

Ulrich Tobias Bühner

# Methodik zur proaktiven Integration von Data Analytics in die Serienfertigung



**RWTH**AACHEN  
UNIVERSITY



# Methodik zur proaktiven Integration von Data Analytics in die Serienfertigung

## Methodology for Proactively Integrating Data Analytics into Series Production

Von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Ingenieurwissenschaften  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Ulrich Tobias Bühner

### **Berichter/in:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Achim Kampker, MBA  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bergs

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Juli 2022



# ERGEBNISSE AUS DER ELEKTROMOBILPRODUKTION

**Ulrich Tobias Bühner**

Methodik zur proaktiven Integration von Data Analytics in die Serienfertigung

**Herausgeber:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Achim Kampker, MBA

Band 23



**RWTH**AACHEN  
UNIVERSITY

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Ulrich Tobias Bühler:

Methodik zur proaktiven Integration von Data Analytics in die Serienfertigung

1. Auflage, 2022

Apprimus Verlag, Aachen, 2022

Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien  
an der RWTH Aachen

Steinbachstr. 25, 52074 Aachen

Internet: [www.apprimus-verlag.de](http://www.apprimus-verlag.de), E-Mail: [info@apprimus-verlag.de](mailto:info@apprimus-verlag.de)

ISBN 978-3-98555-108-8

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2022)

## Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand bei der BMW Group im Rahmen der Digitalisierung der Produktion elektrischer Antriebssysteme in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Production Engineering of E-Mobility Components der RWTH Aachen.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Professor Achim Kampker, der mir diese Arbeit ermöglicht und sie gefördert hat. Sein Vertrauen und seine fachlichen Anregungen trugen maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit bei. Bei Herrn Professor Thomas Bergs möchte ich mich herzlich für die Übernahme des Korreferates bedanken. Herrn Professor Johannes Schleifenbaum danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und Frau Professor Katharina Schmitz für die Übernahme des Beisitzes. Die Unterstützung und die Anregungen zahlreicher Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls für Production Engineering of E-Mobility Components haben das Gelingen dieser Arbeit erst möglich gemacht. Insbesondere gilt mein Dank Herrn Dr. Heiner Heimes für seine intensive und wohlwollende Begleitung dieser Arbeit sowie für sein ehrliches und stets konstruktives Feedback.

Den Herren Dr. Michael Nikolaidis, Jörg Hoffmann, Uwe Michallik und Dr. Thomas Herzinger danke ich herzlichst für die Unterstützung meiner Dissertation, das Einräumen des erforderlichen Freiraums und die zahlreichen spannenden Projekte bei der BMW Group. Für inhaltliche Diskussionen, viele Hinweise sowie Begutachtung meines Manuskripts danke ich Dr. Stefan Krottil, Dr. José Bittencourt, Dr. Daniel Wagner und Dr. Sebastian Pieczona. Meine Kollegen und Wegbegleiter gewährten mir stets ein offenes Ohr. Insbesondere möchte ich mich an dieser Stelle bei den Herren Dr. Sebastian Gillen, Dr. Martin Hehl, Dr. Philipp Bergmeir, Dr. Clemens Stefanziola, Joscha Eirich, Dr. Thomas Kornas, Dr. Sebastian Kawollek, Dr. Matthias Rieck, Dr. Andreas Haunreiter, Dr. Ahmad Mohsseni und Tom Möller bedanken. Des Weiteren möchte ich den Einsatz meiner Studentinnen und Studenten würdigen – hervorzuheben sind Frau Anita Steinberger und Herr Paul Schroth –, die mich mit ihren Studienarbeiten bei der Erstellung dieser Dissertation unterstützt haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, die mich in jeder Lebenslage gefördert und unterstützt haben. Ebenfalls besonderer Dank gebührt meiner Frau, die mir mit ihrer Zuversicht und Unterstützung stets den notwendigen Rückhalt gegeben hat. Ohne euch wäre diese Arbeit niemals möglich gewesen.

