

Konzeption und Erstellung einer assistiven Low-Budget Brille zur Verhütung photosensitiver Anfälle

Mathias Haimerl¹

Application & Platform Solutions, evosoft GmbH¹

`mathias.haimerl@evosoft.com`

Zusammenfassung

Unser Leben ist sowohl im Privaten als auch im Beruflichen stark von digitalen Medien durchdrungen und selbst wenn die Zeiten der “Flimmerkiste” gezählt sind, werden wir in Videos und Animationen schnell wechselnden Lichtsignalen ausgesetzt. Das kann bei Epileptikern photosensitive Reflexanfälle auslösen, wodurch diese vom digitalen Leben zu großen Teilen ausgeschlossen sind. Dieser Artikel zeigt eine Möglichkeit auf, um mit weitläufig günstig verfügbaren Elektronik-Modulen, wie sie für Anwendungen im Internet of Things (IoT) ihre Verwendung finden, ein simples aber wirkungsvolles Assistenzgerät zu erstellen. Es werden die medizinischen sowie technischen Vorüberlegungen für den Aufbau dargestellt, anschließend die Konstruktion der Hardware für den Prototyp, also dem Gehäuse und der Elektronik. Weiterhin wird die benutzte Softwarearchitektur und die daraus entwickelte Implementierung aufgezeigt und schließlich werden die Einsatzmöglichkeiten und deren Grenzen diskutiert.

1 Einleitung

Im aktuellen täglichen Leben sind digitale Medien allgegenwärtig. Durch die immer weitläufigere Verfügbarkeit stetig steigender Bandbreite sind zum Beispiel Werbebotschaften immer häufiger animiert, wodurch man in der Öffentlichkeit oft auch ungewollt schnell geschnittenen Videos und anderen flackernden Werbebotschaften ausgesetzt ist. Das führt insbesondere in Ballungszentren und Großstädten zu einer Flut diverser Lichtreize, die im Einzelnen zwar beim Passieren nicht mehr bewusst differenziert werden können, dennoch wirken die optischen Stimuli auf das Gehirn.

Besonders schwerwiegend trifft dieser Effekt Menschen mit Anfälligkeit für photosensitive Epilepsie. Bei diesen Personen können spezifische Lichtreize, wie flackern in spe-

ziellen Frequenzbereichen zu epileptischen Anfällen führen. Diese können dabei fokal¹ sein, oder auch generalisierte Grand-Mal Epilepsien, je nach Verfassung der Person und der individuellen Reaktivität auf spezifische Muster.

Das bedeutet, dass sich Epileptiker, die am täglichen Leben teilnehmen, ständig in Gefahr begeben, dass durch externe Stimuli Anfälle ausgelöst werden. Die aus diesen Gründen häufig entwickelte Vermeidungshaltung führt leicht zu einem Rückzug aus dem sozialen Leben. Auch die simple Nutzung von Computern oder Smartphones birgt das Potential Anfälle auszulösen. Um diese allgegenwärtige Gefahr zu verdeutlichen, reicht ein Blick auf ein beliebiges Computerspiel: in den mitgelieferten Booklets findet sich an prominenter Stelle stets eine Warnung vor photosensitiver Epilepsie.

Um den Inklusionsgedanken diesem Problem gegenüberzustellen, stellt sich die Frage, wie man Epileptiker durch den Einsatz technischer Hilfsmittel besser am digitalen Leben teilhaben lassen kann.

2 Vorüberlegungen

Um zu verstehen, wodurch Flackermuster ihr Epilepsie auslösendes Potential entwickeln, können vorhandene Grenzwerte aus den *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) (W3C, 2015) und diverse Forschungsreihen (Mothersill u. a., 2008) zu Rate gezogen werden. In der Literatur wird zumeist eine Häufung von Anfällen bei Flackermustern zwischen 15 und 25 Hz beschrieben, wobei die Grenzwerte der WCAG mit unter 3 Hz noch wesentlich strenger gefasst sind. Die britische *Epilepsy Society* definiert den grundsätzlich kritischen Frequenzbereich von 3-30 Hz (Epilepsy Society, 2016). Werden Muster in diesen Bereichen wahrgenommen, können bei photosensitiven Personen sogenannte *Spike-Wave-Komplexe* entstehen. Dabei handelt es sich um neuronale Entladungen, die stetig eskalieren können, was zur Auslösung epileptischer Anfälle führt (Schneble, 2003, S. 43 ff.).

