

Mehr als Multitouch



Moderne Bedienung von Spritzgiessmaschinen

Masterarbeit MAS HCID 2014/15



Björn Denzler Mario Hiestand
Dani Müller Christian Walther

Impressum

31. Januar 2015

Projektteam

Björn Denzler
Mario Hiestand
Dani Müller
Christian Walther

Auftraggeber

Netstal-Maschinen AG

Betreuer

Dr. sc. techn. ETH Marcel B.F. Uhr

Co-Referent

Dr.-Ing. ETH Dieter Stokar

Ausbildung

Master of Advanced Studies in Human Computer Interaction Design (MAS HCID)
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Universität Basel

Erklärung der Selbständigkeit

Hiermit bestätige ich,

- dass ich die vorliegende Arbeit selber und ohne fremde Hilfe durchgeführt habe, ausser derjenigen, welche explizit beschrieben ist,
- dass ich sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss gängigen wissenschaftlichen Regeln korrekt zitiert habe, und
- dass ich keine durch Copyright geschützten Materialien (z.B. Bilder) in dieser Arbeit in unerlaubter Weise genutzt habe.

Björn Denzler
Rapperswil, 21.1.2015



Mario Hiestand
Horgen, 21.1.2015



Dani Müller
Kaltbrunn, 21.1.2015



Christian Walther
Winterthur, 21.1.2015



Danksagung

Diese vorliegende Abschlussarbeit des Masterstudiengangs HCID entstand in enger Zusammenarbeit mit der Netstal-Maschinen AG.

Das spannende Thema «Multitouch im industriellen Umfeld» stellte für uns ein Wunschthema dar, welches uns durch Projektleiter Adrian Marti ermöglicht wurde.

Durch das Vertrauen und die Offenheit zahlreicher Unternehmen wurde es uns als Studenten der Hochschule für Technik Rapperswil HSR ermöglicht, einen vertieften Einblick in deren Betriebs- und Produktionsabläufe zu bekommen.

Durch die Mithilfe, die konstruktiven Ideen und das ehrliche Feedback der zahlreichen Probanden konnten wir unsere Studie konkret ausarbeiten und weiterentwickeln.

Ihnen allen gilt unser Dank, doch besonders unserem Coach Marcel Uhr, der uns immer mit hilfreichen Ratschlägen unterstützte. An die kurzweiligen Meetings erinnern wir uns gerne zurück.

Danken möchten wir auch unseren Familien und Freunden für ihr Verständnis und ihre Unterstützung.

Abstract

Die Multitouch-Technologie ist fortgeschritten und erschwinglich für den Einsatz im industriellen Umfeld. Der Einsatz grossflächiger Multitouch-Displays ist eine neue Chance, sich durch eine intuitive Bedienung zu differenzieren, aber auch eine anspruchsvolle Aufgabe für Maschinen- und Anlagenbauer. Die Gestaltung von Bedienoberflächen für Touch-Interfaces unterliegt eigenen Regeln. Den identischen Designansatz anzuwenden wie für Mausbedienungen führt zu nicht optimaler User-Experience. Welche Unterschiede existieren zur Mausbedienung? Wie können die Vorteile der neuen Technologie genutzt werden?

Anhand eines praktischen Beispiels wird in der vorliegenden Arbeit eine Überarbeitung einer Bedienoberfläche für eine Spritzgiessmaschine gezeigt. Als benutzerzentriertes Vorgehen wurde das Modell von D. Mayhew gewählt.

Es wurde ein neues Multitouch-Bedienkonzept mit einer ergänzenden Eingabemethode mit haptischem Feedback erstellt. Eine neue Informationsarchitektur bringt für die Anwender verständlichere situationsgerechte Anweisungen. Anhand zweier Beispiele (Kurvencursor, Parametereingabe) wurden detaillierte Multitouch-Interaktionen untersucht.

Die in mehreren Iterationen erfolgreich evaluierten konzeptionellen Designentwürfe zur Informationsarchitektur werden direkt in die weitere Arbeit der Auftraggeberin einfließen. Beim Kurvencursor sind die gewonnenen Erkenntnisse noch in weiteren Iterationen umzusetzen. Zur Parametereingabe sind noch detailliertere Prototypen auszuarbeiten.

Inhalt

1. Einleitung	9	2.5.3 Herleitung von Usability-Zielen aus den Personas.....	29
1.1 Aufgabenstellung.....	9	3. Design Level 1: Struktur und Hardware	33
1.2 Fachlicher Kontext: Spritzgiessen.....	10	3.1 Einflussfaktoren und Entscheidungen.....	33
1.2.1 Aufbau der Maschine.....	10	3.1.1 Haptisches Feedback von Touchscreens.....	33
1.2.2 Ablauf des Spritzgiesszyklus.....	10	3.1.2 Touchtechnologien mit haptischem Feedback.....	34
1.3 Wahl des Vorgehensmodells.....	12	3.1.3 Bildschirmstatur als optimale Lösung.....	35
1.4 Organisation und Planung anhand des Mayhew-Prozesses.....	13	3.1.4 Evaluation eines zusätzlichen haptischen Eingabegeräts.....	35
2. Requirements Analysis	17	3.1.5 Einflüsse der Multitouch-Technologie auf die Interface-Gestaltung.....	36
2.1 Contextual Task Analysis.....	17	3.1.6 Wahl der Gesten für den Prototyp.....	37
2.1.1 Bestehendes System.....	17	3.1.7 Unterstützung von Touch und Drehrad.....	38
2.1.2 Spritzgiesskurs.....	18	3.1.8 Gestaltungsideen.....	38
2.1.3 Kundenbesuche.....	18	3.2 Software-Hilfsmittel für die Design-Phase.....	38
2.2 Personas.....	20	3.2.1 Suche nach dem universellen Werkzeug.....	39
2.2.1 Weshalb Personas statt User Profiles.....	20	3.2.2 Zusammenstellung der verschiedenen Tools.....	39
2.2.2 Vorgehen.....	21	3.2.3 Workflow.....	41
2.2.3 Übertragbarkeit der Ergebnisse.....	21	3.2.4 Softwarearchitektur des Prototyps.....	41
2.2.4 Auswertung und Resultate.....	21	3.3 Work Reengineering, Iteration 1: Eine neue Informationsarchitektur.....	41
2.2.5 Fazit und Reflexion.....	23	3.3.1 Separate Bereiche für verschiedene Benutzerrollen.....	41
2.3 Platform Capabilities / Constraints.....	23	3.3.2 Die 5 Arbeitssituationen.....	42
2.3.1 Vorgehen.....	23	3.3.3 Verifikation durch Card Sorting.....	42
2.3.2 Hardware-Constraints.....	23	3.4 Conceptual Model Design, Iteration 1.....	44
2.3.3 Software-Constraints.....	24	3.4.1 Ausarbeitung des Navigationskonzepts.....	44
2.4 General Design Principles.....	24	3.4.2 Mockup: Papierprototyp.....	46
2.4.1 Anthropometrische Überlegungen.....	24	3.4.3 Design der Hardware.....	48
2.4.2 Eigenheiten der Touchbedienung.....	25	3.5 Work Reengineering, Iteration 2.....	52
2.4.3 Unterschiede zur Maussteuerung.....	26	3.6 Conceptual Model Design, Iteration 2.....	52
2.4.4 Touch-Gesten.....	27	3.6.1 Design der UI-Struktur.....	52
2.4.5 Guidelines & Styleguides.....	27	3.6.2 Design der Hardware.....	55
2.4.6 Icon- und Schriftwahl.....	28	4. Design Level 2: Detailinteraktionen	59
2.5 Usability Goal Setting.....	28	4.1 Parametereingabe.....	59
2.5.1 Das Setzen von Usability-Zielen dient deren Zielerreichung.....	28	4.1.1 Ausgangslage.....	59
2.5.2 Usability-Ziele der Auftraggeberin.....	28	4.1.2 Anforderungen.....	59

4.1.3	Interaktionspattern.....	59	A15	Evaluation Papierprototyp und Hardware-Ergonomie: Auswertung.....	116
4.1.4	Scribbles.....	60	A16	Entwurf IA.....	120
4.2	Kurveneditor.....	62	A17	Evaluation Informationsarchitektur, Level 1 Iteration 2: Leitfaden.....	124
4.2.1	Design.....	62	A18	Evaluation Informationsarchitektur, Level 1 Iteration 2: Testprotokoll.....	126
4.2.2	Prototyp-Umsetzung.....	63	A19	Evaluation Kurveneditor: Leitfaden.....	128
4.2.3	Evaluation.....	64	A20	Evaluation Kurveneditor: Auswertung.....	130
4.2.4	Reflexion.....	66	A21	Evaluation Kurveneditor: Ergebnisse und Empfehlungen.....	134
5.	Ergebnisse	69	Anhang B		138
5.1	Bewertung der Ergebnisse.....	69			
5.1.1	Was wurde erreicht in Bezug auf die Usability-Ziele?.....	69			
5.1.2	Nutzen für die Auftraggeberin.....	70			
5.2	Rückmeldungen der Auftraggeberin.....	70			
5.3	Reflexion.....	70			
5.3.1	Der Schwerpunkt der Masterarbeit.....	70			
5.3.2	Die Bedeutung des Domänenwissens.....	70			
5.3.3	Eigenständiges Arbeiten.....	70			
5.3.4	Firmeninternes Marketing für User Centred Design	70			
5.3.5	Erkenntnisse zum gewählten Vorgehensmodell.....	71			
5.3.6	Allgemeine Erkenntnisse bezüglich Methodenwahl.....	71			
5.4	Empfehlungen an die Auftraggeberin.....	71			
5.4.1	Absicht der Auftraggeberin.....	71			
	Literatur	73			
	Verzeichnis der Abbildungen	74			
	Glossar	75			
	Anhang A	77			
A1	Aufgabenstellung.....	77			
A2	Projektplan.....	79			
A3	Stakeholderliste.....	80			
A4	Risikoliste.....	81			
A5	Mengengerüst der Bedienelemente.....	82			
A6	Tätigkeiten-Sammlung aXos.....	83			
A7	Kundenbesuche: Leitfaden.....	85			
A8	Kundenbesuche: Physical Models.....	87			
A9	Personas.....	88			
A10	Szenarien.....	96			
A11	Card Sorting: Leitfaden.....	100			
A12	Card Sorting: Auswertung.....	102			
A13	Card Sorting: Resultate.....	106			
A14	Evaluation Papierprototyp und Hardware-Ergonomie: Leitfaden.....	114			



1. Einleitung

Die Netstal-Maschinen AG, ein führender Anbieter hochpräziser, schnell laufender Kunststoff-Spritzgiessmaschinen, arbeitet an einer neuen Generation einer Maschinen-Bedienoberfläche, bei der erstmals ein Touchscreen mit Multitouch-Technologie eingesetzt werden soll. Um sich im umkämpften Markt als Premium-Anbieter behaupten zu können, wird Benutzerfreundlichkeit als zentrales Merkmal hoch gehalten. Die neue Steuerung soll deshalb von Grund auf an die Eigenheiten der Touch-Bedienung angepasst sein. In der vorliegenden Arbeit werden mit Hilfe von anerkannten Usability-Methoden die Grundlagen dafür gelegt: Es werden Konzepte und Prototypen entwickelt, auf denen die weitere Entwicklungsarbeit der Auftraggeberin aufbauen wird.

Kapitel 1 erläutert den Kontext und die Aufgabenstellung der Arbeit sowie organisatorische und methodische Entscheidungen zur Durchführung.

Kapitel 2, 3 und 4 beschreiben Forschungstätigkeiten und Ergebnisse anhand des gewählten Vorgehensmodells, des *Usability Engineering Lifecycle* von D. Mayhew. Die Kapitel- und Abschnittsüberschriften orientieren sich dabei an den englischen Originalbegriffen von Mayhew. **Kapitel 2** behandelt die durchgeführte Nutzerforschung. Es folgen Design, Prototyp-Entwicklung und Evaluation in zwei Levels: In **Kapitel 3** werden ein Konzept für die umfassende Struktur der Applikation entwickelt sowie Fragen der Hardware-Wahl behandelt. **Kapitel 4** untersucht anhand zweier Beispiele detaillierte Multitouch-Interaktionen.

In **Kapitel 5** werden die Ergebnisse zusammengefasst, kritisch betrachtet und in den Kontext des weiteren Projektverlaufs bei der Auftraggeberin gestellt. Eine Reflexion des Verlaufs der Masterarbeit schliesst den Bericht ab.

1.1 Aufgabenstellung

Die zu Beginn der Arbeit mit der Auftraggeberin vereinbarte Aufgabenstellung, damals noch unter dem Arbeitstitel «Multitouch im industriellen Umfeld» (vollständiger Wortlaut im Anhang A1), sah folgende Ziele für die Arbeit vor:

Die Netstal-Maschinen AG plant, an der kommenden weltgrössten Messe der Kunststoffbranche im Oktober 2016 ein überarbeitetes HMI zu präsentieren. Dieses soll klar als Evolution der bisherigen Steuerung erkennbar sein. Das heisst im Wesentlichen, dass der Ablaufeditor der aktuellen Steuerung weiterhin im Zentrum der Bedienung stehen soll. Geplant ist auch der Einsatz eines oder mehrerer multitouchfähiger Bildschirme. Diese können durch verschiedene

Zusatzgeräte für eine optimale Bedienung der Maschine ergänzt werden.

Ziel der Masterarbeit ist es, dass die grundlegenden Bedienkonzepte erarbeitet und die benötigten Hardwarekomponenten definiert sind. Basierend auf diesen Konzepten wird die Auftraggeberin ein neues Userinterface erstellen. Im Wesentlichen sind dies:

- Anzahl, Ausrichtung und Spezifikation (Grösse, Auflösung) der verwendeten Bildschirme
- Spezifikation der zusätzlichen Bedienelemente, insbesondere Anzahl und Anordnung allfälliger haptischer Tasten wie sie bereits heute zum Einsatz kommen
- Navigationskonzept
- Bedienkonzept für Grundelemente (keine abschliessende Auflistung):
 - Manipulationen am Ablauf
 - Parameteränderungen
 - Ein- und Ausschalten von Elementen
 - Zoomen
 - Scrollen
 - Blättern

Ebenso soll am Ende dieser Arbeit ein funktionsfähiger Prototyp vorhanden sein, an welchem die einzelnen Konzepte ersichtlich und erfahrbar sind. Die softwareseitige Realisierung des Prototypen ist nicht Bestandteil der Masterarbeit.

Während der ersten Monate der Arbeit hat sich dann die Erkenntnis ergeben, dass für eine optimale, situationsgerechte Unterstützung der verschiedenen Benutzer auch die Struktur der bisherigen Bedieneroberfläche hinterfragt werden muss. In diesem Bereich könnte sich ein grösserer Usability-Gewinn realisieren lassen als mit der blossen Spezifikation von Hardware und Multitouch-Interaktionen. Diese Einsicht führte dazu, dass in Absprache mit Auftraggeberin und Coach der Fokus der Arbeit dahin verschoben wurde, zusammen mit der Hardware und den an sie angepassten Bedienkonzepten auch die Struktur der Applikation zu überarbeiten. Insbesondere sollte eine neue Informationsarchitektur ausgearbeitet werden. Bedienkonzepte für Grundelemente würden lediglich noch, im Sinne von Durchstichen, an einzelnen Beispielen entwickelt werden. Daraus ergab sich schliesslich auch der erste Teil des definitiven Titels «Mehr als Multitouch: Moderne Bedienung von Spritzgiessmaschinen». Genaueres zur Begründung des verschobenen Fokus ist beschrieben in Abschnitt 3.3, Seite 41.



Abbildung 1: Spritzgiessmaschine

1.2 Fachlicher Kontext: Spritzgiessen

Mit Spritzgiessmaschinen werden Kunststoff-Produkte hergestellt. Die meisten Kunststoff-Produkte werden im Spritzgiessverfahren hergestellt. (PlasticsEurope 2014, S.16) nennt unter Anderen folgende Produkte: PET-Flaschen, Spielzeuge, Gummistiefel, Fensterverschalungen, Blumentöpfe, Stossstangen, Verpackungen für Nahrungsmittel, Gefrierschubladen, LEGO-Steine. Die Ausgangsmaterialien sind primär Thermoplaste in Form von Granulat. Thermoplaste sind Kunststoffe, welche sich bei Erhitzung ab einer bestimmten Temperatur verformen lassen. Dieser Vorgang kann mehrfach wiederholt werden. Daneben gibt es Duroplaste, die nach der Aushärtung nicht mehr verformt werden können. Thermoplast-Spritzgiessen ist ein rein physikalischer Umformungsprozess unter Zuhilfenahme von Wärme und Druck. Ziel dabei ist, möglichst wenig Energie zu verwenden.

Neben dem Ausgangsmaterial gibt es bei der Herstellung der Teile grosse Variation bei der Grösse der Teile, bei der Präzision und bei den Qualitätsansprüchen. Die Medizintechnik stellt beispielsweise andere Anforderungen an die Produktion als etwa die Verpackungsindustrie (z.B. Rückverfolgbarkeit).

1.2.1 Aufbau der Maschine

Eine Spritzgiessmaschine, wie sie von der Netstal-Maschinen AG hergestellt wird (Abbildung 1), besteht im Wesentlichen aus drei Baugruppen: dem Aggregat, dem Werkzeugraum und der Schliesseinheit, dargestellt in Abbildung 2.

Im *Aggregat* ist die Plastifiziereinheit enthalten. Die Plastifiziereinheit stellt den Kunststoff als Schmelze unter dem zur Herstellung benötigten Druck bereit.

Der *Werkzeugraum* ist der Bereich, in welchem das Werkzeug, welches als Gussform dient, für die Herstellung der Kunststoffteile in Betrieb ist. Aus Sicherheitsgründen ist der Werkzeugraum verschlossen. Durch ein Sichtfenster hat der Anwender jederzeit Einblick, um den aktuellen Status im Werkzeugraum visuell zu verfolgen.

Die *Schliesseinheit* ist für die mechanische Bedienung des Werkzeugs zuständig. Die Hauptfunktionen bestehen darin, das Werkzeug zu öffnen und zu schliessen, sowie das Werkzeug mit dem gewünschten Druck zusammen zu pressen.

1.2.2 Ablauf des Spritzgiesszyklus

Die Herstellung der Kunststoffteile erfolgt sequentiell in einem Zyklus, der zwischen 1.5 Sekunden und mehreren Minuten dauern kann. Für den wirtschaftlichen Betrieb ist es wichtig, dass die

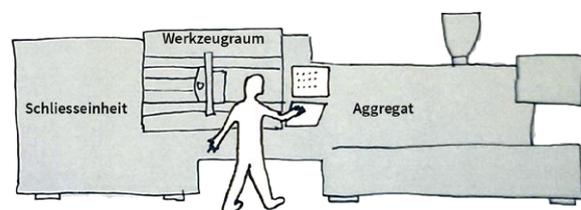


Abbildung 2: Spritzgiessmaschine, schematisch

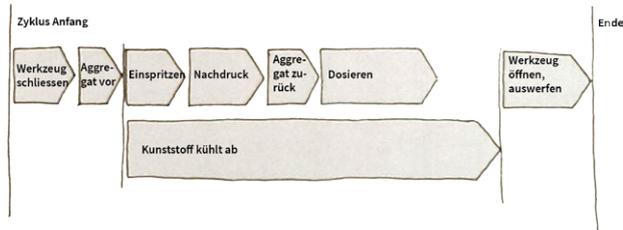


Abbildung 3: Spritzgiess-Zyklus

Zykluszeit möglichst kurz ist. Je nach individueller Anforderung des Herstellers werden zugunsten der Qualität des Produkts, eines störungsfreien Herstellungsprozesses sowie eines schonenden Umgangs mit Maschine und Ressourcen Kompromisse eingegangen. Eine effiziente Maschine zeichnet sich durch grossen Ausstoss qualitativ guter Teile bei möglichst geringem Energieverbrauch pro Kilogramm Kunststoff aus.

Der generalisierte Zyklus für die Verarbeitung von Thermoplasten enthält diese Schritte (Michaeli 2010, S. 113):

1. Werkzeug schliessen
2. Aggregat anpressen und einspritzen
3. Nachdruck und Kühlphase
4. Dosieren
5. Werkzeug öffnen und Formteil(e) auswerfen

(Abbildung 3)

Werkzeug schliessen

Das Werkzeug ist für die Ausgestaltung des Produkts massgebend. Je nach Aufbau des Werkzeugs können gleichzeitig eines oder mehrere Teile hergestellt werden. Den Bereich für die Herstellung eines Teils nennt man Kavität. In der Kavität ist ein Hohlraum enthalten, der die Form des Produkts bestimmt. Das Werkzeug besteht aus zwei Teilen, damit zur späteren Entnahme des Produkts der Hohlraum geöffnet werden kann. Aufgrund der integrierten beweglichen Elemente und Heizungen sowie der hohen Anforderungen an Präzision und Oberflächenbeschaffenheit sind die Werkzeuge oftmals teurer als die komplette Spritzgiessmaschine.

Abbildung 4: Zu Beginn des Zyklus wird das Werkzeug mit der Schliesseinheit geschlossen.

Die Schliesseinheit besteht aus drei Platten. Die Abstützplatte links und die düsenseitige Formplatte rechts sind durch vier Holme in den Ecken fest miteinander verbunden. In der Mitte befindet sich die bewegliche Formplatte, welche durch die Holme geführt wird und vom Kniehebel bewegt wird. Die beiden Teile des Werkzeugs sind an den Formplatten montiert. Der Antrieb erfolgt entweder mit Hilfe eines Elektromotors oder eines Hydraulik-Antriebs.

Aggregat anpressen und einspritzen

Abbildung 5: Das Granulat wird im Zylinder mit Hilfe der Drehbewegung einer Schnecke zur Düse hin bewegt. Die Drehbewegung bewirkt auch eine Scherung des Granulats. Die dadurch erzeugte Reibungswärme, unterstützt von den umliegenden Heizelementen, erwärmt und plastifiziert das Granulat. Vor dem Einspritzen

der Schmelze wird das gesamte Aggregat mit der Düse an den Eingangskanal des Werkzeugs gepresst. Durch das Pressen der Schnecke zur Düse hin wird der Druck (bis zu 2500 bar) erzeugt und reguliert, der für den weiteren Einspritzvorgang benötigt wird. Um dem hohen Druck entgegenzuhalten sind Schliesskräfte bis 8000 kN nötig. Der Antrieb für das Aggregat erfolgt entweder mit Hilfe eines Elektromotors oder eines Hydraulik-Antriebs.

Nachdruck und Kühlphase

Abbildung 6: Zur Aushärtung der Teile wird die Kavität mit Wasser gekühlt. Mit dem Auskühlen reduziert sich das Volumen der Teile. Um diese Schwindung auszugleichen wird ein Teil des Einspritzdrucks aufrecht erhalten.

Dosieren

Abbildung 7: Während des Auskühlvorgangs bereitet sich die Maschine mit Dosieren auf den nächsten Zyklus vor. Das Drehen der Schnecke fördert Material und die sich am Ende ansammelnde

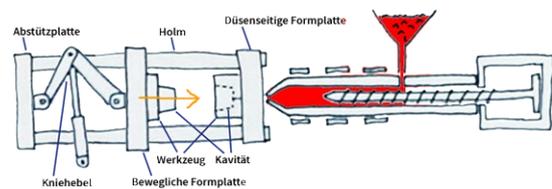


Abbildung 4: Werkzeug schliessen

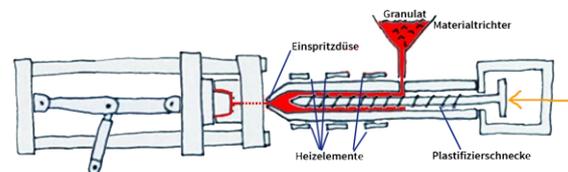


Abbildung 5: Einspritzen der Schmelze

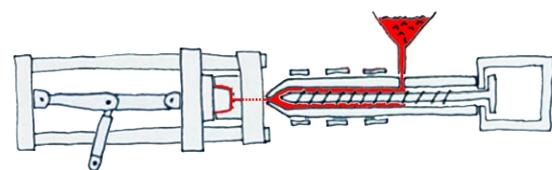


Abbildung 6: Teile auskühlen

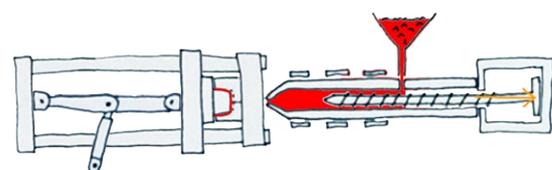


Abbildung 7: Dosieren

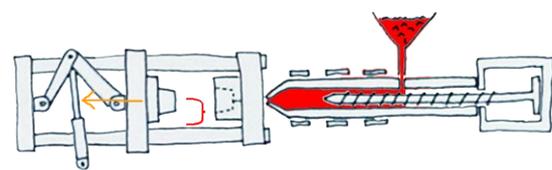


Abbildung 8: Auswurf

Schmelze schiebt die Schnecke zurück. Die aufdosierte Menge hängt ab vom Volumen der Teile und der Anzahl der Kavitäten.

Werkzeug öffnen und Formteil auswerfen

Abbildung 8: Nachdem die Teile genügend ausgekühlt sind, wird das Werkzeug geöffnet. Ein Auswurfmechanismus stößt die Teile aus den Kavitäten aus. Die Teile fallen auf ein Förderband oder werden durch ein Roboter-Handling entnommen. Der Zyklus kann nun wieder von Neuem beginnen.

Der Funktionsumfang sowie die Begriffe der Spritzgiessmaschine sind unter DIN 24450 definiert. (Johannaber und Michaeli 2004, S. 285ff) haben diese Begriffe erläutert.

1.3 Wahl des Vorgehensmodells

Um den Ablauf der vorliegenden Arbeit zu planen, wurden diverse Vorgehensmodelle evaluiert, die im Laufe des Studiums vorgestellt worden waren. Gesucht wurde nach einem auf User-Centred Design ausgerichteten, iterativen Prozess, der sich gut an die speziellen Gegebenheiten des Projekts anpassen liess. In die engere Auswahl kamen dabei drei Prozesse: Der Usability Engineering Lifecycle von Mayhew (Mayhew 1999), ISO 9241-210 (ISO 2010) und Contextual Design von Beyer und Holtzblatt (Holtzblatt und Beyer 2014). Der endgültige Entscheid fiel auf ein Vorgehen basierend auf dem Usability Engineering Lifecycle von Mayhew (Abbildung 9), mit gewissen Anpassungen an die gegebene Situation. Folgende Überlegungen zu den Kandidaten wurden dabei berücksichtigt:

Mayhew

Abgesehen von der dritten Phase «Installation» passte dieses Vorgehen recht gut auf das Projekt, die meisten der beschriebenen Tätigkeiten waren anwendbar und geplant. Mit «Work Reengineering» kommt ein wichtiger Punkt vor, der behandelt werden sollte, selbst wenn sich am Ende möglicherweise wenige Änderungen an den Arbeitsprozessen ergeben sollten, da ein bestehendes Produkt weiterentwickelt und nicht ein komplett neues entworfen wurde. Das Vorgehensmodell gibt klare Richtlinien, was zu tun ist, was vor allem anfangs hilfreich ist, später aber auch einschränkend wirken kann. Die Tätigkeiten und ihre Abfolge sind recht starr festgelegt, bei der Methodenwahl werden konkrete Empfehlungen gemacht, aber mehr Spielraum gelassen. Der Prozess ist eher schwergewichtig und enthält einige Bestandteile, die nicht benötigt wurden. Eine strikte Trennung von Requirements und Design liess sich wohl nicht so umsetzen.

ISO 9241-210

Ein sehr einfacher, praxisgerechter, aktueller Prozess, der aufgrund seiner minimalen Vorgaben leicht adaptierbar ist (Abbildung 10). Methoden können auf das Projekt passend gewählt und auch im Laufe des Projekts angepasst werden. Es muss zur Anwendung nichts aus dem Vorgehensmodell entfernt werden. Durch die grosse Offenheit bietet es jedoch auch nur eine geringe Hilfestellung. Die Wahl der Methoden ist offen und muss zumindest provisorisch zusammen mit der Entscheidung für dieses Vorgehensmodell getroffen werden. Es sind keine Artefakte definiert, und zur Zuordnung zu Projektphasen und zur Anzahl Iterationen werden ebenfalls keine Angaben gemacht.

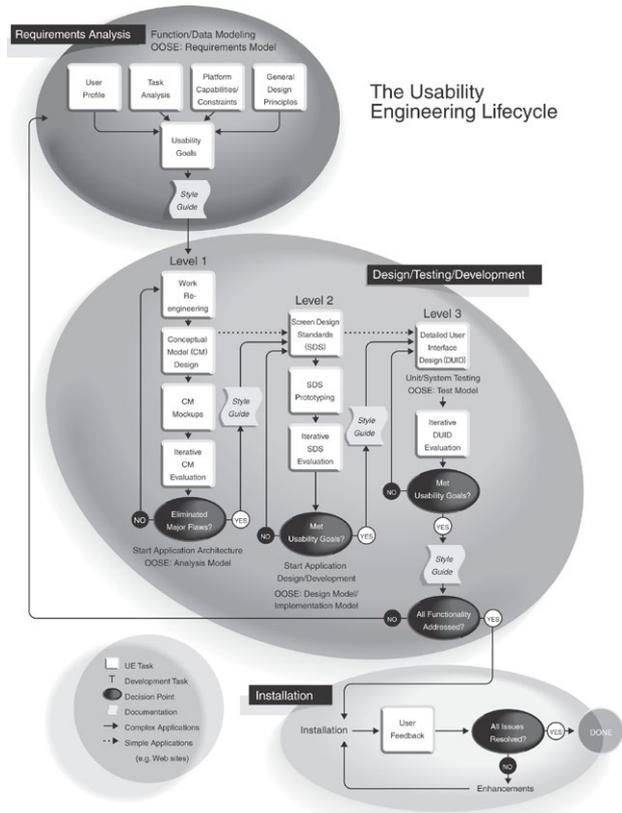


Abbildung 9: Usability Engineering Lifecycle (Mayhew 1999)

Contextual Design

Mit dem Contextual Inquiry liefert dieses Vorgehensmodell eine wertvolle HCI-Technik, die gut auf dieses Projekt passt, allerdings auch losgelöst vom gesamten Vorgehensmodell eingesetzt werden kann. Die Betonung des Arbeitskontextes wurde in der vorliegenden Situation für sinnvoll befunden und die dafür definierten Modelle (physical, sequence, flow, artifact, cultural model) als nützlich betrachtet. Auch das «Work Reengineering» und Walkthroughs mit Benutzern sind enthalten. Der Prozess macht klare Vorgaben zu Ablauf, Methoden und Artefakten, wobei hauptsächlich auf Projektphasen abgestützt wird und die Iteration weniger im Zentrum steht (Abbildung 11). Für das Projekt weniger passende Aspekte: Der Fokus liegt auf dem Sammeln von Anforderungen, während Design eher zweitrangig ist. Der Prozess ist eher auf komplette Neuentwicklungen ausgerichtet als auf die hier ge-

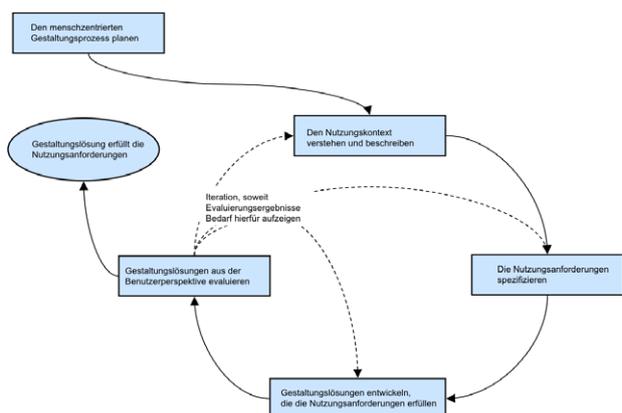


Abbildung 10: ISO 9241-210 (ISO 2010)

forderte Überarbeitung eines bestehenden Produkts. Auch wird die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams betont, welche im vorliegenden Projekt nicht gegeben war. Im Ganzen hätten umfangreiche Änderungen am eher starren Prozess vorgenommen werden müssen, um ihn auf das Projekt anzupassen.

Entscheid und Anpassungen

Contextual Design schied als Gesamtprozess, trotz nützlicher einzelner Methoden, bald aus. Bei der Entscheidung zwischen ISO und Mayhew wurde vor allem der Punkt diskutiert, ob es einfacher, nützlicher und besser begründbar sei, den zu unspezifischen ISO-Prozess zu erweitern oder den zu strengen Mayhew-Prozess einzuschränken und abzuändern. Schliesslich wurde beschlossen, zu viel Anleitung gegenüber zu wenig zu bevorzugen.

Wichtige Anpassungen gegenüber dem reinen Mayhew-Prozess, welche zu diesem Zeitpunkt bereits absehbar waren, waren folgende:

- Die dritte Phase «Installation» würde komplett wegfallen, da das Projekt vor dem installationsbereiten Produkt enden würde.
- An die Stelle der «User Profiles» in der Requirements-Phase würden die Personas treten, die von der Auftraggeberin zur Verfügung gestellt wurden, und die es vor allem zu verifizieren und aktualisieren galt.
- Level 2 der Designphase würde kürzer ausfallen als Level 1 und 3, da nicht das ganze Produkt neu entwickelt werden sollte, sondern nur Teile davon am groben (z.B. Hardwareausstattung, Navigationsstruktur) und am feinen Ende (z.B. Detailinteraktion für Werteeingaben).
- Die beiden Phasen «Requirements Analysis» und «Design/Testing/Development» würden zum Teil parallel nebeneinander laufen, da gewisse Requirements-Inputs aus Kundenbesuchen erst spät eintreffen, während schon aufgrund von früheren Erkenntnissen und Hypothesen am Design gearbeitet werden kann.

Im Laufe des Projektes erweiterten sie sich um folgende:

- Es wurde kein zentrales «Style Guide»-Dokument geführt, sondern mit einzelnen Artefakten der jeweiligen Schritte gearbeitet. Dies erlaubte, für die verschiedenen Arten von Artefakten (Skizzen und Grafiken, Tabellen, Texte, Programmcode, Hardware) jeweils die am besten geeigneten Werkzeuge einzusetzen, ohne dass unnötiger Aufwand für eine Vereinheitlichung

betrieben werden musste. Die enge Zusammenarbeit im Team und das iterative Vorgehen ermöglichten auch, dass viel Informationsfluss gar nicht über formelle Dokumente funktionieren musste, sondern im Gespräch und im Gedächtnis der Teammitglieder stattfinden konnte.

- Eine genauere Betrachtung ergab, dass die geplanten Tätigkeiten der Design-Phase eher Mayhews Levels 1 und 2 entsprechen, statt 1 und 3 wie ursprünglich angenommen. Eine exakte Übereinstimmung wurde nicht gefunden, dennoch wurden fortan die Bezeichnungen «Level 1» und «Level 2» verwendet, während Level 3 komplett wegfiel.
- Parallelität ergab sich nicht nur zwischen Requirements und Design, sondern auch innerhalb der Design-Phase.

1.4 Organisation und Planung anhand des Mayhew-Prozesses

Eine Eigenheit des Masterarbeits-Teams war, dass die eine Hälfte des Teams (Björn Denzler und Dani Müller) bei der Auftraggeberin Netstal-Maschinen AG arbeitete und dadurch ein umfangreiches Domänenwissen mitbrachte, während die andere Hälfte (Mario Hiestand und Christian Walther) über keine Erfahrung in der Kunststoffbranche verfügte. Einerseits bedeutete dies eine Herausforderung für letztere, den Informationsvorsprung so weit wie nötig aufzuholen. Andererseits würden die Neulinge, so die Hoffnung, wertvolle neue Ideen einbringen und durch ihre frische Aussensicht eine bei den Insidern eventuell bestehende Betriebsblindheit überwinden helfen.

Die gesamte Planung des Projektablaufs, im Endzustand repräsentiert durch den detaillierten Terminplan in Anhang A2, entwickelte sich sukzessive während der ersten Monate der Arbeit.

Auf eine kurze Einarbeitungsphase folgte die Requirements-Analysis-Phase nach Mayhew, während welcher zur Benutzer-, Aufgaben- und Kontext-Analyse insbesondere Besuche bei vier Kunden der Netstal-Maschinen AG in der Schweiz und in Deutschland gemacht wurden. Ein besonderes Augenmerk wurde während dieser ganzen Phase auch darauf gelegt, alle Teammitglieder auf den nötigen Stand von Domänenwissen zu bringen.

Schon vor Abschluss der Requirements-Analysis-Phase begann die Design-Phase, in welcher der Schwerpunkt wie eingangs beschrieben auf der Struktur der Applikation lag, also auf Level 1. Parallel zur Struktur wurden in diesem Level auch Hardware-Aspekte behandelt. Es wurden in Level 1 zwei Iterationen geplant, bestehend jeweils aus Arbeit an der Informationsarchitektur, nach Mayhew unter den Schritt «Work Reengineering» fallend, und aus Design, Prototyping und Evaluation am «Conceptual Model». Diese beiden Iterationen zogen sich bis zum Ende der Forschungs- und Entwicklungszeit bei ca. drei Vierteln der Gesamtdauer der Masterarbeit durch. Während der ersten Iteration arbeitete das gesamte Team gemeinsam, um gegenseitig von den unterschiedlichen Hintergründen zu profitieren. Während der zweiten Iteration wurde die Arbeit aufgeteilt: Die beiden Domänenexperten arbeiteten an dieser zweiten Iteration von Level 1, wo ihre vertiefte Erfahrung beim Erreichen eines höheren Detaillierungsgrades un-



Abbildung 11: Contextual Design (Holtzblatt und Beyer 2014)

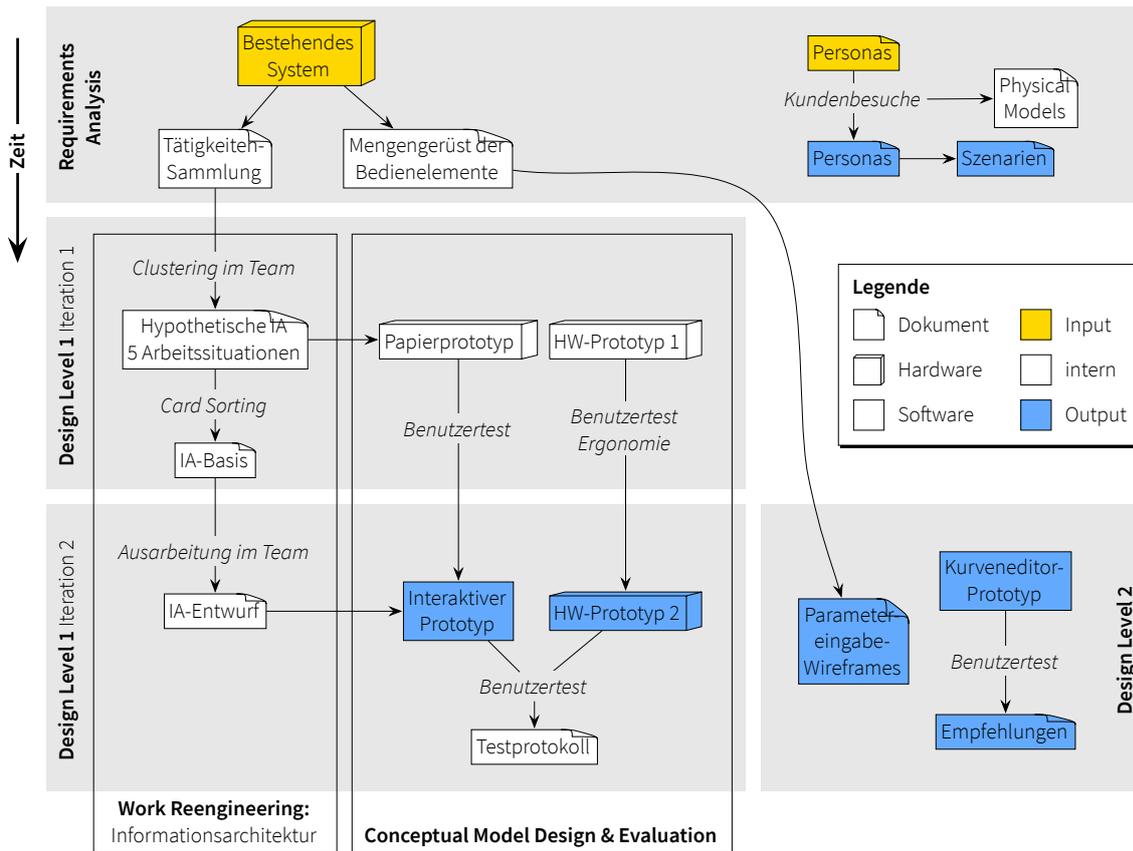


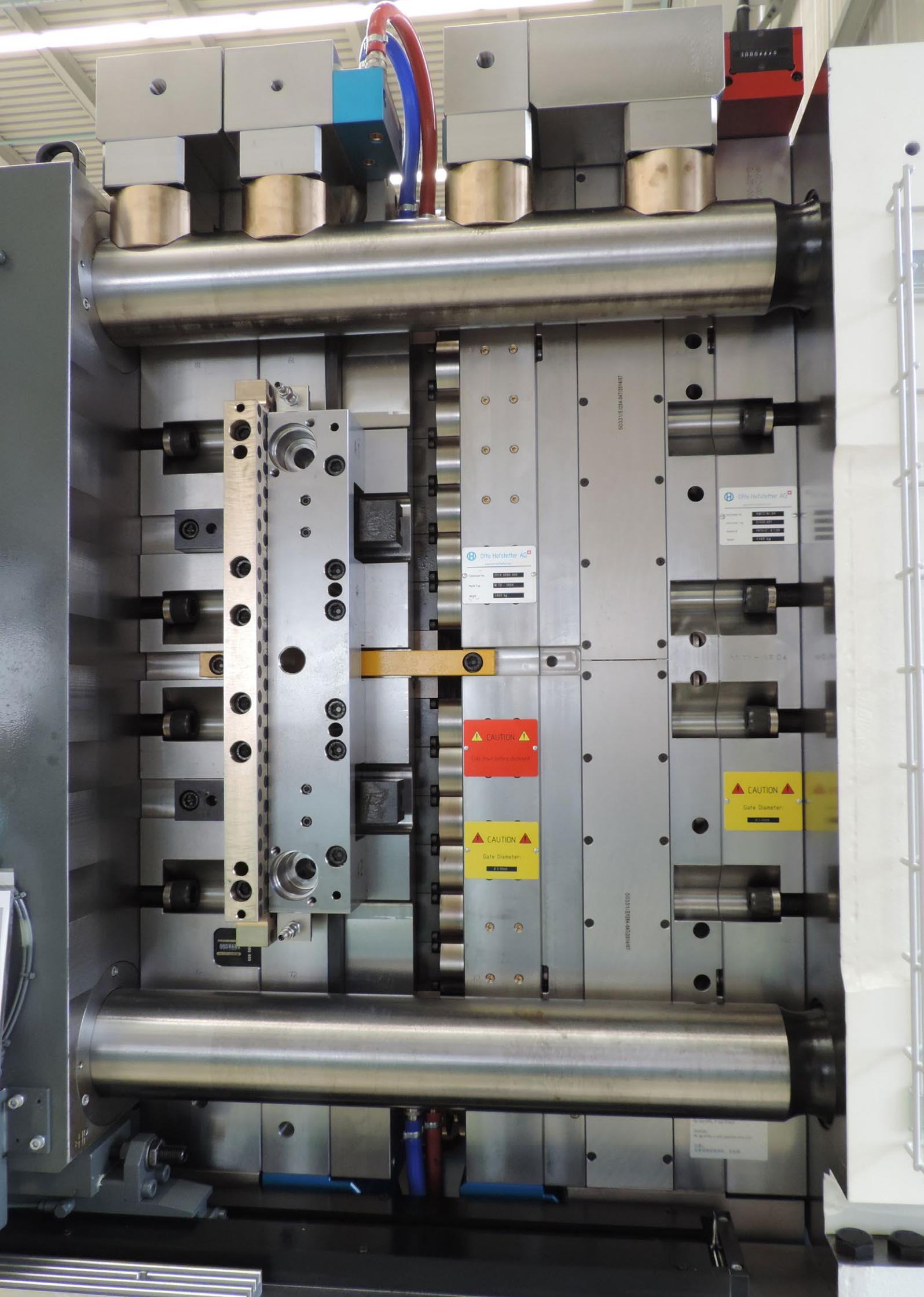
Abbildung 12: Übersicht der Artefakte

entbehrlich war. Derweil beschäftigten sich die beiden Externen in Level 2 mit Konzepten für Detailinteraktionen, für welche weniger Domänenwissen benötigt wurde. In Level 2 wurde nur eine Iteration durchgeführt, weitere würden in die weiterführende Arbeit der Auftraggeberin fallen.

An die Stelle des zentralen «Style Guide» von Mayhew traten einzelne Dokumente und andere Artefakte, die sich jeweils aus den angewendeten Methoden ergaben. Abbildung 12 zeigt eine Übersicht über die wichtigsten davon. Sie werden in die oben beschriebenen Projektphasen und den groben zeitlichen Ablauf einge-

ordnet und in Zusammenhang gesetzt mit den Tätigkeiten, in welchen sie entstanden und weiterverarbeitet wurden. Ausserdem ist markiert, welche davon als Endergebnisse betrachtet werden, die in die weitere Arbeit der Auftraggeberin einfließen sollen. Alle Artefakte und Tätigkeiten sind in den entsprechenden Abschnitten der folgenden Kapitel genauer beschrieben und die meisten Artefakte sind komplett enthalten im Anhang der Arbeit.

Das Diagramm enthält der Übersichtlichkeit halber nicht alle stattgefundenen Tätigkeiten und Informationsflüsse, sondern nur diejenigen, welche die erwähnten Artefakte involvierten. ■



Dita Hofstetter AG
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede

CAUTION
Cap. used before disposal

CAUTION
Gate Diameter:
2.10mm

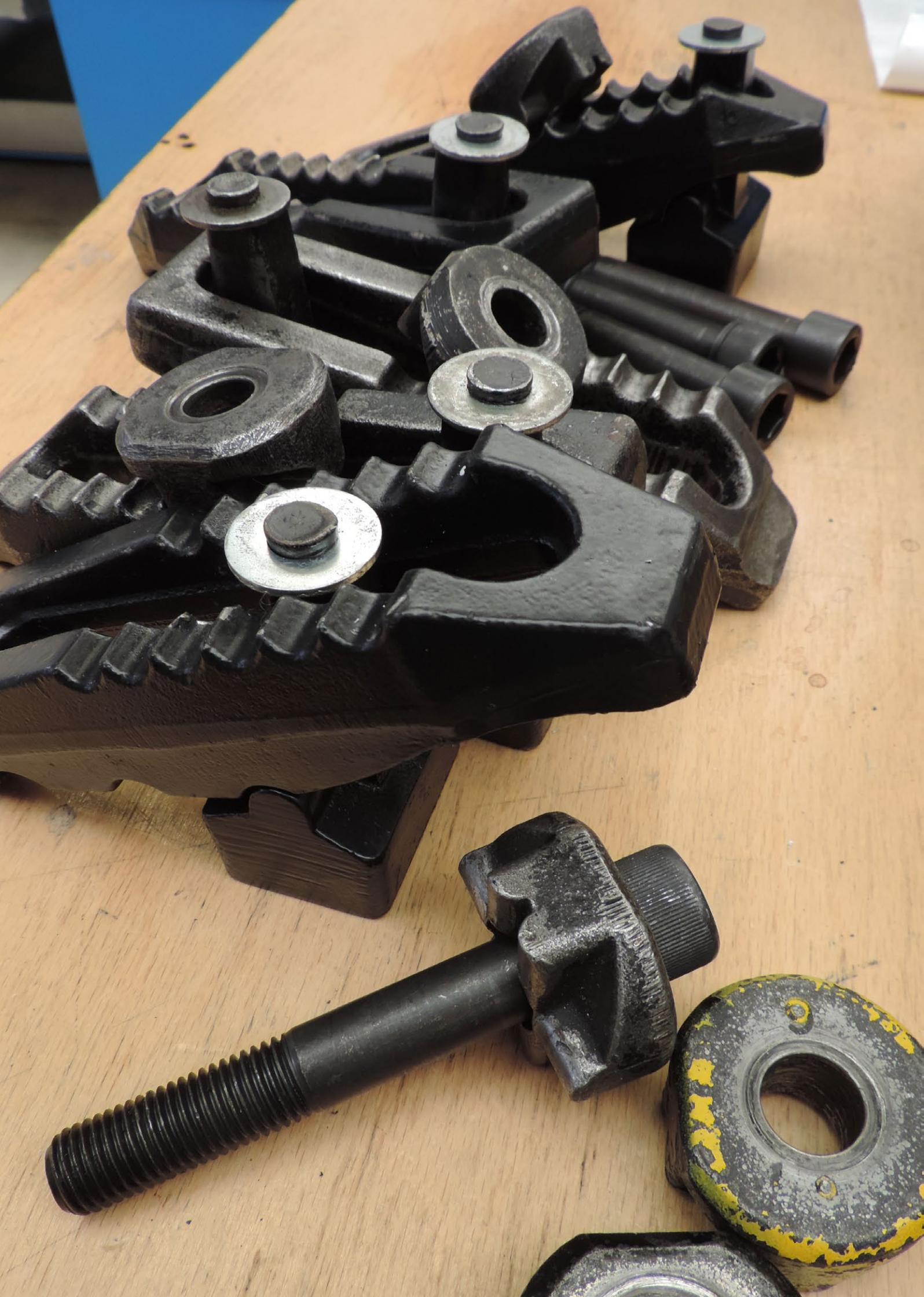
Dita Hofstetter AG
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede

CAUTION
Gate Diameter:
2.10mm

50331E 04-10/04/04/04/04

50331E 04-10/04/04/04/04

Dita Hofstetter AG
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede
Ludwigschmiede



2. Requirements Analysis

2.1 Contextual Task Analysis

2.1.1 Bestehendes System

Die aktuelle Generation von Maschinensteuerungen von Netstal (wobei bei Kunden, aufgrund der Langlebigkeit der Maschinen, noch mehrheitlich frühere Generationen im Einsatz sind) besteht aus einer an der Maschine angebrachten Bedieneinheit mit zwei Bildschirmen, auf der eine Software namens aXos läuft (Abbildung 13). Auf dem oberen Bildschirm sind auf der Displayscheibe mechanische Tasten angebracht, mit welchen alle Funktionen angesteuert werden, die bei Betätigung in direkten Maschinenbewegungen resultieren. Durch die auf dem Bildschirm dargestellte Tastenbeschriftung sind die Tasten flexibel belegbar und es können detaillierte Informationen zum Zustand der jeweiligen Funktion, z.B. Achsenpositionen, direkt oberhalb der Taste dargestellt werden. Die Firma Netstal konnte diese Kombination aus Dis-

Abbildung 13: Bedieneinheit der aXos-Steuerung



play mit haptischen Tasten patentieren. Auf dem unteren Bildschirm wird mittels einer daran befestigten Spezialtastatur, in die ein Trackball integriert ist, die gesamte Konfiguration, Parametrierung und Überwachung der Maschine erledigt. Kernstück dabei ist ein grafischer Ablaufeditor (Abbildung 14), welcher es erlaubt, den Produktionsprozess flexibel an die unterschiedlichen Anforderungen der Kunden und ihre teils sehr verschiedenartigen Werkzeuge anzupassen.

Zur Untersuchung des bestehenden Systems aXos standen, nebst gelegentlicher Möglichkeit zur Bedienung an realer Hardware an (dem Software-Test dienenden) Maschinen-Simulatoren oder realen Maschinen (während des Spritzgiesskurses, siehe unten), das Benutzerhandbuch sowie eine virtuelle PC-Lösung zur Verfügung, mit welchem die Steuerung ohne Netstal-Maschine am eigenen PC bedient werden konnte. Basierend auf der Annahme, dass die bestehende Software alle für das neue System geforderten Aufgaben erfüllt, wurde damit eine vorläufige Aufgaben-Analyse durchgeführt.

Mengengerüst der Ein- und Ausgabeelemente

Im Hinblick auf die Neugestaltung von Ein- und Ausgabe – weg von der Bedienung durch Trackball und numerische Tastatur, hin zu Touch und eventuell weiteren Bedienelementen – wurde untersucht, was für Ein- und Ausgabeelemente neben dem grafischen Ablaufeditor in aXos vorkommen und wie zahlreich. Es ergaben sich folgende Kategorien:

- Anzeigefelder
- Numerische Eingabefelder
- Alphanumerische Eingabefelder
- Comboboxen

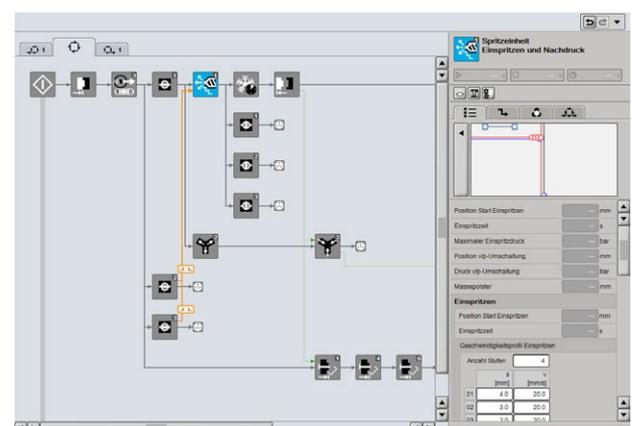


Abbildung 14: Ablaufeditor der aXos-Steuerung

- Checkboxen
- Buttons
- Hoverelemente
- Kommandografiken

Als weitaus grösste Gruppe stellten sich die numerischen Eingabefelder heraus. Diese wurden weiter aufgeschlüsselt nach folgenden Kriterien:

- ganzzahlig/kontinuierlich
- mit/ohne Einheit (separat die häufig auftretende Einheit «Prozent»)
- mit engem oder weitem Bereich
 - eng: Die sinnvollen oder praxisüblichen Werte füllen den erlaubten Bereich ungefähr aus.
 - weit: Es sind mangels natürlicher Grenzen auch extreme Werte erlaubt, die in der Praxis wahrscheinlich nie vorkommen. Die üblichen Werte sind in einem viel schmaleren Bereich verteilt als theoretisch erlaubt wäre.

Dies alles wurde separat ausgezählt für die Hauptnavigationsbereiche («Themenkreise») von aXos und teils noch die zweite Unternavigationsebene. Die Ergebnisse finden sich in Anhang A5.

Hauptziel dieses Mengengerüsts war es, die Entscheidung zu ermöglichen, auf welche Bedienelemente bei der Neugestaltung der Fokus gelegt werden sollte, sowie Hilfestellung dabei zu leisten. Daneben war die Hoffnung, die Tabelle auch während Benutzerbeobachtungen einzusetzen, um die Häufigkeit der Benützung der verschiedenen Elemente effizient zu notieren. Leider ergab sich dazu jedoch nie die Gelegenheit, weil während der Kundenbesuche nie mit aXos, sondern nur mit Vorgänger- und Konkurrenzprodukten gearbeitet wurde.

Tätigkeiten-Sammlung für Informationsarchitektur

Als weiterer Teil der Aufgaben-Analyse und Domänen-Einführung wurde eine Liste zusammengestellt, welche Tätigkeiten der Benutzer von aXos in welchem Themenkreis und Unternavigationsbereich ausführen kann. Zusammen mit dem Fachwissen, welche Tätigkeiten bei welchen Aufgaben benötigt werden und wie häufig diese ausgeführt werden, sollte es diese ermöglichen, eine auf die Bedürfnisse der verschiedenen Benutzerrollen in verschiedenen Betrieben optimierte Navigationsstruktur (Informationsarchitektur) zu entwerfen. Es resultierte die Liste in Anhang A6. Diese wurde in der Design-Phase weiter verwendet, siehe Abschnitt 3.3.2, Seite 42.

2.1.2 Spritzgiesskurs

Als weitere Domänen-Einführung wurde für die beiden Externen, zusammen mit einigen weiteren Mitarbeitern der Software-Entwicklung, ein Spritzgiesskurs organisiert. Dabei wurden den Teilnehmern während eines Tages in der Schulungs-Abteilung von Netstal in Theorie und Praxis in Grundzügen näher gebracht, wie mit aXos ein Spritzgiess-Ablauf programmiert, ein Werkzeug ein-

gerichtet und schliesslich die Produktion gestartet und optimiert wird. Nebst dem vertieften Einblick in die Funktionsweise einer Spritzgiessmaschine stellte sich dabei als besonders wertvoll heraus, einmal an einer laufenden Maschine eigenhändig zu erleben, womit ein Maschinenbediener da konfrontiert ist, also einen Einblick sowohl in Aufgabe als auch in Umfeld zu erlangen. Auch die Eigenheiten der aXos-Steuerung und der Trackball-Bedienung werden durch das eigene Erleben bewusster als beim blossen Beobachten von Anderen. Im Speziellen trat die Nützlichkeit der Bildschirm-Tasten mit haptischem Feedback und detaillierter Statusinformation hervor. Ausserdem konnten beim grafischen Editieren des Geschwindigkeits-/Druck-Profiles beim Einspritzen Interaktionen identifiziert werden, die mit dem Trackball schwierig sind und sich mit Multitouch besser lösen liessen, wie in Abschnitt 4.2, Seite 62 ausgeführt.

2.1.3 Kundenbesuche

Gemäss ISO 9241-11 ist es von entscheidender Bedeutung, das Umfeld, die Benutzer und deren Tätigkeiten und das dabei verwendete System zu kennen (Abbildung 15).

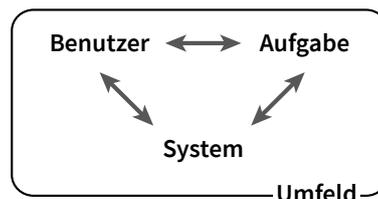


Abbildung 15: Bereiche der Usability gemäss ISO 9241-11

Aus der Tätigkeiten-Sammlung lässt sich theoretisch ablesen, welche Aufgaben von den Benutzern erledigt werden müssen. Welche Benutzergruppen aber welche konkreten Aufgaben ausführen und wie das Umfeld in einer echten Produktion aussieht, lässt sich nur durch Kundenbesuche in Erfahrung bringen. Bedingt durch die Zusammensetzung des Teams (zwei Mitarbeiter der Auftraggeberin mit entsprechendem Domänenwissen und zwei Mitarbeiter, welche zwar im industriellen Umfeld tätig sind, jedoch über kein Wissen in der Spritzgiessbranche haben) bildeten die Kundenbesuche zusätzlich eine optimale Möglichkeit, die Teammitglieder auf einen möglichst gleichen Wissensstand zu bringen. Auch der durchgeführte Spritzkurs und die Beobachtungen von Mitarbeitern der Auftraggeberin an der Maschine konnten ein echtes Produktionsumfeld nicht vermitteln, da dies viel mehr einem Laborbetrieb als einer echten Produktion entsprach (wenige zusätzliche Geräte, keine Entnahme mittels Roboter, fehlende Sortierung und Verpackung).

Organisation

Bei den Kundenbesuchen, welche durch die Auftraggeberin vor einigen Jahren für die aktuelle Steuerungsgeneration durchgeführt wurden, hat sich gezeigt, dass sowohl in den verschiedenen Branchen (Medizinaltechnik, Verpackungen, technische Teile, Verschlüsse und PET-Flaschen) als auch in den Branchen selbst erhebliche Unterschiede in der Arbeitsweise und der Firmenorganisation bestehen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen müssten pro Branche mindestens 3-5 Kunden besucht werden,

um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Dies liess sich sowohl aus zeitlichen als auch aus organisatorischen Gründen im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht bewerkstelligen. Deshalb wurden gezielt einzelne Kunden aus möglichst verschiedenen Branchen (PET-Flaschen, Technische Teile, Medizinaltechnik) aus der Schweiz und dem süddeutschen Raum besucht. Anhand dieser Stichproben sollten die bereits bestehenden Resultate verifiziert werden. Zudem bot sich so die Möglichkeit, bei Bedarf gezielt weitere Kundenbesuche durchzuführen.

Die Organisation der Kundenbesuche erfolgte über die zuständigen Verkäufer, welche vorgängig über die geplanten Tätigkeiten informiert wurden. Bedingt durch die zahlreichen involvierten Personen und die teils spontanen Änderungen seitens der Kunden dauerte eine Fixierung eines passenden Termines jeweils lange. Das Verständnis bei einzelnen Verkäufern für Kundenbesuche durch Entwickler und den benutzerzentrierten Prozess war hier nicht immer vorhanden, und so brauchte es einiges an Überzeugungsarbeit, um die Kundenbesuche durchführen zu können.

Durchführung

Die Kundenbesuche wurden jeweils zu zweit durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, dass zumindest eine Person dabei war, welche über fundiertes Domänenwissen verfügte. Um die Eindrücke von den Kundenbesuchen auch den anderen Teammitgliedern näher zu bringen, wurden neben den Interviewprotokollen auch Kundenportraits (siehe Anhang B4) erstellt. Diese sollen auch der Auftraggeberin dienen, um die im Rahmen der vorliegenden Arbeit gewonnenen Eindrücke besser nachvollziehen zu können.

Resultate

Umfeld

Wie erwartet zeigten sich auch beim Umfeld der Maschinenbedienung deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Kunden. Die Maschinen sind typischerweise längsseitig aneinander in Reihen aufgestellt, wobei der dem Bediener zur Verfügung stehende Platz zwischen zwei Maschinen variiert zwischen ca. 1 m und 3 m (siehe auch Physical Models in Anhang A8). Die Beleuchtung ist dominiert durch helles Kunstlicht, teilweise dringt Sonnenlicht durch seitliche Fenster mit Rolläden oder diffuse Oberlichter ein, an abgewandten Seiten der Maschinen kann es auch dunkle Ecken geben. Laufende Maschinen verursachen einen beträchtlichen Geräuschpegel, teilweise so laut, dass Konversation schwierig wird. Vibrationen sind an den Maschinen spürbar, über den Boden nicht. Sauberkeit variiert zwischen Werkstattbedingungen und Reinraum, starker Schmutz ist nirgends festzustellen, und die Verschmutzung von Touchscreens stellt kein Problem dar. Produzierte Teile werden an den einen Orten präzise abgezählt und kavitätstrennt weitertransportiert, an anderen Orten als Schüttgut abgewogen, wobei bei Gebindewechsel gelegentlich einzelne Teile am Boden verstreut werden. Das Tragen von Arbeitshandschuhen oder anderer schwerer Schutzkleidung wurde nirgends beobachtet. Je nach Hygieneanforderungen können Haarhauben, Laborbekleidung bis hin zu Mundschutz und Latexhandschuhen im Reinraum nötig sein.

Sehr häufig sind zusätzlich zur eigentlichen Spritzgiessmaschine noch Handlingroboter für die Teileentnahme im Einsatz, deren separate Bedieneinheit in der Nähe der Maschinenbedienein-

heit platziert wird. Bei einigen Firmen kommen dazu noch zahlreiche weitere Geräte mit eigenen Bedienelementen: Temperierungsgeräte, Materialtrockner, Gebindewaage, Blocker-Dispenser, Wachs-Dispenser.

Die Maschinen sind nicht vernetzt, da dies wegen der unterschiedlichen Hersteller und fehlenden Standards komplex zu bewerkstelligen wäre. Stattdessen hat sich Informationsübertragung durch Papierformulare (Abbildung 16) durchgesetzt. Parameterwerte und -änderungen, Materialchargen und Gebindeidentifikation werden so übergeben und archiviert, auch Auftrags-, Werkzeug-, Prozess- und Maschinendokumentation ist häufig in Papierform vorhanden.

Konkurrenzprodukte

Da die meisten Kunden neben den teuren High-End-Maschinen von Netstal auch solche anderer Anbieter einsetzen, wurden während der Kundenbesuche auch Konkurrenzprodukte angetroffen, namentlich solche der Firmen Engel und Arburg. Durch Recherchen im Internet und bereits vorhandenes Wissen über Mitbewerber konnten weitere Konkurrenzprodukte und neuere Steuerungsgenerationen identifiziert werden.

Engel

Die Steuerung der Engel-Spritzgiessmaschinen trägt die Bezeichnung CC200 (Abbildung 17) und wird derzeit durch das Nachfolgeprodukt CC300 abgelöst. Beide Generationen verfügen über einen Touchscreen im Hochformat, welcher von Generation zu Generation grösser wird. Bei der älteren Generation (CC200) ist für einzelne Operationen die Bedienung mit einem Stift nötig (z.B. Scrollbalken). Bei der neusten Generation wurde ausser dem Notstopp-Schalter und einem Drehrad für Achsbewegungen auf weitere Hardware-Bedienelemente komplett verzichtet. Im Gegensatz dazu verfügt die CC200 über mechanische Schalter für die wichtigsten Maschinenkomponenten und solche, denen über das

Abbildung 16: Papierformulare an Maschine

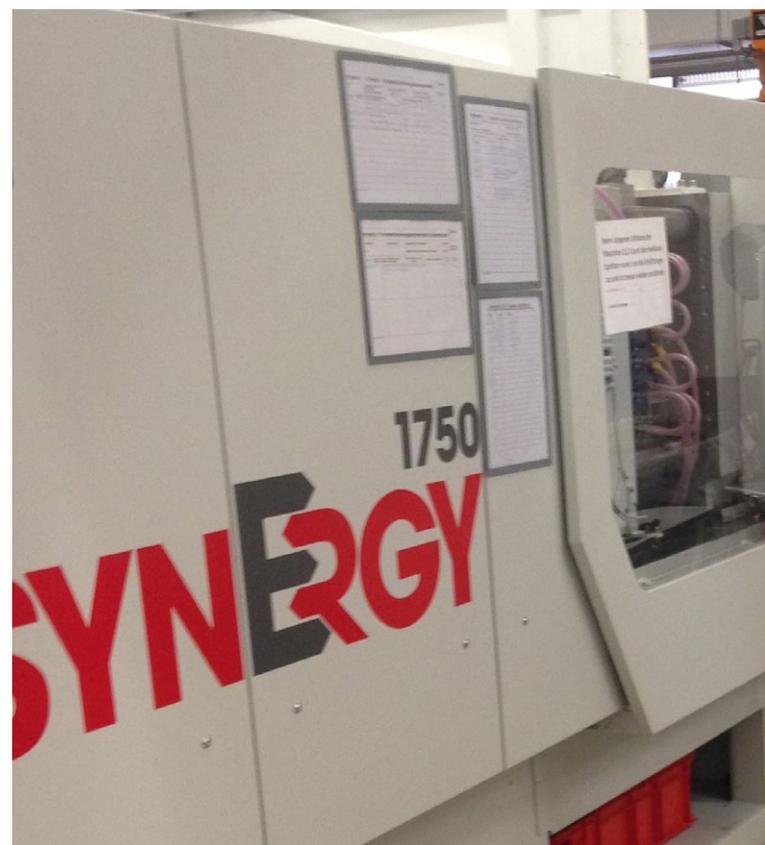




Abbildung 17: Engel CC200

Userinterface eine Funktion zugewiesen werden kann. Der Bildschirm ist elegant in die Maschine integriert und lässt sich nach oben kippen (bei der CC300 elektrisch). Beide Steuerungsgenerationen verfügen über einen Ablaufeditor mit Makroblöcken. Mit diesen Makroblöcken können ganze Teilabläufe in den Maschinenablauf integriert werden.

Arburg

Die Selogica (Abbildung 18) bzw. Selogica Direct (Touch) genannte Steuerung von Arburg-Maschinen gilt als Pionier in Sachen flexibler Ablaufprogrammierung und guter Benutzerführung. Mittlerweile wirkt das Design etwas veraltet und auch die Bildschirmgröße ist seit mehreren Jahren gleich. Der 15"-Bildschirm im 4:3-Format wirkt heutzutage vergleichsweise klein. Die Touchsteuerung ist konsequent auf die Bedienung mit dem Finger umgesetzt, wobei es wie bei der Vorgängerversion zusätzliche Hardwaretasten für die Bewegung der Maschinenkomponenten gibt. Diese Tasten sind in den Firmenfarben nach einer nicht offensichtlichen Systematik eingefärbt. Die komplette Bedieneinheit lässt sich um die vertikale Achse schwenken. Die Themenbereiche sind farblich codiert.

Ebenfalls bestätigte sich beim Vergleich der Konkurrenzprodukte, dass für Maschinenkomponenten und Aktionen weitgehend eine branchenweit etablierte Symbolik besteht und keine zusätzliche Design-Arbeit bezüglich Icon-Sprache erforderlich ist.



Abbildung 18: Arburg Selogica

2.2 Personas

2.2.1 Weshalb Personas statt User Profiles

In einem früheren Projekt der Auftraggeberin sind mit relativ grossem Aufwand Personas erstellt worden, welche bei der Entwicklung der aktuellen aXos-Steuerung verwendet wurden und auch heute noch regelmässig eingesetzt werden. Deshalb war schnell klar, dass statt der User Profiles, wie dies von (Mayhew 1999) empfohlen wird, die bereits vorhandenen Personas verwendet werden sollten.

Da das frühere Projekt jedoch schon einige Jahre zurück liegt wurde in Absprache mit der Auftraggeberin entschieden, diese Personas zu überprüfen, zu aktualisieren und um die für das neue Projekt relevanten Informationen zu ergänzen. Dass die Resultate der für die Personas gemachten Umfrage mit Vorsicht zu verwenden sind zeigt sich mitunter in der Tatsache, dass damals die Bediener der Verwendung von Touchscreens sehr skeptisch gegenüber standen. Heute ist wohl das Gegenteil der Fall, wie aus zahlreichen Rückmeldungen von Bedienern gegenüber der Auftraggeberin geschlossen werden kann. Neue und verbesserte Touch-Technologien sowie die Verbreitung von Smartphones und Tablets haben die Einstellung gegenüber der Bedienung mittels Touchscreens grundlegend verändert.

2.2.2 Vorgehen

Wie bereits bei den Kundenbesuchen erwähnt bestehen sowohl zwischen als auch innerhalb der verschiedenen Branchen erhebliche Unterschiede bezüglich Arbeitsweise und Bildungsniveau der Arbeiter an den Maschinen. Eine quantitativ aussagekräftige Untersuchung war deshalb nicht möglich. Stattdessen wurden die bestehenden Personas stichprobenartig verifiziert. Dieses Vorgehen wurde mit der Auftraggeberin so abgesprochen. Es konnte deshalb so gewählt werden, weil bei der Auftraggeberin und auch einem Teil des Projektteams die Gewissheit bestand, dass die Personas als solche nach wie vor ihre Gültigkeit haben.

2.2.3 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Um den Aspekt der Internationalisierung zu berücksichtigen, wurden Personen, welche in der Vergangenheit Firmen in anderen Kontinenten besucht hatten, mit den Resultaten aus den Kundenbesuchen konfrontiert. Dabei bestätigte sich, dass sich die in der Schweiz und Deutschland gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere Länder übertragen lassen. Das Bildungsniveau und entsprechend das Anwendungswissen sind tendenziell tiefer als in Westeuropa und die Schere zwischen Anwendungstechnikern und Produktionsbetreuern ist grösser. Die Tätigkeiten an der Maschine selber bleiben sich die gleichen und auch die Firmen sind ähnlich strukturiert wie in Westeuropa. Oftmals handelt es sich auch um Firmen, welche ihren Hauptsitz in Europa oder den USA haben und über Produktionsstätten an weiteren Standorten verfügen.

2.2.4 Auswertung und Resultate

Die im Folgenden kurz vorgestellten Personas (Abbildung 19) wurden nicht im Rahmen dieser Arbeit erstellt. Sie wurden jedoch überprüft und ergänzt. Die vollständige Beschreibung der einzelnen Personas ist in Anhang A9 enthalten.

Eva Maria Gonzales, Produktionsbetreuerin

Eva ist verantwortlich für die Produktion auf 3 Maschinen. Sie überwacht die Maschinen, ist für den Maschinenbetrieb verantwortlich, beschriftet und wägt volle Gebinde und trägt diese im Protokoll ein. Sie kontrolliert zweimal pro Schicht die Teilequalität. Weiter ist sie verantwortlich, dass einmal pro Schicht die drei Werkzeuge gereinigt und geschmiert werden. Ihr direkter Vorgesetzter ist der Schichtführer. Eva arbeitet im Schichtbetrieb und ist seit 5 Monaten im Unternehmen.