München, im Juli 2022

Ulrich Tobias Bühner



## Zusammenfassung

Produzierende Unternehmen befinden sich in einem stetig zunehmenden Wettbewerb aufgrund sich ändernder Marktanforderungen und Regulierungen. In der Automobilindustrie führt der disruptive Wandel von klassischen Antrieben hin zur Elektromobilität dazu, dass neuartige Fertigungstechnologien und Prozesse beherrscht werden müssen. Um sich von anderen Wettbewerbern differenzieren zu können, ist eine hohe Qualität der Produkte zu konkurrenzfähigen Preisen zwingend erforderlich. Somit ist die wesentliche Herausforderung die Erreichung hoher Fertigungseffizienz und Produktqualität bei hoher Komplexität der Fertigungsprozesse. Um diese Herausforderungen zu bewältigen, ist es erforderlich, den Wissensaufbau bezüglich der Wirkzusammenhänge innerhalb der Fertigungsprozesse zu beschleunigen. In der IT haben sich Data Analytics Ansätze als fähig erwiesen, die Identifikation von Wirkzusammenhängen zu unterstützen. Bisher existieren allerdings noch keine ganzheitlichen Anwendungen für Data Analytics innerhalb von Fertigungssystemen. Bestehende Anwendungen sind ausschließlich problemgetrieben und besitzen einen beschränkten Betrachtungsfokus, z. B. Analyse festgelegter KPIs oder Betrachtung einzelner Prozessschritte. Mangelhafte Datengrundlagen und ungeeignete IT-Infrastrukturen erschweren oder verhindern den ganzheitlichen Einsatz von Data Analytics.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik zur proaktiven Integration von Data Analytics in die Serienfertigung entwickelt. Diese Methodik gewährleistet ein Vorgehen, das die Identifikation und Priorisierung einer nutzenbringenden Auswahl an Data Analytics Anwendungsfällen während der frühen Phase der Entwicklung des Fertigungssystems ermöglicht und deren skalierbare Umsetzung bis zur Serienreife mit Hilfe einer geeigneten IT-Architektur unterstützt. Die Anwendung der Methodik in der industriellen Praxis erfolgte bei der Fertigung von Hochvoltspeichern für elektrifizierte Fahrzeuge bei einem Automobilhersteller. Durch die erfolgte Umsetzung der identifizierten Data Analytics Anwendungsfälle wurde belegt, dass die proaktive Integration von Data Analytics in die Serienfertigung im industriellen Alltag erfolgreich und nutzenbringend einzusetzen ist. Als Auswirkungen konnten bei den betrachteten Anwendungsfällen u. a. Zeiten für Prüfprozesse verkürzt, Expertenwissen nutzenbringend eingesetzt, Dokumentationsrichtlinien verbessert und auf geänderte Rahmenbedingungen flexibel reagiert werden.



## Abstract

Manufacturing companies are facing ever-increasing competition due to changing market requirements and regulations. In the automotive industry, the disruptive change from classic drivetrains to electric mobility means that new types of production technologies and processes must be adopted. In order to be able to stand out amongst the competition, high product quality at competitive prices is essential. Thus, the main challenge is to achieve high manufacturing efficiency and product quality despite the complexity of the novel manufacturing processes. In order to meet these challenges, it is necessary to accelerate the knowledge development regarding the interdependencies within the manufacturing processes. In IT, data analytics approaches have proven capable of supporting the identification of cause-effect relationships. However, there are still no holistic applications for data analytics within manufacturing systems. Existing applications are exclusively problem-driven and have a limited focus of observation, e.g. analysis of defined KPIs or observation of individual process steps. Inadequate data bases and unsuitable IT infrastructures impede or prevent the holistic use of data analytics.

Within this thesis, a methodology for the proactive integration of data analytics into series production has been developed. This methodology ensures a procedure that enables the identification and prioritization of a beneficial selection of data analytics use cases during the early phase of the development of the production system and supports their scalable implementation up to series maturity with the help of a suitable IT architecture. The methodology was applied to the industrial production of high-voltage batteries for electrified vehicles at an automotive manufacturer. The implementation of the considered data analytics use cases proved that the proactive integration of data analytics into series production can be successfully and beneficially applied in industrial settings. The effects of the considered use cases included shortened times for testing processes, the beneficial use of expert knowledge, improved documentation guidelines, and a flexible response to changing business constraints.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Verzeichnis der Abbildungen</b> .....	<b>V</b>
<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung und Motivation</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung .....	4
1.3 Wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit .....	5
1.3.1 Grundlegende Erkenntnisperspektive .....	6
1.3.2 Forschungsmethodologie .....	7
1.4 Forschungsfrage .....	11
1.5 Aufbau der Arbeit .....	12
<b>2 Herausforderungen aus der Praxis</b> .....	<b>17</b>
2.1 Fertigungsprozesse in der Automobilbranche .....	18
2.1.1 Produktentstehungsprozess.....	18
2.1.2 Fertigungsprozesse am Beispiel der Fertigung von Modulen und Hochvoltspeichern für Elektrofahrzeuge.....	20
2.1.3 Prüfprozesse in der Batterieproduktion.....	23

