

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Abschlussbericht

zum interdisziplinären SMWK-Verbundvorhaben

***„Opto—elektronisches Assistenzsystem für sehbehinderte
Menschen“***

Blinden-Navigation

FKZ: 4-7531.50/1138/3

Westsächsische Hochschule Zwickau
Dr.-Friedrichs-Ring 2a
08056 Zwickau
Tel.: 0375 – 536 0

Projektpartner / -teilnehmer

Professur Optische Technologien

Prof. Dr. Peter Hartmann
Dipl.-Ing. (FH) Christopher Taudt

Fakultät PTI, Projektleiter
Fakultät PTI

Professur Textile Flächenbildung

Prof. Dr. Kirstin Hoffmann
Dipl.-Ing. (FH) Birgit Wolf

Fakultät AMB, Projektleiter
Fakultät AMB

Professur Regelungs- und Steuerungstechnik

Prof. Dr. Lutz Zacharias
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Sandro Hommel

Fakultät ELT, Teilprojektleiter
Fakultät ELT

Professur Pflegeforschung

Prof. Dr. Beate Mitzscherlich
Dipl.-Ing. (FH) Simon Roemer

Fakultät GPW, Teilprojektleiter
Fakultät GPW

1. Einleitung

1.1 Allgemeines

In kritischen Umgebungen wie modernen Verkehrssituationen mit hohem Verkehrsaufkommen, diversifizierten Bewegungsregimen und akustisch-komplexen Anforderungen steigt die Gefahr von Unfällen und Fehlverhalten für sehbehinderte Menschen. Die Entwicklung von angepassten Assistenzsystemen für diese Situationen ist daher notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit wird gezeigt, wie mit Hilfe moderner optischer und textiler Technologien derartige Assistenzsysteme gestaltet und in Kleidungsstücke integriert werden können. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Entwicklung und Charakterisierung optischer Fasermaterialien zur Nutzung als Detektorwerkstoffe und adäquater Lichtquellen (samt deren Steuerung) gelegt. Anhand eines einfachen Versuchsaufbaus zur Evaluierung der Detektionseigenschaften optischer Signale werden verschieden optische Fasermaterialien teilweise modifiziert und vergleichend untersucht. Ausgehend von geeigneten Materialien wird anhand eines grundlegenden Entfernungsmessversuches die Praxistauglichkeit dieser Materialkonfigurationen festgestellt.

Abschließend wird ein Prototyp unter Zuhilfenahme eines tongestützten Feedbackmechanismus getestet sowie eine Einschätzung über mögliche Entwicklungsmöglichkeiten der neuartigen technischen Lösung gegeben. Sehbehinderte und insbesondere blinde Menschen sind in hohem Maße auf die Inanspruchnahme von Hilfe angewiesen, [1]. Dieser Zwang zum Nutzen von Hilfsmitteln, wie dem Blindenstock, schränkt einerseits die persönliche Mobilität deutlich ein und kann andererseits zu Ausgrenzungs- und Vorverurteilungsgefühlen bei Betroffenen führen. Außerdem können derartige Einrichtungen nur einzelne Aspekte der Umgebung aufnehmen und weitergeben. Daher ist die Entwicklung entsprechend angepasster Assistenzsysteme notwendig um Informationen über die Struktur, mögliche Hindernisse und Gefahren in der näheren Umgebung zu gewinnen. Das ermöglicht die Wahrung der Mobilität für sehbehinderte Menschen. Besonders in kritischen Bereichen wie modernen Verkehrssituationen mit hohem Verkehrsaufkommen, diversifizierten Bewegungsregimen und akustisch-komplexen Umgebungen steigt die Gefahr für sehbehinderte Menschen, [2]. Das im Rahmen dieser Arbeit vorgestellte neuartige Assistenzsystem soll alle Einschränkungen gleichermaßen adressieren. Ein Ziel bei der Entwicklung ist die Integration von optischen Detektionselementen in textilen Komponenten. Dabei ist auch eine Detektion von sich schnell bewegenden Objekten erstrebenswert, da diese eine höhere potentielle Gefahr für einen betroffenen Menschen darstellen.

1.2 Stand der Wissenschaft und Technik

Technische Systeme zur Hinderniserkennung und Navigation speziell für sehbehinderte Menschen sind in unterschiedlichen Ausprägungen verfügbar. Besonders weit verbreitet sind die Hilfsmittel Langstock und Blindenhund. Diese Einrichtungen können einerseits nur einen sehr beschränkten Bereich überwachen. Moderne Weiterentwicklungen wie zum Beispiel der Laser Langstock [3] erweitern den Messbereich des Systems um die Erfassung von Hindernissen die sich in Kopfhöhe befinden. Allerdings bleibt der Messbereich auf ca. 1 bis 2 Meter beschränkt, Abb. 1. Alternativ dazu sind Systeme bekannt, welche Ultraschallsensoren zur Entfernungsbestimmung nutzen. Derartige Systeme, z.B. Sonic Pathfinder [4], werden als Handgeräte verkauft, haben aber laut Aussage potentieller Nutzer ([5]) kaum Verbreitung, da die Nutzung teilweise unergonomisch und der finanzielle Aufwand für solche Geräte hoch ist. Eine weitere Möglichkeit zur technischen Unterstützung bieten spezielle Navigationslösungen für Smartphones. Durch die angepasste Sprachsteuerung und Vorlesefunktion in Kombination mit adäquatem Kartenmaterial können Sehbehinderte eine für sie fremde Umgebung Erkunden und einen kognitiven Speicher eines physischen Raumes anlegen.

Eine Möglichkeit die Mobilität von sehbehinderten Menschen zu vereinfachen kann über eine Entlastung dieser kognitiven Tätigkeit führen. Durch die Schaffung einer technischen Möglichkeit zum Abrastern der Umgebung auf ihre Beschaffenheit und das Vorhandensein von Hindernissen entfällt für den Betroffenen die Notwendigkeit sich seine Umgebung in allen Details zu merken. Die technische Umsetzung auf Basis eines textilintegrierten, optischen Messverfahrens wird im Folgenden erläutert.

2. Anforderungsanalyse und Komponentenauswahl

Bei der Entwicklung von Assistenzsystem für sehbehinderte Menschen sind generell zwei wesentliche Aspekte zu beachten. Zum einen spielen die Anforderungen der Nutzer bezüglich Bedienbarkeit, Informationsgehalt und Nutzen eine wesentliche Rolle. Hierbei sind alle Nutzergruppen innerhalb der ausgewählten Zielgruppe gleichwertig zu betrachten. Aus Vorgesprächen mit Mitgliedern des Blindenverbandes Zwickau konnten dabei einige Rahmenbedingungen festgestellt werden:

- Ein System sollte sinnvolle Ergänzung nicht Ersatz zu bestehenden Hilfsmitteln sei
- In schwierigen Umweltsituationen (Lärm, schlechtes Wetter etc.) besteht starker Bedarf an alternativen Hilfsmitteln
- Funktionen müssen einfach und leicht kontrollierbar sein (weniger ist mehr)
- Hilfsmittel sollte sehr individuelle Anpassung auf Nutzer ermöglichen
- Erlernen eines neuen Hilfsmittels stellt häufig größter Hürde da → sollte möglichst einfach sein

Diese Rahmenbedingungen galten zum Start des Projektes als grober Entwicklungsleitfaden und wurden später durch eine ausführliche Nutzerbefragung untersetzt.

Die technischen Anforderungen ergeben sich sehr stark aus den geäußerten Nutzeranforderungen. Allerdings wurden dennoch gezielt anhand des Stands der Technik Möglichkeiten für technische Innovationen evaluiert. Dementsprechend ergaben sich diverse Startbedingungen und Komponenten:

- Evaluierung von steuerbaren, laser-basierten Entfernungsmesssensoren (bezüglich Messgeschwindigkeit, Ortsauflösung und Datenverarbeitungsgeschwindigkeit)
- Recherche und Charakterisierung von textilen-integrierbaren Sensorelementen
- Evaluierung unterschiedlicher Feedbacksysteme für Messinformationen (zum Beispiel audiobasiert, vibrationsbasiert etc.)

Im Rahmen der Anforderungsanalyse hat sich durch Diskussionen mit Vertretern der Zielgruppe und technischen Kompetenzträgern vor allem die Nutzung von textilen Technologien als besonders anstrengenswert herausgestellt. In Abgrenzung zum Stand der Technik, welcher bislang nur zweckgebundene, externe Assistenzgeräte kennt wurde die Entwicklung von Kleidungsintegrierter Mess- und Assistenztechnologien als wesentliches technisches Ziel definiert.

Um das Messsystem unauffällig im bzw. am Kleidungsstück zu integrieren, sind mehrere Ansätze möglich. Gründe für das Kleidungsintegrieren sind eine bessere Akzeptanz der Umwelt und damit höhere Selbstvertrauen des sehbehinderten Menschen. Nur durch eine, auf den ersten Blick, unauffällige Apparatur ist ein voreingenommenes Ausgrenzen des Trägers in seiner Umgebung zu verhindern.

Eine Festlegung der Stelle, an der das kleidungsintegrierte Assistenzsystem positioniert werden soll, hängt von mehreren Faktoren ab. Das Thema Bekleidung ist immer eine subjektive Angelegenheit, die z. B. nicht nur altersbedingt sondern auch situationsabhängig und bestimmten Umständen

entsprechend sehr unterschiedlich sein kann. Weiterhin muss sie sich gestimmten „Gesetzmäßigkeiten“ wie z. B. Witterungsverhältnissen und Weltvorstellungen unterwerfen. Es ist so zu sagen vom Kunden abhängig, ob das Assistenzsystem als komplettes Kleidungsstück wie eine Weste, zusätzliches Accessoires wie eine Stulpe oder an bereits vorhandener Kleidung zusätzlich integriert wird. Um diesen möglichen Wünschen nachkommen zu können, muss mit dem Mitarbeiter der GPW und deren Probanden über entsprechende Ansätze gesprochen werden. Zudem ist die Größe und Positionierung der sensorischen Fläche von bestimmten Randbedingungen wie z. B. die verwendete Technik abhängig, welche von den Projektpartnern festgelegt werden. All diese offenen Punkte besitzen einen großen Einfluss auf die einzusetzenden Materialien und textilen Technologien.

Notwendige Eigenschaften des sensorintegrierten Kleidungsstückes

Vordergründig besitzt ein Kleidungsstück von Anfang an eine funktionelle Notwendigkeit. Die Kleidung bietet vor allem Schutz vor äußerlichen Gefahren wie Umwelteinflüssen und anderen Lebewesen. Mit der Zeit zählten physiologische Funktionen wie z. B. ausgleichender Wärme- und Feuchthehaushalt, Kontakt auf der Haut, wohlwollender Griff und ergonomischen Komfort zunehmend zu den wichtigen Eigenschaften der Bekleidung. Doch im Wandel der Zeit wurden neben der physiologischen Schutzfunktion immer mehr die funktionspsychologischen, sozialen und wirtschaftlichen Faktoren wichtiger. Als psychologische Faktoren werden hauptsächlich Haptik, Materialien und Farben angesehen. Zu den sozialen Faktoren zählen Anerkennung und Zugehörigkeit, aber auch im Umkehrschluss Individualität, Abwechslung und damit gewünschte Kommunikation. Ebenso ist das Preis-Leistungs-Verhältnis als wirtschaftlicher Faktor von Interesse. Ein funktionelles Kleidungsstück dient vor allem einem bestimmten Zweck. Die Schutzweste von Polizisten soll z. B. vor mechanischen Einflüssen wie Geschossen und Messerstichen schützen. Auch bei anderen Funktionstextilien rücken psychologische und soziale Faktoren in den Hintergrund und die physiologischen Funktionen treten hervor. Die wirtschaftlichen Faktoren spielen situationsbedingt eine über- oder untergeordnete Rolle.

Besonders die Bekleidungsphysiologie besitzt mit dem thermophysiologischen Ausgleich, dem hautsensorischen Komfort und dem ergonomischen Aspekt einen großen Einfluss auf die notwendigen Eigenschaften. Der thermophysiologischen Ausgleich wirkt sich mit einem Wärme- und Feuchthehaushalt positiv auf funktionelle Kleidung aus. Besonders wichtig ist dieser, um einem Schwitzen oder Frieren vorzubeugen. Dabei spielen die Luftdurchlässigkeit und das Wärmerückhaltevermögen eine große Rolle. Für einen hautsensorischen Komfort sollten z. B. ein angenehmer Hautkontakt und wohlwollender Griff geschaffen werden. Besonders hautfreundliche Materialien steigern das allgemeine Wohlbefinden vor allem bei sensiblen Hauttypen. Der ergonomische Aspekt wird durch die einsatzbezogenen, körpergerechten Passformen beeinflusst. Eine hohe Elastizität begünstigt das allgemeine Wohlbefinden und eine gute Passform bei körperlichen Differenzen innerhalb einer Konfektionsgröße. Weiterhin sind das volumenabhängige Anpassungsvermögen und die Pflegeeigenschaften von großer Wichtigkeit. Für das volumenabhängige Anpassungsvermögen sind leichte Dehnbarkeit und hohe Dimensionsstabilität wichtig. Weithin werden die Gebrauchsfähigkeit und Gebrauchsdauer von dem Eigengewicht des Kleidungsstückes und der Strapazierfähigkeit gegenüber Zug und Scheuern beeinflusst. Die Pflegeeigenschaften hinsichtlich des Waschens und Trocknens sowie auch zunehmend die Beständigkeit gegenüber Chemikalien sind unabdingbar. Zudem soll das Kleidungsstück selbst als unauffälliger Sensor dienen. Die Informationen können dabei, ohne den textilen Charakter zu beeinträchtigen, mittels integrierter sensorischer Fasern transportiert werden.

Aus der Zusammenstellung all der genannten Faktoren können nun die für das kleidungsintegrierte Assistenzsystems die notwendigen Gebrauchs- und Trageeigenschaften definiert werden:

- hohe sensorische Leitfähigkeit
- hohe Elastizität
- guter Wärme- und Feuchtigkeitsausgleich
- gute Strapazierfähigkeit
- gute Pflegeeigenschaften
- hautfreundliche Materialien
- geringes Gewicht

Die sensorische Leitfähigkeit ist zwar keine ursprünglich textile Eigenschaft, wird aber für die Realisierbarkeit des Projektes zwingend benötigt. Alle Eigenschaften beeinflussen einander und werden hinsichtlich des Zusammenwirkens von Faserstoff und Herstellungstechnologie näher betrachtet und beachtet. Hierbei stand vor allem die kombinierte Verarbeitung von textilen Fasern und lichtleitenden Fasern aus verschiedenen Werkstoffen (z.B. Kunststoffe und Glas) im Vordergrund. Auch die Integration von weiteren Messtechnischen Komponenten (Laserdioden, Ansteuerplatinen und Energieträgern) wurde diskutiert und gegebenenfalls evaluiert.

Literatur

- [1] Robert P. Finger, Bernd Bertram, Christian Wolfram, Frank G. Holz (2012), Blindheit und Sehbehinderung in Deutschland. Deutsches Ärzteblatt, Jg. 109, Heft 2728.
- [2] Arne Harder, Erich Kasten & Bernhard A. Sabel (2002): Möglichkeiten der Mobilität blinder Menschen. Magdeburg.
- [3] Firmenschrift, Vistac GmbH, <http://www.vistac.de/lala.shtml>, abgerufen am 07.01.2014
- [4] Steven La Grow (1999), The use of the Sonic Pathfinder as a secondary mobility aid for travel in business environments: a single-subject design. Journal of Rehabilitation Research and Development Vol. 36 No. 4.
- [5] Mitzscherlich, B. (2013), Befragungen im Rahmen des Projektes Blinden Navigation, Zwickau.
- [6] Firmenschrift, Ariadne GPS Software, <http://www.ariadnegps.eu/>, abgerufen am 04.03.2014

3. Optische Basiskonfiguration

Zur Messung von Entfernungen sind in der optischen Messtechnik grundlegend verschiedene Verfahren geeignet:

- Laufzeitmessungen
- Interferometrische Messungen
- Lasertriangulation

Während interferometrische Verfahren eine sehr hohe Auflösung sowie einen großen Messbereich abdecken können ist ein vergleichsweise höherer Aufwand für Aufbau und Justage des Messsystems sowie und Auswertung der Messdaten notwendig. Demgegenüber ist der Aufbau eines Triangulationsmesssystems einfacher zu realisieren. Die wesentliche Anforderung ist hierbei lediglich die genaue Ausrichtung von Laser und positionssensitiven Detektor im korrekten Winkel zu einander, Abb. 1. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Integrierbarkeit des Messsystems in ein Textil wird für die Untersuchungen im Projekt die Analyse eines Laufzeitsignals zur Entfernungsmessung bevorzugt. Diese Methode ist im Vergleich zur Triangulationsmethode nochmals einfacher im

Versuchsaufbau, da der Justageaufwand wesentlich reduziert ist. Außerdem wurde im Rahmen des Projektes ein technischer Ansatz zur Nutzung textiler Strukturen als Sensor entwickelt. Damit wird ein im Vergleich höherer Integrationsgrad der Messtechnik erreicht, was den oben beschriebenen Zielen deutlich zuträglich ist.

Kern der entwickelten Sensortextilien ist die Verbindung von textilen Grundstoffen (übliche Stoffe der Bekleidungsindustrie) mit modifizierten Lichtleitern. Insbesondere werden Lichtleiter an ihrer Mantelfläche modifiziert, sodass die Einkopplung von Licht an dieser Stelle und nicht nur wie üblich über den Querschnitt möglich wird, Abb. 1.

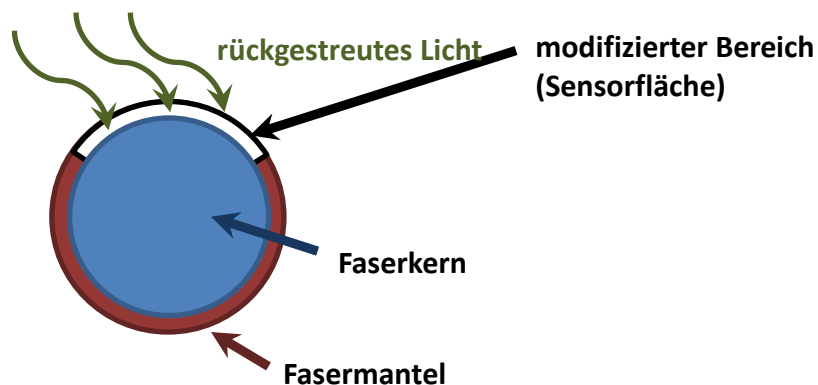


Abbildung 1: Darstellung eines im Projekt modifizierten Lichtleiterquerschnittes

Diese Technologie wird im Weiteren charakterisiert und als Grundlage für das Prototypensystem zur Blindennavigation genutzt. Auf Basis des Prinzips der Laufzeitmessung werden im Versuch Lichtpulse durch eine Laserdiode ausgesendet und an einem Hindernis (im Laborexperiment zunächst ein Schirm) reflektiert, Abb. 2 a). Durch die Messung der zeitlichen Verschiebung des Lichtpulses kann die Entfernung berechnet werden, Abb. 2 b).

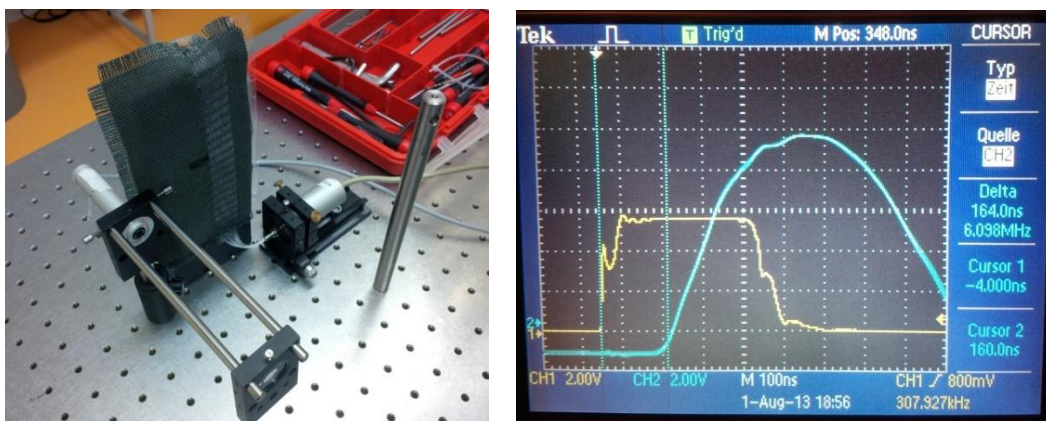


Abbildung 2: a) Testversuchsaufbau im Labor zur Evaluierung des Messverfahrens „Laufzeitmessung“ und b) Ergebnisbild eines Ausgangspulses (gelb) und eines empfangenen Pulses (blau)

Die Detektion des ausgesendeten Lichtes erfolgt in Abgrenzung zu herkömmlichen Sensoren nicht mit einer Kombination von Photodetektor und Linse. Im entwickelten System wird das ausgesendete und zurückreflektierte Licht zunächst über die, beschriebenen, modifizierten optische Fasern in einem Textil gesammelt und an eine empfindliche Photodiode (APD) weitergeleitet. Die Charakterisierung verschiedener Modifikations- und Integrationsmöglichkeiten für optische Fasern werden in Kapitel 6 näher beleuchtet.

Auf Grundlage dieser optischen Basiskonfiguration wurden im Laufe des Projektes alle wesentlichen Untersuchungen durchgeführt. Dies schließt die folgenden Punkte ein:

- Untersuchung unterschiedlicher Sensorfasern
- Charakterisierung des Verhaltens verschiedener Modifikationen und Materialien in Abhängigkeit von
 - Wellenlänge
 - Sensorfläche
 - Abstand
 - Einstrahlwinkeln
- Evaluierung eines Prototypensystems

Zur Herstellung des Prototypen wird auf eine Anordnung nach dem Prinzip der Laufzeitmessung in Kombination mit den entwickelten Sensortextilien zurückgegriffen (Kapitel 7).

4. Befragung betroffener Personen

Das Ziel des gesundheitswissenschaftlichen Teilprojektes war eine grundlegende Bedarfsanalyse, d.h. aus der Perspektive der potentiellen Nutzer zu erheben, welche Anforderungen an ein opto-elektronisches Assistenzsystem für Blinde und Sehbehinderte gestellt werden, für welche Situationen es funktional sein muss bzw. welche Rahmenbedingungen der Orientierung und Mobilität seine Nutzung limitieren. Dafür musste – über das unmittelbare Projektziel hinaus - ein grundlegendes Verständnis der lebensweltlichen Zusammenhänge von Orientierung und Mobilität blinder und sehbehinderter Menschen erarbeitet werden.

Dazu wurden folgende Arbeitsschritte gewählt, deren Ergebnisse im Weiteren dargestellt werden.

1. Eine Literatur- und Internetrecherche zur Orientierung und Mobilität von blinden und sehbehinderten Menschen.
2. Eine Reihe von explorativen Experteninterviews (insgesamt vier Interviews, davon 2 Einzel- und 2 Mehrpersoneninterviews) mit Vertretern des Blinden- und Sehbehindertenverbandes, Rehabilitationspädagogen- insbesondere Trainern für Orientierung und Mobilität und Informatiktrainern, die blinde und sehbehinderte Menschen im Umgang mit (Technischen) Hilfsmitteln und Unterstützungssystemen schulen.
3. Eine erste Focus Group mit Vereinsmitgliedern des BSV Zwickau (9 Teilnehmer), in denen das Projekt vorgestellt und erste Risiken und Bedarfe in der Orientierung und Mobilität erhoben wurden, neben der Erarbeitung der Struktur des Leitfadens diente diese Focus Group auch zur Gewinnung von potentiellen Interviewpartnern.
4. Eine systematische qualitative Interviewstudie, in der insgesamt 13 Interviews mit 15 blinden oder sehbehinderten Menschen geführt und ausgewertet wurden (in 2 Interviews waren ebenfalls sehbehinderte Lebenspartner anwesend und partiell am Gespräch beteiligt.)

Wesentliche Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte werden im Weiteren dargestellt, wobei der Schwerpunkt auf der Bündelung der Ergebnisse der Interviewerhebung liegt.

