

Ulrich Jürgens

Automatisierung und Arbeit in der Automobilindustrie

Von Henry Ford zur Industrie 4.0



Nomos

edition
sigma



Ulrich Jürgens

Automatisierung und Arbeit in der Automobilindustrie

Von Henry Ford zur Industrie 4.0

Unter Mitarbeit von Kai Pless



Nomos

edition
sigma



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

1. Auflage 2023

© Ulrich Jürgens

Publiziert von
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
Waldseestraße 3–5 | 76530 Baden-Baden
www.nomos.de

Gesamtherstellung:
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
Waldseestraße 3–5 | 76530 Baden-Baden

ISBN (Print): 978-3-8487-8544-5

ISBN (ePDF): 978-3-7489-2905-5

DOI: <https://doi.org/10.5771/9783748929055>



Onlineversion
Nomos eLibrary



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	15
Abkürzungen	17
1. Einleitung	21
1.1 Gegenstand	21
1.2 Zentrale Fragen	23
1.3 Was bedeutet Automatisierung?	25
1.4 Untersuchungsfeld, Methoden und Quellen der Untersuchung	30
1.4.1 Untersuchungsfeld	30
1.4.2 Methoden und Quellen der Untersuchung	33
1.5 Darstellungsweise und Inhalt	39
2. Vorgeschichte der Automobilindustrie im 19. Jahrhundert	41
2.1 Einleitung	41
2.2 Gewerke und Fertigungsverfahren	43
2.2.1 Das Erzeugen von Eisen und Stahl	43
2.2.2 Das Gießen	46
2.2.3 Mechanische Fertigung	49
2.2.4 Montage	54
2.3 Das American System of Manufacturing	54
2.4 Veränderungen der Belegschaftsstruktur und die Frage der Kontrolle über den Shopfloor	61
2.5 F. W. Taylor	65
2.6 Von der Systematic-Management-Bewegung zur Managerial Revolution	69
2.7 Zwischenresümee	72

3. Das Fordsche System der Massenproduktion im Werk Highland Park in Detroit (1910 bis 1930)	75
3.1 Einleitung	75
3.2 Die Anfänge der Automobilindustrie in den USA und die Anfänge von Ford	76
3.3 Das Modell T	81
3.4. Das Werk Highland Park	84
3.4.1 Die Vorgeschichte	84
3.4.2 Die zentralen technisch-organisatorischen Gestaltungsfelder	86
3.4.3 Gang durch die Gewerke	96
3.5 Beschäftigungsentwicklung und Tätigkeitsstrukturen	107
3.6 Welfare-Regime oder Gewerkschaft	112
3.7 Der Produktivitätssprung und seine Ursachen	119
3.8 Zwischenresümee	124
4. Das Werk River Rouge – Leitmodell und Niedergang (1920 bis 1950)	127
4.1 Einleitung	127
4.2 Eine Frage der Produktpolitik	128
4.2.1 Das Modell A und danach	128
4.2.2 Der Sloanismus	130
4.3 Ein Werk für die gesamte Wertschöpfungskette	134
4.3.1 Strukturen und Prozesse	134
4.3.2 Gang durch die Gewerke	139
4.4 Automatisierung und Produktivität	152
4.5 Industrielle Beziehungen als Konfliktfeld	154
4.5.1 Krise und Gründung der UAW	154
4.5.2 Automatisierung als Kampfmittel bei Arbeitskonflikten bei GM	156
4.5.3 Konflikte über die Rechte der Schwarzen in den Betrieben	159
4.6 Der Friedensvertrag von Detroit	163

