

Konzept zur Überwachung und Assistenz von Mensch-Maschine Systemen am Beispiel der kooperativen Durchführung eines Praktikumsversuches zur Regelung eines Drei-Tank-Systems

E. Dylla T. Rehder S. Helker * X. Fu D. Söffker **

* Universität Duisburg-Essen,
 Email: eike.dylla@stud.uni-due.de,
 Email: tobias.rehder@stud.uni-due.de,
 Email: stefan.helker@uni-due.de

** Universität Duisburg-Essen,
 Lehrstuhl Steuerung, Regelung und Systemdynamik,
 Email: xingguang.fu@uni-due.de,
 Email: soeffker@uni-due.de

Zusammenfassung: Zur Kooperation von an verschiedenen Orten verteilten, gemeinsam arbeitenden, Nutzerinnen und Nutzern von Mensch-Maschine Systemen, sind geeignete technisch-informatrische Module zu entwickeln. Die kooperative, online- und echtzeitfähige Regelung eines Drei-Tank-Systems, welche als Praktikumsversuch für Studierende zum Einsatz kommt, soll minimalprototypisch die Gesamtfunktionalität abbilden. Die Versuchsstandsdaten sollen an die bedienenden Personen in Echtzeit übermittelt werden und so die Kommunikation mit den durchführenden Studierenden ermöglichen. Hierzu müssen geeignete Werkzeuge entwickelt werden. Das Konzept sieht vor, das Drei-Tank System mit einem PC zu verbinden, welcher die Software NI LabVIEW nutzt. Der PC ist gleichzeitig mit dem Internet verbunden und es wird eine HTML-Seite als Interface zur Verfügung gestellt. Die Datenaus- und eingabe und Kommunikation, in Form einer Chat Funktion, werden entsprechend ermöglicht. Zusätzlich werden Warnungen und Hinweise im Sinne der Assistenz und Überwachung integriert.

Keywords: Überwachung und Assistenz, Mensch-Maschine System, Drei-Tank-System

1. EINLEITUNG

Die Regelung einer Vielzahl von Mensch-Maschine Systemen erfolgt durch direkte Interaktion, also zeitgleich (synchron) und am gleichen Ort. In diesem Beitrag wird eine Übertragung auf eine andere Realisierungsebene angestrebt (Siehe Abbildung 1). Hierbei handelt es sich um die Regelung eines Drei-Tank-Systems (DTS) als Praktikumsversuch. Dieser wurde bisher auf der Realisierungsebene der „Direkten Interaktion“ durchgeführt und wird zukünftig in der Ebene der „Kommunikation & Koordination“ umgesetzt.

Um diese räumlich getrennte und asynchrone Teamarbeit zu etablieren, ist es erforderlich, Konzepte zur Überwachung und Assistenz zu entwickeln. Hierzu dient unter anderem die automatisierte Erkennung menschlicher Fehler ([GOS08], [GOS09], [GSO9]), die Entwicklung von Methoden zur Entlastung menschlicher Bediener/innen im Kontext komplexer, technischer Systeme ([Has09], [HOS09], [LS10], [SFLG10]), oder die Beschreibung des menschlichen Interaktionsverhaltens an sich durch lern- und onlinefähige Automaten, die als individualisierte Assistenz die Fähigkeit besitzen sollen, sich konkret an individu-

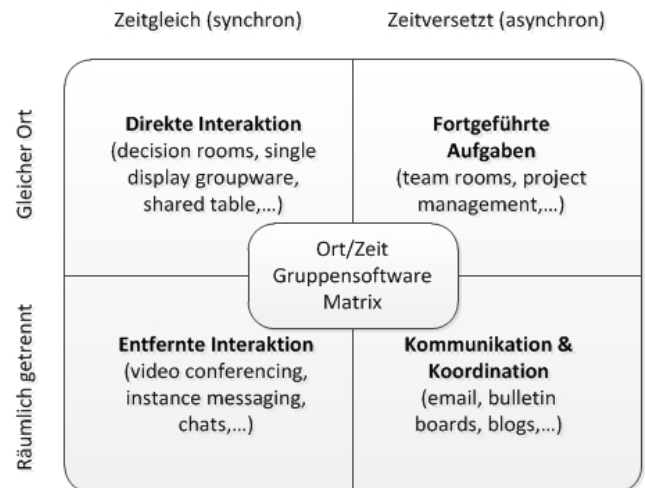


Abb. 1. Gruppensoftware Matrix [Joh91]

elle Arbeits- und Verhaltensweisen anzupassen ([FS10], [FS11]).

