



DIPLOMARBEIT

zum Thema

Kollaborative Problemlösung in modularen Anlagen mittels
persönlicher digitaler Assistenz

vorgelegt von Meret Feldkemper
im Studiengang Mechatronik, Jg. 2013
geboren am 28.07.1994 in Dortmund

zur Erlangung des akademischen Grades einer

Diplomingenieurin

(Dipl.-Ing.)

Betreuer: Dipl.-Ing. Sebastian Heinze
Verantwortlicher Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. habil. Leon Urbas
Tag der Einreichung: 02.05.2019



Aufgabenstellung für die Diplomarbeit

für

Frau Meret Feldkemper, Matr.Nr. 3951915, Studiengang MT 2013

Kollaborative Problemlösung in modularen Anlagen mittels persönlicher digitaler Assistenz

Forschungslücke

Die modulare Automation beschleunigt den digitalen Wandel in der Prozess- und Fertigungsindustrie und ermöglicht neue Betriebs- und Bedienparadigmen. Nicht nur im fehlerfreien Anlagenbetrieb, sondern auch in den hochgradig komplexen und kooperativen Aufgaben während der Fehlersuche sind Assistenzfunktion auf Basis des digitalen Abbilds einer Anlage denkbar. Während die fast vollständige Automatisierung im Normalbetrieb für ein hohes Maß an Strukturierung sorgt, unterscheiden sich die notwendigen Lösungsschritte bei technischen Störungen von Fall zu Fall. Die Professur für Prozessleittechnik und Arbeitsgruppe für Systemverfahrenstechnik untersucht im Rahmen des Forschungsprojektes PlantCom diese Kommunikation.

Zielsetzung

Ziel dieser Diplomarbeit ist die Untersuchung geeigneter Interaktionsmechaniken und der benötigten Informationen zur Unterstützung der einzelnen Mitarbeiter in der Störungsdiagnose mittels persönlicher digitaler Assistenzsysteme. Die Ergebnisse der Untersuchung sollen an einer prototypischen Implementierung unter Zuhilfenahme des P2O Labs der TU Dresden demonstriert und verifiziert werden.

Arbeitspakete

1. Literaturrecherche zur Kommunikation in der kollaborativen Störungsdiagnose und digitaler Assistenten
2. Analyse möglicher Informationsbedarfe, Informationsanpassungen und Interaktionsmechaniken zum Austausch in einem kollaborativen Problemlöseprozess mit einem digitalen Assistenten
3. Entwurf & prototypische Implementierung eines Demonstrators für die zuvor erarbeiteten Konzepte
4. Validierung/ Verifikation der Ergebnisse

Die Arbeit wird in deutscher Sprache verfasst.

Betreuer:

Dipl.-Ing. Sebastian Heinze

1. Prüfer:

Prof. Dr.-Ing. habil. Urbas

2. Prüfer:

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Jens Krzywinski

Datum Arbeitsbeginn:

22.11.18

Einzureichen am:

02.05.19



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Automatisierungstechnik

Kollaborative Problemlösung in modularen Anlagen mittels persönlicher digitaler Assistenz

Kurzfassung

Betreuer: Dipl.-Ing. Sebastian Heinze
Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. habil. Leon Urbas
Tag der Einreichung: 02.05.2019

DIPLOMARBEIT

Bearbeiter: Meret Feldkemper



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Automatisierungstechnik

Collaborativ problem solving in modular Plants with personal digital assistance

Abstract

Tutor: Dipl.-Ing. Sebastian Heinze
Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Leon Urbas
Day of Submission: 02.05.2019

DIPLOMA THESIS

Author: Meret Feldkemper

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	2
2.1	Modulare Anlagen	2
2.2	Problemlösen	3
2.2.1	Unterscheidung von Problemen	4
2.2.2	Arten von Problemlösern	5
2.2.3	Einflüsse	6
2.2.4	Phasen des Problemlösens	8
2.2.5	Störungsdiagnose	8
2.3	Kollaboration	9
2.4	Kommunikation	9
2.5	Assistenz	10
2.5.1	Anforderungen an digitale Assistenzsysteme	11
2.5.2	Einsatz von digitaler Assistenz	11
2.5.3	Assistenzsysteme	12
2.6	Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen	16
2.6.1	Ergonomisch gute Gestaltung	16
2.6.2	Individualisierung	17
2.7	Adaptive Systeme	19
2.7.1	Multiagentensysteme	19
2.7.2	Modellgestütztes User Interface	20
3	Analyse	21
3.1	Informationsbedarf	21
3.2	Informationsanpassung	21
3.3	Interaktionsmechaniken	21
4	Konzept	22
4.1	Konzeptuelles Design	22
4.2	physikalisches Design	22
5	Implementierung	23

6	Verifikation	24
7	Zusammenfassung	25
8	Ausblick	26
Anhang A	Anhang	28
	Literaturverzeichnis	29

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

2.1	Interaktionsmöglichkeiten mit einem Assistenzsystem	13
2.2	Interaktionssysteme zur Bereitstellung von Informationen . .	15

Quelltextverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzungen

CAEX	Computer Aided Engineering Exchange
------	-------------------------------------

Symbole

σ	Standardabweichung
----------	--------------------

1 Einleitung

Durch voranschreiten der Automatisierung in der Prozessführung sind Operator vor allem in kritischen Situationen für Entscheidungen verantwortlich [Bai83]. Der Mensch trifft seine Entscheidungen anhand von Beobachtungen und Erfahrungen. Da die Komplexität der Verfahren zur Produktion zunimmt ist es schwierig bei auftretenden Störungen alle Faktoren zu kennen und zu überblicken.