4.7	Zwischenresümee	165
5.	Automatisierung und Rationalisierung – die Nachkriegsentwicklung bei Ford und GM (1950 bis 1980)	167
5.1	Einleitung	167
5.2	Neue Technologien und die Kybernetik	169
5.3	Die „Erfindung“ der Automatisierung bei Ford	173
5.3.1	Das Motorenwerk Cleveland als Leuchtturmprojekt	173
5.3.2	Die Automationsdebatte in den USA	176
5.4	Upgrading vs. Downgrading der Arbeit bei Bright und Braverman	179
5.5	Rationalisierung und Restrukturierung	185
5.6	General Motors' Hightech-Debakel	187
5.7	Neuorientierung auf das Modell Japan	194
5.8	Zwischenresümee	197
6.	Toyota – Automatisierung ja, aber ...	199
6.1	Einleitung	199
6.2	Anfänge der japanischen Automobilindustrie und Toyotas	200
6.3	Herausbildung des Toyota-Produktionssystems	205
6.3.1	Die Rolle von Taichi Ohno	205
6.3.2	Jidoka – das besondere Verständnis von Automatisierung	209
6.3.3	Kanban	212
6.3.4	Total Quality Control (TQC)	216
6.4	Das Personalsystem – ein zentraler Bestandteil des TPS	218
6.5	Struktur der Toyota-Gruppe – Beschäftigungssicherung durch Flexibilität	222
6.5.1	Automatisierung in der Phase der Expansion	222
6.5.2	Beschäftigungssicherung durch Flexibilität	224
6.6	Krise und Weiterentwicklung des TPS	226
6.7	Stand der Automatisierung Anfang der 1990er Jahre und Ausblick	231

6.8	Zwischenresümee	234
7.	Vorgeschichte und Entwicklung von VW bis 1970	237
7.1	Einleitung	237
7.2	Anfänge der deutschen Automobilindustrie	238
7.3	Entwicklung in der Zwischenkriegszeit	240
7.3.1	Errungenschaften der Novemberrevolution	240
7.3.2	Diskussion über Taylorismus und Fordismus in den 1920er Jahren	243
7.3.3	Der Volkswagen als nationalsozialistisches Projekt	246
7.4	Volkswagen nach dem Krieg	251
7.4.1	Der Käfer – in den Fußstapfen des Modells T	251
7.4.2	Das Werk Wolfsburg	253
7.4.3	Gang durch die Gewerke	254
7.5	Automatisierung und Produktivitätsentwicklung	266
7.6	Belegschafts- und Tätigkeitsstrukturen	268
7.6.1	Gastarbeiter für die repetitiven Teilarbeiten	268
7.6.2	Facharbeiter als tragende Säule	270
7.6.3	Abwertung, Aufwertung der Produktionsarbeit oder Polarisierung?	274
7.7	Zwischenresümee	276
8.	Automatisierung der Montagearbeit – die Halle 54 bei VW (1970 bis 1990)	279
8.1	Einleitung	279
8.2	Humanisierung der Arbeit	280
8.3	Beginn einer neuen Ära der Modellpolitik und der industriellen Beziehungen	284
8.4	Industrieroboter aus eigener Produktion	288
8.5	Die Geschichte der Halle 54	291
8.5.1	Struktur und Abläufe	294
8.5.2	Grenzen und Weiterentwicklung des Konzepts der Halle 54	300
8.5.3	Mission erfüllt?	302

8.5.4	Veränderung des Automatisierungsgrades in den Gewerken	305
8.6	Auswirkungen der Automatisierung auf die Belegschafts- und Tätigkeitsstruktur	306
8.6.1	Entwicklung der Beschäftigtengruppen	306
8.6.2	Veränderung der Tätigkeitsstruktur	308
8.6.3	Die Definition von Tätigkeiten als sozialer Prozess	311
8.7	Zwischenresümee	314
9.	Automatisierung unter Lean-Production-Bedingungen (1990 bis 2010)	315
9.1	Einleitung	315
9.2	Zweifel an der Automatisierungsstrategie und die Lean-Production-Wende	316
9.3	Modellvielfalt und Modularisierung	319
9.4	Gang durch die Gewerke und Bilanzierungen	323
9.4.1	Gießerei	324
9.4.2	Mechanische Fertigung und Motorenmontage	327
9.4.3	Presswerk	330
9.4.4	Karosseriebau	334
9.4.5	Lackiererei	339
9.4.6	Fahrzeugmontage	341
9.5	Bilanzierung der Langzeitentwicklung von Automatisierung und Produktivität	347
9.6	Veränderungen der Belegschafts- und Tätigkeitsstruktur – Bilanzierung der langfristigen Verläufe	352
9.6.1	Veränderung der Belegschaftsstruktur 1990–2010	353
9.6.2	Veränderung der Tätigkeitsstruktur in den Gewerken in langfristiger Perspektive	355
9.6.3	Upgrading, Downgrading oder Polarisierung?	358
9.6.4	In der Montage alles Routine?	363
9.6.5	Eine kurze Nachbemerkung zu den Prognosen zur Montagearbeit	365