Die entwickelten technisch-informatrischen Module zur Regelung des DTS haben Vorteile für Studierende und

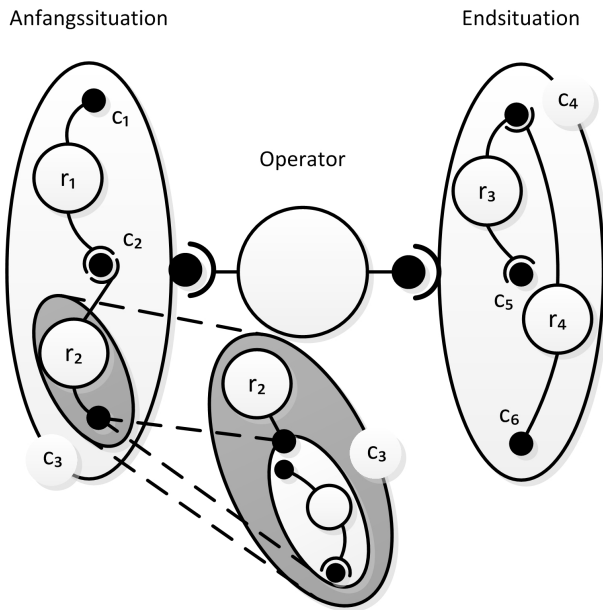


Abb. 2. Änderung der Situation durch einen Operator [Soe03]

Lehrende (z. B. steigende Flexibilität). Minimalprototypisch steht die kooperative Regelung des DTS allerdings für weitere Aufgabenstellungen, bei denen die Überbrückung räumlicher und zeitlicher Barrieren Vorteile bringt (z. B. Erstellung gemeinsamer Artikel), zur Verfügung.

2. METHODEN ZUR ÜBERWACHUNG VON KOOPERATIVER ARBEIT

Dem Konzept liegt die Situations-Operator-Modellbildung (SOM) zugrunde. Diese ermöglicht die Formalisierung der Interaktion zwischen kognitiven Systemen wie Menschen, höheren Tieren oder speziellen technischen Systemen und der Umwelt (siehe [Soe03]). Die Situations-Operator-Modellbildung beruht auf der Annahme, dass Veränderungen in der realen Welt als eine Folge von Szenen und Aktionen aufgefasst werden. Die Szenen werden durch Situationen und die Aktionen durch Operatoren modelliert. Merkmale c (beispielsweise physikalische Eigenschaften bzw. technische Größen) dienen der Detaillierung von Situationen und besitzen eine innere Struktur r . Die Verknüpfungen der Merkmale bilden eine innere Struktur der Situationen und erfolgt beispielsweise durch mathematische Gleichungen, Algorithmen oder durch graphische Repräsentationen. Die hierbei benötigten konkreten Werte, Zustände oder allgemeiner Informationen werden als Parameter bzw. Elemente des Merkmals bezeichnet [Soe03].

Eine Situation wird durch einen Operator in eine andere Situation überführt. Diese ist durch Veränderungen der Merkmale und/oder der inneren Struktur definiert. In Abbildung 2 ist dargestellt, wie eine Anfangssituation durch einen Operator in eine Endsituation überführt wird. Die Anfangssituation besteht aus drei Merkmalen mit zwei Verknüpfungen. Das gleiche gilt für die Endsituation, allerdings sind sowohl die Merkmale verändert, als auch die innere Struktur der Situation. Des Weiteren stellt Abbildung 2 einen zentralen Vorteil der SOM dar. Die Darstellung der

