



# **Berufe 4.0 – Wie Chemiker und Ingenieure in der digitalen Chemie arbeiten**

## **Whitepaper**

Eine Initiative der Vereinigung für Chemie und Wirtschaft,  
VCW (GDCh Fachgruppe)

Unterstützt durch Dechema, Hochschule Fresenius, Processnet,  
VDI GVC und Wiley VCH

© Copyright

Dr. Wolfram Keller (Autor)

wk@wolfram-keller.de

September 2018

Vorwort .....	3
Initiative Berufe 4.0 .....	3
Ziele .....	3
Zielgruppen.....	3
Methode.....	4
Rahmenbedingungen .....	5
Dank .....	5
Zusammenfassung .....	6
Teilnehmer.....	8
Entwicklung der Bedeutung digitaler Anwendungen zwischen 2018 und 2025.....	10
Definitionen, Meilensteine und Fallbeispiele digitaler Techniken.....	13
Big Data .....	13
Modellierung & Simulation.....	16
Cloud Computing.....	20
Internet der Dinge.....	22
Maschinelles Lernen und Tiefgehendes Lernen .....	26
Robotik.....	29
Erweiterte und Virtuelle Realität .....	32
3D-Druck.....	35
Blockchain .....	37
Künftige Arbeitsinhalte und -schwerpunkte von Chemikern und Ingenieuren .....	39
Künftig erforderliche Kompetenzen der Chemiker und Ingenieure .....	46
Vergleich zwischen Angebot und Nachfrage an Kompetenzen .....	49
Verantwortlichkeiten, Schwerpunkte und Ablauf der Weiterbildung.....	55
Einzelergebnisse der Musterberufe.....	63
Innovation .....	63
Anlagenbau.....	69
Einkauf.....	74
Produktion und Qualität.....	80
Wartung/ Instandhaltung .....	86
Vertrieb & Marketing.....	92
Schlussfolgerungen .....	97
Anregungen .....	100
Abbildungsverzeichnis.....	102

## Vorwort

### Initiative Berufe 4.0

Berufe 4.0 war bis September 2018 eine Initiative zur Beantwortung der Frage, wie Chemiker und Ingenieure als Folge der Digitalisierung in wenigen Jahren arbeiten werden

Federführend bei der Durchführung war die Vereinigung für Chemie und Wirtschaft, VCW, eine Fachgruppe der GDCh. Unterstützt wurde

die Initiative von den Partnern Dechema, Hochschule Fresenius, Processnet, VDI GVC und Wiley VCH. Sie stellten der Initiative ihren Namen und ihr Logo zur Verfügung

Urheber dieser Initiative und ehrenamtlicher Projektleiter war Dr. Wolfram Keller, VCW- und GDCh-Mitglied

### Ziele

Die Initiative verfolgte zwei übergeordnete und vier spezifische Ziele

Digitalisierung ist ein für viele Spieler in der Chemie nach wie vor abstrakter Begriff, der mehr Transparenz erfordert

Diese Transparenz sollte als erstes übergeordnetes Ziel ein Stück weit mit Definitionen und Beispielen von konkreten Anwendungen geschaffen werden

Die so geschaffene Transparenz soll - als zweites übergeordnetes Ziel - den Betroffenen objektive Argumente für die jetzt dringend nötige, lösungsorientierte Diskussion miteinander statt übereinander liefern

Von der Digitalisierung in der Chemie betroffen sind Universitäten und Hochschulen, private und öffentliche Arbeitgeber, Absolventen und schon im Beruf stehende Chemiker und Ingenieure, soweit es diese Studie angeht

Die vier spezifischen Ziele waren:

- Die Ermittlung der Relevanz ausgewählter digitaler Anwendungen bzw. digitaler Techniken für die Chemische Industrie, chemiebezogene Dienstleistungen und das Chemiestudium in den Jahren 2018 und 2025
- Die Beurteilung ihrer Auswirkungen auf Arbeitsinhalte, -vielfalt und -organisation von Chemikern und Ingenieuren
- Die Ableitung der für das Arbeiten in der Chemie 4.0 erforderlichen Kompetenzen
- Die Formulierung der Anforderungen an das zukünftige Kompetenzmanagement im Studium und während des Berufslebens

Berufe 4.0 hatte kein Mandat, die für ein effektives und effizientes Arbeiten in der Chemie 4.0 erforderlichen Veränderungen durch- und umzusetzen, aber den Anspruch, die dringende Notwendigkeit dafür deutlich aufzuzeigen

### Zielgruppen

Berufe 4.0 wendete sich in erster Linie an berufstätige Chemiker und Ingenieure in sechs an der Wertschöpfungskette der Chemischen Industrie orientierten Musterberufen: Innovation, Anlagenbau, Einkauf, Produktion & Qualität, Wartung & Instandhaltung und Vertrieb & Marketing

Zusätzlich betrachtete Berufe 4.0 die aktuellen Einschätzungen und Perspektiven von Chemikern und Ingenieuren, die in „Alternativen Berufsfeldern“ arbeiten, z.B. im öffentlichen Dienst, bei privaten Dienstleistern, in Kanzleien, Verlagen, Verbänden und Gesellschaften

Diese Berufe verkörpern die „Nachfrage“ bzw. die „Anwendung“ von Kompetenzen in der Chemie. Ergänzend nahmen Teilnehmer aus der „Lehre“ an der Umfrage teil, die für das „Angeb-

bot“ an Kompetenzen stehen. Als Lernende beteiligten sich Bachelor, Master, Promotionsstudenten und Post Docs, als Lehrende Dozenten und Professoren an Universitäten und Hochschulen

## Methode

Die rein empirische Studie bestand aus drei Phasen und lief über insgesamt 12 Monate

In der Konzeptphase von Oktober 2017 bis Dezember 2017 wurden 41 Praxis- und Experteninterviews mit Vertretern der Universitäten/Hochschulen und der sechs Musterberufe geführt. Die Akademiker repräsentierten unterschiedliche Führungsebenen und Unternehmen unterschiedlicher Größe und diskutierten die aktuellen Herausforderungen der Digitalisierung für Akademiker mit der Projektleitung. Sie unterstützten so die Bildung der Hypothesen für Phase 2. Zusätzliche Anregungen gaben vier engagierte Kompetenzpartner. Zu Ende der Phase wurden Inhalt und Design der Online-Umfrage definiert und die Internetplattform programmiert

In der Durchführungsphase von Januar 2018 bis Juni 2018 wurden die Teilnehmer für die Online-Umfrage akquiriert und ihre Unterstützung für Validierungsinterviews, Zitate und Fallstudien gesichert

Anstelle der sonst üblichen Fragen wurde die Initiative hypothesenbasiert durchgeführt. Die Teilnehmer wurden jeweils nach dem Zustimmungsgrad zu den Hypothesen gefragt

Die Teilnehmer hatten die Möglichkeit, ihre Einschätzungen unter Angabe persönlicher Daten oder anonym zu machen, sowie zu jedem Themenkomplex Kommentare zu geben

Die wenigen Pflichtfelder konzentrierten sich auf Studiengang, höchsten akademischen

Grad, Dienstalter, Unternehmensgröße, Führungsebene und den ausgeübten Beruf. Dadurch konnten verschiedene Teilpopulationen bzw. Segmente gebildet werden

In der Auswertungsphase von Juli 2018 bis September 2018 wurden die Ergebnisse ermittelt und zusammengefasst

Die quantitativen Ergebnisse wurden einmal von der Projektleitung und unabhängig davon von einem Data Scientist berechnet

Mit Vertretern der sechs Berufe wurden 83 Interviews durchgeführt, um quantitative und qualitative Ergebnisse zu validieren. Wiederum waren alle Führungsebenen und Unternehmen aller Größe vertreten. Unter den 83 Interviewpartnern waren 14 Absolventen und Professoren

20 Teilnehmer bzw. Unterstützer der Umfrage verfassten Fallstudien zu einzelnen digitalen Anwendungen oder zum Zusammenspiel von digitalen Anwendungen und der Chemie

Erläuternde Kommentare aus über 1.000 Fragebögen und mehr als 100 Interviews wurden ausgewertet. Alle nicht anonym zitierten Aussagen wurden von den Quellen freigegeben

In einer Serie von Workshops mit fünf bis sieben Studienteilnehmern wurden die Ergebnisse validiert, die in diesem Whitepaper zusammengefasst wurden

## Rahmenbedingungen

Mit Chemikern und Ingenieuren wurde in der Initiative nur die männliche Form gewählt. Berufe 4.0 nimmt aber ausdrücklich Bezug auf alle Geschlechter

Chemiker und Ingenieure (Akademiker) standen im Fokus der Initiative. Auf diese Zielgruppen hatte sich die Initiative im Vorfeld mit dem BAVC und der IGBCE verständigt

## Dank

Die Initiative war ausschließlich auf freiwilliges Engagement aufgebaut. Den im Folgenden genannten Unterstützern und Kompetenzpartnern gebührt ein großer Dank:

In besonderem Maß engagierte sich Dr. Ulf Stalmach mit Recherchen, Interviews, redaktionellen Beiträgen und als Sparringspartner

Als Data Scientist führte Arne Ramstetter mit viel Einsatz die unabhängigen statistischen Berechnungen durch und validierte sie zusammen mit der Projektleitung und der Expertengruppe

Außer den beiden Genannten engagierten sich

- Dr. Claudius Neumann
- Dr. Thomas Stöhr
- Dr. Thomas Volk

in der Expertengruppe, um die Ergebnisse zu validieren, insgesamt 83 Validierungsinterviews zu koordinieren und durchzuführen und um Definitionen, Meilensteine und Fallstudien zusammenzutragen

Dr. Dirk Anwand von der GDCh übernahm die Aufgabe, die komplexe Online-Umfrage zu programmieren und über sechs Monate zu betreuen

Dr. Maximilian Bräutigam von der GDCh verschaffte der Projektleitung den Zugang zu Online Marketing/ Social Media und Kontakten innerhalb der GDCh Geschäftsstelle

Vier, in alphabetischer Reihenfolge aufgeführte Kompetenzpartner leisteten bereitwillig wertvolle Unterstützung für die Projektleitung

- Oliver Edinger, Vice President Internet of Things (IoT) Competence Center bei der Software AG, zur Digitalisierung in der Chemischen Industrie
- Patrick Henn, Aristo Group, zu Kompetenzen von Chemikern und Ingenieuren in Projekt- und Interim Management und den Anforderungen der Unternehmen
- Christian Lumm, Trenkwalder GmbH, zum Kompetenzspektrum fest angestellter Chemiker und Ingenieure und zu Stärken und Schwächen des Personalmanagements in Unternehmen
- Jens Vanicek, Geschäftsführer von All4You, zu digitalen Kompetenzen aus Sicht der Lehre, der Absolventen und der Unternehmen

## Zusammenfassung

Für Chemiker und Ingenieure werden digitale Anwendungen in ihren Berufen im Jahr 2025 ungefähr zweieinhalbmal so relevant sein wie heute

Die Bedeutung digitaler Techniken für den Beruf des Chemikers oder Ingenieurs ist weitgehend unabhängig vom Dienstalter, von der Größe des Unternehmens, in dem er arbeitet, und der Führungsebene, die er einnimmt

Die Nutzung digitaler Anwendungen wird Arbeitsplätze, -inhalte, -schwerpunkte und -organisation der Berufe von Chemikern und Ingenieuren deutlich beeinflussen. Idealerweise berücksichtigt die Ausbildung an Universitäten und Hochschulen die damit einhergehenden veränderten Anforderungen der „Nachfrage“

Die grundsätzliche Akzeptanz der digitalen Techniken an sich und das Verständnis der damit verbundenen Effektivitäts- und Effizienzgewinne durch Automatisierung und Digitalisierung von Haupt- und Nebenaufgaben sind gegeben

Chemiker offenbaren allerdings, wenn auch weniger stark ausgeprägt als Ingenieure, deutliche Widersprüche bezüglich Aufgabenanzahl und -fokus. Ihre sog. „Nehmer-Qualität“ ist stark ausgeprägt. Chemiker erwarten deutlich mehr Haupt- und Nebenaufgaben und genauso starke Trends gleichzeitig in Richtung Spezialist und in Richtung Generalist

Dieses „Schneller, Höher, Weiter“ kann und wird so nicht funktionieren

Neu aufkommende Berufe wie eher IT-lastige reine Data Scientists, eher ausgewogene Chemie-Informatiker und primär chemie- und betriebswirtschaftlich orientierte Wertschöpfungsketten-Manager sowie Stakeholder-Manager im Großprojektfeld sind z.T. als Konzept bekannt, der Glaube an sie als neue Kollegen mit Spezialkompetenzen fehlt jedoch fast komplett

Neue Arbeits- und Ablauforganisationen in Linie und Projekten, die zunehmende Verlagerung von Arbeitsinhalten in Richtung Projekte, der

Wegfall unterer Hierarchieebenen und die Aufwertung der Ebenen durch ein Mehr an Verantwortung und Entscheidungskompetenz werden skeptisch beurteilt

Viele Chemiker und Ingenieure wollen möglichst überall involviert sein und die Kontrolle im Detail behalten. Mit künftigen, auf Kompetenzen beruhenden Stellenprofilen und Arbeitsinhalten - einhergehend mit „Teilen“ von Aufgaben und „Abgabe“ einzelner Verantwortlichkeiten an andere Kompetenzträger - können sich derzeit die wenigsten Chemiker und Ingenieure anfreunden

Die „Geber-Mentalität“ der Ingenieure, aber mehr noch der Chemiker, ist stark ausbaufähig

Wille und Fähigkeit, mit Veränderungen, d.h. *Nehmen und Geben* umzugehen, ist die Herausforderung im Veränderungsprozess bezüglich der Digitalisierungsauswirkungen auf die Berufe von Akademikern

Chemiker und Ingenieure selbst sind künftig mehr denn je gefordert, sich anstelle auf Wissen auf Kompetenzerwerb und -pflege zu konzentrieren. Wissen überholt sich immer schneller. Die Anwendung bedarfsgerechter Kompetenzen dagegen gewinnt enorm an Bedeutung

Veränderung schließt aber nicht nur die Chemiker und Ingenieure ein, an die man zunächst denkt: Vorgesetzte in Unternehmen sind gefordert, ihren Humanressourcen in Zukunft rund 6% bis 8% ihrer Arbeitszeit zur Weiterbildung einzuräumen. Das entspricht einer Verdopplung gegenüber heute

Wartung und Instandhaltung von Sachressourcen wie Anlagen, Systemen und Technologien sind heute z.T. schon exzellent. Der Umgang mit Personalressourcen und deren Kompetenzen offenbart hingegen viel Luft nach oben. Differenzierte Anforderungsprofile der Kompetenzen je Beruf, Abschluss (Promotion, Master, Bachelor-Ebene) und Art der Hochschule (Hochschule, Universität) wären ein Anfang

Universitäten und Hochschulen sind gefordert, künftig bedarfsgerechter auszubilden. So lange

weit mehr als die Hälfte der Absolventen ihren Weg in die Industrie findet, reicht wissenschaftliche Fitness für diese Absolventen nicht aus

Eine Beurteilung der Ausbildungsziele für die in der Lehre verbleibenden Absolventen ist weder Ziel noch Bestandteil dieser Initiative, sondern Sache der Universitäten und Hochschulen

Trotzdem dürfen sich diese Vertreter des aktuellen Bildungssystems nicht der fälligen Diskussion entziehen. Die in der Industrie für Wertschöpfungskettenposition, Produkt- und Serviceportfolio, Kundengruppen, Technologien etc. übliche Segmentierung könnte Vorbild für die Lehre sein

Die zuständigen Personen und Gremien für die Akkreditierung sind für das Portfolio von Kompetenzen, die Absolventen benötigen, verantwortlich. Sie sind gefordert, ihre „Angebotsseite“ mit der „Nachfrageseite“ der Chemieindustrie bedarfsgerechter, flexibler und schneller zu gestalten

Ein „one size fits all“ Aus- und Weiterbildungssystem „passt“ eben doch nicht

Ohne zügig abgestimmte und umgesetzte Veränderungen bei allen Betroffenen werden angesichts der heutigen Vorlauf- und Studienzeiten selbst im Jahr 2030 kaum promovierte Chemiker und Ingenieure mit den Kompetenzen verfügbar sein, die die - digitalisierte - Chemie z.T. heute schon, in vollem Maß aber spätestens im Jahr 2025 erfordert

Die ehrenamtlich durchgeführte Initiative Berufe 4.0 hat kein Mandat zur Durchsetzung von Veränderungen, aber sehr wohl den Anspruch, die Betroffenen wachzurütteln, sich der überfälligen, lösungsorientierten Diskussion zu stellen

Das gelingt hoffentlich durch die folgenden Thesen, die auf den zusammengetragenen Fakten, über 1.000 Studienteilnehmern und über 100 Interviews mit den Betroffenen beruhen

- Digitalisierung bedeutet primär Veränderung, vor allem in den Köpfen der Beteiligten
- Der Chemiker teilt nicht gerne
- Anspruch und Verantwortung in punkto Kompetenzmanagement passen nicht zueinander
- Der Zielkonflikt zwischen Hochschule und Industrie lässt sich - mit gutem Willen auf allen Seiten - lösen
- Kompetenzen lösen Wissen ab
- Berufslebenslanges Lernen ist als Konzept bekannt, die Implikationen leider noch nicht
- Wenn sich Hochschulen und Unternehmen nicht schnell einigen, freut sich der Dritte
- Verantwortung für Kompetenzmanagement haben Universitäten, Unternehmen und Akademiker - Verbände und Gesellschaften nicht
- Auch oder gerade Chefs müssen umdenken
- Unternehmen müssen Humanressourcen so wertschätzen wie ihre Anlagen

Mit dieser Veröffentlichung ist das *Projekt Berufe 4.0* beendet

Jetzt sind die Betroffenen gefordert, lösungsorientiert zu diskutieren, zu handeln und umzusetzen. Als Unterstützung dafür sind die Anregungen am Ende dieses Whitepapers gedacht

Auf Wunsch helfen Ihnen die Macher des Projektes Berufe 4.0 gerne dabei

## Teilnehmer

Insgesamt nahmen 1.018 Teilnehmer an der Online-Umfrage, dem Kernstück der Initiative, teil. Sie wurden nach Studiengang, höchstem akademischen Grad, Dienstalter, Unternehmensgröße, Führungsebene und dem Musterberuf segmentiert

Der Fokus der Untersuchung lag auf sechs Musterberufen in der Wertschöpfungskette der Chemischen Industrie: Innovation – Anlagenbau – Einkauf – Produktion & Qualität – Instandhaltung – Vertrieb & Marketing. Zwei nicht-industrielle Berufsfelder wurden zusätzlich betrachtet, „Alternative Berufsfelder“ und „Lehre“

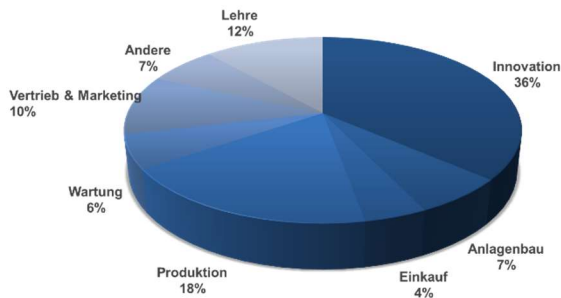


Abb. 1: Aktuelle Berufe der Teilnehmer

Die Teilnehmer mussten mindestens einen akademischen Grad aufweisen. Studenten vor einem Bachelorabschluss wurden ebenso wenig berücksichtigt wie z.B. staatlich geprüfte Techniker

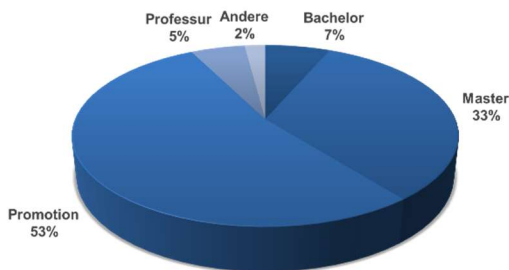


Abb. 2: Höchste akademische Grade der Teilnehmer

93% der Teilnehmer hatten Chemie bzw. Ingenieurwesen separat oder in einer Kombination mit anderen Studiengängen studiert. Unter den fachfremden Akademikern befanden sich z.B.

