

Herausgegeben von Carsten Suntrop

# Digitale Chemieindustrie

Anforderungen Chemie 4.0,  
Praxisbeispiele und Perspektiven





## **Digitale Chemieindustrie**



# **Digitale Chemieindustrie**

Anforderungen Chemie 4.0, Praxisbeispiele und Perspektiven

*Herausgegeben von Carsten Suntrop*

**WILEY-VCH**

**Herausgegeben von**

**Prof. Dr. Carsten Suntrop**

CMC<sup>2</sup> GmbH  
Consulting, Project Management  
Grimmelshausenstraße 14  
50996 Köln  
Deutschland

**Gendergerechte Sprache:**

Der Herausgeber veröffentlicht die Kapitel in der von den Autorinnen und Autoren gewählten Genderform. In Texten, in denen zur besseren Lesbarkeit nur eine Form der Geschlechter verwendet wird, nämlich die männliche, sind stets alle geschlechtlichen Identitäten mitgemeint.

**Titelbild**

© Fit Ztudio/Shutterstock

Alle Bücher von WILEY-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

© 2023 WILEY-VCH GmbH, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

**Satz** le-tex publishing services GmbH, Leipzig  
**Druck und Bindung**

**Print ISBN** 978-3-527-34971-5

**ePDF ISBN** 978-3-527-83571-3

**ePub ISBN** 978-3-527-83572-0

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

## Inhaltsverzeichnis

**Geleitwort** *XV*

**Vorwort** *XVII*

**Beitragsautoren** *XIX*

### Teil I Status quo und Entwicklung der digitalen Chemieindustrie *1*

#### 1 Chemie 4.0 – eine Standortbestimmung *3*

*Christian Bünger*

- 1.1 Die digitale und zirkuläre Transformation in der Chemie- und Pharma industrie *3*
- 1.2 Nachhaltigkeit im Fokus *4*
- 1.3 Die digitale Transformation ist in vollem Gange *5*
- 1.4 Stand der Digitalisierung *6*
- 1.5 Digitalisierung für die Chemie von morgen *8*
- 1.5.1 Künstliche Intelligenz (KI) *9*
- 1.5.2 Plattformökonomie und Direktvertrieb *9*
- 1.5.3 3-D-Druck – Additive Fertigung *10*
- 1.5.4 Datengebiete und datenbasierte Geschäftsmodelle *10*
- 1.5.5 Smart Contracts/programmierbares Geld *11*
- 1.5.6 Digitale Technologien im Gesundheitswesen (E-Health) *11*
- 1.6 Ohne Changemanagement geht es nicht *12*
- 1.7 Digitalisierung bringt zirkuläre Wirtschaft voran *13*
- 1.8 Ausblick: noch mehr Datenanalyse und Konnektivität *14*
- 1.9 Digitale Transformation erfordert politischen Rückenwind *14*
- 1 Literaturverzeichnis *15*

#### 2 Die Digitalisierung – riesige Chance und große Herausforderung für die Chemieindustrie *19*

*Clara Hiemer, Prof. Dr. Carsten Suntrop und Dr. Thomas Wagner*

- 2.1 Bedeutung und Struktur der Chemieindustrie in Deutschland *19*
- 2.2 Herausforderungen der Chemieindustrie *21*

2.3	Besonderheiten der Chemieindustrie	24
2.4	Stand der Digitalisierung in der Chemieindustrie	25
2.5	Chancen der Digitalisierung in der Chemieindustrie	29
2.5.1	Ziel-Perspektive	31
2.5.2	Funktionale Perspektive	31
2.5.3	Prozessuale Perspektive	32
2.6	Digitale Chemie der Zukunft	33
2.7	Learnings aus eigenen Digitalisierungsprojekten und Schlussfolgerungen	37
	Literaturverzeichnis	40
<b>3</b>	<b>In der Digitalisierung ist die Größe für Chemieunternehmen nicht mehr entscheidend</b>	<b>45</b>
	<i>Dr.-Ing. Frank Jenner</i>	
3.1	Einleitung	45
3.2	Warum der Wandel unausweichlich ist	46
3.2.1	Wie Wirtschaftsökosysteme funktionieren	47
3.2.2	Die Schrift an der Wand: Vorboten der Veränderung	49
3.2.3	Nahrungsergänzungsmittel als mögliches Beispiel für ein smartes Ökosystem	49
3.3	Drei künftige Arten von Geschäftsmodellen	50
3.3.1	Basisanbieter	51
3.3.2	Plattformanbieter	52
3.3.3	Partner im Ökosystem	55
3.4	Fallbeispiele für neue digitale Geschäftsmodelle	56
3.4.1	Repairfix (BASF Coatings)	57
3.4.2	trinamiX (BASF)	57
3.4.3	Connected Factory (Holcim)	58
3.5	Fahrplan zur Disruption	60
3.6	Fazit	61
	Literaturverzeichnis	62
<b>4</b>	<b>Digitale Optimierungshebel in der Polyolefin-Industrie</b>	<b>63</b>
	<i>Dr. Stefan Gstettner, Christian Hoffmann, Dr. Christoph Michel, Philipp Sielfeld und Dr. Fabian Uhrich</i>	
4.1	Nachhaltiger und wirtschaftlicher – Anforderungen an die Petrochemie der Zukunft	63
4.2	Potenziale der Digitalisierung	64
4.3	Wirtschaftliche Quantifizierung des Anlagenbetriebs von Raffinerien und Crackern in Echtzeit	65
4.3.1	Die Kernfrage lautet: Wie kann der Betrieb in Echtzeit wirtschaftlich optimiert werden?	66
4.3.2	Eine digitale Lösung zur wirtschaftlichen Optimierung in Echtzeit	66
4.3.3	Neue Aufgaben und Verantwortlichkeiten	67
4.3.4	Implementierung einer digitalen Lösung	68
4.3.5	Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung	68
4.3.6	Nachhaltigkeit unterstützen	69

4.4	Optimierung der Produktionsplanung in der Polymerindustrie	70
4.4.1	Wie Polymerhersteller den Produktionsplanungsprozess innerhalb der Supply-Chain-Optimierung weiter verbessern können	70
4.4.2	Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung	72
4.5	Erhöhung der Resilienz durch die Quantifizierung von S&OP-Szenarien	73
4.5.1	Die analytische szenariobasierte Synchronisation von Nachfrage und Angebot in der petrochemischen Industrie	73
4.6	Advanced Analytics zur Optimierung der Preissetzung bei Polyolefinen	76
4.6.1	Advanced Analytics zur Optimierung der Preissetzung	77
4.6.2	Grenzen eines datengetriebenen Preisfindungsverfahrens	78
4.6.3	Einbettung des Algorithmus in den Pricing-Prozess	79
4.7	Ausblick	79
<b>5</b>	<b>Digitalisierung im Mittelstand der Chemieindustrie</b>	<b>81</b>
	<i>Dr. Martin Schäfer, Prof. Dr. Carsten Suntrop, Dr. Martin Watzke und Ludz Wilkening</i>	
5.1	Der chemische Mittelstand	81
5.1.1	Wirtschaftskraft und Bedeutung	81
5.1.2	Charakter, Besonderheiten und Herausforderungen	82
5.1.3	Digitalisierung im chemischen Mittelstand	83
5.2	Stand der Dinge in der Digitalisierung mittelständischer Chemieunternehmen	83
5.2.1	Pragmatischer Mittelstand	83
5.2.2	Digitalisierungsgrad	85
5.3	Weg zum digitalen chemischen Mittelstand	87
5.3.1	Zielbilder des chemischen Mittelstandes	88
5.3.2	Maßnahmen und Digital-Programme	89
5.4	Chancen und Risiken der Digitalisierung im chemischen Mittelstand	91
5.4.1	Wissensmanagement und digitale Prozesse als Chancen	91
5.4.2	Sicherheit der Daten und Mitarbeiter-Überforderung als Risiken	93
5.5	Erfolgsfaktoren der Digitalisierung des chemischen Mittelstandes	95
5.5.1	Investition und Akzeptanz	95
5.5.2	Schnelligkeit und Umsetzungsqualität	96
5.5.3	Geschäftsführer – eine entscheidende Rolle	97
5.6	Ausblick und Fazit	97
	Literaturverzeichnis	99
	<b>Teil II Praxisbeispiele Chemie 4.0</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>Digitalisierung der Customer Journey in der Bauchemie – MAPEI</b>	<b>103</b>
	<i>Dr. Uwe Gruber, Anke Hattingh und Bernd Lesker</i>	
6.1	Bauchemie – Rahmenbedingungen und Anforderungen	103
6.2	Die Customer Journey in der Bauchemie	104
6.2.1	Der typische Kunde	105
6.2.2	Bedürfnisse von Kunden	106