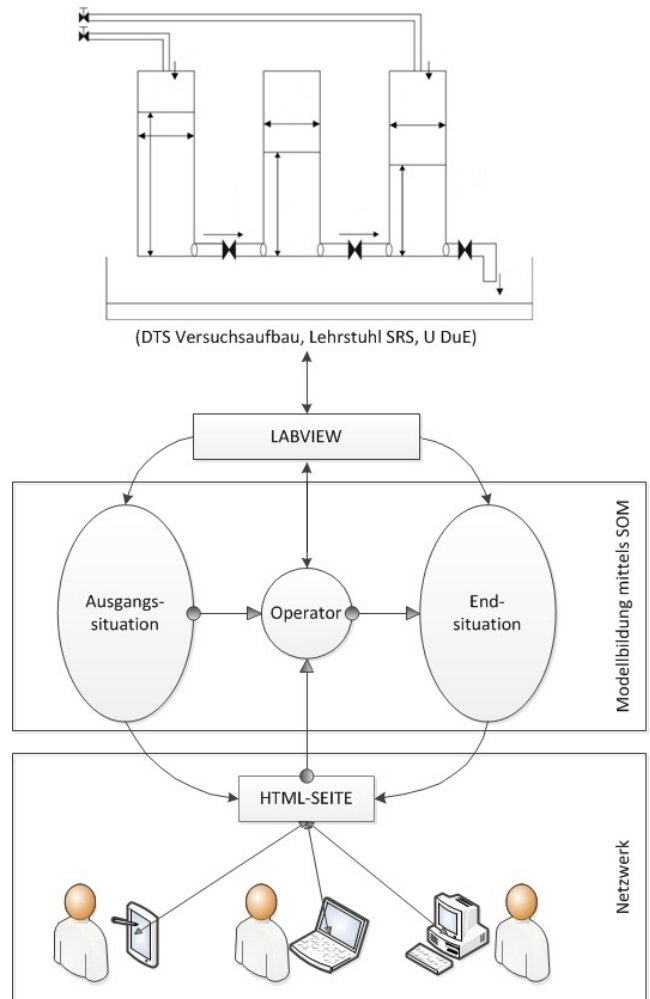


Abb. 3. Konzept der kooperativen und onlinefähigen Regelung eines Drei-Tank Systems

Merkmal lässt sich auf verschiedene Abstraktionsebenen hierarchisieren, wie an Merkmal c_3 gezeigt. Der Effekt eines Operators ergibt sich durch eine Funktion, welche von Annahmen abhängig ist, die implizit oder explizit sein können. Notwendige Bedingungen für die Funktionsweise eines Operators werden als Voraussetzungen bezeichnet.

3. ANWENDUNG DES SOM-KONZEPTS FÜR EINE WEB-BASIERTE REGELUNG EINES DREI-TANK-SYSTEMS

Die Datenein- und -ausgabe erfolgt für die bedienenden Personen über eine HTML-Seite und die Ansteuerung und Regelung des DTS erfolgen über einen PC, dieser wiederum nutzt ein Datenerfassungsmodul (Data Acquisition „DAQ“ Modul) und die Software NI LabVIEW. Das Konzept sieht vor, die Überwachung und Assistenz mittels der SOM zu strukturieren. Die SOM ist somit im Konzept, entsprechend Abbildung 3, zwischen dem PC (LabVIEW) und der HTML-Seite, also den Nutzerinnen und Nutzern einzuordnen. Die Details sind in den folgenden Abschnitten angegeben.