Eine Kernfrage ist es nun, ob es möglich ist, die Frequenzen der am Auge einfallenden Lichtreize zu messen und bei einer Überschreitung der Grenzwerte die Frequenz am Auge durch ein kurzes Abdunkeln zu begrenzen. Dies wäre durch eine Art Brille relativ einfach umzusetzen und bei Verwendung kostengünstiger Bauteile zukünftig auch für den Massenmarkt herstellbar. Eine derartige Brille könnte Epileptikern eine Teilhabe am digitalen Leben ermöglichen und dadurch die Inklusion effektiv voran treiben. Die Möglichkeit eines Konzepts hierzu wurde in Hinblick auf Epilepsie betreffende Parameter und den technischen Möglichkeiten bereits in einer vorausgehenden Arbeit diskutiert (Haimerl, 2017, S. 66).

Die am Auge eintreffende Helligkeit würde also gemessen und aus der zeitlichen Abfolge steigender Helligkeitsflanken die eintreffende Frequenz ermittelt werden, woraus sich eine Überschreitung des Grenzwerts einfach erkennbar machen lässt. Sobald diese eintrifft, kann eine kurzfristige Abdunklung erfolgen. Diese verhindert das Eintreffen weiterer Lichtreize für kurze Zeit, so dass die hohen Lichtfrequenzen vom Auge fern

¹Nur in spezifischen Arealen im Gehirn.

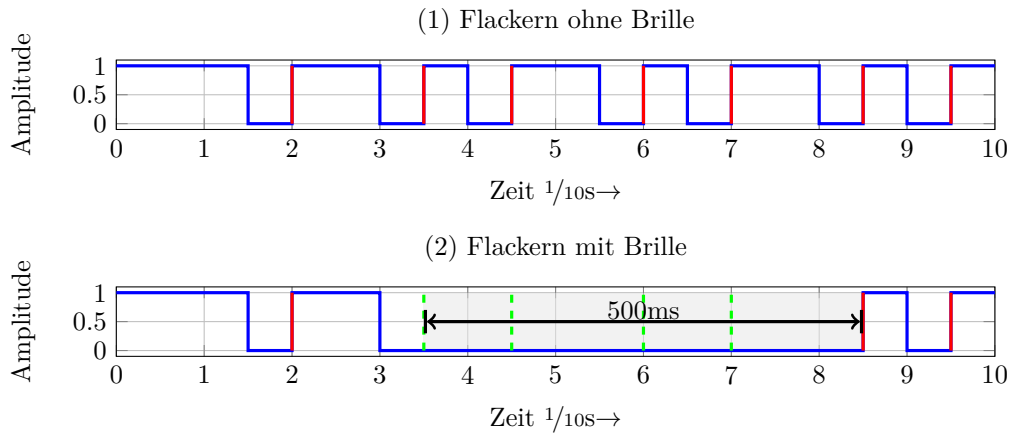


Abbildung 1: In Graph (1) wird ein Beispielflackern mit 7 Hz dargestellt. Die steigenden Flanken sind rot markiert. In Graph (2) wurde für das selbe Flackermuster ein Blackout von 0,5 Sekunden angewandt (grauer Bereich), wodurch die sichtbare Frequenz auf 3 Hz verringert wurde. Die ausgeblendeten steigenden Flanken sind grün eingezeichnet.

gehalten werden und dadurch die effektiv vom Auge des Trägers wahrgenommene Frequenz niedriger liegt, im Optimalfall unter dem Grenzwert. Ein Beispiel hierfür ist in Abb. 1 dargestellt. Hier wird ein 7 Hz-Flackern auf 3 Hz gedämpft. Für die durch die Abdunklung erzeugte Frequenz sind die Dauer und Häufigkeit des Abblendens essenziell.

3 Aufbau der Hardware

Zur Konstruktion eines Prototypen wurden zwei Anforderungen an die Hardware gestellt: Einerseits muss die Verwendung einfach sein, also wie eine Brille auf- und absetzbar oder mit einer Brille kombinierbar. Zum Zweiten muss die Elektronik kompakt sein, so dass alle Bauteile auf ihr funktionales Minimum reduziert sind und im Brillengehäuse untergebracht werden können, ohne weitere externe Komponenten zu benötigen.

