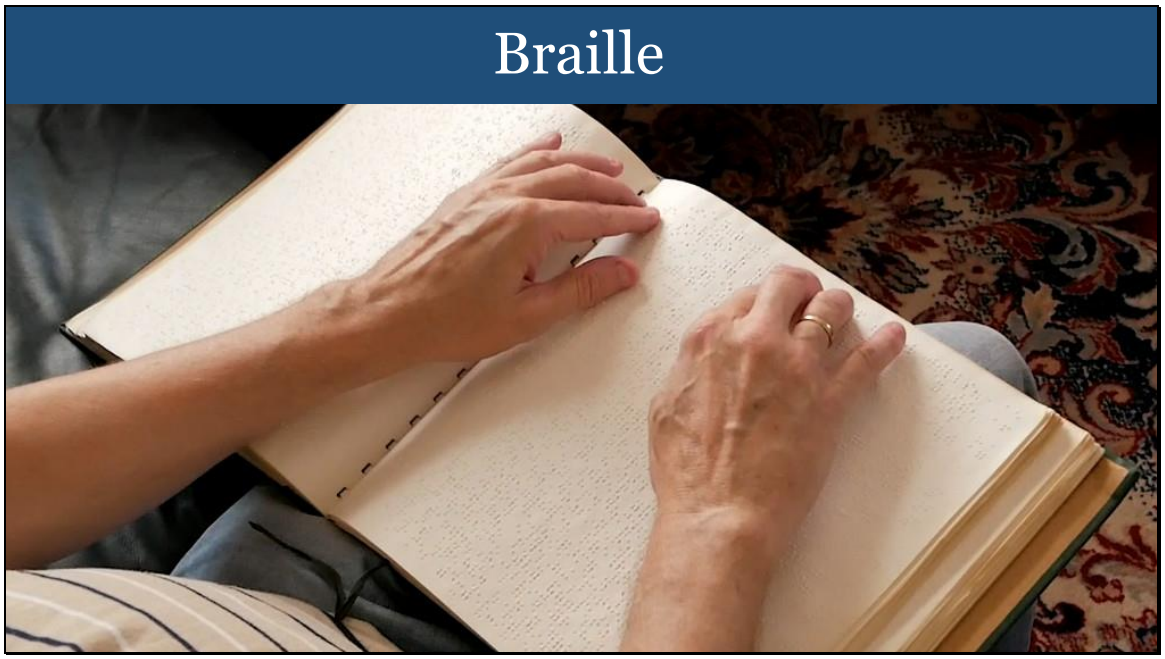
Folie 1

BrailleRing ist ein mobiles und flexibles Braille-Display, das blinde Personen mit Smartphones oder Computern verbinden können, um die Inhalte auf diesen Geräten in Blindenschrift zu lesen.

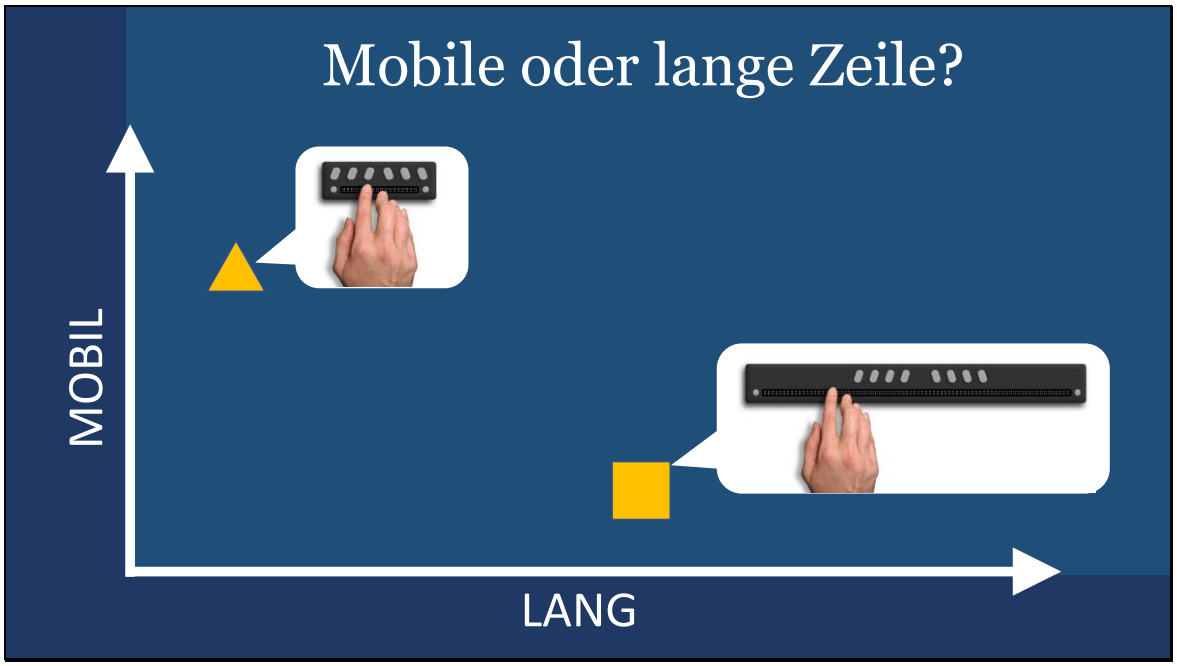
Entwickelt wird der BrailleRing von einer Arbeitsgruppe mit dem Namen Tetragon. Das Projekt ist derzeit an der TU Wien beheimatet und nach dem Auslaufen der derzeitigen Förderung soll ein universitäres Spin-off gegründet werden. Letztes Jahr wurde unser Projekt bereits beim IKT-Forum und der ICCHP vorgestellt. Heute wird nach einer kurzen Wiederholung berichtet, welche Herausforderungen und Fortschritte es seitdem gegeben hat.