Simon Seifert, Schichtführer

Simon hat Schichtverantwortung über ein Team bestehend aus 3 Bedienern und einer Hilfskraft. Er und sein Team betreuen insgesamt 9 Maschinen. Neben der Überwachung der Arbeit ist er dafür verantwortlich, einfache Störungen zu beheben. Bei Stillständen entscheidet er, ob der Einrichter angerufen wird oder die Maschine stehen bleiben soll. Er gibt die Produktionszahlen und Qualitätsdaten ins Leitsystem ein. Die Stillstandszeiten und Probleme der einzelnen Maschinen werden von Simon in einer Liste erfasst. Simon hat als Produktionsbetreuer vor vier Jahren in der Firma angefangen und sich zum Schichtführer hochgearbeitet.

Peter Richter, Einrichter

Peter ist für die Produktionsvorbereitung zuständig. Er richtet Werkzeuge und Maschinen ein, bis der Zyklus stabil läuft. Auch ist er und sein Kollege abwechselnd auf Pikett. Er muss auch wäh-

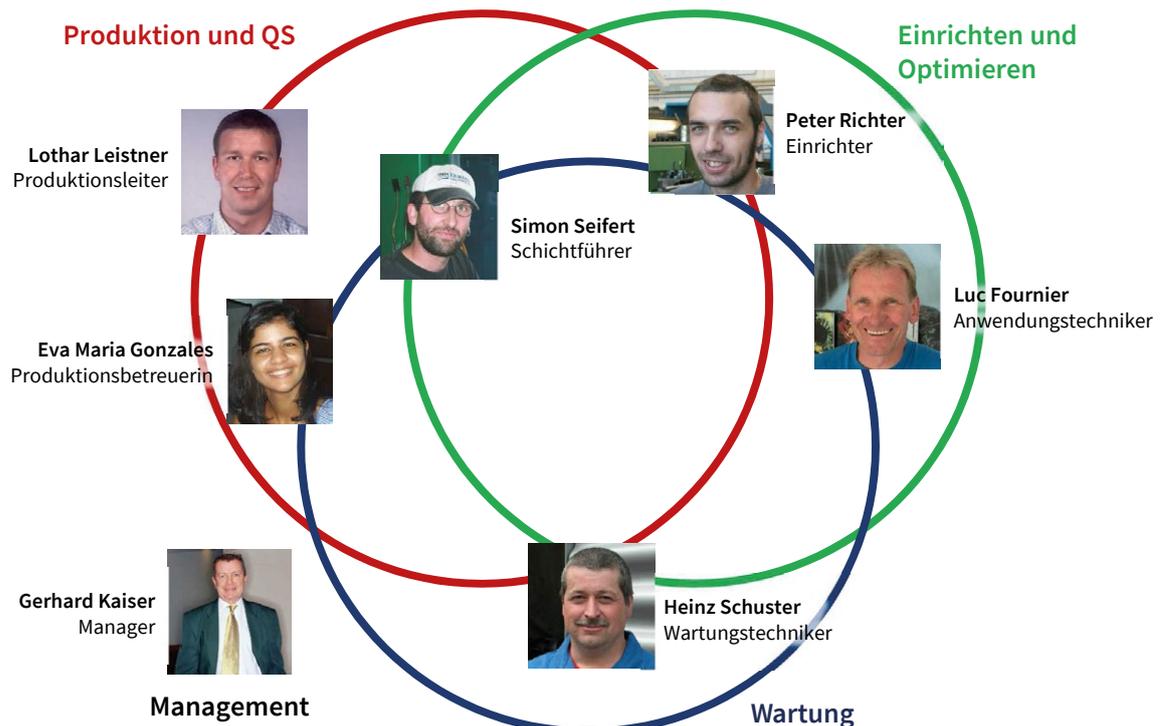


Abbildung 19: Übersicht der Personas

rend der Nacht und am Wochenende Fehler beheben können. Selber arbeitet er aber nicht Schicht. Ein detaillierter Beschrieb über den Werkzeugwechsel befindet sich in Anhang A10.

Luc Fournier, Anwendungstechniker

Luc ist dafür verantwortlich, Datensätze für neue Werkzeuge zu erstellen, damit auf den Maschinen optimale Resultate erzielt werden können. Er erhält neue Werkzeuge und kurze Beschreibungen vom Werkzeugmacher und richtet Datensätze auf den Maschinen der zwei Standardhersteller ein. Dabei ist er darauf bedacht, den Prozess möglichst stabil laufen zu lassen, wobei er das Prozessfenster auslötet. Immer achtet er auch auf den Energieverbrauch. Nach der Optimierung gibt er das Werkzeug zur Produktion frei und instruiert die Einrichter. Er arbeitet im Technikum während normaler Arbeitszeiten. Ein detaillierter Beschrieb über das erstmalige Einrichten eines Werkzeugs befindet sich in Anhang A10.

Heinz Schuster, Wartungstechniker

Heinz ist verantwortlich für die Wartung sämtlicher Maschinen. Er führt ein kleines Ersatzteillager mit Verbrauchsmaterialien und Verschleisssteilen. Er ist auch verantwortlich dafür, Teile rechtzeitig nachzubestellen. Bei schwerwiegenden Fehlern an den Maschinen koordiniert er die Zusammenarbeit mit dem Maschinenhersteller.

Lothar Leistner, Produktionsleiter

Lothar ist dafür verantwortlich, dass die Produktion einwandfrei läuft. Er rapportiert Umsatzzahlen, Auslastungen der Maschinen und Probleme direkt dem Management und zieht Auswertungen aus dem Leitsystem. Weiter ist er auch an der Planung des neuen Produktionsstandorts in Pločz, Polen, beteiligt. Er plant den Einsatz der Maschinen und erstellt den Schichtplan. Seine Arbeitszeit legt er so, dass er mindestens zweimal pro Woche mit allen Schichtführern sprechen kann.

Gerhard Kaiser, Manager

Gerhard Kaiser hat die Firma vor 30 Jahren gegründet und seither erfolgreich zu der Grösse von 300 Mitarbeitern geführt. Er ist immer um 6 Uhr im Büro und geht selten vor 18 Uhr. Sein Sohn ist auch im Betrieb und übernimmt immer mehr Aufgaben. Gerhard ist operativ für die betriebswirtschaftlichen Prozesse zustän-

dig und verhandelt im Falle von Investitionen. Er geniesst es, wenn er mit potentiellen Kunden durch die modernen und gut organisierten Produktionshallen gehen kann.

Grundsätzlich und auch nicht ganz unerwartet können die bereits vorhandenen Personas weiter benutzt werden. Gegenüber der Umfrage von vor bald 10 Jahren kann jedoch klar festgestellt werden, dass Touchscreens allgemein akzeptiert, ja in einer modernen Steuerung geradezu erwartet werden. Beim Beobachten von Bedienern des Ablaufeditors an der aktuellen aXos-Steuerung konnte festgestellt werden, wie versucht wird, Kommandos mit dem Finger auszuwählen. Weiter lässt sich ein Trend zu immer mehr günstigem, wenig qualifiziertem Personal in der Produktion beobachten. Häufige Wechsel beim Personal, vor allem im Bereich der Produktionsbetreuer, machen eine einfach zu erlernende Bedienung besonders wichtig.

Wie bei den Konkurrenzprodukten beschrieben, ist ein Trend zum Weglassen von haptischen Bedienelementen sowie zu grösseren Bildschirmen erkennbar. Während die grösseren Displays von den Bedienern durchwegs geschätzt werden, stehen sie den fehlenden haptischen Eingabelementen eher skeptisch gegenüber.

Primäre und sekundäre Persona

Bei der Entwicklung der aktuellen aXos-Steuerung wurden Luc Fournier, Anwendungstechniker, sowie Peter Richter, Einrichter, zusammen mit Simon Seifert, Schichtführer, als primäre Personas definiert. Diese Zuordnung kann aus heutiger Sicht nicht mehr nachvollzogen werden. Vielmehr sind die Tätigkeiten der Produktionsbetreuerin Eva Maria Gonzales und des Schichtführers Simon Seifert sehr ähnlich. Wichtige Personen im Umgang mit der Maschine sind aber bis auf Gerhard Kaiser vom Management alle, weshalb sie auch entsprechend als primäre Personas definiert werden. Als Folge davon muss das Userinterface derart gestaltet werden, dass es auf die Bedürfnisse der jeweiligen Persona optimal abgestimmt ist. Es braucht quasi ein eigenes Userinterface für jede primäre Persona.

Dies lässt sich auch aus den überlagerten 5E-Diagrammen (Abbildung 20) nach Quesenbery (siehe Abschnitt 2.5, Seite 28) erkennen. Je nach Person sind die Prioritäten unterschiedlich ge-

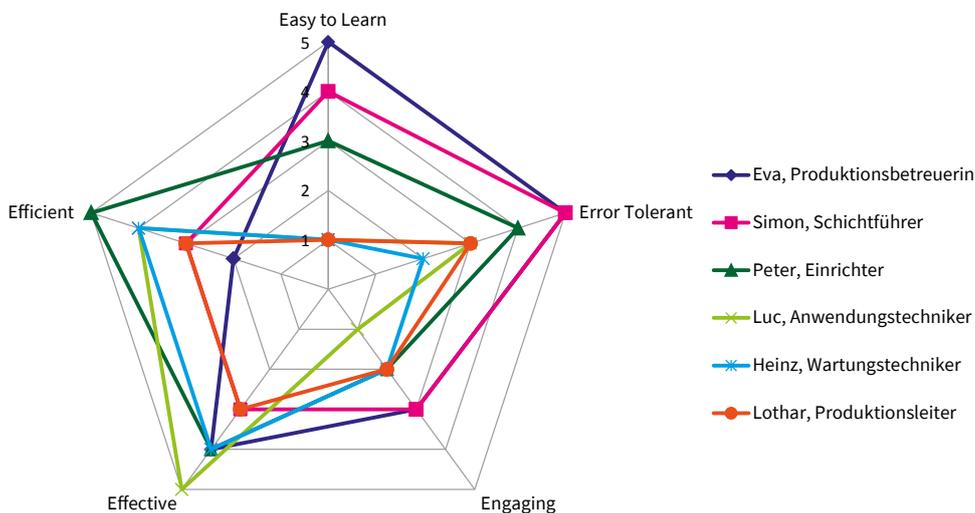


Abbildung 20: 5E-Diagramm nach Quesenbery

lagert. Auffallend dabei ist, dass bei keiner Person die maximale Gewichtung bei Engaging liegt – ganz im Gegenteil zu den anderen Faktoren, bei denen immer mindestens eine Person das maximale Gewicht darauf legt. Diese Tatsache konnte auch subjektiv bei den Kundenbesuchen festgestellt werden: Niemand beschwerte sich über ein langweiliges Userinterface. Bei der Frage, weshalb die Personen lieber mit der einen als der anderen Steuerung arbeiten wurde immer ein besserer Kenntnisstand und/oder einfachere Bedienung erwähnt.

Bei der Entwicklung der aktuellen Steuerung wurde mit dem Leitsatz «Low barrier, high ceiling» gearbeitet. Das Einfache sollte einfach machbar und das Komplizierte möglich sein. Dies auch immer mit dem Ziel, dass der einfache Bediener durch Benutzen der Steuerung sein Wissen erweitert und so vom einfachen Produktionsbetreuer zum erfahrenen Anwendungstechniker aufsteigen kann. Diese Hypothese wurde bei den Kundenbesuchen jedoch klar widerlegt. Die besuchten Anwendungstechniker haben immer ein Fachstudium absolviert und bleiben in der Regel der Branche treu. Dem gegenüber stehen die Produktionsbetreuer, die kein Fachwissen aufweisen und meist nach kurzer Anstellungszeit den Betrieb wieder verlassen. Einzig ein Aufstieg vom Produktionsbetreuer zum Einrichter oder vom Einrichter zum Anwendungstechniker, der einfache Werkzeuge einrichtet, kommt bei engagierten Personen gelegentlich vor.

Aufgrund der verschiedenen primären Personas sollte für jede einzelne dieser Personas eine auf die jeweiligen Bedürfnisse angepasste Bedienoberfläche erstellt werden.

2.2.5 Fazit und Reflexion

Die ursprünglich erarbeiteten Personas haben noch immer Gültigkeit. Die wesentlichen Änderungen liegen in der Akzeptanz von Touchscreens. Die obigen Schlüsse, welche aus den ursprünglich erstellten Personas gezogen wurden, können aus heutiger Sicht nicht mehr nachvollzogen werden. Auch die Rückmeldungen von Anwendern bezüglich aXos bestätigen, dass die Steuerung für den einfachen Benutzer zu kompliziert ist.

Die Organisation der Kundenbesuche gestaltete sich ziemlich aufwändig, eine Terminfindung schwierig. Konnte ein Termin gefunden werden, nahmen sich die Kunden – entgegen anfänglich anderslautenden Aussagen – viel Zeit und zeigten mit Freude und Begeisterung auch gerne den Betrieb und (wenn möglich) die hergestellten Produkte. Auch für das Erlangen von Domänenwissen waren die Besuche sehr hilfreich, wenngleich für ein vertieftes Wissen zahlreiche weitere Besuche von Nöten gewesen wären.

2.3 Platform Capabilities / Constraints

2.3.1 Vorgehen

Aus der Aufgabenstellung der Auftraggeberin konnten erste wichtige Anforderungen entnommen werden. Weitere Präzisierungen

und vertiefende Informationen wurden durch Abklärungen mit unterschiedlichen Stakeholdern gefunden. Der Hardware-Projektleiter der Firma Netstal detaillierte ausführlich die Rahmenbedingungen betreffend der Hardware. Anbetracht der grossen Kräfte und der Dynamik, welche durch Bedieneinheit gesteuert werden, wurden sicherheitstechnische Aspekte mit der verantwortlichen Stelle diskutiert. Eine weitere ergiebige Informationsquelle waren die zahlreichen Requirements-Dokumente des bestehenden Systems, die vom Requirements-Ingenieur zur Verfügung gestellt wurden. Die Schwierigkeit bestand darin, aus den vielen Hinweisen die relevanten und messbaren Kriterien zu schaffen, welche bei der Umsetzung des HMI einzuhalten sind. In vielen Fällen liess sich das bestehende System als Referenz verwenden. In einem ersten Schritt erfolgte die Unterteilung der Anforderungen in verschiedene Bereiche. Dies Vereinfachte es, die grosse Menge an Informationen etwas besser zu bearbeiten. Aus den unterschiedlichen Quellen wurden folgende relevanten Constraints für Hard- und Software abgeleitet.

2.3.2 Hardware-Constraints

Industrietauglichkeit

Das Gerät muss dem industriellen Umfeld gerecht konzipiert sein. Neben der mechanischen Beanspruchung durch den Bediener muss das System weiteren in der Produktion auftretenden Belastungen wie Vibration, Schmutz und Feuchtigkeit Stand halten. Die Oberfläche muss eine hohe Kratzfestigkeit und Reinigungsmittelbeständigkeit aufweisen.

Premianspruch

Als Premiumanbieter legt die Auftraggeberin grossen Wert auf Qualität. Das Bedieninterface spielt eine zentrale Rolle, weil hier der Kunde einen grossen Teil der Bedienzeit verbringt. Der Eindruck von der Steuerung wird automatisch vom Kunden auf die gesamte Maschine übertragen. Passend zur hochwertigen Maschine muss das Bedienterminal robust und langlebig ausgeführt sein. Bedingt durch den Einsatz zahlreicher Standardkomponenten kommt der Steuerung ein immer grösserer Stellenwert zu, da diese ein Alleinstellungsmerkmal darstellen soll.

Ergonomie

Um dem Bediener eine komfortable Bedienung zu ermöglichen, spielen Ergonomiebetrachtungen eine wichtige Rolle. Da der Bediener teils Stunden vor der Steuerung verbringt, ist der Körperhaltung Beachtung zu schenken. Ziel ist es, Belastungen und Ermüdungen möglichst gering zu halten. Die Bedienbarkeit muss auch mit feinen Handschuhen gewährleistet werden. Reflexionen und Parallaxenfehler an der Oberfläche, welche die Bedienung erschweren, sind möglichst klein zu halten.

Sicherheit

Die Personen- und Anlagensicherheit muss jederzeit gewährt werden. Die entsprechenden gesetzlich vorgeschriebenen Normen (Europäisches Parlament und Rat 2006) müssen erfüllt werden. Sicherheitskritische Bedienelemente wie Notstopp und Schlüsselschalter sind notwendige Bestandteile des Terminals, die gemäss Vorschrift positioniert werden müssen.

Visuelles Design

Mit einer Überarbeitung der Bedieneinheit möchte die Auftraggeberin die Gelegenheit nutzen, mit einem ansprechenden, modernen Design ihre Stellung im Markt visuell zu unterstreichen. Dabei ist jedoch bei Betrachtung der längeren Lebensdauer des Produkts Vorsicht im Umgang mit kurzlebigen Trends geboten. Um nicht nachteilige Wirkung zu erzielen, ist ein zeitloses, elegantes Design kurzlebigen Modetrends vorzuziehen.

Da die visuelle Gestaltung nicht Bestandteil der Aufgabenstellung ist, ist dieser Punkt für diese Arbeit nur am Rande relevant. Er soll jedoch bei der Gestaltung von Prototypen berücksichtigt werden.

Touch-Technologie

Die eingesetzte Technologie muss erprobt und industrietauglich sein. Die Multitouch-Technologie PCT (Projected Capacitive Technology) erfüllt diese Anforderung. Folgende Punkte sind beim Touch-Controller zu beachten:

- Die Anzahl gleichzeitig detektierbare Berührungen soll mindestens zehn betragen
- Keine Fehlauflösungen durch das Abstützen der Hände (Handballen), Tropfen oder Spritzwasser
- Störende Einflüsse durch elektrische Felder (EMV) dürfen nicht auftreten.
- Bedienoperationen mit Sicherheitsanforderungen (z.B. Notstopp) über die Touch-Bedienung sind nicht gefordert.
- Der Controller arbeitet wartungsfrei. Nach erstmaliger Kalibration beim Hersteller ist eine gelegentliche Neukalibrierung beim Kunden nicht mehr nötig.

Bildschirm

Aufgrund der geringen Stückzahlen sollen bei der Wahl des Bildschirms möglichst Standardkomponenten eingesetzt werden. Ein allfälliger nachträglicher Wechsel des Fabrikats soll mit vertretbarem Aufwand ermöglicht werden. Das Format des Bildschirms orientiert sich an den üblichen auf dem Markt erhältlichen Grössen und Formaten. In industrieller Qualität waren zum Zeitpunkt der Masterarbeit Bildschirme mit einer Diagonale von maximal 21.5 Zoll im Format 16:9 in grossen Stückzahlen erhältlich. Dieses Format galt als Industriestandard, was eine Voraussetzung für grosse Stückzahlen, tiefe Preise und eine lange Verfügbarkeit ist.

Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit aller Bestandteile ist eine generelle Anforderung industrieller Produkte. Eine minimale Verfügbarkeit der Ersatzteile von 10 Jahren ist gefordert. Bei der Wahl der Komponenten ist dies zu berücksichtigen.

Hardwarekosten

Den Material- und Fertigungskosten ist Beachtung zu schenken. Die Endkosten müssen sich im Rahmen des bisherigen Systems bewegen.

Zusätzliche Hardwareelemente

Zusätzlich muss die Bedieneinheit die Möglichkeit bieten, verschiedene zusätzliche Bedienelemente anzubringen:

- Hauptschalter zum Ein- und Ausschalten der Steuerung

- Notstopp-Taster (siehe auch Sicherheit)
- Mehrere Schlüsselschalter für optionale Ausrüstung
- USB-Anschlüsse für Speichersticks und andere Peripheriegeräte
- Integration einer Bedieneridentifikation

2.3.3 Software-Constraints

Plattform

Die zukünftige Visualisierungssoftware muss auf einem System mit Windows 7 ausgeführt werden können. Neben der an der Maschine befestigten Bedieneinheit sollten Teile auf mobilen Plattformen dargestellt werden. Die neue Visualisierung soll in einem Web-Browser laufen. Somit wird eigentlich eine plattformunabhängige Lösung angestrebt. Die Rechner-Performance eines Single-Core Rechners mit 2GHz und 8GB RAM muss für die Anwendung ausreichen.

Netzanbindung

Grundsätzlich benötigt eine Maschine nicht zwingend eine Netzanbindung. Die Maschine muss ohne Vernetzung autonom funktionieren. Nicht selten verbietet oder regelt der Betreiber mit seinen betriebseigenen Richtlinien die Anbindung. Vorausgesetzt eine Verbindung besteht, sind Onlinedienste wie z.B. Fernwartung, Support oder Updateservice interessante Verkaufsoptionen, welche als einzelne Zusatzpakete angeboten werden können.

2.4 General Design Principles

Die Bereitstellung von Touchscreens als Eingabemedium hat Einfluss auf die Arbeitsplatzgestaltung. Die bisherige Gestaltung der Bedieneinheit ist nicht auf Touchscreens ausgelegt und bedarf daher einer kompletten Überarbeitung. Verschiedene Kriterien müssen dabei berücksichtigt werden.

2.4.1 Anthropometrische Überlegungen

Die Körpermasse beeinflussen die ideale Positionierung des Touchscreens. Bei der Bedienung des Systems steht der Anwender vor dem Bedienpanel. Die Körpergrösse der Menschen hat einen Einfluss auf die Arbeitsplatzgestaltung. Sowohl klein- als auch grosswüchsige Personen sollen sich wohl fühlen (Abbildung 21, Abbildung 22).

Die Anthropometrie misst die Körpergrösse des Menschen. Messdaten werden statistisch verdichtet in Normen veröffentlicht. (Jürgens 2004) hat unter der Norm DIN 33402 Teil 2 unter anderem die hier relevanten Messdaten in Tabelle 1 veröffentlicht.

Dabei fällt auf:

- Eine Varianz von 215mm bei der Ellenbogenhöhe zwischen der 5. Perzentil Frau und dem 95. Perzentil Mann (Abbildung 23) spricht für höhenverstellbare Arbeitsflächen.

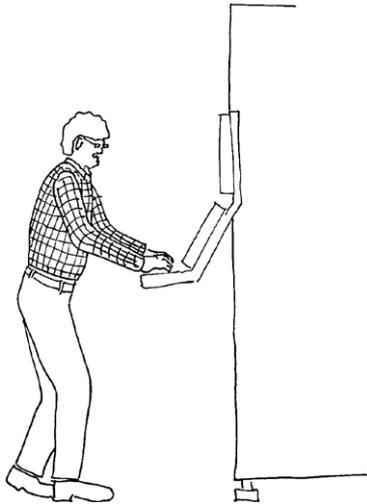


Abbildung 21: Arbeitsplatz bisher

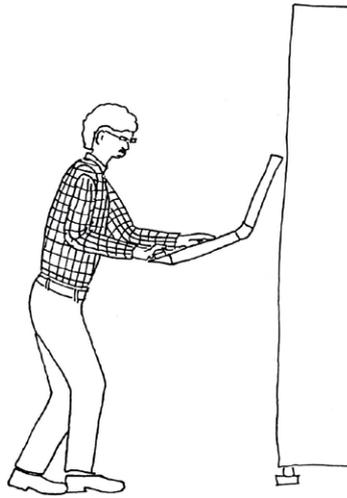


Abbildung 22: Arbeitsplatz neu

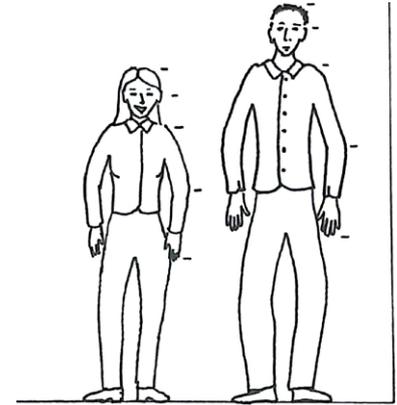


Abbildung 23: Größenvergleich 5 Perzentil Frau und 95 Perzentil Mann

- Die Reichweite des Arms der 5 Perzentil Frau setzt Grenzen bei der maximalen Grösse der Arbeitsfläche. Mit ausgestrecktem Arm müssen auch die am weitesten entfernten mechanischen Tasten gut zu erreichen sein.

Zum Schutz vor störenden Einflüssen aus der Umgebung sollen Lichtreflexionen auf dem Panel minimiert werden. Sowohl die Hallenbeleuchtung als auch die Sonneneinstrahlung durch die Fenster können stören.

2.4.2 Eigenheiten der Touchbedienung

Eine Touchbedienung bringt für den Anwender verschiedene Eigenheiten mit sich, die es zu berücksichtigen gilt, damit ein möglichst optimales Bedienerlebnis entsteht.

Ergonomie

Die Körperhaltung beeinflusst die gewünschte Positionierung des Touchscreens: Aus Sicht der ergonomischen Gestaltung des Arbeitsplatzes sind weitere Punkte zu beachten (Schmitter 2014). Zur Vorbeugung gesundheitlicher Beeinträchtigung soll das Panel auf die Masse des Anwenders eingestellt werden können.

- Der Rücken soll aufrecht und gerade in stehender Position sein.
- Die Ellenbogen sollen im rechten Winkel angeordnet werden.
- Der Unterarm soll auf dem Panel eine Stützfläche erhalten.
- Die Handgelenke sollen bei der Bedienung eine gestreckte Haltung einnehmen können. (Clemens)

Bedingt durch den Aufbau des Touchbildschirms können Probleme durch Parallaxenfehler entstehen (Abbildung 24). Diese Probleme können durch Füllen des Hohlraums zwischen Bildschirm und Touchcontroller mit einem Fluid verhindert werden. Oft ist dies aber aus Kostengründen nicht möglich. In diesem Fall muss den Problemen bei der Gestaltung der Oberfläche entgegen gewirkt werden (Abstand zwischen Elementen, Grösse der Elemente, vergrößerter Touchbereich um das jeweilige Element).

Visuelle Rückmeldung

Der Anwender bekommt vom Touchscreen keine haptische Rückmeldung, wenn das System eine Geste erkannt hat. Dies steht im Gegensatz zu physischen Tasten, wo eine Veränderung des Drucks beim Druckpunkt vom Anwender erkannt wird. Eine unmittelbare Rückmeldung an den Anwender ist sehr wichtig, damit dieser die Gewissheit bekommt, dass er verstanden wurde. Die Rückmeldung könnte stattdessen visuell erfolgen, z.B durch temporäre Einfärbung des entsprechenden Elements.

Minimale Grössen der Interaktionselemente

Die Bedienung erfolgt mittels Fingerkuppe. Diese ist im Vergleich zu einem Mauszeiger stumpf und ungenau. Die berührte Stelle

Mass (mm)	Männer			Frauen		
	Perzentil 5	50	95	5	50	95
Körperhöhe	1650	1750	1855	1535	1625	1720
Augenhöhe	1530	1630	1735	1430	1515	1605
Schulterhöhe	1345	1450	1550	1260	1345	1425
Ellbogenhöhe	1025	1100	1175	960	1020	1080
Reichweite	685	740	815	625	690	750
Unterarmlänge	440	475	510	400	430	465
Handflächenlänge	104	111	121	92	100	108
Zeigefingerlänge	68	75	83	62	69	77

Tabelle 1: Anthropometrische Daten

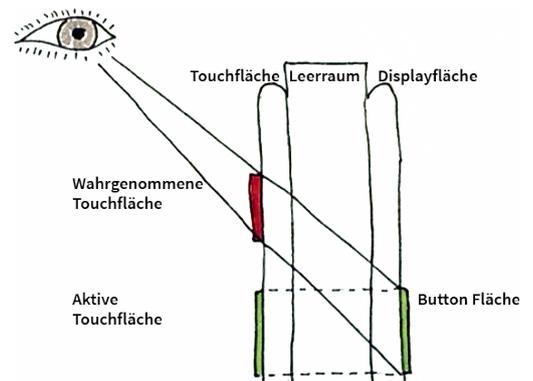


Abbildung 24: Parallaxenfehler

auf dem Bildschirm wird zusätzlich vom Finger verdeckt. Das Gewählte ist somit für das Auge unsichtbar. Eingabeelemente wie Buttons sollen ausreichend gross sein, damit die Kontur des Elements auch bei der Berührung noch sichtbar ist. (Nielsen und Budiu 2011, S. 23) definieren eine ideale Grösse von 10×10 mm. Hierbei beziehen sie sich auf Anwendungen für das iPad. Anwender können das Tablet frei positionieren und somit neben optimaler Betrachtungsdistanz eine Ruheposition für die operative Hand finden, von welcher aus die meisten Punkte durch reine Fingerbewegung präzise erreicht werden können.

Da bei grösseren Bildschirmen nicht mehr alle Punkte auf dem Bildschirm mit einer Fingerbewegung aus der Ruheposition der Hände erreicht werden kann, muss für eine Interaktion auf dem Bildschirm oft der ganze Arm bewegt werden. Dabei verringert sich die Präzision, was durch grosszügigere Dimensionierung der interaktiven Elemente sowie einen vergrösserten Abstand zwischen diesen kompensiert werden sollte. Die verringerte Präzision konnte beim Beobachten von Bedienern verifiziert werden. Auch beim Experimentieren mit Touchbildschirmen konnte dieser Eindruck bestätigt werden.

Vermeiden von ungewollten Aktionen

Unbewusste Berührungen auf dem Screen können zu ungewollten Aktionen im System führen. Benutzer werden sich diesen Sachverhalts bald einmal bewusst. Sie möchten dies vermeiden, indem sie gegebenenfalls krampfhaft versuchen, die Hand nicht zu nahe an den Screen zu halten. Da nicht konstant Eingaben erfolgen, werden in unmittelbarer Nähe zum Screen ausreichend Ablageflächen für die Hände benötigt. Der Anwender möchte das Gewicht des Unterarms nicht ständig frei halten! Gute Touch-Controller erkennen eine Handballen-Berührung und unterdrücken durch geschicktes Filtern diese Signale.

Grosse Strecken sind anstrengend

Die Strecke von der Handablagefläche zur nächsten Interaktionsstelle auf dem Bildschirm entscheidet, wie anstrengend der Weg dorthin empfunden wird. Solange die Interaktionsstelle mit den Fingern erreichbar ist, ohne dass der Handballen von der Ruhefläche bewegt werden muss, erscheint das Ziel mühelos erreichbar. Das Ziel ist mit kleinsten Bewegungen der Hand erreichbar. Wird die Strecke grösser, wird der Aufwand zum Ziel grösser. Das Gewicht des Arms wird verlagert. Grossmotorische Abläufe treten in Aktion. (Jochems 2012) hat ermittelt, dass die muskuläre Beanspruchung mit zunehmender Strecke zunimmt. Demzufolge ist eine Interaktion wenig attraktiv, wenn das Ziel zu weit entfernt von der Ruheposition liegt. Besonders häufig genutzte Elemente sollten demnach so angeordnet werden, dass sie von der Ruheposition aus leicht erreicht werden können (unten bzw. in Randnähe).

Fitts Law für Touch

Fitts Law behält auch bei Touchscreens seine Gültigkeit (Bützler et al. 2012). Grossmotorische Abläufe treffen das Ziel weniger genau. Interaktionselemente, die in diesem Einflussbereich stehen, sollten noch grösser dimensioniert werden. Im Gegensatz zur Mausbedienung, wo wichtige Elemente deswegen am Rand positioniert werden, sollte bei einer Touchbedienung auch deshalb darauf geachtet werden, dass die wichtigen Bedienelemente nahe der Ruheposition der Hände liegen.

Geschwindigkeit von Eingaben

Die Bedienung kann als langsam empfunden werden, wenn vor der eigentlichen Interaktion auf den Aufbau des interaktiven Bedienelementes gewartet werden muss (z.B. Anzeigen der virtuellen Tastatur). Erst wenn das Bedienelement auf dem Bildschirm angezeigt wird, kann die exakte Position für die Interaktion ausfindig gemacht werden. Dies im Gegensatz zu physischen Bedienelementen, welche immer vorhanden sind. Diese Problematik sollte möglichst verhindert werden (z.B. durch globale Gesten, siehe auch Abschnitt 3.1.6, Seite 37), da ansonsten die Bedienung des Systems als langsam empfunden wird.

2.4.3 Unterschiede zur Maussteuerung

Um die Multitouch-Technologie optimal einzusetzen, empfiehlt es sich, sich der Unterschiede zur Mausbedienung im Speziellen bewusst zu werden. Folgende Differenzen existieren zu einer klassischen Maussteuerung:

- Beim Touch-Interface erfolgt das visuelle Feedback direkt am Interaktionspunkt. Ein sichtbarer Mauszeiger ist nicht notwendig und damit erübrigt sich auch die Suche danach.
- Grundsätzlich ist kein Eingabegerät wie Stift oder Maus notwendig. Der Umgang mit einem zusätzlichen Eingabegerät muss nicht erlernt werden. Die mentale Belastung durch eine zusätzliche Indirektion entfällt.
- Multitouch ermöglicht zahlreiche natürliche Interaktionen direkt auf der Oberfläche wie berühren, wischen, schieben und schreiben oder malen.
- Die gewöhnliche Touchbedienung besitzt kein haptisches Feedback. Eine PC-Maus verfügt über haptische Elemente wie Tasten und Drehrad.
- Das Hover-Ereignis (z.B. für Tooltip) existiert nicht beim Touch-Interface. Es gibt somit keine klare sofortige Unterscheidung zwischen Berühren und Selektieren wie bei der Maussteuerung.
- Multitouch-Technologie unterstützt das gleichzeitige Erfassen mehrerer Berührungspunkte. Dies ermöglicht das Auswerten von zahlreichen Multi-Finger-Interaktionen wie Zusammenziehen, Spreizen, Rotieren bis hin zu Klavierspielen.
- Multitouch bietet die Möglichkeit von «übergeordneten globalen Gesten». Dies ermöglicht unterschiedliche Funktionalitäten (Modi) an derselben Interaktionsstelle. Ein gutes Beispiel für globale Gesten liefert Matthaeus Krenn auf seiner Website¹ anhand eines neuartigen Konzepts zur Bedienung des Bordcomputers in einem Auto.
- Die Bedienung durch mehrere Benutzer oder Hände ist möglich.
- Der Einsatz von kapazitiven Objekten wie Stiften, Rädern, Schiebern, Karten, Schablonen und Handschuhen ist möglich.

¹ <http://matthaeuskrenn.com/new-car-ui/>

- Die Auflösung und Präzision ist gegenüber der Mausbedienung wesentlich geringer.

(Nielsen 2012)

2.4.4 Touch-Gesten

Touch-Gesten sind Bewegungen der Hand des Anwenders, die den Touchscreen berühren, um vom System als Befehl interpretiert zu werden. Die einfachste Touch-Geste ist die Tap-Geste. Es ist das Berühren eines Bildschirmbereichs, um das an dieser Stelle dargestellte Element zu selektieren.

Heute existiert eine grosse Anzahl unterschiedlicher Touch-Gesten (Wroblewski 2010). Soll das System eine möglichst hohe Zahl von Touch-Gesten unterstützen? Ein grundlegendes Ziel muss es sein, ein System so einfach wie möglich zu gestalten. Dies gilt auch für die Benutzerinteraktionen. Es hilft dem Benutzer, wenn er mit einem kleinen Set von Gesten die vollständige Interaktion durchführen kann. Damit der Anwender eine Touch-Geste ausführen kann, muss er diese kennen. Je weniger er lernen muss, desto einfacher ist es für ihn. Der Anwender muss auch erkennen, in welcher Situation welche Geste eingesetzt werden kann. Hier können Signifiers helfen. Signifiers sind optische Hinweise, um den Anwender auf eine mögliche Interaktion hinzuweisen (Norman 2013, S. 13). Auch wenn Signifiers vorhanden sind, muss der Anwender diese als solche erkennen. Signifiers wiederum sollten nicht als störendes Element auf der Bedienoberfläche empfunden werden. Diese Gefahr besteht vor allem bei häufigen Benutzern des Systems. Sie wissen genau, wann welche Geste angewendet werden kann und stören sich dann schnell an zu dominanten Signifiers.

Ein weiteres Auswahlkriterium ist die Simplizität der Touch-Geste selbst. Eine Studie unter 18 Teilnehmern hat untersucht, welchen Effekt Mehrfinger-Gesten haben, welchen Effekt Gesten mit Mehrfach-Berührung haben, und was die Auswirkung beim Gebrauch beider Hände ist (Rekik et al. 2014). Das Resultat ist eindeutig: Die Anwender können einfachere Gesten einfacher ausführen. Schlussfolgernd hat die Studie Richtlinien erstellt. Diese empfehlen, wo immer möglich Einfinger-Gesten zu verwenden.

Beim genaueren Betrachten bemerkt man, dass die Gesten über unterschiedliche Komplexität verfügen. Eine intuitive Bedienung verlangt einfache Gesten, die nicht zuerst noch erlernt werden müssen. Dazu gehören die Gesten, die wir bereits im Kindesalter erlernt haben, wie z.B. mit dem Finger auf ein Objekt zeigen. Als intuitiv wurden Gesten eingestuft, die der Handhabung von Objekten auf einer Tischoberfläche ähneln. Zu einer weiteren Gruppe der geläufigen Gesten gehören die allgemein etablierten Interaktionen, welche von Smartphones und Tablets bekannt sind.

Kriterien für Gesten

Aus all diesen Erkenntnissen können Auswahlkriterien für Touch-Gesten abgeleitet werden:

- Einfache Gesten, welche vorzugsweise mit einem Finger zu bewältigen sind.

- Gesten, welche die Anwender bereits von anderen technischen Systemen her kennen (Ebook, Tablet, Smartphone).
- Gesten, welche auf den unterschiedlichen Systemen die gleiche Bedeutung haben.
- Passendes Mapping der Bewegungsabläufe mit den Interaktionselementen der Oberfläche.

Touch-Gesten, die diesen Auswahlkriterien genügen:

Tap	Kurzes Antippen mit einem Finger, um ein Bedienelement auszuwählen oder um es zu drücken.	
Press	Fortgesetztes Gedrückthalten mit einem Finger, um eine Funktion auf das gewählte Element zu aktivieren.	
Drag	Ziehen mit einem gedrückten Finger in die gewünschte Richtung, um ein Bedienelement zu bewegen.	
Flick	Schnelles Ziehen mit einem gedrückten Finger in die gewünschte Richtung, um ein Bedienelement mit Beschleunigung zu bewegen.	
Swipe	Ziehen mit einem gedrückten Finger vom Rand oder zum Rand der Hierarchieebene, um zum vorhergehenden/nachfolgenden Element zu wechseln.	
Pinch	Ziehen mit zwei Fingern; zusammen, um eine Darstellung zu verkleinern; auseinander, um eine Darstellung zu vergrößern.	

2.4.5 Guidelines & Styleguides

Die Auftraggeberin möchte keinen bestimmten Look eines Betriebssystems übernehmen, sondern einen eigenen Style entwickeln. Der von der Auftraggeberin zur Verfügung gestellte Netstal Styleguide beinhaltet jedoch keine konkreten Angaben bezüglich der Gestaltung von Steuerungsoberflächen. Diese notwendige Ausarbeitung ist, wie in der Aufgabenstellung explizit erwähnt, kein Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

Aus diesem Grund wurde für den Prototyp nach anderen bestehenden Guidelines Ausschau gehalten (Apple 2014a; Google; IBM 2014a; IBM 2014b; Microsoft 2009; Microsoft 2014). Die Guidelines der bekannten Betriebssysteme beinhalten wertvolle Informationen bezüglich Umsetzung von Touchoberflächen. Diese Dokumente sind sehr ausführlich und als Inspiration sehr nützlich. Die Spannweite ist jedoch riesig. In einem Fallbeispiel wird geschildert, welche Punkte bei einer Portierung einer Desktopanwendung zu einer Tabletanwendung wichtig sind. An einem anderen Ort wird ausführlich über die unterschiedliche Bedeutung von Farben in den unterschiedlichen Kulturen berichtet. Spannend sind Hinweise zum Einsatz von Gesten, Navigationkonzepte, Dimensionierung von Interaktionselementen und Richtlinien für das visuelle Feedback.

2.4.6 Icon- und Schriftwahl

Icons sollen von Nutzer intuitiv verstanden werden. Aus diesen Grund ist bei den Icons Eindeutigkeit, Gleichartigkeit und Einfachheit wichtig. Die Iconsprache orientiert sich vorteilhaft stark an bekannten Icons aus der bestehenden Steuerung und der Spritzgiess-Domäne. Die einheitliche Verwendung von Schriften ist ein weiterer wichtiger Aspekt für eine konsistente verständliche Bedienoberfläche. Bei der Schriftwahl ist zu beachten, dass der Font für die Bildschirmarstellung entwickelt wurde. Für eine gute Lesbarkeit wurde ein serifenloser Schriftsatz bevorzugt, welcher klar und modern wirkt. Weiter ist Grösse und Kontrast Beachtung zu schenken, um eine gute Lesbarkeit der Schrift zu erzielen.

2.5 Usability Goal Setting

2.5.1 Das Setzen von Usability-Zielen dient deren Zielerreichung

Gemäss (Mayhew 1999, S.124) dient das Setzen von Usability-Zielen zwei Zwecken.

Erstens ermöglicht es, den Designprozess an diesen Zielen auszurichten. Es werden einzig zielgerichtete Designtätigkeiten ausgeführt. Die Ausrichtung an diesen Zielen verkürzt somit die Designphase.

Zweiter Zweck der Usability-Ziele ist das Ableiten von Akzeptanzkriterien bei der Evaluation der Prototypen.

Setzen von Usability-Zielen gemäss Quesenbery

Um unterschiedliche Usability-Ziele zu klassifizieren, hat Whitney Quesenbery (Quesenbery) 5 Dimensionen der Usability definiert und hat diesen Dimensionen einen Begriff beginnend mit einem «E» gegeben.

- **«Easy to Learn»** Das System gibt sowohl beim Erstgebrauch als auch dem erfahrenen Anwender Orientierung und hilft beim kontinuierlichen Lernen der Anwendung.
- **«Error Tolerant»** Das System hilft Fehler zu verhindern. Bei bereits aufgetretenen Fehlern hilft das System bei deren Lösung.
- **«Engaging»** Das System spricht den Anwender emotional an und ermutigt ihn zur Interaktion.
- **«Effective»** Das System unterstützt den Anwender darin, seine Ziele möglichst vollständig und sicher zu erreichen.
- **«Efficient»** Das System ermöglicht es dem Anwender, seine Ziele möglichst schnell zu erreichen.

Usability-Ziele anforderungsbedingt umsetzen

Auf den ersten Blick könnte es wünschenswert sein, das System auf alle Dimensionen auszurichten. Doch praktisch ist es kaum möglich, ein solches System zu realisieren. Teilweise sind sich die Dimensionen entgegengesetzt. So könnte beispielsweise die Erfassung von Daten in Schritten in einem Wizard «Easy to Learn» sein. Damit würde der Anwender bei der Datenerfassung best-

möglichst geführt. Auch würde der Wizard «Effective» sein. Gleichzeitig ist ein solcher Wizard aber weniger «Efficient» als eine Bildschirmmaske, in welcher sämtliche Datenfelder enthalten sind und es dem Bediener ermöglichen, die einzelnen Werte nach Bedarf direkt einzugeben.

Zielgerichteter als alle Dimensionen maximieren zu wollen ist es, diese fünf Dimensionen anforderungsbedingt umzusetzen, damit das System auf die Bedürfnisse der unterschiedlichen Anwender zugeschnitten wird.

2.5.2 Usability-Ziele der Auftraggeberin

Die Auftraggeberin hat die Usability-Ziele nicht in Worte gefasst. Stattdessen wurde ein allgemeines Projektziel definiert:

«Die Bedienkonzepte für die Bedienung mittels Touchscreen sollen erarbeitet werden.»

Herleitung von Usability-Zielen aus dem Projektziel: Auch ohne dass die Auftraggeberin Usability-Ziele festgelegt hat, lassen sich aus dem gegebenen Projektziel Usability-Ziele ableiten.

- **«Easy to Learn»** Ein Touchdisplay ist für die Anwender der Netstal-Maschinen neu. Die Bedienkonzepte müssen daher intuitiv anzuwenden sein. Die Steuerung soll den vom Benutzer übertragenen Erwartungen (Gesten, Reaktionsgeschwindigkeit, Leichtgängigkeit) gerecht werden, die er aus Erfahrungen mit Touch-Geräten aus dem Consumer-Bereich gemacht hat.
- **«Error Tolerant»** Die Auswirkungen von allfällig ungewollt ausgeführten Touch-Gesten müssen einfach rückgängig gemacht werden können.
- **«Efficient»** Durch unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten mit dem Touchscreen und weiteren Eingabeelementen wird dem Anwender die Freiheit gegeben, die ihm am effizientesten erscheinende Interaktionsmöglichkeit zu wählen.
- **«Engaging»** Das neue Touchscreen-Interface soll vom Anwender als modern empfunden werden. Es soll damit die Attraktivität der Marke Netstal betonen.

Erreichte Usability-Ziele aufrecht erhalten

In der aktuellen Steuerung sind einige Usability-Ziele erreicht. Diese sollen beibehalten werden.

- **«Error Tolerant»** Vor Fehlbedienung schützen, um Beschädigungen der Maschine und des Werkzeugs zu vermeiden.
- **«Effective»** Flexibilität bei der Anpassung auf werkzeugspezifische Vorgänge (Kundenindividuelle Bedürfnisse)
- **«Engaging»** Spricht mit Konsistenz, einer klaren Designsprache und dem Farbschema technisch orientierte Anwender an.

Adressierung der bestehenden Problempunkte

Weiter sind die Problempunkte der aktuellen Steuerung anzugehen. Problempunkte sind:

- Zu hohe Komplexität der Benutzerschnittstelle
- Ungenügende Benutzerführung beim Auftreten von Fehlern

- Ungenügende Benutzerführung beim Ein- und Ausbau eines Werkzeugs

Problempunkt: «Zu hohe Komplexität der Benutzerschnittstelle»:

- **«Easy to Learn»** Die Benutzerschnittstelle muss auf die Aufgaben der verschiedenen Persona ausgerichtet sein, um die Komplexität zu reduzieren und damit gleichzeitig die Erlernbarkeit zu erhöhen. Damit soll auch der Bedarf für Bediener-schulungen reduziert werden.

Problempunkt: «Ungenügende Benutzerführung beim Auftreten von Fehlern»:

- **«Effective»** Bei einem Fehler muss der Anwender zur Ursache geführt werden, damit er den Fehler beheben kann.
- **«Efficient»** Durch eine bessere Benutzerführung soll ein Fehler schnell behoben werden, damit Produktionsstillstände minimiert werden.

Problempunkt: «Ungenügende Benutzerführung beim Ein- und Ausbau eines Werkzeugs»:

- **«Efficient»** Durch eine bessere Benutzerführung soll ein Werkzeugwechsel schnell durchgeführt werden, damit Produktionsstillstände möglichst gering ausfallen.
- **«Effective»** Durch eine bessere Benutzerführung soll der Anwender an alle relevanten Schritte erinnert werden, damit der Werkzeugwechsel sicher und die notwendigen Schritte durchgeführt werden.
- **«Error Tolerant»** Durch eine Führung durch alle relevanten Schritte soll verhindert werden, dass wichtige Schritte vergessen werden.

2.5.3 Herleitung von Usability-Zielen aus den Personas

Die aus den Kundenbesuchen verifizierten Personas decken stark unterschiedliche Bedürfnisse der verschiedenen Benutzergruppen auf.

Usability-Ziele für **Eva**, die Produktionsbetreuerin (Abbildung 25):

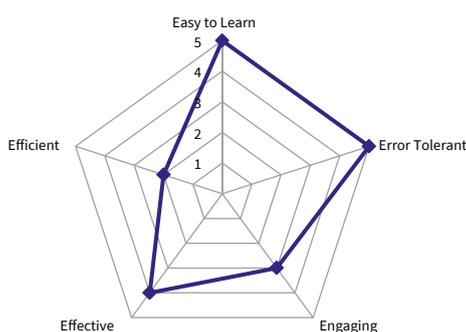


Abbildung 25: Usability-Ziele für Eva, Produktionsbetreuerin

Ziel des Produktionsbetreuers ist es, die Produktion zu überwachen und sie am Laufen zu halten. Es sind wenige Eingriffe zu tätigen. Am System sind wichtige Parameter zu lesen. In bestimmten Situationen ändert der Produktionsbetreuer einzelne Parameter. Produktionsbetreuer haben in der Regel wenig Anwendungskennnisse.

- **«Easy to Learn»** Da die Eingriffe nur gelegentlich getätigt werden, müssen diese einfach und intuitiv für den Produktionsbetreuer sein. Dabei sind die geringen Anwendungskennnisse zu berücksichtigen.
- **«Efficient»** Auftreten von Fehler sind häufig Ausgangspunkt für einen Eingriff durch den Produktionsbetreuer. Dieser soll bei der Behebung der Fehler optimal unterstützt werden, damit der Fehler schnellstmöglich behoben werden kann.
- **«Effective»** Qualitative Aspekte des hergestellten Produkts spielen in vielen Anwendungsfällen der Spritzgießmaschine eine wesentliche Rolle. Das System soll den Produktionsbetreuer bei der Aufrechterhaltung der Qualität unterstützen.

Usability-Ziele für **Peter**, den Einrichter (Abbildung 26):

Ziel des Einrichters ist es, eine Maschine für einen bestimmten Auftrag einzurichten. Dabei ist häufig ein Wechsel des Werkzeugs notwendig. Der Einrichter setzt die Maschine in eine Konfiguration, wie sie schon früher durch den Anwendungstechniker erstellt wurde. Dabei stellt er auch die qualitativen Aspekte sicher. Anders als beim Anwendungstechniker muss der Einrichter nicht eine Konfiguration von Grund aufbauen, sondern eine bestehende Konfiguration wiederherstellen. Dafür sind neben zahlreichen rein mechanischen Operationen an Werkzeug und Maschine als auch verschiedene Manipulationen an der Steuerung erforderlich. Siehe auch Usability-Ziele für Problempunkt «Ungenügende Benutzerführung beim Ein- u. Ausbau des Werkzeugs».

- **«Easy to Learn»** Der Einrichter soll im System weiterführende Informationen erhalten, die ihm beim Verständnis einer vorgegebenen Konfiguration unterstützen.
- **«Error Tolerant»** Beim Einrichten soll das System den Einrichter möglichst gut führen, damit keine Fehler beim Anschließen der unterschiedlichen Medien (Elektrizität, Wasser, Luft und Öl) gemacht werden.
- **«Efficient»** Während dem Einrichten eines Werkzeugs kann nicht produziert werden. Diese Stillstandszeit soll möglichst kurz gehalten werden, indem das System den Einrichter beim Einrichten eines Werkzeugs optimal unterstützt.

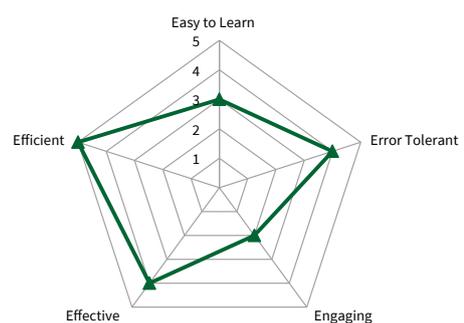


Abbildung 26: Usability-Ziele für Peter, Einrichter

Usability-Ziele für **Luc**, den Anwendungstechniker (Abbildung 27):

Ziel des Anwendungstechnikers ist die erstmalige Inbetriebnahme eines Werkzeugs. Anwendungstechniker wagen sich mitunter in neues unbekanntes Terrain, um das System zu optimieren. Anwendungstechniker verfügen in der Regel über viel Anwendungskennnisse.

- **«Error Tolerant»** Der Anwendungstechniker soll vom System Hinweise erhalten, wenn er gesicherte Pfade verlässt.
- **«Effective»** Neue Werkzeuge soll der Anwendungstechniker ohne Unterstützung vom Maschinenhersteller in Betrieb nehmen können.

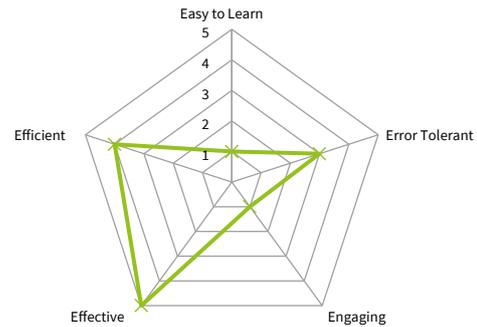


Abbildung 27: Usability-Ziele für Luc, Anwendungstechniker

Usability-Ziele für **Heinz**, den Wartungstechniker (Abbildung 28):

Ziel des Wartungsarbeiters ist das Durchführen von Wartungen an der Maschine. Wartungsarbeiter kennen in der Regel die Maschine und die auszuführenden Schritte in der Steuerung sehr gut.

- **«Efficient»** Die typischen Abläufe der Wartungsarbeiten sollen vom System unterstützt werden, um die Arbeit effizient zu machen und um allfällige Stillstandszeiten der Maschine so klein wie möglich zu halten.
- **«Effective»** Die durchzuführenden Arbeiten erfolgen oft in mehreren, aufeinander aufbauenden Schritten. Der Wartungstechniker muss sich darauf verlassen können, dass ein Schritt vollständig und korrekt ausgeführt worden ist bevor er zum nächsten übergehen kann.

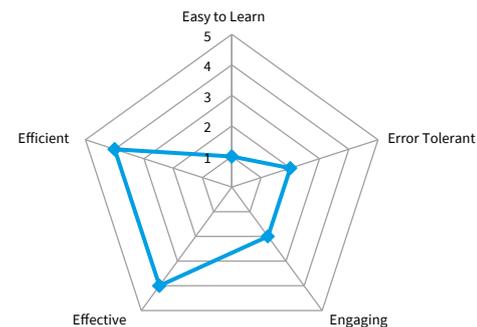


Abbildung 28: Usability-Ziele für Heinz, Wartungstechniker

Usability-Ziele für **Gerhard**, den Manager (Abbildung 29):

Das Management möchte bei Bedarf Informationen über die Maschine abrufen.

- **«Easy to Learn»** Da die Eingriffe nur gelegentlich getätigt werden, müssen diese einfach zu finden sein für das Management.
- **«Error Tolerant»** Das Abrufen der Informationen soll auf eine allfällig laufende Produktion keinerlei Einfluss haben.
- **«Engaging»** Der Manager ist stolz, wenn er eine moderne und attraktive Steuerung seinen Kunden zeigen kann. Dies soll das moderne Firmenimage widerspiegeln und technisches Knowhow vermitteln.

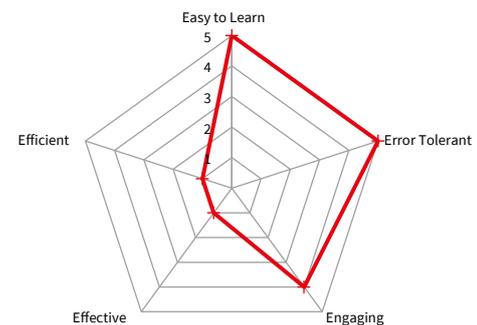
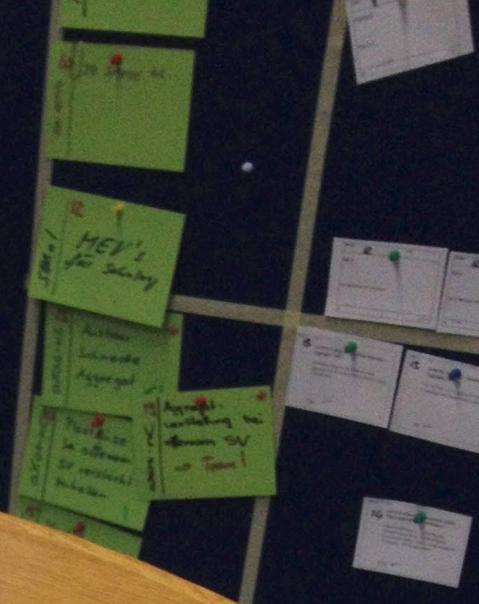
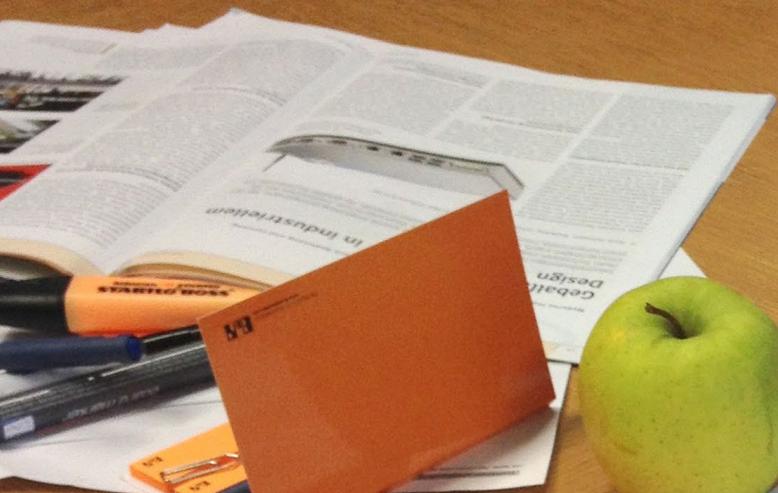


Abbildung 29: Usability-Ziele für Gerhard, Manager





Handwritten notes on a sticky note, including a list of items and a small diagram.

Handwritten note: "ein Axiom"

Handwritten note: "geschickl"

Gestaltung Szenariotechnik
14. Welche Szenarien für Systeme sind nicht überladen?
15. Beschreibung ist gut
16. Beschreibung hat Wert: hat die Umgebung
17. Problem Name des Szenarios

Handwritten note: "Kommunikation"

Etablierbarkeit
48. Wahrscheinl. fällt auf
76. Findet Wahrscheinl. erst
79. Wahrscheinl. vorhersehbar
Wahrscheinl. sobald gefunden OK

Handwritten note: "A"

Verständlichkeit Szenarien

17 II (Übersicht) klar, Seite mit Info für Diagnose ist wichtig
44. Fragt sich, warum Produktion eine Auswahl ist, da dafür HW-Tasten reichen
80. Kann sich unter "Service" nichts vorstellen
81. Wording "Inbetriebnahme" wird als Inbetriebnahme der Maschine verstanden (Nielstal-Standardpunkt)

63. Zur Bewertung der Zuordnung: Hierarchienweise "wichtig" ist - zuerst mit letzter Wert vermischt, ist aber schwierig
86. Szenarien Übersicht und Produktion sind ähnlich

89. Wie oft von einem Bild dargestellt?
90. Wie oft von einem Bild dargestellt?

29. Handlungswortwahl
30. mit linken Hand. Hat linke Hand mit Daumen und zeigt Hand
31. sonst: Indikator mit rechter Hand

Huth-Jauch
88. Team: eigene Zonen

3. Design Level 1: Struktur und Hardware

Das Erstellen eines konzeptionellen Designentwurfs war eine anspruchsvolle Aufgabe, bei der zahlreiche Anforderungen an das Bedieninterface zu berücksichtigen waren. In einem iterativen Vorgehen wurde das Design laufend anhand von Prototypen mit Anwendern evaluiert und stetig weiterentwickelt. Zudem wurden je nach Bedarf durch Hallway-Tests und teaminterne Reviews die Feedbackzyklen weiter verkürzt.

3.1 Einflussfaktoren und Entscheidungen

Bei der Entwicklung des Designentwurfs stand die Erfüllung der Usability Goals im Vordergrund. Dabei mussten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Haptisches Feedback
- Multi-Touch-Constraints
- Anwendung der Design-Prinzipien
- Kundenfeedback
- Konkurrenzanalyse
- Erkenntnisse aus der Analyse des bestehenden Systems
- Allgemeine Eindrücke aus der Analysephase

Besonders der Grösse der Interaktionselemente wurde Rechnung getragen, was wiederum Einfluss auf die Informationsdichte hatte. Dynamische Aspekte von Interaktionen konnten bei der Konzeption nicht ganz ausser acht gelassen werden. Der für Inhalt zur Verfügung stehende Platz kann sich ändern, wenn Bedienelemente ein- und ausgeblendet werden. Durch Animationen kann der Bediener besser nachvollziehen, was auf dem Bildschirm genau passiert.

3.1.1 Haptisches Feedback von Touchscreens

Unter dem Begriff Haptik versteht man die Lehre vom Tastsinn. Unter Haptik kann also alles verstanden werden, was wir mit unserem Tastsinn wahrnehmen können.

Ein Touchscreen ist demzufolge – wie es die Bezeichnung vermuten lässt – auch ein haptisches Eingabegerät. Gesteuert wird durch Berühren (Touch) der Bildschirmoberfläche. Weshalb wird nun aber seitens der Auftraggeberin ein zusätzliches haptisches Eingabegerät gefordert, wenn ein Touchscreen bereits ein solches ist? Welcher Nutzen ergibt sich dabei für den Bediener? Weshalb

ist haptisches Feedback bei der Bedienung einer Spritzgiessmaschine wichtig?

Neben der Tatsache, dass heute Produkte mit physikalischen Bedienelementen als hochwertig wahrgenommen werden, liegt die Ursache beim Touchscreen selbst:

Beim Berühren eines Touchscreens kann über den Tastsinn allein nicht ausfindig gemacht werden, wo sich Bedienelemente befinden und wo nicht. Auch kann mit dem Tastsinn nicht festgestellt werden ob eine Funktion ausgelöst wurde oder nicht: Die Berührung des Bildschirms über einem Bedienelement fühlt sich gleich an wie diejenige auf dem restlichen Bildschirm. Erst das visuelle Feedback gibt Aufschluss darüber, ob eine Funktion ausgelöst wurde oder nicht. Es braucht also einen zweiten Sinn – den Sehsinn – um einen Touchscreen erfolgreich bedienen zu können. In Situationen, bei denen der Blick des Bedieners nicht auf den Bildschirm, sondern auf den Ort des Geschehens gerichtet ist, wird die reine Bedienung mit einem Touchscreen zur Herausforderung.

Beispiele aus dem Alltag gibt es dafür viele:

- Beim Fotografieren mit dem Smartphone gelingen gute Bilder nur schwer, wenn der Finger über dem virtuellen Auslöseknopf gehalten werden muss, um diesen im richtigen Moment betätigen zu können. Und dies, obwohl der Blick auf den relativ kleinen Bildschirm gerichtet ist, aber eben nicht in erster Linie auf den Auslöseknopf. Hier liegt das Problem also im Halten einer mit dem Tastsinn nicht wahrnehmbaren Position. Um diesem Problem entgegenzuwirken wird die Auslösefunktion im Kameramodus auf einen der wenigen verbliebenen physischen Knöpfe gelegt.
- Ein weiteres Beispiel ist die Texteingabe beim Smartphone. Das blinde Schreiben von Textnachrichten war trotz der mehrfach belegten Tasten auf den früheren Handys mit Tastatur möglich. Mit der Toucheingabe ist es ein Ding des Unmöglichen! Hier liegt das Problem darin, dass die Tasten nicht blind erkannt werden können.
- Die Bedienung des Bordcomputers in einem modernen Personenwagen über einen Touchscreen erfordert es, dass der Blick auf den Bildschirm gerichtet und damit weg von der Strasse gelenkt wird. Der Blick muss auch für die Navigation in den Menüs auf den Bildschirm gerichtet bleiben. Die Kombination eines physischen Eingabegeräts (z.B. Drehrad) mit einem Bildschirm stellt hier die bessere Lösung dar. Ein kurzer Blick auf das Display verdeutlicht die Situation, um anschliessend blind mit dem Drehrad eine Auswahl zu treffen (dank spürbarer Rasterfunktion).

Vergleichbare Situationen bestehen bei der Bedienung einer Spritzgiessmaschine. Bei der direkten Maschinenbedienung, also dem Bewegen von Achsen, ist ein haptisches Feedback wichtig. Einerseits ist die Reaktionsgeschwindigkeit sehr wichtig, da hier in Echtzeit die Maschine manipuliert wird. Diese Zeit kann verkürzt werden, wenn das Feedback mit dem selben Sinn wahrgenommen werden kann wie die Auslösung. Beim Betätigen einer qualitativ hochwertigen Taste spürt man den Druckpunkt und weiss genau, wann die Funktion ausgelöst wird. Es muss nicht auf das optische Feedback des Systems gewartet werden. Dieses dient lediglich der zusätzlichen Bestätigung. Andererseits sind hier gewaltige Kräfte (bis 8000 kN) bzw. Drücke (bis 2000 bar) am Wirken. Das Betätigen einer falschen Taste kann hier verheerende Auswirkungen haben. Um die Maschine sicher bedienen zu können, ist der Blick in den Werkzeugraum extrem wichtig. Der Bediener muss sich also, während er in den Werkzeugraum blickt, sicher sein, dass seine Finger über den richtigen Tasten positioniert sind und nach Bedarf die damit verbundenen Funktionen auslösen. Kann die Taste mit dem Finger wahrgenommen werden, ohne dass dabei die Funktion ausgelöst wird, fühlt sich der Bediener sicherer.

3.1.2 Touchtechnologien mit haptischem Feedback

Aus den oben genannten Gründen ist eine Bedieneinheit ohne haptisches Feedback im Bereich der direkten Maschinenbedienung nicht empfehlenswert. Da gewöhnliche Touchscreens diese Funktion nicht bieten, wurde nach möglichen Touchtechnologien gesucht, die haptisches Feedback bieten und die folgenden Anforderungen erfüllen:

1. Sichere Positionierung über einem interaktiven Bereich
2. Erkennen von interaktiven Elementen ohne dabei eine Funktion auszulösen
3. Haptisches Feedback beim Auslösen einer Funktion
4. Allgemeine Verfügbarkeit in industrieller Ausführung

Bei der Recherche nach möglichen Technologien konnten verschiedene Funktionsprinzipien identifiziert werden, welche die genannten Anforderungen zumindest teilweise zu erfüllen versprochen:

Vibration des gesamten Geräts / Bildschirms

Diese Form der haptischen Rückmeldung ist bekannt von Mobiltelefonen. Mit Hilfe eines kleinen Elektromotors (ERM-Motor oder Haptik-Motor), an welchem eine exzentrische Masse befestigt ist, kann das komplette Gerät zum Vibrieren gebracht werden. Bei einer optimierten Variante wird nicht mehr das gesamte Gerät, sondern nur noch der Bildschirm in Schwingungen versetzt. In der Automobilindustrie werden ähnliche Systeme heute z.B. für Spurhalteassistenten eingesetzt, indem der komplette Fahrersitz oder das Lenkrad beim unbeabsichtigten Verlassen der Fahrspur zu vibrieren beginnt.

<i>Anforderung</i>	<i>Erfüllt</i>
Sichere Positionierung	×

Erkennen von interaktiven Elementen	×
Feedback beim Auslösen	✓
Verfügbarkeit	✓

Überlagerung von Schwingungen

Bei solchen Systemen ist es erstmals möglich, das haptische Feedback auf einen Bereich des Displays zu beschränken. Dies wird durch mehrere Aktoren erreicht, deren Schwingungen sich überlagern. So ist es auch möglich, unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheiten, ja sogar Erhebungen und Vertiefungen auf der Oberfläche, zu simulieren. Touchtechnologien mit diesem Funktionsprinzip sind erst vereinzelt im Bereich der Unterhaltungselektronik (Tablets) zu finden.

<i>Anforderung</i>	<i>Erfüllt</i>
Sichere Positionierung	×
Erkennen von interaktiven Elementen	×
Feedback beim Auslösen	✓
Verfügbarkeit	×

Kombination von Elektrostimulation und Schwingungen

Alle bisher aufgeführten Funktionsprinzipien haben einen grossen Nachteil: Das Feedback erfolgt erst dann, wenn die Aktion bereits ausgelöst worden ist, der Finger also die Bildschirmoberfläche berührt. Dieses Problem soll mit dem neusten Funktionsprinzip gelöst werden: Nähert sich der Finger der Bildschirmoberfläche, wird eine Kraft wahrgenommen, noch bevor der Finger den Bildschirm berührt. So ist es möglich, das Gefühl beim Betätigen eines einfachen Lichtschalters nachzuempfinden. Diese Technologie befindet sich allerdings noch immer im Laborstadium. Es ist nicht absehbar, ob und wann solche Systeme allgemein verfügbar sein werden.

<i>Anforderung</i>	<i>Erfüllt</i>
Sichere Positionierung	✓
Erkennen von interaktiven Elementen	✓
Feedback beim Auslösen	✓
Verfügbarkeit	×

Keine der gefundenen Technologien erfüllt die Anforderungen, welche bei der Bedienung einer Spritzgiessmaschine von Bedeutung sind. Verschiedene Konkurrenzsysteme versuchen, diesem Mangel an geeigneten Technologien mit eigenen Ansätzen entgegenzuwirken:

- Auf den Bildschirm werden fixe Erhebungen geklebt, um einen Prägerand zu erhalten. Dieser ist aber auf eine Seite offen und dient der Positionierung eines Fingers. Erst durch eine Schiebebewegung mit dem sich bereits auf dem Bildschirm befindlichen Finger wird die gewünschte Funktion ausgelöst. So kann eine sichere Positionierung erreicht werden, ein haptisches Feedback bei der eigentlichen Auslösung fehlt aber auch hier. Zudem stören die aufgeklebten Erhebungen die optische Wahrnehmung und verzerren das darunterliegende Bild.
- Die Zweifingerbedienung erhöht die Sicherheit, indem eine Fixierung der Auslöseposition erreicht wird. Hier wird erst durch Betätigen mit dem zweiten Finger die Funktion ausgelöst, währenddem die Position mit dem ersten Finger fixiert werden

kann. Der zweite Finger bleibt bis zum Auslösen der Funktion über der Bildschirmoberfläche. Bei längerem Ausharren in fixierter Position ist diese Bedienung ergonomisch unvorteilhaft.

- Auf der Bedieneinheit werden zusätzlich einzelne physikalische Tasten angebracht. Durch eine dynamische Konfiguration wird durch den Bediener je nach Situation die gewünschte Funktion auf die Tasten gelegt. Obwohl alle vorgängig genannten Anforderungen erfüllt werden, ist diese Lösung nur suboptimal. Der Wechsel zwischen einzelnen Funktionen wird mühsam und langwierig, worunter schliesslich die Effizienz leidet.

3.1.3 Bildschirmtastatur als optimale Lösung

Die Auftraggeberin hat mit der bereits in der aktuellen aXos-Steuerung verwendeten und patentierten Bildschirmtastatur die optimale Lösung, um die Anforderungen zu erfüllen. Über einem Bildschirm sind Streifen mit Folientasten und Prägerand geklebt. Über den Tasten können auf dem Bildschirm neben Beschriftung und Icon der Tasten verschiedene Zusatzinformationen wie Istwerte angezeigt werden. In Abbildung 30 sind mehrere Tasten und deren Informationen auf dem Bildschirm dargestellt. Die Bildschirmtastatur vereint die Vorteile von physikalischen Tasten mit der Flexibilität und Dynamik eines Touchscreens.

Vorteile der heutigen Bildschirmtastatur

- Sichere Positionierung auf einer Taste dank Druckpunkt
- Direktes, haptisches Feedback bei der Betätigung
- Blindes Erkennen von Tasten dank Prägerand
- Direkter Zugriff für jede Funktion (eigene Tasten pro Komponente)
- Zusätzliche Anzeige von Statusinformationen direkt bei der Taste
- Einfache Internationalisierung (Text ist auf Bildschirm und nicht gedruckt)
- Erprobtes Konzept mit positivem Kundenfeedback



Abbildung 30: Ausschnitt der Bildschirmtastatur

Nachteile der heutigen Bildschirmtastatur

- Automatische und unveränderliche Zuordnung der Tasten in Sektionen
- Viele Tasten machen es schwierig den Überblick zu behalten
- Zum Teil zu kleine Elemente (Istwerte)
- Konstruktionsbedingte Parallaxenfehler
- Fixe Aufteilung in Sektionen behindert zum Teil die Erweiterbarkeit

Für das Design der neuen Bedieneinheit sollte deshalb erneut auf das Konzept der Bildschirmtastatur gesetzt werden. Die bekannten Nachteile der bisherigen Bildschirmtastatur sollten im Design der neuen Ausführung berücksichtigt und falls möglich eliminiert werden.