Assistenzsysteme können hier eine geeignete Unterstützung bieten [BHVH07]. Dabei ist zu beachten, dass der Mensch nicht als Lückenbüßer verwendet wird, der alle Aufgaben übernehmen muss mit denen das Automatisierungssystem überfordert ist. Die Kompetenzen des Menschen sind zu würdigen und mit zusätzlichen Informationen aus dem Prozess zu ergänzen. [Wei+18]

Neben der Automatisierung verändern auch die entwickelten Modularisierungskonzepte für die Prozessindustrie die Aufgaben beim Betrieb der Anlage. Bei der Modularisierung besteht die Prozessanlage aus ein oder mehr Modulen, die eine verfahrenstechnische Funktion erfüllen und mittels Services gesteuert werden. „Um dem Bedien- und Wartungspersonal Eingriffsmöglichkeiten zu geben, muss der Bezug zwischen örtlicher Kennzeichnung, innerhalb des Moduls und der Kennzeichnung im übergeordneten Automatisierungssystem bekannt gemacht werden.“ [Obs+13]

Zitat
korrigie-
ren (Teil
eines
Buchs)

2 Stand der Technik

2.1 Modulare Anlagen

Einführen
in allge-
meine
Prozess-
industrie

Aufgrund immer kürzerer Produkteinführungszeiten werden Modularisierungskonzepte entwickelt. Die Modularisierung ermöglicht eine höhere Flexibilität und beschleunigt Konzeption, Engineering, Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage [Urb+12]. Ein Modul ist eine geschlossene funktionale Einheit und stellt eine verfahrenstechnische Grundfunktion als Dienst der Prozessführungsebene (PFE) zur Verfügung. Die Grundfunktionalitäten der PFE müssen unterstützt werden. [Ber+16]

- **Mensch-Maschine-Schnittstelle:** Übertragung der Daten zur Anzeige und Bedienung
- **Steuern und Überwachen:** Übertragung der internen Zustände des Moduls

In der Namur-Empfehlung NE 148 [NAM13] ist beschrieben, welche Daten an das übergeordnete Automatisierungssystem übertragen werden und welche dem Modullieferanten zur Wartungsunterstützung zur Verfügung stehen. Die Daten für das übergeordnete Automatisierungssystemen umfassen unter anderem die Verriegelungs-, Steuerungs- und Regelungsstruktur, die Prozess- und Sollwerte sowie den Status des Moduls / der Services. Für die Wartungsunterstützungen werden nur hersteller- und modulspezifische und keine prozessspezifischen Daten übertragen.

Die Funktionalitäten der Module sind in Services gekapselt und werden zustandsbasiert gesteuert. Diese Services können nicht nur modulintern, sondern auch modulübergreifend Abhängigkeiten aufweisen. Die Abhängigkeiten werden in 4 Relationen eingeteilt.

- **Allow:** Service 2 darf nur gestartet werden, wenn Service 1 in einem bestimmten Zustand ist.
- **Prohibit:** Service 2 darf nur gestartet werden, wenn Service 1 NICHT in einem bestimmten Zustand ist.

- **Change:** Service 1 darf zu Betriebsart 2 in Zustand 2 nur wechseln, wenn Service 1 in Betriebsart 1 in Zustand 1 ist.
- **Sync:** Service 2 wechselt in Zustand 2, wenn Service 1 in Zustand 1 wechselt.

Die Deklaration der Services und ihrer Betriebsarten sind modulspezifisch und müssen vom Modulingenieur angegeben werden. [Lad+18]

2.2 Problemlösen

Die Gesellschaft geht davon aus, dass Probleme selbstverständlich existieren. Probleme entstehen allerdings erst, wenn eine konkrete Zielsetzung vorhanden ist, die sich nicht durch Routine erreichen lässt. Ohne Handlungsziele gäbe es keine Probleme. [Fun03; BFP11; Dör84]

Liegt ein Problem vor so könnte der Problemlöseprozess sehr einfach sein, indem der Ausgangszustand erkannt, der Zielzustand festgelegt und die Operatoren gefunden werden. Allerdings haben alle diese Aspekte Eigenschaften, die den Prozess erschweren. So kann der Ausgangszustand nicht immer klar definiert sein und es muss eindeutig sein, welche Voraussetzungen als erfüllt angenommen werden können. Bei einem unklaren Ausgangszustand lässt sich auch der Zielzustand nicht eindeutig beschreiben. Bei Betrachtung der Operatoren, die notwendig sind, um einen Ausgangszustand in einen Zielzustand zu überführen, fällt auf, dass diese mit dem Ziel zusammen hängen. Entweder wird der Zielzustand betrachtet und nach geeigneten Operatoren gesucht, die unter Umständen nicht vorhanden sind. Oder es sind bestimmte Operatoren vorhanden und es wird davon ausgehend das bestmögliche Ziel bestimmt. [Fun03]

Wann gilt ein Problem nun als gelöst? Laut x ist ein Problem gelöst, wenn die Suche nach der Lösung abgebrochen wird. Dabei wird die Suche durch verschiedene Abbruchkriterien geleitet [Fun03]:

- **Ziel:** Was ist der Zielzustand?
- **Operatoren:** Welche Mittel stehen mir zur Verfügung?
- **Beschränkungen:** Was sind die Randbedingungen?
- **Repräsentation:** In welcher Form wird das Problem repräsentiert?
- **Eleganz der Lösung**

2.2.1 Unterscheidung von Problemen

Probleme unterscheiden sich hinsichtlich vieler Aspekte, die beim Problemlösen berücksichtigt werden müssen. [BFP11]

- **Klarheit:** Es wird zwischen wohl-definierte und schlecht-definierten Problemen unterschieden. Wohl-definierte Probleme kennzeichnen sich durch einen eindeutigen Ausgangs- und Zielzustand sowie klar beschriebene Operatoren.
- **Zeitskala:** Unterscheidung zwischen kurzfristigen und langfristigen Problemen. Kurzfristige Probleme lassen sich meist schnell beheben.
- **Zeitdruck:** Bei Zeitdruck muss eine schnelle Entscheidung getroffen werden ohne die Möglichkeit alle Lösungsmöglichkeiten zu durchdenken. Ohne Zeitdruck können alle Optionen in Ruhe abgewägt werden.
- **Geforderte kognitive Aktivität:** Wenn eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt werden muss, um das Ziel zu erreichen, so ist eine hohe kognitive Aktivität gefordert.
- **Bereiche:** Die Problemlösestrategie kann davon abhängig sein in welchem Umfeld das Problem auftritt. Probleme unterscheiden sich in ihrer Art je nach Umfeld.