10. Der doppelte Umbruch: Industrie 4.0 und E-Mobilität	367
10.1 Einleitung	367
10.2 Industrie 4.0 – ein Technologiesprung in eine neue Dimension	368
10.3 Der Beginn der Ära der BEV bei Tesla und VW	374
10.3.1 Teslas als Disruptor und als Leitmodell	374
10.3.2 VW: Transformation unter Handlungsdruck	385
11. Schlussfolgerungen	393
Danksagung	399
Literaturverzeichnis	401

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beispiele automatischer Funktionsabläufe	28
Abbildung 2:	Prozesskette der Gewerke bei der Automobilproduktion	32
Abbildung 3:	Drechseln mit Handauflage und Drehmaschine mit Kreuzsupport	52
Abbildung 4:	Entwicklung ausgewählter Tätigkeitsgruppen in den USA (1850 bis 1990)	71
Abbildung 5:	Ford Modell T Touring (Baujahr 1914)	82
Abbildung 6:	Kranstrecke im Highland-Park-Werk (1914)	87
Abbildung 7:	Hängbahn für den Teiletransport im Werk Highland Park (1914)	89
Abbildung 8:	Mechanische Bearbeitung von Zylinderblöcken im Werk Highland Park (1914)	91
Abbildung 9:	„Flywheel Magneto“-Montagelinie, Highland Park (1913)	94
Abbildung 10:	Installation des Motors in der Chassis-Montage des Modells T im Werk Highland Park (1913)	95
Abbildung 11:	Mechanische Fertigung im Werk Highland Park (1915)	99
Abbildung 12:	Montage der Kolben für den T-Motor im Werk Highland Park (1914)	101
Abbildung 13:	Chassis-Montagelinie in Highland Park (1914)	102
Abbildung 14:	Ford-Modell-T-Karosserien bei der Anlieferung im Highland-Park-Werk (1913/14)	103
Abbildung 15:	Schwarzlackierung der Modell-T-Karosserie	103
Abbildung 16:	Fahrzeugendmontage im Werk Highland Park (ca. 1914)	104

Abbildung 17: Beladung eines Eisenbahnwaggons mit Modell-T-Teilen im Werk Highland Park (1915)	105
Abbildung 18: Bewerberansturm nach Einführung des Fünf-Dollar-pro-Tag-Mindestlohns im Werk Highland Park (Januar 1914)	114
Abbildung 19: Arbeiter und Überwacher am Fließband (um 1924)	118
Abbildung 20: Entwicklung der Arbeitsstunden je Fahrzeug und der Verkaufszahlen (1909 bis 1927)	121
Abbildung 21: Pkw-Produktion von Ford in den USA nach Anzahl, Modellen und Modelllaufzeiten (1905 bis 1945)	129
Abbildung 22: Pkw-Absatz von Ford, General Motors und Chrysler in den USA (1911 bis 1937)	130
Abbildung 23: Vom Eisenerz zur Kundenauslieferung in 50 Stunden – Durchlaufzeiten im River-Rouge-Werk und bis zum Käufer (1929)	136
Abbildung 24: Gießerei-Arbeiter im Werk River Rouge (1933)	140
Abbildung 25: Transfermaschine für Kurbelwellenbohrungen im Werk River Rouge (1936)	141
Abbildung 26: Montagelinie für den V8-Motor im Werk River Rouge (1937)	143
Abbildung 27: Pressen des Dachteils (1939)	144
Abbildung 28: Werkzeugbau im Presswerk, River Rouge (1928)	145
Abbildung 29: Vorbereitung zur Verschweißung der Hinterwagen-Karosserie in einer der Monster-Schweißmaschinen	146
Abbildung 30: Nahtschweißer im Karosseriebau des Werks River Rouge (1936)	147
Abbildung 31: Einbau des Motors in das Chassis im Werk River Rouge (1936)	150
Abbildung 32: Arbeiten an der Chassis-Linie im Werk River Rouge (1934)	151

