

Personalisierte Schmerzdarstellung - Weiterentwicklung eines zahnärztlichen Visualisierungstools zur Verbesserung der Informationstherapie

Bachelorarbeit

Institut für Informatik der Universität Zürich

Prof. Dr. Gerhard Schwabe

Studienrichtung: Softwaresysteme

Verfasser: M. med. Christoph Fässler

Obere Weid 6 8180 Bülach

E-Mail: christoph.faessler@hotmail.com

Matrikelnummer: 09-750-027

Betreuer: Dr. Mateusz Dolata

Abgabetermin: 01.08.2020

Danksagung

Mein Dank gilt zuallererst meinem Betreuer, Dr. Mateusz Dolata, für seinen steten Zuspruch, seine motivierende Art und seine Unterstützung in schwierigen Situationen.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Gerhard Schwabe dafür bedanken, dass ich an seinem Lehrstuhl eine Arbeit schreiben durfte.

Ein spezieller Dank geht an das Team des Zahnmedizinischen Institutes (ZZM), namentlich PD Dr. Dr. Dominik Ettlin, Dr. Dr. Nenad Lukic und Dr. Aleksandra Wojcynska für die Zusammenarbeit und die Energie, mit welcher dieses Projekt vorangetrieben wurde.

Besten Dank auch an Mikail Douis, Systemadministrator am Institut für Informatik, ohne dessen tatkräftige Hilfe der Server immer noch nicht stünde.

Zuletzt gilt mein Dank allen Teilnehmenden meiner Umfragen und Befragungen, seien dies Patienten, Psychologiestudentinnen, Kommilitonen oder Familienmitglieder, ohne deren Inputs diese Arbeit nicht hätte stattfinden können.

Zusammenfassung

Die Ärztinnen und Ärzte der Schmerzsprechstunde am Zentrum für Zahnmedizin (ZZM) der Universität Zürich setzen zur Aufklärung der Patientinnen und Patienten eine Applikation auf Tablets ein, welche Bildmaterial und Möglichkeiten zur Befunddokumentation enthält. Ziel dieser Arbeit ist es, die Möglichkeiten zur Personalisierung, insbesondere in der bildlichen Darstellung von Schmerzen, weiterzuentwickeln. Hierzu wurden Patientenbefragungen und Onlineumfragen durchgeführt, anhand derer neues Bildmaterial entworfen und in die im Funktionsumfang erweiterte App integriert wurde. Parallel dazu wurde eine Oberfläche zur Darstellung von 3D-Modellen entworfen.

Nach wiederholten Evaluationen und einer Fokusgruppe kann festgestellt werden, dass im Zentrum der zukünftigen Entwicklung der App die Integration des WISE-Fragebogens und der Aufbau einer integrativen, benutzerfreundlichen Bildbearbeitungsoberfläche stehen sollte, während der Weiterentwicklung der 3D-Features vorerst nur eine untergeordnete Rolle zukommen sollte.

Abstract

The physicians of the pain clinic at the Center for Dentistry (ZZM) of Zurich University use an application containing images and options for the documentation of findings to educate patients. The aim of this work is to further develop the possibilities for personalization, especially in the pictorial representation of pain. For this purpose, patient surveys and online surveys were carried out, based on which new image material was designed and integrated into the app, which has been expanded in its functional scope. At the same time, a user interface for the presentation of 3D models was designed.

After repeated evaluations and a focus group it can be stated that the aim of the future development of the app should be the integration of the WISE questionnaire and the creation of an integrated, user-friendly image processing interface, while the further development of the 3D features should initially be of minor concern.

Inhaltsverzeichnis

1	Einle	eitun	g	9
	1.1	Mot	ivation	9
	1.2	Ziels	setzung	9
	1.3	Auft	oau der Arbeit	10
2	The	oretis	sche Grundlagen	11
	2.1	Schr	nerztheorie	11
	2.2	Frida	a Kahlo	12
	2.3	Schr	merzursachen	12
	2.3.	1	Zelluläre Ebene	13
	2.3.	2	Neuroanatomische Ebene	13
	2.3.	3	Funktionale Ebene	14
	2.3.	4	Anatomisch-kausale Ebene	15
	2.4	Schr	merzintensität	16
	2.5	Schr	merzzeichnungen	16
	2.6	Akze	eptanzlücke	17
	2.7	Pers	onalisierte Medizin	17
	2.8	WIS	E-Fragebogen	18
	2.9	Kont	textfaktoren	18
3	Prak	ctisch	e Grundlagen	20
	3.1	Vora	arbeiten per Videoanalyse	20
	3.2	Aufb	oau und Evaluation eines Prototyps	20
	3.3	Wich	htige Funktionen der Applikation	20
4	Met	:hode	n	22
	4.1	Desi	gn Science Research	22
	4.2	Schr	merzzeichnungen	23
	4.3	Onli	ne-Umfragen	23
	4.4	Sprii	nts	25
	4.5	Prot	otyp-Rückmeldungen	25
	4.6	Foku	usgruppe	25
5	Arte	efact I	Design	27
	5.1	Sprii	nt 1	27
	5.2	Sprii	nt 2	28
	5.3	Sprii	nt 3	30
	5.4	Spri	nt 4	31

	5.5	Üb	erblick über das Erreichte	32
6	Re	esultat	te und Evaluationen	35
	6.1	Sch	nmerzzeichnungen	35
	6.2	On	line-Umfragen	37
	6.	2.1	Umfrage 1	38
	6.	.2.2	Umfrage 2	41
	6.	.2.3	Umfrage 3	44
	6.3	Scł	nlussevaluation von ärztlicher Seite	45
	6.	3.1	Erste Evaluation	45
	6.	3.2	Zweite Evaluation	46
	6.4	Res	sultate der Fokusgruppe	47
	6.	4.1	Statische Designs	47
	6.	4.2	Programmanforderungen	50
	6.	4.3	Personalisierungsaspekte	51
7	D	iskussi	on	53
	7.1	Sch	nmerzdarstellungen	53
	7.	1.1	Schmerz im Gesamtkontext	53
	7.	1.2	2D-Darstellungen	54
	7.	1.3	3D-Darstellungen	55
	7.2	Pei	rsonalisierung	57
	7.3	Ak	zeptanzfaktoren	57
8	So	chlussf	olgerungen	58
9	Pı	roblen	ne und Limitationen	59
10)	Litera	nturverzeichnis	60
11	L	Anha	ng	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Die gebrochene Säule von Frida Kahlo	12
Abbildung 2-2: Primär afferente Axone	13
Abbildung 2-3: Trigeminale Schmerzbahn	14
Abbildung 2-4: PET-Scan	15
Abbildung 2-5: Häufigste Skalen zur Erfassung von Schmerzintensität	16
Abbildung 2-6: Kontextfaktoren	
Abbildung 4-1: Die drei Zyklen der Design Science Research	23
Abbildung 4-2: Vorlage für Schmerzzeichnungen	23
Abbildung 5-1: Alte Darstellung nach Truong zum Einzeichnen von Schmerzen	29
Abbildung 5-2: Aktuelles Design der "Schmerzdetails"-Oberfläche	32
Abbildung 5-3: Pop-Up mit Kamerafunktion und animierten Elementen	33
Abbildung 5-4: Website mit den 3D-Modellen und Auswahlleiste für Basis- und Schmerzmodelle	33
Abbildung 6-1: Weiblich, geb. 1993	35
Abbildung 6-2: Weiblich, geb. 1953	35
Abbildung 6-3: Weiblich, geb. 1986	36
Abbildung 6-4: Weiblich, geb. 1940	36
Abbildung 6-5: Männlich, geb. 1964	36
Abbildung 6-6: Weiblich, geb. 1989	36
Abbildung 6-7: "Pulsierend"	38
Abbildung 6-8: "Ziehend"	38
Abbildung 6-9: "Dumpf"	38
Abbildung 6-10: "Stechend"	38
Abbildung 6-11: "Brennend"	39
Abbildung 6-12: "Kribbelnd"	39
Abbildung 6-13: "Elektrisierend"	39
Abbildung 6-14: "Taub"	39
Abbildung 6-15: Punktevergabe pro Abbildung je Subgruppe	
Abbildung 6-16: "Stechend"	41
Abbildung 6-17: "Dumpf"	41
Abbildung 6-18: "Drückend"	42
Abbildung 6-19: "Nadel-artig" (Variante 1)	
Abbildung 6-20: "Ziehend"	
Abbildung 6-21: "Nadel-artig" (Variante 2)	42
Abbildung 6-22: "Elektrisierend"	43
Abbildung 6-23: Punktevergabe pro Abbildung je Subgruppe	43
Abbildung 6-24: Punktevergabe pro Attribut, nach Subgruppen aufgetrennt	44
Abbildung 6-25: Fokusgruppe	48
Abbildung 6-26: Fokusgruppe	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umfrageteilnehmer, aufgeschlüsselt nach Subgruppen	24
Tabelle 2: Änderungsvorschläge nach Truong	34
Tabelle 3: Subgruppen-Legende für Graphen der Abbildungen 6-7 bis 6-24	37
Tabelle 4: Analyse der Punktevergabe	41
Tabelle 5: Punktevergabe nach Subgruppe, gesamt	45
Tabelle 6: Evaluationsprotokoll 1.	46
Tabelle 7: Evaluationsprotokoll 2	47
Tabelle 8: Akzeptanzfaktoren, sortiert nach Relevanz	50
Tabelle 9: Personalisierungsfaktoren, sortiert nach Relevanz	51

Glossar

Anamnese	Erfassung der Patientengeschichte		
Aktionspotential	Stromspannung über der Zellmembran		
Axon	Ausläufer der Nervenzelle		
СТ	Computertomogramm; benutzt Röntgenstrah-		
	len zur Bildaufnahme		
Dermatom	Teil der Haut, welcher von jeweils einem einzel-		
	nen Rückenmarkssegment innerviert wird		
EEG	Elektroenzephalogramm; misst Gehirnströme		
Fibromyalgie	Körperweite Schmerzerkrankung, einhergehend		
	mit Depressionen		
fMRI	Funktionelle Magnetresonanztomografie; be-		
	nutzt Magnetfelder, um Bilder zu erzeugen		
Inzidenz	Neuerkrankungen in einem bestimmten Zeit-		
	raum		
Korrelat	Konkreter Zustand eines Teils des Körpers		
Myelin	Aus Fett bestehende Isolationsschicht der Ner-		
	venzellen		
	VCHZCHCH		
Neuron	Nervenzelle		
Neuron Neuropathie			
	Nervenzelle		
	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzel-		
Neuropathie	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzel- len		
Neuropathie	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig		
Neuropathie Nozizeptor	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung		
Neuropathie Nozizeptor	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioak-		
Neuropathie Nozizeptor PET	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioaktiven Zerfall zur Bildgebung		
Neuropathie Nozizeptor PET	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioaktiven Zerfall zur Bildgebung Viruserkrankung des Kindesalters, einherge-		
Neuropathie Nozizeptor PET Polio	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioaktiven Zerfall zur Bildgebung Viruserkrankung des Kindesalters, einhergehend mit Lähmungen		
Neuropathie Nozizeptor PET Polio Polymodal	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioaktiven Zerfall zur Bildgebung Viruserkrankung des Kindesalters, einhergehend mit Lähmungen Mehrere Qualitäten betreffend		
Neuropathie Nozizeptor PET Polio Polymodal Rezeptorpotential	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioaktiven Zerfall zur Bildgebung Viruserkrankung des Kindesalters, einhergehend mit Lähmungen Mehrere Qualitäten betreffend Änderung der Zellspannung durch einen Reiz		
Neuropathie Nozizeptor PET Polio Polymodal Rezeptorpotential Sensorisch	Nervenzelle Sammelbegriff für Erkrankungen der Nervenzellen Spezialisierter Teil der Nervenzelle, notwendig für Schmerzempfindung Positronemissionstomografie; benutzt radioaktiven Zerfall zur Bildgebung Viruserkrankung des Kindesalters, einhergehend mit Lähmungen Mehrere Qualitäten betreffend Änderung der Zellspannung durch einen Reiz Die Sinne betreffend		

1 Einleitung

1.1 Motivation

Ein wiederkehrendes Problem in der ärztlichen Praxis ist die Behandlung von Schmerzen. In der Zahnmedizin dominieren diesbezüglich Kiefergelenkbeschwerden und Beschwerden durch Verletzungen des Zahnnervs. Die Behandlung solcher Beschwerden, die oft mit somatischen und emotionalen Belastungen einhergehen, stützt sich auf die *shared decision* Medizin (Poitras, et al., 2019). Sie erfordert eine funktionierende Arzt-Patienten-Kommunikation, damit Informationen auch für den Laien verständlich übermittelt werden können. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass schon allein das Verständnis über die Entstehungsmechanismen von Schmerzen und Kiefergelenkstörungen das Krankheitserleben erleichtern und den Krankheitsverlauf verkürzen kann (Galli, et al., 2009). Um diesen Effekt der Informationsvermittlung therapeutisch nutzen zu können, wurde die Informationstherapie konzipiert. Diese findet derzeit in der Schmerzsprechstunde am Zentrum für Zahnmedizin (ZZM) der Universität Zürich Anwendung (Ettlin, et al., 2018).

Erstes Ziel der Informationstherapie in der ist es, den Patienten dessen psychosozialen Belastungskonstellationen als Ursachen der körperlichen Beschwerden erkennen zu lassen. Daraus wiederum beziehen Betroffene die Motivation zu evidenzbasierten Selbsthilfestrategien (z.B. Erlernen von Entspannungstechniken, Umgangsstrategien mit Stressoren). Dabei gilt, dass Bilder dabei helfen, komplexe medizinische Sachverhalte verständlich zu machen. Sie bleiben weiterhin besser im Gedächtnis als rein textuelle Informationen und tragen in Kombination mit angewandter Personalisierung (z.B. dem Übertragen des Gesichtes des Patienten in die Applikation) auch zu einer stärkeren Identifizierung mit dem Problem und dessen Lösung bei. Entsprechend ist ein Anspruch an die Informationstherapie auch die Vermittlung von anatomischem Wissen und individuell angepassten Darstellungen, damit Betroffene ihr eigenes Leiden in personalisierten Grafiken wiedererkennen können.

Um die genannten Aspekte in Form einer IT-Lösung umzusetzen, wurde eine Applikation für Android für das ZZM in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik der Universität Zürich entworfen und ein Prototyp entwickelt. Die Evaluation dieses neuen Tools wurde durch Mitarbeitende des Psychologischen Instituts der Universität Zürich begonnen. Parallel zu dieser Studie wurde im Sinne des Rapid Prototyping die Weiterentwicklung des Tools begonnen.

1.2 Zielsetzung

Ein Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Verbesserung der bestehenden Applikation durch optimierte graphische Darstellung von Schmerzen und stärkerer Personalisierung dieser Darstellung. Die neuen Darstellungsmöglichkeiten sollen zu einem besseren Verständnis seitens der Patienten und zur erhöhten Identifizierung mit deren Problemen und den vorgeschlagenen Lösungen beitragen. Dazu müssen zunächst folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- 1. Wie kann Schmerz inklusive seiner Qualität und Quantität und Schmerzursachen visuell dargestellt werden?
- 2. Wie kann die Darstellung des Schmerzes personalisiert und auf den Patienten angepasst werden?

Während der aktiven Literaturrecherche, den Patientenkontakten, Umfragen und Evaluationen soll basierend auf den Zwischenergebnissen parallel in mehreren Iterationen die bestehende Applikation im Funktionsumfang erweitert werden; weiterhin sollen die Grundlagen für den zukünftigen Ausbau der Applikation aufgesetzt und konkrete Empfehlungen zum weiteren Vorgehen hinterlegt werden. Der Einsatz der neuen Features soll sich nahtlos in die Schmerzsprechstunden am ZZM einfügen. Das erstellte Tool soll mit den Ärzten und Zufallspersonen während der Entwicklung regulär getestet werden, während in der Fokusgruppe die summative Evaluation erfolgen soll.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich in sechs Teile:

- Im ersten Teil werden die theoretischen Grundlagen erläutert, anhand derer die Forschungsfragen beantwortet werden sollen. Für die erste Forschungsfrage wird hierzu auf die physiologischen Grundlagen von Schmerz ebenso eingegangen werden wie auf die bisher gebräuchlichen Darstellungsformen seiner Qualität, Quantität, räumlichen Dimensionen, Auslöser und Konsequenzen für das Individuum. Um die zweite Forschungsfrage beantworten zu können, soll insbesondere auf die bisherige Arbeit am ZZM hinsichtlich Personalisierung eingegangen werden.
- Im zweiten Teil wird der aktuelle Stand der Applikation "PaCons2" präsentiert, sowie die Vorarbeiten, die zu deren Entwicklung geführt haben.
- Im dritten Teil werden die angewandten Methoden beschrieben. Der Ansatz von *Design Science Research* wird erläutert, ebenso die Details der Patientenkontakte, Online-Umfragen, der Fokusgruppe und Zwischenevaluationen.
- Im vierten Teil wird dargelegt, wie die gewonnenen Erkenntnisse sich auf das Programmdesign auswirkten und welche Anpassungen durchgeführt wurden. Zu beachten ist, dass die Resultate und Evaluationen im Folgekapitel aufgeführt sind, die Applikationsentwicklung aber parallel zu den Umfragen und Evaluationen durchgeführt wurde. Abschliessend folgt ein Überblick über das Erreichte.
- Im fünften Teil werden die Ergebnisse aus den Patientenkontakten, Umfragen und Evaluationen aufgeführt; weiterhin werden gewichtete Listen aus der Fokusgruppe bezüglich Personalisierung und Akzeptanzfaktoren dargelegt.
- Im sechsten Teil werden theoretische Grundlagen, Resultate und Evaluationen verknüpft und diskutiert. Dabei werden die im Verlaufe der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst sowie Empfehlungen für die weitere Entwicklung der Applikation hinterlegt.

2 Theoretische Grundlagen

Schmerzen bildlich darzustellen, ist nicht nur Gegenstand zahlreicher Studien, sondern auch Teil der Kunstgeschichte. Die Malerin Frida Kahlo litt Zeit ihres Lebens an chronischen Schmerzen, welche heute einer Fibromyalgie infolge eines Unfalls zugeschrieben werden, und liess ihre Erfahrungen in ihre Kunstwerke einfliessen (Courtney, et al., 2017). Dagegen konzentriert sich die medizinische Forschung primär auf die Darstellung der während der Schmerzempfindung aktiven Hirnstrukturen, der Zuordnung von Schmerzen zu bestimmten Körperteilen, sowie der Schmerzintensität (Breivika, et al., 2006). Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die Grundlagen des Schmerzempfindens, der verschiedenen bildlichen Darstellungsmethoden von Schmerzen und geht schliesslich auf den Begriff der personalisierten Medizin ein.