4.1 Theoretischer Hintergrund

Definition von Blindheit und Sehbehinderung

In Deutschland werden im Sinne des Gesetzgebers und der Versorgungsrichtlinien drei große Gruppen blinder und sehbehinderter Menschen in Abhängigkeit von den ihnen verbleibenden Resten an optischer Wahrnehmungsfähigkeit unterschieden. Bei dieser Gliederung wird die Sehfähigkeit auf dem besseren Auge mit der optimal verfügbaren Brillen- oder Kontaktlinsenkorrektur gemessen. Eine Person gilt als blind, wenn die Sehschärfe auf dem besseren Auge nicht mehr als 0,02 (Sehrest ≤ 2 %) beträgt oder eine gleich zu bewertende Sehstörung vorliegt.¹ Eine hochgradige Sehbehinderung besteht bei einem Visus im Bereich von 0,03 bis 0,05 (Sehrest ≤ 5 %) oder einer gleichwertigen Einschränkung wie zum Beispiel einem besseren Visus in Kombination mit ausgeprägter Gesichtsfeldeinschränkung.² Als sehbehindert wird eine Person eingestuft, wenn sie eine Sehschärfe zwischen 0,05 und 0,3 hat (Sehrest ≤ 30 %) und trotz Korrektur normale Sehwerte nicht erreicht.³

¹ Vgl. Nr. 23 (2) AHP

² Vgl. Nr. 23 (5) AHP

³ Vgl. § 1 VO zu § 60 SGB XII

Blindheit und Sehbehinderung in Deutschland

Im Unterschied zu anderen Staaten existiert in der Bundesrepublik kein zentrales Blindenregister. Tatsächlich kann über die genaue Anzahl von Blinden und Sehbehinderten nur gemutmaßt werden, da empirisch erhobenes Zahlenmaterial fehlt. Der Deutsche Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. (DBSV) schätzt, dass in Deutschland rund 150.000 Blinde und etwas 500.000 Sehbehinderte leben. Er bezieht sich dabei allerdings auf eine Hochrechnung der Zahlen des Blindengeldarchives der ehemaligen DDR.⁴ Zwar können die meisten zu Blindheit bzw. Sehbehinderung von Kindern führenden Krankheiten heute frühzeitig erkannt und behandelt werden, die Hauptursache sehbehindert zu werden oder gar zu erblinden, sind die altersabhängige Makuladegeneration (AMD), das Glaukom und die diabetische Retinopathie. Da diese Augenkrankheiten mit zunehmendem Alter deutlich ansteigen, ist im Zuge der demografischen Alterung mit einem Anstieg zu rechnen. Das Zentrum Bayern Familie und Soziales veröffentlichte 2013 eine Statistik zu den Alters- und Geschlechtsstruktur der Blinden, die Leistungen nach dem BayBlindG erhalten. Die wichtigsten Ergebnisse sind wie folgt zusammenzufassen: Fast 2/3 (64,2 %) der Blindengeldempfänger sind über 65 Jahre und älter, 42,1 % sind 80 Jahre und älter, 58,3 % der Leistungsempfänger sind weiblichen Geschlechts (männlich 41,7 %).⁵

Mit dem Blindengeld bekommen etwa 125.000 Menschen in Deutschland monatlich eine finanzielle Unterstützung.⁶ Es wird ohne Rücksicht auf die Vermögensverhältnisse des Empfängers gezahlt und soll die Mehrausgaben, die durch die Behinderung entstehen, ausgleichen. Das Blindengeld fällt in die Gesetzgebungskompetenz der Länder und deren Höhe variiert stark.

Wahrnehmung mit einer Sehbehinderung bzw. Blindheit

Auch wenn man weiß, unter welcher Augenerkrankung eine sehbehinderte Person leidet und wie stark die Sehfähigkeit objektiv bzw. messbar eingeschränkt ist, ist daraus nur partiell abzuleiten, wie (gut) sie ihre Umwelt wahrnimmt. Zwei Personen, die an der gleichen Augenerkrankung leiden, können mitunter ihr Seh- bzw. Orientierungsvermögen ganz unterschiedlich bewerten. Mitunter überlagern sich Krankheitsbilder und Beeinträchtigungen können von individuellen Lebenssituationen, psychischer und physischer Verfassungen, Tageszeiten u.ä. abhängen. Bei der Rekonstruktion der Raumkonstitution einer sehbehinderten bzw. blinden Person kann man also nicht vom Wahrnehmungsstil Blinder oder Sehbehinderter im Plural sprechen. Verallgemeinert kann jedoch gesagt werden, die Betroffenen kämpfen in zwei Bereichen mit Problemen: der Navigation und der Orientierung. "Navigation" meint die Steuerung durch Raum und Verkehr, "Orientierung" das Wissen um die räumlichen Gegebenheiten und die begehbaren Wege. Bei der Wahrnehmung der Umwelt spielen verschiedene Sinnesfelder auf unterschiedlicher Weise zusammen – Geräusche, Klänge, Tasteindrücke, Wärme- und Bewegungsempfindungen. Sie werden nach Wichtigkeit zu einer Einheit der Raumwahrnehmung versponnen, um – metaphorisch gesprochen – die Umgebung blind zu lesen.⁷ Blinde und Sehbehinderte müssen während der ersten Begehung eines unbekanntes Geländes die notwendigen Informationen finden. Dabei nutzen sie unter hoher Konzentration alle verfügbaren Sinneseindrücke. Wegen des starken Einsatzes der Nahsinne benötigen sie mehr Landmarken als Sehende. Sie müssen den Ort jedes Orientierungspunktes im Gedächtnis behalten, dazu die Art, wie dieser wahrgenommen wird, und die Methode, wie sie zur nächsten Landmarke

⁴ Vgl. DBSV

⁵ Vgl. Zentrum Bayern Familie und Soziales

⁶ Vgl. DBSV (2008), S. 15

⁷ Vgl. Saerberg (2006), S. 92

gelangen können. Diese Informationen speichern sie in der für den jeweiligen Weg spezifischen zeitlichen Reihenfolge in Form eines "kognitiven Laufzettels". Von einem gut bekannten Gelände, etwa der Umgebung des eigenen Wohnhauses, bilden sie sich Gesamtvorstellungen, die mit den von Sehenden her bekannten kognitiven Karten vergleichbar sind.

4.2 Explorative Vorstudie/ Experteninterviews

Ziel der explorativen Experteninterviews war es einerseits, unser Projekt vorzustellen und uns einen Zugang zum Feld zu eröffnen, andererseits das Expertenwissen der „Insider“ zur sozialen Situation, Orientierung, Mobilität und Hilfsmittelnutzung blinder und sehbehinderter Menschen zu erschließen. Im Erstgespräch mit zwei Vertretern des Blinden und Sehbehindertenverbandes Zwickau e.V. ging es vorwiegend um die Zusammensetzung und soziale Situation der Gruppe der Blinden und Sehbehinderten in Zwickau; im BSV treffen sich noch aktive und (relativ) mobile aber zum Großteil aus dem Erwerbsleben ausgeschiedene Menschen (im Alter zwischen 30 und 80, im Durchschnitt zumeist aber schon über 50 Jahren; das Verhältnis von (Voll)Blinden zu Sehbehinderten beträgt hier etwa 30% : 70%, der Zugang zu jüngeren bzw. (noch) berufstätigen Gruppen ist eher schwierig . Kontakt, sozialer Austausch, Freizeit- und Bildungsangebote aber auch Information und Beratung zu Hilfsmitteln und Unterstützungsmöglichkeiten und umgekehrt Kontakt und Information von Behörden und öffentlichen Einrichtungen bezüglich Barrierefreiheit bzw. Bedürfnissen blinder und sehbehinderter Menschen gehören zum Aufgabenspektrum. Eine wesentliche Aufgabe sieht der Verein darin, ältere sehbehinderte oder spät erblindete Menschen aus der sozialen Isolation zu holen. Gleichzeitig gibt es ein umfassendes Beratungsangebot bezüglich Hilfsmitteln und Unterstützungsangeboten und auch einen Erfahrungsaustausch über deren Nutzen und Wirkungen. Bereits in diesem ersten Gespräch wurde deutlich, dass neben klassischen Hilfsmitteln wie Langstock, Blindenführhund und optischen Geräten, moderne Hilfsmittel wie Computer mit Zusatzausstattungen, Smartphones mit blindenspezifischen Applikationen (Farb- oder Strichcodeerkennung, Navigation) und andere technische Zusatzgeräte (Lesegeräte, Pen-Friend usw.) eine zunehmend wichtige Rolle bei der Alltagsbewältigung spielen.

In einem zweiten Gespräch mit einem Informatiktrainer am Bildungszentrum für Blinde und Sehbehinderte (BBS) in Nürnberg (selbst geburtsblind, promovierter Sprachwissenschaftler), der blinden und sehbehinderten Jugendlichen die Nutzung von Sprachausgabe, Braille-Zeile, Vergrößerung, aber auch den Umgang mit basalen Computer-Programmen beibrachte (bis Juni 2013) und sich als Berufspendler zwangsläufig auch mit weiteren Hilfsmitteln wie Navigationssystemen für Blinden (Kapten, Trekker, Blind Square), Bodyguard, Laser-Langstock ging es v.a. um Nutzung und Barrierefreiheit von technischen Hilfen. Ein wesentlicher Inhalt dieses Gespräches waren auch Orientierungstechniken bzw. kompensatorisch entwickelte Möglichkeiten akustischer, taktiler und olfaktorischer Wahrnehmung, mit denen sich auch vollblinde Menschen im Raum orientieren können, Hindernisse und Menschen wahrnehmen und damit einhergehende Gedächtnisleistungen bzw. wie ein inneres Bild von Räumen, Wegen und Orten konstruiert wird. Gegenstand des Gespräches waren dann auch psychologische Zusammenhänge; also wie Persönlichkeit, Motivation, familiäre, schulische und berufliche Einflüsse nicht nur Offenheit, kommunikative Kompetenz und Orientierung im öffentlichen Raum, sondern auch Selbstwert und Selbstwirksamkeit beeinflussen. Schließlich gab es einen Einblick in aktuelle Diskussionen zwischen „Mobilisten“ - also Mobilitätsorientierten und anderen Gruppen.

Das dritte Gespräch fand mit einer Orientierungs- und Mobilitätstrainerin in Leipzig (Vorsitzende des Sächsischen Verbandes der Orientierungs- und Mobilitätstrainer) statt, die seit vielen Jahren solche – von der Krankenkasse refinanzierten - Trainings mit blinden und sehbehinderten Menschen

durchführt und über die Verbandsarbeit auch Erfahrungen ihrer Kollegen mitreflektiert. In diesem Gespräch wurde sehr deutlich, dass die basale Orientierung auf jeweils sehr individuellen Voraussetzungen der Person beruht (Sehrest, körperliche Gesundheit versus Einschränkungen, aber auch kognitive und kommunikative Fähigkeiten) und die Trainingsprogramme auch sehr stark an individuellen Mobilitätszielen orientiert sind, welche Orte selbständig erreicht werden sollen bzw. welche Tätigkeiten selbst ausgeführt werden müssen. Orientierung und Selbstorganisation in der eigenen Wohnung, im Nahumfeld (gewohnte Wege zur Selbstversorgung/ Kontakt), in öffentlichen Einrichtungen und Gebäuden sind wesentliche Übungsabschnitte; unverzichtbar ist der Langstock als Verlängerung des Tastsinns, Information über Bodenbeschaffenheit und bodennahe Hindernisse und gleichzeitig Kennzeichnung. Auch die Schulung bzw. bewusstere Organisation der akustischen Wahrnehmung gehört, insbesondere beim Überqueren von Straßen zu den wesentlichsten Übungen. Auch hier wurden psychologische Aspekte wie Motivation, Autonomiebestreben und so etwas wie Explorationsbereitschaft als wesentlicher Einfluss auf das Maß an Autonomie gesehen, was erreicht werden kann. Selbstverständlich ging es auch um die Vor- und Nachteile verschiedener technischer Hilfsmittel; thematisiert wurde einerseits die noch nicht ausreichende Genauigkeit (von Navigationssystemen) andererseits die Gefahr der Reizüberflutung und technischer Störungen. Ein letztes Gespräch fand schließlich am Chemnitzer Blindenschulzentrum mit der Schulleitung und an der Schule beschäftigten Mobilitäts- und Sehtrainern statt. Hier ging es einerseits um die Voraussetzungen, mit denen blinde und sehbehinderte Kinder an die Schule kommen, spezifische Eltern-Kind-Interaktions-Muster, um Fördermöglichkeiten, Vor- und Nachteile blindenspezifischer versus inklusiver Schulbildung und um mögliche Bildungs- und Berufsbiografien für Blinde und Sehbehinderte; auch hier wurde beschrieben, dass Sehbehinderungen im Kindesalter zunehmend häufiger mit weiteren Einschränkungen wie Lernbehinderungen bzw. kognitiven Störungen einhergehen. Ziel der schulischen Förderung sei nicht nur das Erreichen von Bildungsabschlüssen, sondern auch die möglichst weitgehende Förderung von Autonomie und Stärkung von Selbstwert.

4.3 Focus Group

Eine erste Focus Group mit insgesamt neun blinden bzw. sehbehinderten Teilnehmern im BSV Zwickau, diente zum einen zur Vorstellung des Projekts und der Gewinnung von Interviewpartnern, gleichzeitig sollten im Gruppengespräch erste Vorstrukturierungen für den Interviewleitfaden und die spätere Interviewauswertung entwickelt und überprüft werden, nämlich die aus Sicht der Blinden- bzw. sehbehinderten Menschen wichtigen Probleme bei der Orientierung im öffentlichen Raum (für die das opto-elektronische Assistenzsystem hilfreich sein soll). Grundsätzlich ergaben sich dabei folgende Diskussionsschwerpunkte: Hindernisse im öffentlichen Raum; Probleme mit dem Überqueren von Straßen/Verkehrsaufkommen, sich schnell annähernde Gefahren (v.a. auch lautlose), Überforderung des akustischen Systems durch Lärm/Unschärfe/Reizüberflutung; Veränderung akustischer Signale durch Umwelt/Wetter; Selbstbeschränkung auf bekannte Wege; Überforderung von Konzentration/Gedächtnis; das Auffinden kleinräumiger Orte z.B. Eingänge; der öffentliche Personennahverkehr/Identifikation von Buslinien, Haltestellen; Beeinträchtigungen beim Einkaufen; das Vorherrschen visueller Informationssysteme in öffentlichen Einrichtungen; gelingende und scheiternde Interaktion/Kommunikation mit Sehenden; Hilfsmittelnutzung und die Vor- und Nachteile verschiedener Hilfsmittel. Konsens gab es darüber, dass für die unabhängige Mobilität der Langstock aus verschiedenen Gründen unverzichtbar sei.

4.4 Qualitative Interviewstudie

Methodik und Stichprobenzusammensetzung

Die wissenschaftliche Methodik der vorliegenden Untersuchung entspringt der qualitativen Sozialforschung. In der systematischen Interviewstudie wurden insgesamt 14 Interviews mit 16 blinden oder sehbehinderten Menschen geführt (in zwei Interviews waren die ebenfalls sehbehinderte Lebenspartner anwesend und partiell am Gespräch beteiligt). Um die soziale Wirklichkeit der Teilnehmer zu rekonstruieren, wurde in den Interviews versucht, den Befragten Raum für eine individuelle Selbstbeschreibung und zur kognitiven Repräsentation zu bieten. Grundlage für die Interviews war ein vorher konzipierter Leitfaden (siehe Anlage 1). So entstanden Interviews mit einer Länge zwischen 50 und 105 Minuten. Die meisten Interviews wurden zuhause bei den Interviewten geführt. Lediglich vier der Interviews fanden in den Räumlichkeiten des BSVS-Zwickau statt. Alle Interviews wurden nach der Zusicherung der vertraulichen Behandlung und späteren Anonymisierung des Materials, mit einem digitalen Aufnahmegerät aufgezeichnet und später vollständig transkribiert. Der Zugang zum Feld erfolgte über die Kreisorganisationen Zwickau und Erzgebirge (Regionalgruppe Annaberg) des Blinden- und Sehbehindertenverband Sachsen e.V. Das Kriterium der Auswahl bestand darin, eine - wenn überhaupt möglich - breite Variabilität abzubilden. Die im Theorieteil thematisierte, zahlenmäßig größte Gruppe von Blinden und Sehbehinderten 80 Jahre und älter ist im vorliegenden Interviewbestand unterrepräsentiert. Ebenfalls gelang es nicht, Personen in der Altersgruppe von unter 30 Jahren für die Teilnahme an der Studie zu gewinnen. Die signifikanten Konvergenzpunkte im vorliegenden Interviewmaterial sind eine hochgradige Sehbehinderung bzw. Blindheit und die Mitgliedschaft im BSVS. Die Zusammensetzung der Stichprobe ist in der folgenden Tabelle dokumentiert und soll einen kurzen Überblick über die soziografischen Daten der Befragten ermöglichen:

Tabelle 1: Soziografische Daten der Interviewteilnehmer

| Nr. | Alter | m/w | Art der Sehbehinderung | Erlerner Beruf | Familie, Kinder | Länge des Interviews |
|-----|-------|-----|------------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | 38 | W | vollblind nach Verkehrsunfall | Hotelfachfrau | geschieden, 2 Töchter | 01:45:38h |
| 2 | 43 | W | geburtsblind, Retinitis pigmentosa | Telefonistin | verheiratet, keine | 01:36:41h |
| 3 | 50 | W | geburtsblind, Achromatopsie | Masseurin | verheiratet, 1 Tochter | 01:23:57h |
| 4 | 52 | W | seit 9. Lebensjahr, hell-dunkel | Blumenbinderin | Lebensgefährte, keine | 01:17:54h |
| 5 | 64 | W | geburtsblind, Glaukom, Katarakt | Stenografin | ledig, keine | 00:42:21h |
| 6 | 70 | W | Albinismus, 5 % Sehvermögen | Physiotherapeutin | ledig, keine | 00:58:24h |

| | | | | | | |
|----|----|---|---|---|----------------------------|-----------|
| | 84 | W | späterblindet, seit 1984 arbeitsunfähig, Retinitis pigmentosa, Katarakt | Näherin | ledig, 1 Sohn | 00:51:01h |
| 8 | 35 | M | geburtsblind, Tumor, Katarakt, geringer Sehrest | Telefonist/ Textbearbeiter | ledig, keine | 01:29:10h |
| 9 | 47 | M | Späterblindung bei Verkehrsunfall (2000), vollblind | Rechtsanwalt | ledig, 1 Tochter | 01:44:51h |
| 10 | 52 | M | geburtsblind, vollblind | Telefonist/Schre ibkraft | Lebensgefährt in, keine | 01:20:00h |
| 11 | 60 | M | juvenile Makuladegeneration | Gärtner, Garten- bauingenieur, Verwaltungs- fachangestellter | verheiratet, 1 Sohn | 01:11:48 |
| 12 | 62 | M | späterblindet (1996), Retinitis pigmentosa, Katarakt | Lehrer | verwitwet, 2 Söhne | 01:09:41h |
| 13 | 65 | M | Sehbehinderung durch Bluthochdruck (2008), Glaukom, Katarakt, geringer Sehrest | Versicherungska ufmann | verheiratet, 2 Söhne | 01:39:25h |

Das nachfolgende Kapitel umfasst die Rekonstruktion des gesammelten Interviewmaterials. Das Auswertungsverfahren der Interviews orientiert sich an der „zusammenfassender Inhaltsanalyse“⁸ nach Mayring. Die Fragestellung dieser Arbeit beschäftigt sich nicht nur mit exemplarischen Einzelfällen, sondern strebt ebenso einen Vergleich der Einzelfälle an, um Muster innerhalb der Interviews herauszuarbeiten. Konkretisiert für die Analyse des vorliegenden Datenbestandes heißt dies, dass die individuell extrahierten Kategorien miteinander vergleichbar sind. Anhand kollektiver Gemeinsamkeiten bzw. im umgekehrten Sinn auffälliger individueller Verschiedenheit, werden abschließend hypothetische Typen gebildet, die sich bspw. hinsichtlich ihres Bewältigungsverhaltens aber auch anderer Merkmale unterscheiden.

A. Wahrnehmung, Orientierung, Strukturierung des Raumes

Grundlegend unterscheiden alle befragten Personen jeweils zwischen zwei Arten von Räumen: ihnen sehr gut bekannte und unbekannte. In sehr gut bekannten Räumen wie beispielsweise das eigene Zuhause, Vereinsräume oder der Arbeitsplatz bilden sie sich eine Gesamtvorstellung. Die Orientierung und sichere Fortbewegung fällt ihnen darin leicht – als Grundvoraussetzung betonen sie dabei das Vorhandensein einer klaren Ordnung und die sehbehindertengerechte Raumgestaltung. Alltägliche Wege lernen sie auswendig, dabei gehen sie von den wichtigen Routen aus und erweitern das Raumkonzept eines Ortes schrittweise in unterschiedliche Richtungen, was eine enorme Konzentration und gute Gedächtnisleistungen impliziert. Die meisten Interviewten akzentuieren die

⁸ Vgl. Mayring (2008), S. 60

kompensatorische Vielfältigkeit ihrer Sinneswahrnehmungen und bestätigen die damit im Theorieteil beschriebene orientierende Navigation aufgrund der multisensuellen Wahrnehmung. Alle verfügbaren Sinne werden in der Gestaltung eines Eindrucks der Umwelt integriert. Als Blinde und hochgradig Sehbehinderte orientieren sie sich taktil (Bodenbeläge, Bordsteine, Dachrinnen), akustisch (Straßenführung, Verkehrsfluss, Schulen) aber auch olfaktorisch (Bäckerei, Fleischer, Drogerie). Ihre Darstellungen sind bedeutend detaillierter als die von Sehenden und sie legen sich kognitive Wegbeschreibungen an. Dabei beschreiben sie Entscheidungspunkte und riskante Wegstellen besonders eingehend. In fremde Umgebungen bewegt sich die Mehrzahl der Interviewten nur mit Begleitpersonen. Diese sind mit dem Umgang mit Blinden und Sehbehinderten meistens vertraut und wissen, wie sie gemeinsam Routen und Räume erarbeiten können. Die Orientierung in ländlichen Regionen oder Kleinstädten ist leichter zu erlernen, als in einer Großstadt mit komplexen Verkehrsverhältnissen, vielen Lärmquellen und einer Vielzahl verschiedener Verkehrsmitteln, hat aber ebenfalls problematische Aspekte (bspw. Fehlen von Bordsteinen oder Ampelsignalen).

B. Mobilität

Innerhalb ihrer eigenen Wohnumgebung bewegen sich alle Befragten sicher und normalerweise ohne Hilfsmittel, was aber eine sehr geordnete, nicht durch andere veränderte Umgebung voraussetzt. Vertraute Wege in der Nahumgebung werden ebenfalls meist selbständig, mit Langstock oder Blindenführhund zurückgelegt. Dabei stellt die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs eine gewisse Hürde statt, da Haltestellen, Linie und Ausstiegshaltestelle identifiziert werden müssen. Auch das Queren von Straßen wird als Risikosituation beschrieben, die v.a. bei hohem Verkehrsaufkommen und fehlenden Ampelsignalen schwer zu meistern ist. Anders als erwartet nutzen insbesondere jüngere sehbehinderte Personen das Spaziergehen oder auch Wandern auch als (notwendige) körperliche Aktivität, nutzen aber auch dazu meist bekannte Wege in vergleichsweise verkehrarmen Gegenden (Park, Wald), insbesondere Sehbehinderte mit Blindenführhund gehen dabei aber vergleichsweise schnell. Neue Wege werden zumeist mindestens 1-2x mit sehender Begleitung zurückgelegt und sich durch Einspeichern von Landmarken erschlossen, wenn sie allein zurückgelegt werden müssen, wird durch Karten oder Informationssysteme wie Blind Square versucht, vorher virtuell die Umgebung „abzutasten“ und eine räumliche Vorstellung vom Ort zu bekommen. Ein Befragter, der voll berufstätige Rechtsanwalt legt die meisten Wege mit dem Taxi zurück und ist unter geschützten Bedingungen (begleitetes Fahren auf dem Sachsenring) auch schon wieder mit dem eigenen Auto gefahren. Andere Befragte nehmen gelegentlich Fahrdienste durch Verwandte und Freunde in Anspruch. Eine blinde Frau nutzt im Rahmen ihrer betreuten Wohngemeinschaft Körperbehinderten-Fahrdienste mit. Fast alle Befragten zählen Reisen zu ihren Hobbies, sie nehmen nicht nur an gemeinsamen „Ausfahrten“ des Blindenverbandes in die nähere Umgebung teil, sondern reisen auch im Urlaub oder besuchen entfernt lebende Verwandte. Das erfordert gute Vorbereitung, meist wird der Umsteigeservice der Deutschen Bahn in Anspruch genommen. Auf Blinde und Sehbehinderte spezialisierte Ferienanlagen und Reisebüros werden dabei gern in Anspruch genommen, aber auch Audio-Angebote. Als positive Voraussetzungen für eine hohe Mobilität stellte sich bei den Befragten ein gutes Wahrnehmungsvermögen der anderen Sinne, gute kognitive Leistungen, ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen, eine hohe Risikobereitschaft bzw. persönliche Motivation und ein hohes Maß an Kommunikationsfähigkeit heraus. Mehrfachbehinderungen und mentalen oder kognitiven Einschränkungen begrenzen die Mobilität jedoch stark. Der Zeitpunkt der Erblindung spielt dagegen im vorliegenden Interviewmaterial keine Rolle. Die Vermutung, dass Geburtsblinde einen höheren

Grad an Mobilität erreichen konnte nicht belegt werden. Den kleinsten alltäglichen Bewegungsradius gaben zwei geburtsblinde Interviewteilnehmer an. Häufigkeit von stattfindender Mobilität und der Radius wird in dieser Studie durch einen anderen Faktor bestimmt, den Blindenführhund. Die zwei Personen, die aktuell einen Blindenführhund nutzen und eine, die früher einen genutzt hat, haben mit Abstand den größten Radius, wagen sich am ehesten in fremde Umgebungen bzw. betrachten es als eine Herausforderung, sich neue Umgebungen zu erschließen. Gelegentlich werden auch Navigationssysteme genutzt, die aber als oft zu ungenau, zu langsam (bei langsamer Bewegung) bzw. als nicht detailliert genug (Freigelände) bzw. oft mit überflüssigen Informationen (Namen von Querstrassen) die Konzentration beeinträchtigen.

C. Städtebauliche Barrieren und Barrierefreiheit

Ähnlich wie die öffentliche Meinung der Blinden- und Sehbehindertenorganisationen sprechen sich auch die Interviewten grundlegend für eine barrierefreie Umgebung aus. Genannt werden unter anderem taktile Leitlinien an öffentlichen Plätzen, Bodenindikatoren wie z.B. in Form von erhabenen Bordsteinen, das Vorhandensein akustische Ampelanlagen, Ansagen vor und in öffentlichen Verkehrsmitteln, das Vermeiden von Hindernissen auf Gehwegen (Auslagen, Aufsteller, Cafétische, Blumenkästen), das korrekte Absichern von Baustellen, die normgerechte Anbringung von Geländern, die taktile bzw. kontrastreiche Kenntlichmachung von Eingängen und die Beseitigung von Barrieren im Bereich der medial vermittelten Informationen (Informationstafeln in öffentlichen Einrichtungen).