3.1.4 Evaluation eines zusätzlichen haptischen Eingabegeräts

Um dem Bediener ein bestmögliches Arbeiten mit der neuen Steuerung zu ermöglichen und den Premiumanspruch im Spritzgiessbereich zu unterstreichen, sollte gemäss Aufgabenstellung ein zusätzliches Eingabegerät zum Einsatz kommen.

Bei der Recherche nach möglichen haptischen Eingabegeräten standen die folgenden Anforderungen im Vordergrund:

- einfach erlernbar, intuitiv
- industrietauglich
- verfügbar
- verwendbar an einer Spritzgiessmaschine (Übertragbarkeit der Bewegungsrichtungen und Anzahl der Dimensionen)
- allfällige Unterstützung bei der direkten Maschinenmanipulation

Einzelne der im Folgenden aufgeführten Geräte wurden von verschiedenen Personen auf ihre Tauglichkeit geprüft. Andere Geräte wurden anhand von Beschreibungen im Internet oder aufgrund von persönlicher Erfahrung beurteilt.

3D-Maus

3D-Mäuse, wie sie von 3DConnexion¹ angeboten werden, haben vor allem im CAD-Bereich Verbreitung gefunden. Durch die vielen verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten ist die Benutzung nicht einfach zu erlernen. Industrietaugliche Versionen sind erhältlich. An einer Spritzgiessmaschine sind keine Interaktionen im dreidimensionalen Raum nötig. Eine 3D-Maus ist deshalb und wegen der erhöhten Komplexität als zusätzliches Bedienelement an einer Spritzgiessmaschine ungeeignet.

Joystick

Joysticks sind vor allem in der Fliegerei und bei Spielkonsolen verbreitet. Industriell einsetzbare Modelle sind verfügbar und die Bedienung eines Joysticks ist einfach zu erlernen. An einer

1 <http://www.3dconnexion.de/products/spacepilot-pro.html>

Spritzgiessmaschine ist in der Regel nur die Bewegung in einer Richtung nötig. Auch für die Navigation ist ein Joystick nicht gut geeignet und ersetzt mehr oder weniger direkt den aktuell verwendeten Trackball.

Multitouch-Ring-Encoder

Eine interessante Kombination aus Drehrad und Touchdevice wurde mit dem Multitouch-Ring-Encoder² (MTRE) der Firma Grayhill gefunden, dargestellt in Abbildung 31. Das angeschaffte Demogerät konnte dann aber sowohl qualitativ als auch interaktionsseitig nicht überzeugen. Der Touchbereich auf dem Rad ist zu klein. Auch konnte keine sinnvolle Verwendung für die Touchfunktionen auf dem Drehrad gefunden werden. Der Touchsensor macht in Kombination mit einem Touchbildschirm nicht viel Sinn. Die zusätzliche Möglichkeit, einen Leuchtring bedarfsgerecht anzusteuern, konnte hingegen gefallen.

Drehrad als optimales haptisches Bedienelement

Die Bedienung mit einem Drehrad ist allgemein bekannt, sei es aus dem Auto (Lenkrad, BMW iDrive³) oder dem Lautstärkeregler der heimischen Stereoanlage. Auch im industriellen Umfeld gibt es zahlreiche Geräte, bei denen ebenfalls ein Drehrad zum Einsatz gelangt. Die Bedienung ist einfach und Drehräder sind in industrieller Ausführung verfügbar. Neben der durch den Bediener

2 <http://www.grayhill.com/products/human-interface-solutions-with-instinct/t1/>
 3 http://www.bmw.com/com/de/insights/technology/technology_guide/articles/controller.html

Abbildung 31: Grayhill Multitouch-Ring-Encoder



unmittelbar verständlichen radialen Anordnung von Navigationselementen ist auch die Navigation von vertikal oder horizontal angeordneten Elementen leicht verständlich. Wird das Drehrad mit einem Raster ausgestattet, kann das taktile Feedback weiter verbessert werden. Für eine angenehme Bedienung ist eine gewisse Grösse des Rades wichtig. Auch Parameteränderungen können mit einem Drehrad sehr gut vorgenommen werden. Eine zusätzliche Interaktionsmöglichkeit besteht im Drücken des Rades, z.B. zum Bestätigen einer Auswahl.

Von den untersuchten Eingabegeräten ist das Drehrad mit Drückfunktion dasjenige mit den für den Anwender meisten Vorteilen:

- Die Metapher eines Drehrads ist allgemein gut etabliert. Anwendungsfälle sind im Alltag häufig anzutreffen.
- Das Drehrad bietet haptisches Feedback. Der Anwender kann während dem Drehen einen Widerstand spüren. Das Auge kann sich in dieser Zeit auf andere Dinge fokussieren.
- Das Drehrad kann sowohl bei Feinjustierungen als auch bei der Grobeinstellung in einem weiten Bereich gut verwendet werden. Soll ein Wert jedoch sowohl fein als auch in einem weiten Bereich verändert werden, wird die Bedienung mit dem Drehrad mühsam, da für eine grosse Wertänderung mehrere Umdrehungen erforderlich werden.
- Gut eignet sich das Drehrad für Anwendungsbereiche, in denen der einzustellende Wert nicht im Voraus exakt bekannt ist, sondern der Anwender sich eine Grössenordnung der Änderung vorstellen kann (relative Änderungen).

Die Anwendung zur Steuerung der Maschine enthält sehr viele numerische Eingabefelder (siehe Abschnitt 2.1.1, Seite 17). Das Drehrad soll im neuen System primär die Erfassung und die Justierung von numerischen Werten in Eingabefeldern unterstützen. Weitere Anwendungen, z.B. zur Navigation, können hinzu kommen. Damit nur ein Drehrad notwendig wird, soll nur das jeweils selektierte Eingabefeld auf Interaktionen des Drehrades reagieren.

3.1.5 Einflüsse der Multitouch-Technologie auf die Interface-Gestaltung

Dimensionierung

Die Interaktionsflächen sind für die Touch-Bedienung möglichst gross zu dimensionieren, um dem Benutzer genügend Treffsicherheit zu gewährleisten. Um diesem Punkt gerecht zu werden, ist eine Reduktion des gleichzeitig angezeigten Inhalts gegenüber einer für Maussteuerung ausgelegten Oberfläche zwingend. Zwischen dem auf Mausbedienung ausgelegten Startmenu von Microsoft Windows 7 (Abbildung 32) und der auf Touchbedienung optimierten Variante von Windows 8 (Abbildung 33) ist die Vereinfachung und der zusätzliche Platzbedarf deutlich feststellbar. Für die Bedienung durch eine stehende Person soll eine minimale Grösse einer interaktiven Fläche von 10 × 10 mm eingehalten werden (Abschnitt 2.4.1, Seite 24). Diese minimale Fläche gilt für die Bedienung mit einem Finger. Für Interaktionen mit mehreren Fingern ist die Fläche entsprechend zu vergrössern. Die Regel gilt

auch für interaktive Flächen innerhalb von Controls wie z.B. Listboxen und Treecontrols.

Positionierung (Überdeckung)

Bei der Platzierung von Inhalten ist zu beachten, dass der Benutzer beim Interagieren mit seiner Handfläche bestimmte Regionen unterhalb des Interaktionspunkts abdeckt. Wird berücksichtigt, dass die Bedienung sowohl mit der linken als auch der rechten Hand erfolgen kann, vergrößert sich diese überdeckte Zone.

Wahl der Interaktionselemente

Weiter ist auf nicht für Touchbedienung optimal abgestimmte Interaktionselemente zu verzichten. Das Fehlen eines permanent sichtbaren Mauszeigers, der Maus-Tasten sowie auch die reduzierte Präzision bei der Selektion führen zu Problemen mit gewissen bekannten Interaktionselementen (Hover, Kontextmenu). Deshalb sollen z.B. Icons wenn immer möglich mit einem zusätzlichen Text angezeigt werden. Die Anzahl an Icons ohne zusätzlichem Text sollte möglichst gering gehalten werden.

Unterstützung mittels Animation

Animation ist ein wichtiger Bestandteil interaktiver Oberflächen. Sie hilft, die durch Berühren aktivierte Funktionalität zu offenbaren. Neben dem Einblenden von Signifiern können dynamische Effekte (Verschieben, Federn, Schütteln) einen Hinweis auf mögliche Interaktion geben.

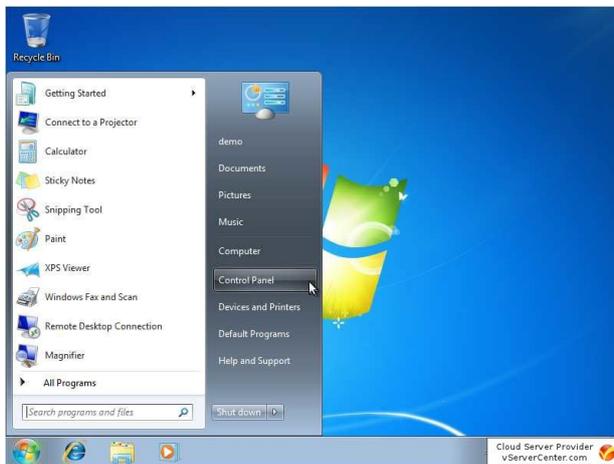


Abbildung 32: Startbildschirm von Windows 7



Abbildung 33: Startbildschirm von Windows 8

3.1.6 Wahl der Gesten für den Prototyp

Die Wahl der Gesten erfolgte nach den Kriterien von Abschnitt 2.4.4, Seite 27. Vereinfacht formuliert: Es gilt einfachen, bekannten und intuitiven Gesten den Vorzug zu geben. Mit steigender Zahl an Fingern, die für die Gesten notwendig sind, steigt die Komplexität und die Intuitivität verringert sich. Trotzdem ergeben sich interessante Möglichkeiten z.B. für globale Gesten, wenn an der selben Stelle verschiedene Aktionen ausgelöst werden können. Bei den globalen Gesten soll darauf geachtet werden, dass nur wenige davon verwendet werden und dass diese immer die selbe Funktion auslösen.

Mit der steigenden Anzahl an Fingern verringert sich die Präzision und die Interaktionsfläche vergrößert sich zwangsläufig. Aus dieser Überlegung wurden für Interaktionen mit einem gezielten Objekt Single-Touch-Gesten gewählt und globale Interaktionen mit Mehr-Finger-Gesten in Verwendung gebracht. In der Grundbedienung wurde auf Mehrfinger-Gesten absichtlich verzichtet, um neben Einfachheit auch Single-Touch-Geräte oder mausgesteuerte Systeme zu unterstützen. Eine erste Zuordnung nach aufsteigender Fingerzahl wurde bereits zu Beginn des Designs vorgenommen.

1-Finger-Gesten

Die Single-Touch-Gesten gehören zu den einfachsten Gesten. Klammert man die zahlreichen Zeichen-Gesten (Gestureworks) aus, erlauben sie eine optimale natürliche Interaktion.

Sie werden somit für die wichtigsten primären Funktionen eingesetzt. Die Interaktion bezieht sich stark auf den Ort der Berührung. Die Single-Touch-Interaktionselemente lassen sich auch ohne grössere Aufwände mit einer Maussteuerung bedienen.

Die 1-Finger-Gesten wurden für folgende Aufgaben reserviert:

- Selektion
- Scrollen vertikal und horizontal von Listen oder Seiten
- Verschieben
- Zeichnen
- Optionen zeigen

2-Finger-Gesten

Es gibt eine klare Unterscheidung zur 1-Finger-Berührung. Typischerweise werden sekundäre Aktionen auf dem berührten Objekt ausgelöst (vergleiche rechte Maustaste), der Ort der Berührung innerhalb des Objekts ist weniger relevant. Die Funktionalität ist stark abhängig vom jeweiligen Objekt.

Unter die 2-Finger-Gesten fallen folgende Gesten:

Tap, Pinch, Rotate, Drag, Press and Tap, Press and Drag

Mögliche Verwendung:

- Zoom
- Bereich Selektieren (z.B. Messen)
- Objekt drehen

- Optionen anzeigen («Rechts-Klick»)
- Strecken
- Mehrfachauswahl

Mehr-Finger-Gesten

Mehr-Finger-Gesten sollten nur für globale Gesten eingesetzt werden. Es liegt kein direkter Bezug zum berührten Objekt vor. Es gibt keine eindeutige visuelle Aufhänger, eine Animation muss einspringen.

Als 3plus-Finger-Gesten können folgende Gesten sinnvoll verwendet werden:

Tap, Swipe, Rotate

Mögliche Verwendung:

- Seiten blättern
- Seiten verschieben
- Menu/Auswahl anzeigen

Zweihandbedienung

Durch genügenden Abstand zwischen den Interaktionselementen kann eine Zweihandbedienung erzwungen werden.

Mögliche Verwendung:

- Sichere Bedienung

3.1.7 Unterstützung von Touch und Drehrad

Durch das geplante Vorhandensein eines zweiten Eingabegerätes (Touchbildschirm und Drehrad) bestand die Möglichkeit, gewisse Operationen bewusst nur mit einem der beiden Geräte zu ermöglichen. Ziel sollte es jedoch sein, möglichst viele Interaktionen mit beiden Eingabegeräten durchführbar zu machen, sofern dies Sinn macht. (Die Navigation in einem Graphen wie dem Ablauf ist mit dem Drehrad derart ineffizient, dass eine Umsetzung hier keinen Sinn macht.) Es sollten Interaktionsmuster verwendet werden, welche sowohl mit dem Finger wie auch mit dem Drehrad funktionieren. Dies erlaubt es dem Bediener, fließend und je nach Bedürfnis zwischen den Eingabegeräten zu wechseln. Die beiden Eingabequellen unterscheiden sich nicht nur in der Haptik, sondern in zahlreichen Punkten, welche ein unterschiedliches Verhalten bei der Navigation zur Folge haben:

- Ist die Reihenfolge der Elemente bei der Bedienung mit dem Drehrad eindeutig vorgegeben, ist der Bediener beim Touchscreen frei, die angezeigten Elemente direkt anzutippen. Der Touchscreen erlaubt daher eine direktere und effizientere Navigation.
- Der Touchscreen kennt keinen Hover-Zustand. Die Selektion erfolgt mit der ersten Berührung. Nur eine zeitliche Auswertung der Berührung könnte zur Differenzierung verwendet werden (Tap and Hold-Geste). Beim Drehrad mit Druckschalter kann ein Bereich durch die Drehbewegung hervorgehoben werden (Hover-Zustand). Eine Selektion kann anschliessend durch Drücken des Drehrades erfolgen. Das Drehrad ermög-

licht es auf diese Weise, Zusatzinformationen zum hervorgehobenen Element anzuzeigen.

Keine zusätzliche Tastatur für Text- und Werteingabe

Bedingt durch die Tatsache, dass sämtlichen Funktionen, die einen unmittelbaren Einfluss auf Aktionen der Maschine haben, über physikalische Tasten auf der Bildschirmstastatur erfolgen sollen, werden über den Touchscreen keine sicherheitsrelevanten Funktionen ausgelöst. Die Vorteile des Touch-Bildschirms sollen optimal genutzt werden. Auf eine zusätzliche Tastatur wie bei der aktuellen Bedieneinheit soll deshalb verzichtet werden. Für die Eingabe von numerischen Werten (der Mehrheit der Eingabelemente) eignet sich das Drehrad, welches als eine Art Schieberegler verwendet wird, optimal als Eingabegerät. Der vorhandene Wert soll oft leicht verändert werden, wobei es in der Regel nicht um den exakten Wert, sondern um eine Veränderung geht. Für die viel weniger oft benutzte direkte Eingabe eines exakten Wertes kann ein virtuelles numerisches Keyboard (Softkeyboard) mit dem Touchscreen benutzt werden.

3.1.8 Gestaltungsideen

Als Inspirationsquelle wurde eine Sammlung von vielen interessanten Beispielen von Bedienoberflächen aus Fachmagazinen und aus dem Internet angelegt. Anhand dieser lassen sich vergangene Generationen und aktuelle Trends erkennen. Die Einflüsse von eingesetzten Mitteln, wie Betriebssystemen, Programmiersprachen und Frameworks, lassen sich teilweise sehr gut feststellen. Inspirierend war auch der Besuch einer Kunststoff-Fachmesse und die Betrachtung von vergleichbaren Situationen aus komplett anderen Anwendungsgebieten (Metallbearbeitung, Ton-technik, Automobil, Medizintechnik und Homeautomatisierung). Momentan wirken Flat-Design, viel Weissraum und feine Schriften modern. Der UX-Experte Jakob Nielsen kritisiert jedoch den Flat-Design-Trend. Es sei oft unklar, wo man als Nutzer das Display berühren sollte (Nielsen 2013). Mit einer Sortierung nach besseren und schlechteren Beispielen gelang es, eine erste Wegrichtung zu finden.

3.2 Software-Hilfsmittel für die Design-Phase

Gestartet wurden die Designaktivitäten (Abbildung 34) mit dem Skizzieren von Ideen mittels Papier und Bleistift. In kurzer Zeit sind so zahlreiche unterschiedliche Lösungsansätze entstanden. Die Handskizzen bildeten eine gute Diskussionsgrundlage bei der weiteren Lösungsfindung. An Schlüsselstellen wurden zur Überprüfung von getroffenen Hypothesen kleine Hallway-Tests durchgeführt. In zahlreichen Runden wurde auf diese Weise das graphische Bedienkonzept erarbeitet.

Zu den bestechenden Vorteilen der Verwendung von Papier und Bleistift gehörte das schnelle, niederschwellige Visualisieren einer Idee, wie auch die Möglichkeit der laufenden Anpassung oder Neugestaltung während der Diskussion. Im fortgeschrittenen Stadium der Ausarbeitung des Prototyps ist diese Visualisierungs-

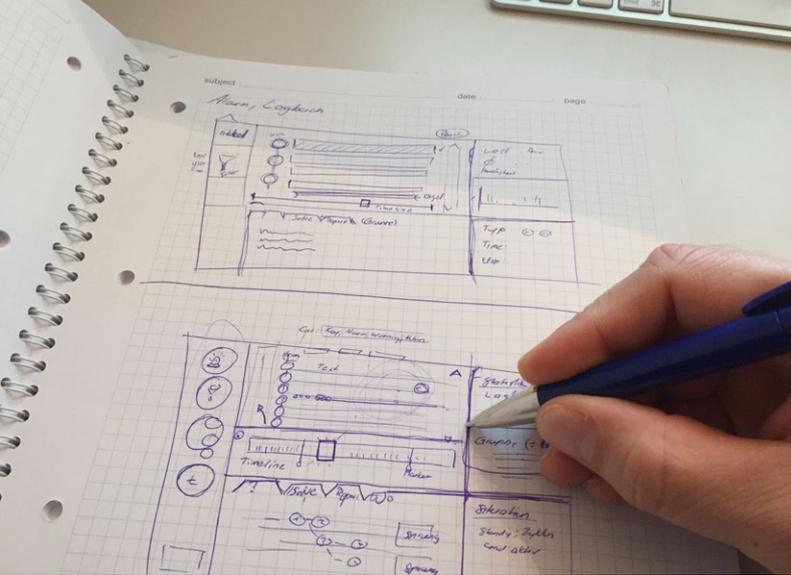


Abbildung 34: Skizzieren auf Papier

technik jedoch an verschiedenen Punkten an Grenzen gestossen: Für die effiziente Weiterarbeit basierend auf Papierprototypen wurden darauf vorerst einzig beim Zeichnen elektronische Hilfsmittel eingesetzt. Der Wechsel zu elektronischen Zeichenprogrammen brachte einen Zeitgewinn beim Erstellen von zahlreichen massstabsgetreuen Prototypen mit unterschiedlichen Dimensionierungen der Touchinteraktionselemente, um den realen Flächenbedarf einer komfortablen Lösung ausfindig zu machen. Neben der gewünschten Verkürzung der Umsetzungsdauer resultierte auch ein endgültigeres Aussehen als bei den Handskizzen. Dieser Effekt kann nachteilige Wirkung auf die Testpersonen haben, indem die Lösung nicht mehr als veränderlich wahrgenommen wird und Ideen und spontane Einwände unterbindet. Aus diesem Grund wurde darauf verzichtet, vorgefertigte Designelemente aus Bibliotheken einzusetzen. So konnte eine weitere Vertiefung des Detaillierungsgrades verhindert werden.

In einer späteren Phase wurde die Prototypen-Entwicklung auf Basis von Webtechnologie fortgesetzt. Dieser Wechsel ermöglichte die Darstellung des Prototyps auf der Zielplattform und die Einbindung des Touchinterface. Der interaktive Prototyp erlaubte realere Tests ohne störende Unterbrechungen, welche neben dem Austauschen zusätzlich durch Suchen des korrekten Ausdrucks in der Vielzahl von Blättern verursacht wurden. Durch die zusätzliche Ankopplung des Drehrades wurde erstmals das Zusammenspiel zweier unterschiedlicher Eingabegeräte test- und erlebbar. Die interaktive Umsetzung erlaubte es, die Steuerung der Navigation mit den realen Eigenschaften der Eingabegeräte zu testen. Weitere Programmierschritte dienten dazu, dass unterschiedliche IA-Strukturen ohne zusätzliches Programmieren eingebunden werden konnten, was die Anpassung des Prototyps einfacher und schneller machte. Die zukünftige Einbettung von Multitouch-Gesten und Animation sind als weitere Ausbaustufen möglich.

3.2.1 Suche nach dem universellen Werkzeug

Nach längerem Suchen nach einem geeigneten Multitouch-Prototypingtool zeichnete sich ab, dass solche Werkzeuge zum Zeitpunkt der Arbeit noch nicht in grosser Zahl existierten. Viele der betrachteten Prototypingtools fokussieren auf Smartphones und Tablets. Eine spannende Ausnahme bildet die Software proto.io⁴,

4 <https://proto.io/>

welche neben den üblichen mobilen Geräten auch Desktopanwendungen unterstützt. Leider ist die Software nur online verfügbar und nur für eine eingeschränkte Dauer erwerbbar. Das Entwerfen einer Multitouch-Desktopanwendung scheint noch nicht wirklich verbreitet. Somit führte hier kein Weg an der Programmierung vorbei. Einen guten Überblick bieten die Aufstellungen von (Conor 2013) und (Schwartzman 2013).

Für zahlreiche Programmiersprachen und Plattformen existieren unterschiedliche Multitouch-Bibliotheken. Das Verhältnis zwischen Einarbeitungsaufwand und Ertrag variiert bei den verschiedenen Bibliotheken stark. Passend für die Umsetzung eines Web-Prototyps sind an dieser Stelle die beiden folgenden JavaScript-Bibliotheken erwähnenswert, welche sich durch gute Funktion und Einfachheit auszeichnen:

- Multitouch: hammer.js⁵
- Performante Animationen: Velocity.js⁶

Da das Zeitbudget für Programmierung pro Person auf 20 Stunden limitiert war, musste diese Ressource sehr haushälterisch eingesetzt werden. Aus diesem Grund startete die Suche nach Werkzeugen, die möglichst ohne Programmierung eine gute Unterstützung bei der Ausarbeitung von notwendigen Teilschritten bieten können.

3.2.2 Zusammenstellung der verschiedenen Tools

Für die Wahl von Werkzeugen wurden Kriterien aufgestellt, die von den Tools erfüllt werden sollten:

- Der Preis sollte in einem vertretbaren Rahmen liegen.
- Das Programm musste über klare Stärken im jeweiligen Einsatzbereich verfügen. Aus der Nutzung mussten sich klare Vorteile ergeben.
- Das Programm musste lokal installierbar sein und die Projekt-Daten mussten ebenfalls lokal gespeichert werden können.
- Das Tool sollte passende Import- und Export-Möglichkeiten bieten.
- Eine schnelle Einarbeitungszeit war eine weitere zwingende Voraussetzung.

Aus einer Reihe von betrachteten Programmen wurden folgende Softwarelösungen für die aufgezählten Teilaufgaben ausgewählt:

- Design: OmniGraffle Pro 6⁷
- Positionierung & HTML-Generierung: Macaw 1.5⁸
- Programmierung: Webstorm 9⁹

5 <http://hammerjs.github.io/>

6 <http://julian.com/research/velocity/>

7 <https://www.omnigroup.com/omnigraffle>

8 <http://macaw.co/>

9 <https://www.jetbrains.com/webstorm/>

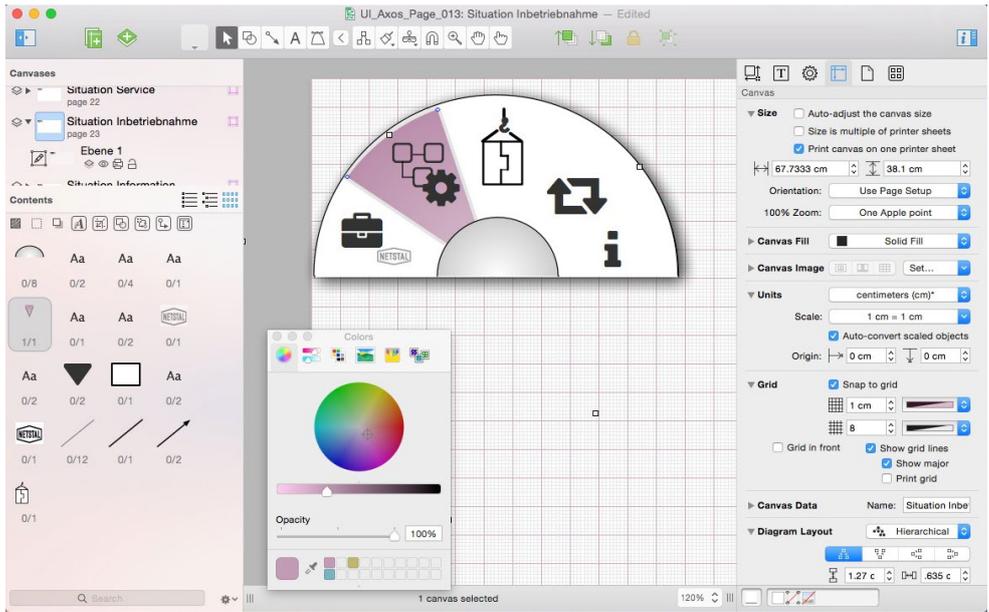


Abbildung 35: OmniGraffle

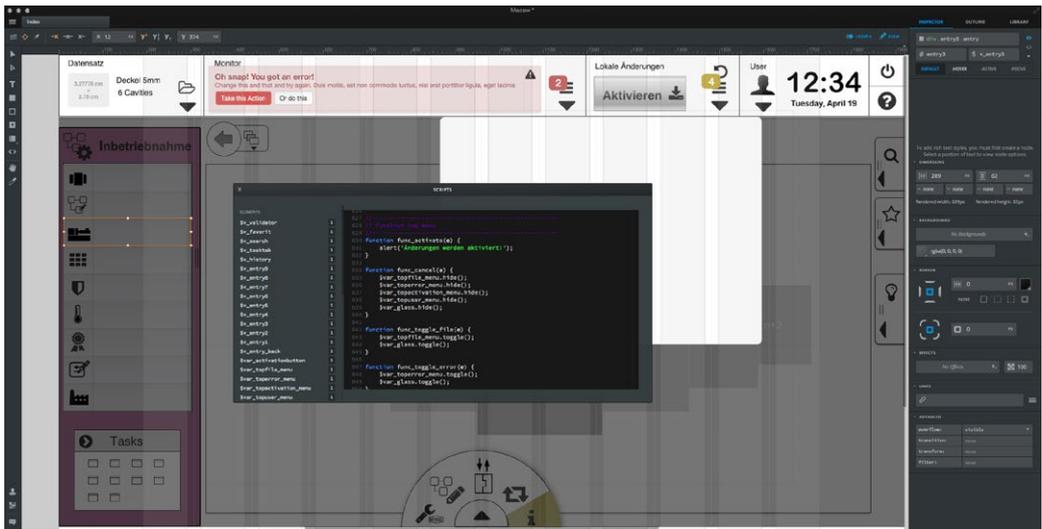


Abbildung 36: Macaw

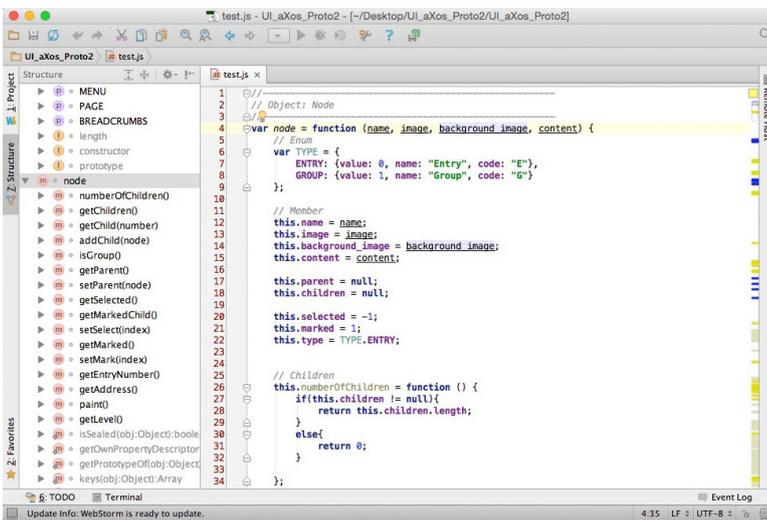


Abbildung 37: WebStorm

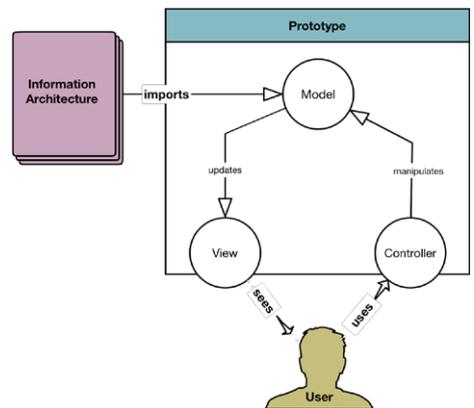


Abbildung 38: Software-Architektur

3.2.3 Workflow

1. Schritt: Erstellung von Designelementen

Mit Hilfe von OmniGraffle (Abbildung 35) wurden die gesamten Prototypen gezeichnet und in erster Fassung als Papierprototypen ausgedruckt. Für die Weiterverarbeitung in interaktiven Prototypen wurden die gezeichneten Ansichten in Sektionen zerlegt und diese anschliessend in Form einzelner Bilddateien exportiert.

2. Schritt: Platzierung; Definition der Interaktionsfelder; HTML-Generierung

Mit Macaw (Abbildung 36) wurden die exportierten Bilddateien zusammengestellt. Weiter wurden die interaktiven Bereiche definiert und Bezeichnungen zugewiesen. Die zusätzlichen externen Programmierzeilen wurden eingebettet um anschliessend auf Knopfdruck einen lauffähigen interaktiven HTML-Prototyp zu generieren.

3. Schritt: Programmierung

Die Programmierung von Javascript und CSS3 erfolgte in WebStorm (Abbildung 37), welcher Dank guter Sprachunterstützung die Arbeit etwas erleichterte. Sowohl die Auslagerung der Informationsarchitektur als auch die Einbindung eines Controllers für die parallele Verarbeitung von Touch- und Drehrad-Events wurde mit diesem Hilfsmittel umgesetzt.

3.2.4 Softwarearchitektur des Prototyps

Auslagerung der Informationsarchitektur

Zwecks schnellen und einfachen Austauschs von neuen, zu testenden Informationsarchitektur-Varianten, wurde die Programmierung des interaktiven Prototyps entsprechend angepasst und die Struktur in eine separate Datei ausgelagert.

Dies ermöglichte das schnelle Anpassen zwischen den Tests, ohne aufwändige Veränderungen am restlichen Prototyp vornehmen zu müssen. Beim Aufstarten des Prototyps werden die Daten ins Modell importiert und die grafische Darstellung entsprechend aktualisiert. Die Navigation über das Rad wie auch über das Touchdisplay sind ebenfalls ohne weiteren Aufwand gewährleistet.

Für die Umsetzung dieser Funktionalität wurde das bekannte Software-Muster MVC (Model-View-Controller) gewählt. Den einzelnen Teilen in der Programmierung wurden die klassischen Aufgaben zugeteilt (Abbildung 38):

Model:

- Import von IA-Daten ins Model ermöglichen
- Verwalten der Datenstruktur

View:

- Aufbereitung von grafischen Darstellungen anhand der Daten aus dem Model

Controller:

- Verarbeitung der verschiedenen Ereignisse vom Touchdisplay und vom Rad
- Auslösen von entsprechenden Manipulationen auf dem Model

3.3 Work Reengineering, Iteration 1: Eine neue Informationsarchitektur

Die teilweise sehr unterschiedlichen Bedürfnisse für die verschiedenen Personas hatten zu stark voneinander abweichenden Usability-Zielen der Personas geführt. Das zeigte auf, dass es hilft, für die unterschiedlichen Personas eigene Bereiche bei der Benutzerschnittstelle anzubieten. Das war für die aXos-Maschinensteuerung ein völlig neuer Ansatz. Im bisherigen System hatten die Personas keine eigenen Bereiche. Der Definition einer neuen Informationsarchitektur für die Navigation kam daher eine zentrale Bedeutung zu. Diese neue Erkenntnis verschob den Fokus für dieses Projekt etwas. Vorher lag der Fokus auf der Touch-Bedienung. Von nun an lag der Fokus auf der optimalen Unterstützung der Personas.

Auch die Rückmeldungen von Anwendern an Netstal bezüglich aXos bestätigten, dass die Steuerung für den einfachen Benutzer zu kompliziert war. Die grosse Flexibilität machte es zum Teil schwieriger, einfache Aufgaben zu erledigen, da der Benutzer zu viele Möglichkeiten hat und nur schlecht geführt wird. Hier bestand eindeutig Handlungsbedarf, der weit über die einfache Umsetzung für eine Touchbedienung hinausging. Die Optimierung von aXos für die Personas von Anwendungstechniker und Einrichter, welche die Flexibilität schätzen, hatte die Bedürfnisse der anderen Personas, welche mindestens ebenso viel Zeit an der Maschine verbringen, völlig ausser Acht gelassen.

3.3.1 Separate Bereiche für verschiedene Benutzerrollen

Der erste Ansatz, den Bedürfnissen aller neu als primär definierten Personas gerecht zu werden, war, jeder Benutzerrolle eine komplett separate Benutzeroberfläche zu geben. Diese könnte mit der im System vorhandenen Bedieneridentifikation gekoppelt werden, so dass jeder Benutzer automatisch nur das sieht, was er braucht und wofür er berechtigt ist. In der teaminternen Diskussion wurden jedoch bald Schwächen dieses Ansatzes ausgemacht:

Viele Tätigkeiten kommen in den Aufgaben verschiedener Personas vor. Beispielsweise muss der Einrichter einen grossen Teil der Produktionssteuerung, welche im Produktivbetrieb der Produktionsbetreuer braucht, ebenfalls zur Verfügung haben, da er im Zuge seiner Justiarbeit ebenfalls Teile produziert. Bei einer vollständigen Trennung der Benutzeroberflächen bedeutet dies, dass solche Bereiche doppelt vorkommen müssen.

Ausserdem erschwert eine komplette Trennung die Kommunikation zwischen den Benutzerrollen. Wenn der Anwendungstechniker dem Einrichter Anweisungen geben muss, auf welcher Bild-

schirmseite er einen bestimmten Parameter anpassen muss, der Einrichter aber diese Bildschirmseite gar nicht sieht und der fragliche Parameter bei ihm woanders untergebracht ist, steigt der Aufwand und die Wahrscheinlichkeit von Fehlern.

Die Kopplung an die Bedieneridentifikation ist problematisch, weil gemäss Resultaten aus der Kundenbefragung in vielen Firmen die Bedieneridentifikation nicht verwendet wird – eingeschränkte Berechtigungen und der damit verbundene Identifikationsaufwand werden vielerorts als eher hinderlich denn nützlich betrachtet.

Dieser Ansatz wurde daher verworfen und stattdessen die Idee verfolgt, die Aufteilung nicht nach Benutzerrolle, sondern nach Aufgaben vorzunehmen. Es würde sich immer noch jede Benutzerrolle schwerpunktmässig im einen oder anderen Bereich aufhalten, der auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten ist, jedoch werden Wechsel zwischen den Bereichen toleriert, wo sie Duplikation vermeiden und sicherstellen, dass alle dasselbe sehen. Als Richtlinie wurde festgelegt, dass ein Benutzer während einer Aufgabe nicht häufiger als alle 5 Minuten den Bereich wechseln muss. Die Bedieneridentifikation soll sich nur auf die Änderungsberechtigungen auswirken, es soll jeder Zugang zu allen Bereichen haben.

3.3.2 Die 5 Arbeitssituationen

Aufgabenbereiche, welche diese Kriterien erfüllen, galt es nun zu finden. Wir nannten sie zu diesem Zeitpunkt «Szenarien», schwenkten jedoch später wegen der Verwechslungsgefahr mit der Usability-Methode «Szenario» auf den Begriff «Arbeitssituation» um. In einzelnen Dokumenten kann noch der alte Begriff vorkommen. Dazu wurden die in der Requirements-Phase gesammelten Tätigkeiten des bisherigen Systems aXos (Abschnitt 2.1.1, Seite 17 und Anhang A6) verwendet, angereichert mit einigen zusätzlichen Funktionen, welche in aXos noch nicht vorhanden waren, aus anderen Anforderungsquellen. Mit Hilfe des Domänenwissens, welche Tätigkeiten in welchen Aufgaben vorkommen, wurden diese zunächst von einzelnen Teammitgliedern individuell geclustert (Beispiel in Abbildung 39). Dann wurden die Resultate im Team konsolidiert (Abbildung 40). Es ergaben sich daraus die folgenden 5 Arbeitssituationen sowie ein Bereich, der in allen Arbeitssituationen verfügbar sein soll:

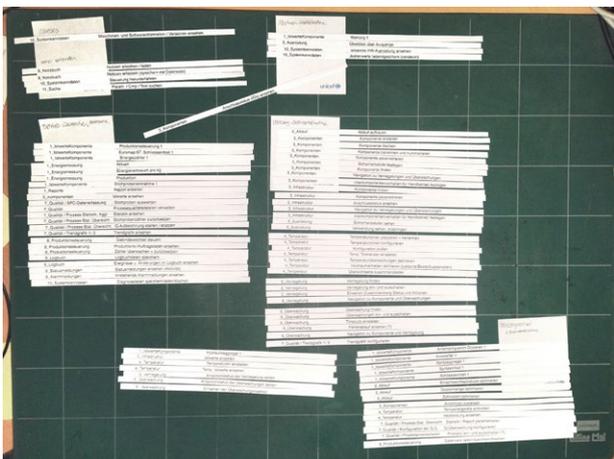


Abbildung 39: Clustering der Tätigkeiten

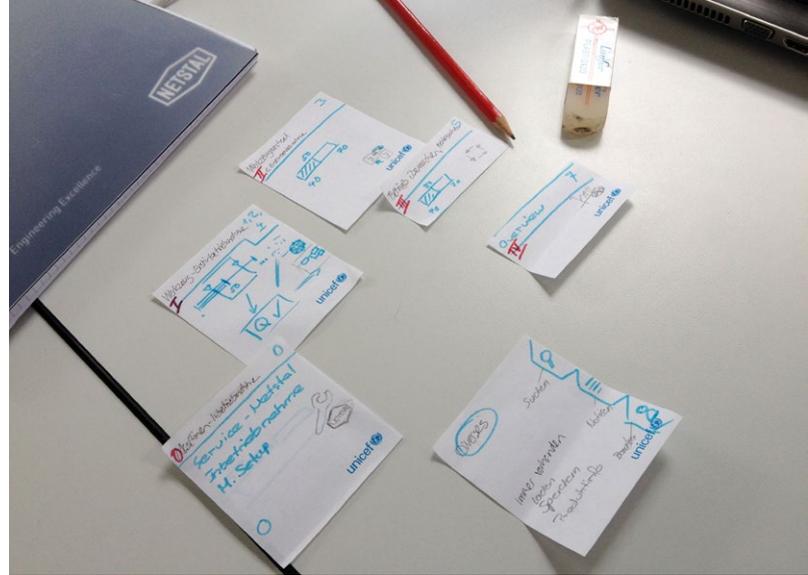


Abbildung 40: Ursprung der 5 Arbeitssituationen

0. Allgemein: Funktionen, die in allen Arbeitssituationen immer verfügbar sein sollen.
1. Übersicht: Informationen für einen schnellen Überblick über den Zustand der Maschine. Ohne Manipulationsmöglichkeit, so dass ein nicht fachlich versierter Benutzer nichts kaputt machen kann. Primärer Bereich des Managers.
2. Produktion: Betrieb der Anlage. Primärer Bereich des Produktionsbetreuers.
3. Werkzeugwechsel: Einrichten, Wiederinbetriebnahme eines Werkzeugs. Primärer Bereich des Einrichters.
4. Inbetriebnahme: Abmusterung, Erstinbetriebnahme eines Werkzeugs. Primärer Bereich des Anwendungstechnikers.
5. Service: Setup und Wartung der Maschine. Primärer Bereich des Wartungstechnikers.

Die geclusterten Inhalte ergaben zugleich eine hypothetische Informationsarchitektur, welche den Inhalt lieferte für den Test des Navigationskonzepts im ersten Prototyp (Abschnitt 3.4.1, Seite 44).

3.3.3 Verifikation durch Card Sorting

Vorbereitung

Mit dem geplanten Prototypen-Test war nur eine Untermenge der Arbeitssituationen abgedeckt, dies jedoch über die gesamte Tiefe der Navigationsstruktur. Um auch noch über die gesamte Breite herauszufinden, ob die gewählten Arbeitssituationen verstanden und akzeptiert werden, wurde beschlossen, zusätzlich Card Sorting einzusetzen, hier dafür beschränkt auf eine Navigationsebene in der Tiefe. Es wurde also ein geschlossenes Card Sorting geplant mit den oben genannten Arbeitssituationen als Kategorien und einer Auswahl von ca. 40 darin unterzubringenden Unternavigationspunkten der ersten Stufe, entnommen aus der hypothetischen Informationsarchitektur, als Karten. Zusätzlich zum Ziel, das Verständnis der situationsbasierten Informationsarchitektur zu prüfen, wurden von dieser Methode folgende möglichen Ergebnisse erwartet:

- Die Zuordnung durch die Teilnehmer kann eine Grundlage für die definitive, vollständige Informationsarchitektur liefern.

- Wenn sich die Teilnehmer bei der Zuordnung eines Themas nicht einig sind, kann das bedeuten, dass das Thema in mehreren Arbeitssituationen vorkommen muss.

Der Beobachtung der Teilnehmer während der Sortierung sollte jedoch die grössere Bedeutung zukommen als dem von ihnen erarbeiteten Endresultat.

Wegen der einfacheren Erfassung und Auswertung war zunächst geplant, das Card Sorting mit dem Online-Tool OptimalSort10 durchzuführen. Folgende Gründe führten zur Entscheidung, stattdessen Papierkarten zu verwenden:

- Ein wichtiger Vorteil des Online-Card-Sortings, dass die Durchführung mit einer grossen Anzahl Personen auf Distanz und ohne Präsenz eines Testleiters stattfinden kann, würde wegfallen, da gemäss obiger Zielsetzung ein Testleiter zur Beobachtung präsent sein musste. Da das Card Sorting zusammen mit dem Prototypen-Test am selben Tag und mit denselben Teilnehmern geplant war, würde dies ohnehin auch der Fall sein.
- Das Hantieren mit physischen Karten fällt vielen Testpersonen leichter, technische Hilfsmittel schaffen eher Hemmungen.
- Für mehr als 30 Karten wäre bei OptimalSort ein kostenpflichtiges Abonnement nötig.

Für Diskussionen sorgte auch die Frage, ob das Card Sorting vor oder nach dem Prototypen-Test durchgeführt werden sollte. Eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Aktivitäten konnte in beide Richtungen nicht ausgeschlossen werden:

- Kommt das Card Sorting nach dem Prototypen-Test, haben die Teilnehmer im Prototyp schon gesehen, in welche Kategorien dort gewisse Themen eingeordnet waren, und könnten unbewusst versucht sein, diese Einordnung zu übernehmen.
- Kommt das Card Sorting vor dem Prototypen-Test, ist den Teilnehmern schon vom Card Sorting bekannt, dass es die 5 Arbeitssituationen gibt, und sie werden diese im Prototyp suchen, was die Beurteilung der Frage verunmöglicht, ob der Situations-Wahlschalter erwartet, gefunden und verstanden wird.

Ideal wäre gewesen, für die beiden Tests verschiedene Personen einzusetzen. Dafür stand jedoch keine ausreichende Anzahl Kandidaten zur Verfügung. Schliesslich wurde beschlossen, dass das Risiko einer Verfälschung geringer sei, wenn der Prototypen-Test vor dem Card Sorting durchgeführt wird, insbesondere da es sich bei der eventuell verfälschten Sortierung nicht um das primäre Ergebnis des Card Sortings handelte.

Da die Testpersonen grösstenteils Erfahrung mit aXos haben würden, stellte sich die Frage, wie mit Unterschieden umzugehen sei zwischen den Kärtchen, die bestehenden Bereichen von aXos entsprechen (nach vorläufiger Einschätzung hauptsächlich in der Arbeitssituation «Inbetriebnahme» konzentriert, auf welche aXos bisher optimiert war) und entsprechend vermutlich auf Anhieb verstanden würden, und jenen mit Bereichen, die in aXos bisher nicht existierten (vor allem in anderen Arbeitssituationen angesiedelt) und möglicherweise genauerer Erklärung bedurften.

Eine mündliche Erklärung würde kaum vermeidlich Aussagen wie «beim Werkzeugwechsel wird die Anschlusszuordnung anhand einer Checkliste durchgeführt» beinhalten und damit eine Einordnung in die Arbeitssituation «Werkzeugwechsel» vorwegnehmen. Es wurde in Betracht gezogen, die «neuen» Kärtchen durch Skizzen und weitere Erläuterungen zu ergänzen. Auch dadurch würden jedoch diese Kärtchen gegenüber den anderen ausgezeichnet und damit dem Teilnehmer suggeriert, dass sie von anderer Art sind und separat eingeordnet werden sollten, was das Ergebnis verfälschen würde. Die Alternative, alle Kärtchen derart auszuzeichnen, fiel wegen des enormen Aufwands dahin. Ohne weitere Erklärung hingegen würden vielleicht alle neuen Kärtchen in der Gruppe «nicht zuweisbar» landen. Es wurde deshalb diskutiert, diese Kärtchen komplett wegzulassen. Dies würde jedoch möglicherweise dazu führen, dass alle Arbeitssituationen ausser «Inbetriebnahme» grösstenteils leer bleiben würden, was ihre Existenz von vornherein in Frage stellt und die Entscheidung verunmöglicht, ob eine leer gebliebene Arbeitssituation wirklich unnötig ist. Schliesslich wurde beschlossen, die neuen Kärtchen ohne weitere Erklärung hinzuzunehmen und zu sehen, ob sie verstanden oder als nicht zuweisbar aussortiert würden.

Durchführung

Das Card Sorting wurde gemäss dem Leitfaden in Anhang A11 zusammen mit Papierprototypen-Test und Hardware-Ergonomie-Test (siehe Abschnitt 3.4.2, Seite 46) mit Mitarbeitern der Auftraggeberin durchgeführt (Abbildung 41). Ausser kleineren Unklarheiten in der Beschriftung einzelner Kärtchen, welche sich aber durch mündliche Erklärungen und Modifikation der Kärtchen leicht ausräumen liessen, liefen die vier Durchläufe ohne nennenswerte Schwierigkeiten ab und dauerten ca. 30–35 Minuten. Insbesondere stellten sich die Befürchtungen bezüglich der Unterschiede zwischen aXos-Kärtchen und neuen Kärtchen als grundlos heraus. Einige Äusserungen von Testpersonen sind in der Tabelle der Prototypen-Test-Auswertung enthalten: Anhang A15.

Auswertung

Die Zuordnungen der Testpersonen, inklusive Notizen über Schwierigkeiten bei der Zuordnung und Umsortierungen, wurden in eine Tabelle eingetragen: Anhang A12. In der Auszählung

Abbildung 41: Card Sorting



konnte daraus gut abgelesen werden, welche Themen eindeutig verortet wurden und bei welchen Uneinigkeit herrschte. Letzteres konnte dabei an unterschiedlichem Verständnis des Themas, unterschiedlichem Verständnis der Arbeitssituation, oder an wirklichem Bedarf nach Verfügbarkeit in mehreren Arbeitssituationen liegen. Dies konnte aus dem Gespräch mit der Testperson eruiert werden. Oft stellte sich dabei heraus, dass unterschiedliche Teilaspekte eines Themas in unterschiedliche Arbeitssituationen gehören. Alle diese Erkenntnisse wurden für die einzelnen Themen in einem Textdokument zusammengestellt (Anhang A13). Diese verifizierte Informationsarchitektur-Basis wurde für die genauere Ausarbeitung in Iteration 2 weiter verwendet.

3.4 Conceptual Model Design, Iteration 1

Konzeptionell wurde in dieser Phase parallel an zwei Bereichen gearbeitet. Um die Anforderungen der neuen Steuerung bezüglich Usability umsetzen zu können, reichte es nicht aus, nur die reine Bedienoberfläche zu konzipieren. Um eine ganzheitlich gute Benutzbarkeit zu erlangen musste die Gestaltung der Hardware mit berücksichtigt werden. Die Tatsache, dass die Auftraggeberin ein zusätzliches haptisches Eingabeelement forderte, unterstreicht diese Tatsache. Deshalb wurde neben dem Design der reinen Software auch die Hardware konzeptionell designt. Erkenntnisse aus dem Screendesign hatten immer wieder Einfluss auf das Design der Hardware und umgekehrt.

3.4.1 Ausarbeitung des Navigationskonzepts

Zu Beginn der Designphase sind zahlreiche Entwürfe eines Bedienerkonzepts entstanden. Zu einer der Herausforderungen zählte das Entwickeln einer Navigation, ohne den genauen Umfang und den konkreten Inhalt der Struktur zu kennen. Viele Teile der Bedienung sind abhängig von der konkreten Ausprägung der Maschine und der später laufenden Anwendung. Um einen Überblick der zu berücksichtigenden Aspekte zu erhalten, wurden die Punkte in einem Mindmap (Abbildung 42) erfasst.

Nach mehreren Anläufen hatte sich ein tragfähiges Konzept ergeben, basierend auf wenigen sich klar differenzierenden Bausteinen. Die Erweiterbarkeit ist ein elementarer Bestandteil des Konzepts. Das entstandene abstrakte Konzept berücksichtigt neben den für den Betrieb notwendigen Aspekten einer Spritzgießmaschine Ansprüche unterschiedlicher Bedienergruppen. Zahlreiche Mängel der aktuellen Steuerung wurden beim Entwerfen des neuen Konzepts berücksichtigt.

Das einfache, intuitive Konzept hat eine klassische Aufteilung mit einem Kopfbereich, welcher von zwei seitlichen Navigationsspalten getragen wird. Wichtige Elemente wie der Alarmmonitor und die Benutzeridentifikation sind im Kopfbereich untergebracht. Da sie laufend über den Status der Maschine informieren, sind die Elemente im Kopfbereich immer sichtbar. Der Bereich unterhalb der Kopfzeile, welcher seitlich von den Navigationsspalten begrenzt wird, ist für den eigentlichen Inhalt vorgesehen.

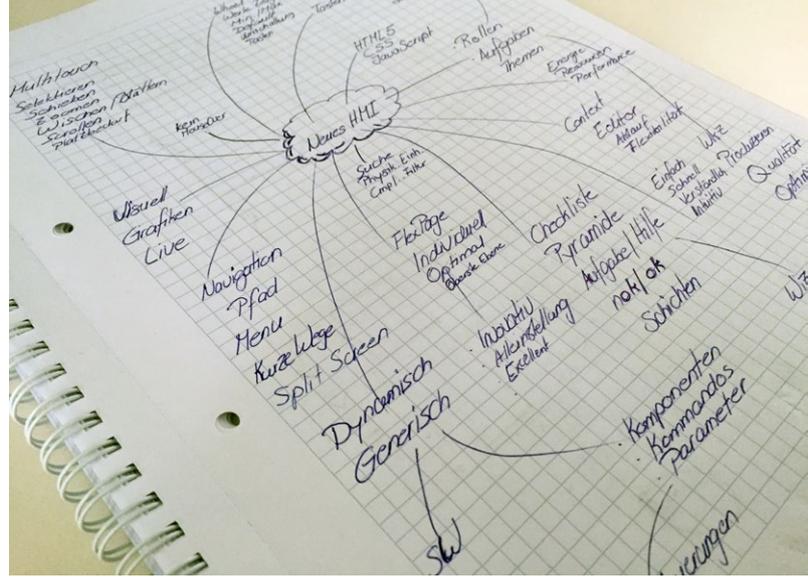


Abbildung 42: Mindmap

Die besuchten Seiten werden in einem Verlauf aufgezeichnet, was das Navigieren erleichtert. Sowohl vom Browser bekannte Navigationspfeile als auch eine Vorschauansicht ermöglichen direktes oder chronologisches Springen auf zuvor besuchte Inhaltsseiten. Die Anzeige von Breadcrumbs oberhalb der Inhaltsseite ermöglicht es, für den angezeigten Inhalt den entsprechenden Navigationspfad abzulesen.

Das nachfolgend beschriebene Navigationskonzept ist sehr abstrakt, ohne konkreten Inhalt und in dieser Form ungeeignet für Tests mit Benutzern. Um trotzdem möglichst früh von Anwendern Feedback zum Navigationskonzept erhalten zu können, wurden Zwischenstände der sich im Entstehen befindlichen Informationsarchitektur in das Navigationskonzept eingearbeitet. Die bei den Tests mit Benutzern gewonnenen Erkenntnisse flossen laufend sowohl in das Navigationskonzept als auch die Informationsarchitektur ein.

Bestandteile der Navigation

Es werden zwei unterschiedliche Navigationsvarianten angeboten, die unabhängig voneinander verwendet werden können.

Statische Navigation

Der Inhalt und die Struktur werden ab Werk passend zur Maschine und deren Ausrüstung ausgeliefert. Bei nachträglichen Modifikationen durch den Service wie Einbau von Optionen kann sich der Inhalt ändern. Ansonsten verändert sich diese Navigationsstruktur nicht. Die statische Navigation erfolgt über drei Stufen (Abbildung 43):

1. Wahlschalter (1)

Zu Beginn wird anhand der anstehenden Tätigkeit eine passende Arbeitssituation in der ersten Navigationsstufe ausge-



Abbildung 43: Statische Navigation über drei Stufen

wählt. Ein zentraler Wahlschalter repräsentiert die verfügbaren Arbeitssituationen und ermöglicht die Selektion mittels Touch-Geste oder Drehrad. Die Häufigkeit eines Wechsels auf dieser Stufe geht mit der Dauer eines entsprechenden Arbeitseinsatzes einher. Im Idealfall wird eine Person einmalig zu Beginn der Arbeit die passende Selektion vornehmen. Nach der Selektion wird sich der Wahlschalter visuell minimieren und den Platz für den Inhalt freigeben. Wichtig ist, dass der minimierte Wahlschalter erneut hervorgeholt und festgestellt werden kann, in welcher Situation sich das System momentan befindet. Die übergeordnete Funktion des Wahlschalters ist mit einer abgesetzten, zentralen Positionierung zu unterstreichen. Der Wahlschalter umfasst etwa fünf Elemente. Bei der Gestaltung ist jedoch eine Erweiterbarkeit zu berücksichtigen.

2. *Hauptmenu (2)*

In der zweiten Stufe wird spezifisch zur ausgewählten Arbeitssituation ein Menusystem mit maximal einer Unterebene angeboten. Anhand einer nachvollziehbaren, verständlichen Sortierung in Kategorien unter Vermeidung von inhaltlichen Überschneidungen soll eine bestimmte Themenseite einfach und zielsicher auffindbar sein. Um die Bedienerfreundlichkeit zu gewähren, ist die Verschachtelungstiefe auf eine Unterebene begrenzt. Die Bedienung ist sowohl über 1-Finger-Gesten als auch das Drehrad möglich.

3. *Untermenus auf Inhaltsseiten (3)*

Auf den einzelnen Themenseiten, welche im Zentrum des Bildschirms dargestellt werden, kann optional eine weitere Unternavigation existieren. Diese führt zu Teilaspekten des gewählten Themas.

Dynamische Navigation

Die Inhaltsangaben sind zum Zeitpunkt der Maschinenauslieferung unbekannt oder auf Standardwerte gesetzt. Der Inhalt wird erst zur Laufzeit durch den Benutzer oder situativ durch das System zusammengestellt. Die Eingaben der Benutzer werden mit dem Datensatz gespeichert. Die Funktionen der dynamischen Navigation (Abbildung 44) bieten eine weitere Variante, um vorhandene Themenseiten zu finden, ohne dabei die vorgegebene Strukturierung des statischen Menus zu benutzen. Der kontextgerechte Zugang beschleunigt das Anspringen entsprechender Inhalte. Durch direktes Anspringen von Elementen innerhalb der Themenseite existiert zusätzlich ein präziserer Zugriff.

Das Menu mit dynamischen Inhalten ist auf der rechten Seite (4) untergebracht. Es lässt sich auf Wunsch ein- und ausfahren (Abbildung 45). Die Grösse im ausgefahrenen Zustand kann durch



Abbildung 44: Dynamische Navigation

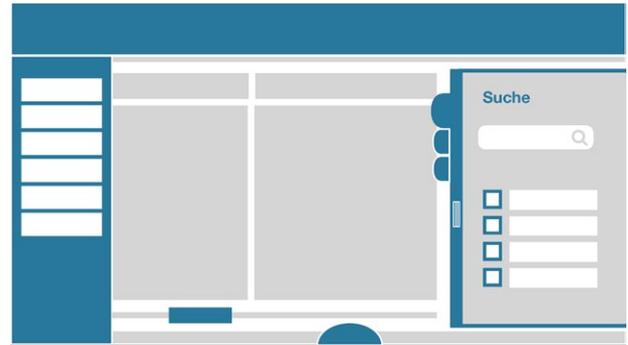


Abbildung 45: Suchfunktion als Beispiel der dynamischen Navigation

den Benutzer variiert werden. Maximal lässt sich der Bereich bis in die Mitte der Anzeige ausweiten. Die Bedienung der restlichen Bereiche der Bedienoberfläche ist im ausgeklappten Zustand des Support-Menüs weiterhin möglich. Diese Splitscreen-Funktionalität erlaubt es, nützliche Zusatzinformationen zeitgleich mit der Inhaltsseite anzuzeigen.

Mögliche Inhalte der dynamischen Navigation:

- Suche
- Favoriten
- Anleitungen und Notizen
- Validierungs-Assistent

Alarmmonitor mit Unterstützung zur Fehlerbehebung

Spontane Ereignisse wie Störungs- und Wartungsmeldungen werden im Kopfbereich angezeigt (Abbildung 46). Sie informieren über den aktuellen Zustand der Maschine. Weitere Details können durch Einblenden eines Dialogs abgerufen werden. Der Dialog bietet neben zahlreichen Informationen auch gezielte Unterstützung beim Beheben von Störungen. Eine chronologische Darstellung der Ereignisse erlaubt, es den Zeitpunkt einer Störung einzuordnen.

Wizards

Neben den Einzelseiten existieren auch Inhalte, bei welchen die Reihenfolge der Eingabe von Werten oder Durchführung von Aktionen massgebend ist. An dieser Stelle kommt ein dialogbasierter Wizard (Abbildung 47) zum Einsatz, welcher einen vorgeschriebenen Ablauf definiert und nur mit komplettem Abarbeiten oder Abbrechen verlassen werden kann. Eine grafische Übersicht über

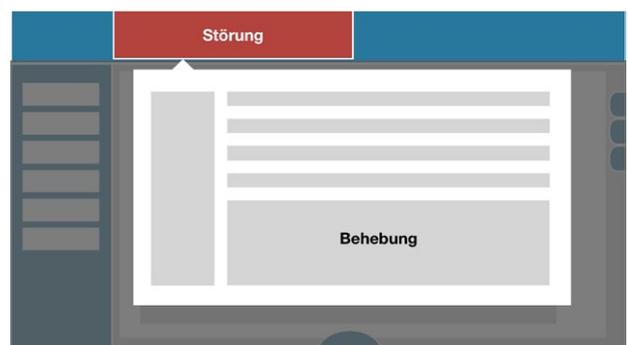


Abbildung 46: Konzept des Alarmmonitors

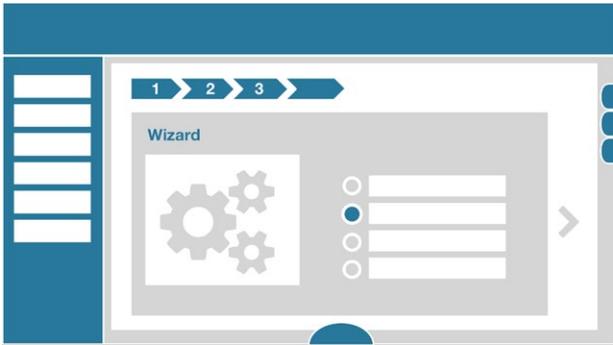


Abbildung 47: Konzeptioneller Wizard

den Ablauf schafft beim Benutzer Vertrauen und vermittelt das Gefühl von Kontrolle. Dem Bediener wird verständlich angezeigt, in welchem Schritt des Ablaufs er sich gerade befindet und wie viele Schritte er bis zum Abschluss noch ausführen muss.

3.4.2 Mockup: Papierprototyp

Setup des Tests

Um die Ideen zur neuen Struktur der Applikation basierend auf Arbeitssituationen evaluieren zu können, wurde ein Papierprototyp erstellt. Die beiden primären Hypothesen dabei waren:

- Die Navigation basierend auf unterschiedlichen Arbeitssituationen wird verstanden.
- Der Wahlschalter für die Arbeitssituation als bisher unbekanntes Element wird gefunden und erfolgreich angewendet.

Zudem sollte durch Beobachten herausgefunden werden,

- ob die richtigen Arbeitssituationen gewählt werden,
- ob durch die verschiedenen Arbeitssituationen exploriert wird oder zielgerichtet gesucht wird.

Der Prototyp bestand aus Ausdrucken von Screenshots des im Aufbau begriffenen interaktiven Prototyps im Format A3 (Abbildung 48). Obwohl die Darstellungen damit etwas kleiner als in

Originalgröße waren, stellte dies kein Problem dar, weil ohnehin keine Interaktionen getestet werden sollten. Für den unteren Bildschirm wurde für alle Arbeitssituationen mindestens ein exemplarischer Screen erstellt, auf denen in der linken Spalte je die nächste Navigationsebene der hypothetischen Informationsarchitektur mit Namen und Icons sichtbar war. Für die Arbeitssituation «Inbetriebnahme», auf welche sich die Aufgaben des Test-szenarios bezogen, waren Screens für alle sieben Unterpunkte ausgearbeitet. Der Seiteninhalt bestand jeweils nur aus Platzhaltern, grösstenteils Screenshots der aktuellen Lösung. Die Bedienelemente innerhalb des Kopfbereiches und der dynamischen Navigation entsprachen bereits den erstellten Entwürfen, wurden während des Tests aber nicht weiter verwendet.

Der Wahlschalter für die Arbeitssituationen war auf den Ausdrucken ausgeblendet und konnte durch Auflegen eines weiteren Papierstücks eingblendet werden. Da er auch einen Einfluss auf die verfügbaren Situationen auf der Bildschirmtastatur haben sollte, gehörte auch die Bildschirmtastatur zum Setup des Tests. Auf den Ausdruck einer möglichen Visualisierung der neuen Bildschirmtastatur konnten durch auflegbare Papierstücke Tasten ein- und ausgeblendet werden. Abbildung 49 zeigt das Setup während eines Tests.

Evaluation des Papierprototyps

Der Papierprototyp wurde in Form eines Walkthroughs evaluiert, um im Sinne eines formativen Tests qualitative Resultate zu erhalten. Da für das Testszenario Testpersonen mit Domänenwissen erforderlich waren, wurde der Walkthrough (zusammen mit Card Sorting und Hardware-Ergonomie-Test) während eines Tages bei der Auftraggeberin mit verschiedenen Mitarbeitern durchgeführt: einem Verantwortlichen für Schulung und Dokumentation, einer Gruppe von zwei Anwendungstechnikern sowie zwei Softwareentwicklern. Auf Tests mit tatsächlichen Endbenutzern musste verzichtet werden, da es nach früheren Erfahrungen der beiden beteiligten Nestal-Mitarbeiter sehr schwierig ist, Kunden dafür zu gewinnen, sich für solche Unterfangen Zeit zu nehmen.

Die Papier-Screens wurden auf einem Tisch präsentiert. Von einer Präsentation auf dem Hardware-Prototyp wurde abgesehen, weil dort auf den schrägen Flächen das Hantieren mit Papier umständ-

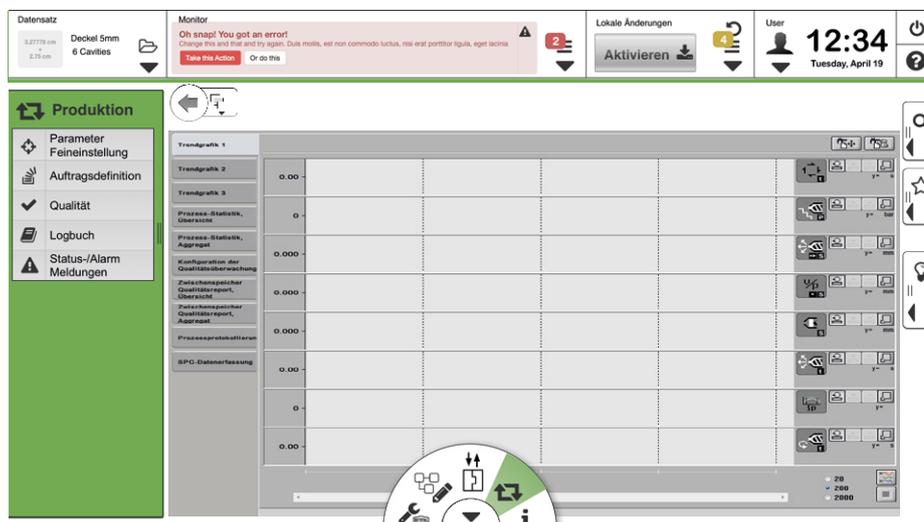


Abbildung 48: Ausdruck für den Papierprototypen-Test: Früher Stand des interaktiven Prototyps mit Platzhalter-Inhalt



Abbildung 49: Papierprototyp im Einsatz

lich gewesen wäre, und weil die Testpersonen den Hardware-Prototyp noch beim Ergonomie-Test benutzen können würden. Eine Person stellte mündlich die (schriftlich vorbereiteten) Testaufgaben, gab Hinweise und simulierte gleichzeitig die Steuerung, zwei bis drei andere Personen protokollierten mit Fotos und Notizen Äusserungen und Verhalten der Testperson. Obwohl die Testperson von bis zu vier Personen beobachtet wurde, herrschte während den Tests eine angenehme und lockere Atmosphäre. Dies war sicherlich dem Umstand zu verdanken, dass sich die meisten Personen bereits aus der täglichen Arbeit kannten. Das relativ informelle Setting schien für einen qualitativen Test mit internen Testpersonen am geeignetsten.

Die Aufgaben des Testszenarios waren darauf zugeschnitten, dass in einem Unterpunkt der Arbeitssituation «Inbetriebnahme» etwas unternommen werden musste, die Steuerung aber zu Beginn oder am Ende auf einer anderen Arbeitssituation stand. Eine Aufgabe wurde als erfüllt betrachtet, sobald die Testperson den geeigneten Screen erreicht hatte. Nach dem Abarbeiten der verschiedenen Testaufgaben wurde kurz nach dem Verständnis der allgemeinen Bedienelemente gefragt, soweit sie in den Testaufgaben nicht bereits Verwendung fanden (Kopfbereich, dynamische Navigation). Zum Schluss wurde ein Interview mit einigen vorbereiteten Fragen zum Hintergrund der Testperson und zu Details des Arbeitssituations-Wahlschalters sowie eine offene Diskussion über den Test, Denkansätze und eigene Ideen und Gedanken der Testperson geführt. Ein Durchgang dauerte jeweils zwischen 40 und 50 Minuten.

Weitere Details zu Testdurchführung und Testaufgaben finden sich in Anhang A14.

Testauswertung

Zur Auswertung wurden die Beobachtungen und Äusserungen aus allen Testdurchläufen in einem Affinity-Diagramm (Abbildung 50) nach ähnlichen Themen geclustert und schliesslich in eine Tabelle (Anhang A15) übertragen, in welcher in einer Spalte pro

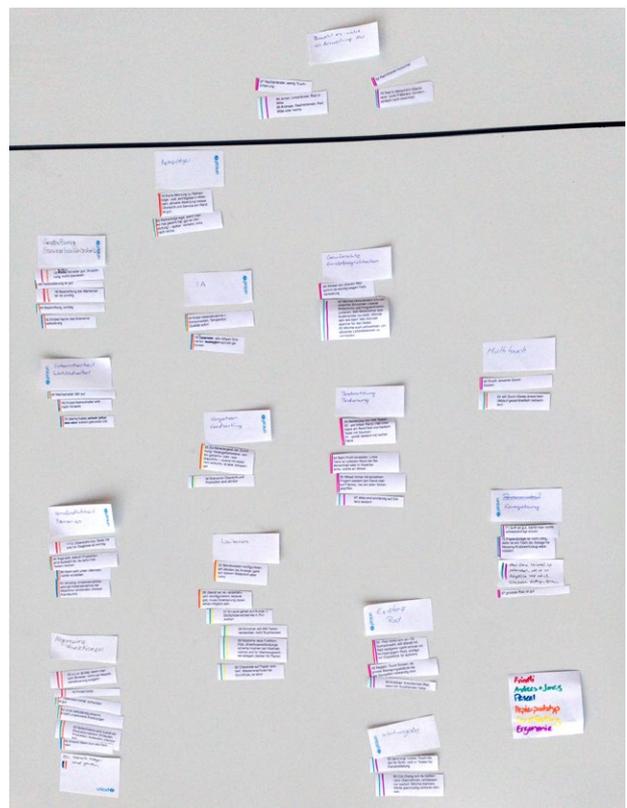


Abbildung 50: Clustering der Testresultate

Testperson die jeweiligen Aufzeichnungen festgehalten wurden. So konnten über die verschiedenen Testpersonen hinweg Aufzeichnungen das selbe Thema betreffend zeilenweise angeordnet werden. Aus den Tests konnten zusammengefasst folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Benutzer kommen nach leichten Anfangsschwierigkeiten gut mit dem Wahlschalter für die Arbeitssituationen zu recht und schätzen ihn. Die Funktion wird verstanden und die Platzierung unten in der Mitte wird nicht in Frage gestellt. Die primäre Hypothese, dass die Arbeitssituations-basierte Navigation und der Arbeitssituations-Wahlschalter funktionieren, wurde damit bestätigt.
- Die Arbeitssituationen sind anfangs ungewohnt und es wird nicht immer auf Anhieb in der richtigen gesucht. Nach einer kurzen Lernphase werden sie dann als sinnvoll beurteilt und zielsicher gefunden.
- Die meisten Teilnehmer explorieren spontan alle Arbeitssituationen, entweder zu Beginn des Tests oder mitten in der Arbeit.
- Der Arbeitssituations-Wahlschalter braucht gemäss Interview-Aussagen keine Beschriftung, Icons reichen. Der Name der Arbeitssituation in der Navigations-Spalte wird gefunden. Zu den provisorischen Icons, welche wegen der Neuheit der Konzepte neu entworfen wurden, ergaben sich einige kleinere Überarbeitungsvorschläge.
- Die Reihenfolge der Arbeitssituationen im Wahlschalter wird als unwichtig beurteilt, bevorzugt wird, von links nach rechts: Übersicht – Produktion – Werkzeugwechsel – Inbetriebnahme – Service (umgekehrte Reihenfolge als im Prototyp realisiert).
- Der Unterschied zwischen Berechtigungen aus der Bedieneridentifikation und Arbeitssituationen wird verstanden.
- Zum Werkzeugwechsel wird von mehreren Probanden ein Wizard erwartet.
- Der Begriff «Inbetriebnahme» wird von den Testpersonen mit der Inbetriebnahme der Maschine und nicht der eines neuen Werkzeugs in Verbindung gebracht.