3.1 Elektronische Schaltung

Das Herzstück der elektronischen Schaltung ist ein Mikroprozessor (CPU), der für das Einlesen der Helligkeitswerte, das Berechnen der Frequenzen und das Abblenden des Sichtfeldes zuständig ist. Hierfür fiel die Wahl auf den *ATtiny85* von *Atmel*, da dieser wenig Energie braucht, in seiner oberflächenmontierten Bauform (SMD) extrem kompakt ist und durch seinen Einsatz in IoT-Projekten äußerst günstig verfügbar. Der Chip verfügt über 8 KB programmierbaren Flash-Speicher und 6 Allzweckein- und Ausgabe Pins (GPIO), die über einen internen Multiplexer einzeln als analoge oder digitale Ein- und Ausgänge geschaltet werden können (Atmel Corporation, 2017), was einen

Anschluss von Sensoren und Aktoren mit minimalem Aufwand ermöglicht. Zur Entwicklung des Prototypen wurde das Entwicklungsmodul *Digispark* verwendet, welches ein USB-Programmierinterface und einen 5V Spannungsregler integriert hat.

Die Basis der verbauten Sensorik ist ein Photowiderstand (PH1), der für die Ermitt-

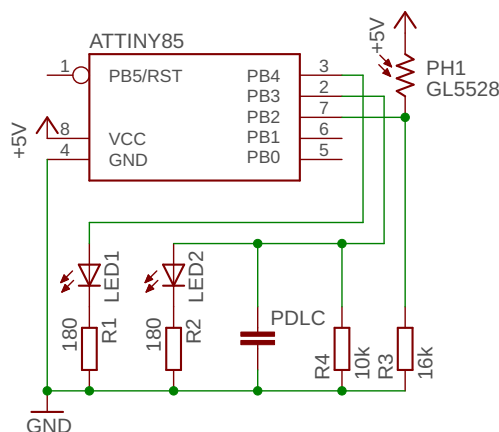


Abbildung 2: Das Schaltbild für den Prototypen. Es werden nur sehr wenige Bauteile benötigt, wodurch der Aufbau sehr kompakt ist. (Schaltbild erstellt mit EAGLE.)

lung der am Auge messbaren Helligkeitswerte eingesetzt wird. Im Schaltbild (Abb. 2) ist dieser als dargestellt. Für die Konstruktion des Prototypen wurde der Typ *GL5528* verwendet, der in Dunkelheit einen logarithmisch wachsenden Widerstand von etwa $8k\Omega$ bei 100 Lux bis ca. $1M\Omega$ bei absoluter Dunkelheit (LIDA OPTICAL&ELECTRONIC CO., LTD., 2014). Analoge Eingänge, wie auch die des *ATTiny85*, messen die Spannung von 0 bis 3,3V und liefern in der Software entsprechend Werte von 0 bis 1024. Durch den 5V-Spannungsregler des *Digispark* kann der Photowiderstand mittels eines Spannungsteilers (Hammer u. a., 2009, S. 40) an den Analogeingang angeschlossen werden. Dieser besteht aus dem Festwiderstand *R3*, der mit $16k\Omega$ gegen Masse verbaut ist² und die Teilspannung an *PB2* des *ATTiny85* gemessen.

Um die Abdunklung zu erreichen, werden Sichtfenster mit Polymer-Dispersed-Liquid-Crystal (PDLC), sog. „schaltbarem Glas“ eingesetzt. Diese werden in verschiedenen Größen und Farben, sowie mit unterschiedlichen Technologien verwirklicht (Wittkopf und Dittmar, 2012; Wu u. a., 1989). Als einfachste Alternative kann eine polarisierbare Scheibe verwendet werden, wie sie in automatischen Schweißschirmen eingesetzt wird. Die Funktionsweise von polarisierbaren Scheiben ist die selbe wie bei klassischen Taschenrechnern: Ein Teil des eintreffenden Lichts fällt durch einen Polarisationsfilter, der nur einen kleinen Teil des Lichts absorbiert. Durch Anlegen einer Spannung wird ein weiterer Filter aus Flüssigkristall mit alternativer Polarisation aktiviert. Dadurch wird der Großteil des Lichts blockiert (Guselnikov u. a., 2005).