6.2.3	Kontaktpunkte von Kunden	108
6.3	Herausforderung digitale Interaktion aus Sicht von Hersteller, Handel und Verarbeiter	110
6.3.1	Definition von Personas für die digitale Ansprache	110
6.3.2	Bedürfnisse realitätsnah erkennen	110
6.3.3	Entwicklung, Einführung und Pflege digitaler Medien und Tools	111
6.3.4	Beispiel Beschreibung Persona	112
6.4	Einsatz digitaler Medien und Tools in der Interaktion zwischen Hersteller, Handel und Verarbeiter	112
6.4.1	Kundenorientierte Ansprache	112
6.4.2	Verzahnung digitaler und physischer Touchpoints	113
6.4.3	Beispiel Hersteller-Produktlaunch	113
6.5	Einfluss der Digitalisierung auf die Customer Journey	115
6.5.1	Kaufverhalten, Dialog und Informationsflut	115
6.5.2	Herausforderungen und typische Fragestellungen	115
6.5.3	Die Customer Journey Map als Antwort auf viele Fragen	117
6.5.4	Customer-Journey-Strategie – intern und extern	118
6.6	Chancen und Risiken der Umsetzung	118
6.6.1	Veränderungen meistern	118
6.6.2	Crossmediale Kommunikation	119
6.6.3	Social-Media-Kanäle – das Risiko als Chance	120
6.6.4	Die Bedeutung von Statistiken digitaler Maßnahmen	121
6.6.5	Digitaler Ausbildungsstand und Know-how der Mitarbeiter	121
6.6.6	Digitale Unternehmensausrichtung und der Geschäftserfolg	122
6.7	Zusammenfassung, Ausblick und Learnings	122
	Literaturverzeichnis	123
7	<b>Innovationsmotor Digitalisierung: Wie TECTRION digitale Lösungen für die Instandhaltung der Zukunft entwickelt</b>	125
	<i>Sascha Büttgen, Alexander Hoffmann, Marcel Roos und Dirk Wintersehl</i>	
7.1	Einleitung	125
7.2	Digitale Innovationen bei TECTRION	127
7.3	Digital Maintenance bei TECTRION	130
7.4	Smarte Innovationslösungen dank dem Innovationsmotor Digitalisierung	135
	Literaturverzeichnis	141
8	<b>Digitale Transformation von Forschung und Entwicklung in der BASF</b>	143
	<i>Dr. Stefan Dreher, Dr. Rainer Lemke, Prof. Klaus-Juergen Schleifer und Dr. Hergen Schultze</i>	
8.1	Einleitung	143
8.1.1	Möglichkeiten der Digitalisierung in Forschung und Entwicklung (FuE)	143
8.1.2	FuE der BASF in digitaler Transformation	144
8.2	Das digitale Labor der Zukunft	145
8.2.1	Effizientes und integriertes Labordatenmanagement	146
8.2.2	Automatisierte Laborarbeitsabläufe und Geräteanbindung	147
8.2.3	Erweiterte Mensch-Maschine-Interaktion im Labor	148

8.3	Wirkstoffe aus dem Cyberspace? <a href="#">149</a>
8.3.1	Eigenschaften von Wirkstoffen <a href="#">149</a>
8.3.2	Modellbasierte Berechnung der Bioverfügbarkeit <a href="#">150</a>
8.3.3	Modellbasierte Berechnung der Wirksamkeit <a href="#">151</a>
8.3.4	Modellbasierte Berechnung der unerwünschten Wirkungen <a href="#">152</a>
8.3.5	Wirtschaftliche Relevanz der digitalen Wirkstoffentwicklung <a href="#">152</a>
8.4	Autonome Forschungsmaschinen <a href="#">153</a>
8.4.1	Herausforderungen in der industriellen Materialentwicklung <a href="#">154</a>
8.4.2	Aktuelles Paradigma: die Probe <a href="#">154</a>
8.4.3	Treibende Kräfte: die Daten <a href="#">154</a>
8.4.4	Digitale Herangehensweisen: Simulationen und Statistik <a href="#">156</a>
8.4.5	Vision: künstliche Intelligenz ändert alles <a href="#">157</a>
8.4.6	Herausforderungen in der digitalen Materialentwicklung <a href="#">157</a>
8.5	Wichtige Erkenntnisse der bisherigen digitalen Transformation <a href="#">158</a>
8.6	Abkürzungsverzeichnis <a href="#">159</a>
	Literaturverzeichnis <a href="#">159</a>
<b>9</b>	<b>Der interdisziplinäre Lösungsansatz sichert die Value Proposition: Erfahrungen des ersten digitalen Zwillings bei der YNCORIS <a href="#">161</a></b>
	<i>Holger Mengel, Frank Schöggel und Michael Strack</i>
9.1	Einleitung <a href="#">161</a>
9.2	Modernisierung bestehender Anlagen <a href="#">163</a>
9.3	Der digitale Zwilling, eine Innovation? <a href="#">164</a>
9.4	Die unterschiedlichen digitalen Zwillinge <a href="#">165</a>
9.4.1	Der Anlagen-Zwilling <a href="#">165</a>
9.4.2	Der Asset-Zwilling <a href="#">165</a>
9.4.3	Der Performance-Zwilling <a href="#">166</a>
9.4.4	Der Produktions-Zwilling <a href="#">166</a>
9.4.5	Kosten und Nutzen des digitalen Zwillings <a href="#">167</a>
9.5	Der digitale Zwilling bei YNCORIS „Kühlwassersystem im Chemiepark Hürth“ <a href="#">168</a>
9.6	Implementierungsvorgehen <a href="#">171</a>
9.6.1	Reifegradmodell als Rahmenwerk <a href="#">171</a>
9.6.2	Komplexität in Bezug auf Digital-Projekte <a href="#">172</a>
9.6.3	Mit Agilität und den richtigen Kompetenzen zum Ziel <a href="#">172</a>
9.7	Zusammenfassung und Fazit <a href="#">174</a>
<b>10</b>	<b>Praktische künstliche Intelligenz – Digital Operational Excellence bei COVESTRO <a href="#">177</a></b>
	<i>Dr.-Ing. Pietro Valsecchi</i>
10.1	Grundlagen von KI <a href="#">177</a>
10.1.1	Die innere Funktionsweise eines neuronalen Netzwerks und wie es lernt <a href="#">178</a>
10.1.2	Maschinelles Lernen und Deep Learning <a href="#">179</a>
10.2	Anwendungsbereiche für KI <a href="#">180</a>
10.2.1	KI-Methoden für APM und Predictive Maintenance <a href="#">180</a>
10.2.2	KI-Methoden für rotierende Maschinen <a href="#">182</a>