2.1.4	Fehlerbeseitigung und Qualitätsmanagement .....	26
2.1.5	Einsatz von IT in der Fertigung .....	40
2.2	Datenbasierte Analyseansätze aus der IT .....	45
2.2.1	Datenbasierte Analyse im Kontext von Industrie 4.0 .....	45
2.2.2	Data Analytics Klassen und Algorithmen.....	48
2.2.3	Datenmanagement im Kontext von Big Data .....	68
2.2.4	Übertragbarkeit von Data Analytics Ansätzen in die Serienfertigung .....	73
2.3	Potentiale und Hürden von Data Analytics in der Serienfertigung .....	75
2.4	Zusammenfassung des Praxisdefizits.....	78
2.5	Handlungsbedarf aus der Praxis .....	80
<b>3</b>	<b>Herausforderungen aus der Theorie.....</b>	<b>83</b>
3.1	Anforderungen an die Methodik .....	83
3.1.1	Inhaltliche Anforderungen .....	84
3.1.2	Formale Anforderungen .....	86
3.2	Methoden für Data Analytics zur Identifikation unbekannter Wirkzusammenhänge .....	87
3.2.1	Knowledge Discovery in Databases (KDD).....	88
3.2.2	CRISP-DM .....	92
3.2.3	Weiterentwicklungen der Data Analytics Methoden.....	95
3.2.4	Data Analytics Ansätze für Fertigungssysteme .....	103
3.2.5	Anwendungen von Data Analytics in der Produktion.....	111
3.2.6	Einordnung: Stand der Forschung und Technik von Data Analytics in der Fertigung.....	115
3.3	Projektpriorisierung .....	117

---

3.3.1	Projektpriorisierung und multikriterielle Analyse .....	117
3.3.2	Einordnung: Priorisierung für Data Analytics .....	126
3.4	Handlungsbedarfe aus der Theorie.....	127
<b>4</b>	<b>Konzeption der Methodik.....</b>	<b>133</b>
4.1	Grundlagen der Modellierungstheorie.....	133
4.1.1	Allgemeine Modelltheorie .....	134
4.1.2	Systemtechnik.....	135
4.2	Aufbaustruktur.....	137
4.2.1	Erkenntnisprozess zur Lösung von Realproblemen .....	137
4.2.2	Definition der Aufbaustruktur.....	138
4.3	Ablaufstruktur zur Lösung des Realproblems.....	142
4.3.1	Auswahl der Modellierungssprache.....	142
4.3.2	Definition der Ablaufstruktur .....	143
4.4	Fazit zur Konzeption der Methodik .....	147
<b>5</b>	<b>Detaillierung der Methodik in der Serienfertigung .....</b>	<b>149</b>
5.1	Detaillierung des Initiierungsmoduls .....	151
5.1.1	Proaktive Datenverfügbarkeit.....	152
5.1.2	Aufwand und Nutzen der Anwendungsfälle.....	157
5.2	Detaillierung des Analysemoduls.....	163
5.2.1	Strategische Priorisierung .....	163
5.2.2	Ableitung der IT-Architektur .....	171
5.3	Detaillierung des Gestaltungsmoduls .....	177
5.3.1	Skalierbare Data Analytics .....	177

5.3.2	Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen.....	188
5.3.3	Kritische Reflexion .....	191
5.4	Zusammenfassung der Methodik.....	193
<b>6</b>	<b>Validierung der Methodik in der Praxis .....</b>	<b>197</b>
6.1	Anwendungsfall in der Serienfertigung .....	197
6.2	Anwendung des Initiierungsmoduls .....	198
6.2.1	Erfassung der Anwendungsfälle .....	198
6.2.2	Implementierung der DUCM.....	200
6.3	Anwendung des Analysemoduls.....	204
6.3.1	Strategischen Priorisierung .....	204
6.3.2	Aufbereitung der priorisierten Anwendungsfälle zur Entscheidungsgrundlage für die Auslegung der IT- Infrastruktur .....	209
6.4	Anwendung des Gestaltungsmoduls.....	212
6.4.1	Skalierbare Umsetzung von Anwendungsfall UC1 .....	212
6.4.2	Skalierbare Umsetzung von Anwendungsfall UC2 .....	215
6.4.3	Skalierbare Umsetzung von Anwendungsfall UC3 .....	218
6.5	Kritische Reflexion.....	220
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit .....</b>	<b>227</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>233</b>

