

Reihe 8

Mess-,  
Steuerungs- und  
Regelungstechnik

Nr. 1268

Dipl.-Ing. Holger Jeromin,  
Verl

## Explizites Modell für Benutzungsschnittstellen im gesamten Lebenszyklus einer leittechnischen Anlage

**ACPLT**  
**AACHENER**  
**PROZESSLEITTECHNIK**

Lehrstuhl für  
Prozessleittechnik  
der RWTH Aachen



# **"Explizites Modell für Benutzungsschnittstellen im gesamten Lebenszyklus einer leittechnischen Anlage"**

Von der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktors der Ingenieurwissenschaften**

genehmigte Dissertation

vorgelegt von **Dipl.-Ing.**

**Holger Jeromin**

aus Düsseldorf

**Berichter:** Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Epple  
Prof. Dr.-Ing. Leon Urbas

Tag der mündlichen Prüfung: 03. September 2019

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online verfügbar.



# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 8

Mess-, Steuerungs-  
und Regelungstechnik

Dipl.-Ing. Holger Jeromin,  
Verl

Nr. 1268

Explizites Modell für  
Benutzungsschnittstellen  
im gesamten  
Lebenszyklus einer  
leittechnischen Anlage



Lehrstuhl für  
Prozessleittechnik  
der RWTH Aachen

Jeromin, Holger

## **Explizites Modell für Benutzungsschnittstellen im gesamten Lebenszyklus einer leittechnischen Anlage**

Fortschr.-Ber. VDI Reihe 08 Nr. 1268. Düsseldorf: VDI Verlag 2019.

84 Seiten, 25 Bilder, 0 Tabellen.

ISBN 978-3-18-526808-3 ISSN 0178-9546,

€ 38,00/VDI-Mitgliederpreis € 34,20.

**Für die Dokumentation:** HMI – Human-Machine Interface – Bedienoberflächen – Modellierung – Prozessleittechnik – Prozesstechnik – PLT – Softwaredesign – Automatisierungstechnik

Diese Arbeit schlägt ein neues Konzept für die Erstellung, Wartung und den Gebrauch von Benutzungsschnittstellen für prozesstechnische Anlagen vor. Die gesamte Darstellung wird als HMI-Modell hinterlegt. Dafür wurden nicht nur für alle Grafikelemente (Text, Rechteck, Kreis ...), sondern auch für die gesamte Interaktion mit dem Prozess und dem Bediener Modellbausteine (als Metamodellbausteine) definiert. Dies erleichtert die automatische Erstellung und Veränderung der gesamten Darstellung. Dieses Metamodell ist für größte Zukunftssicherheit technologieunabhängig definiert. Um ein solches HMI-Modell einer Anlage darzustellen wird ein Anzeigesystem benötigt, welches die wenigen definierten Metamodellbausteine zur Laufzeit interpretiert. Dieses Anzeigesystem kann bei Bedarf im Laufe der Lebensdauer der technischen Anlage in neuen Technologien implementiert werden.

### **Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

### **Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek**

(German National Library)

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de).

D82 [Diss. RWTH Aachen University, 2019]  
Tag der mündlichen Prüfung: 03. September 2019

© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISSN 0178-9546

ISBN 978-3-18-526808-3

---

# Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit am Lehrstuhl für Prozessleittechnik der RWTH Aachen University. Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die geholfen haben, diese Arbeit erfolgreich abzuschließen. Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Professor Dr.-Ing. Ulrich Epple als Doktorvater und auch als Vorgesetzten. Die Gespräche und Diskussionen mit ihm waren von Weitblick und tiefen Einblick in die Automatisierungstechnik geprägt und haben damit maßgeblich zum Erfolg dieser Dissertation beigetragen. Gleichzeitig hat er am Lehrstuhl eine sehr angenehme Arbeitsatmosphäre gepflegt und viel Vertrauen in seine Mitarbeiter gezeigt.

Weiterhin möchte ich mich herzlich bei Prof. Dr.-Ing. Leon Urbas, Inhaber der Professur für Prozessleittechnik an der TU Dresden, bedanken für die Übernahme der Rolle des Zweitgutachters. Sein tiefes Verständnis in der Thematik der Modellierung von Benutzungsschnittstellen hat mir sehr geholfen.

Alle Kollegen des Lehrstuhls haben durch ihre Hilfsbereitschaft und unterschiedliche Expertisen ihren Anteil an dieser Arbeit geleistet. Besonders möchte ich jedoch Stefan Schmitz danken, der mich in seinen Jahren am Lehrstuhl immer unterstützte und die Basis meiner Arbeit am Lehrstuhl legte. Weiterhin möchte ich Lars Evertz danken mit dem ich oft gemeinsam auf der Suche nach der technisch optimalen Lösung war. Auch Tina Mersch lieferte entscheidene Anregungen in meiner Promotion.

