taktil nicht unterschieden werden. Bei der Bedienung der virtuelle QWERTZ Tastatur kam es noch häufiger dazu, dass irrtümlich der Homebutton gedrückt wurde, als beim Ertasten und Navigieren am Smartphone. Der Homebutton liegt direkt unter der Leertaste der QWERTZ Tastatur. Vier Testpersonen haben irrtümlichen den Homebutton bei der Texteingabe auf der virtuellen QWERTZ Tastatur gedrückt.

Perkins Brailier

setzte leider nur das Basis-System der Blindenschrift und nicht die Vollschrift mit den Lautgruppenkürzungen um. Zwei Testpersonen hätten sich die Vollschrift beim Perkins Brailier gewünscht. Die Braillezeile beim Perkins Brailier präsentiert die einzelnen Zeichen des vorgegebenen Textes und des eingegeben Textes. Die Braillezeile wurde von den meisten Testpersonen genutzt. Die Braillezeile konnte bei Rechtschreibschwächen, und wenn die Sprachausgabe undeutlich verstanden wurde, helfen. Die Braillezeile half auch bei Braillezeichen-Unsicherheiten, denn die einzugebenden Braillezeichen konnten in der Braillezeile ertastet werden. Alle Testpersonen haben einen vertrauten Eindruck beim Umgang mit der Tastatur des Perkins Brailiers und der Braillezeile gemacht.

5.3.3 Nachbesprechung

Die Nachbesprechung fand aufgeteilt in Schüler- (4 Testpersonen) und Erwachsenen- (3 Testpersonen) statt. Die Nachbesprechung fand im selben Raum im BBI statt, in dem auch die Vorbesprechung und die Messung stattfand. Im Anschluss an die Nachbesprechung wurden die Gutscheine an die Testpersonen übergeben. Die Ergebnisse ihrer Texteingabeleistungsmessungen wurden ihnen vorab zugesandt. Die Testpersonen wurden gebeten, zuerst einzeln und dann in der Gruppe die Texteingabemethoden und die Texteingabebenutzeroberfläche mit Kommentaren zu Bewerten. Die vorgegebenen Bewertungsmöglichkeiten sind

- sehr gut = 1
- gut = 2

- schlecht = 3
- sehr schlecht = 4

Eine Reihung aufgrund des Mittelwertes der Einzelbewertungen aller Testpersonen ergibt die beste Bewertung für Perkins Brailier. Die zweitbeste Bewertung erhält Oskar2, die drittbeste Bewertung erhält die virtuelle QWERTZ Tastatur und Oskar1 erhält die schlechteste Bewertung. (Tabelle 5.10)

Texteingabemethode	Mittelwert
Perkins Brailier	1.1
Oskar2	1.4
virtuelle QWERTZ Tastatur	2.3
Oskar1	3.4

Tabelle 5.10: Mittelwerte der Texteingabemethoden Einzelbewertungen

In der Gruppe der Erwachsenen ergibt die Einzelbewertung und Konsensbewertung folgende Reihung: die beste Bewertung für Perkins Brailier. Die zweitbeste Bewertung erhält Oskar2, die drittbeste Bewertung erhält die virtuelle QWERTZ Tastatur und Oskar1 erhält die schlechteste Bewertung. (Tabelle 5.11)

Testperson, Gruppe	1	2	3	Erwachsene Konsens
Texteingabemethode				
Perkins Brailier	1	1	1	1
Oskar2	2	2	2	2
virtuelle QWERTZ Tastatur	3	2	3	3
Oskar1	3	4	4	4

Tabelle 5.11: Texteingabemethodenbewertung Erwachsenenengruppe

In der Gruppe der Schüler ergibt die Einzelbewertung und Konsensbewertung folgende Reihung: die beste Bewertung für Oskar2. Die zweitbeste Bewertung erhält Perkins Brailier, die drittbeste Bewertung erhält die virtuelle QWERTZ Tastatur und Oskar1 erhält die schlechteste Bewertung. (Tabelle 5.12)

Testperson, Gruppe	4	5	6	7	Schüler Konsens
Texteingabemethode					
Oskar2	1	1	1	1	1
Perkins Brailler	1	2	1	1	1
virtuelle QWERTZ Tastatur	2	2	2	2	2
Oskar1	4	2	4	3	3

Tabelle 5.12: Texteingabemethodenbewertung Schülergruppe

Testperson	1	2	8	Erwachsene Konsens
Texteingabebenutzeroberfläche	2	3	2	2

Tabelle 5.13: Texteingabebenutzeroberfläche Erwachsenengruppe

Testperson	4	5	6	7	Schüler Konsens
Texteingabebenutzeroberfläche	2	2	2	2	2

Tabelle 5.14: Texteingabebenutzeroberfläche Schülergruppe

Der Mittelwert der Texteingabebenutzeroberfläche Einzelbewertungen der Schüler und Erwachsenengruppe ergibt 2.1.

Perkins Brailler

Perkins Brailler wurde einmal mit „gut“ und sonst mit „sehr gut“ bewertet. Auf der QWERTZ Tastatur war die Umstellung von der gewohnten QWERTZ auf die Braille Eingabe irritierend und hat zur einmaligen Bewertung „gut“ geführt.

Oskar2

Oskar2 wurde von der Erwachsenengruppe als „noch gut“ beschrieben. Die Ähnlichkeit mit dem Perkins Brailler und der virtuellen Brailletastatur am Smartphone wurde beim Oskar2 von zwei Schülern gemocht.

virtuelle QWERTZ Tastatur

Das schlechte Abschneiden der virtuellen QWERTZ Tastatur wurde von der Erwachsenengruppe mit der undeutlichen Aussprache von TalkBack und dem irrtümlichen drücken des Homebutton begründet.

Die Schülergruppe hat von ihren privaten Erfahrungen mit der virtuellen QWERTZ Tastatur im Vergleich zur QWERTZ Tastatur vom Aufbau der Texteingabeleistungsmessung berichtet. Eine Testperson der Schülergruppe hat von positiven Erfahrungen

mit der virtuellen QWERTZ Tastatur von Android nach der Texteingabeleistungsmessung berichtet welche die Einstellung der Testperson zur virtuellen QWERTZ Tastatur verbessert hat. Die Testperson hat erst bei diesem Usertest die QWERTZ Tastatur von Android kennen gelernt. Die beschriebenen Vorteile der, von der Schülergruppe genutzten virtuellen QWERTZ Tastatur gegenüber der QWERTZ Tastatur vom Aufbau der Texteingabeleistungsmessung lauten: Auf einer kleineren Tastatur muss man weniger Tasten suchen. Bei Split-tap ist die Methode Double-tap besser als die Methode Lift-off. Laut Aussage der Schüler macht die iOS Sprachausgabe weniger Fehler und reagiert schneller, als die im Usertest verwendete Sprachausgabe von Android.