Einige Interviewten sind aber auch skeptisch über einen eventuell zu hohen Grad an Barrierefreiheit und befürchten, dass man dadurch zwar ein Stück mehr Sicherheit erhält, aber auch einen Teil der Improvisationskunst verliert. Ohne diese Kunst der Improvisation können Blinde und Sehbehinderte sich im öffentlichen Raum nur schwer orientieren und mobil sein. Die Ambivalenz besteht darin, dass Hindernisse oft gleichzeitig Landmarken sind und den Raum strukturieren. Auch äußerten viele Befragte Verständnis dafür, dass eine sehende Mehrheitsgesellschaft nicht ihre gesamten Abläufe blindengerecht gestalten könne (allerdings wird das von Fachdiensten und Menschen, die öfter Umgang mit Blinden und Sehbehinderten haben, erwartet), und die Bedürfnisse verschiedener Behindertengruppen (bspw. führt die für Körperbehinderte wichtige Bordsteinabsenkung für Blinde, die den Langstock nutzen, häufig zu Orientierungsproblemen. Ein Befragter hat Barrierefreiheit zu seinem politischen Thema gemacht und arbeitet in verschiedenen Ausschüssen und Planungsbüros bei der Gestaltung öffentlicher Gebäude und Plätze mit.

D. Begleitung, Führung, Helfen, Autonomie

Insgesamt zeigt sich in den Interviews eine große Selbstverständlichkeit des Umgang mit der Tatsache einer eigenen Einschränkung und des Angewiesenseins auf Andere, obwohl der Wunsch nach weitgehender Autonomie von fast allen Befragten formuliert und eigene Leistungen in diesem Bereich durchaus stolz dargestellt werden. Während sich in der unmittelbaren Wohnumgebung und auf bekannten Wegen fast alle autonom bewegen, ist Begleitung beim Erschließen neuer, fremder Umgebungen für die meisten unumgänglich und neue Wege müssen zumindest 2,3 Mal mit sehender (und auf Anhaltspunkte hinweisender) Begleitung „abgelaufen“ werden, um sie einzuspeichern. Auch Erledigungen wie Kleider-Einkäufe und Geldgeschäfte werden möglichst in Begleitung absolviert, während der Weg zu kleinen Läden, körpernahen Dienstleistungen und sich wiederholenden Terminen an gut bekannten Orten (auch im BSV) oft autonom zurückgelegt werden kann. Nicht alle sehenden Begleiter führen gut bzw. sind so aufmerksam und einfühlsam, wie es der sehbehinderte Part braucht, insofern kann ein (weniger oder anders) sehbehinderter Begleiter u.U. die adäquateren

Hinweise geben, da er ähnlicheren Orientierungsmustern folgt. Auch das Gehen mit einem selbst sehbehinderten Begleiter erhöht jedoch die subjektive Sicherheit. Die Sehbehinderten, die mit einem Blindenführhund unterwegs sind, sind tendenziell am mobilsten und auch am mutigsten beim Erschließen neuer Umgebungen, sie verlassen sich dabei weitgehend auf die Führung des Hundes und erleben diesen Modus als deutlich entspannter und gleichzeitig kommunikativer als bspw. das Gehen mit Langstock. Auch deswegen, weil das Gehen mit Langstock eher in einem sozialen „Tunnel“ stattfindet, andere Passanten weichen aus bzw. beobachten aus der Ferne, während das Gehen mit Hund oft zu Kontakten und Austausch führt. Alle Befragten berichten, dass Sie, wenn Sie allein oder mit einem anderen Sehbehinderten unterwegs sind, gelegentlich Fremde ansprechen und nach Hilfe fragen müssen, in den meisten Fällen dann auch Hilfe bzw. adäquate Antwort bekommen, eher seltener wurde von spontanen Hilfsangeboten berichtet, die allerdings auch nicht immer adäquat waren. Als problematisch erleben sie dabei, dass man ja vorher nicht sehen kann, wenn man anspricht und so u.U. auch für eine Auskunft ungeeignete oder sogar potentiell gefährliche Personen anspricht. Das Hilfe verweigert oder eher abweisend reagiert wird, kommt aber vergleichsweise selten vor, selbst mit im Vorfeld als problematisch klassifizierten Gruppen wie „Ausländer“ oder „Alkoholisierter“ wurden auch positive Erfahrungen gemacht, eher beschrieben wird ein im Vorfeld schon ausweichendes Verhalten, das allerdings nicht immer registriert werden kann. Die meisten der Interviewpartner verhalten sich in solchen Dialogen kommunikativ sehr kompetent, erleichtern dem Gesprächspartner u.U. die „ungewohnte“ Situation mit Erklärungen oder Witzen und reagieren „locker“ auf gelegentliche diskriminierende Bemerkungen bspw. von Jugendlichen (13). Gekränkt durch falsche oder abweisende Antworten oder vermeidendes Verhalten äußerten sich nur zwei der Interviewpartner. (9,10) Als Gruppe von Blinden und Sehbehinderten unterwegs zu sein, scheint kommunikativ eher von Nachteil zu sein bzw. eher Behindertenstereotype (blind=dumm) zu aktivieren; auch deswegen bevorzugen etliche Gesprächspartner ein individuelles Unterwegssein besonders bei Urlaubsreisen, sind dann aber auf kompetente, empathische und gut erklärende Reiseleiter angewiesen.

In ihrem eigenen Haushalt organisieren sich die von uns Befragten weitgehend autonom bzw. teilen die Arbeit mit dem jeweiligen Lebenspartner, auch hier wird u.U. Hilfe von Angehörigen oder hauswirtschaftliche Unterstützung in Anspruch genommen, bei Dingen, die man selbst nicht sehen kann. Es werden aber auch Abstriche von hochgehängten Ansprüchen (Penibel darf man nicht sein! Ich koche oder backe nicht mehr für 12 Personen) gemacht. Insgesamt ist das Bedürfnis nach Autonomie bzw. das Maß an Abhängigkeit nicht nur abhängig vom Grad der Sehbehinderung und dem körperlichen Zustand, sondern sehr stark auch von Erziehung, Erfahrung, Lebenssituation und der daraus resultierenden Persönlichkeit. So kann der Verlust des sehenden Partners u.U. zu einem Autonomieschub führen, „weil es sein muss“, man kann sich aber auch von einer Abhängigkeit in die nächste begeben.

E. Hilfsmittelnutzung

Den Langstock erklären alle Befragten für unverzichtbar, faktisch nutzen ihn aber nur etwa die Hälfte der befragten Personen, alle Geburtsblinden und alle, die ein Mobilitätstraining durchlaufen haben. Zwei Personen nutzen stattdessen einen Blindenführhund, der offensichtlich viele Vorteile hat, eigenständige Mobilität, aber auch Sicherheit empfinden und kommunikative Einbindung verbessert und nicht zuletzt regelmäßige Mobilität erzwingt. Zwei hochgradig Sehbehinderte verzichten auf bekannten Wegen auf den Langstock, weil es „noch nicht nötig“ ist. Im Zusammenhang mit dem Langstock wird weniger das Problem der Gangsicherheit, als das der Kennzeichnung diskutiert, bzw. das Aufmerksammachen anderer Verkehrsteilnehmer auf die eigene Einschränkung. Gleichzeitig hat

das aus Sicht der Sehbehinderten- ähnlich wie das Blindenabzeichen aber auch eine problematische Dimension, einerseits weil man von sich aus keine besondere Rücksichtnahme möchte, andererseits weil man sich dabei möglicherweise auch als leichtes Opfer markiert.

Alle Befragten mit Sehrest nutzen optische Hilfsmittel (Spezialbrillen, Lupen, Fernrohre), und bis auf zwei ältere Personen Computer mit Zusatzfunktionen wie Vergrößerung, Sprachausgabe oder Braillezeile, diese nutzen stattdessen aber Vorlesegeräte. Auch Mobiltelefone werden von allen genutzt, in erster Linie natürlich als Kommunikationsmittel, tw. werden aber auch Navigation, Kamerafunktion (bspw. zum Vergrößern von Straßenschildern), Applikationen wie Farb- oder Strichcodeerkennung oder Informationen aus dem Internet zur Orientierung genutzt. Bücher in Brailleschrift werden nur von drei (vollblinden) Personen erwähnt, eher wird auf Audiomedien, Hörbücher und Hörzeitschriften zurückgegriffen. Zugang zu Informationen gelingt auch über (Internet-) Radiohören und tw. Nutzung der Audiodeskription bei Fernsehern. Für die Alltagsorientierung im Haushalt werden eine Fülle von, oft einfachen und eher weniger kostenintensiven Hilfsmitteln genutzt, insbesondere Klebepunkte zur Markierung von Schaltungen, Pen-Friend zur Etikettierung von Produkten, sprechende Wagen, Uhren, Thermometer, Blutdruckmeßgeräte etc. Zusatzgeräte wie blindenspezifische Navigationsgeräte (Kaptan, Trekker Breeze, Body-Guard oder der Laserlangstockaufsatz waren zwar bei einigen wenigen Befragten vorhanden, werden aber kaum genutzt, da sie oft zur Überforderung führen, wenn sie eingesetzt oder mitgeführt werden, zu umständlich zu bedienen sind oder keine Information geben, die detailliert genug ist. Eine, noch berufstätige Sehbehinderte zeigt uns, wie schwer ihre Tasche aufgrund der vielen mitgeführten Zusatz-Geräte war. Insbesondere die jüngeren technikaffinen Personen bevorzugten Hilfsmittel die in normale, gesellschaftlich verbreitete und akzeptierte Geräte wie Smartphone, Computer oder Kamera integriert werden können und über deren Nutzung je nach Situation entschieden werden kann.

F. Partnerschaft/ Familie

Die Herkunftsfamilien schon als Kind oder Jugendlicher Erblindeter bzw. Sehbehinderter werden vorwiegend in Bezug auf die Unterstützung bzw. Verhinderung von Selbständigkeit reflektiert, dabei werden auch als Kind u.U. als problematische empfunden Entscheidungen (bspw. der Besuch einer Sehschwachenschule mit Internatsunterbringung) im Nachhinein als richtig bewertet. Eine gewisse Überfürsorge und damit einhergehende schwierige Ablösung scheint eher bei Geburtsblinden vorzukommen. In Bezug darauf wird auch eine Veränderung wahrgenommen, da durch inklusive Beschulung oder/und Fahrdienste blinde und sehbehinderte Kinder heute mehr „bemuttelt“ würden. (3). Insgesamt ist das Familien- bzw. Angehörigensystem aber auch bei erwachsenen Sehbehinderten eine wichtige Unterstützung besonders für Begleitung und Fahrdienste (1, 9, 13), gelegentlich auch im Haushalt. Wobei diese Beziehungen durchaus wechselseitig sein können, da auch die Sehbehinderten sich um alternde Eltern sorgen, sie regelmäßig besuchen oder sogar mit Ihnen im Haus wohnen und sie so partiell unterstützen. (11, 13, 3).

Etwa ein Drittel der Befragten lebt mit einem blinden bzw. sehbehinderten Partner zusammen, in Bezug darauf wird nicht nur das tiefere Verständnis für die eigener Situation, sondern auch das Vorliegen ähnlicher (oft auch aus der Behinderung resultierender) Interessen betont. Dabei ergänzen sich die Paare meist auch insofern, als die Einschränkungen unterschiedlich sind, und aufgrund unterschiedlicher Sehreste, Gesichtsfelder aber auch Mentalitäten Defizite ausgeglichen werden können. Zwei (bzw.3) Befragte haben (bzw. hatten bis zu deren Versterben) einen sehenden Partner, was aus ihrer Sicht die Alltagsorganisation und insbesondere die Sorge um Kinder erleichtert, wobei interessanterweise die (sehbehinderten) Männer einen Teil der Haushaltspflichten von ihren (noch

arbeitenden) Frauen übernehmen. Die Partnerschaften der beiden durch Unfall erblindeten Personen sind- von beiden auch als Folge des Unfalls interpretiert- auseinandergegangen; beide sind mehr oder weniger aktiv auf Partnersuche, wobei das Alleinleben mit Kindern von einer Interviewpartnerin als nicht nur machbar sondern durchaus zufriedenstellend beschrieben wird. Alle Befragten, deren Kinder kurz vor bzw. erst nach Eintritt der Sehbehinderung geboren sind, beschreiben einen sehr natürlichen Umgang der Kinder mit der Behinderung bei einer tw. erkennbar früh übernommenen Verantwortung für die Eltern (v.a. beim Begleiten, Führen im öffentlichen Raum). Auch die später erblindeten bzw. sehbehinderten Eltern beschreiben einen recht „normalen“ Umgang mit Ihren – meist schon erwachsenen Kindern- nutzen die eher weniger als Helfer, zumal sie oft weiter entfernt wohnen, besuchen diese aber bzw. unternehmen gemeinsame Dinge. Wobei in einem Fall (11) auch die Frage nach der Perspektive gestellt wird, wenn man selbst noch eingeschränkter und dazu möglicherweise gebrechlich wird.

Etwa die Hälfte der Befragten lebt allein in einer eigenen Wohnung (nur in einem Fall in einer betreuten Wohngemeinschaft) und organisiert ihr Leben weitgehend allein. Das wird einerseits mit einem gewissen Stolz- über die autonome Lebensbewältigung erzählt, andererseits klingt gelegentlich auch an, dass die Partnersuche für blinde und sehbehinderte Menschen doch schwierig ist, bzw. klassische Rollenerwartungen an Männer oder Frauen eben nicht erfüllt werden könnten. (5,10) Eine gute Nachbarschaft (11), soziale Einbindung in die (Dorf-) Gemeinschaft (4,5) bzw. Unterstützung durch Freunde (1,7,9) spielt dabei eine wichtige Rolle.

G. Bildung/Beruf

Mit Blick auf die Berufsbiographien kann man zwei Sub-Gruppen unterscheiden, zum einen die mit klassischen „Blindenbildungsbiographien“: sechs Befragte (darunter drei Geburtsblinde) haben noch zu DDR-Zeiten (4) bzw. erst nach der Wende (2) eine Blinden- oder Sehschwachenschule besucht und nach dem Abschluss der 10. Klasse eine klassisch „blindentypische“ Ausbildung (Telefonist/Schreibkraft/Stenotypistin/Masseur) am Rehasentrum Chemnitz absolviert und meist auch noch über die Wende hinaus in diesen Berufen gearbeitet, sind aber bis auf die Masseurin im Zuge der Einsparung von Verwaltungspersonal gekündigt oder/und berentet worden bzw. die erst nach der Wende ihre Ausbildung absolvierten, haben trotz Ausbildung keinen Arbeitsplatz gefunden. Eine zweite Gruppe, zu der vor allem die Interviewteilnehmer mit progredient schlechter werdenden Sehbehinderungen gehörten, hat die normale POS besucht (wenn auch bei zwei Teilnehmern die Sehbehinderung bereits bestand und man sich „durchgemogelt“ habe 4;11), eine normale Ausbildung (Blumenbinder, Gärtner, Näherin) angeschlossen bzw. studiert (Gartenbauingenieur, Lehrer). Während unter DDR-Bedingungen die zunehmenden Einschränkungen „durch das Kollektiv“ bzw. unterstützende Kollegen gut kompensiert wurden (11,7,3,5), waren sie in der wirtschaftlichen Situation nach der Wende nicht mehr „tragbar“, zumal die Betriebe (Textil, Gartenbau) bzw. Betriebe selbst unter Druck gerieten bzw. umstrukturiert wurden; die meisten dieser Personen nutzten Übergangsregelungen zur EU-Berentung nach bundesdeutschem Recht, da sie zumeist schon nach DDR-Recht „invalidisiert“ waren. Einer der Teilnehmer wurde als Lehrer erst später berentet aber auch zu vergleichsweise günstigen Bedingungen. Einer bemühte sich nach der Berentung um eine sehbehindertenadäquate Umschulung zum Verwaltungsangestellten, die er auch erfolgreich abschloss (und privat in vielfältiger Weise nutzen kann), aber die ebenfalls nicht zur Übernahme führte, da in den ostdeutschen Verwaltungen Mitte der 90er Jahre ein Personalabbau stattfand. Zwei zum Zeitpunkt der (plötzlichen) Erblindung (durch Unfall bzw. Krankheit) selbständigen Befragten mussten ihre Firma bzw. Praxis schließen, einer davon arbeitet inzwischen wieder als

selbständiger Rechtsanwalt in eigener Praxis, mithilfe umfangreicher technischer Nachrüstung und einem quasi in die Arbeitsassistenten übergehenden Sekretariatsbesetzung.

Insgesamt sind von den insgesamt 15 Befragten nur noch zwei berufstätig (obwohl faktisch erst drei das Altersrentenalter erreicht haben). Für die Berufstätigen (das gilt auch für diejenigen, die noch länger berufstätig waren) stellt neben dem hohen Druck auf Lese- und Schreibfähigkeit (der nur partiell technisch zu kompensieren ist) die eigenständige Mobilität einen entscheidenden Punkt dar. Eine der Befragten gab bspw. Ihren Arbeitsplatz auf, als die Tante, mit der sie immer gemeinsam zur Arbeit ging, berentet wurde. Allerdings wird der steigende Druck und die Arbeitsverdichtung in beruflichen Zusammenhängen – neben den ohnehin ständig notwendigen Konzentrations- und Orientierungsleistungen- auch als erhebliche Belastung beschrieben, so dass ein Teil der Befragten die frühzeitige Berentung durchaus auch als Gewinn an Zeit und Lebensqualität abbildet (4,7,13). Das gelingt allerdings nur, wenn die gewonnene Zeit sinnvoll genutzt werden kann, neben Selbstversorgung, Sport/Spaziergängen, Reisen spielt hier das verbandliche Engagement eine wichtige Rolle, das nicht nur – durch verschiedene Angebote - wochenstrukturierende und kommunikative Bedeutung hat, sondern bei mindestens 2 der Befragten zu quasi arbeitsförmigem Engagement führt. Allerdings ist auch hierfür ein gewisses Maß an eigenständiger oder begleiteter Mobilität Voraussetzung- d.h. die Gruppe meist spät erblindeter oder sehbehinderter Personen, die sich nicht traut, die eigene Wohnumgebung zu verlassen, findet sich auch nicht im Blinden und Sehbehinderten-Verband, auch sind die meisten hier engagierten Mitglieder eher gut gebildet bzw. bildungsorientiert und sozial relativ abgesichert.

H. Gesellschaftliche Integration/Diskriminierung

Dass die Formulierung von Bedürfnissen in den Texten die Differenzierung zwischen „behindert“ und „nichtbehindert“ hervorbringt ist der Thematik und der konkreten Frage nach gesellschaftlichen Barrieren bzw. Diskriminierung geschuldet. Die Interviewten berichten kaum von Diskriminierungserfahrungen im unmittelbaren, interpersonalen Kontakt. Abweisende Reaktionen oder diskriminierende Bemerkungen scheinen eher die Ausnahme, eher eine vermeidende, unsichere oder ausweichende Reaktion. Benachteiligung findet, wenn man die Interviewaussagen rekonstruiert vielmehr strukturell statt, das betrifft insbesondere den beruflichen Bereich, wo die Teilhabemöglichkeiten auch einschlägig und gut qualifizierter Personen extrem eingeschränkt sind bzw. blind oder sehbehindert oft mit dumm oder jedenfalls ungeeignet gleichgesetzt wird. Ein Arbeitsmarkt der Mobilität, Flexibilität, hohes Arbeitstempo, Fehlerfreiheit und permanente Verfügbarkeit fordert, schließt beeinträchtigte Gruppen oft von vornherein aus. Das wird von den meisten Befragten eher resignativ zur Kenntnis genommen und kaum kommentiert, höchsten insofern als die erheblichen für Blindenbildung, Ausbildung und Rehabilitation eingesetzten Mittel dann letztendlich doch nur ins Private fühlen. Allerdings empfinden auch nicht alle Befragten die Berentung als Verlust, sondern kommunizieren durchaus auch die damit einhergehende Entlastung und den Zeitgewinn. Zeit ist ein sehr kostbares Gut, für Blinde und Sehbehinderte möglicherweise noch mehr als für andere Menschen, weil sie vieles nur langsam, tastend oder erspürend wahrnehmen können und dem Zeitdruck, der gerade auch durch visuelle Medialisierung und Bürokratisierung von Prozessen entsteht oft nicht gewachsen sind. Barrierefreiheit bedeutet für die Befragten nicht nur technisch gestaltete Lebensbereiche um sie behinderten Menschen ohne besonderer Erschwernis und fremder Hilfe zugänglich zu machen, sondern auch Partizipationsmöglichkeiten von Blinden und Sehbehinderten in Beruf, Freizeit und Politik, bei der Weiterentwicklung von Verkehrsmitteln und Informationssystemen, aber auch Barrierefreiheit im Denken über die Teilhabemöglichkeiten und Wünsche behinderter Menschen. Das spiegelt sich auch

in den gelegentlich angefangenen Diskussionen um inklusive vs. spezialisierte Blindenschulen wieder, der Großteil der Befragten sieht sich als Teil der Gesellschaft und will darin unterstützt werden, die Idee einer Blind Community, in der man sich nach den eigenen Regeln bewegt, dominiert die von uns geführten Gespräche eher weniger, als beispielsweise bei Gehörlosen.

I. Bewältigung

Insgesamt wirken- trotz faktisch erheblicher Einschränkungen, die meisten von uns befragten Personen durchaus zufrieden mit ihrem Leben und weitgehend kompetent in der Alltagsbewältigung eines Lebens mit einer hochgradigen Seh-Behinderungen. Im Rahmen ihrer Möglichkeiten haben wir es mit einer vergleichsweise aktiven, autonomie- und mobilitätsorientierten Gruppe zu tun.

Dabei lassen sich in der Tendenz drei Bewältigungstypen differenzieren, die offensichtlich mit der Ausgangserkrankung bzw. Ursache der Sehbehinderung korrespondieren; die aufgrund der geringen Stichprobe keineswegs als repräsentativ gelten können und durchaus auch als Mischformen auftreten können, so dass nicht jede der von uns befragten Personen eindeutig dieser oder jener Gruppe zuzuordnen ist.

Zum einen sind das Menschen mit einer früh einsetzenden, progredient verlaufenden aber (bisher) nicht zur völligen Erblindung führenden Sehbehinderung, die Ihnen eine frühe, allmähliche und relativ kontinuierliche Anpassung bzw. Gewöhnung an die Behinderung erlaubt hat. Deren Motto könnte man beschreiben, als „So viel Normalität wie möglich!“, sie wirken sozial und persönlich sehr integriert, vermeiden weitgehend blindenspezifische Kennzeichnungen (muss ja noch nicht sein), haben gute kompensatorische Fähigkeiten im akustischen und taktilen Bereich entwickelt bzw. nutzen Sehreste sehr geschickt; verzichten in den meisten Situationen auf den Langstock, kennen und nutzen aber Unterstützungssysteme vorwiegend im optischen und technischen Bereich. Im BSV engagieren sie sich stark, vorwiegend kommunikativ und organisatorisch und nutzen ihn sowohl als Freundeskreis als auch für gemeinsame Aktivitäten. Sie relativieren aber eigene Belange und Ansprüche an Barrierefreiheit mit Verständnis für eine sehende Mehrheit und relativieren gelegentliche Diskriminierungserfahrungen. Sie nutzen aber – trotz weitgehender Orientierung an der Mehrheitskultur - nicht nur den BSV, sondern auch beispielsweise blindenspezifische Reiseangebote, um sich zu entspannen.

Bei den durch Unfall oder Krankheit relativ plötzlich und zumeist relativ jung erblindeten Befragten findet sich ein deutlich offensiverer-selbstbehauptender Modus: Unfall bzw. Krankheit und die daraus resultierende Erblindung werden als erheblicher Einschnitt und sowohl physische, wie auch psychische und nicht zuletzt soziale Krisensituation erfahren, die in allen Fällen mit beruflichen Einschnitten bzw. Berufsverlust und in zwei Fällen mit Trennung vom bisherigen Partner einherging. Die Darstellung der eigenen Situation und der Situation blinder Menschen allgemein wirkt deutlich kämpferischer und konfrontativer, und auch erheblich offensiver, was Forderungen nach gesellschaftlicher Unterstützung, Barrierefreiheit und Nachteilsausgleich angeht. Auch hier besteht der Wunsch nach möglichst vollständiger Teilhabe an der Normalität, was bis hin zu durchaus riskanten bzw. bei Blinden nicht unbedingt vermuteten Hobbies (mit 200km/h auf dem Sachsenring begleitet fahren, Klettern, sehr aktiver Suche nach Partnerbeziehungen) geht; insbesondere die jüngeren Teilnehmer wirken wie Menschen, die sich durch die zur Blindheit führenden Ereignisse nicht reduzieren lassen wollen in ihren durchaus hohen Ansprüchen an das Leben. Hier wird Mobilitätstraining, Langstocknutzung oder Kennzeichnung auch eher konfrontativ befürwortet („Die sollen das ruhig sehen!“), der BSV aber eher wenig als Kommunikationsraum genutzt und vorwiegend Kontakte zu Sehenden gepflegt.

In einer dritten Gruppe, deren Bewältigungsmodus man als „defensiv-zurückgezogen“ kennzeichnen könnte, befinden sich tendenziell eher ältere, stärker eingeschränkte und oft geburtsblinde Personen, die zwar ebenfalls technische und soziale Unterstützung - allerdings eher eingeschränkt-nutzen- und in der Tendenz stärker dazu neigen, sich als Opfer von Umständen und mangelnder Unterstützung darzustellen. Diese Personen berichten am ehesten von Diskriminierungserfahrungen, verlassen sich vorwiegend auf das unmittelbare Angehörigensystem und nutzen den Verband als Schutz- und Rückzugsort, aber auch als Adresse für Ansprüche und Klagen.