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1: Fehleraufarbeitung in der Serienfertigung .....	2
Abbildung 1-2: Möglicher Lösungsansatz mittels Data Analytics .....	3
Abbildung 1-3: Wissenschaftssystematik .....	6
Abbildung 1-4: Forschungsmethodologisches Vorgehen.....	9
Abbildung 1-5: Heuristischer Bezugsrahmen.....	10
Abbildung 1-6: Betrachtungs- und Gestaltungsbereich .....	12
Abbildung 1-7: Struktur der vorliegenden Arbeit.....	13
Abbildung 2-1: PEP und frühe Phase der Produktionsentwicklung.....	19
Abbildung 2-2: Modularer Aufbau eines Hochvoltspeichers.....	21
Abbildung 2-3: Montageprozess des Batteriemoduls .....	22
Abbildung 2-4: Montageprozess eines Hochvoltspeichers.....	22
Abbildung 2-5: Eingangsmessung der angelieferten Zellen.....	25
Abbildung 2-6: Die „empirische Zehnerregel“ .....	27
Abbildung 2-7: Entwicklung des Qualitätsmanagements .....	29
Abbildung 2-8: Aufgabenbereiche von QMS .....	32
Abbildung 2-9: Qualitätsmanagement-Methoden im PEP .....	33
Abbildung 2-10: Die Automatisierungspyramide.....	41
Abbildung 2-11: Auswirkung des reaktiven Vorgehens .....	44
Abbildung 2-12: Terminologie zur datenbasierten Analyse .....	46
Abbildung 2-13: Stufen von Data Analytics .....	50

---

Abbildung 2-14: Data Analytics Klassen .....	51
Abbildung 2-15: Darstellung eines Boxplot (potentielle Ausreißer $x$ ) .....	53
Abbildung 2-16: Interpretation des Korrelationskoeffizienten $r$ .....	56
Abbildung 2-17: Beispiel für einen Entscheidungsbaum .....	59
Abbildung 2-18: Darstellung eines beispielhaften ROC-Diagramms .....	61
Abbildung 2-19: Überblick über Cluster-Analyse Methoden .....	63
Abbildung 2-20: Die Ebenen des Cloud Computing und Anwendungen.....	72
Abbildung 2-21: Aufwände bei der Umsetzung von Data Analytics .....	76
Abbildung 2-22: Studienergebnisse erwarteter Nutzen und Hürden .....	77
Abbildung 2-23: Ableitung der Anforderungen an die Theorie .....	80
Abbildung 3-1: Anforderungen an die Methodik.....	84
Abbildung 3-2: Schritte des KDD Prozesses .....	89
Abbildung 3-3: Das Vorgehensmodell nach CRISP-DM.....	93
Abbildung 3-4: Vorgehen nach GANDOMI.....	97
Abbildung 3-5: Vorgehen nach CABENA .....	98
Abbildung 3-6: Überblick ASUM-DM Vorgehen.....	99
Abbildung 3-7: DST-Karte.....	101
Abbildung 3-8: Beispiel für eine DST.....	102
Abbildung 3-9: Advanced Manufacturing Analytics Platform (AMAP) .....	104
Abbildung 3-10: Lebenszyklus der IAM .....	106
Abbildung 3-11: Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0 .....	109
Abbildung 3-12: Data Analytics Anwendungsfälle in der Produktion.....	112
Abbildung 3-13: Wertschöpfung von Data Analytics .....	116
Abbildung 3-14: Hierarchische Struktur der Projektauswahl nach BOLAT ...	122
Abbildung 3-15: Projektselektion nach BAI.....	124