10.2.3	Komplexe Modelle in großen Parameterräumen	182
10.2.4	Supervised Algorithmen für einen Kompressor	184
10.2.5	Die versteckten Herausforderungen des Trainingsdatensatzes	186
10.2.6	Änderungen in der Konfiguration und Auslöser des erneuten Trainings	189
10.2.7	Das Blackbox-Problem	190
10.2.8	Das Vorhersagen von Fehlermodi	190
10.2.9	Schwingungsüberwachung und aggregierte Fehlerdatenbanken	191
10.2.10	Die Anwendung digitaler Zwillinge für das Training von KI	193
	Literaturverzeichnis	194
<b>11</b>	<b>Künstliche Intelligenz und datengetriebene Entscheidungsfindung im Chemiekonzern</b>	<b>195</b>
	<i>Dr. Yves Gorat Stommel</i>	
11.1	Künstliche Intelligenz (KI) und ihre unternehmerische Relevanz	195
11.2	Die Relevanz von KI für das Chemieunternehmen	197
11.2.1	KI als Teil eines Arbeitsprozesses	198
11.2.2	Praxis-Beispiel 1: Neuproduktentwicklung im Formmassen-Bereich	198
11.2.3	KI als Teil oder Befähiger eines Produktes	199
11.2.4	Praxis-Beispiel 2: Digitaler Assistent für die Farb- und Lackindustrie	199
11.2.5	KI als Befähiger eines Geschäftsmodells	200
11.2.6	Praxis-Beispiel 3: Precision Livestock Farming (PLF)	200
11.2.7	Inkrementelle und disruptive Auswirkungen der KI	201
11.3	Von der Einzelanwendung zur konzernweiten Nutzung von Daten und KI	201
11.3.1	KI als Breitentechnologie und -kompetenz	201
11.3.2	Erfassung des momentanen Entwicklungsstandes und des Zielbildes	202
11.3.3	Eine konzernübergreifende Strategie für Datennutzung inklusive KI	203
11.3.4	KI für die Belegschaft, am Beispiel von Angeboten bei Evonik	205
11.4	Zusammenfassung	208
11.5	Abkürzungsverzeichnis	209
	Literaturverzeichnis	209
<b>12</b>	<b>WACKER Digital – Transformation eines traditionellen Chemieunternehmens zu einem datenbasierten Konzern</b>	<b>213</b>
	<i>Nadine Baumgartl, Jörg Krey und Dirk Ramhorst</i>	
12.1	Wacker Chemie AG: Partner, Impulsgeber und Innovator	213
12.2	Digitalisierung bei WACKER: das Programm WACKER Digital	214
12.2.1	Ein Programm als Katalysator	214
12.2.2	Digitalisierung als Chance und Herausforderung	214
12.2.3	Aufbau von WACKER Digital	215
12.2.4	Roadmaps, Ideengenerierung und Leuchtturmprojekte	216
12.2.5	Für innovative Ansätze begeistern: Agilität und Business Model Innovation (BMI)	216
12.3	WACKER Digital Frontend	217
12.3.1	Neues Portal für Kundenmarketing: Digital Market Communication	217
12.3.2	Am Puls der Kunden: Digital Commerce	218

12.4	Fallbeispiel digitales Kundenmanagement	218
12.4.1	Hohe Anforderungen: die Wahl des richtigen Systems	218
12.4.2	Einführung im Big Bang	219
12.4.3	Schnelle Angebotserstellung und digitales Preismanagement	219
12.4.4	Optimaler Kundenservice	219
12.5	WACKER Digital in Operations	220
12.5.1	Spezifische Themencluster entlang der Wertschöpfungskette	220
12.5.2	Fokus Produktivitätsmanagement	221
12.6	Fallbeispiel Advanced Process Control (APC)	221
12.6.1	APC – Prinzip und Vorteile	221
12.6.2	APC in der Anwendung	222
12.7	Fallbeispiel Logistik Control Tower (LCT): globale Logistikketten transparent machen	224
12.7.1	Projektstart und erste Ergebnisse	224
12.7.2	Klare Zielvorgabe und Ausbau des LCT	225
12.7.3	Was hat WACKER durch die Einführung des LCT erreicht?	225
12.8	Fallbeispiel Digital Worker – weg vom Papier, hin zu mobilen Anwendungen	226
12.8.1	Auf dem Weg zum papierlosen Unternehmen	227
12.8.2	Ziel: Produktivität, Sicherheit und Wissenstransfer optimieren	227
12.8.3	Mehrstufiger Projektaufbau	227
12.8.4	Die IT-Grundlagen schaffen	228
12.8.5	Überzeugungsarbeit leisten	228
12.9	WACKER Digital Foundation	229
12.9.1	Den digitalen Wandel begleiten: Transformation und Communication	229
12.9.2	Neue Formen der Zusammenarbeit: Digital Workplace	231
12.9.3	Die Basis muss stimmen: Prerequisites und Enabler	231
12.10	Fallbeispiel KI und Datenanalytik	232
12.10.1	Der Mensch muss die Vorarbeit leisten	232
12.10.2	KI in der Chemie: ausgezeichnete digitale Grundlagen	232
12.11	Fallbeispiel Silicon Valley Challenge (SVC): ein Blick über den Tellerrand	233
12.11.1	Hohe Resonanz und Kreativität	233
12.11.2	Vielversprechende Ideen	234
12.11.3	Neue Impulse im Unternehmen	234
12.12	Zusammenfassung und Fazit	235
12.12.1	Erfolgsfaktoren	235
12.12.2	Hürden, Herausforderungen, Lessons Learned	236
12.12.3	Sichtbare Erfolge: digital denken, erfolgreich bleiben	236

### Teil III Digitale Transformation in der chemischen Industrie 239

- 13 Betriebliche Medienwerksttten als Enabler der digitalen Transformation 241**  
*Holger Hamann, Dr. Frank Hees, Prof. Dr. Ingrid Isenhardt und Dr. Nina Schiffeler*
- 13.1 Einleitung: Konzept der Medienwerkstatt als medienkompetenzsteigernde Maßnahme 241
- 13.2 Ziel und Ausgestaltung der Medienwerkstatt 242
- 13.2.1 Station 1: Peer Learning Space 244
- 13.2.2 Station 2: (Online-)Wissensmanagement 244
- 13.2.3 Station 3: AR-Kollaboration 245
- 13.2.4 Station 4: AR-Instruktion 245
- 13.2.5 Station 5: VR-Umgebung 246
- 13.3 Voraussetzungen und Erfolgsfaktoren zur Implementierung von Medienwerksttten 247
- 13.4 Darstellung konkreter Use Cases aus vor- und nachgelagerten Industrien 249
- 13.5 Lessons Learned zur Implementierung und Nutzen von Medienwerksttten 251
- 13.6 Ableitung von Empfehlungen und Transferpotenzialen für Unternehmen der chemischen Industrie 254
- 13.7 Fazit und Ausblick 255
- Literaturverzeichnis 256
- 14 Agile Teams als organisatorische Innovation beim Betrieb chemischer Anlagen 257**  
*Gerhard Kullmann*
- 14.1 Der Wandel als Treiber der Innovation 257
- 14.2 Leitideen für Agiles Arbeiten in der Praxis 259
- 14.2.1 Transparenz 260
- 14.2.2 Zeitnahe Feedback 261
- 14.2.3 Selbstorganisation 262
- 14.2.4 Kundenverbindung 262
- 14.2.5 Sprint Goals 264
- 14.2.6 Commitment 264
- 14.2.7 Fokussierung 265
- 14.3 Die praktische Anwendung 266
- 14.3.1 Ausgangssituation 266
- 14.3.2 Die agilen Anlagenteams – das Konzept 267
- 14.3.3 Regelkommunikation in den agilen Teams 268
- 14.3.4 Agil arbeiten wird agil eingeführt 269
- 14.4 Die Effekte des Agilen Arbeitens 270
- 14.5 Ausblick und Fazit 271
- 15 SAP SE – mit IT zum intelligenten Chemieunternehmen 273**  
*Christian Boos und Dr. Marko Lange*
- 15.1 Eine traditionelle Industrie wird digital 273
- 15.2 Die neuen technischen Möglichkeiten moderner betriebswirtschaftlicher Anwendungssoftware 275