Denkbar sind durchaus noch andere Bewältigungsmuster bzw. Gruppen, die auf Grund spezifischer, in unserer Stichprobe nicht repräsentierter Lebenssituationen (hochaltrige, spätererblindete, oft zusätzlich körperlich behinderte Menschen vs. junge technikaffine, berufseinstiegsorientierte Personen vs. bspw. auch kognitiv eingeschränkte oder mehrfachbehinderte Sehbehinderte) andere Bedürfnisse und Kompetenzen im Bereich von Orientierung und Mobilität und entsprechend andere Ansprüche an die Nutzung von Hilfsmitteln haben.

J. Anforderungen an das opto-elektronische Assistenzsystem

Der Anlass für diese qualitative Interviewerhebung war die Idee der Entwicklung eines opto-elektronischen Unterstützungssystems für die Mobilität blinder und sehbehinderter Menschen. Die zentrale Idee Sensoren in geeignete Textilien zu integrieren um dadurch Informationen über Abstände zu Objekten, Hindernissen oder auch Gefahren zu erhalten wurde von allen Interviewten mit Interesse aufgenommen. Die anfängliche Annahme, dass man durch eine technische Lösung klassische Navigationshilfen wie den Langstock oder den Blindenführhund ersetzen könnte, wurde von den Befragten widerlegt. Einigkeit herrschte bei allen Teilnehmern, dass für die autonome Mobilität der Langstock unverzichtbar ist. Deshalb sprechen sich drei der Befragten für ein sekundäres Hilfsmittel aus, in Form eines Umweltsensors und Hindernismelder, das zusätzlich zum Langstock eingesetzt werden kann. Dieses Hilfsmittel sollte Hindernisse in Kopf- und Oberkörperbereich anzeigen, die mit dem weißen Langstock nicht erfasst werden können. Die Befürworter wissen aber, dass der Markt für Blindenhilfsmitteln ähnliche technische Lösungen bereithält (Ultra Body Guard, Laserlangstock) - nutzen diese aber nicht. Der potentielle Nutzer dieser Navigationshilfe müsste die gerätespezifische "Sprache" erlernen, d.h. die Zuordnung der akustischen oder taktilen Signale zu den räumlichen Sachverhalten. Die Nutzung erscheint nur in Kombination mit einem zusätzlichen Mobilitätstrainings als sinnvoll. Die vom Gerät empfangenen Signale sollten in ein taktilen Signal umgesetzt werden, weil die Interviewten eine Überforderung ihres akustischen Systems befürchten. Es spiegelt sich wider, dass man zwischen zwei Formen von Hilfen unterscheiden sollte: einfache Hindernismelder und sensorische Hilfen. Hindernismelder bieten dem Blinden und Sehbehinderten Informationen in möglichst einfach verständlicher Form (Ja/Nein-Signale) zum Schutz des persönlichen Nahbereiches in einem genannten Abstand bis max. fünf Meter. Sensorische Hilfen geben dem Nutzer besonders viele Auskünfte, die der Mensch gewöhnlich sieht, das betrifft die Navigation sowie die Orientierung. Bei sensorischen Hilfen befürchten die Interviewten eine Überforderung durch die an sie herangetragenen Informationen, da sie um mobil zu sein eine hohe Konzentration benötigen und zusätzlich Informationen filtern müssten. Durch die Komplexität äußerer Einflüsse befürchten sie ein „Dauersignal“. Für sie ist es auch nicht wichtig genaue Abstandsinformationen zu erhalten (z.B. die genaue Entfernung einer Hauswand). Ein Assistenzsystem sollte demnach ganz einfach in der Handhabung und Informationswidergabe sein und den Körper schützen, beispielsweise auch, wenn sich Gegenstände sehr schnell auf den Nutzer zubewegen und eine mögliche Gefahr darstellen. Ein Assistenzsystem kann nur ein Zusatzgerät sein, das die Kompetenz der selbstständigen Navigation ergänzt. Dies ist mitunter ein Grund, warum sich

sieben der Interviewteilnehmer deutlich skeptisch gegenüber dem Assistenzsystem aussprechen und sich deren Nutzung nicht vorstellen können. Des Weiteren wurden alltagspraktische Bedenken formuliert: Waschbarkeit der Textile, Energieversorgung/ Nutzungsdauer und die Größe des Gerätes. Das Gerät muss in der Nutzung unkompliziert, ein- und ausschaltbar sein, optimal wäre aus Sicht der Befragten ein lernendes System, das Wege und Orte speichert und nur alarmiert, wenn Veränderungen stattgefunden haben. Zwiespältig ist die Idee einer Kennzeichnung bspw. in Form einer speziellen Warnweste aufgenommen wurde, selbst wenn das die Sicherheit (insbesondere gegenüber Fahrradfahrern und Autos) erhöhen würde. Bei der Idee der Nichtdiskriminierung und der Frage, wie Sensoren in normale Kleidung integriert werden können, spielen dann auch Fragen nach der Praktikabilität (Waschbarkeit) und Flexibilität/ modische Aspekte (Muss ich dann immer dieselbe Jacke anziehen?) eine Rolle. Insgesamt wünschen sich die Befragten eine Lösung, die einerseits ihren Modus der Orientierung und Mobilität unterstützt und absichert, ohne sie gegenüber anderen Gruppen hervorzuheben/zu diskriminieren oder zusätzlich zu belasten.

4.5 Zusammenfassung und abschließendes Fazit

Im Ergebnis der Bedarfsanalyse kann man folgendes formulieren:

- Opto-elektronische Assistenzsysteme können aus Sicht der potentiellen Nutzer Orientierung und Mobilität unterstützen und sind als solche wünschenswert, setzen aber eine Grundsicherheit im autonomen Bewegen mit anderen Hilfsmitteln (Langstock und Blindenführhund) voraus und können diese nicht ersetzen.
- Die benötigte Information muss einerseits relativ detailliert und zielgenau sein (Wo ist der Eingang? Wie weit ist es bis zur anderen Straßenseite? Wie schnell nähert sich ein Radfahrer oder Auto?), andererseits darf die Komplexität und Häufigkeit der Information die eigenständige, hochkomplexe Verarbeitung von (akustischen, taktilen, olfaktorischen) Umweltreizen nicht stören bzw. überfordern.
- Die benötigte Information muss einerseits vergleichsweise schnell (nicht verzögert wie GPS gestützte Navigationssysteme) gesendet werden, darf aber nicht zur akustischen oder taktilen Dauersignal werden bzw. muss auch für relativ komplexe Situationen (Bewegen in der Fußgängerzone der Innenstadt) funktionieren.
- Zu klären ist, wie die Relevanz der Signale differenziert werden kann- größte Risiken, schnell annähernde große Objekte müssen deutlicher markiert sein als...? (der sich leise von hinten anschleichende Taschendieb?)
- Die Informationsdichte und -art muss steuerbar sein, möglicherweise muss ein Lernmodus eingebaut werden, gleichzeitig darf die Bedienung aber nicht zu komplex werden, da dieses v.a. ältere Nutzergruppen überfordern würde.
- Möglicherweise gibt es unterschiedliche technische Lösungen für unterschiedliche Nutzergruppen: junge technikaffine „Mobilisten“ suchen eher nach Smartphone-kompatiblen Applikationen, das Gros der Blinden und Sehbehinderten Menschen sind aber ältere und hochaltrige Menschen, die zusätzlich körperbehindert, hörgeschädigt oder möglicherweise kognitiv eingeschränkt sein können und auf einfach zu verstehende und zu bedienende, nicht kostenintensive, alltagsnahe Hilfsmittel- insofern ist die Idee eines Kleidungsstücks oder Accessoires sinnvoll- angewiesen sind. Über die Mobilität dieser Gruppe müsste man – nicht

nur interviewend, sondern auch beobachtend- noch mehr erfahren, um zu passgenauen Lösungen zu kommen.

- Auf individuelle Nutzer orientierte technische Lösungen können auch das Problem gesellschaftlicher Teilhabe oder Benachteiligung nicht lösen und die barrierearme Gestaltung öffentlicher Räume nicht ersetzen sondern müssen sie ergänzen. Sie lösen auch nicht das Problem gesellschaftlicher Solidarität und der – immer notwendig bleibenden - zwischenmenschlichen Unterstützung.

4.6 Literaturverzeichnis

Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband (o.J.) Häufigkeit Blindheit/Sehbehinderung (DDR-Zahlen). URL: <http://www.dbsv.org/infothek/zahlen-und-fakten/?style=0%3Fpromo%3Drss#c923>, Stand: 12.02.2014

Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband (2008) Ratgeber Recht für blinde und sehbehinderte Menschen. DBSV, Berlin.

Mayring, P. (2008) Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag, Weinheim.

Saerberg, S. (2006) Geradeaus ist einfach immer geradeaus. Eine lebensweltliche Ethnografie blinder Raumorientierung. UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz.

Zentrum Bayern Familie und Soziales (2013) Alters- und Geschlechtsstruktur der Blinden, die Leistungen nach dem BayBlindG erhalten. URL: <http://www.zbfs.bayern.de/bayblindg/statistik.html>, Stand: 12.02.2014

Anhang

Anlage 1: Interviewleitfaden

Biographie

- Art der Sehbehinderung - seit wann, angeborene Blindheit / erworbene Blindheit, Auswirkungen der Erkrankung
- Bildung
- Beruf
- Partnerschaft, Familie (blinden, nichtblinden Partner –warum)
- Wohnsituation

Raumorientierung/Mobilität

- Alltag - tägliche Aktivitäten
- Mobilitätsradius
- Begleitung und Führung
- Verwendung von Hilfsmittel, genutzte Hilfsmittel (Langstock, Sehhilfen, Navigationssysteme, iPhone,...) – Vor- und Nachteile
- Barrieren (städtebaulich, technisch,...), Lösungsansätze
- Bewertung von Autonomie
- Helfen – Wahrnehmung, Beurteilung

Gesellschaft und Blindheit

- Wahrnehmung von Behinderung
- Diskriminierung

Lasergestütztes, kleidungsintegriertes Assistenzsystem

- Anforderungen und Bedürfnisse bzgl. des angestrebten Assistenzsystems
- Wichtung einzelner zu erfassender Merkmale – Größe, Abstand, Geschwindigkeit des Hindernisses
- Rückkopplungsparameter: Wie sollen die Informationen übertragen werden?

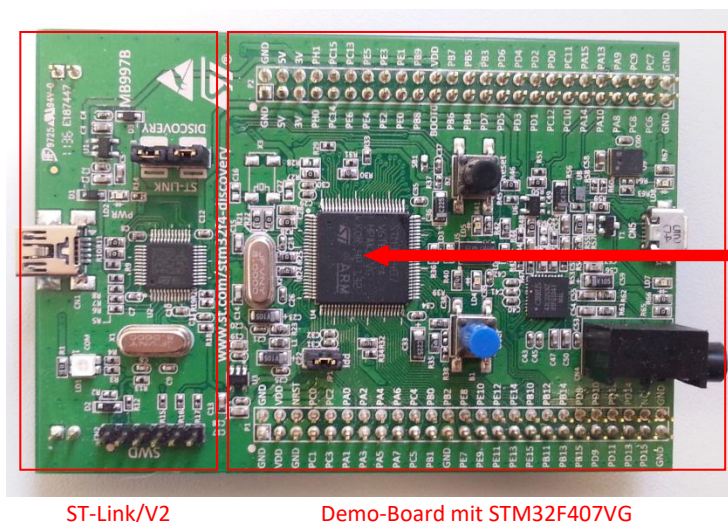
5. Aufbau und Test eines Feedbacksystems

Ziel war eine Realisierung und Erprobung eines Assistenzsystems für sehbehinderte Menschen auf Basis von lasergestützten Sensoren und Feedbackmechanismen. Im Verlauf des Projektes hat sich jedoch herausgestellt, dass die Methode, Licht über angeraute Lichtfasern aufzufangen und auszuwerten nur zu bedingt verwertbaren Ergebnissen führte. Daher wurde sich für die Umsetzung der Projektziele an einem handelsüblichen Lasermesssystem orientiert.

5.1 Recherche und Auswahl von Feedbackmechanismen

Ziel des Teilprojektes war die Erarbeitung eines Konzeptes zur bedarfsgerechten Rückkopplung von Informationen des Lasermesssystems. Dabei bietet sich die Verwendung eines Mikrocontrollers zur Verarbeitung analoger Spannungssignale eines optischen Messsystems an. Für einen schnellen Einstieg in die Entwicklung auf Mikrocontroller (μC) Basis eignet sich hier die genannte Problemstellung das STM32F4 Discovery Board von STMicroelectronics (STM), Abb. 3. Der verwendete ARM-Cortex™-M4 besitzt eine Vielzahl an Schnittstellen und Funktionalitäten und gehört mit seiner hohen Integrationsdichte zu den High Performance MCU's von STM.

Ein wesentlicher Vorteil bei der Entwicklung mit dem Discovery Board besteht im integrierten ST-Link/V2 Debugger der mit entsprechendem Treiber ein einfaches Programmieren über den USB Port des PC (Laptop) ermöglicht.



| Merkmale des STM32F4VG | |
|------------------------|--|
| Memory: | 1024 kB Flash 192 kB RAM |
| Peripherals: | 12 x 16 bit Timer 3 x 12 bit ADC 2 x 12 bit DAC 6 x PWM |
| Channel | 2 x Advanced |
| Control Timer | 10 x General |
| Purpose Timer | 2 x Basic Timer |
| Power: | 1.8 - 3.6 V |
| Low Power Modes: | Sleep, Stop, Standby |

Abbildung 3: STM32F4-Discovery Board von STMicroelectronics [1][2]

Als Softwareentwicklungsumgebung kann die kostenfrei zur Verfügung stehende Cocox IDE (Entwicklungsumgebung) verwendet werden. Als vorteilhaft erweist sich dabei die Nutzung der IDE

ohne Codesize - Begrenzung, wobei der benötigte GCC - ARM Compiler zusätzlich installiert und eingebunden [3] werden muss.

Ausgehend von einer zu verarbeitenden analogen Spannung des Lasermesssystems im Bereich zwischen $0 \leq U_{DC} \leq 3,3 \text{ V}$ kann der 12 Bit ADC (**A**nalog **D**igital **C**onverter) des Discovery Boardes zur Messwerterfassung mit einer maximalen Auflösung von ca. $806 \mu\text{V}$, bei einer Referenzspannung U_{Ref} von $3,3 \text{ V}$ ($3,3 \text{ V} / 2^{12} \text{ Bit}$), verwendet werden. Dabei kann angenommen werden, dass die Spannung in proportionaler Abhängigkeit zu einer entsprechend detektierten Entfernung ausgegeben wird.

Der Ausgang soll mit einem Rückkopplungssystem (Kopfhörer, LED oder Vibramotor) verbunden werden, welches beim Erreichen eines festgelegten Schwellenwertes, des analogen Eingangsspannungssignals, je nach Verwendung, ein entsprechendes Ausgangssignal ausgibt. Im hier vorliegenden Fall wurde sich schwerpunktmäßig auf eine schallbasierende Signalausgabe konzentriert. Diese kann im Nachhinein mit wenigen Handgriffen in eine vibrations- oder visuell basierende Rückkopplung verändert werden.

5.2 Erste Schritte

Da den einzelnen PIN's des μC unterschiedlichen Funktionalitäten zugeordnet werden können, wurden aus der Tabelle 1 nutzbare Belegungen abgeleitet.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|----|--------------|---|-----|----|-----|--------------|----------|-----------|------------|----------------|-------------|------------|----------|
| PA3 | P1.13 | 26 | PA3-USART-RX | 5 | | FT | PA3 | PA3-USART-RX | TIM5_CH4 | TIM9CH_2 | TIM2_CH4 | OTG_HS_ULP1_D0 | ETH_MII_COL | ADC123_IN3 | |
| PA4 | P1.16 | 29 | PA4-I2S3_WS | 5 | DAC | FT | PA4 | SPI1_NSS | SPI3_NSS | USART2_CK | DCMI_HSYNC | OTG_HS_SOF | I2S3_WS | ADC12_IN4 | DAC1_OUT |

Tabelle 3: Belegung des Discovery Board [4]

Es wird deutlich, dass sich PIN PA3 zur Verwendung als ADC, und der PIN PA4 als DAC eignet. Die vom Hersteller STM zur Verfügung gestellten Standarttreiber und spezifischen Konfigurationsdateien ermöglichen das Einbinden und damit das Herstellen von Grundfunktionalitäten zur Verwendung des Boards.

Aus der Dokumentation des Herstellers kann entnommen werden, dass mit dem STM32F4 eine maximale ADC Abtastrate von $f_{ADCmax} = 36 \text{ MHz}$ realisierbar ist. Für die Anwendung wurde eine Abtastrate von $1,4 \text{ MHz}$ und damit eine Abtastzeit von $t = 0,714 \mu\text{s}$ über entsprechende softwareseitige Einstellungen realisiert.

Für die schallbasierende Signalausgabe wurde ein monoton klingendes Signal (sinusgeneriert) als mögliche Variante fokussiert. Als erste Orientierung ist ein hörbarer Frequenzbereich von 500 Hz bis 16 kHz gewählt worden. Hierbei soll eine Änderung der Eingangsspannung am ADC eine entsprechende Frequenzänderung am Ausgang des DAC bewirken. Die folgende Tabelle 2 verdeutlicht den Zusammenhang.

Tabelle 4: Frequenzen bei unterschiedlichen Spannungseingängen

| Eingangsspannung [V] | ADC-Wert | Frequenz [Hz] |
|-------------------------|----------|------------------|
| 0,0 | 0 | 16.000 |
| 0,5 | 620 | 11.000 |
| ... | ... | ... |
| 2,5 | 3.102 | 3.000 |
| 3,3 | 4.095 | 500 |

Im DMA Modus (**D**irect **M**emory **A**ccess) des DAC (**D**igital **A**nalog **C**onverter) wird entsprechend der ermittelten ADC Werte im Bereich von 0 bis 4095 ein sinusförmiges Ausgangssignal generiert. Um einen zyklisch sinusförmigen Verlauf des Ausgangssignals zu erreichen wurde eine Tabelle mit 32 Werten hinterlegt und entsprechende Timer- und Prescalereinstellungen portiert. Das Ergebnis der Einstellungen wird in Abbildung 4 dargestellt.

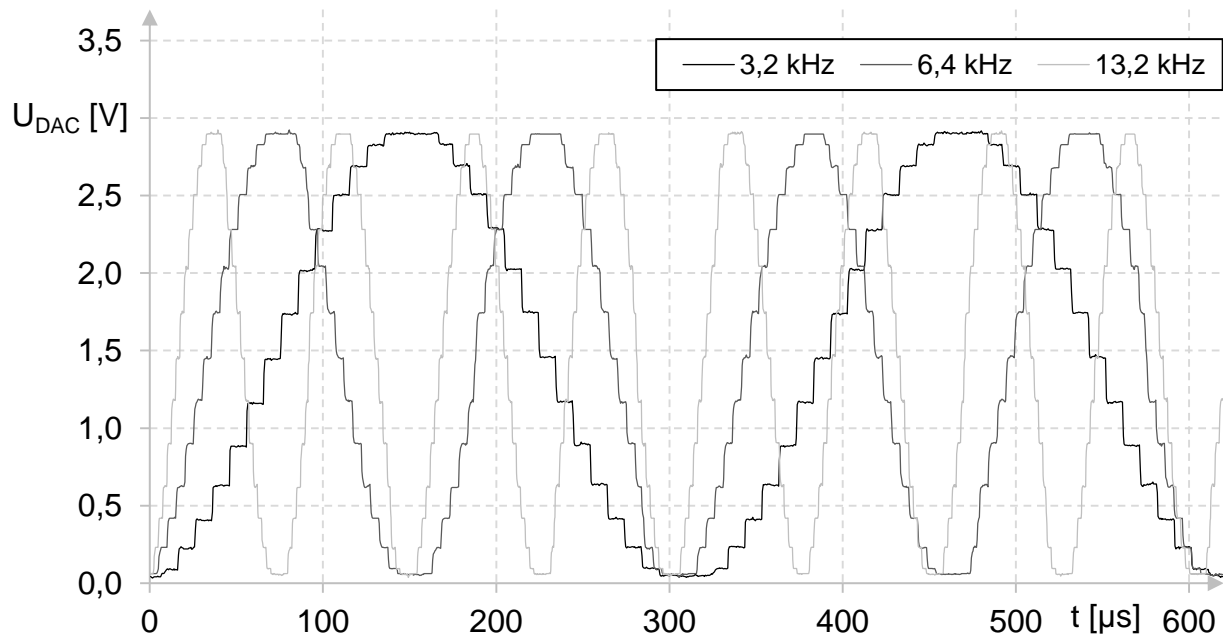


Abbildung 4: gemessene DAC Ausgangssignale

Im Verlauf des Projektes wurden weitere Einstellungen getestet um ein hochwertigeres Ausgangssignal zu generieren

5.3 Umsetzung

Als erstes wurde der Entfernungssensor, Mikrocontroller Board, Kopfhörer und eine externe Spannungsversorgung von 4,8 V ($4 \cdot 1,2$ V) miteinander verbunden, sodass dieses am Handgelenk getragen werden kann. Die Spannungsversorgung des Boards wurde über entsprechend dafür zur Verfügung stehende PIN`s [5] geschaltet. Dieser Aufbau stellt den ersten Prototypen dar und würde bei Weiterführung um einiges kompakter gestaltet sein, damit es am Handgelenk zu keinen Einschränkungen im Alltag kommt (Abbildung 5).

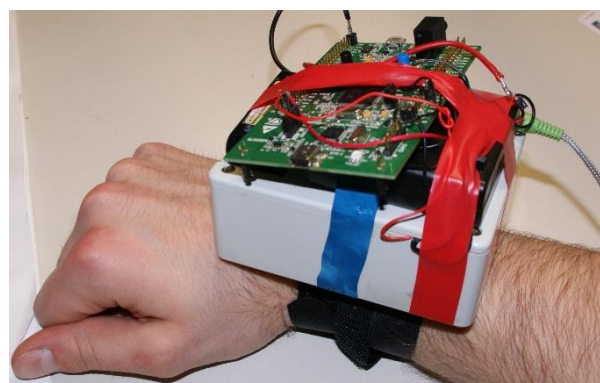


Abbildung 5: Prototyp des Messsystems mit schallbasierter Ausgabe über handelsübliche Kopfhörer

Eine Verbesserung der Signalqualität wurde durch Erweiterung der DMA Tabelle auf 256 Werte erreicht und eine zusätzliche ADC Mittelwertbildung ermöglichte dabei die Nutzung von Frequenzbereichen unter 600 Hz. Es konnten somit die Bereiche zwischen 13,8 kHz und 120 Hz in Stufen von 10 Hz skaliert werden. Ein einfacher Versuchsaufbau mit Maßband und Karton erfolgte, mit denen bei fester Entfernung die daraus resultierende Frequenz über ein Digitalspeicheroszilloskop (DSO) gemessen wurde, Abb. 6.

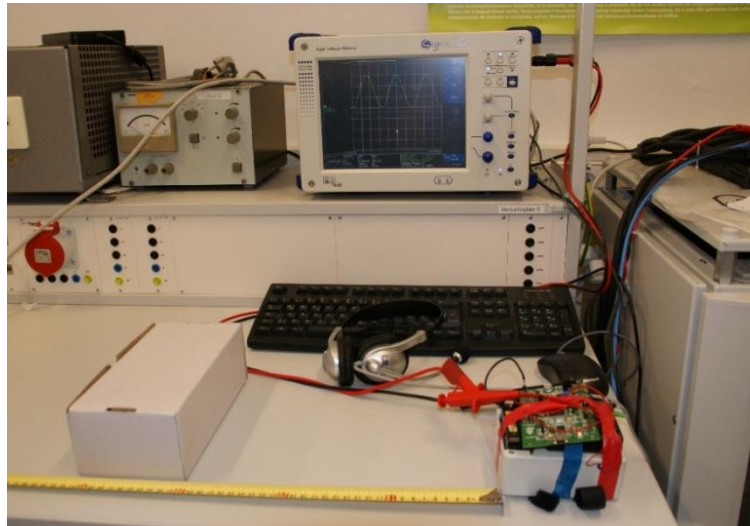


Abbildung 6: Versuchsaufbau

Die Einstellung der ADC Stufen brachte jedoch die Erkenntnis, dass es sich dabei um zu viele Bereiche handelte. Bei einer exemplarisch festgelegten Entfernung von einem Meter waren nicht nur eine Frequenz, sondern mehrere Frequenzen über die Kopfhörer wahrzunehmen. Daher war eine eindeutige Zuordnung der Frequenz zur Entfernung nicht möglich. Als Ursache hierfür ist das Gesamtsystemrauschen zu sehen.

Es wurden daraufhin weniger Frequenzbereiche festgelegt, wodurch nur noch eine definierte Frequenz einer entsprechenden Entfernung zugeordnet werden konnte. Hierbei wurde als sinnvolle Lösung eine Einteilung in 30 Bereiche in einem Frequenzband zwischen 13,8 kHz und 120 Hz gesehen.

Um eine eindeutige Zuordnung der Frequenzen auch im höheren Bereich zu gewährleisten wurde die Frequenzskalierung für den Prototypen entsprechend angepasst. Die Tabelle 3 verdeutlicht den Zusammenhang vereinfacht. So werden die Frequenzen nicht mehr statisch, sondern zur besseren Abgrenzung in Abhängigkeit zur Höhe der Frequenz skaliert. Die Zuordnung soll für das Prototypensystem als ausreichend gelten.