Physiker, Mineralogen oder Kristallographen, die heute in einem der Musterberufe arbeiten

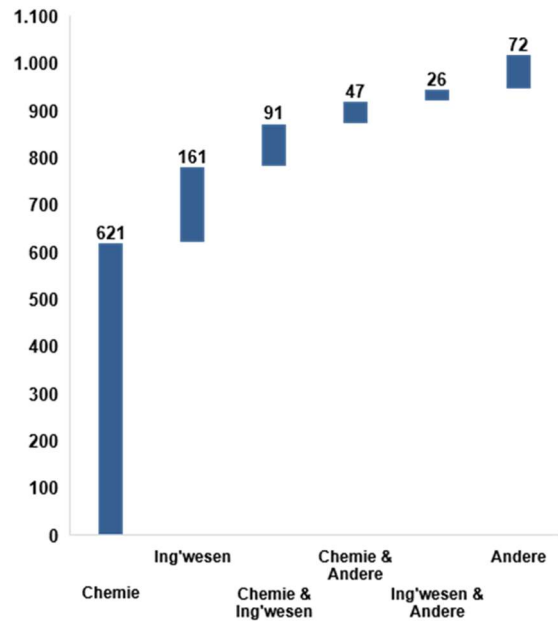


Abb. 3: Verteilung der Teilnehmer nach Studiengängen

Die Teilnehmer hatten ihre Abschlüsse zu 93% an öffentlichen Universitäten bzw. Hochschulen erzielt. Das duale Studium und das Studium an privaten Hochschulen und privaten Universitäten spielten bei den Teilnehmern eine untergeordnete Rolle

Dass die Digitalisierung eine Pflicht für alle Beteiligten in der Chemie ist, sehen auch die Kompetenzpartner von Berufe 4.0:

„Dem digitalen Wandel aktiv zu begegnen, ist eine der top Herausforderungen für Unternehmen und deren Mitarbeiter. Dazu gehört, alle Prozesse durchgängig zu digitalisieren, die Vorteile der Plattform-Ökonomie für sich in Anspruch zu nehmen und einen Informationsvorsprung zu erarbeiten, der sie wettbewerbsfähig hält“

Jens Vanicek  
Geschäftsführer  
ALL4NET GmbH





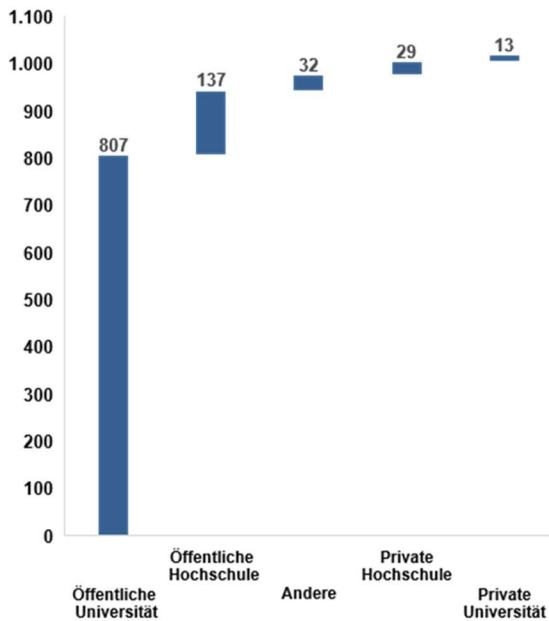


Abb. 4: Typ der Hochschule

63% aller Teilnehmer arbeiteten in Chemie-Konzernen bzw. chemischen Großunternehmen und 20% in KMUs der Chemischen Industrie

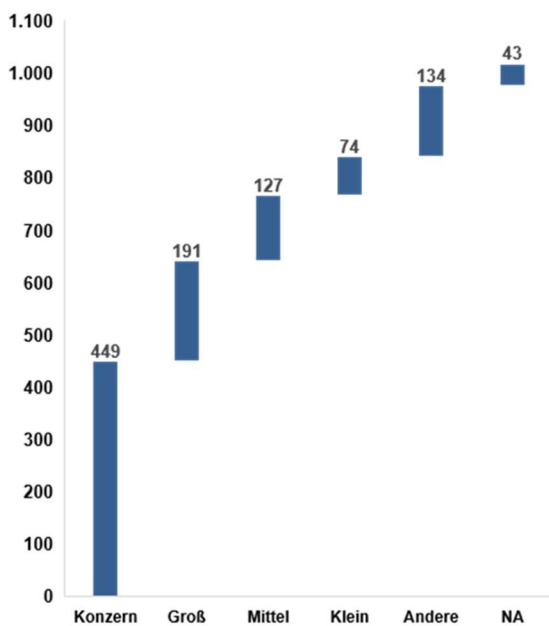


Abb. 5: Verteilung der Teilnehmer nach Unternehmensgröße

Die übrigen 17% der Teilnehmer verteilten sich auf andere Arbeitgeber, darunter Institute, Hochschulen, Patentanwaltskanzleien, Behörden, Verlage und Verbände. Auch Selbständige und Freiberufler wurden hier erfasst

Die durchschnittliche Berufserfahrung der Teilnehmer betrug 15,6 Jahre. Mehr als 90% davon werden in den nächsten 5 Jahren von der Digitalisierung betroffen sein. 32 Teilnehmer werden ihr Studium erst bis dahin beenden und in den Beruf eintreten. Das besondere Interesse der Initiative an dieser Gruppe (Teilmenge der „Lehre“) galt ihrer Sicht auf Digitalisierungsangebote während des Studiums, ihren Erwartungen an die Industrie, ihrer Einstellung zur Eigeninitiative bezüglich Kompetenzerwerb und den Anforderungen der Industrie an sie

20 Teilnehmer wiesen Erfahrung aus mehr als 40 Berufsjahren auf. Der Fokus der Auswertungen und Interviews in dieser Gruppe galt ihrer Erfahrung mit Transformationen, der Rolle von weichen Kompetenzen wie Kultur und Führung während dieser Transformationen sowie den Erfahrungen mit berufslebenslangem Lernen

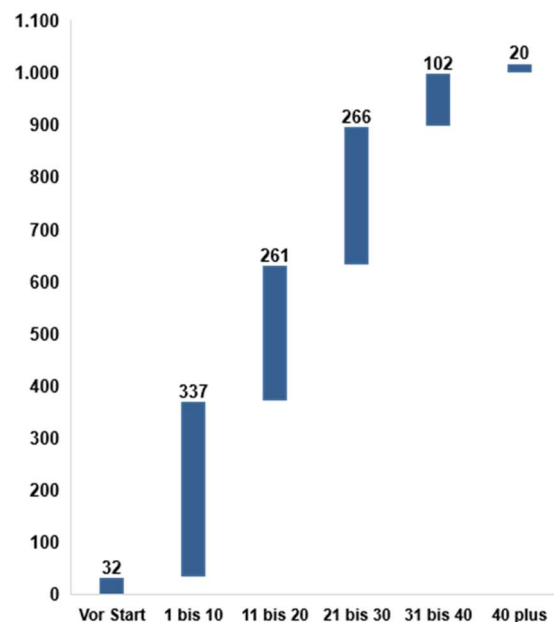


Abb. 6: Dienstaltersstruktur der Teilnehmer in Berufsjahren

## Entwicklung der Bedeutung digitaler Anwendungen zwischen 2018 und 2025

Die Teilnehmer gaben insgesamt 11.862 Einzelbeurteilungen zur Relevanz von 10 zur Auswahl gestellten digitalen Anwendungen für das Jahr 2018 und das Jahr 2025 ab. Als Antwortmöglichkeiten standen die Optionen „Nicht anwendbar“ und die Werte von „0“ (gar nicht) bis „10“ (maximal) zur Wahl

Über alle Segmente hinweg ergibt sich eine Dreiteilung, wie in Abb. 7 zu sehen ist. Das Spitzentrio bilden heute und im Jahr 2025 Big Data, Cloud Computing und Modellierungen & Simulationen. Alle drei werden heute bereits mit Werten zwischen 3 und 4 bewertet. Trotz einer

knapp unterdurchschnittlichen Steigerung um den Faktor 2 (Relevanz im Jahr 2025 dividiert durch die Relevanz im Jahr 2018) verteidigen sie ihre Spitzenplätze im Jahr 2025

Das Mittelfeld bilden sechs Techniken mit einer durchschnittlichen Steigerung um den Faktor 2,5. Dazu gehören die beiden Techniken der Künstlichen Intelligenz, Maschinelles und Tiefgehendes Lernen, das Internet der Dinge, die Robotik und die recht populären aber heute in der Chemieindustrie noch nicht weit verbreiteten Techniken des 3D-Drucks und der Erweiterten und Virtuellen Realität

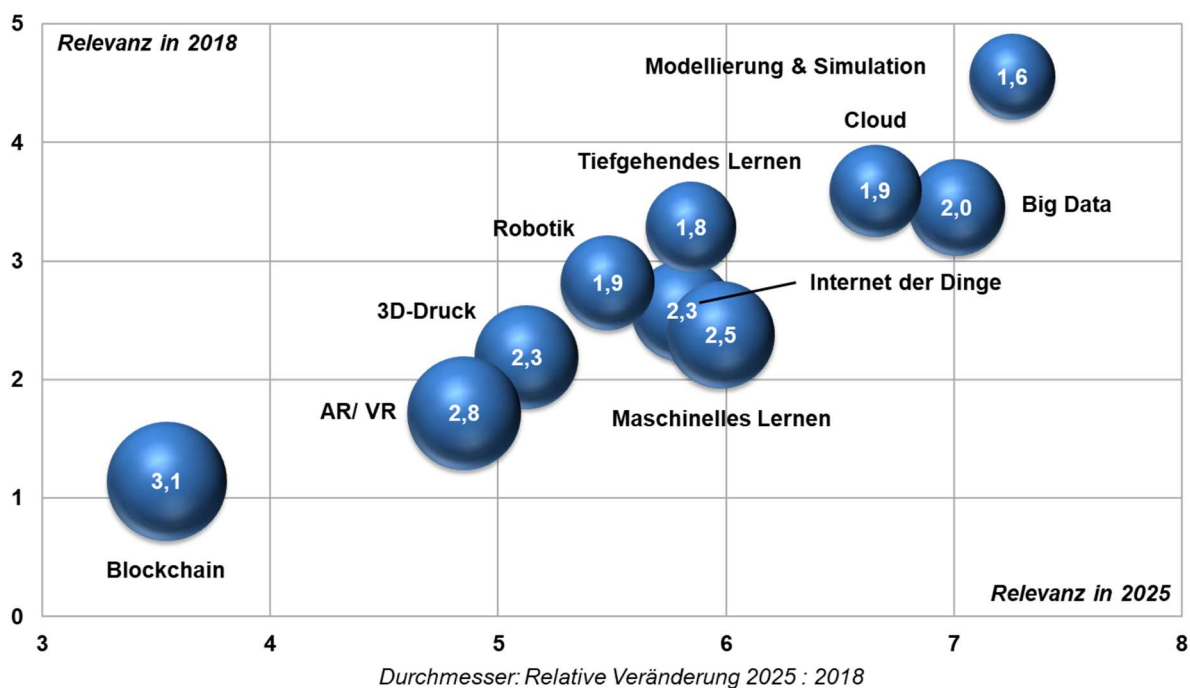


Abb. 7: Relevanz der digitalen Anwendungen und ihrer Entwicklung

Um Aussagen zur Popularität der zur Auswahl stehenden digitalen Techniken und zu deren Kenntnisstand unter den Teilnehmern zu gewinnen, wurden die „Nicht anwendbar“ - Angaben analysiert und durch Interviews evaluiert. Unter 11.862 Einzelbewertungen wurde 1.139 Mal die Option „Nicht anwendbar“ gewählt, entsprechend einem Anteil von 9,6%. Die Ergebnisse bestätigen den geringen Popularitätsgrad der

jüngeren, sehr spezifischen Anwendungen wie Blockchain und Tiefgehendes Lernen. Dem stehen die bereits in vielen industriellen und privaten Anwendungen etablierten Techniken Cloud Computing, Big Data und Simulationen entgegen. Zunehmend bekannt und als relevant geltend sind auch Maschinelles Lernen als Einstiegsstufe der Künstlichen Intelligenz sowie

das oft genannte, wenn auch in der Chemie noch nicht stark ausgeprägte Internet der Dinge

Während die Teilnehmer die im Lebenszyklus am Anfang stehenden Techniken überwiegend

(noch) nicht kennen und daher nicht beurteilen können, schneiden die heute bereits populären Techniken deutlich besser ab

Anzahl den „NA“-  
Nennung der Teilnehmer

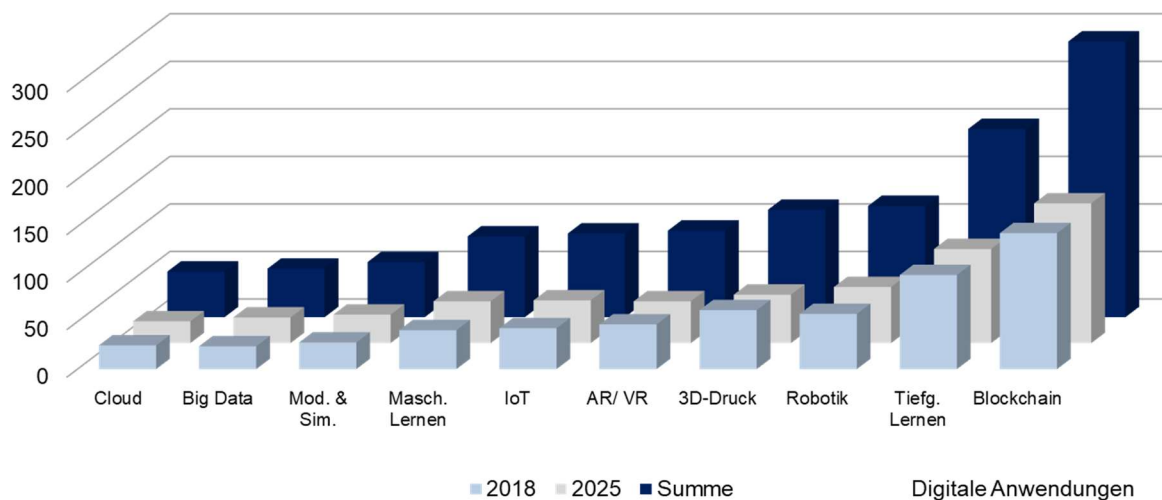


Abb. 8: „Nicht anwendbar“ – Beurteilungen der Teilnehmer zu digitalen Techniken

Eine der spannendsten Fragen war die nach der altersabhängigen bzw. dienstaltersabhängigen Technik-Affinität von Chemikern und Ingenieuren. Sie wurde näherungsweise über eine Analyse der Relevanz der digitalen Anwendungen im Jahr 2025 nach Dienstalter aller Teilnehmer und der Berechnung der Korrelationsfaktoren und des Bestimmungsmaßes beantwortet

Beide Parameter in Kombination beschreiben die Güte und Richtung einer eventuell vorhandenen Korrelation zwischen „Dienstalter“ und „Relevanz der digitalen Anwendung“. Nur vier der 10 Techniken zeigen eine, wenn auch extrem schwache, negative Korrelation, d.h. eine statistisch nicht relevante, abnehmende Relevanz der Techniken nach Dienstalter. Die größten Bestimmtheitsmaße der vier hier überhaupt auffälligen Techniken Big Data, Robotik, Modellierung & Simulation sowie Erweiterte & Virtuelle Realität liegen mit  $< 0,15$  extrem niedrig

„Digitalisierung = Die gewinnbringende Nutzung von Daten in allen Bereichen der Wertschöpfungskette“

Dr. Oliver Lade  
Global Technology &  
Innovation  
Clariant



Somit steht fest, dass die Relevanz der digitalen Techniken für den Beruf des Chemikers bzw. Ingenieurs im Jahr 2025 unabhängig vom Dienstalter sind

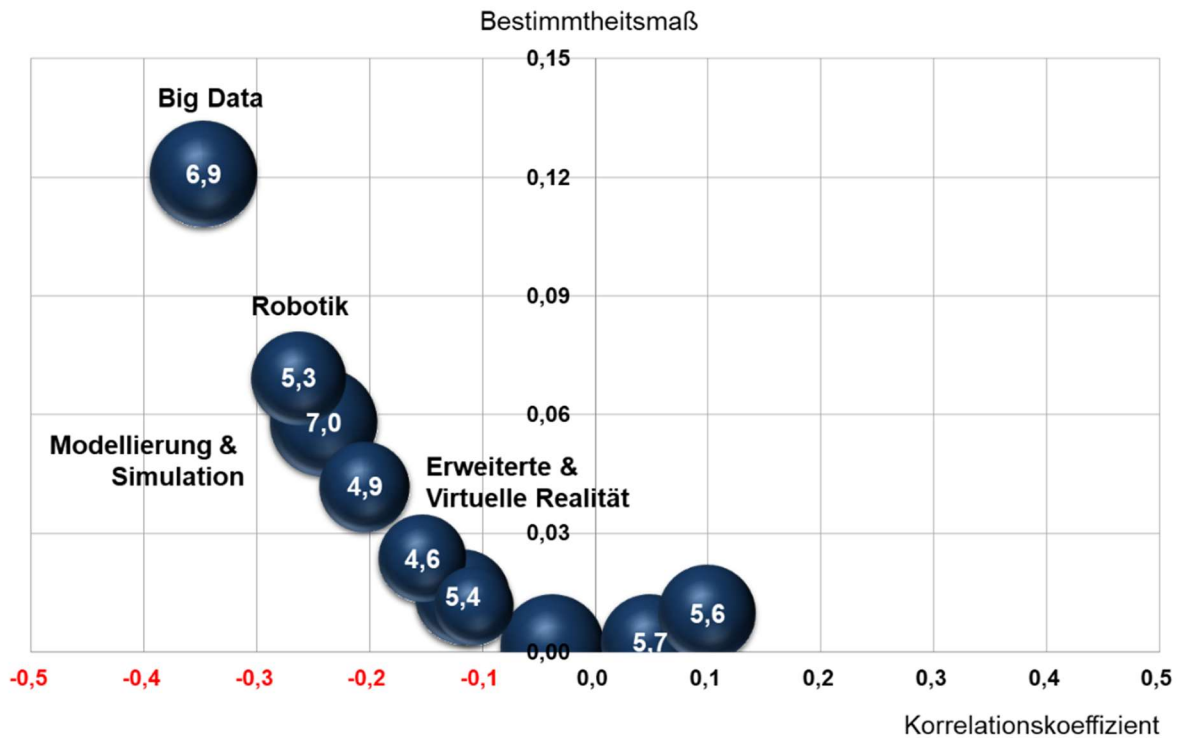


Abb. 9: Statistische Aussagen zur Relevanz digitaler Techniken

Für Chemiker und Ingenieure werden digitale Anwendungen in ihren Berufen in wenigen Jahren ungefähr zweieinhalbmals so wichtig sein wie heute, wie aus dem Mittelwert aller Techniken in Abb. 7 ersichtlich ist. Angesichts des Status Quo sind die Veränderungen in den Berufen der Akademiker bis 2025 eine gewaltige Herausforderung. Insgesamt verfügten die Teilnehmer über sehr unterschiedliche Kenntnisse digitaler Anwendungen. Sie reklamierten mehrheitlich, dass ihnen weder von Universität noch vom Arbeitgeber Digitalisierung bzw. digitale Techniken genügend nahegebracht worden sind bzw. aktuell werden

*„Die Zukunft findet in einer digitalisierten Welt statt. Entscheider an den Schaltstellen der Unternehmen müssen daher die Grundfertigkeiten der IT beherrschen, auch in chemischen Berufen“*

Jens Vanicek  
Geschäftsführer  
ALL4NET GmbH



Rund 30% von ihnen forderten bzw. wünschten in Kommentaren und Interviews für die Chemie-industrie relevante Definitionen und Beispiele

Daher wurden für dieses Whitepaper entsprechende Informationen zu den behandelten digitalen Techniken aufbereitet und in den folgenden Abschnitten aufgeführt

*„Ich habe das Gefühl, dass die Lehrenden in der Chemie in ihrer akademischen Umgebung zu wenig von den digitalen Transformationen, die sich derzeit in den Unternehmen abspielen, mitbekommen und daher in nur sehr geringem Maße eine Notwendigkeit darin sehen, das Chemiestudium entsprechend anzupassen“*

Fabian Sterzenbach  
Master in Wirtschaftschemie  
Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf



## Definitionen, Meilensteine und Fallbeispiele digitaler Techniken

Um Transparenz zu schaffen und „Digitale Anwendungen“ zu entmystifizieren, wurden folgende Definitionen, Meilensteine und Fallbeispiele für die digitalen Techniken, die in diesem Projekt behandelt werden, generiert

Diese Illustrationen haben allesamt keinen wissenschaftlichen Charakter, sondern sollen lediglich den von vielen gewünschten Einstieg in

das Thema vermitteln. Die Reihenfolge der Vorstellung orientiert sich an der Relevanz der jeweiligen digitalen Technik im Jahr 2025 auf Basis ihres Mittelwertes

Weitere Fallstudien sind im Kapitel Musterberufe enthalten

### Big Data

Big Data ist eines der beiden am häufigsten genannten Schlagworte der Digitalisierung

Trotz ihrer in jüngster Zeit enorm gewachsenen Popularität und ihres sehr hohen Potenzials auf Platz 1 unter den Teilnehmern sind Big Data keine wirkliche Neuheit. Die Vorläufer gehen mindestens bis in die 1930er und 1940er Jahre zurück

Big Data, d.h. große, zunächst unstrukturierte Datenmengen, bedienen viele Anwendungen. Hier sind drei Beispiele: Zum einen ist das die Erstellung von Analysen jedweder Art entlang der Wertschöpfungskette. Zum Zweiten nutzen Chemiker und Ingenieure Big Data zunehmend zur Steuerung und Optimierung von chemischen Herstellprozessen. Drittens werden Big Data mehr und mehr bei der Szenario-Erstellung komplexer Planungsprozesse genutzt

**Big Data<sup>1</sup>**

**Bisher:**

- Verarbeitung großer Datenmengen in der Chemie z.B. durch Chemometrie
- Numerische Analysen (Regression, Mustererkennung, Clustering) durch latente Variablen

**Heute:**

- Datenmengen zu komplex, dynamisch, unstrukturiert – Neue Methoden nötig

**Big Data: Umgang mit großen Datensätzen**

- **Volumen:** Terabytes und mehr an Daten
- **Geschwindigkeit:** Verarbeitung der Daten in Echtzeit
- **Varianz:** Daten unterschiedlicher Herkunft und Charakteristik (Zahlen, Werte, Text...)
- **Richtigkeit:** Verarbeitung inkonsistenter, unvollständiger, unstrukturierter Daten

**Technologien/Anwendungen:**

- **Sammlung von Daten** (z.B. *Data Mining*)
- **Auswertung/ Analyse** (z.B. Algorithmen, Künstliche Intelligenz)
- **Optimierung von Systemen, Prozessen, Anlagen** (z.B. Modellierung, Simulationen)
- **Überwachung** (z.B. *Profiling*)

**Herausforderung:** Datenschutz, Ethik

Foto: <https://pixabay.com/de/technologie-computer-daten-3178765/>  
[1] <https://gi.de/informatiklexikon/big-data/>

Abb. 10: Big Data Definitionen

## Big Data: Meilensteine<sup>1,2</sup>

**1890:** Tabellenmaschine zur Datenflutbewältigung der US Volkszählung (H. Hollerith)

**1935:** Erste Edition von „Design of Experiments“ (R. A. Fisher's)

**1941:** Erstmalige Verwendung des Begriffs „Informationsexplosion“ (The Lawton Constitution)

**1961:** „Science since Babylon“ Wissenszuwachs exponentiell (D. Price)

**1967:** Automatische Datenkompression, um Informationsexplosion zu beherrschen (B.A. Marron, P.A.D de Maine)

**1971:** Erstmals Verwendung des Begriffs „Chemometrie“ (S. Wold)

**1980er:** Daten- und Computergetriebene Analyse in der Chemie und Einzug von ERP-Systemen

**1996:** Digitale Datenspeicherung kosteneffektiver als Papier (R.J.T. Morris, B.J. Truskowski)

**1997:** Einführung des Begriffs Big Data (M. Cox, D. Ellsworth)

**2001:** Datenwissenschaft als eigenständige Disziplin (W.S. Cleveland)

**2002:** „Digitaler Wendepunkt“: Mehr digitale als analoge Informationen gespeichert

**2008:** Big Data „Größte IT Innovation der Dekade“ (R. Katz, R. Bryant, E. Lazowska)

**2014:** Launch des „Project Data Sphere“ in der Krebs-forschung

**2017:** Umsatz mit Big Data in Deutschland 5,8 Mia Euro, Wachstum +13% (Statista)

**2018:** Big Data bei 57% aller deutschen Unternehmen Digitale Technologie #1 (Bitkom)



[1] <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2013/05/09/a-very-short-history-of-big-data/#42c9f45165a1>  
[2] <https://www.winshuttle-software.de/big-data-timeline/>

Abb. 11: Big Data Meilensteine

Was kann die zunehmende Bedeutung der Big Data besser illustrieren als die erfolgreiche Anwendung dieser Technologie durch ein junges, dynamisches Unternehmen an der Schnittstelle

von Chemie und Digitalen Anwendungen mit den entsprechenden Kompetenzen in beiden Disziplinen und ausgeprägtem Unternehmergeist?