15.3	Softwareanwendungsbeispiele für Industrie 4.0 in der chemischen Industrie	277
15.3.1	IT-Bausteine für das digitale Chemieunternehmen	277
15.3.2	Das intelligente Labor	279
15.3.3	Die digitale Fabrik	279
15.3.4	Adaptive Logistik	280
15.3.5	Moderne Kundeninteraktion	280
15.3.6	Integration von Front- und Backoffice	281
15.4	Digitalisierung als Schlüssel zum Erfolg für mehr Nachhaltigkeit in Chemieunternehmen	282
15.4.1	Transparenz erzeugen	284
15.4.2	Potenziale erkennen und bewerten	286
15.4.3	Optimierung durchführen	286
15.4.4	Mit Blockchain die Nachhaltigkeit von Rohmaterialien transparent machen	287
15.4.5	Geschäftsanalytik und maschinelles Lernen als Treiber der innerbetrieblichen Nachhaltigkeit	287
15.4.6	Nachhaltiges Finanzmanagement	288
15.4.7	QuartaVista – ein datengetriebener Ansatz, um Anreize für ein nachhaltiges Handeln zu schaffen und zu belohnen	288
15.5	Mögliche Umsetzungsschritte	289
	Literaturverzeichnis	290
16	<b>Digitalisierung ist kompliziert. Die Transformation dorthin aber hochkomplex</b>	293
	<i>Michael Meinecke und Andreas Rechel</i>	
16.1	Einführung in die Systemtheorie	293
16.2	Besonderheiten der digitalen Transformation	296
16.3	Digitale Transformation der chemischen Industrie	298
16.4	Tipps zum Gelingen von Transformationsprozessen	300
16.5	Persönliche Standortbestimmung	305
	Literaturverzeichnis	306
17	<b>Zusammenarbeit mit Start-ups als Innovationstreiber für die chemische Industrie</b>	307
	<i>Dr. Frank Funke, Stefan Kohl und Marco R. Majer</i>	
17.1	Einleitung: Notwendigkeit externer Innovation	307
17.2	Gründe für die Zusammenarbeit mit Start-ups	309
17.3	Herausforderungen bei der Zusammenarbeit mit Start-ups	309
17.4	Mögliche Formen zur Zusammenarbeit mit Start-ups	311
17.5	Digitalisierung als Katalysator für die Zusammenarbeit mit Start-ups	314
17.6	Besonderheiten mittelständischer Unternehmen	316
17.7	Intermediäre zwischen Start-ups und etablierten Unternehmen	317
17.8	Learnings und Handlungsempfehlungen	318
17.9	Fazit und Ausblick	320
	Literaturverzeichnis	321

<b>18</b>	<b>Erfolgreich durch digitale Netzwerk-Kompetenz: Praxis-Tipps für Aufbau und Pflege digitaler Netzwerke</b>	<b>323</b>
	<i>Dr. Holger Bengs und Tobias Kirchhoff</i>	
18.1	Netzwerken ist unsere neue Lebensversicherung	323
18.1.1	Fallstudie 1: informelles digitales Netzwerken	325
18.2	Vorteile des digitalen Netzwerkens	325
18.3	Individuelle und organisatorische Kompetenzen	326
18.4	Tipps zum persönlichen digitalen Netzwerken	327
18.4.1	Fallstudie 2: disziplinenübergreifende Fachdiskussionen	328
18.5	Neue Formate zur Zusammenarbeit	329
18.5.1	Fallstudie 3: kooperative Wertschöpfung	330
18.6	Zukunftsperspektiven der digitalen Zusammenarbeit in Netzwerken	331
18.7	Hilfreiche Entscheidungsfragen für digitales Netzwerken	333
18.8	Netzwerke für die Digitalisierung	334
18.9	Customer Relationship Management (CRM) – digitale Organisation von Netzwerken	336
18.10	Fazit	336
	Literaturverzeichnis	337
<b>19</b>	<b>Fokus in der Umsetzung durch ein digitales Zielbild</b>	<b>339</b>
	<i>Clara Hiemer, Prof. Dr. Carsten Suntrop und Dr. Thomas Wagner</i>	
19.1	Bedeutung und Struktur des digitalen Zielbilds	339
19.2	Voraussetzungen für das digitale Zielbild	343
19.2.1	Trends in der Chemie und Digitalisierung	343
19.2.2	Externe Lösungen der Digitalisierung	343
19.3	Interne Ideen zur Digitalisierung	348
19.4	Digitaler Zweck	350
19.5	Entwicklung digitaler Ziele	354
19.6	Digitalisierungs-Roadmap	357
19.7	Digitalisierungs-Enabler	360
19.8	Digitale Organisation	366
19.9	Fazit: Zusammenfassung, Learnings und Ausblick	372
	Literaturverzeichnis	373
	<b>Autorenverzeichnis</b>	<b>375</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>391</b>

## Geleitwort

Die chemische Industrie ist erfahren darin, aus Veränderungen neue Chancen und Erfolge zu destillieren: In ihrer mehr als 150-jährigen Geschichte hat sich die Branche immer wieder erfolgreich gewandelt und modernisiert. Die chemische Industrie hat kontinuierlich neue Technologien entwickelt oder adaptiert. So konnte sie stets innovative Produktlösungen für nahezu sämtliche Wirtschaftszweige liefern, wie etwa die Autoindustrie, den Maschinenbau oder die Elektroindustrie. Die Fähigkeit zu ständiger, proaktiver Weiterentwicklung ist eine Stärke der Chemiebranche, die ihr jetzt bei der Digitalisierung einmal mehr zugutekommt. Denn die Digitalisierung ist keineswegs ein einziger großer Schritt, sondern ein fortlaufender Veränderungsprozess, der ständig neue Möglichkeiten für Fortschritt hervorbringt – auch im Lichte der Nachhaltigkeit.

Die europäische Politik versucht, Antworten auf den digitalen Wandel zu finden. Doch dabei werfen umfassende Ex-ante-Regulierungen, beispielsweise zum Einsatz von künstlicher Intelligenz, Fragen der Verhältnismäßigkeit auf. Chancenorientierung statt übertriebener Risikominimierung muss hier die Devise lauten. Wir dürfen uns die Möglichkeiten neuer Technologie nicht verbauen, bevor wir sie überhaupt kennengelernt und erprobt haben.

Digitalisierung ist eine umfassende unternehmerische Gestaltungsaufgabe, die weit über die Aufgaben der IT hinausgeht. Große Unternehmen mit historisch gewachsenen Strukturen müssen dafür häufig andere Transformationswege gehen als Mittelständler oder junge Start-ups. Jeder Unternehmer muss sich aber bewusst sein, dass neben den großen Chancen, die zum Beispiel neue digitale Services, Plattformen und Absatzkanäle bieten, auch neue Herausforderungen entstehen, die zum Verlust von Marktanteilen führen oder sich gar zur Existenzbedrohung entwickeln können. Die Digitalisierung selbst ist kein Garantieschein für Erfolg!