Es gibt PDLC, welche rein die Sichtbarkeit verschleiern sollen, aber ein Blockieren

²Der Festwiderstand wird durch die Messimpedanz des *ATTiny85* von $100k\Omega$ vernachlässigbar verringert.

der Helligkeit nicht im Fokus ist. Diese sind für unseren Anwendungsfall ungeeignet, jedoch ist dies bei automatischen Schweißschirmen nicht der Fall. Diese messen einfallende hohe Lichtintensitäten mittels eines Photovoltaikmoduls und aktivieren bei Überschreiten eines Grenzwerts den Polarisationsfilter. Experimentelle Ermittlungen ergaben, dass beim Anlegen einer Spannung von 3,3V eine vollständige Abdunklung zu erreichen ist. Da bei den Polarisationsmodulen ein extrem hoher Widerstand messbar ist, besteht auch bei angelegter Spannung kein nennenswerter Stromfluss. Damit kann das Modul direkt mit dem digitalen Ausgang PB3 des *ATtiny85* geschaltet werden, ohne weitere Bauteile zur Ansteuerung zu benötigen. Um das Deaktivieren der Abdunklung zu beschleunigen, wird der Pull-Down Widerstand R4 verbaut.

Damit die Zustandsänderungen des Systems während der Testphasen von außen sichtbar sind, müssen zwei Light Emitting Diodes (LEDs) zur Anzeige des Status eingesetzt werden. Zunächst sollte LED1 anzeigen, wenn eine steigende Lichtflanke erkannt wurde. Diese wurde über den Ausgangspin PB4 angesteuert. Zusätzlich sollte LED2 eingebaut werden, die während der Abdunklung des PDLC-Elements aufleuchtet. Diese wird parallel zu R4 geschaltet. Beide LEDs benötigen je einen Vorwiderstand (R1, R2), um den maximal zulässigen Strom von 40mA nicht zu überschreiten (Atmel Corporation, 2017, S. 166).

3.2 Gehäuse

Um ein Gehäuse zu erstellen, das einer Brille nahe kommt, mussten einige Vorüberlegungen getroffen werden:

- Der Prototyp muss möglichst leicht sein und in etwa der Größe einer Brille entsprechen, damit ein realistischer Eindruck davon entsteht, ob ein assistives Gerät in Form einer Brille überhaupt komfortabel genug ist, dass es im täglichen Leben nutzbar ist. Zusätzlich muss die Brille Schutz vor Streulicht bieten, wie in Kapitel 5 beschrieben.
- Die elektronischen Bauteile müssen so untergebracht werden, dass die Verbindungen dazwischen einfach in das Gehäuse integriert werden können. In einer finalen Version soll die Elektronik in von außen nicht zu sehen sein.
- Es muss eine Stromversorgung untergebracht werden, die in der Lage ist die CPU und alle angeschlossenen Bauteile zu versorgen.

Um das Gehäuse zu erstellen wurden mehrere 3D-Entwürfe mit Hilfe der Online-Software *Tinkercad* erstellt und anschließend mit einem 3D-Drucker gedruckt. Es wurde von Anfang an primär darauf geachtet, die Bauteile möglichst einfach vor den Kopf zu fixieren, also mit einem flexiblen Band analog einer Skibrille.

4 Konzeption der Software

Zur Entwicklung der Software wurde die Entwicklungsumgebung *Arduino* verwendet, da sie einen effizienten *C++*-Dialekt verwendet und viele Bibliotheken, sowie Hilfsprogramme zum Programmieren des verwendeten *ATtiny85* zur Verfügung stellt. Die Software besteht im Wesentlichen aus 3 Kernbereichen:

1. Messung der aktuellen Helligkeit und Detektion von steigenden Flanken. Die Helligkeitswerte werden gemessen und für einen stetigen Anstieg akkumuliert. Erreicht die kumulierte Intensität den Grenzwert³, so wird der Zeitstempel des Überschreitens gespeichert.
2. Die Auswertung über den Abstand zur letzten steigenden Flanke und die Validation ob es sich um ein kritisches Flackern handelt, also die gemessene Frequenz höher ist als die festgelegte minimale kritische ($f > f_k$). Wenn eine steigende Flanke detektiert wurde und die vorherige weniger als $\frac{1000\text{ms}}{f_k}$ entfernt ist, so wird eine Überschreitung der Frequenz vermerkt. In Abb. 1 (2) ist zu erkennen, wie durch die zweite steigende Flanke eine Überschreitung detektiert wurde.
3. Die Ansteuerung der Abdunklung: Wurde eine Überschreitung detektiert, so muss das PDLC für eine festgelegte Dauer abgedunkelt werden. Die Messungen laufen in der Zwischenzeit weiter (vgl. Kapitel 4.1) und prüfen auf erneute Überschreitungen. Sobald weiteres Flackern im kritischen Bereich auftritt, so wird der Zeitbereich für die Abdunklung zurückgesetzt und diese dadurch verlängert.