Oskar1

Die Anwendbarkeit von Oskar1, auch nach längerer Übung, wurde von der Erwachsenengruppe angezweifelt. Der Daumen hätte verwendet werden sollen. Die Bedienung ist unbequem. Von der Schülergruppe wurde die Schwierigkeit der Akkordeingabe am Oskar1 bemängelt, hervorgehoben wurde dabei der Akkord für Enter. Verbesserungsvorschläge für den Oskar1 von der Schülergruppe waren: Für die Mobilität die Tastatur verkleinern, weniger plump ausführen und stabiler bauen; zusätzliche, über den Daumen erreichbare Eingabetasten für Enter, Leerzeichen und Löschen einbauen; Eingaben durch seriell Drücken von Tasten, zum Beispiel zweimal die Acht drücken, realisieren; Elektronik in das Innere des Gerätes verlegen.

Texteingabebenutzeroberfläche

Bei der Bewertung der Texteingabebenutzeroberfläche wurde von einer Testperson die schlechte Bedienbarkeit des verwendeten Smartphones beklagt. Die Dauer beim Wechsel zwischen Übung und Messung wurde von drei Testpersonen als zu lange empfunden. Es wurde vorgeschlagen die nötigen Anpassungen bei den Wechseln zu automatisieren.

Diskussion

Die qualitativen und quantitativen Ergebnisse der Texteingabeleistungen führen gemeinsam zu Schlussfolgerungen unter Rücksichtnahme auf die Beschränktheit des Usertests.

6.1 Geschwindigkeit und Genauigkeit

Die in State of the Art beschriebenen Texteingabemethoden (Tabelle 3.1) sowie die Texteingabemethoden der hier durchgeführten Tests (Tabelle 5.2) sind in Abbildung 6.1 dargestellt. In Abbildung 6.1 sind die Texteingabeschwindigkeiten und Gesamtfehlerraten GFR der beschriebenen Texteingabemethoden sowie die Fehlerrate FR der Texteingabemethoden der hier durchgeführten Tests eingezeichnet. Die Differenz zwischen Gesamtfehlerrate und Fehlerrate ergibt die korrigierte Fehlerrate.

Die Usertests mit Perkins Braille und die Tests mit PACmate BX400 (Southern et al., 2012) wurden mit verschiedenen Geräten der gleichen Texteingabemethode, von geübten Testpersonen ausgeführt. Die Texteingabeschwindigkeit des hier getesteten Perkins Brailers (durchschnittlich 30,1 WPM, Standard Abweichung 9,5 WPM) erreicht 91 % der Texteingabeschwindigkeit des PACmate BX400 (Southern et al., 2012) (durchschnittlich 32,9 WPM, Standard Abweichung 14,1 WPM). Die Gesamtfehlerrate des hier getesteten Perkins Brailers (durchschnittlich 5,2 %, Standard Abweichung 2,6 %) erreicht 55 % der Gesamtfehlerrate des PACmate BX400 (Southern et al., 2012) (durchschnittlich 9,4 %, Standard Abweichung 6,1 %). Die Mittelwerte von Texteingabeschwindigkeit und Gesamtfehlerrate der Usertests mit Perkins Braille liegen innerhalb der Standard Abweichung von PACmate BX400 (Southern et al., 2012) (Abbildung 6.2). Die Usertests am Perkins Braille konnten die Ergebnisse mit PACmate BX400 von Southern et al. reproduzieren.