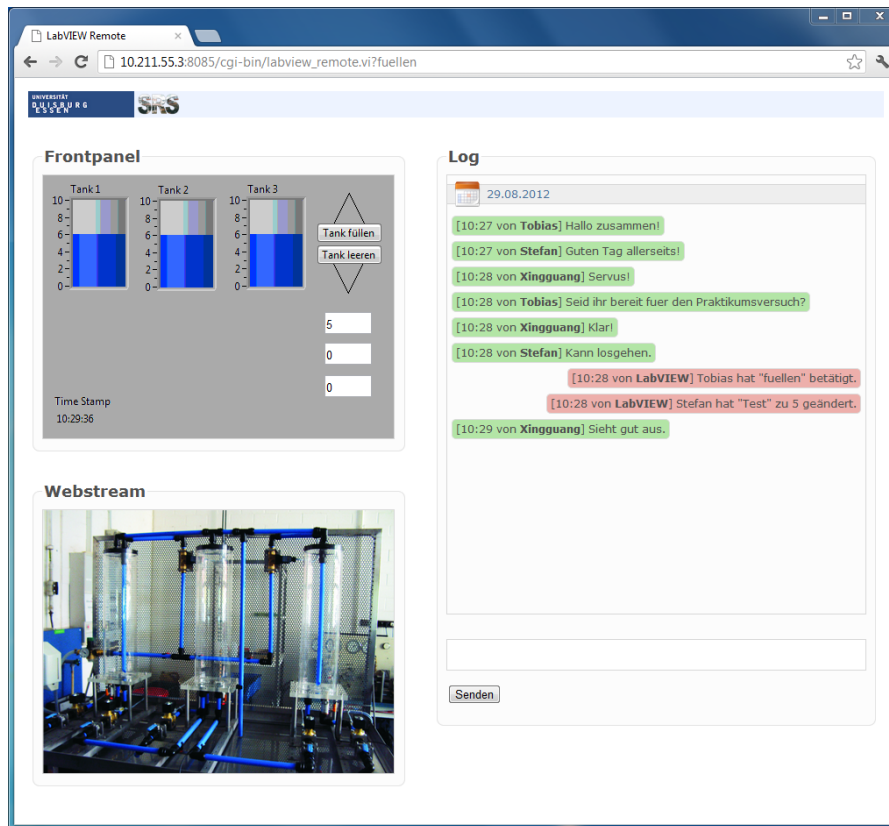


Abb. 4. Bedienoberfläche der LabVIEW basierten Regelung des DTS

3.1 Web-basierte Kooperation und Kommunikation

Grundlage für die Ansteuerung und Regelung des DTS ist ein PC, der Eingangsgrößen des technischen Systems über ein DAQ Modul von National Instruments entgegennimmt, die digitalisierten Größen der Software NI LabVIEW zur Bearbeitung zur Verfügung stellt und von LabVIEW generierte Ausgangsgrößen über das DAQ Modul den Aktoren des Drei-Tank-Systems wieder zuführt. Der PC ist gleichzeitig an das Internet angebunden und ermöglicht dabei den Einsatz als Webserver und damit einen Datenaustausch mit weiteren internetfähigen Endgeräten wie PCs, Tablets oder Smartphones per Internetbrowser (siehe Abbildung 3). Durch die Programmierung eines Common Gateway Interface (CGI) in LabVIEW lässt sich über das Internet sowohl das LabVIEW Frontpanel betrachten, das auf dem Server das DTS regelt, als auch eine Datenaus- und eingabe über eine dynamisch vom Server erstellte HTML-Seite befähigen, ohne dass auf dem Endgerät zusätzliche Software installiert sein muss. Möglichkeiten, beispielsweise zur Benutzerauthentifizierung oder auch zum Chat der im System angemeldeten Studierenden, können über die üblichen Arten der Webprogrammierung in die vom Server dynamisch generierte HTML-Seite eingebunden werden. Die Bedienoberfläche zur Regelung des DTS besteht im Wesentlichen aus den folgenden drei Teilen (siehe Abbildung 4):

- Frontpanel zur Regelung des DTS (links, oben)
- Webstream, welcher durch eine Webcam das DTS live darstellt (links, unten)
- Chat-Fenster, welches gleichzeitig als Ereignisprotokoll dient

Den benutzenden Personen stehen somit unmittelbar Möglichkeiten zur Verfügung, um den Einfluss der Regelung wahrzunehmen und eine erste Einschätzung an die Gruppenmitglieder weiterzugeben.

Um die Teamarbeit formal zu unterstützen, wird Redmine, eine web-basierte Projektmanagement Anwendung, genutzt. Nach einer Anmeldung bietet Redmine, als übergeordnete Plattform, typische Eigenschaften von Projektmanagement Anwendungen, wie die Erstellung von Meilensteinen, Verteilung von Aufgaben und Verwendung von Projekt- und Terminkalendern mit automatischer Erstellung von Gantt-Diagrammen (siehe Abbildung 5). Zusätzlich bietet Redmine erweiterte Kommunikationsmöglichkeiten in Form von E-Mails, Datenaustausch, Diskussionforen und Projektwikis.

Die HTML-Seite, welche zur Regelung des DTS dient, wird in Redmine integriert. Eine gesonderte Anmeldung ist zwar erforderlich, allerdings bietet diese Form der Einbindung den Vorteil, alle Projekte unter einer Plattform zu verwenden und einen entsprechend einfachen Zugriff zu gewährleisten. In Redmine können unter anderem vorab Termine abgesprochen werden und im Anschluss des Versuchs die Ergebnisse besprochen werden.