Auch bei meinen ehemaligen Studenten Christian Nick und Yannik Rocks möchte ich mich für die konstruktive Mitgestaltung der erstellten Software bedanken.

Schließlich danke ich meiner Familie, angefangen bei meinen Eltern Lutz und Christa die immer an mich glaubten und mich in allen Entscheidungen unterstützen. Weiterhin bedanke ich mich bei meinen Kindern Laura und Vera die mein Leben sehr bereichern. Mein wichtigster Dank gebührt jedoch meiner Frau Sabine, welche mich immer unterstützt und mit unendlicher Geduld motiviert hat die Arbeit zu einem erfolgreichen Ende zu führen.

Verl, im November 2019

*Holger Jeromin*

---

Sollen sich auch alle schämen, die gedankenlos sich der Wunder der Wissenschaft und Technik bedienen und nicht mehr davon geistig erfasst haben als die Kuh von der Botanik der Pflanzen, die sie mit Wohlbehagen frisst.

Albert Einstein (Eröffnungsansprache der 7. Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin, Haus der Rundfunkindustrie, 22. August 1930)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Hintergrund und Motivation</b>	<b>3</b>
2.1 Stand der Technik	4
2.1.1 iPhone/Android Programmierung	4
2.1.2 Field Device Tool/Device Type Manager (FDT/DTM)	5
2.1.3 Siemens SIMATIC WinCC, Honeywell Experion PKS	6
2.1.4 Beckhoff TwinCAT 3 HMI	7
2.1.5 ACPLT/HMI	7
2.1.6 NAMUR Module Type Package	8
2.1.7 automotiveHMI	8
2.1.8 MOVISA	9
2.1.9 IT HMI Standards	10
2.2 Gemeinsamkeiten und allgemeine Struktur von Bedienoberflächen	12
2.3 Automatische Erstellung von Bedienoberflächen	13
2.4 Fazit	14
<b>3 Explizites Modell für Benutzungsschnittstellen leittechnischer Funktionen</b>	<b>15</b>
3.1 Anforderungen	15
3.2 Grobstruktur des Modells	16
3.3 Modellierungsebenen	17
3.4 Komponenten des Modells	19
3.4.1 Darstellung	19
3.4.2 Kopiervorlagen	21
3.4.3 Ereignisse	22
3.4.4 Aktionen	24
3.4.5 Baustein zur Freitext-Programmierung	31
3.5 Erweiterung der Grundkomponenten	32
3.5.1 Erweiterung der Darstellung	32
3.5.2 Erweiterung der Ereignisse	33
3.5.3 Erweiterung der Aktionen	34
<b>4 Realisierung</b>	<b>36</b>
4.1 Prototypische Implementierung	36

<b>5</b>	<b>Evaluation im Lebenszyklus (durch Anwendungen)</b>	<b>39</b>
5.1	Eignung zur automatischen Erstellung von Bedienoberflächen . . . . .	39
5.2	Engineering von Anlagenplanungsdaten (R&I-Fließbilder) . . . . .	41
5.3	Eignungen des Modells zur Simulationssteuerung . . . . .	43
5.4	Engineering von Anlagensteuerungen . . . . .	46
5.4.1	Engineering einer Funktionsbausteinsprache nach IEC 61131-3 . . . . .	46
5.4.2	Engineering einer Ablaufsprache nach IEC 61131-3 . . . . .	48
5.5	Eignung für Bedienoberflächen im Betrieb . . . . .	50
5.6	Integration von fremden Bibliotheken in die Modellstruktur . . . . .	53
5.7	Fazit . . . . .	55
<b>6</b>	<b>Diskussion und Ausblick</b>	<b>56</b>
<b>Anhang</b>		<b>59</b>
1	Anwendung R&I-Fließschema-Editor im Detail . . . . .	59
2	Interner Aufbau der Anzeigekomponente . . . . .	62
3	JavaScript API <code>cshmi.model</code> . . . . .	65
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>71</b>

---

## Kurzfassung

Prozesstechnische Anlagen sind sehr komplex und erfordern eine ausgefeilte Steuerung. Leider „nehmen Kompetenz und Qualifikation auf der Anwender- und Bedienerseite ab“. Dies gaben jedenfalls 56 % von rund 1800 befragten Mitglieder im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) in einer Umfrage an [Sch12]. Damit Bediener die Steuerung gerade auch in kritischen Situationen bedienen können, ist eine leistungsfähige angepasste Benutzungsschnittstelle nötig. Diese Schnittstellen sind jedoch sehr aufwendig bei der Erstellung.