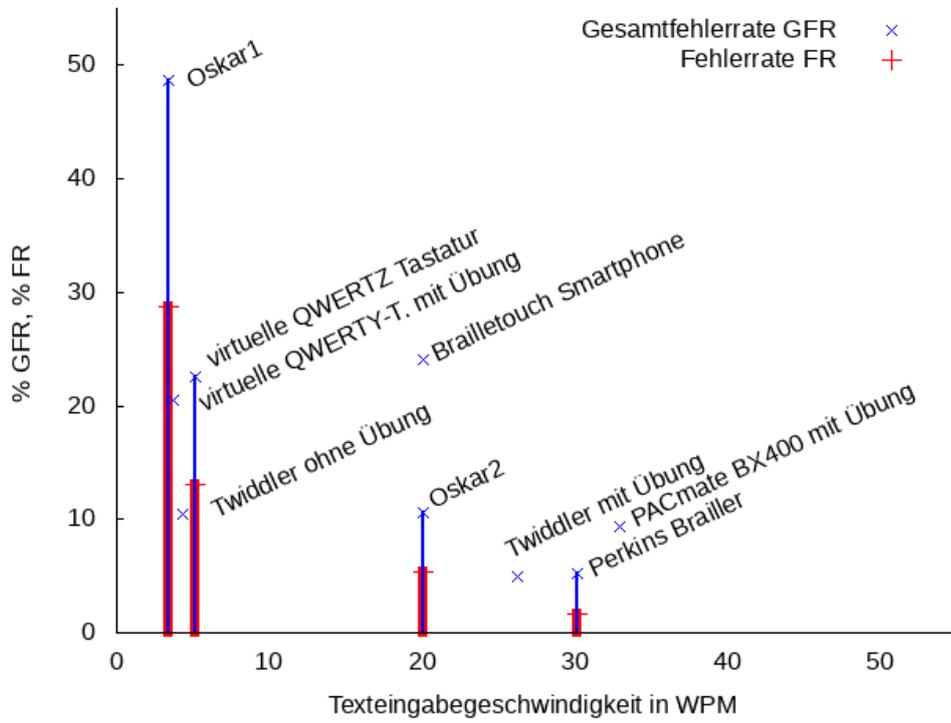


Abbildung 6.1: Geschwindigkeiten und Fehlerraten von Texteingabemethoden

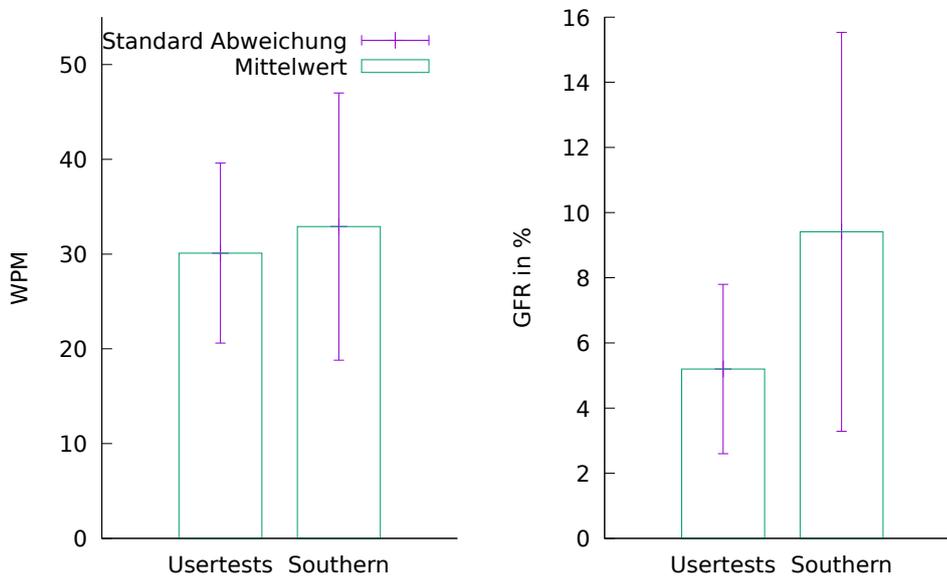


Abbildung 6.2: Texteingabegeschwindigkeiten und Gesamtfehlerraten von Perkins Brailiern aus Usertests und von Southern et al.

Der Usertest der virtuellen Tastatur und der Test der virtuellen Tastatur von Alnfai und Sampalli wurden von geübten Testpersonen ausgeführt. Die Texteingabegeschwindigkeit beim Test der virtuellen Tastatur von Alnfai und Sampalli (durchschnittlich 3,7 WPM, Standard Abweichung nicht angegeben) erreicht 73 % der Texteingabegeschwindigkeit der hier getesteten virtuellen Tastatur (durchschnittlich 5,1 WPM, Standard Abweichung 2,5 WPM). Der Test der virtuellen Tastatur von Alnfai und Sampalli erreicht ein Gesamtfehlerrate (durchschnittlich 20,5 %, Standard Abweichung nicht angegeben) die 91 % der Gesamtfehlerrate der hier getesteten virtuellen Tastatur (durchschnittlich 22,6 %, Standard Abweichung 18,6 %) (Alnfai & Sampalli, 2016). Die Mittelwerte von Texteingabegeschwindigkeit und Gesamtfehlerrate der virtuellen Tastatur welche von Alnfai und Sampalli festgestellt wurde liegen innerhalb der der hier im Usertest festgestellten Standard Abweichung der Mittelwerte der virtuellen Tastatur (Abbildung 6.3). Die Testergebnisse der virtuellen Tastatur von Alnfai und Sampalli können unsere Ergebnisse nicht bestätigen aber widerlegen die Usertests der virtuellen Tastatur auch nicht.

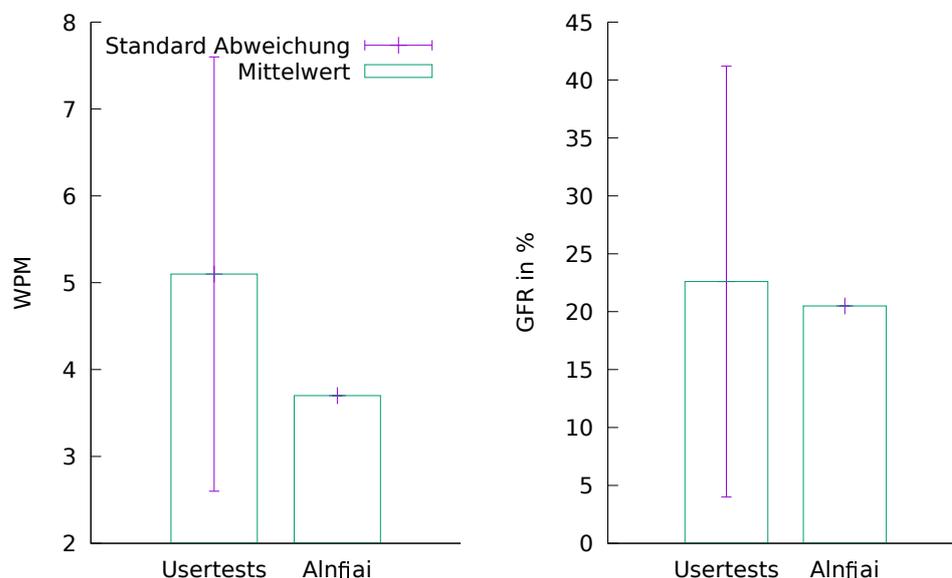


Abbildung 6.3: Texteingabegeschwindigkeiten und Gesamtfehlerraten von virtuellen Tastaturen aus Usertests und von Alnfai und Sampalli

Die Ergebnisse der Studie bei Geschwindigkeit und Genauigkeit, also Leistungsfähigkeit, Tabelle 5.2, und Beliebtheit, Tabelle 5.10, der Texteingabemethoden nehmen in der Reihenfolge Perkins Brailier, Oskar2, virtuelle QWERTZ Tastatur, Oskar1 ab.

GFR, Gesamtfehlerrate, und KFR, korrigierte Fehlerrate, sinken beide mit steigender Eingabegeschwindigkeit. Das KFR/GFR, das Verhältnis von korrigierter Fehlerrate zu Gesamtfehlerrate sinkt mit der Eingabegeschwindigkeit. (Tabelle 5.2) Umso schneller

getippt werden kann, umso weniger Fehler werden gemacht und von den gemachten Fehlern werden verhältnismäßig mehr korrigiert.

Als Grundlinie und Vorhersage der Eingabeleistung konnte der Perkins Brailleur nicht bestätigt und nicht widerlegt werden, da es zu wenige Messwerte (7 Messwerte pro Texteingabegerät) für eine fundierte Aussage gibt.