Außerdem kann zwischen einfachen und komplexen Problemen unterschieden werden. Ein komplexes Problem unterscheidet sich von einem einfachen Problem in der Hinsicht, dass es mehrere unbekannte Lücken gibt [BFP11]. Manche treten erst bei Bearbeitung des Problems auf. Ein komplexes Problem kennzeichnet sich durch folgende Merkmale. [Fun03]

- **Komplexität der Problemsituation:** Komplexität fordert Vereinfachung durch Reduktion auf das wesentliche
- **Vernetztheit der beteiligten Variablen:** Je stärker die einzelnen Aspekte des Problems und der Lösung zusammen hängen, desto komplexer ist das Problem. Es ist wichtig die Abhängigkeiten zu kennen.
- **Dynamik der Problemsituation:** Einerseits können durch Eingriffe in ein komplexes vernetztes System Prozess in Gang gesetzt werden, die nicht beabsichtigt waren. Andererseits wartet ein Problem nicht auf eine Entscheidung. Es ist also möglich, dass sich die Situation über die Zeit verändert.

bessere
Wort
finden

Zitat??

- **Intransparenz:** Es liegen sowohl in Hinblick auf die Zielstellung, als auch auf die Variablen nicht alle erforderlichen Informationen vor. Dadurch ist Informationsbeschaffung gefordert.
- **Projektile:** Meistens gibt es nicht nur ein Ziel sondern mehrere Teilziele. Es ist möglich, dass nicht alle Teilziele erreicht werden können. Daher ist ein Abwägen und Balancieren der Kriterien notwendig.

Optimierung

2.2.2 Arten von Problemlösern

Nicht nur Probleme können sich unterscheiden sondern auch die Art Probleme zu lösen. Es wird zwischen drei bipolaren Dimensionen unterschieden. [BFP11] Diese beeinflussen zum einen die Art und Weise, wie Menschen Probleme und Informationen wahrnehmen. Zum anderen, wie sie die Daten verarbeiten und mögliche Lösungen generieren.

Die **Veränderungsorientierung** beschreibt den Umgang mit Grenzen und Vorgaben. Die Art und Weise, wie Mensch auf Struktur reagieren und wie sie sich auf ungewöhnliche Herausforderungen einstellen.

- **Explorer:** Überwindet vorgegebene Grenzen und sucht Herausforderungen.
- **Developer:** Liebt Pläne und Vorgaben, ist meist gut organisiert und vermeidet Risiken.

Mit dem **Verarbeitungsstil** wird beschrieben, welche Präferenz der Mensch beim Handhaben von Informationen beim Problemlösen hat. Zudem ist relevant, wann Menschen ihre Gedanken teilen und mit anderen interagieren.

- **External:** Lässt Ideen durch Diskussionen mit anderen wachsen. Er empfindet eine unruhige Umgebung nicht als störend und handelt, während andere noch nachdenken.
- **Internal:** Entwickelt Ideen zunächst für sich alleine und teilt sie dann. Er bevorzugt eine ruhige Umgebung und stilles Nachdenken.

Der **Entscheidungsfokus** bezieht sich auf die Frage, welche Faktoren welche Priorität bekommen.

- **People:** Der personenbezogene Entscheider betrachtet zuerst die Konsequenzen in Bezug auf Personen. Er schätzt die Harmonie zwischen den Menschen.

- **Task:** Der aufgabenbezogene Entscheider legt Wert auf begründbare, logisch nachvollziehbare Entscheidungen.

2.2.3 Einflüsse

Es gibt viele Faktoren, die den Prozess des Problemlösens beeinflussen. Es kann zwischen äußeren Faktoren, wie die Ausgangssituation und die verfügbaren Operatoren, und den inneren Faktoren, wie Motivation und Emotionen, unterschieden werden.

Äußere Faktoren

Für das Problemlösen sind die Elemente Ausgangszustand, Zielzustand und die vorhandenen Operatoren entscheidend. Der Ausgangszustand ist häufig nicht konkret und als geschlossenes Problem beschreibbar. Zielzustand und vorhandene Operatoren beeinflussen sich wechselseitig. Bei einem konkreten Ziel kann nach bestimmten Operatoren gesucht werden. Stehen nur bestimmte Operatoren zur Verfügung so können nur bestimmte Zielzustände in Betracht gezogen werden. [Fun03]

Zudem beschreibt Funke [Fun03] einige Situationsfaktoren, die beim komplexen Problemlösen eine Relevanz haben.

Die **Art der Aufgabenstellung** zeigt beispielsweise unterschiedliche Ergebnisse beim Wissenserwerb und der Steuerleistung. Personen die nur beobachten erwerben Wissen über die Systemvariablen und deren Beziehungen, aber lernen nicht, wie man das System kontrolliert. Personen die aktiv eingreifen können, erzielen eine besser Steuerleistung können aber die Zusammenhänge nicht so gut verbalisieren.

Stress hat viele Facetten. Bei lärminduziertem Stress planen die Individuen selten vorausschauend, sondern reagieren auf eingetretene Ereignisse. Viel relevanter ist der Stress, der durch die Problemlösesituation selbst hervorgerufen wird. Dieser kann eine Notfallreaktion des kognitiven Systems hervorrufen. Die Effekte, die durch die Notfallreaktion hervorgerufen werden sind unter anderem:

- **Senkung des intellektuellen Niveaus:** Die Selbstreflexion sinkt ab, die Absichten und Vorannahmen sinken ab, es kommt zu einer Stereotypisierung und die realisierten Absichten sinken.

- **Tendenz zu schnellem Handeln:** Die Risikobereitschaft erhöht sich, die Regelverstöße werden mehr und die Fluchttendenzen steigen.
- **Degeneration der Hypothesenbildung:** Es werden Hypothesen global gebildet und Ziele werden unkonkreter.