Die Software ist auf *Github* unter einer Open-Source-Lizenz veröffentlicht und kann mit der freien Software *Arduino* kompiliert und für weiterführende Projekte verwendet werden⁴.

4.1 Vorbereitende Fragen

Bei der Konzeption der Software gab es einige Fragen vorab zu klären, die den technischen Ablauf beeinflussten.

Zunächst war zu klären, ob die Messungen über Hardware-Interrupts gelöst werden müssen, oder ob es reicht, die Messwerte jeden Schleifendurchlauf der Hauptschleife zu überprüfen. Dafür wurde gemessen, wie lange ein Durchlauf der Hauptschleife dauert. Die Messungen ergaben, dass mehrere Durchläufe pro Millisekunde möglich sind, was eine Erkennung von Frequenzen im Kilohertz-Bereich gewährleisten würde. Da der kritische Bereich zur Auslösung von Anfällen jedoch bei etwa 60Hz endet, sind Messungen von höheren Frequenzen nicht nötig. Somit müssen keine Hardware-Interrupts konfiguriert werden. Um die CPU-Last und den dadurch definierten Energieverbrauch auf ein Minimum zu reduzieren, wurde die Messhäufigkeit auf maximal alle 10ms begrenzt wodurch Messungen von bis zu 100Hz möglich wären.

³ WCAG: 10% der absoluten Helligkeit; bei $[0, 1024] \Rightarrow 102$.

⁴<https://github.com/daHaimi/epilepsy-glasses>

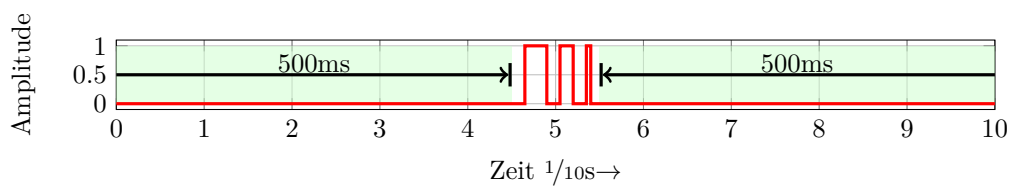


Abbildung 3: Stroboskop-Effekt bei Aussetzen der Messungen während abgedunkelter Phasen.

Eine weitere Frage die es zu klären galt war es, ob die Messungen in der abgedunkelten Phase ausgesetzt oder durchgehend ausgeführt werden sollen. Hält das auslösende Flackern länger an als die Dauer der Abdunklung, so werden weiterhin Flanken erkannt und dadurch die Zeit bis zum Ablauf stetig erhöht. Somit würden langanhaltende kritische Flackermuster zwar zu einer potentiell mehrere Sekunden anhaltenden Abdunklung führen, die Brille diese Muster jedoch ohne zwischenzeitliche Sichtbarkeit ausblenden. Dadurch wird ein weiterer Stroboskop-Effekt (dargestellt in Abb. 3) verhindert. Da dieser Effekt erneut das Potential hätte Anfälle auszulösen, ist eine Fortsetzung der Abdunklung wünschenswert. Deshalb wurde entschieden die Messungen während der abgedunkelten Phase fortzusetzen.