**Rapid Prototyping & Advanced Data Analytics in der Feinchemikalien-Produktion**

**Dr. Martin Rahmel, DexLeChem GmbH**



*DexLeChem kombiniert modernste Hightech-Methoden aus den Bereichen Chemie, Physik, Mathematik und Verfahrenstechnik und entwickelt bzw. optimiert chemische und biotechnologische Produktionsverfahren von Beginn an so, dass sie für den Produktionsmaßstab geeignet sind*

*Insbesondere bei der Produktion von Feinchemikalien ist die Bildung von Nebenprodukten nur bis zu einem gewissen Grad tolerierbar. Oftmals treten jedoch Schwankungen auf, deren Ursachen nicht erklärbar scheinen und daher ein erhebliches Risiko für die Qualität und damit Marktfähigkeit eines Pro-*

duktes darstellen. Gleichzeitig existieren aufgrund des Einsatzes von Prozessleitsystemen (PLS) einerseits und Qualitätskontrollen andererseits viele und reichhaltige Daten über den chemischen Produktionsprozess. Die Herausforderung dabei ist, diese Daten für die Aufklärung der Ursachen von Nebenproduktschwankungen verwendbar und in einem nächsten Schritt für Optimierungsansätze nutzbar zu machen

Die Kombination unseres Know-hows aus dem Bereich der technischen Chemie einerseits und Data-Science andererseits versetzt uns in die Lage, die Potentiale vorhandener Produktions- und Qualitätsdaten unserer Kunden nutzbar zu machen. Durch die automatisierte Generierung theoretisch sinnvoller Kennzahlen und eine anschließende Reduktion auf die praktisch relevanten Merkmale wird ein Höchstmaß an Objektivität gewährleistet. Der dabei verfolgte Ansatz des Rapid Prototyping, bei dem wir Prototypen zur Kernfragestellung selbst programmieren, schafft gerade bei solch spezifischen Fragestellungen Mehrwerte in kürzester Zeit. Im vorliegenden Fall, bei dem reichhaltige Daten von mehreren hundert Batches vorlagen, wurden in weniger als 4 Monaten die Ziele erfolgreich erreicht, 1. die Identifikation der Ursachen der Nebenproduktschwankungen und 2. den Zugang zu sämtlichen Daten für beliebige Auswertungen in einem Browser-basierten Tool

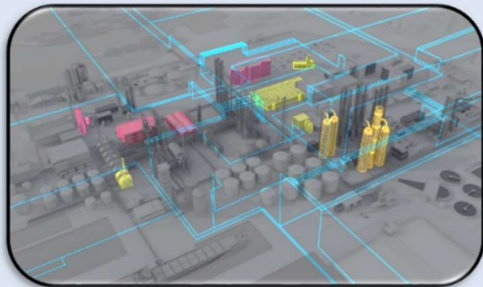
In der chemischen Produktion fallen schon heute vielfältige und reichhaltige Daten an, welche in „Datenfriedhöfen“ größtenteils ungenutzt bleiben. Mit neuesten Ansätzen der Datenanalyse können diese für Optimierungen verwendet werden, wie das Fallbeispiel anschaulich zeigt. So wird aus einer vorhandenen, ungenutzten Ressource ein Hebel für Kostensenkungen im Kern der Wertschöpfung chemischer Produzenten

## Modellierung & Simulation

Modellierung und Simulation ist im Gegensatz zu Big Data ein schon seit langer Zeit etabliertes Verfahren. Erste Maschinen zur Simulation bestimmter Vorgänge und Ereignisse gab es bereits in den 1900er bis 1920er Jahren. Der

endgültige Durchbruch seit einigen Jahren ist u.a. auf die mittlerweile zur Verfügung stehenden, enormen Rechnerleistungen (Geschwindigkeit, Kapazität) zurückzuführen

### Kurzvorstellung Modellierung & Simulation<sup>1,2</sup>



**Simulation** ist die Nachbildung eines dynamischen Prozesses in einem realen Model, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind (VDI3633)

**Modellierung** ist die vereinfachte Beschreibung eines realen Systems

Der Ersatz **physischer Messreihen** durch den Einsatz von **mathematischen Modellen**, um **Einflüsse auf physikalische Messgrößen** zu verstehen

In einer **Simulation** werden mit Hilfe eines **Modells Daten** erzeugt. Die Qualität einer Simulation hängt von der Qualität des verwendeten Modells ab

Beispiele für Simulationen:

- **Chemische Reaktoren**
- **Verfahrenstechnische Prozesse** (Computational Fluid Dynamics)
- **Stoffeigenschaften** (Molecular Modelling)
- **Geschäftsprozesse** (z.B. Supply Chain Management, Risiko Management)

Foto: Siemens, „Future Topics Chemie“, Siemens Website 08/2018  
[1] <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/technologien-methoden/Operations-Research/Simulation/index.html>  
[2] <https://www.chemanager-online.com/themen/anlagenbau-komponenten/trendbericht-modellierung-und-simulation-theorie-statt-praxis>

Abb. 12: Modellierung & Simulation Definitionen

Einige Aspekte der Relevanz von Modellierung und Simulationen in der Chemie erläutert Prof. Dr. Stefan Kast in einem Interview. Er geht dabei auch auf einige Fragen zum Zusammenspiel von Universitäten/ Hochschulen auf der

„Angebotsseite“ und der Chemieindustrie auf der „Nachfrageseite“ nach digitalen Kompetenzen von Absolventen ein





**Interview mit Prof. Dr. Stefan M. Kast über**

**„Modellierung und Simulation als die zentralen „Digitalen Anwendungen“ in der forschungsorientierten Chemie und die Synergie mit datenwissenschaftlichen Ansätzen“**

*Prof. Dr. Stefan M. Kast, Technische Universität Dortmund, ist Vorsitzender des Vorstands der Fachgruppe „Computer in der Chemie“ der GDCh. Das Interview führte Dr. Wolfram Keller, Projektleiter Berufe 4.0 mit ihm*

**Frage:** *Herr Professor Kast, der Nobelpreis 2013 für die drei amerikanischen Wissenschaftler Martin Karplus (Harvard University), Michael Levitt (Stanford University) und Arieh Warshel (University of Southern California) für „die Entwicklung von Multiskalenmodellen für komplexe chemische Systeme“, die sie in den 1970ern bereits begonnen hatten, war der Ritterschlag für die breite Anwendung von Modellierungen und Simulationen in der Chemie. Wie beurteilen Sie Entwicklung und Bedeutung der Computer in bzw. für die Chemie?*

**Antwort:** *Computergestützte bzw. theoretische Verfahren sind weder in Industrie noch in Akademia wegzudenken. Quantenchemie, molekulare Modellierung und Simulation sowie chemieinformatische Methoden, d.h. im weitesten Sinne das Spektrum der „Computational Chemistry“ spielen auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette eine zunehmende Rolle. Dies lässt sich direkt am relativen Anteil von Publikationen im Bereich Chemie/Biochemie messen, in denen theoretische Methoden verwendet werden. Dieser steigt spätestens seit Ende der 1980er Jahre stark an. Aktuell erfährt das Feld einen weiteren Stimulus durch die Popularität von datenwissenschaftlichen Ansätzen, d.h. durch die Anwendung von Statistik und Methoden des maschinellen Lernens auf chemische und chemisch-biologische Probleme. Der Zuwachs an qualitativ hochwertigen experimentellen Daten auf verschiedensten Längen- und Zeitskalen und aus unterschiedlichsten Quellen erfordert leistungsfähige Methoden zu ihrer Verarbeitung und verbessert gleichzeitig die Vorhersagekraft und Effizienz theoretischer Verfahren – eine „Win-Win“-Situation für die Zukunft. Mittlerweile gibt es auch eine Vielzahl von Software-Herstellern und – Dienstleistern, die im Markt durchaus erfolgreich sind. Das Feld der computergestützten Chemie hat also den Bereich einer Nischendisziplin definitiv verlassen*

**Frage:** *Welche Modellierungen und Simulationen sind heute in der Praxis der Chemieindustrie führend und wo gibt es die interessantesten Entwicklungen?*

**Antwort:** *Durch die Vielzahl von Verfahren und ihren Nutzen in Akademia und Industrie sowie wegen der Heterogenität der Fragestellungen ist es schwierig, einzelne Schlüsselanwendungen hervorzuheben. In der pharmazeutischen Forschung ist es beispielsweise von Interesse, Eigenschaften von Wirkstoffmolekülen vorherzusagen wie Bindungsaffinitäten zu biologischen Komponenten. Hierbei zielt hohe Vorhersagekraft klar auf die Reduktion des experimentell zu explorierenden Parameterraums. Ähnliches gilt z.B. in der Materialforschung, wenn es um die gezielte Vorhersage von mechanischen oder elektronischen Eigenschaften geht. In all diesen Fällen steht letztlich das Design von Funktion im Vordergrund, d.h. die molekulare Realisierung bestimmter vorgegebener Ziele. Die Kombination mit Datenwissenschaft bzw. „Data Science“ wird in zweierlei Hinsicht die Zukunft des Felds beeinflussen, zum einen durch die angesprochene Verbesserung von theoretischen Modellen, zum anderen durch äußerst spannende aktuelle Arbeiten z.B. zur computergestützten Retrosynthese. Dieses Gebiet wurde mittlerweile auch von Firmen wie Merck und Bayer als möglicherweise paradigmatisch wahrgenommen*

**Frage:** *Bis 2025 erwarten 70% der Chemiker und Ingenieure mehr Haupt- und Nebenaufgaben, 80% mehr Automatisierung und 90% mehr Digitalisierung. Der „unverzichtbare Alleskönner“, als den sich ein*

nicht gerader kleiner Teil der Chemiker sieht, ist allerdings nicht nachhaltig: Zwangsläufig muss in diesem Modell ein großer Teil der Zeit auf Aufgaben entfallen, die keine Kernkompetenzen erfordern. Ist das die Chance für neue Berufsbilder wie etwa den Data Scientist?

**Antwort:** Diese Erwartungshaltung reflektiert ja schon, dass das Feld evolviert und der „Alleskönner“ die Notwendigkeit der Fokussierung und Öffnung gegenüber neuen Methoden offenbar realisiert hat. „Data Scientists“ im Bereich der Chemie sind (noch) keine definierte Berufsgruppe mit scharfem Anforderungsprofil. Idealerweise verbinden diese Personen in ihrer Ausbildung die drei Säulen Mathematik/Statistik, Programmierung und die sog. „Domain Science“, in diesem Fall die Chemie. Derartige Profile sind in anderen Bereichen wie z.B. der Bioinformatik bereits Realität. Zentrales Ziel solcher Studiengänge ist es, dass Absolventinnen und Absolventen quasi „zweisprachig“ ausgebildet sind, d.h. die Sprache sowohl der „Domain Science“ als auch der Mathematik/Statistik/Informatik verstehen und sprechen. Ob dies in der Chemie sinnvoll sein kann, sei zur Diskussion gestellt. Bedeutsamer aus meiner Sicht könnte es kurz- und mittelfristig sein, Elemente der Data Science im Curriculum der Chemie-Ausbildung zu verankern. Schon Grundkenntnisse, die in frühen Jahren erworben werden, senken die Barriere gegenüber neuen Anforderungen und erleichtern somit die notwendige Spezialisierung

**Frage:** Welche digitalen Kompetenzen sind für Chemiker und Ingenieure in der Industrie in Zukunft unabdingbar, um ihre eigene „Employability“ zu sichern, die wiederum eng mit dem Unternehmenserfolg verknüpft ist?

**Antwort:** Es sind nur wenige neue Elemente, die eine enorme Wirkung auslösen könnten, gerade weil sie in den Curricula bislang kaum vorkommen. Aus meiner Sicht sind grundlegende Programmierkenntnisse eine Kulturtechnik, ohne die ein Verständnis jeglicher digitaler Anwendung nicht möglich ist. Das algorithmische Denken kann nur durch praktische Erfahrung geschult werden, was natürlich gleichzeitig die Abstraktion von Daten auf ihre mathematisch-statistischen Grundlagen und das Begreifen von Molekülen auch als mathematisch-informatisch manipulierbare Objekte beinhaltet. Neben der Ausbildung im Bereich der - wiederum im weitesten Sinne - Computational Chemistry, die sich mittlerweile in den meisten Chemiestudiengängen zumindest als Wahlmodule findet, sollte die Mathematikausbildung um eine starke Statistikkomponente ergänzt werden. Nur fundierte Kenntnisse in Statistik erlauben die Einschätzung der Signifikanz von Schlussfolgerungen auf Basis von umfangreichen Daten, was zurzeit nicht ausreichend in der Ausbildung berücksichtigt wird

**Frage:** Sie gelten als Verfechter von Data Science als Pflichtbestandteil im Chemie- und Chemieingenieurwesen. Die im Rahmen von Berufen 4.0 ermittelten Anforderungen der Führungskräfte in der Chemieindustrie an Absolventen bestätigen diese Forderung. Universitäts- und Hochschulprofessoren – immerhin 55 haben sich an „Berufe 4.0“ beteiligt – sagen allerdings mehrheitlich, Industrieanforderungen an Absolventen und das Chemiestudium selbst werden sich in den nächsten 10 Jahren kaum ändern. Wie passt das zusammen?

**Antwort:** Data Science verstehe ich hier als Sammelbegriff, der die eben angesprochenen Bereiche von Mathematik/Statistik/Programmierung im Kontext der Chemie umfasst. Das Chemiestudium wird sich natürlich ändern, wie es sich immer an den Stand der Wissenschaft angepasst hat, allerdings nicht ohne intensive Diskussionen. Es ist klar, dass in der begrenzten Zeit eines Studiums neue Inhalte nur auf Kosten bestehender eingebracht werden können. Die geäußerte Mehrheitsmeinung reflektiert u.U. nur die Erwartung, dass diese Diskussionsprozesse zu lange dauern könnten und sich somit auch die Profile neuer Bewerberinnen und Bewerber in der Industrie zu langsam ändern. Daran müssen wir arbeiten

**Frage:** Vergleichen wir einmal den Lebenszyklus von Lehrplänen und Akkreditierungen und die Studiendauer mit Innovationszyklen und dem allgemeinen Wissenszuwachs einer Verdopplung alle zwei

Jahre. Wie kann sichergestellt werden, dass Chemiker und Ingenieure in Zukunft bedarfsgerecht für die Chemieindustrie ausgebildet werden, die immerhin rund 60% der Absolventen aufnimmt?

**Antwort:** Die Frage drückt eine unterschwellige Besorgnis über die Zähigkeit universitärer Prozesse aus, die meiner Meinung nach genommen werden kann. Der Zeitpunkt für einige „sanfte“ Ergänzungen der Chemie-Curricula ist jetzt gekommen, da Digitalisierung und das maschinelle Lernen bzw. der – eigentlich nicht zielführende – Begriff der „künstlichen Intelligenz“ mittlerweile in der breiten Öffentlichkeit diskutiert werden. Wenn es uns gelingt, wesentliche Grundkonzepte der angesprochenen Bereiche in der Ausbildung zu verankern, wird in naher Zukunft die Hürde erniedrigt, künftig notwendige Spezialisierungen und schnelle Anpassungen auch mit dem Personalstamm der Unternehmen vorzunehmen. Es besteht deshalb Grund zu Optimismus, dass sich das Momentum der aktuellen gesellschaftlichen Diskussion nutzen lässt

Herr Professor Kast, vielen Dank für das Interview!

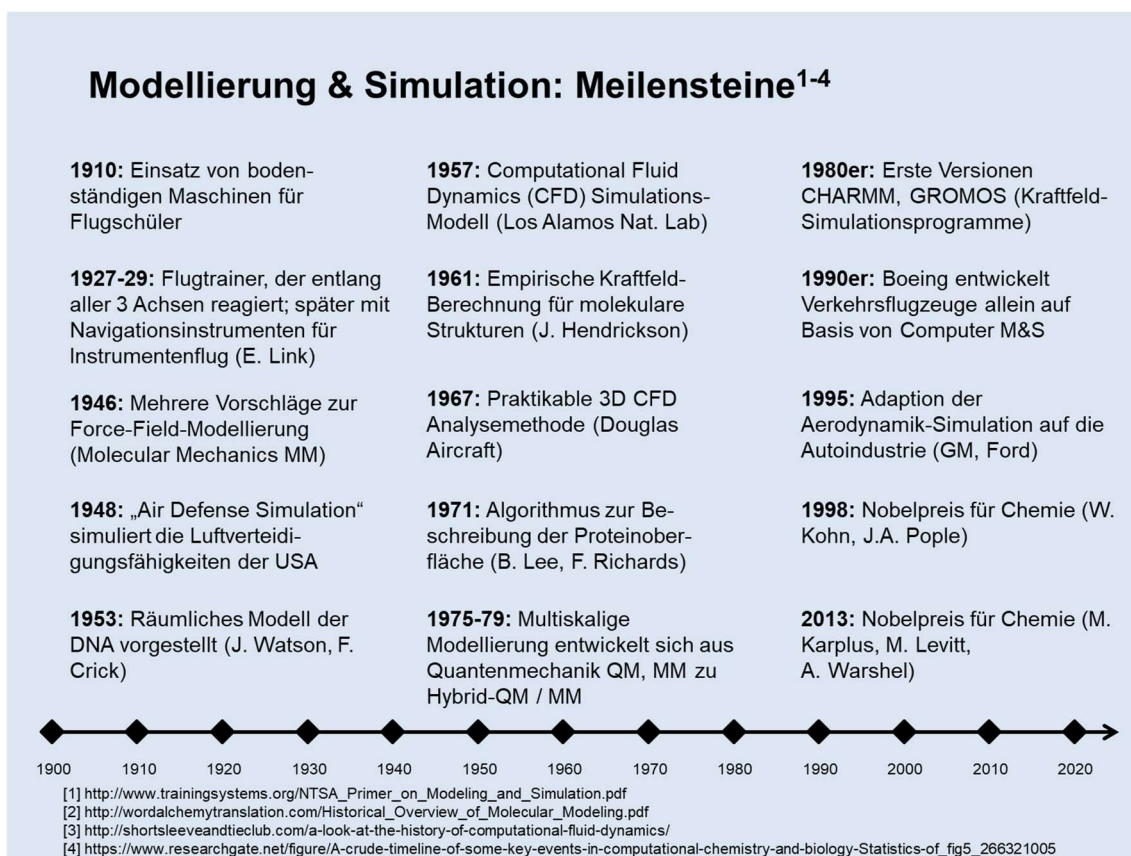


Abb. 13: Modellierung & Simulation Meilensteine

## Cloud Computing

Cloud Computing ist das andere der am meisten verbreiteten Schlagworte der Digitalisierung unter den Teilnehmern. Aus der i.d.R. mobilen Kommunikation im Privatleben oder schon recht weit verbreiteten Speicherlösungen in den Unternehmen bekannt, stuften die meisten Teilnehmer diese sehr populäre Anwendung auch als sehr relevant ein, obwohl sie im Vergleich zu

anderen digitalen Anwendungen sehr jung ist. Erste Erwähnung fand Cloud Computing zum Ende der 1990er Jahre. Welche Vorteile Cloud Computing selektiv innerhalb einer Funktion (Vertrieb & Marketing) global bringen kann, illustriert die folgende Fallstudie aus einem mittelständischen Unternehmen



### **Cloud-basiertes CRM-System bei einem mittelständischen, weltweit tätigen Spezialchemikalienhersteller**

**Ein Beitrag von Dr. Claudius Neumann**

*Der Fokus des Unternehmens liegt auf Spezialchemikalien und kundenspezifischen Synthesedienstleistungen für die Agrochemie-, Kunststoff- und Kosmetikindustrie. Er erzielt damit einen Umsatz zwischen 600 und 700 Millionen Euro*

*Aufwändige Telefonate und e-Mails, Konsolidierung von Umsatzprognosen und Erstellung von Managementreports sollen in Zukunft effektiver und effizienter gestaltet werden, um so Projekt- und Tagesgeschäft sowie das Vertriebs- und Marketing-Reporting zu stärken. Das Unternehmen will laut eigener Aussage „den Zug der Digitalisierung nicht verpassen“*

*Mit einer auf die Bedürfnisse eines Mittelständlers angepassten, einheitlichen, Cloud-basierten CRM-Lösung stellt das Unternehmen seinen Vertriebsmitarbeitern und Fachbereichen in der täglichen Arbeit ein hilfreiches Werkzeug zur Verfügung. Die Lösung ist ohne großen Aufwand an das bestehende ERP-System angebunden und erfüllt höchste Datenschutzstandards, eine essenzielle Voraussetzung im Geschäft mit vielen kundenspezifischen Lösungen*

*Produktivitätsgewinn und Agilität im Kerngeschäft, der Synthesedienstleistung mit ihren kundenindividuellen Anforderungen, sind die primären Ziele der Maßnahme: Die Kunden erwarten von dem Spezialchemiehersteller, schnell und professionell auf ihre Anfragen zu reagieren. Das wird jetzt ermöglicht, indem kritische Informationen zu kundenspezifischen Projekten wie Preise, Mengen, Rezepturen, Geheimhaltungsverträge oder E-Mails jetzt übersichtlich in der Cloud abgelegt sind. Mitarbeiter in der Zentrale oder vor Ort in zum Teil entlegenen Märkten haben jetzt jederzeit Zugriff darauf*

## Kurzvorstellung Cloud Computing<sup>1,2</sup>



Dynamische Bereitstellung von IT-Infrastruktur (Software, Speicher, Rechenleistung) als Dienstleistung über das Internet, ohne Installation auf dem eigenen Rechner

**Cloud-Dienste:** „X as a Service“

- Infrastruktur (IaaS)
- Plattform (PaaS)
- Software-Anwendung (SaaS)

**Vorteil:**

- Weniger langfristige Investitionen, nur operative Kosten durch Cloud-Nutzung
- Gut planbare Gebühren
- Flexibilität bei Veränderungen

**Problematisch:** Datensicherheit

- Absicherung des Zugriffs
- Verschlüsselung der Daten
- Administrator-Rechte des Cloud-Anbieters

**Cloud-Modelle:**

- **Public Cloud:** öffentlich, für jeden zugänglich (meist SaaS); wenig Einfluss auf Datenschutz, unflexibel
- **Private Cloud:** interne, organisationsbezogene Cloud; hohe Sicherheit, Kontrolle, Flexibilität
- **Hybrid Cloud:** Mischform, die Vorteile beider Modelle vereinen möchte

Foto: <https://pixabay.com/de/hand-gesch%C3%A4ftsmann-kommerzielle-3108175/>  
 [1] <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/cloud-computing-53360/version-276453>  
 [2] <https://www.timeline-neo.de/cloud-computing/>