Um diese Kosten zu senken, bieten sich zwei Möglichkeiten an. Erstens können Kosten eingespart werden, indem möglichst viele Teile der Benutzungsschnittstelle aus vorhandenen Planungsdaten automatisch erstellt werden. Dies hat zudem den Vorteil, dass das endgültige Ergebnis früher bereitsteht. Weiterhin können sich weniger Fehler bei wiederkehrenden Parametrierungsaufgaben bei der Erstellung einschleichen, was insgesamt die Qualität erhöht. Zweitens lassen sich Kosten durch eine möglichst lange Nutzungszeit der Benutzungsschnittstelle reduzieren. In prozesstechnischen Anlagen ist eine Lebensdauer von 30 Jahren nicht ungewöhnlich. Die Steuerungstechnik und erst Recht die Visualisierungstechnologie verwenden jedoch immer mehr Standard-Komponenten der IT-Branche, welche einem schnelleren Wandel unterliegen.

Diese Arbeit schlägt daher ein neues Konzept für die Erstellung, Wartung und den Gebrauch von Benutzungsschnittstellen vor. Die gesamte Darstellung wird als HMI-Modell hinterlegt. Dafür wurden nicht nur für alle Grafikelemente (Text, Rechteck, Kreis ...), sondern auch für die gesamte Interaktion mit dem Prozess und dem Bediener Modellbausteine (als Metamodellbausteine) definiert. Dies erleichtert die automatische Erstellung und Veränderung der gesamten Darstellung. Dieses Metamodell ist für größte Zukunftssicherheit technologieunabhängig definiert. Für sehr komplexe Aufgaben existiert jedoch zusätzlich eine Erweiterung um per HTML und JavaScript frei zu programmieren. Diese Erweiterung ist dabei so entwickelt worden, dass sie stark verzahnt ist mit der Modellwelt und zwischen beidem ein einfacher Informationsaustausch möglich ist.

Um ein solches HMI-Modell einer Anlage darzustellen wird ein Anzeigesystem benötigt, welches die wenigen definierten Metamodellbausteine zur Laufzeit interpretiert. Dieses Anzeigesystem kann bei Bedarf im Laufe der Lebensdauer der technischen Anlage in neuen Technologien implementiert werden.

Als Prototyp wurde ein Anzeigesystem mit Webtechnologie realisiert. Diese Technologie hat den großen Vorteil, dass für unterschiedlichste Betriebssysteme leistungsfähige Webbrowser existieren. Damit ist der Prototyp selbst plattformunabhängig nutzbar.

## Abstract

Process plants are very complex and require a sophisticated control system. Unfortunately "competence and qualification on the user and operator side are decreasing". At any rate, 56 % of around 1800 members surveyed in the German engineering association VDMA gave this result in a survey [Sch12]. In order for operators to be able to operate the plant even in critical situations, a powerful adapted user interface is required. However, these interfaces are very complex to create.

There are two evident ways to reduce these costs. First, costs can be saved by automatically creating as many parts of the user interface as possible from existing planning data. This also has the advantage that the final result is available earlier. Furthermore, fewer errors can creep in during recurring parametrization tasks during creation, which increases overall quality. Secondly, costs can be reduced by using the user interface as long as possible. In process plants, a service life of 30 years is not unusual. The control technology and especially the visualization technology, however, use more and more standard components from the IT industry, which are subject to a faster change.

Therefore, this thesis proposes a new concept for the creation, maintenance and use of user interfaces. The entire representation is stored as an HMI model. Therefore, not only for all graphic elements (text, rectangle, circle . . .), but also the entire interaction with the process and the operator model elements (as meta model elements) were defined. This facilitates the automatic creation and modification of the entire representation. This meta model is defined as technology-independent for maximum future security. For very complex tasks, however, there is an additional extension to freely program via HTML and JavaScript. This extension was developed in such a way that it is strongly interlocked with the model world and between both a simple information exchange is possible. In order to display such an HMI model of a plant, a display system is required that interprets the few defined meta model elements at runtime. If required, this display system can be implemented in new technologies during the life cycle of the technical plant.

As a prototype a display system with web technology was realized. This technology has the great advantage that powerful web browsers exist for all modern operating systems. This means that the prototype itself can be used platform-independently.