



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

xx

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	2
2.2.1	Unterscheidung von Problemen	3
2.2.2	Arten von Problemlösern	4
2.2.3	Einflüsse	5
2.2.4	Phasen des Problemlösens	6
2.2.5	Störungsdiagnose	6
2.3	Kollaboration	7
2.4	Kommunikation	7
2.5	Assistenz	7
2.5.1	Assistenzsysteme	7
3	Analyse	8
4	Konzept	9
5	Implementierung	10
6	Verifikation	11
7	Zusammenfassung	12
8	Ausblick	13
	Anhang A Anhang	15
	Literaturverzeichnis	16

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Quelltextverzeichnis

1 Einleitung

Auf Grundlage von immer kürzeren Produkteinführungszeiten wurden Modularisierungskonzepte für die Prozessindustrie entworfen. Dies bieten eine höhere Flexibilität, haben allerdings auch Auswirkungen auf das Engineering und den Betrieb der Anlage [7]. Dies hat auch Auswirkungen auf die Störungsdiagnose. Selbst im herkömmlichen Anlagenbau werden die Mitarbeiter bei Problemen immer wieder aufs neue gefordert. So schrieb Bainbridge [1] schon 1983, dass die Automatisierung weitreichende Auswirkungen auf die Arbeit des Operators hat. So ist zwar die Anlage automatisiert, bei kritischen Situationen ist jedoch der Mensch gefordert. Dieser trifft seine Entscheidung anhand von Beobachtung 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 [2] . 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. [9]

Durch voranschreiten der Automatisierung in der Prozessführung sind Menschen vor allem in kritischen Situationen für Entscheidungen verantwortlich.

Zitat
korrigie-
ren (Teil
eines
Buchs)

2 Stand der Technik

2.1 Modulare Anlagen

Aufgrund immer kürzerer Produkteinführungszeiten werden Modularisierungskonzepte entwickelt. Die Modularisierung ermöglicht eine höhere Flexibilität und beschleunigt Konzeption, Engineering, Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage [8]. 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 [3]

- **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 [6] ist beschrieben, welche Daten an das übergeordnete Automatisierungssystem übertragen werden und welche dem Modullieferanten zur Wartungsunterstützung zur Verfügung stehen. Die Daten für das übergeordnete Automatisierungssysteme umfassen unter anderem die Verriegelungs-, Steuerungs- und Reglungsstruktur, die Prozess- und Sollwerte sowie den Status des Moduls / der Services. Für die Wartungsunterstützungen werden nur hersteller- und modulspezifische und keine prozessspezifischen Daten übertragen.

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. [Betsch2011, 4, 5]

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. [5]

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 [5]:

- **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. [Betsch2011]

- **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 [Betsch2011]. Manche treten erst bei Bearbeitung des Problems auf. Ein komplexes Problem kennzeichnet sich durch folgende Merkmale. [5]

bessere
Wort
finden

- **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.
- **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. _____

Zitat??

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. [Betsch2011]

- **Veränderungsorientierung:** Beim Umgang mit Grenzen und Vorgaben wird zwischen Explorer und Developer unterschieden.
 - **Explorer:** Überwindet vorgegebene Grenzen und sucht Herausforderungen.
 - **Developer:** Liebt Pläne und Vorgaben, ist meist gut organisiert und vermeidet Risiken.
- **Verarbeitungsstil:**
 - **External:** Lässt Ideen durch Diskussionen mit anderen wachsen. Eine unruhige Umgebung wird nicht als störend empfunden. Außerdem handelt er, während andere noch nachdenken
 - **Internal:** Entwickelt Ideen zunächst für sich alleine und teilt sie dann. Er bevorzugt eine ruhige Umgebung und stilles Nachdenken.
- **Entscheidungsfokus:**
 - **People:** Der personenbezogene Entscheider betrachtet zuerst die Konsequenzen in Bezug auf Personen. Er schätzt die Harmonie.
 - **Task:** Der aufgabenbezogene Entscheider legt Wert auf begründbare, logisch nachvollziehbare Entscheidungen.

2.2.3 Einflüsse

Neben den äußeren Faktoren, wie die Ausgangssituation und die verfügbaren Operatoren, gibt es auch innere Faktoren, wie Motivation und Emotion, die das Problemlösen maßgeblich beeinflussen. So setzt die Motivation erst den Problemlöseprozess in Gang. [4]

Emotionen 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. [4]

noch
mehr
ausfor-
mulie-
ren?

Stress, Gruppen, Sprache...

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. [Betsch2011]

hört
aprompt
auf

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 zwei Wissensarten unterschieden.

überarbeiten

- **Strukturwissen:**

- **Faktenwissen:** Funktionsweise und Organisation der verschiedenen Komponenten ist bekannt. Ohne dieses Wissen ist eine gezielte Systemsteuerung nicht möglich.
- **Displaywissen:** Kenntnis über verschiedene Bedienelemente und deren Funktionsweise.
- **Anlagenwissen:** Kenntnis der einzelnen Komponenten des Systems.

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. Kollaboration ist durch Symmetrie von Wissen, einem gemeinsamen Ziel und der Zusammenarbeit gekennzeichnet. Dabei spielt insbesondere die Interaktion untereinander eine große Rolle, da diese den kollaborativen Lerneffekt fördert.

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.

2.5 Assistenz

Assistenz kann viele Facetten haben. 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“ erklärt.

2.5.1 Assistenzsysteme

Laut x kann bereits ein Schraubendreher ein Assistenzsystem sein, da dieser jemanden befähigt eine Aufgabe durchzuführen, die ohne Assistenz schwer umzusetzen ist.

3 Analyse

4 Konzept

5 Implementierung

6 Verifikation

7 Zusammenfassung

8 Ausblick

Anhang

A Anhang

Literaturverzeichnis

- [1] 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).
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Dietrich Dörner. „Denken , Problemlösen und Intelligenz“. In: XXXV.1 (1984), S. 10–20.
- [5] 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.
- [6] NAMUR Arbeitskreis 1.12. „Ne 148“. In: (2013), S. 1–32.
- [7] 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.
- [8] 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).

-
- [9] 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.

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