Mehr denn je ist die Branche heute dennoch gefordert, sich mit den in immer kürzeren Entwicklungszyklen entstehenden digitalen Technologien auseinanderzusetzen. Hierfür werden digitale Netzwerke und Plattformen wichtiger, um Know-how zu teilen und so gemeinsam intelligente Lösungen zu erarbeiten. Nicht jedes Chemieunternehmen muss alle möglichen digitalen Geschäftsmodelle selbst entwickeln. Jedes Unternehmen muss sich aber rechtzeitig fragen, welche Rolle es in der digitalisierten Geschäftswelt von morgen einnehmen und ausgestalten will.

Die Autoren dieses Buchs zeigen anschaulich, dass die Branche in Deutschland mit zahlreichen Aktivitäten bei der Digitalisierung bereits auf einem guten Weg ist. Die Beiträge beschreiben, wie Chemie- und Pharmaunternehmen wachsenden Kostendruck, höhere Anforderungen an die Produktivität und den Wunsch nach mehr Produktalternativen mit cleveren digitalen Produkt- und Service-Innovationen beantworten.

Angenehme Lektüre!

Frankfurt am Main, April 2022

*Christian Kullmann, Präsident des VCI*

## Vorwort

Die Digitalisierung der Chemieindustrie ist in vollem Gange. (Fast) kein Unternehmen kommt in der chemischen Industrie im Jahr 2022 ohne digitale Initiativen aus, wobei die Spannbreite der digitalen Aktivitäten unglaublich groß ist. Der Nutzen digitaler Lösungen überzeugt die Vorstands- und Geschäftsführungsetagen der großen, aber auch mittelständischen Chemieunternehmen.

Oft ist es aber auch der spürbar größere Druck auf die Kosten, Produktivität oder Austauschbarkeit der Produkte, der Digitalisierung zu einem Selbstverständnis in der Chemie werden lässt. Hier werden über die Digitalisierung Antworten erwartet, welches digitale Geschäftsmodell sich im Markt an die Schnittstelle zwischen Produzenten und Kunden drängen könnte, welche zusätzlichen digitalen Services den Kunden in Zukunft begeistern oder welcher Prozess-Standard die nachteilige Kostenposition aufheben kann. Zusätzlich sind es die einfacheren technischen Möglichkeiten, die viel schnelleren Implementierungszeiten digitaler Lösungen und die geringeren Kosten für höhere IT-Leistungsfähigkeit, die der Digitalisierung in der Chemie derzeit einen so hohen Stellenwert einräumen lässt. Anders ist es nicht zu erklären, denn die digitalen Ideen waren zu Beginn 2000 im Rahmen der E-Business-Revolution auch schon für die chemische Industrie geboren – die durchgängige digitale Transformation findet in der Chemie aber erst jetzt statt.

In der Diskussion mit Digital- und Geschäftsverantwortlichen hat die Chemie derzeit einen digitalen Reifegrad von Chemie 1.7 anstatt Chemie 4.0 erzielt. Es gibt immer noch unzählige händische Prozesse, die auf Basis von Microsoft-Excel-Lösungen oder anderen wenig oder gar nicht integrierten Software-Modulen funktionieren – weit weg von Realtime, fehlerfrei und standardisiert. Allerdings darf bei der Einschätzung des Digitalisierungsgrades nicht vergessen werden, dass die Produktionen in der Chemie immer schon hoch automatisiert waren, denn die Anlagen laufen häufig 24/365 ausschließlich durch Messwarten kontrolliert. Hier sind sicherlich Digitalisierungsgrade von 3.2 und besser festzustellen und neue Predictive-Maintenance-Modelle und digitale Zwillinge der Produktionsanlagen erhöhen die Optimierung der Anlagen massiv. Vielen Chemieunternehmen fehlt es noch an der Klarheit, wohin sie die Digitalisierung führen wird (digitales Zielbild). Es fehlt an den erfolgskritischen Ressourcen zur Digitalisierung (insbesondere im chemischen Mittelstand) und es mangelt an der durchgängigen Konsequenz, ein digitales Chemieunternehmen werden zu wollen. Das digitale Minimum ist die No-Touch-Order vom digitalen Produktkatalog mit dynamischer kundenspezifischer Pricing-Funktion über die digitale Kundenschnittstelle zur digitalen Einplanung im Bestands-

/Produktions-/Logistik-Management bis zum digitalen Versand der Rechnung und zur Kundenzufriedenheitsabfrage.

Die Autoren dieses Buches erläutern sehr eindrücklich, welche Möglichkeiten sich für die chemische Industrie mit der Digitalisierung ergeben. Oft sind es eigene konkrete Digitalisierungsprogramme, -projekte oder bereits umgesetzte digitale Produkt- und Serviceinnovationen, manchmal Ansätze, Ideen oder Visionen, aber immer sind es übertragbare Learnings für die Digitalisierung des eigenen Chemieunternehmens. Das Autoren-Team hofft, damit einen kleinen Baustein zur erfolgreichen Digitalisierung dieser hoch attraktiven und spannenden Branche leisten zu können. Es wünscht dem Leser zahlreiche neue Digitalisierungsideen, eine Bestätigung für die eigenen Digitalisierungsvorhaben und weiterhin sehr viel Kraft, den eingeschlagenen Digitalisierungsweg weiterzugehen. Für den offenen und kritischen Dialog zur Digitalisierung der Chemieindustrie steht das Autoren-Team jederzeit zur Verfügung und freut sich über Rückmeldungen und digitale wie analoge Kontaktaufnahmen.

Köln, 01.03.22

*Prof. Dr. Carsten Suntrop*

## Beitragsautoren

Beteiligte Unternehmen sind:

- BASF Digital Solutions GmbH
- BASF SE
- BCNP Consultants GmbH
- Boston Consulting Group
- CMC<sup>2</sup> GmbH
- CONTRACT GmbH
- Covestro Deutschland AG
- Digital Hub Rhein-Neckar GmbH, TZL
- Ernst & Young GmbH WPG
- Evonik Digital GmbH
- Garlock GmbH
- Kraul & Wilkening u. Stelling GmbH
- MAPEI GmbH
- Philippine GmbH & Co. Dämmstoffsysteme KG
- Robert Kraemer GmbH & Co. KG
- RWTH Aachen University
- SAP SE
- TECTRION GmbH
- Umlaut Transformation GmbH
- Verband der Chemischen Industrie e. V.
- WACKER Chemie AG
- YNCORIS GmbH & Co. KG

Beitragsautoren sind:

1. Baumgartl Nadine, WACKER Chemie AG
2. Bengs Dr. Holger, BCNP Consultants GmbH
3. Boos Christian, SAP SE
4. Bünger Christian, Verband der Chemischen Industrie e. V.
5. Büttgen Sascha, TECTRION GmbH
6. Dreher Dr. Stefan, BASF SE
7. Funke Dr. Frank, Digital Hub Rhein-Neckar GmbH, TZL
8. Gruber Dr. Uwe, MAPEI GmbH