Gruppen erzielen beim komplexen Problemlösen im Gegensatz zu Einzelpersonen bessere Ergebnisse. Zudem werden Gruppenentscheidungen meist besser akzeptiert. Den größten Einfluss auf die Gruppenleitung hat das individuelle Vorwissen.

Die hohe **Transparenz** eines Systems kann zu besseren Leistungen führen. Es ist jedoch nicht eindeutig in welchem Maße die Transparenz einen Einfluss hat, da es gegensätzliche Untersuchungen dazu gibt.

Es wird davon ausgegangen, dass die **Art der Informationsdarbietung** einen Einfluss auf die Informationsverarbeitung hat.

Innere Faktoren

Die **Motivation** eines Menschen setzt erst den Problemlöseprozess in Gang. [Dör84] Wichtig ist dabei das Motiv des Problemlösers in Verbindung mit der aktuellen Situation. Dorner bezeichnet im Zusammenhang mit dem Problemlösen das Kontrollmotiv als besonders bedeutsam. Wenn etwas nicht in den Erwartungshorizont des Menschen passt, dann kann dies einen Mangelzustand hervorrufen.

Ebenfalls einen Einfluss haben **Emotionen**. Diese wirken sich auf den Ablauf des Denkens aus. So vermindern negative Emotionen die Anzahl an Selbstreflexionen beim Denken und rufen Notfallreaktionen hervor. Positive Emotionen können hingegen zu Nachlässigkeit und Oberflächlichkeit führen. Wie groß der Einfluss der Emotionen auf den Problemlöseprozess ist hängt von dem Selbstkonzept des Individuums ab. Das Selbstkonzept beschreibt die Kompetenz, die in heuristische und epistemische Kompetenz eingeteilt ist. Die heuristische Kompetenz beschreibt das Zutrauen, das jemand in seine Fähigkeiten hat mit Problemsituationen umzugehen für die es keine eindeutige Verhaltensweise gibt. Die epistemische Kompetenz zeichnet sich durch das Zutrauen, eine Situation aufgrund des vorhandenen Wissens zu bewältigen, aus. Zusammen ergibt sich daraus die aktuelle Kompetenz. [Dör84]

eventuell
weiter
ausfor-
mulieren

2.2.4 Phasen des Problemlösens

Der Problemlöseprozess teilt sich in fünf Phasen auf. Die erste ist die *Problemidentifikation*. „Ein Problem ist identifiziert, wenn man Ziele setzt und erkennt, dass ein bestimmtes Ziel nicht ohne weiteres Nachdenken erreicht werden kann.“ Die zweite Phase ist die *Ziel- und Situationsanalyse*. Dabei muss zunächst der zu erreichende Zielzustand geklärt und die Eigenschaften und Beschränkungen erkannt werden. Anschließend ist zu klären, warum es nicht geht und was zur Verfügung steht bzw. was man gebrauchen kann. Die *Planerstellung* erfolgt in Phase drei. Diese umfasst die Vorbereitung des konkreten Vorgehens mit folgenden Aspekten:

1. Abfolgen erkennen
2. Randbedingungen erkennen
3. Zwischenzielbildung
4. Verfügbarkeit von Alternativen
5. Angemessenheit der Auflösung

Nach der Planerstellung folgt in Phase vier die *Planausführung*. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei die Planüberwachung und Fehlerdiagnostik. Treten bei der Planausführung Störungen auf so sind möglicherweise Planänderungen vorzunehmen. Wie die Störungen diagnostiziert werden können ist in Abschnitt 2.2.5 beschrieben.

Abschließend erfolgt in Phase fünf die Ergebnisbewertung. Dabei wird analysiert in wie weit formulierten Ziele aus der Zielanalyse erfolgreich umgesetzt werden konnten. Je nach Ergebnis der Evaluation kann das Ziel verworfen oder ein neuer Lösungsansatz gefunden werden. [BFP11]

2.2.5 Störungsdiagnose

Bei der Störungsdiagnose ist im Störfall eine effiziente Problemlösung gefragt. Das Wissen und Handeln des Individuums steht dabei im Kontext technischer Systeme. Es werden die beiden Wissensarten Strukturwissen und Kontroll- und Steuerungswissen unterschieden. [Fun03]

Das Strukturwissen bezieht sich auf die Schnittstellenebene, dem Interface, und die Systemebene. Es beinhaltet Faktenwissen über die Funktionsweise und Organisation der Komponenten und deren möglichen Zustände. Es ist

möglich, dass ein Operator umfassende Kenntnisse über das Interface hat, aber über keinerlei Systemwissen verfügt. Eine Steuerung des Systems ist mit reinem Strukturwissen nicht möglich.

Das Kontroll- und Steuerungswissen bezieht sich auf Regeln, anhand derer die Zustände des Systems mit den Zielen des Operators durch Systemeingriffe verknüpft werden können. X teilt das Wissen in mehrere Ebenen. Auf der Ebene des Eingriffswissens führt der Operator verfügbare Prozeduren ohne weiteres Wissen über das System aus. Dies ähnelt einer black-box. Auf der Ebene des Kausalwissens verfügt der Operator zusätzlich über Kenntnisse des Ursache-Wirkungsgefüges. Welches Wissen wichtig ist hängt von den Aufgaben des Operators ab.

Beim Bearbeiten von komplexen Problemen muss anhand der Anforderungen zwischen den verschiedenen Wissensarten flexibel gewechselt werden können.

2.3 Kollaboration

Kollaboration bietet die Chance verteilte Informationen für das Lösen von Problemen zu nutzen und unterscheidet sich von reiner Kooperation. Mit Kooperation ist eine Arbeitsteilung gemeint, bei der jede Person eine konkrete Aufgabe zugeteilt wird und die Ergebnisse zum Schluss zusammen getragen werden [Jer04]. Kollaboration ist durch Symmetrie von Wissen, einem gemeinsamen Ziel und der Zusammenarbeit gekennzeichnet [RS58]. Dabei spielt insbesondere die Interaktion untereinander eine große Rolle, da diese den kollaborativen Lerneffekt fördert [Jer04].