2.1 Schmerztheorie

Obwohl davon auszugehen ist, dass jeder Mensch eine Vorstellung von Schmerz hat (mit wenigen Ausnahmen, wie z.B. Patienten mit kongenitaler Schmerzunempfindlichkeit (Nagasako, et al., 2003), ist es schwierig, eine adäquate Begriffsdefinition zu finden. Die International Association for the Study of Pain (IASP) definiert Schmerz als "eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die [...] mit tatsächlichem oder potentiellem Gewebeschaden assoziiert ist" (IASP, 2020). Hiermit werden nebst der Schmerzerfahrung an sich auch die emotionalen Folgen betont; gleichzeitig geht aus der Verwendung des Begriffs "Erfahrung" hervor, dass damit das innere Erleben eines Individuums betroffen ist. Daraus leitet sich das in der Schmerzforschung inhärente Problem ab: Die subjektive Erfahrung von Schmerzen ist objektiv nicht erfassbar (Dekkers, 2015). Dies bedeutet nicht, dass keine fundierten Modelle für die Schmerzwahrnehmung und -verarbeitung existieren. Es kann jedoch nicht bewiesen werden, dass bei Vorliegen eines bestimmten neurologischen Korrelates (z.B. eines Aktivitätsmusters im Hirn) eine Person auch tatsächlich Schmerzen empfindet. Dies wird darüber hinaus durch die Beobachtung verkompliziert, dass Schmerz in bestimmten Situationen als Qualität in sich gespalten werden kann. Beispielsweise berichteten Patienten unter Morphium, Schmerzen zu empfinden, die jedoch nicht weh tun würden. Entsprechend stützt sich die Schmerzforschung neben den neurobiologischen Befunden auf Rückmeldungen von Patienten und Verhaltensmuster von Versuchstieren. Es soll angemerkt werden, dass gemäss Dekkers insbesondere die Verbalisierung einer Schmerzqualität (und nur in geringerem Umfang ihrer Intensität) den Patienten Schwierigkeiten bereitet; typischerweise müssen Metaphern verwendet werden, um der Qualität gerecht zu werden.

2.2 Frida Kahlo

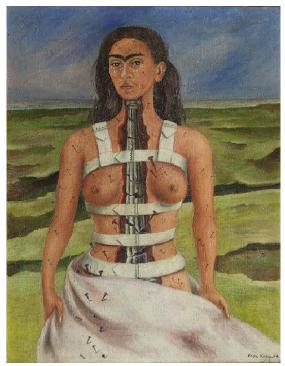


Abbildung 2-1: Die gebrochene Säule von Frida Kahlo. (artsandculture.google.com)

Frida Kahlo (1907-1954) war eine mexikanische Malerin und wird zu den bedeutendsten Vertretern des Surrealismus gezählt. Von Bedeutung für diese Arbeit ist ihr Wirken insofern, als dass sie ihren Schmerz detailliert in Qualität und Quantität in ihren Bildern ausdrückte, welche dieser Arbeit als Inspiration dienten. Ihr Leben war von Leiden geprägt: In der Kindheit erkrankte sie an Polio. Später litt sie infolge eines Busunfalls im Jahr 1925, bei welchem sich eine Metallstange durch ihr Becken bohrte, für den Rest ihres Lebens an chronischen Rückenschmerzen. Nach mehreren gescheiterten Wirbelsäulenoperationen entwickelte sie zudem Schmerzen in den Beinen. Rückblickend werden als Schmerzursachen eine Fibromyalgie und eine Neuropathie durch eine Nervenschädigung am Bein vermutet. Bis zu ihrem Tod im Alter von 47 Jahren litt sie an Durchblutungsstörungen aufgrund von Ge-

fässschäden, welche die Amputation mehrerer Zehen nach sich zogen (Courtney, et al., 2017). Ihr Bild "La columna rota" (1944), zu Deutsch "Die gebrochene (Wirbel-)säule", entstand im Anschluss an eine Wirbelsäulenoperation (vgl. Abbildung 2-1). Die vielen Nägel weisen auf ihre chronischen Schmerzen im Oberkörper und rechten Bein hin. Zu sehen ist sind räumliche Schmerzverteilung sowie eine Variation in der Grösse der Nägel, mutmasslich zusammenhängend mit unterschiedlichen Schmerzintensitäten. Daneben ist eine Verletzung der körperlichen Integrität und des Selbstbildes (die gebrochene Säule) sichtbar sowie die emotionale Belastung (sie weint). Das Korsett wiederum weist entweder auf ihre Polio-Erkrankung hin oder symbolisiert generell die Einschränkungen in ihrem Alltag. Hervorzuheben ist die Wahl eines realen Objektes (Nagel) als Schmerzrepräsentation anstelle einer abstrakten oder fantastischen Form, wenngleich die Nägel als Repräsentation christlicher Symbolik gewählt wurden und über die Zuordnung der Schmerzqualität (in diesem Fall "stechend") nur gemutmasst werden kann (Kettenmann, 1999).

2.3 Schmerzursachen

Je nach Beschwerdebild muss die Ursache von Schmerzen an einem anderen Ort gesucht werden. Es kann zwischen dem direkten Auslöser, z.B. einem in den Körper eindringenden Fremdkörper, der darauffolgenden Antwort der Nervenzellen, der Reizfortleitung und dem daraus resultierenden zentralnervösen Aktivitätsmuster unterschieden werden.

2.3.1 Zelluläre Ebene

Um Schmerzen wahrnehmen zu können, sind spezialisierte Neuronen (Nervenzellen) notwendig. Ihre Ausläufer, Nozizeptoren genannt, enden im Körpergewebe. Wie auch alle anderen Rezeptoren in der Haut und dem subkutanen Gewebe übersetzen sie eine Reihe von Stimuli in ein Rezeptorpotential, welches in ein afferentes, d.h. zum Zentralnervensystem laufendes, Aktionspotential umgewandelt

wird. Analog zu einem Stromkabel läuft dieses Potential durch elektrochemische Prozesse bis zum Hirn.

Im Gegensatz zu somatosensorischen Axonen (Aα und Aβ), also Fasern, welche Informationen über nicht-schmerzhafte Ereignisse übermitteln, sind die Axone der Nozizeptoren wenig oder gar nicht myelinisiert. Durch die geringe elektrische Isolierung (siehe Abbildung 2-2) leiten sie Schmerzinformationen verhältnismässig

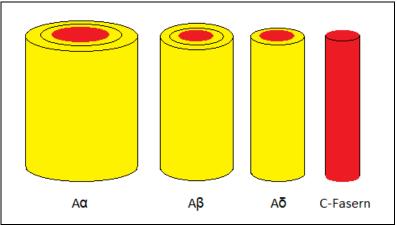


Abbildung 2-2: Primär afferente Axone. Mit abnehmender Dicke der Markscheide (Myelinscheide) sinkt die Leitungsgeschwindigkeit von ca. 100m/s für A α -Fasern auf unter 2m/s für C-Fasern. Quelle: Eigene Darstellung.

langsam weiter. Dabei wird zwischen A δ -Fasern (mit einer Leitgeschwindigkeit von 20m/s) und C-Fasern (2m/s) unterschieden. Generell gilt, dass die A δ -Fasern auf hochintensive mechanische Reize reagieren, während die polymodalen C-Fasern auf verschiedene thermische, mechanische und chemische Reize ansprechen. Das Wahrnehmungsfeld (Englisch: "Receptive Field"), welches der Flächenausdehnung entspricht, in welcher ein Reiz eine Faser anregen kann, ist bei Schmerzrezeptoren im Vergleich mit somatosensorischen Axonen sehr gross. Dieses Muster, welches sich bis in die höheren Hirnregionen fortsetzt, weist darauf hin, dass die schiere Wahrnehmung von Schmerz in der menschlichen Entwicklung wichtiger war als die genaue Lokalisierung desselben im Körper (Trepel, 2008).

In Studien konnte gezeigt werden, dass die direkte Stimulation von Nozizeptoren bei freiwilligen Versuchsteilnehmenden zu zwei grundsätzlichen Empfindungen führt. Zunächst entsteht bei Stimulation ein scharf einfahrender Initialschmerz, gefolgt von einem länger anhaltenden, etwas verzögert eintretendem Sekundärschmerz. Die Stimulation der grösseren Axone (A α und A β) ruft hingegen kein Schmerzgefühl hervor. Umgekehrt kann mit selektiver anästhetischer Blockade der C-Fasern und A δ -Fasern gezeigt werden, dass letztere tatsächlich für den Initialschmerz und die C-Fasern für den Sekundärschmerz verantwortlich sind (Purves, et al., 2001).

2.3.2 Neuroanatomische Ebene

Abhängig von der Lokalisation des Auslösers wird das Schmerzsignal über eine von zwei möglichen Nervenbahnen zum Gehirn weitergeleitet: Die spinothalamische oder die trigeminale Bahn. Erstere leitet Schmerzinformationen aus dem gesamten Körper mit Ausnahme des Gesichtes zum Thalamus im Zwischenhirn, wo das Signal auf ein weiteres Neuron umgeschaltet und in die Hirnrinde projiziert wird. Letztere Bahn besteht, wie der Name bereits andeutet, aus Fasern des Nervus Trigeminus, welche vom Gesicht ausgehen und bis ins Stammhirn reichen. Das Signal wird dort über ein Interneuron auf die Gegenseite umgeschaltet und ebenfalls über den Thalamus in die Hirnrinde projiziert (siehe Abbildung 2-3). Ein Unterbruch einer solchen Bahn führt zum charakteristischen Ausfall der Schmerzempfindung (Analgesie) (Trepel, 2008).

Ein regelmässig in der Schmerzsprechstunde am ZZM anzutreffendes Krankheitsbild ist mit einer jährlichen Inzidenz von geschätzt 1:8000 die Trigeminusneuralgie, eine Erkrankung ebendieses Nervs. Es wird vermutet, dass dem Krankheitsbild ein Abbau der Markscheide zugrunde liegt, welche durch einen Kontakt von Axon und Blutgefäss am Nerveneintrittspunkt beim Hirnstamm verursacht wird. Daneben existieren seltenere Formen, bei denen durch Autoimmunprozesse oder Raumforderungen die Myelinscheide abgebaut wird (Ettlin, et al., 2018).

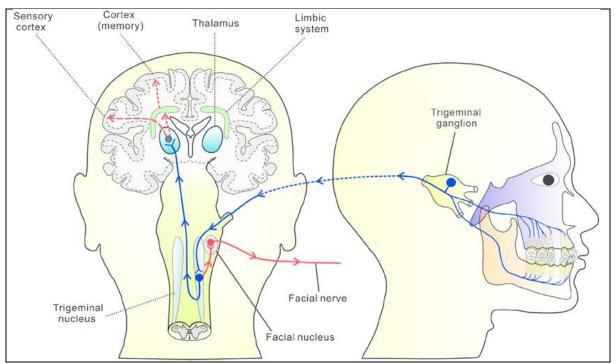


Abbildung 2-3: Trigeminale Schmerzbahn, die wichtigste Nervenbahn für Gesichtsschmerzen. (Long, et al., 2016)

2.3.3 Funktionale Ebene

Mit dem Ziel, zentralnervöse Aktivitätsmuster den jeweiligen Sinneszuständen zuzuordnen, nutzt die Schmerzforschung eine Vielzahl von nichtinvasiven bildgebenden Verfahren. Grundsätzlich unterscheidet man elektrophysiologische Methoden (z.B. EEG, vergleiche nachfolgend) von hämodynamischen Methoden (z.B. PET-Scan), wobei beide den funktionellen Verfahren zugeordnet werden – eine konventionelle Bildgebung, wie z.B. ein Computertomogramm (CT), kann lediglich die Gehirnstruktur, nicht aber die Aktivität abbilden.

Das Elektroenzephalogramm (EEG) ist eine elektrophysiologische Methode und bietet eine hohe zeitliche Auflösung, nützlich für die Auftrennung der Schmerzreaktion in ihre zeitlichen Phasen (Antizipation, Primär- und Sekundärantwort). Hämodynamische Methoden wiederum bieten eine hohe räumliche Auflösung und sind damit zur Untersuchung von anatomischen Strukturen geeignet. Beispiele hierfür sind die Positronenemissionstomographie (PET) und die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI). Mit Hilfe dieser Verfahren konnten die für die Schmerzverarbeitung und -wahrnehmung essenziellen Strukturen identifiziert werden; überdies bieten sie Einblicke in die Entstehung von chronischen Schmerzen und damit Anhaltspunkte für potenzielle Therapien (Morton, et al., 2016). Gerade bei chronischen Schmerzsyndromen bestand oft Skepsis von Seiten der Behandler und die Tendenz, das Beschwerdebild als rein psychologisch einzustufen. In diversen Studien konnte jedoch mittlerweile gezeigt werden, dass Schmerzproblematiken mit sichtbaren strukturellen Hirnveränderungen einhergehen (vgl. Abbildung 2-4) (Martucci, et al., 2017).

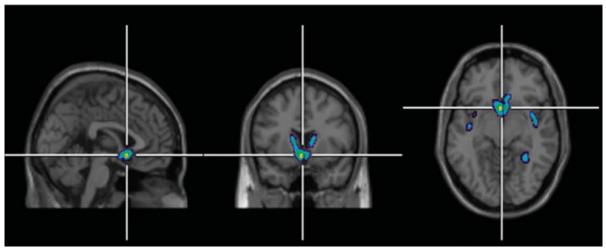


Abbildung 2-4: PET-Scan. Zu sehen ist die erhöhte Opioidrezeptor-Verfügbarkeit im Zusammenhang mit chronischen Schmerzen. (Brown, et al., 2015)

2.3.4 Anatomisch-kausale Ebene

Die Gründe, weshalb Patienten in der Schmerzsprechstunde des ZZM vorstellig werden, reichen von angeborenen Fehlbildungen oder Unfällen über Kiefergelenks-Dysfunktionen wie Arthrose oder Entzündungen bis hin zu Überbelastung des Kauapparates infolge von Bruxismus (nächtliches Zähneknirschen). Diesen Krankheiten ist allen gemein, dass sie konkreten Zuständen des muskuloskelettalen Systems entsprechen, welche in ein visuelles Medium übersetzt werden können. Dabei sind rotierbare 3D-Darstellungen zur Vermittlung von anatomischem Wissen geeignet, während 2D-Darstellungen ausreichen, um strukturelle (Dys-)Funktionen zu illustrieren. Vorteilhaft sind jedoch stets animierte Darstellungen, da es sich bei Kiefergelenksdysfunktionen typischerweise nicht um Krankheiten statischer Natur handelt, sondern vielmehr um Probleme, welche in Fehlbewegungen bzw. Fehlbildungen des muskuloskelettalen Apparates begründet sind (Ettlin, et al., 2018).

2.4 Schmerzintensität

Es existieren diverse Skalen zur Erfassung der Schmerzintensität (vgl. Abbildung 2-5). Diese haben zum Ziel, die Schmerzen zu objektivieren, d.h. sie in einen Zahlenwert zu überführen. Dies erhöht die Vergleichbarkeit der Daten, lässt jedoch keine Individualisierung zu. Von den vier häufigsten Skalen enthält zudem lediglich die "FACES Scale" eine bildliche Darstellung der Schmerzen (in Form von Gesichtsausdrücken) im Vergleich zu den gebräuchlichen neutralen Balken bzw. Zahlenachsen.

Diese Erfassungsmethoden werden im Alltag sehr häufig eingesetzt, da sie einfach und schnell durchzuführen sind. Nachteilig wirkt sich aus, dass sie sehr allgemein gehalten und nur auf die Quantität fokussiert sind. Spezifische Inputs eines Patienten können nicht erfasst werden. Des Weiteren sind die Skalen anfällig für Verzerrungseffekte; beispielsweise wird berichtet, dass Schlaganfallpatienten dazu tendieren, die "FACES Scale" als Mass für Trauer wahrzunehmen (Thong, et al., 2018).

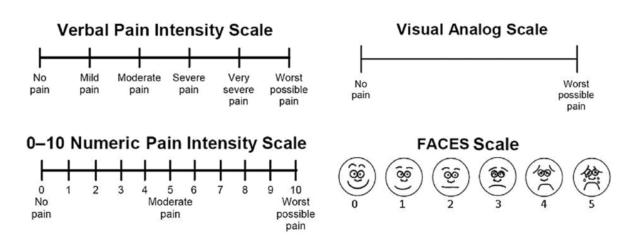


Abbildung 2-5: Häufigste Skalen zur Erfassung von Schmerzintensität. (FACES-Foundation, 2016) und (Breivika, et al., 2006)

2.5 Schmerzzeichnungen

In einer Schmerzzeichnung markiert bzw. schraffiert der Patient diejenigen Flächen auf einer schematischen Darstellung des Körpers, in welchen er Schmerzen verspürt. Damit kann ein Teil der Schmerzerfahrung, nämlich Ort, Ausdehnung und Intensität dokumentiert werden. Weiterhin können gegebenenfalls Verlaufsbeobachtungen durchgeführt und die Verteilung bestimmten Nerven bzw. Rückenmarkssegmenten zugeordnet werden. Ursprünglich mit Papier und Stift durchgeführt, sieht man heute vermehrt auch den Einsatz digitaler Mittel in der Klinik.

Die zur Verfügung stehenden Vorlagen, auf denen gemalt werden kann, variieren in hohem Masse. Neben schwarz-weissen Körperschemata existieren Variationen im Detail- bzw. Abstraktionsgrad, verschiedene Vorlagen je nach Geschlecht der Patienten, Farbabbildungen, Darstellungen mit Markierungen der Dermatome (Innervationssegmente der Haut) und schliesslich detailliert 3D-gerenderte Abbildungen des menschlichen Körpers. Dennoch existiert derzeit kein Konsens, welche der Darstellungsformen in welchem Kontext zu bevorzugen wäre.

Aus der fehlenden Standardisierung ergeben sich zwei Probleme: Einerseits führt der Mangel an Standardvorlagen dazu, dass Vergleichsstudien nur erschwert durchführbar sind. Die Art und Weise, wie die Darstellung eines Körpers auf ein Individuum wirkt, hängt davon ab, inwieweit sich der Betrachter damit identifizieren kann, was unter anderem von Alter, Geschlecht und Körperbau beeinflusst wird. Auch unterscheiden sich die Vorlagen in der dargestellten Körperhaltung, was zur Verzerrung der Ergebnisse führen kann. Andererseits existieren auch keine standardisierten Anweisungen, nach welchen die Patienten ihre Zeichnungen anfertigen sollten. Auffallend ist, dass dieser Aspekt in der Literatur kaum berücksichtigt wird. Mangelnde Richtlinien führen dazu, dass Patienten Symbole einzeichnen, Körperteile einkreisen oder Notizen ausserhalb der Vorlagen hinterlassen. Ob dies als Somatisierungsstörung oder als legitimer Ausdruck von Schmerzen zu werten ist, wird in der Literatur nicht einheitlich bewertet.

Abschliessend sei angemerkt, dass neben fehlender Standardisierung der Vorlagen und Anweisungen und dem Fehlen eines Konsenses über aussergewöhnliche Patienteninputs bis anhin die Idee einer Fotografie der betroffenen Patienten als Vorlage nicht aufgeworfen wurde. Weiterhin wird die Möglichkeit, zusätzlich zur Schmerzausdehnung auch Schmerzqualitäten darzustellen, ausser Acht gelassen (Shaballout, et al., 2019).