Abbildung 33: Der Body Drop beim Modell A im Werk River Rouge (1932)	152
Abbildung 34: Einsatz von Industrierobotern an einer konventionellen Montagelinie	189
Abbildung 35: Kfz-Produktion und Beschäftigung der TMC (1935 bis 2017)	224
Abbildung 36: Beschäftigung in Toyotas Montagewerken in Japan (1972 bis 2005)	225
Abbildung 37: Automatisierungsgrade in den Gewerken der japanischen Automobilhersteller (1992)*	233
Abbildung 38: Pkw-Produktion und Beschäftigte in der Automobilindustrie in Deutschland (1901 bis 1938)	246
Abbildung 39: Entwicklung der Käfer-Produktion und der Anzahl der Produktionsarbeiter im Werk Wolfsburg (1945 bis 1975)	252
Abbildung 40: Teileentnahme aus einer Großpresse im Werk Wolfsburg (1957)	256
Abbildung 41: Transferstraße im Presswerk im Werk Wolfsburg (1958)	257
Abbildung 42: Zusammenbau des Vorderwagens am Aufbaubock im Karosseriebau Werk Wolfsburg (Ende der 1950er Jahre)	258
Abbildung 43: Hinterwagen-Karussell im Karosseriebau Werk Wolfsburg (1962)	259
Abbildung 44: Auf dem Weg zur „Hochzeit“ (Mitte der 1960er Jahre)	264
Abbildung 45: Montagearbeit im Vorderwagen im Werk Wolfsburg (1962)	264
Abbildung 46: Entwicklung der Produktivität (Arbeitsstunden pro Fahrzeug) im Werk Wolfsburg (1949 bis 1971)	266
Abbildung 47: Entwicklung der Beschäftigtengruppen im Arbeiterbereich in der VW AG (1950 bis 1970)	271

Abbildung 48: Modellspektrum, Produktionsvolumen und Anzahl Leistungslöhner des Werks Wolfsburg (1970 bis 1992)	285
Abbildung 49: Schutzeinrichtungen einer Station mit vier Industrierobotern	291
Abbildung 50: Ablaufstruktur der Montage in Halle 54 (1985)	295
Abbildung 51: Arbeiten im Motorraum des Golf 1 (links) und des Golf 2 (rechts)	296
Abbildung 52: Automatisierte Triebsatzmontage in Halle 54 (1984)	298
Abbildung 53: Automatisierter Einbau des Frontend in Halle 54	299
Abbildung 54: Veränderung des Automatisierungsgrades der Gewerke im Werk Wolfsburg (1975 vs. 1985)	305
Abbildung 55: Belegschaftsentwicklung nach Beschäftigtengruppen und Produktion im Werk Wolfsburg (Stand 31.12. des jeweiligen Jahres; 1970 = 100)*	307
Abbildung 56: Modellspektrum, Produktionsvolumen und Beschäftigungsentwicklung des Werks Wolfsburg (1990 bis 2011)	320
Abbildung 57: Entwicklung des Automatisierungsgrads in den Gewerken im Werk Wolfsburg (1966 bis 2012, in %)	348
Abbildung 58: Stunden pro Fahrzeug (1910-2020)	349
Abbildung 59: Belegschaftsentwicklung nach Beschäftigtengruppen und Produktion im Werk Wolfsburg (1992 bis 2016; 1992 = 100)	353
Abbildung 60: Veränderung der Tätigkeitsstruktur an den Maschinen und Anlagen im Karosseriebau (1978 bis 2015; in %)	359

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl Beschäftigte nach ausgewählten Wirtschaftszweigen in England und Wales (1861)	46
Tabelle 2: Entwicklung der Preise, Produktivität, Lohnkosten, Materialkosten und Profit pro Fahrzeug (1909 bis 1916), 1909 = 100)	83
Tabelle 3: Anteile der Tätigkeitsgruppen im Highland Park Werk 1913	107
Tabelle 4: Anteile der Tätigkeitsgruppen im Highland Park Werk 1917	108
Tabelle 5: Tätigkeitsgruppen der Arbeiter in der US-amerikanischen Automobilindustrie (1923)	111
Tabelle 6: Beschäftigtenstruktur nach Produktionsbereichen im River-Rouge-Werk (Oktober 1937)	137
Tabelle 7: Produktivität (Std./Fzg.) im Werk River Rouge und in Zweigwerken (1933-1938)	153
Tabelle 8: Sieben Einflussfaktoren auf die Produktivität – Vergleich von Technologie, Management und Organisation	195
Tabelle 9: Geplante Qualifikationsstruktur im Volkswagenwerk	249
Tabelle 10: Beschäftigtenstruktur in der alten und der neuen Anlage	261
Tabelle 11: Qualifikationsstruktur der Arbeiter im Rohkarosseriebau vor und nach der Inbetriebnahme der Transferstraßentechnologie in den 1960ern	262
Tabelle 12: Beschäftigtenstruktur im Arbeiterbereich nach Berufsabschluss und ausgeübter Tätigkeit in der VW AG (1955 und 1992)	272
Tabelle 13: Veränderung der Anzahl Arbeiter in ausgewählten Tätigkeitsgruppen im Werk Wolfsburg (1980 vs. 1990)	309