2.4 Kommunikation

Kommunikation ist beim kollaborativen Problemlösen ein wichtiger Aspekt. Mittels Kommunikation kann das gemeinsame Verständnis des Problems hergestellt und aufrecht gehalten werden. Um Missverständnisse vorzubeugen ist es erforderlich klar und geeignete Fragen zu stellen. Das Stellen von Fragen ist wichtig, um ungeteilte Informationen auszutauschen. Ebenso wichtig ist das richtige Zuhören, da die meisten besser Informationen geben als aufnehmen können. Zudem sollten nur die Informationen weiter gegeben werden, die für die Situation notwendig sind. [RS16]

Während Menschen direkt kommunizieren können, ist bei der Kommunikation mit einer digitalen Assistenz noch ein zusätzliches System notwendig.

Welche Systeme dafür verwendbar sind ist in Abschnitt 2.5.3 näher beschrieben. Bei Betrachtung des Aspekts wie kommuniziert wird, fällt auf, dass es vielfältige Möglichkeiten gibt. Häufig angewandt werden Dialogsysteme. Ein Dialog entsteht, wenn Mensch und Maschine in Kooperation eine Aufgabe lösen bei der mehrere Schritte notwendig sind. Dialoge in der Mensch-Maschine-Interaktion können folgende Formen haben:

- **Kommando:** Der Mensch gibt über eine Tastatur vordefinierte Kommandos ein, an die er sich erinnern muss. Dialoge mit Kommandos sind benutzerbestimmt, da das System nur auf die Eingaben des Nutzers reagiert.
- **Menü:** Die Kommandos werden mit Hilfe einer Liste zur Verfügung gestellt. Der Nutzer kann dann aus diesen auswählen. Ist das Menü statisch, dann ist es systembestimmt.
- **Formulare/Masken:** Ein Formular gruppiert Interaktionselemente und kann vielfältig verwendet werden.
- **Fenster:** Abgegrenzter steuerbarer Bereich.
- **Direkte Manipulation:** Objekte können direkt bearbeitet werden. Beispiele sind das Verändern der Größe oder das Verschieben von Objekten.

Damit die Kommunikation zwischen Mensch und System möglich ist müssen geeignete Mittel zur Verfügung stehen, die in Abschnitt x konkreter thematisiert sind.

2.5 Assistenz

Laut Duden bedeutet Assistenz Beistand oder Mithilfe. Das Verb assistieren wird mit den Worten „jemanden nach dessen Anweisungen zur Hand gehen, bei einer Arbeit oder Tätigkeit behilflich sein“ beschrieben. In der Literatur finden sich eine Vielzahl von Definitionen. Diese reichen vom Schraubendreher, über autonome Ausführung von Funktionen bis hin zur individualisierten Nutzerunterstützung [Lud15]. In x wird Assistenz mehrere Stufen anhand des Autonomiegrades eingeteilt(, an denen sich diese Arbeit im weiteren Verlauf orientiert):

1. **Automatisches Ausführen von Funktionen:** Die Funktion wird nicht durch den Benutzer ausgeführt. Ein Beispiel ist das automatische Herunterfahren eine Anlage bei gravierenden Störungen.
2. **Unterstützung bei einem vorab definierten Anwendungsfall:**
3. **Erkennung der Intention des Nutzers und Vorschlag von geeigneten Schritten**

2.5.1 Anforderungen an digitale Assistenzsysteme

Die Assistenz soll den Menschen ideal unterstützen. Dabei sind seine Fähigkeiten zu berücksichtigen und eine Überlastung ist zu vermeiden. Es müssen dabei unter anderem folgende Aspekte beachtet werden [Lud15]:

- **Interaktivität:** Dem Mensch muss die Möglichkeit zur Interaktion gegeben werden. Die Ziele und Aufgaben sollten formulierbar sein ohne Rücksicht auf das System nehmen zu nehmen.
- **Diagnose:** Das Assistenzsystem muss wissen, welche Effekte auftreten können, wenn der Nutzer fehlerhafte Eingaben tätigt.
- **Korrektur:** Wenn die Handlung des Nutzers von den Anweisungen abweicht, so muss das Assistenzsysteme diese Handlung trotzdem unterstützen können.

2.5.2 Einsatz von digitaler Assistenz

Digitale Assistenz findet sich mittlerweile überall. So gibt es für fast jede Anwendung eine Onlinehilfe, die mit Tool-Tipps Assistenz leistet. Im Alltag finden sich für blinde Menschen akustische Signale an Ampeln wieder. Zuhause gibt es mittlerweile Smart Home Geräte, die automatisch die Heizung ausstellen, wenn das Fenster geöffnet wird. Das Handy fügt automatisch Termine aus eMails dem Terminkalender hinzu und erinnert anschließend an den Termin.

Im Prozessumfeld kann digitale Assistenz folgende Aufgaben haben [Wan05]:

- **Aktivierung**
 - **Warnung:** Die Assistenz warnt bevor der Mensch eventuell einen Fehler macht.

- **Signale:** Die Assistenz sorgt dafür, dass alle relevanten Informationen für den Nutzer erkennbar sind.
- **Informationsintegration:** Darstellung von Symbolen, die dem Nutzer bekannt sind (z.B. km/h vs. mph). Erläuterung von möglichen Konsequenzen.
 - **Kennzeichnung:** Legenden für die verschiedenen Symbole.
 - **Erklärung:** Mit Sicht auf die Interessen und das Wissen des Nutzers.
- **Entscheidungen:** Unterstützung bei der Auswahl, was als nächstes getan werden muss
 - **Supply:** Darstellung aller möglichen Informationen und Optionen
 - **Filter:** Es werden nur die Informationen und Optionen dargestellt, die für die Aufgabe wichtig sind.
 - **Berater:** Die Assistenz liefert einen Vorschlag. Der Mensch kann entscheiden, ob er die vorgeschlagene Option durchführt.