2.6 Akzeptanzlücke

Der Begriff der Akzeptanzlücke (Englisch: "Uncanny Valley", wörtlich: "Unheimliches Tal") stammt aus der Robotik. Ursprünglich wurde angenommen, dass die Akzeptanz eines menschlichen Betrachters gegenüber einem nicht-menschlichen Gegenstand oder einer entsprechenden Darstellung (beispielsweise einer 3D-Animation) mit zunehmender Menschenähnlichkeit der Form ansteigen würde. Beispielsweise löst ein Staubsaugerroboter keine emotionale Antwort aus; werden dem Roboter aber zwei Kulleraugen aufgeklebt, steigt die Zuneigung von Seiten eines Betrachters an. Anders ausgedrückt: Die Vermenschlichung eines Objektes steigt mit der Zunahme von dessen menschlichen Attributen. Entgegen den Erwartungen fiel aber die zunächst ansteigende Akzeptanz ab einem bestimmten Punkt rapide (daher der Begriff "Tal"). Hierbei handelt es sich um jenen Moment, ab dem ein Betrachter ein Objekt nicht mehr als Gegenstand mit menschlichen Zügen wahrnimmt, sondern als Menschen mit deutlich unmenschlichen Eigenschaften (z.B. ein starrer Blick, ruckartige Bewegungen etc.). Erst wenn der Gegenstand in Form und Funktion von einem Menschen nicht mehr zu unterscheiden, steigt die Akzeptanz wieder an (Wong, 2017).

Im weiteren Sinne bezeichnet Akzeptanzlücke das Phänomen, dass trotz formaler Verbesserung des Realitätsgrades die Illusion der Wahrhaftigkeit gemindert wird. Beispielsweise führt die Einführung eines 3D-Elementes in einer 2D-Umgebung zu einem reduzierten Ansprechen von Probanden auf Phantomglieder (D'Alonzo, et al., 2019).

2.7 Personalisierte Medizin

Personalisierte Medizin wird in der Literatur beschrieben als die Anwendung therapeutischer Mittel unter Berücksichtigung der individuellen genetischen und physiologischen Voraussetzungen des

Patienten sowie von Verhaltens- und Umweltfaktoren (Vogenberg, et al., 2010). Da Menschen sich von der molekularen Ebene bis zum jeweiligen sozialen Umfeld voneinander unterscheiden, sollte die Therapie auf die jeweiligen Umstände angepasst sein. Im engeren Sinne wird unter Therapie der Einsatz von Medikamenten verstanden, jedoch kann damit jegliche Form der therapeutischen Interaktion zwischen Behandelnden und Patienten verstanden werden (Goetz, et al., 2018).

2.8 WISE-Fragebogen

Die webbasierte interdisziplinäre Symptomevaluation (WISE) wurde ZZM entwickelt. Es handelt sich dabei um einen Online-Fragebogen zur Erfassung von gesichtsnahen Beschwerdebildern und enthält eine symptomorientierte Checkliste, welche je nach angegebenem Beeinträchtigungsgrad mit zusätzlichen Fragebögen dynamisch erweitert wird. Dieses modulare Vorgehen ermöglicht einen hohen Personalisierungsgrad bei einer gleichzeitig zeitsparenden und schlanken Datenerhebung (Ettlin, et al., 2018).

WISE umfasst unter anderem Fragen zu Gelenkbeschwerden und Kopfschmerzen, aber auch zu weiterführenden Themen wie Schlafstörungen, Depressionen und schmerzbezogenen Beeinträchtigungen, um damit den Patienten ganzheitlich zu erfassen. Den Patienten steht eine Oberfläche zur Schmerzzeichnung zur Verfügung, weiterhin eine Auswahl an Schmerzqualitäten und eine Reihe von Schmerzmustern, um damit den zeitlichen Verlauf abbilden zu können. Am Ende des Fragebogens wird eine Zusammenfassung generiert, die die Abbildungen und wesentlichen Punkte der Checkliste enthält.

2.9 Kontextfaktoren

Kontextfaktoren werden unterteilt in protektive und negative Faktoren (Resilienz- und Belastungsfaktoren). Dabei handelt es sich um Lebensumstände, Personen oder Gegenstände im weitesten Sinne,

welche einen Einfluss auf die Schmerzverarbeitung und den Schmerzverlauf des Individuums ausüben. Resilienzfaktoren wirken sich positiv auf den Patienten aus und werden auch als Ressourcen bezeichnet; Beispiele sind ein entspanntes Arbeitsumfeld oder eine unterstützende Familie. Umgekehrt sind Belastungsfaktoren oder Stressoren Ereignisse oder Personen, welche die Schmerzen verschlimmern und einem ungünstigen Verlauf Vorschub leisten. Diese Faktoren müssen in der Therapie berücksichtigt werden (Ettlin, et al., 2018). Die bevorzugte Darstellungsform dieser Faktoren ist in Abbildung 2-6 zu sehen: Der

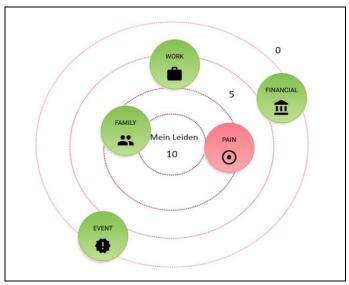


Abbildung 2-6: Kontextfaktoren. Grüne Faktoren sind protektiv, rote Faktoren belastend. Quelle: Eigene Darstellung nach Truong. (Truong, 2019)

Patient steht (figurativ) im Mittelpunkt konzentrischer Kreise und kann die Faktoren platzieren. Dabei gilt: Je näher ein Faktor am Mittelpunkt liegt, desto relevanter ist er im Leben des Patienten.

3 Praktische Grundlagen

Die Applikation namens "PaCons2", auf welcher diese Arbeit aufbaut, wurde am Institut für Informatik der Universität Zürich in Zusammenarbeit mit dem ZZM im Rahmen einer Masterarbeit entwickelt. Diese wiederum baut auf einer Bachelorarbeit auf, in welcher Möglichkeiten zur Unterstützung des Arzt-Patienten-Kontaktes mit Mitteln der IT untersucht wurden. Im Folgenden soll auf diese Arbeiten sowie auf die Funktionsweise der Applikation kurz eingegangen werden.

3.1 Vorarbeiten per Videoanalyse

An der Universität Zürich wurde zunächst im Rahmen einer Bachelorarbeit eine Analyse der orofazialen Schmerzberatung am ZZM durchgeführt. Hierfür wurden ca. 11 Stunden Videomaterial vom ZZM zur Verfügung gestellt, in welchem sich neben Aufzeichnungen der zahnärztlichen Untersuchungen auch Aufnahmen der angebotenen Entspannungstherapie fanden, die von Schmerzpsychologen geleitet werden. Die Analyse fokussierte dabei primär auf die Art und Weise, wie Material eingesetzt wurde, und die Probleme, welche in den Beratungen auftraten. Darauf basierend wurde die Ausarbeitung einer IT-Lösung in Form einer Verwaltungsapplikation empfohlen. Diese sollte Anschauungsmaterial enthalten und die Möglichkeit bieten, Dokumente an die Patienten abgeben zu können (Meier, 2019).

3.2 Aufbau und Evaluation eines Prototyps

In der darauffolgende Masterarbeit wurden die Informationstherapie und die damit assoziierten Herausforderungen untersucht. Die häufigsten Probleme entstehen aufgrund der fehlenden Patientenerinnerung, der Non-Compliance und der (unbeabsichtigten) Fehlinformation der Patienten. In der Kommunikation zwischen Arzt und Patient tritt zudem das unterschiedliche Bildungsniveau zutage, wodurch die Effektivität der Erläuterung komplexer Sachverhalte reduziert wird. In organisatorischer Hinsicht wirkt sich der häufige Wechsel von Gegenständen, die der Illustration oder Dokumentation dienen (Modelle, Schreibmaterial, IT-Infrastruktur), störend auf die Interaktion aus.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde diese Applikation konzipiert: Eine automatisch generierte Zusammenfassung soll den Patienten das notwendige Wissen mitgeben, 3D-Visualisierungen bieten Einblicke in anatomische Zusammenhänge, und durch die Integration verschiedener Oberflächen, mitunter zum Festhalten von Notizen, wird die Menge an verwendetem Material reduziert (Truong, 2019).

3.3 Wichtige Funktionen der Applikation

Die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit steht im Zusammenhang mit der Überarbeitung gewisser Funktionen von PaCons2, welche im Folgenden kurz beschrieben werden sollen.

Die Oberfläche, mit welcher die Schmerzen des Patienten dokumentiert werden sollten, bot die Möglichkeit, acht Qualitäten zu markieren. Des Weiteren konnten Bilder des Schädels aufgerufen und bemalt, die Schmerzintensität auf einer numerischen Skala angegeben und das Schmerzmuster

ausgewählt werden. Daneben stand ein Freitextfeld zur Verfügung. Diese Daten konnten unter zwei separaten Reitern eingegeben werden, beschriftet mit "Vorher" und "Nachher", was sich auf den Konsultationszeitpunkt bezog.

Die Platzierung von Kontextfaktoren (vgl. Kapitel 2.9 "Kontextfaktoren") war auf zwei Oberflächen möglich. Zur Verfügung standen 5 Faktoren ("Familie", "Arbeit", "Finanzen", "Schmerz" und "Ereignis"), die in Grösse und Charakter (Farbe) verändert werden konnten.

PaCons2 bot bereits Zugriff auf 3D-Modelle von Drittanbietern. Einerseits wurde eine Oberfläche bereitgestellt, um online auf die Modelle der Firma BioDigital zugreifen zu können, welche unter anderem animierte Darstellungen des Kiefers und Kaugelenks sowie einzelner Nervenzellen umfassen. Probehalber wurde zudem ein Anatomieatlas von Anomalous Medical auf den Tablets installiert, welcher ein begrenzt interaktives Modell des menschlichen Skeletts und Muskelapparates enthält. Wie von Truong angemerkt, bringen beide Varianten Nachteile mit sich; konkret die fehlende Möglichkeit der Anpassung an individuelle Wünsche der Ärzte, die Abhängigkeit von Drittanbietern bzw. die Auslagerung der Weiterentwicklung an selbige und schliesslich (in ersterem Fall) die Notwendigkeit einer stabilen bzw. schnellen Internetverbindung.

4 Methoden

In diesem Kapitel werden die Forschungsansätze, die Methoden zur praktischen Umsetzung sowie das Format der Zwischenevaluationen und der Fokusgruppe erläutert. Im Kern dieser Arbeit stand ein Vorgehen im Sinne von Design Science Research; in der Anwendungsdomäne fanden sich Kontakte mit Patienten und Behandlern, Online-Umfragen und eine Schlussevaluation per Fokusgruppe. Der praktische Teil wurde nach der agilen Methode in vier Sprints durchgeführt.

4.1 Design Science Research

Um das bestehende Produkt weiterzuentwickeln, wurde die Entwicklung in mehreren Sprints durchgeführt, die in drei parallellaufenden Zyklen eingebettet wurden (vgl. Abbildung 4-1). Dieses Vorgehen stützt sich auf das Paradigma des Design Science Research (Hevner, 2007), welches folgende Zyklen vorsieht:

- Rigorzyklus: Design Science Research stützt sich auf eine breite Wissensbasis wissenschaftlicher Theorien und Methoden. Daneben werden Erfahrung und Expertise im jeweiligen Feld benötigt sowie bereits existierende Artefakte und Prozesse. Diese Basis wird in der Entwicklung einerseits wiederholt frequentiert, um Lösungsansätze für neue Probleme zu finden, andererseits wird sie durch die Zwischenergebnisse aus dem Designzyklus stetig erweitert.
- Relevanzzyklus: Das Ziel der Design Science Research ist die Verbesserung der Anwendungsdomäne durch die Herstellung von Artefakten bzw. der hierzu nötigen Prozesse. Daher werden aus diesem Zyklus nicht nur der Entwicklungskontext und die Wünsche der Stakeholder abgeleitet, sondern auch die Akzeptanzkriterien für die finale Evaluation der Resultate einschliesslich der Methoden zur quantitativen Einordnung des Erreichten. Aus wiederholten Anwendungstests wird abgeleitet, welche weiteren Iterationen des Relevanzzyklus notwendig sind, respektive an welchen Stellen noch funktionale oder qualitative Schwächen bestehen (z.B. Performance, Usability etc.). Umgekehrt können Anwendungstests Probleme im Anforderungskatalog aufdecken, wenn festgestellt wird, dass trotz formaler Erfüllung der Requirements das Artefakt dennoch in der Anwendung inadäquat ist. Weitere Iteration des Relevanzzyklus beginnen daher mit einem Rückblick auf die Resultate und einer Neustrukturierung der Anforderungen basierend auf den neuen Erfahrungen.
- Designzyklus: Dieser Zyklus steht im Zentrum eines Design Science Research Projektes. Dabei wechseln die Aktivitäten in kurzer Folge zwischen der Entwicklung des Artefaktes, dessen Evaluation und schliesslich der Verfeinerung des Designs aufgrund von Feedback und neuen Erkenntnissen. Manche Autoren beschreiben den Zyklus als die Entwicklung von Designalternativen, welche den Requirements gegenübergestellt werden, bis ein zufriedenstellendes

Artefakt produziert worden ist. Hervorzuheben ist die Abhängigkeit dieses Zyklus von den beiden anderen Zyklen in der Konzeptualisierungsphase, während die Iterationen der Forschung oder Artefaktentwicklung per se davon unabhängig sind.

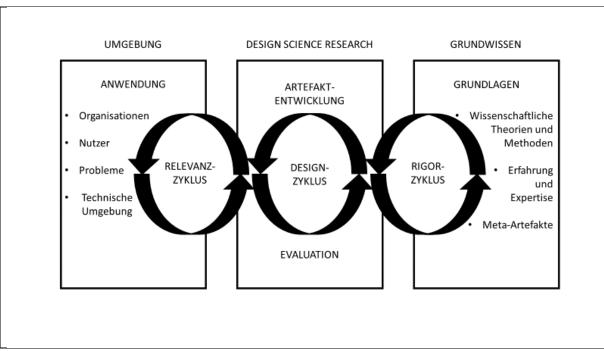


Abbildung 4-1: Die drei Zyklen der Design Science Research. Quelle: Eigene Darstellung nach Hevner (Hevner, 2007).

4.2 Schmerzzeichnungen

Patienten der Schmerzsprechstunde wurden im Warteraum des ZZM angesprochen. Die Anweisung lautete: "Zeichnen sie ihre Schmerzen." Die Vorlage bestand aus je einem schematischen Gesicht in Frontalansicht und einem in Seitenansicht (siehe Abbildung 4-2). Den Patienten wurden dabei Buntstifte in allen Farben zur Verfügung gestellt. Während 10 Minuten stand es den Patienten frei, diese Gesichtsvorlagen nach ihren Wünschen zu bemalen.

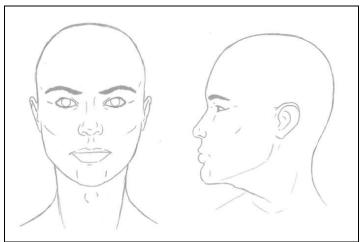


Abbildung 4-2: Vorlage für Schmerzzeichnungen. (design.tutsplus.com, 2020)

4.3 Online-Umfragen

Um ein besseres Verständnis dafür zu erhalten, wie Schmerzdarstellungen auf Menschen wirken, wurden im Rahmen dieser Arbeit 3 Umfragen durchgeführt. Die Umfragen wurden mit Hilfe der Website

easy-feedback.de erstellt und mit Unterstützung des Psychologischen Institutes der UZH durchgeführt. Über den Probandenserver wurden Links zur Website (je nach Umfrage) an zwischen 1000 und 1500 freiwillige Probanden verschickt (Convenience Sampling).

Die Umfragen bestanden aus je 7 bis 8 animierten Darstellungen. Über einem Gesicht in Seitenansicht wurden verschiedene animierte, abstrakte Objekte eingeblendet, zu welchen die Probanden angeben sollten, wie gut sie zu bestimmten Schmerzqualitäten passten ("gut", "mässig" oder "gar nicht"); die dabei verwendeten Schmerzqualitäten sollten mitunter denjenigen entsprechen, die bereits in der Applikation auswählbar waren, sowie zwei neuen Qualitäten ("drückend" und "elektrisierend"). Um die Ergebnisse aus den Umfragen 1 und 2 auswerten zu können, wurde den zur Auswahl stehenden Begriffen ein Punktewert zugeteilt (0 für "gar nicht", 1 für "mässig" und 2 für "gut").

Um Attribute zu finden, welche die Schmerzintensität beschrieben, wurde eine bereits bestehende Darstellung modifiziert. Konkret wurden jeweils zwei Darstellungen einander gegenübergestellt, zu welchen die Probanden angeben sollten, welche der beiden eine höhere Schmerzintensität ausdrückte ("links", "rechts" oder "kein Unterschied"). Aufgrund der Resultate aus den Umfragen 1 und 2 (siehe Kapitel "Resultate und Evaluation") wurde die Darstellung der Qualität "Pulsierend" gewählt. Die Modifikationen, die der ursprünglichen Abbildung gegenübergestellt wurden, umfassten die Geschwindigkeit des Pulsierens (doppelt), die Farbe (Rot versus Blau), die Grösse (150 Prozent), ein intermittierendes schwarz-weisses Flimmern, die Form (eckig versus rund), die Transparenz (50 Prozent durchscheinend) und Sättigung (50 Prozent Chroma). Um die Umfrage 3 numerisch auszuwerten, wurde der modifizierten Darstellung jeweils ein Punktewert von 2 zugeteilt, während die ursprüngliche Darstellung den Wert 0 erhielt ("kein Unterschied" wurde mit 1 gewichtet).

Zusätzlich wurden die Probanden nach Alter, Geschlecht und Ausbildung gefragt sowie danach, ob sie an einer Schmerzproblematik litten ("Leidest du an [evtl. chronischen] Schmerzen?") und danach, ob sie zumindest einmal in einer ärztlichen Schmerzsprechstunde behandelt worden seien. Zum Ende wurde den Probanden ein Freitextfeld für weitere Anmerkungen zur Verfügung gestellt.

	Umfrage 1	Umfrage 2	Umfrage 3
Teilnehmer (n)	53	39	63
Männlich	19	7	9
Weiblich	34	32	54
Höhere Bildung (Bachelor, Master, PhD)	40	25	43
Alter >= 30 Jahre	30	21	28
Schmerzproblematik	16	6	16
In Schmerzsprechstunde behandelt	9	3	10

Tabelle 1: Umfrageteilnehmer, aufgeschlüsselt nach Subgruppen.