9. Gstettner Dr. Stefan, Boston Consulting Group
10. Hamann Holger, Garlock GmbH
11. Hattingh Anke, MAPEI GmbH
12. Hees Dr. Frank, RWTH Aachen University
13. Hiemer Clara, CMC<sup>2</sup> GmbH
14. Hoffmann Alexander, TECTRION GmbH
15. Hoffmann Christian, Boston Consulting Group
16. Isenhardt Prof. Dr. Ingrid, RWTH Aachen University
17. Jenner Dr.-Ing. Frank, Ernst & Young GmbH WPG
18. Kirchhoff Tobias, BCNP Consultants GmbH
19. Kohl Stefan, Digital Hub Rhein-Neckar GmbH, TZL
20. Krey Jörg, WACKER Chemie AG
21. Kullmann Gerhard, CONTRACT GmbH
22. Lange Dr. Marko, SAP SE
23. Lemke Dr. Rainer, BASF Digital Solutions GmbH
24. Lesker Bernd, MAPEI GmbH
25. Majer Marco R., Digital Hub Rhein-Neckar GmbH, TZL
26. Meinecke Michael, Umlaut Transformation GmbH
27. Mengel Holger, YNCORIS GmbH & Co. KG
28. Michel Dr. Christoph, Boston Consulting Group
29. Ramhorst Dirk, WACKER Chemie AG
30. Rechel Andreas, Umlaut Transformation GmbH
31. Roos Marcel, TECTRION GmbH
32. Schäfer Dr. Martin, Philippine GmbH & Co. Dämmstoffsysteme KG
33. Schiffeler Dr. Nina, RWTH Aachen University
34. Schleifer Prof. Klaus-Juergen, BASF SE
35. Schöggel Frank, YNCORIS GmbH & Co. KG
36. Schultze Dr. Hergen, BASF SE
37. Sielfeld Philipp, Boston Consulting Group
38. Stommel Dr. Yves Gorat, Evonik Digital GmbH
39. Strack Michael, YNCORIS GmbH & Co. KG
40. Suntrop Prof. Dr. Carsten, CMC<sup>2</sup> GmbH
41. Uhrich Dr. Fabian, Boston Consulting Group
42. Valsecchi Dr.-Ing. Pietro, Covestro Deutschland AG
43. Wagner Dr. Thomas, CMC<sup>2</sup> GmbH
44. Watzke Dr. Martin, Robert Kraemer GmbH & Co. KG
45. Wilkening Ludz, Kraul & Wilkening u. Stelling GmbH
46. Wintersehl Dirk, TECTRION GmbH

## Teil I

### **Status quo und Entwicklung der digitalen Chemieindustrie**



# 1

## Chemie 4.0 – eine Standortbestimmung

Christian Bünger

Verband der Chemischen Industrie e. V.

Die Chemiebranche befindet sich in einem fundamentalen Wandel. Disruptionen verstärken sich und der globale Wettbewerb wird zunehmend intensiver. Dies erfordert noch größere Anstrengungen seitens der Unternehmen, mit Innovationen die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und auszubauen. Die Anforderungen an die Lösungskompetenz der Chemiebranche wachsen stetig und der digitale Wandel vollzieht sich erheblich schneller als noch vor einigen Jahren angenommen. Gleichzeitig findet er auf globaler Ebene statt. Neue digitale Technologien kommen auf den Markt, die Chancen und Potenziale für die Chemie und Pharmaindustrie bieten.

Der Beitrag adressiert Themen rund um die digitale Transformation sowie die Fokus-Punkte Nachhaltigkeit und zirkuläre Wirtschaft. Es werden zahlreiche Beispiele beschrieben, die den aktuellen Stand der Digitalisierung der Chemieindustrie aufzeigen.

### 1.1 Die digitale und zirkuläre Transformation in der Chemie- und Pharmaindustrie

Nachhaltige Entwicklung, Resilienz und Prosperität einer Volkswirtschaft erfordern eine innovative, wettbewerbsfähige chemisch-pharmazeutische Industrie. Denn die Branche ist Innovationsmotor und essentieller Vorlieferant des industriellen Sektors, Eckpfeiler unseres Gesundheitssystems sowie Enabler einer klimaschonenden und zirkulären Wirtschaftsweise.

Die Branche steht hierzulande für knapp 200 Milliarden Euro Umsatz und 464 000 Mitarbeiter. Ein kräftiger Außenhandelsüberschuss bei Chemikalien und Pharmazeutika zeugt von einer hohen Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen. Sie haben sich in ihrer über 150-jährigen Geschichte immer wieder erfolgreich modernisiert und an ein sich änderndes Umfeld angepasst.

Dominierten in den 1980er-Jahren noch große Konglomerate, setzte Mitte der 1990er-Jahre eine zunehmende Spezialisierung ein. Viele Konzerne spalteten sich auf und fokussierten sich auf ausgewählte, häufig deutlich engere Bereiche des Chemiegeschäftes. Damit ging auch die Entwicklung des Konzeptes der Chemieparks einher. Wo bis Mitte der 1990er-Jahre eine Einheit aus Produktionsbetrieben und Produktionsstandort bestand, finden sich

heutzutage oftmals Chemie- oder Industrieparks. Die Bereitstellung von Flächen, Immobilien, Infrastrukturen, der Netze sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen wird von den Betreibergesellschaften dieser Parks übernommen. Mittlerweile findet das Konzept in der ganzen Welt Nachahmer.

Seit einigen Jahren führen Industrie 4.0 und die digitale Transformation dazu, dass Unternehmen künftig schneller und passgenauer gemeinsam produzieren und Lösungen entwickeln können. Das wird durch Kommunikation zwischen Maschinen und die Nutzung großer Datenmengen innerhalb des Industrienetzwerks bis hin zum Endkunden möglich. Auch für die Chemie ergeben sich Chancen durch Effizienzpotenziale, neue Geschäftsfelder und eine bessere Vernetzung in der Lieferkette. Gleichzeitig können sich aber auch Geschäftsmodelle ändern und veränderte Sicherheitsanforderungen entstehen.

Zeitgleich haben nachhaltiges Wirtschaften und nachhaltiger Konsum an Bedeutung gewonnen. Das zunehmende Gesundheits- und Umweltbewusstsein, der Wunsch nach Individualisierung von Produkten und geänderte Präferenzen der Konsumenten in einer „Sharing Economy“ sind Entwicklungstendenzen, auf die sich Unternehmen einstellen müssen. Die Digitalisierung kann helfen, nachhaltige Lösungen zu entwickeln und umzusetzen.

Aus einer Chemie 1.0 von vor 150 Jahren ist seit rund einem Jahrzehnt die Chemie 4.0 geworden. Diese vierte Entwicklungsstufe ist von Digitalisierung, Nachhaltigkeit und zirkulärer Wirtschaft geprägt. Sie bietet dem Chemiestandort Deutschland die Chance, seine globale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, Kundenbedürfnisse noch passgenauer zu befriedigen und mit Innovationen entscheidend zu einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft beizutragen.

Für die Zukunft hat sich die Branche einiges vorgenommen. Neben der digitalen und zirkulären Transformation will sie bis 2050 die Chemiewende schaffen, also treibhausgasneutral sein, ohne fossile Rohstoffe auskommen und gleichzeitig zu nachhaltigem Wachstum und Wohlstand in Deutschland beitragen.

Digitalisierung und Nachhaltigkeit werden die Industriestrukturen fundamental verändern. Die Chemie- und Pharmaindustrie bildet hier keine Ausnahme, im Gegenteil: Die Transformationsgeschwindigkeit wird zukünftig noch zunehmen.