Abb. 14: Cloud Computing Definitionen

## Cloud Computing: Meilensteine<sup>1-3</sup>

**1960er:** Erster Einsatz von EDI (Electronic Data Interchange)

**1997:** Begriff „Cloud Computing“ erstmals verwendet (Prof. R. Chellappa)

**2002:** Amazon Web Services stellt online Datenspeicher zur Verfügung

**1969:** ARPANET, der Vorläufer des Internet, verbindet die Unis UCLA und Stanford

**1998:** VMware stellt Software vor, die Hardware vollständig virtuell zur Verfügung stellt

**2006:** Erste IaaS-Anwendung Elastic Compute Cloud von Amazon

**1982:** Erste Ethernet Adapter-Karte (IBM) für schnellen Datenaustausch

**1999:** Salesforce.com erster Anbieter einer Geschäftsanwendung über eine Website

**2007:** Dropbox Inc. macht Cloud-Speicher zur Commodity

**1992:** Outsourcing der gesamten IT der US-Behörde FAA an EDS Inc.

**2001:** Grid Computing (Open Source) zum Teilen von Ressourcen ohne zentrale Kontrolle (I. Foster et al.)

**2010:** Terremark (SAP), erstes ERP als SaaS auf Enterprise-Level



[1] <https://gcn.com/articles/2013/05/30/gcn30-timeline-cloud.aspx>  
 [2] <https://www.hagel-it.de/cloud/die-geschichte-des-cloud-computing.html>  
 [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Grid-Computing>

Abb. 15: Cloud Computing Meilensteine

## Internet der Dinge

Diese digitale Technik der zunehmenden Vernetzung von Geräten, Sensoren und den Nutzern über das Internet ist Chemikern und Ingenieuren weitgehend von Anwendungen außerhalb der Chemie, d.h. aus der diskreten Industrie, bekannt

Der Ruf bzw. die Relevanz des Internets der Dinge werden sehr ambivalent gesehen. Sensorik und Verarbeitung der Signale bis hin zu einer vollvernetzten Fertigung diskreter, mit einem Tag versehener Werkstücke bis herunter

auf eine Losgröße 1, klingen für Chemiker und Ingenieure in der Chemie zwar interessant aber als nicht ohne Weiteres anwendbar

Das Internet der Dinge ist gut geeignet, die Haupthürde der Digitalisierung in der Chemie zu erklären. Der Transfer von der diskreten in die Prozessindustrie muss gleich doppelt gelingen, technisch und in den Köpfen der Beteiligten. Diese müssen über Veränderungskompetenz verfügen und die Bereitschaft haben, diese auch einzusetzen

### Kurzvorstellung Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)<sup>1,2</sup>



Ermöglicht **Selbstorganisation von industriellen Prozessen** durch direkte Kommunikation von Maschinen, Anlagen, Waren und Menschen

Statt Effizienzsteigerung einzelner Produktionsschritte

Durch **Automatisierung** werden **ganze Wertschöpfungsketten** wesentlich effizienter

**Netzwerk** aus „Smart Objects“, die sich per M2M (Machine-to-Machine) untereinander austauschen

Input durch den Menschen wird überflüssig, die Geräte können **autonom** Aufgaben übernehmen

Mittlerweile **Unterscheidung** zwischen **IoT für Verbraucher** und **Industrielles IoT (IIoT)**

**Vorteile IIoT:**

- Kosten-, zeiteffiziente **Produktionsplanung**
- **Nachhaltigeres Qualitätsmanagement**
- **Intelligente Wertschöpfungskette**
- **Losgröße Eins** ist wirtschaftlich möglich
- **Vorausschauende Wartung** zur Vermeidung ungeplanter Stillstände

Foto: <https://pixabay.com/de/stadt-panorama-smartphone-steuerung-3213676/>  
[1] <https://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/internet-of-things>  
[2] O. Edinger, Software AG, „Industrie 4.0 in der Produktion“

Abb. 16: Internet der Dinge Definitionen

## Internet der Dinge: Meilensteine<sup>1-3</sup>

**1969:** ARPANET, der Vorläufer des Internet, verbindet die Unis UCLA und Stanford

**1973:** Erstes vermarktetes Mobiltelefon (Gewicht 2kg)

**1973:** Patent für RFID (Radio-Frequency Identification) (M. Cardullo)

**1982:** Erster smarter Getränkeautomat übermittelt Füllstand und Temperatur der Getränke

**1990:** Erstes über Internet gesteuertes Gerät – ein Toaster (J. Romkey)

**1993:** Erstes Smartphone vorgestellt (Begriff „Smartphone“ wird erst 1995 offiziell)

**1994:** Bluetooth wird als kabellose Verbindung eingeführt

**1995:** M1, erste M2M-Applikation, erlaubt kabellose Kommunikation zwischen sensor-bestückten Maschinen

**1999:** Begriff IoT erstmals durch Kevin Ashton verwendet

**2000:** GPS wird für zivile Anwendungen freigegeben

**2000:** Erster Internet-Kühlschrank (LG)

**2008:** Erstmals mehr verbundene Geräte als Menschen auf der Erde

**2009:** Google testet autonom fahrende Toyota Prius in Kalifornien

**2011:** Gründung IoT-GSI Global Standards Initiative für weltweite Standards

**2013:** Google Glass, erstes Peripheral Head-Mounted Display (PHMD) an einem Brillengestell



[1] <https://www.thestreet.com/story/13856297/1/a-brief-history-of-the-internet-of-things.html>

[2] <https://www.sutori.com/story/timeline-of-the-internet-of-things>

[3] <https://www.startupregionowl.de/neun-meilensteine-in-der-geschichte-des-internet-of-things/>

Abb. 17: Internet der Dinge Meilensteine

In einem Interview erläutert Oliver Edinger, Vice President Internet of Things (IoT) Competence Center bei der Software AG, die Prinzipien des Internets der Dinge, die Spezifika des Einsatzes in der Chemischen Industrie und der Auswirkungen auf Chemiker und Ingenieure 4.0. Herr Edinger war einer der Referenten bei der VCW

Konferenz über die Industrie 4.0 im September 2016 in Darmstadt und engagierte sich als Kompetenzpartner der Initiative Berufe 4.0

Das Interview führte Dr. Wolfram Keller, Projektleiter Berufe 4.0



Interview mit Oliver Edinger, Vice President Internet of Things, Software AG

„Das Internet der Dinge in der Chemie – Auf dem Weg zum Durchbruch, wenn erst einmal der Startschuss gefallen ist“

**Frage:** Herr Edinger, viele Teilnehmer der Initiative „Berufe 4.0“ tun sich mit zwei digitalen Anwendungen sehr schwer, der Blockchain und dem Internet der Dinge. Was genau ist das Internet of Things (IoT) im Kontext der Chemieindustrie?

**Antwort:** Allgemein gesprochen ist IoT die Vernetzung von physischen Dingen (z.B. Pumpen) mit technischen Systemen (z.B. Enterprise Resource Planning) und Menschen. Es geht also darum, Daten aus der dinglichen Welt zu gewinnen, daraus Informationen abzuleiten und diese dann zu nutzen, um Entscheidungen und Prozesse zu optimieren. Im Bereich der Chemischen Industrie könnte das IoT zum Beispiel die Grundlage für ein maschinen-, anlagen- und werksübergreifendes Energie Monitoring sein oder auch für die Einführung eines auf Füllstandüberwachung basierenden Vendor Managed Inventory. Und natürlich spielt das IoT auch eine wesentliche Rolle bei der Umstellung auf eine zustandsbasierte Instandhaltung

**Frage:** Es geht also um 2 Aspekte, einmal IoT als einen Weg zu nutzen, aus dinglichen Daten aktuell relevante Informationen zu gewinnen und zum anderen, Managementprozesse und technische Systeme und Anlagen über Algorithmen zu steuern und optimieren?

**Antwort:** Dies sind wichtige Aspekte, wenn man IoT unter dem Blickwinkel der Produktion betrachtet. Für die lokale Steuerung der Anlagen gibt es allerdings oft schon Systeme. Diese sollten dann mit ihren Datenflüssen auch in eine umfassende IoT-Landschaft eingebunden werden. Beim Aufbau einer IoT Umgebung geht es somit nicht um das Ersetzen, sondern um das sinnvolle Erweitern von Datenflüssen und um den Aufbau einer vertikalen und horizontalen Integration, sowohl innerhalb des eigenen Unternehmens als auch in Bezug zu den Kunden, Lieferanten und Dienstleistern. Es geht aber auch darum, dass Daten aus der dinglichen Welt zu kontextbezogenen Informationen umgewandelt werden („Smart Data“)

**Frage:** Das Prinzip, über Smart Data von Anfang bis Ende einer Prozess- oder sogar einer Wertschöpfungskette, also weit über die Fabrik hinaus, verfügen zu können, ist ein lange gehegter Wunsch in der Chemie. Wie nahe kommt das IoT dieser Vision?

**Antwort:** Die Endausbaustufe einer IoT-Umgebung kann eine solch umfassende Abdeckung sicherlich zum Ziel haben. Der Weg dorthin ist aber lang und muss in Zwischenziele zerlegt werden. Diese müssen für sich jeweils einen eigenständigen Mehrwert liefern. So kann jedes Unternehmen dann für sich selbst bestimmen, wann es sein IoT „Optimum“ erreicht hat, also nicht am Anfang gleich eine IoT Umsetzung mit allen vorstellbaren Funktionen im regulierten Bereich der Produktion angehen. Effektiver kann es sein, in einer weniger komplexen Umgebung zu starten, die initial bereitgestellten Funktionen auf ein sinnvolles Minimum zu beschränken, erste Erfahrungen zu sammeln und das Feedback zur Verbesserung zu nutzen

**Frage:** Die diskrete Industrie hat beim IoT einen deutlichen Vorsprung vor der Chemie. Welche Ursachen, z.B. technische, wirtschaftliche oder regulatorische stellen Sie dafür fest?

**Antwort:** Aus meiner Sicht liegt das zum einen an den komplexeren regulatorischen Vorschriften und den Zulassungsverfahren. Der zeitliche und finanzielle Aufwand ist somit größer. Einige „Einsteiger“



*Use Cases, wie beispielsweise das Condition Monitoring einer Anlage liefern dann möglicherweise keinen positiven Business Case. Des Weiteren sind aber auch die Endprodukte nicht so einfach zu vernetzen und somit neue, datengetriebene Dienstleistungen zu etablieren. Nehmen Sie das Tracking und Vendor Managed Inventory bei Flüssigkeitscontainern als einfaches Beispiel. Wo kann man einen Sensor im Inneren anbringen, der eine regelmäßige Hochdruckreinigung übersteht, dessen außen angebrachte Sendeeinheit nicht beim Verladen beschädigt wird und dessen Batterien -- Stromkabel können ja nicht angebracht werden -- nicht alle 2 Wochen getauscht werden müssen?*

**Frage:** *Welche Implikationen auf das Tätigkeitsprofil eines Betriebsleiters oder -ingenieurs hat ein erfolgreich eingeführtes IoT in einer Fabrik?*

**Antwort:** *Langfristig wird dieser Personenkreis von routinemäßig durchzuführenden Kontrollaufgaben entlastet. Es wird stärker ausnahmebasiert gearbeitet, auf Basis der mittels IoT gewonnenen Informationen. Es wird aber auch eine größere Transparenz zwischen den einzelnen Werken geben. Betriebsleiter und -ingenieure müssen somit zum Treiber digitaler Verbesserungen werden. Das eigene Know-how muss um ein digitales Grundverständnis erweitert werden. Im Rahmen der Führungs- und Vorbildfunktion ist es auch wichtig, dass dieser Personenkreis zum „Digital Champion“ wird. Dies bedeutet, dass für Mitarbeiter die notwendigen Freiräume geschaffen werden, um sich mit IoT und Digitalisierung auseinandersetzen zu können. Dies betrifft nicht nur junge Mitarbeiter oder neu einzustellende junge Talente, sondern auch die „Arrivierten“. Sie waren, sind und bleiben wichtige Leistungsträger, die den Erfolg einer digitalen Transformation sicherstellen*

*Herr Edinger, vielen Dank für das Interview und Ihre Unterstützung als Kompetenzpartner von Berufe 4.0!*

## Maschinelles Lernen und Tiefgehendes Lernen

Maschinelles Lernen und Tiefgehendes Lernen, gewissermaßen eine ihrer „Ausbaustufen“ sind Bestandteile der Künstlichen Intelligenz, KI

Die praktischen Anfänge der ab dann so genannten Künstlichen Intelligenz reichen bis in

die 1950er Jahre zurück. Ein Beispiel der Anwendung Künstlicher Intelligenz in der als konservativ geltenden Lackchemie beschreibt die folgende Fallstudie



### **Künstliche Intelligenz bei der Automatisierung von Qualitätsprüfungen und der Optimierung von Prozessen und Produkten**

**Ralph Jan Wörheide, Geschäftsführender Gesellschafter, ORONTEC GmbH & Co. KG**



*Die ORONTEC GmbH & Co. KG ist ein Technologie Start-Up (2014) mit Produkten und Dienstleistungen für die Prozessindustrie. Den Schwerpunkt bilden Messtechnik und Automatisierung für das Labor. Zu den Kunden gehören internationale Konzerne und KMU, Präsenz weltweit*

*Viele messtechnische Lösungen, insbesondere in der Lackindustrie, sind wenig automatisiert und die methodischen Grundlagen veraltet. Das eigene Farbmesssystem verkürzt und automatisiert einen sehr aufwändigen Prüfprozess erheblich, von Stunden auf Minuten. In der bisherigen Praxis mussten Lacke auf Prüflinge aufgebracht, getrocknet und manuell vermessen werden. Das entwickelte System führt die Farbmessung in einem Schritt im Flüssigen durch. Übergreifend werden Laborprozesse digitalisiert und bezüglich des Ablaufs automatisiert, dies auch in Bezug auf administrative Tätigkeiten, für die noch ein erheblicher Teil der Arbeitszeit verwendet wird*

*Die messtechnischen Lösungen sind ein Baustein, die das Ziel verfolgen, Prüfprozesse zu automatisieren und digitale Informationen zu erzeugen, um damit die Grundlage für selbstlernende Systeme bilden*

*Solche selbstlernenden Systeme, als ein Werkzeug der Künstlichen Intelligenz, helfen Unternehmen dabei, auf Basis von gelernten Daten die Prozesse und Materialien weiter zu verbessern*

*Im Beispiel der Flüssiglack - Farbmessung ist dies eine Korrektursoftware, die aus jedem Produktionsansatz lernt, wie in Zukunft eine Korrektur verbessert oder sogar vermieden werden kann. Das Unternehmen arbeitet mit seinen Kunden in Projekten und bezieht bewusst bestehende IT-Systeme so mit ein, dass ein schlüssiges Gesamtkonzept entsteht*

*Mit einem starken Hintergrund in der Chemie und Kompetenzen in IT und Maschinenbau ist ORONTEC ein Systemanbieter, der sich mit ganzheitlichen Projekten zur Prozessoptimierung beschäftigt*

## Kurzvorstellung Maschinelles Lernen - Teil der Künstlichen Intelligenz (KI)<sup>1</sup>



### Verschiedene Methoden, um aus Datenmustern Vorhersagen zu machen

- Verwendung von Methoden der Programmierung (Algorithmen) und Statistik
- Hierarchische Zerlegung von Datensätzen
- Ermittlung von Ähnlichkeiten zwischen Datensätzen
- Verwendung der erlernten Datenmuster für Vorhersagen

### Überwachtes Lernen

- Lehrer trainiert Algorithmus Fähigkeit zur Assoziation an

### Unüberwachtes Lernen

- Algorithmus erzeugt selbstständig kategorisierende Modelle und optimiert sie iterativ

### Bestärkendes Lernen

- Algorithmus wird durch Erfolg/ Misserfolg zum maximalen Nutzen optimiert

### Methoden im Detail

- Entscheidungsbaum Lernen
- Regression
- Bayes'sches Netz
- Hidden Markov Modell
- Rückgekoppelte Neuronale Netze
- K-Means
- Q-Lernen

Foto: <https://pixabay.com/de/k%C3%BCnstliche-intelligenz-gehirn-hirn-3382507/>

[1] [https://www.bigdata.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer-Studie\\_ML\\_2018\\_WEB.PDF](https://www.bigdata.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer-Studie_ML_2018_WEB.PDF)

Abb. 18: Maschinelles Lernen Definitionen

## Kurzvorstellung Tiefgehendes Lernen - Teil der Künstlichen Intelligenz (KI)<sup>1</sup>



### Methoden des Tiefgehenden Lernens

- **Feed Forward Neuronal Networks:** Daten werden im neuronale Netze nur in INPUT – OUTPUT Richtung verarbeitet
- **Convolutional Neural Networks:** Sie adaptieren die eine Art der Prozessierung von Bilddaten im Gehirn
- **Recurrent Neural Networks:** Sie verwenden rückgekoppelte Lagen von Neuronen („Gedächtnis im Netz“)

### Technische Voraussetzungen

- Nutzung Neuronaler Netze mit mehr als zehn Lagen von Neuronen
- Cloud als Datenspeicher
- Hohe Rechenleistung
- Verfügbarkeit großer Mengen – individueller - Daten

### Zukünftige Anwendungsgebiete

- Bilderkennung
- Maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache
- Autonomes Fahren
- Vorausschauende Wartung
- Personalisiertes Marketing

Foto: <https://pixabay.com/de/k%C3%BCnstliche-intelligenz-gehirn-hirn-3382521/>

[1] [https://www.bigdata.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer-Studie\\_ML\\_2018\\_WEB.PDF](https://www.bigdata.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer-Studie_ML_2018_WEB.PDF)

Abb. 19: Tiefgehendes Lernen Definitionen

## Maschinelles und Tiefgehendes Lernen: Meilensteine<sup>1-3</sup>

**1943:** Erste Beschreibung neuronaler Netze (W. McCulloch, W. Pitts)

**1949:** Formulierung der Hebb'schen Lernregeln (D.O. Hebb)

**1950:** Allen Turing schlägt den Turing Test für die Denkfähigkeit einer Maschine vor

**1956:** 'The logic theorist', Programm zum Beweis logischer Theoreme (A. Newell, H.A. Simon)

**1956:** Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence

**1958:** Entwicklung des Neurocomputers Mark I Perceptron (F. Rosenblatt, C. Wightman)

**1960er:** Entwicklung von Hidden Markov Modellen (L.E. Baum)

**1966:** Entwicklung des Programms ELIZA, Gesprächssimulation mit einem Psychologen (J. Weizenbaum)

**1970er:** Spracherkennungsprogramme basierend auf Hidden Markov Modellen

**1980er:** Proteinsequenzierung mit Hidden Markov Modellen

**1997:** Deep Blue besiegt Schachweltmeister Garri Kasparov

**2014:** Google stellt sein auf KI basierendes selbstfahrendes Auto vor



[1] [https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliche\\_Intelligenz](https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliche_Intelligenz)

[2] [https://www.bigdata.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer-Studie\\_ML\\_2018\\_WEB.PDF](https://www.bigdata.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer-Studie_ML_2018_WEB.PDF)

[3] [https://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloadadocument/9789401798150-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1495021-p177264210](https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloadadocument/9789401798150-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1495021-p177264210)

Abb. 20: Maschinelles und Tiefgehendes Lernen Meilensteine

Kaum eine digitale Technik – von Robotik abgesehen – wird von Akademikern so kontrovers diskutiert wie die Künstliche Intelligenz, weil viele Chemiker und Ingenieure neben den Chancen vor allem die Risiken bezüglich ihres eigenen Arbeitsplatzes sehen. Im Gespräch beruhigt Herr Wörheide:

*„Den Einsatz Künstlicher Intelligenz sehen wir unter dem Motto Ergänzen statt Ersetzen. Künstliche Intelligenz ist bereits in der Lage, Routineaufgaben zu automatisieren. Dass dadurch komplette Jobs wegfallen, halten wir*

*aber für unwahrscheinlich. Es ist eher die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine, die den zukünftigen Erfolg der Digitalisierung ausmachen wird und dem wir uns verschrieben haben. Vor dem Hintergrund des Mangels an Fachkräften sollte die Lösung darin bestehen, dass die bestehenden Mitarbeiter von Routine und stupider Arbeit entlastet werden und sie in den wertschöpfenden Prozessen effektiver arbeiten können, pünktlich Feierabend machen und ein Arbeitsumfeld vorfinden, in dem sie sich entwickeln können und Spaß an der Arbeit haben“*

## Robotik

Auch der Einsatz von Robotern für industrielle Zwecke ist keine wirklich neue digitale Anwendung. Erste, dem Menschen nachempfundene, Vorläufer von Robotern gab es bereits Ende der 1930er, Anfang der 1940er Jahre. Am bekanntesten sind die Industrieroboter, z.B. in der PKW-Fertigung, wieder einem Beispiel außerhalb der Chemischen Industrie

Diese hat die Möglichkeiten und Vorteile der Roboter und Coboter, d.h. mit Menschen kollaborierender Roboter, erkannt und arbeitet mit Hochdruck an Lösungen, um ihren Einsatz in der Prozessindustrie mit zum Teil ganz eigenen, „für Roboter ungewohnten Rahmenbedingungen“ zu ermöglichen, wie die folgende Fallstudie zu Cobotern zeigt:



### **Adaption von kollaborierenden Robotern (Coboter) auf die speziellen Anforderungen in der Pharmaindustrie**

**Ein Beitrag von Dr. Claudius Neumann**

*Ein führendes Chemie- und Pharmaunternehmen mit weltweiter Präsenz ist Innovationsführer in den meisten seiner Produktlinien und Anwendungsbereichen. Das Unternehmen steuert Innovationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, einschließlich Herstell- und Verpackungstechnologien*

*Oft werden in der Pharmaindustrie kleine Chargen hochpotenter Wirkstoffe hergestellt. Zum einen sind Rüstzeiten relativ lang, z.B. wegen aufwändiger Reinigungen, Freigaben und Umkleidevorgängen, die dem Arbeitsschutz der Mitarbeiter gelten. Außerdem bedarf es einer aufwändigen Infrastruktur, z.B. ex-Schutz-Ausstattung, Reinräume und Material- und Personalschleusen*

*Um pharmazeutische Wirkstoffe kostengünstig, sicher, mit hoher Anlagenauslastung und in gleichbleibend hoher Qualität herzustellen, bietet sich grundsätzlich der Einsatz von Robotern bzw. Cobotern an, die Hand in Hand, also „kollaborierend“ mit den Operatoren arbeiten*

*Industrielle Roboter sind allerdings für den Einsatz unter diesen Bedingungen nicht ohne weiteres geeignet. Der Konzern hat die Chancen und Herausforderungen gleichermaßen erkannt und adaptiert in unternehmenseigenen Entwicklungsabteilungen, Prüfeinrichtungen und Werkstätten industrielle Coboter für den Einsatz mit offenen Stoffen und gleichzeitig GMP-gerechter Dokumentation*