Folie 2



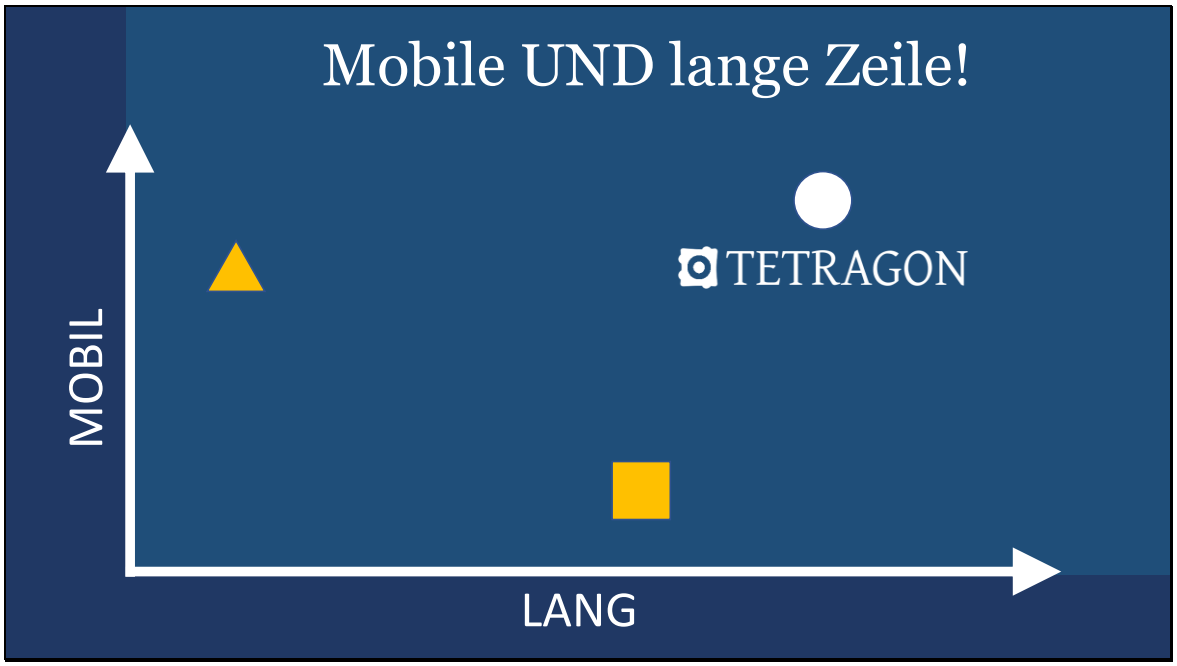
Blindenschrift bzw. Braille ist ein Schriftsystem, bei dem einzelne Zeichen durch Muster aus erhabenen Punkten dargestellt werden, die man mit seinen Fingern ertasten kann.
Braille wird klassisch auf dickes Papier geprägt, aber heutzutage gibt es auch sogenannte Braille-Displays, die man mit Computern, Smartphones oder anderen Geräten verbinden kann.

Folie 3



Aus technischen Gründen stellen solche herkömmlichen Braille-Displays immer nur eine Zeile Text dar. Dadurch geht man bei der Anschaffung stets einen Kompromiss ein.
Ein Gerät ist entweder klein und mobil, kann dafür aber nur kurze Textzeilen darstellen, oder es zeigt bis zu 80 Zeichen an, ist dann aber sperrig und teuer (Kosten ab 8.000 Euro).

Folie 4

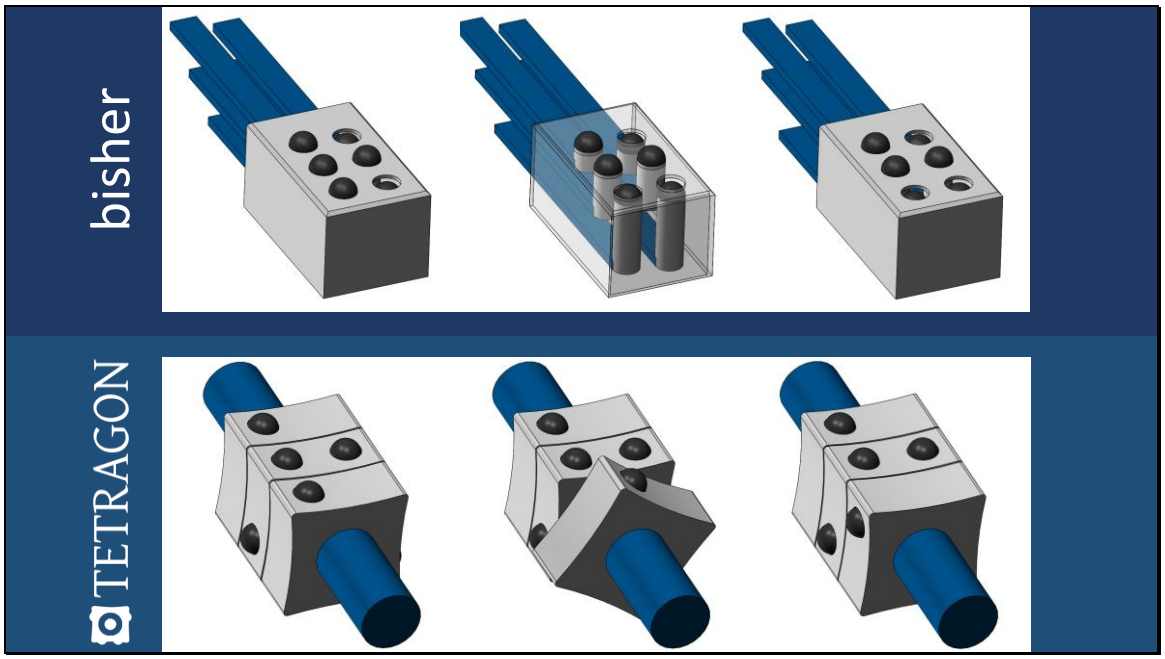


Tetragon erschließt ein neues Segment mit einem Gerät, das klein und mobil ist, gleichzeitig aber auch beliebig lange Textzeilen darstellen kann.

Folie 5

Dieses Ziel wird erreicht, indem die üblicherweise ebene Textzeile in das Innere eines rotierenden Ringes verlegt wird.
So werden nur wenige Braille-Module benötigt. Beim Rotieren werden diese im oberen Bereich des Ringes immer wieder neu gesetzt und im unteren Bereich, in dem man seinen Finger zum Lesen in den Ring legt, können so immer wieder neue Zeichen dargestellt werden.

Folie 6



Mit herkömmlichen Braille-Modulen wäre das aus Platzgründen kaum möglich. Dort werden winzige Stifte durch ebenso winzige Löcher geschoben, um jeden Punkt einzeln zu bilden. Realisiert wird das in der Regel, indem jeder Stift an einem langen, piezoelektrischen Element angebracht ist, das sich beim Anlegen einer Spannung nach oben krümmt.

Im BrailleRing werden dagegen jeweils zwei nebeneinander liegende Punkte zusammengefasst. Zwei solche Punkte können vier verschiedene Muster darstellen: ein Punkt links, ein Punkt rechts, beide Punkte oder kein Punkt. Diese vier Kombinationen sind auf den vier Seiten eines verdrehbaren Prismas untergebracht. Drei solcher Prismen auf einer gemeinsamen Achse können jedes beliebige Braillezeichen mit bis zu sechs Punkten darstellen. Durch ein viertes Prisma lässt sich das auch nahtlos auf 8-Punkt-Braille erweitern.