3.2 Regelung eines DTS mittels eines PID-Regler

Das Drei-Tank System, bestehend aus zwei Proportional-Wegeventilen, sechs über Hand verstellbaren Ventilen, drei zylinderförmigen Tanks mit gleicher Querschnittsfläche, einem digitalen Regler und einem Auffangbecken, bildet die nichtlineare Regelstrecke des Praktikumsversuches (siehe

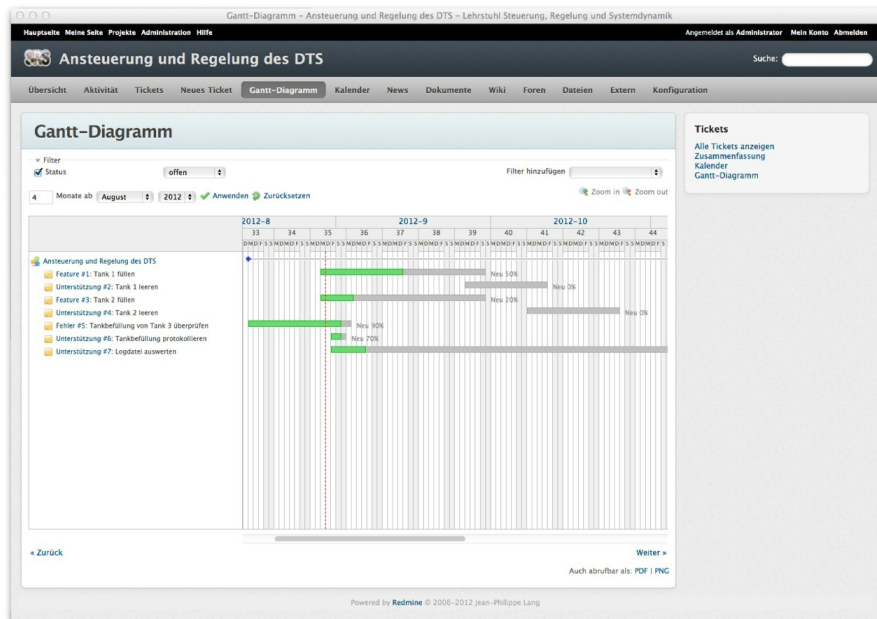


Abb. 5. Redmine Plattform (Funktionenübersicht und Gantt-Diagramm)

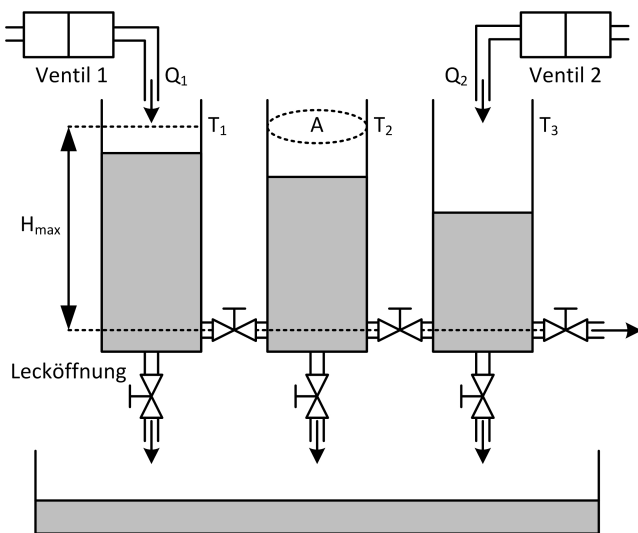


Abb. 6. Schematische Darstellung des DTS
©www.amira.de

Abbildung 6). An jedem Tank befindet sich ein piezoresistiver Drucksensor zur Messung des Füllstands. Mittels eines digitalen Reglers lassen sich die Volumenströme Q_1 und Q_2 und damit die Füllstände der Tanks T_1 und T_2 vorgeben. Der Füllstand des Tanks T_3 ist dann eine resultierende Größe. Die Ventile lassen sich von Hand konfigurieren um Lecks oder Verstopfungen zu simulieren. Das Ziel des Praktikumsversuchs ist es, den Füllstand in allen drei Tanks zu regeln.