Für die zweite Iteration des Conceptual Model konnten die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Die anfänglich gestellten Hypothesen wurden bestätigt, grundlegende Änderungen am Konzept sind nicht nötig.
- Die Navigation mittels Drehrad soll im nächsten (interaktiven) Prototyp als Ergänzung umgesetzt werden.
- Die Informationsarchitektur kann auf dieser Basis weiter ausgearbeitet werden.

3.4.3 Design der Hardware

Ausgangslage

Das aktuelle Bedienterminal, welches bereits an anderer Stelle ausführlich beschrieben wurde, besteht aus zwei 17"-Flachbildschirmen und einer Bedientastatur mit integriertem Trackball.

Neben dem am Markt vorhandenen Trend zu Bedieneinheiten mit Touchscreen besteht bei der heutigen Bedieneinheit das Problem, dass die verwendeten Bildschirmmodule im Format 4:3 nur noch schwer verfügbar sind. Die Preise steigen dementsprechend an und die Auswahl an qualitativ hochwertigen Modulen geht kontinuierlich zurück. Aus diesem Grund ist es für die Auftraggeberin wichtig, in der neuen Bedieneinheit wieder auf einen aktuellen Industriestandard zu setzen.

Zeitgemässe Bildschirmmodule haben ein Seitenverhältnis von 16:9, welches durch den Consumermarkt geprägt ist (Breitbildformat der Filmindustrie). Dieses Format ist für das industrielle Umfeld aber nur beschränkt geeignet, da die breiten Bildschirme ein schlankes Design der Bedieneinheit verunmöglichen.

Diverse Steuerungshersteller wählen deshalb den Ansatz, die Bildschirmmodule um 90° zu drehen. Sie erhalten so ein schlankes Design. Zudem wird oftmals die Zahl der zusätzlichen Bedienelemente drastisch reduziert, im Extremfall bleibt ausschliesslich der zwingend nötige Notausschalter übrig (siehe auch Konkurrenzprodukte in Abschnitt 2.1.3, Seite 18).

Bei der Auftraggeberin entstand deshalb die Idee, ebenfalls einen Bildschirm im 16:9-Format um 90° zu drehen, jedoch im oberen Bereich um die bewährten Tasten der Bildschirmtastatur zu ergänzen. Um die optische Wirkung eines solchen Terminals an verschiedenen Maschinen zu prüfen und mit der bestehenden Steuerung zu vergleichen, wurden für unterschiedliche Bildschirmgrössen (Abbildung 51) Mockups aus Holz gefertigt und an die Maschinen gehalten (Abbildung 52).

Bei den getesteten Grössen hat sich gezeigt, dass ein 27" oder 30"-Bildschirm an den verschiedenen Maschinen am besten wirkt. Aus diesen Erkenntnissen und der Forderung nach einem zusätz-

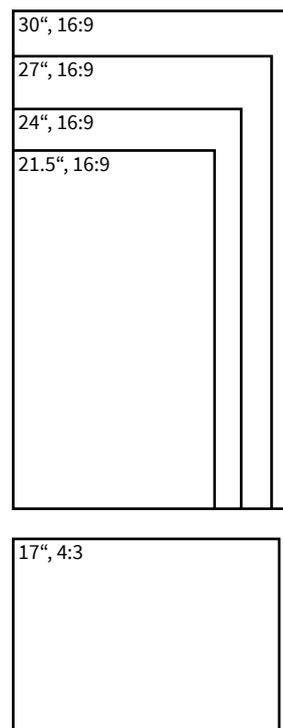


Abbildung 51: Übersicht verschiedener Bildschirmgrössen und -formate

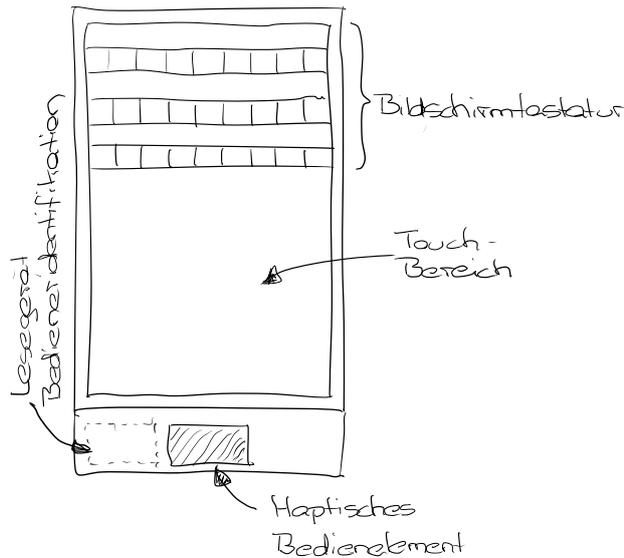


Abbildung 53: Entwurf der neuen Bedieneinheit durch die Auftraggeberin

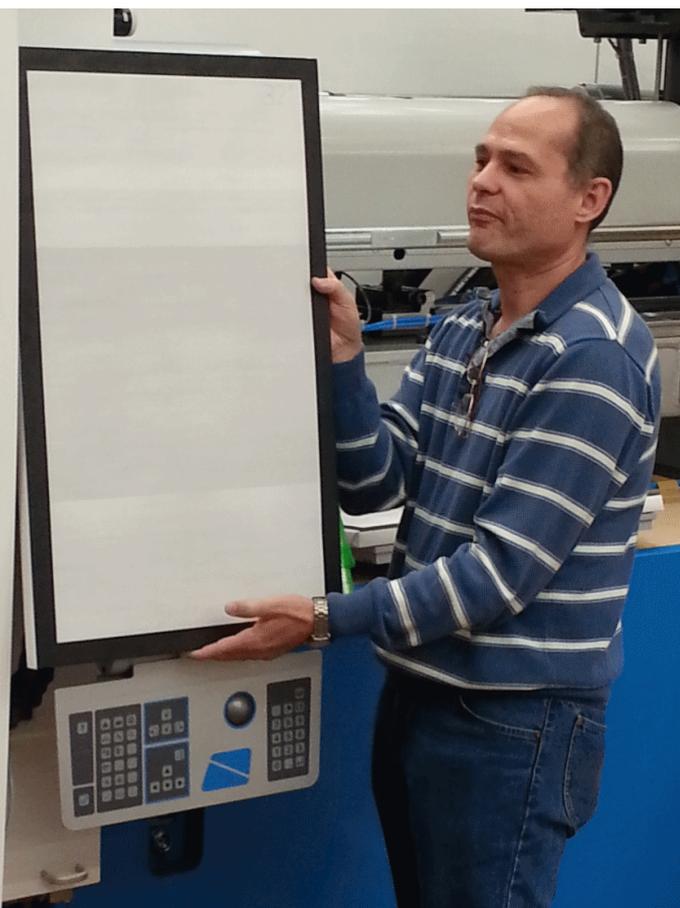
lichen haptischen Bedienelement entstand seitens der Auftraggeberin eine erste Skizze für die neue Bedieneinheit (Abbildung 53). Dies war die Ausgangslage beim Start der vorliegenden Arbeit.

Problemstellung beim vorgeschlagenen Hardwaredesign

Bei den von der Auftraggeberin vorgeschlagenen Bildschirmgrößen ergeben sich die folgenden Problemstellungen:

- Als zukünftiger Industriestandard gilt derzeit ein 21.5"-Bildschirm mit dem Seitenverhältnis von 16:9. Bildschirme in diesem Format sollten entsprechend lange am Markt verfügbar

Abbildung 52: 32" Holz-Mockup vor der aktuellen Bedieneinheit



sein. Bei grösseren Dimensionen ist fraglich, ob und welche Grösse sich etablieren kann.

- Der Betrachtungswinkel ist sehr gross, was eine Nickbewegung mit dem Kopf und/oder eine Bewegung mit dem Auge erfordert, um den gesamten Bildschirminhalt einsehen zu können (auch bedingt durch die Tatsache, dass das Sichtfeld des Menschen in horizontaler Ausrichtung (knapp 180°) grösser als in vertikaler (knapp 130°) ist).
- Die farbliche Darstellung ist nicht über den gesamten Betrachtungswinkel gleich.
- Durch den grossen Betrachtungswinkel ergeben sich konstruktionsbedingt im Bereich der Bildschirmtastatur Parallaxenfehler.
- Die grosse Ausdehnung in vertikaler Richtung erfordert zwingend eine Möglichkeit, den Bildschirm in der Höhe zu verstellen, damit auch kleinere Personen die Tasten im oberen Bereich bequem erreichen können. Eine Neigung des Bildschirms nach hinten erschwert die Erreichbarkeit zusätzlich.
- Ein Gespräch mit dem Lieferanten durch die Auftraggeberin hatte gezeigt, dass eine Unterteilung des Bildschirms in einen Bereich mit Touch-Unterstützung und einen Bereich mit aufgeklebten Tasten mechanisch nur schwer und optisch nicht ansprechend machbar ist.

Aufgrund dieser Tatsachen wurde der vorgeschlagene Hardwareentwurf bewusst verworfen und nach anderen Optionen gesucht. Die weiteren Tätigkeiten wurden wie folgt unterteilt:

1. Alternative zur Kombination von Multitouch und Bildschirmtastatur auf einem Bildschirm
2. Grobkonzept des Hardwaredesigns inkl. Evaluation

Konzept Multitouch und Bildschirmtastatur

Da gemäss Lieferant eine Kombination von bestehender Bildschirmtastatur und Touchbildschirm auf dem selben Anzeigegerät nur mit Einschränkungen zu realisieren ist, musste nach anderen Bedienkonzepten Ausschau gehalten werden. Ein solches Konzept sollte möglichst die Vorteile des bestehenden Systems übernehmen und die vorhandenen Nachteile eliminieren.

Um die Problematik bei der Herstellung auf nur einem Bildschirm zu umgehen, sollten erneut zwei Bildschirme im aktuellen Standardformat der Industrie zum Einsatz kommen. Auf dem einen Bildschirm sollte wie bisher die Bildschirmtastatur mit haptischem Feedback, auf dem zweiten Bildschirm die Programmierung mittels Multitouch-System angezeigt werden. So konnte die konzeptionelle Trennung zwischen direkter Interaktion mit der Maschine und der Prozessprogrammierung der aktuellen Steuerung beibehalten werden.

Somit standen für das neue Hardwaredesign bereits einige Eckdaten fest:

- Trennung in Bildschirm mit Touch (unten) und Bildschirm ohne Touch (oben)
- Die Bildschirmtastatur bleibt erhalten, sollte allerdings weniger Tasten haben

- Anordnung der Bildschirme in einem Winkel (wie bisher, Winkel noch offen) zur Verhinderung von Parallaxenfehlern und Steigerung der Erreichbarkeit
- Verwendung eines Drehrads als zusätzliches haptisches Eingabegerät
- Keine zusätzliche Tastatur mehr

Designentwürfe für neue Bildschirmtastatur

Für die Aufgaben, welche mit dem Hardwareprototyp gelöst werden sollten, waren nur wenige Tasten nötig. Deshalb wurde für den ersten Hardwareprototyp lediglich die Grösse der Tasten der aktuellen Bildschirmtastatur übernommen und auf den grösseren Bildschirm adaptiert. So entstand ein Raster, welches pro Reihe Platz für 19 Tasten bot. Um weiterhin eine halbwegs sinnvolle Anordnung der Tasten in logischen Einheiten zu ermöglichen, wurden vier Tastenreihen vorgesehen. Im Bereich oberhalb der Tastenreihen blieb ausreichend Platz für die Anzeige von wichtigen Informationen wie Prozesswerten, Grafiken und dergleichen (Abbildung 54). Mit einem Total an 76 Tasten konnte so das Ziel einer klaren Reduktion an Tasten nicht erreicht werden. Für die mit dem Prototyp zu lösenden Aufgaben reichte dieser erste Entwurf aber aus, zumal so die bereits bekannten Icons verwendet werden konnten.

Bau eines Hardware-Prototyps

Anhand der oben aufgeführten Überlegungen sollte ein Prototyp entwickelt werden, um verschiedene Punkte zu prüfen:

- Bestimmen sinnvoller Proportionen der Bedieneinheit
- Wirkung der Bedieneinheit an der Maschine
- Ergonomische Aspekte
 - Wie gross ist das Bedürfnis nach Verstellbarkeit entlang der verschiedenen Achsen
 - Kann eine Korrelation mit den antropometrischen Daten festgestellt werden
 - Positionierung und Grösse des Drehrads
- Für welche Interaktionen wird das Drehrad verwendet?
- Erfolgt ein fließender Wechsel zwischen Touchscreen und Drehrad?
- Wie muss das Drehrad geformt sein?



Abbildung 54: Erster Entwurf der Bildschirmtastatur

Konstruktion

Aufgrund der zu prüfenden Themen und der Tatsache, dass zu einem späteren Zeitpunkt ein echter Touchscreen in den Prototyp integriert werden sollte, wurde entschieden, einen Hardwareprototyp zu bauen.

Zwei Holz-Mockups in den Dimensionen eines 21.5"-Bildschirms sollten übereinander positioniert und mit einer durchgehenden Front versehen werden, wobei beim unteren der beiden Bildschirm-Mockups der Neigungswinkel verstellbar sein sollte. Würden die beiden Bildschirme unmittelbar übereinander angebracht, ergäbe sich eine praktisch quadratische Front. Aus ästhetischer Sicht ist eine Bedieneinheit mit diesen Proportionen nicht erstrebenswert. Um eine optisch möglichst ansprechende Form zu finden, sollten die beiden Mockups unabhängig voneinander an unterschiedlichen Höhenpositionen montiert werden können. Die Front wurde aus Kartons gebildet, die auf die beiden Bildschirme geklebt wurden und sich im Zwischenbereich überlappten. Die Skizze in Abbildung 55 zeigt den Entwurf für den Prototyp, wie er dann umgesetzt wurde. Die Konstruktion der

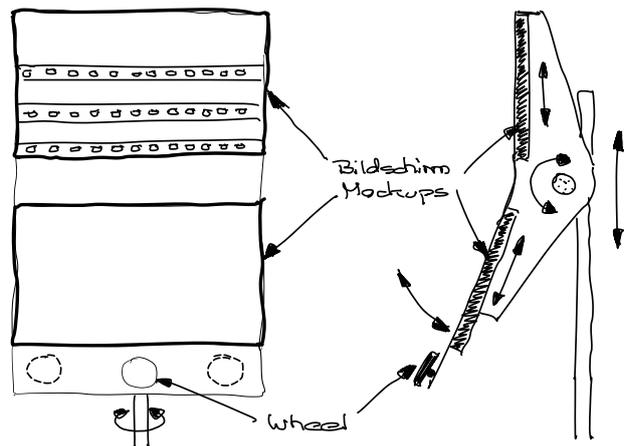


Abbildung 55: Entwurf für den ersten Hardware-Prototyp



Abbildung 56: Mechanik des Prototyps

ganzen Mechanik (Abbildung 56), um den Prototyp in den geforderten Dimensionen verstellen zu können, gestaltete sich komplex und musste stabil ausgeführt werden. Neben Holz, Karton und Papier wurde für das Drehrad ein neues Prototyping-Verfahren eingesetzt: der 3D-Druck. Verschiedene Verbesserungen an Form und Grösse des Drehrades konnten so schnell und einfach umgesetzt werden. Ein Verfahren, welches sich für den Prototyp sehr gut bewährte.

Der fertig aufgebaute Prototyp wurde für die anschliessenden Tests mit Papierprototypen der jeweiligen Bildschirme ergänzt (Abbildung 57).

Evaluation am Hardwareprototyp

Die Tests erforderten grundlegendes Domänenwissen, weshalb diese bei der Auftraggeberin durchgeführt wurden. Um die selben Testpersonen wie beim Card Sorting und dem Test des Papierprototyps verwenden zu können, wurde der Test im Anschluss an das Card Sorting durchgeführt. So wurde auch sichergestellt, dass die Testpersonen bereits Kenntnis vom Wahlschalter für die Arbeitssituationen und dem grundlegenden Navigationskonzept aufwiesen.

Die schriftlich vorbereiteten Testaufgaben wurden der Testperson vom Testleiter gestellt. Dieser assistierte beim Einstellen des Prototyps und nahm die wenigen für die Durchführung der Testaufgaben nötigen Manipulationen vor. Weitere Teammitglieder beobachteten die Testperson und machten sich Notizen, wobei hier ein spezielles Augenmerk auf die Aspekte der Ergonomie gelegt wurde.

Die einzelnen Testaufgaben wurden in zwei Blöcke unterteilt:

Im ersten Aufgabenblock ging es vor allem darum, über einen längeren Zeitraum Manipulationen an der Bildschirmtastatur durchführen zu müssen. Das Hauptaugenmerk galt hier der ergonomischen Bedienung der Bildschirmtastatur. Während dem Abarbeiten der Testaufgaben wurden die Testpersonen immer wieder ermuntert, die Einstellungen des Prototyps ihren Bedürfnissen anzupassen (Höhe, Neigung um die Querachse).

Im zweiten Aufgabenblock ging es um die Bedienung mit dem Drehrad und dem Touchbildschirm. Hier lag der Schwerpunkt auf der Positionierung des Drehrades und dessen physischen Eigenschaften sowie den Einstellungen für eine angenehme Bedienung auf dem Touchscreen. Auch sollte geprüft werden, ob ein Wechsel zwischen den beiden Eingabegeräten erfolgt und wenn ja wie oft. Auch hier sollten die Bediener die Einstellungen am Prototyp weiter den persönlichen Bedürfnissen entsprechend anpassen.

Den Test schloss jeweils ein kurzes, offenes Interview zu den Eindrücken des Prototyps ab. Weitere Details zu Testdurchführung und Testaufgaben finden sich in Anhang A14.

Zusätzlich zu den vorgängig beschriebenen Tests wurde der Prototyp verschiedenen Personen (ca. 10) bei der Auftraggeberin gezeigt. Dies erfolgte rein informell. Dabei ging es vor allem darum, eine quantitativ bessere Aussage bezüglich der Dimensionen des Prototyps machen zu können.

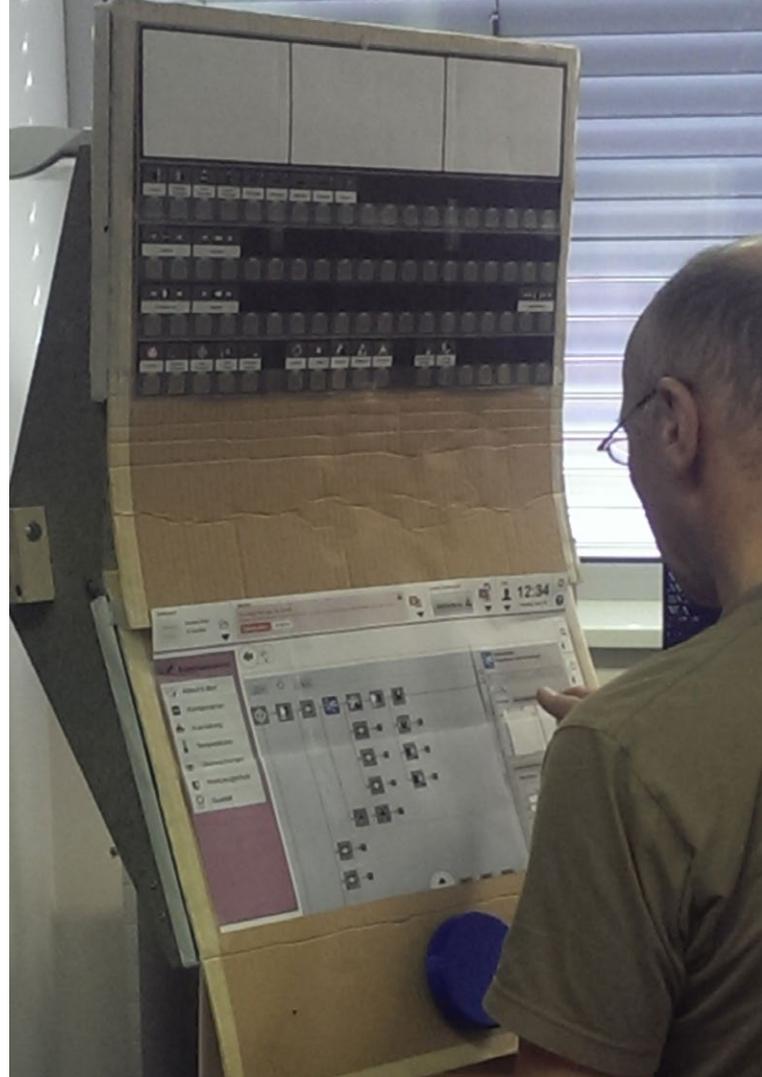


Abbildung 57: Hardware-Prototyp im Einsatz

Testauswertung Hardware-Prototyp

Wie bereits erwähnt erfolgte die Evaluation des Hardware-Prototyps zusammen mit derjenigen des Papierprototyps und des Card Sortings. Die Beobachtungen und Äusserungen wurden deshalb in der selben Tabelle (Anhang A15) festgehalten. So konnten über die verschiedenen Testpersonen hinweg Aufzeichnungen das selbe Thema betreffend zeilenweise angeordnet werden. Aus den Tests konnten zusammengefasst folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Der untere Bildschirm muss relativ flach in einem Winkel von ca. 40° zur Hochachse positioniert sein, um ein ergonomisches Arbeiten auf dem Touchscreen zu ermöglichen. Dieser Winkel muss nicht zwingend durch den Bediener veränderbar sein.
- Das Drehrad kann fest in der Mitte zentriert positioniert werden. In der Mitte positioniert kann es sowohl mit der linken als auch der rechten Hand gut bedient werden. Auffallend war, dass das Drehrad teilweise auch von Rechtshändern mit der linken Hand bedient wurde, während mit der rechten Hand die Bedienung am Touchscreen erfolgte (Zweihandbedienung).
- Das Drehrad ist mit einem Durchmesser von 10 cm zu gross. Das leichtgängige Drehrad am Prototyp wurde meist nur mit einem oder zwei am Rand aufgelegten Fingern bedient.
- Der Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Bildschirm darf nicht zu gross sein. Vor allem Brillenträger haben Probleme, wenn der vertikale Betrachtungswinkel zu gross ist. Zwei Personen veränderten die Höhe, nachdem der Schwerpunkt der Bedienung vom oberen auf den unteren Bildschirm wechselte.

- Das Drehen der Bedieneinheit um die Hochachse wird, obwohl eine Drehung während der Tests nicht nötig war, als zwingend nötig erachtet. Dies erstaunt insofern, als verschiedene Konkurrenten die Bedieneinheit fest in die Maschine eingebaut haben. Ob dies wirklich nötig sein wird, hängt evtl. von der genauen Montageposition an der Maschine ab: Ist die Bedieneinheit unmittelbar neben dem Werkzeugraum angebracht (z.B. Engel), ist eine drehbare Bedieneinheit nicht nötig. Ist die Bedieneinheit etwas abgesetzt (Arburg, Netstal), macht eine Drehung um die Hochachse mehr Sinn.
- Die Dimensionen der kompletten Bedieneinheit wurden von allen diesbezüglich befragten Personen als zu gross bewertet. Eine optisch ansprechende Integration an einer kleinen bis mittleren Spritzgiessmaschine erschien nicht möglich.
- Die Einheit darf beim Transport und während der Produktion (für gelegentliche Bedienung) die Aussenhülle der Maschine nicht überschreiten. Für den Transport müsste die Bedieneinheit sonst demontiert werden, in der Produktion herrschen oft enge Platzverhältnisse.
- Eine parallele Bedienung mit Touch und Drehrad kann als sinnvoll betrachtet werden, auch wenn die Resultate der Tests mit dem nicht interaktiven Prototyp nur beschränkt aussagekräftig sind.
- Die Bedienung per Drehrad wird von einigen Benutzern geschätzt, weil im Gegensatz zum Touchscreen keine grossen Armbewegungen nötig sind, von anderen als unnötig betrachtet, da redundant mit dem Touchscreen. Erstere erwarten, dass nicht nur Situationswechsel und Werteeingabe, sondern auch die komplette Navigation per Drehrad funktioniert. Bei letzteren kann davon ausgegangen werden, dass diese Einschätzung aus der Ungewohntheit kommt und sich noch ändern könnte, wenn die Benutzer an einem funktionellen Prototyp gearbeitet haben.

Für die zweite Iteration des Conceptual Model bezüglich Hardware konnten die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Die Kombination von Drehrad und Touchscreen funktioniert gut und soll im nächsten Prototyp interaktiv erlebbar sein.
- Die Navigation bis zu den Inhaltsseiten soll mittels Drehrad im nächsten (interaktiven) Prototyp als Ergänzung umgesetzt werden.
- Die Dimensionen der Bedieneinheit sind zu gross. Es muss ein anderer Designansatz verfolgt werden.
- Die Neigung des Touchscreens muss nicht veränderbar sein.

3.5 Work Reengineering, Iteration 2

Basierend auf den Resultaten des Card Sortings, all den Äusserungen während den Benutzertests, dem Feedback aus den Kundenbesuchen und dem vorhandenen Domänenwissen wurde eine überarbeitete Informationsarchitektur erstellt. In mehreren Workshops wurden die Funktionen aus der Auswertung des Card Sortings (Anhang A13) für jede Arbeitssituation einem Clustering unterzogen. So entstand eine Strukturierung der Funktionen in Themenkreise und sich darin befindliche Inhaltsseiten (Anhang

A16). Übrig blieben pro Arbeitssituation jeweils einige Funktionen, welche nicht klar einem Themenkreis zugeordnet werden konnten. Bei genauerer Betrachtung dieser Funktionen konnte festgestellt werden, dass es sich immer um solche handelte, welche verschiedene Themenbereiche umfassten. Diese Funktionen wurden in der Folge als Tasks bezeichnet und aus der Struktur der Inhaltsseiten ausgegliedert. Grundsätzlich kann zwischen zwei Arten von Tasks unterschieden werden:

- Tasks mit einer kurzen Abarbeitungsdauer und einem klar definierten Ablauf. Ein solcher Task wird entweder komplett abgearbeitet oder überhaupt nicht. Ein Beispiel für einen solchen Task ist das Einspielen einer neuen Softwareversion in der Arbeitssituation Service. Tasks dieses Typs sollten dem Bediener in einem Wizard präsentiert werden. Durch den fix definierten Ablauf ist eine optimale Hilfestellung möglich und das Risiko von Fehleingaben kann sehr gering gehalten werden.
- Tasks mit einer mittleren bis längeren Abarbeitungsdauer, wobei der Ablauf nicht mehr fix vorgegeben ist. Bei solchen Tasks können nur noch grobe Empfehlungen bezüglich Reihenfolge gemacht werden, da diese je nach Werkzeug oder Vorlieben des Bedieners variiert. Ein Beispiel für einen Task dieses Typs ist der Werkzeugwechsel, bei welchem eine grobe Reihenfolge eingehalten werden muss (Datensatz laden - Werkzeugeinbau - Anschliessen der Hilfssteuerungen - Aufnahme der Produktion), einzelne Operationen aber je nach Anwendungsfall zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgeführt werden können (Reihenfolge des Anschliessens der Hilfssteuerungen). Diese Tasks sollen den Arbeitsfluss des Anwenders nicht stören, ihm aber als Gedankenstütze dienen. Eine mögliche Umsetzungsform sind Checklisten.

Neben der Strukturierung der Inhaltsseiten in Themenkreise soll die Navigation auch beide Typen von Tasks unterstützen. Die Tasks mit einer kurzfristigen Abarbeitungsdauer und fixem Ablauf können im statischen Bereich untergebracht werden, da sie bereits zur Konfigurationszeit der Maschine bekannt sind. Tasks mit mittlerem bis langem Abarbeitungszeitraum werden von den Tätigkeiten des Bedieners beeinflusst und sollten deshalb im dynamischen Navigationsbereich untergebracht werden.

Unterstützend zum oben beschriebenen Clustering wurden einzelne Inhaltsseiten skizziert (Abbildung 58). Dies diente einerseits dazu, ein einheitliches Aussehen über die verschiedenen Arbeitssituationen zu gewährleisten, andererseits aber wurde dadurch die Basis für die nachfolgende Designphase und Ausarbeitung des zweiten Prototyps gelegt.

3.6 Conceptual Model Design, Iteration 2

3.6.1 Design der UI-Struktur

Was in Iteration 1 schon in Grundzügen bestand, wurde in dieser Iteration in feinerem Detail ausgearbeitet. Entscheidungen des Grafikdesigns, die damals spontan gefällt wurden, wurden hier nun begründet, feinjustiert und konsequent umgesetzt. Dies

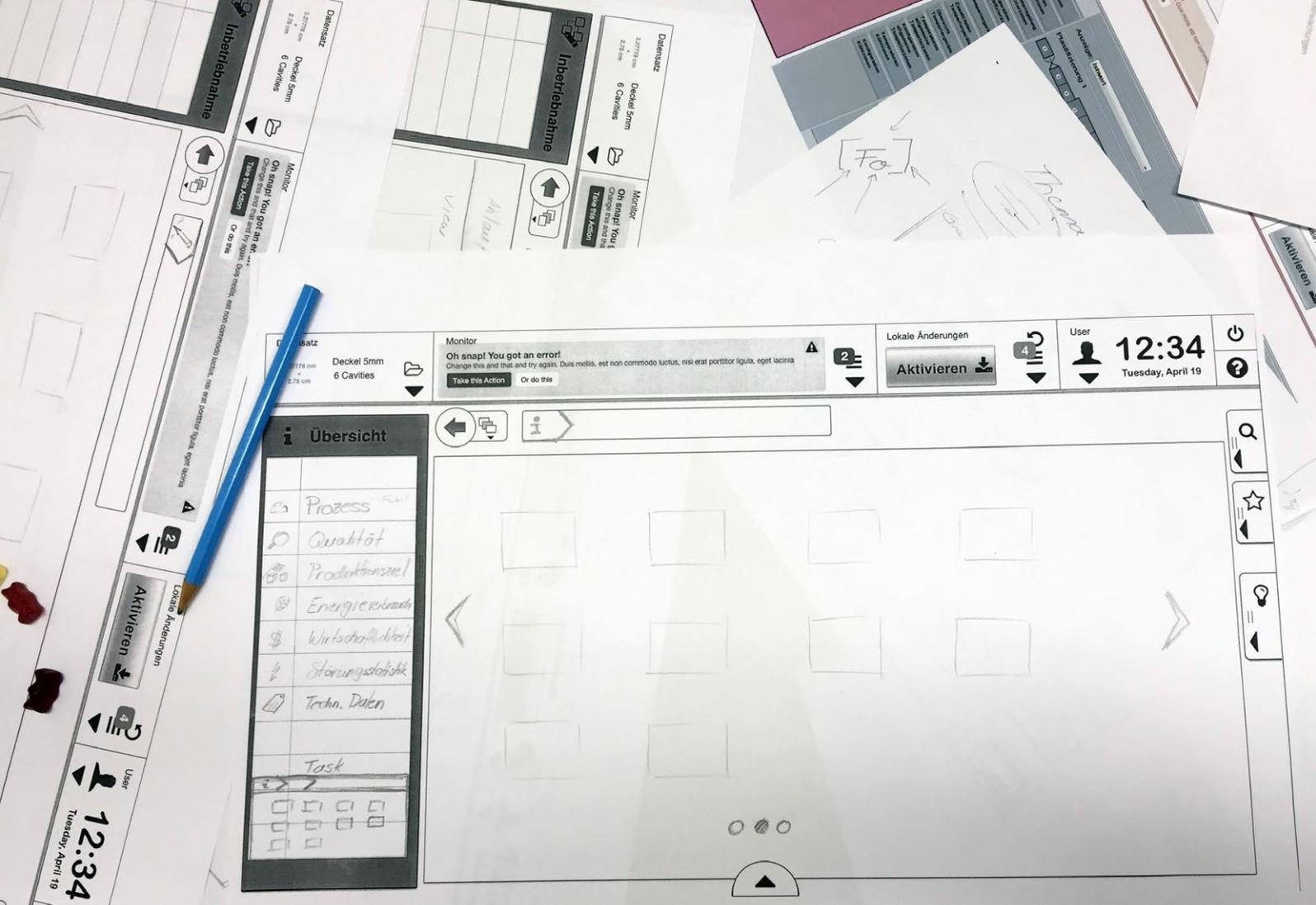


Abbildung 58: Entwürfe verschiedener Inhaltsseiten

war Voraussetzung für eine anschließende Umsetzung eines interaktiven Prototyps.

Die Darstellung ist für das Format 16:9 mit einer Auflösung von 1920 × 1080 Pixel passend zu den vorgeschlagenen Bildschirmen ausgelegt. Das Basislayout bestimmt den klassischen einfachen Aufbau der Seite. Die Unterteilung in fünf Bereiche besteht aus Top, Inhalt, linke Navigationsspalte, rechte Navigationsspalte und dem Selektor in der Fusszeile. Der Header streckt sich über den gesamten Inhaltsbereich und die beiden seitlichen Navigationsspalten. Der klar gegliederte Aufbau und die konsistente Gestaltung von Interaktionselementen helfen dem Benutzer, sich schnell zu orientieren.

Statisches Bildschirmlayout

Das zugrunde liegende Layout (Abbildung 59) basiert auf einer klaren Aufteilung des Bildschirms in unterschiedliche Bereiche. Jeder Bildschirm-Kante wurde ein Bereich zugeordnet. Die vier Bereiche besitzen durch ihre Position am Rand des Bildschirms eine gute Erreichbarkeit bei der Touch-Bedienung (siehe Abschnitt 2.4.2, Seite 25). Diese vertraute Unterteilung ist bei einer Vielzahl von Oberflächen anzutreffen. Den Bereichen wurden anschliessend eine feste Funktionen zugewiesen. Eine konstante Zuordnung vereinfacht die Bedienung, weil der Benutzer sich auf das einmalig Gelernte beziehen kann und sich nicht ständig neu orientieren muss. Der Bildschirm wurde unterteilt in die folgenden vier seitlichen Bereiche:

- Unten: Wahlschalter
- Links: Navigationsmenu
- Oben: Topmenu (Header)
- Rechts: Support/Assistenz/Hilfestellungen
- Mitte: Inhalt

Im Unterschied zur bestehenden Steuerung, wo ein grosser Teil der Fläche für die Navigation verloren geht, entsteht nun im Zentrum eine grosse Zone für den eigentlichen Inhalt. Wird darüber hinaus noch zusätzlicher Platz für den Sachverhalt benötigt, lassen sich das linke und rechte Menu minimieren.



Abbildung 59: Bildschirmlayout

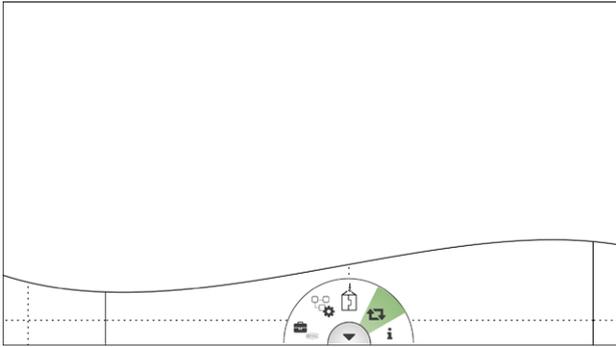


Abbildung 60: Arbeitssituations-Wahlschalter

Wahlschalter

Mit dem Wahlschalter (Abbildung 60) selektiert der Bediener die gewünschte Arbeitssituation. Die Positionierung der Umschaltung ist in der Mitte der Fusszeile, da das Rad ebenfalls mittig unterhalb des Displays angebracht ist. Eine runde Formgebung, ähnlich zum Pie-Menu (Kiermasch 2010), schafft ein passendes Mapping zum Drehrad.

Die gewählte halbrunde Darstellungsform ermöglicht, beidseitig beliebige weitere Menüpunkte unterzubringen. Im Gegensatz dazu werden beim Vollkreis die Sektoren bei Erweiterung stets schmaler und somit nicht gut anwählbar mit dem Finger. Nach der Selektion reduziert sich das Wahlmenü auf eine unauffällige Grösse. Die reduzierte Darstellung ist genügend gross ausgelegt für ein treffsicheres erneutes Hervorholen mit einer einzigen Berührung.

Navigation

Aufgrund der Berücksichtigung durchgängiger Bedienbarkeit mit Singletouch-Gesten und Drehrad reduzierten sich die zur Auswahl stehenden Navigationsvarianten stark. Der Benutzer soll ohne Einschränkungen die beiden Bedienelemente in Kombination nutzen können. Mit dem Drehrad kann sequenziell durch die einzelnen Menueinträge (Abbildung 61) gescrollt und anschliessend mit Drücken des Rades ein gewünschter Eintrag gewählt werden. In jedem Unterordner wird ein Zurück-Eintrag eingeblendet, um wieder auf die nächsthöhere Ebene zurück zu gelangen. Die Felder sind mit Icons versehen, um die Bedienung zu vereinfachen. Die Grösse der Listenfelder ist auf die Bedienung mit dem Finger abgestimmt. Mit einer Mehrfinger-Geste lässt sich das Menü bei erhöhtem Platzbedarf minimieren. Als Orientierungshilfe wird der komplette Pfad einer Themenseite in Form von Breadcrumbs

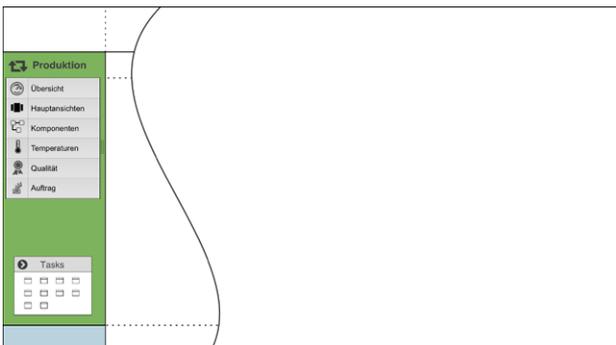


Abbildung 61: Navigations-Menü

zwischen Seite und Header angezeigt. Die interaktive Pfadangebe kann ebenfalls als Navigationsinstrument genutzt werden.

Top-Menu (Header)

Das Top-Menu (Abbildung 62) wird permanent angezeigt, um den Bezug zur Maschine und aktuell geladenem Applikationsdatensatz nicht zu verlieren. Es ist eine Art Fenster, welches Einblick auf den Zustand der Maschine und der Steuerung gibt. Das Verständnis der angezeigten Informationen im Header ist die Voraussetzung für die weiteren Bedienungsschritte. Beim Anwählen der einzelnen Bereiche im Header wird der aktuelle Inhalt abgedunkelt und ein entsprechender erweiterter Dialog wird angezeigt. Nach dem Verlassen des eingeblendeten Dialogs kehrt der Bediener auf die vorherige Inhaltsseite zurück und kann seine Arbeit an dieser Stelle fortsetzen.

Die Kopfzeile ist in folgende Bereiche von links nach rechts unterteilt:

- Datensatz-Operationen
- Alarmmonitor mit Hilfestellung
- Aktivierbutton mit Undo/Redo-History
- Login- und Einstellmöglichkeiten für den Benutzer
- aktuelle Datum- und Uhrzeitangabe
- Steuerung herunterfahren

Im Zentrum der Kopfzeile ist der Alarmmonitor positioniert, welcher unabhängig von der gewählten Arbeitssituation über die laufenden Maschinenereignisse informiert. Der einblendbare Dialog bietet Unterstützung bei der Problembekämpfung, indem er neben der Erklärung des Vorfalles passende Lösungswege aufzeigt.

Rechtes Support-Menu (Unterstützung/Assistenz/Hilfestellungen)

Die Tabs (Abbildung 63) auf der rechten Seite sollen bei der Maschinenbedienung Unterstützung anbieten. Bei Bedarf kann die gewünschte Hilfestellung rechts ausgefahren werden und parallel mit der aktuellen geöffneten Themenseite angezeigt werden. Folgende Assistenz-Funktionalität ist in der rechten Spalte untergebracht:

- Maschinenanleitung, Hilfesystem
- Suche

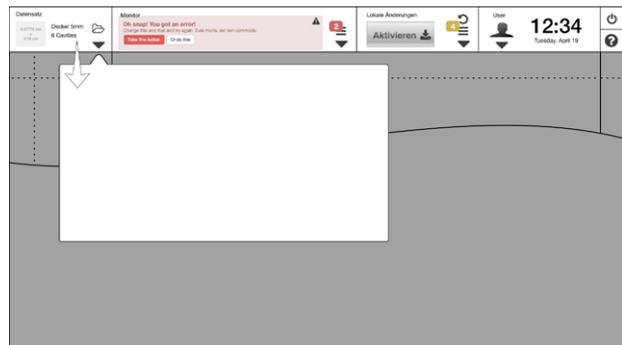


Abbildung 62: Top-Menu (Header)



Abbildung 63: Support-Menü mit Beispiel-Tabs Suche und Checkliste



Abbildung 64: Inhaltsseite

- Persönliche Favoriten (Direktsprünge)
- Applikationsspezifische Anleitungen und Notizen
- Checklisten mit Eingabevalidierung

Inhalt

- Eine Inhaltsseite (Abbildung 64) kann eine optionale Subnavigation beinhalten. Bei der Wahl der Navigationart werden hier Tabs dem vertikalen Scrollen vorgezogen, um den Bediener nicht mit versteckten und schwererreichbaren Inhalten zu konfrontieren.
- Die Gestaltung ähnelt einem aufgeschlagenen Buch. Das Querformat erlaubt auch eine mehrspaltige Darstellung, welche sich gut für das Kombinieren einer Grafik mit den zugehörigen Parametern eignet. Die Grafiken tragen zum besseren Verständnis des Sachverhalts bei und wirken ansprechend.

3.6.2 Design der Hardware

Aufgrund der Erkenntnisse aus der ersten Iteration musste eine neue Lösung für das Hardwaredesign gefunden werden. Da sich mittlerweile eine Verschiebung des Schwerpunktes der vorliegenden Arbeit hin zu einer neuen Informationsarchitektur ergeben hatte, konzentrierten sich die Tätigkeiten auch bezüglich Hardware vor allem auf den unteren Bildschirm, im speziellen auf die Kombination von Drehrad und Touchscreen und die Navigation.

Design der Bildschirmtastatur

Nichts desto trotz entstanden Entwürfe, wie die neue Bildschirmtastatur konzipiert werden könnte. Um das Problem der Grösse

der Bedieneinheit zu entschärfen, soll die Bildschirmtastatur auf einem kleineren Bildschirm, welcher im Hochformat direkt in die Maschinenverkleidung integriert ist, dargestellt werden. Dadurch reduziert sich auch die Anzahl der möglichen Tasten. Das Konzept, Gruppen aus zusammengehörenden Tasten zu bilden, sollte unbedingt beibehalten werden. Die Gruppen sollten analog der physikalischen Anordnung an der Maschine positioniert werden (Schliesseinheit links, Plastifizierung rechts) und in einen oder mehrere statische und einen dynamischen Bereich aufgeteilt sein.

Statische Bereiche

In diesen Bereichen soll für einen schnellen Zugriff die Positionierung der Tasten fix sein. Die folgenden Grundfunktionalitäten sollten hier untergebracht werden:

- Hauptschalter zum Ein- und Ausschalten ganzer Baugruppen (z.B. Antrieb, Heizungen)
- Produktionssteuerung (Starten und Stoppen des Zyklusbetriebs)
- Betriebsarten-Umschaltung

Dynamische Bereiche

Der Inhalt des dynamischen Bereichs ist abhängig von der jeweiligen Arbeitssituation. Die Anordnung und Anzahl der belegten Tasten variiert von Anwendung zu Anwendung und kann vom Bediener beeinflusst werden. Der dynamische Bereich ist für Funktionen auf einzelnen Komponenten vorgesehen (z.B. Werkzeug öffnen und schliessen)

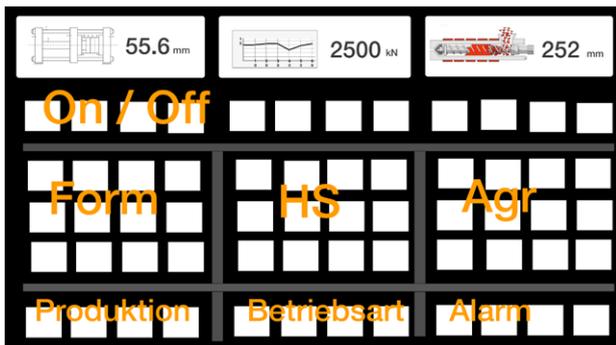


Abbildung 65: Entwurf der neuen Bildschirmtastatur

Istwertanzeige

Die direkt bei der Taste angezeigten Istwerte sind in der momentanen Steuerung sehr klein und werden beim Bedienen nur schlecht wahrgenommen. Der Blick des Bedieners liegt mehrheitlich eher in Richtung Werkzeugraum als unmittelbar oberhalb des Bedienfingers. Zur Verbesserung wird bei der Überarbeitung der Bildschirmtastatur oberhalb ein neuer zentraler Anzeigebereich definiert, in welchem der aktuelle Wert zur ausgelösten Bewegung und weitere Informationen dargestellt werden können. Zusätzlich zur Anzeige von numerischen Werten können die Bereiche auch für grafische Animationen bestimmter Komponenten oder auch zur Darstellung von Kurven genutzt werden. Kurven bieten die Möglichkeit, bei rasch wechselnden Zahlen den Verlauf eines Wertes besser zu verfolgen. Zu den wichtigen Angaben zählen neben den Positionen der Schliesseinheit, des Aggregats, der Schnecke und des Auswerfers auch die Schliesskraft, die Zykluszeit und der momentane Energieverbrauch. Ein Entwurf für die Bildschirmtastatur ist dargestellt in Abbildung 65.

Bau eines Hardware-Prototyps

Schwerpunkt der geplanten Tests sollten die Evaluation der Informationsarchitektur sowie das Zusammenspiel von Drehrad und Touchscreen sein. Der Prototyp musste also interaktiv bedienbar sein, was mit einem Papierprototyp nicht möglich war. Obwohl der erste Prototyp eigentlich dafür gemacht wurde, mit einem echten Touchscreen nachgerüstet zu werden, hat sich die Kon-

struktion dafür als zu wenig stabil herausgestellt. Es musste also ein neuer Prototyp gebaut werden. Von der Auftraggeberin wurde dazu ein 21,5"-Touchbildschirm in industrieller Ausführung sowie der Prototyp eines Drehrades zur Verfügung gestellt. Das Drehrad verfügte über einen zusätzlichen Leuchtring, ähnlich wie derjenige des Multitouch-Ring-Encoders der Firma Grayhill (siehe Abschnitt 3.1.4, Seite 35).

Konstruktion

Der Bildschirm sollte so im Prototyp integriert sein, dass dessen Oberfläche zusammen mit der Front des Prototyps eine Ebene bildete. Um dies zu ermöglichen wurde der Bildschirm in einen Rahmen aus Aluminium eingesetzt, welcher in die Grundkonstruktion aus Holz integriert wurde (Abbildung 66). Die Front der Bedieneinheit wurde aus Hart-PVC gefertigt, wobei diese in einzelne Elemente zerlegt wurde. Der zentrale Bereich unterhalb des Bildschirms, ausgestattet mit dem Drehrad, wurde fest montiert. Die seitlichen und das obere Element wurden mit Magneten an der Grundkonstruktion befestigt, um später einfach zwischen verschiedenen Designentwürfen wechseln zu können. Für die Tests wurde der Prototyp auf ein Stehpult montiert, welches einen angenehmen Winkel für die Bedienung ermöglichte und einfach in der Höhe verstellt werden konnte. Auf dem Bildschirm kam zum ersten Mal der interaktive Prototyp während eines Tests zum Einsatz, der sich auch mit dem Drehrad bedienen liess. Ein Bild des fertigen Prototyps ist in Abbildung 67 ersichtlich.

Evaluation am Hardwareprototyp

Die Tests erforderten grundlegendes Domänenwissen, weshalb diese bei der Auftraggeberin durchgeführt wurden. Auch logistische Gründe sprachen für eine Durchführung bei der Auftraggeberin.

Aus zeitlichen Gründen konnte der Test nur noch mit einer Testperson durchgeführt werden. Die Testperson hatte bereits an den Tests der ersten Iteration teilgenommen und hatte sich dabei kritisch zur Verwendung des Touchscreens geäußert.

Die schriftlich vorbereiteten Testaufgaben wurden der Testperson vom Testleiter gestellt. Dieser assistierte beim Einstellen der

Abbildung 66: Konstruktion des Rahmens

Abbildung 67: Prototyp im Einsatz



Höhe des Prototyps und nahm die wenigen für die Durchführung der Testaufgaben nötigen Manipulationen vor. Weitere Teammitglieder beobachteten die Testperson und machten sich Notizen.

Mit den Testaufgaben sollte die neue Informationsarchitektur validiert werden, wobei ein spezielles Augenmerk beim Konzept der Tasks in Form von Wizards lag. Da nur einzelne Inhaltsseiten komplett ausgearbeitet wurden, galt das Ziel der Aufgabe jeweils als erreicht, wenn die richtige Inhaltsseite ausgewählt wurde. Wo verfügbar wurden die von Hand skizzierten Entwürfe dieser Inhaltsseiten auf den Bildschirm gelegt, um der Testperson diese Tatsache etwas besser zu vermitteln.

Den Abschluss des Tests bildeten ein offenes Gespräch über die gewonnenen Eindrücke und ein Walkthrough durch die verschiedenen weiterführenden Konzepte (Suche, Checklisten, Favoriten), welche anhand des interaktiven Prototyps gut erklärt werden konnten. Der detaillierte Testbeschreibung ist in Anhang A17 ersichtlich.

Testauswertung Hardware-Prototyp

Obwohl die Tests nur noch mit einer Person durchgeführt wurden und die Testresultate deshalb nur als Rohdaten vorliegen (Protokoll siehe Anhang A18) können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

Die Informationsarchitektur funktioniert grundsätzlich. Während dem Test wurden vereinzelt Inkonsistenzen festgestellt, die aber einfach beseitigt werden können. Das Konzept mit den Tasks muss gelernt werden, wird dann aber verstanden und für gut befunden. Die Kombination von Drehrad und Touchscreen funktioniert sehr gut. Je länger die Person am Prototyp arbeitete, umso mehr wurde fließend zwischen den beiden Eingabegeräten gewechselt. Die Interaktivität des Prototyps hat sich als sehr positive Eigenschaft herausgestellt. Komplexe Inhalte werden gerne exploriert und sind anhand eines statischen Bildes nur schwer nachvollziehbar.

Um definitive Aussagen über die Informationsarchitektur machen zu können, sind sicherlich noch weitere Tests nötig. Diese sollten von der Auftraggeberin unbedingt durchgeführt werden, bevor weitere Tätigkeiten, basierend auf der erarbeiteten Informationsarchitektur, gestartet werden. ■



Deckel 5mm
6 Cavities

Monitor
Oh shtup! You got an error!
Or do this

Inbetriebnahme

Ablauf-Editor

Komponenten

Ausrüstung

Temperaturen

Überwachungen

Werkzeugschutz

Qualität

Inbetriebnahme

Ablauf-Ed

P (bar)

200

100

0

-8

-7

-5

4. Design Level 2: Detailinteraktionen

4.1 Parametereingabe

4.1.1 Ausgangslage

Weshalb ist die Parametereingabe interessant? Die Eingabe eines Parameters könnte als Detail betrachtet werden. Da die Maschinensteuerung jedoch sehr viele numerische Parameter enthält, ist die Parametereingabe ein zentrales Element der Steuerung. Bisher wurden diese Parameter über die numerische Tastatur editiert. In Zukunft möchte die Auftraggeberin auf die numerische Tastatur verzichten, was eine Änderung der Benutzerinteraktion nötig macht. Es sollen die neuen Steuerelemente zur Parametereingabe genutzt werden. Die Auftraggeberin sucht nach Lösungen, wie das geschehen kann. Diese Argumente legten nahe, die Parametereingabe aktiv zu gestalten.

4.1.2 Anforderungen

- Für die Parametereingabe soll wahlweise der Touchscreen oder das Drehrad verwendet werden können. (Quelle: Auftraggeberin)
- Der Anwender soll auf verschiedene Arten bei der Modifikation des Eingabewertes unterstützt werden (Quelle: Ergebnis Benutzerbefragung): Eingabemodi
 1. Genaue Werteeingabe
 2. Ungefähre Werteeingabe
 3. Erhöhen/Verringern des Wertes
- Es soll eine Abbruchmöglichkeit bei der Parametereingabe geben. (Quelle: Auftraggeberin)
- Die Parametereingabe soll optional durch einen Wertebereich eingegrenzt werden. (Quelle: Auftraggeberin)
- Es soll das Eingeben mehrerer Parameter nacheinander unterstützt werden. (Quelle: Auftraggeberin)

4.1.3 Interaktionspattern

Numerische Eingabe

Der naheliegendste Lösungsansatz ist die Anzeige einer numerischen Tastatur auf dem Touchscreen, sobald der Anwender den Fokus auf ein Feld setzt (Abbildung 68).



Abbildung 68: Numerische Eingabe

Vorteile

- Dieser Ansatz ist bei den Anwendern von den Smartphones bekannt.
- Für eine genaue Werteeingabe ist dieser Ansatz geeignet. Es ermöglicht dem Anwender den Wert zu erfassen, den er zuvor in Gedanken bestimmt hat.

Nachteile

- Weitere Eingabemodi (Ungefähre Werteeingabe, Erhöhen/Verringern des Wertes) werden nicht unterstützt.
- Es wäre möglich, zusätzlich mit dem Drehrad die erfassten Werte zu modifizieren. Bei diesem Ansatz würde jedoch ein Signifier fehlen, welcher den Anwender darauf hinweist, dass das Drehrad dazu genutzt werden kann.

Numerische Eingabe kann ein Teil der Lösung sein, welcher durch zusätzliche Eingabeoptionen ergänzt wird, um alle Eingabemodi zu unterstützen.

Schieberegler / Drehschieberegler

Der Parameterwert wird durch einen Schieberegler visualisiert. Der Wert kann durch Ziehen am Reglerknopf verändert werden. Beim Drehschieberegler ist der Regelbereich in einer runden Form dargestellt (Abbildung 69).



Abbildung 69: Drehschieberegler

Vorteile

- Visualisierung, wo der aktuelle Wert zwischen einem Minimal- und einem Maximalwert liegt.
- Dieser Ansatz ist bei den Anwendern von den Smartphones bekannt (z.B. Helligkeitseinstellung bei iOS).

- Für eine ungefähre Werteeingabe ist dieser Ansatz geeignet. Der gesamte Wertebereich ist schnell mit einer Fingerbewegung erreichbar.
- Es wäre möglich, zusätzlich mit dem Drehrad die erfassten Werte zu modifizieren. Bei diesem Ansatz sollte ein Drehschieberegler verwendet werden. Dieser würde durch seine runde Form als Signifier dienen, welcher den Anwender darauf hinweist, dass das Drehrad genutzt werden kann.

Nachteile

- Weitere Eingabemodi (Genaue Werteeingabe, Erhöhen/Verringern des Wertes) werden nicht unterstützt.

Da die Parametereingabe zusätzlich mit dem Drehrad möglich sein soll, sollte der Drehschieberegler dem Schieberregler vorgezogen werden. Ein Drehschieberegler kann ein Teil der Lösung sein, welcher durch zusätzliche Eingabeoptionen ergänzt wird, um alle Eingabemodi zu unterstützen.

Eine Besonderheit sind Werteeingaben ohne Einschränkung eines Minimal- und Maximalwerts. Bei diesen ist der Drehschieberegler ohne eine Begrenzung zu implementieren. Dies kann als Endlosdrehregler implementiert werden (Abbildung 70).



Abbildung 70: Endlosdrehregler

Spinner-Widget

Das Spinner-Widget stellt je einen Button zur Verfügung zur Erhöhung und Verringerung des aktuellen numerischen Wertes (Abbildung 71).



Abbildung 71: Spinner-Widget

Vorteile

- Das Widget eignet sich, um bestehende numerische Werte graduell zu ändern.
- Die Buttons können in der Größe und Anordnung so platziert werden, dass sie sich für die Touchbedienung eignen.

Nachteile

- Dieses Interaktionsmuster stammt von den Desktop-Benutzerschnittstellen. Bei Touch-Anwendungen ist es weniger bekannt.
- Weitere Eingabemodi (Genaue Werteeingabe, ungefähre Werteeingabe) werden nicht unterstützt.

Das Spinner-Widget kann ein Teil der Lösung sein, der durch weitere Interaktionsmuster ergänzt wird.

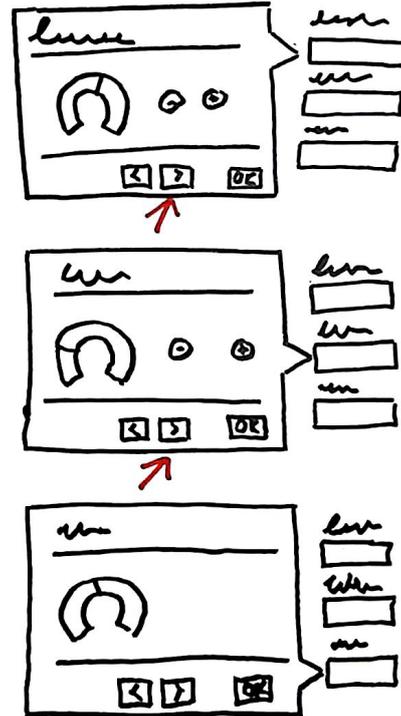


Abbildung 72: Wizard-Navigation

4.1.4 Scribbles

Bei der Lösungssuche wurden verschiedene Handskizzen erstellt.

Wizard-Navigation

Beim Szenario «Einrichten» werden nacheinander mehrere Felder erfasst. Um hier den Ablauf zu unterstützen, kann mittels Navigations-Buttons zum nächsten/vorhergehenden Eingabefeld gesprungen werden, ohne den Dialog zu verlassen. Eine Möglichkeit, dies zu tun, ist das Verwenden des Wizard-Patterns (Abbildung 72). Der Dialog bleibt immer an derselben Stelle. Die Ecke zeigt jeweils zum aktuellen Eingabefeld.

Zwiebelschalen-Prinzip

Beim Zwiebelschalen-Prinzip sind die primären Funktionen im Zentrum platziert. Ergänzende Funktionen sind in einer Schale rund um das Zentrum platziert. Die runde Form deutet an, dass auch das Drehrad eingesetzt werden kann.

Hier ist der Drehschieberegler und das Spinner Widget kombiniert (Abbildung 73 links). Im alternativen Modus (Abbildung 73 rechts) ist eine numerische Eingabe möglich.

Als Navigation zwischen den Eingabefeldern dient der untere Bereich. Der Anwender soll sich ein Karussell vorstellen. «Verzögerung», «Druck», «Temperatur» sind die Bezeichnungen der verschiedenen Eingabefelder. Mit der Tap-Geste wird das Feld zum aktuellen Eingabefeld. Mit der Flick- oder der Swipe-Geste kann zu weiteren Eingabefeldern navigiert werden.

Für die Navigation in Tabellen kann zwischen der horizontalen bzw. vertikalen Navigation gewählt werden.

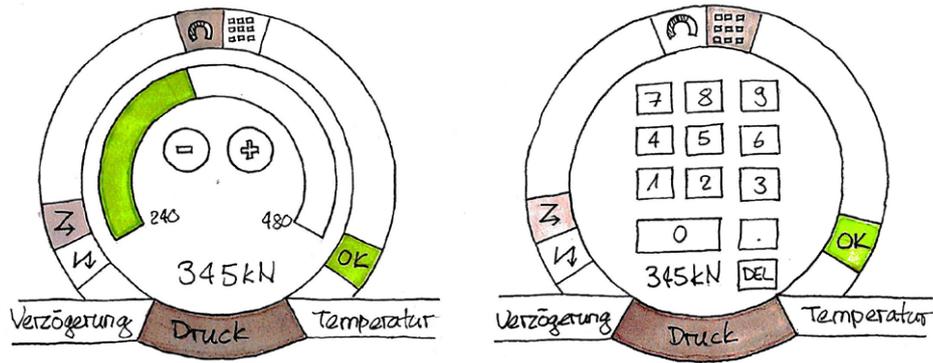


Abbildung 73: Zwiebelschalen mit zwei Modi

Drei Interaktionspattern entflichten

Um die drei Interaktionspattern «Numerische Eingabe», «Dreh-schieberegler» und «Spinner-Widget» zu entflichten, wurden 3 Eingabemodi geschaffen: Abbildung 74.

Im ersten Modus (links) ist eine numerische Eingabe möglich. Im zweiten Modus (Mitte) ist eine kontinuierliche Wertänderung möglich. Im dritten Modus (rechts) ist eine graduelle Wertänderung möglich.

Mit der Swipe-Geste kann zu weiteren Eingabefeldern navigiert werden. Für die Navigation in Tabellen kann zwischen der horizontalen bzw. vertikalen Navigation gewählt werden, indem die Swipe-Geste horizontal bzw. vertikal ausgeführt wird.

Vorgehen und Auswahl

Neben den oben skizzierten Lösungsansätzen sind noch weitere entstanden. Bei der Lösungssuche für die Parametereingabe wurde gemäss dem Design-Prozess (Buxton et al. 2012, S. 8–10) vorgegangen.

In einem ersten Schritt gilt es, die Vielfalt der Lösungsmöglichkeiten zu entdecken. Die Gestaltung der Lösungsansätze erlaubt Kreativität. Neues auszuprobieren ist erwünscht. Im Team entstanden so im Laufe der Zeit verschiedene Lösungsansätze unabhängig voneinander.

In einem zweiten Schritt gilt es, die besten Ansätze auszuwählen und sie gegebenenfalls neu zu kombinieren. Die Lösungsansätze wurden im Team besprochen und verglichen. Vor- und Nachteile wurden abgewogen.

Die Entscheidung fiel auf den Lösungsansatz «Drei Interaktionspattern entflichten». Es sind klare und einfache Interaktionspattern, die allgemein gut verständlich sind. Dies war jedenfalls die Hypothese für den nächsten Userstest.

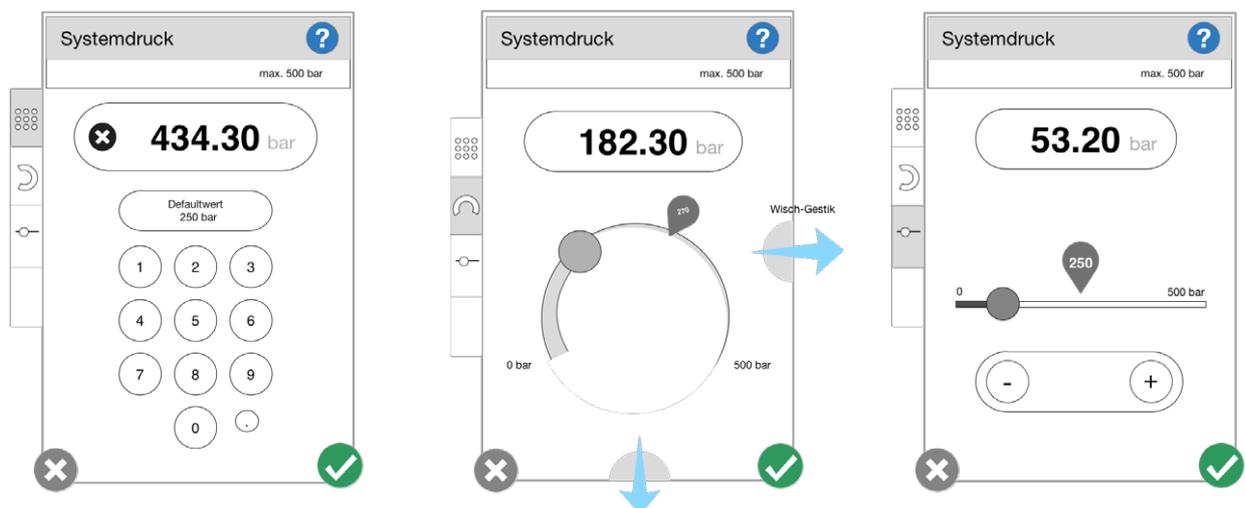


Abbildung 74: Entflichtene Interaktionspattern: Numerische Eingabe, kontinuierliche Wertänderung, graduelle Wertänderung

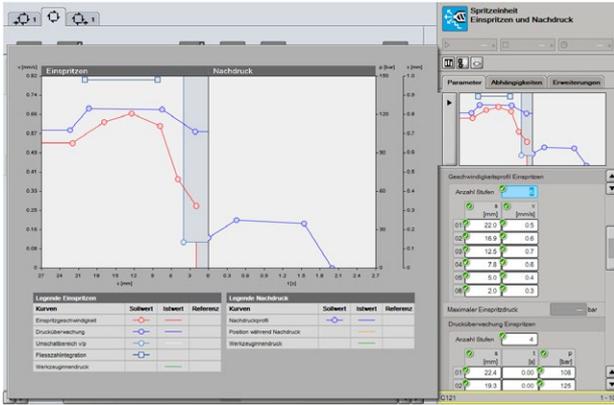


Abbildung 75: Kommandografik

4.2 Kurveneditor

Ein wichtiges Interaktionselement, das an verschiedenen Stellen von aXos vorkommt, ist ein grafischer Kurveneditor («Kommandografik» genannt), mit dem zeitliche Abläufe von Sollwerten bearbeitet werden können. Neben der Anzeige als Tabelle von Wertepaaren im Parameterbereich können solche Abläufe damit in Form von stückweise linearen oder stückweise konstanten Kurven grafisch eingegeben und visualisiert werden. In derselben Grafik können zum Vergleich auch Istwert-Kurven angezeigt werden. Beispielsweise werden in der Parametrierung des Kommandos «Einspritzen und Nachdruck» die Profile *Einspritzgeschwindigkeit über Einspritzdistanz* und *Nachdruck über Zeit* in einer Kommandografik dargestellt (Abbildung 75).

Beim Arbeiten mit dem aktuellen aXos-Kurveneditor während des Spritzkurses entstand die Einsicht, dass in diesem Bereich dank der Multitouch-Bedienung völlig neue Interaktionen möglich werden im Vergleich zur bisherigen Bedienung per Trackball und sich dadurch die Usability des Kurveneditors deutlich verbessern liesse. Er wurde deshalb als Beispiel ausgewählt, in welchem im Sinne eines Einstichs die Detailinteraktion genauer ausgearbeitet werden sollte. Dies sollte mit einem interaktiven Prototyp, der Benutzern ein realistisches Gefühl der Multitouch-Interaktionen vermittelt, im Laufe von mehreren Iterationen aus Design, Prototyp-Umsetzung und Benutzertests geschehen. Die erste Iteration wurde dabei als Teil der Masterarbeit eingeplant, weitere würden aus Aufwandgründen in die weiterführende Arbeit der Auftraggeberin fallen.

4.2.1 Design

Aus der Beobachtung von Benutzern während des Spritzkurses wurden folgende Anforderungen abgeleitet, die aktuell teilweise nicht erfüllt oder mit der Trackball-Steuerung umständlich zu erreichen sind:

- Einzelne Kurvenpunkte bewegen
- Mehrere Punkte auswählen und zusammen bewegen
- Punkte einfügen an beliebigen Stellen
- Punkte löschen
- Einen Kurvenbereich vertikal skalieren

- Für eine erste provisorische Kurve äquidistante Stützstellen erhalten

Die Philosophie für den Entwurf eines Multitouch-Kurveneditors basierte auf folgenden Prämissen:

- Multitouch-Gesten sind nicht offensichtlich, es braucht Signifier: wo kann ich berühren oder bewegen, was geschieht dann.
- Signifier für berührbare Bereiche brauchen eine gewisse Grösse, damit man sie trifft.
- Der Finger deckt die berührte Stelle ab – die Signifier müssen so gross sein, dass sie unter dem Finger hervorstehen.
- Grosse Signifier versperren Platz, der für Inhalt verwendet werden könnte, und lenken vom Inhalt ab, wenn sie nicht gebraucht werden (insbesondere dann, wenn man den Inhalt nur ansehen, aber nicht verändern möchte).

Darauf aufbauend wurde in ersten Skizzen (Abbildung 76) ein Konzept entwickelt, das die Touch-Gesten für Interaktionen wie Kurvenpunkte bewegen, Punkte eingeschränkt auf horizontale oder vertikale Richtung bewegen, mehrere Punkte auswählen durch als halbdurchsichtige farbige Flächen über der Zeichenebene eingeblendete Signifier verdeutlicht. Abhängig von aktuell auf dem Touchscreen befindlichen Fingern und damit vorangehend ausgeführten Gesten, geben die Signifier zu jedem Zeitpunkt die möglichen weiteren Berührungen und Bewegungen mittels eines konsistenten Farbcodes an:

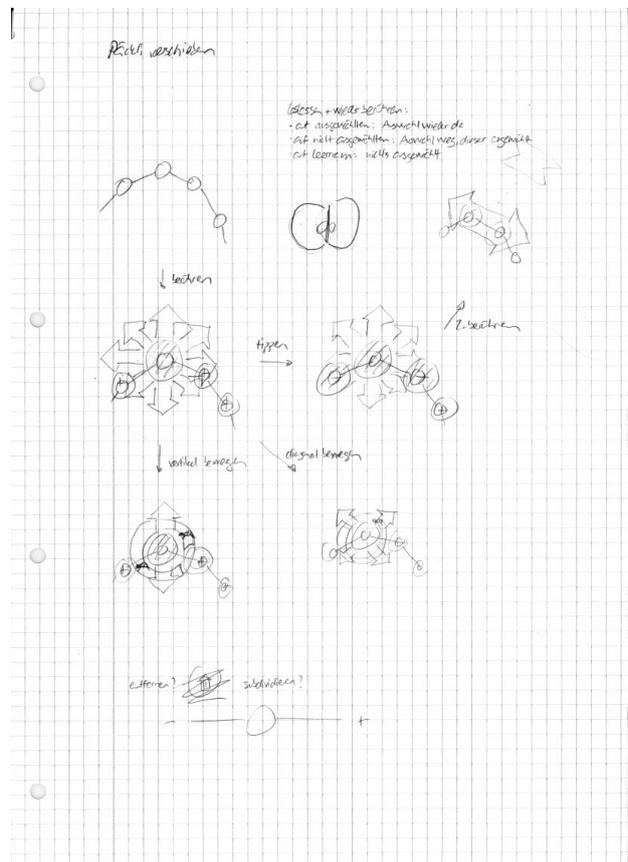


Abbildung 76: Erste Skizzen für Multitouch-Kurveneditor

- Gelbe Flächen bedeuten «hier kann jetzt berührt werden». Beispiel: Die Fläche für das Greifen eines einzelnen Punktes ist eine Kreisfläche von ungefähr 20 mm Durchmesser, normalerweise auf dem Punkt zentriert. Wo die Punkte zu nahe beieinander liegen, stossen sich die Flächen ab, bis sie sich kaum mehr überlappen, um trotzdem jeden Punkt einzeln auswählbar zu machen.
- Blaue Flächen bedeuten «hier kann berührt werden (oder wird aktuell berührt), und das Element ist ausgewählt oder aktiv». Beispiel: Der gelbe Kreis eines Punktes färbt sich blau, sobald er berührt wird, und bleibt so lange blau, wie der Punkt ausgewählt ist.
- Rote Symbole in der Nähe einer gelben oder blauen Fläche geben an, was damit getan werden kann – was geschieht, wenn hier bewegt (falls schon berührt) oder getippt (falls noch nicht berührt) wird. Beispiel 1: Rote Pfeile rund um einen berührten Punkt geben an, in welche Richtungen der Punkt bewegt werden kann. Zunächst sind das alle Richtungen, nach Einschränkung auf horizontale oder vertikale Richtung verschwinden einige der Pfeile und es bleiben nur die horizontalen oder vertikalen übrig. Beispiel 2: Ein rotes Pluszeichen auf einer gelben Punkt-Fläche oder ein rotes Minuszeichen auf einer blauen Punkt-Fläche, eingblendet während ein Finger auf einem anderen Punkt liegt, geben an, dass durch Tippen (mit einem weiteren Finger) dieser Punkt zur Auswahl hinzugefügt bzw. aus der Auswahl entfernt werden kann.