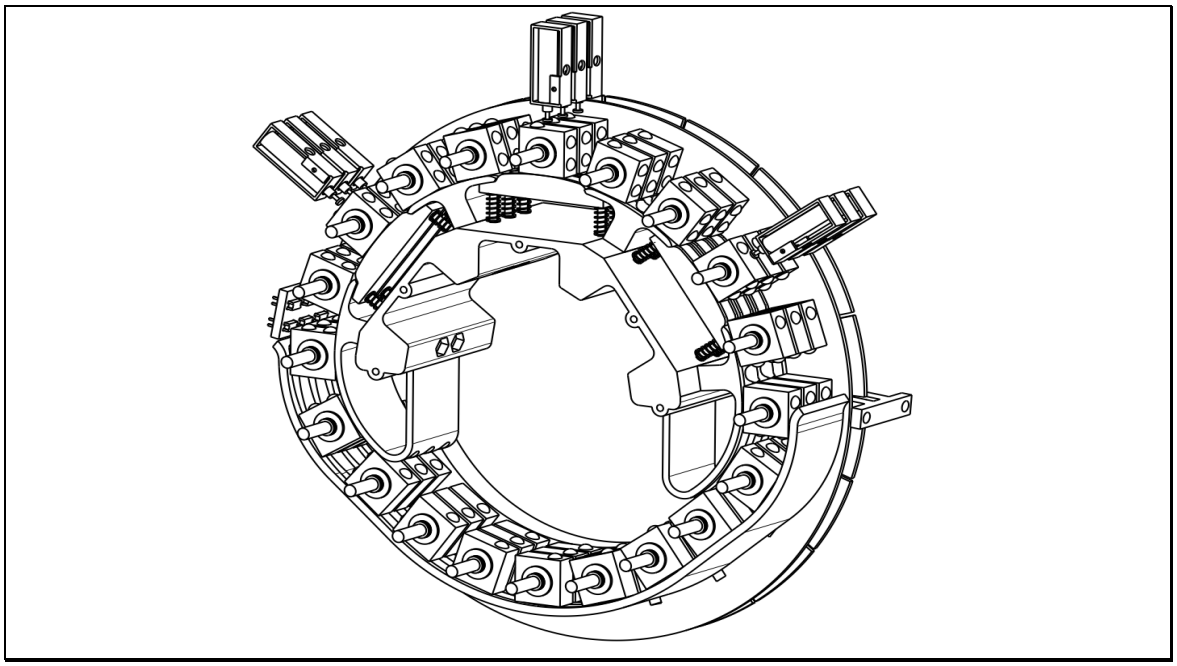
Statt sechs Punkte einzeln anzusteuern, müssen mit diesem Konzept also nur drei Quader gedreht werden. Und weil diese Quader in einem Ring rotieren, genügt es, wenn sie auf ihrer Achse passiv drehbar gelagert sind. Man benötigt im Gerät nur ein paar fix im Ring positionierte Aktuatoren, um alle Elemente im Vorbeilaufen zu verstellen.

Folie 7

Ein konkretes Beispiel, um diese Vereinfachung zu veranschaulichen:

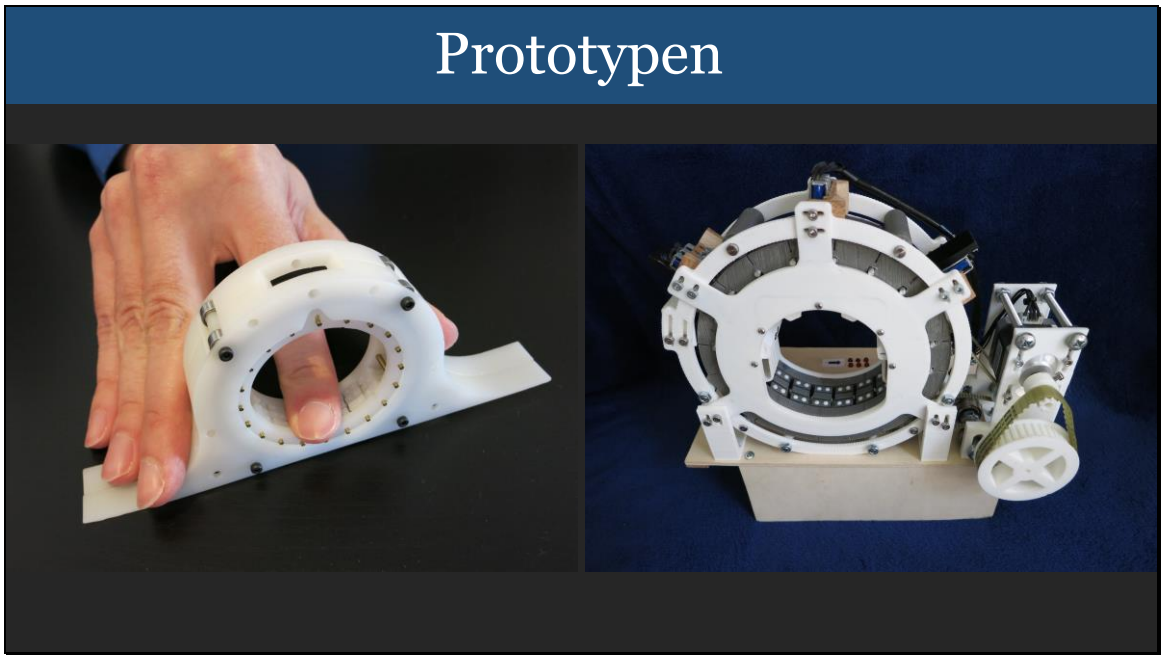
Ein herkömmliches Braille-Display mit 32 Zeichen in 6-Punkt-Braille hat in Summe 192 Punkte und benötigt daher auch 192 Aktuatoren.
Im BrailleRing kann eine beliebig lange Zeile dargestellt werden und er benötigt dafür gerade einmal 9 Aktuatoren.