## 1.2 Nachhaltigkeit im Fokus

Bereits im Jahr 1991 legte die Chemie mit der Gründung des deutschen Responsible-Care-Programms nach internationalem Muster den Grundstein für Nachhaltigkeit in der Branche. Zuletzt hat das Thema deutlich an Bedeutung hinzugewonnen. Im Jahr 2013 haben der Wirtschaftsverband Verband der Chemischen Industrie (VCI), die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) und der Bundesarbeitgeberverband Chemie (BAVC) die Nachhaltigkeitsinitiative Chemie<sup>3</sup> gegründet. Die drei Organisationen möchten gemeinsam die Nachhaltigkeit als Leitbild in der Branche verankern. Nachhaltigkeit ist als Dreiklang aus wirtschaftlichem Erfolg auf Basis von Innovationen, dem Schutz von Mensch und Umwelt sowie gesellschaftlicher und sozialer Verantwortung zu verstehen. Kern der Nachhaltigkeitsinitiative Chemie<sup>3</sup> sind zwölf Leitlinien zur Nachhaltigkeit für die chemische Industrie in Deutschland [1]. Diesem Trend folgt auch die Politik. Im Jahr 2019 veröffentlichte die EU-Kommission den „europäischen Grünen Deal“ [2]. Der

„European Green Deal“ ist ein Aktionsplan, der mit einer „effizienteren Ressourcenutzung“ den Übergang zu einer „sauberen und kreislauforientierten Wirtschaft“ in Europa vollziehen möchte. Zentrales Ziel ist, die Nettoemissionen von Treibhausgasen bis zum Jahr 2050 auf null zu reduzieren. Der European Green Deal wird die chemisch-pharmazeutische Industrie in erheblichem Maße beeinflussen. Die Digitalisierung wird diese Transformation unterstützen. Dazu gehören auch Technologien, die aktuell noch am Anfang einer breiten Anwendung stehen wie das Quantencomputing.

### 1.3 Die digitale Transformation ist in vollem Gange

Digitalisierung ist für die Chemie nichts Neues. Damit Prozesse sicher und zuverlässig ablaufen, benötigt man detaillierte Informationen über den aktuellen Zustand (Druck, Temperatur, Durchflusszahlen bei Pumpen etc.). Nur mithilfe digitaler Sensoren können diese Informationen automatisiert erfasst werden. Daher ist eine dezentrale Leittechnik zur Steuerung von Anlagen schon lange in der Chemie etabliert. Mit dem Aufkommen von Industrie 4.0 hat die Digitalisierung allerdings eine neue Dynamik bekommen. Industrie 4.0 setzt da an, wo die reine Automatisierung von Anlagen aufhört, nämlich der Produktionsweise selbst. Dabei finden sich Ansatzpunkte für digitales, d. h. vernetztes Handeln in der Chemie entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Sie beginnen in der Forschung, gehen über die Anlagensteuerung und reichen bis hin zu digitalen Geschäftsmodellen.

Aber nicht nur die Chemiebranche ist im Wandel. Auch das Umfeld ändert sich fortlaufend. Disruptionen verstärken sich und der globale Wettbewerb wird zunehmend intensiver. Dies erfordert noch größere Anstrengungen seitens der Unternehmen, mit Innovationen die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und auszubauen. Auch die Kunden der Chemie stehen ihrerseits in starkem Wettbewerb. Im Zuge dessen ändern sich die Anforderungen an die Lösungskompetenz der Branche stetig. Im Rahmen einer VCI-Studie hat die Unternehmensberatung Santiago die Erwartungen der wichtigsten sechs Kundenbranchen der Chemieindustrie analysiert [3]. Es wurde deutlich, dass die Chemie noch stärker vom Endkunden her und noch mehr in Lösungen denken muss. Die Flexibilisierung und Modularisierung der Produktion sind ebenfalls von hoher Bedeutung. Verbesserungspotenziale gibt es laut Studie auch bei der Kommunikation mit den Kunden. Bei all diesen Punkten kann die Digitalisierung unterstützen.

Der digitale Wandel vollzieht sich erheblich schneller als noch vor einigen Jahren angenommen. Gleichzeitig findet er auf globaler Ebene statt. Neue digitale Technologien kommen auf den Markt, die Chancen und Potenziale für die Chemie und Pharmaindustrie bieten. Nur beispielhaft seien an dieser Stelle Drohnen oder autonome Fahrzeuge genannt. Drohnen können bei der Inspektion von Tankanlagen helfen oder Orte erreichen, die für Menschen bis dato nur schwer erreichbar sind oder ein Herunterfahren von Anlagen zur Folge hätten. Autonome Fahrzeuge können helfen, die Intra-Site-Logistik signifikant zu optimieren. All dies ist ohne Digitalisierung nicht denkbar.

## 1.4 Stand der Digitalisierung

Die Frage „Wo steht die Chemie bei der Digitalisierung?“ lässt sich pauschal nicht beantworten. Kaum eine andere Industrie kann auf eine ähnlich vielfältige Produktpalette und einen so breiten Kundenstamm verweisen wie die chemisch-pharmazeutische Industrie. Dementsprechend unterschiedlich fällt auch der Grad der Digitalisierung aus.

Digitalisierung ist allerdings ein weiter Begriff. Daher macht es Sinn, die unterschiedlichen Ansatzpunkte der Digitalisierung in drei Kategorien einzuteilen, die unterschiedliche technische Schwerpunkte sowie einen zunehmenden digitalen Reifegrad voraussetzen:

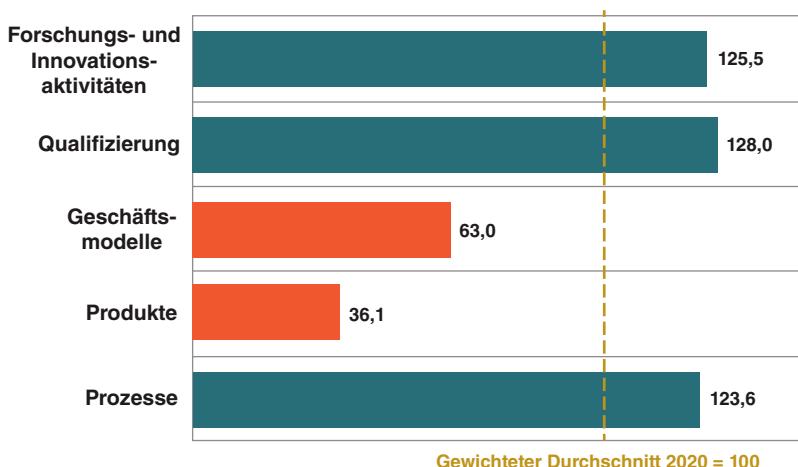
- digitale Prozesse: Sammeln und Teilen von Daten und Informationen,
- datenbasierte Betriebsmodelle: Verwendung von Daten für die intelligente Entscheidung und einen optimierten Betrieb,
- digitale (datenbasierte) Geschäftsmodelle: Disruption und Revolutionierung der Geschäftstätigkeit mithilfe von Daten.

Als Nullmessung kann die Studie „Chemie 4.0 – Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch“ gesehen werden, die der VCI zusammen mit dem Beratungsunternehmen Deloitte erstellt hat. Die Studie kam zu dem Schluss, dass die Unternehmen der Branche die Digitalisierung aktiv angehen. Vor allem die Großunternehmen gehen mit massiven Investitionen voran. Aber auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben die Digitalisierung als strategische Herausforderung erkannt. Digitale Prozesse und datenbasierte Betriebsmodelle gehörten damals schon zum Alltag vieler Mittelständler. Vollumfänglich hatten jedoch nur rund 40 Prozent der befragten Unternehmen die Prozesse digitalisiert. Damals planten aber rund die Hälfte umfangreiche Investitionen in diesem Bereich. Knapp ein Drittel ging seinerzeit von disruptiven Veränderungen aus. Hierzu zählt eine umfangreiche Anpassung des Produktportfolios, der Einsatz neuer Prozesstechnologien sowie Veränderungen der Wertschöpfungsstrukturen und der Geschäftsmodelle. Ein weiteres zentrales Ergebnis der Studie war aber auch, dass die Branche ihr bisheriges Geschäftsmodell erweitern muss und sich nicht auf dem bisher Erreichten ausruhen kann, um langfristig erfolgreich zu bleiben [4].