*Die Renditen für die Anschaffung von Robotern/ Cobotern sind i.d.R. für kleinere Pharmafirmen noch unattraktiv. Für Konzerne und Großunternehmen mit eigenen Ressourcen und höherem Bedarf an Robotern sieht die Rechnung anders aus, zumal sie durch Eigenentwicklung zusätzliches „Geistiges Eigentum“ generieren und vermarkten können*

## Kurzvorstellung Robotik / Industrieroboter<sup>1-3</sup>



**Industrieroboter:** Universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen

**Bewegungen** hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln **frei programmierbar** und gegebenenfalls sensorgeführt

Ausrüstung mit **Greifern, Werkzeugen** oder **anderen Fertigungsmitteln** für Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben

**Sensomotorische Maschinen** zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit

Mechatronische Komponenten, Sensoren und rechnerbasierten Kontroll- und Steuerungsfunktionen

**Gegenüber anderen Maschinen:** Größere Anzahl von Freiheitsgraden, Vielfalt und Umfang seiner Verhaltensformen

**Chancen/Herausforderungen** für die Chemie

- Umgang mit Gefahrstoffen bzw. APIs
- Ex-Schutz-Umgebung
- Regulierte Labors/ Fertigung/ Abfüllung
- Nicht-starre Packmittel (Säcke)

Mensch-Maschine-Kollaboration und KI im Fokus der Entwicklung

Foto: Bosch-APAS [https://www.bosch-apas.com/media/apas/pics/mensch\\_roboter\\_kollaboration/fernbereichsueberwachung\\_res\\_1280x720.png](https://www.bosch-apas.com/media/apas/pics/mensch_roboter_kollaboration/fernbereichsueberwachung_res_1280x720.png)

[1] <https://www.bosch-apas.com/mensch-roboter-kollaboration/>

[2] VDI-Richtlinie 2860

[3] Christaller, Thomas u.a., Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft, Berlin 2001

Abb. 21: Robotik Definitionen

## Robotik / Industrieroboter: Meilensteine<sup>1,2</sup>

**1939:** Erster humanoider Roboter „ELEKTRO“ vorgestellt

**1960:** UNIMATE, erster Industrieroboter, bei GM eingesetzt (N. Heroux, G. Devol, J. Engleberger)

**2000:** UN schätzt Zahl der Industrieroboter weltweit auf 742500

**1942:** Vorstellung der 3 Gesetze der Robotik (I. Asimov)

**1966:** Erster Voice Assistant ELIZA

**2007:** Industrieller Roboterarm von FANUC kann 120 Werkstücke/Minute greifen

**1948:** Entwicklung der ersten autonomen Roboter (W.G. Walter)

**1968:** SHAKEY, erster mobiler Roboter, der Hard- und Software verbindet

**2011:** Siri (Apple), sprachaktivierter persönlicher Assistent

**1950:** Turing's Test, testet Maschinen auf ihre Fähigkeit, zu denken (A. Turing)

**1986:** Erstes autonom fahrendes Auto (Mercedes)

**2015:** ALEXA (Amazon), Virtueller Assistent für Kommunikation mit Geräten im Haushalt

**1954:** Patent für ersten programmierbaren Roboter-Arm (G. Devol)

**2000:** Humanoider Roboter ASIMO vorgestellt (Honda)

**2016:** Erste Pakettlieferung per Drohne in UK (Amazon)



[1] <http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/rise-robotics-ai-infographic/>

[2] <https://www.techworld.com/picture-gallery/apps-wearables/brief-history-of-robotics-timeline-of-key-achievements-in-field-since-1941-3645131/>

Abb. 22: Robotik Meilensteine

Vorläufer der Robotik in Form von Laborautomation finden in der Qualitätskontrolle seit Jahrzehnten Anwendung, etwa bei der Probenahme, beim Fraktionssammeln, beim Zuführen von Proben in Messgeräte und bei der Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse. Ob-

wohl gerade bei der Probenahme toxische, radioaktive oder pharmakologisch wirksame Reinsubstanzen Roboter große Vorteile bieten können, gibt es einige praktische Herausforderungen in der Chemie- und Pharmabranche, wie die folgende Fallstudie belegt



### **Einsatz von Robotern zur vollautomatischen Probenahme von Rohstoffen aus Fässern für die Qualitätskontrolle**

**Ein Beitrag von Dr. Claudius Neumann**

*Eine Private Public Partnership (PPP) eines Konzerns der Chemie- und Pharmabranche mit mehreren Universitäten verfolgt das Ziel, Prozessinnovationen und Technologien für die Chemie-, Pharma-, Biotechnologieindustrie u.a.m. bis zur Serienreife zu entwickeln*

*Konzernweit werden täglich aus hunderten von Fässern Proben für die Qualitätskontrolle der eingekauften Rohstoffe gezogen. Der Prozess der Probenahme ist deutlich komplexer als er sich gemeinhin darstellt: Er besteht aus bis zu 20 Einzelschritten, beinhaltet Packmittel verschiedenen Außen- und Innenmaterials und Größe sowie eine Vielzahl an Chemikalien unterschiedlicher Qualität, Gefahrgutkennzeichnung, Körnung, Dichte, Reinheit usw.*

*Über einen Open Innovation Ansatz unter Einbindung von Roboterspezialisten ist die Entwicklung von Hard- und Softwarelösungen für 5 Haupt- und 20 Teilaufgaben von der Fassöffnung über das Öffnen des Inliners, die eigentliche Probenahme, das Wiederverschließen des Inliners und das Wiederverschließen mit Neubeschriften des Fasses in Angriff genommen worden. Mittlerweile sind Lösungen für die meisten Haupt- und Teilaufgaben marktreif. Als besonders spannende Herausforderung für den Einsatz von Robotern zur Probenahme stellt sich nach wie vor das Wiederverschließen flexibler Kunststoffsäcke nach der Probeentnahme heraus. Mit ausgereiften Lösungen ist in Bälde zu rechnen*

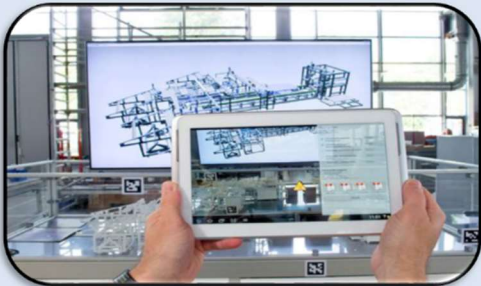
*Das vollautomatische Probeziehen aus Fässern unterschiedlicher Größe und Materialien mit Hilfe von Robotern stellt eine Disruption in den Fabriken des Konzerns dar. Die Fehlerquote sinkt, Arbeitssicherheit, Prozesseffizienz und Produktivität steigen*

## Erweiterte und Virtuelle Realität

Bereits sehr populäre und im Anlagenbau und in der Instandhaltung verbreitete bzw. in Erprobung befindliche digitale Techniken sind die Techniken der veränderten Realität: Die erweiterte Realität, die im Gegensatz zu ihr komplett virtuelle Realität und die Mischformen, sie so-

genannte vermischte Realität. Vielen Chemikern und Ingenieuren sind diese Anwendungen u.a. von Spielekonsolen oder über die Einblendungen bei Sportübertragungen bekannt. Eine Anwendung für Erweiterte Realität beschreibt die Fallstudie im Anschluss an diese Definition

### Kurzvorstellung Erweiterte Realität (Augmented Reality, AR)<sup>1,2</sup>



AR bezeichnet eine **computerunterstützte Wahrnehmung** bzw. Darstellung, welche die reale Welt um virtuelle Aspekte **erweitert**

Abbildung der digitalen Inhalte über

- Smartphone/Tablet
- Spezielle Headsets mit Kamera zur Objekterkennung

**Reale Welt als Grundlage**

- **Ergänzung** um virtuelle Inhalte/ Elemente
- **Verzicht** auf Steuerungsmöglichkeiten
- Erlaubt bessere Einblicke in Funktionsweisen, Prozesse, live-Anleitungen
- **Fließender Übergang** von VR über Mixed Reality zu AR (Milgram's Reality-Virtuality-Kontinuum 1994)

**Beispiele für Anwendungen:**

- Abgleich der Rezepturpositionen mit den eingesetzten Rohstoffen (Barcode)
- Zusatz-Informationen zu den eingesetzten Chemikalien (Gefahrsymbole, Schutz) in der Chemischen Industrie
- Informationen in Echtzeit, z.B. für Ärzte

Foto: Industrie\_4\_0\_Bild\_07\_38175e8454 Fraunhofer IFF Thorsten Böhme  
[1] <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/augmented-reality-53628>  
[2] <https://morehandigital.info/virtual-reality-vs-augmented-reality>

Abb. 23: Erweiterte Realität Definitionen



### Mixed Reality in der Lackproduktion mittels Hololens

Ein Beitrag von Dr. Ulf Stalmach, Lack-Digitizer

*Ein mittelständischer Lackproduzent, über 100 Jahre alt, Anbieter von hochspezialisierten Beschichtungsstoffen mit ca. 120 Mitarbeitern und weltweit aktiv, entwickelt mit Partnern Mixed Reality Anwendungen für die Lackproduktion*

*Dort wird bisher überwiegend papierbezogen gearbeitet. Rezepturen werden ausgedruckt, und die Produktionsschritte im Laufe der Produktion manuell dokumentiert. Dies bedeutet ständiges An- und Ausziehen der Schutzhandschuhe vor und nach dem Gang zum Terminal. Die Nutzung der Computer-Ter-*



*minals oder mobiler Computer scheitern oft an dieser problematischen Bedienung. Auch wenn die vollständige Automatisierung des Produktionsprozesses in vielen Fällen weder technisch noch ökonomisch sinnvoll ist, ist eine Teilautomatisierung wünschenswert*

*Mittels der Hololens, einer Mixed-Reality-Brille für interaktive 3D-Projektionen, wird der Produktionsraum virtuell mit mobilen Terminals und 3D-Touchpoints zum Auslösen oder Bestätigen, z.B. von Produktionsaufträgen oder -teilaufträgen, versehen. Diese können sich bei Bedarf mit dem Anwender im Raum mitbewegen und werden mittels Gesten gesteuert. Die Darstellung der Arbeitsanweisungen erfolgt im Display der Hololens. Dabei werden nur die gerade anstehenden Arbeitsschritte der Rezeptur eingeblendet und um Informationen zu Gefahren und Arbeitsschutz bezüglich des gerade eingesetzten Rohstoffs ergänzt. Alle Arbeitsanweisungen müssen durch den Anwender bestätigt werden, ansonsten wird der nächste Arbeitsschritt nicht angezeigt*

*So wird zum einen eine Informationsüberflutung vermieden. Gleichzeitig werden die Einhaltung der korrekten Reihenfolge gewährleistet und etwaige Verwechslungsrisiken minimiert*

*Nur durch Rückmeldung aller Vorgänge in Echtzeit ist die Umsetzung von Chemie 4.0 in Produktion und darüber hinaus, z.B. in der Logistik, erreichbar. Neben Sicherstellung der richtigen Reihenfolge der Prozessschritte können auch Prozesssteuerungsparameter wie Temperatur im Reaktionsbehälter, Drehzahl des Rührwerks etc. im laufenden Prozess in Echtzeit zu Gunsten einer höheren Prozessqualität aufgenommen werden. Bei unerwünschten Abweichungen kann sofort gegengesteuert werden, bevor das Produkt abgefüllt und zum Kunden verschickt wird, da über die Bilderkennung der Kamera in der Hololens die Prozessdokumentation deutlich optimiert und simultan vor Ort und im Leitstand verfügbar gemacht wird*

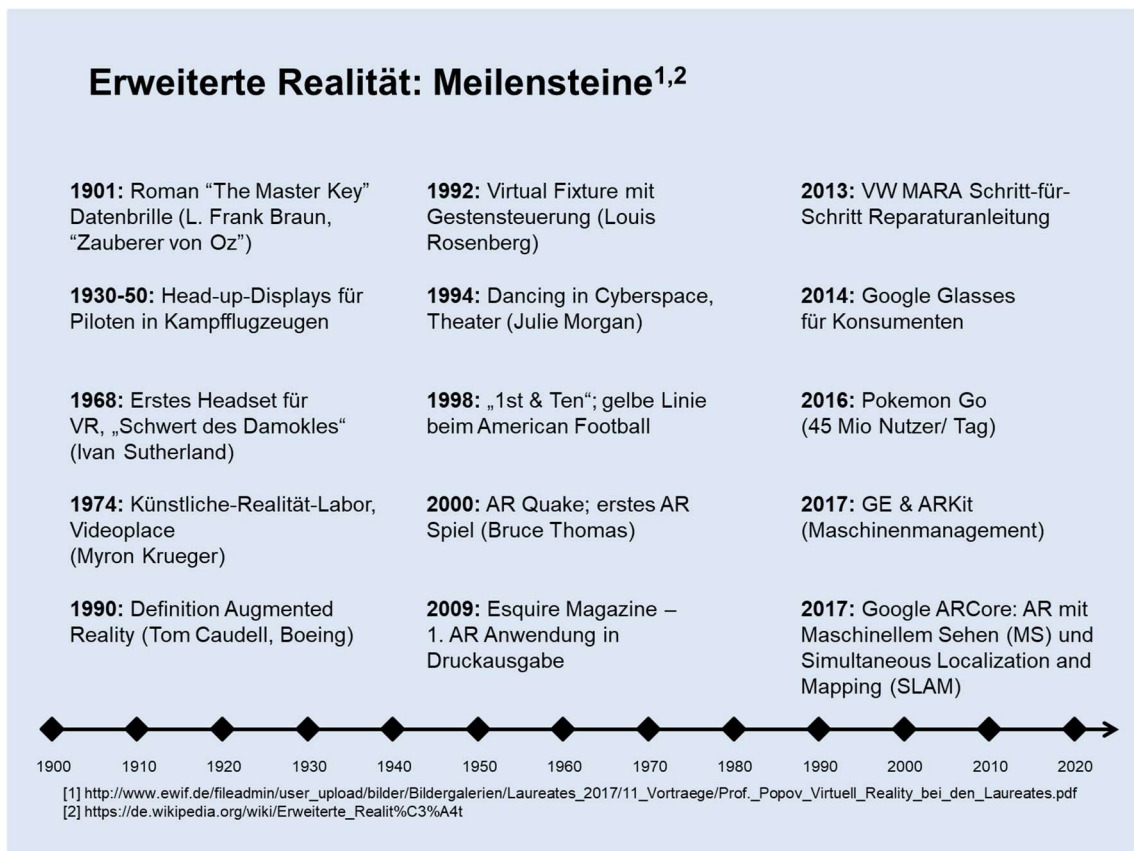


Abb. 24: Erweiterte Realität Meilensteine

## Kurzvorstellung Virtuelle Realität (VR)<sup>1</sup>



Technologie, die den Nutzer

- in eine computergenerierte, benutzerzentrierte, 3D-Umgebung integriert
- die Möglichkeit einer interaktiven Handlung in Echtzeit bietet

Essentiell:  
Steuerungsmöglichkeit, z.B. über Fernbedienung, Controller, Kopfbewegungen

**Immersion: Illusion des Eintauchens in die virtuelle Umgebung**

- Realitätsnahes Ansprechen der Sinne (visuell, akustisch, haptisch, olfaktorisch)

**Interaktion: Wechselseitiges Handeln in der virtuellen Umgebung**

- Möglichkeit die virtuellen Objekten zu bewegen, zu verändern oder zu benutzen

**Anwendungen:**

- Virtuelle Werksführung
- Prozess-Optimierung bereits in der Planungsphase
- Simulatoren für Ausbildung/Training
- Virtuelles Prototyping
- Virtuelle Mitarbeiter-Schulung beim Kunden

Foto: Industrie\_4\_0\_Bild\_06\_39aa3e1883 TU Chemnitz, Andreas Golle

[1] [http://www.ewif.de/fileadmin/user\\_upload/bilder/Bildergalerien/Laureates\\_2017/11\\_Vortraege/Prof.\\_Popov\\_Virtuell\\_Reality\\_bei\\_den\\_Laureates.pdf](http://www.ewif.de/fileadmin/user_upload/bilder/Bildergalerien/Laureates_2017/11_Vortraege/Prof._Popov_Virtuell_Reality_bei_den_Laureates.pdf)

Abb. 25: Virtuelle Realität Definitionen

## Virtuelle Realität: Meilensteine<sup>1,2</sup>

**1932:** Polarisatorbrille (H. Land)

**1968:** Build-It 3D-Betrachtung von Molekülen

**2008:** Omnidirektionale Laufbänder & Helm-Displays (MPI Zürich)

**1946:** Elektrisch numerische Rechenwerke und -maschinen (J.P. Eckert, J.W. Mauchly)

**1970/80:** Psychic Space, Video Place, Artificial Reality (M. Krueger)

**2009:** Interaktive Datenbrille mit Eye Tracking (Fraunhofer IPMS)

**1952:** Cinerama Breitwand-Filmformat (Fa. Cinerama)

**1982:** Virtual Reality Begriff (D. F. Broderick)

**2012:** VR Brillen – Start-up Oculus; Crowd funding (J. Carmack, P. Luckey)

**1962:** Sensorama - Passiver AR Automat (M. Heilig)

**1985:** VIVED – Telerobotische Systeme für Bau von Raumstationen (NASA)

**2013/15:** Oculus, HTC, Sony, Valve, später Microsoft – technische Durchbrüche

**1962/63:** Sketchpad – frühe interaktive graphische Datenverarbeitung (I. Sutherland)

**1990er:** Forte VFX1 Helm, Nintendo/ Virtual Boy, Voodoo Graphics Graphikkarte

**2016/17:** Steiles Wachstum der VR Headsets im Konsumentenmarkt (Spielekonsolen)



[1] [http://www.ewif.de/fileadmin/user\\_upload/bilder/Bildergalerien/Laureates\\_2017/11\\_Vortraege/Prof.\\_Popov\\_Virtuell\\_Reality\\_bei\\_den\\_Laureates.pdf](http://www.ewif.de/fileadmin/user_upload/bilder/Bildergalerien/Laureates_2017/11_Vortraege/Prof._Popov_Virtuell_Reality_bei_den_Laureates.pdf)

[2] [https://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelle\\_Realit%C3%A4t](https://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelle_Realit%C3%A4t)

Abb. 26: Virtuelle Realität Meilensteine

## 3D-Druck

Der 3D-Druck ist unter den vorgestellten digitalen Technologien eine der jüngeren und gewinnt seit Mitte der 1980er Jahre massiv an Bedeutung. Die automatisch-maschinelle Erzeugung von Gegenständen aus flüssigen oder pul-

verförmigen Materialien wie Kunststoffen, Silikon, Kunstharzen, Keramik und Metallen baut auf zum Teil alten Vorgängertechnologien wie der Fotolithographie oder auf sehr alten wie dem Sintern von Materialien auf

**Kurzvorstellung 3D-Druck / additive Fertigung<sup>1,2</sup>**



**Potentielle Anwendungsgebiete:**

- Luft - und Raumfahrt Technik
- Automobilbau
- Werkzeugbau
- Medizintechnik
- Prototypen-Erstellung
- Ersatzteil-Herstellung vor Ort (Anlagenbau)

**In der industriellen Fertigung werden wesentliche Änderungen erzielt durch:**

- Realisierung komplexer Strukturen, enger Toleranzen, filigraner Bauteile, individualisiertem Produkt Design
- Verkürzung der Zeiten von Entwicklung, Konstruktion und Bauteilfertigung
- Kostengünstige Produktion kleiner Serien

**Auswirkung auf Wertschöpfungsketten von Fertigungs- & Rohstoffindustrie:**

- Engere Einbindung von Rohstoffherstellern in Kunden-/ Endkundenbeziehungen
- Entstehung neuer Geschäftsmodelle durch Kombination von Materialherstellung, Fertigungstechnologie und Software Engineering

Foto: <https://pixabay.com/de/industrie-technologie-maschine-3d-3225119/>  
[1] [https://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur\\_dateien/gpl\\_dateien/6112\\_PUB\\_GPL\\_Thesen\\_und\\_Handlungsfelder\\_-\\_Additive\\_Fertigungsverfahren\\_Internet.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gpl_dateien/6112_PUB_GPL_Thesen_und_Handlungsfelder_-_Additive_Fertigungsverfahren_Internet.pdf)  
[2] <https://vdiwde-it.de/publikation/additive-fertigungsverfahren-3d-druck>

Abb. 27: 3D-Druck Definitionen



### 3D-Druck mit Elastomeren in der Chemischen Industrie

Ein Beitrag von Dr. Ulf Stalmach, Lack-Digitizer

Mittels 3D-Druck, auch Additive Fertigung genannt, lassen sich Prototypen, individualisierte Produkte oder Kleinserien kostengünstig produzieren. Die Erstellung eines Werkzeugs entfällt. Bisher waren druckbare Materialien thermoplastisch verformbare Kunststoffe, Metalle und Keramik, oder fotopolymersierbare Flüssigkeiten. Dies bedingt eine gewisse Starrheit der zu druckenden Produkte. Elastomere waren bisher nicht mittels 3D-Druck zu verarbeiten

Mit speziell für diesen Zweck hergestellten Siliconen lassen sich erstmals Elastomere drucken. Diese Technologie beruht auf einer ganzheitlichen Systemlösung aus UV-härtbaren Siliconen, neu entwickelten Druckmaschinen, spezieller Software und der Expertise, digitale Modelle für den 3D-Druck auszuliegen. Für Produkt-Geometrien mit Hohlräumen oder Überhängen werden temporäre, wasserlösliche Stützmaterialien eingesetzt. Analog dem Tintenstrahldruck werden Siliconharztröpfchen gemäß der

elektronischen Vorlage platziert und fließen ineinander, bevor sie anschließend mittels UV-Laser vulkanisiert werden

Die zeitnahe kreative Nutzung der Gestaltungsmöglichkeiten ist der wirkliche Wertbeitrag der additiven Fertigung. Der Mehrwert des Verfahrens besteht darin, Kleinserien jetzt schnell, flexibel und kostengünstig neuen Anforderungen anpassen zu können. Die Ortsunabhängigkeit des 3D-Druckers durch Hochladen der CAD-Dateien über das Internet ist ein großer Vorteil gegenüber etablierten industriellen Strukturen. Aufwändige Lagerhaltung von Ersatzteilen wird überflüssig, individuell angepasste Implantate werden erschwinglich

Wenn alle Kompetenzbereiche, d.h. Material-, Hardware-, Software- und Fertigungskompetenz, von einer Firma abgedeckt werden, bietet das dem Kunden ein komplettes System inklusive Trainingsmöglichkeiten und Webshop aus einer Hand