Folie 8



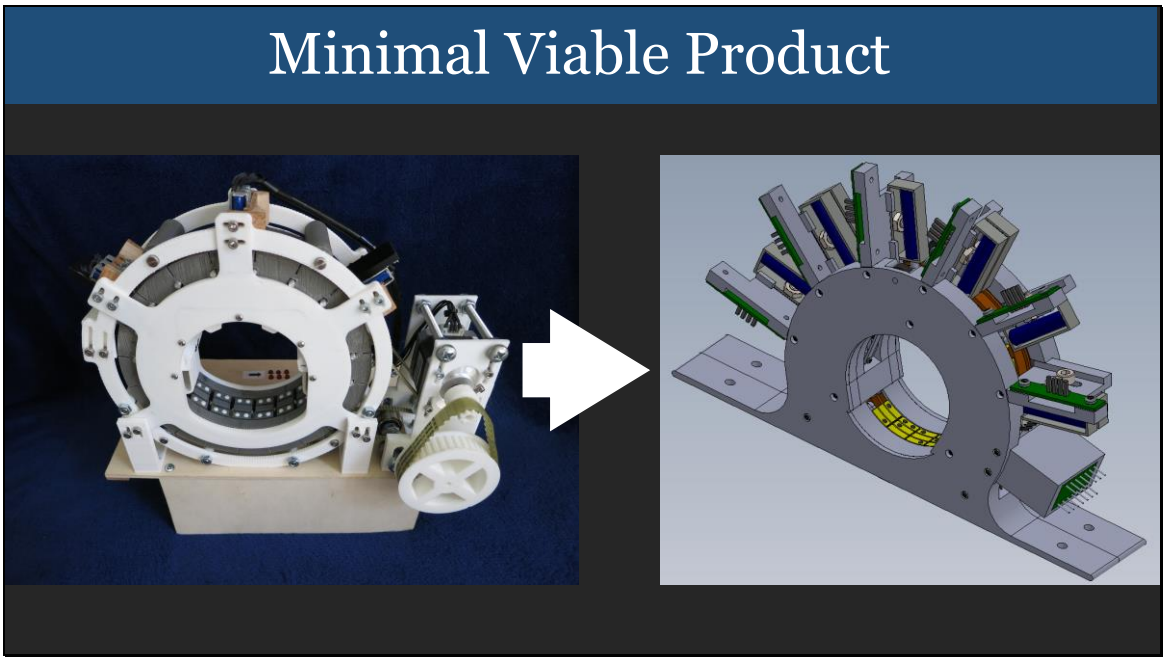
Diese 9 Aktuatoren sind im ursprünglichen Entwurf in Dreiergruppen auf 3 Stellen im Ring verteilt.
Jeder Aktuator in so einer Gruppe spricht jeweils einen der drei Quader an, die ein Zeichen bilden. Wenn so ein Aktuator aktiviert wird, dreht sich der entsprechende Quader um 90 Grad (eine Seite) weiter. Damit so einen Quader in einem Durchlauf in jede mögliche Position gebracht werden kann, sind drei solcher Gruppen notwendig. Damit kann jeder Quader einmal, zweimal, dreimal oder keinmal gedreht werden und erreicht somit jede seiner vier möglichen Stellungen.

Folie 9



Dieser Status wurde auch letztes Jahr schon beim IKT-Forum und bei der ICCHP präsentiert. Konkret umgesetzt waren zu diesem Zeitpunkt diverse Mockups in Originalgröße sowie ein vereinfachter, vergrößerter Prototyp als funktionierender Proof-of-Concept. Ziel ist es nun, dieses Konzept zu einem marktfähigen Produkt weiterzuentwickeln.

Folie 10



Um rasch zu Ergebnissen kommen, erfolgt eine iterative Weiterentwicklung. Der nächste Zwischenschritt ist ein Minimal Viable Product, also ein Gerät, das nur die Mindestanforderungen erfüllt, um tatsächlich als Braille-Display benutzbar zu sein. Dazu wurde zuallererst der Entwurf des vergrößerten Prototypen dahingehend angepasst, dass die Zeichen im Inneren in Originalgröße dargestellt werden.

Das ist schon die erste Herausforderung, weil für so kleine Teile eine wesentlich höhere Präzision notwendig ist. Im großen Prototypen wurden noch 3D-Druck-Teile verbaut, die in einem selbst zusammengebauten FDM-Drucker gefertigt wurden. Für die Arbeiten in Originalgröße wurde dann ein eigener SLA-Drucker angeschafft, also ein Drucker, der flüssiges Kunstharz aushärtet und damit eine wesentlich höhere Auflösung erreicht (Formlabs Form 2). Damit konnten einige Mockups und Testaufbauten in Originalgröße umgesetzt werden, für einen tatsächlich funktionierenden Prototypen ist aber auch die Qualität dieser hochauflösenden Drucke nicht ausreichend. Insbesondere die Maßhaltigkeit ist problematisch.

Die mechanischen Teile wurden deshalb noch einmal umgestaltet, damit sie auf herkömmliche Weise mit CNC-Maschinen gefertigt werden können. Dazu besteht auch Kontakt zu einem externen Fertigungsunternehmen, das langjährige Expertise in diesem Bereich hat. Parallel wird aber auch weiterhin Ausschau nach besseren (und leistbaren) 3D-Druck-Methoden gehalten.

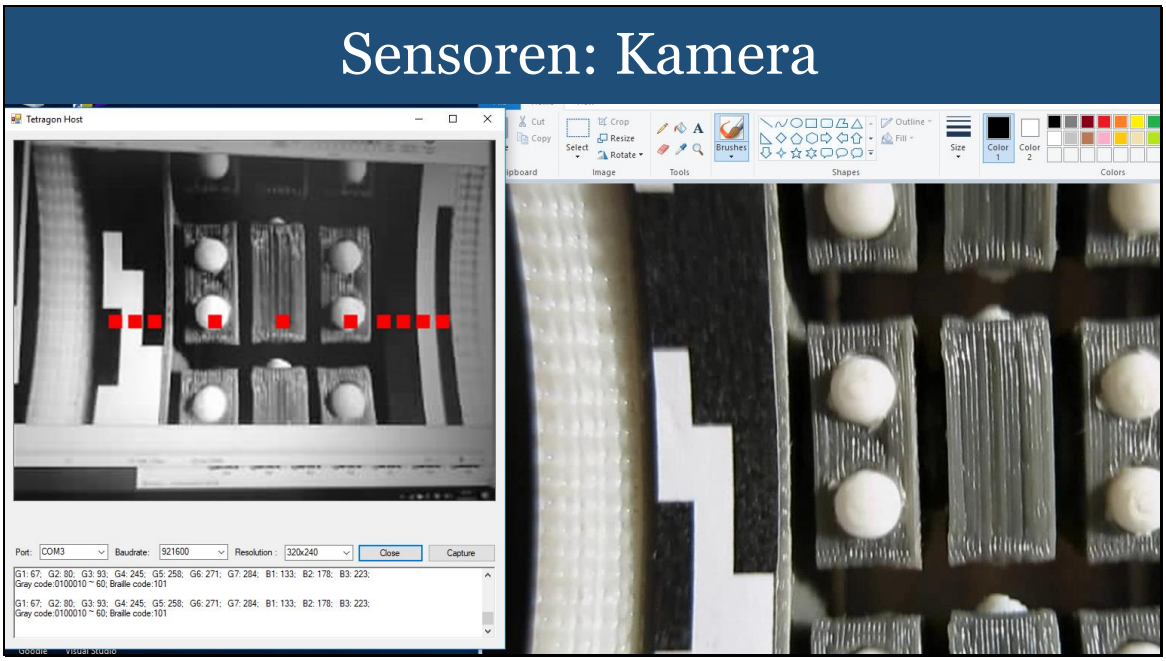
Abgesehen vom mechanischen Innenleben wurde vorerst noch möglichst viel aus dem vergrößerten Prototypen übernommen, um die Arbeit auf das Wesentliche zu konzentrieren.