4.2 Testlauf und Verifikation

Für die ersten Testläufe wurden bei getragener Brille verschiedene schwarz-weiß Flackermuster auf *YouTube* betrachtet und dabei verifiziert, dass eine Abblendung stattfindet. Diese trat bei mehreren Versuchen zuverlässig auf. Daraufhin wurde ein Testprogramm entwickelt, das verschiedene Flackermuster mit aufsteigender Frequenz von 0,5 bis 50Hz jeweils für 5 Sekunden generiert und die entsprechenden Parameter am Bildschirm ausgibt, während ein entsprechendes schwarz-weiß Flackermuster dargestellt wird. Für die Durchführung der Versuche wurde die Brille vor eine Kamera montiert, die im Abstand von 60cm⁵ auf den Bildschirm ausgerichtet ist. Die Umgebung war dabei nicht beleuchtet, wodurch wenig Streulicht vorhanden war. Mit dieser Konstruktion wurden mehrere Versuchsläufe durchgeführt, in denen das Verhalten des Prototypen in Bezug auf das Abblenden bei verschiedenen Frequenzen beobachtet wurde. Die Brille blendete dabei bei Flackermustern über 3Hz korrekt ab. Bis zur Testgrenze von 50Hz wurde dabei bei allen Frequenzen im kritischen Bereich das Flackern herausgefiltert. Um die Verwendbarkeit der Brille tauglich für den Alltag zu machen, ist jedoch eine tiefer gehende Evaluation der Soft- und Hardware notwendig, damit falsch negative Ergebnisse und damit ausbleibendes Abblenden, ausgeschlossen werden können. Sobald die Funktionsfähigkeit und Fehlerfreiheit in Laborversuchen verifiziert wurde, sollten Feldversuche mit Epileptikern durchgeführt werden. Wie bereits eingangs erwähnt, müssen diese jedoch im klinischen Umfeld geschehen, um Komplikationen vorzubeugen.

⁵Entsprechend des Mindestabstands vom Monitor nach DIN EN ISO 9241-306.

5 Probleme und Lösungsansätze

Ein großes Problem ist das Streulicht, welches seitlich ins Sichtfeld einfällt. Dieses Licht trifft zwar nur im peripheren Gesichtsfeld auf, löst aber dennoch retinale Reize aus und kann deshalb potentiell ebenso Anfälle auslösen. Eine einfache Möglichkeit wäre es, die Technik in eine Brille einzubauen, die bereits Streulicht filtert, wie es beispielsweise Sonnenbrillen für Skifahrer oder andere Arbeitsbrillen machen. Für einen zukünftigen Prototypen werden daher PDLC-Brillengläser gefertigt, die in Standard-Arbeitsbrillen von ausgewählten Herstellern eingesetzt werden können.

Wie bei (Guselnikov u. a., 2005) dargelegt, ist die Änderung der Lichtdurchlässigkeit aktueller PDLC eher gering. Daher ist bei sehr durchlässigen Materialien die Abdunklung nicht ausreichend hoch oder wie beim Prototypen mit dem automatischen Schweißschirm die Basisabdunklung bereits sehr stark. Dadurch wird ein dunkleres Basisbild vermittelt, wodurch die Verwendbarkeit für Anwendungsfälle, bei denen vom Träger niedriger Kontrast differenziert werden muss, stark eingeschränkt wird.

Ein weiteres Problem, das bei der Verwendung von Polarisationsfiltern auftreten könnte gibt es noch zu Beachten: da Flachbildschirme (TFT) ebenfalls Flüssigkristalltechnik nutzen, kann die Ausrichtung der Polarisation der Brille unter Umständen um $\approx 90^\circ$ zu der des Monitors liegen, wodurch das gesamte Licht vom Monitor permanent gefiltert wird. Dadurch erscheint der Bildschirm beim durchblicken der Brille vollständig schwarz. Dieser Effekt könnte auch durch drehen des Kopfes erreicht werden, was die grundsätzliche Alltagstauglichkeit in Frage stellt. Für den Fall, dass dieser Effekt zu präsent auftritt, muss auf alternative PDLC zurückgegriffen werden.

Brillen, die auf der Technologie abblendbarer Scheiben basieren und bereits in Serie produziert werden, sind *Shutter-Brillen* für die Erzeugung dreidimensionaler (3D)-Effekte bei Fernsehern oder Projektoren. Die hier vorhandene Technologie könnte so modifiziert werden, dass die Abblendung aufgrund gemessener Lichtflanken gesteuert wird anstatt vom Anzeigegerät. Ein wichtiger, bei der Entwicklung des Prototypen vorerst nicht betrachteter Punkt betrifft die Lichtintensitäten des einfallenden Lichts. Es wurde nicht betrachtet, wie hoch die Intensität des Lichts sein muss, um das Potential zu haben Anfälle auszulösen. Daher war eine Eichung der gemessenen Flanken auf entsprechende Intensitäten noch nicht möglich.