Tabelle 5: Frequenzen bei unterschiedlichen Spannungseingängen

| Eingangsspannung [V] | ADC-Wert | Frequenz [Hz] |
|-------------------------|----------|------------------|
| 0,0 | 0 | 13.800 |
| 0,5 | 682 | 4.117 |
| ... | ... | ... |
| 2,5 | 3.412 | 225 |
| 3,0 | 4.095 | 120 |

Es kann festgestellt werden, dass die einzelnen Frequenzbereiche akustisch getrennt voneinander wahrnehmbar sind und dabei einer entsprechenden Entfernung zugeordnet werden können.

Zur zeitlichen Darstellung des Gesamtsystemverhaltens wurde der Versuchsaufbau mit einer Möglichkeit zur schnellen Einbringung eines Hindernisses in den Messbereich des Lasermesssystems modifiziert. Zur Darstellung des Gesamtverhaltens wurde das Hindernis in unmittelbarer Nähe (10 cm) vom Sensor entfernt eingebracht. Aus dem ermittelten Kennlinienverlauf konnte entnommen werden, dass eine Reaktionszeit für das Gesamtmesssystem mit Ausgabe des Signals am DAC des μC bei $t < 50 \text{ ms}$ liegt. Ausgehend von der menschlichen Reaktionszeit kann das Gesamtmesssystem damit als hinreichend schnell definiert werden.

Zur besseren Verdeutlichung der Dynamik der spannungsabhängigen Frequenzänderung wird der Kennlinienverlauf in Abbildung 7 mit schneller Entfernung des Gegenstandes aus dem Bereich des Lasermesssystems dargestellt.

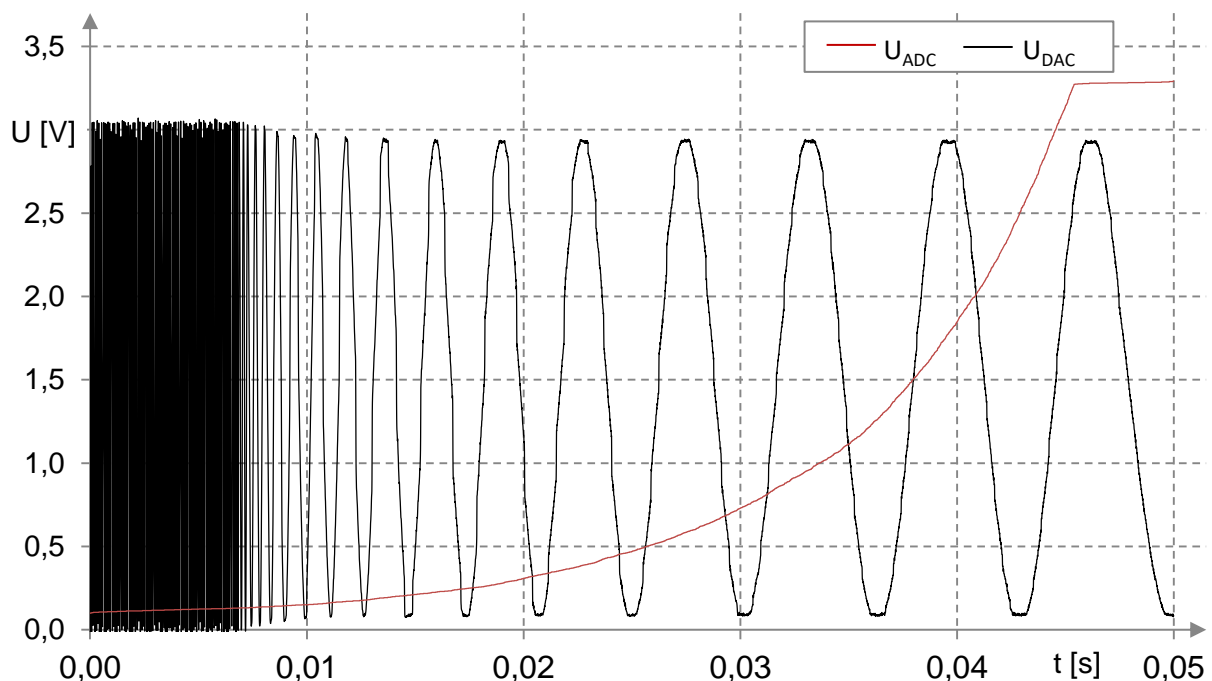


Abbildung 7: Signalverlauf bei schneller Entfernung eines Gegenstandes

Da die Grenzen des ADC softwareseitig festgelegt wurden, gilt die Möglichkeit einer detaillierteren Skalierung der Frequenzbereiche, unter Beachtung des Gesamtsystemrauschens auf höhere Entfernungen und mit Anpassung eines entsprechenden Sensors, als schnell und einfach realisierbar.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Problemstellung gelöst und ein Sensorsystem für sehbehinderte Menschen realisiert wurde, welches „grob“ funktioniert und verwendet werden kann. Der nächste Schritt wäre die Realisierung eines genaueren Systems auf Basis eines präziseren Entfernungssensors, kompakterer Bauweise und die Erprobung weiterer Rückkopplungsmechanismen wie Vibration, Licht und anderer Signaltöne.

5.4 Literaturverzeichnis

- [1] http://www.mikrocontroller.net/articles/STM32_f%C3%BCr_Einsteiger
[Stand: 05.03.2014]
- [2] <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/DM00037051.pdf> [Stand: 27.01.2014]
- [3] http://www.coocox.org/CoIDE/Compiler_Settings.html [Stand: 05.03.2014]
- [4] <http://kornak.ca/parts/stm32-discovery-f4/Kornak-STMicro%20STM32-F4%20Product%20List%202012-10-15.xls> [Stand: 27.02.2014]
- [5] http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user_manual/DM00039084.pdf [Stand: 12.02.2014]

6. Konzeptionierung und Test textiler Integrationsverfahren

6.1 Modifikationsmöglichkeiten

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben wurde zur besseren Integration optischer Sensoren ein Konzept zur Kombination von Lichtleitfasern mit textilen Fasern entwickelt. Zur Nutzung von Lichtleitfasern als sensitives Element in einer typischen Laufzeit-basierten Messkonfiguration (vgl. Kap. 3) wurden die Fasern an ihrem Umfang modifiziert. Hierbei wurde die Mantelfläche der Faser teilweise abgetragen um eine Einkopplung von Licht an dieser Stelle zu ermöglichen, Abb. 8.

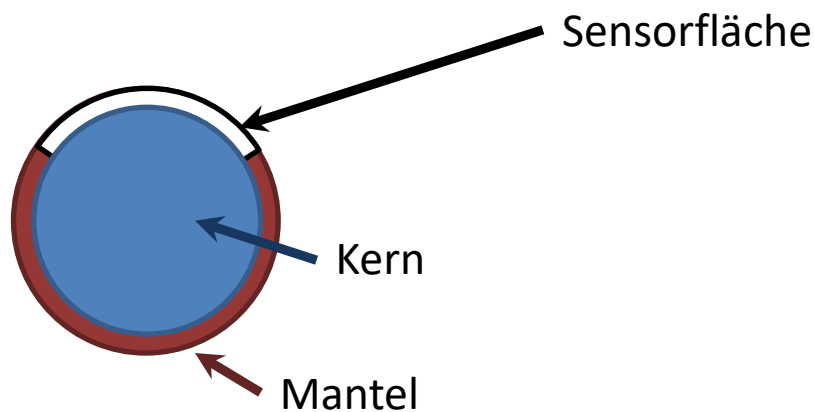


Abbildung 8: Darstellung eines im Projekt modifizierten Lichtleiterquerschnittes

Somit wird die Eigenschaft der Fasern Licht möglichst ohne Verluste über eine gegebene Strecke zu leiten, partiell unterbunden. An dieser Stelle kann die Faser Umgebungslicht aufnehmen. In einer Messsituation bedeutet das, dass ausgesandte Pulse eines Messlasers empfangen und ausgewertet werden können. Zur Unterscheidung von Mess- und Umgebungslicht werden einerseits optische Filter für die entsprechende Wellenlänge eingesetzt und andererseits wird elektronisch nur das modulierte Nutzsignal des Lasers verstärkt (Phasenempfindliche Gleichrichtung [8]).

Zur Evaluierung des neuartigen technischen Ansatzes wurden zunächst verschiedene Faserarten ausgewählt und diese mit Hilfe unterschiedlicher Modifikationsmöglichkeiten behandelt.

Zu diesen Fasern zählten:

- Glasfasern zur Datenübertragung (Kerndurchmesser 125 μm , Fa. Fiberware)
- Glasfasern (Kerndurchmesser 400 μm , Fa. Laser Components)
- Standard Polymerfasern (Kerndurchmesser 250 μm , Fa. Edmund Optics)
- NIR-optimierte Polymerfasern (Kerndurchmesser 250 μm , Fa. Thorlabs)

Diese Faserarten wurden anschließend mit Hilfe von zwei Modifikationsformen

- Mechanischer Abtrag mittels Schleifscheibe
- Chemischer Abtrag mittels Acetonspülung
- bei Glasfasern zusätzlich pyrolytische Zersetzung des Mantels

bearbeitet, Abb. 9.

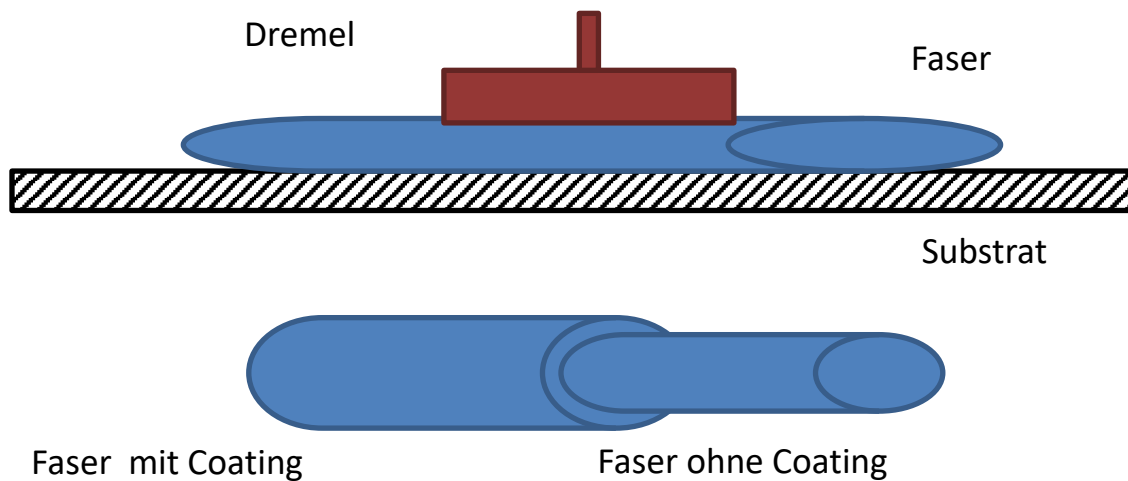


Abbildung 9: Darstellung der Manipulationsmöglichkeiten für Lichtleitercoatings

Zur Einschätzung des Bearbeitungsvorganges dient eine qualitative Bewertung, Tabelle BB, sowie die quantitative Erhebung von Messdaten in einem einfachen Experiment. Hierzu wurden die modifizierten Fasern in einem Versuchsaufbau mit einer definierten Laserleistung bestrahlt und die Einkoppeleffizienz als Quotient aus eingestrahelter und am Faserende messbarer Laserleistung bestimmt, Abb. 10.

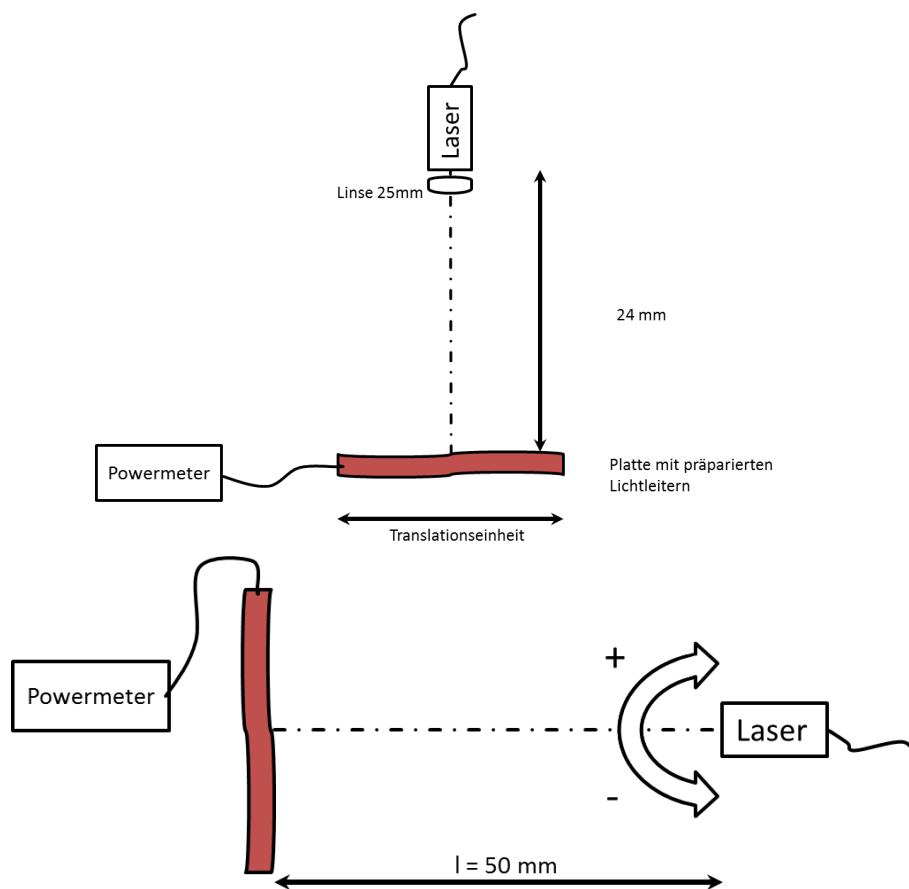


Abbildung 10: Versuchsaufbau zum Vergleich der Einkoppeleigenschaften verschiedener, modifizierter Lichtleiter

Tabelle 6: Qualitative Einschätzung der Fasermodifikationsverfahren

| | Glasfaser Fa. Fiberware | Glasfaser Laser Components | Standard Polymerfaser | NIR-optimierte Polymerfaser |
|----------------------|--|---|---|---|
| Mechanischer Abtrag | sehr dünne Faser, bei Vorgang zerstört | Abtrag ohne Problem möglich, allerdings teilweise Abtrag von Kern | Abtrag ohne Problem möglich, allerdings teilweise Abtrag von Kern | Abtrag ohne Problem möglich, allerdings teilweise Abtrag von Kern |
| Chemischer Abtrag | Abtrag ohne Problem möglich | Abtrag ohne Problem möglich | Abtrag ohne Problem möglich | Abtrag ohne Problem möglich |
| Pyrolytischer Abtrag | sehr dünne Faser, bei Vorgang zerstört | Abtrag ohne Problem möglich | nicht anwendbar | nicht anwendbar |

Durch die Einschätzung wird sehr schnell deutlich, dass die Modifikation mittels chemischen Abtrag sehr gut auf alle Faserarten anwendbar ist. Der mechanische Abtrag ist hingegen meist ohne Probleme anwendbar, allerdings ist nicht in jedem Fall auszuschließen, dass der Faserkern mit beschädigt wird, was die strukturellen sowie die optischen Eigenschaften der Faser beeinträchtigen kann. Nach Auswertung der qualitativen Einschätzung wurde entschieden, repräsentativ an einer Glasfaser der Fa. Laser Components jeweils die beiden Modifikationsmöglichkeiten „mechanischer Abtrag“ und „chemischer Abtrag“ quantitativ zu untersuchen. Hierzu wurden modifizierte Fasern mit einem Laser aus einer definierten Entfernung bestrahlt und das Verhältnis aus eingestrahelter und tatsächlich in der Faser geleiteter Lichtleistung als Übertragungseffizienz bestimmt. Messungen wurden an verschiedenen Positionen der Faser (welche auf einer Verfahrinheit gelagert war) durchgeführt, Abb. 11.

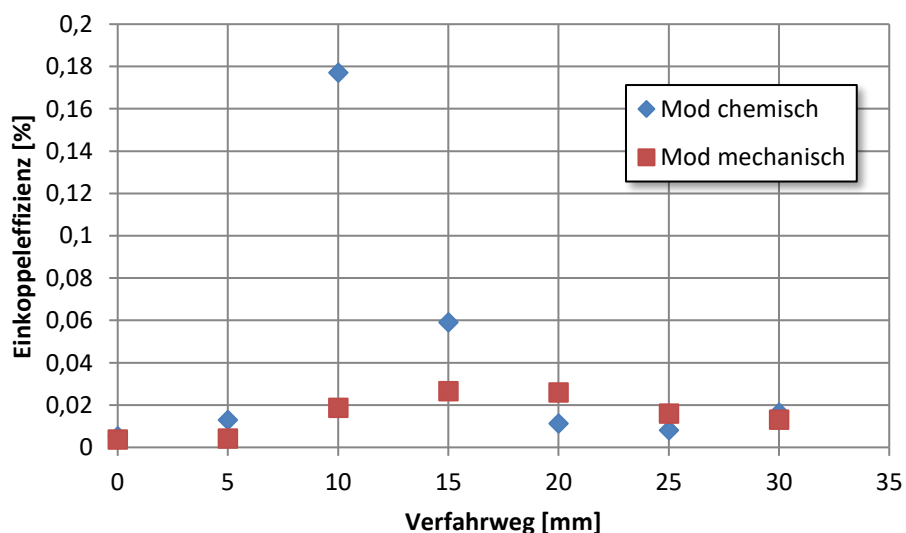


Abbildung 11: Ergebnisse der Einkoppelversuche an verschiedenen, modifizierten Lichtleitern

Außerdem wurde der Versuchsaufbau leicht modifiziert um zu den bereits durchgeführten Messungen auch die Winkelabhängigkeit der manipulierten Fasern zu untersuchen, Abb. 12.

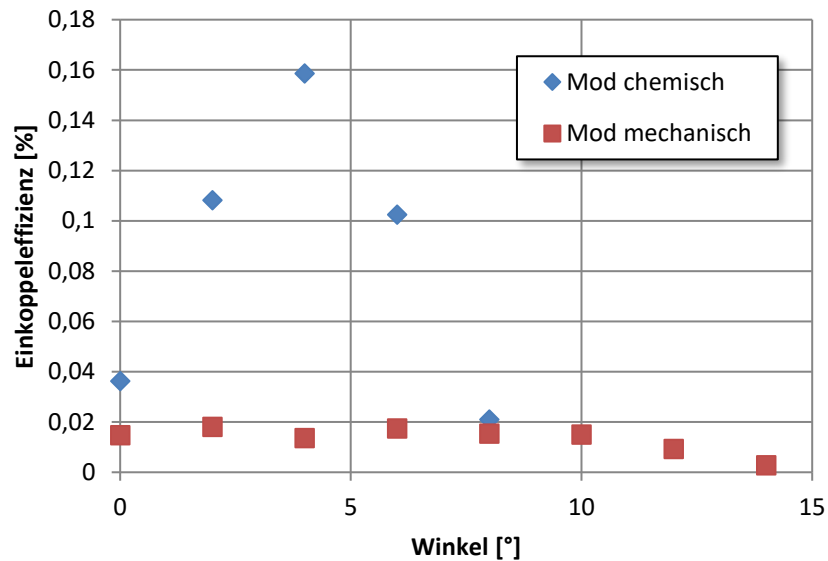


Abbildung 12: Winkelabhängige Einkoppeleigenschaften verschiedener, modifizierter Lichtleiter

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Beseitigung des Mantels mittels chemischen Abtrags eine deutlich höhere Übertragungseffizienz ermöglicht. Aus diesem Grund wird diese Methode zur weiteren Herstellung von Sensoren genutzt.

Außerdem wurde noch die Manipulation der bereits modifizierten Lichtleitfasern durch das Aufbringen von Epoxidharz geprüft. Bei diesem Ansatz wurden primär zwei Ziele verfolgt. Zum einen sollten mehrere einzelne Fasern damit optisch verbunden werden, um die Effizienz zu erhöhen. Zum anderen sollte das aufgebraute Epoxidharz wie Linse wirken und somit die Effizienz beim Einkoppeln in eine einzelne Faser erhöhen, Abb. 13.

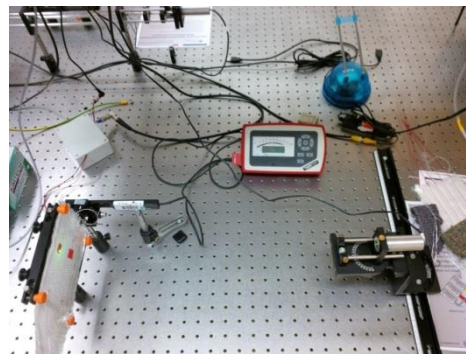
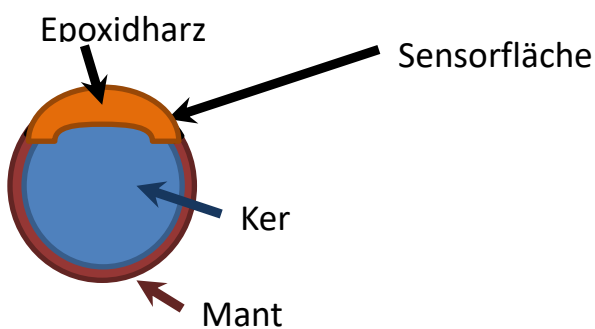


Abbildung 13: Prinzipdarstellung einer mit Epoxidharz modifizierten Lichtleitfaser und ein Darstellung eines angepassten Versuchsaufbaus

Zum Test der entsprechenden Manipulation wurde der Versuchsaufbau aus dem vorherigen Experiment (Winkelmessung) genutzt.

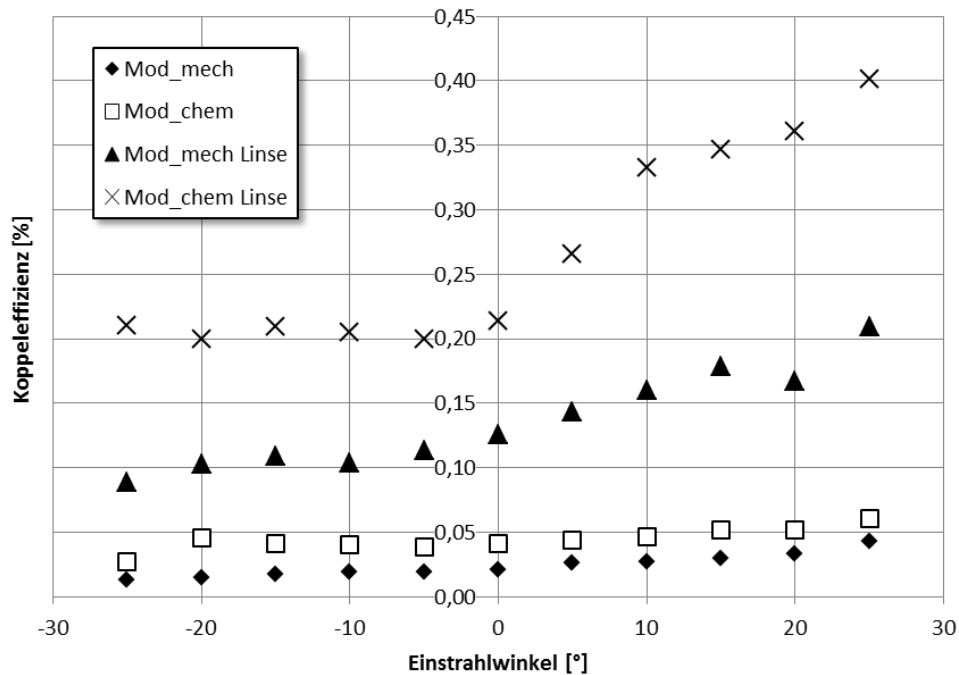


Abbildung 14: Ergebnisse der Einkoppelversuche an verschiedenen, modifizierten Lichtleitern im Vergleich mit Epoxidharz-Modifizierten Fasern

In Abb. 14 ist die Übertragungseffizienz der verschiedenen Modifikationsmöglichkeiten von optischen Fasern für das angestrebte Assistenzsystem dargestellt. Es wird deutlich, dass die Effizienz bei der Aufnahme und Weiterleitung von Licht bei allen Proben sehr gering ist. Vor allem die Proben welche mittels mechanischen Abtrags modifiziert sind, ermöglichen lediglich eine Koppeleffizienz von kleiner 0,025 %. Dementgegen stehen die chemisch modifizierten Proben. In der Grundkonfiguration (keine aufgebrauchte Linse aus Epoxidharz) erlaubt diese Art der Modifikation eine Koppeleffizienz von rund 0,05 %. Außerdem wird klar, dass die Aufbringung einer Linse aus Epoxidharz eine deutliche Steigerung der Koppeleffizienz bei beiden Modifikationsarten erlaubt. Diese Linse sorgt für die optische Verbindung mehrerer nebeneinanderliegender Faser und zu einer Vergrößerung der eingekoppelten optischen Leistung.

Bei allen Proben ist deutliche Winkelabhängigkeit in der Einkoppeleffizienz zu beobachten. Die Koppeleffizienz steigt in Richtung der Position des Detektors (positive Winkel im Diagramm) linear an. In der entgegengesetzten Richtung ist ein nahezu konstanter Verlauf sichtbar. Für eine praktische Anwendung, bei der Licht aus einer beliebigen Richtung auf das sensitive Textil treffen kann, ist somit der niedrigste Wert der Koppeleffizienz ausschlaggebend.