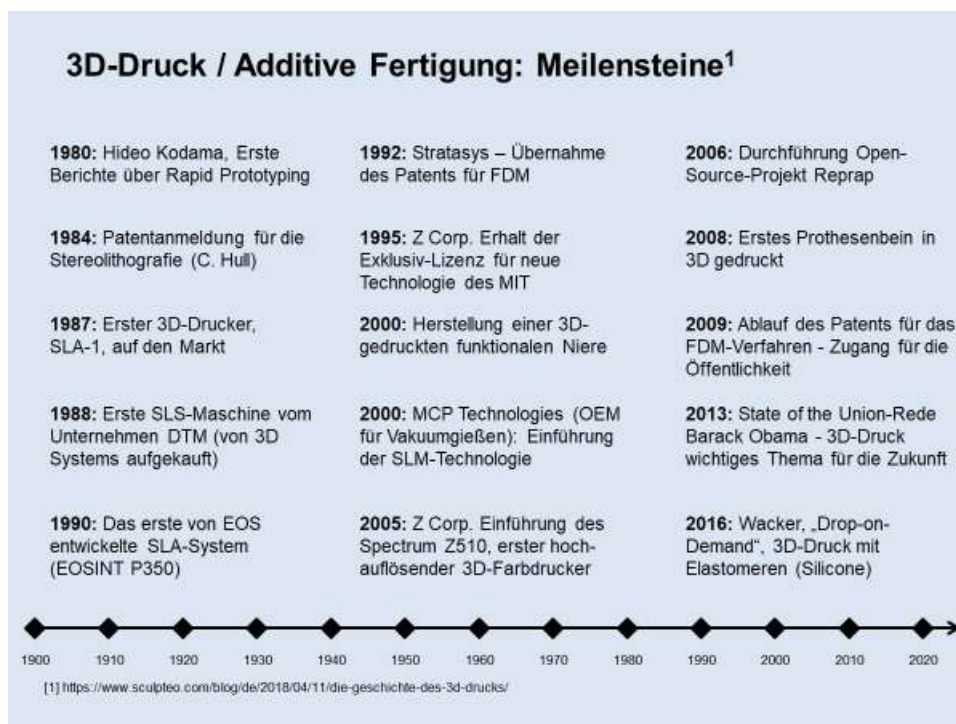


Abb. 28: 3D-Druck Meilensteine

Eine ganze Reihe von etablierten großen Chemiefirmen, innovativen Mittelständlern und Start-ups hat Geschäfte und Geschäftsmodelle entwickelt, die eher auf der Rolle des Rohstoff-

lieferanten und gelegentlich des Lohnherstellers dienen als auf der der eigentlichen Anwenders, die, wie die Definitionen zeigen, oft außerhalb der Chemie angesiedelt sind

## Blockchain

Die Blockchain ist die jüngste der vorgestellten digitalen Techniken, wurde erstmals im Jahr 2008 erwähnt und ist aufgrund ihres jungen Lebenszyklus noch wenig bekannt

Vor allem deswegen wird sie noch als kaum relevant für die Chemie beurteilt. Das, was Chemiker und Ingenieure zurzeit in der Blockchain sehen, ist noch stark auf Finanztransaktionen beschränkt

Treffend, wenn auch deutlich, fasst ein gestandener Chemiker und Praktiker den Status Quo der Blockchain in der Chemie zusammen

*„Blockchain kapiert doch keiner. Deswegen ist sie so wenig populär“*

N.N.  
Einkaufsleiter  
Lackhersteller  
Mittelstand

### Kurzvorstellung Blockchain<sup>1</sup>



Wo **Vertrauen** sowie **Nachvollziehbarkeit der Transaktionen** essentiell sind, kann Blockchain helfen, Prozesse vertrauensvoll zu gestalten

Die **Sicherheit der Datenübertragung** im Internet of Things (IoT) kann über Blockchain gewährleistet werden

Eine Art dezentral geführtes Transaktionsbuch

**Vorteil:** Transaktionen können nachträglich nicht mehr geändert werden

**Bitcoin** = Digitalwährung (Cryptocurrency) erste Anwendung von Blockchain-Technologie

**Transaktionen** im Vordergrund: Cryptowährungen, Aktien, Dokumente, Waren, Daten, etc.

**Beispiele:**

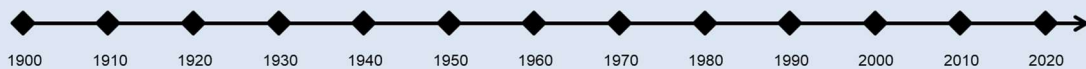
- **Lieferkette:** fehlerfreier, effizienter Austausch von Waren und Informationen
- **Produktion:** lückenlose Dokumentation der Herstellungskette (Nahrungsmittel!)
- **Urheberrechte:** zeitliche Abfolge der Publikation von wissenschaftlichen Ergebnissen
- Kontinuierliches **Tracking** von Waren entlang der Supply Chain

Foto: <https://pixabay.com/de/blockchain-personen-h%C3%A4nde-sch%C3%Bcteln-2850276/>  
[1] <https://digitaleweltmagazin.de/2017/06/12/wie-kann-ich-blockchain-fuer-mein-unternehmen-einsetzen/>

Abb. 29: Blockchain Definitionen

## Blockchain: Meilensteine<sup>1,2</sup>

<b>1997:</b> Konzept Smart Contract (N. Szabo)	<b>2010:</b> Erster Einkauf mit Bitcoin bezahlt	<b>2014:</b> Firma R3 wird gegründet zur Weiterentwicklung der Blockchain-Technologie
<b>2008:</b> Konzept für Blockchain, Bitcoin (S. Nakamoto)	<b>2013:</b> Erste Überlegungen für andere Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie	<b>2014:</b> Ethereum Projekt gestartet
<b>2009:</b> Genesis-Block, Startblock der Blockchain erstellt	<b>2013:</b> Bitcoin-Börsenwert erreicht 1 Milliarde \$	<b>2015:</b> Hyperledger Projekt; Plattform für Aufbau von Blockchain-Lösungen (B2B)
<b>2009:</b> Erste Bitcoin Transaktion	<b>2013:</b> Erster Bitcoin-Diebstahl	<b>2017:</b> Anerkennung von Cryptowährung in Japan
<b>2009:</b> Markt für Bitcoin geöffnet, kann nun gegen Geld eingetauscht werden	<b>2013:</b> Konzept für Ethereum, Smart Contracts (V. Buterin)	<b>2018:</b> Schweiz akzeptiert Steuerzahlungen in Bitcoin



[1] [https://www.grantthornton.global/globalassets/1.-member-firms/global/insights/blockchain-hub/blockchain-timeline\\_final.pdf](https://www.grantthornton.global/globalassets/1.-member-firms/global/insights/blockchain-hub/blockchain-timeline_final.pdf)  
[2] [https://www.amplifyetfs.com/Data/Sites/6/media/docs/BLOK\\_Blockchain\\_History.pdf](https://www.amplifyetfs.com/Data/Sites/6/media/docs/BLOK_Blockchain_History.pdf)

Abb. 30: Blockchain Meilensteine

Sofern die Blockchain in Zukunft wirklich jegliche Art von Transaktionen unterstützen kann, bei denen sich die Transaktionsgegenstände digital darstellen lassen, ist ihr Potenzial eines der höchsten aller digitaler Techniken

Blockchain Anwendungen im revisionssicheren Management von Dokumenten, bei behördlichen Anmeldungen, Patentrecherchen und -anmeldungen werden bei einigen Unternehmen in der Chemieindustrie bereits erprobt

Gegen den Status als industrieweiter Standard in wenigen Jahren sprechen dagegen die relativ hohen Kosten der Blockchain, da diese sehr ressourcenintensiv ist und mit steigendem Datenvolumen langsamer wird

Ggf. treten Alternativtechnologien wie IOTA, die mit steigenden Datenmengen schneller wird, stattdessen auf den Plan

## Künftige Arbeitsinhalte und -schwerpunkte von Chemikern und Ingenieuren

In Folge der steigenden Relevanz und Anwendung digitaler Techniken in der Chemie ändern sich die Anzahl und Art der Aufgaben der Akademiker, auf die sich Berufe 4.0 konzentriert

Die relativen Anteile der Arbeitszeit der Akademiker für Haupt- und Nebenaufgaben verschieben sich durch die Digitalisierung, letztlich zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung

Manuelle, repetitive Aufgaben und damit verbundene Arbeitsplätze fallen durch den Einsatz digitaler Techniken zu einem Ausmaß weg, über das momentan nur spekuliert werden könnte

Mehr Aufgaben werden in Projekten durchgeführt, entweder mit Hilfe von agilen Methoden, oder – wenn auch mit Tendenz nach unten - mit klassischem Projektmanagement

All das hat Einfluss auf die Zahl der Hierarchieebenen und der Aufgabenspektren und Entscheidungsbefugnisse je Ebene. Damit sind sowohl die Chemiker und Ingenieure in den Musterberufen an sich als auch ihre Vorgesetzten betroffen

Vor diesem Hintergrund wurden die Hypothesen zu Anzahl, Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad der Hauptaufgaben und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren in ihrem jeweiligen Beruf zur Diskussion gestellt

Alle drei Aspekte der Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren entwickeln sich - in diesem Ausmaß überraschend - weitgehend parallel zueinander

Auf der vorgegebenen Skala von -5 bis +5 erwarten die Befragten einen Anstieg der Zahl ihrer Aufgaben im Durchschnitt um +1,5 Stufen, für den Automatisierungsgrad um +2 Stufen und für den Digitalisierungsgrad um +3 Stufen, wie in Abb. 31 zu sehen ist

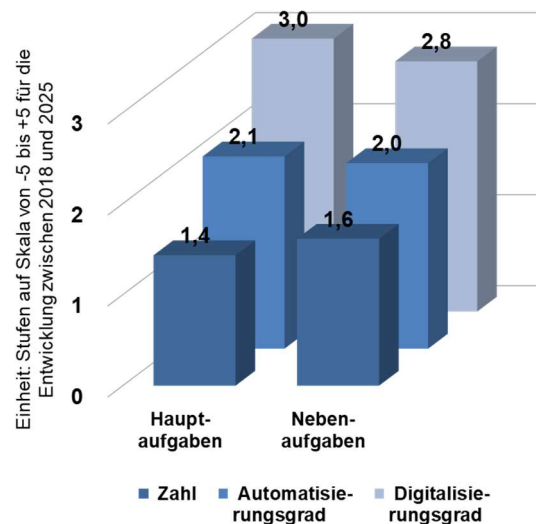


Abb. 31: Entwicklung der Haupt- und Nebenaufgaben

Für den Einzelnen ist entweder ein Trend in Richtung Spezialisierung *oder* in Richtung Generalisierung unter einer Voraussetzung zu erwarten: Diese Voraussetzung ist, dass sich die Balance zwischen Haupt- und Nebenaufgaben im Aufgabenportfolio des einzelnen durch die erwartete Zunahme an Tätigkeiten verschiebt

Gefragt wurde deshalb nach Richtung und Stärke der Spezialisierung und Generalisierung. Beide steigen fast gleich an, um +1,3 bzw. +1,4 Stufen, in derselben Größenordnung wie die Anzahl der Haupt- und Nebenaufgaben (Abb. 31)

Grundsätzlich sind drei Gruppen zu erwarten, die der künftigen Generalisten, jene der künftigen Spezialisten und solche, deren Verhältnis zwischen Haupt- und Nebenaufgaben unverändert bleibt

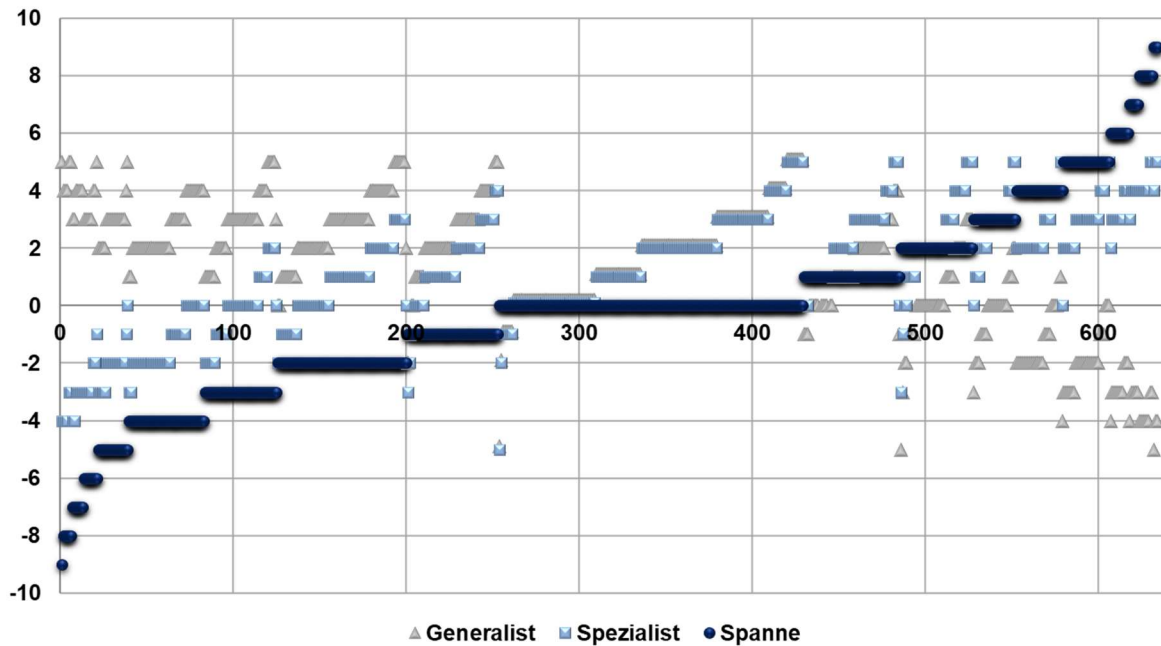


Abb. 32: Entwicklung in Richtung Spezialist oder Generalist

Auf der Skala von -5 bis +5 machten die Teilnehmer Angaben für die erwartete Entwicklung des Grades ihrer Spezialisierung bzw. des Gegenteils zwischen dem Jahr 2018 und dem Jahr 2025. Diese sind in Abb. 32 visualisiert. Basis waren alle Teilnehmer über alle Unternehmensgrößen, Führungsebene und Musterberufe hinweg, einschließlich der alternativen Berufsfelder und der Lehre

Nettoeffekt und Spanne wurden berechnet, indem für jedes Datenpaar eines Teilnehmers die Differenz des Trends zum Generalisten und des Trends zum Spezialisten gebildet wurde

Waren beide Werte positiv, z.B. +3 (Generalist) und +1 (Spezialist), betrug die Differenz und damit der Nettoeffekt +2, d.h. ein moderater Anstieg in Richtung Generalisierung. Die Spanne der Veränderung gegenüber heute betrug +4

Waren beide Werte negativ, z.B. -2 (Generalist) und -4 (Spezialist), betrug die Differenz und damit der Nettoeffekt -2, d.h. ein moderater Rückgang des Spezialisentums. Die Spanne der Veränderung gegenüber heute betrug wegen der gleichen Vorzeichen -6

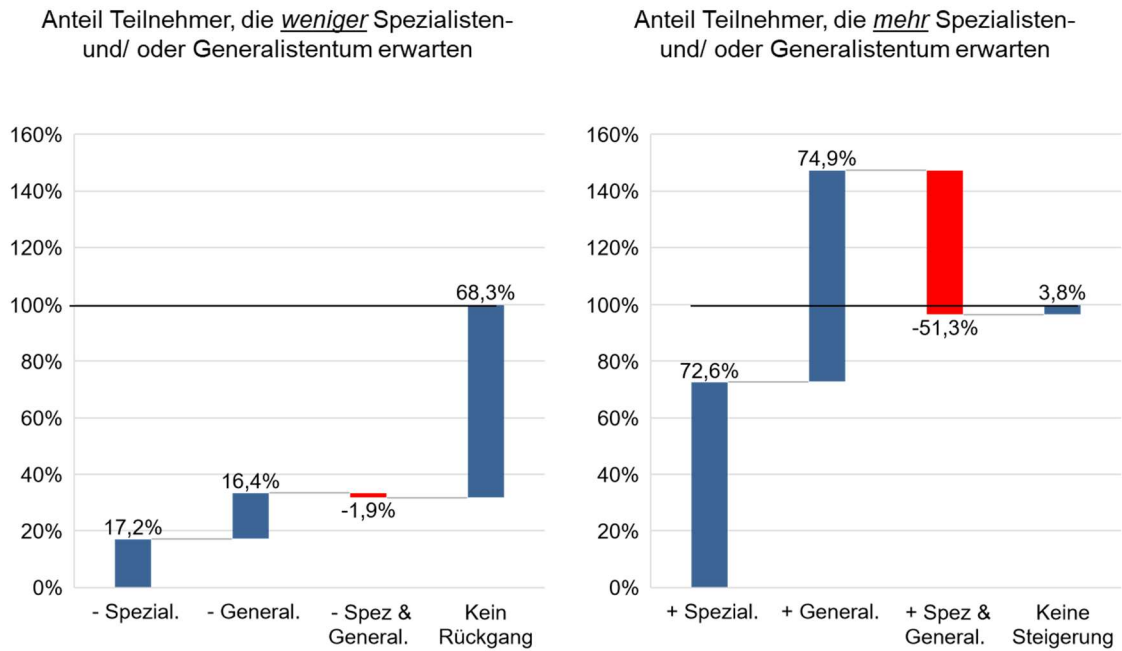
Unterschieden sich die Vorzeichen, wurde die Summe der Beträge gebildet. Ein Trend zum Generalisten von +4 und ein Trend zum Spezialisten von -3 ergaben einen Nettoeffekt von +7 (+4 und Betrag von -3, d.h. +3), d.h. einen deutlichen Anstieg hin zum Generalisten. Die Spanne der Veränderung entspricht in diesen Fällen dem Nettoeffekt

War mindestens einer der beiden Werte Null, entsprach der andere dem Nettoeffekt und der Spanne der Veränderung

Die Erhebung ergibt ein in weiten Teilen überraschendes Bild: Rund ein Drittel aller Teilnehmer (das Mitteldrittel in Abb. 32) erwartet eine Steigerung der Haupt- und Nebenaufgaben *in exakt derselben Größenordnung und derselben Richtung*, also ein Mehr an Spezialisierung *und* Generalisierung im eigenen Job

Um diesen offensichtlichen Widerspruch zu klären, wurden zusätzliche Detailanalysen durchgeführt, Rücksprache mit Teilnehmern gehalten, und dieses Thema in den Mittelpunkt der Validierungsinterviews gerückt





Einheit: Stufen auf Skala von -5 bis +5 für die Entwicklung zwischen 2018 und 2025

Abb. 33: „Mehr und Weniger“ an Spezialisierung bzw. Generalisierung

Die Angaben zu den Veränderungen in Richtung Spezialistentum und Generalistentum wurden in Abb. 33 zusätzlich nach der Zahl der einzelnen und kombinierten Nennungen analysiert

*Keinerlei Rückgang*, weder in der Rolle als Spezialist, noch als Spezialist oder in Kombination, gaben fast 70% aller Teilnehmer an (linker Teil des Diagramms). Im Gegenzug gaben nur knapp 4% *keinerlei Anstieg* an (rechter Teil des Diagramms)

Die Frage nach einem Rückgang an Spezialisierung und die nach einem Rückgang an Generalisierung wurden einzeln gestellt und ausgewertet. Um den Teilnehmeranteil zu berechnen, der überhaupt einen Rückgang in einem der beiden Parameter angab, wurde die Summe beider gebildet und davon die Zahl der Teilnehmer abgezogen, die beide Parameter mit einem Rückgang bewerteten (roter Balken links in Abb. 33). Die Differenz zu 100% ergibt die Zahl derjenigen Teilnehmer, die keinerlei Rückgang erwarten. Der Umkehrschluss gilt für die Steigerung an Generalisierung und Spezialisierung einzeln und in Kombination

Stellvertretend für Diejenigen, die keine dramatischen Veränderungen vorhersehen und auf das Bewährte setzen, kommt hier ein Vertreter des Mittelstandes zu Wort

*„Das Berufsbild der Chemiker und Ingenieure bei der Rohner AG in der Schweiz wird sich durch die Digitalisierung nicht grundlegend ändern. Die Digitalisierung (\"Industrie 4.0\") wird uns von der Datenwelt in die Informationswelt führen: Informationen werden schneller verfügbar sein, und das nicht nur am Arbeitsplatz, sondern auch im Homeoffice“*

Dr. Uwe Westeppe  
Head Marketing, Sales und R&D  
Rohner AG

An sich sollen zunehmende Automatisierung und Digitalisierung von Nebenaufgaben eher der Effizienzsteigerung und die der Hauptaufgaben eher der Effektivitätssteigerung und damit der Fokussierung auf die Kernaufgaben eines Spezialisten dienen

Das Dilemma adressiert eine der großen Hürden der Digitalisierung: Chemiker, mehr noch als Ingenieure, teilen nicht gerne. Sie behalten lieber die Kontrolle über alle Themen, in die sie involviert sind, egal wie viele es auch werden

*„Die größte Herausforderung der Digitalisierung ist ein menschliches Thema. Es muss das Bewusstsein für die notwendigen Veränderungen und die Fähigkeit fachdomänenübergreifend, z.B. IT, R&D, Operational Technologies, zu arbeiten geschaffen werden*

Oliver Edinger  
Vice President  
Internet of Things  
Software AG



Einige weitere Teilnehmer adressieren ebenfalls die durch digitale Techniken grundsätzlich ermöglichten, aber nur durch Veränderung der Aufgabenstrukturen auch erreichbaren Vorteile der Digitalisierung

*„Es wird eine Mischung aus Spezialisten und Generalisten geben. Auf echte Spezialisten können die Chemiefirmen genauso wenig verzichten wie auf die Generalisten, die den Überblick über verschiedene Funktionen und Zusammenhänge haben. Beide müssen die Sprache des anderen so gut sprechen, dass alle verstehen, worum es geht“*

Dr. Torsten Beyer  
Internet-Beratung  
Analytik NEWS



Die Frage der Spezialisierung und Generalisierung wirkt sich auch die Arbeitsorganisation aus, d.h. Linienvorgesetzte und Fachvorgesetzte sind genauso betroffen wie Projektteams klassischer oder agiler Prägung

Um die Trends bezüglich Arbeitsverdichtung, Spezialisierung und Generalisierung mehr im

Detail zu verstehen, wurden sie auch in Abhängigkeit von der Führungsebene, der Größe des Unternehmens und des Dienstalters analysiert

*„Eine zu bildende Chemieinformatik wird zukünftig eine größere Rolle spielen, als Service-Provider für die Fachabteilungen, für Big-Data, KI, Modellierung etc.“*

Dr. Lukas Wollmann  
Co-Founder  
ScienceDesk GmbH



*„Wenn dem Oberen Management das Potenzial der Digitalisierung nicht präsent ist und es diese nicht entsprechend fördert, bleibt der Weg bottom up über junge, unverbrauchte Chemiker, die sich etwas trauen“*