Werden alle Finger vom Bildschirm entfernt, blenden sich die Signifier nach einer gewissen Zeit automatisch aus, um den ungestörten Blick auf den Inhalt freizugeben. Wird der Bildschirm wieder berührt, erscheinen sie wieder.

Die primäre Hypothese, die mit dem interaktiven Prototyp in Benutzertests verifiziert werden sollte, lautete also: *Die Reichhaltigkeit der möglichen Multitouch-Gesten erlaubt es, viel Funktionalität leicht erreichbar zu machen. Komplexe Multitouch-Gesten können durch grafische Signifier auffindbar und erlernbar gemacht werden.* Sie spaltete sich auf in viele kleine Unterhypothesen und Forschungsfragen zu den einzelnen Funktionen und Gesten: würden

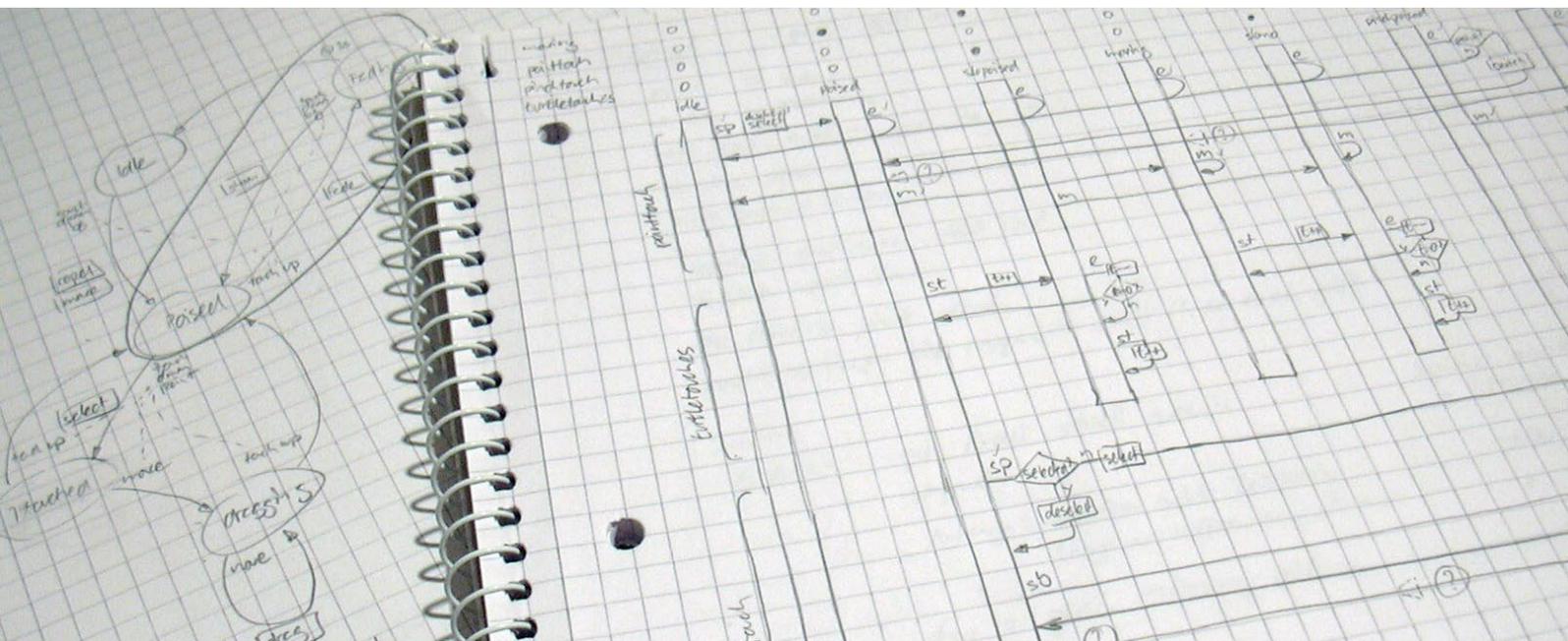
diese gefunden, verstanden, als erwartet oder überraschend, angenehm oder störend beurteilt? Weitere Forschungsfragen betreffen die Grösse der Signifier, Zweihandbedienung und fehlende Funktionen.

4.2.2 Prototyp-Umsetzung

Es war ziemlich schnell klar, dass es kein Prototyping-Tool gibt, mit welchem solche völlig neuen, komplexen Multitouch-Interaktionen dem obigen Konzept entsprechend in einem Prototyp umgesetzt werden können – das würde von Grund auf programmiert werden müssen. Als Basistechnologien, welche eine robuste Unterstützung für Multitouch-Events bieten und von der zur Verfügung stehenden Hardware unterstützt werden, wurden HTML5 und Windows Presentation Foundation (WPF) in Betracht gezogen. Der Entscheid fiel auf HTML5 aufgrund der Plattformunabhängigkeit, welche es erlaubte, für Prototyp-Entwicklung und Benutzertests sowohl auf den persönlichen iOS- und Android-Tablets und -Smartphones der Autoren als auch auf Windows mit einem 21.5"-Touchscreen zu arbeiten.

Da die moderne Web-Programmierung in JavaScript für den Autor des Prototyps (Christian Walther) ein völlig neues Gebiet war, das gewisse Einarbeitung erforderte, wurde beschlossen, rein auf den grundlegenden Browser-Technologien HTML, CSS, DOM, SVG aufzubauen und keine zusätzlichen Libraries und Frameworks wie jQuery oder AngularJS zu verwenden. Die Überlegung war, dass solche Hilfsmittel zwar Produktivitätsgewinne bringen, diese aber auf Kosten eines höheren anfänglichen Aufwandes zum Lernen der APIs gehen und daher erst auf lange Frist zum Tragen kommen. Das aktuelle Projekt hingegen würde im Rahmen der Masterarbeit eine einmalige Sache bleiben und musste in die nach Reglement erlaubten 20 Stunden Programmierarbeit passen. Tatsächlich stellte sich heraus, dass sich die Browser-APIs gut eigneten, um die Anforderungen an den Prototyp umzusetzen. Eventuelle Vereinfachungen durch Drittkomponenten hätten sich wohl in engem Rahmen gehalten, so dass sich nur schon der Aufwand kaum gelohnt hätte, im riesigen und schnelllebigen Bereich der Web-Entwicklung geeignete zu finden und zu evaluieren.

Abbildung 77: Notizen aus der Programmierung der Touch-Gesten-Erkennung



Während der Entwicklung ergaben sich weitere Erkenntnisse: Es ist nicht trivial, basierend auf rohen Touch-Events eine Vielzahl von Gesten gleichzeitig, ohne Modi, zu erkennen und auseinanderzuhalten – man landet dabei rasch bei komplexen Zustandsmaschinen (Abbildung 77). Jeder Touch-Event kann unter Umständen verschiedene Bedeutungen haben, und es gilt in der Software herauszufinden, welche davon der Benutzer gemeint hat – ohne dass es der Benutzer merkt, denn ihm ist die Uneindeutigkeit nicht bewusst. Die Entwicklung zwingt auch zu vielen kleinen Entscheidungen darüber, was in welchem Zustand möglich sein soll – Fragen, auf die wir ohne das tatsächliche Programmieren niemals gekommen wären, die aber wichtige Einflüsse auf die Usability haben. Ein weiteres Indiz dafür, dass es kein vereinfachtes Prototyping-Tool geben kann, mit dem komplexe Multitouch-Interaktionen rasch umgesetzt werden können, sondern detaillierte Programmierung nötig ist. Schliesslich gewannen wir neuen Respekt vor den Entwicklern von iOS und anderer Multitouch-Software, wo alles einfach funktioniert, ohne dass man als Benutzer etwas von der darunter liegenden Komplexität ahnt.

Es wurden im Prototyp schliesslich folgende Funktionen innerhalb des oben beschriebenen Konzepts implementiert:

- Bewegen von Punkten, optional eingeschränkt auf horizontale oder vertikale Richtung
- Auswahl von mehreren Punkten
- Strecken (skalieren) von ausgewählten Kurventeilen, optional eingeschränkt auf horizontale oder vertikale Richtung
- Einfügen von äquidistanten Punkten mittels eines Sliders, auf dem die Anzahl neuer Punkte eingestellt wird
- Entfernen von Punkten mittels eines Papierkorb-Buttons

Folgende weiteren Funktionen waren geplant, konnten aber aus Zeitgründen nicht mehr implementiert werden:

- Einschränkung auf monotone horizontale Koordinaten (ein Punkt darf sich horizontal nur zwischen seinen Nachbarpunkten bewegen), so dass keine uneindeutigen Kurven und Selbstüberschneidungen möglich sind
- Numerische Anzeige der Koordinaten der Punkte in physikalischen Einheiten in einer Tabelle und/oder beim bewegten Punkt, wie bei der aXos-Kommandografik
- Verlangsamung der Punkt-Bewegung gegenüber der Finger-Bewegung, um präzisere Einstellung zu ermöglichen, wenn während der Bewegung weitere Finger auf dem Bildschirm platziert werden («Schildkröten-Modus» nach dem als Signifier geplanten Schildkröten-Symbol)
- Undo

Der fertige Prototyp ist im digitalen Anhang B7 dieser Arbeit enthalten und kann auf einem Touch-fähigen Gerät durch Öffnen von *index.html* gestartet werden. Ausserdem ist er unter <http://touch.ecodraw.com/curvededit/> erreichbar. Abbildung 78 zeigt einen Screenshot.

4.2.3 Evaluation

Durchführung

Da für diesen Test kein Kunststoff-Domänenwissen erforderlich ist, wurden Testpersonen unter Arbeitskollegen rekrutiert: Software- und Hardwareentwickler sowie Elektroniker im Bereich Industriesteuerungen. Eine gewisse Technikaffinität und Erfahrung mit Multitouch-Geräten konnte bei ihnen vorausgesetzt werden. So konnten fünf Testpersonen gewonnen werden, alles Ingenieure und damit eher etwas hoch qualifiziert, was aber nicht zu stark ins Gewicht fallen sollte, da auch im Endprodukt der Kurveneditor von qualifiziertem Fachpersonal bedient wird, nicht von Hilfskräften.



Abbildung 78: Fertiger Prototyp auf iPad



Abbildung 79: Testaufbau mit Touchscreen

Wegen unklarer Verfügbarkeit von Hardware war zunächst geplant, den Test auf einem iPad durchzuführen, dessen 10"-Bildschirm knapp der ungefähren definitiven Grösse des Kurveneditors auf dem Steuerungs-Bildschirm entspricht. Es ergab sich dann jedoch die Möglichkeit, einen 21.5"-Multitouch-Bildschirm (kapazitiv) für Windows zu verwenden (Dell S2240T), welcher dem Zielgerät sehr nahe kommt und somit eine realistischere Umgebung bietet. Der Kurveneditor-Prototyp wurde dabei auf einem Teil des Bildschirms in realistischer Grösse platziert, während die Fläche rundherum durch einen nicht-funktionalen Mockup des Steuerungs-UIs abgedeckt war. Der Bildschirm wurde in leichter Neigung zur Horizontalen auf einem Tisch platziert, da noch kein Hardware-Prototyp mit Bildschirm zur Verfügung stand und ergonomische Gesichtspunkte bei diesem Test eine untergeordnete Rolle spielten. Abbildung 79 zeigt den Aufbau.

Der Testablauf bestand nach einer Einleitung aus einem Teil mit schriftlich abgegebenen Aufgaben und einem Teil mit einigen vorbereiteten Interviewfragen und freier Diskussion. Die Aufgaben bestanden aufeinander aufbauend darin, vorgegebene Kurvenformen nachzubauen, und waren so gewählt, dass dabei alle zu testenden Funktionen verwendet werden sollten. Die Testpersonen wurden ausserdem ermutigt, jederzeit frei mit dem Prototyp zu spielen, wodurch sich schon während der Aufgabenphase aufschlussreiche Diskussionen ergaben. Präsent war neben der Testperson eine Person von uns als Testleiter und Protokollführer. Mündliche Instruktionen wurden keine gegeben, jedoch Verständnisfragen zur Beobachtung gestellt und Hinweise auf Limitatio-

nen des Prototyps gegeben, Hilfestellung nur, wenn die Testperson auch nach langem Versuchen nicht weiter kam und explizit danach fragte. Neben handschriftlicher Protokollierung der Beobachtungen wurden Videoaufnahmen vom Bildschirm mit den Händen des Probanden gemacht, auf der Tonspur das Gespräch zwischen Proband und Testleiter.

Die Aufgaben wurden von allen Teilnehmern innert 10–20 Minuten gelöst, je nach Lust an einer ausgedehnten Diskussions- und Spielphase dauerte ein kompletter Durchgang ca. 30–60 Minuten.

Der detaillierte Testleitfaden mit Hypothesen, Testaufgaben und Notizen zur Durchführung findet sich in Anhang A19.

Auswertung

Zur Auswertung bot es sich an, die Beobachtungen in eine Tabelle einzutragen: Zeilen für Themen, Spalten für Testpersonen. Themen sind dabei die Hypothesen und Forschungsfragen aus dem Testleitfaden, maximal detailliert für alle verschiedenen Interaktionen und Varianten davon, die Interviewfragen sowie weitere Beobachtungen und Äusserungen, die während des Tests mehrfach aufkamen, aber nicht vorgängig geplant waren. Jede Spalte für eine Testperson ist unterteilt in drei Unterspalten: «wie gut wurde die Funktion gefunden und verstanden», «wie wurde sie beurteilt» (je ausgedrückt durch Symbole für «gut/mittel/schlecht») und «Beobachtungen, Äusserungen und Kommentare» (als Freiform-Text). Die Tabelle wurde anhand der Beobachtungsnotizen und der Videoaufnahmen ausgefüllt, wobei darauf geach-

tet wurde, zu jedem Thema von möglichst vielen Testpersonen Einträge zu erhalten. Dies gelang recht gut, erforderte allerdings mehrfaches Durchsehen der Videos mit entsprechendem Zeitaufwand. Das Resultat ist zu finden in Anhang A20.

Ergebnisse

Alle Probanden konnten die Testaufgaben lösen, verstanden die meisten Interaktionen mit etwas Übung, und die meisten gaben einen positiven Gesamteindruck an. Es waren auch alle fasziniert vom Spielen mit dem Prototyp und verbrachten freiwillig mehr Zeit damit, als verlangt war, blieben bis zum Schluss engagiert dabei und gaben gutes Feedback. Im Detail jedoch ergaben sich erstaunlich viele Schwierigkeiten – viele Details wurden nicht gefunden, nicht verstanden oder als ärgerlich beurteilt. Aus den Beobachtungen und Äusserungen konnten dabei jedoch immer auch Ideen abgeleitet werden, wie die Situation verbessert werden könnte. Der Test kann somit insofern als Erfolg gewertet werden, als er viele nützliche Erkenntnisse brachte, auch wenn noch umfangreiche Änderungen am Interaktionskonzept nötig sind und damit unbedingt noch weitere Prototyp-Iterationen durchgeführt werden sollten.

Eine detaillierte Liste von Erkenntnissen ist in Anhang A21 gesammelt. Da diese im Rahmen der Masterarbeit nicht mehr im Prototyp umgesetzt werden konnten, sind auch die entsprechenden Empfehlungen und Ideen dazu, was in der nächsten Iteration geändert werden soll, in Textform ausformuliert. Hier im folgenden nur eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse.

Insbesondere hat sich die zentrale Hypothese, dass komplexe Multitouch-Gesten durch grafische Signifier auffindbar und erlernbar gemacht werden können, nicht bestätigt. Die grafischen Signifier werden von den Testpersonen auf viele leicht verschiedene Arten interpretiert, die oft nicht falsch sind, aber nicht exakt der vom Autor beabsichtigten strikten Bedeutung (siehe Abschnitt «Design») entsprechen. Es wird den Testpersonen nicht bewusst, dass es eine strikte Bedeutung gibt. Entsprechend werden die komplexeren Gesten nicht, nur mit Mühe oder nur zufällig erkannt. Nur eine kleine Zahl von einfachen Gesten wird von allen Testpersonen spontan angewendet.

Als Empfehlung ergibt sich daraus: Für die grundlegenden Interaktionen, welche auch von Gelegenheitsbenutzern mit stärkerem Bedürfnis nach Erlernbarkeit als nach Effizienz verwendet werden, soll nicht versucht werden, den Benutzern durch Signifier komplexe Gesten beizubringen, sondern es sollen nur einfache Gesten verwendet werden. Für Expertenfunktionen oder Abkürzungen (Expertenbenutzer, wo Effizienz stärker gewichtet ist als Erlernbarkeit) können komplexe Gesten verwendet werden, soweit sie den einfachen nicht in die Quere kommen, diese müssen aber nicht unbedingt durch Signifier beworben werden, sondern können durch Dokumentation und Schulung vermittelt werden. Der Wegfall der Diversität an Gesten kann kompensiert werden durch Einführung einer «Werkzeugpalette», welche die Interaktionen in verschiedene Modi einteilt, die je mit einfachen Gesten auskommen. Die genaue Menge von Werkzeugen oder Modi und die Aufteilung der Funktionalität unter sie ist noch zu bestimmen, denkbar wären Auswahl, Bewegen, Skalieren, Einfügen, Zoomen+Scrollen, Zeichnen. Modi werden in der HCID-Literatur seit langem als häufige Ursachen von Fehlern skeptisch be-

urteilt (Raskin 2000, S. 37; Norman 2013, S. 177), jedoch werden die aus Grafikprogrammen bekannten Werkzeugpaletten als Anwendung genannt, wo sie trotzdem sinnvoll sein können (Apple 2014b). Entscheidend ist dabei, dass stets offensichtlich ist, in welchem Modus man sich befindet, was im vorliegenden Fall nicht nur durch die Auswahl in der Werkzeugpalette, sondern auch durch die auf der Zeichenfläche eingeblendeten Signifier erreicht werden kann. Die strikte Bedeutung der Farben muss nicht beibehalten werden.

Als weitere verbesserungswürdige Punkte wurden u.a. erkannt:

- **Zweihandbedienung:** Sie schien dem Autor derart natürlich, dass diese Hypothese vor dem Test gar nicht explizit formuliert wurde. In Wirklichkeit bevorzugten sämtliche Testpersonen Einhandbedienung.
- **Slider zum Einfügen von Punkten:** Testpersonen möchten dazu stattdessen auf die Kurve tippen.
- **Mehrfachauswahl durch Antippen zusätzlicher Punkte,** während einer gehalten wird: zu komplexe Geste.
- **Einschränken der Bewegungsrichtung auf horizontal oder vertikal,** wenn die Richtung der initialen Bewegung genügend nahe daran ist, stört öfter als es nützt.
- **Strecken durch Kneifen (pinch)** ist in aktueller Implementation schwer durchschaubar wegen zu vielen Freiheitsgraden.
- **Einschnappen auf ein einstellbares Gitter** wird gewünscht.

4.2.4 Reflexion

Neben den sachlichen führte der Prototypen-Test des Kurveneditors auch zu einigen methodischen Erkenntnissen, gerade auch deshalb, weil sich diesmal nicht alle Hypothesen vorbehaltlos bestätigt hatten:

Ein Test kann Hypothesen widerlegen, die vorgängig gar nicht bewusst formuliert worden sind, wie am Beispiel der Zweihandbedienung erwähnt. Ein schönes Argument für die Notwendigkeit von Prototypen-Tests: Eine formulierte Forschungsfrage kann auch ohne Test beantwortet werden – wenn auch vielleicht falsch, aber immerhin beantwortet. Eine nicht formulierte Frage hingegen wird ohne Test auch nicht beantwortet, und unter Umständen ergibt sich aus dem Fehlen einer Antwort direkt ein Mangel im Endprodukt.

Die im Unterricht plakativ formulierte Regel, es solle mit einem Prototyp genau eine Hypothese getestet werden, wurde mit diesem Prototyp auf die Probe gestellt. Begründet dadurch, dass es bei mehreren Variablen schwierig wird, eindeutige Schlüsse zu ziehen, schien diese Regel durchaus plausibel. Die hier als Hypothesen aufgestellte detaillierte Liste aller Interaktionen (siehe Anhang A19) jedoch schien eine grosse Zahl von Hypothesen zu umfassen. Hatten wir damit die Regel verletzt? All diese Hypothesen je mit einzelnen Prototypen zu testen, wäre erstens vom Aufwand her impraktikabel gewesen und zweitens nicht zielführend, weil es auch um das Zusammenspiel der einzelnen Interaktionen und um den Gesamteindruck ging. In einem feineren Verständnis der Regel kann also gesagt werden: Es soll pro Prototyp eine

Kernhypothese getestet werden. Die Kernhypothese kann weitere Unterhypothesen beinhalten. Im aktuellen Fall lautete die Kernhypothese: Alle diese Interaktionen zusammen funktionieren. Es muss jedoch nach wie vor darauf geachtet werden, nicht zu viel in den Prototyp zu packen, um die Kernhypothese nicht zu verwässern. Auch das Ziel, den Aufwand gering zu halten, da das Produkt unter Umständen wieder verworfen werden muss, gerät leicht ausser Acht. Gänzlich unabhängige oder aufeinander aufbauende Unterhypothesen werden besser mit parallelen oder sequentiellen Einzelprototypen getestet. In dieser Hinsicht wurde uns während des Tests bewusst, dass uns die damals eher als lästig empfundene Beschränkung auf 20 Stunden Programmierzeit vor einem Fehler bewahrt hatte: Ohne sie wären, wie im Abschnitt «Prototyp-Umsetzung» erwähnt, noch weitere Funktionen eingebaut worden, welche im Test aber gar keinen Nutzen mehr gebracht hätten, weil sie auf Hypothesen aufbauten, die schon auf grundsätzlicherer Stufe scheiterten.

Einen Test dieser Art allein durchzuführen funktioniert, die Videoaufnahme ist dazu allerdings unerlässlich. Es kam gelegentlich vor, dass der Testleiter eine Beobachtung am notieren war und deswegen eine andere interessante Aktion der Testperson verpasste. Dank der Aufnahme konnten diese Fälle nachträglich aufgearbeitet werden. Die Auswertung der Videoaufnahmen ist allerdings sehr zeitaufwendig. Falls ohne Aufnahme, dafür mit mehreren Protokollanten gearbeitet wird, ist zu empfehlen, dass jeder den Fokus seiner Beobachtung auf verschiedene Unterhypothesen legt, da es schwierig ist, auf mehrere Aspekte gleichzeitig zu achten. ■



5. Ergebnisse

Mit der Durchführung der vorliegenden Masterarbeit wurden verschiedene Ergebnisse erarbeitet.

Verschiedene Vorarbeiten wurden erstellt, welche in weiteren Schritten als Referenz weiterverwendet wurden:

- Die technischen Rahmenbedingungen wurden geklärt.
- Relevante ergonomische Prinzipien wurden zusammengetragen.
- Usability-Ziele wurden definiert.
- Die Maschinensteuerung wurde mit Produkten der Konkurrenz verglichen.

Die Masterarbeit lieferte folgende Endergebnisse:

- Die bereits zuvor existierenden Personas wurden validiert und ergänzt.
- Typische Szenarien für die Personas wurden erarbeitet.
- Ein Navigationskonzept wurde erarbeitet, welches mit Anwendern erfolgreich getestet wurde.
- Ein Hardware-Design wurde erstellt. Dieses wurde mit Prototypen aus Holz, Metall, Karton und Kunststoff mit Anwendern evaluiert.
- Ein interaktiver Prototyp mit Drehrad- und Touchbedienung wurde realisiert.
- Ein Interaktionskonzept für den Kurveneditor wurde entworfen. Dieses wurde mit Hilfe eines interaktiven Prototyps evaluiert.
- Ein Interaktionskonzept für die Parametereingabe wurde entworfen.

5.1 Bewertung der Ergebnisse

5.1.1 Was wurde erreicht in Bezug auf die Usability-Ziele?

In Abschnitt 2.5, Seite 28 wurden Usability-Ziele definiert. Mit Hilfe dieser lassen sich die Ergebnisse bewerten.

Usability-Ziele aus dem Projektziel

«Easy to Learn»

Ziel: Ein Touchdisplay ist für die Anwender der Netstal-Maschinen neu. Die Bedienkonzepte müssen daher intuitiv anzuwenden sein. Die Steuerung soll den vom Benutzer übertragenen Erwartungen (Gesten, Reaktionsgeschwindigkeit, Leichtgängigkeit)

gerecht werden, die er aus Erfahrungen mit Touch-Geräten aus dem Consumer-Bereich gemacht hat.

Bewertung: Mit dem interaktiven Prototyp sowie dem Kurveneditor konnten Teile der Interaktionen getestet werden. Eine Aussage zur Reaktionsgeschwindigkeit kann nicht gemacht werden, da es sich um Prototypen handelt, welche auf Testsystemen betrieben wurden. Die Testpersonen waren firmeninterne Anwendervertreter. Diese bewerteten die Touch-Steuerung positiv. Es besteht ein gewisses Risiko, dass der Endanwender die Lösung anders beurteilt.

«Error Tolerant»

Ziel: Die Auswirkungen von allfällig ungewollt ausgeführten Touch-Gesten müssen einfach rückgängig gemacht werden können.

Bewertung: Eine Undo-Funktion ist vorgesehen, um ausgeführte Funktionen rückgängig zu machen. Eine Back-Navigation ist vorgesehen, um zum vorhergehenden Punkt zu navigieren. Dieses Ziel ist erreicht.

«Efficient»

Ziel: Durch unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten mit dem Touchscreen und weiteren Eingabeelementen wird dem Anwender die Freiheit gegeben, die ihm am effizientesten erscheinende Interaktionsmöglichkeit zu wählen.

Bewertung: Die Ergänzung des Touch-Screens mit einem Drehrad lässt dem Anwender jederzeit die Freiheit, das bevorzugte Eingabegerät zu wählen.

«Engaging»

Ziel: Das neue Touchscreen-Interface soll vom Anwender als modern empfunden werden. Es soll damit die Attraktivität der Marke Netstal betonen.

Bewertung: Dieses Ziel wurde definiert. Jedoch war das visuelle Design im Rahmen dieser Masterarbeit als Out of Scope definiert. Somit kann in diesem Punkt die Zielerreichung nicht beurteilt werden.

Usability-Ziele aus den Personas

Die Usability-Ziele der Personas sind unterschiedlich.

Bewertung: Die Ausrichtung der Navigationsstruktur auf die Arbeitsbereiche der verschiedenen Personas vereinfacht für diese die Navigation. Diese Ausrichtung bildet ebenfalls die Grundlage, um die einzelnen Screens stärker auf die Usability-Ziele der angesprochenen Persona auszurichten.

5.1.2 Nutzen für die Auftraggeberin

Die Firma Netstal-Maschinen AG hat mit der vorliegenden Masterarbeit die Grundlagen erhalten, mit welchen sie ihr Projektziel weiterverfolgen kann. Sie hat Zugang zu allen Zwischenresultaten. Damit hat sie eine höchstmögliche Transparenz. Dadurch, dass zwei der Autoren Mitarbeiter der Firma Netstal sind, können diese das erarbeitete Wissen optimal weitertragen.

Der Auftraggeberin war von Beginn weg klar, dass sie keine Fertigstellung des Gesamtumfangs erhält, sondern dass eine Untermenge von notwendigen Interaktionskonzepten bereitgestellt wird.

5.2 Rückmeldungen der Auftraggeberin

Die Projektergebnisse wurden firmenintern an mehreren Anlässen in den Abteilungen Hardware, Konstruktion und Software vorgestellt. Sie sind auf zusprechende Resonanz gestossen und haben gezeigt, dass der eingeschlagene Weg sehr viel versprechend ist. Laut dem Projektleiter Adrian Marti bilden die Verifizierung der vorhanden Konzepte sowie die ausgearbeiteten Ideen und Vorschläge eine sehr gute Basis für die Entwicklung der neuen Bedieneinheit mit Multitouch, welche mit dem Ziel der baldigen Markteinführung weitergeführt wird.

5.3 Reflexion

5.3.1 Der Schwerpunkt der Masterarbeit

Wir haben von der Firma Netstal-Maschinen AG ein umfangreiches Thema für unsere Masterarbeit erhalten. Für uns stand die Frage im Zentrum, wo legen wir die Schwerpunkte und wie weit gehen wir ins Detail. Dabei galt es, unterschiedliche Interessen abzuwägen:

- Als MAS-HCID-Studenten
- Als Ausführende unserer Auftraggeberin
- Als Mitarbeiter der Firma Netstal
- Als Enthusiasten mit einer gehörigen Portion Neugier

Das Zeitbudget war beschränkt. Somit war es nicht möglich, alle Interessen ohne Abstriche zufrieden zu stellen. Die unterschiedlichen Interessen führten hin und wieder zu projektinternem Gesprächsstoff.

5.3.2 Die Bedeutung des Domänenwissens

Der Aufbau von Domänenwissen beanspruchte viel Zeit. Es war schwierig, dieses Wissen bei den beiden firmenexternen Projektmitarbeitern auf ein Level zu bringen, welches ihnen selbständiges Arbeiten ohne viele Rückfragen erlaubte.

Dieses Wissen, welches sich zu einem grossen Teil aus Erfahrungen zusammensetzt, konnte auch nicht einfach vermittelt werden. Um noch mehr Wissen aufzubauen, wäre beispielsweise der Besuch weiterer Kunden notwendig gewesen. Dies hätte jedoch das Zeitbudget gesprengt.

Dennoch haben die firmenexternen Projektmitarbeiter mit den Kundenbesuchen, dem Spritzkurs und mit der Auseinandersetzung mit dem Thema im Laufe der Zeit einen vertieften Einblick erhalten. Insbesondere hat sich der Spritzkurs bewährt, wo die Teilnehmer selber Hand an der Spritzgiessmaschine anlegen konnten, und so typische Abläufe kennenlernten.

Auf unseren Projektablauf hat sich der unterschiedliche Wissensstand auch ausgewirkt. Über weite Teile des Projekts hatten wir regelmässige wöchentliche Meetings, in welchen wir so viel als möglich gemeinsam erarbeiteten. In Situationen wo wir Arbeiten in Zweiergruppen aufteilten, achteten wir auf eine gute Durchmischung des Domänenwissens. Das gemeinsame Vorgehen benötigte viel Zeit. Es hat sich aber auch bewährt, indem es zu fundierten Ergebnissen führte. Gelegentliche Situationen, in denen die Meetings in allzu endlose, zwar interessante, aber nicht mehr zielführende Diskussionen abglitten, die der produktiven Arbeit die zur Verfügung stehende Zeit wegzufressen drohten, wurden auf informelle Weise genügend frühzeitig erkannt. Der Versuch, dieses Problem mittels eines formellen Entscheidungsprotokolls jedes Meetings zu meistern, scheiterte hingegen an der mangelnden Disziplin.

Eine Situation, wo das Domänenwissen stark zum Tragen kam, war beim Erarbeiten der Informationsarchitektur für die Navigation. Da wurde alle Erfahrung der firmeninternen Projektmitarbeiter benötigt.

5.3.3 Eigenständiges Arbeiten

Nachdem wir zusammen eine gemeinsame Basis erarbeitet hatten, teilten wir die Arbeiten zu deren Vertiefung auf. Dies geschah erstmals in der Requirements-Phase. Dort haben wir das Sammeln und Berichtschreiben in den Themenbereichen Personas, Platform Capabilities und General Design Principles unter uns aufgeteilt. Als wir die Arbeit in der Designphase in die verschiedenen Teilbereiche wie Hardware-Prototyp und Detailinteraktionen vertieften, drängte sich ebenfalls eine stärkere Aufteilung der Arbeit auf. Dies war möglich, da wir zu diesem Zeitpunkt ein gemeinsames Basisverständnis hatten und diese Teilbereiche nicht so stark vom Domänenwissen abhängig waren. Von den Projektmitarbeitern wurde diese Eigenständigkeit geschätzt. Hier konnte jeder nach seinem eigenen Zeitplan am bevorzugten Arbeitsort arbeiten.

5.3.4 Firmeninternes Marketing für User Centred Design

Die Kontakte zu den Kunden wurden uns durch den firmeninternen Accountmanager bei den Kundenbesuchen ermöglicht. Als es bei der Rekrutierung von Testpersonen für die Prototypene-

valuation darum ging, dafür Anwender zu gewinnen, wurde unsere erneute Anfrage mit Zurückhaltung aufgenommen. Es war bisher nicht üblich, Anwender in diesem Mass in die Weiterentwicklung der Produkte einzubeziehen. Dies hat uns aufgezeigt, dass sich der Nutzen eines benutzerzentrierten Vorgehens nicht von alleine bei den Mitarbeitern erschliesst. Konkrete Praxisbeispiele und ein firmeninternes Marketing für User Centred Design sind notwendig, um Mitarbeiter vom Nutzen eines solchen Vorgehens zu überzeugen. Wir hoffen, dass wir mit dieser Masterarbeit einen Beitrag dazu leisten konnten.

5.3.5 Erkenntnisse zum gewählten Vorgehensmodell

Wir haben uns in diesem Projekt bewusst für das Vorgehensmodell nach Mayhew entschieden. Bewährt hat sich in diesem Projekt die intensive Requirements-Phase. Mayhew gab uns hier ein Grundgerüst vor, um Anforderungen benutzerzentriert zu erheben. Der explizite Schritt, Usability-Ziele zu definieren, war für uns wertvoll. In einem ersten Anlauf taten wir uns damit schwer. Möglicherweise hätten wir diesen Schritt nur sehr oberflächlich ausgeführt, wenn wir nach dem ISO-Vorgehensmodell vorgegangen wären, da dort dieser Schritt nicht so explizit vorgegeben wird.

Anstelle eines zentralen Styleguide-Dokuments, welches die Anforderungen definiert, arbeiteten wir mit unterschiedlichen Einzelartefakten. Als Beispiele: Persona, Szenario, Usability Goals. Dies stellte kein Hindernis dar.

Teilweise wurde parallel gearbeitet: gleichzeitig am Hardware-Prototyp, an der Informationsarchitektur und an der Parametereingabe. Dies ist im Original-Mayhew-Prozess nicht vorgesehen, da dort strikte Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Schritten bestehen. Da bei uns gewisse Abhängigkeiten aufgrund der unterschiedlichen Bereiche nicht vorkamen oder auf der Basis von Zwischenresultaten und Hypothesen gearbeitet werden konnte, stellte dies jedoch das Vorgehensmodell nicht in Frage.

Eine andere Erfahrung war jene, dass einige Anforderungen erst im Verlauf der Designphase klar wurden. Bei der Prototypen-Gestaltung wurde uns klar, dass noch Anforderungen zu den Touch-Gesten fehlten. Diese Anforderungen haben wir dann nachträglich erarbeitet. Im Original-Mayhew-Vorgehensmodell sind solche Iterationen zwischen Requirements und Design nicht vorgesehen.

Bei der Designphase arbeitet Mayhew in den 3 Levels. Mayhew ordnet diesen Levels zunehmende inhaltliche Vollständigkeit zu. Anfangs war uns unklar, welchen Levels unsere Prototypen zuzuordnen sind. Wir konnten zwar schliesslich eine theoretische Zuweisung machen, fanden jedoch keine exakte Übereinstimmung mit den scharf abgegrenzten Levels Mayhews. Für uns ist klar, dass es in der Regel mehrere Iterationen in der Designphase geben wird. Jedoch werden diese nicht gemäss diesen Levels vorgegeben, sondern viel allgemeiner anhand des Zielerreichungsgrads gemäss den individuellen Usability-Zielen des Projekts.

5.3.6 Allgemeine Erkenntnisse bezüglich Methodenwahl

Es hat sich in diesem Projekt bewährt, auf einem bestimmten Vorgehensmodell aufzusetzen, dieses jedoch auf die Bedürfnisse im Projekt anzupassen. Es hat uns nicht gestört, dass wir teilweise andere Methoden eingesetzt haben, als das Vorgehensmodell vorsah. Anstelle User Roles haben wir beispielsweise aus erklärten Gründen Personas eingesetzt. Das Vorgehensmodell bietet ein gutes Grundgerüst, auf das abgestützt werden kann, und Vorschläge für Schritte und Methoden, wo Unsicherheit besteht. Wo hingegen aufgrund des Projekts und der Erfahrung der Mitarbeiter klar ist, was zu tun ist und mit welchen Methoden, brauchen die Vorgaben des Vorgehensmodells nicht buchstabengetreu befolgt zu werden.

5.4 Empfehlungen an die Auftraggeberin

Wir empfehlen der Auftraggeberin, dass sie das Projekt unter den vorgegebenen Projektzielen weiterverfolgt.

Die nächsten Schritte sind:

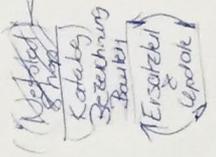
- Das Hardware-Design diene als Arbeitshypothese und muss gegebenenfalls noch an weitere Rahmenbedingungen angepasst werden.
- Das Navigationskonzept enthält neue Funktionen, die erst einmal definiert werden müssen und welche eine Benutzerinteraktion beinhalten.
- Das Interaktionskonzept für den Kurveditor hat bei der Evaluation das Potential bestätigt und auch Schwachstellen aufgezeigt. Diese sollen noch in weiteren Iterationen angegangen werden.
- Das Interaktionskonzept für die Parametereingabe soll mit einem interaktiven Prototyp evaluiert werden.
- Das grafische Design ist auszuarbeiten und dieses soll evaluiert werden.

5.4.1 Absicht der Auftraggeberin

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden nahtlos in das auf Seiten der Auftraggeberin laufende Projekt einfließen. Dadurch, dass Björn Denzler und Dani Müller auch in dieses Projekt involviert sind, ist die Kontinuität sichergestellt. ■

Übersicht

- Dashboard (genau ei...)
- Qualität...
- Trendgrafik
- Vereinfachte
- Sicherheit
- Überblick
- Maschinenstatus
- Auslastun...
- Auslastun...
- Anschlu...
- Tende...
- Zeit...
- T...



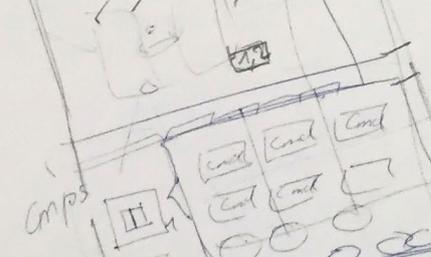
- Inbetriebnahme
- Dashboard (genau eine Seite)
- Übersicht
- Frei konfigurierbare Übersichtseite
- Ablauf
- Ablaufeditor
- Timelineansicht
- Sequenzgrafik
- Komponenten
- Übersicht pro Komponente
- Qualität
- Tasks
- WZ einbauen
- Schlussvolumen berechnen
- Schliesskraft berechnen

logisch Status
 Anschluss, 10 neue AS?
 (0) / 3000000
 Messsystem: ok ✓
 Messsystem: 1.0
 (- 2007)

Thema

Graph View

amps

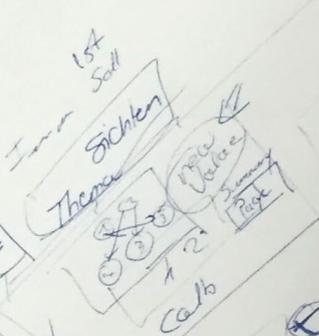


Debu / Param

Task M

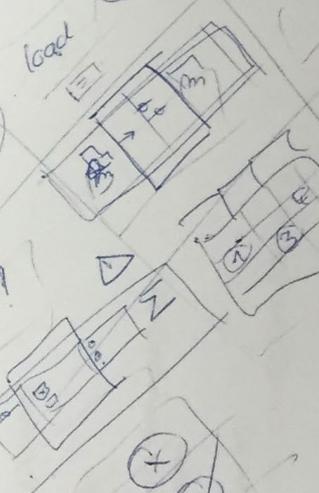
Spez 1	Spez 2	Spez 3
Thema	Thema	Thema

Task Sequenz
 2 Kategorien
 - emp. wie (WZ) 2
 - hnt 7 5 7 2 4
 Sequenz 2
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

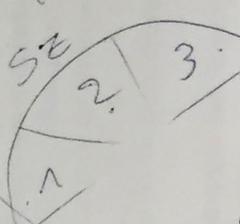


T4 Aufrufen

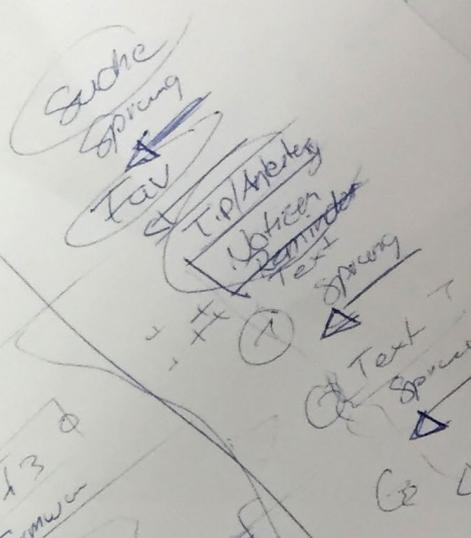
HIFA?



Param 50



- **Komponenten**
- Komponente
- Anschlusszuwe.
- Sprung zur
- Rohwerte von



Literatur

- Apple (2014a) iOS Human Interface Guidelines. <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/index.html>. Abruf am 2014-12-12.
- Apple (2014b) OS X Human Interface Guidelines: Modality. <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/UserExperience/Conceptual/OSXHIGuidelines/Modality.html>. Abruf am 2015-01-21.
- Bützler J, Vetter S, Jochems N, Schlick CM (2012) Bivariate pointing movements on large touch screens: Investigating the validity of a refined Fitts' Law. IOS Press.
- Buxton B, Greenberg S, Carpendale S, Marquardt N (2012) Sketching User Experiences.
- Clemens C Repetitive Strain Injury (RSI). Verhalten am Arbeitsplatz. <http://www.repetitive-strain-injury.de/verhalten-am-arbeitsplatz.php>. Abruf am 2015-01-03.
- Conor J (2013) 10 Wireframing and Prototyping Tools for 2013. <http://designmodo.com/wireframing-prototyping-tools/>. Abruf am 2014-12-12.
- Deutsches Institut für Normung (2007) Sicherheit von Maschinen (DIN EN 60204).
- Dr. Boy GmbH & Co. KG Procan Alpha 2. <http://dr-boy.de/technologie/steuerung/>. Abruf am 2014-12-30.
- ENGEL AUSTRIA GmbH Engel CC300. <http://www.engelglobal.com/de/at/cc-300.html>. Abruf am 2014-12-30.
- Europäisches Parlament und Rat (2006) Maschinenrichtlinie 2006/42/EG(2006/42/EG).
- Gestureworks Multitouch Gesture Icons + Fonts. <http://gestureworks.com/icons-fonts>. Abruf am 2014-12-12.
- Goodwin K (2009) Designing for the digital age. How to create human-centered products and services. - Description based on print version record. Wiley Pub., Indianapolis, Ind.
- Google Android User Interface Guidelines. <http://developer.android.com/design/index.html>. Abruf am 2014-12-12.
- Holtzblatt K, Beyer HR (2014) Contextual Design. In: Soegaard M, Dam RF (Hrsg.) The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. The Interaction Design Foundation, Aarhus, Denmark. https://www.interaction-design.org/encyclopedia/contextual_design.html. Abruf am 2014-12-25.
- IBM (2014a) IBM Design Language: Interaction, Motion. <http://www.ibm.com/design/language/framework/interaction/motion.shtml>. Abruf am 2014-12-12.
- IBM (2014b) IBM Design Language: Interaction, Touch. <http://www.ibm.com/design/language/framework/interaction/touch.shtml>. Abruf am 2014-12-12.
- ISO (2010) Ergonomics of human-system interaction. Part 210. Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2010). International Organization for Standardization, Genève.
- Jochems N (2012) Altersdifferenzierte Arbeitsplatzgestaltung auf Basis digitaler Menschmodelle. Integration altersassoziierter physiologischer Leistungsparameter in das AnyBody Menschmodell. http://www.becker-stiftung.de/wp-content/uploads/2012/02/2010_Abschlussbericht.pdf.
- Johannaber F, Michaeli W (2004) Handbuch Spritzgießen. Hanser Verlag.
- Jürgens HW (2004) Forschungsbericht Fb 1023 "Erhebung anthropometrischer Maße zur Aktualisierung der DIN 33 402 – Teil 2". <http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/698984/publicationFile/46852/Fb1023.pdf>. Abruf am 2015-01-03.
- Kiermasch J (2010) Die Rückkehr des Pie Menüs. <http://www.centrigrade.de/blog/de/article/die-rueckkehr-des-pie-menues/>. Abruf am 2015-01-26.
- KraussMaffei Technologies GmbH MC6-Steuerung. http://www.kraussmaffe.com/de/steuerung-mc6_2.html. Abruf am 2014-12-30.
- Mayhew DJ (1999) The usability engineering lifecycle. A practitioner's handbook for user interface design. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, Calif.
- Michaeli W (2010) Einführung in die Kunststoffverarbeitung. Hanser Verlag.
- Microsoft (2009) Microsoft Surface User Experience Guidelines. <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?displaylang=en&id=19410>. Abruf am 2014-12-12.
- Microsoft (2014) Touchscreeninteraktionen für Windows. <http://msdn.microsoft.com/de-DE/library/windows/apps/hh465415.aspx>. Abruf am 2014-12-12.
- Nielsen J (2013) Tablet Usability. <http://www.nngroup.com/articles/tablet-usability/>. Abruf am 2015-01-19.
- Nielsen J (2012) Mouse vs. Fingers as Input Device. <http://www.nngroup.com/articles/mouse-vs-fingers-input-device/>. Abruf am 2014-12-12.
- Nielsen J, Budiu R (2011) Usability of iPad Apps and Websites. 2nd edition. http://media.nngroup.com/media/reports/free/iPad_App_and_Website_Usability_2nd_Edition.pdf.
- Norman DA (2013) The Design of Everyday Things. Basic Books, New York.
- PlasticsEurope (2014) Plastics – the Facts 2014. <http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2014.aspx>. Abruf am 2015-01-01.
- Quesenbery W Using the 5Es to understand users. <http://www.wqusability.com/articles/getting-started.html>. Abruf am 2015-01-03.
- Raskin J (2000) The humane interface. New directions for designing interactive systems. Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Rekik Y, Vatavu R, Grisoni L (2014) Understanding Users' Perceived Difficulty of Multi-Touch Gesture Articulation. <http://www.lifl.fr/~grisoni/icmi14yosra.pdf>. Abruf am 2015-01-21.

Schmitter D (2014) Bildschirmarbeit - SuvaPro. 44034.D(15). Ab-
ruf am 2015-01-03.

Schwartzman E (2013) Designer's Toolkit. Road Testing Proto-
type Tools. <http://www.cooper.com/journal/2013/07/designers-toolkit-proto-testing-for-prototypes>. Abruf am 2014-12-12.

Wroblewski L (2010) Touch Gesture Reference Guide. <http://static.lukew.com/TouchGestureGuide.pdf>. Abruf am 2015-01-03.

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Spritzgiessmaschine	10	Abbildung 34: Skizzieren auf Papier	39
Abbildung 2: Spritzgiessmaschine, schematisch	10	Abbildung 37: WebStorm	40
Abbildung 3: Spritzgiess-Zyklus	11	Abbildung 36: Macaw	40
Abbildung 4: Werkzeug schliessen	11	Abbildung 35: OmniGraffle	40
Abbildung 5: Einspritzen der Schmelze	11	Abbildung 38: Software-Architektur	40
Abbildung 6: Teile auskühlen	11	Abbildung 39: Clustering der Tätigkeiten	42
Abbildung 7: Dosieren	11	Abbildung 40: Ursprung der 5 Arbeitssituationen	42
Abbildung 8: Auswurf	11	Abbildung 41: Card Sorting	43
Abbildung 9: Usability Engineering Lifecycle (Mayhew 1999)	12	Abbildung 42: Mindmap	44
Abbildung 10: ISO 9241-210 (ISO 2010)	12	Abbildung 43: Statische Navigation über drei Stufen	44
Abbildung 11: Contextual Design (Holtzblatt und Beyer 2014)	13	Abbildung 44: Dynamische Navigation	45
Abbildung 12: Übersicht der Artefakte	14	Abbildung 45: Suchfunktion als Beispiel der dynamischen Navigation	45
Abbildung 13: Bedieneinheit der aXos-Steuerung	17	Abbildung 46: Konzept des Alarmmonitors	45
Abbildung 14: Ablaufeditor der aXos-Steuerung	17	Abbildung 47: Konzeptioneller Wizard	46
Abbildung 15: Bereiche der Usability gemäss ISO 9241-11	18	Abbildung 48: Ausdruck für den Papierprototypen-Test: Früher Stand des interaktiven Prototyps mit Platzhalter-Inhalt	46
Abbildung 16: Papierformulare an Maschine	19	Abbildung 49: Papierprototyp im Einsatz	47
Abbildung 17: Engel CC200	20	Abbildung 50: Clustering der Testresultate	47
Abbildung 18: Arburg Selogica	20	Abbildung 51: Übersicht verschiedener Bildschirmgrössen und -formate	48
Abbildung 19: Übersicht der Personas	21	Abbildung 53: Entwurf der neuen Bedieneinheit durch die Auftraggeberin	49
Abbildung 20: 5E-Diagramm nach Quesenbery	22	Abbildung 52: 32" Holz-Mockup vor der aktuellen Bedieneinheit	49
Abbildung 21: Arbeitsplatz bisher	25	Abbildung 54: Erster Entwurf der Bildschirmtastatur	50
Abbildung 22: Arbeitsplatz neu	25	Abbildung 55: Entwurf für den ersten Hardware-Prototyp	50
Abbildung 24: Parallaxenfehler	25	Abbildung 56: Mechanik des Prototyps	50
Abbildung 23: Grössenvergleich 5 Perzentil Frau und 95 Perzentil Mann	25	Abbildung 57: Hardware-Prototyp im Einsatz	51
Abbildung 25: Usability-Ziele für Eva, Produktionsbetreuerin	29	Abbildung 58: Entwürfe verschiedener Inhaltsseiten	53
Abbildung 26: Usability-Ziele für Peter, Einrichter	29	Abbildung 59: Bildschirmlayout	53
Abbildung 27: Usability-Ziele für Luc, Anwendungstechniker	30	Abbildung 60: Arbeitssituations-Wahlschalter	54
Abbildung 28: Usability-Ziele für Heinz, Wartungstechniker	30	Abbildung 61: Navigations-Menu	54
Abbildung 29: Usability-Ziele für Gerhard, Manager	30	Abbildung 62: Top-Menu (Header)	54
Abbildung 30: Ausschnitt der Bildschirmtastatur	35		
Abbildung 31: Grayhill Multitouch-Ring-Encoder	36		
Abbildung 32: Startbildschirm von Windows 7	37		
Abbildung 33: Startbildschirm von Windows 8	37		

Abbildung 63: Support-Menü mit Beispiel-Tabs Suche und Checkliste	55	Abbildung 75: Kommandografik	62
Abbildung 64: Inhaltsseite	55	Abbildung 76: Erste Skizzen für Multitouch-Kurveneditor	62
Abbildung 65: Entwurf der neuen Bildschirmtastatur	56	Abbildung 77: Notizen aus der Programmierung der Touch-Gesten-Erkennung	63
Abbildung 66: Konstruktion des Rahmens	56	Abbildung 78: Fertiger Prototyp auf iPad	64
Abbildung 67: Prototyp im Einsatz	56	Abbildung 79: Testaufbau mit Touchscreen	65
Abbildung 68: Numerische Eingabe	59	Abbildung 80: Touch-Flächen bei Abstossung: Sichtbare Form (gelb); blau hervorgehoben (nicht sichtbar) visueller Radius des grossen Kreises, Abstossungsradius des grossen Kreises, kleiner Kreis (gestrichelt), konvexe Hülle (ausgezogen)	135
Abbildung 69: Drehschieberegler	59	Abbildung 81: Touch-Flächen bei Abstossung: Überlappungsreihenfolge für den Hit-Test	135
Abbildung 70: Endlosdrehregler	60	Abbildung 82: Nicht-endgültige Einschränkung der Bewegungsrichtung	136
Abbildung 71: Spinner-Widget	60		
Abbildung 72: Wizard-Navigation	60		
Abbildung 73: Zwiefelschalen mit zwei Modi	61		
Abbildung 74: Entflochtene Interaktionspattern: Numerische Eingabe, kontinuierliche Wertänderung, graduelle Wertänderung	61		

Glossar

Anthropometrie

ist die Lehre der Anwendung von Körpermassen. Die ermittelten Körpermasse sind in Normen festgeschrieben.

Ergonomie

ist die Lehre der Gesetzmässigkeit von Arbeit. Ziel ist die Gestaltung von Produkten und Arbeitsplätzen unter Berücksichtigung der Effizienz, des Komforts, der Fehlerfreiheit und unter Ausschluss von gesundheitsschädigender Beeinträchtigung.

Gesten-Erkennung

Von der Maschine erkennbare Zeichen, die vom Anwender am Touchscreen ausgeführt werden.

Grossmotorik

Umfasst grossräumige Bewegungen des Körpers, an denen eine grössere Anzahl von Bewegungsorganen beteiligt sind.

Haptik

ist die Lehre der haptischen Wahrnehmung. Haptische Wahrnehmung ist aktives Erkennen über den Tastsinn wahrgenommener Reize.

HMI

Human Machine Interface, im industriellen Umfeld gebräuchlich für Bedieneinheit (Hard- und Software)

Kleinmotorik

Kleine, gezielte, genaue Bewegungsabläufe der Finger und Hände.

Multitouch-Screen

Berührungsempfindlicher Bildschirm, welcher gleichzeitig mehrere Berührungspunkte des Anwenders erkennen kann.

Schliesseinheit

Eine Komponente der Spritzgiessmaschine, welche für den Transport des Werkzeugs zur Spritzeinheit sowie den Andruck an diese verantwortlich ist.

Spritzeinheit

Eine Komponente der Spritzgiessmaschine, welche für die Bereitstellung des plastifizierten Materials verantwortlich ist. Dabei wird Granulat durch eine Schneckenwelle eingeführt, transportiert und zur Düse geführt. Das Granulat wird dabei erwärmt, plastifiziert, entgast.

Taktiler Feedback

Rückmeldungen eines Systems, welche vom Mensch mit dem Tastsinn wahrgenommen werden können.

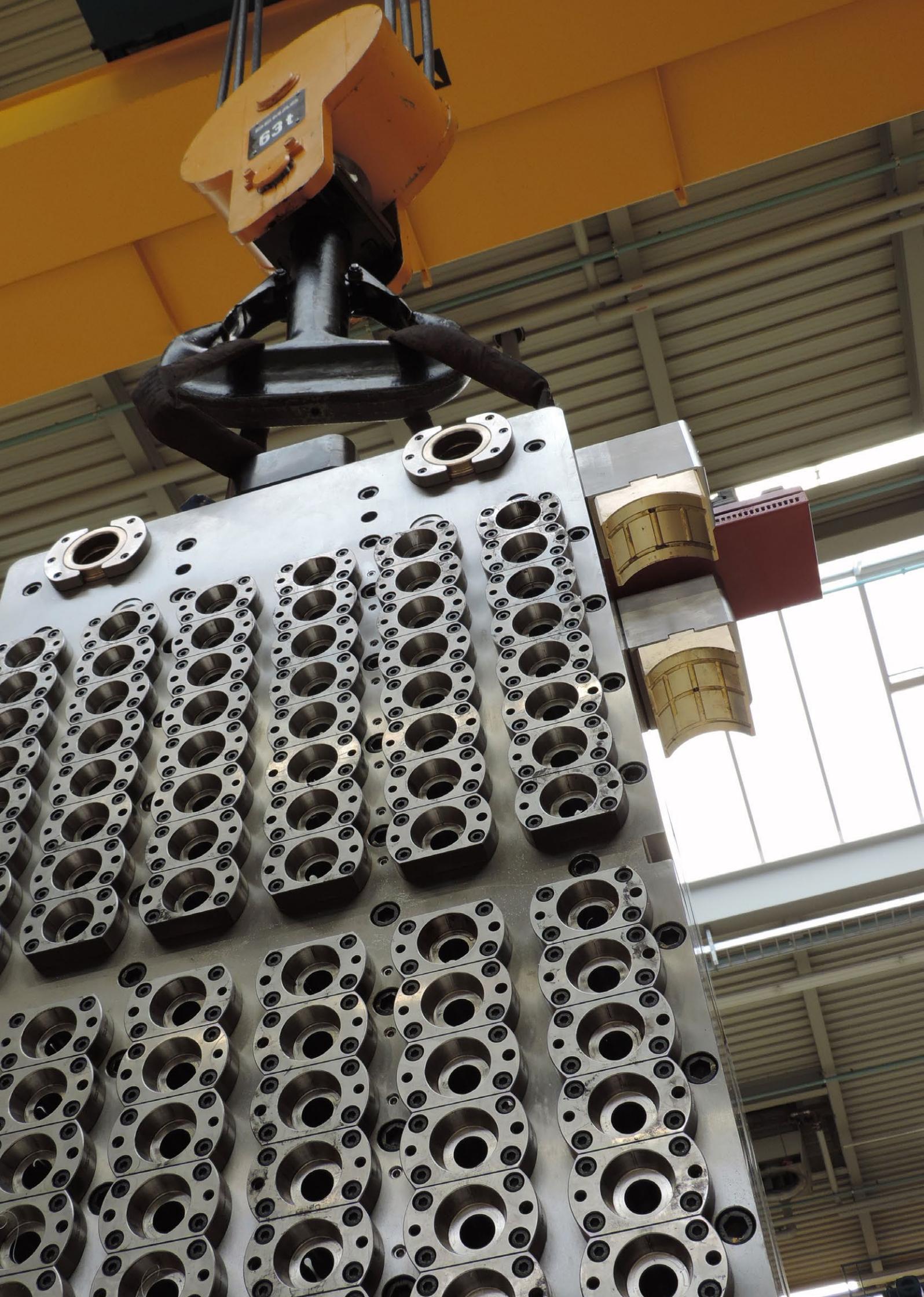
Werkzeug

Komponente an der Maschine, welche für die Formgebung des gespritzten Produkts verantwortlich ist. Das Werkzeug besteht aus mindestens 2 Gusseisen, welche als Negativ die Form bestimmen. Ein Gusseisen ist fest montiert, während das andere Gusseisen von der Schliesseinheit bewegt wird.

Die Anzahl der formgebenden Hohlräume, genannt Kavitäten, bestimmt, wie viele Teile gleichzeitig hergestellt werden.

Werkzeugraum

Teil der Spritzgiessmaschine, der, meist durch eine Glasverdeckung geschützt, den Bereich des Werkzeugs beinhaltet.



63t

Anhang A

A1 Aufgabenstellung

Masterarbeit HCID 2014/15

Thema der Arbeit

Multitouch im industriellen Umfeld

Allgemeine Angaben

Autor:	Björn Denzler, Dani Müller
Auftraggeber:	Netstal Maschinen AG, 8722 Näfels
Kontaktperson:	Herr Adrian Marti
Studierende:	Björn Denzler, Dani Müller, Christian Walther, Mario Hiestand
Betreuer:	Marcel B. F. Uhr
Co-Betreuer:	Dieter Stokar

Kontext der Arbeit

Die Auftraggeberin, die Netstal Maschinen AG mit Sitz in Näfels, stellt Hochleistungs-Spritzgiessmaschinen her. Diese Maschinen kommen weltweit zum Einsatz und sind bekannt für ihre Schnelligkeit, Präzision, Robustheit und Effizienz.

In den letzten Jahren wurde eine moderne Steuerungssoftware entwickelt, mit deren Hilfe die Kunden ihre jeweiligen Produktionsprozesse an der Maschine programmieren. Kernstück der neuen Software ist ein grafischer Ablaufeditor welcher es erlaubt, den Produktionsprozess flexibel auf die wechselnden Anforderungen der Kunden anzupassen. Die Programmierung erfolgt an einer Bedieneinheit mit zwei Bildschirmen und einer speziellen Tastatur, in welcher ein Trackball integriert ist. Die Steuerung der Maschine erfolgt auf dem oberen der beiden Bildschirme, auf welchem zusätzlich Tasten mit haptischem Feedback angebracht sind. Vor einigen Jahren hat sich die Netstal Maschinen AG bewusst für den Einsatz mit Trackball entschieden: Einerseits aus historischen Gründen, andererseits aufgrund einer Umfrage bei zahlreichen Kunden.



Mittlerweile gilt die Eingabe mittels Trackball als veraltet, da in der Branche ein Wechsel hin zu Lösungen mit Touchscreens stattgefunden hat. Auch Multitouch-Geräte kommen vereinzelt zum Einsatz und werden von den Anwendern grundsätzlich sehr geschätzt und als modern betrachtet.

Um den Erwartungen an einen Premiumanbieter auch im Bereich des Userinterface wieder gerecht zu werden soll nun ein neues HMI entwickelt werden.

Aufgabenstellung und Ziele der Arbeit

Die Netstal Maschinen AG plant, an der kommenden weltgrößten Messe der Kunststoffbranche im Oktober 2016 ein überarbeitetes HMI zu präsentieren. Dieses soll klar als Evolution der bisherigen Steuerung erkennbar sein. Das heisst im Wesentlichen, dass der Ablaufeditor der aktuellen Steuerung weiterhin im Zentrum der Bedienung stehen soll. Geplant ist auch der Einsatz eines oder mehrerer multitouchfähiger Bildschirme. Diese können durch verschiedene Zusatzgeräte für eine optimale Bedienung der Maschine ergänzt werden.

Ziel der Masterarbeit ist es, dass die grundlegenden Bedienkonzepte erarbeitet und die benötigten Hardwarekomponenten definiert sind. Basierend auf diesen Konzepten wird die Auftraggeberin ein neues Userinterface erstellen. Im Wesentlichen sind dies:

- Anzahl, Ausrichtung und Spezifikation (Grösse, Auflösung) der verwendeten Bildschirme
- Spezifikation der zusätzlichen Bedienelemente, insbesondere Anzahl und Anordnung allfälliger haptischer Tasten wie sie bereits heute zum Einsatz kommen
- Navigationskonzept
- Bedienkonzept für Grundelemente (keine abschliessende Auflistung):
 - Manipulationen am Ablauf
 - Parameteränderungen
 - Ein- und Ausschalten von Elementen
 - Zoomen
 - Scrollen
 - Blättern

Ebenso soll am Ende dieser Arbeit ein funktionsfähiger Prototyp vorhanden sein, an welchem die einzelnen Konzepte ersichtlich und erfahrbar sind. Die softwareseitige Realisierung des Prototypen ist nicht Bestandteil der Masterarbeit.

Um diese Ziele zu erreichen, sollen anerkannte Usability-Methoden zur Anwendung kommen. Die Auftraggeberin verpflichtet sich

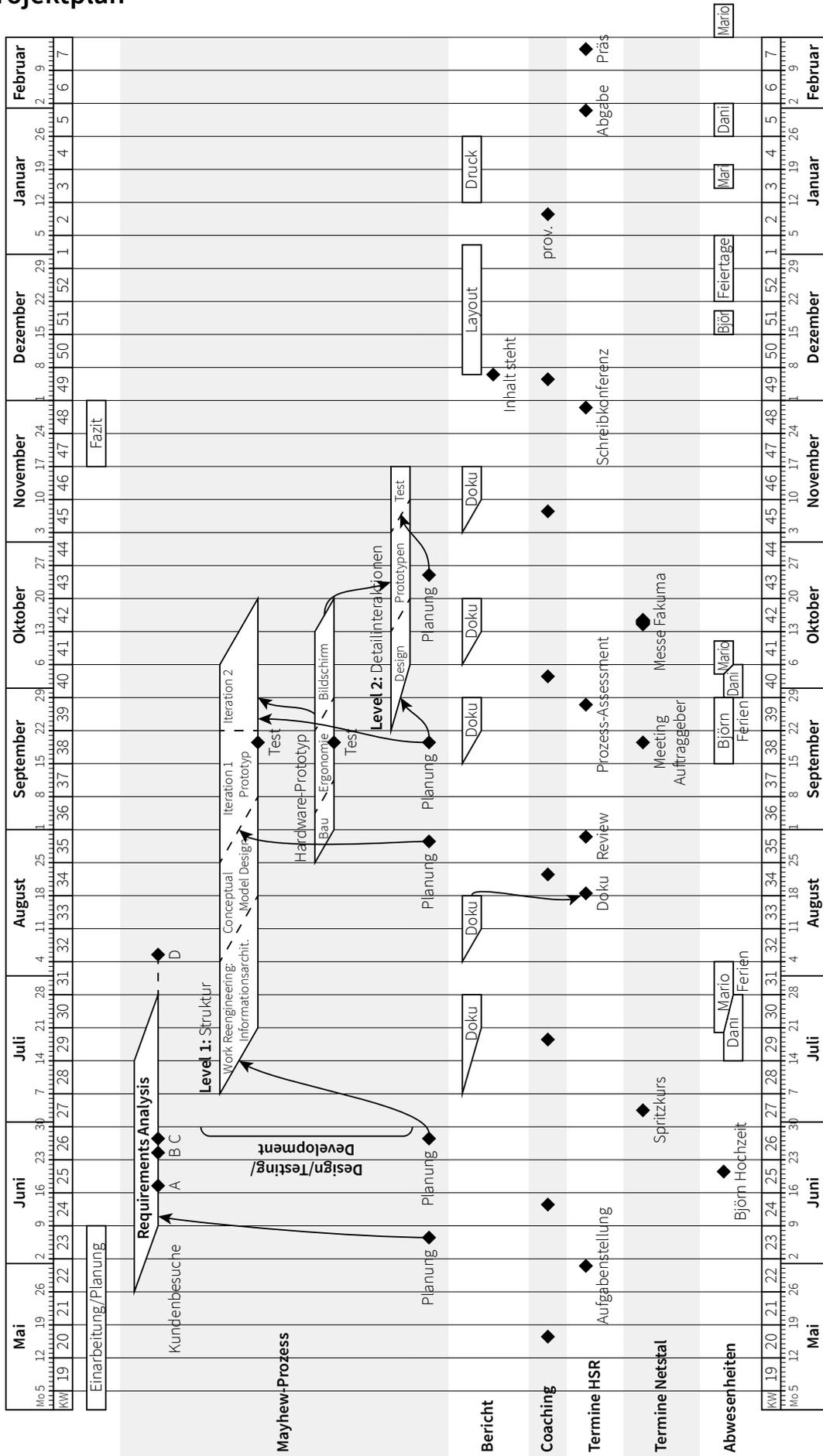
- Kontakte zu Kunden und anderen Ansprechpartnern zu ermöglichen
- die zu Testzwecken benötigte Hardware zu beschaffen
- die Umsetzung der Software durch interne oder externe Ressourcen zu unterstützen

Geheimhaltung & Rechte

Die Auftraggeberin bewegt sich in einem sehr wettbewerbsintensiven Umfeld, in welchem immer mehr Wert auf Usability und User Experience gesetzt wird. Es ist deshalb unumgänglich, dass die im Rahmen dieser Masterarbeit erzielten Ergebnisse bis zum Marktstart keinen weiteren Personen zugänglich gemacht werden. Alle Beteiligten haben ein entsprechendes Non-Disclosure Agreement zu unterschreiben, welches den Umgang im Detail regelt.

Einzelne Elemente aus der Arbeit können, in Absprache mit der Auftraggeberin, im HCID-Unterricht verwendet werden, sofern sie keine Rückschlüsse auf die Endergebnisse zulassen.