2.5.3 Assistenzsysteme

Zur Verbindung der Fähigkeiten des menschlichen Nutzers und den Systemfunktionen können Assistenzsysteme verwendet werden. Ein Assistenzsysteme besteht aus mehreren Komponenten. Der Eingabemethode, also die Art und Weise, wie der Mensch mit dem System interagieren kann. Der tatsächlichen Schnittstelle, beispielsweise einem Computer, der Informationen anzeigt. Und dem Assistent als solches, der Informationen verknüpft und bereit stellt.

Eingabemethoden

Die Eingabemethoden orientieren sich maßgeblich an den Fähigkeiten des Menschen. Der Mensch verwendet meist Hände und Sprache. Insbesondere die Hände bieten eine Vielzahl an Möglichkeiten mit einem System zu interagieren. So können Hilfsmittel, wie Maus oder Tasten, verwendet werden oder die Interaktion erfolgt direkt mit Gesten oder über ein Touchscreen. Die Interaktionsmöglichkeiten sind in Tabelle ?? aufgeführt.

Interaktions- möglichkeit	Merkmale	Vorteile	Nachteile	Einsatz
Taster	führt zugewiesene Aktionen aus			
Maus	zweidimensionale Bewegung	Bedienung ist einfach zu erlernen	benötigt eine ebene saubere Fläche	vor allem im Bürobereich
Joystick	wird durch kippen bedient	schnelle Richtungswechsel möglich		als Mousesatz, bei Zielverfolgungsaufgaben
Touchscreen	Interaktion durch Berühren des Bildschirms	Direkte Bedienung, keine zusätzliche Hardware nötig	Verschmutzt schnell	weitreichend: von Industrie bis Labor
Spracheingabe	sichere Erkennung muss gewährleistet sein	einfach zu bedienen		Auswahlvorgänge, Kommandos
Gesten	werden mit Kamera erfasst			

Tabelle 2.1: Interaktionsmöglichkeiten mit einem Assistenzsystem

Schnittstelle

Mit Schnittstelle ist gemeint, wie und mit welchen Mitteln Informationen dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden. Die Mittel sind in Tabelle ?? dargestellt.

Interaktions-system	Funktionsweise	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Projektor	Beleuchtung des relevanten Objekts	gut geeignet für Arbeiter mit kognitiven Einschränkungen	Einsatz ist abhängig von geforderter Projektionsgenauigkeit	Unterstützung des Kommissionierungsvorgangs, Bohrlöcher
AR-Brillen	Einblendung von Zusatzinformationen in das Sichtfeld	handfree, komplexe Arbeitsabläufe können fehlerärmer umgesetzt werden	Sichtfeld ist geringfügig eingeschränkt	Checklisten, Anleitungen, Anzeige von Messdaten
Headset	gibt akustisch Hinweise und Informationen	handfree, Verwendbar, wenn visueller Kanal nicht zur Verfügung steht	funktioniert nur be dingt in lauter Umgebung	Call-Center, Logistik
Smartwatch	kann wenige wichtige Informationen anzeigen	handfree, kompakt	begrenzte Displaygröße	Navigation, Information
Tablet		einfache Handhabung	nur eine freie Hand	Anleitung, Wartung von Maschinen
stationärer Computer		großer Bildschirm	nicht transportabel	

Tabelle 2.2: Interaktionssysteme zur Bereitstellung von Informationen

2.6 Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen

Die richtige Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist essenziell. Durch die steigende Komplexität von Maschinen und Anlagen wird meist auch die Bedienung komplexer. Umso wichtiger ist eine nutzerfreundliche Gestaltung. Diese orientiert sich maßgeblich an den Bedürfnissen des Nutzers, welche in den Entwicklungsprozess mit einzubeziehen sind. Es gibt eine Vielzahl an Richtlinien, die erläutern, was eine ergonomisch gute Gestaltung von Benutzerschnittstellen ausmacht. Die gute Gestaltung soll Benutzungsprobleme vermeiden.

2.6.1 Ergonomisch gute Gestaltung

In der DIN EN ISO 9241 sind Empfehlungen für die Ergonomie der Mensch-System-Interaktion aufgelistet. An dieser Stelle wird nur auf einige für diese Arbeit relevante Aspekte eingegangen. So sind in Teil 110 die Grundsätze der Dialoggestaltung beschrieben:

- **Aufgabenangemessenheit:** Funktionalität und Dialog sollen den Eigenschaften der Arbeitsaufgabe entsprechen.
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit:** Es muss eindeutig sein, an welcher Stelle sich der Nutzer befindet, welche Handlungen durchgeführt werden können und wie diese auszuführen sind.
- **Erwartungskonformität:** Der Dialog entspricht den anerkannten Konventionen und ist vorhersehbar.
- **Lernförderlichkeit:** Der Nutzer wird beim Erlernen der Nutzung des interaktiven Systems unterstützt.
- **Steuerbarkeit:** Der Nutzer hat Einfluss auf Richtung und Geschwindigkeit des interaktiven Systems.
- **Fehlertoleranz:** Das beabsichtigte Arbeitsergebnis kann bei fehlerhaften Eingaben trotzdem mit keinem oder minimalem Korrekturaufwand erreicht werden.
- **Individualisierbarkeit:** Nutzer kann die Darstellung von Informationen so ändern, dass sie seinen Bedürfnissen und Fähigkeiten entsprechen.

Es ist deutlich zu erwähnen, dass in den meisten Fällen nicht alle Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden können.

Informationsdarstellung

Die richtige Informationsdarstellung ist wichtig, um den Problemlöseprozess nicht noch kompliziert zu machen. Teil 112 der DIN EN ISO 9241 beschreibt folgende wichtige Aspekte für eine gute Informationsdarstellung:

- **Entdeckbarkeit:** Das System sollte so geschaltet sein, dass Informationen und Steuerelemente gut wahrgenommen werden können. Außerdem sollten Informationen in dem Tempo dargestellt werden das dem Nutzer entspricht.
- **Ablenkungsfreiheit:** Der Nutzer sollte nicht von anderen Informationen abgelenkt werden, die nicht für die Bearbeitung der Aufgabe notwendig sind.
- **Unterscheidbarkeit:** Es sollte eindeutig sein, welche Informationen zusammenhängen.
- **Eindeutige Interpretierbarkeit:** Informationen sollten eine eindeutige Bedeutung haben, verständlich und an die Fähigkeiten des Nutzers angepasst sein.
- **Kompaktheit:** Es sollen nur notwendige Informationen dargestellt sein und die Interaktion mit dem System kompakt gehalten werden.
- **Konsistenz:** Interaktionselemente mit ähnlichem Zweck sollten ähnlich dargestellt sein. Zudem sind allgemeine Konventionen zu beachten.