Insgesamt können alle identifizierten Probleme durch die Verwendung moderner Materialien und intelligenter Konstruktion vermieden werden.

6 Einsatzmöglichkeiten und Ausblick

Durch ihren Aufbau ist der Prototyp nicht für Brillenträger oder den dauerhaften Einsatz geeignet, da das Design auf das funktionale Minimum vereinfacht wurde und somit zum Großteil auf Ergonomie verzichtet wurde (vgl. 4). Die Brille wurde vor Allem für Epileptiker entwickelt, die Computer in ihrer Freizeit nutzen oder Videospiele spielen. Auch für den Medienkonsum von Film und Fernsehen kann diese Brille eine hilfreiche Erweiterung der individuellen Möglichkeiten erlauben. Übertragen auf das berufliche



Abbildung 4: Bilder des Prototypen als Nahaufnahme und von einer Person getragen.

Umfeld könnte das Tragen einer assistiven Brille auch weitere Arbeitsplätze für Epileptiker zugänglich machen, wie Bildschirmarbeitsplätze oder im Straßenverkehr⁶. Nachdem der Prototyp im Rahmen dieser Arbeit fertig gestellt wurde, muss nun die Funktionalität durch einen Feldversuch erwiesen werden. Dazu muss die Brille auf ihre Reaktion bei verschiedenen Frequenzen hin untersucht werden. Hierbei ist auch zu validieren, ob die Reaktionszeiten der verwendbaren PDLC schnell genug sind, um nicht vom Gehirn wahrgenommen zu werden (Wu u. a., 1989), oder ob hierdurch weitere Effekte entstehen. Sollten diese Versuche zu durchgehend positiven Ergebnissen führen, so muss ein Feldversuch mit Epileptikern durchgeführt werden. Da diese Versuchsreihen hohes gesundheitliches Risiko für die Probanden bedeuten können, müssen sie im klinischen Umfeld durchgeführt werden (Haimerl, 2017, S. 2). Eine Bewertung der Alltagstauglichkeit kann also erst nach Durchführung einer klinischen Studie erfolgen. Zuvor sollte in Abstimmung mit Spezialisten für photosensitive Epilepsie erörtert werden, ob zuvor ein erweiterter Prototyp entwickelt werden sollte, der auf weitere Aspekte reagiert:

Der zum Zeitpunkt dieser Arbeit aktuelle Prototyp erkennt nur Änderung von Helligkeitswerten. Es gibt allerdings auch Flackern von Farben, das Anfälle auslösen kann, wie zum Beispiel rotes Flackern (Takahashi und Tsukahara, 1998). Dieses birgt so hohes Potential Anfälle auszulösen, dass es in den WCAG extra herausgestellt wird (W3C, 2015, Key Terms). Wenn zusätzlich ein Farbsensor, wie beispielsweise der TCS3200⁷ verwendet wird, kann auch farbiges Flackern, das zu Anfällen führen kann, frühzeitig erkannt und ausgeblendet werden. Dadurch wäre der Schutz, den die Brille bieten soll noch wesentlich verbessert.

Als Spielzeuge oder beworben als „Trainingsgeräte für mentale Fitness“ sind mittlerweile von mehreren Herstellern kompakte Elektroenzephalographen (EEG) erhältlich, die Messdaten für verschiedene Hirnareale ausgeben (Wolf, 2016). Eine interessante Kombination wäre es, die Brille mit einem EEG zu verbinden, welches Messungen der Areale im Gehirn erlaubt, in denen beim Sehen Impulse geleitet und verarbeitet werden. Dadurch könnte man Veränderungen der Hirnaktivität in der Sehrinde beobachten

⁶Das Vorbeifahren an Alleen in der Dämmerung kann hoch kritisches Flackern erzeugen.

⁷<http://ams.com/eng/Products/Light-Sensors/Color-Sensors/TCS3200>

und mit einfallenden Lichtreizen in Verbindung bringen. Das würde eine Ermittlung individueller Reizschwellen ermöglichen und die Grenzwerte automatisch für den Träger optimieren. Aus der Kombination könnten außerdem Anfälle bereits im Frühstadium erkannt und z.B. durch Vernetzung Benachrichtigungen versandt werden. Diese Kombination ließe sich noch mit Mikrofonen kombinieren, um zusätzlich die auditiven Reize zu erfassen und deren Potential epileptische Reize zu verursachen.