6.2 Textile Integration

6.2.1 Materialrecherche zu Faserstoffen

Es gibt bereits ein riesiges Angebot an unterschiedlichsten Faserstoffen, welche branchenübergreifend eingesetzt werden. Aufgrund der Vielzahl existierender textiler Faserstoffe

Um die Projektlaufzeit einhalten zu können, werden derzeit folgenden Festlegungen getroffen:

- Die möglichen begleitenden Faserstoffe für die Umsetzung der textilen Eigenschaften werden derzeit nicht näher betrachtet, da vorerst die Machbarkeit der textilen Integration einer sensorischen Faser im Vordergrund steht.
- Als sensorische Fasern werden bereits handelsübliche Lichtwellenleiter eingesetzt.

Um im späteren Kleidungsstück den gewünschten textilen Charakter und die integrierten Sensoren miteinander zu vereinen, wird auch bei der Auswahl des einzusetzenden sensorischen Faserstoffes auf die entsprechenden textilen Eigenschaften geachtet. Um die Messtechnik unauffällig in das Kleidungsstück zu integrieren, sollte der Faserstoff selbst die sensorische Leitfähigkeit ermöglichen.

6.2.2 Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter dienen dem Übertragen von Licht. Die bekanntesten Einsatzgebiete sind die Nachrichten- und Multimediatechnik. Das vereinfachte Prinzip von Lichtwellenleitern ist der Transport des Lichtes von Punkt A zu Punkt B, der durch Reflexion im Inneren passiert. Die Reflexion erfolgt mittels niedrigen Brechungsindex des umgebenden Mediums als Totalreflexion oder Vorspiegelung an der Grenzfläche. Dabei soll möglichst ein Beschädigen der Oberfläche vermieden werden, um das Austreten des Lichtes zu verhindern. Lichtwellenleiter sind witterungs- und alterungsbeständig.

Lichtwellenleiter bestehen aus Glasfasern oder auf kunststoffbasierenden Fasern. Glasfasern sind unbrennbar und chemisch resistent. Sie werden vor allem als Lichtwellenleiter in der Datenübertragung und als Beleuchtung in der Architektur sowie Medizintechnik genutzt. Quarzglas ist chemisch beständig, elektrisch isolierend sowie durchlässig für infrarote bis ultraviolette Strahlung. Dadurch wird es z. B. als Linsenmaterial für Ultraviolett-Optik und Lichtleitkabel verwendet. Aus hochtransparentem Acrylglas besteht die optische polymere Faser Polymethymethacrylat (PMMA), welche UV-Licht absorbiert und beständig gegenüber Säuren und Kratzer ist. PMMA wird besonders in der Lichttechnik und Optik eingesetzt. Das synthetische Polymer Polycarbonat (PC) dient in erster Linie als eine Art Schutzverglasung, wie z. B. bei Motorradvisiere, Flugzeugfenstern und Wintergärten, aber auch als optische Linsen und Gehäuse von Handys. Dieser Kunststoff ist besonders kratzfest, steif und isolierend gegenüber elektrischem Strom.

In diesem Projekt wird das umgekehrte Prinzip von Lichtwellenleitern genutzt. Das Licht wird an offenen Stellen eingesammelt und zu einem Sammelpunkt transportiert. Allerdings ist derzeit kein Lichtwellenleiter zur Umsetzung des erwünschten Prinzips frei verkäuflich, da er aufgrund seiner ursprünglichen Funktion eine schützende Claddingschicht bzw. Mantel besitzt und keine offenen Stellen aufweisen darf. Um jedoch das Projektziel mittels Lichtwellenleiter zu erreichen, muss zum Erhalt der erforderlich offenen Stellen eine Schädigung der Oberfläche erfolgen. Daraufhin hebt sich PMMA als die geeignetste sensorische Faser hervor.

6.3 Konstruktive Betrachtungen für den Anwendungszweck

Beruhend auf den Erkenntnissen der Werkstoff- und Anforderungsanalyse kann nachfolgend mit konstruktiven Betrachtungen für die Umsetzung der textilen Fläche begonnen und ein kurzer Einblick gegeben werden.

6.3.1 Textile Grundlagen

Für die Herstellung eines Faserstoffes zu einer Faser bzw. Faden bedarf es mehrerer Arbeitsschritte, die aufgrund der einzelnen Herstellungsverfahren und nachfolgenden Fadenherstellung variieren. Diese Arbeitsschritte unterscheiden sich genauso, wie die textilen und sensorischen Ansprüche an die einzusetzenden Faserstoffe. Aufgrund der Festlegung, handelsübliches PMMA als lichtleitende Faser zu verwenden, wird nachfolgend die geeignete Faserverarbeitung ermittelt.

- Ein Monofil ist ein Filamentgarn aus einem einzigen endlosen Elementarfaden.
- Als Roving wird ein Bündel, Strang oder Multifilamentgarn aus einer Vielzahl von nebeneinanderliegenden Filamenten, auch Endlosfasern bezeichnet, beschrieben.
- Ein Garn ist ein endloses linienförmiges Gebilde, das aus endlichen Stapelfasern gesponnen oder aus textilen endlosen Faserstoffen durch leichtes Verdrehen hergestellt wird.
- Zwirne sind ein linienförmiges Gebilde, welche mindestens durch zwei miteinander verdrehte Garne hergestellt werden.

Um möglichst viel Licht einzusammeln, sollte der Lichtwellenleiter so oft wie möglich in dem Kleidungsstück oben auf liegen. In Hinblick darauf wird die Verwendung des Lichtwellenleiters als Monofil vorgesehen.

6.3.2 Einarbeitung während der Flächenbildung

Die Einarbeitung von lichtleitenden Fasern während der Flächenbildung ist mit Hilfe vielfältigster textiler Technologien möglich.

Flechten

Als Geflechte werden verschlungene Strukturen bezeichnet, welche ihren Ursprung im Zopfflechten und Klöppeln haben. Mittels abwechselndem Über- bzw. Unterflechten werden einzelne Fäden miteinander verbunden. Die Herstellung eindimensionaler Strukturen können mittels Litzen-, Spitzenflechtmaschine und Packungsflechter und die zweidimensionaler Strukturen mittels Rund- und Rotationsflechtmaschine erfolgen. Heutzutage werden Geflechte hauptsächlich für technische Textilien verwendet. Sie können je nach verwendete Materialien und späteren Einsatzgebiet eine strapazierfähige Oberfläche, leichtes Gewicht und richtungsabhängige Elastizität besitzen.

Diese Technologie kann in Bezug auf die Umsetzung einer kleineren Fläche näher betrachtet werden.

Filze

Bei der Herstellung von Filzen liegen die einzelnen Fasern orientiert, verkreuzt oder wirtl zueinander. Unter Einwirkung von Druck, Reibung und Wärme werden die einzelnen tierischen Fasern miteinander verbunden, wodurch eine strapazierfähig, wärmeisolierend und hautfreundlich Fläche entsteht. Besonders im Hobbybereich ist dies eine beliebte Technik zur Herstellung einer textilen Fläche.

Da die Lichtwellenleiter sehr empfindlich gegenüber hoher Beanspruchung sind und in der textilen Fläche möglichst oft oben liegen sollten, werden diese Technologien zur Umsetzung der Lichtwellenleiter ungeeignet.

Maschenware

Maschenware sind textile Flächen- bzw. Raumgebilde, die durch das Ineinanderschlingen einzelner Maschen aus einem oder mehreren Fadensystemen ein formschlüssiges Gebilde erzeugen. Dabei

kann zwischen Stricken, Ketten- und Kulierwirken unterschieden werden. Bei dem Stricken sind die Nadeln einzeln beweglich und die Maschenbildung erfolgt nacheinander als Einzelfäden. Beim Kettenwirken werden mehrere Nadeln gemeinsam bewegt und es erfolgt eine gleichzeitige Maschenbildung als Fadenschar. Das Kulierwirken vereint die Maschenbildung als Einzelfäden des Strickens mit den gemeinsamen beweglichen Nadeln des Kettenwirkens. Alle Maschenwaren können direkt bei der Herstellung als Flach- oder Rundware gefertigt werden. Im Allgemeinen sind Maschenwaren sehr elastisch und dehnfähig, wodurch sie im späteren Einsatz eine hohe Formstabilität, Haltbarkeit und gute Passform aufweisen. Allerdings ist die Dehnung bei jeder Maschenware und in Längs- bzw. Querrichtung unterschiedlich. Zudem wirken Maschenwaren durch die erzeugten Luftkammern im Sommer kühlend und im Winter wärmend.

Mit Hinblick auf den Erhalt eines textilen Charakters sollte die Betrachtung näher erfolgen. Allerdings muss beim Eintragen des Lichtwellenleiters aufgrund seiner Sprödigkeit auf das Verschlingen geachtet werden. Daher wird die Umsetzung mittels Stricken vorgeschlagen.

Vliese

Vliese werden grundlegend wie Filze hergestellt, müssen jedoch zum Erhalt einer festen textilen Fläche zusätzlich verfestigt werden. Die Vliesbildung kann aerodynamisch, hydrodynamisch oder mechanisch erfolgen. In Abhängigkeit vom Faserstoff sind die verschiedenen Verfahren der mechanischen, chemischen und thermischen Vliesverfestigung möglich. Aus dem Zusammenspiel von Vliesbildung und Vliesverfestigung entstehen ein Vielzahl an Verfahren, welche die Eigenschaften des Vlieses und somit den späteren Verwendungszweck beeinflussen. Aufgrund seiner Stabilität und Strapazierfähigkeit werden Vliese vorwiegend für technische Textilien und Heimtextilien verwendet. Bei einigen der bereits genannten Vliesherstellungsverfahren könnten Lichtwellenleiter verarbeitet werden, sind aber als Materialien für Oberbekleidungsstoffe ungeeignet.

Weben

Als Gewebe werden textile Flächengebilde aus rechtwinklig verkreuzten Fäden bezeichnet, die aus mindestens zwei Fadensystemen bestehen. Die üblichen Fadensysteme sind die längs verlaufende Kettfadenschar und der quer verlaufende Schussfaden. Die gebräuchlichsten Gewebearbindungen sind Leinwand-, Köper- und Atlasbindung. Dabei nimmt in genannter Reihenfolge die Häufigkeit der Bindungspunkte innerhalb des Rappports ab und das Gewebe wird lockerer, weicher, anschmiegsamer und glänzender. Als Rapport wird die kleinste, sich wiederholende Einheit der Bindung im Gewebe bezeichnet. Generell halten Gewebe in Kett- und Schussrichtung starken Zugbelastungen stand. In diagonaler Richtung sind sie jedoch weniger strapazierfähig, aber dehnbarer. Eine hohe Strapazierfähigkeit und Dimensionsstabilität wird zudem von der großen Fadendichte positiv beeinflusst. Je nach Bindungsart wirkt das sich jedoch negativ auf die Scherbelastungen aus.

Des Weiteren gibt es Mehr-Fadensystem-Gewebe mit mindestens drei Fadensystemen, zu denen die Polgewebe gehören. Bei diesen speziellen Webbindungen wird neben dem Verkreuzen der Fäden mindestens ein zusätzliches Fadensystem rechtwinklig aufgebracht.

Mittels Weben kann der Lichtwellenleiter auf verschiedenste Möglichkeiten eingetragen werden.

6.3.3 Einarbeitung nach der Flächenbildung

Auch nach der Flächenbildung ist die Einarbeitung des Lichtwellenleiters in einem zusätzlichen Arbeitsgang auf vielfältigste Art und Weise möglich.

Beschichten

Als Beschichten wird das ein- oder beidseitige Aufbringen von mindestens einerflüssigen oder cremigen Streichmasse auf ein textiles Flächengebilde bezeichnet, welche die

Oberflächeneigenschaften beeinflussen sollen. All diese Verfahren werden zur funktionellen Verbesserung des Trägermaterials hinsichtlich des Verwendungszweckes verwendet und besitzen einen großen Einfluss auf die textilen Eigenschaften wie z. B. Wasserdichtigkeit, Brennbarkeit, Weiterreißfestigkeit und Optik. Hauptsächlich wird das Beschichten für Oberflächen von technischen Textilien verwendet. Die allgemein bekanntesten Vertreter sind Schutz- und Warnbekleidung, Fallschirme, Begrünungssysteme, Filter, Airbags, Planen und Duschvorhänge.

Beim Beschichten würde der Lichtwellenleiter zwischen verschiedenen Medien liegen, so dass eine möglichst hohe Lichtaufnahme beeinträchtigt wird.

Kaschieren

Im Textilien wird Kaschieren als Verbinden von mindestens zweier Materialien unter Druck und / oder Hitze gesprochen. Dabei wird zwischen Klebetextilien und Textilkleber unterschieden. Klebetextilien sind Stoffe, die als Träger für den Kleber und zusätzlicher Stabilisator des Oberstoffes dienen. Textilkleber sind Klebstoffe auf thermoplastischer Basis und befinden sich zwischen zwei Oberstoffen als Verbindungselement. Aufgrund der großen Auswahl an unterschiedlichen Klebern können die Eigenschaften hinsichtlich der Elastizität und Strapazierfähigkeit große Unterschiede aufweisen.

Beim Kaschieren liegt der Lichtwellenleiter zwischen mindestens zwei Materialien und wird hinsichtlich der angestrebten Anwendung als ungeeignet eingestuft.

Nähen und Sticken

Als Nähen wird das Verbinden mindestens zweier Materialien mit Hilfe eines oder mehrerer Fäden bezeichnet. Die zum Teil sehr unterschiedlichen Nähgutlagen können mittels unterschiedlicher Nähmaschinen und verschiedener Stichtypen formschlüssig miteinander verbunden werden. Die Art des Stichtyps und die einzusetzenden Materialien haben einen großen Einfluss auf die Eigenschaften der textilen Fläche, wie z. B. Elastizität und Strapazierfähigkeit. Die Stichtypen variieren unter anderem im Aussehen, dem späteren Anwendungsgebiet und ihrer Lösbarkeit, bei denen zwischen leicht und schwer lösbaren Nähten unterschieden werden kann. Die Naht, also die Verbindung zweier Materialien, wird hauptsächlich in die verdeckten oder innenliegende Bereiche gelegt. Das Nähen wird in allen textilen Bereichen eingesetzt.

Sticken ähnelt der Technologie des Nähens, dient aber vorrangig dem Verzieren einer Fläche. Es ist ein eigenständiges Verfahren, bei dem mindestens ein Faden in beliebige Richtung mit einer Fläche verbunden wird. Als Besonderheit kann im Vergleich zum Nähen das Sticken in vielfältigster Weise variabel verändert werden. Eine sehr interessante Möglichkeit ist das Auflegen und anschließende Verarbeiten von zusätzlichem Fadenmaterial mittels Soutache-Technik oder zusätzlichem Flächenmaterial als Applikation. Das Sticken ist besonders zur Aufwertung von Bekleidung und Heimtextilien beliebt. Jedoch wird diese Technologie zunehmend für die Entwicklung technischer Textilien entdeckt.

Nähen und Sticken bieten zur Einarbeitung der Lichtwellenleiter unzähligen Möglichkeiten und interessante Perspektiven. Für die Umsetzung des kleidungsintegrierten Assistenzsystems sollte die Technologie der Soutache-Technik unbedingt näher betrachtet werden.

Tuften

Beim Tuften werden mittels Einstechen zusätzliche Fasern in eine Fläche gebracht, die zusammen eine dreidimensionale Struktur ergeben. Mit Hilfe einer speziellen Maschine und bestimmten Arbeitsweise werden die Garnschlingen in die vorhandene Fläche eingebracht, bis zum Beginn des neuen Stiches festgehalten und dann losgelassen. Bei Bedarf ist ein nachträgliches Aufschneiden der Garnschlingen möglich. Im Nachgang muss für eine höhere Strapazierfähigkeit auf der Rückseite eine Beschichtung aufgetragen werden. Diese Technologie wird besonders für Teppiche verwendet.

Im Hinblick auf die geforderte textile Fläche mit lichtsensorischen Fasern sowie dem späteren Verwendungszweck als Bekleidungselement ist diese Technologie ungeeignet.

Ultraschallschweißen

Beim Ultraschallschweißen, einem thermische Schweißverfahren, werden zwei thermoplastische Kunststoffe ohne Einfluss zusätzlicher Hilfsmittel miteinander verbunden. Dabei wird zuerst Ultraschallschwingung in Wärme umgewandelt und durch einen bestimmten Anpressdruck über die Sonotrode zu dem zu schweißenden Werkstück geleitet. Bei weiterer Wärmezufuhr wird eine Schmelze erzeugt und es entsteht eine Art Ankopplung von Ober- und Unterteil. Zum Schluss kühlt das Werkstück unter Nachdruck und positionsgenauem Halten ab. Diese Technologie wird vor allem im Bereich der technischen Textilien angewendet.

Hinsichtlich der Verwendung der Lichtwellenleiter als Übertragungselement wird das Schweißen als unpraktisch eingeschätzt. Der Lichtwellenleiter kann durch die erfahrene Beschädigung seines Querschnittes durch das Zusammenspiel von Wärme und Druck den angestrebten Zweck nur unzureichend bzw. nicht erfüllen.

6.4 Herstellung von messfähigen Textilien mit integrierten Lichtwellenleitern

Der Lichtwellenleiter kann mittels vielfältiger textiler Technologien in eine Fläche eingearbeitet werden. Aufgrund der Materialeigenschaften des PMMAs werden nun nachfolgend die Technologien näher betrachtet, welche während der konstruktiven Betrachtungen als sinnvoll erschienen. Um die Projektkosten gering zu halten, wird die vorhandene Maschinenteknik des ITL zur Umsetzung verwendet. Demzufolge werden das Stricken, Weben und Sticken umgesetzt. Da die Herstellung der jeweiligen Fläche mit mehreren Maschinen möglich ist, wird vorrangig die Umsetzung hinsichtlich der Bindung näher betrachtet. Zudem wird auf eine möglichst einfache Maschinenumrüstung auf PMMA und dem entsprechenden Rückbau geachtet.

Die Randbedingungen für ein kleidungsintegriertes Assistenzsystems sind:

- unauffällige Integration der Lichtwellenleiter
- reproduzierbare Art der Bindung bezugnehmend auf die spätere Produktivität
- möglichst große Sensorfläche mit oft oben liegenden PMMA für eine hohe Lichtaufnahmefähigkeit
- Wahrung des textilen Charakters hinsichtlich der notwendigen Eigenschaften
- einfache Verarbeitung

6.4.1 Textiler Ausgangspunkt

Im Hinblick auf die ersten Umsetzungsversuche der unterschiedlichen textilen Technologien in Kombination mit den lichtleitenden Fasern können verschiedene Faserstoffe eingesetzt werden. Um dabei den Kostenrahmen nicht zu überstrapazieren, kann dank der Unterstützung der Mitarbeiter am ITL auf Materialien aus vergangenen Projekten zurückgegriffen werden, welche für die Umsetzung dieses Projektes als geeignet erscheinen.

Tabelle 7: Übersicht der vorliegenden Lichtwellenleiter

| Firma | Material | Oberfläche | Durchmesser |
|---------------|----------|------------------------|-------------|
| Edmund Optics | PMMA | Claddingschicht | 0,3mm |
| Edmund Optics | PMMA | Schutzmantel (schwarz) | 2,0 mm |

Da beide Monofile bereits im Bereich der technischen Textilien verwendet werden, sind sie auf großen Scheibenspulen vorrätig. Allerdings muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass eine direkte Verarbeitung der Lichtwellenleiter an den jeweiligen Maschinen unter Umständen nicht möglich ist und sie daraufhin umgespult werden müssen. Dies kann sich jedoch aufgrund der Steifigkeit des PMMAs als komplizierter erweisen. Allerdings zählt dieser Arbeitsschritt dann zu den Vorbereitungen für die einzelnen Herstellungsversuche.

Aufgrund der besseren sensorischen Eigenschaften und die höheren Unauffälligkeit des PMMA im textilen Erzeugnis wird das 0,3mm-PMMA mit Claddingschicht verwendet. Bereits mit der Entscheidung des zu verwendeten Lichtwellenleiters wird berücksichtigt, dass die Claddingschicht des PMMAs eine Beschädigung erfahren muss, um das Licht von außen einsammeln zu können. Ein PMMA ohne eine Schutzschicht wäre aufgrund seiner Sprödigkeit nicht textil verarbeitbar und in der späteren Anwendung ohnehin sehr problematisch. Es muss also ebenfalls eine Untersuchung erfolgen, in wie weit das PMMA und dessen Oberfläche während der Verarbeitung beschädigt werden.

Während den Untersuchungen zu den einzelnen Technologien wird in Vorversuchen ein vergleichbares, bereits vorrätiges Polyestermonofil mit einem Durchmesser von 0,5 mm der Firma Colorific Monofil GmbH verwendet, welches ähnliche Eigenschaften aufweist wie das ausgewählte PMMA.

6.4.2 Stricken – Einarbeitung während der Flächenbildung

Beim Stricken kann der Lichtwellenleiter in einem Arbeitsgang zur textilen Fläche verarbeitet werden. Durch das Wegfallen weiterer Arbeitsschritte werden die Herstellung vereinfacht und die Kosten gesenkt.

In Vorbereitung des Strickprozesses wird nach dem geeigneten Abspulverfahren des Lichtwellenleiters recherchiert. Aufgrund der Steifigkeit des PMMAs kristallisierte sich das Über-Kopf-Abspulen von der originalen Scheibenspule als die zweckmäßigste Lösung heraus.

Zudem wird das Biegeverhalten des PMMAs beim Verschlingen der einzelnen Maschen näher betrachtet. Von einem maschinellen Biegeversuch wird abgesehen, da während dem Stricken das PMMA in direkter Abfolge mehrere richtungsänderte und unterschiedlich starke Biegunenerfährt, die nicht mit einer gängigen Prüfmethode reproduzierbar sind.

Nachfolgend wird nun die Einarbeitung mittels Flachstrickmaschine näher untersucht. Der Lichtwellenleiter kann mittels der verschiedenen Bindungselemente Masche, Schuss, Henkel und Flottierung eingetragen werden. Zusätzlich sind kombinierte Mustereffekte wie Melieren und Plattieren möglich, werden aber aufgrund der zu häufigen Überdeckung der Lichtwellenleiter nicht umgesetzt. Weiterhin können maschinelle Faktoren wie die Maschengröße und Feinheit verändert werden. Um jedoch ein vergleichbares Ergebnis der einzelnen Strickversuche zu erhalten, wird die Strickmaschine mit der Feinheit E5 verwendet. Die Bezeichnung E5 sagt aus, dass sich 5 Nadeln auf einer Länge von ein englisch Zoll (25,4 mm) befinden.

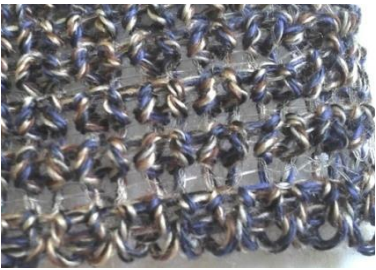
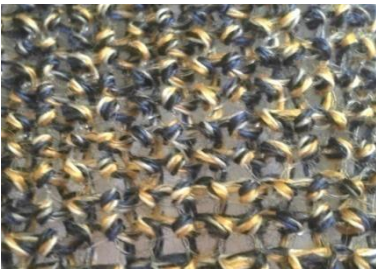

In ersten Voruntersuchungen ist ein gleichzeitiges Einbringen des Lichtwellenleiters bei der üblichen RR-Bindung auf beiden aktiven Nadelbetten, also die Nadelbetten vorn und hinten, nicht möglich. Bei der 2. Reihe fallen alle bereits zuvor gelegten Lichtwellenleiter-Maschen wieder herunter (Abbildung 16). Grund ist die hohe Steifigkeit des Lichtwellenleiters und die damit zu großen Biegungen, die für ein Herausrutschen aus der Stricknadel sorgen.

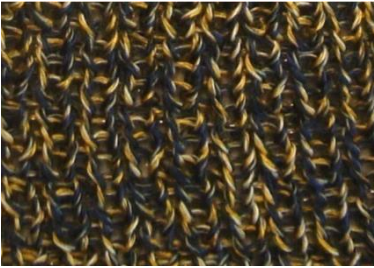



Abbildung 16: herausgerutschter Lichtwellenleiter

Damit wird deutlich, dass das PMMA nur auf einem Nadelbett verstrickt werden sollte und eine Art Schlauch entstehen wird. Desweiteren kann der Lichtwellenleiter als Schuss eingetragen werden. Allerdings ist diese Variante ungeeignet, da die Dehnbarkeit der herzustellenden Fläche von der Länge des Schussfadens und der Elastizität des PMMA's abhängig sind. Zugleich kann der überstehende Faden späteren Gebrauch stören und ist ohnehin textiltechnologisch schwer zu verarbeiten. Die Verarbeitung des Lichtwellenleiters als Masche oder Flottierung erweist sich unter den bereits genannten Voraussetzungen als durchaus sinnvoller. Der Lichtwellenleiter kann sich unauffällig entsprechend seiner Bindung in der gestrickten Fläche verhalten. Die Verwendung des Lichtwellenleiters als Henkel ist machbar, aber im Vergleich zu den guten Ergebnissen bei der Verarbeitung als Masche oder Flottierung nicht zu empfehlen. In der nachfolgenden Tabelle wird eine realisierbare Auswahl der gestrickten Flächen aufgeführt.