Dr. Nicolas Sary  
Head of R&D Laboratory CR  
Arlanxeo Deutschland GmbH



Weitgehend unabhängig von der Führungsebene steigt die Ausrichtung hin zum Spezialisten um knapp +2 Stufen und die zum Generalisten um gut +2 Stufen. Nur die Chemiker und Ingenieure ohne Führungsverantwortung sagen eine stärkere Spezialisierung als eine Verbreiterung ihres Aufgabenportfolios vorher. Als Argument kann die eingeschlagene Fachlaufbahn der betreffenden Teilnehmer angeführt werden

Die Relevanz der Studieninhalte für den Berufsstart steigt um durchschnittlich +1,4 Stufen, die Relevanz der Weiterbildungsinhalte für das Berufsleben um +2,3 Stufen. Bei unteren Ebenen liegen beide Wert unter denen der oberen Ebenen, wenn auch sehr viel näher zusammen als in der Gesamtpopulation. Insbesondere der deutlich über dem Durchschnitt liegende Anstieg der Bedeutung der Erstausbildung geht auf weit unterdurchschnittliche Bewertungen der Teilnehmer aus der „Lehre“ (+0,4) und dem „Alternativen Berufsfeld“ (+0,5)

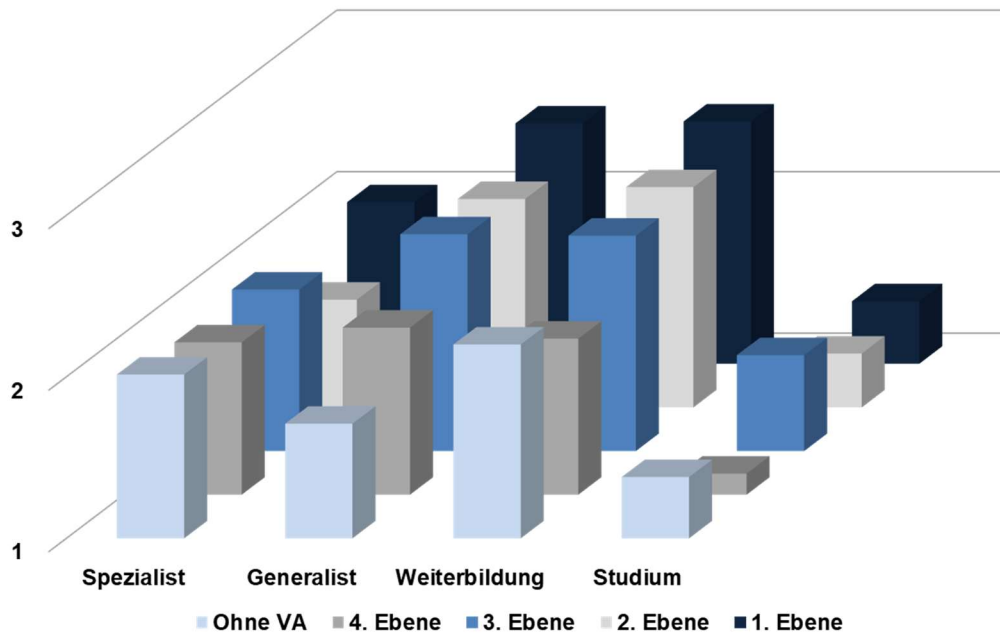


Abb. 34: Spezialisierung vs. Generalisierung in Abhängigkeit der Führungsebene

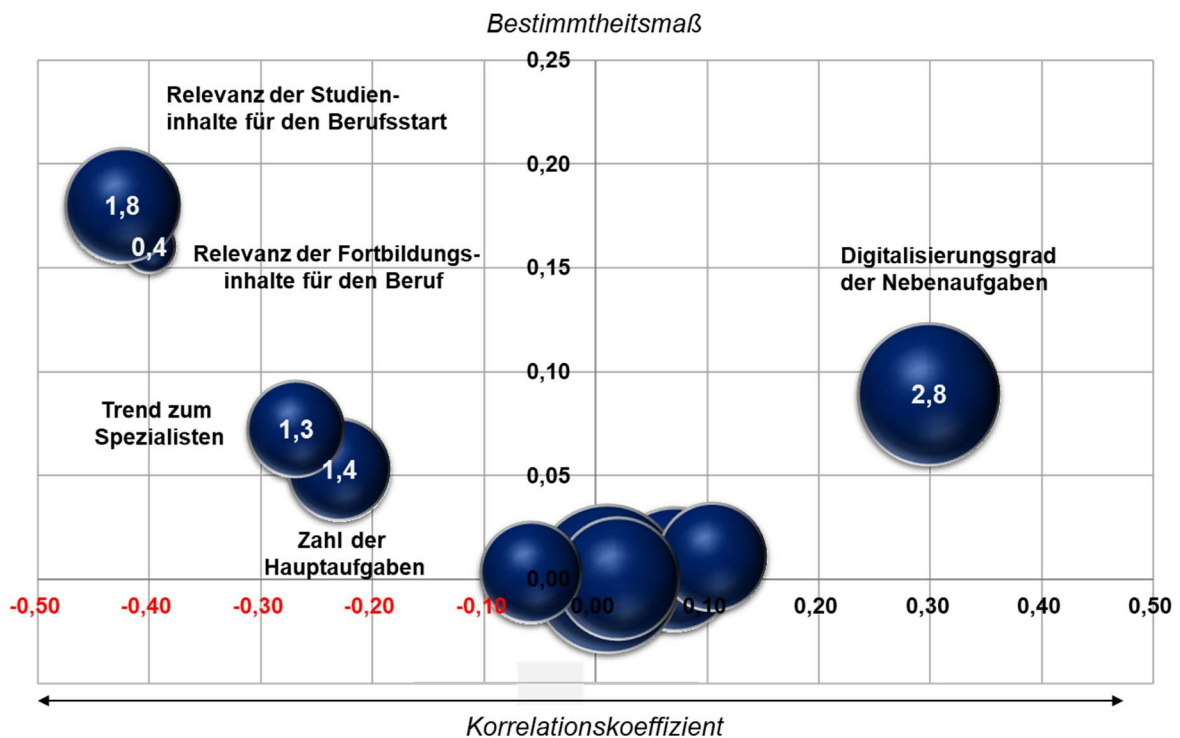


Abb. 35: Statistik zur Unabhängigkeit der Aufgabenentwicklung vom Dienstalter

Die einzige positive Korrelation ergibt sich für den Digitalisierungsgrad der Nebenaufgaben, wenn auch mit +0,3 und einem Bestimmtheitsmaß von +0,1 statistisch nicht relevant. Kaum besser sieht es für die Trends bez. Zahl der

Hauptaufgaben und des Trends zum Spezialisten aus. Mit negativen Korrelationskoeffizienten von -0,2 bzw. -0,3 und einem Bestimmtheitsmaß von <0,10 kann keine seriöse statistische Abhängigkeit abgeleitet werden

Die einzigen beiden Parameter, die mit negativen Korrelationskoeffizienten um -0,4 und einem Bestimmtheitsmaß zwischen 0,15 und 0,2 Argumente etwas herausragen sind die Relevanz der Studieninhalte für den Berufsstart und die der Weiterbildungsinhalte für das Berufsleben

Zusammenfassend gilt, es gibt keine statistisch sinnvoll zu begründenden Abhängigkeiten der Arbeitsverdichtung, des Arbeitsfokus und der Relevanz der Bildungsinhalte vom Dienstalter

In anderen Worten, Chemiker und Ingenieure ohne, mit wenig, viel und sehr viel Berufserfahrung beurteilen neben den digitalen Techniken auch ihre Auswirkungen auf ihre Berufe weitgehend einheitlich

Wie relevant dagegen die Weiterbildung speziell im Alternativen Berufsfeld sein kann, um mit den sich schnell entwickelnden Anforderungen Schritt zu halten, veranschaulicht das Beispiel von zwei Patentanwälten



### **Paradebeispiel für Kompetenzmanagement von Chemikern**

**Dr. Annekathrin Seifert und Dr. Jens Wortmann, Patentanwälte,  
Kanzlei Reitstötter Kinzebach**



*Frau Dr. Annekathrin Seifert und Herr Dr. Jens Wortmann haben beide Chemie studiert und im Anschluss an ihre Promotion noch eine zusätzliche Ausbildung als deutsche Patentanwälte und European Patent Attorneys absolviert. Aktuell sind beide freiberuflich in der Kanzlei Reitstötter Kinzebach in Ludwigshafen/Rhein tätig. Zu ihren Mandanten zählen in- und ausländische multinationale Konzerne ebenso wie kleine und mittelständische Unternehmen, Start-Up-Unternehmen und akademische Forschungseinrichtungen, die sie auf allen Gebieten des gewerblichen Rechtsschutzes (d.h. Patente, Marken und Designs) betreuen*

*Kompetenzen auf dem neuesten Stand zu halten, ist das „A und O“, um erfolgreich zu bleiben. Das gilt für den gewerblichen Rechtsschutz an sich, die Chemie, aber auch für digitale Technologien, die die Mandanten und Patentämter selbst anwenden und dies von den Patentanwälten aus Effizienz- und Zeitgründen fordern*

*In Zeiten von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge werden sich zum einen die Werkzeuge zur Informationsgewinnung und –verarbeitung im Patentwesen ändern. Die Nutzung von zunehmend standardisierter spezieller Patentanwaltssoftware, Datenbanken und Dokumentenmanagementsystemen sowie von Techniken wie Big Data, Data Mining und White Space Analysen zur schnellen und akkuraten Erfassung, Bewertung und gezielten Verteilung von Informationen, z.B. zum Stand der Technik, ersetzt nach und nach repetitive, administrative Routineaufgaben aber auch einfache anwaltliche Tätigkeiten bei der Recherche und Dokumentation*

*Diese Entwicklung gibt den Patentanwälten aber auch mehr Zeit für ihre eigentlichen Kernkompetenzen, der Rechtsberatung, Ausarbeitung von Schutzrechtsanmeldungen, Verträgen, Gutachten und Patentstrategien, d.h. das eigentlich Wertschöpfende der anwaltlichen Tätigkeit. Die letztgenannten Aufgaben werden in absehbarer Zeit noch nicht von Maschinen übernommen werden können*

Wie wichtig Erwerb und Pflege juristischer, naturwissenschaftlicher und technischer Kompetenzen sind, drückt sich im Bedarf an Weiterbildung aus. Weiterbildung im gewerblichen Rechtsschutz, Chemie und digitalen Anwendungen nimmt bei Patentanwälten ca. 5-8% der Arbeitszeit über das ganze Berufsleben hinweg ein. „Zu Recht“, denn gerade als Dienstleister müssen Patentanwälte immer auf dem Stand der Technik sein und ihre Leistungen zeitnah und kostengünstig anbieten

<p>„Im Bachelor und im Master muss ein solides fachliches Fundament gelegt werden, welches dann nach dem Abschluss im Sinne lebenslangen Lernens durch gezielte Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen maßgeschneidert ergänzt wird“</p> <p>Prof. Dr. Torsten Daubenfeld Dekan Hochschule Fresenius</p> 	<p>Um den eigenen Marktwert zu steigern und den wachsenden Anforderungen der Industrie 4.0 gerecht zu werden, ist für jeden die proaktive und ständige Aus- und Weiterbildung unerlässlich“</p> <p>Jasmin Müller Process Manager Einkauf Chemiekonzern</p> 	<p>„Deutschland lebt nicht von Rohstoffen sondern von Intelligenz. Wir müssen arbeiten um in der Champions-League zu bleiben und Weiterbildung nicht als Belastung sondern als Chance sehen“</p> <p>Dip.-Ing. Leiter Technik Großunternehmen</p> 	<p>„Die Führungsebenen haben das Versäumnis der vergangenen 20 Jahre immer noch nicht ausreichend als reale Gefahr für den Status als Export-Weltmeister und Innovationen erkannt“</p> <p>Michael Linden, M.Sc. Betriebsassistent Allessa GmbH</p> 
<p>„Angesichts des exponentiellen Wissenswachstums auf den Gebieten Naturwissenschaften, Technik, Psychologie und der weltweiten Regulierungswut wird der Weiterbildungsbedarf in allen Disziplinen zunehmen“</p> <p>Dr. N.N. Leitung von Programmen Konzern</p> 	<p>Bei Fortbildung 4.0 wird Bildungseffektivität wichtiger als –effizienz sein. Führungskräften und Unternehmen muss klar sein, dass sie in gute Fortbildung mehr investieren müssen“</p> <p>Dr. Michael Wilk Senior Vice President Merck KGaA</p> 	<p>In Zeiten von Fachkräftemangel und dem oft angeführten "war for talents" wird die Identifikation von Schlüsselqualifikationen und die entsprechende Weiterbildung von Mitarbeitern durch Unternehmen an Bedeutung gewinnen“</p> <p>Dr. Thomas Stöhr, Entwicklung Devinochem</p> 	

Abb. 36: Anerkennung des Bedarfs für berufslebenslange Weiterbildung

## Künftig erforderliche Kompetenzen der Chemiker und Ingenieure

Mit Einzug der digitalen Techniken in den Alltag, der nicht nur bereits begonnen hat, sondern unaufhaltsam voranschreitet, werden veränderte Kompetenzen gefordert. Zum Teil werden auch neue Kompetenzen erforderlich sein, darunter mit Sicherheit digitale Kompetenzen, aber eben nicht nur solche. Digitalkompetenzen werden in verschiedenen Quellen sehr unterschiedlich definiert. Ein gemeinsamer Nenner ist der Folgende:

*„Daten nützen nichts, wenn man daraus keine Informationen macht/ machen kann“*

Bernhard Münzing  
Sales Director  
The Sixth Element  
(Changzhou)  
Materials Technology



Digitale Kompetenzen sind eine Bündelung verschiedener Fähigkeiten, die es gestatten, die Erfassung von Daten, ihre Umwandlung zu und Nutzung von Informationen, und die dafür genutzten IT-Systeme und Anwendungen grundsätzlich zu verstehen, so dass eine bewusste, sichere, zielgerichtete Anwendung ermöglicht wird

Im Einzelnen gehört dazu die Fähigkeit des kritischen Hinterfragens von Daten bzw. Informationen. Das bezieht sich auf ihre Herkunft, z.B. ob es sich um Roh- oder verarbeitete Daten handelt, und die Art der Verarbeitung, d.h. angewendete Formeln, Algorithmen usw. (Plausibilisierungsfähigkeit, Datenqualität)

*„Erschreckend ist, wie manche Chemiefirmen mit dem Thema Datensicherheit und der DSGVO umgehen: Viele haben ihre Kunden-Newsletter auf Eis gelegt. Andere lassen sich auf derACHEMA beim Tausch von Visitenkarten gleich noch eine Datenschutzerklärung unterschreiben, damit sie einem potentiellen Kunden ein Angebot zuschicken können“*

Dr. Torsten Beyer  
Internet-Beratung  
Analytik NEWS



Zu digitaler Kompetenz gehört auch das Verständnis grundsätzlicher Daten-, Informations-, Software- und System-Sicherheit und die Fähigkeit, entsprechend zu handeln (IT Sicherheit)

Eine weitere digitale Kompetenz ist die grundlegende Kenntnis der IT-Landschaft bzw. IT-Architektur im Arbeitsumfeld, d.h. der systemtechnischen Grundlagen und Leistungsgrenzen von Software bzw. Systemen und ihrem Zusammenspiel (zweckdienlicher, anforderungsge-rechter Einsatz der IT-Anwendungen)

Bei aller Euphorie über die digitalen Errungenschaften darf jedoch eine Kernkompetenz der Akademiker nicht vernachlässigt werden - im Gegenteil, sie wird eher noch wichtiger

*„Menschliche Kreativität ist DER Aspekt, der bei der digitalen Transformation nicht durch Computer ersetzt werden kann. Dieser Aspekt wird sich zukünftig stärker in den Jobprofilen widerspiegeln“*

Dr. Boris Neuwald  
Project Management Office  
LANXESS Deutschland GmbH  
High Performance Materials



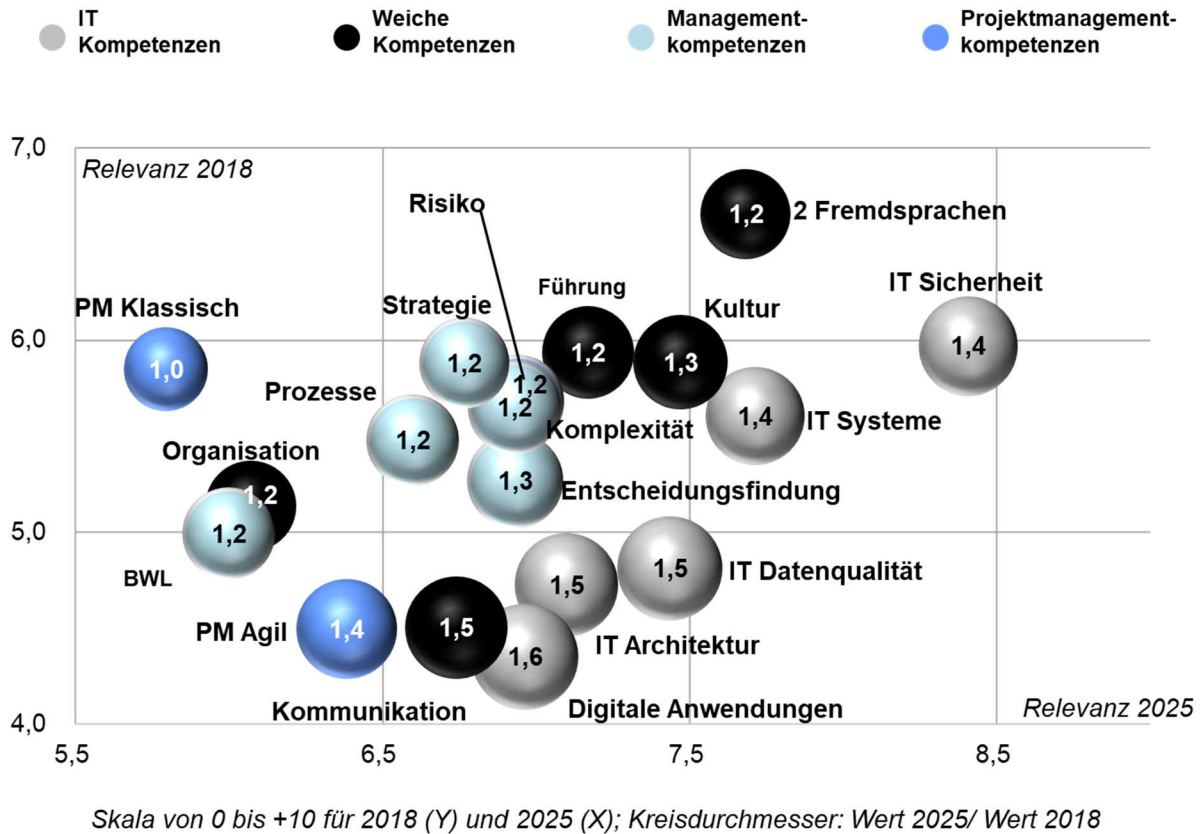


Abb. 37: Digitalkompetenzen im Jahr 2018 und im Jahr 2025

Auf der Skala von 0 bis 10 in Abb. 37 liegen die zur Auswahl stehenden Digitalkompetenzen im Jahr 2025 alle zwischen 6,5 und 8,5 und sind gegenüber dem Jahr 2018 im Durchschnitt um den Faktor +1,5 gestiegen

*„Die Bedeutung der Fremdsprachen geht weit über die Kommunikation hinaus. Das Lernen von Sprachen vermittelt sehr gut die Kompetenz, lebenslang zu lernen“*

Dr. Thomas Früh  
Head of PMO  
BU High Performance Elastomers  
Arlanxeo Deutschland GmbH

Die Steigerung der Digitalkompetenzen ist unter allen Kompetenzgruppen mit Werten von 1,4 bis 1,6 (Mittelwert +1,5) knapp die höchste, was ihnen gegenüber dem Jahr 2018 einen Schub vom Mittelfeld in die Spitzengruppe verhilft. Eine besonders griffige, da knappe Definition der Digitalisierung, die trotzdem verschiedene

der o.g. Stichworte in sich vereint, ist die Folgende:

*„Digitalisierung ist Hardcorevernetzung, die die flexible Nutzung von Daten erlaubt“*

Dr. Ulf Stalmach  
Einkaufs-Controller  
Looser Holding



Den zweiten Platz belegen im Jahr 2025 die weichen Kompetenzen wie Kultur, Führung, Kommunikation und Organisation mit einer Steigerung um den Faktor +1,3 (Bereich 1,2 bis 1,5). Die Bedeutung der Beherrschung von 2 Fremdsprachen wird heute als überragend angesehen und rangiert auch im Jahr 2025 noch auf Rang 2, zusammen mit IT System-Kompetenzen. Die Ursachen für dieses Abschneiden wurden angesichts der oben bereits beschriebenen Neigung der Chemiker und Ingenieure,

gerne Vieles bis Alles unter eigener Kontrolle halten zu wollen, näher analysiert

Der oft geäußerten Meinung der Teilnehmer zu der überragenden Bedeutung der 2 Fremdsprachen wird hier entgegengestellt, dass Übersetzungssoftware heute schon technisch auf einem hohen Niveau ist und eine der digitalen Techniken ist, die sich am schnellsten weiterentwickeln. Für Spezialfälle, bei denen es auf Nuancen ankommt, wie z.B. bei Patentanmeldungen und Verträgen, werden Chemiker und Ingenieure aber auch künftig Spezialisten hinzuziehen, die die betreffende Fremdsprache perfekt beherrschen. Dem Anspruch auf Perfektion im Detail in gleich 2 Fremdsprachen dürfte kaum ein Chemiker und Ingenieur gerecht werden. Die Frage ist vielmehr, wo die Grenze zu ziehen ist, ab der andere mit Spezialkompetenzen einbezogen werden

*„Die Tätigkeit von Chemikern orientiert sich künftig noch viel mehr entlang der Wertschöpfungskette, von Lieferanten-Kooperationen bis zu Kunden-Anwendungen“*

Dr. Thomas Renner  
Leiter Consortium für  
elektrochemische Industrie  
Wacker Chemie AG

*„Interkulturelle Projektarbeit an der Universität gestaltet sich schwierig. Chancen werden vertan. Interkulturelle Kompetenz wird zunehmend wichtig werden im Arbeitsleben“*

M.Sc. Marcel Jorewitz  
Universität Leipzig  
Wilhelm-Ostwald-Institut



An dritter Stelle stehen die betriebswirtschaftlichen bzw. Management-Kompetenzen wie Entscheidungsfindungs-, Komplexitäts-, Prozess- und Strategiekompetenz, die um einen Faktor

von +1,2 steigen. So achtbar sich diese Kompetenzgruppe schlägt, so bedenklich ist die sehr gering beurteilte Relevanz der BWL-Kompetenzen der Teilnehmer heute und im Jahr 2025. Geradezu paradox ist die Beurteilung angesichts des Trends, dass sich die Teilnehmer selbst mehr und mehr als Teil der Wertschöpfungskette in einem chemischen Unternehmen verstehen, zu deren Leitplanken in den meisten Funktionen und Projekten Kosten, Erträge, Budgets usw. gehören