Es ist anzumerken, dass in der Literatur keine Studien gefunden werden konnten, in denen der Zusammenhang zwischen abstrakten Darstellungen und den dadurch hervorgerufenen Empfindungen, insbesondere Schmerzempfindungen, untersucht wurde. Sämtliche hier vorgestellten und in der Umfrage

verwendeten Schmerzdarstellungen haben keine Grundlage in der Literatur und sind für diese Arbeit neu erstellt worden sind.

4.4 Sprints

Die Weiterentwicklung von PaCons2 wurde vier Sprints à drei Wochen durchgeführt. Die Backlog-Items bauten auf den Forschungsfragen auf und wurden mit dem Betreuer der Arbeit abgesprochen. Gemäss den Prinzipien des Agile Development wurden die Sprint-Inhalte während eines Sprints nicht verändert; nach jedem Sprint wurden gemäss Rückmeldungen der Ärzteschaft Anpassungen der Items des folgenden Sprints vorgenommen.

Die App-Entwicklung wurde mit Android Studio 3.5.3 vorgenommen. Die Applikation wurde auf einem Samsung Galaxy Tablet S6 (SMT860) getestet, welches vom ZZM zur Verfügung gestellt wurde.

4.5 Prototyp-Rückmeldungen

Jeder pro Sprint entstandene Prototyp wurde mindestens einem Arzt oder einer Ärztin vorgelegt und die Rückmeldung dokumentiert. Darauf aufbauend wurde der nächste Sprint angepasst. Aufgrund der Umstände (Schliessung des ZZM infolge der COVID-19-Pandemie) musste auf das Testen in der Sprechstunde verzichtet werden; stattdessen wurden über Videokonferenzen den Behandlern das Tool vorgelegt, mit welchem sie dann den Behandlungsverlauf an einem fiktiven Patienten (dem Autor, Krankheitssymptome wurden ad hoc improvisiert) simulieren konnten.

Eine grössere Evaluation des endgültigen Prototyps durch zwei Oberärzte konnte nach Ende des Lockdowns vor Ort durchgeführt werden. Formal entsprach auch diese einem simulierten Patientenkontakt, unterschied sich aber durch die persönliche Interaktion soweit von den Videokonferenzen, dass die Ergebnisse daraus separat dokumentiert und festgehalten wurden (siehe Abschnitt "Resultate und Evaluation").

4.6 Fokusgruppe

Zur abschliessenden Evaluation wurde eine Fokusgruppe mit 3 Ärzten des ZZM und einem Masterstudenten (für nichtmedizinische Fragen) der ZHAW, Schwerpunkt "emotionale Kommunikation", durchgeführt. Die darin verwendeten Techniken basieren auf ThinkLets (Briggs, et al., 2009), konkret auf "FreeBrainstorm" und "StrawPoll". Da die ThinkLets auf einer Computerapplikation beruhen, welche nicht zur Verfügung stand, wurden sie den Umständen entsprechend angepasst. Die Fokusgruppe wurde per Kamera mit Einverständnis der Anwesenden aufgezeichnet.

Im ersten Schritt wurde ein kommentierendes Brainstorming zu insgesamt fünf Themen durchgeführt. Zu jeder Frage oder Aufgabe erhielt jeder Teilnehmer einen Notizzettel, auf welchen eine Antwort aufgeschrieben werden konnte. Die Zettel wurden wiederholt reihum rotiert, damit die verbleibenden Teilnehmer Anmerkungen oder Ergänzungen notieren konnten. Zum Schluss, nach einer vollständigen Rotation, wurden die Antworten und Ergänzungen im Plenum diskutiert.

Um weitere Einblicke in das Design von Schmerzqualitäten zu erhalten, wurden die Teilnehmer reihum dazu aufgefordert, verdeckt eine Karteikarte mit einer darauf niedergeschriebenen Qualität zu ziehen

und diese nach eigenem Ermessen auf einem Whiteboard zu zeichnen. Die verbleibenden Teilnehmer mussten in maximal drei Versuchen die Qualität identifizieren.

Das Sammeln von Software-Akzeptanzfaktoren wurde erneut mit kommentierendem Brainstorming durchgeführt. Die Teilnehmer wurden dazu aufgefordert, in den ergänzenden Kommentaren keine Wertung, sondern Begriffsklärungen vorzunehmen, um daraus eine Reihe von eindeutig definierten Faktoren zu gewinnen. Nach Abschluss des Brainstormings wurden die Faktoren auf dem Whiteboard notiert und eine Wahl durchgeführt; jeder Teilnehmer erhielt dazu eine Liste mit den Zahlen von 1 bis 10, von denen er je eine je einem Faktor zuordnen durfte, wobei eine höhere Zahl für eine höhere Relevanz stand. Danach wurden pro Faktor die Zahlen aufsummiert, um daraus eine priorisierte Liste zu erstellen.

Analog dazu wurden gewünschte Personalisierungsfaktoren für eine Applikation gesammelt und bewertet. Um Soll- und Ist-Zustand besser abgrenzen zu können, wurde im Plenum für jeden Faktor ein Vergleich mit der aktuellen Applikation durchgeführt, woraus Vorschläge für die Weiterentwicklung des Tools abgeleitet wurden.

5 Artefact Design

Dieses Kapitel beschreibt die durchgeführten Sprints, die Designentscheidungen und die Rückmeldungen der Ärzteschaft; daneben enthält jedes Unterkapitel einen Abschnitt, in welchem die gewonnenen Erkenntnisse festgehalten werden.

5.1 Sprint 1

In einem ersten Schritt wurden 6 Patienten der Schmerzsprechstunde dazu angehalten, ihre Schmerzen auf eine Vorlage zu malen. Entsprechend den Ergebnissen wurde eine erste Online-Umfrage entworfen, in welcher die Teilnehmer die Schmerzqualität von 8 animierten Bildern (GIF-Format) beurteilen sollten.

Um die vom ZZM gewünschte Unabhängigkeit von Drittanbietern zu gewährleisten und den Bedürfnissen des Klinikpersonals angepasste Lösungen bieten zu können, wurde der Fokus in der Erweiterung der 3D-Features auf die Eigenentwicklung gelegt. Der Versuch, Anomalous Medical in das Tool zu integrieren, wurde wegen Inkompatibilität der verwendeten Programmiersprachen verworfen. Um 3D-Visualisierungen dennoch zu ermöglichen, wurde initial ein 3D-Model-Viewer namens Emb3D installiert. Es stellte sich jedoch heraus, dass animierte 3D-Dateien nicht unterstützt wurden. Die direkte Integration einer 3D-Library in Android Studio erwies sich als nicht trivial, da die von Android beworbene Library ("OpenGL") gemäss Dokumentation dazu konzipiert ist, 3D-Objekte von Grund auf (durch das Setzen von Vertices) zu zeichnen, nicht jedoch dazu, 3D-Objekte zu laden; entsprechend musste ein neuer Ansatz für die 3D-Visualisierungen gefunden werden (vgl. Abschnitt 5.3 "Sprint 3").

Eine Refactoring der bestehenden App war erforderlich, da die Modularität nur geringgradig ausgeprägt war. Basierend auf den ersten Rückmeldungen aus Online-Umfrage 1 wurden verkleinerte GIFs der 8 Schmerzqualitäten erstellt, eine neue Library ("Droidsonroids") eingebunden und ein Display im Schmerzfragment erstellt, welches die GIFs anzeigt. Aufgrund der geringen Grösse wurde das manuelle Platzieren der Animationen auf der Vorlage verworfen; dem Display kommt entsprechend eine illustrative sowie orientierende Funktion zu.

Lessons learned:

- Freihandzeichnen ist für künstlerisch nicht geschulte Patienten sehr fordernd. Hilfestellungen, Hinweise und Beispiele scheinen nötig zu sein. Zudem muss genügend Zeit dafür eingeplant werden.
- 3D-Libraries für Android Studio existieren, die Dokumentationen derselben sind jedoch für einen Anfänger in 3D-Programmierung nur schwer verständlich, bzw. scheinen derzeit noch nicht weit genug entwickelt zu sein. Die Darstellung von Animationen in diesem Rahmen ist eine zusätzliche Erschwernis.

- In der Entwicklung jedweder Software sollte genug Zeit eingeplant werden, um die Modularität und Erweiterbarkeit sicherzustellen. Das bestehende Tool wies diesbezüglich Einschränkungen auf.
- Unterstützung durch Dritte (Dozierende, Masterstudierende) im Bereich der 3D-Programmierung konnte nicht zeitnah gefunden werden; insbesondere für Anfänger (unabhängig vom Gebiet) ist jedoch Erfahrung von Dritten wertvoll, um Zeit bei der Lösungsfindung einzusparen.
 Genug Zeit sollte im Vorfeld investiert werden, um die entsprechenden Personen für das Projekt zu mobilisieren.

Rückmeldungen zum Prototyp von Seiten der Ärzteschaft:

- "Kann man bei dieser Schädelansicht [über den die Animationen gelegt werden] auch die linke Seite sehen, also wenn [der Patient] die Schmerzen links hat?"
- "Ein dreidimensionales Modell des Schädels für Schmerzen wäre gut."
- "Bitte noch die Gesichtsbilder ersetzen, die Patienten beschreiben sie als 'unheimlich'."
- "Könnte man noch ein Modell mit Muskeln hinzufügen? Am besten eines, wo sich die Muskeln abschälen lassen?"
- "Wir brauchen dringend Kontextfaktoren, die man manuell erweitern kann. Im Moment haben wir ja nur fünf."
- "Der Ablauf in der Sidebar sollte an den Ablauf der Schmerzstunde angepasst werden. Ich verliere andauernd die Orientierung."

5.2 Sprint 2

Um die Schmerzen der Patienten im grösseren Kontext erfassen zu können, wurde das Psychosozial-Fragment erweitert. Neu können nun per Button-Klick dynamisch beliebig viele neue Kontextfaktoren generiert und individuell benannt werden.

Für eine genaue Positionierung der Schmerzen wurde ein Popup erstellt, auf welchem die Schmerzqualitäten (in Form von GIFs) auf einem Bild eines Schädels platziert werden können. Diese Animationen sind vorgefertigt und können nicht manuell gezeichnet werden; dies reduziert die Flexibilität, bietet jedoch eine Vorlage für den Fall, dass die Patienten ihre Schmerzen nicht präzise beschreiben können (vgl. Dekkers). Die Animationen wurden entsprechend den Umfrageergebnissen

ausgewählt. Für die Qualität "Brennend" auf die abstrakte Darstellung aus den Umfragen verzichtet und stattdessen eine animierte Feuerdarstellung eingebunden, da nicht davon auszugehen ist, dass die Interpretation von Feuer vom Betrachter abhängt (Pyne, et al., 1997). Daneben wurde eine bestehende Darstellung durch eine neutralere Variante (mit intakter Haut) ersetzt, da sie von den Patien-



Abbildung 5-1: Alte Darstellung nach Truong zum Einzeichnen von Schmerzen. (Truong, 2019)

ten als "gruselig" beschrieben wurde (Abbildung 5-1). Weiterhin wurde die Reihenfolge der Elemente in der Sidebar, wie von der Ärzteschaft gewünscht, geändert, um den Behandlungsablauf besser abzubilden.

Da MySQL keine Custom Types unterstützt, wurden beide obengenannten Features als Base-64-enkodierte Strings in der Datenbank abgelegt. Dies kann sich nachteilig auf die Speicherplatzbelegung auswirken, verbessert jedoch die Erweiterbarkeit der Klassen für zukünftige Iterationen.

Lessons learned:

- String-Encoding ist eine schnelle und einfache Methode, um Objekte in einer Datenbank zu speichern. Nur wenige Datentypen können in einer MySQL-Datenbank gespeichert werden. Alternativ können BLOBs verwendet werden.
- Schmerzen sind nicht nur als Qualität zu verstehen, sondern müssen im gesamtheitlichen Kontext dokumentiert werden; entsprechend ist es notwendig, dem Behandler die Möglichkeit zu bieten, auch einzigartige Ressourcen des Patienten dokumentieren zu können.
- Schematische Abbildungen eines Schädels, auf welchen Muskeln und vollständige Augäpfel zu sehen sind, werden von Patienten (gemäss informeller Rückmeldung der Ärzte) abgelehnt und sollten durch neutrale Darstellungen ersetzt werden. Die Abneigung des Patienten reduziert die Identifizierung mit der Darstellung.

Rückmeldungen zum Prototyp von Seiten der Ärzteschaft:

- "Am besten wäre es, wir hätten noch vor dem Diagnosefeld im Ablauf ein 'Anamnese'-Feld.

 Dort könnten wir alles reinschreiben, was in die Befundaufnahme gehört."
- "Ein Feld für Schmerzauslöser wäre wichtig. Da gibt's zum Beispiel den Beruf, Entzündungen, Trauma und so weiter."

- "Besser statt der momentanen Struktur wäre eine Zeitachse, mit der wir auch Ereignisse im zeitlichen Ablauf dokumentieren könnten."
- "Ich fände es gut, wenn man dem Patienten ein Schmerzbild mitgeben könnte [im Abschlussbericht]."
- "Wichtig ist, dass man [bei den Animationen] die Grösse, also die Ausdehnung, einstellen kann. Wir haben oft Patienten, die ihre Schmerzen als flächenartig beschreiben. Das müssen wir einzeichnen können."

5.3 Sprint 3

Um die Personalisierung und die Identifizierung seitens des Patienten mit der Darstellung zu fördern, wurde das Popup um die Möglichkeit erweitert, eine (Gesichts-)Fotografie des Patienten aufzunehmen. Da Bitmaps nicht serialisierbar sind, Serialisierbarkeit aber für die String-Enkodierung notwendig ist, wurde eine Bitmap-Proxyklasse hinzugefügt, in welcher die Bitmap numerisch repräsentiert wird und welche als solche wiederum serialisierbar ist.

Um eine 3D-Visualisierung zu ermöglichen, wurde mit XAMPP (Version 3.2.4) ein Website-Prototyp erstellt, in welchem mit JavaScript eine 3D-Library namens ThreeJS eingebunden wurde. Eine einfache Oberfläche zur Auswahl von 3D-Objekten wurde in HTML erstellt. Die URL wurde im Tool hinterlegt; bei entsprechendem Buttonklick wird daher auf dem Tablet der Browser geöffnet, der die Website mit den Darstellungen aufruft.

Eine dritte Online-Umfrage wurde angelegt, in welcher die Darstellungen verschiedener animierter Schmerzintensitäten (dies im Gegensatz zu Schmerzqualitäten) beurteilt werden sollten, um darauf aufbauend das Popup anpassen zu können.

Die Datenbank wurde reorganisiert, um eine Zeitachse implementieren zu können und damit eine genauere Erfassung der Patienten bzw. ihrer Schmerzen zu ermöglichen – insbesondere kann nun der Schmerzverlauf bei multiplen Konsultationen festgehalten werden. Anstelle der binären "Before Treatment – After Treatment"-Struktur, welche in der Datenbank fix hinterlegt war, werden nun Schmerz-Objekte ("Karteikarteneinträge") in toto enkodiert und mit Datum und Uhrzeit hinterlegt. In der Benutzeroberfläche ist nun eine Zeitachse für Behandler und Patienten ersichtlich. Da die Datenbank die Objekte anhand des Datums und der Uhrzeit ablegt, hat der Button, mit welchem neue Einträge generiert werden, eine inaktive Periode von 5 Sekunden nach jedem Klick, um eine Primary Key Violation zu verhindern.

Lessons learned:

- Eine plattformunabhängige Weblösung für 3D-Visualisierungen mittels JavaScript ist der einfachste Weg zur Darstellung eigener 3D-Objekte auf einem Tablet unter der Voraussetzung, dass ein Server zur Verfügung steht, auf welchem die Website gehostet werden kann.
- Objekte via Javascript in eine Website einzubinden, wenn sich diese an einem fremden Speicherort befinden (z.B. die Festplatte eines Computers), wird durch die Same-Origin Policy verhindert. Daher kann die HTML-Datei nicht direkt (per Browser) verwendet werden, sondern

- muss in einer Testumgebung gestartet werden, wie sie von z.B. XAMPP zur Verfügung gestellt wird.
- 2D-Bilddateien des gleichen Typs verhalten sich identisch, was Speichern, Öffnen und Bearbeiten betrifft. Dies trifft nicht auf 3D-Dateien zu. Selbst wenn diese den gleichen Datentyp aufweisen, können beispielsweise Texturen oder Animationsanweisungen (oder das Fehlen solcher) beim Laden in einer entsprechenden Umgebung zu Laufzeitfehlern führen.

Rückmeldungen zum Prototyp von Seiten der Ärzteschaft:

- "Uns fehlen noch die beiden Qualitäten 'elektrisierend' und 'drückend' in der Auswahl. Ausserdem gehört 'Zervikozephaler Schmerz' in die Standarddiagnosen."
- "Könnte man das Feld 'Additional Information' nicht aufteilen und in einem Feld die Trigger hineinschreiben?"
- "Ich gebe den Patienten im Abschlussbericht eigentlich nicht gerne solche negativen Sachen wie Schmerzbeschreibungen mit. Von daher würde ich die Schmerzdarstellung nicht übertragen."

5.4 Sprint 4

Aufgrund der Resultate aus den Online-Umfragen wurden Keyframe-animierte 3D-Objekte in Blender (Version 2.82) modelliert. Nicht modelliert wurden separate Objekte für die Qualitäten "Taub" und "Dumpf", deren Ab- bzw. Eingrenzung auch nach mehreren Umfragen nicht gelang. Als Basis wurde neben zwei Schädelmodellen auch ein Zahnquerschnitt hinterlegt.

Gemäss Online-Umfragen werden Grösse und Transparenz einer Darstellung als Hinweis auf die Schmerzintensität erachtet. Entsprechend wurden zwei Schieber zum Popup hinzugefügt, mit welchen die Grösse und Transparenz einer Schmerzdarstellung verändert werden können; daneben wurden zwei neue Schmerztypen ("elektrisierend" und "drückend") sowie ein Textfeld für Schmerzauslöser hinzugefügt.

Die Website wurde aus der XAMPP-Testumgebung mittels WinSCP auf eine Virtual Machine der UZH migriert (zzm.ifi.uzh.ch) und mit einem Passwort gesichert. Der Zugriff aus dem Tool heraus erfolgt neu über eine fest kodierte URL inklusive Username und Passwort, was dem Behandler die manuelle Eingabe dieser Daten erspart.

Aufgrund der widersprüchlichen Rückmeldungen bezüglich einer integrativen Schmerzdarstellung im Abschlussbericht wurde auf die Implementation einer solchen verzichtet und stattdessen die Ergebnisse der Fokusgruppe (in Bezug auf die Personalisierungsempfehlungen) abgewartet.

Lessons learned:

 Die einfache Keyframe-Animation in Blender benutzt Shape Keys, deren prozentuale Werte in der Zeitachse festgehalten werden können. Durch einfaches Verschieben der Vertices eines Shape Keys kann mit einem gleitenden Übergang zwischen den Keys eine Formveränderung oder Bewegung simuliert werden.