Tabelle 8: PMMA in der gestrickten Fläche

| Name | Photo | Bindung | Position vom PMMA | Auffälligkeiten |
|----------|---|-------------|--|--|
| 021B/2-5 |  | RR/Welle | jede 3.-5. Reihe vorn | <ul style="list-style-type: none"> • PMMA gut verstrickbar • leichtes Einrollen dergesamten Fläche • gute Dehnbarkeit in Längs- und Querrichtung • gleichgroße Maschen |
| 021B/2-6 |  | RR/Welle | jede 2.-3. Reihe vorn | <ul style="list-style-type: none"> • Maschengröße, Dehnbarkeit und Einrollen wie bei 021B/2-5 • textile Optik besser als bei 021B/2-5 |
| 021B/3-2 |  | RR/Schlauch | jede 5. Reihe vorn und 6. Reihe hinten | <ul style="list-style-type: none"> • gleichgroße Maschen • Dehnbarkeit mit 021B/2-5 vergleichbar • kein Einrollen der Fläche |
| 021B/3-3 | ohne Abbildung | RR/Schlauch | jede 3. Reihe vorn und 4. Reihe | <ul style="list-style-type: none"> • Dehnbarkeit schlechter als bei 021B/3-2 -> nimmt mit Erhöhung der |

| | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|--|--|
| | | | hinten | PMMA-Reihe ab <ul style="list-style-type: none"> • Einrollen und Maschen wie bei 021B/3-2 |
| 021C/4-2 |  | Variation von RR/22 und RR/Schlauch | jede 5. Reihe (gemäß vorn oder hinten) | <ul style="list-style-type: none"> • insgesamt gute Dehnbarkeit • gleichmäßige Flottung und Maschenbildung • kein Einrollen der gesamten Fläche |
| 021D/1 |  | RR/Doppel-Perlfang | jede 5. Reihe (gemäß vorn oder hinten) | <ul style="list-style-type: none"> • Dehnbarkeit und Einrollen wie bei 021B/2-5 • problematische Einarbeitung • große sichtbare Henkel |

Anhand der Tabelle wird deutlich, dass die Dehnbarkeit der gestrickten Fläche mit der Zunahme der PMMA-Reihen abnimmt, aber das PMMA unter bestimmten Voraussetzungen die unterschiedlichen Biegungen aushält. Aufgrund dieser Ergebnisse sind für die Integration der Lichtwellenleiter in das Gestrick auch Kombinationen von Masche, Flottierung und Henkel denkbar.

Weiterhin wird die Einarbeitung an Rundstrickmaschinen untersucht. Zudem wird, aufgrund der Steifigkeit des PMMA, das Einrollen der gestrickten Fläche durch das permanente Vermaschen der Lichtwellenleiter verhindert. Durch die festgelegte Arbeitsweise der zur Verfügung stehenden Rundstrickmaschine mit der Feinheit E6 wird das PMMA als Masche eingetragen.

Jedoch entstehen bei der Einarbeitung der Lichtwellenleiter an der Rundstrickmaschine Probleme. Der Lichtwellenleiter rutscht aufgrund seiner Steifigkeit aus den Zugennadeln heraus, bildet eine Fallmasche und springt zum Teil in den inneren Arbeitsbereich (Abbildung 17). Daraufhin werden so genannte Laufmaschen hervorgerufen und ein weiteres Abstricken von diesen Nadeln ist nicht mehr möglich.



Abbildung 17: Fallmaschen an der Rundstrickmaschine

Allgemein bietet die Technologie Stricken mehrere Vor- bzw. Nachteile. Positiv sind die Integration der Lichtwellenleiter in einem Arbeitsgang, die verschiedenen möglichen Bindungselemente, die frei wählbaren Feinheiten und Maschengrößen, die bei Bedarf räumlich begrenzte Einarbeitung und das anschiessame Verhalten dank der Dehnbarkeit und Elastizität einer Maschenware selbst. Nachteilig fallen jedoch die hohe Beanspruchung des Lichtwellenleiters bei der Einarbeitung und die im Gestrick positionsabhängige Lichtaufnahme auf. Anbei ist zu erwähnen, dass die Kontaktierung mit erhöhtem Aufwand verbunden ist.

6.4.3 Weben – Einarbeitung während der Flächenbildung

Wie auch das Stricken, kann beim Weben der Lichtwellenleiter in einem Arbeitsgang in die textile Fläche integriert und Kosten minimiert werden.

Bereits in einem vorangegangenen Projekt wurde das PMMA als Schuss- und Kettfaden auf einigen der Webmaschinen des ITL verarbeitet. Bei der Einarbeitung der Lichtwellenleiter in die Kette, wurden diese durch die Abzugswalzen gebrochen. Die Verwendung des Lichtwellenleiters als Schuss war möglich, wenn das Vorspulgerät umgangen und der Schussfadenwächter sehr empfindlich eingestellt wurde. Aufgrund dieser Erkenntnisse wird im jetzigen Projekt das PMMA nur als Schuss eingetragen.

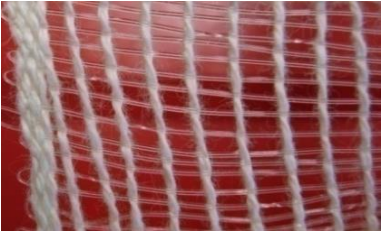
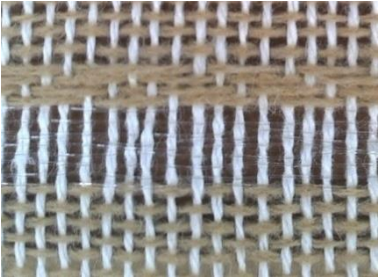
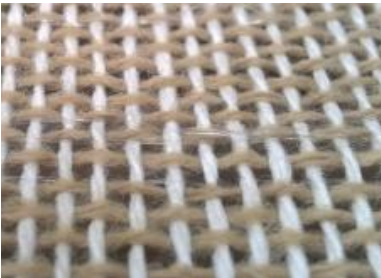

Am ITL stehen mehrere Webmaschinen zur Verfügung, bei denen sich das Abspulen und Eintragen der Lichtwellenleiter als Schussfäden zum Teil stark unterscheiden. Zum einen ist der Schusseintrag mittels Fadentransport möglich, bei dem die Schusspule am Rand stationär gebunden ist und der Schussfaden geschleppt wird. Bei dieser Arbeitsweise kann der Schusseintrag von der originalen Scheibenspule erfolgen und wird für Webmaschinen mit Greiferschützen, Klemmgreifer und Düse verwendet. Zum anderen gibt es den Schusseintrag über Spulentransport, bei dem die Schusspule durch das Webfach transportiert und der Schussfaden abgelegt wird. Diese Arbeitsweise wird bei Spulenschützen verwendet. Für die Umsetzung der Lichtwellenleiter heißt das, das umgespult werden muss. Dies kann über eine eng anliegende oder lockere wilde Wicklung erfolgen. In mehreren Versuchen kristallisierten sich für den Schusseintrag von PMMA das direkte Abspulen von der Scheibenspule und das Umspulen mit wilder Wicklung als die optimalen Ergebnisse heraus. Allerdings wird bei der wilden Wicklung noch eine Art Fadenbremse benötigt (Abbildung 18), um ein Herausspringen des PMMA zu verhindern.



Abbildung 18: Lichtwellenleiter mit wilder Wicklung und Fadenbremse

Um eine hohe Lichtaufnahmefähigkeit garantieren zu können, muss eine möglichst große Sensorfläche hergestellt werden. Dies ist nur möglich, wenn das PMMA nicht von andern Fasern überdeckt wird. In der nachfolgenden Tabelle werden jene Webbindungen dargestellt, welche eine entsprechende Lichtaufnahme ermöglichen.

Tabelle 9: PMMA in der gewebten Fläche

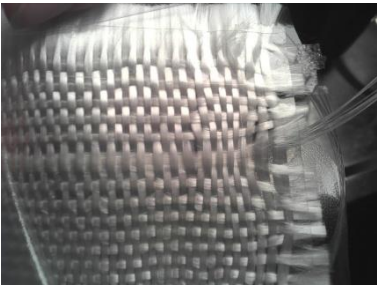
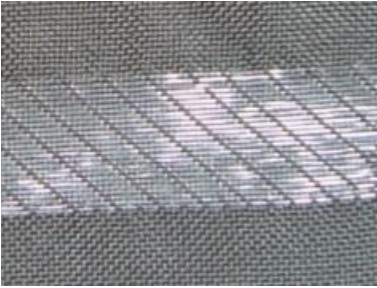
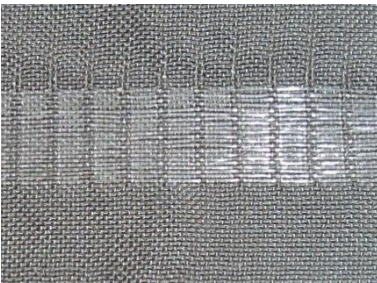
| Name | Photo | Bindung Grundgewebe | Bindung PMMA | Auffälligkeiten |
|----------|---|---------------------|--|---|
| 011A/2-1 |  | | Leinwand (10-0101-01-00) | <ul style="list-style-type: none"> • zu geringe Fadendichte -> keine Wahrung des textilen Charakters • durch Steifigkeit kein enges Anliegen der Schussfäden möglich |
| 012A/1-3 |  | | Spitzköper (21-0301-01-010101 010101030 3030303 03) | <ul style="list-style-type: none"> • veränderter Abstand der Kettfäden und anderer Einzug -> alle Schuss- und Kettfäden liegen näher zusammen • Verdrehen und Abstehen des PMMAs • textiler Charakter vorhanden, aber schlechte Optik |
| 012A/1-4 |  | Leinwand | Spitzköper (wie bei 012A/1-3) mit jedem 2. Schuss doppelt eingetragen | <ul style="list-style-type: none"> • verdrehen ineinander • PMMA reißt durch eigene Steifigkeit und zu hoher Reibung • PMMA durch Garn geschützt |
| 012A/1-5 |  | Leinwand | Spitzköper (wie bei 012A/1-3) mit jedem 3. und 4. Schuss einfach eingetragen | <ul style="list-style-type: none"> • kein reißen, aber verdrehen und abstehen • PMMA durch Garn geschützt und zum Teil bedeckt • ansprechendere Optik |

Bei der Einarbeitung des PMMAs in die gewebte Fläche wird vor allem erkennbar, dass der Erhalt des textilen Charakters stark von der Fadendichte im Gewebe und der Anzahl der aufeinanderfolgenden Schussreihen mit PMMA abhängt. Zudem wird der Grundstein in dem Abzug des Lichtwellenleiters gelegt, welcher das Verdrehen und Reißen stark beeinflusst. Jedoch kann die Positionierung der Lichtwellenleiter in der textilen Fläche besser gesteuert werden als beim Stricken. Weiterhin ist aufgefallen, dass das Abstehen und Verdrehen vom PMMA nur bei der Verwendung des Schussfadens direkt von der Scheibenspule auftritt. Bei dem Schusseintrag mittels Schützen sind kein Abstehen und nur ein leichtes Verdrehen erkennbar.

Bereits bei der Umsetzung der letzten Webversuche wird über spezielle Webbindungen nachgedacht, bei denen das PMMA häufig auf der Warenoberseite liegt. Als geeignete Variante kristallisiert sich die Doublebindung heraus. Das ist ein Mehr-Fadensystem-Gewebe, bei dem ein zusätzlicher Faden eingebracht wird, der als Flottierung über dem Grundgewebe liegt. Je nachdem, ob der zusätzliche

Faden in die Kette oder als Schuss eingetragen wird, spricht man Hohlkette oder Hohlschuss. Diese Varianten werden in der folgenden Tabelle vorgestellt.

Tabelle 10: PMMA in der gewebten Fläche mit spezieller Webbindung

| Name | Photo | Bindung Grundgewebe | Bindung PMMA | Auffälligkeiten |
|----------|---|---------------------|--|---|
| 013A/1 |  | Leinwand | Kettrips (11-0101-01-00) mit einem Schuss 10-fach | <ul style="list-style-type: none"> • verdrehen der Lichtwellenleiter untereinander • PMMAs liegen zu wenig oben auf -> Flottierung zu gering |
| 013A/2-1 |  | Leinwand | Hohlschuss mit jedem Schuss doppelt (Abbindepunkte in Körper mit S-Grat) | <ul style="list-style-type: none"> • minimales verdrehen der Lichtwellenleiter untereinander • bedeckte Fläche der PMMA ausreichend |
| 013A/2-2 |  | Leinwand | Hohlschuss mit jedem Schuss doppelt (Abbindepunkte in Kett-richtung) | <ul style="list-style-type: none"> • minimales verdrehen der Lichtwellenleiter untereinander • bedeckte Fläche der PMMA ausreichend |

Die allgemeinen Vorteile unabhängig der eingesetzten Webmaschine sind die Integration in einem Arbeitsgang, die variable Einarbeitung in Längs- oder Querrichtung bzw. beide Richtungen und die unterschiedlichen Mustermöglichkeiten mit der entsprechend möglichst hohen Lichtaufnahme. Nachteilig sind das Verdrehen und Brechen des Lichtwellenleiters beim Einarbeiten, die notwendige Anpassung des Schussfadenabzugs der jeweiligen Maschine auf Lichtwellenleiter, der hohe Verschnitt durch die festgelegte Arbeitsbreite, die knifflige Kontaktierung bei der Konfektionierung und die geringe Drapierbarkeit im Vergleich zum Gestrick zu nennen.

Bei der speziellen Webbindung Hohlschuss sind die größeren mit PMMA bedeckten Oberflächen im Vergleich zum normalen Gewebe und die zusätzliche Stützung der Lichtwellenleiter durch das darunterliegende Hauptgewebe vorteilhaft. Nachteile sind das fortwährende Verdrehen des Lichtwellenleiters beim Einarbeiten und die mögliche Empfindlichkeit als Sensor. Zudem können sich größere Flottierungen im späteren Gebrauch gegenüber mechanischen Belastungen als problematisch erweisen.

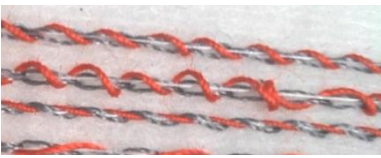
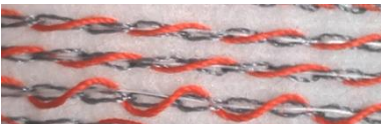
6.4.4 Sticken – Einarbeitung nach der Flächenbildung


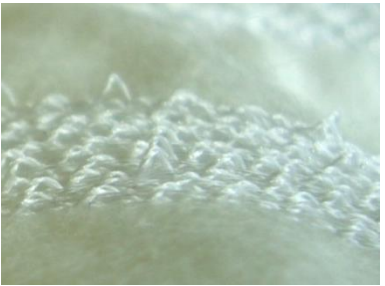

Durch das Sticken kann der Lichtwellenleiter in einem zusätzlichen Arbeitsgang auf die textile Fläche aufgebracht werden. Unter bestimmten Voraussetzungen kann dabei auf bereits vorhandene Kleidung zurückgegriffen werden.

Eine textile Fläche kann auf vielfältige Art und Weise bestickt werden. Wie bereits in den konstruktiven Betrachtungen erwähnt, wird das Einbringen der Lichtwellenleiter mittels Soutache-Technik bevorzugt. Die Gründe dafür sind vielfältig. Da der Lichtwellenleiter beim Stricken bereits durch eine zu spitze Verarbeitung gebrochen ist, kann bei der Verwendung des PMMA als Ober- bzw. Unterfaden beim Nähen und Sticken davon ausgegangen werden, dass dieser den Belastungen ebenfalls erliegen wird. Beim Eintragen des zusätzlichen Fadens von oben wird meist kein Umspulen benötigt und kann direkt von der Scheibenspule mit entsprechender Vorrichtung erfolgen. Daraufhin sind vielfältigste Gestaltungsmöglichkeiten unabhängig bestimmter Eigenschaften des Fadens wie z. B. Reißfestigkeit und Feinheit realisierbar. In Abhängigkeit der maschinellen Gegebenheiten wird der Soutache-Faden z. B. als Kordel, Wickel, Coiling verwendet, welche sich in der Fadenlegung und somit dem Stickbild unterscheiden.

Hinsichtlich der Steifigkeit des PMMA und der verwendbaren Maschinenteknik am ITL wird die Coiling-Einrichtung verwendet. Für die optimale Verwendung des Lichtwellenleiters beim Soutache-Sticken wurden in Voruntersuchungen die entsprechende Arbeitsweise und die notwendigen Parameter ermittelt. Bei der Ermittlung der Arbeitsweisen der einzelnen Fäden fiel auf, dass der Oberfaden und der Soutache-Faden im Vergleich zu anderen Soutache-Einrichtungen die Arbeitsweisen vertauscht haben. Als Unterfaden ist der Lichtwellenleiter bei der Coiling-Einrichtung ungeeignet, da das PMMA in einem sehr kleinen Radius die Richtung schlagartig um 360° ändert und daraufhin reißen würde. Die Verwendung des Lichtwellenleiters als Soutache-Faden ist im Fall der Coiling-Einrichtung nicht ratsam, da er die Arbeitsweise des Oberfadens aufweist und sich während des Stickprozesses wie der Unterfaden verhält. Daraufhin wird die ausschließliche Verwendung des Lichtwellenleiters als Oberfaden festgelegt. Weiterhin werden diverse Festlegungen beruhend auf Vorkenntnissen getroffen. Dazu gehören die Nadelzuweisung, der Stickgrund, die verwendeten Stickfäden sowie das eigens angefertigte Stickbild. Allerdings müssen einige Parameter wie z. B. Stichlänge und Fadeneinbindung variiert werden, um das bestmögliche Resultat zu erhalten. Bei der Coiling-Einrichtung kann die Fadeneinbindung mit 1/1, 1/2, 1/3 und 1/4 verändert werden, was das Verbinden von Unterfaden mit dem Soutache-Faden beeinflusst. Eine Auswahl der entstandenen Stickereien sowie alle dazu veränderten Parameter werden in der nachfolgenden Tabelle genannt.

Tabelle 11: PMMA in der gestickten Fläche mit Soutache-Technik

| Name | Photo | Parameter | Auffälligkeiten |
|----------|---|--|--|
| 062A/1-1 |  | Drehrichtung CCW Fadeneinbindung 1/1 Stichlänge 3 mm Stäbchenabstand 2 mm | <ul style="list-style-type: none"> • ungleichmäßiges Stickbild des Soutache-Faden (orange) • PMMA verdreht sich beim Sticken • PMMA vom Soutache-Faden zu oft überdeckt |
| 062A/1-2 |  | Drehrichtung CW Fadeneinbindung 1/2 Stichlänge 3 mm | <ul style="list-style-type: none"> • Stickbild gleichmäßiger als bei 062A/1-1 • kein Verdrehen vom |

| | | | |
|----------|--|---|--|
| | | Stäbchenabstand 2 mm | PMMA |
| 062A/2-1 |  | Drehrichtung CW Fadeneinbindung 1/2 Stichlänge 3 mm Stäbchenabstand 1,5 mm | <ul style="list-style-type: none"> • gleichmäßigeres Stickbild -> minimale Schlaufenbildung • Stickdichte zu klein für Gebrauchsfähigkeit |
| 062A/3 |  | Drehrichtung CW Fadeneinbindung 1/2 Stichlänge 1,5 mm Stäbchenabstand 1 mm | <ul style="list-style-type: none"> • ungleichmäßiges Stickbild durch Schlaufenbildung des Soutache-Fadens • Stichlänge zu kurz -> Lochbildung bei dünnem Untergrund • PMMA zu straff |
| 062A/4 |  | Drehrichtung CW Fadeneinbindung 1/2 Stichlänge 3 mm Stäbchenabstand 1 mm | <ul style="list-style-type: none"> • gleichmäßiges Stickbild • ausreichende Stickdichte |

Anhand der Versuche wird gezeigt, dass das PMMA verstickt werden kann. Allerdings sind diese Versuche so angelegt, um die Machbarkeit zu veranschaulichen. Es sind weitere Versuchsreihen mit eventuell komplizierteren Stickbildern bzw. anderer Soutache-Techniken angestrebt, können aber aufgrund des zeitlichen Rahmens nicht mehr umgesetzt werden.

Die Vorteile bei der Umsetzung einer Stickerei sind die geringe Beanspruchung des Lichtwellenleiters bei der Einarbeitung, die einfache Positionierung, die hohe Lichtaufnahme durch das Aufliegen an der Oberfläche, die individuellen Gestaltungsmöglichkeiten und die unauffällige Integration des Lichtwellenleiters innerhalb der Stickerei. Die Einarbeitung als zusätzlicher Arbeitsgang kann bei fertig konfektionierter bzw. bereits getragener Kleidung durchaus positiv bewertet werden. Bei der Herstellung eines neuen Kleidungsstückes wirkt sich jedoch ein zusätzlicher Arbeitsgang unter Umständen negativ aus. Als weiterer Nachteil ist die sichtbare Kontaktierung zu nennen, welche sich am Kleidungsstück unabhängig vom Tragezustand als kompliziert erweisen kann.

6.5 Zusammenfassung und Ausblick

Ein blinder bzw. sehbehinderter Mensch nutzt zur Orientierung im Straßenverkehr längst verschiedene integrierte technische Hilfsmittel. Jedoch reichen diese Medien nicht aus, um dem Blinden eine lückenlos sichere Teilnahme am Straßenverkehr zu ermöglichen.

Durch das SMWK wurde im Jahr 2013 das Projekt „Opto-elektronisches Assistenzsystem für sehbehinderte Menschen“ gefördert. Dabei wird mittels eines Lasers Licht ausgesendet, an Hindernissen reflektiert, mittels kleidungsintegrierter Sensoren eingesammelt und als Feedback wiedergegeben. Die Untersuchungen am Institut für Textil- und Ledertechnik beschäftigten sich mit der Einarbeitung von Lichtwellenleitern in die textile Fläche. Aus Sicht der textilen Komponente war das Projekt erfolgreich.

Nach ausführlicher Recherche und Diskussion konnten entsprechend diverser Randbedingungen und Festlegungen Lichtwellenleiter als sensorische Fasern in eine textile Fläche eingebracht werden. Dabei wurde PMMA als sensorische Faser festgelegt. Unter Nutzung diverser textiler Technologien wurden licht-sensitive Sensoren hergestellt und auf ihre Eignung geprüft. Die unauffällige Integration des PMMA, der Erhalt einer möglichst großen sensorischen Fläche, die Wahrung des textilen Charakters und variable Mustermöglichkeiten sind bei allen drei umgesetzten Technologien Stricken, Weben und Sticken gut realisierbar. Allgemein ermöglichen die Technologien Stricken und Weben eine höhere Produktivität, weniger Arbeitsschritte und geringere Herstellungskosten bei größeren Stückzahlen. Zusätzlich wird das PMMA beim Weben und Sticken weniger beansprucht als beim Stricken und kann aufgrund unterschiedlicher Bindungsmöglichkeiten mehr Licht aufnehmen.

Beim Stricken kann gegenwärtig mit Maschinen gearbeitet werden, die Flächen durch teil- oder vollreguläre Arbeitsweise mit bereits konfektionierten Maßen herstellen. Dadurch wird zwar der Zeitaufwand erhöht, aber der Verschnitt verringert und die Kontaktierung des PMMA vereinfacht. Jedoch erfährt das PMMA eine hohe Beanspruchung bei der Einarbeitung. Insgesamt sind Gestricke mit PMMA anschiessam und elastisch.

Beim Weben kann durch die Fadenzuführung das PMMA zum Teil in sich verdrehen und reißen. Bei der Konfektionierung von Geweben muss unter anderem auf den Verschnitt und die Strichrichtung geachtet werden. Desweiteren wird das Gewebe bei einer sehr großen sensorischen Fläche insgesamt steifer und schlechter drapierbar, wodurch die Bekleidungsphysiologie nachteilig beeinflusst wird.

Beim Sticken kann jedoch auf vorhandene Kleidung zurückgegriffen werden, wodurch individuelle Vorstellungen des einzelnen Verbrauchers realisiert werden können. Weiterhin sind die geringere Beanspruchung des PMMA bei der Einarbeitung und die einfachere Positionierung von Vorteil. Das Sticken ist aber als zusätzlicher Arbeitsgang aufwendig und zeitintensiv.

Alle drei textilen Technologien eignen sich projektbezogen für die unauffällige Integration von Sensoren in ein Kleidungsstück. Als sensorische Strickwaren können Mützen, Stulpen oder Pullover umgesetzt werden. Gewebe mit integriertem PMMA sind als Business- oder Festbekleidung möglich. Die lichtsensitiven Stickereien eignen sich hervorragend für Individualisten.

Interessant wären noch die Einarbeitung des PMMA mit den textilen Technologien Flechten, Vliesherstellungsverfahren und Nähen, welche aufgrund des zeitlichen begrenzten Rahmens nicht umgesetzt werden konnten. Weiterhin sind noch Untersuchungen bezüglich des begleitenden Faserstoffes offen, welcher ebenfalls einen Einfluss auf die herzustellende textile Fläche und die Eigenschaften des späteren Kleidungsstücks besitzt.

Abschließend kann gesagt werden, dass durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit ein ganzheitlicher Gewinn an Forschung und Ideen für weitere Untersuchungen verzeichnet werden können.