Insgesamt ließe sich mit diesen Erweiterungen eine assistive Brille mit Anfallsprävention, Frühwarnung und weiteren therapeutischen Einsatzgebieten entwerfen. Falls PDLC und Headset-EEGs leistungsfähiger und günstiger werden, ließen sich mit wenig Aufwand assistive Brillen als günstiges Massenprodukt herstellen. Somit könnte die Brille zukünftig als Standardunterstützung für Epileptiker etabliert werden und dadurch eine bessere Inklusion von Epileptikern erfolgen.

Literaturverzeichnis

- Atmel Corporation. (2017 September). ATtiny25/45/85 Data Sheet. Zugriff 25. Februar 2018, unter http://academy.cba.mit.edu/classes/input_devices/doc2586.pdf
- Epilepsy Society. (2016 Oktober). Photosensitive epilepsy factsheet. Zugriff 25. Februar 2018, unter <https://www.epilepsysociety.org.uk/system/files/attachments/PhotosensitiveepilepsyOctober2016.pdf>
- Gusel'nikov, N., Lazarev, P., Paukshto, M., & Yeh, P. (2005). Translucent LCDs. *Journal of the Society for Information Display*, 13(4), 339. doi:10.1889/1.1904937
- Haimerl, M. (2017 August). *Development of accessibility testing concepts for digital contents* (Masterarbeit, Technische Hochschule Ingolstadt, Ingolstadt).
- Hammer, A., Hammer, H., & Hammer, K. (2009). *Physikalische Formeln und Tabellen* (8. Aufl.). OCLC: 729983286. München: Lindauer.
- LIDA OPTICAL&ELECTRONIC CO., LTD. (2014 Mai). CdS PHOTOCONDUCTIVE CELLS - GL5528. Zugriff 25. Februar 2018, unter <https://pi.gate.ac.uk/pages/airpi-files/PD0001.pdf>
- Mothersill, I. W., Cenusa, M., Grunwald, T., & Krämer, G. (2008 Juni). Visuelle Reflexanfälle: Wie gefährlich sind Fernsehen sowie Video- und Computerspiele? *Psychologie & Neurologie*, 2008(2), 28ff. Zugriff unter <https://www.rosenfluh.ch/media/psychiatrie-neurologie/2008/02/Visuelle-Reflexanfaelle.pdf>
- Schneble, H. (2003). *Epilepsie: Erscheinungsformen - Ursachen - Behandlung* (2., überarb. Aufl.). Beck'sche Reihe C.-H.-Beck-Wissen. OCLC: 76425369. München: Beck.
- Takahashi, T. & Tsukahara, Y. (1998 Dezember). Pocket Monster incident and low luminance visual stimuli: Special reference to deep red flicker stimulation. *Pediatrics International*, 40(6), 631–637. doi:10.1111/j.1442-200X.1998.tb02006.x
- W3C. (2015). Understanding Success Criterion 2.3.1 | Understanding WCAG 2.0. Zugriff 3. Dezember 2015, unter <http://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/seizure-does-not-violate.html>

- Wittkopf, H. & Dittmar, M. (2012 April). Variable Sonnenschutzgläser - von den Grundlagen zur Praxis. *Stahlbau*, 81(S1), 279–290. doi:10.1002/stab.201290071
- Wolf, C. (2016 August). Umstrittenes Hirntraining - Neurofeedback für Zuhause. *Der Tagesspiegel*. Zugriff 3. April 2018, unter <https://www.tagesspiegel.de/wissen/neurofeedback-fuer-zuhause-umstrittenes-hirntraining/13995202.html>
- Wu, B.-G., Erdmann, J. H., & Doane, J. W. (1989 Januar). Response times and voltages for PDLC light shutters. *Liquid Crystals*, 5(5), 1453–1465. doi:10.1080/02678298908027783

6.1 Autoren



Haimerl, Mathias

Mathias Haimerl studierte *Master of Applied Research in Engineering Sciences* in Fachrichtung *Computer Science* an der *Technischen Hochschule Ingolstadt* (THI). Seit seiner Bachelorarbeit ist Barrierefreiheit durch und mit Computern sein ständiger Forschungsgegenstand. Aktuell ist er bei der evosoft GmbH als Cloud-Engineer, sowie als Lehrbeauftragter an der THI tätig.