Die Steuerungselektronik wird vorerst noch ausgelagert und kabelgebunden bleiben und die Verstellung erfolgt noch durch die gleichen Aktuatoren, die jetzt im Verhältnis zum Gerät aber wesentlich größer erscheinen. Durch die Miniaturisierung passen auch nicht mehr 3 davon nebeneinander, weshalb sie jetzt über mehrere Positionen verteilt sind und einen sperrigen Aufbau auf der Oberseite des Rings ergeben, der erst in einer späteren Phase mit anderen Aktuatoren wieder entfernen wird.

Folie 11

Grundsätzlich ist auch schon einiges an Entwicklungsarbeit in die künftigen Aktuatoren geflossen. Insbesondere wurde für Aktuatortests ein Prüfstand gebaut, auf dem die verdrehbaren Quader im Gegensatz zum Endprodukt gut sichtbar im Freien laufen. Konkrete Details zu den in Entwicklung befindlichen Aktuatoren können derzeit noch nicht veröffentlicht werden, weil hier noch eine weitere Patentanmeldung im Gespräch ist.

Folie 12



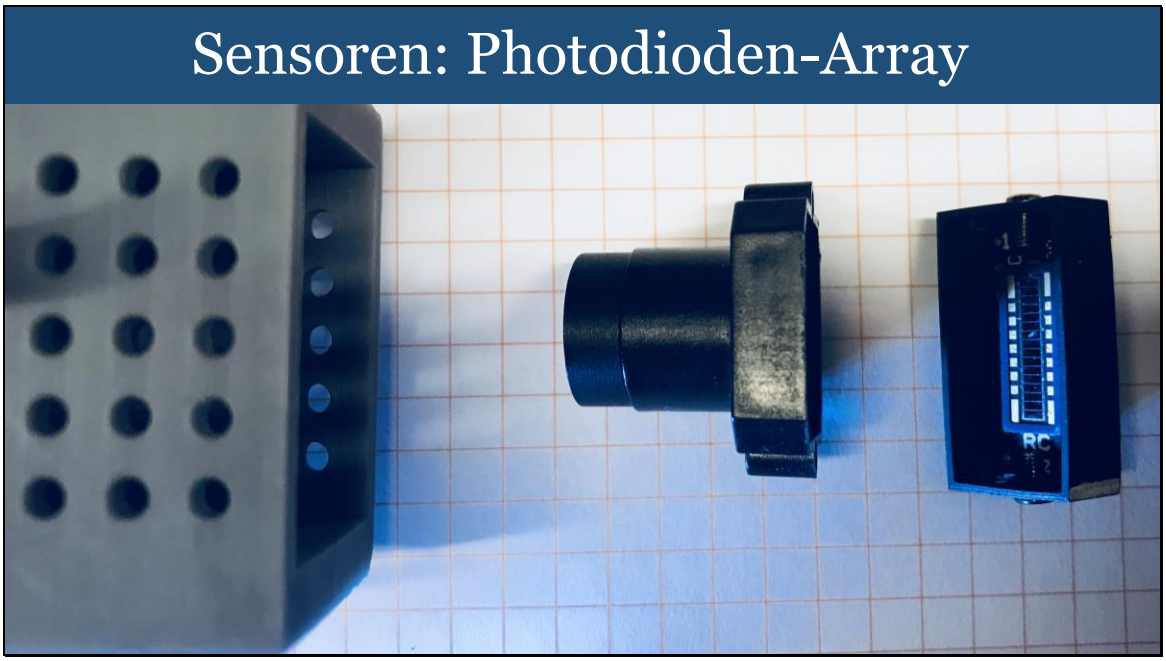
Wichtiger als die Aktuatoren sind für das Minimal Viable Product die Sensoren. Im vergrößerten Prototyp waren relativ grobe Helligkeitssensoren und eine Gabellichtschranke verbaut, die für die Originalmaße allerdings zu groß sind.

Grundsätzlich gibt es zwei Informationen, die über die Sensorik erfasst werden müssen:

- Die derzeit dargestellten Punkte, um mögliche Fehlstellungen zu erkennen oder das Gerät zu initialisieren, wenn die aktuelle Stellung der Quader unbekannt ist.
- Die aktuelle Drehposition, in der sich der Ring befindet, um zu eruieren, welche Elemente verstellt werden, wenn die Aktuatoren zu diesem Zeitpunkt eingreifen.