A2 Projektplan



A3 Stakeholderliste

ID	Name	Institution	Funktion / Rolle	Typ ①	Einfluss	Grad der Zusammenarbeit	Projektrolle	Motivation	Einflussmöglichkeit	Antizipierte Reaktion	Einflussbereich
STH1	Adrian Marti	Netstal	Projektleiter	W	Entscheidend	Mittel	Auftraggeber	Will informiert sein	Hoch	Enthusiast	Hoch
STH2	Jens Hutter	Netstal	Projektleiter Hardware	W	Einflussnehmend	Mittel	Projektleiter		Mittel	Enthusiast	Mittel
STH3	Marcel Uhr	Soultank	Coach	W	Einflussnehmend	Mittel	Coach		Mittel	Enthusiast	Mittel
STH4	Markus Stolze	HSR	Studienleiter	N	Interessiert	Tief	Studienleiter	Erwartet Arbeit			
STH5	Nils Birkeland	Netstal	Gruppenleiter Software-Plattform	N	Einflussnehmend	Mittel	Entwickler	Will informiert sein	Mittel	Enthusiast	Hoch
STH6	Martin Fatzer	Netstal	Entwickler	E	Interessiert	Mittel	Entwickler	Info zum UI / Controls	Mittel	Passiv	Mittel
STH7	Kunden		Benutzer	E	Betroffen	Tief	User	Einfache Bedienung	Tief	Passiv	Tief
STH8	Anwendungstechniker	Netstal	Benutzer	W	Betroffen	Tief	User		Tief	Enthusiast	Tief
STH9	David Gamboni	Kunde A	Benutzer / Anwendungstechniker	E	Betroffen	Tief	User	Einfache Bedienung	Tief	Enthusiast	Tief
STH10	Thomas Kaupp	Kunde D	Benutzer / Anwendungstechniker	E	Betroffen	Tief	User	Flexibilität	Tief	Enthusiast	Tief
STH11	Manfred Hausmann	Netstal	Requirementsengineer, Productowner aXos	W	Einflussnehmend	Mittel	Entwickler	aXos ist sein Ding	Hoch	Enthusiast	Mittel
STH12	Marco Breny	Netstal	Anwendungstechniker	W	Interessiert	Tief	User	DER aXos-User	Tief	Gegner	Mittel
STH13	Fredi Werfeli	Netstal	Sicherheitsverantwortlicher	W	Einflussnehmend	Tief	Informationslieferant	Sicherheit geht vor	Tief	Passiv	Tief

① **W**ichtige Einzelperson, **E**xterne Anspruchsgruppe, **N**icht relevante Person

A4 Risikoliste

Id	Beschreibung	Gewichtung	Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadenspotential	Massnahmen
1	Teaminterne Kommunikation	mittel	klein	gross	Transparenz gegenüber Christian und Mario
2	Unterschiedlicher Wissensstand	gross	gross	mittel	Spritzkurs, interne Informationen bereitstellen
3	Kundenzugang	gross	mittel	gross	Nutzen verschiedener Kontakte
4	Konzentration auf westeuropäische Firmenkultur	mittel	gross	klein	Einbezug von Verkäufern und Kunden mit Vertretungen ausserhalb Europas
5	Zu wenige Testpersonen mit Fachwissen	mittel	mittel	mittel	Gut überlegen, wann Testpersonen mit Fachwissen eingesetzt werden müssen und ob Projekt-Vorwissen relevant ist

Id	Detailbeschreibung	
1	Da Björn und Dani beide in der Netstal Maschinen AG arbeiten, sind für sie die Kommunikationswege sehr kurz. Es besteht deshalb die Gefahr, dass Christian und Mario, die nicht bei der Netstal Maschinen AG arbeiten, einzelne Informationen nicht mitbekommen. Das Ziel muss aber sein, alle relevanten Informationen allen Projektmitgliedern zukommen zu lassen.	<p>Dies erreichen wir, indem wir</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ uns bewusst sind, dass dieses Risiko vorhanden ist ■ Diskussionsresultate dokumentieren und Christian und Mario entsprechend informieren ■ die Zahl der firmeninternen Diskussionen auf ein Minimum reduzieren ■ uns regelmässig abgleichen
2	Durch die langjährige Erfahrung bei der Netstal Maschinen AG ist bei Björn und Dani ein umfangreiches Domänenwissen vorhanden, welches Christian und Mario fehlt. Ziel ist es, Christian und Mario möglichst schnell mit dem nötigen Domänenwissen auszustatten. Zudem hat die Tatsache, dass die beiden eine unbefangene und neutrale Sicht von aussen einbringen durchaus auch Vorteile.	<p>Das Domänenwissen übertragen wir, indem</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ein Spritzkurs organisiert wird ■ möglichst viele interne Dokumente, welche die Grundlage für die aktuelle Steuerung bilden, zur Verfügung gestellt werden ■ wir Christian und Mario die Möglichkeit bieten, das Arbeiten an der Maschine zu beobachten ■ wir Christian und Mario viel fragen
3	Für die Masterarbeit sind wir auf Kontakt zu Maschinenbedienern angewiesen.	<p>Dies erreichen wir, indem wir</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ über verschiedene Personen Kontakt zu Kunden suchen ■ auch interne Ressourcen nutzen ■ Ansprechpersonen früh und transparent über unsere Absichten informieren
4	Die Kontakte zu den Maschinenbedienern beschränken sich auf solche, welche in Firmen in der Schweiz oder in Deutschland tätig sind. Firmen in anderen Ländern und Kontinenten erreichen wir so nicht. Da die Auftraggeberin weltweit tätig ist, dürfen wir diese Firmen nicht ausser Acht lassen.	<p>Dies erreichen wir, indem wir</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Servicetechniker und Anwendungstechniker zu Ihren Erfahrungen befragen ■ den ausländischen Vertretungen unsere Erkenntnisse vorlegen
5	Kunden können für Usabilitytests nur schlecht eingesetzt werden (Bereitschaft, Zeit, Weg). Deshalb ist es wichtig, dass die wenigen verfügbaren internen (Netstal) Testpersonen schonend zum Einsatz kommen.	<p>Dies erreichen wir, indem wir</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ uns gut überlegen, ob wir für einen einzelnen Test auf Personen mit Fachwissen angewiesen sind ■ beim wiederholten Einsatz der selben Testperson hinterfragen, ob das bereits vorhandene Wissen der Testperson (aus früheren Tests) das Testresultat beeinflussen kann

A5 Mengengerüst der Bedienelemente

Bedienelemente aXos 7.2	Anzeigefeld	Editfeld numerisch	davon										Editfeld alpha- numerisch	ComboBox	Checkbox	Button	Hoverelement	Kommando- grafik				
			ganzzahlig				kontinuierlich (0-3 Dezimalstellen)				eng	weit							eng	weit		
			ohne Einheit		mit Einheit		%		mit Einheit												%	
			eng	weit	eng	weit	eng	weit	eng	weit											eng	weit
1_Energiemessung	7	1																				
1_Istwerte Komponente	44																					
1_Reporte		1													2							
2_Ablauf_Abhängigkeiten																1			1			
2_Ablauf_Corona																1			8			
2_Ablauf_Erweiterungen																1						
2_Ablauf_Nebensequenz																						
2_Ablauf_Parameter	23	99	99						99	99	99				2	7			10			
3_Ausrüstung																						
3_Infrastruktur	14	18	2	7	2	2	2	2								4	6					
3_Komponenten_Allgemein	27	68	4	24	4	2	3	3							9	22						
3_Komponenten_Anschlüsse															10	3	1					
3_Komponenten_Handbedienung															1	1						
4_Temperatur		99						99														
5_Verriegelung																64						
6_Überwachung_Allgemein		11											9			11						
6_Überwachung_Komponenten		1											1			59						
6_Überwachung_Übersicht																						
7_Qualität		3		1																		
8_Notizbuch																			1			
8_Produktionssteuerung																			1			
9_Alarmmeldungen																						
9_Logbuch																						
9_Statusmeldungen																						
10_Hardwarebestückung																						
10_Systemkenndaten																						
10_Systemkenndaten Spritzaggregat																						
11_Suche																			1			

A6 Tätigkeiten-Sammlung aXos

Themenkreis		
	Unterbereich	Tätigkeiten
1 Übersicht	Energiemessung	Aktuell Produktion Energieverbrauch pro kg
	Istwerte Komponente	Anfahrprogramm Dosieren 1 Auswerfer 1 Energiezähler 1 Euromap 67: Schliesseinheit 1 Hydraulikaggregat 1 Produktionssteuerung 1 Schliesseinheit 1 Spritzaggregat 1 Spritzeinheit 1 Stichprobenentnahme 1 Wartung 1
	Reporte	Report erstellen
2 Ablauf	Ablauf	Ablauf aufbauen Einspritzen/Nachdruck optimieren Dosiermenge optimieren Zykluszeit optimieren
3 Komponentenmanager	Ausrüstung	Überblick über Ausgänge Sicherheitsstufen sehen Verwendung sehen, anspringen
	Infrastruktur	Komponente finden Komponente parametrieren Istwerte ansehen Anschlussstatus ansehen Interkomponentenverhalten für Handbetrieb festlegen Navigation zu Verriegelungen und Überwachungen
	Komponenten	Komponente finden Komponente erstellen Komponente löschen Komponente parametrieren Istwerte ansehen Komponente benennen und nummerieren Anschluss zuweisen Sicherheitsstufe festlegen Anschlussstatus (IOs) ansehen Interkomponentenverhalten für Handbetrieb festlegen Navigation zu Verriegelungen und Überwachungen

4 Temperaturregelung	Temperatur	Temperaturzonen platzieren + benennen Temperaturzonen konfigurieren Konfiguration prüfen Übersichtsseite zusammenstellen Temperaturen einstellen Heizleistung ansehen Temp. Istwerte ansehen Temperiergeräte anbinden Temp. Toleranzen einstellen Temperaturüberwachungen definieren Hochlaufverhalten definieren (Leitzone/Boost/Ausdampfen)
5 Verriegelungen	Verriegelung	Verriegelung finden Verriegelung ein- und ausschalten Ansprechstatus der Verriegelung sehen Navigation zu Komponente und Überwachungen Einsehen Zusammenhang Status und Aktionen
6 Überwachungen	Überwachung	Navigation zu Komponente und Verriegelung Überwachung finden Einsehen der Überwachungsreaktion Fehlerablauf ansehen (?) Ansprechstatus der Überwachungen sehen Überwachungen ein- und ausschalten Timeouts einstellen
7 Prozessqualität	Trendgrafik 1-3	Trendgrafik konfigurieren Trendgrafik ansehen
	Prozess-Stat. Übersicht	Statistik / Report parametrieren Q-Aufzeichnung starten / stoppen Stichprobenzähler zurücksetzen
	Qualität	Prozessqualitätsdateien verwalten
	Prozess-Statistik, Aggregat	Statistik ansehen
	Konfiguration der Q-Überw.	Q-Überwachung konfigurieren
	Prozessprotokollieren	Protokoll ein- und ausschalten (?)
	SPC-Datenerfassung	Stichproben auswerten

8 Produktionssteuerung	Notizbuch	Notizen erfassen (speichern mit Datensatz) Notizen ansehen / laden
	Produktionssteuerung	Datensatz laden/speichern/löschen Zähler überwachen + zurücksetzen Produktions-/Auftragsdaten ansehen Gebindewechsel steuern

9 Systemübersicht	Alarmmeldungen	Anstehende Alarmmeldungen ansehen
	Logbuch	Ereignisse u. Änderungen im Logbuch ansehen Logbuchdaten speichern
	Statusmeldungen	Statusmeldungen ansehen (Aktivität)

10 Systemkenndaten	Systemkenndaten	Maschinen- und Softwareinformation / Versionen ansehen erkannte HW-Ausrüstung ansehen Diagnosedaten speichern/laden/löschen Justierwerte laden/speichern (versteckt) Steuerung herunterfahren
---------------------------	-----------------	---

11	Suche	Param. / Cmp / Text suchen
-----------	-------	----------------------------

0 Control Panel	Zone 1	Aktor ein- u. ausschalten (reduzieren) Status eines Aktors ansehen
	Zone 2	Hilfssteuerungen bewegen Hilfssteuerungen Aktion / Prg auslösen aktuelle Position / Endlage ansehen Aktivität / Ansteuerung ansehen
	Zone 3	Form bewegen aktuelle Position der Form ansehen Form Aktion / Prg auslösen Aktivität / Ansteuerung ansehen
	Zone 4	Spritzeinheit bewegen aktuelle Position der Spritzeinheit ansehen Spritzeinheit Aktion / Prg auslösen Aktivität / Ansteuerung ansehen Q-Aktionen auslösen
	Zone 5	Agr bewegen aktuelle Position der Agr ansehen Agr Aktion / Prg auslösen Aktivität / Ansteuerung ansehen
	Zone 6	Stoppen Produktion vorbereiten Produktion starten Produktion 1 Zyklus starten Produktion ausfahren
	Zone 7	Betriebsart: Automat wählen Betriebsart: Hand wählen Betriebsart: Einrichten wählen Betriebsart: Entpannen wählen
	Zone 8	Diagnosedaten erstellen Alarm quittieren Schutzverdeck anfordern

A7 Kundenbesuche: Leitfaden

Vorstellung

Bedanken für Zeit und Möglichkeit.

Netstal-Steuerung verwendet Trackball als praktisch einziger Hersteller. Trend zu Touchscreens vorhanden. Netstal arbeitet an neuer Bedieneinheit mit Touchscreen mit dem Ziel, die Vorteile eines Touchscreens optimal zu Nutzen und die Nachteile möglichst zu umgehen. Damit dies möglich wird wollen wir Benutzer beobachten um zu verstehen, was sie genau machen wollen / müssen um danach die dafür bestmöglichen Lösungen zu finden.

Für Doku würden wir gerne Fotos machen. Nicht vom Produkt sondern vielmehr von der Bedienung, evtl. von der Umgebung, der Firma. Nur für internen Gebrauch.

Ablauf

Kurze Beschreibung der Position und der Tätigkeit.

Beobachten: Rolle Meister / Lehrling, Verständnisfragen

Interview

Fragestellungen für Kundenbesuche

Allgemein

- Aktuelle Aufgabe des Benutzers
- Anzahl Blickwechsel Monitore, Werkzeugraum, Notizen, ...
- Wo steht der User, Was macht er für Bewegungen, Was möchte der Benutzer genau betrachten
- Zeitdauer gewisser Aktionen, Tasks
- Häufigkeiten der Verwendung von bestimmten Funktionen, Bedienelementen
- Welche Parameter werden häufig eingegeben, Art des Veränderns (Schrittgröße, Inkremente)
- Kontext
- Licht
- Lärm
- Vibration
- Schmutz
- Platzverhältnisse
- Kleidung / Handschuhe
- Andere Lösungen im Raum
- Anzahl und Art der Tasten
- Spezielle Bedienelemente
- Fehlersituation:
- Verhalten des Bedieners
- Bedienung des Schutzverdecks (Öffnen, Bestätigen, Verriegelung)
- Vorgang: Anfahren, Werkzeugwechsel, Produktion, Service
- Einsatz anderer Medien wie bsw. Handbücher, Papier, Notizen, Handy, Kamera etc
- Identifikation: Berechtigungen abgestuft aktiv oder alle Funktionen steht allen Bedienern offen
- Einsatz von Symbolen (Vergleich mit Mitbewerbern)

Netstal-Steuerung

aXos

- Oberer, unterer Bildschirm Häufigkeit der Verwendung
- Achten auf Umschaltungen vom Kontext (Execute, Edit)

Interview

Name:

Alter:

Geschlecht:

Rolle:

- Firmenorganisation, Maschinenbetrieb
- Fluktuationen: Wie lange bleibt ein Mitarbeiter in der Firma, wie oft werden neue eingestellt?
- Tagesablauf, Arbeitsteilung / Rollen, weitere Aufgaben, weitere Maschinen
- Tätigkeit
 - Ausbildung, Erfahrung in der Branche
 - Wie lange sind Sie in dieser Rolle tätig? Wie war der Einstieg in die Rolle?
 - Gab es zu Beginn Hindernisse bei der Bedienung?
 - Gibt es heute noch Hindernisse bei der Bedienung?
- Schichtbetrieb
 - Bei einem Schichtwechsel, gibt es da jeweils spezielle Informationen die an den Nachfolger übergeben werden?
 - In welcher Form findet die Informationsübergabe statt?
- Erfahrungen mit Touch-Bedienung
 - Privat
 - Beruflich
 - Vor und Nachteile aus eigener Sicht
- Netstal-Steuerung:
 - Erfahrung mit Trackball
 - Was soll unbedingt beibehalten werden
 - Was muss unbedingt verbessert werden
- Konkurrenzsysteme:
 - Was funktioniert sehr gut (was sollten wir übernehmen)
 - Was funktioniert schlecht (was sollten wir nicht übernehmen)
- Mit welcher Maschine arbeiten sie am liebsten / weshalb?
- Welche Situationen an der Maschine frustrieren Sie?
- Bereitschaft/Erlaubnis eigene Geräte zu nutzen
- Maschine online ja / nein / weshalb (Fernwartung?)

- Wie sind die Maschinen vernetzt (Qualität-, Leitsystem)
- Drucken von Belegen: wie geht das heute mittels PDF?

Biografische Fragen

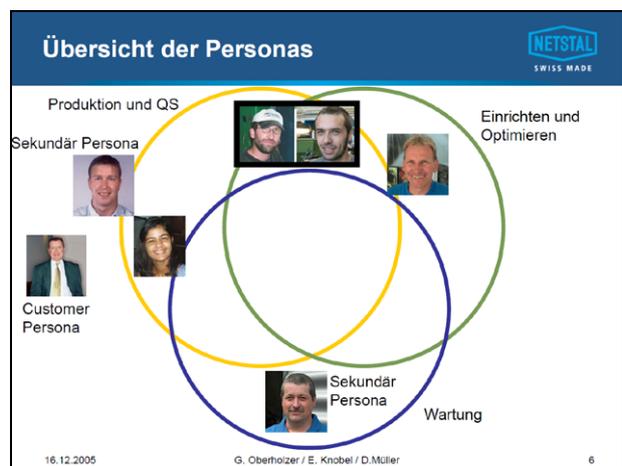
1. Welche Ausbildung besitzen Sie?
2. Wie viele Jahre Erfahrung haben Sie in der Spritzgiess-Branche?
3. Alter?
4. Geschlecht?

Hypothesen / Fragen die wir klären möchten

- Bedientasten haben in den verschiedenen Tasks unterschiedliche Relevanz
- Eine Bedienung mit Touch ist im Kontext möglich (ohne haptisches Feedback)
- Personas noch passend? Verlagerungen feststellbar
- Flexibilität nicht immer notwendig
- Für Produktionsbetreuung UI zu verteilt

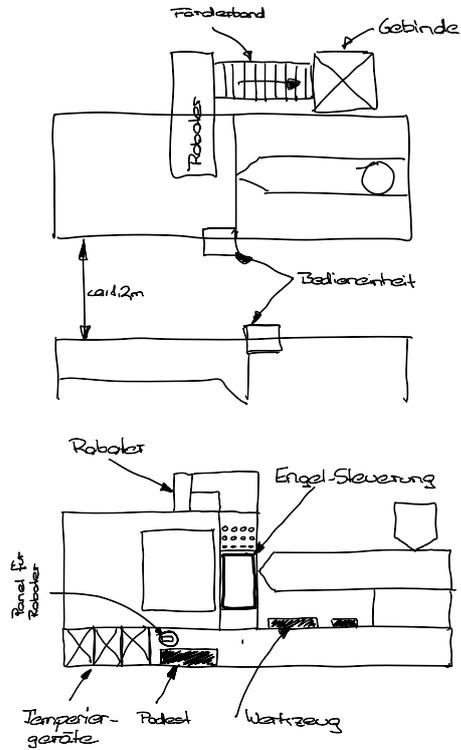
Was für einen Einfluss hat dies auf Design

- Reduktion von Tasten
- Anordnung im Menusystem
- Anordnung Task orientiert, Häufigkeit
- Grössen von Elementen
- Ergonomie
- Notwendigkeit von zusätzlichen Bedienelementen mit haptischen Feedback
- Belegausdruck Integration

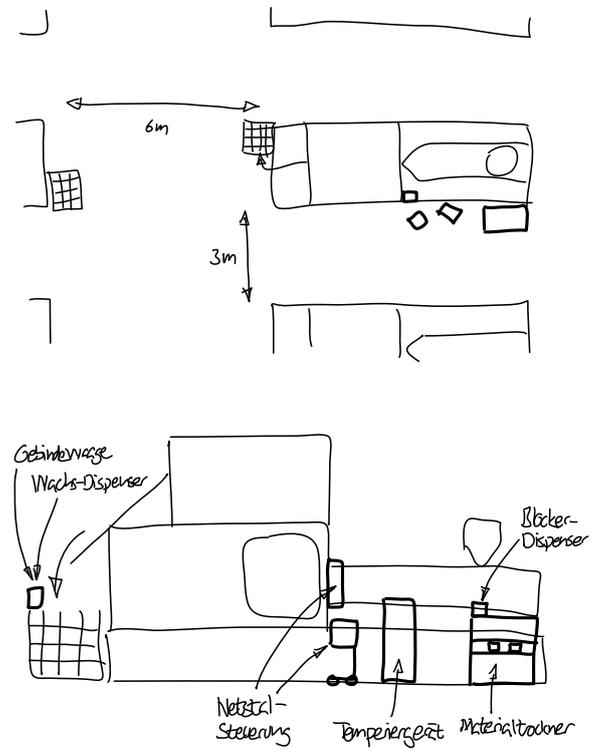


A8 Kundenbesuche: Physical Models

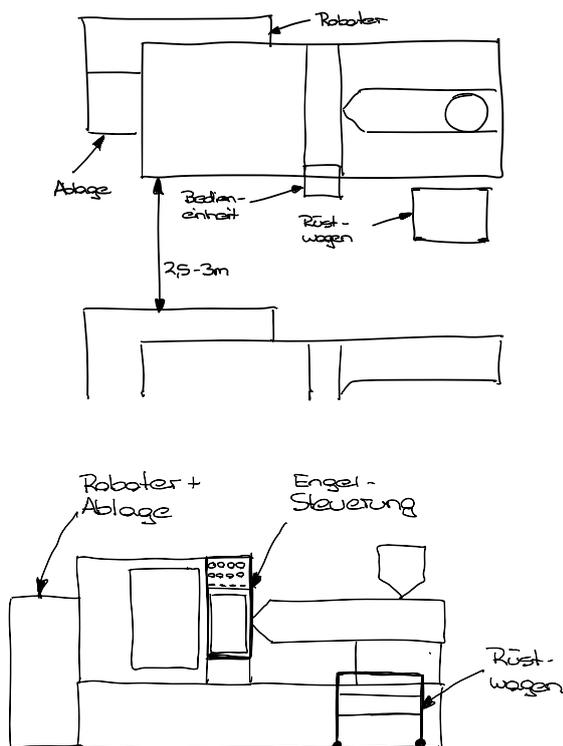
Kunde A - Technisch



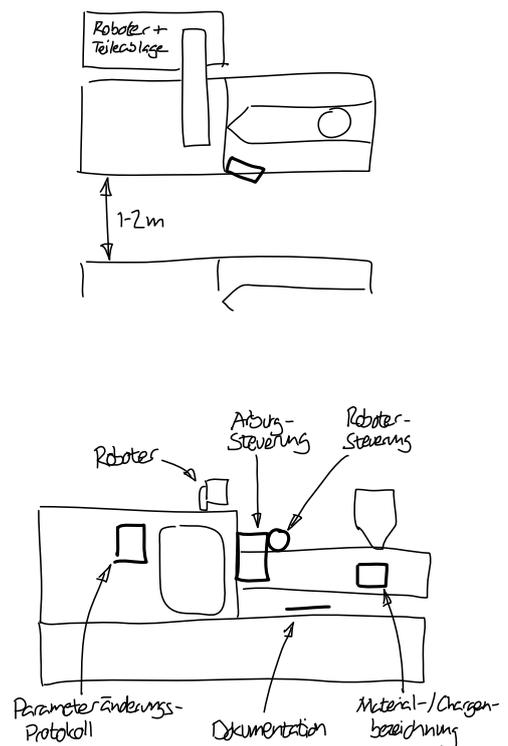
Kunde B - PET



Kunde C - Technisch



Kunde D - Technisch



A9 Personas

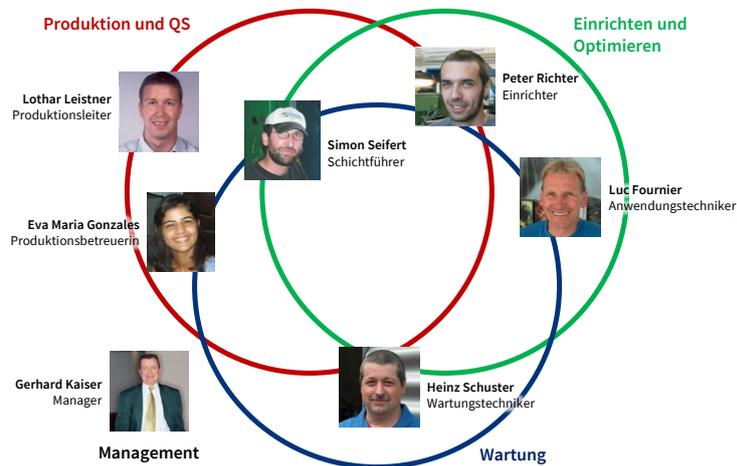


Inhalt

Übersicht
Eva Maria Gonzales, Produktionsbetreuerin
Simon Seifert, Schichtführer
Peter Richter, Einrichter
Luc Fournier, Anwendungstechniker
Heinz Schuster, Wartungstechniker
Lothar Leistner, Produktionsleiter
Gerhard Kaiser, Manager



Übersicht der Personas



NETSTAL Eva Maria Gonzales Produktionsbetreuerin



Eva Maria Gonzales
 Sprachen: spanisch, deutsch
 Alter: 23 Jahre
 Ausbildung: angelernt
 Angestellt seit: 5 Monaten

Jobbeschreibung:

Eva ist verantwortlich für die Produktion auf 3 Maschinen. Sie überwacht die Maschinen, ist für den Maschinenbetrieb verantwortlich, beschriftet und wägt volle Gebinde und trägt diese im Protokoll ein. Sie kontrolliert zweimal pro Schicht die Teilequalität. Weiter ist sie verantwortlich, dass einmal pro Schicht die drei Werkzeuge gereinigt und geschmiert werden. Ihr direkter Vorgesetzter ist der Schichtführer. Sie arbeitet im Schichtbetrieb.

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	█				
Technologiefreudigkeit	█				
Computerwissen	█				
Touchscreenerfahrung	█	█			
Wissen Spritzgiessen	█				
Wissen Betriebsprozesse	█				
Häufigkeit an Steuerung	█	█	█		
Detailkenntnisse Steuerung	█				

Ziel: Ihre Arbeit gut machen

- Wissen, wann Hilfe holen
- Keine Fehler machen
- Keine unerwarteten Situationen

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Eva Maria, Produktionsbetreuerin



Arbeitsalltag

Kontextszenario

Schichtübergabe	16:00	Eva übernimmt ihre Schicht von Serge. Serge teilt ihr mit, dass während seiner Schicht Kavität 32 auf Maschine 5 geschlossen werden musste, ansonsten aber keine Probleme vorhanden sind. Dies habe Thomas, der Schichtführer, gemacht. Eva kontrolliert den Schusszähler und visiert das Schichtprotokoll für ihre drei Maschinen.
	18:00	Sie entnimmt einen Qualitätsschuss aus den Maschinen und wiegt jede der je 36 Kavitäten, auch macht sie eine visuelle Kontrolle (Dauer: 1h). Im Qualitätsprotokoll trägt sie die Gewichte ein und visiert die Angaben. Sie beschriftet die Gebinde regelmässig und stellt sie für den Stapelfahrer bereit.
Pause, 30 Minuten	20:00	Eva beaufsichtigt die Maschinen von ihren 2 Kollegen während diese in der Pause sind. Sie schaut sich die Trendgrafik an und versucht, irgendwelche Tendenzen zu erkennen. Zum Glück scheint alles ok zu sein. Sie und der Schichtführer machen Pause.
Pause, 15 Minuten	22:00	Eva hilft Simon beim Beheben eines Fehlers auf Maschine 4. Sie stellt sicher, dass die Schlechteile weggeräumt werden. Sie muss dabei aber immer auch ihre anderen Maschinen im Auge behalten.
	24:00	Sie entnimmt einen weiteren Qualitätsschuss aus den Maschinen. Während der Kontrolle wechselt der Hilfsarbeiter die Gebinde. Sie stellt fest, dass die Kavitäten 25 und 33 auf Maschine 5 eher am oberen Gewichtslimit sind. Sie meldet dies Simon und trägt es ins Produktionsprotokoll ein.
Schichtübergabe		Schichtübergabe steht an. Sie subtrahiert die aktuelle Schusszahl von derjenigen beim letzten Schichtwechsel und teilt diese durch die Anzahl Teile pro Gebinde um die Gebinde-Anzahl einzutragen. Mitteilung an den Nachfolger betreffend Maschine 5.

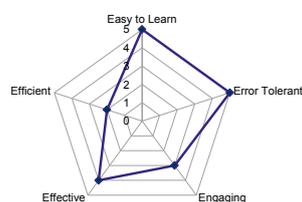
NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Eva Maria, Produktionsbetreuerin



Aufgaben (Häufigkeit vs. Komplexität der Aufgabe)



5-E nach Quesenbery



Erwartungen

Im Bereich Produktion und QS

- Vorwarnsysteme (Gebindewechsel, Qualitätsparameter)
- Warnung bei Problemen auch wenn nicht an Maschine
- Anfahren nach Störung so einfach wie möglich
- Alle Infos zur täglichen Arbeit einfach finden
- Benennungen, Anleitungen und Erklärungen zu Standardfehlern in verständlicher Sprache
- Unterstützung der Qualitätssicherung
- Einfache Dokumentation von Änderungen

Im Bereich Wartung

- Erinnerungsfunktion für Werkzeugwartung
- Visum Wartung ausgeführt in Steuerung
- Anfahren nach längerem Unterbruch einfach

Im Bereich Einrichten

- keine

NETSTAL Simon Seifert Schichtführer



Simon Seifert

Sprachen: deutsch
 Alter: 32 Jahre
 Ausbildung: angelernt
 Angestellt seit: 4 Jahre

Jobbeschreibung:

Simon hat Schichtverantwortung über ein Team bestehend aus 3 Bedienern und einer Hilfskraft. Er und sein Team betreuen insgesamt 9 Maschinen. Neben der Überwachung der Arbeit ist er dafür verantwortlich, einfache Störungen zu beheben. Bei Stillständen entscheidet er, ob der Einrichter angerufen wird oder die Maschine stehen bleiben soll. Er gibt die Produktionszahlen und Qualitätsdaten ins BDE ein. Die Stillstandszeiten und Probleme der einzelnen Maschinen werden von Simon in einer Liste erfasst.

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	█	█			
Technologiefreudigkeit	█	█			
Computerwissen	█				
Touchscreenenerfahrung	█	█			
Wissen Spritzgiessen	█	█			
Wissen Betriebsprozesse	█	█			
Häufigkeit an Steuerung	█	█			
Detailkenntnisse Steuerung	█	█			

Ziel: Produktionsziele einhalten

- Jederzeit Überblick über die Schicht haben
- Möglichst wenige und wenn dann nur kurze Produktionsunterbrüche

8

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Simon, Schichtführer



Arbeitsalltag

Kontextszenario

Schichtübergabe	16:00	Simon übernimmt die Schicht und spricht sich mit Thomas, dem letzten Schichtführer, ab. Bei Maschine 5 musste eine Kavität verschlossen werden. Die Maschine 9 läuft ein wenig instabil seit dem Chargenwechsel.
	18:00	Simon kontrolliert die Maschinen regelmässig und schaut sich speziell Maschine 9 an, um zu sehen, wo das Problem liegen könnte. Er nimmt sich einen Ausdruck der Trendgrafik der letzten Schicht und vergleicht diesen mit der jetzigen Trendgrafik. Er sieht, dass der Einspritzdruck höher ist als bei der alten Charge. Er verändert die Einspritzgeschwindigkeit auf der v/p-Graphik und betrachtet den Prozess für die nächsten 10 Schuss. Der Einspritzdruck stabilisiert sich auf tieferem Niveau.
Pause, 30 Minuten	20:00	Simon macht zusammen mit Eva, einer seiner Produktionsbetreuerinnen, Pause. Simon kontrolliert nochmals den Einspritzdruck an der Maschine 9.
Pause, 15 Minuten	22:00	Maschine 4 hat ein Handling-Problem. Simon fährt die Maschine im Handbetrieb in die richtige Position und schaltet das Handling wieder ein. Er fährt einen Zyklus und beobachtet, dass ein Saugnapf nicht richtig funktioniert. Er stoppt die Maschine, fährt das Handling zurück, säubert den Saugnapf und fährt noch einmal an. Das Handling funktioniert wieder. Er schaltet die Maschine auf Automaten und macht einen Eintrag im Logbuch
Schichtübergabe	24:00	Simon kontrolliert die Qualitätsprotokolle und legt sie im Produktionsordner ab. Er gibt die Produktionsdaten im BDE ein und informiert seinen Nachfolger über die Kavitäten in Maschine 5 sowie die getroffenen Massnahmen zur Stabilisierung der Produktion an Maschine 9.

NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Simon, Schichtführer



Aufgaben (Häufigkeit vs. Komplexität der Aufgabe)



Erwartungen

Im Bereich Produktion und QS

- Einfacher Überblick über Produktionsprozess
- Einfacher Überblick über Änderungen
- Einfacher Zusammenzug der Produktionsdaten
- Benennungen, Anleitungen und Erklärungen zu Fehlern in verständlicher Sprache
- Ursache der Fehler klar ersichtlich
- Fehlerbehebungs-Möglichkeiten schnell ersichtlich (auch werkzeugspezifische)
- Einfache Dokumentation von Änderungen

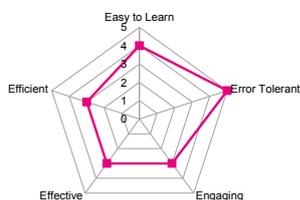
Im Bereich Wartung

- Nachverfolgbarkeit der Wartungsarbeiten

Im Bereich Einrichten

- Einfaches Anpassen von Parametern auf Grund von Werkzeugänderungen

5-E nach Quesenbery



NETSTAL Peter Richter Einrichter



Peter Richter
 Sprachen: deutsch
 Alter: 27 Jahre
 Ausbildung: Werkzeugbauer
 Angestellt seit: 2 Jahren

Jobbeschreibung:

Peter ist für die Produktionsvorbereitung zuständig. Er richtet Werkzeuge und Maschinen ein, bis der Zyklus stabil läuft. Auch ist er und sein Kollege abwechselnd auf Piket. Er muss auch während der Nacht und am Wochenende Fehler beheben können. Selber arbeitet er aber nicht Schicht.

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	■	■	■	■	■
Technologiefreudigkeit	■	■	■	■	■
Computerwissen	■	■	■	■	■
Touchscreeferfahrung	■	■	■	■	■
Wissen Spritzgießen	■	■	■	■	■
Wissen Betriebsprozesse	■	■	■	■	■
Häufigkeit an Steuerung	■	■	■	■	■
Detailkenntnisse Steuerung	■	■	■	■	■

Ziel: Werkzeug einrichten

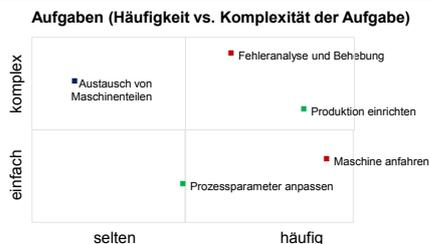
- Schnell und fehlerfrei eine Produktion einrichten
- Fehler selbständig beheben
- Möglichst keine Nacht- und Wochenendeinsätze

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Peter, Einrichter

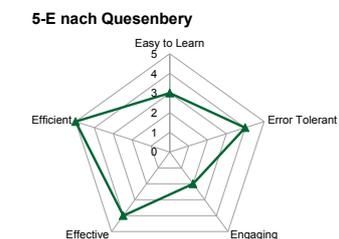


Arbeitsalltag	Kontextszenario
Beginn Arbeit 08:00	Peter kommt heute ein wenig später zur Arbeit. Er hat gestern Abend noch einmal in die Firma kommen müssen, weil ein Teil eingeklemmt war und er den Prozess wieder zum laufen bringen musste. Das hat etwa 1h gedauert (+30 min Weg)
Pause, 15 Minuten	Er hat von Simon gehört, dass Maschine 5 einige Kavitäten hat, die ein wenig zu schwer sind. Diesem Problem geht er auf den Grund. Er erhöht die Temperaturen der Kavitäten um die geschlossene Kavität herum um je 5 Grad und beobachtet den Prozess. Löst zwar das Problem in den direkt betroffenen, aber die darum befindlichen sind nun zu leicht. Er beschliesst daher, den Nachdruck ein wenig zu erhöhen. Dies führt zum erwünschten Resultat. Dauer der Aktion: 1.5 Stunden.
Mittagspause	Er geht mit seinen Kollegen im Restaurant Bahnhof Mittag Essen
Pause, 15 Minuten	Zwei Werkzeuge einrichten, Dauer 3h. Eine neue Produktion auf Maschine 3 wird eingerichtet. Während die alte Produktion sich dem Ende nähert, stellt er die Materialzufuhr ab und holt das schon bereit gestellte Werkzeug-Palett. Er kontrolliert, ob alles da ist. Dieses Werkzeug kennt er gut. Er wartet, bis die Produktion zu Ende ist und stellt die Maschine ab. Der Bediener säubert das Werkzeug und räumt alles weg. Zusammen mit dem Bediener löst er das Werkzeug und befestigt das neue. Er montiert alle hydraulischen und pneumatischen Hilfssteuerungen nach dem vorgegebenen Schema (alle gleich in Firma). Dann lädt er den Datensatz von Diskette. Er kalibriert die Achsen der Maschine, läuft den Ablauf einmal im Handbetrieb, spritzt aus, und fährt einen ersten Schuss. Kontrolliert die Kavitäten, es scheint alles ok zu sein. Er startet die Produktion. Der Bediener weiss, dass die ersten 5 Schuss Ausschuss sind.
Ende Arbeit 18:00	Peter geht nach Hause

NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Peter, Einrichter



- Erwartungen**
- Im Bereich Produktion und QS**
- Beurteilung der Prozess Stabilität
 - Maschinenstatus im Fehlerfall ersichtlich
 - Klare Bezeichnung von Störungen und deren Ursachen
 - Einfacher Überblick über Änderungen an Parametern
 - Fehlerbehebungs-Möglichkeiten schnell ersichtlich und anpassbar (auch werkzeugspezifische)
 - Vergleich mit alten Datensätzen und Vergleich der Daten aller Produktionen
 - Remote-Zugriff auf Maschine in Notfällen



- Im Bereich Wartung**
- Dokumentation der Wartungsarbeiten
- Im Bereich Einrichten**
- Verhinderung von Fehlern auf Grund Fehlmanipulation am Werkzeug.
 - Einfache Anpassung von Datensätzen an verschiedene Maschinen oder auf Grund verschiedener Materialien
 - Einfache Möglichkeiten zur Optimierung einer Produktion
 - Vergleich mit alten Datensätzen
 - Hilfsmittel zum Anfahren einer Produktion
 - Maschinenstatus im Einrichten ersichtlich

NETSTAL Luc Fournier Anwendungstechniker



Luc Fournier

Sprachen: französisch, deutsch
 Alter: 42 Jahre
 Ausbildung: FH Maschinenbau
 Angestellt seit: 15 Jahren

Jobbeschreibung:

Luc ist dafür verantwortlich, Datensätze für neue Werkzeuge zu erstellen, damit auf den Maschinen optimale Resultate erzielt werden können. Er erhält neue Werkzeuge und kurze Beschreibungen vom Werkzeugmacher und richtet Datensätze auf den Maschinen der zwei Standardhersteller ein. Dabei ist er darauf bedacht, den Prozess möglichst stabil laufen zu lassen, wobei er das Prozessfenster auslotet. Immer achtet er auch auf den Energieverbrauch. Nach der Optimierung gibt er das Werkzeug zur Produktion frei und instruiert die Einrichter. Er arbeitet im Technikum während normaler Arbeitszeiten.

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	■	■	■	■	■
Technologiefreudigkeit	■	■	■	■	■
Computerwissen	■	■	■	■	■
Touchscreenenerfahrung	■	■	■	■	■
Wissen Spritzgießen	■	■	■	■	■
Wissen Betriebsprozesse	■	■	■	■	■
Häufigkeit an Steuerung	■	■	■	■	■
Detailkenntnisse Steuerung	■	■	■	■	■

Ziel: Neue Werkzeuge bemustern

- Maschine und Werkzeug so einrichten, dass die Vorgaben zum Prozess eingehalten werden
- Das Letzte aus der Maschine herausholen
- Sauber Arbeit abliefern

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Luc, Anwendungstechniker



Arbeitsalltag

Beginn Arbeit	08:00
Mittagspause	12:00
Ende Arbeit	18:00

Kontextszenario

08:00	Luc kommt zur Arbeit und trinkt einen Kaffee.
10:00	Wie gestern arbeitet er an einem 4 Kavitäten-2-Komponenten-Werkzeug, das auf einer Maschine eingesetzt werden soll. Er hat mit dem Anwendungstechniker des Herstellers den Ablauf bereits besprochen und mit Hilfe der Techniker da einen Ablauf erstellt. Momentan arbeitet er an der Qualität. Die Teile weisen Einfallstellen auf. Das Werkzeug ist vor zwei Tagen aus der 3. Revision gekommen und dies ist nun das einzige Problem, das noch vorhanden ist. Er führt Reihen mit verschiedenen Spritzgeschwindigkeiten durch, die er nachher nach einer 4-stündigen Abkühlphase im eigenen Labor ausmisst. Während die Teile auskühlen arbeitet er an der Optimierung der Zykluszeit. Die parallel laufenden Achsen will er nun so optimal aufeinander abstimmen, dass er die Vorgaben des Produktionsleiters wenn möglich sogar unterbieten kann, natürlich in einem stabilen Prozess. Er weiss aber, dass er aus Stabilitäts- und Energiespargründen den schnellstmöglichen Zyklus etwas verlangsamen muss.
14:00	Die Teile sind nun ausgekühlt und weisen keine Einfallstellen mehr auf. Er vervollständigt das Parameter-Datenblatt und druckt den Datensatz aus. Auch speichert er ihn auf Diskette. Diesen Datensatz speichert er zusätzlich auf seinem Rechner. Er erstellt die Werkzeugmappe und ruft den Produktionsleiter an, um ihm zu sagen, dass das Werkzeug fertig bemustert sei.
16:00	Luc geht in die Produktion zur Produktionsbemusterung eines Werkzeuges mit Peter. Er betrachtet den Prozess und optimiert noch ein wenig die Schliessgeschwindigkeit. Dann speichert er den Datensatz noch einmal auf der Festplatte der Maschine und seinem USB-Stick ab.
18:00	Luc geht nach Hause

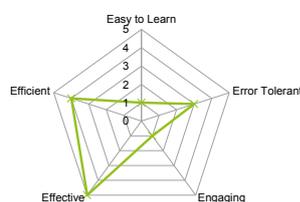
NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Luc, Anwendungstechniker



Aufgaben (Häufigkeit vs. Komplexität der Aufgabe)



5-E nach Quesenbery



Erwartungen

Im Bereich Produktion und QS

- Vergleichbarkeit von Datensätzen

Im Bereich Wartung

- Nachverfolgbarkeit der Wartungsarbeiten

Im Bereich Einrichten

- Freie Programmierung des Ablaufs
- Freie Zuordnung und Benennung der Ein- und Ausgänge
- Optimierungshilfen zu Zykluszeit, Qualität und Energie
- Schutz vor Fehlmanipulationen
- Maschinenstatus im Einrichten und im Fehlerfall ersichtlich
- Unterstützung in der Dokumentation und Verwaltung von Abläufen.
- Möglichst hohe Kompatibilität zwischen Maschinentypen des selben Herstellers und auch mit anderen Maschinen.

NETSTAL Heinz Schuster Wartungstechniker



Heinz Schuster
 Sprachen: deutsch
 Alter: 52 Jahre
 Ausbildung: Elektromechaniker
 Angestellt seit: 20 Jahren

Jobbeschreibung:

Heinz ist verantwortlich für die Wartung sämtlicher Maschinen. Er führt ein kleines Ersatzteillager mit Verbrauchsmaterialien und Verschleissteilen. Er ist auch verantwortlich dafür, Teile rechtzeitig nach zu bestellen. Bei schwerwiegenden Fehlern an den Maschinen koordiniert er die Zusammenarbeit mit dem Maschinenhersteller.

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	■	■	■		
Technologiefreudigkeit	■	■	■		
Computerwissen	■	■	■		
Touchscreeferfahrung	■	■	■		
Wissen Spritzgiessen	■	■	■		
Wissen Betriebsprozesse	■	■	■		
Häufigkeit an Steuerung	■	■	■		
Detailkenntnisse Steuerung	■	■	■		

Ziel: Planmäßiger Unterhalt der Maschinen

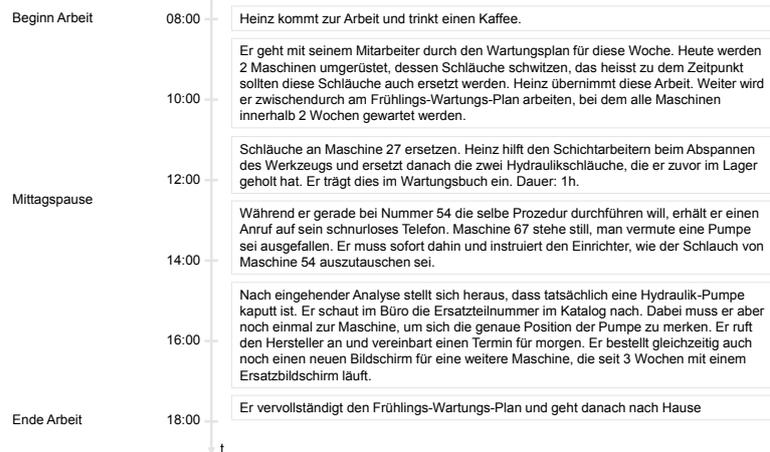
- Optimale Wartung aller Maschinen
- Geringe Stillstandszeiten bei Störungen
- Keine Nacht- und Sonntagsarbeit

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Heinz, Wartungstechniker



Arbeitsalltag

Kontextszenario



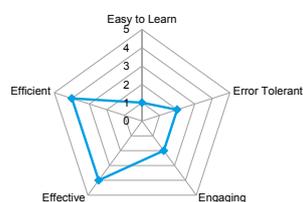
NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Heinz, Wartungstechniker



Aufgaben (Häufigkeit vs. Komplexität der Aufgabe)



5-E nach Quesenbery



Erwartungen

- Im Bereich Produktion und QS**
- Vergleichbarkeit von Datensätzen
 - Zurückverfolgbarkeit von Manipulationen
 - Remote-Zugriff auf die Maschine

- Im Bereich Wartung**
- Nachverfolgbarkeit der Wartungsarbeiten
 - Zusammenzug aller Wartungsprotokolle
 - Erinnerungs- und Frühwarn-Funktion für alle Maschinen zu regelmäßigen Wartungsarbeiten
 - Anpassung von vorgegebenen Wartungsintervallen
 - Einfache Identifikation und Diagnose von Ausfällen
 - Einfache Bestellung von Ersatzteilen (zum Beispiel Online-Ersatzteilkatalog)
 - Reaktionszeit von 24h des Herstellers
 - Kompetente Service-Monteur und Hotline
 - Reparaturanleitungen

- Im Bereich Einrichten**
- keine

NETSTAL Lothar Leistner Produktionsleiter



Lothar Leistner
 Sprachen: deutsch
 Alter: 40 Jahre
 Ausbildung: FH Kunststofftechn.
 Angestellt seit: 7 Jahren

Jobbeschreibung:

Lothar ist dafür verantwortlich, dass die Produktion einwandfrei läuft. Er rapportiert Umsatzzahlen, Auslastungen der Maschinen und Probleme direkt dem Management und zieht Auswertungen aus dem BDE. Weiter ist er auch an der Planung des neuen Produktionsstandorts in Pločz, Polen, beteiligt. Er plant den Einsatz der Maschinen und erstellt den Schichtplan. Seine Arbeitszeit legt er so, dass er mindestens zweimal pro Woche mit allen Schichtführern sprechen kann

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	■	■	■	■	■
Technologiefreudigkeit	■	■	■	■	■
Computerwissen	■	■	■	■	■
Touchscreenenerfahrung	■	■	■	■	■
Wissen Spritzgießen	■	■	■	■	■
Wissen Betriebsprozesse	■	■	■	■	■
Häufigkeit an Steuerung	■	■	■	■	■
Detailkenntnisse Steuerung	■	■	■	■	■

Ziel: Hohe Auslastung der Maschinen

- Firmenziele erreichen
- Immer Überblick über Produktion behalten
- Auslastung gut planen können

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Lothar, Produktionsleiter



Arbeitsalltag

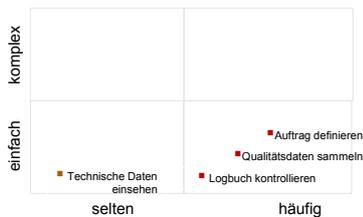
Kontextszenario

Beginn Arbeit	06:00	Lothar kommt um 7 Uhr zur Arbeit und bereitet seinen Tag vor.
	08:00	Vor dem Schichtwechsel hat Lothar eine Besprechung mit den zwei Schichtführern, um die Nacht- und die Frühschicht zu besprechen. Er geht auch durch die Hallen und kontrolliert stichprobenartig die Trendgrafiken der Maschinen und spricht mit den Schichtmitarbeitern. Besonders das Qualitätsproblem auf Maschine 5 schaut er sich genauer an und macht sich eine Notiz, dass der Einrichter die Spritzgeschwindigkeiten leicht erhöhen soll, wenn er die Temperaturen absenkt.
Mittagspause	10:00	Lothar erstellt den täglichen Report des letzten Tages als eMail und stellt diesen der Geschäftsleitung zu. Auch datiert er das BDE mit den Stillstandzeiten auf und freut sich über die 94%-Auslastung aller Maschinen für diesen Monat.
	12:00	Lothar hat am Nachmittag ein Meeting mit dem Vertreter einer Maschinenfirma, mit der er in Verhandlungen betreffend einer neuen Maschine ist. Nach der Angabe der Anforderungen kam eine Offerte zurück, die ihm nicht ganz verständlich ist. Daher die Besprechung.
	14:00	Lothar statet dem Technikum einen Besuch ab, um zu sehen wie es um das neue Werkzeug für Kunde Force-Food geht. Luc Fournier erzählt ihm seine Sorgen betreffend der Einfallstellen. Sie besprechen das Problem kurz.
	16:00	Nach dem Erledigen der Rechnungen passt Lothar den Produktionsplan wegen eines Eilauftrags für dieses Wochenende an. Auch sieht er in der langfristigen Vorschau, dass es nur noch 4 Monate sind, bis die beiden neuen Maschinen in Produktion sein müssen.
Ende Arbeit	16:00	Vor dem Nachhausegehen hat er noch eine kurze Besprechung mit dem Führer der Spätschicht

NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Lothar, Produktionsleiter



Aufgaben (Häufigkeit vs. Komplexität der Aufgabe)



Erwartungen

Im Bereich Produktion und QS

- Einfacher Zugang zu produktionsrelevanten Daten in Echtzeit
- Einfache Auswertung und Eingabe in interne BDE Systeme
- Einfacher, zentraler Zugang auf die Logbücher der Maschinen - unabhängig von Herstellern

Im Bereich Wartung

- Einfacher Zugang zu Wartungsplanung

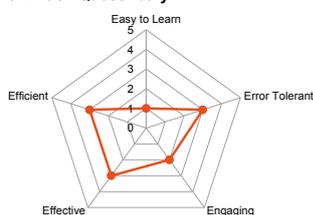
Im Bereich Einrichten

- keine

Sonstige Erwartungen

- Klare, technische Spezifikationen der Maschinen
- Vergleichbare Offerten

5-E nach Quisenbery



NETSTAL Gerhard Kaiser Manager



Gerhard Kaiser
 Sprachen: deutsch
 Alter: 58 Jahre
 Ausbildung: Maschinenmech.
 Angestellt seit: 30 Jahren

Jobbeschreibung:

Gerhard Kaiser hat die Firma vor 30 Jahren gegründet und seither erfolgreich zu der Grösse von 300 Mitarbeitern geführt. Er ist immer um 6 Uhr im Büro und geht selten vor 18 Uhr. Sein Sohn ist auch im Betrieb und übernimmt immer mehr Aufgaben. Gerhard ist operativ für die betriebswirtschaftlichen Prozesse zuständig und verhandelt im Falle von Investitionen. Er geniesst es, wenn er mit potentiellen Kunden durch die modernen und gut organisierten Produktionshallen gehen kann.

	↓	↘	→	↗	↑
Analytisches Denken	■	■	■	■	■
Technologiefreudigkeit	■	■	■	■	■
Computerwissen	■	■	■	■	■
Touchscreeferfahrung	■	■	■	■	■
Wissen Spritzgiessen	■	■	■	■	■
Wissen Betriebsprozesse	■	■	■	■	■
Häufigkeit an Steuerung	■	■	■	■	■
Detaillkenntnisse Steuerung	■	■	■	■	■

Ziel: Hohe Rendite

- Überblick über Kostenstruktur
- Überblick über die Funktionsfähigkeit der Maschinen und Anlagen
- Moderne Anlagen

NETSTAL Arbeitsalltag und Kontextszenario Gerhard, Manager



Arbeitsalltag

Kontextszenario

Beginn Arbeit	06:00	Herr Kaiser kommt zur Arbeit und bereitet seinen Tag vor.
	08:00	Am Morgen hat er zusammen mit dem administrativen Leiter eine Budget-Sitzung für das nächste Jahr. Die Daten zur Auslastung in den nächsten 12 Monaten wurden vom administrativen Leiter ausgedruckt und lassen eine Prognose der Umsätze zu. Die Kosten der neuen Produktionshalle werden genau unter die Lupe genommen.
Mittagspause	10:00	
	12:00	Business-Lunch mit einem Kunden. Es werden neue Aufträge für nächstes Jahr besprochen.
	14:00	Rundgang durch die Firma. Herr Kaiser ist es wichtig, dass seine Mitarbeiter ihn kennen und dass seine Standards auch in Sachen Hygiene und Arbeitseinstellung eingehalten werden.
	16:00	Meeting mit Vertreter einer der 3 Anbieter-Firmen für Maschinen. Er macht dem Vertreter klar, dass seine Offerte 30% über denjenigen der anderen beiden liege und die Spezifikationen nicht erfülle. Noch einmal überarbeiten!
	18:00	Bewerbungsgespräch für einen zweiten Produktionsleiter für den zweiten Standort in Ploetz zusammen mit Herrn Leistner.
Ende Arbeit	18:00	Mail-Pendancen erledigen. Nach Hause fahren mit dem neuen Mercedes S-Klasse.

NETSTAL Aufgaben und Erwartungen Gerhard, Manager



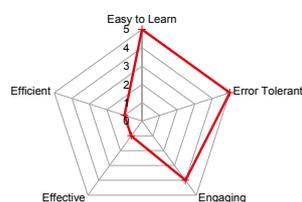
Aufgaben (Häufigkeit vs. Komplexität der Aufgabe)



Erwartungen

- Im Bereich Produktion und QS**
 - Möglichst wenige Unterbrüche
 - Wenn Unterbrüche nur mit kleiner Stillstandszeit
- Im Bereich Wartung**
 - Geringe Wartungskosten
 - Grosse Wartungsintervalle
 - Kalkulierbares Risiko
- Im Bereich Einrichten**
 - Hohe Kompatibilität unter den Maschinen
- Sonstige Erwartungen**
 - Gutes Preis-/Leistungs-Verhältnis der Maschinen und Anlagen
 - Premiumprodukte als Statussymbol

5-E nach Quesenbery



A10 Szenarien

Inbetriebnahme eines neuen Werkzeugs

Persona:

Luc Fournier, Anwendungstechniker

Kontext:

Luc hat die Aufgabe, ein neues Werkzeug auf einer Maschine erstmalig in Betrieb zu nehmen.

Werkzeug:

Grosser Eimer, eine Kavität

Maschine:

Elion-Hybrid, 480 Tonnen Schliesskraft

Ablauf:

- Luc vergleicht als erstes die minimale Einbauhöhe mit den Dimensionen des Werkzeugs. Da das Werkzeug (WZ) kleiner als die minimale Einbauhöhe ist, wird eine Zwischenplatte benötigt. Luc organisiert eine Zwischenplatte in der richtigen Dimension. Dabei muss er darauf achten, dass die Dimensionen der Zwischenplatte und des Werkzeugs passen (das Werkzeug sollte die Zwischenplatte nicht überragen).
- Nun soll die Zwischenplatte auf der beweglichen Formplatte (BFP) montiert werden. Dazu wird in der Betriebsart (BA) *Entpannen* (es ist kein Ablauf vorhanden) die Schliesseinheit (SE) komplett geöffnet. Da die SE ausreichend weit öffnet, gibt es keinen Grund, mit der Zentralverstellung (ZV) die SE weiter zu öffnen. Mit dem Kran wird die Zwischenplatte von oben zwischen die Säulen gehoben und sorgfältig an der BFP ausgerichtet, damit die Schrauben eingesetzt und angezogen werden können. Dabei muss Luc häufig um die Maschine herum laufen und im WZ-Raum (zwischen den Säulen) herumklettern. Zwischendurch muss er immer wieder ein anderes Hilfsmittel zur Hand nehmen, bis schliesslich die Zwischenplatte fertig montiert ist.
- In einem nächsten Schritt wird die WZ-Einbauhöhe grob eingestellt (Dicke der Zwischenplatte + Dicke (Höhe) des WZ + Reserve). Nach dem Aktivieren der Einstellungen schliesst Luc in der BA *Entpannen* die SE, bis die Endlage erreicht ist (der Kniehebel ist nun gestreckt, die beiden Formplatten haben nun einen Abstand, welcher der eingegebenen WZ-Einbauhöhe entspricht). Luc verändert nun mit der ZV den Abstand der beiden Formplatten, bis eine Formposition von ca. 1mm erreicht ist. Danach wird die SE in der BA *Entpannen* wieder ganz geöffnet. Die Maschine ist nun bereit, damit das WZ eingebaut werden kann.
- Damit das WZ auf der düsenseitigen Formplatte (DFP) montiert werden kann, wird ein passender Zentrierring benötigt. Mit diesem Zentrierring wird das WZ zur Achse der Plastifiziereinheit ausgerichtet. Der Zentrierring wird am WZ befestigt und dann als Einheit montiert.
- Bevor die Befestigungsschrauben festgezogen werden, richtet Luc das WZ mit der Wasserwaage aus. Dadurch hat er es bei

der Montage der zweiten WZ-Hälfte einfacher. Zudem hilft es, die fertigen Teile später mit dem Handling sauber zu entnehmen. Auch hier geht Luc mehrmals um die Maschine herum und klettert im WZ-Raum herum.

- Nachdem Luc die Schrauben festgezogen hat, kann er die SE schliessen. Beim Schliessen wird ein Fehler angezeigt, dass die minimale Schliesskraft (SK) nicht erreicht wurde. Da zwischen BFP und WZ noch ein Spalt von ca. 1mm vorhanden ist (und auch sein soll), hat Luc diesen Alarm erwartet.
- Um den Spalt zwischen BFP und WZ zu eliminieren, fährt Luc nun die ZV zu, bis ein Alarm angezeigt wird, dass sich die ZV nicht mehr verstellt. Es besteht nun Kontakt zwischen BFP und WZ.
- Als nächstes macht sich Luc daran, die Schliesskraft (SK) grob einzustellen. Dazu gibt er den zuvor berechneten Sollwert in den entsprechenden Parameter ein und startet dann die Funktion zum Einstellen der SK. Sobald die Steuerung damit fertig ist, wird die erreichte SK und ein Störungsalarm angezeigt. Da die automatische SK-Einstellung nur ca. 80% der eingestellten SK erreicht, führt Luc die Funktion ein weiteres mal aus, bis der erreichte Wert in etwa dem berechneten Wert entspricht.
- Damit Luc die zweite WZ-Hälfte an der BFP festschrauben kann muss das Schutzverdeck (SV) unter SK geöffnet werden. Dazu betätigt Luc den Schalter der entsprechenden Option und öffnet danach das SV. Nachdem er die Schrauben angezogen hat, kann er die Halteklammern entfernen, welche die beiden WZ-Hälften zusammenhalten. Erneut sind dabei mehrere Gänge um die Maschine herum notwendig.
- Eigentlich ist das WZ soweit eingerichtet, dass es automatisch geöffnet und geschlossen werden kann. Da aber noch keine Kommandos für die SE im Ablauf enthalten sind, fügt Luc je ein Kommando zum Schliessen und Öffnen ein. Neben der Parametrierung der Kommandos müssen auch Parameter auf der Komponente eingegeben werden, damit die Schliesseinheit korrekt bewegt werden kann.
- Ein erster Versuch, die Schliesseinheit zu schliessen scheitert kläglich. Luc überlegt, was ihm die Fehlermeldung der Steuerung sagen will. Nach kurzem Überlegen kommt er zum Schluss, dass das Problem beim nicht vorhandenen Auswerfer liegt, wovon die Steuerung allerdings nichts weiss. Er überlegt kurz, ob er den Auswerfer trotzdem in den Ablauf einbauen soll und tut dies dann auch.
- Um das WZ schliessen zu können ist es nötig, dass der Auswerfer hinten angepresst ist. Dies wiederum kann nur erreicht werden, wenn zuvor der Auswerferhub gelernt ist. Luc fragt sich deshalb, ob es wirklich eine gute Idee war, den Auswerfer im Ablauf zu verwenden, obwohl gar keiner vorhanden ist. Er bespricht dies kurz mit einem Kollegen, welcher schon viel Erfahrung mit der Steuerung hat.
- Als nächstes macht sich Luc daran, das Kühlwasser anzuschliessen. Er muss die passenden Schläuche organisieren. Das Wasser wird direkt angeschlossen, also nicht über ein Ventil ge-

schaltet. Entsprechend braucht Luc keine Hilfssteuerung zu konfigurieren.

- Das Werkzeug erfordert eine spezielle Plastdüse. Aus mechanischen Gründen muss die Düse in aufgeheiztem Zustand montiert werden. Das ist mühsam und auch etwas heikel, da der Bereich für die Montage nicht besonders leicht zugänglich ist. Dank Schutzhandschuhen und der nötigen Vorsicht gelingt es Luc, die Plastdüse ohne Verbrennungen zu montieren.
- Für die Blasluft muss Luc mit mehreren Schläuchen die Anschlüsse am Werkzeug mit den Luftventilen verbinden. Insgesamt sind es vier Blasluftsteuerungen (3 auf der BFP, eine auf der DFP), die Luc anschliessen und in der Steuerung konfigurieren muss. Luc nimmt sich eine Blasluft nach der anderen vor und testet die Funktionsweise. Bei der Zuweisung der Ventile wundert er sich, dass er zuerst die Sicherheitsstufe anpassen muss, bevor er die richtigen Ventile zur Auswahl hat. Sind die Hilfssteuerungen konfiguriert, baut Luc sie gleich in den Ablauf ein (während dem Öffnen der Form). Am Schluss werden die verschiedenen Schläuche mit Kabelbindern am Werkzeug befestigt, damit sich später nichts lösen kann.
- Nun sind alle Hilfssteuerungen konfiguriert. Luc komplettiert den Ablauf und aktiviert diesen, nachdem alles so ist, wie er sich das vorstellt.
- In der BA Automat führt Luc mehrfach von Hand Formbewegungen aus. Immer wieder schaut er dabei in den Werkzeugraum und passt einzelne Parameter an bis der grobe Eindruck stimmt. Die Kontrolle der Bewegungen erfolgt dabei sowohl visuell als auch akustisch.
- Damit im Trockenzyklus die WZ-Sicherung konfiguriert werden kann, schaltet Luc alle Kommandos im Ablauf aus, die für die Plastifizierung zuständig sind.
- Im Zyklusbetrieb (Trockenzyklus) konfiguriert Luc die WZ-Sicherung, bis diese gut funktioniert. Dazu kontrolliert er den Kraftverlauf anhand der WZ-Sicherungsgrafik. Die WZ-Sicherung darf im regulären Betrieb nicht unnötig ansprechen, soll das Schliessen der Form aber bei der kleinsten Abweichung stoppen.
- Nun können die zuvor für den Trockenzyklus ausgeschalteten Kommandos wieder eingeschaltet werden. Da Luc die für den Trockenzyklus ausgeschalteten Kommandos nicht von den anderen ausgeschalteten Kommandos unterscheiden kann, muss er sich sehr konzentrieren, um nicht ein falsches Kommando einzuschalten.
- Bevor Luc die Heizungen einschalten kann, stellt er die Temperaturen gemäss Datenblatt des Granulatherstellers grob ein. Die Heizungen werden nun eingeschaltet.
- Nachdem die Materialversorgung sichergestellt ist, werden die Werte für Spritzgeschwindigkeit und Spritzvolumen gemäss Berechnungen bzw. Datenblatt eingegeben.
- Nun muss Luc warten bis die Temperaturen erreicht sind. Je nach Werkzeug und Grösse der Plastifizierung kann dies bis zu einer Stunde dauern (PET).
- Die ersten Ausspritzversuche schlagen fehl, weil der Dosierendpunkt nicht erreicht wird (noch kein Material eingezogen). Das ist normal. Luc versucht es noch einige Male und spritzt dann so lange aus, bis keine Luftblasen mehr austreten, was akustisch gut festgestellt werden kann (Luftblasen erzeugen einen Knall beim Austritt).
- Nun kann zum ersten Mal eingespritzt werden. Dazu muss Luc den Produktionsvorbereitungszyklus starten (aufdosieren), wobei er darauf achtet, nicht zu viel Kunststoff einzuspritzen, da sonst überspritzt wird.
- In Einzelzyklen tastet sich Luc an das richtige Dosiervolumen heran. Das richtige Dosiervolumen erkennt er daran, dass das Teil komplett gefüllt ist und keine Einsturzstellen mehr aufweist.
- Es ergibt sich ein fließender Übergang in die Optimierungsphase. Luc optimiert die optische Teilequalität, wobei er dies bald einmal im Zyklusbetrieb tut. Auch geht es darum, eine möglichst stabile Produktion zu erreichen, die Maschine also nicht immer wieder wegen eines Problems stehen bleibt.
- Als nächstes macht sich Luc daran, den Prozess bei gleichbleibender Teilequalität nach Zykluszeit und Energieverbrauch zu optimieren. Dies ist ein zeitintensiver Vorgang bei welchem zahlreiche Parameter einzeln in kleinen Schritten verändert werden. Immer wieder muss Luc die produzierten Teile auf deren Qualität überprüfen.
- Nachdem er die seiner Meinung nach optimalen Einstellungen für den Prozess gefunden hat, lotet Luc die Prozessgrenzen aus. Dabei muss für jeden qualitätsrelevanten Parameter (bis zu 10 pro Plastifizierung) definiert werden, in welchem Bereich die Qualität noch ausreichend ist. Entsprechend konfiguriert Luc am Ende die Einstellungen für die Qualitätsüberwachung.
- Ein kleines Produktionslos für die Kontrolle durch den Kunden schliesst die Arbeiten an der Maschine mit dem neuen Werkzeug ab. Die Teile werden verpackt und für den Versand zum Kunden bereitgestellt. Ein einzelnes Teil wird in der firmeneigenen Produktdatenbank für allfällige Kontrollmessungen eingelagert.
- Luc speichert den Datensatz auf seinem USB-Speicher. Zurück in seinem Büro kopiert er diesen Datensatz auf den Server.
- Luc erledigt noch administrative Arbeiten und macht sich Notizen darüber, was er später den Einrichtern alles zu diesem Werkzeug mitteilen muss. Die wichtigsten Daten werden aber in einem Datenblatt erfasst, das ebenfalls auf dem Server abgelegt wird.

Werkzeugwechsel

Persona:

Peter Richter, Einrichter

Kontext:

Peter hat die Aufgabe, ein bereits verwendetes Werkzeug auf einer anderen Maschine einzurichten. Auf der Maschine ist noch ein altes Werkzeug aufgespannt. Die Plastifiziereinheit wurde zuvor leergespritzt.

Werkzeug:

Einweg-Blumentopf, 6-fach

Maschine:

Elion-Hybrid, 360 Tonnen Schliesskraft

Ablauf:

Demontage des bestehenden Werkzeugs:

- Peter öffnet das Schutzverdeck und reinigt das montierte Werkzeug (WZ), damit dieses eingelagert werden kann.
- Peter schliesst die Form. Dabei kann er die Einstellungen des aktuellen Datensatzes verwenden. Er betätigt den Schlüsselschalter für „Spannen unter Schliesskraft“ und öffnet das Schutzverdeck (SV).
- Bevor das Werkzeug entfernt werden kann, muss Peter alle Verbindungen der verschiedenen Medien zum WZ trennen.
- Nun werden am Werkzeug die Verbindungselemente angebracht, welche die beiden Formhälften zusammenhalten.
- Peter löst das Werkzeug von der beweglichen Formplatte (BFP) und öffnet die Schliesseinheit komplett. Dafür muss er aber das Schutzverdeck schliessen und den Schlüsselschalter für „Spannen unter Schliesskraft“ wieder zurückstellen. Erst jetzt kann er die Schliesseinheit öffnen.
- Für das Entfernen des alten Werkzeugs (WZ) fährt Peter den Kran zur Maschine und befestigt die Trageriemen am Haken des Krans. Danach wird der Kran über dem WZ positioniert, damit die Trageriemen an den Transportringen des Werkzeugs befestigt werden können. Die Trageriemen können nun gespannt werden, wobei Peter darauf achten muss, dass die Riemen gleichmässig belastet sind. So verhindert er, dass sich das WZ verspannt und nur schlecht demontiert werden kann. Auch reduziert er damit die Gefahr, dass das WZ beim Lösen der Schrauben gegen die Maschine schwingt.
- Sorgfältig kann Peter nun die einzelnen Schrauben, welche das WZ auf der düsenseitigen Formplatte (DFP) halten, entfernen. Immer wieder muss er die Spannung der einzelnen Trageriemen prüfen und mit dem Kran nachspannen, bis das WZ komplett frei ist.
- Mit Hilfe des Krans stellt Peter nun das WZ auf die bereitgestellte Palette. Das WZ ist nun bereit zum Einlagern.

Montage des neuen Werkzeugs:

- Als erstes lädt Peter den Datensatz des WZ. Damit sind die Einstellungen für das WZ der Steuerung bekannt und das Einrichten fällt leichter. Dass die Steuerung beim Laden eines Datensatzes zahlreiche Probleme feststellt, ist sich Peter gewohnt. Er weiss, dass sich diese Probleme während dem Einrichten in der Regel von selbst erledigen und schenkt ihnen keine weitere Beachtung.
- Mit Hilfe der Datenblätter für die Maschine und des WZ prüft Peter, ob er eine Zwischenplatte für den Betrieb des WZ auf dieser Maschine braucht. Da dies nicht der Fall ist, kann sich Peter diesen Schritt sparen und gleich mit dem Einbau des WZ beginnen.
- Da die WZ-Einbauhöhe bereits programmiert ist, muss Peter die Zentralverstellung (ZV) so einstellen, dass bei gestrecktem Kniehebel die richtige Position vorhanden ist. Peter schliesst dazu in der Betriebsart (BA) *Entpannen* die SE, bis die Endlage erreicht ist (der Kniehebel ist nun gestreckt). Peter verändert nun mit der ZV den Abstand der beiden Formplatten, bis eine Formposition von ca. 1mm erreicht ist. Danach wird die SE in der BA *Entpannen* wieder ganz geöffnet. Die Maschine ist nun bereit, damit das WZ eingebaut werden kann.
- Mit Hilfe des Krans positioniert Peter nun das Werkzeug so vor der DFP, dass er es mit den passenden Befestigungsschrauben befestigen kann. Da es in der Firma üblich ist, das WZ mit passendem Zentrierring einzulagern, muss Peter sich nicht um einen solchen Zentrierring kümmern.
- Nachdem die Trageriemen entfernt sind beginnt Peter mit dem Einstellen der Schliesskraft. Dazu fährt er die ZV so lange vor, bis der Alarm angezeigt wird, dass sich die ZV nicht mehr verstellt. Dies ist der Fall, wenn die Kraft des ZV-Antriebs zu klein ist, um die BFP weiter gegen das WZ zu pressen. Die Grobeinstellung der Schliesskraft ist nun in Ordnung. Den Rest überlässt Peter der Steuerung, indem er die automatische Schliesskraft-Einstellung betätigt.
- Mit den richtig dimensionierten Schrauben befestigt Peter nun die zweite Hälfte des Werkzeugs auf der BFP. Anschliessend kann er die Verbindungselemente, welche die beiden Formhälften zusammenhalten, entfernen.
- Nun muss Peter noch den Hauptauswerfer anschliessen. Dazu muss er den Auswerfer sorgfältig in die richtige Position bewegen. Dann kann er die Verbindung zwischen Auswerferplatte (Maschine) und Auswerfer (WZ) festschrauben. Das ist immer etwas mühsam, da der Raum zwischen Abstützplatte und BFP begrenzt ist.
- Jetzt kann Peter für alle konfigurierten Hilfssteuerungen die Medien dem Datensatz entsprechend wieder anschliessen. Da Peter dieses WZ zum ersten Mal einrichtet, ist das eher eine mühsame Arbeit, weil die Steuerung keine Informationen darüber bereithält, welche Komponenten zusätzlich erstellt wurden. Daher geht Peter einfach alle vorhandenen Komponenten durch. Verfügt die Komponente über einen Parametrierbereich für die Anschlüsse, schliesst er die verschiedenen Medien dem Datensatz entsprechend wieder an. Dabei kontrolliert er für jede Komponente, ob sie richtig funktioniert (Endschalter, Be-

wegungsrichtung). Die diversen Schläuche und Kabel befestigt Peter am Werkzeug, damit sich durch die Bewegungen nichts lösen kann oder scheuert.

- Nach dem Lernen des Auswerferhubs kann die Form ein erstes Mal geschlossen werden, was bestens funktioniert.
- Die WZ-Sicherung ist eigentlich schon konfiguriert. Trotzdem muss Peter einzelne Werte justieren, da auf einer anderen Maschine, auch bei gleicher Baugrösse, die Kräfte variieren. Da dies im Trockenzyklus erfolgt, schaltet Peter alle Kommandos im Ablauf aus, die für die Plastifizierung des Kunststoffes zuständig sind. Weil auch andere Kommandos ausgeschaltet sind, notiert Peter die ausgeschalteten Kommandos auf einem Papier (das Smartphone muss er jeweils in der Garderobe lassen).
- Im Zyklusbetrieb (Trockenzyklus) justiert Peter die WZ-Sicherung, bis diese gut funktioniert. Dazu kontrolliert er den Kraftverlauf anhand der WZ-Sicherungsgrafik. Peter ist es vor allem wichtig, dass der Zyklus während der Produktion nicht unnötig stoppt. Deshalb ist ihm eine zu empfindliche WZ-Sicherung ein Dorn im Auge. Schliesslich wird er gerufen, wenn in der Produktion Probleme anstehen.
- Nun können die zuvor für den Trockenzyklus ausgeschalteten Kommandos wieder eingeschaltet werden (gemäss den Notizen).
- Bevor Peter die Heizungen einschalten kann, stellt er die Temperaturen gemäss Datenblatt des Granulatherstellers grob ein. Die Heizungen werden nun eingeschaltet.
- Nachdem die Materialversorgung sichergestellt ist, schaltet Peter die Heizungen ein. Jetzt muss er warten, bis die Temperaturen erreicht sind. Je nach Werkzeug und Grösse der Plastifizierung kann dies bis zu einer Stunde dauern (PET).
- Die ersten Ausspritzversuche schlagen fehl, weil der Dosierendpunkt nicht erreicht wird (noch kein Material eingezogen). Das ist normal. Peter versucht es noch einige Male und spritzt dann so lange aus, bis keine Luftblasen mehr austreten, was akustisch gut festgestellt werden kann (Luftblasen erzeugen einen Knall beim Austritt).
- Peter versucht nun einen ersten Zyklus. Zwei Blumentöpfe lassen sich nicht sauber entformen, weshalb Peter die entsprechenden Kavitäten reinigt und einspritzt. Der nächste Versuch ist erfolgreich.
- Peter kann nun die ersten Teile im Zyklusbetrieb produzieren. So erhält er Werte auf der Qualitätsseite, die er mit den Vorgaben vergleicht. Verschiedene Werte müssen korrigiert werden, bis wieder alle Werte im erlaubten Bereich sind und die Produktion stabil läuft.
- Peter nimmt nun einzelne Teile und kontrolliert auch die optischen Eigenschaften. Auch das Gewicht misst er und vergleicht die Daten mit den Einträgen im Werkzeugjournal.
- Peter speichert den Datensatz auf den USB-Speicher und füllt das Werkzeugjournal aus. Dann informiert er den Schichtführer, dass die Maschine für die Produktion bereit ist. Da es mit der Produktion eilt, bittet ihn dieser, gleich die Produktion zu starten.