- 3D-Design unterscheidet sich nicht nur auf technischer, sondern auch auf konzeptueller Ebene von 2D-Animationen. Die zusätzliche Dimension ermöglicht neue Darstellungsformen (z.B. spitze Objekte, die von aussen einwirken, versus dieselben Objekte, die aus dem Inneren herausbrechen).
- Bei parallelem Einsatz der alten Programmversion neigen die User auch dazu, Anforderungen neu zu überdenken. Durch das wiederholte Aufwerfen neuer Ideen kann die Programmentwicklung in ein andauerndes Nachbessern übergehen, wobei der Blick auf das Ganze verloren gehen kann. Deshalb sind in regelmässigen Abständen Gesamtevaluationen einschliesslich der Definition der neuen Ziele notwendig.

Rückmeldungen zum finalen Prototyp von Seiten der Ärzteschaft: Siehe Abschnitt "Resultate und Evaluationen".

5.5 Überblick über das Erreichte

Neben formalen Anpassungen wie das Austauschen von Darstellungen oder die Reihenfolge der Elemente der Sidebar wurde insbesondere die Registerkarte "Schmerzdetails" verändert. Abbildung 5-2 zeigt den aktuellen Stand einschliesslich Zeitachse, Eingabefeld für Schmerzauslöser, neuen Schmerzqualitäten und den Schaltflächen für das Pop-Up und die 3D-Darstellungen. Das Pop-Up (Abbildung 5-3) enthält eine Button-Leiste mit den neuen Funktionen zur Platzierung von Schmerzqualitäten und der Kamerafunktion. Über die Schaltfläche "3D MODELS" wird die in Abbildung 5-4 gezeigte Website aufgerufen, wo die Modelle über die Auswahlleiste eingestellt werden können.

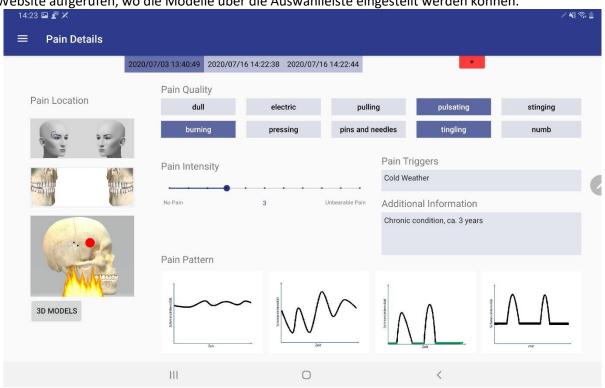


Abbildung 5-2: Aktuelles Design der "Schmerzdetails"-Oberfläche. Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Truong, 2019.

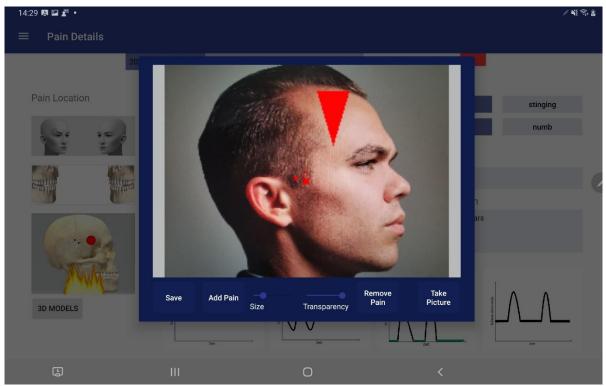


Abbildung 5-3: Pop-Up mit Kamerafunktion und animierten Elementen. Quelle: Eigene Darstellung mit Symbolbild.

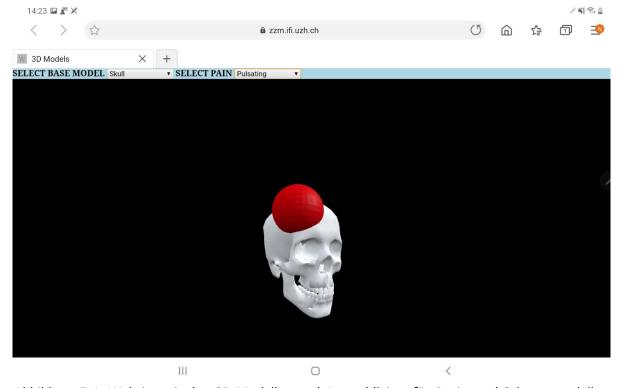


Abbildung 5-4: Website mit den 3D-Modellen und Auswahlleiste für Basis- und Schmerzmodelle. Quelle: Eigene Darstellung.

Kapitel 4.3 von Truong nennt Vorschläge zur Weiterentwicklung des Programms (Truong, 2019). Im Zuge dieser Arbeit konnten vier Vorschläge umgesetzt werden; das Erreichte ist in Tabelle 2 zusammengefasst.

Änderung	Betrifft	Тур	Umsetzung
Hinzufügen der Kamera-	Schmerzdetails	Low hanging	Entgegen der Empfehlung,
funktion		fruit	die Kamera in die Notizfunk-
			tion einzubinden, kann sie
			nun über "Schmerzdetails"
			aufgerufen werden.
Überarbeiten der Erfassung	Schmerzdetails	Middle range	Die Erfassung von Schmer-
von Schmerzdetails		suggestions	zauslösern ist neu möglich,
			Schmerzdetails können de-
			taillierter erfasst werden.
Ermöglichung der Erfassung	Schmerzdetails	Long term sug-	Die Datenbankstruktur
von mehreren Konsultatio-		gestions	wurde überarbeitet. Eine
nen für jeden Patienten			Zeitachse ist nun implemen-
			tiert.
Erweiterung der 3D-Visuali-	3D-Visualisierung	Long term sug-	Eine alternative Lösung
sierung		gestions	wurde implementiert, mit
			welcher die weitere Entwick-
			lung unabhängig von Drittan-
			bietern durchgeführt werden
			kann, allerdings konnte das
			Problem der Ladezeiten bei
			schlechter Internetverbin-
			dung nicht gelöst werden.

Tabelle 2: Änderungsvorschläge nach Truong (Truong, 2019).

6 Resultate und Evaluationen

An dieser Stelle werden die Resultate aus Patientenkontakten, Online-Umfragen, der Schlussevaluationen und der Fokusgruppe dargelegt.

6.1 Schmerzzeichnungen

Die folgenden Darstellungen wurden von Patienten durch das Bemalen von Vorlagen angefertigt. Jedem Patienten standen eine Vorlage in Front- und eine in Seitenansicht zur Verfügung, wenngleich sämtliche Patienten nur je eine der beiden Vorlagen auswählten. Eine Mehrheit bevorzugte die Frontansicht des Gesichtes.

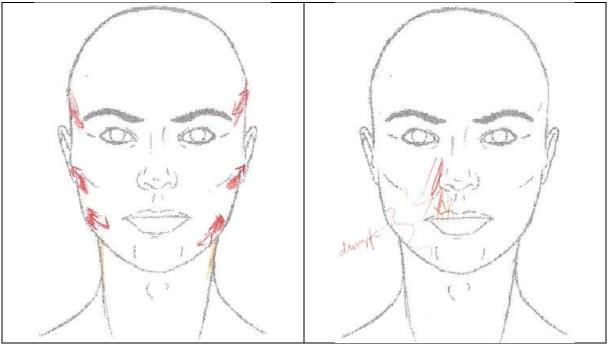


Abbildung 6-1: Weiblich, geb. 1993. "Ich habe auf beiden Seiten ziehende Schmerzen, teilweise brennend; die Schmerzen setzen sich bis in den Hals fort." Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6-2: Weiblich, geb. 1953. "Elektrisierende, einschiessende Schmerzen zur Lippe hin. Im Kiefer ein dumpfes Ziehen." Quelle: Eigene Darstellung.

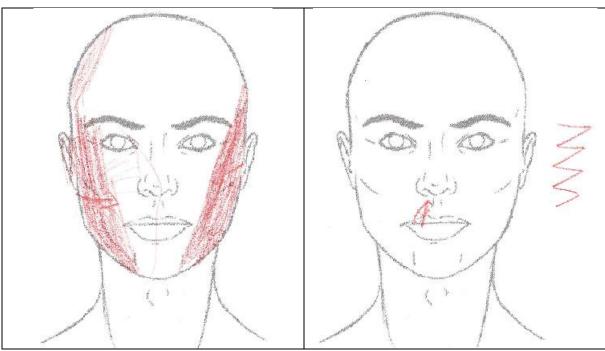


Abbildung 6-3: Weiblich, geb. 1986. Patientin sprach kein Deutsch oder Englisch. Kommunikation nur über den Ehemann möglich. Keine Schmerzqualitäten genannt. Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6-4: Weiblich, geb. 1940. "Der Schmerz geht von der Lippe hoch und biegt dann ab und geht dann wieder zurück. Irgendwie blitzartig." Quelle: Eigene Darstellung.

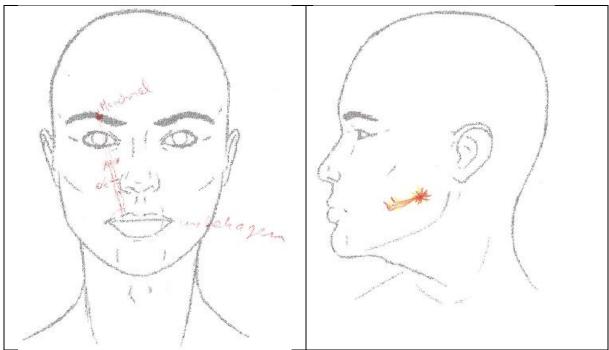


Abbildung 6-5: Männlich, geb. 1964. "Stechend, wunde Schmerzen, von der Lippe bis zur Augenbraue, häufig nur bis zum Wangenknochen; um den Mund herum ein unbestimmtes Unbehagen". Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6-6: Weiblich, geb. 1989. "Es sind brennende Schmerzen, ausgehend vom Muskel im Kiefergelenk, die dann nach vorne ziehen und von dort in den Oberkiefer." Quelle: Eigene Darstellung.

Entgegen der Aufforderung, die Schmerzen lediglich zu zeichnen, führten fünf von sechs Patienten in Worten aus, welche Schmerzqualitäten die Zeichnung zum Inhalt hätten; zwei schrieben explizit Erklärungen auf die Vorlage (Abbildung 6-2 und Abbildung 6-5).

Aus den verfügbaren Farben, welche das gesamte Spektrum umfassten, wählten alle Patienten stets Rot als Primärfarbe; nur zwei Patienten wählten eine Sekundärfarbe (Orange; vgl. Abbildung 6-1 und Abbildung 6-6). Alle Patienten bevorzugten eine gerade oder gezackte Linienführung, runde Formen existierten kaum. Insbesondere elektrisierende Schmerzen werden bevorzugt durch ein Blitzsymbol ausgedrückt (vgl. Abbildung 6-2 und Abbildung 6-4).

Sämtliche Patienten demonstrierten die räumlichen Bewegungen respektive die Ausdehnung der Schmerzen durch explizite Führung des Stiftes von einem bestimmten Ausgangs- zu einem bestimmten Endpunkt, wobei sie gleichzeitig mit Worten erläuterten, welchen Weg die Schmerzen nahmen; ergänzt wurde dies in fünf von sechs Fällen durch das Einzeichnen von Pfeilen.

6.2 Online-Umfragen

 Mittelwert
Weiblich
Männlich
Gesund
In Schmerzbehandlung
Alter >=30 Jahre
Alter < 30 Jahre
Angabe von chronischen
Schmerzen

Tabelle 3: Subgruppen-Legende für Graphen der Abbildungen 6-7 bis 6-24.

Zur Illustration werden an dieser Stelle schematische Darstellungen zu den Resultaten hinzugefügt, welche die in den Umfragen verwendeten Animationen vereinfacht wiedergeben. Die tatsächlich verwendeten Animationen sind in der Applikation und auf der Beilage-SD einsehbar. Die Rohdaten sind ebenfalls auf der Beilage-SD einsehbar. Abbildungen 6-7 bis 6-24 sind eigene Darstellungen.

Die Umfrageresultate wurden nach Subgruppen aufgeschlüsselt. Die jeweils verwendeten Farben sind in Tabelle 3 zu finden.

Wie im Kapitel "Methoden" vermerkt, bedeutet ein Punktewert von 2 eine maximal mögliche Zustimmung bzw. eine perfekte Übereinstimmung zwischen der genannten Qualität und

der gezeigten Darstellung.

6.2.1 Umfrage 1

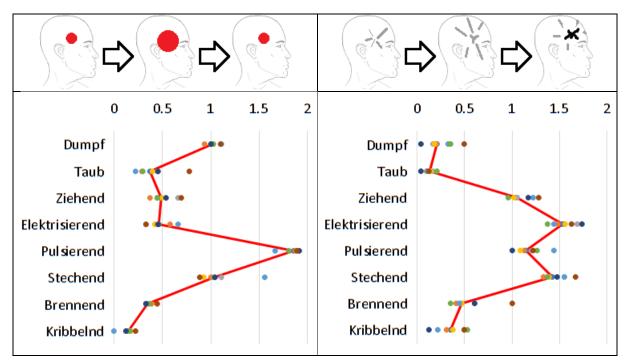


Abbildung 6-7: "Pulsierend"

Abbildung 6-8: "Ziehend"

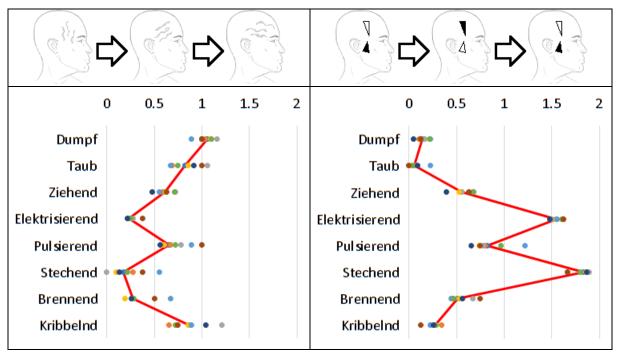


Abbildung 6-9: "Dumpf"

Abbildung 6-10: "Stechend"

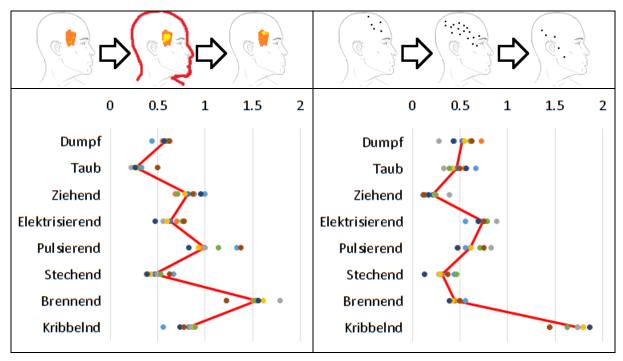


Abbildung 6-11: "Brennend"

Abbildung 6-12: "Kribbelnd"

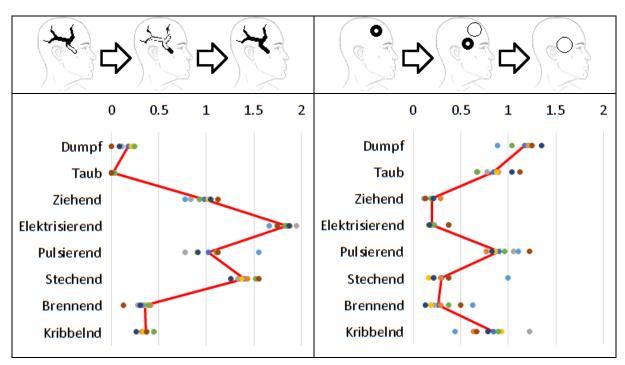


Abbildung 6-13: "Elektrisierend"

der Schmerz als "reissend" beschrieben wurde.

Abbildung 6-14: "Taub"

Abbildung 6-7: Die Darstellung wird deutlich als pulsierend wahrgenommen. In der Freitextauswahl beschrieben 6 Teilnehmer zudem den Schmerz als "pochend", weitere 3 als "Druck(-schmerz)". Abbildung 6-8: Die Darstellung wird als elektrisierend und stechend aufgefasst. Entgegen den Erwartungen wird "ziehend" nur als mässig ausgeprägt wahrgenommen, wenngleich von zwei Teilnehmern

Abbildung 6-9: Die beabsichtigte Wirkung, "dumpf", wird zwar von den Teilnehmern als am passendsten empfunden, dennoch wird die Darstellung auch mit "taub" und "kribbelnd" beschrieben. Im Freitextfeld existierte kein Konsens (keine Qualität wurde mehr als einmal genannt).

Abbildung 6-10: Die Darstellung wird als stechend wahrgenommen, wobei aber die Qualität "elektrisierend" ebenfalls einen vergleichbaren Punktewert erhält. Auch hier existiert im Freitextfeld kein Konsens.

Abbildung 6-10, Abbildung 6-11: Ausser "brennend" erreicht keine sonstige Qualität mehr als einen Punkt. Zwei Teilnehmer merkten an, der Schmerz sei "[zu Kopf] steigend".

Abbildung 6-12: Die Darstellung wird als kribbelnd wahrgenommen. Keine sonstige Qualität erreicht mehr als einen Punkt.

Abbildung 6-13: Die Darstellung eines Blitzeinschlags scheint zwar das Gefühl von Elektrizität hervorzurufen, dennoch wird hier auch "stechend" mit knapp 1.5 Punkten bewertet. Zwei Teilnehmer beschrieben den Schmerz zudem als "ausstrahlend".

Abbildung 6-14: Diese Darstellung sollte die Qualität "taub" zum Ausdruck bringen, wird jedoch von den Teilnehmern als "dumpf" bewertet und zudem von den Qualitäten "pulsierend" und "kribbelnd" überlagert.

Es ist anzumerken, dass in insgesamt 3 Darstellungen die Begriffe "elektrisierend" und "stechend" als stärkste bzw. zweitstärkste Qualitäten genannt werden und durchgehend beinahe identische Punktewerte erreichen. In der zweiten Umfrage wurde versucht, die beiden Begriffe besser voneinander abzugrenzen.

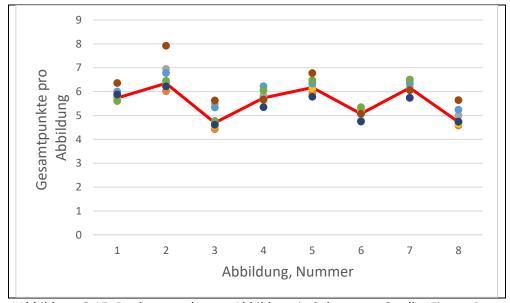


Abbildung 6-15: Punktevergabe pro Abbildung je Subgruppe. Quelle: Eigene Darstellung.