Zwischenzeitlich gibt es neuere Studien, die einen tieferen Blick in den Stand der Digitalisierung erlauben. Im Jahr 2020 wurde erstmalig ein deutschlandweiter Digitalisierungsindeks im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ erhoben, das durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird [5]. Die Chemie und Phaimaindustrie werden in diesem Kontext zusammen mit anderen Grundstoffindustrien betrachtet.

Grundsätzlich haben sich die Ergebnisse nicht geändert. Auch die neue Studie zeigt, dass die Chemie- und Pharmaindustrie bei den ersten beiden Kategorien gut aufgestellt ist. Digitale Prozesse und datenbasierte Betriebsmodelle finden heute eine breite Anwendung. Dies bestätigen die überdurchschnittlichen Indexwerte in der Kategorie „Prozesse“ (siehe Abb. 1.1).

Bei den digitalen (datenbasierten) Geschäftsmodellen gibt es hingegen noch Potenzial, was nicht weiter verwundert, da im Zentrum des Chemiegeschäftsmodells die Herstellung chemischer Produkte steht, was als Innovationsmotor für nahezu sämtliche Wirtschaftszweige wirkt. Die Anzahl der Angebote am Markt nimmt jedoch stetig zu, beispielsweise in Form der Anreicherung von Produkten mit digitalen Servicekomponenten. Hierzu zählen



**Abb. 1.1** Ergebnisse des Digitalisierungsindex [5], Branchengruppe: Grundstoffe, Chemie, Pharma. Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

auch Plattformen, mit denen neue Geschäftsbereiche erschlossen werden können. Damit ergeben sich weitere Wachstumsfelder und perspektivisch auch zusätzliche Erlösquellen.

Rein digitale Produkte wird die Chemie, deren Hauptaufgabe es ist, Moleküle in neue, bessere und innovative Stoffe sowie Produkte zu transformieren, wohl auch zukünftig nicht in großen Mengen anbieten. Im Abschn. 1.5 „Digitalisierung für die Chemie von morgen“ werden ausgewählte Beispiele vorgestellt. Diese reichen von sogenannten Smart-Farming-Lösungen bis hin zum Betrieb von Anlagen als „Product as a Service“<sup>1)</sup>.

Allerdings gibt es auch Unternehmen, die sich bewusst oder unbewusst gegen Digitalisierung entscheiden. Um ein tieferes Verständnis für die Hemmnisse und die dahinter liegenden Gründe produzierender Unternehmen im Umgang mit Industrie 4.0 zu gewinnen, arbeitet das Fraunhofer-Institut aktuell an einer Studie zu dieser Fragestellung. Dabei soll zwischen nachvollziehbaren Gründen bzw. bewussten Entscheidungen gegen Digitalisierung und Defiziten, die Unternehmen ungewollt an der digitalen Transformation hindern, differenziert werden. Auch sollen regionale Aspekte analysiert werden. Aus den Ergebnissen werden unter anderem Handlungsempfehlungen für eine bessere Unterstützung von Unternehmen bei der digitalen Transformation abgeleitet werden [6].

Eine Kurzbewertung der Digital Readiness der Branche wäre allerdings ohne einen Blick auf den wichtigen Themenbereich Qualifizierung und Weiterbildung unvollständig. Hier kann die Chemie ebenfalls gute Ergebnisse vorweisen.

Bereits 2017 haben sich die Sozialpartner geeinigt, die digitale Transformation strategisch anzugehen. Im Prozess „Work @ Industry 4.0“, der Anfang 2021 abgeschlossen wurde, haben Gewerkschaft und Arbeitgeber eine gemeinsame Digitalstrategie vereinbart [7]. Neben der Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses darüber, was digitale Transformation überhaupt bedeutet, adressiert die Digitalstrategie zentrale Themen wie Weiterbildung, Führung und Gesundheitsschutz im digitalen Zeitalter. Um den Unternehmen die Umsetzung zu erleichtern, stellen die Sozialpartner Umsetzungshilfen und -leitfäden bereit.

1) Mit einem „Product as a Service“ wird dem Kunden das Produkt nicht mehr einmalig verkauft, sondern beispielsweise gegen eine monatliche oder jährliche Miete zur Nutzung zur Verfügung gestellt.

Parallel entwickeln die Sozialpartner gemeinsam Zusatzqualifikationen, die für eine digitale und zukunftsfechte Chemie notwendig sind. So wird beispielsweise seit August 2018 die Zusatzqualifikation „Digitalisierung und vernetzte Produktion“ in der Ausbildung angeboten. Unternehmen haben damit die Möglichkeit, vorausschauend auf digitale Veränderungsprozesse im Betrieb zu reagieren und Nachwuchskräfte mit digitalen Kompetenzen entsprechend frühzeitig in der Ausbildung zu berücksichtigen.

## 1.5 Digitalisierung für die Chemie von morgen

Wie kann Digitalisierung nun dazu beitragen, neue Chemie zu ermöglichen? Zunächst macht es Sinn, sich zu verdeutlichen, was Digitalisierung überhaupt bedeutet: Digitalisierung fängt im Kleinen mit dem Versenden von E-Mails, der Datenverarbeitung in Tabellenkalkulationsprogrammen, dem Generieren von PDF-Dokumenten über Websites oder dem Abhalten von virtuellen Meetings über einen der vielfältigen Cloud-Dienste an. Für die Chemie ist die Digitalisierung von heute aber u. a. durch die Analyse strukturierter Daten charakterisiert. Neben der reinen Analyse spielt auch die Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen eine zentrale Rolle. Dies kann lokal am Standort oder dezentral in der Cloud passieren. Komplexe Simulationen und virtuelle Realität stellen weitere wichtige Elemente einer State-of-the-Art-Digitalisierung dar. Im Kern geht es um Interaktion, Vernetzung und intelligente Nutzung von Daten.

Mit zunehmender Vernetzung nehmen allerdings auch die Risiken von Cyberangriffen zu. Das Spektrum reicht hier von Phishing-E-Mails über digital unterstützten Betrug und digitale Erpressung in Form von Verschlüsselungstrojanern bis hin zu Angriffen auf Industrieanlagen. Bereits heute unternimmt die Branche große Anstrengungen in Sachen Cybersicherheit. Zukünftig wird die Bedeutung noch zunehmen. Daher muss Informationstechnologie Sicherheit (IT-Sicherheit) in den Digitalisierungsstrategien der Unternehmen eine zentrale Rolle spielen.

Eine weitere zentrale Fragestellung ist der Wertbeitrag der Digitalisierung. Die Bandbreite von Digitalisierungsthemen ist enorm groß. Auch befinden sich Technologien wie Quantencomputing – wenn überhaupt – noch im Frühstadium der industriellen Nutzung. Herausforderungen liegen oftmals in der Skalierung von Pilotanwendungen. Die Digitalisierung ist also kein Selbstzweck, denn am Ende des Tages stellt sich die Frage des Business-Cases hinter einer Technologie. Dies zu beantworten ist keine leichte Aufgabe. Klassisches Rechnen von Business-Plänen funktioniert oftmals nicht. Damit besteht die Gefahr, Projekte zu spät zu beenden. Allerdings ist auch der umgekehrte Fall denkbar: Eigentlich sinnvolle und perspektivisch gewinnbringende Projekte werden zu früh terminiert. Als Beispiel sei hier die Hybrid-Technologie genannt: Bereits 1997 konnte man in Deutschland einen hybriden Audi A4 kaufen. Dieser war jedoch vergleichsweise teuer und konnte sich am Markt nicht durchsetzen. Die Zeit war offensichtlich noch nicht reif dafür [8]. Nur drei Jahre später startete Toyota mit dem Prius-Modell am Markt durch.

Um die Breite der Digitalisierung zu veranschaulichen, werden im Folgenden Auszüge aus den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Digitalisierung in der Chemie dargestellt.