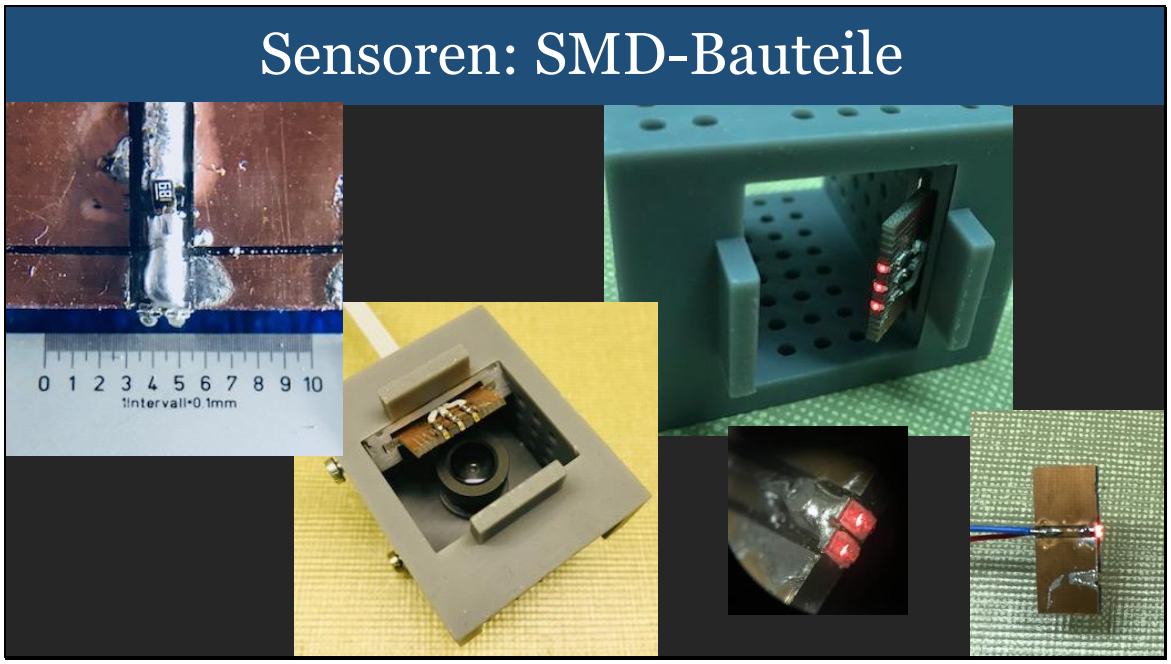
Am großen Prototypen wurde dazu auch mit einer Kamera und digitaler Bildverarbeitung experimentiert. Neben den Punkten, die durch Hell-Dunkel-Kontraste unterschieden werden, wurde an den Rändern ein schwarz-weißer Binärcode angebracht, durch den im selben Kamerabild die aktuelle Position ermittelt werden kann. Grundsätzlich funktioniert dieses Konzept, allerdings ist es unnötig aufwändig und langsam, weil selbst eine Kamera mit niedriger Auflösung deutlich mehr Daten liefert, als benötigt werden. Ausreichend wäre eine einzige Bildzeile mit rund 10 Punkten, die laufend ausgelesen werden.

Folie 13



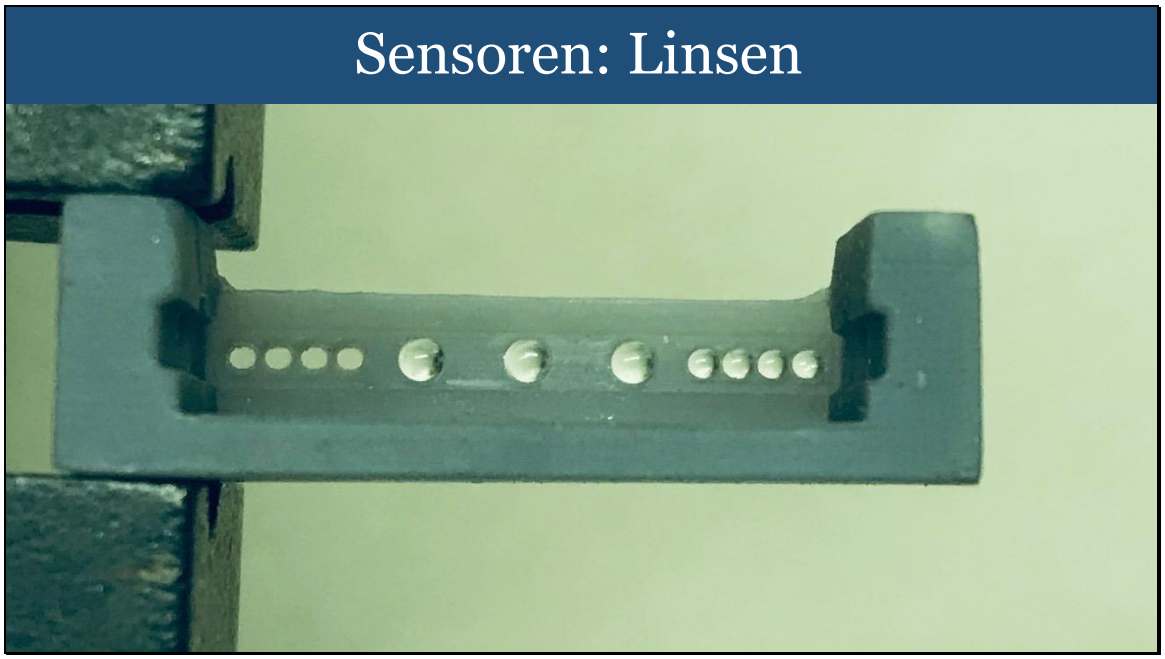
Aus diesem Grund wurde auf sogenannte Photodiodenarrays (hier ganz rechts im Bild) zurückgegriffen – einfache Bauteile, die eine einzelne Zeile relativ grob aufgelöster Lichtsensoren beinhalten. Diese Daten lassen sich in sehr hoher Frequenz verarbeiten und sind derzeit der vielversprechendste Ansatz für die Sensorik.

Folie 14



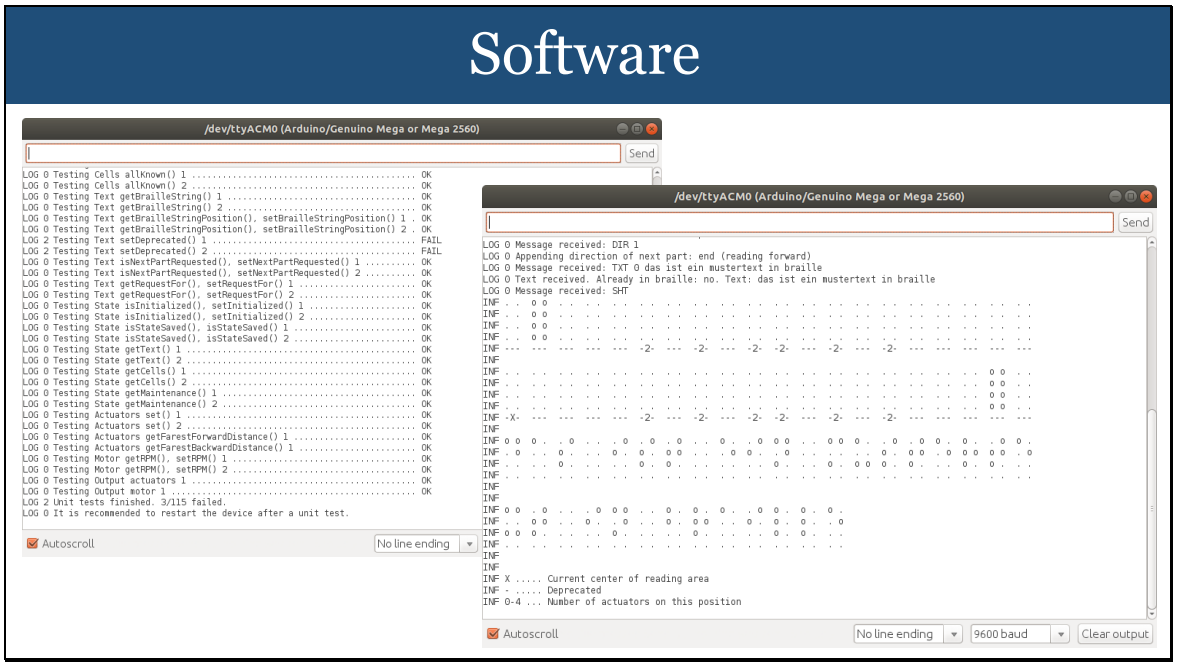
Alternativ wurde auch weiterhin mit einzelnen Sensoren experimentiert, allerdings sind Einzelbauteile in dieser Größe (< 1 mm) sehr umständlich zu handhaben und es musste extra einen Lötofen angeschafft werden, um ein paar davon mit viel Fingerspitzengefühl montieren zu können.