3.3 SOM-basierte Überwachung und Assistenz des DTS

Um eine automatische SOM-basierte Überwachung und Assistenz zu realisieren, ist es notwendig, die Situationen und Operatoren festzulegen. Die Situation wird als Merkmalsvektor beschrieben, dafür werden die Merkmale mittels der Sensordaten ermittelt. Entsprechend Abbildung

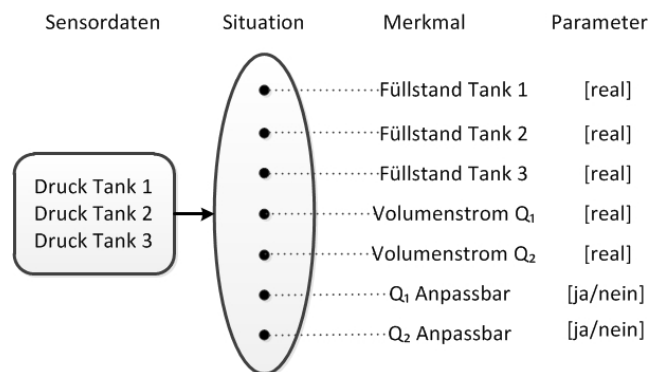


Abb. 7. Mittels der Sensordaten ergibt sich die Situation als Merkmalsvektor

7 sind als Sensordaten nur die Messwerte der Drucksensoren vorhanden. Die Volumenströme sind bekannt und es ergibt sich der dargestellte Merkmalsvektor mit den zugehörigen Parametern. Die Festlegung der Basisoperatoren erfolgt mit dem Wissen über die möglichen Funktionen der HTML-Seite:

- Volumenstrom Q_1 erhöhen
- Volumenstrom Q_1 verringern
- Volumenstrom Q_2 erhöhen
- Volumenstrom Q_2 verringern

Da es keine eingeschränkten Teilnehmerinnen und Teilnehmer innerhalb einer Gruppe gibt und alle Mitglieder vor der gleichen Regelungsaufgabe stehen, wird lediglich eine Situation (im anderen Fall würden unter Umständen Situationen für jeden Nutzer) benötigt. Die Schwierigkeit liegt im Wesentlichen in der automatischen Erkennung der Regelungsaufgabe, wobei bereits ohne dieses Wissen schon Handlungsfehler erkannt werden können. Beispielsweise kann der Versuch den Volumenstrom zu erhöhen/verringern, wenn bereits der maximale/minimale Strom erreicht ist, als Bedienfehler erkannt werden.

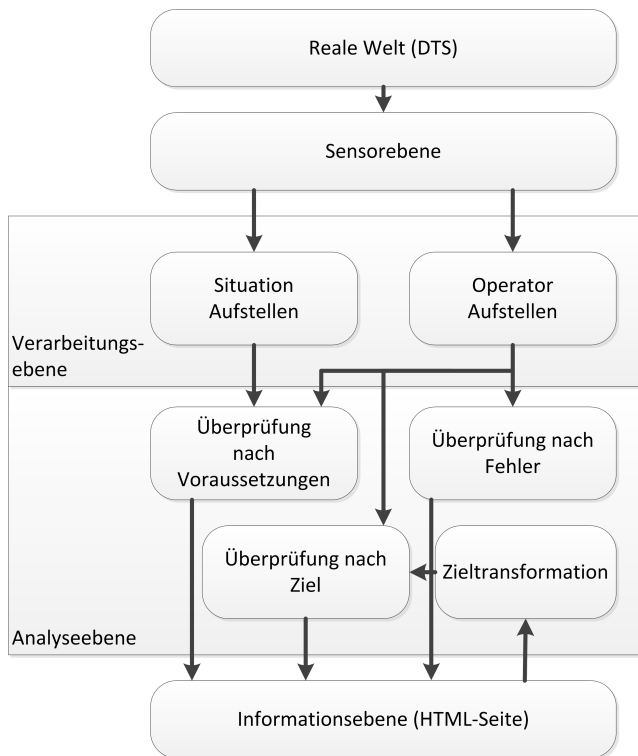


Abb. 8. Konzeption des Überwachungsautomaten basierend auf der SOM-Theorie nach [SGA08]

Eine detailliertere Darstellung des Assistenz- und Überwachungsautomaten ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Überprüfungen finden schlussendlich nach den Voraussetzungen (das meint die notwendigen Bedingungen für die Anwendung der Operatoren), den Fehlern und dem Ziel statt. Nach dem Ziel wird überprüft, um Hilfestellungen zur möglichst effektiven Bedienung zu ermöglichen. Die Ergebnisse der Analyse werden dann an die Informationsebene und somit an die Nutzerinnen und Nutzer weitergegeben.