Weder Alter noch Geschlecht zeigen einen merklichen Einfluss auf die Bewertung der Schmerzqualitäten. Eine vorexistierende Schmerzproblematik führt zu einer leicht überdurchschnittlichen Vergabe von Punkten im Gesamtschnitt (siehe Abbildung 6-15), die Abweichungen in dieser Teilnehmergruppe

befinden sich jedoch innerhalb einer Standardabweichung zum Mittelwert für jede einzelne Darstellung; auch kumuliert ist die Punktevergabe dieser Subgruppe nur geringgradig erhöht (vgl. Tabelle 4). Entsprechend kann nur ein schwacher Zusammenhang zwischen Schmerzvorerkrankung und

Punktevergabe, Mittelwert (alle Subgruppen)	5.70
Varianz (alle Subgruppen)	0.43
Standardabweichung (alle Subgruppen)	0.66
Durchschnittliche positive Abweichung vom Mit-	0.56
telwert über alle Darstellungen, Subgruppe 7	
(Angabe von Schmerzen)	

Tabelle 4: Analyse der Punktevergabe

dem erhöhten Ansprechen auf Schmerzdarstellungen postuliert werden.

6.2.2 Umfrage 2

Zur Klärung der aus Online-Umfrage 1 hervorgehenden Fragen wurde eine zweite Online-Umfrage gestartet. Insbesondere wurde versucht, eine bessere Abgrenzbarkeit bzw. Einzigartigkeit der Schmerzqualitäten zu erreichen.

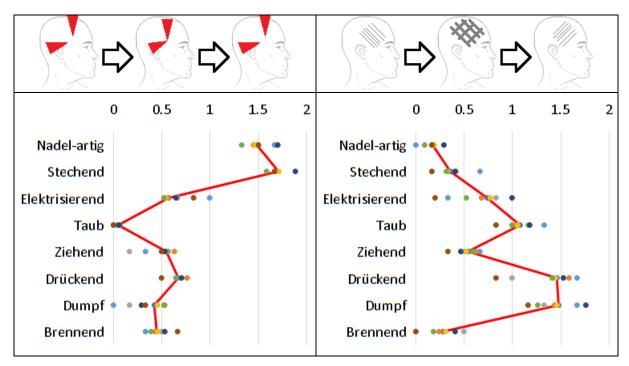


Abbildung 6-16: "Stechend"

Abbildung 6-17: "Dumpf"

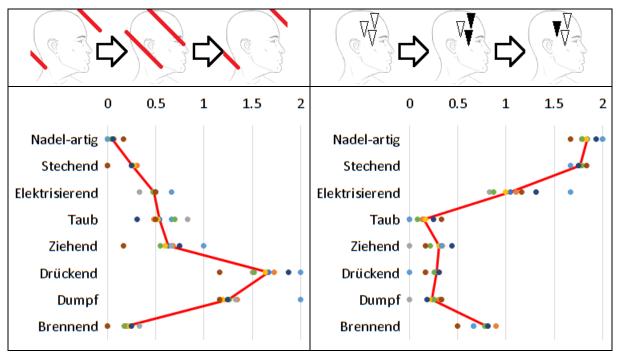


Abbildung 6-18: "Drückend"

Abbildung 6-19: "Nadel-artig" (Variante 1)

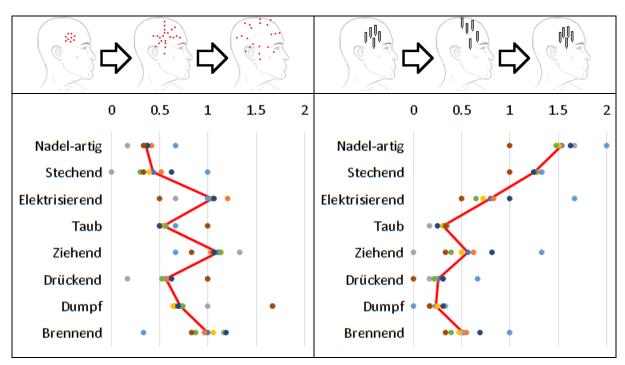


Abbildung 6-20: "Ziehend"

Abbildung 6-21: "Nadel-artig" (Variante 2)

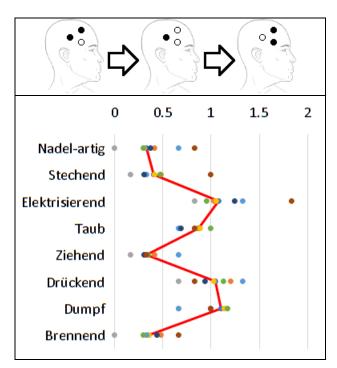


Abbildung 6-22: "Elektrisierend"

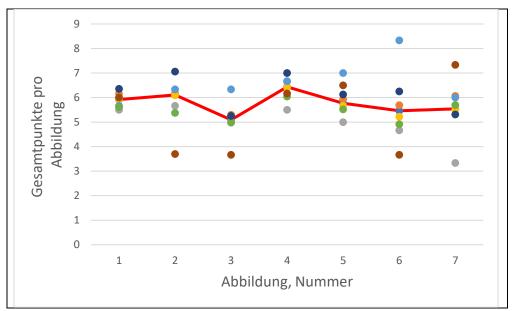


Abbildung 6-23: Punktevergabe pro Abbildung je Subgruppe. Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6-16: Diese Darstellung, welche in Umfrage 1 noch ein schwarz-weiss flimmerndes Element enthielt, wird nun explizit als stechend, nicht aber als elektrisierend wahrgenommen. Fünf Teilnehmer beschrieben den Schmerz zudem als "pochend" in der Freitextauswahl.

Abbildung 6-17: Eine Darstellung, die isoliert als "taub" aufgefasst würde, konnte auch hier nicht gefunden werden. Die Teilnehmer beschrieben die Darstellung als dumpf oder drückend, im Freitextfeld zudem als "pochend".

Abbildung 6-18: Zu "drückend" und "dumpf" beschreiben hier die Teilnehmer die Darstellung zusätzlich als "hämmernd", "schlagend" oder "erdrückend".

Abbildung 6-19, Abbildung 6-21:Trotz einer geringeren Grösse der abgebildeten Objekte (im Vergleich zu Darstellung "stechend" aus Umfrage 1) wird die Darstellung neben nadelartig ebenfalls als "stechend" und (in geringem Umfang) als elektrisierend wahrgenommen.

Abbildung 6-20: Das Ziel, in dieser Darstellung "Ziehend" als Qualität zu isolieren, konnte nicht erreicht werden, die Wahrnehmung der Teilnehmer wird durch "elektrisierend" und "brennend" überlagert; im Freitextfeld beschreiben ausserdem 5 Teilnehmer den Schmerz als "ausstrahlend".

Abbildung 6-22: Diese Darstellung bezieht sich auf Darstellung 7 aus Umfrage 1. Die Blitzform wurde durch generische, runde Formen ersetzt, das Flimmern jedoch beibehalten. Dadurch konnte die Qualität "elektrisierend" jedoch nicht eindeutig von den anderen Qualitäten isoliert werden.

Gesamthaft fällt auf, dass die Qualitäten "Nadel-artig" und "Stechend" in der gesamten Umfrage, unabhängig von der Grösse der gewählten Objekte in der Darstellung, fast identische Punktewerte erhalten. Zu erwähnen sind weiterhin die höhere Streuung in der Punkteverteilung verglichen mit Umfrage 1. Auch kann weder für Alter, Geschlecht noch Schmerzvorerkrankungen ein Trend in der Punktevergabe festgestellt werden.

6.2.3 Umfrage 3

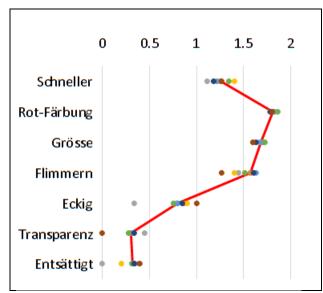


Abbildung 6-24: Punktevergabe pro Attribut, nach Subgruppen aufgetrennt: Quelle: Eigene Darstellung.

Die von jeder Subgruppe vergebenen Punktewerte sind in Abbildung 6-24 zu finden. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass ein Wert von 2 ausdrückt, dass 100% der Befragten die modifizierte Darstellung als schmerzintensiver bewerten (im Vergleich mit der Basisdarstellung); ein Wert von 0 bedeutet, dass die Basisdarstellung von 100% der Befragten als schmerzintensiver aufgefasst wird. Vor diesem Hintergrund wurde die Rot-Färbung mit 1.81 als dasjenige Attribut identifiziert, welches am deutlichsten eine erhöhte Schmerzintensität ausdrückte. Darauf folgen Grösse (1.68), Flimmern (1.57) und Geschwindigkeit der Animation (1.25). Die Darstellungen, in welchen die pulsierende Fläche transparenter oder entsättigter

war, erreichten 0.30 und 0.32; dies bedeutet im Umkehrschluss, dass eine nicht durchscheinende bzw. eine vollständig gesättigte Darstellung als deutlich schmerzintensiver aufgefasst wird. Die Attribute "Intransparenz" und "Sättigung" würden damit 1.70 bzw. 1.68 Punkte erhalten und mit dem Attribut "Grösse" gleichziehen.

Die Darstellung, in welcher die pulsierende Kreisfläche einem pulsierenden Vieleck mit vergleichbarem Flächeninhalt gegenübersteht, wurde von den Befragten am wenigsten eindeutig bewertet (0.79). Demgemäss besteht eine leichte Präferenz für die Kreisfläche in Bezug auf Schmerzintensität; der Abstand zur 1 ist jedoch geringer als bei sämtlichen anderen Attributen.

Subgruppe	Gesamtpunkte
Durchschnitt	10.90
Frau	10.81
Mann	11.22
Schmerzsprechstunde	10.80
Alter >= 30	11.10
Alter < 30	10.70
Schmerzproblematik	10.53

Tabelle 5: Punktevergabe nach Subgruppe, gesamt

Gemäss diesen Ergebnissen fördern die Attribute "Rund", "Intransparenz" und "Sättigung" zusammen mit "Geschwindigkeit", "Rot-Färbung", "Grösse" und "Flimmern" die Wahrnehmung einer erhöhten Schmerzintensität. Wird die Tabelle der Punktevergabe dementsprechend umsortiert, kann für jede Subgruppe bestimmt werden, wie geneigt sie ist, einer schmerzintensiveren Darstellung einen höheren Punktewert zu geben. Tabelle 5 zeigt, dass es keine nennenswerten Unterschiede in der Punktevergabe bezüglich Alter und Geschlecht gibt; hervorzuhe-

ben ist auch, dass das Vorhandensein einer Schmerzproblematik oder die Behandlungserfahrung einer Schmerzsprechstunde die Vergabe nicht zu beeinflussen scheinen.

6.3 Schlussevaluation von ärztlicher Seite

Wie im Kapitel "Methoden" beschrieben, wurden für die finale Version zwei Scheinbehandlungen mit zwei Oberärzten durchgeführt. Diese Evaluationen dauerten je ca. 30 Minuten; nachfolgend finden sich die kommentierten Protokolle.

6.3.1 Erste Evaluation

ÄRZTLICHE HANDLUNG ODER RÜCKMELDUNG	KOMMENTAR	
"Wenn ich einen neuen Patienten erstelle, bin	Das Erstellen eines neuen Patienten fügt dessen	
ich nicht direkt drin? Ich muss ihn anwählen? Ok,	Schaltfläche zur Liste der bestehenden Patienten	
dann wähl ich den an"	hinzu, der Wechsel auf das Profil erfolgt aber	
	nicht automatisch.	
"Dann erzählt Patient, wo der Schmerz ist."	Arzt zeichnet die beschriebenen Schmerzen auf	
	der entsprechenden Oberfläche ein.	
"Was gibt's noch? 3D-Modelle? Wie komme ich	Per Buttonklick wechselt die Ansicht in den	
zurück?"	Browser zu den 3D-Modellen; die Navigation zu-	
	rück zum Tool gelingt jedoch gut.	
"Aha, hier kommen die Darstellungen. Super,	Im Popup ist die Reihenfolge kontraintuitiv: Die	
finde ich echt gut!"	Schaltfläche zum Hinzufügen einer Schmerzani-	
	mation steht ganz links (wird zuerst gesehen),	

	aber die Regler zu Grösse und Transparenz sind noch nicht eingestellt; entsprechend kann über- sehen werden, dass die Animation platziert wurde.
"Hier macht man die Fotos – das ist super."	Fotos aufnehmen gelingt ohne Probleme.
"Ist das [Foto] jetzt irgendwo drin?"	Es wird dem User derzeit kein Speicherort ge- meldet. Dem Patienten kann via Screenshot die Fotografie mitgegeben werden.
[Neuer Eintrag mit neuem Datum angelegt]	Die Schaltfläche mit dem "Plus"-Zeichen wird korrekt erkannt.
[Kontextfaktoren: Neuer protektiver Faktor "Haustier" hinzufügen]	Button zu "Farbwechsel" wird nicht intuitiv er- kannt. "New"-Button wird sofort erkannt.
[Diagnoseeingabe]	Diagnosen weisen Duplikate und falsche Klassifi- kationen auf. Eine Bereinigung wäre von Vorteil.
"Bilder auswählen ist kompliziert, aber der Rest ist intuitiv."	Speichern von Bildern über Screenshots, hochladen über die "Medien"-Oberfläche.
"Pain Tab ist intuitiv und geradlinig."	Abschliessende Anmerkung.

Tabelle 6: Evaluationsprotokoll 1.

6.3.2 Zweite Evaluation

ÄRZTLICHE HANDLUNG ODER RÜCKMELDUNG	KOMMENTAR	
[Schmerzanamnese]	Es folgt die Schmerzbeschreibung. Manuelles	
	einzeichnen mit dem Stift.	
[Platzieren von Schmerzanimationen]	Testperson bekundet Mühe mit der Oberfläche:	
	Eine Animation kann nicht nach der Platzierung	
	in der Grösse verändert werden, sondern muss	
	neu gesetzt werden.	
[Aufnahme der Fotografie]	Funktioniert ohne Probleme. Allerdings ist die	
	Reihenfolge der Buttons ungünstig, da sie dazu	
	verleitet, die Animationen zuerst auf die Vorlage	
	(Schädel in Seitenansicht) zu setzen und das Foto	
	des Patienten danach aufzunehmen, wodurch	
	die Animationen an den falschen Orten positio-	
	niert sind.	
"In den Pain Details gibt es jetzt nur einen Zeit-	Der "Plus"-Button zur Erweiterung der Zeitachse	
punkt."	wurde schnell gefunden.	

"Wann haben die Schmerzen angefangen?"	Es wäre von Vorteil, wenn das jeweilige Datum im Reiter angepasst werden könnte, damit man die Zeitachse auch gemäss Anamnese in die Vergangenheit ausdehnen könnte. Man beachte hier die Überschneidung mit einem Klinikinformationssystem.
[Eingabe von Kontextfaktoren]	Intuitiv korrekter Umgang mit der Oberfläche. Das Fehlen eines Speicherbuttons sorgt für geringe Verwirrung (Speichern erfolgt automatisch nach jedem Wechseln der Oberfläche).
"Wo kann ich den Befund erfassen?"	Der Wunsch nach der Möglichkeit zur Anam- neseerhebung wird geäussert. Erneut werden Funktionen eines Klinikinformationssystems ge- wünscht.
"Schmerzen sollten im Raum platzierbar sein."	Die 3D-Modelle sind fixiert.
"Wie komme ich von den 3D-Modellen zurück zum Programm?"	Der Wechsel in den Browser wurde vom Behand- ler übersehen.
"Wie geben wir dem Patienten etwas mit?"	Derzeit werden Screenshots aufgenommen, die via "Medien"-Oberfläche ins PDF kopiert werden.

Tabelle 7: Evaluationsprotokoll 2

6.4 Resultate der Fokusgruppe

6.4.1 Statische Designs

Das Zeichnen von nicht animierten Schmerzqualitäten unterscheidet sich im Ergebnis deutlich von den Online-Umfragen. Da in den Umfragen animierte GIFs verwendet wurden, diese aber aus offensichtlichen Gründen mit Stift und Papier nicht replizierbar sind, wurden im Workshop auf Papier andere Konzepte präsentiert. Die Resultate sind in Abbildung 6-25 und Abbildung 6-26 zu finden.

Am ähnlichsten sind sich die Darstellungen eines stechenden, eines brennenden sowie eines elektrisierenden Schmerzes: Ersterer wurde als spitz zulaufendes Objekt dargestellt, welches auf eine Oberfläche trifft; der Zweite wird durch eine kleinen Flamme symbolisiert; der Letzte durch ein blitzähnliches Symbol, d.h. einen gezackten Pfeil. Alle drei Darstellungen decken sich konzeptuell mit den Darstellungen der Online-Umfrage.

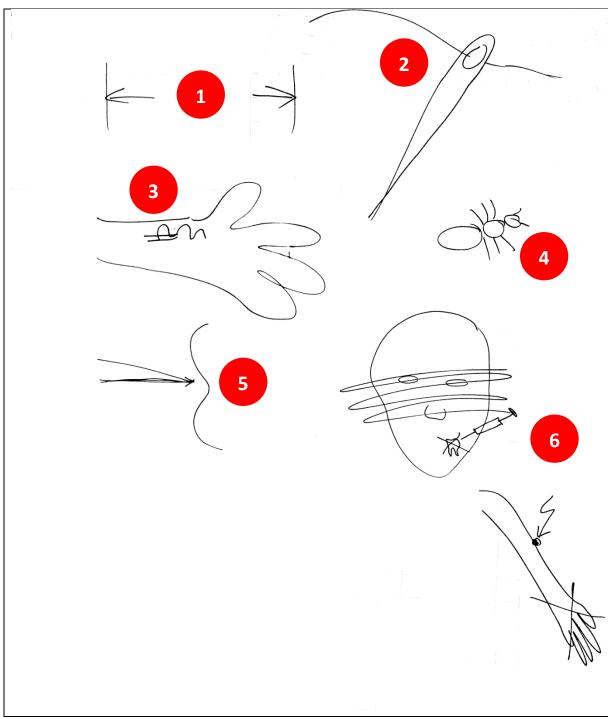


Abbildung 6-25: Fokusgruppe: Zeichnen von Schmerzqualitäten. In der Abbildung zu sehen sind (1) ziehende, (2) nadel-artige, (3) pulsierende, (4) kribbelnde, (5) stechende und (6) taube Schmerzqualitäten. Beachte, dass bei Zeichnung (6) beide Objekte (Gesicht und Arm) eine Nervenblockade im Sinne einer Anästhesie darstellen sollen. Quelle: Eigene Darstellung.