---

Abbildung 3-16: Bewertung bestehender Methoden und Ansätze .....	130
Abbildung 4-1: Erkenntnisprozess zur Lösung von Realproblemen .....	135
Abbildung 4-2: Ordnungsrahmen der Methodik .....	138
Abbildung 4-3: Analogie zur Methodik des vernetzten Denkens .....	140
Abbildung 4-4: Modellierungssprache: Phasen der Methodik .....	143
Abbildung 4-5: Ablaufstruktur zur Lösung des Realproblems.....	144
Abbildung 4-6: Initiierungsmodul und Analysemodul .....	145
Abbildung 5-1: Detaillierung der Methodik.....	149
Abbildung 5-2: Eingliederung der Methodik in den Entwicklungsprozess ..	150
Abbildung 5-3: Identifikation relevanter Anwendungsfälle und Daten .....	152
Abbildung 5-4: Ansatz zum Aufbau der DUCM .....	154
Abbildung 5-5: Induktive Betrachtung der Fertigungsschritte .....	155
Abbildung 5-6: Steckbrief-Vorlage für einen Anwendungsfall .....	156
Abbildung 5-7: Beispiel einer DUCM nach Phase 1 der Methodik .....	156
Abbildung 5-8: Erweiterung der DUCM um Aufwand und Nutzen .....	157
Abbildung 5-9: Erweiterung der DUCM in Phase 2.....	158
Abbildung 5-10: Anforderungen an die Anwendungsfälle .....	159
Abbildung 5-11: DUCM erweitert um Aufwände für Anforderungen .....	161
Abbildung 5-12: DUCM erweitert um Nutzenbetrachtung.....	161
Abbildung 5-13: Steckbrief der Anwendungsfälle (Phase 2) .....	163
Abbildung 5-14: Priorisierung der Data Analytics Anwendungsfälle .....	164
Abbildung 5-15: Ziele der strategischen Priorisierung .....	164
Abbildung 5-16: Darstellung der Pareto-Front .....	168
Abbildung 5-17: Ergebnis der strategischen Priorisierung .....	171
Abbildung 5-18: Ableitung der IT-Architektur.....	172

Abbildung 5-19: Beispiel für IT-Architektur (1) .....	174
Abbildung 5-20: Visualisierung der alternativen IT-Komponenten.....	175
Abbildung 5-21: Auswahl der IT-Komponenten .....	176
Abbildung 5-22: Beispiel für eine IT-Architektur (2) .....	176
Abbildung 5-23: Skalierbare Umsetzung .....	177
Abbildung 5-24: Data Analytics vom Prototyp zum Roll out .....	178
Abbildung 5-25: Methode für skalierbare Data Analytics - Überblick.....	179
Abbildung 5-26: Ergebnisdarstellungen bei der Erstausswertung der Daten .	182
Abbildung 5-27: Schritte während der Modellierungsphase .....	183
Abbildung 5-28: Grad der Übertragbarkeit.....	185
Abbildung 5-29: Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen .....	189
Abbildung 5-30: Umgang mit Mittelkürzungen .....	190
Abbildung 5-31: Kritische Reflexion.....	191
Abbildung 5-32: Vorgehen zur Bewertung der Umsetzung.....	192
Abbildung 5-33: Vorlage für einen Soll-Ist-Vergleich der Kosten .....	193
Abbildung 6-1: Fragestellungen für die Workshop-Durchführung.....	199
Abbildung 6-2: Exemplarischer Auszug aus der DUCM .....	201
Abbildung 6-3: Entwickelte Datenbankstruktur (Screenshot) .....	203
Abbildung 6-4: Evolution der Populationen.....	205
Abbildung 6-5: Finale Approximation der Pareto-Front .....	206
Abbildung 6-6: Vergleich der Priorisierungsverfahren.....	208
Abbildung 6-7: Ertragszuwachs durch die strategische Priorisierung .....	209
Abbildung 6-8: Gewählte IT-Architektur.....	210
Abbildung 6-9: IT-Architektur in der Prototypenphase .....	211
Abbildung 6-10: Auszug der Erstausswertung der Daten für UC1.....	213

---

Abbildung 6-11: Modell zur Vorhersage der verbleibenden Lebensdauer ...	215
Abbildung 6-12: Modellierungsergebnisse zur Vorhersage von MW4 .....	216
Abbildung 6-13: Modellmetriken für UC2 .....	217
Abbildung 6-14: Data Analytics Modell des HVS EoL.....	219
Abbildung 6-15: Zur Abbildung 6-14 zugehörige Konfusionsmatrix.....	220