6.2 Merkmale von Oskar1 und Oskar2

Beim Lesen am Smartphone und Schreiben mit Oskar1 und Oskar2 wechselt die Aufmerksamkeit der Testpersonen zwischen den Geräten, und manchmal wechselt das Texteingabegerät (Oskar1 beziehungsweise Oskar2) und das Smartphone von einer Hand zur anderen Hand. Mit Navigationsfunktionen, implementiert in Oskar1 und Oskar2, hätte die Aufmerksamkeit der Testpersonen beim Lesen am Smartphone und Schreiben am Testgerät nicht zwischen den Geräten wechseln müssen. Ein Daumenjoystick, wie in Oskar2 implementiert, hätte die Navigationsfunktionen übernehmen können. Jedoch wurde auf den Daumenjoystick verzichtet, weil sich die Usertests auf die Texteingabe beschränken sollten. Weiters stand bei Oskar1 diese Funktion nicht zur Verfügung weil damit die Vergleichbarkeit gelitten hätte.

Der Akkord für Enter aus der Deutschen Norm DIN 32 982 „8-Punkt-Brailleschrift für die Informationsverarbeitung“ (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1994) war zu kompliziert. Es hätten genug einfachere, unverwendete Akkorde zur Verfügung gestanden, um dies Funktion zu realisieren. Günstigerweise berücksichtigt die Auswertung durch WebTEM Enter nicht als Eingabe. Daher führt der komplizierte Enter Akkord zu keiner Verfälschung der Texteingabeschwindigkeitsmessung. Frustriert hat der komplizierte Enter Akkord die Testpersonen aber schon. Eine mögliche Verbesserung wäre eine eigene Taste für Enter, so wie beim Perkins Brailleur. Auch ein Daumenjoystick in einer Kombination mit den 8 Tasten der Braillezeichen würde eine einfachere Eingabe für Enter bieten.

Der häufig benötigte Akkord für „n“ wurde bei der Eingabe mit Oskar1 als schwierig empfunden. Der Akkord für „n“ gehört zum Basis-System der Blindenschrift. Daher würde ein alternativer Akkord für „n“ eine Abkehr von der Vollschrift der deutschen Blindenschrift bedeuten. Die Vollschrift der deutschen Blindenschrift wird von den Testpersonen aber gewünscht. Die Schwierigkeit den Akkord zu drücken könnte an den drei verschiedenen Entfernungen pro Finger liegen. Einen Rechtshänder muss beim Akkord für „n“ den Ringfinger weiter strecken als Zeige- und Mittelfinger. So bleibt nur die Übung zur Überwindung des Akkords für „n“. Der Autor kann aus eigener Erfahrung die Schwierigkeiten bei der Eingabe des Akkords für „n“ nachempfinden, hat aber die Schwierigkeiten bei der Eingabe des Akkords für „n“ mit Übung überwinden können.

Die im Usertest untersuchten Texteingabemethoden bestehend aus Smartphone, Oskar1 bzw. Oskar2 sind in der Anschaffung günstiger als der von D’silva et al. angeführte

Notetaker H432B-Braille-Sense-U2 aber teurer als das von D'silva et al. hergestellte Wireless Smartphone Keyboard for Visually Challenged Users. Die Materialkosten von Oskar1 betragen € 40 und von Oskar2 € 95. Oskar1 und Oskar2 liegen beide über den Kosten des Wireless Smartphone Keyboard for Visually Challenged Users, das \$ 20 kostet. Um einen Notetaker, der neben der Eingabe- auch Ausgabefunktionen unterstützt, mit Oskar vergleichen zu können addieren sich zu den Kosten des Eingabegerätes Oskar noch die Kosten des Ausgabegerätes Smartphone. Das im Usertest verwendete Smartphone Cubot Manito kostete € 89,99 (EKEY TECHNOLOGY LIMITED, 2017). Der Notetaker H432B-Braille-Sense-U2 kostet laut D'silva et al. \$ 600 (D'silva et al., 2016). Somit liegen Smartphone und Oskar2 mit Anschaffungskosten von € 130 sowie Smartphone und Oskar1 mit Anschaffungskosten von € 185 unter den Anschaffungskosten des Notetaker H432B-Braille-Sense-U2.

6.3 Gesammelte Erfahrungen

Vor den Einführungsgesprächen wurden Android Smartphones für die Usertests besorgt. Ein Testlauf des Usertests wurde mit einer Testperson, die ein Android Smartphone verwendet, durchgeführt. Erst bei den Einführungsgesprächen wurde klar, dass alle Testpersonen iPhones besitzen und niemand ein Android Smartphone. Die Vorstellung der Testgeräte hat dann außerdem gezeigt, dass die Testpersonen keine Erfahrung mit dem Screenreader TalkBack von Android hatten und die Erfahrungen vom iPhone nur begrenzt übertragbar waren. Der Plan, bei vier Testpersonen gleichzeitig Texteingabegeschwindigkeiten mit einem Betreuer und einem Assistenten zu messen, scheiterte. Die Tests wurden im Betreuungsverhältnis eins zu eins erfolgreich durchgeführt. Trotz des vierfachen des geplanten Zeitaufwandes wurde der Zeitplan eingehalten, und die Anzahl der geplanten Texteingabegeschwindigkeitsmessung pro Testgerät von vier auf eine durchgeführte Texteingabegeschwindigkeitsmessung pro Testgerät reduziert. Lerneffekte konnten mit einer Texteingabegeschwindigkeitsmessung pro Testgerät nicht untersucht werden. Einführungsgespräche vor der Planung und Aufbau der Usertests hätten hier zu einem anderen Studienaufbau geführt.

Eine Testperson hat das Vorlesen von einzelnen Buchstaben unter TalkBack zusätzlich zum wortweisen Vorlesen verwendet. Die Testperson hatte bei Oskar2 eine sehr niedrige Gesamtfehlerrate von 2.85 % im Vergleich zu der durchschnittlichen Gesamtfehlerrate von 10.6 %. Auch die Texteingabegeschwindigkeit der Testperson von 25 WPM ist im Vergleich zur durchschnittlichen Texteingabegeschwindigkeit von 20 WPM relativ hoch. Die Testperson erreichte aber unterdurchschnittliche 7.72 korrekte Wörter pro Minute im Vergleich zu durchschnittlich 9.7 korrekte Wörter pro Minute. Die Phrasen wurden richtig und schnell eingegeben aber nur wenige davon in den vorgegeben 5 Minuten der Messung. Im Vergleich zu den anderen Testpersonen hat diese Testperson mehr Zeit mit der Vorbereitung zum Schreiben verbracht.

Die Dauer der Anpassungen (Auswahl Textkörper, Eingabe in Textfeld Session „Übung“

oder „Messung“, Auswahl Eingabegerät virtuell, physisch) zwischen den Texteingabeschwindigkeitsmessungen mit der verwendeten webbasierten Anwendung "WebTEM: A Web Application to Record Text Entry Metrics" hat zu Kritik der Testpersonen geführt. Durch die große Anzahl an Auswahlmöglichkeiten (Auswertung und Kennzahlen der Texteingabemessung, Textkörper und Randbedingungen der Messung), konnten die Testpersonen die Anpassungen nicht selbst vornehmen. Um die Anpassung zwischen der Übung und Messung vornehmen zu können musste öfters TalkBack und das Testgerät deaktiviert werden und für die weitere Messung wieder aktiviert werden. Für zukünftige Messungen mit der Webanwendung kann eine, auf Knopfdruck abrufbare, voreinstellung der Anpassungen empfohlen werden.

Obwohl die Webseite bei der Texteingabeschwindigkeitsmessung nur aus dem vorgegebenen Text, einem Textfeld und zwei Knöpfen bestanden hat, hat die Navigation für die Testpersonen eine Hürde dargestellt. Da die Testpersonen nur in der Verwendung des iPhone geübt waren mussten die Testpersonen die Navigation mit dem Screenreader TalkBack erst üben. Die Einstellung der Schrittweite (Elemente, Zeilen, Wort, Zeichen) in der Screenreader TalkBack den Bildschirm darstellt war für die Testpersonen neu. Die Menüleiste des Webbrowsers (mit Sicherheitseinstellungen, Eingabefeld, Stoppschaltfläche, Reiter, Menü) stellte für die Testpersonen zusätzliche Elemente dar, welche erst ertastet werden mussten. Mit einer speziell entwickelte Anwendung unter Android wäre das Problem der zusätzlichen Elemente wahrscheinlich nicht aufgetreten. Auch die Verwendung eines, den Testpersonen vertrautes, iPhones hätte hier geholfen.

Das hier verwendete Smartphone besitzt keinen physischen Homebutton wie as iPhone. Der Homebutton bringt den Startbildschirm in den Vordergrund und legt die aktive Anwendung in den Hintergrund. Statt des physischen Homebutton gibt es beim verwendeten Android Smartphone einen virtuellen Homebutton der mit Hilfe des Touchscreen realisiert wird und in der Mitte am unteren Rand des Bildschirms liegt. Das Fehlen einer tastbaren Abgrenzung des Bildschirms zum Homebutton führte öfters zur unbeabsichtigten Aktivierung dieses Knopfes. Im Unterschied zu anderen Tasten wird der Homebutton schon beim ersten Berühren aktiviert und nicht erst bei Lift-off oder Double-tap. Vor allem beim Versuch die Leertaste der virtuellen QWERTZ Tastatur zu Drücken ist der Homebutton öfter unbeabsichtigt aktiviert worden und hat so zu einer Unterbrechung der Übung oder Messung geführt. Die Aktivierung des Homebutton erforderte immer fremde Hilfe um ohne längere Unterbrechung vom Startbildschirm zur Anwendung der Texteingabeschwindigkeitsmessung zurück zu kehren. Eine einfache Lösung diese Problems wäre die Anbringung einer spürbaren Markierung, zum Beispiel eines Klebebandes als Abgrenzung, gewesen. Ebenso hätte man den Wechsel der im Vordergrund befindlichen Anwendung im vorhinein Üben können um den Testpersonen eine eigenständige Anwendung zu ermöglichen.

Die Ergebnisse der Usertests zur Ermittlung der Texteingabeleistung muss man unter den Umständen der Texteingabe betrachten. Um Tätigkeiten, die repräsentativ für das

tatsächliche Verhalten sind, zu beobachten wurden die Texteingaben am Smartphone durchgeführt. Jedoch änderte sich mit den Testgeräten nicht nur die Texteingabemethode sondern auch die Bedienung der Texteingabebenutzeroberfläche. Zum Beispiel wechselt die Aufmerksamkeit zwischen Oskar1, Oskar2 und dem Smartphone im Gegensatz zur virtuellen QWERTZ Tastatur. Der Wechsel der Anwendung durch unabsichtliche Homebutton betätigung führte bei der virtuellen QWERTZ Tastatur öfter zu fremder Hilfestellung. Eine Lösung wäre die stärkere Trennung der Texteingabemethode von der Textdarstellung. Zur trennung von Texteingabemethode und Textdarstellung könnte man den vorgegebenen Text präsentieren und die Texteingabemessung erst im Anschluss nach der vollständigen Erfassung des vorgegebenen Textes starten. So würde beim Schreiben eine Wechsel zwischen dem Lesen des vorgegebenen Textes und dem Schreiben unterbleiben. Eine andere Lösung wäre die Erfassung der Leistung der Navigationsfunktionen der verschiedenen Eingabemethoden mit dem Nachteil einer mangelnden Vergleichbarkeit.

6.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Oskar2 erreicht im Durchschnitt eine vierfache Texteingabegeschwindigkeit und eine Halbierung der Gesamtfehlerrate im Vergleich zur virtuellen QWERTZ Tastatur am Smartphone, nach einer fünf minütigen Übung, für Blinde und Sehbehinderte Personen mit Braillexerfahrung.

Oskar1 erreicht keine Verbesserung bei der Texteingabe im Vergleich zur virtuellen QWERTZ Tastatur am Smartphone, nach fünf minütiger Übung, für Blinde und Sehbehinderte Personen mit Braillexerfahrung. Eine Verbesserung der Texteingabe nach längerer Übung und individuelle Anpassung von Oskar1 erscheint möglich. Die Erlernbarkeit von Oskar1 soll weiter untersucht werden.

Für die Weiterentwicklung von Oskar wurden die Quelldaten unter einer Open Source Lizenz veröffentlicht (Střelka-Petz, 2018). Positiv auf die Anwendbarkeit der Oskars würde sich die Weiterentwicklung des ergonomischen Designs und die implementierung, weiterer Zeichen sowie Navigationsfunktionen für Smartphones auswirken. Die automatische Tastenwiederholfunktion wird deaktiviert.