Folie 15



Eine Schwierigkeit, die sich sowohl bei Diodenarrays als auch bei einzelnen Sensoren ergibt, ist Streulicht. Weil die Auflösung deutlich geringer als in einem Kamerabild ist, strahlen helle Elemente so stark auf benachbarte Sensoren ab, dass eine klare Abgrenzung oft schwer fällt. Aus diesem Grund wurde mit einem Lochraster und Linsen experimentiert, um das Licht zu bündeln. Das gibt vielversprechende Ergebnisse, allerdings ist auch hier der Maßstab eine Herausforderung. Die derzeitige Teilbestückung mit Linsen ist entstanden, indem eine Praktikantin winzige Glaskugeln (< 1mm) von Hand abgeschliffen hat. Glücklicherweise zeigen aktuelle Experimente, dass die Lochraster auch ohne eingesetzte Linsen zu einer ausreichenden Lichtbündelung führen.

Folie 16



Neben der Hardware gibt es auch Herausforderungen in der Software.

Weil das Minimal Viable Product noch nicht fertig ist, wird hier derzeit noch vieles simuliert. Grundlegende Basisfunktionen, z.B. das Ändern eines einzelnen Braillezeichens in einem Braillestring, werden in vereinfachten Unit-Tests auf die Probe gestellt, d.h. die entsprechende Funktion wird mit fix vorgegebenen Parametern aufgerufen und anschließend wird automatisiert überprüft, ob der Rückgabewert der Erwartung entspricht. Dort, wo diese Basisfunktionen zusammenspielen, lassen sich über einfache Kommandozeilenbefehle Muster in Textform ausgeben, die wie Braillezeichen aussehen (ASCII-Art).

Eine besondere Herausforderung ist, dass anders als bei herkömmlichen Braille-Displays nicht jeder Punkt unmittelbar verändert werden kann. Der Ring muss immer erst ein Stück gedreht werden, damit die Aktuatoren eingreifen können. Der Software muss daher zu jedem Zeitpunkt bekannt sein, in welcher Position der Ring steht, in welcher Stellung sich alle Quader befinden und wie oft sie gedreht werden müssen, um das gewünschte Punktmuster zu bilden.

Das ist ein Thema, das letztendlich auch für die Lesenden relevant ist, denn wenn man z.B. einem Link folgt oder an den Anfang eines Dokuments springen will, kann nicht sofort der gesamte Textinhalt des Ringes geändert werden. Man muss immer erst ein Stück weiterdrehen, bevor der neue Inhalt in den Lesebereich gelangt. Sobald das Minimum Viable Product einsatzbereit ist, werden dazu eigene Nutzertests stattfinden.

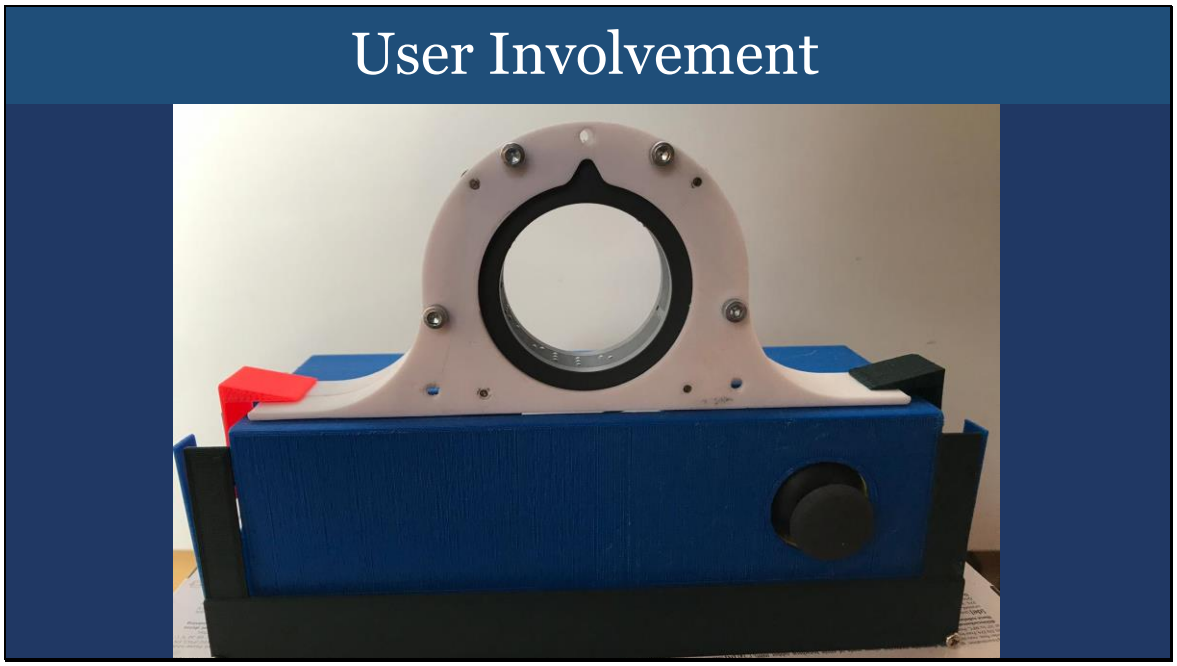
Folie 17

Generell besteht laufend Kontakt mit potenziellen Nutzern, die bisher auch sehr positives Feedback gegeben haben.