A11 Card Sorting: Leitfaden

Bestimmen der Informations-Architektur (IA)

Ziel

- Bestimmen der Informations-Architektur als Grundlage für die Navigation.
- Validierung der Gruppen: Nachweis, ob die von uns definierten Arbeitssituationen verstanden und akzeptiert werden.
- Bestimmen, welche Themen gehören in welche Arbeitssituation.
- Festhalten, bei welchen Themen sind sich die Tester einig. Und bei welchen Themen besteht keine Einigkeit. Die letzteren Themen müssen dann allenfalls in verschiedenen Arbeitssituationen (in unterschiedlicher Form) zur Verfügung stehen.
- Erkennen, wo das Wording noch nicht optimal ist. Erhalten von Namensvorschlägen.

Wichtig ist der qualitative Input der Testpersonen. Es sollen 5-6 Testpersonen teilnehmen. Falls die Testergebnisse sehr heterogen ausfallen, kann zu einem späteren Zeitpunkt ein weiteres Card-Sorting durchgeführt werden.

Form

Durchführung eines geschlossenen Cardsorting mit Papierkärtchen im Einzeltest (offline).

Aufstellung

Eine Testperson

Ein Testleiter

Ein Protokollführer zum Festhalten der Testergebnisse. (Wird optional durch Testleiter wahrgenommen)

Zielgruppen

Für das Erreichen der Ziele sind Testpersonen mit Domänenwissen notwendig.

1. Personen mit vertieften Domänenwissen in der Spritzgiessbranche
2. Personen mit Erfahrung mit Netstal-Maschinen
3. Personen mit Erfahrung mit der aXos-Steuerung

Ablauf

Je nach Testperson hat sie vor dem Card Sorting bereits den Papierprototyp getestet. Dort wurde die Testperson mit dem neuen Situationswahlschalter konfrontiert.

Falls die Testperson den Papierprototyp noch nicht getestet hat:

- Bedanken für Zeit und Zusammenarbeit
- Kurzbeschrieb Masterarbeit, Touchscreen
- Vorstellen der Personen
- Informieren über Situationswahl

Für alle Testpersonen:

- Begrüssung der Testperson
- Erklären was bei diesem CardSorting zu machen ist
- Erklären worum es bei diesem CardSorting geht (Ziel)
- Ermuntern zum laut Denken
- Durchführen des Cardsorting
Testleiter beobachtet:
 1. Welche Themen sind sehr einfach zu gruppieren? (Sicherheit)
 2. Welche werden bis zuletzt nicht versorgt? (Unsicherheit/Unklarheit)
 3. Welche werden von einer Gruppe zur andere verschoben (Unsicherheit)
- Foto des Sortierergebnis machen
- Festhalten beruflicher Hintergrund der Testperson
- Selbsteinschätzung der Testperson (Wertebereich 1 Keine Erfahrung - 5 Experte)
 1. Domänenwissen in der Spritzgiessbranche.
 2. Erfahrung mit Netstal-Maschinen
 3. Erfahrung mit der aXos-Steuerung
- Kurzinterview (Fragen dürfen bereits bei der Durchführung beantwortet werden)
 1. Wie gut hat die Einsortierung funktioniert?
 2. Sind die Gruppen stimmig? Oder müssten es andere Gruppen sein?
 3. Sind die Bezeichnungen stimmig? Oder müssten es andere Bezeichnungen für die Gruppen und Themen sein?
 4. Bei welchen Themen gab es Schwierigkeiten bei der Einsortierung?
 5. Weshalb ist die Einsortierung dort schwierig?
 6. Falls bei Gruppen nur einzelne Themen einsortiert sind: Was für neue Themen würde die Testperson zusätzlich dort erwarten?
- Danke für die Mitarbeit

Zeitbedarf

Der gesamte Test sollte für eine Testperson in 20 Minuten durchführbar sein. (Feedback aus Testlauf?) Hat eine Testperson sehr viel Input, besteht die Möglichkeit diese zu einem späteren Zeitpunkt einzuholen. Der Testleiter soll dies je nach Zeitbudget zusammen mit der Testperson entscheiden.

Zeitpunkt / Ort

Fr. 19. September 2014, in Sitzungsraum der Netstal Maschinen AG.

Testergebnisse

1. Foto des Sortierergebnis
2. Festhalten der qualitativen Hinweise der Testperson
3. Kurzprotokoll des Interviews

4. Auswertung der Sortierung online mit Optimalsort (online durch Testleiter).
Prozent-Anteil eines Themas zu einer Arbeitssituation.
5. Fazit der Ergebnisse
Entscheid ob Ergebnis ausreichend für Definition der IA
Festhalten der Themen mit nicht eindeutigem Ergebnis. Gegebenenfalls mit Begründung aus Interviews.
6. Definition weitere Schritte bezüglich IA

Material

- Dieser Leitfaden
- Papierkärtchen mit Themen
- Leere Papierkärtchen, falls ein Thema in mehreren Gruppen eingeordnet werden soll.
- Gruppenkärtchen mit Arbeitssituationen
- Fotoapparat
- Testprotokoll pro Testperson
- Schreibzeug

A12 Card Sorting: Auswertung

Thema	Ergebnisse Testpersonen				Auswertung							
	F.	A.+J.	M.	E.	Allgemein	Übersicht	Produktion	Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme	Service	Nicht zuordenbar	
Energieverbrauch überprüfen	Übersicht	Übersicht	Übersicht	Übersicht	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Betriebsdatenanzeige konfigurieren	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Allgemein	Allgemein	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Report erstellen	Produktion	Produktion	Produktion	Produktion	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ablauf aufbauen	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Einspritzen/Nachdruck optimieren	Produktion	Inbetriebnahme	Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme, Produktion	0.00	0.00	0.50	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00
Dosiermenge optimieren	Produktion	Inbetriebnahme	Werkzeugwechsel, Produktion	Inbetriebnahme, Produktion	0.00	0.00	0.75	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00
Zykluszeit optimieren	Produktion	Inbetriebnahme	Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme, Produktion	0.00	0.00	0.50	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00
Überblick über Ausgänge (Ausrüstung)	Service	Übersicht	Allgemein	Werkzeugwechsel	0.25	0.25	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00
Sicherheitsstufen sehen	Inbetriebnahme	Übersicht	Inbetriebnahme, Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme	0.00	0.25	0.00	0.25	0.75	0.00	0.00	0.00
Anschlussverwendung sehen, anspringen	Produktion	Inbetriebnahme	Allgemein	Werkzeugwechsel	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00
Infrastruktur Anschlussstatus ansehen	Service	Service	Service	Werkzeugwechsel	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.75	0.00	0.00
Interkomponentenverhalten für Handbetrieb festlegen	Inbetriebnahme	Service	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00
Navigation zwischen Komponenten, Verriegelungen und Überwachungen	Inbetriebnahme	Allgemein	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.25	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00
Komponente erstellen	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Komponente parametrieren	Produktion	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.25	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00
Anschlusszuweisen	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme, Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.25	1.00	0.00	0.00	0.00
Anschlussstatus (IOs) ansehen	Inbetriebnahme	Übersicht	Allgemein	Inbetriebnahme	0.25	0.25	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Temperaturzonen konfigurieren (Sensortyp)	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Temperaturen einstellen	Produktion	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.25	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00
Verriegelung ein- und ausschalten	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Ansprechstatus der Verriegelung sehen	Produktion	Übersicht	Nicht zuweisbar	Produktion	0.00	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Einsehen der Überwachungsreaktion	Produktion	Nicht zuordenbar	Inbetriebnahme	Werkzeugwechsel	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.25

Thema	Ergebnisse Testpersonen				Auswertung						
	F.	A.+J.	M.	E.	Allgemein	Übersicht	Produktion	Werkzeug- wechsel	Inbetrieb- nahme	Service	Nicht zuor- denbar
Überwachungen ein- und ausschalten	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Trendgrafik konfigurieren	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Allgemein	Produktion	0.25	0.00	0.25	0.00	0.50	0.00	0.00
Trendgrafik ansehen	Produktion	Produktion	Übersicht	Produktion	0.00	0.25	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Statistik / Report parametrieren	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Allgemein	Produktion	0.25	0.00	0.25	0.00	0.50	0.00	0.00
Qualitätsüberwachung konfigurieren	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.00	0.00
Stichproben auswerten	Produktion	Produktion	Produktion	Produktion	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Datensatz laden/speichern/löschen	Werkzeugwechsel	Allgemein	Inbetriebnahme, Werkzeugwechsel	Werkzeugwechsel	0.25	0.00	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00
Produktionszähler überwachen + zurücksetzen	Produktion	Produktion	Produktion	Produktion	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gebindewechsel steuern	Produktion	Produktion	Produktion	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.75	0.00	0.25	0.00	0.00
Anstehende Alarmmeldungen ansehen	Produktion	Allgemein	Allgemein	Allgemein	0.75	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Ereignisse u. Änderungen im Logbuch ansehen	Produktion	Allgemein	Allgemein	Werkzeugwechsel	0.50	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00
erkannte HW-Ausrüstung ansehen	Inbetriebnahme	Inbetriebnahme	Allgemein	Service	0.25	0.00	0.00	0.00	0.50	0.25	0.00
Diagnosedaten speichern/löschen	Service	Service	Service	Service	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
Steuerung herunterfahren	Allgemein	Allgemein	Allgemein	Allgemein	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vorkonfigurierte Seite einsehen	Produktion	Allgemein	Produktion	Produktion	0.25	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Parametrieren an vereinfachtem Ablauf (Schlüssen - Formgebung - Entnahme, z.B. in tabellarischer Form)	Produktion	Produktion	Produktion	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.75	0.00	0.25	0.00	0.00
Anschlusszuweisung anhand Checkliste prüfen	Werkzeugwechsel	Werkzeugwechsel	Werkzeugwechsel	Werkzeugwechsel	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Ablauf parametrieren ohne strukturelle Änderungen	Produktion	Inbetriebnahme	Werkzeugwechsel	Inbetriebnahme	0.00	0.00	0.25	0.25	0.50	0.00	0.00
Aktuelle Istwerte mit historischen vergleichen	Produktion	Produktion	Allgemein	Werkzeugwechsel	0.25	0.00	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00
Wartungslogbuch einsehen	Service	Service	Service	Service	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

neue Kärtchen ohne oXos-Enspiechung von einer Gruppe in die andere verschoben bis zuletzt nicht versorgt

Allgemein			
100%	75%	50%	25%
Steuerung herunterfahren	Anstehende Alarmmeldungen ansehen	Betriebsdatenanzeige konfigurieren Ereignisse u. Änderungen im Logbuch ansehen	Überblick über Ausgänge (Ausrüstung) Anschlussverwendung sehen, anspringen Navigation zwischen Komponenten, Verriegelungen und Überwachungen Anschlussstatus (IOs) ansehen Trendgrafik konfigurieren Statistik / Report parametrieren Datensatz laden/speichern/löschen erkannte HW-Ausrüstung ansehen Vorkonfigurierte Seite einsehen Aktuelle Istwerte mit historischen vergleichen

Übersicht			
100%	75%	50%	25%
Energieverbrauch überprüfen			Überblick über Ausgänge (Ausrüstung) Sicherheitsstufen sehen Anschlussstatus (IOs) ansehen Ansprechstatus der Verriegelung sehen Trendgrafik ansehen

Produktion			
100%	75%	50%	25%
Report erstellen Stichproben auswerten Produktionszähler überwachen + zurücksetzen	Dosiermenge optimieren Trendgrafik ansehen Gebindewechsel steuern Vorkonfigurierte Seite einsehen Parametrieren an vereinfachtem Ablauf (Schliessen - Formgebung - Entnahme, z.B. in tabellarischer Form)	Einspritzen/Nachdruck optimieren Zykluszeit optimieren Ansprechstatus der Verriegelung sehen Aktuelle Istwerte mit historischen vergleichen	Anschlussverwendung sehen, anspringen Komponente parametrieren Temperaturen einstellen Einsehen der Überwachungsreaktion Trendgrafik konfigurieren Statistik / Report parametrieren Anstehende Alarmmeldungen ansehen Ereignisse u. Änderungen im Logbuch ansehen Ablauf parametrieren ohne strukturelle Änderungen

Werkzeugwechsel			
100%	75%	50%	25%
Anschlusszuweisung anhand Checkliste prüfen	Datensatz laden/speichern/löschen		Einspritzen/Nachdruck optimieren Dosiermenge optimieren Zykluszeit optimieren Überblick über Ausgänge (Ausrüstung) Sicherheitsstufen sehen Anschlussverwendung sehen, anspringen Infrastruktur Anschlussstatus ansehen Anschluss zuweisen Einsehen der Überwachungsreaktion Qualitätsüberwachung konfigurieren Ereignisse u. Änderungen im Logbuch ansehen Ablauf parametrieren ohne strukturelle Änderungen Aktuelle Istwerte mit historischen vergleichen

Inbetriebnahme			
100%	75%	50%	25%
Ablauf aufbauen Komponente erstellen Anschluss zuweisen Temperaturzonen konfigurieren (Sensortyp) Verriegelung ein- und ausschalten Überwachungen ein- und ausschalten	Sicherheitsstufen sehen Interkomponentenverhalten für Handbetrieb festlegen Navigation zwischen Komponenten, Verriegelungen und Überwachungen Komponente parametrieren Temperaturen einstellen Qualitätsüberwachung konfigurieren	Betriebsdatenanzeige konfigurieren Einspritzen/Nachdruck optimieren Dosiermenge optimieren Zykluszeit optimieren Anschlussstatus (IOs) ansehen Trendgrafik konfigurieren Statistik / Report parametrieren erkannte HW-Ausrüstung ansehen Ablauf parametrieren ohne strukturelle Änderungen	Anschlussverwendung sehen, anspringen Einsehen der Überwachungsreaktion Datensatz laden/speichern/löschen Gebindewechsel steuern Parametrieren an vereinfachtem Ablauf (Schliessen - Formgebung - Entnahme, z.B. in tabellarischer Form)

Service			
100%	75%	50%	25%
Diagnosedaten speichern/löschen Wartungslogbuch einsehen	Infrastruktur Anschlussstatus ansehen		Überblick über Ausgänge (Ausrüstung) Interkomponentenverhalten für Handbetrieb festlegen erkannte HW-Ausrüstung ansehen

A13 Card Sorting: Resultate

Im Folgenden sind die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen für jeden einzelnen Begriff des Cardsortings aufgelistet. Dies dient als Basis für die weiteren Arbeiten an der Informationsarchitektur.

Energieverbrauch überprüfen (4)

Übersicht 4

⇒ Übersichtseite Energieverbrauch

Betriebsdatenanzeige konfigurieren (4)

Nicht an Bediener gekoppelt. Bedieneridentifikation wird nur ungerne verwendet: wenn Kunde dies verlangt.

Inbetriebnahme 2

- In Inbetriebnahme werden wichtige Werte für Werkzeug bestimmt.

Allgemein 2

- Konfigurieren gemäss Firmenvorgaben.

⇒ Allgemein zugängliche Einstellungen für Betriebsdatenanzeige

Report erstellen (4).

Produktion 4

- Reports als Kundenbelege, um die Qualität der produzierten Teile zu dokumentieren.

⇒ Qualitätsrelevante Reports in der Produktion

Inbetriebnahme 0

- Für die Dokumentation des erstellten Datensatzes. Einerseits zur Sicherheit (Sicherungskopie auf Papier), andererseits für den Transfer auf Maschinen von anderen Herstellern und für den Vergleich bei WZ-Wechsel.

⇒ Dokumentatorische Reports in Inbetriebnahme oder beim Datensatzhandling

Ablauf aufbauen (4)

Inbetriebnahme: 4

- Ablaufeditor braucht viel Fachwissen, wird aber lediglich bei der Inbetriebnahme eines neuen Werkzeugs benötigt.

⇒ Ablaufeditor

- Ein- und Ausschalten von Verriegelungen

⇒ Verriegelungskonfigurator

- Überwachungen ein- und ausschalten

⇒ Überwachungskonfigurator

Optimieren (4)

Produktion 2

- Optimieren, um Qualität aufrecht zu erhalten (konstante Prozesswerte)

- Vergleich der Prozesswerte mit Referenz und Trend

- Justieren in engen Grenzen

⇒ Trendgrafik mit Vergleich Referenz und Tendenz (als einfacher Pfeil)

⇒ Übersichtsseite mit Vergleich Referenz und Tendenz

WZ-Wechsel 1

- Optimieren, um Referenzwerte (Zyklus, Energie, Kennwerte) zu erreichen

- Vergleich von Referenz- und Istwerten, Justieren in Grenzen

⇒ Timelineansicht des Prozess

⇒ Sequenzdiagramm

⇒ Trendgrafik

⇒ Verändern von einzelnen Werten auf Übersichtsseite

Inbetriebnahme 1

- Optimieren nach Zeit, Qualität, Energie und Prozessstabilität

- Zyklusanalyse: Wo geht Zeit / Energie verloren

⇒ Timelineansicht des Prozess

⇒ Sequenzdiagramm

⇒ Kritischer Pfad

- Stabilität: Wie stark schwanken Kennwerte, läuft Zyklus stabil

⇒ Trendgrafik

⇒ Tabelle mit Prozesswerten

⇒ Störungsstatistik

Überblick über Ausgänge (4)

Starke Streuung der Antworten. Unter dem Begriff wurden unterschiedliche Dinge verstanden (vorhandene Ausrüstungsübersicht, Zustände der Ausgänge am Schaltschrank, Zuweisung zu Komponenten etc.). Werden die verschiedenen Begriffe sauber definiert, erfolgt die Zuweisung definierter.

Allgemein 1

- Ansicht der vorhandenen Anschlüsse mit Zuweisung zu Komponenten und jeweiliger Sicherheitsstufe. Können noch Komponenten gemacht werden? Auch in der Situation Übersicht denkbar.

⇒ Anschlussübersicht mit freien und benutzten Anschlüssen und Anzeige der Sicherheitsstufe

Übersicht 1

- Welche Einheiten wurden gekauft, was für Erweiterungen sind noch möglich. Verwendung der Ausrüstung über Zeit (Auslastung der Ausrüstung)

⇒ Ansicht nach Ausrüstungsoptionen (gekauft, verfügbare)

⇒ Ausrüstungs-Auslastungsgrafik: Wie oft und wie lange wurde die vorhandene Ausrüstung effektiv genutzt

WZ-Wechsel 1

- Welche Komponenten brauchen welche Ausrüstung, was muss wie zugewiesen werden. Ist die für das Werkzeug benötigte Ausrüstung vorhanden? Gibt es Alternativen?
 - ⇒ *Checkliste bei der Zuweisung mit Gesamtstatus ob möglich oder nicht und Anschlussbelegung für jede Komponente*
 - ⇒ *Beschränkte Auswahl, wenn für eine Komponente ein anderer Anschluss gewählt werden muss*

Service 1

- Welche Ausrüstung wurde erkannt, was ist konfiguriert aber nicht vorhanden
 - ⇒ *Einsicht in die Konfigurationseinstellung*
 - ⇒ *Ansicht der konfigurierten und der vorhandenen Ausrüstung mit Problembereichen*
- Zustand der Ein- und Ausgangssignale am Schaltschrank
 - ⇒ *Übersicht der IOs im Schaltschrank*

Inbetriebnahme 0

- Beim Erstellen einer Komponente ist es gut frühzeitig zu wissen, ob für die Komponente die benötigten Anschlüsse noch vorhanden sind oder nicht
 - ⇒ *Status im Wizard, ob für Komponente noch Anschlüsse vorhanden sind*

Sicherheitsstufe sehen (5)**Übersicht 1**

- Schnelle Übersicht über die Sicherheitssituation an der Maschine. Gibt es Komponenten, die ein erhöhtes Sicherheitsrisiko haben? Ist überhaupt Ausrüstung mit erhöhtem Sicherheitsrisiko vorhanden?
 - ⇒ *Ansicht, die rasch einen Überblick über die Sicherheit an der SGM verschafft*

WZ-Wechsel 1

- Der Einrichter muss erkennen, welche Sicherheitsstufe die einzelnen Komponenten haben.
 - ⇒ *Anzeige der Sicherheitsstufe der einzurichtenden Komponente*
 - ⇒ *Anzeige der Sicherheitsstufe der einzelnen Komponente*

Inbetriebnahme 3

- Die aktuelle Sicherheitsstufe der Komponenten und aller vorhandenen Anschlüsse muss ersichtlich sein.
- Die Sicherheitsstufe muss geändert werden können.
 - ⇒ *Wizard zum Ändern der Sicherheitsstufe*
- Zuweisen von Anschlüssen mit der entsprechenden Sicherheitsstufe
 - ⇒ *Anschlusszuweisung*

Anschlussverwendung sehen, anspringen (4)

Hierbei handelt es sich um eine Detailfunktion der Anschlussübersichtsseite. Bei der Zuordnung versuchten die Personen zu berücksichtigen, in welchen Arbeitssituationen die Funktion ver-

wendet wird. Die Resultate sind identisch mit dem Überblick über die Ausgänge.

Infrastruktur Anschlussstatus sehen (4)

Eine Person ordnete diese Funktion der Arbeitssituation WZ-Wechsel zu. Da aber Infrastrukturkomponenten fix auf der Maschine verbaut sind, macht die Funktion bei einem WZ-Wechsel nicht viel Sinn. Im Gespräch stellte sich heraus, dass der Schwerpunkt vor allem beim Anschlussstatus und nicht unbedingt bei den Infrastrukturkomponenten lag.

Service 3

- Der Servicetechniker muss für jede einzelne Komponente die verwendete Ausrüstung sehen können. Dazu braucht er die Verdrahtungspläne sowie den Status der Ein- und Ausgänge im Schaltschrank.
 - ⇒ *Auflistung der verwendeten Anschlüsse einer Komponente*
 - ⇒ *Anzeige von zugehörigen Elektroschemas*
 - ⇒ *Navigation von verwendeten Anschlüssen der Komponente zu der Ansicht der Ein- und Ausgänge im Schaltschrank und den zugehörigen IOs (und rückwärts)*
 - ⇒ *Ansicht der IOs im Schaltschrank*

WZ_Wechsel 1

- Beim Anschliessen der Komponenten ist es hilfreich, wenn Zustände von Sensoren (z.B. Endschalter) angezeigt werden. Dies betrifft jedoch nicht Infrastrukturkomponenten, sondern grundsätzlich Komponenten.
 - ⇒ *Anzeige des Status der Anschlüsse in der Checkliste für die Zuweisung*

Interkomponentenverhalten für Handbetrieb festlegen (4)

Legt fest, ob eine Komponente (Slave) im Handbetrieb bei der Bewegung einer Leitkomponente (Master) folgen soll oder nicht.

Service 1

- Wurde von den beiden Anwendungstechnikern nicht richtig verstanden. Der Begriff hätte genauer beschrieben werden müssen.

Inbetriebnahme 3

- Der Inbetriebnehmer legt fest, welche Komponenten z.B. mit der Form im Handbetrieb mitfahren sollen und welche nicht. Diese Definition ist abhängig vom jeweiligen Werkzeug und erfordert entsprechende Kenntnisse über die WZ-internen Abläufe.
 - ⇒ *Ansicht der Verknüpfungshierarchien mit der Möglichkeit, die Zuweisungen zu beeinflussen*

Navigation zwischen Komponenten, Verriegelungen und Überwachungen (4)

- Hierbei handelt es sich um eine übergreifende Funktion der aktuellen Steuerung. Je nach zukünftiger IA wird diese Funktion mehr oder weniger nötig sein.

⇒ *Es braucht ein Navigationskonzept, wie direkt zwischen verschiedenen Themen und deren Inhalten navigiert werden kann ohne immer über den Haupteinstieg navigieren zu müssen.*

Komponente erstellen (4)

Das Erstellen einer neuen Komponente ist nur bei der Inbetriebnahme eines neuen WZ nötig. Später werden bestehende Datensätze geladen, in denen bereits alle Komponenten erstellt sind.

Inbetriebnahme 4

- Erstellen, Kopieren und Löschen von Komponenten
 - ⇒ *Wizard zum Erstellen neuer Komponenten*
 - ⇒ *Funktion zum Kopieren bestehender Komponenten*
 - ⇒ *Löschen von bestehenden Komponenten inkl. Anzeige der in den Abläufen verwendeten Kommandos*
- Definieren der verwendeten Anschlüsse und der Sicherheitsstufe
 - ⇒ *Wizard für Definition der Sicherheitsstufe*
 - ⇒ *Anschlusskonfiguration*
- Prüfen der Bewegungsrichtungen
 - ⇒ *Anzeige der Lage und Umschalten der Anschlüsse (SW-seitig)*

Komponente parametrieren (4)

Inbetriebnahme 3

- Parametrieren der grundlegenden Komponenteneinstellungen
 - ⇒ *Eingabeelemente für Komponentenparameter*
- Umbenennung und festlegen des Index
 - ⇒ *Eingabeelemente für Name und Index*
- Hub lernen
 - ⇒ *Funktion zum Hublernen via Bedienpanel auslösbar*
- Eingabe der maximalen Laufzeiten
 - ⇒ *Konfiguration von Komponentenüberwachungen*

Produktion 1

- Einstellen einzelner weniger Parameter, muss nicht auf Komponente selber sein
 - ⇒ *Übersichtsseite mit den wichtigsten Werten*

Anschluss zuweisen (5)

Inbetriebnahme 4

- Festlegen der verwendeten Anschlüsse. Auch wird bestimmt, ob optionale Anschlüsse (z.B. Endschalter) verwendet werden.
 - ⇒ *Anschlusskonfiguration*

WZ-Wechsel 1

- Anschliessen der im Datensatz gespeicherten Konfiguration gemäss Checkliste.
 - ⇒ *Checkliste für Anschlusszuweisung*
- Zuweisen eines alternativen Anschlusses, wenn vordefinierter Anschluss nicht vorhanden
 - ⇒ *Beschränkte Auswahl passender Anschlüsse*

Anschlussstatus (IOs) ansehen (4)

Starke Streuung der Antworten. Unter dem Begriff wurden unterschiedliche Dinge verstanden (vorhandene Ausrüstungsübersicht, Zustände der Ausgänge am Schaltschrank, Zuweisung zu Komponenten etc.). Werden die verschiedenen Begriffe sauber definiert, erfolgt die Zuweisung definierter.

Allgemein 1

- Ansicht der vorhandenen Anschlüsse mit Anzeige des jeweiligen Status. Besser in der Arbeitssituation Übersicht unterbringen.

Übersicht 1

- Ansicht der vorhandenen Anschlüsse mit Anzeige des jeweiligen Status
 - ⇒ *Anschlussübersicht mit freien und benutzten Anschlüssen und Anzeige des Status*

Inbetriebnahme 2

- Bei der Inbetriebnahme kann es hilfreich sein, wenn die Zustände z.B. der Endschalter ersichtlich sind. Dadurch lassen sich die Anschlüsse für die Endschalter richtig zuweisen.
 - ⇒ *Anzeige des Anschlussstatus in der Anschlusskonfiguration*

WZ-Wechsel 0

- Beim Anschliessen der benötigten Ausrüstung für eine Komponente kann es hilfreich sein, wenn die Zustände z.B. der Endschalter ersichtlich sind. Dadurch lassen sich die Anschlüsse für die Endschalter richtig zuweisen.
 - ⇒ *Anzeige des Anschlussstatus in der Checkliste für das Anschliessen der Ausrüstung*

Service 0

- Kontrolle der Zustände aller Anschlüsse für eine bestimmte Komponente. Damit kann im Fehlerfall die Ursache eingekreist werden. Liegt ein Programmierfehler vor (Ausgang wird nicht angesteuert) oder ist es ein Hardwaredefekt (Ausgang wird angesteuert aber kein Signal messbar)
 - ⇒ *Anzeige der Stati aller Anschlüsse einer Komponente (inkl. Reglerrohwerter)*
 - ⇒ *Anschluss schemata für die Komponente*
 - ⇒ *Navigation zu der Anschlussübersicht im Schaltschrank*

Temperaturzonen konfigurieren (4)

Inbetriebnahme 4

- Einstellen von Toleranzen, Betriebsart, Fühlertyp etc. für alle Zonen. Ein- und Ausschalten von Zonen.
 - ⇒ *Detaillierte Parametrierungsansicht einzelner Zonen*

- Konfiguration von Werkzeuglayout und Übersichtsseiten
⇒ *Werkzeuglayout-Editor für Temperaturen*

Temperaturen einstellen (4)

Produktion 1

- Kontrolle der Temperatursituation und Korrektur der Solltemperatur für einzelne Zonen
⇒ *Temperaturübersicht*
⇒ *Einfaches Verstellen des Sollwertes einzelner Zonen aus Temperaturübersicht*
⇒ *Übersichtsseite mit einzelnen Sollwerten*

Inbetriebnahme 3

- Einstellen der Solltemperaturen für alle Zonen
⇒ *Temperaturübersicht mit Gruppenoperationen*
- Definieren von Ein- und Ausschaltsequenzen mit Verweilzeiten
⇒ *Schaltuhr und Sequenzeditor*

Verriegelungen ein- und ausschalten (4)

Inbetriebnahme 4

- Die Verriegelungen müssen ein- und ausgeschaltet werden können. Weicht eine Verriegelung von der Defaultkonfiguration ab, muss der Bediener dies sehen können. Der Bediener soll pro Komponente feststellen können, welche Verriegelungen einwirken.
⇒ *Verriegelungsansicht aller Verriegelungen einer Komponente*
⇒ *Ansicht aller Verriegelungen, welche auf ein Kommando einwirken*
⇒ *Verriegelungskonfigurator*
⇒ *Auflistung aller Verriegelungen, welche vom Default abweichen*

Ansprechstatus einer Verriegelung sehen (3)

Bei den Verriegelungen besteht das Problem, dass sie aus Bediener-sicht oft hinderlich sind, da sie zum Teil unnötig den Freiraum einschränken. Auf der anderen Seite sind sie notwendig, um einen sicheren Betrieb ohne Beschädigungen an Werkzeug und Maschine zu gewährleisten. Eine Person hat sich so geäußert, dass sie sich eigentlich gar nicht um Verriegelungen kümmern will. Dies deckt sich mit Aussagen aus früheren Benutzerbefragungen im Zusammenhang mit einem mittlerweile verworfenen Konzept.

Übersicht 1

- Status aller Verriegelungen einsehen
⇒ *Übersichtsseite mit allen Verriegelungen, geordnet nach Komponenten*
⇒ *Anzeige von gegenüber dem Default abweichenden Verriegelungen*

Produktion 2

- Es muss klar ersichtlich sein, was getan werden muss, um eine Verriegelung aufzuheben
⇒ *Verständliche Alarmmeldung*
⇒ *Anzeige der Verriegelung, die angesprochen hat*
⇒ *Hilfestellung zum Aufheben der Verriegelungssituation*
⇒ *Anzeige weiterer Verriegelungen welche eine bestimmte Aktion verhindern*

Einsehen der Überwachungsreaktion (3)

In der aktuellen Steuerung kann ein Teil der Überwachungen ein- und ausgeschaltet werden. Die Reaktion ist jedoch fix definiert. Entsprechend hat dieser Begriff zu einem uneindeutigen Resultat geführt. Eine Person konnte den Begriff gar nicht zuordnen.

Produktion 1

- Was hat das Ansprechen einer Überwachung genau zur Folge, was sind die nächsten Schritte
⇒ *Anzeige des Status und der Aktionen der Reaktion*
- Wann schlägt eine Überwachung an
⇒ *Anzeige des Ansprechgrundes und möglicher Behebungsmöglichkeiten*

WZ-Wechsel 1

Etwas Vergleichbares wie die Arbeitssituation für den WZ-Wechsel gibt es derzeit nicht. Entsprechend hatten die einzelnen Personen zum Teil Probleme damit, die Arbeitssituationen WZ-Wechsel und Inbetriebnahme zu unterscheiden. Das Einsehen der Überwachungsreaktion macht beim WZ-Wechsel keinen Sinn, da die Reaktion bei der Inbetriebnahme definiert wurde und erst in der Produktion auftritt.

- Evtl. gibt es Überwachungen, die bereits beim WZ-Wechsel ansprechen können
⇒ *Anzeige des Status und der Aktionen der Reaktion*
⇒ *Anzeige des Ansprechgrundes und möglicher Behebungsmöglichkeiten*

Inbetriebnahme 1

- Ansicht des Ansprechkriteriums und der entsprechenden Reaktion
⇒ *Ansicht der Sequenz, die bei Ansprechen der Überwachung ausgeführt werden soll*

Überwachungen ein- und ausschalten (4)

Inbetriebnahme 4

- Es muss möglich sein, eine Überwachung, welche die Produktion behindert, weil sie nicht zutrifft, auszuschalten (und auch wieder einzuschalten)
⇒ *Bedienelement zum Ein- und Ausschalten der Überwachung*
⇒ *Anzeige des Ansprechgrundes und der Reaktion*

Trendgrafik konfigurieren (4)

Eine klare Abgrenzung zwischen der Trendgrafik und der Konfiguration der Q-Überwachung kann nicht gemacht werden, da

die Trendgrafik auf den Daten und Einstellungen der Q-Überwachung basiert. Entsprechend sind die Resultate in diesem Bereich nicht ganz eindeutig. Unter der Konfiguration der Trendgrafik haben wir die Konfiguration der anzuzeigenden Trendbalken verstanden. Dadurch wird an der eigentlichen Q-Überwachung nichts verändert.

Allgemein 1

- Obwohl die Trendgrafik in verschiedenen Arbeitssituationen verwendet wird, macht die Konfiguration bei den allgemeinen Funktionen keinen Sinn. Die Funktion muss nicht allgemein verfügbar sein. Zudem erfolgt die Auswahl der Trendbalken nicht in jeder Arbeitssituation (welche Prozesswerte produktrelevant sind erfordert Fachwissen).

Produktion 1

- In der Produktion wird der Anzeigebereich eingestellt, die Anzeige gestoppt um eine bestimmte Situation genauer betrachten zu können und die Anzeige skaliert. Zudem macht hier eine stark vereinfachte Trendgrafik Sinn, die auf sehr leicht verständliche Art und Weise einen Trend in der Produktion aufzeigt, ohne dass dazu viel Prozesswissen notwendig ist (z.B. durch Anzeige eines Trendpfeils pro Prozesswert).

⇒ Auswahl Anzeigebereich Trendgrafik

⇒ Vereinfachte Trendgrafik

⇒ Auswahl Skalierung Trendgrafik

Inbetriebnahme 2

- Da die Auswahl der prozessrelevanten Parameter viel Fachwissen erfordert, erfolgt hier die eigentliche Konfiguration der Trendgrafik. Es können auch Eingreifgrenzen bestimmt werden.

⇒ Auswahl Trendbalken

⇒ Definition Eingreifgrenzen

Trendgrafik ansehen (4)

Übersicht 1

- Die Trendgrafik bietet einen guten Einblick, wie die Produktion in der Vergangenheit funktioniert hat. Es werden eher grosse Darstellungsbereiche benötigt.

⇒ Trendgrafik (Histogramm) mit grossen Darstellungsbereichen

- Anzeige eines Trend für die laufende Produktion (muss demnächst eingegriffen werden?)

⇒ Vereinfachte Trendanzeige für laufende Produktion

Produktion 3

- In der Produktion wird der Anzeigebereich eingestellt, die Anzeige gestoppt um eine bestimmte Situation genauer betrachten zu können und die Anzeige skaliert. Zudem macht hier eine stark vereinfachte Trendgrafik Sinn, die auf sehr leicht verständliche Art und Weise einen Trend in der Produktion auf-

zeigt, ohne dass dazu viel Prozesswissen notwendig ist (z.B. durch Anzeige eines Trendpfeils pro Prozesswert).

⇒ Auswahl Anzeigebereich Trendgrafik

⇒ Vereinfachte Trendgrafik

⇒ Auswahl Skalierung Trendgrafik

⇒ Anzeige stoppen

Inbetriebnahme 0

- Um eine stabile Produktion zu erhalten, ist die Trendgrafik unerlässlich. Es braucht unterschiedliche Darstellungsmodi und die Möglichkeit, die Anzeige zu stoppen. Wichtig ist hier vor allem eine stabile Produktion.

⇒ Trendgrafik mit kleinem bis mittlerem Darstellungsbereich

⇒ Anzeige der detaillierten Prozesswerte

⇒ Numerische Auflistung aller erfassten Prozesswerte

WZ-Wechsel 0

- Nach einem WZ-Wechsel ist es wichtig, die aktuellen Prozesswerte über mehrere Zyklen hinweg mit gespeicherten Referenzwerten zu vergleichen. Die Stabilität des Prozesses kann so beurteilt werden.

⇒ Vereinfachte Trendgrafik mit mittlerem Anzeigebereich.

Statistik / Report parametrieren (4)

Allgemein 1

- Auch hier wurde die Funktion der allgemeinen Gruppe zugewiesen, da die Funktion in verschiedenen Arbeitssituationen verwendet werden kann und nicht eindeutig definiert ist. Zudem sind die Begriffe Statistik / Report nicht klar: Es gibt eine Prozessstatistik, welche eher der Qualitätsüberwachung zugeordnet werden kann. Zudem gibt es die Reports, welche mehr der Dokumentation eines Datensatzes dienen.

Produktion 1

- Gewisse Aspekte, wie z.B. die Gebindegrösse und generell der Gebindefwechsel, werden bei der Produktion definiert, da sie abhängig vom jeweiligen Auftrag und der Losgrösse sind.

⇒ Einstellen der Parameter für den Gebindefwechsel und damit wann / wie oft ein Rapport erstellt werden soll.

Inbetriebnahme 2

- Bei der Inbetriebnahme wird definiert, welche Prozesswerte in den Belegen für den Kunden enthalten sein sollen und welche qualitätsrelevant sind.

⇒ Auswahl der Prozesswerte für Belege

- Zur Dokumentation des Datensatzes wird bestimmt, was im Report enthalten sein soll.

⇒ Auswahl der im Report enthaltenen Elemente

Qualitätsüberwachung konfigurieren (4)

WZ-Wechsel 1

- Ein WZ wird oft für einen bestimmten Auftrag montiert, für den dann die Losgrösse und die Häufigkeit des Gebindefwechsels klar ist. Diese Parameter sind eng mit der Qualitätsüberwachung verknüpft, werden von uns aber in der Parametrierung des Reports angesiedelt.

Inbetriebnahme 3

- Für die Bestimmung der qualitätsrelevanten Parameter und deren Prozessfenster ist viel Fachwissen erforderlich. Mit Hilfe von zahlreichen Messreihen und den entsprechenden Auswertungen werden hier die Einstellungen der Qualitätsüberwachung vorgenommen. Auch werden die Eingriffsgrenzen definiert und die Bereiche festgelegt, in welchen die Prozesswerte während der Produktion noch verändert werden dürfen.

⇒ *Prozessstatistik*

⇒ *Trendgrafik*

⇒ *Messprotokoll für externe Messungen*

⇒ *Gut-/Schlechtteilbewertung*

⇒ *Definition Prozessfenster inkl. Eingriffsgrenzen*

Stichproben auswerten (4)

Produktion 4

- Während der Produktion müssen einzelne Teile zusätzlich ausgemessen werden.

⇒ *Stichprobenentnahme*

⇒ *Hinterlegen der Messdaten der Stichprobe*

Inbetriebnahme 0

- Auch während der Inbetriebnahme müssen Teile genau ausgemessen werden.

⇒ *Messprotokoll für externe Messungen*

⇒ *Gut-/Schlechtteilbewertung*

Datensatz laden/speichern/löschen (5)

Allgemein 1

Erstaunlicherweise hat sich nur eine Person für die allgemeine Gruppe entschieden, was uns doch etwas überrascht hat. Der Begriff Datensatz hat wohl dazu geführt, dass die weiteren Datensatzoperationen für Aufträge, Notizbücher etc. verdrängt wurden.

- Datensatzoperationen (auch Auftrag, Notizbuch etc.)

⇒ *Funktionen zum Laden und Speichern von Datensätzen*

WZ-Wechsel 3

- Vor dem Wechsel wird oft der bisherige Datensatz gespeichert und dann der neue Datensatz geladen. Beim Einrichten kann das Notizbuch von Nutzen sein.

⇒ *Notizbuch*

Inbetriebnahme 1

- Ablegen von relevanten Informationen im Notizbuch und speichern des Datensatzes.

⇒ *Notizbuch bearbeiten*

- Hinterlegen von Bildern für Dokumentationszwecke

⇒ *Einlesen von Bildern ab einer Kamera oder via USB-Speicher*

Produktionszähler überwachen und zurücksetzen (4)

Produktion 4

- Während der Produktion ist eine gute Übersicht über die Restlaufzeit der Produktion wichtig. Die Produktionssteuerung muss flexibel angepasst werden können.

⇒ *Gut verständliche Anzeige der relevanten Werte für die Produktionssteuerung*

Gebindewechsel steuern (4)

Produktion 3

- Ein Bestandteil der Produktionssteuerung ist auch der Gebindewechsel. Auch hier ist eine gute Übersicht bis zum Zeitpunkt des nächsten Gebindewechsels wichtig.

⇒ *Gut verständliche Anzeige der relevanten Werte für den Gebindewechsel*

Inbetriebnahme 1

- Eine Testperson war der Meinung, dass bereits bei der Inbetriebnahme die Gebindegrösse bestimmt werden kann. Dies trifft evtl. bei vollintegrierten Produktionsanlagen zu, wo der Spritzgiessmaschine nachfolgende Systeme die Teile weiter verarbeiten und verpacken. Hier erfolgt der Gebindewechsel jedoch nicht mehr über die Maschine sondern vielmehr über ein zentrales Leitsystem.

Anstehende Alarmmeldungen ansehen (4)

Allgemein 3

- Fehler an der Maschine können jederzeit und damit in jeder Arbeitssituation auftreten. Im Fehlerfall muss sofort ersichtlich sein, wodurch die Störung verursacht wurde und wie sie behoben werden kann.

⇒ *Einfach verständliche Fehlermeldungen*

⇒ *Lösungsvorschläge zur Problembeseitigung*

⇒ *Einfache Systemübersicht (Fehlerquelle)*

Produktion 1

- Auch Personal mit wenig Fachwissen muss im Fehlerfall ihren Möglichkeiten entsprechend in der Lage sein, Störungen zu beheben. Besonders wichtig sind dafür gut verständliche Fehlermeldungen, mögliche Lösungsansätze und ein guter Überblick über das System.

⇒ *Einfach verständliche Fehlermeldungen*

⇒ *Lösungsvorschläge zur Problembeseitigung*

⇒ *Einfache Systemübersicht (Fehlerquelle)*

Ereignisse und Änderungen im Logbuch ansehen (4)

Allgemein 2

- Gleiche Funktion wie in der Produktion, jedoch mit erweitertem Zeitraum und detaillierten Filtermöglichkeiten

⇒ *Logbuch mit Filterfunktionen*

- Anzeige der häufigsten Fehler über einen bestimmten Zeitraum
⇒ Fehlerstatistik
⇒ Timelineansicht der Ereignisse

Produktion 1

- Das Logbuch soll vor allem Auskunft über vergangene Änderungen in einem begrenzten Zeitraum geben. Auch aufgetretene Fehler und die erfolgten Schritte zur Behebung sind von Interesse.
⇒ Logbuch mit einfachen Filtermöglichkeiten
⇒ Logbuch mit beschränktem Zeitraum

WZ-Wechsel 1

- Gleiche Bedürfnisse wie bei der Produktion, wobei der Zeitraum noch eingeschränkter ist
⇒ Logbuch mit einfachen Filtermöglichkeiten
⇒ Logbuch mit stark eingeschränktem Zeitraum

Erkannte HW-Ausrüstung ansehen (4)

Starke Streuung der Antworten. Unter dem Begriff wurden unterschiedliche Dinge verstanden (vorhandene Ausrüstungsübersicht, Zustände der Ausgänge am Schaltschrank, Zuweisung zu Komponenten etc.). Werden die verschiedenen Begriffe sauber definiert, erfolgt die Zuweisung definierter.

Allgemein 1

- Gleiche Motivation wie bei der Inbetriebnahme, auch dafür gedacht (bei laufender Produktion, ohne dem Risiko, etwas zu verstellen). Da dies vom Experten geprüft wird, kann diesem auch ein Wechsel in die Arbeitssituation Inbetriebnahme zugemutet werden.

Inbetriebnahme 2

- Anhand der vorhandenen Ausrüstung kann entschieden werden, ob ein bestimmtes Werkzeug überhaupt auf der Maschine betrieben werden kann.
⇒ Übersicht über die erkannte Hardware
⇒ Assistent zum schnellen Prüfen, ob ein bestimmtes WZ eingerichtet werden kann

Service 1

- Stimmt die von der Steuerung gelesene Konfiguration mit den verkauften Optionen überein?
⇒ Vergleich der erkannten Ausrüstung mit der konfigurierten Ausrüstung

Diagnosedaten speichern / löschen (4)

Service 4

- Nur bei schwerwiegenden Problemen an der Maschine werden Diagnosedaten benötigt. Entweder werden diese vom Servicetechniker oder vom Kunden selbst erstellt.
⇒ Erstellen und Verwalten von Diagnosedaten
⇒ Einstellen der Diagnosetools

Steuerung herunterfahren (4)

Allgemein 4

- Egal in welcher Arbeitssituation, die Steuerung muss jederzeit ausgeschaltet werden können.
⇒ Ausschalten der Steuerung

Vorkonfigurierte Seite einsehen (4)

Allgemein 1

- Evtl. macht es Sinn, eine situationsübergreifende Übersichtsseite vorzusehen.
⇒ Konfigurierbare Übersichtsseite
⇒ Anzeige des Bereichs, in welchem ein Parameter verändert werden kann

Produktion 3

- Während der Produktion sind in der Regel nur wenige Parameter änderbar. Eine Übersichtsseite soll diese Werte anzeigen, so dass sie schnell zugreifbar sind.
⇒ Konfigurierbare Übersichtsseite
⇒ Anzeige des Bereichs, in welchem ein Parameter verändert werden kann

WZ-Wechsel 0

- Für den Einrichter ist eine spezielle Übersicht sinnvoll, in welcher die wichtigsten Parameter angezeigt werden um das WZ zu wechseln und die Produktion zu starten.
⇒ Konfigurierbare Übersichtsseite
⇒ Anzeige des Bereichs, in welchem ein Parameter verändert werden kann

Übersicht 0

- Je nach Inhalt der Seite entspricht dies der Seite aus der allgemeinen Gruppe oder es braucht eine eigene Seite.

Parametrieren an vereinfachtem Ablauf (4)

Produktion 3

- Ähnlich wie eine Übersichtsseite, jedoch fokussiert auf den Ablauf. Da die Visualisierung des Ablaufs aus dem Ablaufeditor für weniger qualifiziertes Personal unverständlich ist, braucht es für einfache Arbeiten eine gute Übersicht.
⇒ Vereinfachte Ablaufvisualisierung

Inbetriebnahme 1

- Auch in der Inbetriebnahme kann eine einfache, übersichtliche Darstellung des Ablaufs helfen. Wichtig ist hier vor allem, die Gesamtübersicht zu behalten.
⇒ Vereinfachte Ablaufvisualisierung mit Einbezug der Umsysteme (Handling)
⇒ Zoomfunktion (kompletter Ablauf überblickbar)

Anschlusszuweisung mit Checkliste (4)

WZ_Wechsel 4

- Die Zuweisung der Anschlüsse zu den einzelnen Hilfssteuerungen erfolgte bereits während der Inbetriebnahme. Hier ist es

nun wichtig, dass die Anschlüsse wieder richtig angeschlossen werden.

⇒ *Checkliste für Anschlusszuweisung*

- Im Falle von fehlenden Anschlüssen muss der Bediener in der Lage sein, alternative Anschlüsse zuzuweisen.

⇒ *Liste von alternativen Anschlüssen*

⇒ *Frühe Anzeige wenn WZ mit Maschine nicht gefahren werden kann*

Ablauf parametrieren ohne strukturelle Änderungen (4)

Produktion 1

- Während der Produktion müssen nur wenige Parameter geändert werden. Zudem verfügen die Bediener nur über wenig Fachwissen.

⇒ *Übersichtsseite mit prozessrelevanten Parametern*

WZ-Wechsel 1

- Der geladene DS muss auf die geänderten Verhältnisse (Maschine, Werkzeug, Material etc.) angepasst werden. Dazu sind keine strukturellen Änderungen nötig - es reicht das Verändern von Parametern.

⇒ *Vereinfachte Ablaufdarstellung*

⇒ *Übersichtsseite mit relevanten Parametern (erweitert gegenüber Produktion)*

Inbetriebnahme 1

- Zum Optimieren des Prozess ist es über den Ablaufeditor mühsam, zu verschiedenen Parametern zu navigieren, da diese über Kommandos verteilt sind und viel gescrollt werden muss (Stand heute).

⇒ *Frei konfigurierbare Übersichtsseite*

Aktuelle Istwerte vergleichen (4)

Der Vergleich von Istwerten wird immer wieder benötigt. Dabei ist der Begriff etwas unklar definiert (Vergleich mit Istwerten von früheren Zyklen auf der selben Maschine oder von einer früheren Produktion auf einer anderen Maschine). Aus diesem Grund ist die Verteilung zu den Gruppen auch nicht besonders klar.

Allgemein 1

- Allgemein müssen Istwerte verglichen werden können. Dazu braucht es überall dort wo Istwerte vorhanden sind die Möglichkeit, entsprechende Vergleichsmittel anzuzeigen.

⇒ *Konfigurierbares Istwert-Vergleichscontrol auf Übersichtsseite*

⇒ *Konfigurierbares Istwert-Vergleichscontrol in Betriebsdatenanzeige*

Produktion 2

- Der Bediener muss sofort sehen können, wie sich einzelne Werte während der Produktion entwickeln.

⇒ *Trendgrafik*

- Übersicht der wichtigsten Prozesswerte und Vergleich zu Referenzwert und berechnetem Mittelwert über konfigurierbare Anzahl Zyklen

⇒ *Prozess-Istwert-Übersicht*

WZ-Wechsel 1

- Hier ist besonders ein Vergleich mit den Istwerten (Referenzwerte) aus einer früheren Produktion (evtl. auf anderer Maschine) wichtig. Die Werte der laufenden Produktion sollten möglichst den Referenzwerten entsprechen.

⇒ *Vergleichsgrafik der wichtigsten Prozesswerte mit Referenzwerten*

Wartungslogbuch ansehen (4)

Service 4

- Einsehen, wann welche SW-Version installiert wurde. Wann wurden welche Wartungsarbeiten ausgeführt und von wem?

⇒ *Übersicht, ob Wartungsarbeiten ordnungsgemäss ausgeführt wurden*

⇒ *Liste der Wartungsarbeiten mit Filterfunktionen*

- Aufrüstungen nachschlagen

⇒ *Timelineansicht der Aufrüstungen*

Allgemeine Bemerkungen:

Die Gruppe Allgemein haben wir uns dafür gedacht, Funktionen darin unterzubringen, die in jeder Arbeitssituation und jedem Themenkreis angezeigt werden können muss. Dies war den Testpersonen nicht immer ganz klar. Einzelne haben darin eher eine Gruppe für nicht eindeutig zuweisbare Funktionen gesehen. Dies müssten wir in einem weiteren CardSorting besser machen. Verschiedene Funktionen wie z.B. das Konfigurieren der Trendgrafik machen im allgemeinen Teil keinen Sinn, weil die Trendgrafik in verschiedenen Arbeitssituationen unterschiedlich verwendet wird und nicht wie ein z.B. ein Alarmmonitor stets einsehbar sein muss.

A14 Evaluation Papierprototyp und Hardware-Ergonomie: Leitfaden

Einleitung

- Bedanken für Zeit und Zusammenarbeit
- Kurzbeschreibung Masterarbeit
- Vorstellen der Personen
- Grober Ablauf inkl. Zeitangabe: 3 Einzeltests, jeweils aufgeteilt in Beschreibung, Test und Gespräch / Interview
- Arbeitssituationen
- Begriffe
- Hardware
- Hinweis auf Fotos
- Bitte um lautes Denken

Test «Arbeitssituationen»

Ziel

- Wird der Situations-Wahlschalter erwartet, gefunden und verstanden?
- Werden die richtigen Arbeitssituationen gewählt?
- Wird exploriert (alle Arbeitssituationen durchschauen) oder zielgerichtet gesucht?

Form

Papierprototyp auf Tisch

Aufstellung

Eine Testperson

Ein Testleiter und Protokollführer

Eine Person als Steuerungssimulator

Zielgruppen

Für das Erreichen der Ziele sind Testpersonen mit Domänenwissen notwendig.

1. Personen mit vertieften Domänenwissen in der Spritzgiessbranche
2. Personen mit Erfahrung mit Netstal-Maschinen
3. Personen mit Erfahrung mit der aXos-Steuerung

Einleitung

- Papierprototyp, mit welchem gewisse grundlegende Navigationselemente geprüft werden sollen
- Eine Person simuliert Steuerung, die andere stellt Aufgaben, beobachtet, notiert und hilft
- Es kann nichts falsch gemacht werden

Testaufgaben

1. Inbetriebnahme eines neuen Werkzeugs

Auf einer Maschine wurde die Produktion vor 30 Minuten beendet. Die Aufgabe besteht darin, einzelne Tätigkeiten der Demontage des bestehenden Werkzeugs sowie der Bemusterung des neuen Werkzeugs vorzunehmen.

- A. Die Maschine steht mit geöffneter Form in der Betriebsart «Automat» da. Für die Demontage soll nun die Schliesseinheit geschlossen werden.
- B. Für den weiteren Ausbau soll nun der maschinenseitige Auswerfer in die Kupplungsposition gebracht werden.

C. Nach dem montieren des neuen Werkzeugs und dem Lernen der Einbauhöhe soll nun der Defaultdatensatz geladen werden, welcher als Basis für die weiteren Tätigkeiten dient.

D. In der Steuerung soll ein hydraulischer Kernzug erstellt werden. Es sollen die Anschlüsse H3-A und H3-B für die Hydraulik und DI-1 und DI-2 für die Endschalter verwendet werden.

2. Optimieren

Nach dem kompletten Konfigurieren des Datensatzes sind mittlerweile erste Teile gespritzt worden. Nun soll die Qualität der Teile verbessert werden sowie ein stabiler und optimierter Zyklus erarbeitet werden.

A. Aufgrund der ersten Teile hat sich gezeigt, dass die Plasttemperatur aller Plastzonen um 5 Grad erhöht werden muss.

B. Für die spätere Produktion müssen nun die Qualitätsparameter eingestellt werden. Die einzelnen Sollwerte und Toleranzbänder müssen eingestellt werden.

3. Fehlerdiagnose

Die Maschine befindet sich seit einiger Zeit in der Produktion. Der verantwortliche Produktionsbetreuer meldet sich wegen einer unerwarteten Fehlersituation: Der Kernzug scheint seine Endlage nicht mehr zu erreichen.

A. Für den Kernzug 1 sollen die Zustände der Endschalter anhand der Steuerung überprüft werden.

B. Es hat sich gezeigt, dass der gewählte Schalteingang maschinenseitig defekt ist. Es soll nun ein anderer Anschluss für den Kernzug zugewiesen werden (DI-3).

C. Nach dem Zuweisen des neuen Eingangs scheint wieder alles ordnungsgemäss zu funktionieren. Die Produktion kann deshalb wieder gestartet werden.

Interview / Diskussion

- Einschätzung eigenes Domänenwissen (1=gering, 5=viel)
- Grundsätzlicher Eindruck
- Situationswahlschalter
 - Eindruck
 - Verständnis
 - Sichtbarkeit
 - Anordnung des Wahlschalters
 - Reihenfolge der Arbeitssituationen
 - Ist es sinnvoll einzelne Arbeitssituationen zu unterscheiden?
- Eigene Ideen / Gedanken
- Andere Themen

Test «Hardware»

Ziel

- Bestimmen der optimalen Einstellung der Hardware für typische Bediener
- Bestimmen, welche Achsen verstellbar sein sollen
- Bestimmen der Anordnung des Drehrades (Links / Mitte / Rechts)
- Optischer Eindruck der Grösse des Bedienterminals

Form

Die Testperson erhält verschiedene Aufgaben, die am Prototyp gelöst werden sollen. Es ist kein komplett selbständiges Abarbeiten der Testaufgaben nötig (Hilfe bei der Einstellung, spezifische Erklärung der Testaufgaben, da diese zum Teil abstrakt und für Domänenexperten willkürlich).

Aufstellung

Eine Testperson

Ein Testleiter (erklärt, notiert und hilft bei Einstellarbeiten)

Zielgruppen

Für das Erreichen der Ziele sind Testpersonen mit grundlegendem Domänenwissen notwendig, da bereits bekannte Icons und Grundprinzipien der aXos-Steuerung Verwendung finden. Ein Bezug zu den anderen Tests in dieser Testsession ist jedoch nicht gegeben.

Ablauf

Je nach Testperson hat sie vor dem Test mit dem Hardware-Prototyp bereits den Papierprototyp getestet. Dort wurde die Testperson mit dem neuen Situationswahlschalter konfrontiert.

Falls die Testperson den Papierprototyp noch nicht getestet hat:

- Bedanken für Zeit und Zusammenarbeit
- Kurzbeschreibung Masterarbeit, Touchscreen
- Vorstellen der Person
- Informieren über Situationswahl

Für alle Testpersonen:

- Erklären Hardwareprototyp zur Bestimmung ergonomischer Merkmale
- Stabilität ist eingeschränkt!
- Ermuntern zum laut denken

Testaufgaben

- Einstellen der Bedienbarkeit nach eigenen Bedürfnissen (Höhe und Winkel)
- Einschalten des Antriebs, der Heizungen und der Kühlwasserbatterien
- Auswerfer hinten anpressen
- Die Schliesseinheit soll mehrfach geschlossen und geöffnet werden
- Quittieren von Alarmen
- Auswerfer vor- und zurückfahren
- Form öffnen
- Aggregat abheben
- Schnecke einspritzen

- Auswerfer vor- und zurückfahren mit Blick ins Werkzeug
- Arbeitssituation «Inbetriebnahme» wählen
- Jeden Themenkreis der Reihe nach anwählen
- Datensatz laden
- Alle Kommandos im Ablaufeditor der Reihe nach selektieren
- Mehrere Parameter (Profil) mit dem Wheel ändern

Zeitbedarf

ca. 15 Minuten

Interview / Feedback

- Körpergrösse
- Links/Rechtshänder
- Wichtigkeit der Veränderbarkeit der Achsen
- Haltepunkte am Terminal
- Zusätzliche Ideen / Wünsche (Dosenhalter, Druckluft, USB, Kartenleser etc)

Testergebnisse

- Interviewprotokoll
- Höhe ab Boden bis Unterkante der horizontalen Drehachse
- Winkel unterer Bildschirm
- Interviewprotokoll (Grösse, Links-/Rechtshänder)
- Position Drehrad

Material

- Hardwareprototyp
- Massstab
- Kamera
- Notizmaterial
- Testbeschreibung
- Einzelne Screens
 - Control Panel
 - Ablaufeditor mit Parametrierung
 - Parametereditor
- Winkelmesser

A15 Evaluation Papierprototyp und Hardware-Ergonomie: Auswertung

Thema	F. (Schulung/Dokumentation)	A. + J. (Anwendungstechniker)
Papierprototyp	50'	45'
Ein-/Ausblenden von HW-Tasten	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Vermisst Option «automatische Kupplung» (HW-Taste fehlt) □ HW-Tasten ausblenden ist gut (Information Hiding generell) 	
Anfangsproblem Wahlschalter	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Steckt fest in Arbeitssituation Werkzeugwechsel (kann dort aber Auswerfer einfahren), findet Komponentenmanager nicht mehr 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ sucht zuerst unter Werkzeugwechsel
Werkzeugwechsel- Situation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erwartet Wizard zum Ausbau («Ablauf») unter Werkzeugwechsel [siehe auch Card Sorting > Weiteres] 	
Situationswahl und Bedieneridentifikation	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Wechselt am Schluss auf Produktion (betrachtet es als Userlevel) ■ Erwartet, dass nach Ausloggen automatisch zu Produktion zurückgekehrt wird □ Erwartet stärkere Kopplung an Benutzerlevel 	<ul style="list-style-type: none"> □ bei Ausloggen: Arbeitssituation bleibt oder fällt zurück, egal
Explorieren	<ul style="list-style-type: none"> ■ Will zu Inbetriebnahme, probiert aber aus Neugier erst noch Service aus 	<ul style="list-style-type: none"> ■ sagt, er würde explorieren
Erkennbarkeit Wahlschalter		<ul style="list-style-type: none"> □ Wahlschalter fällt auf
Gestaltung Wahlschalter	<ul style="list-style-type: none"> □ Beurteilt Schalter als gut: Gruppierung, nicht überladen □ Beschriftung bei Wahlschalter ist unnötig 	<ul style="list-style-type: none"> □ Farbcodierung ist gut □ Beschriftung unnötig
Verständlichkeit Arbeitssituationen	<ul style="list-style-type: none"> □ [i] (Übersicht) klar, Seite mit Info für Diagnose ist wichtig 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fragt sich, warum Produktion eine Auswahl ist, da dafür HW-Tasten reichen
Reihenfolge Arbeitssituationen	<ul style="list-style-type: none"> □ Keine Meinung zu Reihenfolge – evtl. wichtigstes in Mitte – nein, aktuelle Abstufung besser. Übersicht und Service am Rand ist gut. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Reihenfolge egal, wenn man es mal gelernt hat; gut so (Abstufung) – später: verkehrt, links nach rechts
Informationsarchitektur		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Findet Inbetriebnahme > Komponenten, Temperatur, Qualität sofort
Allgemeine Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> □ <=> ist klar, wenn man vom Browser, nicht von Maschinensteuerung ausgeht □ Findet Undo 	<ul style="list-style-type: none"> □ Datensatz immer vorhanden ist gut ◆ Undo selbständig erkannt, Anzahl unaktivierte Änderungen ◆ Seitenhistory wird zuerst als Produktionsebene (Einlaufen, Produktion, Auslaufen) interpretiert
Card Sorting	35'	30'
Vorgehen	<ul style="list-style-type: none"> □ Zur Schwierigkeit der Zuordnung: Herangehensweise «wohin gehört's» oder «wer braucht's» – zuerst mit letzterem versucht, ist aber schwieriger 	<ul style="list-style-type: none"> □ Arbeitssituationen Übersicht und Produktion sind ähnlich
Weiteres	<ul style="list-style-type: none"> ■ Betriebsdaten konfigurieren: am liebsten bei Anzeige (geht auf oberem Bildschirm aber nicht) □ Überall wo es «ansehen» und «konfigurieren» separat gibt, muss Direktsprung dazwischen möglich sein. □ Bei Werkzeugwechsel gehört Wizard rein, sonst braucht es diesen Punkt nicht. [siehe auch Papierprototyp > Werkzeugwechsel-Situation] 	<ul style="list-style-type: none"> □ Q-Leute gehen auf Runde -> Stichprobenentnahme in Produktion □ Einrichter will HW-Tasten verwenden, nicht Touchscreen □ Nützliche neue Funktion: Foto, Anschlussverbindungsschema machen bei Inbetriebnahme und für Werkzeugwechsel ablegen (bisher mit Papier) □ Checkliste auf Papier existiert: Wasseranschluss hat Durchfluss, ist dicht

Legende: ◆ Unsere Beobachtung während Test
 ■ Äusserung der Testperson während Test
 □ Äusserung der Testperson während Interview

P. (Softwareentwickler)	M. (Product Owner aXos)	E. (Softwareentwickler)
		40'
<ul style="list-style-type: none"> ■ Sucht HW-Taste «Einrichten» – «ich fluche» 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ merkt schnell dass Tasten fehlen
		<ul style="list-style-type: none"> ◆ sucht zuerst unter Werkzeugwechsel
		<ul style="list-style-type: none"> ■ Erwartet Wizard für Werkzeugwechsel
		<ul style="list-style-type: none"> □ bei Ausloggen: Arbeitssituation bleibt (kein Zurückfallen)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Probiert Service, Übersicht durch vor Inbetriebnahme 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Probiert Service, Übersicht durch vor Inbetriebnahme
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Findet Wahlschalter erst nach Hinweis □ Wahlschalter sobald gefunden OK 		<ul style="list-style-type: none"> □ Wahlschalter fällt auf
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Findet Name der Arbeitssituation selbständig 		<ul style="list-style-type: none"> □ Beschriftung unnötig
<ul style="list-style-type: none"> □ Kann sich unter «Service» nichts vorstellen □ Wording «Inbetriebnahme» wird als Inbetriebnahme der Maschine verstanden (Netstal-Standpunkt) 	<ul style="list-style-type: none"> □ Arbeitssituationen machen Sinn. So hat auch die Steuerung das Wissen, was gemacht wird und kann entsprechend Hilfestellung bieten 	<ul style="list-style-type: none"> □ Arbeitssituationen machen Sinn. Icon für Inbetriebnahme wird mit Ablaufeditor gleichgesetzt
		<ul style="list-style-type: none"> □ Würde Inbetriebnahme und Produktion näher zusammen anordnen. Bei einem Kunden muss wegen Problemen immer wieder in Details (Inbetriebnahme) durch den Kunden etwas eingestellt werden (Kunde Bender, Änderungen an Reglerparametern wegen Rissen in Platten)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Alle nötigen Arbeitssituationen schnell gefunden 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sind alle Arbeitssituationen bekannt sehr zielsicher
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Datensatz, Ausloggen schnell gefunden □ Erkennt Stern-Icon als Favoriten 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Bis auf Lampe (Tipps) alles klar
	35'	30'
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Arbeitssituationen Übersicht und Allgemein sind ähnlich 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hat keine klare Strategie bei der Zuordnung (Gefühl)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zusätzliche Funktionen Übersicht: <ul style="list-style-type: none"> □ Ausfallstatistik ■ Thema Wiederaufnahme der Produktion fehlt ■ Betriebsdatenanzeige evtl. benutzerspezifisch 	<ul style="list-style-type: none"> Trennung zwischen Inbetriebnahme / Produktion sowie Inbetriebnahme / WZ-Wechsel teilweise schwierig. Einzelne Kärtchen können sowohl als auch zugeordnet werden.