Abbildungsverzeichnis

1.1 Der Buchstabe a in 6-Punkte-Brailleschrift und in 8-Punkte-Brailleschrift	2
---	---

1.2	Hand mit Finger auf je 2 Braillepunkten einer Braillezelle	2
3.1	Virtuelle QWERTZ Tastatur, Smartphone Betriebssystem Android Version 6.0	8
3.2	6-Punkt-Brailleschrift	9
3.3	Das Alphabet des Basis-Systems der deutschen Blindenschrift	10
3.4	Lautgruppenkürzungen der Vollschrift	10
3.5	8-Punkt-Brailleschrift	10
3.6	Virtuelle Brailletastatur, abgewandter Bildschirm Modus, Smartphone Betriebssystem iOS Version 11.3	11
3.7	Virtuelle Brailletastatur, Schreibtisch Modus, Smartphone Betriebssystem iOS Version 11.3	12
3.8	Perkins Brailleur	13
3.9	PACmate BX400	15
3.10	Twiddler Abbildung von Case (2010) 	16
4.1	Schematischer Aufbau von Oskar	21
4.2	Universal GKOS IR Keyboard	21
4.3	Konzeptmodell Tastatur BLE 1	23
4.4	Prototyp mit Cherry MX Brown Tasten	24
4.5	ALPS SLLB120300	25
4.7	Schematischer Aufbau von Oskar mit Bluetooth	26
4.8	Prototyp mit Kunststoffgehäuse, Tasten	27
4.9	Prototyp mit Kunststoffgehäuse, Innen, 1: Bluetooth Modem BlueSMiRF Silber, 2: Alps SKRHAAE010	27
4.10	Schematischer Schaltplan von Oskar2, ohne Joystick, Arduino Micro: Mikrocontroller Pro Micro, S1-S8: Tasten Gateron Brown, R1: 1kΩ Widerstand	29
4.11	Schematischer Schaltplan von Oskar1, Arduino Micro: Mikrocontroller Arduino Micro, S1-S8: Tasten Gateron Brown, R1: 1kΩ Widerstand	30
4.12	Oskar2	31
4.13	Oskar2 mit Händen	31
4.14	Oskar1	32
4.15	Oskar1 Stütze	33
4.16	Oskar1 mit Hand	33
5.1	QWERTZ Tastatur mit Braillezeile	37
5.2	Messwerte und Boxplot der Eingabegeschwindigkeiten in WPM	45
5.3	Messwerte und Boxplot der korrekte Wörter pro Minute	46
6.1	Geschwindigkeiten und Fehlerraten von Texteingabemethoden	54
6.2	Texteingabegeschwindigkeiten und Gesamtfehlerraten von Perkins Braillelern aus Usertests und von Southern et al.	55
6.3	Texteingabegeschwindigkeiten und Gesamtfehlerraten von virtuellen Tastaturen aus Usertests und von Alnfai und Sampalli	56

Tabellenverzeichnis

3.1	Eingabegeschwindigkeit und Gesamtfehlerrate der in State of the Art beschriebenen Texteingabemethoden im Überblick	7
4.1	GKOS Fingerzuordnung	21
4.2	Braillezelle Nummerierung und Fingerzuordnung	22
4.3	Bits im Byte des Buchstaben „d“	22
4.4	Materialkostenabschätzung Oskar1 und Oskar2	34
5.1	Einteilung des Eingabestroms für die Fehlerrate	41
5.2	Durchschnittsergebnisse	42
5.3	Durchschnittsergebnisse korrekte Wörter pro Minute	43
5.4	Eingabegeschwindigkeiten der Texteingabemethoden, Mittelwert (MW), Standardabweichungen (Std. abw.) und Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert in % (Std. abw./ MW %)	44
5.5	Eingabegeschwindigkeit, Perkins Brailier, in WPM, als Referenz und darauf bezogen die Texteingabemethodengeschwindigkeiten in %	44
5.6	Eingabegeschwindigkeit von Brailier nach Perkins, in WPM, als Referenz und darauf bezogen die Geschwindigkeit der Texteingabemethode in Prozent, Mittelwerte (MW), Standardabweichungen (Std. abw.) und Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert in % (Std. abw./ MW %)	44
5.7	Gesamtfehlerrate der Texteingabemethoden, in %, Mittelwerte (MW), Standardabweichungen (Std. abw.) und Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert in % (Std. abw./ MW %)	44
5.8	Braillezeichen Enter (Braillepunkte 1,3,4,7,8), Fingerzuordnung pro Reihe und Spalte	48
5.9	Braillezeichen „n“ (Braillepunkte 1,3,4,5), Fingerzuordnung pro Reihe und Spalte	48
5.10	Mittelwerte der Texteingabemethoden Einzelbewertungen	50
5.11	Texteingabemethodenbewertung Erwachsenenengruppe	51
5.12	Texteingabemethodenbewertung Schülergruppe	51
5.13	Texteingabebenutzeroberfläche Erwachsenenengruppe	51
5.14	Texteingabebenutzeroberfläche Schülergruppe	51
A.1	Gesamtfehlerraten „Schreibtisch“ Modus	63
		61

A.2	Gesamtfehlerraten „abgewandter Bildschirm“ Modus	63
B.1	Eingabegeschwindigkeit der Texteingabemethoden pro Testperson in WPM	65
B.2	Gesamtfehlerrate der Texteingabemethoden pro Testperson in %, nv: nicht vorhanden	65
B.3	Korrigierte Fehlerrate der Texteingabemethoden pro Testperson in %, nv: nicht vorhanden	66
B.4	Eingegebene Phrasen pro 5 Minuten Messung, pro Texteingabemethoden und pro Testperson	66
B.5	Korrekte (ordentliche) Eingaben pro 5 Minuten Messung, pro Texteingabeme- thoden und pro Testperson	66

Berechnung virtuelle Brailletastatur

Die durchschnittlichen Gesamtfehlerrate konnte aus den in Southern et al. (2012) angeführten durchschnittlichen Gesamtfehlerraten von drei Leistungsgruppen (A, B und C) und Gewichtung nach deren jeweilige Anzahl an Personen in der Leistungsgruppe berechnet werden.

$$\text{durchschnittliche Gesamtfehlerrate} = \frac{\sum_{i=A,B,C} \text{Anzahl}_i * \text{Gesamtfehlerrate}_i}{\sum_{i=A,B,C} \text{Anzahl}_i}$$