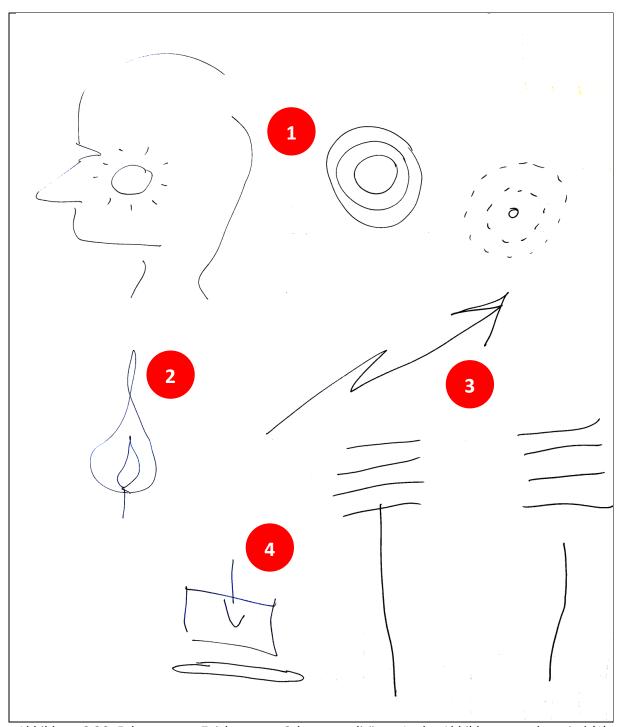


Abbildung 6-26: Fokusgruppe: Zeichnen von Schmerzqualitäten. In der Abbildung zu sehen sind (1) dumpfe, (2) brennende, (3) elektrisierend und (4) drückende Schmerzqualitäten. Beachte, dass bei Zeichnung (1) eine Sequenz von Objekten zu sehen ist, die eine zeitliche Abfolge demonstrieren soll; Zeichnung (3) enthält neben dem Blitz zwei Transformatoren als Ausdruck der Elektrizität. Quelle: Eigene Darstellung.

Die Darstellungen für "drückend" und "ziehend" in der Online-Umfrage bestehen aus sich konzentrisch zusammenziehend bzw. exzentrisch ausdehnenden Symbolen. Da Bewegungen auf Papier nicht dargestellt werden können, wurden stattdessen Pfeile gezeichnet, die Bewegung in kon- oder exzentrischer Richtung symbolisieren sollen.

Für nadel-artige, kribbelnde und pulsierende Schmerzen werden in einer statischen Umgebung fundamental andere Konzepte bevorzugt. Bei allen dreien wurde eine objektbezogene Darstellung favorisiert, d.h. statt eines abstrakten Symbols ein Objekt gewählt, welches mit der Schmerzqualität assoziiert wurde: Für erstere eine Nadel, für zweitere eine vereinfachte Ameise, für letztere ein Handgelenk, auf welchem die Arteria Radialis hervorgehoben und mit einer Pulswelle übermalt wurde. Wenngleich diese Darstellungen in der Fokusgruppe Erfolg hatten, sollte in weiteren Umfragen eruiert werden, ob sie auch von einem breiteren (und medizinisch nicht geschulten) Publikum gleichermassen interpretiert würden.

"Dumpf" und "Taub" konnten als Schmerzqualitäten nicht erfolgreich dargestellt werden; die Fokusgruppe scheiterte jeweils nach drei Versuchen, die Darstellung korrekt zu benennen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus der Umfrage, in welchen die (mutmasslichen) Darstellungen dieser Qualitäten nur geringen Zuspruch erhielten und überdies miteinander korrelierten, d.h. die eine Qualität nicht von der anderen isoliert werden konnte.

6.4.2 Programmanforderungen

Bei einem maximalen Wert von 40 Punkten wurden die in Tabelle 8 vermerkten Akzeptanzfaktoren für eine Applikation (gedacht für den Einsatz als Tool in der Informationstherapie) definiert.

FAKTOR	PUNKTEWERT/RELEVANZ
Prozessstrukturierung / DDIT	37
Erfüllt User Requirements	35
Zeitgewinn	26
Menge an Hardware minimal	25
Lernfähigkeit	23
Ansprechende Grafik	20
Personalisierbare Benutzeroberfläche	19
Flexible Benutzeroberfläche	17
Audio-Feedback	10

Tabelle 8: Akzeptanzfaktoren, sortiert nach Relevanz.

- Prozessstrukturierung entspricht Arbeitsablauf / Diagnosis Driven Information Therapy: Nicht nur sollte das Programm eine an den Behandlungsablauf angepasste Struktur bieten, sondern es sollten auch Hilfestellungen, Ergänzungen und Vorschläge für den jeweiligen Arbeitsschritt geboten werden. Dies könnte beispielsweise das automatische Aufzeigen der gängigsten Therapieformen bei bestimmten Diagnosen, den Vorschlag bestimmter Bilder, das Einfügen von Adressköpfen etc. umfassen.
- Erfüllt User Requirements: Implizit steht bei diesem Metakriterium der Zeitgewinn (keine Wiederholungen der Abläufe, keine Redundanzen) respektive die Effizienzsteigerung im

- Vordergrund. Ergänzend wird der Wunsch nach Einfachheit in der Bedienung genannt, was sich ebenfalls auf den Zeitgewinn auswirken würde.
- Zeitgewinn: Wiederholt wurde von den Teilnehmern geäussert, dass ohne Zeitgewinn der Einsatz einer Applikation keinen Sinn macht. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass Zeitgewinn ein User Requirement ist und bei entsprechender Erfüllung dieses Kriteriums miteingeschlossen würde (daher der vergleichsweise niedrige Punktewert).
- Eingabehardware: Häufige Wechsel zwischen Maus, Tastatur und Touchpad sollen reduziert werden. Einerseits dient dies dem Zeitgewinn, andererseits bietet dies im Kontext einer medizinischen Untersuchung auch hygienische Vorteile.
- Lernfähigkeit: Anpassung der von der Applikation präsentierten Vorschläge, Abbildungen, häufigen Diagnosen etc. basierend auf gesammelten Daten zum Userverhalten.
- Ansprechende Grafik: Eine (nicht näher definiert) angenehm anzusehende Benutzeroberfläche.
- Personalisierbare Benutzeroberfläche: Anpassung der Oberfläche nach Wünschen des Users möglich.
- Flexible Benutzeroberfläche: "Usertolerante" Oberfläche mit möglichst breit gefächerten Eingabemöglichkeiten. Eine Eingabe (z.B. Datum) kann sowohl über Maus, Keyboard und Touchscreen getätigt werden (je nach Präferenz des jeweiligen Users).
- Audio-Feedback: Zeitnahe Bestätigung von Aktionen durch andere Kanäle als nur dem visuellen.

6.4.3 Personalisierungsaspekte

Ein maximaler Wert von 18 Punkten war erreichbar, die Resultate sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Im Plenum wurde ermittelt, inwieweit die aktuelle Programmversion den jeweiligen Personalisierungsfaktor abbilden kann.

FAKTOR	PUNKTEWERT/RELEVANZ	ERFÜLLUNGSGRAD
Bildintegration	17	Teilweise
Fotografien und Visualisierungen	16	Gut
Mediale Plastizität	10	Teilweise
WISE-Anbindung	10	Gar nicht
3D-Modelle	5	Gut
Patienten-Feedback	5	Gar nicht

Tabelle 9: Personalisierungsfaktoren, sortiert nach Relevanz.

- Bildintegration: Das plattformübergreifende verschieben, kombinieren und PDF-konvertieren von Bildern aus jeglicher Quelle (CT, Röntgen, Patientenfotografien) ist erst teilweise möglich. Momentan muss dies via Screenshots und Hochladen über die Medienfunktion durchgeführt

- werden. Zentral sind die Bearbeitbarkeit, Kompatibilität (insbesondere von Röntgenbildern) und Druckerqualität.
- Fotografien und Visualisierungen: Aufnahmen des Gesichtes können mit der Tablet-Kamera gemacht werden. Intraorale Aufnahme sollten mit einer extern angeschlossenen Kamera durchgeführt werden können. Zusätzlich zu den bestehenden Features sollte die Möglichkeit angeboten werden, mehrere Bilder pro Registerkarte aufnehmen sowie mehrere Schmerzen gleicher Qualität pro Fotografie hinzufügen zu können.
- Mediale Plastizität: Für alle Bilder jeglicher Quelle muss gelten, dass sie bemalt werden können. Grundsätzlich kann dies jederzeit über die von Adobe gebotenen Funktionen gelöst werden, sofern die Bilder vorgängig in ein PDF überführt werden; optimalerweise sollte bei der Bildintegrationslösung eine Bearbeitungsoberfläche implementiert werden.
- WISE-Anbindung: Eine direkte Anbindung an die bestehende Architektur des WISE-Fragebogens sollte die Übertragung der vom Patienten bereits im Vorfeld eingegebenen relevanten Daten ermöglichen, um Redundanzen in der Sprechstunde abzubauen und damit Zeit einzusparen.
- 3D-Modelle: Die Darstellung von anatomischen Zusammenhängen und Schmerzmodellen ist unabhängig von Drittanbietern möglich, allerdings ist die Menge an verfügbaren Darstellungen derzeit noch gering. 3D-Modelle können dazugekauft und mit geringem Aufwand in die aktuelle Struktur integriert werden, allerdings ist eine Erprobung im Klinikalltag bzgl. praktischem Nutzen notwendig.
- Patientenfeedback: Das Einbinden von Rückmeldungen des Patienten ist derzeit nicht möglich.
 Per Freitext, Spracherkennungssoftware oder Checkbox soll der Patient beschreiben, wie er die Konsultation verstanden hat. Dies würde dann auch in den Schlussbericht übernommen werden.

7 Diskussion

In diesem Kapitel wird anhand der Resultate und der theoretischen Grundlagen das Erreichte reflektiert. Insbesondere geht es um die Beantwortung der in der Einleitung vorgestellten Forschungsfragen:

- Wie kann Schmerz inklusive seiner Qualität und Quantität und Schmerzursachen visuell dargestellt werden?
- Wie kann die Darstellung des Schmerzes personalisiert und auf den Patienten angepasst werden?

7.1 Schmerzdarstellungen

7.1.1 Schmerz im Gesamtkontext

Um Schmerzen visuell darstellen zu können, muss zunächst definiert werden, was unter dem Begriff "Schmerz" zu verstehen ist, beziehungsweise welche Aspekte des menschlichen Erlebens damit gemeint sind.

Ein Schmerz hat einen Auslöser in der physikalisch-neurologischen Welt, d.h. er korreliert nach gegenwärtigem Wissensstand mit bestimmten neuronalen Aktivitätsmustern, welche wiederum durch chemische oder physikalische Faktoren ausgelöst werden. Diese Faktoren, beispielsweise das Eindringen eines Fremdkörpers in einen Muskel oder eine chronische Entzündung im Kniegelenk, werden daher unter dem Begriff "Auslöser" subsummiert, obwohl das unmittelbare Schmerzerleben faktisch in der Aktivität des Zentralnervensystems zu verorten ist. Diese Faktoren können vergleichsweise einfach in Bildform dargestellt werden, da sie und die durch sie beeinflussten Nervenzellen physikalischen Objekten entsprechen und nicht etwa subjektiven Qualitäten (wie der Schmerz an sich). Insbesondere zur Erläuterung bestimmter Pathomechanismen eignen sich 2D- oder 3D-Darstellungen gut, um Patienten die Vorgänge zu erklären. Umgekehrt (und insbesondere im Hinblick auf die Informationstherapie) sind Illustrationen der Schmerzentstehung (auf molekularer oder neuroanatomischer Ebene) weniger geeignet für die Sprechstunde, da sie als abstrakte und nicht personalisierte Darstellungen die Identifikation des Patienten mit dem Problem nicht fördern. Der Fokus sollte daher, wie schon von Truong angedeutet, auf der Beschaffung geeigneter 3D-Darstellungen liegen (Truong, 2019). Aus Kostengründen wurde dies derzeit noch nicht umgesetzt. Stattdessen wurde eine Umgebung auf den UZH-Servern aufgesetzt, in welcher 3D-Modelle mit geringem Aufwand eingefügt und via Browser im Tablet aufgerufen werden können.

Es zeigte sich in der Schmerzsprechstunde, dass die ursprünglich vom Tool bereitgestellten fünf Faktoren (Familie, Beruf, Schmerz, Finanziell, Ereignis) generell nicht sämtliche Lebensumstände eines Patienten abbilden konnten, weswegen die Schaltfläche um zwei Buttons erweitert wurde, mit welchen laufend neue Kontextfaktoren generiert werden können, deren Benennung dem Benutzer freisteht. Weiterhin stellte sich heraus, dass die freie Platzierbarkeit (im Sinne des Abstandes zum Zentrum) redundant zur veränderbaren Grösse ist. Dabei handelt es sich nicht um ein schwerwiegendes Problem,

jedoch kann bei der zukünftigen Weiterentwicklung des Tools das Feature zur Grösseneinstellung gegebenenfalls entfernt werden.

7.1.2 2D-Darstellungen

Wiederholt stellte sich die visuelle Darstellung von Schmerzen als Herausforderung dar. Die Übersetzung zwischen diesen zwei subjektiven Qualitäten (Schmerz und Bild) ist vergleichbar mit dem Versuch, zu einem Geräusch einen passenden Geruch zu finden. Statische Darstellungsformen von Schmerzqualitäten unterscheiden sich grundlegend von animierten Darstellungen dadurch, dass der zeitliche Verlauf nur unter Zuhilfenahme von Pfeilen oder dergleichen dargestellt werden kann. Im Kontakt mit Patienten zeigte sich, dass das freie Zeichnen ohne Vorlage einerseits viel Zeit in Anspruch nimmt, andererseits nicht immer schlüssig gelingt und gegebenenfalls lediglich in einer schraffierten Fläche resultiert; um Bewegungen oder Richtungen zu simulieren, wurden oftmals Pfeile gezeichnet. In der Fokusgruppe wiederum stellte sich heraus, dass beim Versuch, explizit bestimmte Schmerzqualitäten zu zeichnen, eine deutliche Präferenz für konkrete Objekte mit definierten Eigenschaften bestand (eine krabbelnde Ameise, der Puls in der Radialarterie, der Einsatz eines Anästhetikums); dies stimmt mit der Annahme von Dekkers überein, dass Metaphern im Ausdruck von Schmerzqualitäten eine hohe Bedeutung zukommt (Dekkers, 2015). Weiterhin bestätigen die Ergebnisse aus dem Patientenkontakt und der Fokusgruppe die Aussage von Shallabout et al., dass die Anweisung, "Schmerz" zu zeichnen, zu keinem konsistenten Stil führt (Shaballout, et al., 2019).

Darstellungen von Objekten, wie sie in der Fokusgruppe bevorzugt wurden, übermitteln zwar sehr schnell bestimmte Qualitäten, die Interpretation ist jedoch vom Betrachter abhängig. Beispielsweise könnte ein Betrachter ohne medizinische Vorkenntnisse die Pulsdarstellung auch als einen Wurm interpretieren, der sich über die Hand ringelt, oder das Taubheitsgefühl im Zahn stattdessen als bohrenden Schmerz, da sich eine Spritze im Bild befindet. Des Weiteren wurde für die Darstellung "dumpf" statt einem Bild drei nebeneinander in einer Sequenz platziert, die als Ausschnitte einer Animation zu verstehen sind, was jedoch dem Ziel, die Darstellung über das (schematische) Bild eines Körperteils zu legen, zuwiderläuft. Aufgrund der angetroffenen Schwierigkeiten muss festgestellt werden, dass ein statisches Design für Schmerzdarstellungen in einer sinnvollen Form nicht möglich ist. Die Erweiterung solcher Designs in einer weiteren Iteration des Programms wird nicht empfohlen.

Animierte 2D-Darstellungen, wie sie schlussendlich implementiert wurden, begünstigen durch die zeitliche Dimension die Übertragung von Schmerzqualitäten in ein bildliches Format. Insbesondere sind abstrakte Formen möglich, die ansonsten nur schwer als bestimmte Schmerzqualitäten erkannt werden könnten (wie beispielsweise eine pulsierende Fläche). Die Ergebnisse aus den Umfragen weisen auf folgende Zusammenhänge hin:

Die Darstellungen zu den Qualitäten "pulsierend", "kribbelnd", "brennend", "drückend" und
"elektrisierend" werden von den Befragten als eindeutig zuordenbar wahrgenommen. Aus den
Umfragen geht zudem hervor, dass ein schwarz-weisses Flimmern einer Darstellung eine elektrisierende Qualität verleiht, auch wenn sie nicht die Form eines Blitzes hat.

- Zu "dumpf" und "taub" konnten keine Darstellungen gefunden werden, die (gemäss Umfragen) nicht von anderen Qualitäten überlagert wurden. Dies mag am inhärenten Charakter dieser Qualitäten liegen, welche auch in der alltäglichen Sprache keinen klar sichtbaren Objekten oder exakten Zuständen, sondern wenig fassbaren und nur undeutlich definierten Entitäten zugeordnet werden (vgl. "ein dumpfes Geräusch", "taub vor Kälte"). Überdies kann angenommen werden, dass "taub" per se nicht als schmerzhaft eingeschätzt wird, da eine Betäubung (im medizinischen Sinne) die Entfernung der Schmerzqualitäten zum Ziel hat.
- "Nadel-artig" kann nicht eindeutig von "stechend" abgegrenzt werden, auch nicht durch eine Veränderung der Darstellungs- bzw. Objektgrösse. Spitz zulaufende Objekte würden überdies in der finalen Implementation aufgrund des Features, die Grösse variieren zu können, keine Unterscheidung zwischen den Qualitäten zulassen. Entsprechend wurde eine alternative Darstellungsform für "nadel-artig" gewählt, die jedoch nicht mehr in Umfragen bestätigt werden konnte.
- Für "ziehend" konnte keine passende Darstellung gefunden werden. Ergebnisse der Fokusgruppe und der Freihandzeichnungen zeigen jedoch sowohl bei Behandlern als auch bei Patienten eine Präferenz für sich exzentrisch bewegende Pfeile, welche schlussendlich auch Eingang in die finale Version fanden.
- Grösse, Rot-Färbung, Intransparenz, Geschwindigkeit, Sättigung und elektrisierendes Flimmern werden als Ausdruck einer erhöhten Schmerzintensität gewertet. Erstaunlicherweise und im Widerspruch zum Freihandzeichnen wird eine eckige Form im Vergleich mit einer Kreisfläche als weniger intensiv wahrgenommen. Gegebenenfalls ist der fälschlicherweise wahrgenommene Flächenunterschied (der eckigen Form "fehlen Teile" im Vergleich zur Kreisfläche) ausschlaggebend; zur Klärung dieser Frage wäre eine weitere Umfrage notwendig.
- Zwischen den Subgruppen (älter oder jünger als 30 Jahre, Frau oder Mann, bestehende Schmerzproblematik, Behandlungserfahrung wegen Schmerzen) sind im Hinblick auf die Punktevergabe keine signifikanten Unterschiede auszumachen. Insbesondere scheinen sich die Subgruppen derjenigen, die an einer Schmerzerkrankung leiden oder in Schmerzbehandlung sind, nicht von den anderen Gruppen bzw. vom Durchschnitt abzuheben. Dies weist darauf hin, dass die in den Umfragen gewonnenen Erkenntnisse auch auf die Patienten in der Schmerzsprechstunde übertragbar sind.

7.1.3 3D-Darstellungen

Die Darstellungen der Qualitäten "stechend", "drückend", "ziehend" und "pulsierend" wurden den 2D-Animationen nachgebildet. Entsprechend den Ergebnissen wurde ein Blitzsymbol für "elektrisch" modelliert sowie ein 3D-Feuermodell für "brennend". Um "nadel-artig" von "stechend" abgrenzen zu können, wurde erstere Qualität als aus dem Innern hervorbrechend modelliert, was in einer 2D-Umgebung nicht möglich war. Die Qualitäten "Dumpf" und "Taub" werden, da die Rückmeldungen uneindeutig sind, derzeit mit demselben Modell dargestellt.

Bezüglich der 3D-Modelle stellt sich die Frage, inwieweit ein Patient sich mit dem Modell eines menschlichen Schädels überhaupt identifizieren kann. Derzeit nehmen die Modelle eine Doppelrolle ein: Einerseits dienen sie der Identifikation des Betrachters mit den Schmerzen und sollen eine bessere Beschreibung des eigenen Leidens ermöglichen, andererseits können sie zur Erklärung anatomischer Zusammenhänge herangezogen werden. Hier sind Patientenrückmeldungen notwendig, um diese Rollenverteilung zu klären und die nächsten Entwicklungsschritte planen zu können.

Die aktuelle Lösung ermöglicht es, in Zukunft 3D-Modelle rasch zu implementieren, sie steht jedoch im Widerspruch zum von Truong genannten Ziel, eine Unabhängigkeit der 3D-Animationen von der Internetverbindung zu schaffen (Truong, 2019). Sollten die Verzögerungen beim Laden der Website den Ablauf einer Konsultation nennenswert stören, muss eine Implementierung über Android Studio versucht werden.

Es ist zu erwarten, dass die Weiterentwicklung der 3D-Features folgende Herausforderungen bieten wird:

- Mit zunehmender Realitätsnähe besteht die Gefahr, dass die 3D-Darstellungen in die Akzeptanzlücke (Wong, 2017) fallen werden, insbesondere, falls das Übertragen des Patientengesichtes in eine 3D-Umgebung angeboten werden sollte. Überdies beschreiben D'Alonzo et al., dass in ihren Versuchen zu Phantomglieder bestimmte 3D-Darstellungen im Vergleich mit 2D-Darstellungen deutlich weniger überzeugend wirken, eine allfällige Identifikation mit der Darstellung also reduziert werden könnte (D'Alonzo, et al., 2019).
- Auf technischer Ebene dürfte das Bewegen der Objekte in der 3D-Umgebung eine Hürde darstellen. Derzeit sind die 3D-Objekte nicht verschieb- oder rotierbar, lediglich die Kamera kann bewegt werden. Dies ermöglicht den präzisen Kontakt zwischen den Oberflächen der Objekte, womit der Realitätsgrad gesteigert werden soll. Das freie Drehen z.B. des Schädelmodells führt zu Lücken zwischen den Objekten. Das Platzieren der Schmerzmodelle per Touchfunktion wiederum setzt voraus, dass die 2D-Oberfläche des Tablets auf die 3D-Umgebung projiziert werden kann. Ähnliche Probleme entstehen, wenn die Basismodelle ausgetauscht werden sollen (z.B. ein Schädel durch das Zahnmodell). Die verwendete Library ("ThreeJS") bietet keine Funktionen diesbezüglich an. Es ist anzunehmen, dass eine Lösung nur mittels angewandter Vektorgeometrie möglich ist.
- In konzeptueller Hinsicht kann z.B. die Qualität "Drückend" nicht ohne weiteres im Raum verschoben werden. Die momentane Darstellung, welche den gesamten Schädel umfasst, ist zwar prägnant, aber nicht präzise; um eine drückende Qualität an einem bestimmten Punkt darzustellen, müsste das Objekt auf den Schädel verlagert und rotiert werden. Es kann so der Eindruck entstehen, dass lediglich Luft bewegt wird; umgekehrt kann es im Basisobjekt verschwinden, auch bei genauer Positionierung, da die Schädeloberfläche nicht aus einer glatten Ebene besteht. Gegebenenfalls müsste ein neues Objekt für "präzise drückend", z.B. ein Zylinder, gewählt werden, der von aussen auf den Schädel hämmert. Diese Probleme existieren in der 2D-Umgebung nicht, wo aufgrund der Top-Down-Projektion das Schmerzobjekt bereits wie ein Teil der Gesichtsfotografie (und damit des Gesichtes) wirkt.

7.2 Personalisierung

Um im Klinikalltag konkrete Vorteile bieten zu können, muss ein Programm eine nahtlose Integration verschiedener Bildmedien ermöglichen (in diesem Fall von Röntgenbildern, CT-Bildern etc.), also das Verschieben und Zusammenfügen verschiedener Dateien nach Ermessen des Benutzers. Dieses Feature ist derzeit im Tool nur rudimentär vorhanden und sollte nach Möglichkeit weiterentwickelt werden. Weiterhin sollte das zweitwichtigste Feature, die Gesichtsfotografie, weiterentwickelt werden, um die Personalisierungsoptionen zu erweitern. Eine allfällige Umsetzung muss identifizieren, aus welchen Quellen die Bilddateien stammen, und eine Oberfläche bieten, welche direkten Zugriff auf die Dateien ermöglicht.

Wie Shallabout et al. bereits erwähnten, existieren zurzeit keine standardisierten Vorlagen für Schmerzzeichnungen, was eine Vergleichbarkeit erschwert. Andererseits sollten die Vorlagen der Identifikation des Patienten mit dem Bild zuträglich sein, was auch aus den Rückmeldungen der Ärzteschaft hervorgeht. Die Möglichkeit, eine Gesichtsfotografie aufzunehmen und umgehend bearbeiten zu können, kann potenziell beide Probleme lösen, sofern die Fotografie nach einem standardisierten Verfahren erstellt wird (beispielsweise die Grösse der Köpfe auf den Aufnahmen genormt ist).

Die Anbindung des WISE-Fragebogens sollte die nahtlose Übertragung bereits erfasster Daten ermöglichen. Beispielsweise werden die Schmerzqualitäten im Vorfeld erfragt und sollten entsprechend übertragen werden, was neben dem Zeitgewinn auch dem Patienten das Gefühl vermittelt, gehört zu werden, und damit die Arzt-Patienten-Beziehung verbessern dürfte. Auch hier stellt sich wieder die Frage der Abgrenzung des vorgeschlagenen Patienteninformationssystems gegenüber einem Klinikinformationssystem.

Der Zeitstrahl verbessert die Personalisierung. Eine Erweiterung um vergangene Zeitpunkte wäre mit geringem Aufwand umsetzbar, es stellt sich jedoch ebenfalls die soeben aufgeworfene Frage nach der Rollenverteilung.

7.3 Akzeptanzfaktoren

Damit die praktische Anwendung im Alltag garantiert werden kann, ist die Benutzerakzeptanz von zentraler Bedeutung. Wie sich in der Fokusgruppe herausstellte, sind die Prozessstrukturierung und der Zeitgewinn massgebende Akzeptanzfaktoren für die Anwender (also die Ärzteschaft). Insbesondere ist der Wunsch nach einem aktiv den Behandelnden assistierenden Programm hervorzuheben, d.h. nach einem organisierten und geringgradig intelligenten ("mitdenkenden") System. Um diese Faktoren berücksichtigen zu können, muss diskutiert werden, ob weiter auf dem bestehenden Prototypen aufgebaut werden soll (was ein erhebliches Refactoring erforderlich machen würde), oder ob eine von Grund auf neu gestaltete und explizit auf die Akzeptanzfaktoren ausgerichtete Architektur vorteilhafter wäre.

8 Schlussfolgerungen

Gewisse Schmerzqualitäten können in Form einer 2D-Animation gut dargestellt werden; einige bestimmte Qualitäten, wie "taub" und "dumpf", führen jedoch zu keinen eindeutigen Resultaten. Um die Personalisierung zu verbessern, ist die Schädel- oder Gesichtsfotografie mutmasslich hilfreich, sie muss jedoch im klinischen Alltag noch getestet werden. Aufgrund der Erfahrungen des Klinikpersonals beim Einsatz der Vorgängerversion muss festgehalten werden, dass 3D-Features für die Personalisierung und die Informationstherapie an sich eine eher ergänzende Rolle spielen. Es stellt sich die Frage, ob 3D-Schmerzdarstellungen einen Vorteil gegenüber den 2D-Darstellungen bieten können; gleichwohl sollten die Features im Patientenkontakt getestet werden, um zu einem abschliessenden Ergebnis zu gelangen. Zudem kann die Personalisierung durch die nahtlose Integration von Bilddateien aus verschiedenen Quellen und die Anbindung des bereits bestehenden WISE-Fragebogens verbessert werden. Der Entwicklung dieser Features sollte in künftigen Iterationen Priorität eingeräumt werden.

Um die Benutzerakzeptanz zu erhöhen sollte der Fokus in der weiteren Entwicklung des Programms auf der Effizienzsteigerung respektive dem Zeitgewinn liegen. Das Programm sollte mit explizitem Schwerpunkt auf die Prozessstrukturierung im Patientenkontakt umgestaltet werden; schlussendlich sollte es die Rolle eines mitdenkenden Agens (DDIT, anhand von Entscheidungsbäumen) übernehmen, welches je nach Benutzerinput Vorschläge einbringt. Da die Architektur des Prototyps nicht für diesen Funktionsumfang konzipiert ist, muss diskutiert werden, ob ein Neubeginn versucht werden sollte. Daneben besteht die Gefahr des "Feature Bloat", insbesondere im Hinblick auf die unscharfen Grenzen zwischen Klinikinformationssystem und Patienteninformationssystem, was eine erneute Diskussion über den genauen Funktionsumfang notwendig machen dürfte.

Die 3D-Features von Android Studio sind noch in der Entwicklung begriffen. Auch wenn diesbezüglich bereits Libraries und ganze Applikationen existieren, ist zur Darstellung von 3D-Animationen eine Weblösung vorzuziehen. Dies bringt den Nachteil der Abhängigkeit von der Serververwaltung mit sich und führt zu einer auf mehreren Systemen verteilten Struktur; umgekehrt ist diese Lösung plattformunabhängig und aufgrund der gut entwickelten Libraries für Javascript mit geringem Aufwand implementierbar.

9 Probleme und Limitationen

Im Verlauf dieser Arbeit verschob sich der Fokus der Ärzteschaft bezüglich des Einsatzes des Tools. Die praktischen Erfahrungen mit dem Tool im Klinikalltag (im Rahmen der parallel laufenden Evaluationsstudie) führten zu einer Veränderung der Prioritäten, womit sich der Schwerpunkt in der Toolentwicklung von den im ursprünglichen Beschrieb festgehaltenen Zielen (3D-Animationen und Schmerzdarstellungen) auf konkrete Verbesserungsvorschläge und neue Ideen verschob. Insbesondere in den Rückmeldungen zu den Prototypen wurden laufend Vorschläge eingebracht, die eine Verbesserung oder Erweiterung der bestehenden Features zum Ziel hatten, jedoch nicht mit den Forschungsfragen im Zusammenhang standen. Daher musste eine Balance zwischen Praxisnähe und Forschungsfragen gefunden werden.

Damit zusammenhängend zeigte sich eine gewisse Ausweitung der Anforderungen an die Programmfunktionen; beispielsweise wurde über die Einführung eines Anamnesebogens oder von retrospektiv datierten Registerkarten (zur Dokumentation des klinischen Bildes vergangener Jahre) diskutiert. Damit einhergehend entstand eine Debatte über die grundsätzlichen Ziele zur Funktionsweise des Tools, welches im Begriff war, Eigenschaften eines Patienteninformationssystems mit denen eines Klinikinformationssystems in sich zu vereinen. Wiederholt fanden Diskussionen zur Limitierung des Funktionsumfangs statt. Es ist davon auszugehen, dass sich im Zuge der Digitalisierung des Arztberufs das Problem des "Feature Bloat" weiter verschärfen wird.

Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte das Tool nicht an realen Patienten getestet bzw. Feedback von selbigen eingeholt werden. Weiterhin konnten mit lediglich 6 Patienten Schmerzzeichnungen angefertigt werden. Aufgrund der Online-Umfragen und der Rückmeldungen der Ärzteschaft können limitiert Rückschlüsse auf den Nutzen der neuen Features gezogen werden, allerdings ist die Relevanz dieser Aussagen zu hinterfragen. Die Parameter eines Patientenkontaktes können im experimentellen Setting nicht vollständig nachgebildet werden, womit gegebenenfalls Schwächen in der Benutzeroberfläche, Laufzeitfehler oder nicht erforderliche bzw. redundante Features nicht erkannt werden.

Die Umfragen benutzen Convenience Sampling. Über den Probandenserver der psychologischen Fakultät wurden Teilnehmer rekrutiert; zudem wurde versucht, die Probanden mit Gutscheinen zur Teilnahme zu bewegen. Dadurch besteht die Gefahr der Stichprobenverzerrung. Insbesondere war stets die Mehrzahl der Umfrageteilnehmer Abgänger einer Universität (Bachelor oder höhere Ausbildung). Dies wirft die Frage auf, inwieweit die Umfrageergebnisse in den praktischen Alltag übertragbar sind. Mit dem Abschluss der Arbeit ist das Tool gemäss den Zielen noch nicht vollständig, da qualitativ hochwertige 3D-Darstellungen (im Sinne eines Anatomieatlas) fehlen. Für die Informationstherapie wären aber entsprechende Modelle notwendig und müssten eingekauft oder selbst hergestellt werden.

10 Literaturverzeichnis

artsandculture.google.com. Google Arts & Culture. [Online] [Zitat vom: 18. Juli 2020.] https://artsandculture.google.com/asset/the-broken-column/EgGMbMFBQrAe3Q?hl=de.

Breivika, Harald, et al. 2006. Survey of chronic pain in Europe: Prevalence, impact ondaily life, and treatment. *European Journal of Pain.* May, 2006, Bd. 10, 4.

Briggs, Robert O. und Vreede, Gert-Jan de. 2009. *Thinklets: Building Blocks for Concerted Collaboration.* Omaha: Center for Collaboration Science, 2009.

Brown, Christopher A, et al. 2015. Striatal opioid receptor availability is related to acute and chronic pain perception in arthritis. *Pain.* November, 2015, Bd. 156, 11.

Courtney, Carol A., O'Hearn, Michael A. und Franck, Carla C. 2017. Frida Kahlo: Portrait of Chronic Pain. *Phys Ther.* January, 2017, Bd. 97, 1.

D'Alonzo, M., Mioli, A. und Formica, D. 2019. Different level of virtualization of sight and touch produces the uncanny valley of avatar's hand embodiment. *Sci Rep.* December, 2019, Bd. 9.

Dekkers, Wim. 2015. Pain as a Subjective and Objective Phenomenon. *Handbook of the Philosophy of Medicine.* January, 2015.

design.tutsplus.com. 2020. design.tutsplus.com. [Online] 2020. [Zitat vom: 2. March 2020.] https://design.tutsplus.com/articles/the-differences-between-male-and-female-portraits--vector-14954.

Ettlin, Dominik und Gallo, Luigi. 2018. *Das Kiefergelenk in Funktion und Dysfunktion.* Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2018. 9783132411463.

FACES-Foundation. 2016. Wong-Baker FACES Foundation. [Online] 2016. [Zitat vom: 20. Juli 2020.] Wongbakerfaces.org.

Galli, U, et al. 2009. Do illness perceptions predict pain-related disability and mood in chronic orofacial pain patients? A 6-month follow-up study. *European journal of pain (London, England)*. October, 2009, Bd. 14, 5.

Goetz, Laura H. und Schork, Nicholas J. 2018. Personalized medicine: motivation, challenges, and progress. *Fertility and Sterility.* June, 2018, Bd. 109, 6.

Hevner, Alan R. 2007. A Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems.* 2007, Bd. 19, 2.

IASP. 2020. International Association for the Study of Pain. [Online] Juli 2020. [Zitat vom: 16. Juli 2020.] www.iasp-pain.org.

Kettenmann, Andrea. 1999. *Frida Kahlo, 1907-1954: Pain and Passion.* Hohenzollernring, Germany: Taschen, 1999. 9780760736067.

Long, Hu, et al. 2016. Current advances in orthodontic pain. *International Journal of Oral Science.* Juni, 2016, Bd. 8.

Martucci, Katherine T. und Mackey, Sean C. 2017. Imaging Pain. *Anesthesiol Clin.* Juni, 2017, Bd. 34, 2.

Meier, Max. 2019. Praxis der orofazialen Schmerzberatung. Zürich: Universität Zürich, 2019.

Morton, Debbie L, Sandhu, Javin S und Jones, Anthony KP. 2016. Brain imaging of pain: state of the art. *Journal of Pain Research*. September, 2016, Bd. 9.

Nagasako, Elna Ma, Oaklander, Anne Louise und Dworkin, Robert. 2003. Congenital insensitivity to pain: an update. *Pain.* February, 2003, Bd. 101, 3.

Poitras, Marie-Eve, et al. 2019. Decisional needs assessment of patients with complex care needs in primary care. *J Eval Clin Pract.* December, 2019, Bd. 26, 2.

Purves, Dale, et al. 2001. *Neuroscience, 2nd Edition.* Sunderland : Sinauer Associates, 2001. 0-87893-742-0.

Pyne, Stephen J. und Goldammer, Johann G. 1997. *The Culture of Fire: An Introduction to Anthropogenic Fire History.* Berlin, Heidelberg: Springer, 1997. 978-3-642-63881-7.

Shaballout, Nour, et al. 2019. From Paper to Digital Applications of the Pain Drawing: Systematic Review of Methodological Milestones. *JMIR MHEALTH AND UHEALTH.* September, 2019, Bd. 7, 9.

Thong, Ivan S. K., et al. 2018. The validity of pain intensity measures: what do the NRS, VAS, VRS, and FPS-R measure? *Scandinavian Journal of Pain.* February, 2018, Bd. 18, 1.

Trepel, Martin. 2008. *Neuroanatomie: Struktur und Funktion.* München: Elsevier GmbH, 2008. 978-3-437-41298-1.

Truong, Alice. 2019. Digitale Unterstützung für die Informationstherapie bei Patienten mit orofazialem Schmerzsyndrom. Zürich: Universität Zürich, 2019.

Vogenberg, Randy F., Isaacson Barash, Carol und Pursel, Michael. 2010. Personalized Medicine. Part 1: Evolution and Development into Theranostics. *P T.* October, 2010, Bd. 35, 10.

Wong, Simone. 2017. The Uncanny Valley Effect: Implications on Robotics and A.I. Development. *University of Kopenhagen.* January, 2017.

11 Anhang

Beiliegender USB-Stick

Der beiliegende USB-Stick enthält:

- Zusammenfassung auf Deutsch
- Zusammenfassung auf Englisch
- PDF-Version dieser Bachelorarbeit
- Source Code der Applikation
- APK-Datei der Applikation
- Source Code des Servers
- Dokumentation zur Website und 3D-Animationen (gedacht für weitere Iterationen des Tools)
- In den Umfragen und der Applikation verwendeten Animationen im GIF-Format
- Rohdaten der Umfragen im csv-Format