2.6.2 Individualisierung

Wenn unterschiedliche Benutzer(gruppen) ein System nutzen, dann ist eine Individualisierung in Betracht zu ziehen. Individualisierung bedeutet, dass sich das Verhalten des Systems und die Darstellung der Benutzerschnittstellen-Elemente entsprechend anpassen. Wann ist es nun sinnvoll zu individualisieren? In der ISO 9241-129 sind einige Aspekte aufgelistet:

- **Variation der Benutzermerkmale:** Fähigkeiten und Präferenzen der Nutzer sind verschieden.
- **Unterschiedliche Bedürfnisse und Ziele:** Durch entsprechende Individualisierung sollen alle Nutzer zufrieden sein.

- **Schwankung der Aufgabenmerkmale:** Wenn beispielsweise Komplexität, Schwierigkeit oder Informationsgehalt der Aufgabe sich verändern ist eine Individualisierung angebracht.
- **Verschiedene Einrichtungen, die von einem einzelnen Benutzer verwendet werden:** Wenn der Nutzer das System sowohl am Desktop Computer als auch am Mobiltelefon verwendet so ist eine Anpassung an diese Geräte sinnvoll.
- **Unterschiedliche Umgebungen, denen ein einzelner Nutzer ausgesetzt ist**

Trotz oder gerade wegen der vielen Möglichkeiten von Individualisierung müssen bestimmte Grenzen eingehalten werden. So darf die individuelle Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle folgende Faktoren nicht beeinflussen:

- Die Individualisierung darf kein Ersatz für ergonomisch gestaltete Dialoge sein.
- Sicherheitskritische und aufgabenkritische Systeme dürfen in ihrer Funktion nicht eingeschränkt werden.
- Rationalisierung???
- Individualisierung darf nicht zu Problemen bei der Gebrauchstauglichkeit oder Zugänglichkeit führen.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden wurden entsprechende Leitlinien formuliert.

- **Zugänglichkeit:** Ein System mit Möglichkeiten zur Individualisierung muss ISO 9241-171 entsprechen.
- **Steuerbarkeit:** Der Nutzer sollte die Kontrolle über die Individualisierung behalten.
- **Erkennbarkeit:** Der Benutzer sollte die Individualisierungsmöglichkeiten kennen und bei Änderungen durch das System informiert werden.
- **Widerspruchsfreiheit:** Die Individualisierung sollte konsistent sein.
- **Gebrauchstauglichkeit:** Der Benutzer soll durch die Individualisierung nicht in der Nutzung des Systems eingeschränkt sein.

2.7 Adaptive Systeme

Eine Möglichkeit Individualisierung umzusetzen sind adaptive Systeme. Diese erkennen das Nutzer- und/oder Systemverhalten und passen sich entsprechend an. Diese Anpassungen sind jedoch mit Vorsicht zu genießen, da es viele Charakteristika gibt, die einen Erfolg oder einen Misserfolg hervorrufen können. x fand in seiner Studie heraus, dass die präzise Anpassung an den jeweiligen Menschen, neben der Vorhersagbarkeit, ein wichtiger Faktor ist. Das größte Problem der adaptiven Systeme ist die Identifizierung der Bedingungen für die adaptiven Funktionen. So müssen sowohl die Abweichungen von dem Menschen, als auch von der Maschine erfasst werden. Der Status der Maschine ist sehr eindeutig und kann mit bestimmten Pattern verglichen werden. Der Status des Menschen, beispielsweise die Aufmerksamkeit des Operators, lässt sich nur schwer messen. Dies ist meist nur über Interaktionen mit dem System möglich.

2.7.1 Multiagentensysteme

Eine Möglichkeit eine adaptive Nutzerschnittstelle für einen Operator umzusetzen ist in x beschrieben. Es wird sich dabei am Konzept der Multiagentensysteme bedient. Ein Agent ist ein Computersystem, das in einer Umgebung existiert und unabhängig arbeitet. Intelligente Agenten sind charakterisiert durch ihre Flexibilität. Sie können ihr Verhalten an eine dynamische Umwelt anpassen und ihr Ziel im Auge behalten. Besteht ein System aus mehreren interagierenden Agenten, dann ist dies ein Multiagentensystem. Jeder Agent hat einen beschränkten Einflussbereich und steht mit anderen in Beziehung. Das adaptive User Interface verwendet folgende Agenten:

- **Prozessmodel Agent:** Beobachtet die Prozessinformationen und handelt mit Verwendung seines Wissens über den Prozess.
- **Media Agent:** Ist verantwortlich für die Wiedergabe der Menge an Prozessinformationen.
- **Rendering Resolution Agent:** Interagiert mit Human Factors Database, Umgebungsagent und Operatoragent. Entscheidet über die beste Wiedergabe der aktuellen Situation.
- **Umgebungsagent:** Sammelt Informationen auf Basis der aktuellen Umgebungsbedingungen im Kontrollraum.

2.7.2 Modellgestütztes User Interface

3 Analyse

3.1 Informationsbedarf

3.2 Informationsanpassung

Die Individualisierung von Software bietet die Möglichkeit eine Vielzahl von Nutzer und Aufgaben zu unterstützen. Individualisierung dient der Modifizierung von Interaktionen und Informationsdarstellungen, um die Fähigkeiten und Bedürfnisse jedes Benutzers gerecht zu werden.