## Verzeichnis der Abkürzungen

AHP	Analytisch hierarchischer Prozess
AMAP	Advanced Manufacturing Analytics Plattform
API	Application Programming Interface
ASUM-DM	Analytics Solutions Unified Method for Data Mining
BMS	Battery Management System
BoL	Begin of Line
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Aided Design
CE	Concurrent Engineering
CNC	Computerized Numerical Control
CPS	Cyber Physical System
CPPS	Cyber Physical Production System
CRISP-DM	Cross-Industry Standard Process for Data Mining
CRM	Customer-Relationship-Management
CSC	Cell Supervision Circuit
DA	Data Analytics
DaaS	Data as a Service
d. h.	das heißt
DFA	Design for Assembly
DFM	Design for Manufacture
DFMA	Design for Manufacture and Assembly

DFT	Diskrete Fourier-Transformation
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DM	Data Mining
DRBFM	Design Review Based on Failure Mode
DST	Data Science Trajectory Model
dt.	deutsch
DUCM	Daten- und Anwendungsfallmatrix (Data Use Case Matrix)
EAG-MOEA/D	External Archive Guided Multiobjective Evolutionary Algorithm based on Decomposition
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EN	Europäische Norm
EoL	End of Line
ERP	Enterprise-Resource-Planing
et al.	et alii (Maskulinum), et aliae (Femininum), et alia (Neutrum)
etc.	et cetera
ETL	Extraktions-, Transformations- und Ladeprozessen
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
FMEA	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse
FPR	Falsch-positiv-Rate (False positive rate)
GA	Genetische Algorithmen
GE	Geldeinheiten
ggf.	Gegebenenfalls
HDFS	Hadoop Distributed File System
HMI	Human-Machine-Interfaces
Hrsg.	Herausgeber
hrsg. v.	herausgegeben von
HV-Prüfung	Hochvolt-Prüfung
HVS	Hochvoltspeicher
I4.0	Industrie 4.0

---

IaaS	Infrastructure as a Service
IAM	Industrial Analytics Methodology
IATF	International Automotive Task Force
IBM	International Business Machines Corporation
IEC	Internationale elektrotechnische Kommission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IO	In Ordnung
IoT	Internet of Things
ISO	Internationale Organisation für Normung
IT	Informationstechnologie
Jg.	Jahrgang
KI	Künstliche Intelligenz
KPI	Key Performance Indicator
KDD	Knowledge Discovery in Databases
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
LSL	Lower specification limit
MATLAB	MATrix LABoratory
MES	Manufacturing Execution System
MFU	Maschinenfähigkeitsuntersuchung
ML	Maschinelles Lernen (Machine Learning)
MNRP	Multiobjective Next Release Problems
MOCO	Multiobjective combinatorial optimization problem
MT	Manufacturing Technology
MW	Messwert
NC	Numerical Control
NIO	Nicht in Ordnung
NP	Nichtdeterministische Polynomialzeit
OCV	Open Circuit Voltage

OEE	Gesamtanlageneffektivität, Overall Equipment Effectiveness
OEM	Original Equipment Manufacturer
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Open Platform Communications
OPC UA	OPC Unified Architecture
PaaS	Plattform as a Service
PC	Personal Computer
PEP	Produktentstehungsprozess
PFU	Prozessfähigkeitsuntersuchung
PKW	Personenkraftwagen
QFD	Quality Function Deployment
QM	Qualitätsmanagement
QMS	Qualitätsmanagement-Systeme
RAMI 4.0	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
ROC	Receiver Operator Curve
RPZ	Risikoprioritätszahl
RWTH	Rheinisch-Westfälisch Technische Hochschule Aachen
s.	siehe
S.	Seite
SaaS	Software as a Service
SAS	Statistical Analysis Systems
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SOC	State of Charge
SOP	Start of Production
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SQL	Structured Query Language
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
SVM	Support-Vektor-Maschine

---

TCP	Transmission Control Protocol
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation
TPR	Richtig-positiv-Rate (true positive rate)
TQM	Total Quality Management
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
u. a.	unter anderem
UC	Use Case
UN/ECE	United Nations Economic Commission for Europe
USL	Upper specification limit
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer
Verl.	Verlag
vgl.	vergleiche
XML	Extensible Markup Language
z. B.	zum Beispiel