6.6 Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. (DBSV): Zahlen und Fakten. <http://www.dbsv.org/infothek/zahlen-und-fakten>. Stand: 09.12.2013
- [2] RTB GmbH & Co. KG.: LZA-Zusatzausstattung. <http://www.rtb-bl.de/RTB/lza>. Stand:20.02.2013
- [3] VISTAC: Laser-Langstock. http://www.vistac.de/Alt/VISTAC_Laser_Langstock.html. Stand: 12.06.2013
- [4] TK-Logo: Dein Wissenschaftsmagazin der Techniker Krankenkasse: Schlauer Blindenstock warnt vor Schlaglöchern. <http://www.tk.de/tk/a-z-navigation/b/schlauer-blindenstock-warnt-vor-schlagloechern-10003131/537692>. Stand: 19.06.2013
- [5] Golem: Haptisches Feedback: Ultraschallhandschuh ersetzt Blindenstock. <http://www.golem.de/1108/85874.html>. Stand: 21.02.2013
- [6] Die Welt: Medizintechnik: Neues Gerät lässt Blinde über die Zunge sehen. <http://www.welt.de/gesundheit/article3997223/Neues-Geraet-laesst-Blinde-ueber-die-Zunge-sehen.html>. Stand:20.02.2013
- [7] RTB GmbH & Co. KG.:Ultra-Body-Guard. <http://www.rtb-bl.de/RTB/ultra-body-guard>. Stand: 21.02.2013
- [8] Praktikumsanleitun, Physikalisches Institut, Universität Köln: “ FP01 – Phasenempfindliche Gleichrichtung”, 2004.

7. Aufbau und Test eines Prototypensystems

Zur Evaluierung des Messprinzips wurde ein Prototypensystem bestehend aus einer gesteuerten Laser/APD Einheit zur Entfernungsmessung aufgebaut. Diese Einheit diente als Basis modul zur Charakterisierung der Eigenschaften sowie einiger hergestellter Sensortextilien. Dieser Aufbau wurde in verschiedenen Laborexperimenten getestet und bewertet.

Es wird der Aufbau wie in Abbildung 19 dargestellt verwendet. Dabei wird der Laserstrahl ($\lambda = 781 \text{ nm}$; $P = 7,5 \text{ mW}$) durch einen $\mu\text{-Schrauben}$ geregelten Graufilter in der Intensität variiert. Über eine Linse ($F = -30 \text{ mm}$) wird der Strahl nach Passieren des Graufilters aufgeweitet und trifft danach auf die APD, welche ein Signal je nach Verstärkungseinstellung und Intensität ausgibt.

Zusätzlich zur Messung der Intensität ($[I] = V$) wird eine Messung der Leistung nach der Linse mittels Powermeter ($[P] = \mu\text{W}$) vorgenommen. Die resultierende „Kalibrierkurve“ ist in Abbildung 20 dargestellt.

Durch Messung des ausgegebenen Signales der APD bei definierter, eingekoppelter Laserleistung erhält man die Kalibriergeraden bei maximal und minimal eingestellter Verstärkung.

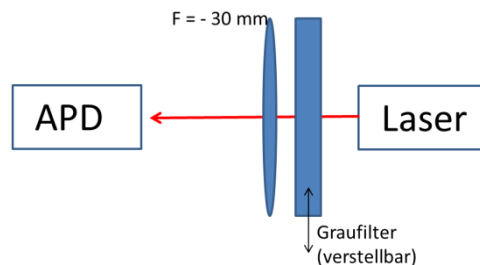


Abbildung 19: Aufbau des Experimentes

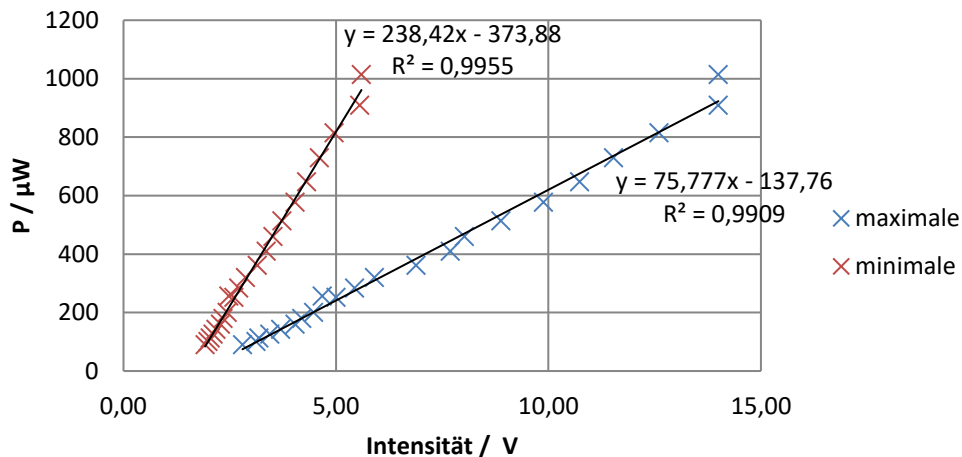


Abbildung 20: Kalibriergeraden für maximale und minimale Verstärkung (Distanz Laser - Sensor = 10 cm)

Über die so erhaltenen Geradengleichungen kann man für „beliebige“ Signale der APD die ungefähre Laserleistung ermitteln.

Experimente zur gekoppelten Sende-Empfängereinheit:

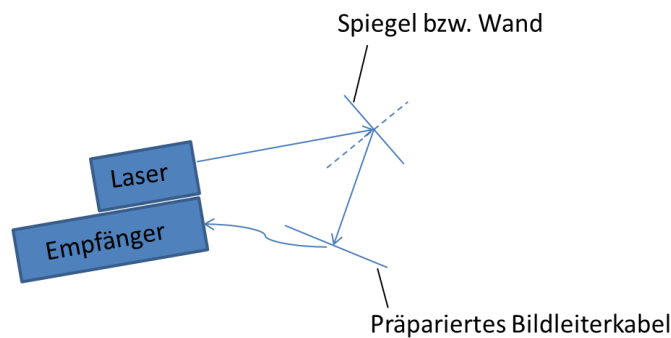


Abbildung 21: Prinzipieller Aufbau des Versuches

Die Strecken Laser - Spiegel und Spiegel - Präparat wurden durch verschieben des Spiegels bzw. der Wand variiert.

Es konnte bei größerem Abstand zur Wand kein Signal detektiert werden. Der verwendete Laser besitzt eine Ausgangsleistung von 1,5 mW, die von der Wand reflektierte Leistung ist dagegen so gering, dass die Messwerte im Signalausgang untergehen. Durch Messung der Laserleistung nach durchqueren des Bildleiterkabels ergibt sich eine Abschwächung der Leistung auf 0,17 % ($\approx 2,5 \mu W$) der Ausgangsintensität. Woraus geschlossen wird, dass das verwendete Bildleiterkabel aufgrund seiner Absorptionseigenschaften nicht für die Wellenlänge von $\lambda \approx 800 \text{ nm}$ geeignet ist. Weiterhin ist festgestellt worden, dass sich die Intensität am Detektor durch Einkoppeln über die Epoxidharzschicht deutlich vergrößert (Laserstrahlung wird vor der Faser nur auf Epoxidharzschicht „fokussiert“ siehe Abbildung 22).

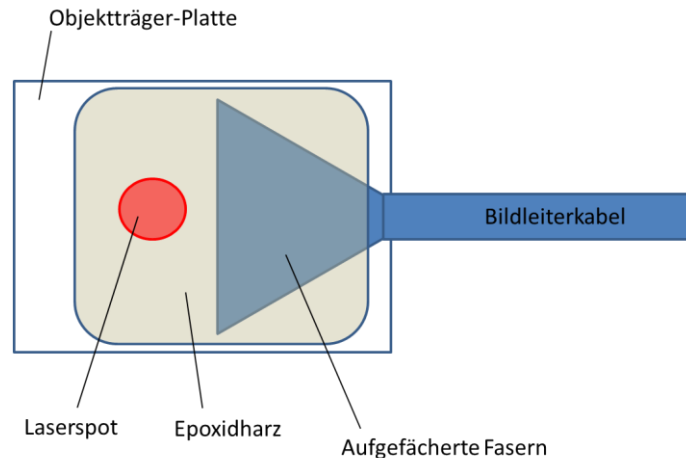


Abbildung 22: Prinzipielle Darstellung des Präparierten Bildleiterkabels

Tabelle 12: Werte Abstandsmessung

| | | | | |
|-------------------------------------|-------|------------|--------|-------|
| Signalstärke [%] | 96,66 | 6,91 | 100,00 | 72,14 |
| Laser - Spiegel [m] | 0,64 | | 3,66 | 3,66 |
| Laser - Wand [m] | | 0,64 | | |
| Spiegel - Präparat [m] | 0,5 | | 3,67 | 3,67 |
| Wand - Präparat [m] | | 0,27 | | |
| Gesamtstrecke (selbst gemessen) [m] | 1,14 | 0,91 | 7,33 | 7,33 |
| Strecke gemessen (APD) [m] | 0,967 | 0,873 | 4,060 | 4,074 |
| Strecke theoretisch [m] | 0,908 | 0,79322324 | 4,005 | 4,003 |
| Differenz [m] | 0,059 | 0,080 | 0,055 | 0,070 |

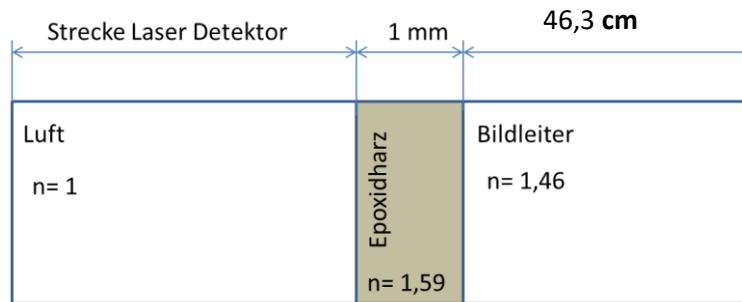
Die theoretisch ermittelten Werte in Tabelle 1 wurden unter folgenden Annahmen berechnet:

$$n_0 = 1,00$$

$$n_{\text{Epoxidharz}} \approx 1,59$$

$$n_{\text{Bildleiter}} \approx 1,46$$

und den jeweiligen Gesamtlängen aus Tabelle 1 mit einer Dicke der Epoxidharzschicht von 1 mm und der gemessenen Länge des Bildleiterkabels von $\approx 46,3 \text{ cm}$.



Die Intensität für die Messung mit Reflexion an einer Wand ist für eine anfängliche Strecke von 3,66 m (Laser - Wand bzw. Wand - Detektor) so gering, dass die APD nichts detektiert. Bei Verringerung des Abstandes Detektor – Wand wird ab ca. 30 cm wieder ein Signal detektiert.

Mit einer für den NIR Wellenlängenbereich geeigneten Faser sollte die Detektion auf größere Distanzen kein Problem darstellen.

Messung des maximalen Abstandes, welcher über die Faser noch detektiert werden kann:

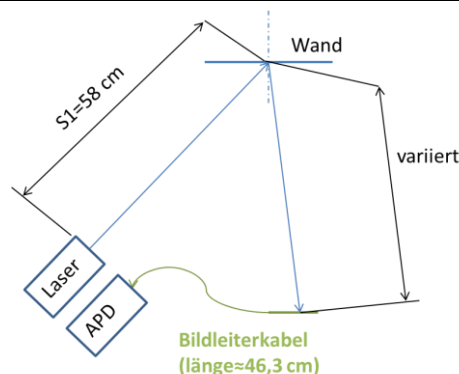


Abbildung 23: Aufbau zur Messung des maximal möglichen Abstandes mit dem Präparierten Bildleiterkabel für die gekoppelte

Der experimentelle Aufbau ist in Abbildung 23 dargestellt.

Dabei wurde der Abstand "Wand – Bildleiterkabel (Eingang) " angefangen von $s = 18,5 \text{ cm}$ sukzessive um 3 cm weiter vergrößert (Tabelle 11).

Tabelle 13: Ergebnisse Distanzvariation

| | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|
| $s_{\text{Wand-Bildleiterkabel}}$ | 18,5 cm | 21,5 cm | 24,5 cm | 27,0 cm |
| $s_{\text{ges(gemessen)}}$ | 70,7 cm | 73,7 cm | 76,7 cm | 79,2 cm |
| $s_{\text{ges(APD)}}$ | 70,545 m | 74,899 m | 76,949 m | 80,212 m |
| Differenz ($s_{\text{ges(gemessen)}} - s_{\text{ges(APD)}}$) | 0,1 cm | 1,2 cm | 0,3 cm | 1,1 cm |
| Signalstärke | 13 % | 9 % | 8 % | 4 % |

Die Messung konnte bis zu einer Distanz von 27 cm ohne große Abweichungen der Messung von der tatsächlichen Länge durchgeführt werden. Ab den besagten 27 cm wurde kein Signal detektiert. Es zeigt sich, dass die Messung grundsätzlich möglich ist, allerdings ist auch hier die Fläche des detektierenden Mediums (in diesem Fall Bildleiterkabel) und dessen Absorptionseigenschaft entscheidend.

Messung der Winkelabhängigen Intensität:

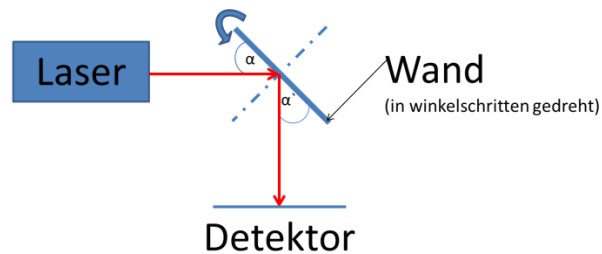


Abbildung 24: Aufbau zur Messung der Winkelabhängigen Intensität

Die Messung wurde für eine weiße Wand und für einen Plan-Spiegel durchgeführt (Abbildung 24). Dabei wurden Laserstrahl und Detektor in einem Winkel von 90° zueinander aufgestellt und die Wand/Spiegel in 10° - Schritten bis 80° gedreht.

In Abbildung 25 sind die sich ergebenden Kurven abgebildet. Dabei sollte sich das theoretische Maximum nach dem Reflexionsgesetz bei 45° befinden.

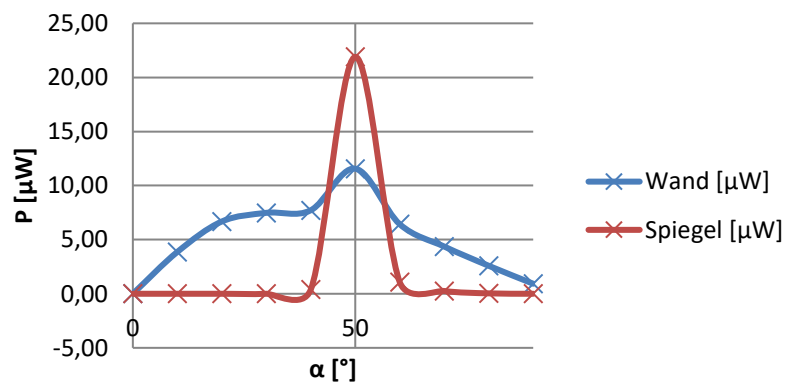


Abbildung 25: Winkelabhängige Leistung der reflektierten Laserstrahlung für eine weiße Wand (blaue Kurve) und Spiegel (rote Kurve)



Abbildung 26: Versuchsaufbau, Winkelveränderung

Untersuchung des Bildleiterkabels mit unterschiedlichen Wellenlängen (rot, grün, blau)

In diesem Versuch wurde das Absorptionsverhalten der Bildleiterfaser für verschiedene Wellenlängen ermittelt. Die dabei erhaltenen Daten, welche für das Absorptionsverhalten stehen sind in Tabelle 12 und 13 dargestellt.

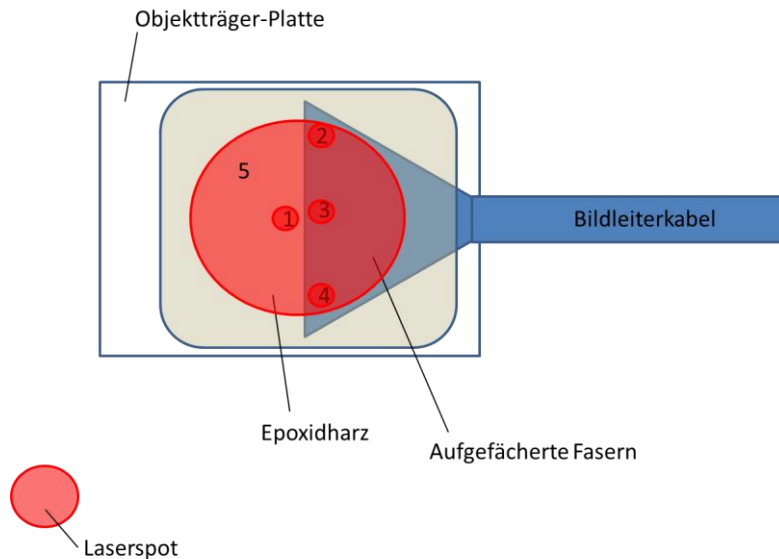


Abbildung 27: Positionen der Laserstrahlung (kleine Kreise: "fokussiert" großer Kreis: defokussiert f=-30 mm) Abstand Laser – Faser: 47,3 cm

Tabelle 14: Gemessene Werte für verschiedene Wellenlängen

| Measurement Nr | P(transmitted)[μ W] | P(transmitted)[μ W] | P(transmitted)[μ W] |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 86,3 | 6,35 | 0,03 |
| 2 | 95,2 | 49,2 | 0,04 |
| 3 | 6,71 | 83,1 | 0,05 |
| 4 | 2,66 | 167 | 0,01 |
| 5 | 12,7 | 73,6 | 0,02 |
| 6 | 135 | 36,4 | 0,06 |
| 7 | 14 | 6,8 | 0,01 |
| 8 | 4,74 | 1,58 | 0,04 |
| 9 | 75,2 | 7,25 | 0,02 |
| 10 | 3,32 | 194 | 0,01 |
| Mittelwert | 43,583 | 62,528 | 0,029 |
| Wavelength [nm] | 636 | 405 | 787 |
| Power [mW] | 4,2 mW | 5,0 mW | 7,5 mW |
| Maximum | 135 | 194 | 0,06 |

Tabelle 15: Überprüfungsmessung (Messpunkte siehe Abb. 27)

| | |
|------------------------|---------------|
| Wavelength [nm] | 532 |
| P [mW] | 4,5 |
| P1 [mW] | 3,6 |
| maximum (1) | 13,60 μ W |
| inner middle (3) | 1,14 μ W |
| inner up (2) | 0,72 μ W |
| inner bottom (4) | 0,51 μ W |
| defocussed (5) f=-30mm | 4,10 μ W |

Es zeigt sich, dass von der eingestrahnten Leistung bei 636 nm ca. $1,03\%$, bei 405 nm ca. $1,2\%$, bei 787 nm ca. $0,0004\%$ und bei 532 nm ca. $0,3\%$ transmittieren.

Die Messpunkte für Tabelle 4 sind in Abbildung 8 gekennzeichnet. Dabei bedeutet der große rote Kreis die ungefähre Lage des Laserspot, welcher defokussiert ($f = -30\text{ mm}$) auf die Probe gegeben wurde.



Abbildung 28: Darstellung des montierten Prototypen

Schlussendlich wurde der Aufbau in Kombination mit einem Kleidungsstück an einem Probanden im Laboraufbau kurzzeitig getragen. Dabei hat sich herausgestellt, dass die hergestellten Sensortextilien nur eine Messung unter idealen Laborbedingungen erlauben. Für eine Messung unter realen Bedingungen sind noch weitere Entwicklungen nötig.

8. Nachhaltigkeit des Projektes und Wirkung nach Projektende

Im Lauf der Projektbearbeitung konnten verschiedene Erkenntnisse auf allen Teilgebieten des Projektes gesammelt werden. Diese wurden direkt in die Lehre an der WHZ überführt. Exemplarisch dafür sind zum Beispiel die Module PTI 503 „Optische Messtechnik“, PTI 475 „Energie – Nachhaltige Strategien“, AMB309 „Verbundwerkstoffe“ sowie ELT 142 "Steuerungstechnik II/III".

Zur wissenschaftlichen Verwertung wurden folgende Beiträge zur Publikation eingereicht:

Ch. Taudt, B. Wolf, S. Hommel, S. Römer „Opto-elektronisches Assistenzsystem für sehbehinderte Menschen (Blinden-Navigation)“, 15. Nachwuchswissenschaftlerkonferenz, Magdeburg, im 24.04. 2014

Wolf, Birgit; Hoffmann, Kirstin „Opto-elektronisches Assistenzsystem für sehbehinderte Menschen“, 15. Nachwuchswissenschaftlerkonferenz, Magdeburg, im 24.04. 2014

Weiterhin konnte durch den engen Kontakt mit betroffenen Personen und bilateralen Fachgesprächen sowohl die Nutzeranforderungen als auch das Marktpotential evaluiert werden. Diese Erkenntnisse werden zur Zeit der Berichtserstellung gesammelt um einen Antrag auf einen anschließende Forschungsförderung zu stellen.

9. Praxiswirksamkeit und Weiterführungschancen von Projektinhalten

In enger Verzahnung mit den Praxispartnern und betroffenen Personen konnten im Rahmen des Projektes wichtige grundlegende Erkenntnisse gewonnen werden. Die entwickelten technischen Ansätze zeigen dabei ein hohes Maß an Weiterführungsperspektiven. Allerdings sind alle untersuchten Ansätze bisher noch im Anfangsstadium und benötigen noch ausführliche Forschungsarbeiten.

Partner aus sowohl aus dem medizinischen als auch dem sozialen Umfeld haben dem prinzipiellen Forschungsansatz einen hohen Grad an Praxistauglichkeit bescheinigt. Zusammen mit diesen Partnern bereitet das Forschungskonsortium zur Zeit der Berichtserstellung einen anschließenden Forschungsantrag vor. Dieser soll vorzugsweise im Rahmen einer anwendungsorientierten Forschungsrichtlinie gestellt werden und einen mögliche Markteinführung vorbereiten.

10. Zusammenfassung

Durch die Bearbeitung des beantragten Forschungsprojektes „Blinden Navigation“ konnten im Bereich Assistenztechnik für ältere und behinderte Menschen wesentliche neue Ansätze entwickelt und eine entsprechende Kompetenz aufgebaut werden. Allen voran wurden durch eine ausführliche Befragung von Betroffenen Personen die Anforderungen an eine derartige Technik erfasst. Hierbei konnten vor allem die teilweise sehr speziellen Anforderungen an die unterschiedlichen Nutzergruppen festgestellt werden. Im Ergebnis ist für eine technische Assistenzlösung für sehbehinderte Menschen vor allem wichtig, dass das Erlernen der entsprechenden Fähigkeiten schnell geht und somit die Bedienung zuverlässig und intuitiv erfolgen kann. Außerdem darf ein solches System den Nutzer nicht dauerhaft von der entsprechenden Verkehrs- oder Umweltsituation ablenken. Es sollte nur unterstützend wirken und jeder Zeit vollständig abschaltbar sein. Aufgrund der großen Anstrengungsleistung von Betroffenen, welche zur Verarbeitung von verschiedensten Umwelteinflüssen nötig ist spielen Überlastungsgefühle eine große Rolle. Letztendlich lässt sich sagen, dass potentielle Nutzer ein System bevorzugen würden, was in Ergänzung, nicht als Ersatz zu klassischen Hilfsmitteln (Langstock oder Hund) gezielte, präzise Informationen über eine konkrete Situation gibt und voll vom Nutzer steuer- und abschaltbar ist.

Auf Grundlage der Bedarfsanalyse konnten innovative Lösungen zur textilen Integration von optischen Elementen wie Lasern und Lichtleitfasern zur sensorischen Erfassung von Entfernungen realisiert und getestet werden. Besonders die Entwicklung von neuartigen Sensortextilien konnte vorangetrieben werden. Hierbei wurde Lichtleitende Faser zur Aufnahme von vorher ausgesandtem Messlicht modifiziert. Nach der Auswahl verschiedener Modifikationsverfahren und Faserwerkstoffe konnten Sensortextilien hergestellt werden. Diese wurden in Kombination aus Sensorfasern und klassischen textilen Materialien durch die Verfahren Sticken, Nähen oder Weben gefertigt. Bei diesen Entwicklungen wurde vor allem darauf geachtet Herstellungsverfahren und –prozesse zu nutzen, die großtechnisch sinnvoll einsetzbar sind um später eine günstige Fertigung derartiger Sensoren zu gewährleisten. Außerdem wurde darauf geachtet, dass derartige Textilien einen hohen Tragekomfort und eine robuste Handhabung (z.B. beim Waschen) ermöglichen um die Akzeptanz im Bereich der Betroffenen zu erlangen.

Zusätzlich wurde ein audio-basiertes Feedbacksystem zur Weitergabe von Entfernungssignalen entwickelt und getestet. Das System setzt Entfernungssignale der Sensorplattform in ein Audiosignal um, welches für den Menschen in einem angenehmen Frequenzbereich arbeitet (0-XX kHz).

Die Kombination aller entwickelten Techniken hat den Test eines Prototyps ermöglicht. In Konsequenz musste allerdings festgestellt werden, dass die kurze Entwicklungszeit im Rahmen des Projektes nicht ausreicht hat ein voll funktionstüchtiges System aufzubauen. Weitere Entwicklungen sollen durch die Beantragung von Folgeprojekten ermöglicht werden.

Entsprechend der erlangten Erkenntnisse wurden interessante Themen textiler Grundlagen, einiger Fertigungsmethoden zur Herstellung von verstärkenden textilen Flächen mit eingearbeiteten Lichtwellenleitern betrachtet, angewandter optischer Messtechnik sowie mikrocontroller-gesteuerter Feedbacksysteme aufgegriffen und bearbeitet. Aus entstandenen Problemen sind bereits Ideen für weitere Untersuchungen entwickelt. Mithilfe der interdisziplinären Zusammenarbeit kann letztendlich auch ein ganzheitlicher Gewinn an Forschung verzeichnet werden.

In der Nachlaufzeit des Projektes wird angestrebt entstandene Technische Ansätze entweder mit Industrie- oder Forschungspartnern zur weiteren Vertiefung in anderen Förderschienen (z.B. ZIM, BMBF „Mensch-Technik-.Interaktion im demografischen Wandel“) anzumelden.