Tabelle 14: Kenngrößen zum Wandel im Presswerk im Werk Wolfsburg (1975 bis 1997)	333
Tabelle 15: Kennzahlen zum Wandel im Karosseriebau im Werk Wolfsburg (1975 bis 2012)	338
Tabelle 16: Kennzahlen zum Wandel in der Lackiererei im Werk Wolfsburg (1975 bis 2012)	340
Tabelle 17: Kennzahlen zum Wandel in der Fahrzeugmontage im Werk Wolfsburg (1975 bis 2012)	345
Tabelle 18: Tätigkeitsstruktur im Arbeiterbereich in ausgewählten Gewerken (1978 und 2015)	355

Abkürzungen

ADGB	Allgemeiner Deutscher Gewerkschaftsbund
AFL	American Federation of Labor
AGV	Automated Guided Vehicle
AI	Artificial Intelligence (künstliche Intelligenz)
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BAZ	Bearbeitungszelle
BEV	Battery Electric Vehicle
BLS	Bureau of Labor Statistics (USA)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BR	Betriebsrat
CAD	Computer-Aided Design
CAE	Computer-Aided Engineering
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CIM	Computer-Integrated Manufacturing
CKD	Completely Knocked Down
CNC	Computerized Numerical Control
DAF	Deutsche Arbeiter-Front
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIN	Deutsche Industrienorm
DMC	DataMatrix-Code (nach ISO-Norm standardisierter 2D-Barcode zur Teilekennzeichnung)
DNC	Direct Numerical Control
DPP	Digitale Produktions-Plattform
ECU	Electronic Control Unit
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EPA	Environmental Protection Agency (USA)

Abkürzungen

ERP	Enterprise Resource Planning
EV	Electric Vehicle
FBL	Flexible Body Line
FTS	Fahrerloses Transportsystem
GBL	Global Body Line
GERPISA	Groupe d'Étude et de Recherche Permanent sur l'Industrie et les Salariés de l'Automobile
GeZuVor	Gesellschaft zur Vorbereitung des Deutschen Volkswagens mbH
GM	General Motors
HdA	Humanisierung der Arbeit
HPV	Hours per Vehicle (Stunden pro Fahrzeug)
HR	Human Resources
IFAP	Institut für Arbeit und Personalmanagement (an der Autouniversität von Volkswagen)
IFO	ifo Institut (Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V.)
IGM	Industriegewerkschaft Metall
IHK	Industrie- und Handelskammer
IMVP	International Motor Vehicle Programm
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protokoll
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
IR	Industrieroboter
IT	Informationstechnik
IuK	Information und Kommunikation
JIT	Just-in-Time-Prinzip
KI	Künstliche Intelligenz
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
KZ	Konzentrationslager

MDE	Maschinendatenerfassung
MES	Management Execution System
MESA	Mechanics Educational Society of America (Facharbeitergewerkschaft in den USA)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ML	Montagelinie
MPB	Modularer Produktionsbaukasten
MQB	Modularer Querbaukasten
MRK	Mensch-Roboter-Kooperation
MRP	Material Requirement Planning
NA	Nordamerika
NC	Numerical Control
NDI	Normenausschuss der Deutschen Industrie
NUMMI	New United Motor Manufacturing Incorporated
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (englisch: Organization for Economic Co-operation and Development)
OEM	Original Equipment Manufacturer
PSK	Produktstrategie-Kommission
PUMA	Programmable Universal Machine for Assembly
RDA	Reichsverband der deutschen Automobilindustrie
RFID	Radiofrequenz-Identifizierung
RKW	Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft
RP	Record and Playback
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
SAE	Society of Automotive Engineers
SMDE	Single Minute Exchange of Dies
SMMT	Society of Motor Manufacturers and Traders Commission (Großbritannien)
SOFI	Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen

Abkürzungen

SUV	Sport Utility Vehicle
TMC	Toyota Motor Company
TPS	Toyota Production System
TQC	Total Quality Control
UAW	United Automobile, Aerospace and Agricultural Implement Workers of America (Gewerkschaft in den USA)
USD	US-Dollar
VW	Volkswagen
Zsb.	Zusammenbau