3.3 Interaktionsmechaniken

Im Kontext dieser Arbeit wird das Problemlösen betrachtet. Problemlösen heißt in diesem Fall, dass beispielsweise die Ursache für eine Störung ausfindig gemacht werden muss. Die Behebung der Ursache, z.B. durch eine Reparatur, wird an dieser Stelle ausgeklammert. Im Stand der Technik sind verschiedene Interaktionsmechaniken beschrieben. Um diese geeignet bewerten zu können ist zunächst eine Begutachtung des Arbeitsumfelds und der Aufgaben notwendig.

4 Konzept

4.1 Konzeptuelles Design

welche Elemente beeinflussen sich gegenseitig? welche Funktionen müssen realisiert werden?

4.2 physikalisches Design

5 Implementierung

6 Verifikation

7 Zusammenfassung

8 Ausblick

Anhang

A Anhang

Literaturverzeichnis

- [Bai83] Lisanne Bainbridget. „Ironies of Automation“. In: *Automatica* 19.6 (1983), S. 775–779. ISSN: 00051098. DOI: [10.1016/0005-1098\(83\)90046-8](https://doi.org/10.1016/0005-1098(83)90046-8).
- [Ber+16] Jens Bernshausen, Axel Haller, Thomas Holm, Mario Hoernicke, Michael Obst und Jan Ladiges. „Namur Modul Type Package – Definition“. In: *Atp Edition* 1-2 (2016), S. 72–81.
- [BFP11] Tilmann Betsch, Joachim Funke und Henning Plessner. *Denken - Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*. Berlin Heidelberg, 2011. ISBN: 9783642124730.
- [BHVH07] Thomas Bauernhansl, Michael ten Hompel und Brigit Vogel-Heuser. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Bd. 136. 1. 2007, S. 23–42. ISBN: 9783658046811.
- [Dör84] Dietrich Dörner. „Denken , Problemlösen und Intelligenz“. In: XXXV.1 (1984), S. 10–20.
- [Fun03] Joachim Funke. *Problemlösendes Denken*. 1. Auflage. January 2003. Stuttgart: Kohlhammer, 2003. URL: https://www.researchgate.net/profile/Joachim_Funke/publication/262179219_Problemlösendes_Denken_Problem_solving_thinking_links/55e0290408aede0b572bf736/Problemloesendes-Denken-Problem-solving-thinking.pdf.
- [Jer04] Patrick Jermann. „Computer Support for Interaction Regulation in Collaborative Problem-Solving“. Diss. 2004, S. 601–602. URL: citeseer.ist.psu.edu/509609.html.
- [Lad+18] Jan Ladiges, Aljosha Köcher, Peer Clement, Henry Bloch, Thomas Holm, Paul Altmann und Alexander Fay. „Entwurf , Modellierung und Verifikation von Serviceabhängigkeiten in Prozessmo-

-
- dulen“. In: *at - Automatisierungstechnik* 66.5 (2018), S. 418–437. DOI: [10.1515/auto-2017-0076](https://doi.org/10.1515/auto-2017-0076).
- [Lud15] Bernd Ludwig. *Planbasierte Mensch-Maschine- Interaktion in multimodalen Assistenzsystemen*. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, 2015. ISBN: 9783662448182. DOI: [10.1007/978-3-662-44819-9](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44819-9)ISBN.
- [Obs+13] Michael Obst, Thomas Holm, Stephan Bleuel, Ulf Claussnitzer, Lars Evetz, Tobias Jäger, Tobias Nekolla, Stephan Pech, Stefan Schmitz und Leon Urbas. „Automatisierung im Life Cycle modularer Anlagen“. In: *Atp Edition* 1-2.January (2013), S. 24–31.
- [RS16] Jessica Röhner und Astrid Schütz. *Psychologie der Kommunikation*. 2016. ISBN: 978-3-658-10023-0. DOI: [10.1007/978-3-658-10024-7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-10024-7). URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-10024-7>.
- [RS58] Nikol Rummel und Hans Spada. „Learning to Collaborate: An Instructional Approach to Promoting Collaborative Problem Solving in Computer-Mediated Settings“. In: *The Journal of the Learning Sciences* 12.4 , Part 1 (1958). ISSN: 02729490. DOI: [10.1207/s15327809jls1402](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402).
- [Urb+12] Leon Urbas, Stephan Bleuel, Tobias Jäger, Stephan Schmitz, Lars Evetz und Tobias Nekolla. „Automatisierung von Prozessmodulen“. In: *Atp Edition* 1-2.February (2012), S. 44–53. ISSN: 1292-8941. DOI: [10.1140/epje/i2017-11542-4](https://doi.org/10.1140/epje/i2017-11542-4).
- [Wan05] H. Wandke. „Assistance in human-machine interaction: A conceptual framework and a proposal for a taxonomy“. In: *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 6.2 (2005), S. 129–155. ISSN: 1464536X. DOI: [10.1109/ETFA.2014.7005150](https://doi.org/10.1109/ETFA.2014.7005150). eprint: [arXiv:1011.1669v3](https://arxiv.org/abs/1011.1669v3).
- [Wei+18] Kirsten Weisner, Marco Knittel, Sascha Wischniewski, Thomas Jaitner, Heiko Enderlein, Peter Kuhlang und Jochen Deuse. „Assistenzsystem zur Individualisierung der Arbeitsgestaltung“. In: 111.2016 (2018), S. 2016–2019.

[NAM13] NAMUR Arbeitskreis 1.12. „Ne 148“. In: (2013), S. 1–32.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, Meret Feldkemper, geboren am 28.07.1994 in Dortmund, dass ich die vorliegende Diplomarbeit zum Thema

*Kollaborative Problemlösung in modularen Anlagen mittels
persönlicher digitaler Assistenz*

ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Dipl.-Ing. Sebastian Heinze

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Diplomarbeit nicht beteiligt. Mir ist bekannt, dass die Nichteinhaltung dieser Erklärung zum nachträglichen Entzug des Diplomabschlusses (Masterabschlusses) führen kann.

Dresden, den 02.05.2019

.....
Unterschrift