Dabei hat sich gezeigt, dass lange Textzeilen zumeist gar nicht so dringend gewünscht sind, weil die Benutzung aufgrund der weitläufigen Handbewegungen oft ermüdend ist. Als viel interessanter werden Mobilität und Robustheit empfunden. Bzgl. Robustheit ist auf lange Sicht geplant, dass der Innenteil des Rings mit den verdrehbaren Quadern komplett von der Elektronik entkoppelt wird, sodass die blinden Nutzerinnen und Nutzer die Lesefläche selbst unter fließendem Wasser reinigen können. Diese Möglichkeit hat sich im bisherigen User-Involvement als bedeutendstes Alleinstellungsmerkmal herauskristallisiert, weil herkömmliche Geräte bei Verschmutzung einen Fachservice benötigen, der mehrere 100 Euro kostet.

Ein wesentlicher Aspekt für diese Entkopplung sind die Aktuatoren, die sich derzeit noch in Entwicklung befinden. Die angestrebte Robustheit wird also noch nicht im nächsten Prototypen, sondern erst in einer späteren Phase erreicht.

Folie 18



Ebenso wird sich die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung im Text noch ändern. Für den nächsten Prototypen ist vorgesehen, dass man den BrailleRing beim Lesen selbst mit der Hand über den Tisch rollt, sodass man die gleiche Lesebewegung wie auf Papier oder herkömmlichen Braille-Displays hat. Viele interviewte Personen haben aber angegeben, dass sie oft mit dem Zug unterwegs sind, wo sie keine Tischfläche zur Verfügung haben. Wenn das Gerät schon mobil und robust ist, sollte es im Idealfall auch in solchen Situationen benutzbar sein.

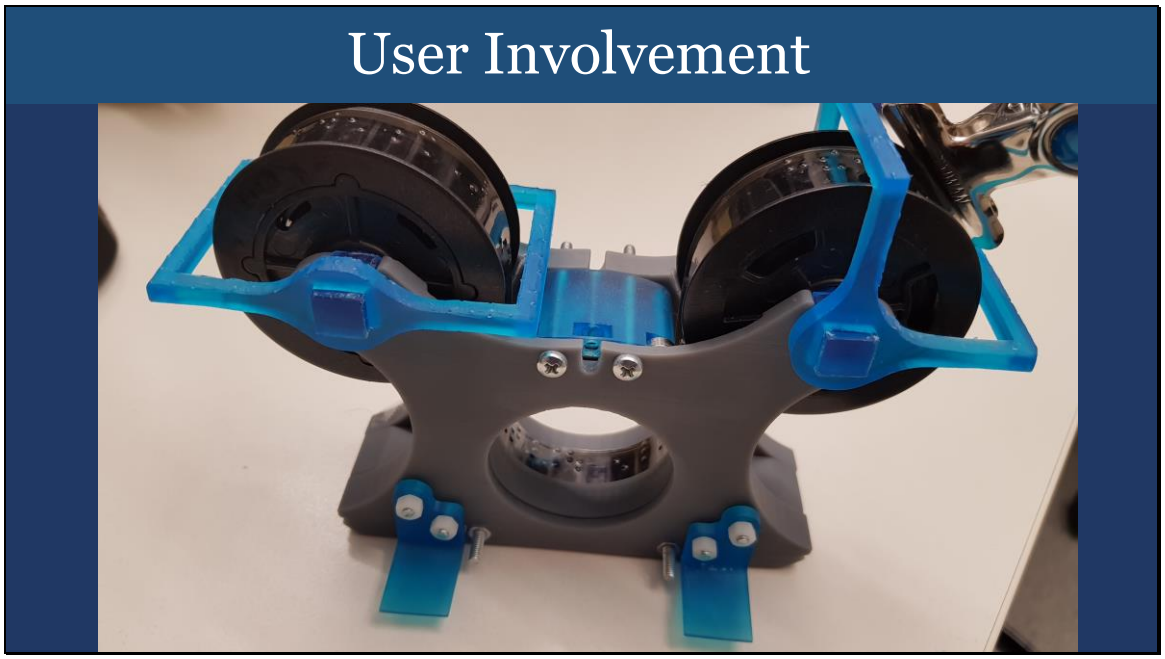
Um diese mobile Nutzung zu unterstützen, bestehen schon seit längerer Zeit Pläne, um in einer späteren Phase einen Motorantrieb zu ergänzen, der den Ring automatisch dreht. Dieses Jahr konnten dazu über Studentenprojekte erste experimentelle Vorarbeiten geleistet werden. Es wurden 3 verschiedene Adapter gebaut, auf denen man unsere einfachsten Mockups einspannen kann, um sie von einem Motor drehen zu lassen.

Diese Adapter unterscheiden sich in der Art, wie der Motor gesteuert wird:

- Mit einem Steuerknüppel (Joystick).
- Mit einem Neigungssensor – hier läuft z.B. der Text im Ring vor, wenn man den Ring nach rechts kippt.
- Mit Berührungssensoren.

Die entsprechenden Arbeiten und Nutzerstudien werden zurzeit evaluiert.

Folie 19



In den einfachen Mockups, die für die Motortests verwendet werden, ist immer nur ein fixer Text in einem Ring untergebracht, der genau die Länge einer Umdrehung hat. Um Benutzern auch das Gefühl eines längeren Textes vermitteln zu können, wurde ein spezielles Mockup gebaut, in dem ein mit Braille beprägtes Band auf zwei Spulen aufgewickelt ist und beim Bewegen des Geräts durch das Innere des Rings läuft.

Anders als bei den einfachen und leichtgängigen Ring-Mockups muss hier beim Bewegen ein gewisser Widerstand überwunden werden. Das führt nach ersten Beobachtungen dazu, dass die Nutzer mit dem Lesefinger weiter nach rechts der Krümmung folgen müssen, bevor sich das Gerät in Bewegung setzt und weiterrollt. Dadurch wird die Krümmung der Lesefläche stärker wahrgenommen und unter Umständen als störend empfunden. Folgende Lösungsansätze für dieses Problem werden derzeit in Erwägung gezogen:

- Das Endprodukt muss leichtgängiger werden.
- Der Krümmungsradius muss eventuell (zumindest im Lesebereich) vergrößert werden.
- Die Lese-Öffnung muss eventuell verkleinert werden, damit man mit dem Finger nicht mehr der Krümmung so weit nach oben folgen kann.

Diese Ansätze werden mit den kommenden Prototypen und in den weiteren Nutzerstudien verstärkt untersucht.

Folie 20

BrailleRing
Michael Treml
Mike Busboom
TETRAGON
www.tetragon.at
TU WIEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology