Entwicklung eines alternativen Bedienkonzeptes für eine Messapplikation im Werkstattumfeld

Bachelorarbeit

von

Michael Legner aus Ellwangen/Jagst

Matrikelnummer: 27487

Martin-Luther-Str. 1 73463 Westhausen 07363/4999



Betreuer: Prof. Dr. Detlef Küpper (HTW Aalen) Artem Postoyan (Holometric Technologies GmbH) Abgabetermin: 01.06.2012

Unternehmen	Holometric Technologies GmbH
Branche	Messtechnik / Softwareentwicklung
Abteilung	Softwareentwicklung
Straße	Willi-Messerschmitt-Str. 1
PLZ, Ort	73457 Essingen
Tel.	07365/9645 - 0
Betreuer	Artem Postoyan

Angaben zur Bachelorantenstelle

Erklärung

Ich versichere hiermit, die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema

Entwicklung eines alternativen Bedienkonzeptes für eine Messapplikation im Werkstattumfeld

selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Ort, Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1.	Einle	eitung	11
	1.1.	Einleitung	11
	1.2.	Aufgabenstellung	11
	1.3.	Aufgabenverteilung	12
2.	Gru	ndlagen	13
	2.1.	Industrielle Messtechnik	13
	2.2.	Werkstattumfeld	13
	2.3.	CALIGO	14
	2.4.	Shopfloor	14
3.	Eing	abegeräte	15
	3.1.	Klassische Eingabegeräte	15
		3.1.1. Tastatur	15
		3.1.2. Maus	15
	3.2.	Stift	16
	3.3.	Touchscreen	17
		3.3.1. Optischer Touchscreen	17
		3.3.2. Kapazitiver Touchscreen	17
		3.3.3. Resistiver Touchscreen	18
	3.4.	Multitouch	18
		3.4.1. Gesten	18
	3.5.	Bewegungssteuerung	20
	3.6.	Sprachsteuerung	21
	3.7.	Einsatz im Shopfloorprojekt	22
4.	Rec	herche	23
	4.1.	Vorgehen	23
	4.2.	Anwenderbefragung	23
		4.2.1. Kundebesuche	23

		4.2.2.	Webbasierter Fragebogen	24
	4.3.	Persor	nas	24
		4.3.1.	Josef Maier	24
		4.3.2.	Stefan Fröhlich	25
	4.4.	Rapid	Prototyping	26
	4.5.	Abgre	nzung zum finalen Prototyp	28
5.	Entw	vicklun	g des Bedienkonzepts	29
	5.1.	Anford	lerungen	29
	5.2.	Kernp	unkte beider Konzepte	30
	5.3.	Gefüh	rte Messung	31
		5.3.1.	Erste Iteration - Grundlegende Anordnung	32
		5.3.2.	Zweite Iteration - Erweiterung des Prüfplans	33
		5.3.3.	Dritte Iteration - Auswahl vorgefertigter Prüfplan	37
		5.3.4.	Vierte Iteration - Gruppierung im Prüfplan	38
		5.3.5.	Fünfte Iteration - Multitouch Gesten	42
		5.3.6.	Sechste Iteration - Auswertung	47
		5.3.7.	Siebte Iteration - Drag-and-Drop-Gesten	48
		5.3.8.	Achte Iteration - Ideen aus der optimierten Oberfläche $\ldots \ldots$	50
		5.3.9.	Neunte Iteration - Verbesserungen am Details-Dialog	51
		5.3.10	Zehnte Iteration - Fehlerkorrektur durch den Bediener	57
	5.4.	Optim	ierte Oberfläche	58
		5.4.1.	Erste Iteration - Zusammenlegung der Oberfläche	59
		5.4.2.	Zweite Iteration - Korrekturen für die Maus-Bedienung \ldots .	60
		5.4.3.	Dritte Iteration - Automatische Merkmalserkennung $\ldots \ldots$	63
		5.4.4.	Vierte Iteration - Änderungen aus der geführten Messung	66
6.	Eval	uierung	9	67
	6.1.	Messa	ufgabe	67
	6.2.	Exper	ten Analyse	67
		6.2.1.	Cognitive Walkthrough	68
		6.2.2.	Heuristic Evaluation	69
		6.2.3.	Ergebnisse	70
		6.2.4.	Änderungen für die Interne Evaluierung	73
	6.3.	Intern	e Evaluierung	74
		6.3.1.	Teilnehmer	77
		6.3.2.	Ergebnisse	77

	6.3.3. Umgesetzte Ä	nderungen	
	6.4. Gesamtfazit		
7.	7. Zusammenfassung	81	
	7.1. Ergebnis		
	7.2. Ausblick		
	7.2.1. Implementier	ung und Evaluierung Prototyp	
	7.2.2. Weitere Einga	bemethoden	
	7.2.3. Offene Punkte	e aus Evaluation	
Α.	A. Fragebogen	95	
B.	B. Inhalt CD	103	
B.	B. Inhalt CD B.1. Quelltexte	103 	
B.	 B. Inhalt CD B.1. Quelltexte B.2. Expression Blend Pr 	103 	
B.	 B. Inhalt CD B.1. Quelltexte B.2. Expression Blend Pr B.3. Rapid Prototypes . 	103 	
B.	 B. Inhalt CD B.1. Quelltexte B.2. Expression Blend Pr B.3. Rapid Prototypes . B.4. Software 	103 	

1. Einleitung

1.1. Einleitung

Die Tastatur bildet das älteste, dedizierte Eingabegerät für Computer und war zu Beginn des Informationszeitalters das Standardeingabegerät. An ihr orientierten sich auch die ersten Bedienoberflächen, Menüs auf Textbasis. Mit der Erfindung der Maus und der steigenden Rechenleistung, wurden graphische Oberflächen seit ihrer Einführung Anfang der Achtziger Jahre zum neuen Standard, der bis heute diese Plattform dominiert. Die meiste Software für PCs und Workstations sind sogenannten Fensteranwendungen, deren Konzept maßgeblich von Microsofts Windows Betriebssystem beeinflusst wurde und wird.

In den letzten Jahren entwickelte sich bei mobilen Endgeräten der Touchscreen zur Standard-Eingabeform. Durch ihren Erfolg in einem breiten Publikum wird diese Form der Eingabe zum Thema im Desktop-Bereich. Auch wenn sie auf Desktop-PCs und Workstations die Dominanz der Maus-/Tastatur-Eingabe bisher nicht brechen konnte, gibt es Bestrebungen der PC- und Betriebssystemhersteller, diese zu etablieren. Einen weiterer Aspekt bieten sogenannten Tablet-PCs, die bei kompakter Größe genügend Rechenleistung für viele Aufgaben bieten, die bisher PCs übernahmen.

Dieser Entwicklung soll mit der Entwicklung einer neuartigen Benutzerschnittstelle für eine Messsoftware für den Werkstattbereich Rechnung getragen werden.

1.2. Aufgabenstellung

Im Rahmen der Bachelorarbeit soll ein Bedienkonzept für eine Messapplikation im Werkstattumfeld erstellt werden. Zur Evaluierung soll ein Prototyp erstellt werden, der mit möglichst wenig Änderungen mit der Funktionalität verbunden werden soll. Als Basis ist CALIGO mit dem zugehörigen Framework Voraussetzung. Für Details zur Software siehe Abschnitt 2.3.

1.3. Aufgabenverteilung

Die Entwicklung des Konzepts wird von Michael Legner übernommen und in dieser Arbeit behandelt. Dafür wurden einfache Prototypen in Sktechflow erstellt, nachfolgend als Sktechflow-Prototypen bezeichnet. Details zu verwendeten Software und Rapid Prototyping siehe Abschnitt 4.4. Die Entwicklung des finalen Prototypen wird primär von Manuel Weist übernommen und in seiner Bachelorarbeit [19] behandelt. Für Details zur Abgrenzung siehe Abschnitt 4.5.

2. Grundlagen

2.1. Industrielle Messtechnik

Die industrielle Messtechnik wird in unterschiedlichen Branchen des produzierenden Gewerbes zur Qualitätssicherung eingesetzt. In von der Produktion getrennten und klimatisierten Messräumen werden die Werkstücke geprüft. Die Messmaschinen verfügen über optische Systeme oder taktil arbeitende Tastköpfe. Dabei wird ein Grad der Genauigkeit erreicht, der mit Handmessmitteln wie einem Messschieber nicht möglich ist.

Die Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH (IMT) produziert sowohl Maschinen als auch Software, die vor allem in der Automobilindustrie eingesetzt wird. Weitere Kunden kommen aus der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie dem Werkzeug- und Maschinenbau.

Die Messtechnik unterteilt sich grob in zwei Bereich: Regelgeometrie und Freiformflächen. In der Regelgeometrie werden standardisierte, geometrische Objekte definiert, zum Beispiel Kreise oder Zylinder. Freiformflächen sind Flächenbeschreibungen, die aus frei definierbaren Kurven oder Flächen bestehen. Heutiger Standard zur Beschreibung der Flächen sind Non-Uniform Rational B-Spline (NURBS).

2.2. Werkstattumfeld

Im Gegensatz zur häufigsten Anwendungsumfeld der industriellen Messtechnik, die in klimatisierten Messräumen mit ausgebildeten Messtechnikern stattfindet, hat das Werkstattumfeld seine eigenen Anforderungen.

Es gibt keinen klimatisierten Messraum, die Messmaschinen stehen in den Produktionsräumen. Durch die hier auftretenden Temperaturschwankungen, Schmutz und Lärm werden die Arbeit und die Messergebnisse beeinflusst. Die Messmaschinen und Software werden nicht von ausgebildeten Messtechnikern, sondern von Arbeitern aus der Produktion bedient, die sogenannten Werker. Dadurch wird die Zeit zu einem weiteren, kritischen Faktor: Messungen müssen schnell und einfach erledigt werden, Fehler soweit möglich gar nicht erst zugelassen werden.

2.3. CALIGO

CALIGO ist eine neue Messsoftware von Carl Zeiss. Die Karosseriemessung ist die erste Anwendung auf dieser Plattform und wird bei Automobilbauern und deren Zulieferern eingesetzt. Der modulare Aufbau ermöglicht die Erweiterung des Einsatzgebietes, ohne eine Softwarelösung komplett neu entwickeln zu müssen. Sie basiert auf einem Framework, auf dem weitere Produkte der IMT basieren sollen. Die Software wird in C# mit Windows Presentation Foundation (WPF) und OpenGL entwickelt.

[7]

2.4. Shopfloor

Bisher wird CALIGO nur in der Messtechnik mit CNC-Messungen verwendet, im Werkstattumfeld werden verschiedene, ältere Softwarelösungen eingesetzt. Im Rahmen des Shopfloor-Projektes soll eine moderne und einheitliche Software-Lösung auf Basis des CALIGO-Frameworks entwickelt werden. Dafür wird eine angepasste Oberfläche und Funktionsumfang benötigt. Des Weiteren soll der Einsatz neuartiger Eingabemöglichkeiten, im speziellen Touchscreens, evaluiert werden. Die klassische Bedienung per Maus und Tastatur soll aber weiterhin möglich sein.

3. Eingabegeräte

3.1. Klassische Eingabegeräte

Die klassischen Eingabegeräte für PCs und Workstations bilden die als Standard geltende Maus und Tastatur. Sie bestimmten seit Jahrzehnten die Interaktion mit Computern.

3.1.1. Tastatur

Die Tastatur dient zur Texteingabe. Sie ist seit Beginn des Informationszeitalters untrennbar mit Computern verbunden. Die Anordnung der Tasten basiert auf dem der ersten massenproduzierten, mechanischen Schreibmaschinen, die auf C.L. Sholes im Jahre 1868 zurückgehen [17]. Der Fokus lag hier weniger auf der Ergonomie, sondern dass häufig aufeinanderfolgende Tasten weit auseinander liegen, damit sich die Typenhebel nicht verklemmen. Das daraus resultierende *QWERTY*-Layout ist bis heute Standard und auf den meisten Tastaturen zu finden. Die bedeutenden Ausnahmen bilden Layouts mit kleinen, landestypische Änderungen wie das in Deutschland geläufige *QWERTZ*. Unter Ergonomischen Gesichtspunkten entworfene Anordnungen wie das Dvorak-Layout [1] konnten sich nicht durchsetzen. [16, S. 10]

3.1.2. Maus

Die Anfang der 60er Jahre von Douglas Engelbart entwickelte Maus [5] dient als indirektes Zeigegerät auf den Bildschirm. Bewegungen auf einer anderen Fläche, zum Beispiel dem Tisch, werden relativ auf den Bildschirm übertragen. Dazu wird die Unterlage abgetastet, entweder opto-mechanisch oder rein optisch.

Opto-mechanische Mäuse verwenden eine Kugel an der Unterseite, deren Drehung gemessen wird und entsprechend in Bewegung des Mauszeigers auf dem Bildschirm umgesetzt wird. Bei rein optischen Mäusen wird die Oberfläche mit einem Licht- oder Laserstrahl bestrahlt, eine einfache Digitalkamera erkennt die Änderungen der Oberfläche, woraus die relative Bewegung bestimmt wird.

Trackball

Eine sehr ähnliche Sonderform der Maus ist der sogenannten Trackball. Er funktioniert wie eine opto-mechanische Maus, allerdings ist die Kugel oben und größer, sie wird mit einem Finger direkt gedreht. Die Handhabung erfordert mehr Übung als bei der Maus, dafür wird weniger Fläche benötigt.

Space Mouse

Eine weitere Varianten, die speziell im CAD-Bereich weit verbreitet ist, ist die Space Mouse (teilweise auch 3D-Mouse genannt). Sie besteht aus einem Puck, der auf einem Standfuß befestigt ist. Der Puck kann in alle Richtungen geschoben, gezogen, gedreht und geneigt werden, wodurch alle Freiheitsgrade im dreidimensionalen Raum manipuliert werden können. Die Bewegung wird über Dehnungsmessstreifen bestimmt, nach einer Bewegung springt der Puck wieder in seine Ausgangsposition zurück.

[16, S. 13-16]

Da die Space Mouse keinen Zeiger unterstützt, ist sie als Zusatzgerät zur Steuerung mit einer normalen Maus gedacht. [4, S. 87]

3.2. Stift

Bei indirekten Eingabegeräten, wie der Maus, mussten die Handbewegungen an einem anderen Ort in Bewegungen auf dem Bildschirm umgewandelt werden. Dies führt zu einer höheren kognitiven Belastung für den Benutzer, da die physische Bewegung nicht eins zu eins der Umsetzung auf dem Bildschirm entspricht. Bei direkten Zeigegeräten ist dies nicht der Fall.

Ein erster Ansatz zur direkten Eingabe auf berührungsempfindlichen Bildschirmen sind Systeme mit einem speziellen Stift. Eine ähnliche Form der Eingabe bieten Touchscreens, siehe dazu Abschnitt 3.3. Beide Techniken haben ihre Vor- und Nachteile und werden je nach Anwendungsfall eingesetzt.

Beide gehören zu den direkten Eingabeformen, Stifte sind aber präziser und durch den dünnen Stift wird der Bildschirm weniger stark verdeckt. Sie dienen primär als Mausersatz. Neuere Geräte unterstützen sogenannten *hover*-Gesten, die bereits erkannt werden, wenn der Stift dem Bildschirm nur nahe kommt und ihn nicht berührt. Ein großer Nachteil ist, dass ein zusätzliches Eingabegerät benötigt wird. Durch die kompakte Größe gehen die Stifte schnell verloren, wodurch das Gerät nur noch stark eingeschränkt oder komplett unbenutzbar wird.

3.3. Touchscreen

Der Touchscreen ist wie die Eingabe per Stift ein direktes Eingabegerät, allerdings erfolgt die Eingabe mit den Fingern, ein zusätzliches Gerät wird nicht benötigt. Zur Bestimmung der Position gibt es verschiedene Verfahren, die je nach Einsatzort gewählt werden. In den folgenden Abschnitten werden die am meisten eingesetzten Techniken kurz vorgestellt.

3.3.1. Optischer Touchscreen

Der optische Touchscreen basiert auf dem gleichen Prinzip wie eine Lichtschranke: Im Rand sind Leuchtdioden eingebaut, die für das menschliche Auge unsichtbares Licht aussenden. Gegenüber sind entsprechenden Empfänger, jeweils eine Reihe an einer der horizontalen und vertikalen Seiten. Dadurch wird ein Gitter aufgebaut, die Erkennung des Fingers oder Stifts wird aus der Unterbrechung der Lichtstrahlen ermittelt. Da keine Technik direkt auf dem Display benötigt wird, können diese Art der Touchscreens sehr robust gebaut werden und eigenen sich damit für öffentliche Einrichtungen, wie zum Beispiel Fahrkartenautomaten am Bahnhof. [16, S. 18]

3.3.2. Kapazitiver Touchscreen

An eine leitend beschichtete Glasplatte wird an jeder der vier Ecken eine Spannung angelegt. Wird sie mit einem Finger oder ladungsabsorbierendem Griffel berührt, entsteht eine kapazitive Koppelung. Dadurch fließt ein Strom ab, der aus den Teilströmen, die an den Ecken anliegen, gebildet wird. Die Position kann durch das Verhältnis der Ströme bestimmt werden. Es wird zur Benutzung zwingend ein ladungsabsorbierendes Gerät benötigt, wie spezielle Stifte oder Finger ohne Handschuhe.

[16, S. 20]

3.3.3. Resistiver Touchscreen

Ein resistiver Touchscreen besteht aus drei Schichten: zwei leitenden, die durch eine isolierende getrennt sind. Die isolierende Schicht besteht aus sogenannten Isolatorpunkten, die bei Druckeinwirkung von Außen einen elektrischen Kontakt zwischen den leitenden Schichten herstellen. Dabei entsteht ein Spannungsteiler, bestehend aus jeweils zwei Widerständen an jeder der leitenden Schichten. Aus dem Verhältnis der jeweils zusammengehörigen Widerständen der Schichten lässt sich die Berührungsposition bestimmten.

Durch die häufigen Spannungswechsel bei Berührungen entsteht um einen resistiven Touchscreen ein elektromagnetisches Störfeld. Da der Kontakt durch Druck ausgelöst wird, wird kein bestimmtes Zeigegerät benötigt. [16, S. 19]

3.4. Multitouch

Die bisherigen Touchscreens und Stifte zielten darauf ab, die Maus als Zeigegerät durch eine berührungsempfindliche Oberfläche zu ersetzten. Bei beiden wird nur ein Berührungspunkt erkannt, weitere Funktionalität war technisch nicht möglich oder nicht vorgesehen. Multitouch-fähige Oberflächen sind in der Lage, mehrere Berührungen gleichzeitig zu erkennen. Dadurch wird eine echte direkte Manipulation von Objekten möglich, die sonst über Stellvertreter wie den Mauszeiger realisiert wurde.

Die Berührung mit dem Finger benötigt keine weiteren Eingabegeräte, ist aber weniger präzise als eine Maus oder Stift. Zudem wird dadurch das anvisierte Objekt schnell verdeckt, wodurch feine Manipulationen erschwert werden. Wenn pixelgenaues Arbeiten erforderlich ist, ist ein Stellvertreter-Zeiger die bessere Form der Eingabe. Für dreidimensionale Objekte sollte eine alternatives Eingabegerät, wie zum Beispiel eine Space-Mouse (Abschnitt 3.1.2) in Betracht gezogen werden, da hiermit je nach Anwendung bessere Ergebnisse erzielt werden können.

3.4.1. Gesten

Durch Multitouch wurde es möglich, nicht nur durch Zeigen ein Gerät zu steuern, sondern zusätzlich sogenannten Gesten anzubieten, mit der bestimmte Aktion ausgelöst werden können. Diese Gesten sollen zur besseren Erlernbarkeit an Bewegungen in der realen Welt erinnern, was aber nicht immer möglich ist. Ein gutes und bekanntes Beispiel ist die *Spreizgeste* (engl. pinch), die als Vorreiter aller weiteren Gesten gilt. Dabei wird mit dem Daumen und dem Zeigefinger die Oberfläche berührt und die Finger auseinander oder zueinander bewegt. Ein häufig genutzt Anwendung ist das Vergrößern und Verkleinern eines Bildausschnittes, was so sehr intuitiv gelöst wurde.

Ein Beispiel für eine schlechte Umsetzbarkeit mit Gesten ist das Konzept einer Zwischenablage, wie sie am PC Gang und Gebe ist. Sie wird mit der Maus über das Kontextmenü oder per Tastaturkürzel aufgerufen. Beides steht auf einem Touchscreen nicht zur Verfügung, für die Lösung haben Apple und Microsoft unterschiedliche Wege eingeschlagen.

Microsoft legt für die grundlegende Interaktion acht sogenannten Schnippgesten (engl. flick) fest, bei der der Finger schnell in eine Richtung bewegt wird. Für jede Richtung ist ein anderes Verhalten festgelegt. Alle müssen erlernt werden und lassen kaum Bezüge zu realem Verhalten zu. Auch ist die Verwechslungsgefahr hoch, wenn man sich nur teilweise an eine Geste erinnert. Die Gesten zum Kopieren und Einfügen sind eine Bewegung nach rechts oben bzw. rechts unten. Für Übersicht siehe Abbildung 3.1, die durchgeführten Systemereignisse in Tabelle 3.1.



Abbildung 3.1.: Acht Schnippgesten in Windows 7 und Windows Phone. Quelle: [12]

Apple hat erst gar nicht versucht, eine spezielle Geste zu entwickeln. Stattdessen wurde das bekannte Kontextmenü integriert, das über eine sogenannten *tap-andhold-*Geste geöffnet wird. Dabei verweilt der Finger kurz auf dem Bildschirm, statt ihn nur anzutippen. Zwar dauert diese Geste länger als die Lösung von Microsoft, da sie ein weiteres Menü öffnet in dem die Auswahl getroffen werden muss, aber sie hat eine geringere Verwechslungsgefahr. Außerdem fungiert die *tap-and-hold-*Geste auf den meisten Systemen wie ein Rechtsklick mit der Maus, welche auf dem

Schnipprichtung	Systemereignis
links	Vorwärts
rechts	Rückwärts
hoch	Tastatur Scroll runter
runter	Tastatur Scroll hoch
links-hoch	Tastatur löschen
links-runter	Tastatur Undo
rechts-hoch	Tastatur kopieren
rechts-runter	Tastatur einfügen

Tabelle 3.1.: Schnippgesten in Windows 7 und Windows Phone und zugehörige Systemereignisse

PC das Kontextmenü öffnet. [4]

Multitouch gehört heute zum Standard für Touchscreen Bedienoberflächen und wurde deshalb berücksichtigt.

3.5. Bewegungssteuerung

Erstmals in die breite Masse brachte diese Art der Steuerung die Wii Spielekonsole von Nintendo. Die sogenannten *Sensorleiste*, eine kleine Erweiterung der Konsole, die vor dem Fernseher platziert wird, erzeugt mit Infrarotstrahlen eine Gitter, in der die Wii-Remote genannten, an eine Fernbedienung erinnernden Controller geortet werden können. Dabei wird die Position im Raum sowie die Stellung des Controllers per Bluetooth an die Konsole übertragen. Dadurch lassen sich Bewegungen des ganzen Armes zur Steuerung nutzen, wodurch eine realitätsnähere Simulation zum Beispiel von Sportarten möglich ist. Die Wii-Remote dient dabei als Stellvertretergerät und hat zusätzliche Tasten zur weiteren Bedienung. Da nur dieses Gerät und nicht der Spieler selber erkannt wird, ist die Erkennungsfunktion eingeschränkt. Dafür muss nur wenig Rechenleistung für die Erkennung aufgewendet werden. Das funktionsfähige System wurde erstmals auf der Electronic Entertainment Expo (E³) 2006 vorgestellt, verkauft wird die Konsole seit Ende 2006. [22]

Fast drei Jahre später, im Juni 2009, zeigte Sony mit *PlayStation Move* eine ähnliche Erweiterung für die PlayStation 3 Spielekonsole. Hier wird ebenfalls ein Con-

troller als Stellvertreter genutzt, der vom Aussehen an ein Mikrofon erinnert und über weitere Tasten verfügt. Es gelten die selben Vor- und Nachteile wie bei Nintendos Wii. Die Erweiterung kam Anfang November 2010 in den Handel. [21]

Einen anderen Weg schlug Microsoft ein. Um Bewegungsteuerung auf der XBox360 Spielekonsole zur ermöglichen wurde im Juni 2009 die Erweiterung *Kinect* vorgestellt. In einem zusätzlichen Gerät sind zwei Kameras integriert, die die Spieler aufnehmen und dadurch erkennen sowie deren Position im Raum bestimmen können. Durch das Entfallen eines Stellvertretergerätes können Bewegungen des ganzen Körpers erfasst werden, zum Preis der verringerten Genauigkeit. Es können Arme, aber keine einzelnen Finger erkannt werden. Außerdem entsteht höherer Rechenaufwand, welcher vor allem auf die zusätzliche Bildverarbeitung zurückzuführen ist. Das System enthält zudem Mikrofone zur Spracherkennung, näheres dazu siehe Abschnitt 3.6.

Neben der Erweiterung für die Spielekonsole gibt es auch eine Version für PCs mit USB-Anschluss statt eines proprietären und entsprechenden Treibern für Windows Betriebssysteme, sowie einem SDK. Es liefert zudem präzisere Positionsangaben, die sich im Millimeterbereich bewegen.

[20]

3.6. Sprachsteuerung

Die Sprachsteuerung ist ein Teil der sogenannten Sprachkommunikation, welche beide die Interaktion zwischen Mensch und Maschine über die gesprochene Sprache vorsehen. Die Sprachkommunikation deckt alle Gebiete ab und zielt auf einen möglichst natürlich Umgang des Menschen mit der Maschine ab. Dazu muss die gesprochene Sprache vom Computer interpretiert werden. Dies gestaltet sich sehr schwierig, da die Stimme während des Sprechens leicht variiert. Zum Beispiel erhöht sich die Tonhöhe bei einer Frage leicht zum Ende des Satzes hin. Sprachfehler, Behinderungen oder Dialekte verschärfen das Problem weiter, dazu kommen noch Störungen durch Umgebungsgeräusche. Jede bekannte Sprachsteuerung muss deshalb vor dem Gebrauch trainiert werden, damit sie die Eigenarten des Sprechers berücksichtigen kann, wodurch oft wechselnde Nutzer aber ausgeschlossen sind. Die Sprachsteuerung reduziert den Aufwand der Erkennung dadurch, das keine kompletten Sätze, sondern einzelne Kommandos genutzt werden. Diese lassen sich von der Software besser unterscheiden und trennen, da kein natürlicher Sprachfluss entsteht. Dies ist gleichzeitig der größte Nachteil bei der Bedienung, da es für den Nutzer ungewohnt ist, in einer Kommandosprache zu sprechen.

Ebenfalls zu diesem Gebiet gehört die Sprachsyntese, die zur Rückmeldung genutzt werden kann. Die Wörter werden dafür in ihre Laute zerlegt, die sogenannten *Phoneme*. Diese werden von einem Sprecher eingesprochen und anschließend auf Basis eines geschrieben Textes genutzt, um Sprache zu erzeugen.

[16, S. 123] / [3, S. 370 - 375]

3.7. Einsatz im Shopfloorprojekt

Der Hauptfokus des Projektes liegt auf der Entwicklung eines Bedienkonzepts für Touchscreens. Alternativ soll eine Bedienung per Maus und Tastatur sowie per Stift möglich sein. Die Eingabe per Stift wird bereits vom .Net Framework unterstützt und kann ohne zusätzlichen Entwicklungsaufwand genutzt werden.

Die Nutzung einer Bewegungssteuerung ohne Stellvertretergerät erscheint sehr interessant. Aus Zeitmangel konnte diese Eingabeform in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden. Sie wird in einem späteren Projekt weiter untersucht. Siehe dazu [15].

Der Einsatz einer Sprachsteuerung würde für dieses Projekt zwar Vorteile bringen (u.a. Unabhängigkeit von Eingabegeräten), allerdings ist sie durch den Lärm in Fabrikhallen unpraktikabel und wurde deshalb nicht weiter berücksichtigt.

4. Recherche

4.1. Vorgehen

Da die Benutzeroberfläche von CALIGO Shopfloor für eine spezielle Zielgruppe zugeschnitten werden soll ist es von hoher Bedeutung, ihre Bedürfnisse zu kennen. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Anstrengungen unternommen, die Anforderungen von Kunden herauszufinden. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wurden Personas erstellt, siehe dazu Abschnitt 4.3.

4.2. Anwenderbefragung

4.2.1. Kundebesuche

Zur Informationsgewinnung wurde einige ausgewählte Kunden der Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH (IMT) besucht, die repräsentative Kunden für Shopfloor darstellen oder interessante Lösungen in diesem Umfeld erarbeitet haben. Die Unternehmensgröße reichte von kleinen und mittelständischen Unternehmen bis zu Abteilungen von großen Unternehmen. Allen gemein ist das Ziel, Messungen schnell und einfach durchzuführen. Fast alle operieren dazu im Werkstattumfeld. Neben der für den Werkstattbereich konzipierten Softwarelösungen U-Soft und ScanWare wird auch universell einsetzbare Messsoftware der IMT, CALYPSO für Regelgeometrie- und holos für Regelgeometrie- und Freiformflächen-Messung, eingesetzt, auch wenn nur ein Bruchteil des Funktionsumfangs genutzt wird. Durch den Einsatz von Skripten und Makros wurde der Ablauf stark automatisiert um Zeit zu sparen. Dies wurde dadurch möglich, dass häufig gleichartige Messaufgaben erledigt wurden. Die genauen Einstellung müssen aber für jedes Teil neu definiert werden, wodurch ein hoher Grad an Flexibilität der Software gefordert ist. Dies wurde von einer anderen Softwarelösung, die für den Werkstattbereich konzipiert wurde, nicht geboten. Die Messung erfolgt komplett manuell, d.h. die Punkte werden vom Werker angetastet. Dies wird bei sich wiederholenden Teilen nur einmal gemacht, weil dabei ein Prüfplan entsteht, der für eine sogenannten CNC-Messung genutzt werden kann, welche schneller und ohne Zutun durch einen Benutzer abläuft. Bei Einzelstücken und der Analysemessung wird immer manuell gemessen.

4.2.2. Webbasierter Fragebogen

Für die Kundenbesuche konnte nur eine kleine Zahl von repräsentativen Kunden ausgewählt werden. Diese Kunden haben teilweise sehr spezielle Anforderungen, was für die Entwicklung eines allgemeinen Konzeptes hinderlich ist. Um ein breiteres Bild zu bekommen, wurde ein Fragebogen entwickelt, der an eine große Anzahl Kunden verschickt werden soll. Die Fragen sind in Anhang A zu finden. Es wurde dabei in Kauf genommen, dass die Resonanz sehr gering ausfallen wird und die Informationen nicht so detailliert sind wie bei den Kundenbesuchen.

Aufgrund organisatorischer Schwierigkeiten innerhalb des Projektes wurde der Fragebogen nicht eingesetzt, dies soll aber später oder in einem weiteren Projekt nachgeholt werden.

4.3. Personas

Personas wurden erstmals von Alan Cooper in seinem Buch *The Inmates Are Running The Asylum* [2] beschrieben. Dabei handelt es sich um fiktive Personen, die ein Abbild eines möglichen Benutzers der Software beschreiben. Sie werden in Prosa verfasst, um sie weniger abstrakt erscheinen zu lassen. Allerdings sollten niemals reale Personen beschrieben werden. Personas dienen als Vergleichsbilder, die im laufe der gesamten Entwicklung herangezogen werden um zu überprüfen, ob die Entwicklung des Bedienkonzeptes noch zu den Nutzergruppen passt. [10, S. 90].

Für diese Arbeit wurden zwei Personas erstellt. Die dadurch beschriebenen Benutzergruppen gehören zu den repräsentativsten und wurden deshalb in dieser Arbeit behandelt. Als Vorbilder dienten Mitarbeiter von Firmen, die im Rahmen der Kundenbesuche befragt wurden.

4.3.1. Josef Maier

Name: Josef Maier, 43

Geschäftsführer Fa. Maier, 10 Mitarbeiter, arbeitet in Messtechnik mit. Josef Maier begann seine Karriere als Auszubildender in der Dreh- und Frästechnik bei VW. Nach einigen Jahren in der Produktion besuchte er Schulungen für Messsoftware, ohne eine spezielle Ausbildung zu absolvieren. Er wechselte später komplett in die Messtechnik. Neben den Schulungen "probierte er herum", um sich seine tägliche Arbeit zu erleichtern.

Vor zwei Jahren konnte er seinen lange gehegten Traum von einer eigenen Firma verwirklichen. Unter dem zu Beginn knappen Budget musste speziell die Messtechnik leiden. Er setzte vorwiegend auf einfache und kostengünstige Lösungen sowie externe Dienstleister. Da die Geschäfte zuletzt gut liefen hat er sich dazu entschlossen, eine neue Messmaschine anzuschaffen. Er hofft dadurch weniger auf externe Dienstleister angewiesen zu sein und seine Mitarbeiter mehr Messaufgaben als bisher ohne seine Hilfe übernehmen können. Da er der einzige in seinem Betrieb ist, der sich länger mit Messtechnik beschäftigt hat, sucht er nach einer einfachen Softwarelösung, damit seine Mitarbeiter ohne teure Schulungen und lange Einarbeitungszeiten möglichst selbstständig Messen können. Bisher musste er, speziell bei komplexeren Messungen, das noch selbst erledigen.

Privat nutzt Herr Maier seinen Computer weniger, hauptsächlich für Büroarbeiten und Informationsbeschaffung. Er ist dem Computer nicht generell abgeneigt, macht aber viele Dinge immer noch lieber von Hand wie er es gewöhnt ist. Er kommt damit gut zurecht und braucht bei den normalen Arbeiten keine Hilfe. Nur bei Dingen rund um das Internet lässt er sich oft von seinen Kindern helfen, zum Beispiel für das Buchen einer Reise.

4.3.2. Stefan Fröhlich

Name: Stefan Fröhlich, 22

Arbeitet seit zwei Jahren in der Produktion der Fa. Maier

Stefan Fröhlich begann nach dem Realschulabschluss als Auszubildender zum Industriemechaniker bei VW. Nach dem Abschluss seiner Ausbildung arbeitet er Eineinhalb Jahre in der Produktion von VW, bevor er ein Angebot annahm, zur neu gegründeten Fa. Maier zu wechseln. Er schätzt seine Firma dafür, dass sie nur ein kleiner Betrieb ist, die Wege kurz sind und nur wenig Bürokratie vorhanden ist. Mit seinem Chef ist er von Beginn an per Du.

Vor kurzem wurde eine neue, teure Messmaschine angeschafft und seitdem muss er seine produzierten Teile stichprobenartig messen, was vorher sein Chef übernommen hat. Er wurde von Herrn Maier kurz in die Bedienung der Maschine und Software eingewiesen, hat aber immer noch großen Respekt davor. Speziell die teuren Tastköpfe möchte er nicht beschädigen. Er greift wann immer möglich auf andere Lösungen zurück und nimmt eine mangelnde Genauigkeit in Kauf. Am liebsten ist es im aber, wenn er gar nicht messen muss und diese Aufgaben von einem seiner Kollegen übernommen werden.

Privat hat er zwar einen Laptop, nutzt ihn aber nur selten, hauptsächlich um im Internet zu surfen und für Einkäufe. Er ist in einem sozialen Netzwerk angemeldet und spielt dort kleinere Spiele, aber nur wegen seiner Freundin. Er selbst hält Videospiele für Zeitverschwendung und Leute, die damit viel Zeit verbringen für realitätsfremd. Er verbringt seine Zeit lieber mit Freunden auf Partys "in der echten Welt".

4.4. Rapid Prototyping

Mit dem Verfahren des Rapid Prototyping sollen schnell einfache Prototypen entwickelt werden, damit die entwickelten Konzepte frühzeitig evaluiert werden können. Dafür wurde eine Software zum Rapid Prototyping genutzt. Die Wahl fiel auf *Expression Blend 4* von Microsoft, da es auf Visual Studio von Microsoft basiert und der Funktionsumfang überzeugt hat. Zudem wird CALIGO in Visual Studio 2010 entwickelt. Die Projektdateien sind untereinander kompatibel und ermögliche so einen einfachen Austausch zwischen Interkationsdesignern und Anwendungsentwicklern.

Es ist primär eine Software zur Gestaltung graphischer Oberflächen auf WPF- oder Silverlight-Basis, kann aber seit Version 3 zum Rapid Prototyping eingesetzt werden. Die in der Ultimate Edition enthaltenen Funktion *Sketchflow* ermöglicht die Entwickelung von einfachen Prototypen in WPF oder Silverlight ohne Programmierkenntnisse.

In Sketchflow werden statische Bildschirme definiert, die über eine Navigation verknüpft werden. Es können zudem Komponenten definiert werden, die in mehreren Bildschirmen verwendet werden können, beispielsweise Steuerungselemente. Die Anordnung wird als Diagramm dargestellt, in welcher die Verbindungen zu sehen sind und die Bildschirme mit einer farblichen Codierung unterschieden werden können. Für ein Beispiel eines solchen Diagramms siehe Abbildung 4.1.

Die einzelnen Bildschirme werden standardmäßig in einem abstrakten, an eine Handskizze erinnernden Stil erstellt. Damit soll verhindert werden, dass bei der ersten Evaluierung über Details der Gestaltung diskutiert wird, sondern der Navigationsfluss und die Interaktion im Vordergrund steht. Da es sich nur um einen Stil für die Bedienelemente handelt, muss nur dieser geändert werden um das finale Aussehen der Applikation bewerten zu können. Interaktion kann simuliert werden, indem Statusänderungen der Attribute einzelner Elemente sowie einfache Animationen definiert werden. Zudem können in sogenannten Verhalten (engl. behaviours) kleine C#-Code-Snipsel zur weiteren Simulation von Funktionalität verwendet werden. Ein Beispiel für einen in Sketchflow erstellten Bildschirm ist in Abbildung 4.2 zu finden.



Abbildung 4.1.: Beispiel eines Sketchflow-Diagramms. Aus Sketchflow-Beispielanwendung *Snowboard Online*



Abbildung 4.2.: Beispiel eines Bildschirms erstellt in Sketchflow. Aus Sketchflow Beispielanwendung "Snowboard Online"

Im Hintergrund wird Code in der Extensible Application Markup Language (XAML) generiert, der im Vergleich zu einer händischen Programmierung sehr unsauber ist und sich kaum für die Weiterverwendung außerhalb von Sketchflow eignet. Der Entwurf kann zur Evaluierung zu einem allein lauffähigen Programm exportiert werden. Der dafür genutzte *Sketchflow-Player* enthält Werkzeuge, um Kommentare zu verfassen und Markierungen auf den Bildschirmen vorzunehmen. Das Feedback kann in eine Datei gespeichert werden, welche wieder in Expression Blend importiert werden kann. Dadurch kann der Entwickler genau sehen, wo es Kritikpunkte gibt.

Zur Dokumentation kann Sketchflow Microsoft Word Dokumente generieren, die alle Bildschirme und Komponenten sowie die Zustandsänderungen enthalten, wobei diese nicht immer in den Grafiken korrekt angezeigt werden, speziell wenn mehrere Zustandsänderungen nötigt sind. Ein Beispiel sind Änderungen an einem Teil, der erst durch eine andere Zustandsänderung sichtbar wird. Ebenso können Anmerkungen zu Bildschirmen und Komponenten erstellt werden, die in den Versionen mit Sketchflow-Player enthalten sind und optional eingeblendet werde können.

Für weitere Details zu Expression Blend und Sketchflow siehe die offizielle Webseite von Microsoft: [11].

4.5. Abgrenzung zum finalen Prototyp

Da in dieser Arbeit die Konzepte im Vordergrund standen, für die schnelle Prototypen zur Evaluierung benötigt wurden, wurden Prototypen in Sketchflow erstellt. Dieser werden Nachfolgend als *Sketchflow-Prototypen* bezeichnet.

Diese sind nicht zu verwechseln mit dem Prototypen, der in der parallel entstehenden Arbeit [19] behandelt und entwickelt wird. Dieser Prototyp wird in C# und WPF entwickelt und entspricht der finalen Oberflächen, die mit der Funktionalität verknüpft wird. Als Basis dienen die hier entwickelten Konzepte, entwickelt wird aber von Grund auf neu.

5. Entwicklung des Bedienkonzepts

Es wurden zwei Konzepte für unterschiedliche Nutzergruppen entwickelt: Ein geführter Messablauf für unerfahrene Bediener (Abschnitt 5.3) und eine optimierte Oberfläche für erfahrene Bediener, die schnell messen wollen (Abschnitt 5.4).

Die Evaluierung findet primär intern statt. Der aktuelle Stand wurde in Besprechungen mit den am Projekt beteiligten holometric- und Zeiss-Mitarbeitern vorgestellt sowie mit Messtechnikern der holometric als informeller Walkthrough erprobt und das Feedback gesammelt. Die Messtechniker wurden dafür gewählt, da sie mit Kunden arbeiten und dadurch die Anforderungen und Arbeitsweisen speziell im Werkstattumfeld kennen und damit einem Kunden am nächsten kommen. Eine ausführlichere und formellere Evaluierung wird intern nach der Komplettierung des Bedienkonzeptes durchgeführt, mehr dazu in Kapitel 6. Mit dem finalen Prototypen ist eine Evaluation mit ausgewählten Kunden geplant. Dies wird nicht in dieser Arbeit behandelt, sondern in einer nachfolgenden: [19].

5.1. Anforderungen

Die Software richtet sich an Mitarbeiter der Produktion, die auch messen. Sie werden als Werker bezeichnet und haben oft viel Erfahrung im Bereich der Produktion und im Lesen von technischen Zeichnungen, sind aber nicht in der Messtechnik qualifiziert. Sie haben im besten Fall eine Schulung besucht, häufig wurden sie nur kurz in die Bedienung der Software und Messmaschine eingewiesen.

Die Software soll einfache Messungen mit zumeist wenigen Merkmalen unterstützen, vor allem sollen Handmessmittel wie Messschieber überflüssig gemacht werden. Diese sind durch ihre mangelnde Genauigkeit gegenüber den Messmaschinen klar im Nachteil. Durch eine interne Analyse wurde festgestellt, dass sich die Anzahl der Merkmal im Bereich von ca. 15 - 50 bewegt, nur sehr wenige Messpläne enthalten mehrere Hundert Merkmale.

Als Messmaschine ist der Typ DuraMax [6] das Referenzgerät.

5.2. Kernpunkte beider Konzepte

Beide Konzepte werden mit dem Fokus auf Tablet-PCs entwickelt. Durch die begrenzte physikalische Größe des Gerätes und die relativ kleine Referenzauflösung wird eine durchdachte Anordnung der Bedienelemente benötigt. Microsoft hat für Tablet-PCs mit Windows 8 als Mindestanforderungen eine Größe von 12 Zoll in der Diagonalen sowie eine Mindestauflösung von 1366 mal 768 Pixel festgelegt [13, S. 83].

Die benötigten und immer sichtbare Elemente sind folgende:

- Navigation durch die Phasen der Messung
- Prüfplan mit zu messenden Merkmalen und zusätzlichen Elementen wie Ausrichtungen
- 3D-Ansicht des Werkstücks

Die Anordnung basiert auf der Annahme, dass der Tablet-PC quer rechts und links des Displays gehalten wird (Landscape). Eine Platzierung der Bedienelemente am linken und rechten Rand ist hier von Vorteil, da mit den Armen kein Teil des Displays verdeckt wird und sie schnell erreichbar sind. Reine Anzeigen werden in der Mitte platziert, dominant ist an dieser Stelle die 3D-Ansicht, welche aber nicht das bedeutendste Element des Bildschirms ist. Diese Position übernimmt der Prüfplan. Die 3D-Ansicht dient zur Visualisierung und als Hilfe für den Werker.

Weitere Optionen, wie das Hinzufügen weiterer Merkmale, erscheinen als Dialog erst wenn der Benutzer es wünscht. Die negativen Effekte erscheinender Dialoge sollen dadurch gemindert werden, dass die Dialoge immer an der selben Stelle mit selber Größe erscheinen. Eine teilweise Überdeckung der 3D-Ansicht wird in kauf genommen, da die Aufmerksamkeit des Anwenders bei der Eingabe nicht auf dieser liegt und die Überdeckung nur temporär ist.

Die Anordnung der Bedienelemente geht von einem Benutzer aus, der mit der linken Hand den Tablet-PC hält und die rechte für Eingaben nutzt. Eine Spiegelung der Bedienelemente an der Vertikalen ist möglich, eine andere Anordnung ist nicht vorgesehen.

Da zu Beginn der Arbeit die Mindestanforderungen für Windows 8 Tablet-PCs noch nicht feststanden, wurden die einfachen Prototypen mit einer Basisauflösung von 1280 auf 800 Pixel entwickelt.

5.3. Geführte Messung

Das Konzept der Geführte Messung richtet sich primär an unerfahrene Bediener. Der Werker wird dabei durch den Messablauf geführt, welcher gleichzeitig stark eingeschränkt abläuft, um potentielle Fehler durch versehentliche Fehlbedienung zu vermeiden. Angaben werden vom Nutzer nur verlangt wenn sie unumgänglich sind, ansonsten werden erprobte Standardwerte verwendet. Diese sind nur im Hintergrund aktiv, da sie für den Benutzer selber nicht relevant sind. Sie können trotzdem über das Optionsmenü (5.3.9) eingesehen und eingestellt werden. Die Messung wird zur besseren Strukturierung in drei Phasen unterteilt: *Vorbereitung, Messung* und *Auswertung*.

Vorbereitung

Die Vorbereitung umfasst Vorarbeiten und Konfiguration für den Messablauf. Dazu gehört die Einrichtung eines Tastsystems, welches die Verbindung zur Messmaschine darstellt. Die manuelle Messung kommt dabei mit weniger benötigten Einstellungen als eine CNC-Messung aus, dafür müssen die zu prüfenden Merkmale eines Prüflings mindestens einmal von Hand festgelegt werden. Als Hilfe kann das CAD-Modell geladen werden, wodurch die Eingabe von Sollwerten und Toleranzen entfällt.

Alternativ können auch vorgefertigte Prüfpläne geladen werden, wodurch ein Großteil der Einstellung entfällt.

Messung

Die Messung ist die Hauptphase. Im Falle einer manuellen Messung müssen die Prüfmerkmale des Werkstücks festgelegt werden. Dazu gehören geometrische Objekte wie zum Beispiel Kreise, Zylinder oder einfache Punkte sowie Verbindungen zwischen mehreren Merkmalen, wie eine Distanz. Ein wichtiges Merkmal ist die Ausrichtung, mit der die Platzierung des Werkstücks auf der Messmaschine festgelegt wird. Sie wird für eine CNC-Messung immer benötigt, bei einer manuellen Messung ist sie für einen Soll-/Ist-Vergleich notwendig. Da dies eine der Hauptaufgaben ist, entfällt sie nur in den wenigsten Fällen.

Auswertung

Die letzte Phase beschäftigt sich mit dem Prüfprotokoll. Dazu können Parameter und das Aussehen festgelegt werden. Anschließen kann es gedruckt oder in ein Datenformat exportiert werden. Zudem kann das Ergebnis an eine Datenbank übertragen werden, was speziell im großen Firmen zur Erstellung von Statistiken genutzt wird.

5.3.1. Erste Iteration - Grundlegende Anordnung

Die erste Iteration beinhaltet eine rudimentäre Anmeldung (Abbildung 5.2(a)). Sie wird benötigt, da benutzerspezifische Einstellungen gespeichert werden sollen, wie die Anordnung der Bedienelemente und Favoriten bei der Auswahl der Merkmale. Es wurden erste Entwürfe zur Konfiguration des Tastersystems und der Auswahl von Prüfplänen erstellt. Entwürfe zur Erstellung von Ausrichtungen und Merkmalen (Abbildung 5.2(c)) wurden entwickelt. Das Konzept stützt sich auf einen Dialog, der nur eingeblendet wird wenn erwünscht, dafür ist ein Button in der rechten oberen Ecke des Bildschirms vorgesehen. Ausrichtungen und geometrische Merkmale können dann einfach aus einer Liste ausgewählt werden und per Doppelklick oder den "hinzufügen" Button im Dialog zum Prüfplan hinzugefügt werden. Für Verknüpfungen zwischen Merkmalen müssen zuerst die betreffenden Merkmale selektiert werden, bevor das gewohnte hinzufügen möglich ist. Diese Einschränkungen der Geführten Messung gegenüber der Optimierten Oberfläche.

In diesem ersten Entwurf des Prüfplans (Abbildung 5.2(b)) werden nur die Symbole der Merkmale anzeigt. Details dazu werden erst auf Wunsch eingeblendet, um mehr Platz für die 3D-Ansicht zu schaffen. Nach Abschluss eines Messablaufs werden die Elemente entsprechend ihres Ergebnisses farbig unterlegt: Grün für erfolgreichen Ablauf und korrektes Ergebnis, andernfalls Rot. Das Sketchflow-Diagramm ist in Abbildung 5.1 abgebildet.

Kernpunkte bei der grundlegenden Aufteilung des Bildschirms sind die Verwendung des linken Daumens zur Navigation durch die Phasen sowie der Prüfplan am rechten Rand. Dazwischen ist die 3D-Ansicht platziert.

Mangels eines Tablet-PCs zur praktischen Erprobung konnte die Benutzung der Leiste zur Navigation noch nicht abschließend untersucht werden. Potentielle Probleme können die eingeschränkte Flexibilität und Präzision des Daumens sein, sowie Probleme mit der Einbeziehung des linken Daumens, die eventuell kein stabiles Halten des Tablet-PCs mehr erlaubt.

Feedback

Der Entwurf wurde bei einer ersten Evaluierung positiv aufgenommen und stimmt, was den Ablauf und die Strukturierung betrifft, mit der Praxis überein. Allerdings wird nur die denkbar einfachste Messaufgabe abgedeckt. Besonders positiv wurde die Navigationsleiste angesehen, in welcher noch nicht oder nicht mehr relevante Unterpunkte ausgeblendet werden.

Kritik gab es für die Hervorhebung der Messergebnisse, welche ohne ein CAD-Modell oder Eingabe von Sollwerten und Toleranzen nicht möglich ist. So ist nur ein manueller Vergleich mit der Zeichnung durch den Werker möglich. Die Hervorhebung wurde für eine zweite Evaluation entfernt.

Zudem wurde die Größe des Prüfplans kritisiert. Da dieser der wichtigste Teil auf dem Bildschirm ist sollte er immer mit den wichtigsten Details sichtbar sein. Dass dabei die 3D-Ansicht verkleinert wird ist dabei nur von untergeordneter Wichtigkeit, da sie nur zur zusätzlichen Visualisierung dient.

5.3.2. Zweite Iteration - Erweiterung des Prüfplans

In der zweiten Iteration wurde das Feedback der vorherigen weitestgehend übernommen. Der Prüfplan wurde in der Horizontalen vergrößert, so dass jetzt immer die Detailansicht sichtbar ist. Zudem sind drei Reiter hinzugekommen, die die Übersichtlichkeit verbessern sollen: "Standard" zeigt alle Elemente an, mit "Filter" lassen sich vorgefertigte Filter auf den Prüfplan anwenden. "Suche" stellt eine Suchfunktion für den Prüfplan, der ähnlich wie die Filter die angezeigten Elemente einschränkt. Alle drei Reiter sind unabhängig voneinander, sodass drei Ansichten gleichzeitig verfügbar sind. Sie sollen die Übersichtlichkeit bei einer großen Anzahl von Elementen verbessern. Der von Tableiste eingenommene Platz ist dabei verschmerzbar.

Die Navigationsleiste wurde leicht überarbeitet und zwischen den Bildschirmen vereinheitlicht. Als neues Element wurde eine Ampel eingebaut, die den Status der Maschine anzeigt. Diese Darstellung ist in anderen Messsoftwarelösungen Standard und wird wahrscheinlich von Kunden gefordert. Daneben ist die Hilfe-Funktion sowie der Button zum Hinzufügen von neuen Elementen, der sich je nach Bildschirm ändert.



Abbildung 5.1.: Sketchflow-Diagramm der ersten Iteration Geführte Messung



Abbildung 5.2.: Beispiele aus ersten Iteration Geführte Messung

In der Messung-Phase wurde ein Schritt zur Eingabe von Sollwerten und Toleranzen zwischen "Merkmale hinzufügen" und "Messung starten" eingefügt. Die farbige Hervorhebung der Messergebnisse ist nun sinnvoll und wurde wieder eingeführt, siehe dazu Abbildung 5.4(b).

Der Dialog zur Eingabe von Sollwerten und Toleranzen wird durch anklicken oder antippen des Elements geöffnet. Die Eingabe der Sollwerte muss für jedes Element des Prüfplans separat erfolgen. Für die Eingabe der Toleranzen kann per Checkbox aktiviert werden, ob die Eingabe für alle Merkmale desselben Typs übernommen werden soll und ob die Einstellung als neuer Standard für neue Merkmale eingetragen wird. Die Eingabe der Toleranz unterteilt sich in Werte für Abweichungen in oberer und unterer Grenze, angezeigt wird nach Eingabe der Differenzwert. Die Eingabefelder wurden nach erster Prüfung groß genug für einen Einsatz auf einem Touchscreen dimensioniert. Eine genaue Evaluierung kann aber erst erfolgen, wenn ein entsprechendes Testgerät vorhanden ist, das die physischen Dimensionen des Zielgeräts hat. Siehe dazu Abbildung 5.4(a).

Feedback

Die Erweiterung des Prüfplans sowie der Dialog zur Eingabe von Sollwerten und Toleranzen wurde positiv aufgenommen. Die Hervorhebung der Messergebnisse ebenfalls, da sie bereits in einer anderen Softwarelösung der IMT in ähnlicher Form vorhanden ist. Ebenfalls positiv wurde die Aufteilung des Prüfplans in drei An-



Abbildung 5.3.: Sketchflow-Diagramm der zweiten Iteration Geführte Messung
Vorb.		Neue Ausricht	Start
	Kreis I	Standard Filter Suche	Standard Filter Suche
	Sollwerte X: Y: Z:	Kreis 1 Antasten: 3 Punkte	Kreis1 Xo.5 U1.4 Zi3.9 Rio.5 Xo.5 U1.4 Zi3.9 Rio.5 Kreis2 Kreis2 Ko.5 U1.4 Zi3.9 Rio.5
	R: X: X:	Distanz I (wininal)	Xo.5, Spin.4, Zi.3, 9, Ri.0,5 Distanz 1 (minimal) Xo.5, Spin.4, Zi.3, 9, Ri.0,5 Xo.5, Spin.4, Zi.3, 9, Ri.0,5 Xo.5, Spin.4, Zi.3, 9, Ri.0,5
6	Toleranzen	Kreis 1 Antasten: 3 Punkte	Kreis 1 Xi 0,5 Yi 1,4 Zi 3,9 Ri 0,5
	X: ± y: ± + X	Kreis Z Antasten: 3 Puniste	x0,5 41,4 213,9 80,5 x0,5 41,4 213,9 80,5 x0,5 41,4 213,9 80,5 x0,5 41,4 213,9 80,5
88	Ki± Xi≭ Xi± □ für alle Merkmale gleichen Typs	Distanz I (reinistal)	Distanz I (minimal) Xi 0,5 U 1,4 Zi 3,9 Ri 0,5 Xi 0,5 U 1,4 Zi 3,9 Ri 0,5
	übernehmen	Antasteni 3 Punkte	Kreis 1 X: 0,5 U: 1,4 Z: 3,9 R: 0,5 X: 0,5 U: 1,4 Z: 3,9 R: 0,5
	dieses Typs	Kreis 2 Antasten: 3 Puniste	Kreis 2 X: 0,5 U: 1,4 Z: 3,9 R: 0,5 X: 0,5 U: 1,4 Z: 3,9 R: 0,5
	worecnen upernenmen	Distanz I (minimal)	Distanz I (minimal) X: 0,5 U: 1,4 2: 3,9 R: 0,5 X: 0,5 U: 1,4 2: 3,9 R: 0,5
Zeiss Logo		Kreis I Antastens 3 Punkte	Kreis 1 Xr 0,5 Yr 1,4 Zr 3,9 Rr 0,5 Xr 0,5 Yr 1,4 Zr 3,9 Rr 0,5

(a) Kompletter Bildschirm mit Prüfplan und Eingabe der Sollwerte und Toleranzen. Fläche mit dem blau/weißen-Farbverlauf stellt die 3D-Ansicht dar.

(b) Prüfplan mit Hervorhebung der Ergebnisse

Abbildung 5.4.: Beispiele aus der zweiten Iteration Geführte Messung

sichten bewertet, welche in dieser Form in keiner der bisherigen Softwarelösungen vorkam.

5.3.3. Dritte Iteration - Auswahl vorgefertigter Prüfplan

Fokus der dritten Iteration war die Auswahl eines vorgefertigten Prüfplans. Bisher war nur eine rudimentäre, bildschirmfüllende Ansicht vorhanden. Diese wurde durch eine Ansicht ersetzt, die dem in späteren Bildschirmen dargestellten Prüfplan nahe kommt, um das Aussehen konsistent zu halten. Es stehen ebenfalls Filter und eine Suchfunktion über Tabs zur Verfügung. Ein Klick auf einen Prüfplan wählt diesen aus. Es erscheint eine Detailansicht mit einem Vorschaubild und allen Details des Prüfplans. Ein Klick oder antippen von "Abbrechen" schließt die Ansicht, "Übernehmen" wählt den Prüfplan aus und navigiert direkt zur Messung. Alle Schritte dazwischen sind überflüssig, da die benötigten Informationen aus dem Prüfplan entnommen werden. Siehe Abbildung 5.6(a).

Der Dialog zur Konfiguration der manuellen Messung wurde um einen Abschnitt zum Laden eines CAD-Modells erweitert, wodurch die Eingabe der Sollwerte und Toleranzen nicht mehr notwendig ist, da diese im Modell festgelegt sind (sie ist zu Korrekturzwecken trotzdem verfügbar). Es steht eine Liste der letzten Modelle sowie ein Bereich für ein Vorschaubild zur Verfügung. Zudem kann über den normalen Windows-Datei-öffnen-Dialog ein weitere Modell ausgewählt werden. Siehe dazu Abbildung 5.6(b). Sketchflow-Diagramm in Abbildung 5.5.

Feedback

Die Auswahl der Prüfpläne wurde als funktional und generell positiv aufgenommen. An den Einstellungen für manuelles Messen gab es keine Kritik.

5.3.4. Vierte Iteration - Gruppierung im Prüfplan

Im Fokus der vierten Iteration stand erneut der Prüfplan. CALIGO verfügt über die Möglichkeit, Elemente im Prüfplan in Gruppen zusammenzufassen. Es lassen sich auch komplette Prüfpläne als Unterprüfpläne einbinden.

Um den Einsatz von Gruppen zu ermöglichen, wurde mit der "Gruppe" ein neuer Elementtyp eingeführt. Er wurden bei den Verbindungen eingeordnet. Die Unterscheidung der Ebene erfolgt durch leichtes Einrücken und farbliche Abhebung des Hintergrunds. Elemente auf der obersten Stufe haben einen weißen Hintergrund, für tiefere Grau. Je tiefer die Ebene, desto dunklerer wird der Grauton gewählt. Die Wahl viel auf Grau, da sie sich als neutrale Farbe mit der Selektion und der Darstellung des Messergebnisses gut vereinbaren lässt. Die Unterscheidbarkeit ist gewährleistet, da das menschliche Auge Grau gut unterscheiden kann, wenn sich die Farbtöne direkt vergleichen lassen. Zudem werden nur selten mehr als zehn Ebenen benötigt, weshalb sehr unterschiedliche Grautöne gewählt werden können. Das Erstellen funktioniert ähnlich wie das einer Verknüpfung: Die betreffenden Elemente werden selektiert und dann aus dem Element-Hinzufüge-Dialog die "Gruppe" ausgewählt. Eine weitere Möglichkeit mit Multitouch-Gesten wird in Abschnitt 5.3.5 beschrieben.

Bisher wurde auch die Selektion eines Elements vernachlässigt, ein einfaches antippen oder anklicken öffnete die Eingabe von Sollwerten und Toleranzen. Dieser Dialog wird nun mit einem Rechtsklick geöffnet, ein einfaches anklicken selektiert das Element. Per Touchscreen wird der Rechtsklick mit dem kurzen halten des Fingers auf dem Display ausgelöst (*tap-and-hold-Geste*). Alternativ kann der Dialog auch über einen Button in der rechten oberen Ecke des Bildschirms geöffnet werden. Wird bei geöffnetem Dialog ein Element selektiert, werden dessen Sollwerte und Toleranzen angezeigt. So können die Werte schneller eingegeben werden, da nicht jedes Mal der Dialog erneut geöffnet werden muss.

Zur Hervorhebung wird ein Farbverlauf zwischen der aktuellen Hintergrundfarbe



Abbildung 5.5.: Sketchflow-Diagramm der dritten Iteration Geführte Messung





(b) Dialog Konfiguration Manuelle Messung

Abbildung 5.6.: Beispiele aus der dritten Iteration Geführte Messung

und der im System eingestellten Farbe für Selektionen erzeugt, normalerweise ist dies ein blauer Farbton. Gegenüber ersten Tests wurden kräftigere Farben eingesetzt, damit die Färbung besser unterschieden werden kann. Siehe dazu Abbildung 5.7(a).

Das Messergebnis wird nun ebenfalls durch einen Farbverlauf visualisiert. Die geänderte Darstellung gegenüber der kompletten Färbung des Elementhintergrund vermittelt ein eleganteres Aussehen. Er verläuft wie bei der Selektion vertikal von der Ebenenfarbe zur Ergebnisfarbe: Grün für eine korrekte Messung, Rot wenn das Ergebnis von den Sollwerten abweicht oder die Toleranzen überschreitet. Die Gruppenelemente werden je nach Ergebnis der darin befindlichen Elemente gefärbt: Ebenenfarbe zu Grün wenn alle korrekt sind. Gelb wenn es falsche Ergebnisse gibt, aber ein festgelegtes Kriterium noch erfüllt ist (zum Beispiel das Verhältnis von guten zu falschen Ergebnissen), andernfalls Rot. Dass sich durch die Färbung die Ebenenfarbe schwerer erkennen lässt wird in Kauf genommen, da zur Unterscheidung der Ebene zusätzlich die Einrückung genutzt wird. Trotzdem wird ein einer Evaluierung getestet, wie weit der Farbverlauf gehen kann, ohne die Ebenenfarbe komplett zu überdecken. Beispiel in Abbildung 5.7(a). Am Ablauf der Bildschirme hat nichts geändert, deswegen gilt weiterhin das Sketchflow Diagramm aus der dritten Iteration, siehe dazu Abbildung 5.5.



Abbildung 5.7.: Beispiele aus der vierten Iteration Geführte Messung

Feedback

Die Konzepte zur zusätzlichen Visualisierung der Gruppenteile wurde positiv aufgenommen. Ein weiterer positiver Punkt ist die Einbeziehung des Gruppen-Elements zur Darstellung der aggregierten Teilergebnisse. Als Kriterium wurde vorschlagen, die Warngrenze bei den Toleranzen zu verwenden, welche für alle Elemente verwendet werden kann. Die Selektion wurde kritisiert, da sie im Fall des scrollen mit dem Finger die Selektion unabsichtlich verändert werden könnte, hier sollte eine Lösung über Gesten genutzt werden.

Besonders positiv wurde erachtet, dass die komplette Funktionalität durch nur zwei primäre Bedienelementen zur Verfügung gestellt wird. Diese sind am Rand platziert und gut erreichbar, weitere würde in jedem Fall schlechter erreichbar werden. Dies entspricht auch den Empfehlungen von Microsoft zur Entwicklung von Software für Tablet-PCs im Querformat (Landscape) [18].

5.3.5. Fünfte Iteration - Multitouch Gesten

Im Mittelpunkt der fünften Iteration stand die Implementierung von Multitouch Gesten in die Oberfläche. Die Ergebnisse der bisherigen Konzeptschritte konnten ohne Einschränkungen mit Maus und Tastatur bedient werden, wobei die Bedienelemente für Touchbedienung entsprechend größer dimensioniert wurden.

Durch technische Einschränkungen in Expression Blend können Gesten nur mit einem erheblichen Mehraufwand implementiert werden, der an die Entwicklung eines normalen Prototypen heran reicht. Für die Implementierung werden sogenannten Verhalten (engl. Behaviours) verwendet, welche C#-Codestücke sind. Da die Möglichkeiten zur Entwicklung von Programmcode in Expression Blend im Vergleich zu Visual Studio stark eingeschränkt sind, wurde hier darauf verzichtet. Stattdessen wurde die Bedienoberfläche entworfen und die Fingerbewegungen durch Markierungen visualisiert. In Expression Blend wurden selbst ablaufende Animationen entwickelt, die die Gesten verdeutlichen sollen. Diese sind auch als Video auf der CD zu finden. Siehe dazu im Anhang Abschnitt B.5.

Die blauen Punkte in den nachfolgenden Grafiken stellen die Berührung des Fingers dar. Dabei wird die Bewegung von den helleren zu den dunkleren Punkten hin ausgeführt.

Die Ideen zu den Gesten entstanden teilweise in Arbeitskreisen und Besprechungen des Shopfloor-Projektes. Sie wurden in dieser Arbeit verfeinert und werden mit dem finalen Prototypen evaluiert.

Scrollen

Scrollen gehört zu den einfachsten Gesten. Der Finger wird dabei in der Ausgangssituation (Abbildung 5.8(a)) entgegen der Richtung bewegt, in die gescrolled werden soll. Die Elemente auf der Oberfläche werden "weggeschoben", um Platz für neue zu machen. Im Beispiel in Abbildung 5.8 wird im Prüfplan nach unten gescrolled.

Einzelselektion

Das Selektieren einzelner Merkmale im Prüfplan wird durch simples antippen oder anklicken mit der Maus gemacht. Dabei ist die Selektion nicht fest, wird ein neues Merkmal selektiert, wird die Selektion des vorherigen aufgehoben (siehe Abbildung 5.9(c)). Da beim Scrollen versehentlich die Selektion verändert werden könnte, wird einfaches antippen für die Einzelselektion genutzt, um einen großen Zeitverlust



Abbildung 5.8.: Veranschaulichung der Geste zum Scrollen im Prüfplan

durch erneutes Selektieren zu vermeiden. Der "Schaden" ist im Fall der Einzelselektion minimal.

Mehrfachselektion

Das Selektieren mehrerer Merkmale ist ein häufig genutzter Vorgang in den bisherigen Softwarelösungen zum Messen. Um eine versehentliche Fehlbedingung beim Scrollen zu verhindern, wurde eine andere Geste wie das einfache Antippen dafür gewählt. Ein Element wird dauerhaft Selektiert, wenn mit einem Finger eine Wisch-Geste zum Displayrand hin durchgeführt wird. Die Gesten kann auch mit mehreren Fingern auf mehreren Elementen durchgeführt werden, um mehrere Elemente gleichzeitig zu selektieren. Eine mehrfache Ausführung nacheinander ist auch möglich. Diese Art der Selektion wird in eine andere Richtung als das Scrollen ausgeführt, dadurch sollte es nicht zu versehentlichen Fehlbedienungen kommen. Der Hintergedanke ist, dass die Merkmale am Rand "eingerastet" werden, was als Eselsbrücke dienen soll. Das Aufheben der Selektion erfolgt durch eine Bewegung in die entgegengesetzte Richtung und muss explizit erfolgen, keine andere Aktion hebt diese Art der Selektion auf. Für den Vorgang siehe Abbildung 5.10. Für die Steuerung mit Maus und Tastatur ist vorgesehen, dieselbe Funktionalität



Abbildung 5.9.: Veranschaulichung der Geste zum Selektieren einzelner Merkmale

durch Klicken und das gleichzeitige halten einer Steuerungstaste zu ermöglichen, wie es bereits in CALIGO genutzt wird. Dies lässt sich nur mit Expression Blend und Sketchflow allerdings nicht umsetzten und ist deshalb erst für den finalen Prototyp vorgesehen.

Bilden einer Gruppe

In Abschnitt 5.3.4 wurde nur die Darstellung einer Gruppe sowie das erstellen per Element-Hinzufügen-Dialog beschrieben. Eine weitere Möglichkeit wird mit der sogenannten Spreizgeste (engl. pinch) möglich. Dabei werden die betreffenden Merkmale selektiert (siehe Abbildung 5.11(a), Beschreibung der Geste in Abschnitt 5.3.5) und anschließend mit der Geste die Elemente "zusammen geschoben" (Abbildung 5.11(b), *pinch close* [4, S. 144 - 146]). Die selektierten Merkmale werden leicht zusammen geschoben dargestellt, bevor die Elemente in einer neuen Gruppe angeordnet werden, die an der selben Stelle erscheint (Abbildung 5.11(c)). Diese Möglichkeit eignet sich vor allem für kleine Gruppen von eng beieinander liegenden Merkmalen, sollte aber auch für Gruppen funktionieren, deren Elemente im Prüfplan weit verteilt liegen. In diesem Fall wird die Gruppe an der Stelle des er-



Abbildung 5.10.: Veranschaulichung der Geste zum selektieren mehrerer Merkmale im Prüfplan

sten Merkmals gebildet.

Aufgelöst wird die Gruppe durch die gegenteilige Bewegung: Die Gruppe wird selektiert und anschließend die Finger darüber platziert und auseinander geschoben (*pinch open*, [4, S. 144 - 146]). Die Elemente reihen sich an dieser Stelle in den Prüfplan ein.

Merkmale im Prüfplan verschieben

Das Verschieben von Merkmalen im Prüfplan stellte eine besondere Herausforderung dar. Da sich die natürliche Geste, das einfache Ziehen der Elemente an die gewünschte Stelle, sich stark mit der Geste zum Scrollen überschneidet (siehe Abschnitt 5.3.5), wurde sie leicht modifiziert.

Grundlegend funktioniert sie noch wie erwartet: Die zu verschiebenden Merkmale werden selektiert (Abbildung 5.12(a)) und anschließend mit einer *Drag-and-Drop*-Geste an die gewünschte Stelle im Prüfplan verschoben. Allerdings werden dafür zwei Finger gleichzeitig genutzt (Abbildung 5.12(b)), um Überschneidungen mit anderen Gesten zu vermeiden. Da dieser Fall weit seltener vorkommt als Scrollen wurde diese Geste modifiziert.



Abbildung 5.11.: Veranschaulichung der Geste zum bilden von Gruppen von Merkmalen im Prüfplan



Abbildung 5.12.: Veranschaulichung der Geste zum Verschieben von Merkmalen im Prüfplan

Feedback

Die Erweiterungen dieser Iteration werden erst mit dem funktionsfähigen Prototyp evaluiert.

Eine Präsentation des Konzeptes wurden positiv aufgenommen. Es wurde angemerkt, dass bei der Belegung der Gesten auf eine mögliche Verwandtschaft zu Gesten in bestehenden Systemen (zum Beispiel Mobiltelefone) geachtet werden soll, um unnötige Verwirrung des Benutzers zu vermeiden.

5.3.6. Sechste Iteration - Auswertung

Der letzte Punkt des Messablaufs umfasst die Auswertung. In dieser Phase wurden alle Elemente gemessen und es wird ein Prüfprotokoll erstellt. In CALIGO wird für die Erstellung der Protokolle die gesonderte Anwendung *PiWEB* [8] genutzt. In dieser webbasierten Software können Stile für die Prüfprotokolle erstellt werden, welche in Shopfloor genutzt werden sollen. Um die Oberfläche einheitlich zu halten wird eine eigene, einfache genutzt werden statt der Oberfläche von PiWEB. Das erstellen eigener Stile ist in Shopfloor nicht vorgesehen und muss außerhalb davon erfolgen.

Einen großen Teil des Bildschirms nimmt dabei die Vorschauansicht des Protokolls ein, die anstatt des 3D-Modells angezeigt wird. Der Prüfplan bleibt im ersten Schritt erhalten, damit die Merkmale in der gewohnte Darstellung zum Protokoll hinzugefügt werden können. Dazu werden die gewünschten Merkmale wie gewohnt markiert und nach einem Klick auf oder antippen von "hinzufügen" dem Prüfplan hinzugefügt. Eine alternative Methode wird in Abschnitt 5.3.7 beschrieben.

Für das Protokoll kann der Benutzer einige Einstellungen vornehmen, hauptsächlich umfasst dies den Stil des Protokolls sowie die angezeigten Attribute der Merkmale (Beispiel siehe Abbildung 5.13(a)).

Im zweiten Schritt kann am Protokoll nichts mehr verändert werden, weshalb der Dialog für die Einstellungen entfällt. Auch der Prüfplan ist nicht mehr von Bedeutung, stattdessen werden an seiner Stelle Optionen zum Drucken und Exportieren des Prüfplans angezeigt, siehe dazu Abbildung 5.13(b).

Feedback

Der Konfigurationsbildschirm für das Protokoll wurde generell positiv aufgenommen. Es wurden Bedenken bezüglich der Größe der Bedienelemente geäußert, was in einem späteren Test genauer untersucht wird.



Abbildung 5.13.: Beispiele der sechsten Iteration Geführte Messung

Ein großer Kritikpunkt ist die Zuordnung der Elemente auf dem Protokoll. Bei einer manuellen Messungen legt der Bediener der Software die Reihenfolge, in der die Elemente gemessen werden, fest. Dadurch werden auch die automatisch Bezeichnungen der Merkmale generiert, die bei manuellen Messungen nur selten händisch vergeben werden. Es muss auf dem Protokoll aber klar ersichtlich sein, welche Merkmale mit den jeweiligen Bezeichnungen gemeint sind. In bisherigen Software-Lösungen wurde das durch sogenannten Fähnchen gelöst. Dabei handelt es sich um kleine Detailanzeigen zum jeweiligen Merkmal, die mit einer Linie mit dem Element in der 3D-Ansicht verknüpft sind. Da das hier beschrieben Konzept auf Fähnchen verzichtet, sollte auf dem Protokoll die Abbildung des Modells sowie eine Beschriftung der jeweiligen Elemente enthalten.

Diese Problematik wird in dieser Arbeit nicht weiter behandelt, da es sich nicht um ein Problem der Bedienoberfläche, sondern der Darstellung auf dem Prüfprotokoll handelt. Das Aussehen des Protokolls wird durch den Stil bestimmt, weshalb es in diesen Bereich fällt, der nicht Teil dieser Arbeit ist.

5.3.7. Siebte Iteration - Drag-and-Drop-Gesten

Die *Drag-and-Drop-*Geste gehört zu den grundlegenden Aktionen in modernen Fenstersystemen. Sie lässt sich auch auf Geräte mit Touch-Bedienung realisieren, wobei hier die Verdeckung durch Hand und Arm sowie die mangelnde Präzision mit dem Finger im Vergleich zum Mauszeiger Probleme bereitet. Letzteres kann durch ausreichend dimensionierte Objekte kompensiert werden. Es sollte auch auf kurze Wege geachtet werden, da lange Ziehphasen auf dem Bildschirm unangenehm werden und die Gefahr des versehentlichen loslassen besteht. In dieser Iteration wurde für zwei Aktionen die Verwendung der *Drag-and-Drop*-Geste konzipiert, die beide optional sind, den Ablauf aber deutliche beschleunigen können. Um eine diese Geste auszuführen wird mit dem Finger das Objekt angetippt, welches bewegt werden soll ohne es wieder loszulassen. Anschließend wird der Finger zum Ziel gezogen, eine halb transparente Kopie des Objektes folgt dem Finger um die Geste visuell zu verdeutlichen.

Ausrichtung aus Merkmalen

Neben vorgegebenen Ausrichtungen und der Nutzung eines Assistenten können auch eigene anhand bestehender Merkmale erzeugt werden. Dazu werden die genutzten Merkmale festgelegt und ihre Zuordnung zu den Achsen der Ausrichtung über ein Gitter festgelegt (Ausgangssituation in Abbildung 5.14(a)). Mit der *Dragand-Drop-*Geste können aus dem Prüfplan Merkmale für die dafür vorgesehen Flächen gezogen werden. Vom Objekt wird bei korrekt ausgeführter Geste das Symbol des Merkmals angezeigt.

Abfolge der Geste ist in Abbildung 5.14 abgebildet.



Abbildung 5.14.: Drag-and-Drop-Geste zur Erzeugung einer Ausrichtung anhand von Merkmalen

Protokoll

Statt im Messprotokoll alle Merkmal zu markieren und per "hinzufügen"-Button dem Messprotokoll hinzuzufügen, kann alternativ auch ein oder mehrere Objekte markiert und anschließend auf die Protokollvorschau gezogen werden. Das neue Element des Messprotokolls erscheint in der Vorschau mit den eingestellten Attributen und Aussehen, welches durch den Stil festgelegt wird. Dabei wird aber der Dialog zum Festlegen der Einstellungen überquert. Dieser wurde bewusst nicht auf die andere Seite der Vorschau verschoben. Dies würde die Ziehwege der *Drag-and-Drop-*Geste verringern, allerdings würde der Dialog auch schlechter mit der Primärhand erreichbar sein, weshalb darauf verzichtet wurde. Sollte sich eine andere Anordnung bei Tests als geeigneter herausstellen, wird dies noch geändert.

Abfolge der Geste ist in Abbildung 5.15 abgebildet.



Abbildung 5.15.: Drag-and-Drop-Geste zum hinzufügen von Merkmalen zum Protokoll

Feedback

Die Erweiterungen dieser Iteration werden erst mit dem funktionsfähigen Prototyp evaluiert.

Eine Präsentation des Konzeptes wurde positiv aufgenommen.

5.3.8. Achte Iteration - Ideen aus der optimierten Oberfläche

Bei der Entwicklung des Konzepts zur Optimierten Oberfläche (siehe dazu Abschnitt 5.4) haben sich einige Ideen und Anordnungen auf dem Bildschirm als geeignet für die Geführte Messung herausgestellt. Da sich die Oberfläche zwischen beiden Konzepten möglichst wenig unterscheiden sollte, wurden sie in dieser Iteration integriert.

Der erste Punkt ist die Anzeigeleiste am oberen Bildschirmrand. Sie beansprucht nur Platz der 3D-Ansicht, welcher verschmerzbar ist. Neben der veränderten Position der Ampel wurde auch Platz für die Anzeige der aktuellen Koordinaten des Messkopfes geschaffen. Über dem Prüfplan ist Platz für weitere Bedienelemente frei geworden. Für ein Beispiel eines Bildschirms siehe Abbildung 5.17.

Der zweite Punkt betrifft die Erstellung des Prüfprotokolls. Bisher wurde die Konfiguration sowie das Exportieren und Drucken in zwei Bildschirme aufgeteilt. Da im zweiten Bildschirm nur sehr wenig Platz für die Optionen für Export und Drucken benötigt wurde und dies keinen eigenen Bildschirm rechtfertigt, wurden diese Optionen kompakter gestaltet und in den Bildschirm zur Konfiguration integriert. Zudem wurde ein Text und Button zum übertragen der Messdaten an eine Datenbank eingefügt. Für die neue Darstellung siehe Abbildung 5.18.

Feedback

Die Platzierung der Anzeigeleiste am oberen Rand wurde positiv aufgenommen. Die Leiste sollte konfigurierbar gestaltet werden, um weitere Daten anzeigen zu können. Eine häufig benötigte Angabe sind die Koordinaten des zuletzt angetasteten Punktes. Die Anzeige soll auch komplett ausblendbar sein.

Es wurde angemerkt, dass eine Möglichkeit zum ändern des Namens und einstellen der Anzahl der Messpunkte eines Merkmals fehlt. Ebenso ist das Löschen eines Merkmals nicht möglich. Zudem wurde der Wunsch geäußert, bei der Eingabe der Toleranzwerte nach der Eingabe eines Wertes diesen automatisch in negierter Form in das andere TextBox-Element zu kopieren, da die Werte meist symmetrisch sind.

5.3.9. Neunte Iteration - Verbesserungen am Details-Dialog

In dieser Iteration wurde das Feedback aus der achten Iteration umgesetzt.

Es wurden Verbesserungsvorschläge für den Dialog zur Eingabe von Sollwerte und Toleranzen geäußert. Als erstes wurde die bisher fehlende Option zum löschen eines Merkmals in Form eines Buttons eingefügt. Bisher wurde der Name des ausgewählten Merkmals in einem einfachen TextBlock-Element (entspricht einem Label in anderen GUI-Frameworks, dient nur zur Anzeige von Text) über den Details angezeigt. Dies wurde durch ein Eingabefeld ersetzt, welches die gleiche Funktion erfüllt und ermöglicht zudem die Änderung des Namens. Beim anlegen eines Merkmals wird ein Standardname vergeben, der aus dem Merkmalstyp sowie einer laufenden Nummer besteht. Dieser Name wird in der Praxis in großen Prüfplänen oft editiert, was hiermit ermöglicht wird. Für Beispiel siehe Abbildung 5.20(a).

Die Toleranzeingabe wurde dahingehend verändert, dass die bisher hart kodierten Plus- und Minuszeichen in die TextBox-Elemente verlegt wurde. Es sind auch zwei Positive Abweichungen möglich, auch wenn das nicht der Standardfall ist, speziell bei einer einfachen Messung im Werkstattumfeld. Als bislang oft gewünschte, aber bisher nie umgesetzte Funktion wurden die Eingabefelder dahingehend gestaltet, dass bei einer Eingabe der oberen Grenze der Wert negiert in das Eingabefeld der



rem Konfiguration () AVV Prüfpläre () O AVV Marveli Konfiguration Neues Merkmal () O Musser fung ()

Abbildung 5.16.: Sketchflow-Diagramm der achten Iteration Geführte Messung



Abbildung 5.17.: Bildschirm mit Anzeige am oberen Bildschirmrand



Abbildung 5.18.: Konfiguration des Protokolls und Optionen zum Drucken und Exportieren

unteren Grenze geschrieben wird, da oft die Abweichung in beide Richtungen gleich ist. Sollte das nicht der Fall sein kann die Eingabe noch korrigiert werden. Beispiel in Abbildung 5.20(b).

Diese Funktionalität wurde in den Prototypen integriert. Das reine Kopieren des Wertes wurden über Data-Binding gelöst, für das negieren wurde eine Converter-Klasse angelegt. Im finalen Prototyp wird davon häufig gebraucht macht, für Details zur Implementierung siehe die dazugehörige Ausarbeitung: [19].

Bisher auch nicht vorhanden war ein Dialog zur Festlegung von Einstellungen, welche für jeden Benutzer individuell gespeichert werden sollen. Aufgrund des Platzmangels ist eine Lösung wie auf Fenstersystemen durch Menüs nicht ohne weiteres möglich. Zumindest der Aufruf eines Dialogs oder Menüs muss platzsparend erfolgend, dazu müssen die zahlreichen Optionen gut mit einem Touchscreen bedienbar sein. In dieser Iteration wurde ein Dialog integriert, der die speziellen Einstellungen für das hier erstellte Bedienkonzept enthält, wie die Einstellung, ob die Geführte Messung oder die Optimierte Oberfläche genutzt werden soll. Der Dialog ist über einen Button mit einem stilisierten Schraubenschlüssel erreichbar, der zu einem Menü ausgebaut werden kann. Das Konzept ist an das sogenannten Supermenü des Chrome-Browsers von Google angelehnt.

Zur Strukturierung der Optionen werden Tabs verwendet. Sollte durch die große Anzahl an Einstellungsmöglichkeiten von CALIGO der Platz nicht ausreichen, kann stattdessen auch eine Baumstruktur genutzt werden. Zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit war aber noch nicht geklärt, wie viele und welche Einstellungsmöglichkeiten von CALIGO in Shopfloor übernommen werden sollten, weshalb im Sketchflow-Prototyp und in den Grafiken in dieser Ausarbeitung Platzhalter für weitere Tabs verwendet wurden. Beispiel in Abbildung 5.21.

Alle Änderungen wurden auch in die Optimierte Oberfläche integriert und in einer vierten Iteration zusammengefasst. Siehe dazu Abschnitt 5.4.4.

Feedback

Da alle Änderungen den Feedbacks aus den vorherigen Iterationen entsprechen, wurden sie durchweg positiv aufgenommen.



Abbildung 5.19.: Sketchflow-Diagramm der neunten Iteration Geführte Messung



(a) Merkmal Details-Dialog, eh. Sollwerte und Toleranzen

(b) Toleranzeingabe



Vorb. X: 5.5	Y: 9.6 Z: 13.5 T: 23°C ●●●●	neues Merkmal Start ?
	CALIGO Shopfloor Einstellungen Oberfläche Tabitem Tabitem Tabitem Bedienkonzept O geführte Messung O Optimierte Oberfläche Anordnung I Condinaten Taster I Condinaten Ietzter Punkt I Temparatur	Kreis I Antasten: 3 Punkte + Gruppe I Kreis 6 Antasten: 3 Punkte
	© Navigation links Prütplan rechts Prütplan rechts	
raus Zeiss Logo	Abbrechen Übernehmen	v

Abbildung 5.21.: Einstellungsdialog, Aufruf über Icon rechts oben

5.3.10. Zehnte Iteration - Fehlerkorrektur durch den Bediener

Hauptaugenmerk der zehnten Iteration ist die Fehlerkorrektur durch den Werker. Da sich CALIGO Shopfloor an ungeübte Bediener richtet, sollen Fehler leicht korrigierbar sein.

Der Hauptpunkt ist hier der Typ eines Merkmals. Dieser kann zum Beispiel von der automatischen Merkmalserkennung falsch erkannt worden sein. Sollte eine Korrektur erst nach dem Antasten erfolgen, kann dies über den Details-Dialog eines jeden Merkmals erfolgen. Es wurde eine weitere ComboBox integriert, die je nach Merkmal die weiteren, möglichen Typen anzeigt. Außerdem wichtig ist die Möglichkeit, die Anzahl der Messpunkt einstellen zu können. Bestimmte Eigenschaften (zum Beispiel Rundheit eines Kreises) lassen sich erst ab einer bestimmten Anzahl Messpunkte feststellen. Es sollen passende Standardwerte vorgegeben werden. Eine entsprechende Eingabemöglichkeit wurde in den Details-Dialog integriert.

Im Dialog zum Löschen eines Merkmals wurde eine Option integriert, die es ermöglicht, die Punkte des Merkmals nach dem Löschen zu erhalten. Dies ist praktisch, wenn zum Beispiel aus einer Fläche zwei getrennte erzeugt werden sollen. Aus den Punkten können wieder neue Merkmale erzeugt werden. Dazu müssen die betreffenden Punkte selektiert werden und dann aus dem "Merkmal hinzufügen"-Dialog das passende Merkmal ausgewählt werden. Dies ist derselbe Weg wie das erzeugen einer Verknüpfung zwischen Merkmalen.

Das Verhalten im Prüfplan bei unterschiedlichen Klicks war bisher nicht einheitlich festgelegt. Nachfolgend ist eine Auflistung der möglichen Aktionen sowie deren Resultate. Dabei wurde darauf geachtet, nicht mit bestehenden Konventionen zu brechen sowie nicht zu viele mögliche und zu komplexe Aktionen zu definieren, da dies zu versehentlicher Falschbedienung führen könnte. Alle Aktionen dienen zur Bedienung mit Tastatur und Maus, für die Touchscreen-Bedienung gelten die äquivalenten Aktionen (Links- und Rechtsklick) sowie Gesten (Mehrfachselektion, für Details siehe Abschnitt 5.3.6).

- *Linksklick auf ein Merkmal:* Selektiert das Merkmal, hebt ein vorherige Einzelselektion auf.
- Linksklick auf Icon einer Gruppe: "Klappt" die Gruppenelemente auf und zu.
- Rechtsklick auf ein Merkmal: Öffnet den Details-Dialog des Merkmals.
- Doppelklick auf ein Merkmal: Selektiert alle Merkmale des selben Typs (muss noch evaluiert werden bzgl. Erwartungen der Nutzer mit Gruppe öffnen).
- *STRG-Klick auf ein Merkmal:* Selektiert das Merkmal, fügt es zur bestehenden Mehrfachselektion hinzu. Hierbei wird die bestehende Konvention von CALIGO gewählt.

Merkmal Details Kreis 1 Merkmal Typ Fläche 2D ~ Anzahl Antastpunkte: Kreis Sollwerte Jäche 2D X: Y:	Standard Filter Suche	Merkmal Details <u>Kreis I</u> Merkmal Typ <u>Kreis</u> Sollwerte X: <u>Y</u> : Z: <u></u>	Standard Filter Suche
R: X: X: Toleranzen X: X: Y: Z: * R: X: X: X: X: * Gir alle Merkmale gleichen Typs übernehmen Gstandard für neue Merkmale dieses Typs Merkmal löschen abbrechen übernehmen	Antasten: 3: Punkte	R: Wollen Sie dieses Merkr X: R: Dunkte behalten Gf Ja Standard für neue Merkmale dieses Typs	nal löschen?

(a) Merkmal Details-Dialog

(b) Merkmal löschen

Abbildung 5.22.: Beispiele der zehnten Iteration Geführte Messung

Feedback

Die Änderungen am Details-Dialog wurden positiv aufgenommen, da sie den Empfehlungen und Feedback der vorherigen Iterationen entsprechen.

5.4. Optimierte Oberfläche

Die sogenannten optimierte Oberfläche ist für erfahrene Werker gedacht, welche Messungen schnell durchführen wollen. Da die Bezahlung der Arbeiter von der produzierten Stückzahl beeinflusst wird, ist die Geschwindigkeit der Messung ein entscheidender Faktor. Gleichzeitig müssen die Messungen aber ausreichend genau sein.

Die Kernpunkte und Aussehen der Oberfläche soll sich im Vergleich zum Konzept der geführten Messung nicht unterscheiden, allerdings entfallen viele der Vorschriften und Einschränkungen.

Ein neuer Kernpunkt ist die automatische Elementerkennung. Da davon ausgegangen wird, dass die Bediener jetzt erfahren genug sind und über ein großes Vorwissen verfügen, wissen sie auch, wie viele Punkt pro Element angetastet werden sollen. Statt nun vorher festzulegen, welche Elemente gemessen werden, werden die Punkte direkt angetastet. Die Software versucht nun, anhand der Punkte den Typ des Elements zu ermitteln. Zur Absicherung wird dem Werker der Typ angezeigt, um eine gegebenenfalls notwendige Korrektur durchführen zu können. Nicht-Geometrische Elemente wie Ausrichtungen, Verknüpfungen und Gruppen müssen weiterhin von Hand festgelegt werden.

5.4.1. Erste Iteration - Zusammenlegung der Oberfläche

In der ersten Iteration wurden zunächst einige Bildschirme und Bedienelemente der Geführten Messung (Abschnitt 5.3) dupliziert, die neuen Bildschirme sind im Sketchflow Diagramm (Abbildung 5.23) Blau gekennzeichnet. Die Aufteilung in Schritte und Phase existiert weiterhin, da sie als sinnvoll erachtet wird. Allerdings ist der Ablauf nicht mehr so streng, der Benutzer kann einfacher zwischen den Schritten hin und her wechseln.

Im Sketchflow-Prototyp führte bisher die Auswahl des Benutzers Josef Maier zu einer Fehlermeldung. Nun führt er zur Optimierten Oberfläche, im Falle von Stephan Fröhlich zur Geführten Messung (die Namen sind den Personas entnommen, siehe dazu Abschnitt 4.3). Der Fall eines neuen Benutzers führte bisher auch zur Geführten Messung. In dieser Iteration wurde ein neuer Bildschirm eingefügt, der den Modus wählen lässt. Über eine Checkbox kann die Auswahl gespeichert werden, wodurch der Schritt bei der nächsten Anmeldung entfällt. Für ein Beispiel siehe Abbildung 5.24(a).

Die Navigationsleiste am linken Rand wurde verändert: da sich durch Zusammenlegung von Schritten die Anzahl der Icons soweit verringert hat, dass alle in einer Ansicht abgebildet werden können, wurde die Veränderung an der Aufteilung entfernt. Dies erleichtert auch das Wechseln zwischen den Phasen, da ihre Zwischenschritte direkt ausgewählt werden können. Neben den drei Icons für die Schritte der erste Phase bestehen die beiden folgenden nur noch aus jeweils einem Schritt. Zusätzlich ist noch der Button zur Abmeldung sowie das Zeiss-Logo geblieben.

Die Vorbereitungsphase wurde vorerst nicht verändert. Die Konfiguration des Tastsystems wurde schon bisher nur gezeigt wenn benötigt. Das Zusammenlegen der Prüfplanauswahl und der Konfiguration für eine manuelle Messung wäre möglich, da sich die Dialoge in ihrer Anordnung nicht überschneiden. Beide Option zugleich anzuzeigen ist aber nicht sinnvoll, da es nur Verwirrung stiften würde.

Die Messphase wurde auf einen Bildschirm reduziert, der Dialog für das Hinzufügen von Ausrichtungen und Merkmalen wurde zu einem vereint (siehe Abbildung 5.24(b)). Auch die Auswertungs-Phase wurde auf einen Bildschirm reduziert, die Optionen für Drucken und Export wurden in einem bisher freien Teil untergebracht. Beispiel siehe Abbildung 5.25.

Sketchflow Diagramm dieser Iteration in Abbildung 5.23.

Feedback

Die Änderungen an der Oberfläche wurden größtenteils Positiv aufgenommen. Bedenken gab es bezüglich des Dialogs zum Hinzufügen von Merkmalen, da er droht überladen zu werden, speziell wenn komplexere Ausrichtungen erstellt werden. Da es bis zur Abgabe dieser Arbeit an dieser Stelle noch keine klare Entscheidung bezüglich des Funktionsumfangs in CALIGO Shopfloor gab, wurde das bestehende Konzept nicht weiter verändert.

5.4.2. Zweite Iteration - Korrekturen für die Maus-Bedienung

Die in der vorherigen Iteration vorgenommene Zusammenfassung des Messvorgangs auf einen Bildschirm hat sich als problematisch herausgestellt. Für die Touchbedienung war vorgesehen, den Dialog zum hinzufügen neuer Merkmale mit einer Geste zu öffnen und auf den Button dafür komplett zu verzichten. Dies ist mit der Maus aber nicht möglich, zudem wird ein Button zum Starten des Messvorgangs benötigt. Die Platzierung der Buttons überschneidet sich, was bei den getrennten Bildschirmen bisher kein Problem war. Eine erneute Trennung wurde versucht, aber wieder verworfen, da sie sich als unpraktikabel herausgestellt hat.

Über dem Prüfplan wäre genug Platz für einen zweiten Button, dort ist aber bereits die Ampel platziert worden. Sie ist eine Anzeige, die von Bedienern zur Vermeidung von Kollisionen der Maschine missbraucht wurde, aber nie dafür vorgesehen war, sondern nur als reine Anzeige des Status der Messmaschine dienen sollte. Sie wur-



Abbildung 5.23.: Sketchflow Diagramm erste Iteration Optimierte Oberfläche

		Neues Merkmal hinzuf	ügen
	Josef Maier	Ausrichtungen	Suche
		Favoriten Merkmale	Verknüpfungen
μ	Programm Modus wählen		
?			
	Garlibete Messang Optimiserie Oberlitche		
	Descended spectrum		
	zurlick		
		hinz	utügen Abbrechen
	(a) Auswahl des Programm Modus	(b) Neues Me zufügen	rkmal Hin-

Abbildung 5.24.: Beispiele aus der erste Iteration Optimierte Oberfläche



Abbildung 5.25.: Protokoll erstellen mit geänderter Navigationsleiste

de in dieser Iteration in ein neues Bedienelement verschoben, eine Leiste am oberen Rand. Sie dient auch durch Anzeige der Koordinaten des Messkopfes im Raum, welche bislang nicht integriert war, oder weiteren Anzeigen wie der Raumtemperatur. Für Beispiel siehe Abbildung 5.27(a). Diese Änderung hat sich als sinnvoll herausgestellt und wurde auch in die Geführte Messung übernommen, siehe dazu Abschnitt 5.3.8.

Oberhalb des Prüfplans sind im Messung-Bildschirm nun zwei Buttons: einer zur Anzeige des Dialogs zum hinzufügen neuer Merkmale und einer zum Starten des Messvorgangs. Der Button zum Aufrufen der Hilfe wurde in der rechten oberen Ecke platziert, was auch für alle weiteren Bildschirme übernommen wurde. Für Beispiel anhand des Messung-Bildschirms siehe Abbildung 5.27(b). Dies wurde ebenfalls in die Geführte Messung übernommen, siehe dazu Abschnitt 5.3.8. Sketchflow Diagramm der zweiten Iteration in Abbildung 5.26.

Feedback

Die Anordnung wurde positiv aufgenommen. Es wurde angemerkt, dass dies ein guter Ort wäre, um weitere Informationen anzuzeigen. Da dies auch die Geführte Messung betrifft erfolgte die Ausarbeitung dieser Anmerkung in Abschnitt 5.3.9.

5.4.3. Dritte Iteration - Automatische Merkmalserkennung

Einen großen Teil der Zeit benötigt bisher das Hinzufügen der Merkmale bei einer manuellen Messung. Mit anderen Softwarelösungen kann direkt mit dem Antasten der Punkte begonnen werden, ohne dass die zu Merkmale vorher definiert wurden. Die Angabe des Merkmaltyps erfolgt erst im Nachhinein. Dies soll auch in CALIGO Shopfloor unterstützt werden, mit Hilfe der automatischen Merkmalserkennung. Dabei werden die angetasteten Punkte im Hintergrund analysiert und versucht, das zu messende Merkmal automatisch zu erkennen. Dazu sollen die Anzahl der Punkte sowie deren geometrische Lage berücksichtigt werden. Der Algorithmus zur Merkmalserkennung ist nicht Teil dieser Arbeit.

In der Umsetzung wird im Prüfplan ein Vorschlag des Merkmaltyps angezeigt, für ein Beispiel siehe Abbildung 5.28(b). Dieser Vorschlag kann durch den Button "übernehmen" akzeptiert werden, wodurch ein neues Merkmal erstellt wird, dem die letzten Punkte zugerechnet werden. Sollte der Vorschlag nicht stimmen, kann über eine ComboBox der Typ des Merkmals korrigiert werden. In dieser werden nur die möglichen Merkmalstypen angezeigt, um die Auswahl nicht zu überfrach-



Abbildung 5.26.: Sketchflow Diagramm zweite Iteration Optimierte Oberfläche



(b) Buttons oberhalb des Prüfplans im Bildschirm Messung

Abbildung 5.27.: Screenshots aus der zweiten Iteration Optimierte Oberfläche

ten. Beispiel siehe Abbildung 5.28(c).

Sollte sich im Nachhinein herausstellen, dass der bisherige Merkmalstyp falsch ist, kann dieser während der Messung jederzeit korrigiert werden, die entsprechenden Bedienelementen werden nicht ausgeblendet. Nur die Beschriftung des Buttons ändert sich von "Übernehmen" in "Korrektur".

Fehlerquellen wie das fälschliche Antasten von Punkten oder die Neuzuweisung von Punkte wird später behandelt.



Abbildung 5.28.: Beispiele aus der dritten Iteration Optimierte Oberfläche

Feedback

Die Idee einer Merkmalserkennung ist speziell im Werkstattumfeld grundsätzlich begrüßenswert und die Umsetzung wurden größtenteils Positiv aufgenommen. Diskussionen gab es bezüglich der Auswahl des Vorschlags, dass nicht nur einer, sondern mehrere möglichen Typen vorgeschlagen werden sollten. Dies wurde aus Platzgründen vermieden, sodass nur der vom Programm als wahrscheinlichste eingestufte Vorschlag direkt angezeigt wurde. Vieles hängt an dieser Stelle aber vom Algorithmus ab, der die Vorschläge erstellt. Da dies nicht Teil dieser Arbeit ist wird dieser Punkt nicht weiter behandelt.

2

Es wurde weiter angemerkt, dass neben der strengen Vorgabe, die in der Geführten Messung verwendet wird (erst alle Merkmale festlegen bevor gemessen wird), es auch eine Zwischenvarianten anzubieten, bei der nach dem Festlegen jedes Elements diese gemessen wird.

5.4.4. Vierte Iteration - Änderungen aus der geführten Messung

Es wurden die Änderungen, die in der Geführten Messung Iteration Neun und Zehn eingeführt wurden, übernommen. Siehe dazu Abschnitt 5.3.9 und 5.3.10. Weitere Änderungen wurden nicht vorgenommen.

6. Evaluierung

Während der Entwicklung des Bedienkonzeptes wurden bereits kleine, informelle Evaluierungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den "Feedback"-Unterabschnitten der jeweiligen Iterationen zu finden, siehe dazu in Kapitel 5 die Abschnitte 5.3 und 5.4. Nach Abschluss der Entwicklung des Konzeptes wurde eine größer angelegte und formalere Evaluierung durchgeführt. In diesem Kapitel werden die Evaluierungsmethoden, das Vorgehen und die Ergebnisse behandelt.

6.1. Messaufgabe

Für alle Evaluierungen in diesem Kapitel wird eine typischen Aufgabe benötigt, die durch die Tester mit den Prototyp gelöst werden soll. Eine solche Aufgabe im Werkstattbereich stellt das Messen von Regelgeometrie-Elementen und ihrer Lage zueinander dar. Konkret wurde deshalb das messen von zwei Kreisen sowie das bestimmen der minimalen Distanz dazwischen ausgewählt. Als Bedienkonzept wurde die Geführte Messung (Beschreibung in Abschnitt 5.3) ausgewählt. Die Maße zur Eingabe werden von einer Zeichnung abgelesen und manuell eingeben, ein CAD-Modell ist nicht verfügbar. Zu Beginn ist kein Tastsystem konfiguriert. Soweit möglich werden voreingestellte Standardwerte (zum Beispiel bei der Anzahl der Messpunkte) übernommen. Zum Schluss soll ein einfaches Protokoll als pdf-Datei exportiert werden.

Die Aufgabe erscheint zwar sehr einfach und wenig, aber mehr Elemente würden zu keinen Zugewinn an Kenntnissen führen. Die Aufgabe wird zwar größer, aber die Komplexität ändert sich nicht.

Für die tabellarische Auflistung der Aufgaben siehe Tabelle 6.1.

6.2. Experten Analyse

Da bisher nur eine Evaluierung mit Experten aus dem Bereich der Messtechnik erfolgte, nicht aber der Usability, wurde dafür eine eigene Teilevaluierung entworfen.

Phase	Aufgabe		
Vorbereitung	Einstellen des Tastsystems "DuraMax"		
	Einstellungen Manuelle Messung: Werkstoff beliebig, Tempe-		
	ratur von Sensor der Maschine, kein CAD-Modell		
Messung	Merkmale festlegen: keine Ausrichtung, zwei Kreise und mi-		
	nimale Distanz zwischen beiden Kreisen erstellen		
	Sollwerte und Toleranzen festlegen: Kreise: Koordinaten Mit-		
	telpunkt und Durchmesser, Werte beliebig. Distanz: Toleranz		
	X/Y/Z und euklidische Distanz, Werte beliebig.		
	Messung starten: Punkte antasten, Darstellung als Animation		
Auswertung	Protokollstil bleibt Standard		
	Merkmale zum Protokoll hinzufügen		
	pdf-Export		

Tabelle 6.1.: Aufgabeliste Messung zwei Kreise und minimale Distanz

Evaluiert wurde mit Mitarbeitern der Firma Intuity [14], die in die Entwicklung von Bedienkonzepten, Oberflächen und Styleguides für anderen IMT-Produkte eingebunden ist. Zudem wurde mit Mitarbeitern der Carl Zeiss AG, die im Bereich Usability geschult sind und Erfahrung haben, evaluiert.

Als Evaluierungsmethoden wurden jeweils ein *Cognitive Walkthrough* und eine *Heuristic Evaluation* durchgeführt.

6.2.1. Cognitive Walkthrough

Der *Cognitive Walkthrough* basiert auf *Code Walkthroughs*, welche für die Software-Entwicklung entwickelt wurden. Dabei gehen Entwickler zusammen mit Experten durch die Abschnitte des Programm-Codes und analysieren ihn auf Schwachstellen und Probleme. Ähnlich verläuft ein *Cognitive Walkthrough*, allerdings wird hierbei die Interaktion des Programms mit einem Prototyp oder Spezifikation des Systems durchlaufen. Für die Durchführung werden die folgenden Komponenten benötigt:

- Spezifikation oder Prototyp des Systems.
- Eine typische Aufgabe, die ein Benutzer ausführt.
- Eine Liste von Aktionen, die ein Benutzer im System zur Erledigung der Aufgabe auszuführen hat.
- Beschreibung des Zielgruppen-Benutzers mit Angaben zu Vorkenntnissen.

Mit diesen Voraussetzungen gegeben gehen die Evaluatoren Schritt für Schritt durch das Programm, als Referenz die Aktionsliste. Damit soll das System evaluiert und eine Einschätzung über die Bedienbarkeit abgegeben werden. Dazu versuchen sie, bei jedem Schritt die folgenden Fragen zu beantworten:

- 1. Stimmt der Effekt der Benutzeraktion mit dem Ziel des Benutzers zu diesem Zeitpunkt überein?
- 2. Erkennt der Benutzer, dass die Aktion verfügbar ist?
- 3. Wenn der Benutzer die Aktion gefunden hat, kann er erkennen, dass es sich um die Benötigte handelt?
- 4. Verstehen die Benutzer die Rückmeldung nach Ausführung der Aktion?

Wichtig ist an dieser Stelle die Dokumentation des Vorgangs, insbesondere von gefundenen Problemen. Daneben wurden die Revision des Prototyps sowie eine Einschätzung über den Schweregrad des Problems festgehalten. [3, S. 321 - 322]

6.2.2. Heuristic Evaluation

In einer *Heuristic Evaluation* wird ein Prototyp oder Spezifikation anhand von Regeln und Erfahrungswerten bewertet. Diese Art der Evaluierung kann bereits in frühen Entwicklungsstadien angewandt werden, bleibt aber während des gesamten Entwicklungsprozesses praktikabel. Ein Kernpunkt ist, dass mehrere Evaluatoren unabhängig voneinander ein System bewerten.

Als Kriterien eigenen sich, neben Erfahrungswerten und Faustregeln, allgemeine Heuristiken wie *Nielsen's Zehn Heuristiken:*

- 1. Sichtbarkeit des Systemstatus
- 2. Übereinstimmung zwischen System und der realen Welt
- 3. Benutzerkontrolle und Freiheit
- 4. Konsistenz und Standards
- 5. Fehlervermeidung
- 6. Erkennen statt Erinnern

- 7. Flexibilität und Effektive Nutzung
- 8. Ästhetik und minimalistisches Design
- 9. Unterstützung für den Benutzer um Fehler zu erkennen, verstehen und beheben
- 10. Hilfe und Dokumentation

[3, S. 324 - 326]

6.2.3. Ergebnisse

Die Entwürfe wurden generell positiv aufgenommen. Allerdings wurden auch elementare Probleme festgestellt, welche für den finalen Prototypen geändert werden müssen.

Den Evaluatoren war speziell in der Geführten Messung nicht klar, wie es weiter gehen soll. Dies wurde nur über die Navigation realisiert, was in der Optimierten Oberfläche sinnvoll ist, aber für einen geführten Ablauf zu wenig ist. Zwar wurde die Navigation teilweise über Bedienelementen in den Dialogen realisiert, allerdings waren sie nicht eindeutig beschriftet und Auswirkungen waren nicht immer klar.

Die Anmeldung entspricht nur einem rudimentären Konzept, die finale Version hängt auch vom Konzept der Benutzerverwaltung in CALIGO ab. Die einfache Übersicht wurde aber positiv bewertet. Kritik gab es bei der Anmeldung eines unbekannten Benutzers: für die Frage nach dem Programmmodus, was dem gewählten Bedienkonzept entspricht, wurde vorgeschlagen keinen neuen Dialog zu verwenden, sondern die Auswahl direkt unterhalb der Eingabemaske zu platzieren. Die Elemente sollten auch besser aufgeteilt werden, damit die Zuordnung von Text und Button leichter erfassbar wird. Dazu wurde vorgeschlagen, eine vertikale Trennung zwischen in der Auswahl zu implementieren.

Ein weiterer Punkt ist die Unterscheidung zwischen einer Manuellen Messung und der Auswahl von Prüfplänen. Beide Punkte wurden in der Navigation untereinander platziert, aber es handelt sich um eine Entscheidung zwischen den beiden. Da bisher die Navigation linear von oben nach unten "abgearbeitet" wurde, was auch als sehr sinnvoll erachtet wurde, bricht das Vorgehen an dieser Stelle mit dem Konzept. Als Alternative wurde vorgeschlagen, einen weiteren Bildschirm mit einer Auswahlmöglichkeit zu erstellen, der als eine Weiche dient. Weitere Vorschläge gab es zu der Einfärbung der Messelemente je nach Messergebnis. Die Idee wurde generell begrüßt (auch da es in CALYPSO ähnlich gelöst wurde), allerdings wurde die Umsetzung bemängelt: durch die starke Einfärbung wird die Ebenenfarbe nur sehr schwer erkennbar, wodurch diese Hilfe zur Orientierung im Prüfplan nicht mehr besteht. Zudem wird der Bildschirm durch die starke Farbänderung unruhig. Als Alternative wurde vorgeschlagen, statt das komplette Elemente zu färben, einen Bereich darauf wie eine Leuchte zu reservieren, der sich je nach Ergebnis anders färbt. Durch die Wirkung der Farben sollte ein relativ kleiner Bereich dafür ausreichen.

Im Prüfplan wurde weiter angemerkt, dass besser ersichtlich sein sollte, welchen Merkmalen bereits Sollwerte und Toleranzen zugewiesen wurden. In kleinen Prüfplänen ist das noch kein Problem, bei umfangreichen wird der Benutzer aber den Überblick verlieren. Zudem sollte im Dialog zur Eingabe für Sollwerte und Toleranzen ersichtlich sein, wenn Änderungen gemacht wurden. Da die Änderungen erst nach einem klick oder tip auf "übernehmen" gespeichert werden, führt dies ansonsten zu einer hohen kognitiven Belastung für den Benutzer, die über eine einfache Anzeige vermeidbar ist.

In der Optimierten Oberfläche wurde die Zusammenlegung vom Hinzufügen von Ausrichtungen und Merkmalen als negativ empfunden, da der Dialog dadurch überladen wirkt. Durch die vielen Tabs haben sich zwei Reihen gebildet, welche automatisch umsortiert werden, je nach Auswahl. Der gerade aktive Tab wird zusammen mit den anderen seiner Reihe immer unten dargestellt, die weiteren Reihen entsprechend sortiert. Dieses Verhalt könnte Verwirrung stiften und die Orientierung innerhalb des Dialogs erschweren. Da bei einer Messung normalerweise nur eine Ausrichtung vorgenommen wird, stört die Trennung, wie sie in der Geführten Messung vorgenommen wird, nicht und sollte auch hier übernommen werden.

Kritik gab es am Bildschirm zur Erstellung von Protokollen. Die Bedienelemente für das Umschalten der Seitenansicht sollten unterhalb dieser platziert werden, da sie zusammen gehören und dies bisher nicht klar ersichtlich ist. Außerdem sollte die Platzierung der Elementen im Einstellungs-Bereich überarbeitet werden, da die Zusammengehörigkeit im Falle der Druck- und Exportoptionen nicht klar ersichtlich ist. Die Größe und Abstand der Bedienelemente, speziell der Checkboxen, wird als zu klein angesehen. Als Alternative würde eine ToggleButton vorgeschlagen, der mit einer kleinen "Leuchte" versehen ist. Dies sollte gut erkennbar und zu treffen sein. Um einfacher Merkmale zum Prüfplan hinzufügen zu können sollte ein weiteres Bedienelement eingefügt werden, mit welchem alle Merkmale des Prüfplans außer den Ausrichtung markiert werden.

Weitere Punkte sind die teils uneinheitliche Benennung von Elementen, was gerade bei einer Software für unerfahrene Benutzer vermieden werden sollte. Zudem sollte die Suchfunktion den bestehenden Lösungen auf Tablet-PCs und Mobiltelefonen mit Touchscreens angenähert werden. Optionale Eingaben sollten besser als solche erkennbar sein. Für die Eingabe der Anzahl der Antastpunkte wurde vorgeschlagen, sie durch eine ComboBox mit Vorschlägen zu ersetzten, welche guten Erfahrungswerten entsprechen. Speziell unerfahrene Bediener kennen zwar ein subjektives Maß für die Genauigkeit der Messung (genau/mittel/grob), allerdings wissen sie nicht, wie viele Punkte dafür benötigt werden. Die individuelle Eingabe sollte weiter möglich sein.

Zur besseren Unterscheidung der Kategorie-Symbole und den Unterpunkten in der Navigation wurde vorgeschlagen, für Erstere statt eines Icons Text zu verwenden. Zudem wurde der Button zum Abmelden sowie das Zeiss-Logo als zu groß und in der Navigation falsch platziert empfunden. Ersteres kann in einem weiteren Dialog platziert werden, wie es zum Beispiel in Windows gelöst wurde. Das Logo kann auch anderer Stelle weniger prominent platziert werden.

Besonders positiv wurden die Navigation mit ihrem klaren Konzept und Ablauf angemerkt, welche einem Messablauf entspricht und dem Benutzer eine gute Orientierung bietet, wo er sich gerade befindet. Die Schritte bauen logisch aufeinander auf und sollten so helfen, einem unerfahrenen Benutzer mehr Sicherheit im Umgang mit der Software zu geben. Auch das Konzept für den Prüfplan wurde gelobt. Die Baumstruktur ist bereits aus anderen Applikationen bekannt und durch die Färbung der Elemente je nach Tiefe kann sich der Benutzer in großen Prüfplänen leichter orientieren, da allein das Einrücken nicht immer ausreichend ist. Die Elemente selber sind groß genug für einen Touchscreen-Bedienung und bieten gleichzeitig viele Informationen auf einen Blick.

Aus den Ergebnissen der Evaluation wurde eine priorisierte Liste mit Änderungen erstellt. Die dabei als am wichtigsten eingestuften Anmerkungen wurden noch vor der internen Evaluation und der Abgabe umgesetzt, die weiteren wurden auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.

Für die umgesetzten Punkte siehe Abschnitt 6.2.4, für alle weiteren siehe Abschnitt 7.2.3.
6.2.4. Änderungen für die Interne Evaluierung

Für die interne Evaluierung wurden bereits die elementarsten und einige kleinere Punkte geändert. Die Navigation durch die Bildschirme ist nun nicht mehr nur durch die Navigationsleiste möglich, sondern auch durch die Buttons in den Dialogen. Die Beschriftung wurde entsprechend angepasst, damit dem Benutzer klar ist, mit welchem Schritt es weiter geht. Dies gilt für die Geführte Messung, in der Optimierten Oberfläche wurde dies nur übernommen, wenn es sinnvoll erschien. In diesem Bedienkonzept wird davon ausgegangen, dass der Benutzer weiß was er als nächstes machen will und braucht dadurch keine explizite Führung. Ebenfalls nur in der geführten Messung wurde für die Auswahl ob manuelle Messung oder vorgefertigter Prüfplan ein weitere Bildschirm mit der Auswahl eingefügt.

In der Navigation wurden für die Kategorie-Buttons statt Icons Text eingefügt. Der Abmelde-Button und das Zeiss-Logo wurden aus der Navigation entfernt: das Logo wurde kleiner in der rechten oberen Ecke des Bildschirms platziert, neben der Hilfe und dem Einstellungsmenü. Die Abmeldung ist nun über einen weiteren Dialog über den Einstellungs-Button erreichbar. Siehe dazu Abbildung 6.2.

Für die Darstellung der Messergebnisse im Prüfplan wurden drei Varianten entworfen, welche nochmals nach Abgabe der Arbeit evaluiert werden. Varianten 1 (Abbildung 6.3(a)) entspricht der bisherigen, Varianten 2 (Abbildung 6.3(b)) entspricht dem Vorschlag von Intuity, eine vertikal ausgerichtete Anzeige zu verwenden. Die dritte Varianten (Abbildung 6.3(c)) ähnelt der zweiten, allerdings wird die Anzeige horizontal in der Zeile des Namens des Elemente angeordnet. Dadurch bleibt mehr Platz für Messergebnisse, da der Namen im Normalfall kürzer ist.

Im Details-Dialog wurde für die Anzahl der Antastpunkte eine ComboBox eingefügt, die mit einigen Werten vorbelegt ist. Für einen eigenen Wert steht auch eine Option zur Verfügung, die einen weiteren Dialog zur Eingabe öffnet und anschließend übernimmt. Die Anzeige von Sollwerten und Toleranzen richtet sich nach dem ausgewählten Merkmal, zum Beispiel werden für einen Kreis die Werte des Mittelpunkts als X/Y/Z-Koordinate sowie der Durchmesser angezeigt, während bei einer Distanz die Werte in X-, Y- und Z-Richtung sowie die euklidische Distanz angezeigt. Siehe dazu Abbildung 6.1(b).

Bislang war der Prüfplan immer bereits gefüllt, um dessen Funktionalität zu zeigen. Für die interne Evaluierung ist dies nicht praktikabel, weshalb der Prüfplan nur mit einem Hinweise versehen wurde, dass neue Merkmale hinzugefügt werden müssen. Der Dialog dafür wurde überarbeitet: das gewählte Element wird mit einem Schlagschatten hervorgehoben. In der Geführten Messung und der Optimierten Oberfläche sind beide nun identisch, da in letzterer der Dialog für Ausrichtungen herausgelöst wurde. Siehe dazu Abbildung 6.1(a).

In der Auswertung wurden die Bedienelemente für die Seitenvorschau unter diese verlegt. Dadurch wird in der Einstellungsspalte mehr Platz für weitere Parameter oder die bessere Platzierung dieser frei. Siehe dazu Abbildung 6.2.



(a) Leerer Prüfplan und neues Merkmal-Dialog

(b) Details-Dialog

Abbildung 6.1.: Änderungen für interne Evaluation

6.3. Interne Evaluierung

Ein weitere, interne Evaluierung wurde als *Kontrolliertes Experiment* durchgeführt. Dabei bekommen die Teilnehmer eine im Werkstattbereich typische Aufgabe gestellt, die mit einem Prototyp der Software erledigen sollen. Das Experiment wird dabei in einer kontrollierten Umgebung durchgeführt und das Vorgehen und Reaktionen der Benutzer dokumentiert. Dies ist sehr aufwändig, aber die Ergebnisse sind, bei geeigneter Aufgabenstellung, sehr genau. Zudem können Kriterien wie die Geschwindigkeit, Fehlerbehandlung und Zeit, die die Benutzer benötigten um sich in das System einzufinden, gemessen und protokolliert.

rd Filte Einstellungen Kreis 1 Antasten: 3 Punkte Gruppe 1 Antasten: 3 Punkte	zufügen
Stender	hinz
oll Einstellungen Maier Einfach V auf Protokoll anzeigen re Einstellung re Einstellung re Einstellung re Einstellung re auf Messprotokoll altyp: IX Elst X IX Elst X IST V IST V EaX Elst Z IST V EaX Elst Z Est Z IST V Est	Datenbank übertragen
Protoka Stil [7] Merky Merky Merkm Merkm Merkm Merkm Merkm Merkm Merkm Merkm Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky Merky M	Zur
um: 30.2.2012 eetit l6:24 2:1/2 2:1/2 2:0,0 2:0,0 8:0,0 3:0,0 8:0,0 3	vor
Dieth Dieth Ulhr Seiti Differenz: X: 0,0 1 Toleranz: X: 0,0 1 Toleranz: X: 0,0 1 Differenz: X: 0,0 1 Toleranz: X: 0,0 1	1/2
10 Shopfloor protokoll Name: Kreis Zo,5 Ro,5 Zo,5 Ro,5 Ro,5 Ro,5 Ro,5 Ro,5 Ro,5 Ro,5 R	k Seite
Zeiss CALIC Logo Mess Pritfplan: manuell Bediener: Stefan Fröj Merkmal T Typ: Kreis Sollwerte: X: 0,5 Y: 0,5 Sollwerte: X	zurüc



Messung

Auswertung

Abbildung 6.2.: Neue Auswertung und Anordnung in Navigation



Abbildung 6.3.: Entwürfe für Darstellung der Messergebnisse im Prüfplan

Im Experiment wurden neben schriftlichen Protokollen mit einer Videokamera gearbeitet. Damit wurden die Bewegungen auf dem Bildschirm sowie das sogenannte "think aloud"-Protokoll festgehalten. Die Tester wurden dazu vor Beginn des Tests dazu angehalten, ihre Gedanken laut auszusprechen, um ihre Gedankengänge nachvollziehen zu können.

[10, S. 216]

6.3.1. Teilnehmer

Der Teilnehmer war ein Mitarbeiter der IMT aus dem Bereich der Qualitätssicherung für Messsoftware. Er verfügte über gute Kenntnisse in der Messtechnik, aber sehr unterschiedliche Kenntnisse im Bezug auf das Werkstattumfeld und keine Vorkenntnisse über den hier entwickelten Bedienkonzept und Prototyp.

6.3.2. Ergebnisse

Wie erwartet hat der Tester zuerst die Oberfläche erkundet und hat dabei ausgiebigen Gebrauch von den Tooltips gemacht. Die Funktionsweise der Navigationsleiste wurde nicht sofort erkannt, da alle Icons gleich groß sind und ihr Zusammenhang nicht sofort klar wurde. Die Farbe hat er zuerst nicht beachtet, erst im Verlauf wurde klar, welche Icons zusammengehören und eine Untergruppe bilden. In diesem Zusammenhang wurde angemerkt, die Unterpunkte kleiner und leicht eingerückt darzustellen, ähnlich einer Baumstruktur, um die Kategorie- und von Unterpunkten besser unterscheiden zu können.

In den Messschritten war dem Tester nicht immer klar, an welcher Stelle er sich befindet. Dies ist teilweise auf den fehlenden Schlagschatten-Effekt in der Navigation zurückzuführen, der von Sketchflow beim Wechseln eines Bildschirms nicht angezeigt wird, obwohl das passende Event dafür definiert wurde. Die Führung durch den Ablauf wurde als positiv und sinnvoll empfunden. In der Konfiguration für die manuelle Messung kam es zu einer Überschneidung der Begriffe: In der Auswahl eines CAD-Modells wurde es schlicht als Modell bezeichnet, was in anderen Softwarepaketen auch für einen vorgefertigten Prüfplan stehen kann. Für weitere Prototypen sollten die Begriffen auf eventuelle Überschneidungen geprüft werden oder feste Begriffe definiert werden.

Der Button unterhalb des Prüfplans um einen Dialog zu öffnen wurde zuerst übersehen, erst nach längerem Studium des Bildschirms wurde er entdeckt und sein nutzen schnell erkannt. Nach kurzer Eingewöhnung wurde er schnell wieder gefunden und wie gedacht angewendet. Das Erstellen von Merkmalen wurde schnell begriffen, das Einstellen der Toleranz werden wurde nur durch Suchen und probieren gefunden. Hier sollte der Button besser beschriftet werden. Bei der Eingabe der Toleranzen waren die Buttons zum Schließen und Übernehmen des kleinen Dialogs zwar gesehen, aber da deren Nutzen nicht erkannt wurde, wurde per Klick auf die anderen Felder gewechselt. Da nur der Dialog des zuletzt gewählten Wertes geöffnet ist, wird der vorherige geschlossen. Hier sollten statt des X und Ü eindeutigere Symbole verwendet werden, als Beispiele aus anderen Softwarepaketen wurde ein rotes X und ein grüner Haken genannt. Zusätzlich sollte auch eine Bestätigung der Eingabe per Enter-Taste eingebaut werden, da entsprechende Werte oft über den Nummernblock einer Tastatur eingegeben werden und es damit schneller geht. Bei der Anzeige wurde angemerkt, dass die Toleranz nur als ein Wert dargestellt werden kann, wenn die obere und untere Grenze symmetrisch ist. Andernfalls müssen beide Werte dargestellt werden.

In der Messung wurde kritisiert, dass bei der Anzeige des Ergebnisses nicht klar ist, was die jeweiligen Angaben im Merkmal bedeuten. Hier muss eine Kennzeichnung erfolgen, ein kurzer Text davor (zum Beispiel "Soll: …") würde schon reichen. In der Auswertung sollte ein Button eingefügt werden, der die hinzugefügten Merkmale zurücksetzt. Die Bedienelemente zum Drucken, Exportieren und Übertrag in eine Datenbank wurden sofort zugeordnet und die zusammengehörigen Merkmale erkannt.

6.3.3. Umgesetzte Änderungen

Von der Ergebnisses der internen Evaluierung wurden im Rahmen dieser Arbeit nur die wichtigsten Änderungen umgesetzt.

Die erste betrifft die Anzeige der Toleranzwerte. Es werden beide Werte übereinander dargestellt. Diese Ansicht wird bereits in holos verwendet, nur wenn die Grenzen symmetrisch sind wird ein zusammengezogener Wert dargestellt. Siehe dazu Abbildung 6.4(a).

Im Prüfplan wurde eine kleine Änderung vorgenommen: Bei der Anzeige der Messergebnisse wird vor den Ergebnissen mit "Soll:" und "Ist:" klar dargestellt, um welche Werte es sich handelt. Siehe Abbildung 6.4(b).



Abbildung 6.4.: Änderungen durch die interne Evaluierung

6.4. Gesamtfazit

Das entwickelte Konzept wurde in allen Evaluationen grundsätzlich positiv aufgenommen. In fanden sich zwar Probleme und Unstimmigkeiten, allerdings war keines von so grundlegender Natur, dass das Konzept komplett geändert werden musste. Vielmehr handelte es sich um bisher nicht beachtete oder übersehene Probleme, die erst durch das Einbeziehen weiterer Personen auffielen.

Die schwersten Probleme wurden zwischen den Evaluationen korrigiert. Weitere Probleme mit klarere Lösung werden nach Abschluss dieser Arbeit behandelt. Einige der Probleme haben neue Fragen aufgeworfen oder es besteht noch Diskussionsbedarf, weshalb eine klare Lösung nicht in naher Zukunft zu erwarten ist. Sie werden zu einem späteren Zeitpunkt behandelt. Siehe dazu Abschnitt 7.2.3.

7. Zusammenfassung

7.1. Ergebnis

Das Ziel dieser Arbeit war es, ein Bedienkonzept ausgerichtet auf Touchscreens für eine Messapplikation für das Werkstattumfeld zu entwickeln. Dieses Ziel wurde erreicht, das in dieser Arbeit beschriebene Konzept deckt alle Bereich ab, die bei einer einfachen Messung zu erwarten sind. Im Rapid Prototyping-Verfahren wurden einfache Prototypen entwickelt um das Konzept zu prüfen.

Der erste Kernpunkt des Konzepts ist die Aufteilung der Messung in drei Phasen: Vorbereitung, Messung und Auswertung. Durch farbige Hervorhebung in der Navigation und aussagekräftige Icons wird dem Benutzer die Orientierung erleichtert. Die weitere Unterteilung in Einzelschritte vereinfacht die Handhabung und strukturiert den Ablauf, was speziell unerfahrenen Bedienern zu Gute kommt.

Bei der Anordnung der Bedienelemente wurde darauf geachtet, dass die Software später auf einem Tablet-PC verwendet werden soll. Die wichtigsten Bedienelemente wurden deshalb am rechten und linken Rand des Bildschirm positioniert, reine Anzeigen in der Mitte. Dadurch sind sie leicht erreichbar und es werden keine wichtigen Anzeigen durch Hand und Arm des Benutzers verdeckt. Weitere Optionen wurden durch Dialoge realisiert, welche eingeblendet werden, wenn der Benutzer es möchte. Die negativen Effekte von erscheinenden Dialogen wurden dadurch gemindert, dass sie immer an der selben Stelle erscheinen.

Durch die Entwicklung von zwei Varianten des Konzepts, die Geführte Messung und der Optimierten Oberfläche können zwei große Benutzergruppen abgedeckt werden. Um diese Gruppen deutlich zu definieren wurden Personas für beide Gruppen entwickelt.

Die Entwicklung des Bedienkonzepts erfolgte in kurzen Iterationen, in denen jeweils bestimmte Aspekte untersucht und ausgearbeitet wurden. Zum Abschluss jeder Iteration wurden die Entwürfe in informellen Evaluationen geprüft. Zum Abschluss der Entwicklung wurden große und formale Evaluationen mit Usability-Experten durchgeführt. Zu weiteren Prüfung wurde ein kontrolliertes Experiment durchgeführt.

Die Ergebnisse waren durchweg positiv, das Konzept wurde von allen Seiten als Durchdacht und gelungen angesehene. Die Kritikpunkte, die während den abschließenden Evaluationen aufkamen, wurden in einer priorisierten Liste gesammelt. Die wichtigsten Punkte konnte noch vor Abgabe der Arbeit behandelt und teilweise gelöst bzw. neue Lösungen entwickelt werden. In Abschnitt 7.2.3 sind weitere Punkte gesammelt, die vor Abgabe dieser Arbeit nicht mehr behandelt werden konnten. Sie werden zu einem späteren Zeitpunkt bearbeitet.

7.2. Ausblick

7.2.1. Implementierung und Evaluierung Prototyp

In dieser Arbeit wird das Bedienkonzept anhand von Prototypen, die im Rapid Prototyping-Verfahren erstellten wurden, auf ihre grundsätzliche Bedienbarkeit und Eignung getestet und evaluiert. Da diese Prototypen einigen technische Einschränkungen unterliegen, wird im Rahmen des Shopfloor-Projekts ein Prototyp entwickelt, der der finalen Oberfläche entspricht und ohne Einschränkungen bedient werden kann. Mit diesem soll auch eine Evaluierung mit ausgewählten Kunden stattfinden. Die Entwicklung und Evaluierung wird in einer weiteren Arbeit beschrieben [19].

7.2.2. Weitere Eingabemethoden

Von den Kapitel 3 beschriebenen Konzepten konnte im Rahmen dieser Arbeit nur die Bedienung per multitouchfähigen Touchscreen umgesetzt werden. Weitere Eingabemethoden werden zu einem späteren Zeitpunkt untersucht.

7.2.3. Offene Punkte aus Evaluation

Von den in den Evaluationen gefundenen Punkten konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht alle Punkte abschließend behandelt werden. In Abschnitt 7.2.3 werden Punkte aufgeführt, deren Umsetzung klar ist, die zeitlich aber nicht mehr umgesetzt werden konnten. In Abschnitt 7.2.3 werden Punkte beschrieben, bei denen noch Rahmenbedingungen geklärt werden müssen oder deren Lösung noch nicht vollständig ausgearbeitet werden konnte.

Offene Punkte

Zu den wichtigsten Anmerkungen gehörten eine Beschriftung für die Navigation. In der internen Evaluierung (siehe Abschnitt 6.3) fiel auf, dass viel über die Tooltips gearbeitet wurde, wenn nur durch die Icons nicht sofort die Bedeutung erkannt wurde. Diese Funktion wird auf einem Touchscreen über sog. Hover-Gesten realisiert. Dabei wird mit dem Finger nicht der Bildschirm berührt, sondern kurz darüber gehalten. Da diese Geste von wenigen Geräten unterstützt wird und zudem sehr schwer auszuführen ist, muss eine andere Lösung gefunden werden. Erste Ideen gehen in die Richtung einer Kontext-Sensitiven Hilfefunktion, bei welcher die Funktion und Bedeutung eines Elements auf dem Bildschirms in einem speziellen Modus erfragt werden kann.

Ein weiterer, wichtiger Punkt betrifft die Sollwerte und Toleranzen. Da eine Messung ohne diese Werte nur in den seltenen Fällen sinnvoll ist, muss für den Benutzer klar ersichtlich sein, bei welchen Merkmalen diese Werte bereits eingetragen wurden. Zudem sollte bei geöffnetem Details-Dialog über einen Hinweis ersichtlich sein, wenn Werte geändert aber noch nicht gespeichert wurden. Für die Lösung dieses Problems wurden erste Ideen entworfen, aber bis zur Abgabe dieser Arbeit keine gute Lösung gefunden.

Die Suchfunktion ist bisher nur am Rande behandelt worden. Die finale Version soll sich stark an bestehende Lösungen auf Tablet-PCs und Mobiltelefonen mit Touchscreens orientieren. Dabei gibt es außerhalb des Suchfelds keine weiteren Bedienelemente. Die Suche soll mit einer automatischen Vervollständigungsfunktion (Autocomplete) Vorschläge anhand weniger eingegebener Zeichen geben, um die Eingabe zu erleichtern. Zum Leeren einer Suche kann ein kleines Bedienelement am Ende der Suchzeile verwendet werden.

Für das Anlegen von Verbindungen von Merkmalen sollen zwei Wege möglich sein: der bisher behandelte Weg indem zuerst die Grundmerkmale und dann die Verbindung erstellt wird. Zudem sollte die umgekehrte Richtung möglich sein: Zuerst wird die Verbindung erstellt. Es erscheint ein Hinweise, dass nun Merkmale erstellt werden müssen, aus welchen die Verbindung bestehen soll, welche anschließend erstellt und automatisch der Verknüpfung zugeordnet werden.

In Abschnitt 5.4.3 wurde die automatische Merkmalserkennung beschrieben. Weitere Mechanismen zur Fehlerkorrektur durch den Benutzer konnte nicht mehr umgesetzt werden.

Zu klärende Punkte

Die Idee, den Prüfplan mit Tabs zu versehen, um schnell zwischen mehreren Ansicht wechseln zu können, wurde als positiv empfunden. Allerdings ist speziell im Tab für Filter noch nicht ganz klar, nach welchen Kriterien gefiltert werden soll und wie die entsprechende Umsetzung aussehen soll. Es wurde auch über eine Kombination mit der Suchfunktion diskutiert. Bis zur Abgabe dieser Arbeit wurde keine endgültige Lösung gefunden.

Der wichtigste noch zu klärende Punkt betrifft die Ausrichtung. Dieser sehr komplexe, aber wichtige Vorgang soll mit einem Assistenten vereinfacht werden. Allerdings befindet er sich zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit noch in der Konzeptionsphase, soll aber ein wichtiger Bestandteil von CALIGO Shopfloor werden. Deshalb wurde hier nicht weiter darauf eingegangen.

Ein weiterer Punkt betrifft die Checkboxen. Da diese tendenziell sehr klein werden, wurde eine alternative Lösung über Buttons mit einer Leuchte diskutiert. Im Rahmen diese Arbeit konnte beide Lösungen nicht mehr abschließend evaluiert und verglichen werden.

Die Flächen, die normalerweise der Prüfplan einnimmt, wird auf anderen Bildschirmen freigelassen, um keine Verwirrung durch andere Bedienelemente zu stiften. Da das freilassen auch störend wirken kann, soll zu einem späteren Zeitpunkt eine andere Lösung dafür evaluiert werden. Bisher existieren nur sehr grobe Ideen, zum Beispiel den Platz bereits zu belegen, aber den Prüfplan als inaktiv zu kennzeichnen.

Glossar

.Net Framework

Framework zur Anwendungsentwicklung von Microsoft. 22, 85, 86

C#

Objektorientierte Programmiersprache von Microsoft. Eine der primären Sprachen zur Entwicklung mit dem .Net Framework, die andere ist Visual Basic .Net. 14, 27, 28, 42

CALYPSO

Messsoftware der IMT zur Messung von Regelgeometrie-Elementen. 23, 71

CNC-Messung

Vollautomatisierte Messung, Antastung der Punkte erfolgt ohne Zutun des Arbeiters. 14, 23, 31

Electronic Entertainment Expo

Bedeutendste Messe der Video- und Computerspielindustrie, findet seit 1995 jährlich (bis auf 2007/2008) in Los Angeles statt. 20, 87

Extensible Application Markup Language

XML-basierte Beschreibungssprache zur Oberflächengestaltung in WPF. 27, 87

Freiformflächen

Beschreibung von Flächen als frei definierbare Kurve, zum Beispiel als NURBS. 13, 23

holos

Messsoftware der IMT zur Messung von Freiformflächen. 23, 78

Non-Uniform Rational B-Spline

Mathematische Definition für Kurven und Flächen. 13, 87

OpenGL

Freie Grafik-API zur Darstellung von 2D- und 3D-Grafiken. Basiert auf IrisGL von SGI, Grafik-API davon wurde 1992 als OpenGL ausgelagert. Die Entwicklung wird seit 2006 vom nicht kommerziell orientierten Khronos-Konsortium geführt und verwaltet. 14

Rapid Prototyping

Schnelle Erstellung eines Prototypens zur frühzeitigen Evaluierung eines Konzeptes. 12, 26, 81, 82

Regelgeometrie

Geometrische Elemente in Standardisierter Form. 13, 23, 67, 85

Silverlight

Technologie zur graphischen Darstellung in webbasierten Anwendungen, technisch eine Untermenge von WPF. 26

Tablet-PC

Tragbarer Computer ohne Tastatur. Eingabe erfolgt über den berührungsempfindlichen Bildschirm (Touchscreen, siehe 3.3). 11, 30, 32, 33, 41, 72, 81, 83

Werker

Mitarbeiter der Produktion, der auch Messsoftware zur Verifizierung der produzierten Teile nutzt. 13, 23, 29–31, 33, 57–59

Windows Presentation Foundation

Framework zur Darstellung und Erzeugung von Graphischen Oberflächen von Microsoft. Basiert auf .Net Framework. 14, 87

Abkürzungsverzeichnis

E ³	Electronic Entertainment Expo. 20
IMT	Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH. 13, 14, 23, 35, 68, 77, 85
NURBS	Non-Uniform Rational B-Spline. 13, 85
WPF	Windows Presentation Foundation. 14, 26, 28, 86
XAML	Extensible Application Markup Language. 27

Abbildungsverzeichnis

3.1. Acht Schnippgesten in Windows 7 und Windows Phone. Quelle: [12] $.$ 19					
4.1. Beispiel eines Sketchflow-Diagramms. Aus Sketchflow-Beispielanwendung					
Snowboard Online					
4.2. Beispiel eines Bildschirms erstellt in Sketchflow. Aus Sketchflow Bei-					
spielanwendung "Snowboard Online"					
5.1. Sketchflow-Diagramm der ersten Iteration Geführte Messung 34					
5.2. Beispiele aus ersten Iteration Geführte Messung					
5.3. Sketchflow-Diagramm der zweiten Iteration Geführte Messung 36					
5.4. Beispiele aus der zweiten Iteration Geführte Messung 37					
5.5. Sketchflow-Diagramm der dritten Iteration Geführte Messung 39					
5.6. Beispiele aus der dritten Iteration Geführte Messung 40					
5.7. Beispiele aus der vierten Iteration Geführte Messung 41					
5.8. Veranschaulichung der Geste zum Scrollen im Prüfplan 43					
5.9. Veranschaulichung der Geste zum Selektieren einzelner Merkmale 44					
5.10. Veranschaulichung der Geste zum selektieren mehrerer Merkmale					
im Prüfplan					
5.11. Veranschaulichung der Geste zum bilden von Gruppen von Merkma-					
len im Prüfplan					
5.12. Veranschaulichung der Geste zum Verschieben von Merkmalen im					
Prüfplan					
5.13. Beispiele der sechsten Iteration Geführte Messung					
5.14.Drag-and-Drop-Geste zur Erzeugung einer Ausrichtung anhand von					
Merkmalen					
5.15.Drag-and-Drop-Geste zum hinzufügen von Merkmalen zum Protokoll 50					
5.16. Sketchflow-Diagramm der achten Iteration Geführte Messung 52					
5.17.Bildschirm mit Anzeige am oberen Bildschirmrand					

5.18.Konfiguration des Protokolls und Optionen zum Drucken und Expor-
tieren
5.19. Sketchflow-Diagramm der neunten Iteration Geführte Messung 55
5.20. Beispiele der neunten Iteration Geführte Messung
5.21. Einstellungsdialog, Aufruf über Icon rechts oben
5.22. Beispiele der zehnten Iteration Geführte Messung
5.23. Sketchflow Diagramm erste Iteration Optimierte Oberfläche 61
5.24. Beispiele aus der erste Iteration Optimierte Oberfläche 62
5.25. Protokoll erstellen mit geänderter Navigationsleiste 62
5.26. Sketchflow Diagramm zweite Iteration Optimierte Oberfläche 64
5.27. Screenshots aus der zweiten Iteration Optimierte Oberfläche 65
5.28. Beispiele aus der dritten Iteration Optimierte Oberfläche 65
6.1 Änderungen für interne Evolution 74
6.2 Nous Augustung und Anardnung in Novigation 75
6.2. Neue Auswertung und Anoranung in Navigation
6.3. Entwürfe für Darstellung der Messergebnisse im Prüfplan 76
6.4. Änderungen durch die interne Evaluierung
A.1. Erste Seite des Fragebogens
A.2. Zweite Seite des Fragebogens
A.3. Erster Teil der dritten Seite des Fragebogens
A.4. Zweiter Teil der dritten Seite des Fragebogens
A.5. Vierte Seite des Fragebogens
A.6. Fünfte Seite des Fragebogens

Literaturverzeichnis

- [1] R.C. Cassingham. The Dvorak keyboard: the ergonomically designed typewriter keyboard now an American standard. Freelance Communications, 1986.
- [2] Alan Cooper. The Inmates Are Running The Asylum: Why High-tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity. Sams, 2nd edition, 2004.
- [3] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd, and Russel Beale. *Humand Compuer Interaction*. Pearson Education, 4th edition, 2004.
- [4] Rainer Dorau. Emotionales Interaktionsdesign Gesten und Mimik interaktiver Systeme. Springer, 1st edition, 2011.
- [5] Douglas Carl Engelbart. X-Y Position Inidicator for a Display System. US Patent No. 3541 541 (1970), http://www.google.com/patents/US3541541.
 Zuletzt aufgerufen: 2012-03-09.
- [6] Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH. Fertigungs-Messgeräte Dura-Max. http://www.zeiss.de/duramax. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-23.
- [7] Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH. Messsoftware CALIGO Freie Formen präzise erfassen. http://www.zeiss.de/C12567B6005445A1/ ContentsWWWIntern/6ECB93C7B8336BA5C1256BE2002C946D. Zuletzt aufgerufen: 2012-02-23.
- [8] Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH. PiWEB Analysieren, auswerten, aufbereiten. http://www.zeiss.de/C12567B6005445A1/ ContentsWWWIntern/B87CF8BC8CAC57F6C12576C7004567ED. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-29.
- [9] Holometric Technologies GmbH. Nutzerbefragung Messsoftware im Werkstattumfeld. http://holometric.wufoo.com/forms/ nutzerbefragung-messsoftware-im-werkstattumfeld/. Zuletzt aufgerufen: 2012-02-27.

- [10] Michael Herczeg. *Software-Ergonomie*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 1st edition, 2009.
- [11] Microsoft Inc. Microsoft Expression Blend 4 | Silverlight | Rich Internet Applications | XAML | WPF Applications | .NET Platform | TFS | VB | C# | Microsoft Expression. http://www.microsoft.com/expression/ products/Blend_Overview.aspx. Zuletzt aufgerufen: 2012-05-03.
- [12] Microsoft Inc. Touch. http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ cc872774.aspx. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-20.
- [13] Microsoft Inc. Windows 8 System Requirements System requirements for certifying Windows 8 systems. http://msdn.microsoft.com/library/ windows/hardware/hh748188. Zuletzt aufgerufen: 2012-04-25.
- [14] Intuity Media Lab. Intuity media lab // designing experiences. creating vision. shaping ventures. http://www.intuity.de. Zuletzt aufgerufen: 2012-05-03.
- [15] Daniela Marquardt. Grundsatzuntersuchungen und -entwicklungen für den Einsatz von 3D-Bewegungssensoren bzw. Systemen zur Gestenerkennung in der Koordinatenmesstechnik (Arbeitstitel). Bachelorarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Aalen, 2012.
- [16] Joachim Schenk and Gerhard Rigoll. Mensch-Maschine-Kommunikation -Grundlagen von sprach- und bildbasierten Benutzerschnittstellen. Springer, 1st edition, 2010.
- [17] Christopher Latham Sholes. Improvement in Type-Writing Mashines. US Patent No. 79 265 (1868), http://www.google.com/patents/US79265. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-06.
- [18] Steven Sinofsky. Building Windows 8 Optimizing for both landscape and portrait. http://blogs.msdn.com/b/b8/archive/2011/10/20/ optimizing-for-both-landscape-and-portrait.aspx. Zuletzte aufgerufen: 2012-03-26.
- [19] Manuel Weist. Implementierung eines alternativen Bedienkonzeptes f
 ür eine Messapplikation im Werkstattumfeld. Bachelorarbeit, Hochschule f
 ür Technik und Wirtschaft Aalen, 2012.

- [20] Wikipedia. Kinect Wikipedia. http://de.wikipedia.org/wiki/Kinect. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-08.
- [21] Wikipedia. PlayStation 3 Wikipedia PlayStation Move. http://de. wikipedia.org/wiki/PlayStation_Move#PlayStation_Move. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-08.
- [22] Wikipedia. Wii Wikipedia. http://de.wikipedia.org/wiki/Wii. Zuletzt aufgerufen: 2012-03-08.

A. Fragebogen

	[9]						
	ZEISS						
We	e make it visible.						
	Nutzerbefragung Messsoftware im Werkstattumfeld						
	Unternehmensprofil 2 Aufbau einer Messstation 3 Messsoftware 4 Messsoftware 5 Abschluss						
	Unternehmensprofil						
	Name *						
	Branche *						
	Größe *						
	Arbeitszeitmodell *						
	Gleitzeit						
	Tagarbeit						
	2 Schicht						
	Mehrschicht						

Abbildung A.1.: Erste Seite des Fragebogens

Aufbau einer Messstation

Welches Betriebssystem verwenden Sie? *

- Windows XP
- Windows Vista
- Windows 7
- Other

Welche Software von IMT ist im Einsatz? *

- Scanware
- U-Soft
- MyCalypso
- Other

Welche Hardware-Ausstattung verwenden Sie? *

- Oesktop PC
- Workstation
- Other

Wecher Typ von Messmaschinen ist im Einsatz? *

- ScanMax
- DuraMax
- Other

Abbildung A.2.: Zweite Seite des Fragebogens

	sehr zufrieden	zufrieden	mittelmäßig	eher unzufrieden	völlig unzufrieden
Bedienbarkeit	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc
Messleistung	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc
Funktionsumfang	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc
Gesamteindruck	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc

Bewerten Sie Ihre Zufriedenheit mit den folgenden Aspekten der eingesetzten Messsoftware *

Nutzen Sie Makros zur Automatisierung der Messabläufe? *

- 🔘 Ja
- Nein

Haben Sie schon einmal Makros selber erstellt?

- 🕥 Ja
- Nein
- Weiß nicht

Wie oft messen Sie Regelgeometrieelemente? *

- Ausschließlich
- Oft
- Manchmal
- Selten
- 🔘 Nie
- Weiß nicht

Haben Sie zusätzlich noch Handmessmittel im Einsatz? *

- 🔘 Ja
- Nein

Abbildung A.3.: Erster Teil der dritten Seite des Fragebogens

Welche?

- Meßschieber
- Meßuhr
- Tiefenmesser
- Meßschraube
- andere

Wie viele Ihrer zuvor per Hand gemessenen Aufgaben erledigen Sie mit der Maschine? *

- Weniger als 20%
- 20% bis 40%
- 40% bis 60%
- 60% bis 80%
- mehr als 80%
- Weiß nicht

Welche Eigenschaften messen Sie noch von Hand?

Wie viele Mitarbeiter nutzen eine Messstation? *

Wird oft mit unterschiedlichen Einstellungen gemessen? *

🔘 Ja

Nein

Würden Sie eine Profilverwaltung für Ihre Mitarbeiter begrüßen?

🔘 Ja

Nein

Abbildung A.4.: Zweiter Teil der dritten Seite des Fragebogens

Ist die eingesetzte Software Ihrer Meinung nach zum "einfach messen" geeignet?

🔘 Ja

Nein

Was gefällt Ihnen besonders gut?



Wo sehen Sie Verbesserungspotential? *

Werden bei Ihnen zur Messung auch Prüfpläne verwendet? *

🔘 Ja

Nein

Wie viele Elementen hat ein Prüfplan für eine typische Messaufgabe?

lst es oft notwendig, ein Messprotokoll auszudrucken? *

🔘 Ja

Nein

Bewerten Sie Ihre Zufriedenheit mit den folgenden Aspekten des Messprotokolls

	sehr zufrieden	zufrieden	mittelmäßig	eher unzufrieden	völlig unzufrieden	N/A
Umfang	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc
Darstellung	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc
Gesamteindruck	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc



Würden Sie ein alternative Eingabemöglichkeit zu Tastatur und Maus nutzen? *

🕥 Ja

Nein

Welches?

Touchscreen

Sprachsteuerung

andere

Abbildung A.6.: Fünfte Seite des Fragebogens

B. Inhalt CD

B.1. Quelltexte

- doc: Quellen der Ausarbeitung in LATEX.
- **etc:** weitere Notizen und was sonst nirgendwo hin passt oder nicht genug war, um ein eigenes Repository zu rechtfertigen.
- fragebogen: erster Entwurf des Fragebogens in LATEX.
- presentation: Präsentationen Firmen intern und für HTW in LATEX.

B.2. Expression Blend Projekte

- Icons64: Einfache Icons zur Verwendung in den Sktechflow-Prototypen.
- **prototyp\WpfPrototyp6:** erstes Expression Blend Sketchflow Projekt, umfasst alle Iterationen der Optimierten Oberfläche 5.4 sowie Interationen 1 (Abschnitt 5.3.1) bis 4 (Abschnitt 5.3.4) und Iteration 6 (Abschnitt 5.3.6 bis 10 (Abschnitt 5.3.10 Geführte Messung. Iterationen 5 (Abschnitt 5.3.5) und 7 (Abschnitt 5.3.7) wurden nur als Konzept-Grafiken und Animationen in dieser Arbeit behandelt.
- **prototyp\WpfPrototype6_Evaluation_23**: erster Prototyp zur internen Evaluation.
- **prototyp\WpfPrototype6_Evaluation_24**: korrigierter Prototyp zur internen Evaluation.

B.3. Rapid Prototypes

• **Prototypen:** Enthält exportierte, eigenständig lauffähige Sktechflow-Prototypen, erstellt mit Expression Blend. Bei merkliche Neuerungen wurde eine neuer Version erzeugt. Enthält auch die als Word-Dokument exportierte Dokumentation, an ihnen wurden keine weiteren Veränderungen vorgenommen.

B.4. Software

Zusätzliche Software, die teilweise zum arbeiten mit dem Quellen notwendig ist. Nur Versionen für Windows-Systeme.

- **7-zip Version 9.2 (x86/x64):** Freies Packprogramm zum entpacken der Rapid-Prototypen.
- **Microsoft Expression Blend 4 60 Day Trial:** Testversion mit der die Projekte geöffnet werden können.
- **Paint.net Version 3.5.10:** einfaches, pixelbasiertes Bildbearbeitungsprogramm, mit dem die Icons zur Verwendung in den Sktechflow-Prototypen erstellt wurden. Sie wurden neben den gängigen png-Format auch im Paint.net eigenen Format gespeichert (Endung: pnd).
- VLC Media Player Version 2.0.1: Zum Abspielen der aus den Animationen generierten Videos.

B.5. Videos

Videos der selbstlaufenden Animationen:

- Drag-and-Drop-Geste, beschrieben in Abschnitt 5.3.7.
 - Ausrichtung
 - Protokoll
- Messablauf mit Merkmalassistent, beschrieben in Abschnitt 5.4.3.
- Multitouchgesten im Prüfplan, beschrieben in Abschnitt 5.3.5.
 - Einzelselektion
 - Gruppieren
 - Mehrfachselektion Varianten 1
 - Mehrfachselektion Varianten 2
 - Scrollen
 - Verschieben