Leistungsgruppe	Anzahl Personen	Fehlerrate in %
A	6	14.8
B	3	40.5
C	2	45.0

Tabelle A.1: Gesamtfehlerraten „Schreibtisch“ Modus

Leistungsgruppe	Anzahl Personen	Fehlerrate in %
A	6	14.5
B	3	33.1
C	2	39.3

Tabelle A.2: Gesamtfehlerraten „abgewandter Bildschirm“ Modus

Quantitative Messergebnisse der Usertests

Testperson	1	2	3	4	5	6	7
Brailler nach Perkins, in WPM	43.5	31	39.8	32	22.7	25.4	16.2
Oskar2, in WPM	25.2	14.6	25	30.9	16.6	17.5	10.4
virtuelle QWERTZ Tastatur, in WPM	4.4	7	6.7	1.6	6.3	1.8	7.7
Oskar1, in WPM	5.5	0	3.4	5.4	5.4	1.1	3

Tabelle B.1: Eingabegeschwindigkeit der Texteingabemethoden pro Testperson in WPM

Testperson	1	2	3	4	5	6	7
Brailler nach Perkins, GFR in %	4.4	5.9	0.7	7.5	3.5	8.6	5.7
virtuelle QWERTZ Tastatur, GFR in %	11.7	7.8	2.9	10.4	9.5	15.8	16.4
Oskar2, GFR in %	25.1	9.4	7.5	57.2	11.5	36.7	10.8
Oskar1, GFR in %	18	nv	60	37.7	14.1	75.3	87.1

Tabelle B.2: Gesamtfehlerrate der Texteingabemethoden pro Testperson in %, nv: nicht vorhanden

B. QUANTITATIVE MESSERGEBNISSE DER USERTESTS

Testperson	1	2	3	4	5	6	7
Braille nach Perkins, KFR in %	2.5	3.2	0.5	5.7	1.6	7.6	3.8
virtuelle QWERTZ Tastatur, KFR in %	2.3	4.3	1.6	6.2	7.1	12.6	3.1
Oskar2, KFR in %	7.3	6	5.7	30.3	3.5	11.8	2.9
Oskar1, KFR in %	11.7	nv	6.7	23.2	11.6	44.6	21.5

Tabelle B.3: Korrigierte Fehlerrate der Texteingabemethoden pro Testperson in %, nv: nicht vorhanden

Testperson	1	2	3	4	5	6	7
Braille nach Perkins, Phrasen	36	23	24	23	15	17	12
virtuelle QWERTZ Tastatur, Phrasen	14	9	8	15	12	10	7
Oskar2, Phrasen	6	7	5	2	5	2	6
Oskar1, Phrasen	5	0	1	5	5	2	2

Tabelle B.4: Eingegebene Phrasen pro 5 Minuten Messung, pro Texteingabemethoden und pro Testperson

Testperson	1	2	3	4	5	6	7
Braille nach Perkins, in kWPM	817	553	544	531	360	425	304
virtuelle QWERTZ Tastatur, in kWPM	287	235	193	327	289	228	136
Oskar2, in kWPM	97	149	115	31	131	40	120
Oskar1, in kWPM	113	0	18	106	113	20	29

Tabelle B.5: Korrekte (ordentliche) Eingaben pro 5 Minuten Messung, pro Texteingabemethoden und pro Testperson

Literaturverzeichnis

- Abteilung Automatische Sprachverarbeitung, Universität Leipzig. (2015). *Leipzig corpora collection*. Zugriff am 12. Dezember 2017 auf <http://wortschatz.uni-leipzig.de/de/download> (datei:deu_news_2015_10K-sentences.txt, )
- Alnfai, M. & Sampalli, S. (2016). An evaluation of singletapbraille keyboard: A text entry method that utilizes braille patterns on touchscreen devices. In *Proceedings of the 18th international acm sigaccess conference on computers and accessibility* (S. 161–169). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/2982142.2982161> doi: 10.1145/2982142.2982161
- Arif, A. S. & Mazalek, A. (2016). Webtem: A web application to record text entry metrics. In *Proceedings of the 2016 acm on interactive surfaces and spaces* (S. 415–420). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/2992154.2996791> doi: 10.1145/2992154.2996791
- Bowers, B. (2002). Inventors of the telegraph. In *Proceedings of the ieee (volume: 90, issue: 3, mar 2002)* (Bd. 90, S. 436 - 439). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Zugriff auf <http://ieeexplore.ieee.org/document/993407/> doi: 10.1109/5.993407
- Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder. (2005). *Das system der deutschen blindenschrift* (4. überarbeitete Auflage Aufl.). Marburg/Lahn, Deutschland: Deutsche Blindenstudienanstalt e.V.
- Case, A. (2010). *Handykey - twiddler2 - one handed chording usb keyboard, picture 4*. Zugriff am 1. Juli 2018 auf <https://www.flickr.com/photos/caseorganic/4529510702> (<https://www.flickr.com/photos/caseorganic/>, )
- Clawson, J., Lyons, K., Starner, T. & Clarkson, E. (2005). The impacts of limited visual feedback on mobile text entry for the twiddler and mini-qwerty keyboards. In *Ninth ieee international symposium on wearable computers, 2005. proceedings*. IEEE. Zugriff auf <http://ieeexplore.ieee.org/document/1550803/> doi: 10.1109/ISWC.2005.49
- Cooke, W. F. & Wheatstone, C. (1839). Cooke's und wheatstone's galvanischer telegraph. *Polytechnisches Journal*, 72 (XLVII.), 213–221. Zugriff auf <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj072/ar072047>
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (1994). *8-punkt-brailleschrift für die informationsverarbeitung* (DIN Nr. 32982:1994-08).