4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es wurde ein Konzept für die kooperative und web-basierte Regelung eines Drei-Tank-Systems präsentiert. Dazu wurde erläutert, wie die technischen Komponenten zusammenhängen und die Kommunikation über eine HTML-Seite erfolgen soll.

Die Einbindung der Assistenz- und Überwachungsaufgaben steht noch aus. Dafür ist es notwendig, den Aufbau abschließend festzulegen. Des Weiteren gilt es die Regelung des Drei-Tank-Systems abschließend praktisch zu realisieren. Aus diesem minimalprototypischen Beispiel sollen allgemeine Vorgehensweisen zur Entwicklung von Überwachungs- und Assistenzaufgaben, mittels dem SOM-Ansatz, abgeleitet werden.

LITERATUR

[FS10] X. Fu, und D. Söffker (2010). Modeling of Individualized Human Driver Model for Automated Personalized Supervision. Intelligent Vehicle Initiative (IVI) Technology Advanced Controls and Navigation, Detroit, USA, SAE Int..

- [FS11] X. Fu, D. Söffker (2011). Concept for SOM-based computer supported cooperative work. The 15th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design CSCWD 2011, Lausanne, Switzerland.
- [GOS08] D. Gamrad, H. Oberheid und D. Söffker (2008). Formalization and Automated Detection of Human Errors. SICE Int. Conf on Instrumentation, Control and Information Technology, Tokio, Japan, 1761-1766.
- [GOS09] D. Gamrad, H. Oberheid und D. Söffker (2009). Automated Detection of Human Errors based on Multiple Partial State Spaces. Proc. 6th Vienna Conference on Mathematical Modeling on Dynamical Systems MATHMOD 2009, Wien, Österreich, 651-659.
- [GSO9] D. Gamrad und D. Söffker (2009). Reduction of Complexity for the Analysis of Human-Machine-Interaction. 2009 IEEE Int. Conf. On Systems, Man, and Cybernetics, San Antonio Texas, 1300-1305.
- [Has09] A. Hasselberg (2009). Entwicklung eines Fluglotsenassistenzsystems und zustandsraumbasierte Analyse des Bedienerverhaltens. Diplomarbeit, Lehrstuhl Steuerung, Regelung und Systemdynamik, Duisburg-Essen.
- [HOS09] A. Hasselberg, H. Oberheid und D. Söffker (2009). State-Space-based Analysis of Human Decision Making in Air Traffic Control. Proc. IAR/ACD Workshop on Advanced Control and Diagnosis, Zielona Góra, Polen.
- [Joh91] R. Johansen (1991). Teams for Tomorrow. Proc. IEEE Hawaii Intl. Conf on System Sciences, Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 520-534.
- [LS10] M. Langer und D. Söffker (2010). Bedienerzentrierte Prozessführung auf der Basis einer interaktiven Mensch-Maschine-Schnittstelle zu teilautomatisierten Fertigungsprozessen. VDI Automation 2010, Baden-Baden.
- [SFLG10] D. Söffker, X. Fu, M. Langer und D. Gamrad (2012). Modeling of Complex Human-Process Interaction as Framework for Assistance and Supervisory Control of Technical Processes. International Journal of Information Technology and Web Engineering (IJITWE), 7(1), 46-66.
- [SGA08] D. Söffker, D. Gamrad, E. Ahle (2008). Automatisierungstechnik zu Kognitiven Technischen Systemen. Industrie Management, Schwerpunktthema: Kognitive Automatisierung, Vol. 24, No. 4, 57-60.
- [Soe03] D. Söffker (2003): Systemtheoretische Modellbildung der wissensgeleiteten Mensch-Maschine-Interaktion. Logos, Berlin; auch Habilitation, Bergische Universität Wuppertal, 2001.