Thema	F. (Schulung/Dokumentation)	A. + J. (Anwendungstechniker)
Ergonomie, Hardware	30'	45'
Gewünschte Einstellmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Winkel von oberem Bildschirm ist wichtig wegen Farbdarstellung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Möchte Höhe ändern können zwischen Einrichten (oberer Bildschirm) und Programmieren (unterer), weil Bildschirme weit auseinander (zu weit). Könnte sein wie beim Velo Schnellspanner für den Sattel. ■ Möchte auch schwenken, um störende Lichtreflexionen zu vermeiden.
Beobachtung Bedienung	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Bedienung von HW-Tasten: - am linken Rand: Hält linke Hand am Rand fest und bedient Taste mit Daumen; - sonst: bedient mit rechter Hand ◆ Beim Profil einstellen: Linke Hand an unterem Rand der Bedieneinheit oder in Hosentasche, rechte an Wheel ◆ Wheel immer mit einzelnen Fingern bedient (am Rand oder auf Fläche), nie von allen Seiten gegriffen 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Alles wird einhändig auf Distanz bedient
Existenz Rad	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> «Rad bietet sich an» für Situationswahl; will überall mit Rad navigieren (geht schnell mit leichtgängigem Rad), schlägt vor Doppelklick für aufwärts <input type="checkbox"/> Negativ: Touch Screen, da grosse Bewegungsabläufe bei der Navigation notwendig sind. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Andreas: brauche kein Rad, wenn ich Touchscreen habe
Werteeingabe		<ul style="list-style-type: none"> ■ Bevorzugt runden Touch-Slider für Grob- und +/- Tasten für Feineinstellung ■ Edit-Dialog soll da bleiben nach Übernehmen, schliessen nur explizit. Möchte mehrere Werte gleichzeitig editieren können.
Multitouch	<ul style="list-style-type: none"> ■ Touch: erwartet Zoom-Gesten 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Will Zoom-Geste anwenden (Ablauf gesamtheitlich betrachten)
Formgebung	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> grosses Rad ist gut 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Griff ist gut, damit man nichts unbeabsichtigt drückt <input type="checkbox"/> Papierablage ist nicht nötig, dafür ist ein Tisch da; Ablage für Messing-Kratzwerkzeug wäre nützlich <input type="checkbox"/> Wheel-Ebene horizontal ist problematisch, weil sie zur Ablagefläche wird und z.B. Flüssigkeiten eindringen können
Einstellungen	<p>Grösse: 173cm Höhe Unterkante: 127cm Winkel: 40°</p>	<p>Grösse: 177cm (A), 185cm (J) Höhe Unterkante: 140cm Winkel: Default, 30°</p>
Diverses		
Testkritik Papierproto	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Unklar, dass Seiteninhalt Platzhalter -> erklären ◆ Zykluszeit: Q-Parameter, nicht Überwachung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verwirrende Aufgabenstellung: will nicht auf Kupplungsposition fahren, sondern ganz nach hinten
Testkritik CS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Unklare Karten: Überblick über Ausgänge <-> IO-Status; Statistik/Report parametrieren; kann man Diagnosedaten laden?; Temperatur konfigurieren wird als «einstellen» verstanden; Wartungslogbuch <-> Ereignislogbuch (heute zusammen?) 	
zu Ergonomie- Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rechtshänder, wenig Touch-Erfahrung ◆ Rad-Ebene horizontal 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> J: Linkshänder, Rad in Mitte <input type="checkbox"/> A: Rechtshänder, Rad Mitte oder rechts ◆ Rad in Bildschirm-Ebene (evtl. nicht Präferenz sondern einfach nicht beachtet)

P. (Softwareentwickler)	M. (Product Owner aXos)	E. (Softwareentwickler)
	45'	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Oberer Bildschirm sollte senkrecht sein 	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Bedient teilweise mit beiden Händen 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kann sich Rad für vieles (nicht nur Werteingabe) vorstellen 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bei Wertangabe problematisch: Ganze Zahlen einstellen, wenn Nachkommastellen vorhanden (sieht sich als Perfektionist) ■ Eingabefenster sollte stehen bleiben und durch Bediener geschlossen werden (sonst Flackershow) 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grösse des Rades ist ok, optischer Eindruck am Anfang "riesig" (des Rades) ■ Gesamteindruck der Bedieneinheit riesig (1. Gedanke: Skalierungsfehler) 	
Grösse: 171cm Höhe Unterkante: 127cm Winkel: Default, 40°	Grösse: 178cm Höhe Unterkante: 136 cm (je nach Prio oben/unten) Winkel: 40°	
	Papierprototyp wurde wegen Zeitmangel nur erklärt (wegen Arbeitssituationen, grundsätzlich ok)	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Zum Teil nicht eindeutige Begriffe 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rechtshänder ■ Rad_Ebene in Flucht BS ■ Rad in Mitte ■ Abstand zwischen Bildschirmen problematisch (Brillenträger). Auch horizontale Ausdehnung an oberem Limit 	Noch nicht durchgeführt

A16 Entwurf IA

Produktion

Bei allen Parametern soll sichtbar sein, in welchem Bereich der Wert noch verändert werden kann (zumindest beim Editieren des Parameters)

- Dashboard (genau eine Seite)
- Übersicht
 - Vorkonfigurierte Übersichtsseite
 - Vergleich von aktuellen Istwerten mit Referenz
 - Benutzerdefinierte Übersichtsseite
 - Vergleich von aktuellen Istwerten mit Referenz
- Qualität
 - Trendgrafik mit einfachen Pfeilen pro Prozesswert und Eingriffsgrenzen
 - Trendgrafik über längeren Zeitraum und Detailwerten (Histogramm)
 - Skalierung verändern
 - Anzeige stoppen
 - Anzeigebereich beeinflussen
- Ablauf
 - Vereinfachte Ablaufvisualisierung (evtl. gem. M. Breny)
- Temperatur
 - Temperaturübersicht
 - Einfaches Verstellen des Sollwertes einzelner Zonen
- Produktion
 - Übersicht
 - Auftrag / Produktionssteuerung
- Schutzverdeck
 - Übersicht
- Tasks
 - Auftrag laden / definieren
 - Gebindewechsel
 - Stichprobenentnahme
 - Hinterlegen von Messdaten
 - Report erstellen

WZ-Wechsel

Bei allen Parametern soll sichtbar sein, in welchem Bereich der Wert noch verändert werden kann (zumindest beim Editieren des Parameters)

- Dashboard (genau eine Seite)
- Übersicht
 - Vorkonfigurierte Übersichtsseite
 - Vergleich von aktuellen Istwerten mit Referenz
 - Benutzerdefinierte Übersichtsseite
 - Vergleich von aktuellen Istwerten mit Referenz
- Qualität
 - Vereinfachte Trendgrafik mit mittlerem Anzeigebereich
 - Trendgrafik über längeren Zeitraum und Detailwerten (Histogramm)
 - Skalierung verändern
 - Anzeige stoppen
 - Anzeigebereich beeinflussen
- Ablauf
 - Vereinfachte Ablaufvisualisierung
 - Ablaufeditor
 - Timelineansicht des Prozess
 - Sequenzdiagramm
- Komponenten
 - Anzeige der Sicherheitsstufe
 - Anschlussbelegung
- Tasks
 - WZ ausbauen
 - WZ einbauen
 - Checkliste für Zuweisung der Anschlüsse
 - Anzeige ob komplett möglich
 - Anschlusszuweisung pro Komponente
 - Beschränkte Auswahl mit alternativen Anschlüssen
 - Anzeige des Anschlussstatus
 - Anzeige der Sicherheitsstufe

Service und Wartung (Maschine)

- Dashboard (genau eine Seite)
- Maschinenstatus
 - Übersicht über gemachte Wartungsarbeiten
 - Liste der Wartungsarbeiten
 - Timelineansicht
 - HW-Ausrüstung (Soll und Ist)
 - Vergleich erkannte und konfigurierte Ausrüstung
- Anschlüsse
 - Status aller Anschlüsse im Schaltschrank
 - Anzeige der zugewiesenen Komponente (Rack / Topologie)
 - Sprung zur Komponente
 - Oszilloskop
 - Anzeige von Schemas (Strom, Wasser, Luft)
- Komponenten
 - Komponentenparameter inkl. Reglerdaten (Tree, numerisch Sortiert)
 - Anschlusszuweisung
 - Sprung zur Anschlussübersicht
 - Rohwerte von Anschlusszuständen
- Diagnosedaten
 - Diagnosedaten verwalten (Mgr)
 - Diagnosetools konfigurieren (Tracelevel, Oszilloskop, Trigger)
- Wartung
 - Wartungsplan / Intervall festlegen
- Fernwartung
 - Remoteaccess
- Ersatzteile und Updates
 - Ersatzteilkatalog
- Tasks
 - Tracedaten erfassen
 - Ersatzteile bestellen
 - Aufrüstungen bestellen
 - Wartungsarbeit ausführen
 - SW installieren
 - IO ansteuern
 - Kalibrieren (inkl. Justierwerte exportieren)
 - Auf SW-Updates prüfen

Detailfunktion:

Justierwerte importieren

Übersicht

- Prozessübersicht
- Qualität
 - Trendgrafik mit grossem Darstellungsbereich (Trend)
- Produktionsziel
- Maschinenstatus
 - Technische Daten (Typenschild)
 - Betriebsstunden / Alter / Baujahr
 - Ausrüstung der Maschine
 - SW-Versionen
 - Konfiguration (SAP)
 - About / Kontakt
 - Auslastung der Maschine
 - Anschlussübersicht
 - Übersicht über gekaufte und optionale Ausrüstung
 - Anschlussauslastung (Verwendung der Anschlüsse)
- Störungsstatistik
- Energie
- Wirtschaftlichkeit

Inbetriebnahme

- Dashboard (genau eine Seite)
- Übersicht
 - Frei konfigurierbare Übersichtsseite
 - Vordefinierte Übersichtsseiten
- Ablauf
 - Ablaufeditor
 - Kritischer Pfad
- Zoomfunktion (ganzer Ablauf sichtbar)
 - Timelineansicht
 - Sequenzgrafik
 - Vereinfachter Ablauf mit Einbezug der Umsysteme (Handling, Förderband etc.)
- Komponenten
 - Übersicht pro Komponente
 - Eingabe von Komponentenparametern
 - Ansicht aller einwirkenden Verriegelungen
 - Löschen einer Komponente
 - Anschluss / IOs (Logische Werte, sprechend)
 - Wizard für Sicherheitsstufe
 - Anschlusszuweisung
 - Ansicht der Verknüpfungshierarchien
- Qualität
 - Trendgrafik mit kleinem bis mittlerem Darstellungsbereich
 - Anzeige der detaillierten Prozesswerte
 - Auswahl der Trendbalken
 - Numerische Auflistung aller erfassten Prozesswerte
 - Definition des Prozessfensters inkl. Eingreifgrenzen
 - Prozessstatistik
 - Messprotokoll für externe Messungen
- Maschinensettings
 - Energiekosten (Kosten / kWh)
 - Firmensettings
 - Physikalische Grössen
 - Erkannte Ausrüstung
 - Einstellungen für die Bildschirmtastatur
- Schaltuhr
 - Übersicht der Schaltzeiten
- Optimieren
- Kunststoffsettings
- Überwachungen
 - Übersichtsseite
 - Ein- und Ausschalten von Überwachungen
 - Anzeige des Überwachungsstatus
 - Anzeige der Überwachungsreaktion
 - Parametrierung von Überwachungen
- Temperaturen
 - Übersichtsseite
 - Parametrierung einzelner Parameter
 - Gruppenoperationen
- Tasks
 - WZ einbauen
 - HS erstellen
 - Preview ob ausreichend Anschlüsse vorhanden
 - Kopieren einer bestehenden Komponente
 - Schussvolumen berechnen
 - Schliesskraft berechnen
 - Controlpanel-Setup
 - WZ-Layout für Temperaturübersicht konfigurieren
 - Layout der Temperaturübersicht konfigurieren
 - Ablauf für Schaltuhr editieren
 - Editor für Überwachungsreaktionen
 - Report konfigurieren
 - Report erstellen
 - DS importieren
 - Preview ob auf SGM möglich
 - Auflistung vom Default abweichender Verriegelungen
 - Betriebsdatenanzeige konfigurieren

Allgemein

- Ausschalten der Steuerung
- Notizbuch bearbeiten
- Logbuch mit Filterfunktion
 - Timelineansicht
- Alarmmonitor
 - Einfach verständliche Fehlermeldungen
 - Lösungsvorschläge für die Fehlerbehebung
 - Einfache Systemübersicht
 - Fehlerstatistik
- Datensatzoperationen
 - Einlesen von Bildern ab Kamera oder USB-Speicher
- Konfigurierbares Istwert-Vergleichscontrol
- Anzeige des Bereichs, in welchem ein Parameter verändert werden kann

A17 Evaluation Informationsarchitektur, Level 1 Iteration 2: Leitfaden

Einleitung

- Bedanken für Zeit und Zusammenarbeit
- Kurzbeschrieb Masterarbeit
- Vorstellen der Personen
- Grober Ablauf inkl. Zeitangabe: Test aufgeteilt
- in Beschreibung, Test und Gespräch / Interview
- Begriffe
- Hardware
- Hinweis auf Fotos
- Bitte um lautes Denken

Ziel

Wird das Konzept der Tasks verstanden
Werden die richtigen Inhaltsseiten gefunden
Erfolgt ein fließender Wechsel zwischen Drehrad und Touch
Funktioniert die Navigation

Form

Interaktiver Prototyp auf Stehpult, ergänzt mit Detailsituationen auf Papier

Aufstellung

Eine Testperson
Ein Testleiter und Protokollführer

Zielgruppen

Für das Erreichen der Ziele sind Testpersonen mit Domänenwissen notwendig.

1. Personen mit vertieften Domänenwissen in der Spritzgiessbranche
2. Personen mit Erfahrung mit Netstal-Maschinen
3. Personen mit Erfahrung mit der aXos-Steuerung

Einführung

- Interaktiver Prototyp mit Zielhardware, Front als Entwurf, nicht stabil, Drehrad funktioniert
- Aufgaben werden mündlich gestellt
- Es kann nichts falsch gemacht werden

Testaufgaben

Kontext A

An einer Maschine bei einem Kunden müssen verschiedene Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Neben der Aufrüstung der Software muss auch ein Sensor gewechselt werden und die Funktion einer Schnittstelle kontrolliert werden.

Aufgaben

1. Neue SW installieren

Du hast die Aufgabe, bei einem Kunden die neuste Steuerungsversion zu installieren. Starte die Installation ab USB-Speicher.

2. Wegmesssystem Formschluss kalibrieren

Nach dem Auswechseln des USW-Messstabes muss der Formschluss neu kalibriert werden. Führe die Kalibration aus, damit der Kunde die Produktion wieder aufnehmen kann.

3. Anschluss prüfen

Deine Aufgabe besteht darin, die Funktion der einzelnen Anschlüsse der BDE-Schnittstelle an der Maschine zu kontrollieren. Dazu gehören die folgenden Anschlüsse:

- Digitale Ausgänge DO-5 – DO-10
- Digitaler Eingang DI-1

Um die Anschlüsse zu prüfen schaust Du Dir die Zustände der Ein- und Ausgänge, wie sie im Schaltschrank herrschen, an der Bedienoberfläche an.

Kontext B

Du hast die Aufgabe, ein neues Werkzeug zu bemustern. Das Werkzeug ist ähnlich aufgebaut wie ein bereits bemustertes. Neben der leicht veränderten Form des Spritzlings ist im neuen Werkzeug auch ein Auswerfer vorhanden. Beim alten Werkzeug funktioniert das Auswerfen der Spritzlinge rein mit Hilfe von Blasluft. Auf Basis des bestehenden Datensatzes soll der Datensatz für das neue Werkzeug erstellt werden. Da die Produktion von weniger qualifiziertem Personal betreut wird ist sicherzustellen, dass das Werkzeug so sicher wie möglich betrieben wird.

Aufgaben

1. Datensatz laden

Als Basis dient der Datensatz «Trinkbecher 4-fach». Lade diesen Datensatz.

2. Kommandos für Auswerfer einbauen und parametrieren

Das neue Werkzeug verfügt im Gegensatz zum alten über einen Auswerfer. Im Datensatz wurde der Auswerfer nicht verwendet und die entsprechenden Überwachungen wurden ausgeschaltet, damit keine störenden Nebeneffekte auftreten. Baue die Kommandos für den Auswerfer in den bestehenden Ablauf ein.

3. Temperierung anpassen

Anhand der bisher produzierten Teile erkennst Du, dass für das neue Werkzeug die Temperatur zu niedrig ist. Erhöhe die Temperaturen aller vier Kavitäten um 5°.

4. Dosiermenge korrigieren

Durch die leicht andere Form der Spritzlinge ist eine Anpassung des Dosiervolumens nötig. Erhöhe den Dosierendpunkt um 1 mm.

5. Anpassen der Q-Parameter

Der Prozess ist nun so eingestellt, dass eine qualitativ gute Produktion erfolgt. Du sollst nun noch die Q-Parameter anpassen, damit während der Produktion die entsprechenden Parameter nur noch in einem eingeschränkten Bereich angepasst werden können.

6. Speichern des Datensatzes

Alle Anpassungen für eine gute Produktion mit dem neuen Werkzeug sind gemacht. Der Datensatz soll nun gespeichert werden, damit später damit produziert werden kann. Du sollst sicherstellen, dass alle nötigen Überwachungen eingeschaltet sind, damit die Produktion so sicher wie möglich erfolgt.

Kontext C

Ein Werkzeug, mit welchem früher schon produziert wurde, soll wieder in Betrieb genommen werden. Du sollst den Datensatz laden und das Werkzeug einrichten. Der Datensatz stammt von einer baugleichen Maschine. Das alte Werkzeug wurde bereits entfernt.

Aufgaben

1. Datensatz laden

Lade den Datensatz «Gehäuseboden Kaffeemaschine» ab dem USB-Stick.

2. Komponenten anschliessen und in Betrieb nehmen

Mehrere Hilfssteuerungskomponenten werden für dieses Werkzeug benötigt, die alle bereits konfiguriert sind. Stelle für einen Kernzug die Verbindungen der verschiedenen Aktoren und Sensoren wieder her. Stelle sicher, dass die Komponente richtig funktioniert, indem Du den Kernzug einmal in beide Endlagen bewegst. Dabei muss die richtige Endlage angezeigt werden.

3. Prozess für die Produktion optimieren

Damit die Produktion stabil und in guter Teilequalität erfolgt, sind verschiedene Korrekturen an Parametern nötig. Stelle die verschiedenen, relevanten Parameter, welche sich alle auf einer speziell für dieses Werkzeug angelegten Seite befinden, ein.

4. Werkzeugsicherung grafisch anpassen

Du hast festgestellt, dass die Werkzeugsicherung noch nicht optimal funktioniert. Um dies zu korrigieren, öffnest Du die Werkzeugsicherungsgrafik und bearbeitest die Kurve.

Kontext D

Du betreust die Produktion von drei Maschinen. Neben der Aufgabe, die Produktion sicherzustellen, musst Du auch stündlich an allen Maschinen verschiedene Werte ablesen und in ein Protokoll übertragen.

Aufgaben

1. Werte ablesen

Du musst verschiedene Werte in ein Papierprotokoll übertragen. Der Anwendungstechniker hat Dir dafür eine Seite vorbereitet, auf der sie alle zusammengefasst sind. Bring dafür die entsprechende Seite zur Anzeige, damit Du die Werte übertragen kannst.

2. Störungsbehebung

Auf einer anderen Maschine ertönt plötzlich die Alarmanlage. Schau nach, was das Problem ist, und versuche, es möglichst schnell zu beheben.

3. Restdauer bis Produktionsende überprüfen

Nachdem die Produktion wieder stabil läuft, kontrollierst Du noch schnell, wie lange die Produktion noch dauert, bis ein anderer Auftrag gestartet werden muss.

4. Nachdruck anpassen

Auf der dritten Maschine bemerkst Du, dass die Teile mit etwas mehr Nachdruck produziert werden sollen. Passe das Profil entsprechend an.

Kontext E

Du bist Produktionsleiter und musst in verschiedenen Situationen auf den produzierenden Maschinen Einstellungen einsehen. Die Produktion der zum Teil komplizierten Teile soll dabei nicht beeinträchtigt werden.

Aufgaben

1. Störungsstatistik

Du überprüfst täglich, wie es um die Fehleranfälligkeit bei Deinen Maschinen steht. Schau nach, welche Fehler wie häufig auf einer der Maschinen in den letzten 24h aufgetreten sind.

2. Maschinendaten ablesen

Du möchtest eine neue Maschine bestellen, die die selben Daten wie eine Deiner Maschinen aufweist. Schau nach den entsprechenden Werten.

3. Installierte Softwareversion überprüfen

Die Serviceabteilung bittet Dich darum, nachzuprüfen, welche Softwareversion auf einer Deiner Maschinen installiert ist. Schau nach, um welche Version es sich handelt.

Interview / Diskussion

- Einschätzung eigenes Domänenwissen (1=gering, 5=viel)
- Grundsätzlicher Eindruck
 - Konzept der Tasks
 - Eindruck
 - Verständnis
 - Positionierung im Navigationsbereich
 - Navigation
 - Kombination Touch und Drehrad
 - Breadcrumbs
 - Aufteilung in Themenkreise
 - Hardware
 - Aussehen und Dimension
 - Ergonomie
 - Eigene Ideen / Gedanken
 - Andere Themen

A18 Evaluation Informationsarchitektur, Level 1 Iteration 2: Testprotokoll

Kontext A

An einer Maschine bei einem Kunden müssen verschiedene Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Neben der Aufrüstung der Software muss auch ein Sensor gewechselt werden und die Funktion einer Schnittstelle kontrolliert werden.

1. Neue SW installieren

Du hast die Aufgabe, bei einem Kunden die neuste Steuerungsversion zu installieren. Starte die Installation ab USB-Speicher.

Sucht am Anfang die Möglichkeit, die Applist und das NIS (Netstal Installationssystem) zu starten. Nach einigen Hinweisen werden Tasks wahrgenommen und als sinnvoll betrachtet.

2. Wegmesssystem Formschluss kalibrieren

Nach dem Auswechseln des USW-Messstabes muss der Formschluss neu kalibriert werden. Führe die Kalibration aus, damit der Kunde die Produktion wieder aufnehmen kann.

Da die Tasks nun klar sind kein Problem.

3. Anschluss prüfen

Deine Aufgabe besteht darin, die Funktion der einzelnen Anschlüsse der BDE-Schnittstelle an der Maschine zu kontrollieren. Dazu gehören die folgenden Anschlüsse:

- Digitale Ausgänge DO-5 – DO-10
- Digitaler Eingang DI-1

Um die Anschlüsse zu prüfen schaust Du Dir die Zustände der Ein- und Ausgänge, wie sie im Schaltschrank herrschen, an der Bedienoberfläche an.

Ok. Nach etwas explorieren die richtige Seite gefunden.

Kontext B

Du hast die Aufgabe, ein neues Werkzeug zu bemustern. Das Werkzeug ist ähnlich aufgebaut wie ein bereits bemustertes. Neben der leicht veränderten Form des Spritzlings ist im neuen Werkzeug auch ein Auswerfer vorhanden. Beim alten Werkzeug funktioniert das Auswerfen der Spritzlinge rein mit Hilfe von Blasluft. Auf Basis des bestehenden Datensatzes soll der Datensatz für das neue Werkzeug erstellt werden. Da die Produktion von weniger qualifiziertem Personal betreut wird ist sicherzustellen, dass das Werkzeug so sicher wie möglich betrieben wird.

1. Datensatz laden

Als Basis dient der Datensatz «Trinkbecher 4-fach». Lade diesen Datensatz.

Am Anfang etwas unsicher da nicht klar dass völlig neue Situation. Laden des Datensatzes kein Problem.

2. Kommandos für Auswerfer einbauen und parametrieren

Das neue Werkzeug verfügt im Gegensatz zum alten über einen Auswerfer. Im Datensatz wurde der Auswerfer nicht verwendet und die entsprechenden Überwachungen wurden ausgeschaltet, damit keine störenden Nebeneffekte auftreten. Baue die Kommandos für den Auswerfer in den bestehenden Ablauf ein.

Beobachtung: Wechsel zwischen Drehrad und Touch erfolgt immer häufiger. Teilweise ist die eine Hand am Drehrad und die andere bedient den Touch.

3. Temperierung anpassen

Anhand der bisher produzierten Teile erkennst Du, dass für das neue Werkzeug die Temperatur zu niedrig ist. Erhöhe die Temperaturen aller vier Kavitäten um 5°.

Auch hier: Sowohl Drehrad als auch Touch werden verwendet (in Navigation)

4. Dosiermenge korrigieren

Durch die leicht andere Form der Spritzlinge ist eine Anpassung des Dosierolumens nötig. Erhöhe den Dosierendpunkt um 1 mm.

Ablauf wird gefunden. Zwischen Szenarios ist noch eine Inkonsistenz (unterschiedliche Icons und Begriffe). Anpassen mit Param-Edit kein Problem.

5. Anpassen der Q-Parameter

Der Prozess ist nun so eingestellt, dass eine qualitativ gute Produktion erfolgt. Du sollst nun noch die Q-Parameter anpassen, damit während der Produktion die entsprechenden Parameter nur noch in einem eingeschränkten Bereich angepasst werden können.

Ok.

6. Speichern des Datensatzes

Alle Anpassungen für eine gute Produktion mit dem neuen Werkzeug sind gemacht. Der Datensatz soll nun gespeichert werden, damit später damit produziert werden kann. Du sollst sicherstellen, dass alle nötigen Überwachungen eingeschaltet sind, damit die Produktion so sicher wie möglich erfolgt.

Dialog wird gefunden. Handskizze des Entwurfs für Dialog wird hingelegt und diskutiert. Testperson ist sehr angetan vom Konzept.

Kontext C

Ein Werkzeug, mit welchem früher schon produziert wurde, soll wieder in Betrieb genommen werden. Du sollst den Datensatz laden und das Werkzeug einrichten. Der Datensatz stammt von einer baugleichen Maschine. Das alte Werkzeug wurde bereits entfernt.

1. Datensatz laden

Lade den Datensatz «Gehäuseboden Kaffeemaschine» ab dem USB-Stick.

Kein Problem, Datensatzdialog wurde bereits mehrfach verwendet («Da gehe ich wieder da hin...»)

2. Komponenten anschliessen und in Betrieb nehmen

Mehrere Hilfssteuerungskomponenten werden für dieses Werkzeug benötigt, die alle bereits konfiguriert sind. Stelle für einen Kernzug die Verbindungen der verschiedenen Aktoren und Sensoren wieder her. Stelle sicher, dass die Komponente richtig funktioniert, indem Du den Kernzug einmal in beide Endlagen bewegst. Dabei muss die richtige Endlage angezeigt werden.

Erwartet hier ganz klar die Unterstützung mit einem Wizard.

3. Prozess für die Produktion optimieren

Damit die Produktion stabil und in guter Teilequalität erfolgt, sind verschiedene Korrekturen an Parametern nötig. Stelle die verschiedenen, relevanten Parameter, welche sich alle auf einer speziell für dieses Werkzeug angelegten Seite befinden, ein.

Wechsel zwischen Drehrad und Touch. Beim Explorieren wird festgestellt, dass das Drehrad besser funktioniert als Touch (Treffsicherer, zuverlässiger)

4. Werkzeugsicherung grafisch anpassen

Du hast festgestellt, dass die Werkzeugsicherung noch nicht optimal funktioniert. Um dies zu korrigieren, öffnest Du die Werkzeugsicherungsgrafik und bearbeitest die Kurve.

Findet, die WZ-Sicherung sollte auf Komponente und nicht Kommando eingestellt werden (ist in aXos leider so).

Kontext D

Du betreust die Produktion von drei Maschinen. Neben der Aufgabe, die Produktion sicherzustellen, musst Du auch stündlich an allen Maschinen verschiedene Werte ablesen und in ein Protokoll übertragen.

1. Werte ablesen

Du musst verschiedene Werte in ein Papierprotokoll übertragen. Der Anwendungstechniker hat Dir dafür eine Seite vorbereitet, auf der sie alle zusammengefasst sind. Bring dafür die entsprechende Seite zur Anzeige, damit Du die Werte übertragen kannst.

Die Idee des Dashboards ist zu Beginn unklar da neu und unbekannt. Nach einigen Hinweisen findet die Testperson die Seite.

2. Störungsbehebung

Auf einer anderen Maschine ertönt plötzlich die Alarmanlage. Schau nach, was das Problem ist, und versuche, es möglichst schnell zu beheben.

Ist begeistert vom Entwurf der Alarmliste. Will alles genau verstehen. Findet, durch Explorieren wäre wahrscheinlich alles klar.

3. Restdauer bis Produktionsende überprüfen

Nachdem die Produktion wieder stabil läuft, kontrollierst Du noch schnell, wie lange die Produktion noch dauert, bis ein anderer Auftrag gestartet werden muss.

Idee des Dashboards noch nicht verinnerlicht. Überlegt sich, wo das heute zu finden ist.

4. Nachdruck anpassen

Auf der dritten Maschine bemerkst Du, dass die Teile mit etwas mehr Nachdruck produziert werden sollen. Passe das Profil entsprechend an.

Wechsel auf das Einspritz/Nachdruck-Kommando. In der Grafik möchte er das Profil anpassen. Ok.

Kontext E

Du bist Produktionsleiter und musst in verschiedenen Situationen auf den produzierenden Maschinen Einstellungen einsehen. Die Produktion der zum Teil komplizierten Teile soll dabei nicht beeinträchtigt werden.

1. Störungsstatistik

Du überprüfst täglich, wie es um die Fehleranfälligkeit bei Deinen Maschinen steht. Schau nach, welche Fehler wie häufig auf einer der Maschinen in den letzten 24h aufgetreten sind.

Findet sofort wieder zurück auf die Liste der Fehlermeldungen. Die Vereinigung von Logbuch und Alarmmeldungen wird als sinnvoll erachtet.

2. Maschinendaten ablesen

Du möchtest eine neue Maschine bestellen, die die selben Daten wie eine Deiner Maschinen aufweist. Schau nach den entsprechenden Werten.

Tut sich schwer mit dem Finden der entsprechenden Seite.

3. Installierte Softwareversion überprüfen

Die Serviceabteilung bittet Dich darum, nachzuprüfen, welche Softwareversion auf einer Deiner Maschinen installiert ist. Schau nach, um welche Version es sich handelt.

Will ins NIS wechseln, wo diese Daten heute zu finden sind.

A19 Evaluation Kurveditor: Leitfaden

Forschungsfragen/Hypothesen

- Werden folgende Interaktionen (vollständige Liste) gefunden, verstanden, als erwartet oder überraschend beurteilt?
 - Berühren, um Signifier einzublenden
 - Punkt-Signifier stossen sich ab
 - Punkt berühren, um auszuwählen
 - Hintergrund berühren, um abzuwählen
 - Unterschied: bei voll ausgeblendeten Signifiern wird nur eingblendet, nicht abgewählt
 - Punkt halten und weitere antippen, um mehrere auszuwählen
 - erneut antippen, um einzelne abzuwählen
 - Ziehen, um zu bewegen: horizontal, vertikal, diagonal
 - Kneifen, um zu strecken (horizontal, vertikal, diagonal)
 - mit zweitem Finger auf Punkt
 - mit zweitem Finger auf Hintergrund
 - +-Slider ziehen, um neue Punkte zwischen ausgewählte einzufügen
 - Papierkorb-Button antippen, um ausgewählte zu löschen
 - nur aktiv, wenn mind. 1 ausgewählt und mind. 2 nicht ausgewählt
 - Ungeplanter Nebeneffekt: Slider antippen
 - wenn nichts ausgewählt, um alle auszuwählen
 - wenn einzelne ausgewählt, um ganzen Bereich dazwischen auszuwählen
- Werden die Farben der Signifier verstanden? (gelb = berührbar, blau = berührbar und ausgewählt, rosa = mögliche Aktivität) Wäre eine weitere Farbabstufung wünschenswert, z.B. Unterscheidung zwischen «hier tippen» und «hier drücken und halten/ziehen»?
- Ist die Grösse der Signifier angenehm? (Touch-Flächen-Durchmesser aktuell (willkürlich) auf iPad 19 mm, auf 21.5" 24 mm)
- Gibt es Schwierigkeiten durch Verdecken des interessanten Elements mit dem Finger? Wäre es besser, den Touch-Flächen einen konstanten Offset nach unten zu geben?

Form und Durchführung

Interaktiver HTML-Prototyp auf iPad (10") oder Zielgerät (21.5" kapazitiv Multitouch) auf Tisch

Eine Testperson

Ein Testleiter und Protokollführer

Videoaufnahme von Bildschirm und Händen, Audio von Proband und Testleiter

Aufgaben schriftlich abgegeben

Zielgruppe

Es ist kein Domänenwissen erforderlich, gewisse Technikaffinität von Vorteil. Erfahrung mit Multitouch kann vorausgesetzt werden.

Einleitung

- Dank für Hilfe
- Bedienpanel von Kunststoff verarbeitender Maschine, neu mit Multitouch (Touchscreen mit mehreren Fingern), kleiner Teil davon als Prototyp realisiert

- Es geht um Multitouch-Interaktionen (verständlich und leicht zu bedienen), nicht um Aussehen, Szenario fiktiv und nicht komplett realistisch
- Dauer: ca. 30 min?
- Ablauf: Aufgaben + Beobachtung, Interview/Diskussion
- Erlaubnis für Videoaufnahme
- Es kann nichts falsch gemacht werden
- Jederzeit aufhören
- Laut denken
- Prototyp hat Limitationen, werde gegebenenfalls darauf hinweisen.
- Jederzeit einfach spielen vor oder nach Aufgaben erlaubt. Aufgaben bauen aber aufeinander auf.

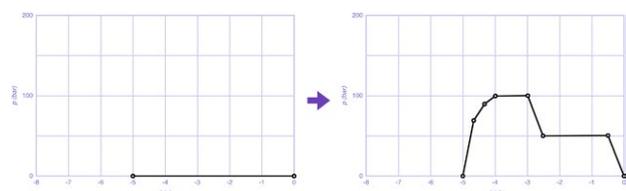
Aufgaben

Einleitung

Eine Kunststoff verarbeitende Maschine muss als Teil des von ihr ausgeführten Ablaufs in einem Gefäss einen über die Zeit variierenden Druck anwenden. Der Verlauf des Drucks wird durch eine Kurve definiert, die an der Bedieneinheit der Maschine mittels eines grafischen Editors bearbeitet werden kann. Als Bediener der Maschine ist es Ihre Aufgabe, diese Kurven einzugeben und beim Betrieb der Maschine zu optimieren, um eine möglichst gute Qualität des Produktes zu erreichen. Dazu haben Sie, als Teil der Steuerungssoftware, den Kurveditor vor sich.

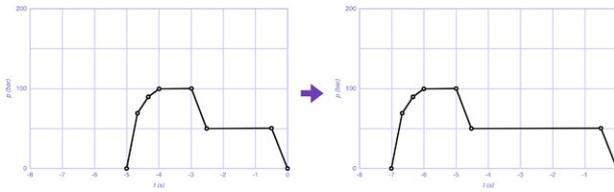
Aufgabe 1

Sie nehmen die Maschine für einen neuen Auftrag in Betrieb, es ist noch keine Kurve definiert. Aus Erfahrung wissen Sie, dass eine gute Kurve ungefähr so aussieht wie in der Abbildung rechts. Bilden Sie diese Kurve in der Software nach. Form und Grösse sollten grob stimmen, auf genaue Werte kommt es nicht an.



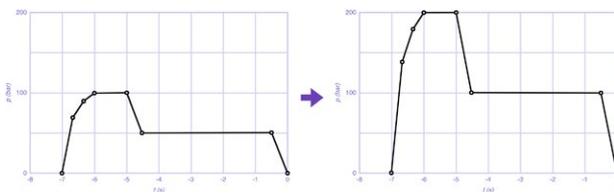
Aufgabe 2

Nach einem ersten Testlauf des Maschinenablaufs kommen Sie zum Schluss, dass die abschliessende Phase konstanten Drucks mit 2 Sekunden noch zu kurz ist. Verlängern Sie sie auf 4 Sekunden, indem Sie den Beginn des Profils nach vorn schieben, wie in der Abbildung gezeigt (das Ende muss, vorgegeben durch den Rest des Maschinenablaufs, bei 0 Sekunden bleiben).



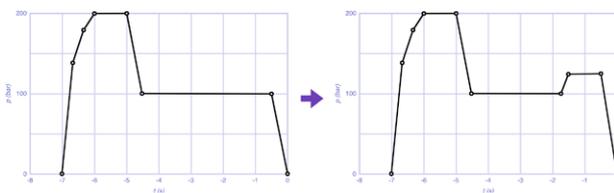
Aufgabe 3

Ein weiterer Testlauf ergibt, dass der Druck generell noch zu tief ist. Skalieren Sie die ganze Kurve in vertikaler Richtung um ungefähr einen Faktor 2, so dass der maximale Druck bei 200 bar statt 100 bar liegt.



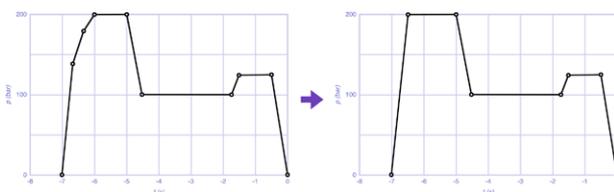
Aufgabe 4

Nun kommt schon ein ganz gutes Produkt zustande, doch es zeigt sich, dass der Druck gegen Ende kurzzeitig nochmals erhöht werden muss. Bauen Sie diese Erhöhung ein.



Aufgabe 5

Es stellt sich heraus, dass der abgerundete Anstieg am Anfang nicht nötig ist. Vereinfachen Sie ihn in einen simplen linearen Anstieg.



Interview/Diskussion

- Grundsätzlicher Eindruck?
- Grösse der Touchelemente?
- Schwierigkeiten mit Zweihandbedienung?
- Erkläre die Farben.
- Fehlt etwas?
- Eigene Ideen/Gedanken?

Abschluss

Dank + Belohnung

A20 Evaluation Kurveneditor: Auswertung

Forschungsfragen/Hypothesen	R. (Softwareentwickler)		D. (Softwareentwickler)										
Werden folgende Interaktionen (vollständige Liste) gefunden, verstanden, als erwartet oder überraschend beurteilt?	gefunden	beurteilt	gefunden	beurteilt									
Berühren, um Signifier einzublenden	✓	✓	✓	✓	ungewohnt, aber gut								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Punkt-Signifier stossen sich ab</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">~</td> <td style="width: 5%;">im ersten Moment verwirrend, nachher gut</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">~</td> <td style="width: 5%;">nicht zentriert stört (aber klar warum)</td> </tr> </table>	Punkt-Signifier stossen sich ab	✓	~	im ersten Moment verwirrend, nachher gut	✓	~	nicht zentriert stört (aber klar warum)						
Punkt-Signifier stossen sich ab	✓	~	im ersten Moment verwirrend, nachher gut	✓	~	nicht zentriert stört (aber klar warum)							
Punkt berühren, um auszuwählen	✓		will toggle	✓									
Hintergrund berühren, um abzuwählen	×			~		auf Hinweis «es ist alles ausgewählt» gefunden, dann wieder vergessen und Multi-Abwahl genutzt							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Unterschied: bei voll ausgeblendeten Signifiern wird nur eingeblendet, nicht abgewählt</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> </table>	Unterschied: bei voll ausgeblendeten Signifiern wird nur eingeblendet, nicht abgewählt												
Unterschied: bei voll ausgeblendeten Signifiern wird nur eingeblendet, nicht abgewählt													
Punkt halten und weitere antippen, um mehrere auszuwählen	✓	✓	sofort klar	✓	✓								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">erneut antippen, um einzelne abzuwählen</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> </table>	erneut antippen, um einzelne abzuwählen	✓	✓		✓	✓							
erneut antippen, um einzelne abzuwählen	✓	✓		✓	✓								
Ziehen, um zu bewegen	✓	✓		✓	✓								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">horizontal, vertikal, diagonal</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">~</td> <td style="width: 5%;">hinter Finger zurückbleiben verwirrt anfangs</td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">~</td> <td style="width: 5%;">Einschränkung häufig unbeabsichtigt aktiviert</td> </tr> </table>	horizontal, vertikal, diagonal	✓	~	hinter Finger zurückbleiben verwirrt anfangs	✓	~	Einschränkung häufig unbeabsichtigt aktiviert						
horizontal, vertikal, diagonal	✓	~	hinter Finger zurückbleiben verwirrt anfangs	✓	~	Einschränkung häufig unbeabsichtigt aktiviert							
Kneifen, um zu strecken (horizontal, vertikal, diagonal)	✓	✓	sofort klar										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">mit zweitem Finger auf Punkt</td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%;">✓</td> <td style="width: 5%;">~</td> <td style="width: 5%;">bewegt Finger parallel; wählt Punkte auf gleicher Höhe für vertikale Skalierung und versteht grosse Sprünge nicht</td> </tr> </table>	mit zweitem Finger auf Punkt				✓	~	bewegt Finger parallel; wählt Punkte auf gleicher Höhe für vertikale Skalierung und versteht grosse Sprünge nicht						
mit zweitem Finger auf Punkt				✓	~	bewegt Finger parallel; wählt Punkte auf gleicher Höhe für vertikale Skalierung und versteht grosse Sprünge nicht							

F. (Hardwareentwickler)			M. (Hardwareentwickler)			Q. (Hardwareentwickler)		
gefunden	beurteilt		gefunden	beurteilt		gefunden	beurteilt	
			✓	✓	schön aufgeräumt (für Gelegenheitsbenutzer eher mehr explizite Elemente)	✓	✓	
✓		unklar, im nächsten Satz spontan klar			unterschiedlicher Ort irritiert	×		versteht nicht, warum nicht in Mitte
✓					tippt auf Punkt, nicht Kreisfläche			tippt auf Punkt, nicht Kreisfläche
~	×	mehrmals zufällig angewendet aber lange nicht erkannt; ärgert sich über versehentliches Auslösen	×		nur mit Hilfe gefunden	~		nach einigen Versuchen gefunden
✓	×	«geht nicht», undurchschaubar						
✓	×	sofort klar (mit 1 Hand), aber «schafft man, ist aber keine Idee»; «keiner begreifts»; will Feststelltaste für 1-Finger-Bedienung	~		versucht mit zwei Fingern Bereich auszuwählen; nur nach langem Probieren gefunden (+-Signifier erst nicht beachtet, da schon (falsche) Vorstellung was zu tun ist – einzelne anwählen)	×		sehr lange nicht gefunden; versucht Rechteck aufzuziehen für Mehrfachauswahl; versucht länger drücken; + gesehen aber nicht probiert, weil «heisst hinzufügen» und weil es wieder verschwindet, wenn man es mit demselben Finger berühren will; Tipp «Multitouch» -> versucht mit zwei Fingern zu tippen; versucht mit einem Finger auf Hintergrund und mit zweitem Punkte anzutippen; vermisst einfachere Methode, viele/alle auszuwählen
✓			✓		nach Auswählen schnell gefunden	×		Minus als löschen interpretiert, benutzt aber nicht verstanden
✓	✓					✓		versucht Kurve zu packen um alles auszuwählen und zu bewegen (wie in Illustrator)
		Hysterese zu gross, man denkt es funktioniere nicht und drückt stärker; hätte Hysterese erkannt wenn sie auch während Bewegung noch gälte; lieber keine Einschränkung, dafür Raster; diagonal für uneingeschränkt lange nicht gefunden	×		Richtungswahl unklar; Hysterese zu gross («ist mein Finger störrisch?»)	×		Richtungswahl scheint unklar; horizontal+vertikal mit systematischem Probieren kapiert; diagonal auch mit mehrfachem Suchen nicht gefunden; versucht umzuschalten mit mehrmals antippen (schlechte Idee, da er meist auch zum Bewegen zweimal tippt)
×		weigert sich, schiebt Punkte herum	~	~	nur nach langem systematischen Probieren gefunden; nicht klar, dass Streckung von Finger statt von null aus (Einhandbedienung bewirkt, dass zweiter Touch oben rechts, und dann geht Skalierbewegung in «falsche» Richtung); «eine Bewegung zu viel»; mit Übung langsam beherrscht; will Toolbar mit Modi skalieren, verschieben etc. und dann skalieren mit beiden Fingern auf Hintergrund	~	✓	benutzt drei Finger: funktioniert irgendwie, aber unvorhersehbar; «gut gelöst, wenn man weiss, wie's geht»
~	×	versucht mit 3 Fingern (funktioniert); will nicht «gleichzeitig skalieren und verschieben», sondern von null aus skalieren			grosser Skalierfaktor bei Anfassen auf ähnlicher Höhe verwirrt («Verhalten recht unterschiedlich je nachdem wo gedrückt – möglicherweise nützlich, aber schwer zu verstehen»)	✓		bewegt parallel beim Spielen; bei Aufgabe nach früherem Spielen sofort gefunden

Forschungsfragen/Hypothesen	R. (Softwareentwickler)		D. (Softwareentwickler)	
mit zweitem Finger auf Hintergrund	✓			
+Slider ziehen, um neue Punkte zwischen ausgewählte einzufügen	✓		tippt erst auf Bahn; ausgewählt stört; wo unklar	✓
Papierkorb-Button antippen, um ausgewählte zu löschen	✓	✓		✓
nur aktiv, wenn mind. 1 ausgewählt und mind. 2 nicht ausgewählt			lieber alle löschen und Default-Gerade einfügen	
Ungeplanter Nebeneffekt: Slider antippen				
wenn nichts ausgewählt, um alle auszuwählen	✓			
wenn einzelne ausgewählt, um ganzen Bereich dazwischen auszuwählen				
Werden die Farben der Signifier verstanden? (gelb = berührbar, blau = berührbar und ausgewählt, rosa = mögliche Aktivität)			anfangs unklar blau = ausgewählt; unklar warum Buttons gelb	anfangs unklar blau = ausgewählt, am Schluss klar
Wäre eine weitere Farbabstufung wünschenswert, z.B. Unterscheidung zwischen «hier tippen» und «hier drücken und halten/ziehen»?				
Ist die Grösse der Signifier angenehm? (Touch-Flächen-Durchmesser aktuell (willkürlich) auf iPad 19 mm, auf 21.5" 24 mm)			zu gross, stört wegen Abstossung	zu gross
Gibt es Schwierigkeiten durch Verdecken des interessanten Elements mit dem Finger?			keine beobachtet	keine beobachtet
Wäre es besser, den Touch-Flächen einen konstanten Offset nach unten zu geben?				
Wird Zweihandbedienung benutzt, geschätzt?	✓	×		✓ ~ Notwendigkeit stört anfangs, aber man gewöhnt sich daran
Weitere Beobachtungen und Wünsche				
versucht einen Punkt zu schieben, alle kommen mit	×			×
will Rasterfang	✓		für «schöne Werte»	✓
will Kurve antippen, um Punkt einzufügen	✓			✓ lange drücken
versucht zweimal zu kneifen oder zu bewegen und kneifen, ohne dazwischen 1. Finger loszulassen				✓
will Beschriftung				
will Buttons immer eingeblendet				✓

F. (Hardwareentwickler)		M. (Hardwareentwickler)		Q. (Hardwareentwickler)			
		versucht mit beiden Fingern auf Hintergrund, ärgert sich über Abwählen		versucht mit einem Finger auf Hintergrund (ärgert sich über Abwählen); bewegt Finger parallel; möchte «festen Zoomfaktor» unabhängig von ursprünglichem Abstand, Finger auf Hintergrund wird nicht als Festhalten eines Punktes der Gummiebene interpretiert, sondern als Slider	✓	interpretiert Bewegungspfeile als Menu für Skalier-Richtungswahl – funktioniert scheinbar (Touch auf Pfeil geht in Wirklichkeit auf Hintergrund)	
×	×	nur mit Hilfe gefunden (tippt auf Slider); «jetzt schon sagen, ich will 5 Punkte, das macht kein Mensch – bin kein Schachspieler, der vorausdenkt»	✓	~ Einfügen in grösster Lücke unklar, erwartet beim letzten bearbeiteten Punkt; tippt zum Einfügen auf + auch nachdem gelernt, dass es ein Slider ist	~	Tippt auf Slider, dann auf gewünschten Ort; findet Slider nach einigem Probieren; Platzierung rechts von ausgewähltem gefunden, komplexere nicht	
✓	✓		~	erst Slider nach links probiert; Papierkorb nicht beachtet weil als «ganze Kurve verwerfen» betrachtet	~	versucht mehrere zu löschen mit Auswahl-Minus; «Papierkorb ist nicht mehr da» (während Halten mit einem Finger, um Minus zu sehen); für einzelne löschen Papierkorb klar	
			✓	×		benutzt, aber nicht verstanden	
			✓	×	versehentlich benutzt, aber nicht verstanden		
~		anfangs unklar Unterschied blau/gelb; blau nur als «ausgewählt», nicht als «berührbar» interpretiert, deshalb verwirrt wenn nicht-berührter aber ausgewählter trotz keinem blauen Kreis sich mitbewegt		anfangs unklar blau = ausgewählt; gelber Hintergrund auf Nachfrage unklar	×	berührt vieles, was nicht gelb oder blau ist; «gelb heisst selektiert», «gelbes Plus wirkt auf selektierte», «gelb sind die, mit denen ich im nächsten Schritt etwas machen kann»; verwirrt wenn nicht-berührter aber ausgewählter trotz keinem blauen Kreis sich mitbewegt	
		zu gross (Abstossung)		gut		gut (Grösse durch Abstossung entschärft)	
		keine beobachtet		keine beobachtet		keine beobachtet	
×	×	«kann nicht sein»	×	×	benutzt eine Hand und bemängelt Fingerakrobatik	×	benutzt sehr lange nur eine Hand (Aufgaben in anderer Hand); «lieber mehrere Finger einer Hand als zwei Hände»
×			×			×	
✓		auch für horizontale Segmente; einstellbare Rasterweite	✓	Slider für Gitterweite			
✓						✓ evtl. länger drücken	
✓						✓	
			✓	Pfeile für Skalieren sind uneindeutig	✓		
✓							

A21 Evaluation Kurveditor: Ergebnisse und Empfehlungen

Folgender Text setzt beim Leser Erfahrung mit der Bedienung des Prototyps voraus. Idealerweise hat man ihn vor sich, um die beschriebenen Interaktionen nachzuvollziehen. Bei den formulierten Empfehlungen handelt es sich lediglich um Ideen, wenn auch begründete, die vom Ausführenden gern auch hinterfragt und durch bessere ersetzt werden dürfen.

1. Hypothese: Die Reichhaltigkeit der möglichen Multitouch-Gesten erlaubt es, viel Funktionalität leicht erreichbar zu machen. Komplexe Multitouch-Gesten können durch grafische Signifier auffindbar und erlernbar gemacht werden.

Erkenntnis: Hypothese widerlegt. Die grafischen Signifier werden von den Testpersonen auf viele leicht verschiedene Arten interpretiert, die oft nicht falsch sind, aber nicht exakt der vom Autor beabsichtigten strikten Bedeutung (z.B. «gelb = hier kann jetzt berührt werden») entsprechen. Es wird den Testpersonen nicht bewusst, dass es eine strikte Bedeutung gibt. Entsprechend werden die komplexeren Gesten nicht, nur mit Mühe oder nur zufällig erkannt. Siehe beispielsweise 6. Gesten, die von allen Testpersonen spontan angewendet werden, sind nur folgende: Mit einem Finger tippen (tap), mit einem Finger halten und bewegen (drag), mit zwei Fingern einer Hand kneifen (pinch). Teilweise: Mit einem Finger lange halten (press).

Empfehlung: Für die grundlegenden Interaktionen, welche auch von Gelegenheitsbenutzern mit stärkerem Bedürfnis nach Erlernbarkeit als nach Effizienz verwendet werden, soll nicht versucht werden, den Benutzern durch Signifier komplexe Gesten beizubringen, sondern es sollen nur einfache Gesten (die oben erwähnten) verwendet werden. Für Expertenfunktionen oder Abkürzungen (Expertenbenutzer, wo Effizienz stärker gewichtet ist als Erlernbarkeit) können komplexe Gesten verwendet werden, soweit sie den einfachen nicht in die Quere kommen, diese müssen aber nicht unbedingt durch Signifier beworben werden, sondern können durch Dokumentation und Schulung vermittelt werden. Der Wegfall der Diversität an Gesten kann kompensiert werden durch Einführung einer «Werkzeugpalette», welche die Interaktionen in verschiedene Modi einteilt, die je mit einfachen Gesten auskommen. Die genaue Menge von Werkzeugen oder Modi und die Aufteilung der Funktionalität unter sie ist noch zu bestimmen, denkbar wären Auswahl (siehe 6., 7.), Bewegen, Skalieren (siehe 9.), Einfügen (siehe 5.), Zoomen+Scrollen, Zeichnen (siehe 13.). Modi werden in der HCID-Literatur seit langem als häufige Ursachen von Fehlern skeptisch beurteilt (Raskin 2000, S. 37; Norman 2013, S. 177), jedoch werden die aus Grafikprogrammen bekannten Werkzeugpaletten als Anwendung genannt, wo sie trotzdem sinnvoll sein können (Apple 2014b). Entscheidend ist dabei, dass stets offensichtlich ist, in welchem Modus man sich befindet, was in unserem Fall nicht nur durch die Auswahl in der Werkzeugpalette, sondern auch durch die auf der Zeichenfläche eingeblendeten Signifier erreicht werden kann.

Die strikte Bedeutung der Farben muss nicht beibehalten werden: Papierkorb und Slider-Knopf müssen nicht gelb sein, Touch-Flächen für «bestehenden Punkt auswählen» und «neuen Punkt einfügen» könnten leicht unterschiedliche Farben erhalten.

2. Hypothese: Ausblenden der Touch-Signifier nach gewisser Zeit ist ein guter Weg, den durch sie belegten Platz zurückzugewinnen und den ungestörten Blick auf den Inhalt freizugeben.

Erkenntnis: Das Ausblenden wird als ungewohnt aber gut beurteilt, das aufgeräumte Erscheinungsbild wird geschätzt. Einem Teilnehmer geht das Ausblenden zu schnell, er fühlt sich dadurch unter Stress und Zeitdruck gesetzt. Zwei Teilnehmer möchten Papierkorb-Button und Einfügen-Slider lieber immer sichtbar.

Empfehlung: Kann beibehalten werden. Die Ausblende-Zeit könnte von aktuell 3 Sekunden auf 5 Sekunden erhöht werden. Das Ausblenden könnte unterdrückt werden, solange Punkte ausgewählt (blau) sind – Hypothese: durch Abwahl kundgetanes «ich bin fertig mit Arbeiten» passt als Auslöser der Rückkehr in den «nur schauen»-Zustand, wo keine Signifier den Blick versperren. Dadurch würde auch der von einem Teilnehmer erkannte und als unverständlich beurteilte Unterschied eliminiert, dass ein Tipp auf den Hintergrund bei noch nicht ganz ausgeblendeten Signifiern die Auswahl aufhebt, während er nach dem vollständigen Ausblenden nur die Signifier einblendet, aber die Auswahl unverändert lässt. Wenn eine Werkzeugleiste hinzu kommt (die wegen Modus-Visualisierung immer sichtbar sein soll), könnte sie auch einen expliziten Modus für «nur schauen» haben, und in allen anderen Modi immer alles eingeblendet bleiben. Am besten beide Varianten testen.

3. Hypothese: Zweihandbedienung ist natürlich. (Tatsächlich schien sie dem Autor derart natürlich, dass diese Hypothese vor dem Test gar nicht explizit formuliert wurde.)

Erkenntnis: Hypothese widerlegt. Sowohl Beobachtung als auch Befragung ergaben, dass sämtliche Testpersonen Einhandbedienung so weit wie möglich bevorzugen. Prinzipiell werden zuerst Ein-Finger-Gesten versucht; wenn Multitouch-Gesten nötig sind, werden sie weitgehend mit einer Hand durchgeführt, auch wenn dazu mühsame Verrenkungen nötig sind. Die zweite Hand wird kaum verwendet, auch wenn sie frei wäre. Hinzu kommt, dass sie in vielen Fällen durch Papiere (bei einer Testperson die Testaufgaben), Werkzeuge oder dergleichen belegt ist.

Empfehlung: Durch Reduktion auf die in 1. genannten einfachen Gesten soll die Notwendigkeit von Zweihandbedienung vermieden werden. Gleichzeitige Bedienung mit zwei Händen oder zwei Fingern soll wo sinnvoll ersetzt werden durch sequentielle Bedienung mit einem Finger.

4. Hypothese: Wenn Punkte so nahe beieinander liegen, dass sich ihre Touch-Flächen so stark überlappen würden, dass sie kaum mehr einzeln zu treffen sind, dann sollen die Touch-Flächen durch Abstossung weiter auseinander platziert werden, um die Überlappung zu eliminieren.

Erkenntnis: Alle Testpersonen stört es, dass die kreisförmigen Touch-Flächen der Punkte nicht immer auf den Punkten zentriert sind, auch wenn die meisten auf Nachfrage sofort erklären kön-

nen, warum das so ist (um Überlappungen zu vermeiden). Wenn die Touch-Flächen so weit auseinandergestossen sind, dass einzelne Punkte ausserhalb aller Touch-Flächen liegen, versuchen manche Testpersonen, auf die Punkte zu tippen, und sind irritiert, dass nichts passiert. Die Grösse der Touch-Flächen wird von der Mehrheit als zu gross bezeichnet, weil sie die Abstossung verschlimmert, von der Minderheit als gut. Schwierigkeiten durch Abdecken des bearbeiteten Punktes mit dem Finger wurden nie beobachtet oder erwähnt.

Empfehlung: Der aktuelle Algorithmus zur Abstossung der Kreise (eine 2D-Verallgemeinerung eines Verfahrens, das in 1D gut funktioniert) ist schlecht, er muss durch einen ersetzt werden, der die Kreise wirklich nur dann aus ihrer zentrierten Position stösst, wenn sie sich sonst überlappen würden. Der Abstossungsradius soll etwas kleiner sein als der visuelle Radius der Kreise, damit sich immer dann, wenn ein Kreis nicht zentriert ist, auch ein visueller Überlapp ergibt, der andeutet, warum das so ist. Bei abgestossenem Kreis soll auch ein kleinerer Kreis um den Punkt herum (Radius halber Abstand zum nächsten Punkt, damit sich die Kreise nicht überlappen) Teil der Touch-Fläche sein. Um bei stark abgestossenen grossen Kreisen die Zugehörigkeit zwischen Kreis und Punkt zu visualisieren, soll auch die konvexe Hülle der beiden Kreise zur sichtbaren Touch-Fläche gehören (Abbildung 80). Der Hit-Test für Touch-Events soll dabei in der Reihenfolge kleiner Kreis, grosser Kreis, konvexe Hülle stattfinden: Ein Touch genügend nahe bei einem Punkt meint immer genau den Punkt, und die mehr fürs Visuelle nötige Hülle soll die für Treffsicherheit nötigen grossen Kreise nicht überdecken (Abbildung 81).

Der Durchmesser der grossen Kreise (auf dem 21.5"-Monitor aktuell 24 mm) soll mindestens auf die ursprünglich auf dem iPad

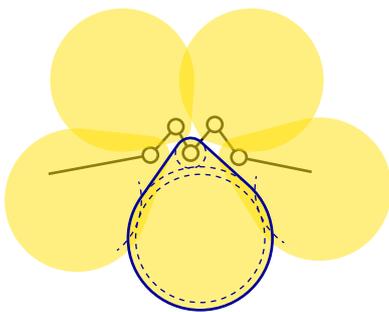


Abbildung 80: Touch-Flächen bei Abstossung: Sichtbare Form (gelb); blau hervorgehoben (nicht sichtbar) visueller Radius des grossen Kreises, Abstossungsradius des grossen Kreises, kleiner Kreis (gestrichelt), konvexe Hülle (ausgezogen)

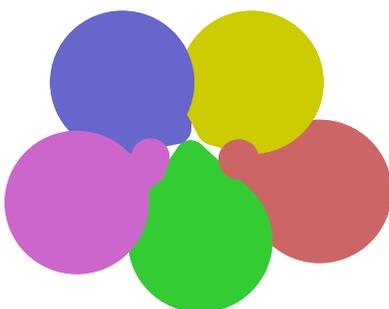


Abbildung 81: Touch-Flächen bei Abstossung: Überlappungsreihenfolge für den Hit-Test

willkürlich gewählten 19 mm reduziert werden. Falls genügend Test-Iterationen zur Verfügung stehen, kann auch kleiner versucht werden, bis die Testpersonen es als zu klein beurteilen.

Von der Idee, den Touch-Flächen einen Offset nach unten zu geben, um Abdecken des Punktes mit dem Finger zu vermeiden, ist Abstand zu nehmen, da das Problem nicht besteht und sie die offenbar stark erwünschte Zentrierung zerstören würde.

5. Hypothese: Der Slider zum Einfügen von Punkten ist eine nützliche Methode, mit im unbenutzten Zustand geringem Platzverbrauch das Einfügen am gewünschten Ort sowohl eines einzelnen Punktes als auch von mehreren äquidistanten Punkten anzubieten.

Erkenntnis: Der Slider wird von den meisten Testpersonen nach einigem Probieren gefunden, aber seine Eignung in Frage gestellt. Ein Teilnehmer drückte es so aus: «Ich bin kein Schachspieler, der fünf Züge voraus denkt, ob ich fünf oder sechs Punkte will – ich mache einen nach dem anderen, bis ich genug habe.» Es wird erkannt, dass bei einem ausgewählten Punkt die neuen rechts davon erscheinen, aber wo Punkte erscheinen, wenn mehrere ausgewählt sind (immer in der grössten Lücke im Bereich), wird von niemandem verstanden. Eine Testperson tippt mehrfach auch dann noch instinktiv auf den Knopf, um Punkte einzufügen, nachdem sie gelernt hat, dass es ein Slider ist. Alle Testpersonen versuchen spontan, auf die Kurve zu tippen und ziehen oder lange zu drücken, um an diesem Ort einen neuen Punkt einzufügen. Niemand versucht, vom Slider-Knopf einen Punkt in die Zeichenfläche zu ziehen.

Empfehlung: Der Slider fällt weg, neue Methode zum Einfügen von Punkten ist es, die Kurve zu berühren, wobei der neu eingefügte Punkt dann sofort bewegt werden kann. Die Touch-Fläche fürs Einfügen besteht aus der konvexen Hülle des Kurvensegmentes und eines Kreises in normaler Touch-Flächen-Grösse (oder zur besseren Unterscheidung etwas kleiner), der ursprünglich auf dem Segment zentriert ist, aber an der Abstossung zur Überlapp-Vermeidung teilnimmt (wobei Abstossung entlang des Segmentes gegenüber vom Segment weg bevorzugt werden könnte). Ob Touch-Flächen für Punkte (zum Auswählen und Bewegen) und Segmente (zum Einfügen von Punkten) gleichzeitig aktiv sein sollen oder ob dadurch ein zu grosses Gedränge entsteht (die Abstossung zu stark wird) und sie deshalb in verschiedene Modi der Werkzeugeleiste getrennt werden sollen, ist experimentell festzustellen. Die mit dem Slider wegfallende Möglichkeit, äquidistante Punkte einzufügen (eine der ursprünglichen Anforderungen) kann kompensiert werden durch einen Freihand-Zeichnen-Modus, siehe 13.

6. Hypothese: Die Mehrfach-Auswahl durch Halten eines und gleichzeitiges Tippen eines weiteren Punktes, von (Wroblewski 2010) als «Bundle» beschrieben, wird durch die Signifier entdeckbar gemacht und fällt leicht.

Erkenntnis: Die Geste wird trotz Signifiern nicht von allen Probanden leicht gefunden und als naheliegend beurteilt, ausserdem ist sie bei Einhandbedienung (siehe 3.) unbequem. Mehrere wünschen sich eine «Feststelltaste», mit Hilfe derer Punkte durch

einzelnes Antippen aus- und abgewählt werden kann. Einer versucht, durch gleichzeitiges Antippen zweier Punkte den ganzen Bereich dazwischen auszuwählen. Einer versucht, ein Auswahlrechteck um mehrere Punkte herum aufzuziehen. Einer vermisst eine einfache Möglichkeit, alles auszuwählen.

Empfehlung: Für Auswahl soll ein eigener Modus in der Werkzeugleiste eingeführt werden, er übernimmt die Aufgabe der «Feststellaste». Im Auswahlmodus werden Punkte durch einzelnes Antippen aus- und abgewählt. Das Aufziehen eines Rechtecks auf dem Hintergrund und die Bereichsauswahl durch gleichzeitiges Berühren eines zweiten Punktes können ebenfalls implementiert werden. In diesem Modus sollen ausserdem Buttons für «alles auswählen» und «Auswahl aufheben» (siehe 7.) zur Verfügung stehen. Möglicherweise ist die Möglichkeit unnötig, einen nicht zusammenhängenden Bereich von Punkten auszuwählen, und kann für eine anderweitige Vereinfachung aufgegeben werden.

7. Hypothese: Aufheben der Auswahl durch Berühren des Hintergrundes ist natürlich.

Erkenntnis: Die Funktion wird von niemandem auf Anhieb und von den meisten nur mit Hilfe gefunden. Einige lösen sie gelegentlich unbeabsichtigt aus (durch explorative oder versehentliche Berührungen) und ärgern sich darüber. Offenbar kommen viele Benutzer auch bei bewusstem Suchen nicht auf die Idee, etwas zu berühren, das nicht visuell hervorgehoben ist – insofern ist die Hypothese von 1., dass Signifier nötig sind, bestätigt.

Empfehlung: Ein explizites Element (Button) für «alle abwählen» ist nötig (siehe 6.). Berühren des Hintergrundes kann als Abkürzung beibehalten werden, als Massnahme gegen unbeabsichtigte Abwahl ist dann allerdings das (ohnehin geplante) Undo empfehlenswert (impliziert, dass Auswahländerungen im Undo-Stack aufgezeichnet werden müssen).

8. Hypothese: Einschränken der Bewegungsrichtung auf horizontal oder vertikal, wenn die Richtung der initialen Bewegung genügend nahe daran ist, ist nützlich.

Erkenntnis: In der aktuellen Implementation stört das Verhalten öfter als es nützt – zumindest bei den gestellten Testaufgaben, wo nur die grobe Form der Kurve gefordert ist. Das könnte sich ändern, sobald Zahlenwerte dargestellt werden und das Ziel ist, gegebene Zahlenwerte zu erreichen. Einige Testpersonen durchschauen das System der Richtungswahl durch Einschnappen nicht und finden auch mit viel Probieren nicht heraus, was sie tun müssen, um zuverlässig eine uneingeschränkte Bewegung zu erreichen (erst diagonal ziehen). Dies obwohl z.B. das Scrolling im Browser auf iOS genauso funktioniert. Dass sich am Anfang der Fingerbewegung, während die Bewegungsrichtung beurteilt wird, der Punkt für eine gewisse Strecke nicht bewegt, verwirrt die meisten Probanden zumindest unbewusst. Sie haben den Eindruck, der Touchscreen funktioniere nicht und versuchen das durch stärkeres Drücken zu beheben, was die Bewegung unangenehm macht und die Funktion eher noch verschlechtert. Einige, die das System verstanden haben, beurteilen die «tote» Strecke (Hysterese) als zu gross. Dass sie im aktuellen Prototyp fast dem

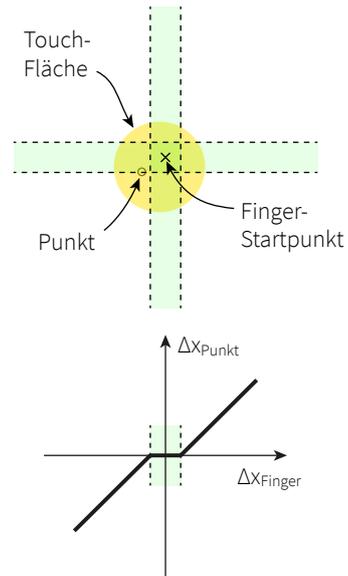


Abbildung 82: Nicht-endgültige Einschränkung der Bewegungsrichtung

Kreisradius entspricht, begünstigt falsche mentale Modelle, die dem Kreisrand eine Bedeutung zusprechen.

Empfehlung: Ein alternatives System, das ohne die störende Endgültigkeit der Richtungseinschränkung auskommt, könnte folgendermassen aussehen – eine Art von magnetischem Einschnappen: die Ebene wird durch einen horizontalen und einen vertikalen Streifen, zentriert auf dem Startpunkt der Berührung, in 9 Bereiche aufgeteilt (Abbildung 82 oben). In den 4 diagonal äusseren Bereichen bewegt sich der Punkt uneingeschränkt parallel zum Finger. Auf dem oberen und unteren Bereich des vertikalen Streifens bewegt sich der Punkt nur vertikal, analog auf dem horizontalen Streifen nur horizontal, und im zentralen Quadrat der Überschneidung gar nicht (wichtig, um unbeabsichtigte Minimalbewegungen zu vermeiden), mit stetigen Übergängen zwischen den Bereichen (Abbildung 82 unten). Während die Einschränkung aktiv ist, kann der entsprechende Streifen visuell angezeigt werden. Die roten Richtungspfeile, wobei davon nur noch 4 statt 8 nötig sind, sollen immer alle sichtbar bleiben, da die Richtungseinschränkung nicht endgültig ist und immer in alle Richtungen bewegt werden kann, diejenigen der nicht-aktiven Richtung könnten jedoch etwas gedimmt werden. Die Breite der Streifen soll deutlich kleiner sein als der Durchmesser des Touch-Flächen-Kreises, nur so gross, dass sie mit Hilfe des visuellen Feedbacks noch problemlos zu treffen ist, schätzungsweise höchstens halb so gross.

9. Hypothese: Strecken durch Kneifen (pinch), mit beiden Fingern auf Punkten oder einem auf einem Punkt und dem zweiten auf dem Hintergrund, funktioniert wie erwartet.

Erkenntnis: Mit der aktuellen Implementation der Funktion tun sich die meisten Probanden schwer. Die roten Doppelpfeile als Signifier sind nicht aussagekräftig genug. Das mentale Modell, dass die Kurve auf eine Gummiebene gezeichnet ist und man mit den Fingern zwei Punkte der Ebene festhält und streckt, scheint nicht universell, manche erwarten eher, dass mit einem Finger die Position und mit dem anderen die Skalierung eingestellt wird, was nicht genau dem Verhalten entspricht und so zu Verwirrung führt.

Dies sind ihnen ausserdem zu viele Freiheitsgrade, es bewegt sich zu viel auf einmal, sie möchten nicht «gleichzeitig skalieren und verschieben» (aber nicht immer mit einer klaren Idee, was das exakt heissen soll; einer schlägt vor, von Null aus zu skalieren). Manche verwenden nach erfolglosen ersten Versuchen drei Finger, was irgendwie funktioniert, aber unvorhersehbar. Manche versuchen, durch Pinch mit beiden Fingern auf dem Hintergrund zu skalieren. Manche wählen für vertikale Skalierung zwei Punkte, die horizontal auseinander liegen, aber vertikal sehr nahe beieinander, und wundern sich über das dadurch verursachte empfindliche Verhalten (grosse Skalierungsfaktoren bei kleiner Fingerbewegung). Manche bewegen die Finger parallel und erwarten eine Verschiebung, es geschieht jedoch nichts, weil der aktuelle Algorithmus für die Richtungseinschränkung auf der relativen Bewegung der beiden Finger zueinander basiert. Die Mehrheit möchte durch Loslassen und Wiederaufsetzen des zweiten Fingers beliebig zwischen Bewegen und Strecken wechseln können, ohne dazwischen alle Finger loszulassen.

Empfehlung: Wenn Strecken ein eigener Modus auf der Werkzeugeiste ist, können folgende Vereinfachungen vorgenommen werden: Gleichzeitige Skalierung in beide Richtungen muss nicht möglich sein, mit vier Freiheitsgraden ist sie zu undurchschaubar. Mit einem Finger (auf Punkt oder Hintergrund) kann vertikal von Null aus skaliert werden (der wohl häufigste Anwendungsfall). Mit zwei Fingern (beide auf Punkt oder Hintergrund) kann horizontal oder vertikal skaliert (und verschoben) werden, wobei diejenige Richtung gewählt wird, in der die Finger ursprünglich weiter auseinander liegen – dadurch fällt die problematische Richtungswahl durch Relativbewegung und die verwirrende Hysterese weg, und das Problem des überempfindlichen Skalierens durch zu nahe liegende Ursprungspositionen wird reduziert. Falls die Finger doch noch in der gewählten Richtung zu nahe beieinander liegen, soll ein minimaler Abstand erzwungen werden. Nach Loslassen eines Fingers soll in die gewählte Richtung bewegt werden können und nach Wiederaufsetzen wieder skaliert. Die roten Signifier-Pfeile sollen sich in ihrer Länge anpassen, so dass ihre Spitzen bei den tatsächlich festgehaltenen Koordinaten liegen.

10. Hypothese: Nach dem Einfügen neuer Punkte sollen die neuen Punkte (sowie die vorher ausgewählten) ausgewählt sein.

Erkenntnis: Nach dem Einfügen neuer Punkte will der Benutzer immer einen der eingefügten Punkte bewegen. Aktuell sind alle neuen Punkte (sowie die vorher ausgewählten) ausgewählt, was ein zusätzliches Tippen zum Abwählen nötig macht, bevor ein einziger bewegt werden kann. Alle Probanden vergessen dieses Tippen mehrfach und ärgern sich, dass mehrere Punkte mitkommen, obwohl sie nur einen bewegen wollten.

Empfehlung: Falls der Slider beibehalten wird (was er nicht soll, siehe 5.), sollen die neu eingefügten Punkte nicht ausgewählt sein, und Berühren des Sliders soll die Auswahl nicht ändern.

11. Hypothese: Der Papierkorb-Button zum Löschen der ausgewählten Punkte funktioniert gut.

Erkenntnis: Bestätigt. Niemand versucht, Punkte auf den Papierkorb zu ziehen. Auf Nachfrage beurteilen einige Probanden

das Ausgrauen des Buttons, wenn weniger als zwei Punkte nicht ausgewählt sind (also nach dem Löschen übrig bleiben würden), skeptisch – besser wäre es, alle zu löschen zuzulassen und dann eine neue Default-Gerade einzufügen.

Empfehlung: Beibehalten, alle löschen zulassen.

12. Hypothese: Die freihändige Platzierung von Kurvenpunkten ist genügend präzise oder kann es mit dem noch nicht implementierten Schildkröten-Modus (Verlangsamung der Punkt-Bewegung gegenüber der Finger-Bewegung, wenn während der Bewegung weitere Finger auf dem Bildschirm platziert werden) gemacht werden.

Erkenntnis: Fast alle Probanden wünschen sich einen Rasterfang (Einschnappen der Punkte auf ein Gitter), um runde Zahlenwerte oder perfekt horizontale Kurvensegmente zu erhalten. Die Gitterweite soll einstellbar sein.

Empfehlung: Die festgehaltenen Punkte beim Bewegen und Skalieren sollen auf ein regelmässiges Gitter an runden physikalischen Werten einschnappen. Die Gitterweite soll mit einem Slider eingestellt werden können, z.B. auf das {1, 2, 5}-fache von Zehnerpotenzen, wobei der Zusammenhang der beiden Achsen so gewählt ist, dass die Gitterweite auf dem Bildschirm in Pixeln auf beiden Achsen ungefähr gleich ist. Die eingestellte Rasterweite soll numerisch dargestellt werden. Eine Option auf dem Slider (am feinen Ende) ist, das Raster ganz auszuschalten. Während der Slider berührt wird, kann das Gitter visuell dargestellt werden. Neben dem regelmässigen Gitter sollen die ursprünglichen Koordinaten des bewegten Punktes sowie die vertikalen Koordinaten der beiden Nachbarpunkte weitere effektive Rasterlinien bilden, damit es möglich bleibt, nur in einer Richtung zu verschieben, beziehungsweise exakt horizontale Segmente zu erreichen. Wenn auf eine Nachbarcoordinate geschnappt wird, kann das visuell hervorgehoben werden (für die eigenen Ursprungskoordinaten ist dies schon durch die Streifen von 8. erledigt). Wenn die Rasterweite feiner als einige Pixel auf dem Bildschirm eingestellt ist, könnte die Bewegung des Punktes gegenüber der Bewegung des Fingers verlangsamt werden, um bequeme Feineinstellung zu ermöglichen. Dies würde den ursprünglich geplanten Schildkröten-Modus bei weiteren Fingern auf dem Bildschirm ersetzen, welcher im Prototyp nicht implementiert war, aber nach den Erfahrungen bei den Tests wohl als zusätzliche Komplexität schlecht angekommen wäre. Der entsprechende Bereich auf dem Slider soll visuell hervorgehoben werden, etwa mit dem Schildkrötensymbol.

13. Weitere Idee (nicht aus dem Test): Ein zusätzlicher Modus «Freihandzeichnen» auf der Werkzeugeiste. Hier kann mit dem Finger eine kontinuierliche grobe Vorlage-Kurve gezeichnet werden, die dann durch Wahl geeigneter Stützstellen diskretisiert wird, wobei die Vorlage sichtbar bleibt, bis sie durch eine neue Zeichenbewegung, evtl. teilweise, ersetzt wird. Die Anzahl der Stützstellen kann mit einem Slider eingestellt werden, wobei sich das Bild laufend anpasst. Die Position der Stützstellen soll von einem noch zu bestimmenden Algorithmus so gewählt werden, dass die Vorlage möglichst gut approximiert wird – viele Punkte an Orten starker Krümmung, wenige auf annähernd linearen Stücken.

Anhang B

Verzeichnis der privaten elektronischen Anhänge

B1 Arbeitsplan

B2 Zeitrapport

B3 Coachingprotokolle

B4 Kundenportraits

B5 Protokolle Kundenbesuche

B6 Interaktiver IA-Prototyp

B7 Kurveditor-Prototyp (auch öffentlich unter <http://touch.ecodraw.com/curveedit/>)