- D. Kocielinski, J. B.-P. (2013). Improving the accessibility of touchscreen-based mobile devices: Integrating android-based devices and braille notetakers. In *2013 federated conference on computer science and information systems (fedcsis)*. Krakow, Poland: IEEE. Zugriff auf <http://ieeexplore.ieee.org/document/6644073/>
- D'silva, C., Parthasarathy, V. & Rao, S. N. (2016). Wireless smartphone keyboard for visually challenged users. In *Proceedings of the 2016 workshop on wearable systems and applications* (S. 13–17). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/2935643.2935648> doi: 10.1145/2935643.2935648
- EKEY TECHNOLOGY LIMITED. (2017). *Cubot manito 5.0 inch 1280 * 720 ips hd 4g mt6737 quad-core 1.3ghz 3gb ram + 16gb rom dual sim 13.0mp back camera mobile phone wifi bluetooth otg*. Zugriff am 26. November 2017 auf https://www.amazon.de/gp/product/B01N2G1D4D/ref=od_aui_detailpages00?ie=UTF8&psc=1
- Ewald, K. (2014). *Ninepoint*. <http://www.ninepoint-systems.at/ninepoint-en.html>.
- Goldhahn, D., Eckart, T. & Quasthoff, U. (2012). Building large monolingual dictionaries at the leipzig corpora collection: From 100 to 200 languages. In *Proceedings of the 8th international language resources and evaluation*.
- Grussenmeyer, W. & Folmer, E. (2017). Accessible touchscreen technology for people with visual impairments: A survey. *ACM Trans. Access. Comput.*, 9 (2), 6:1–6:31. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/3022701> doi: 10.1145/3022701
- Lintl, M. (2014). *Optimierung von tastenbelegungen für smartphones* (Diplomarbeit, Technische Universität München). Zugriff auf <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1223000/file.pdf>
- Lyons, K., Starner, T., Plaisted, D., Fusia, J., Lyons, A., Drew, A. & Looney, E. W. (2004). Twiddler typing: One-handed chording text entry for mobile phones. In *Proceedings of the sigchi conference on human factors in computing systems* (S. 671–678). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/985692.985777> doi: 10.1145/985692.985777
- MacKenzie, I. S. & Soukoreff, R. W. (2003). Phrase sets for evaluating text entry techniques. In *Chi '03 extended abstracts on human factors in computing systems* (S. 754–755). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/765891.765971> doi: 10.1145/765891.765971
- Mattheiss, E., Regal, G., Schrammel, J., Garschall, M. & Tscheligi, M. (2014). Dots and letters: Accessible braille-based text input for visually impaired people on mobile touchscreen devices. In *Computers helping people with special needs: 14th international conference, icchp 2014, paris, france, july 9-11, 2014, proceedings, part i* (S. 650–657). Cham: Springer International Publishing. Zugriff auf https://doi.org/10.1007/978-3-319-08596-8_100 doi: 10.1007/978-3-319-08596-8_100
- Mayzner, M. S. & Tresselt, M. E. (1965). Table of singleletter and digram frequency counts for various word-length and letter-position combinations. *Psychonomic Monograph Supplements*, 1, 13-32.

- Paisios, N. (2012). *Mobile accessibility tools for the visually impaired* (Dissertation, New York University, New York, NY, USA). Zugriff auf <http://cs.nyu.edu/web/Research/Theses/nektariosp.pdf> (AAI3524181)
- Perkins, International Council on English Braille, National Library Service for the Blind and Physically Handicapped, Library of Congress & UNESCO. (2013). *World braille usage* (3. Aufl.). Watertown, MA : Perkins School for the Blind ; Toronto, Ontario : International Council on English Braille ; Washington, D.C. : National Library Service for the Blind and Physically Handicapped, Library of Congress, 2013.
- Powell, J. (2015). *Brailletooth – bluetooth braille keyboard*. <https://www.thingiverse.com/thing:1049237>.
- Schmid, E. (2012). *Linguistische untersuchung zur Ökonomisierung des schreibvorganges am computer* (Unveröffentlichte Diplomarbeit). Deutsche Philologie, Universität Wien.
- Seymour-Ford, J. (2009). *Story of the perkins brailier*. "Watertown, MA : Perkins School for the Blind
. Zugriff auf <http://www.perkins.org/assets/downloads/research/story-of-brailier-11-17-09.pdf>
- Sholes, C. L. (1878, August 8). *C. latham sholes, of milwaukee, wisconsin, assignor to the type writer company, of newyork, n.y., improvement in type-writing machines*. Google Patents. Zugriff auf <https://www.google.com/patents/US207559> (US Patent 207.559)
- Siqueira, J. (2016). Braille text entry on smartphones: A systematic review of the literature. In *2016 ieee 40th annual computer software and applications conference (compsac)*. IEEE. Zugriff auf <http://ieeexplore.ieee.org/document/7552266/> doi: 10.1109/COMPSAC.2016.74
- Smith, A., McGeeney, K., Duggan, M., Rainie, L. & Keeter, S. (2015). U.s. smartphone use in 2015. <http://www.pewinternet.org/2015/04/01/us-smartphone-use-in-2015/>.
- Soukoreff, R. W. (2002). *Text entry for mobile systems: Models, measures, and analyses for text entry research* (Diplomarbeit, York University (Canada), York, Canada). Zugriff auf <http://soukoreff.com/academic/thesis.pdf>
- Soukoreff, R. W. & MacKenzie, I. S. (2003). Metrics for text entry research: An evaluation of msd and kspc, and a new unified error metric. In *Proceedings of the sigchi conference on human factors in computing systems* (S. 113–120). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/642611.642632> doi: 10.1145/642611.642632
- Southern, C., Clawson, J., Frey, B., Abowd, G. & Romero, M. (2012). An evaluation of brailletouch: Mobile touchscreen text entry for the visually impaired. In *Proceedings of the 14th international conference on human-computer interaction with mobile devices and services* (S. 317–326). New York, NY, USA: ACM. Zugriff auf <http://doi.acm.org/10.1145/2371574.2371623> doi: 10.1145/2371574.2371623
- Střelka-Petz, J. (2018). *Projektarchiv Oskar*. Zugriff am 22. November 2018 auf

- <https://gitlab.com/teamoskar>
- Tarvainen, J. (2010). *Beginner performance with the gkos chorded keyboard* (Diplomarbeit, Department of Computer Sciences Interactive Technology, University of Tampere). Zugriff auf <https://www.scribd.com/document/235762534/Beginner-Performance-with-the-GKOS-Chorded-Keyboard>
- Varada, V. R. (2017). *Tipo: Braille smartphone keypad*. <https://hackaday.io/project/21175-tipo-braille-smartphone-keypad>.
- Wheatstone, C. (1840, Juni 10). *Improvement in the electro-magnetic telegraph*. Google Patents. Zugriff auf <https://www.google.at/patents/US1622> (US Patent 1,622)