*„In Zukunft werden mehr denn je Kenntnisse im Projektmanagement und Flexibilität beim Erreichen vorgegebener Ziele erwartet. Die Form der Projektarbeit und -koordination richtet sich nach den Innovationsmodellen der jeweiligen Firmen. „Agile“ und „Large Scale Scrum“ werden genauso ihren Platz haben wie konventionelle Methoden – beides jedoch findet sich heute noch wenig in den Lehrplänen von FHs und Universitäten“*

N.N.  
Leiter Forschung und Entwicklung  
BU, Spezialchemiekonzern

Besonders stark, mit Faktor +1,4, steigt auch die Relevanz des kontrovers diskutierten agilen Projektmanagements, während die des klassischen Projektmanagements mit einer Steigerung von 1,0 gleichbleibt. Ähnlich dem Internet der Dinge tun sich die Teilnehmer relativ schwer, die aus der Software-Entwicklung stammende Vorgehensweise zu akzeptieren und folglich anwenden zu wollen

Zum einen ist aus Chemie-Sicht agiles Projektmanagement „not invented here“. Zum anderen sind Chemiker – stärker noch als Ingenieure – nach wie vor stark in Berichtslinien organisiert und an die entsprechenden Führungs- und Entscheidungsmechanismen gewöhnt. Wieder klingt das Thema Veränderungsbereitschaft und -willigkeit an



## Vergleich zwischen Angebot und Nachfrage an Kompetenzen

55 Chemieprofessoren an Hochschulen und Universitäten, die zum Kompetenzerwerb der kommenden Akademiker beitragen, und in der Industrie tätige Chemiker und Ingenieure, die Anforderungen an junge, nachrückende Kollegen definieren, wurden befragt, um vorhandene und fehlende Übereinstimmung zwischen Kompetenzangebot und -nachfrage zu ermitteln

Professoren der reinen Ingenieurwissenschaften waren in der Umfrage nicht vertreten. Aus-

sagen zu Kompetenzangeboten versus -nachfrage reiner Ingenieure können demnach nicht getroffen werden

Als Mittler zwischen Angebot und Nachfrage kennt Berufe 4.0-Kompetenzpartner Christian Lumm von Trenkwalder sowohl die Stärken auf Angebots- und Nachfrageseite als auch die jeweiligen Schwächen. Aus neutraler Sicht adressiert er Handlungsbedarfe, u.a. bei den Ausbildungsinhalten der Hochschulen und Universitäten und den Absolventen



**Angebot und Nachfrage von Kompetenzen der Chemiker und Ingenieure in der Chemie** **trenkwalder**

**Christian Lumm, Regional Recruiting Lead, Trenkwalder Personaldienste GmbH**

*Trenkwalder Personaldienste GmbH arbeitet seit vielen Jahren mit namhaften Chemie- und Pharmaunternehmen zusammen und unterstützt diese in allen Personalfragen. Trenkwalder besetzt Fach- und Führungspositionen in den Bereichen Engineering sowie Forschung & Entwicklung, z. B. Ingenieure der Verfahrens- oder Chemietechnik für die Planung und Realisierung von Produktionsanlagen oder Entwicklungsingenieure zur Produkt- und Prozessentwicklung*

*Trenkwalder hat es sich hier zur Aufgabe gemacht, Unternehmen und Kandidaten passgenau zusammenzubringen. Eine Herausforderung aus der Praxis sind dabei unspezifische und standardisierte Stellenbeschreibungen der Kunden selbst. Der Erfahrung nach tun sich viele Personalentscheider und Personalabteilungen schwer, aussagekräftige Stellenbeschreibungen zu formulieren, die dem Kandidaten ein tatsächliches Bild der zu erwartenden Aufgabe vermitteln*

**Die Nachfrage:** *Vermeehrt werden Kenntnisse abgefragt, die bei genauerem Hinterfragen gar nicht benötigt werden bzw. auch „on the job“ erlernbar sind, z.B. spezielle Vorkenntnisse von Softwarelösungen im Bereich Projektmanagement und Planung. So kommt es häufig vor, dass wir Stellen mit Kandidaten besetzen, die auf den ersten Blick nicht die Voraussetzungen der ursprünglichen Aufgabenbeschreibung unserer Kunden erfüllen, sich dennoch als richtige Besetzung herausstellen*

**Das Angebot:** *Auf Kandidatenseite zeigen sich häufig gute theoretische Fachkenntnisse, vor allem bei Absolventen, auf der einen Seite und Defizite im Umgang mit dem steigenden Anteil der Verwendung digitaler Anwendungen, allgemeinen betriebswirtschaftlichen oder vertrieblichen Themen und eine geringe Einschätzung der Bedeutung von Projektmanagementkompetenzen sowie der kommunikativen Aspekte auf der anderen Seite*

*Der Schlüssel zum Erfolg liegt im genauen Hinterfragen auf Unternehmens- sowie auf der Bewerbermarktseite und der entsprechenden Beratung in beide Richtungen. Wo sich dann noch Abweichungen in Unternehmensanforderungen und Bewerbermarkt ergeben, schließt Trenkwalder nach Möglichkeit diese Lücken mit gezielten Qualifizierungen*

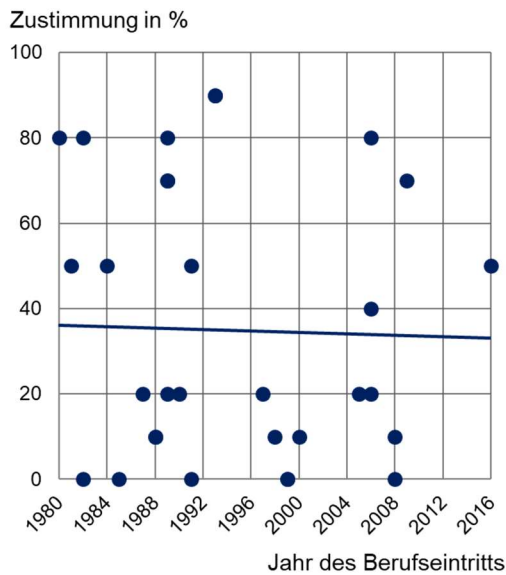


Abb. 38: Studieninhalte sind zu 3/4 fachspezifisch und zu 1/4 fachfremd (z.B. betriebswirtschaftlich oder IT)

Der Hypothese, dass 3/4 chemisch-technische Studieninhalte und 1/4 fachfremde, wirtschaftliche Studieninhalte das Chemiestudium ausmachen, stimmten die 55 befragten Professoren für Chemie und verwandte Disziplinen bzw. Teildisziplinen von Hochschulen und Universitäten, die zwischen 1980 und 2016 ihre Tätigkeit angetreten hatten, zu 36% zu

Besonders auffällig in Abb. 38 war der leichte – statistisch aber nicht relevante - Trend, dass die Zustimmung zunimmt, je später Professoren ihre Professur angetreten haben

Dieselbe Gruppe stimmte der Hypothese, dass die Industrie genau dieses Verhältnis im Chemiestudium erwartet, zu 68% zu

Paradoxerweise dreht sich der angedeutete Trend hier um, wie in Abb. 39 ersichtlich. Je jünger das Dienstalalter des Professors ist, umso eher stimmt er dieser Hypothese zu. Zwischen beiden Antworten klafft zunächst einmal eine Lücke von über 30%

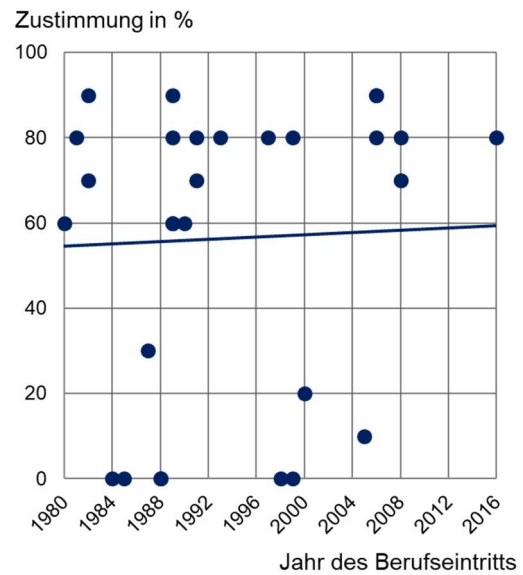


Abb. 39: Die Industrie erwartet Absolventen, die zu 3/4 fachspezifisch und zu 1/4 fachfremd ausgebildet wurden

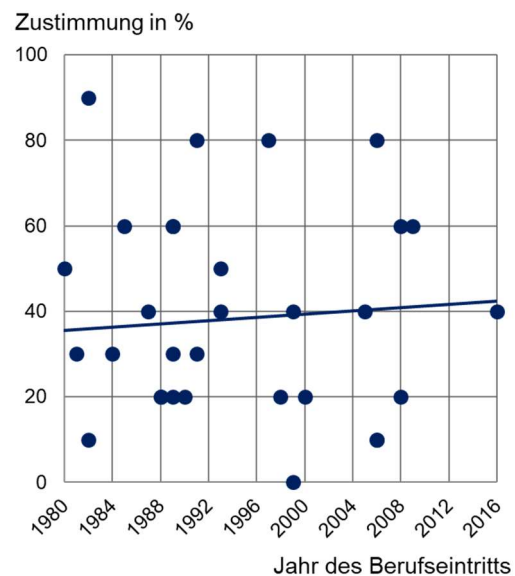


Abb. 40: Hochschulen haben die Pflicht, Studierende gezielt auf den Berufseintritt in der Wirtschaft gemäß aktuellen Berufsbildern vorzubereiten

Der Zustimmungsgrad zur Hypothese, dass Hochschulen/ Universitäten die Aufgabe haben, Absolventen gemäß aktuellen Berufsbildern gezielt auf das Berufsleben vorzubereiten, lag bei 39% (Abb. 40)

Jüngere Professoren stimmten der Hypothese etwas stärker zu als ältere. Wiederum ist der Trend statistisch nicht ausreichend signifikant

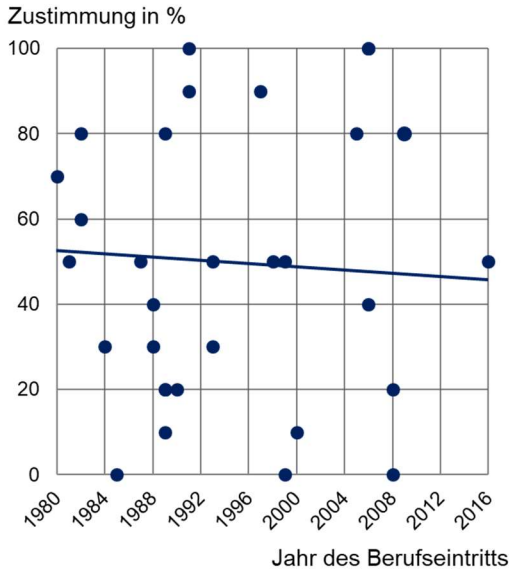


Abb. 41: Hochschulen haben die Pflicht, Studierende über die aktuellen Berufsbilder aus der Praxis und deren Anforderungen zu informieren

Die etwas schwächere Hypothese, dass Hochschulen/ Universitäten die Aufgabe haben, Absolventen über die jeweils aktuellen Berufsbilder zu informieren, fand mit 50% die erwartete höhere Zustimmung. Kurioserweise läuft der Trend hier wiederum dem der vorherigen Aussage entgegen

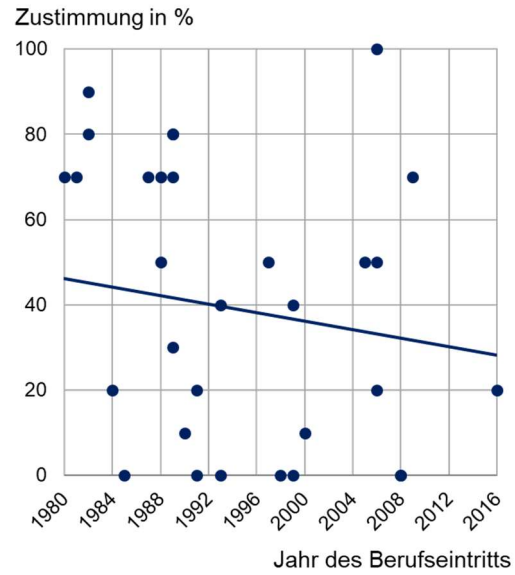


Abb. 42: Studiengangsinhalte mit 1/4 fachfremden Themen fördern die Qualität der bedarfsgerechten Ausbildung aus Sicht der Unternehmen signifikant

Die beiden folgenden Hypothesen bezogen sich nicht mehr auf die Frage, ob das Chemiestudium Fachfremdes enthält bzw. ob die Absolventen über den auf sie wartenden Beruf informiert werden, sondern auf die Effekte fachfremder Inhalte auf das Studium und die Chancen für den Beruf:

„25% fachfremde Inhalte im Chemiestudium bedeuten eine signifikante Förderung der bedarfsgerechten Ausbildung in den Augen der Industrie“ - diese Hypothese aus Sicht der nachfragenden Industrie fand 48% Zustimmung

Dieses Mal gab es einen deutlichen Korrelationskoeffizienten von -0,5, d.h. jüngere Professoren stimmten der Hypothese deutlich weniger zu als ihre älteren Kollegen, siehe Abb. 42

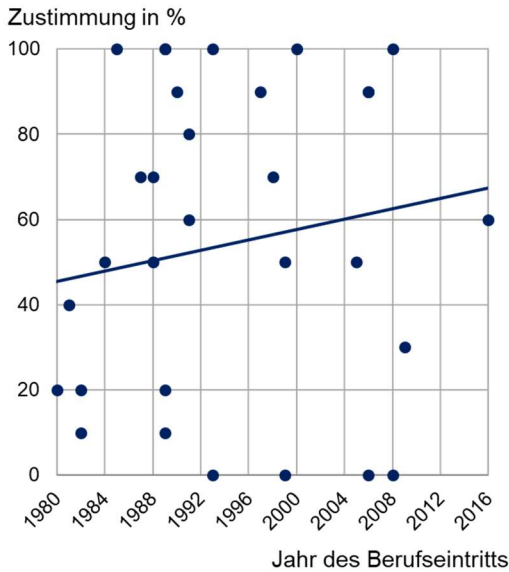


Abb. 43: Studiengangsinhalte mit 1/4 fachfremden Themen beeinträchtigen die Qualität der Hochschulausbildung signifikant

Umgekehrt, aus Blickrichtung „Angebot“, d.h. aus Sicht der Hochschulen und Universitäten, wurde die Zustimmung zur Hypothese abgefragt, „25% fachfremde Inhalte im Chemiestudium bedeuten eine signifikante Beeinträchti-

gung der Hochschulausbildung“. Die Zustimmung lag bei 57% und wies einen recht deutlichen positiven Korrelationskoeffizienten von +0,6 auf. Die Dienstalalter-Trends sind nicht besonders aussagekräftig, die Mittelwerte aber schon

Schaut man die Verteilung der Werte jeweils um das Minimum und das Maximum an, stellt sich eine ganz andere Frage: Bewerten Professoren an Elite-Universitäten und die an Hochschulen bzw. die für Wirtschaftschemie Ziele des Studiums und Erwartungen der Industrie grundsätzlich gegensätzlich?

Die Ergebnisse in Abb. 44 widerlegen diese Vermutung. Die Unterschiede zwischen teilnehmenden Professoren an den Elite-Universitäten in Aachen, Berlin, Bremen, Dresden, München und Tübingen und ihren Kollegen an anderen Hochschulen und Universitäten sind nicht groß.

Die maximale Differenz ist 13 Punkte (beim inhaltlichen Mix des Studiums heute), die minimale 0 Punkte (bei der gleich beurteilten Aufgabe, Studenten über das künftige Berufsbild zu informieren)

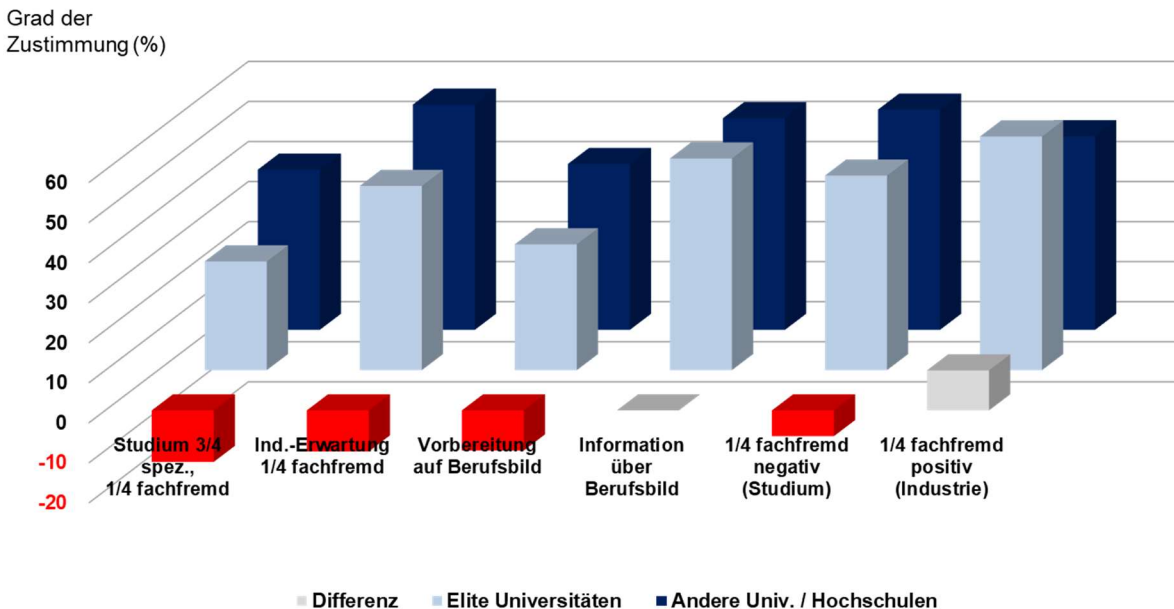


Abb. 44: Einschätzungen der Professoren an Elite- und anderen Universitäten/ Hochschulen

Je nach Quelle ist der Anteil der promovierten Chemiker, der von der Universität mittelbar oder unmittelbar in die Industrie wechselt, bei 55% bis 65%. Die Anforderungen aus Nachfragesicht und die Ambitionen der Hochschullehrer klaffen auseinander. Die Einschätzungen der einzelnen Hochschul- und Universitätslehrer untereinander gehen ebenfalls auseinander

Das ist per se nicht zu kritisieren, zeigt aber sehr deutlich: Soll die Lücke zwischen Inhalten und Zielen der Lehre und den Anforderungen der Industrie verringert werden, ist eine offene, differenzierte Diskussion angesagt

*„Interdisziplinarität im Studium wird zunehmend wichtig werden. Das sehen wir an bereits etablierten Studiengängen wie Wirtschaftschemie. Entscheidend ist hierbei, dass die Interdisziplinarität im Alltag authentisch gelebt wird“*

Prof. Dr. Torsten Daubenfeld  
Dekan FB Chemie & Biologie  
Hochschule Fresenius



Wieder bestätigt sich, dass die digitale Transformation vor allem Kopfsache ist und primär Veränderungskompetenz und Bereitschaft

dazu erfordert. Das fängt mit dem Willen an, das Thema Veränderungsbedarf als solches anzuerkennen und lösungsorientiert miteinander ins Gespräch zu kommen

*„Die Anforderungen an das berufsbegleitende Lernen werden steigen. Ob die Arbeitgeber dies umfangreich unterstützen, sehe ich skeptisch. Damit hängt viel von der Eigeninitiative ab“*

Dr. Carsten Ludwig Herzhoff  
Technical Manager  
Metal Coatings EMEA  
Akzo Nobel



Die Meinungsvielfalt über Kompetenzvermittlung, -bedeutung entlang des Berufslebens und ihren schnellen Wandel durch sich immer schneller ändernde Anforderungen bringt ein anderer Kompetenzpartner, Patrick Henn von der Aristo Group, zusammen mit seiner Kollegin Theresa Hurtado Martinez auf den Punkt

Gerade im Recruiting von temporären Ressourcen kann der Wandel an Anforderungen mit geeigneten Kennzahlen abgeleitet und entsprechend bei der Kandidatenauswahl und deren Weiterqualifizierung berücksichtigt werden



**Auf dem Weg zur Chemie 4.0 - Digitalisierung erzwingt Umdenken**

**Patrick Henn und Theresa Hurtado Martinez, Aristo Group**



*Aufgrund des intensiven Kontakts mit Unternehmen und Kandidaten weiß Aristo, dass beide Gruppen regelmäßig vor einer Herausforderung in der sich rasch entwickelnden Chemie 4.0 stehen: Die Kluft entsteht dadurch, dass einerseits Mitarbeiter nicht im erforderlichen Maße über digitale Skills verfügen, die die Industrie jedoch dringend für die Wettbewerbsfähigkeit benötigt. Andererseits hemmen viele Unternehmen selbst ihr eigenes Wachstum. Dazu gehört z.B. die noch weit verbreitete Resilienz gegenüber der Implementierung neuer Technologien oder gegenüber der Weiterbildung der Belegschaft. Die Auswirkungen sind weitreichend*

*Aristo stellt im Rahmen seiner Beratungstätigkeit und Vermittlung von Experten immer wieder fest, dass sich die Unternehmen oft selbst über die notwendigen digitalen Fähigkeiten und Kenntnisse im Unklaren sind. In Kombination mit der Tatsache, dass gerade Berufseinsteiger während der Ausbildung allenfalls*

digitale Grundlagen vermittelt bekommen, entsteht hier ein großes Dilemma. Auf der einen Seite decken sich die Skills der Mitarbeiter nicht mit den Anforderungen der Unternehmen. Auf der anderen Seite unterstützen die Firmen ihre lernwilligen Mitarbeiter auch nicht genügend dabei, Wissen auszubauen oder aufzufrischen

Als hochspezialisierter Dienstleister rät Aristo seinen Kunden daher umzudenken, um in Zeiten der Industrie 4.0 konkurrenzfähig zu bleiben. Eine nachhaltige Investition in die Weiterbildung der eigenen Mitarbeiter wird sich, gerade im digitalen Bereich, langfristig auszahlen. Für Unternehmen ist es höchste Zeit, den Fokus nicht nur auf Maschinen (Smart Factory), sondern auf die Entwicklung der Menschen dahinter (Berufe 4.0) zu legen. Denn Digitalisierung ist kein Kurzzeit-Phänomen, sondern längst nachhaltig in allen Bereichen der Chemiewirtschaft angekommen. Lernen auf Lebenszeit heißt deshalb die neue Devise

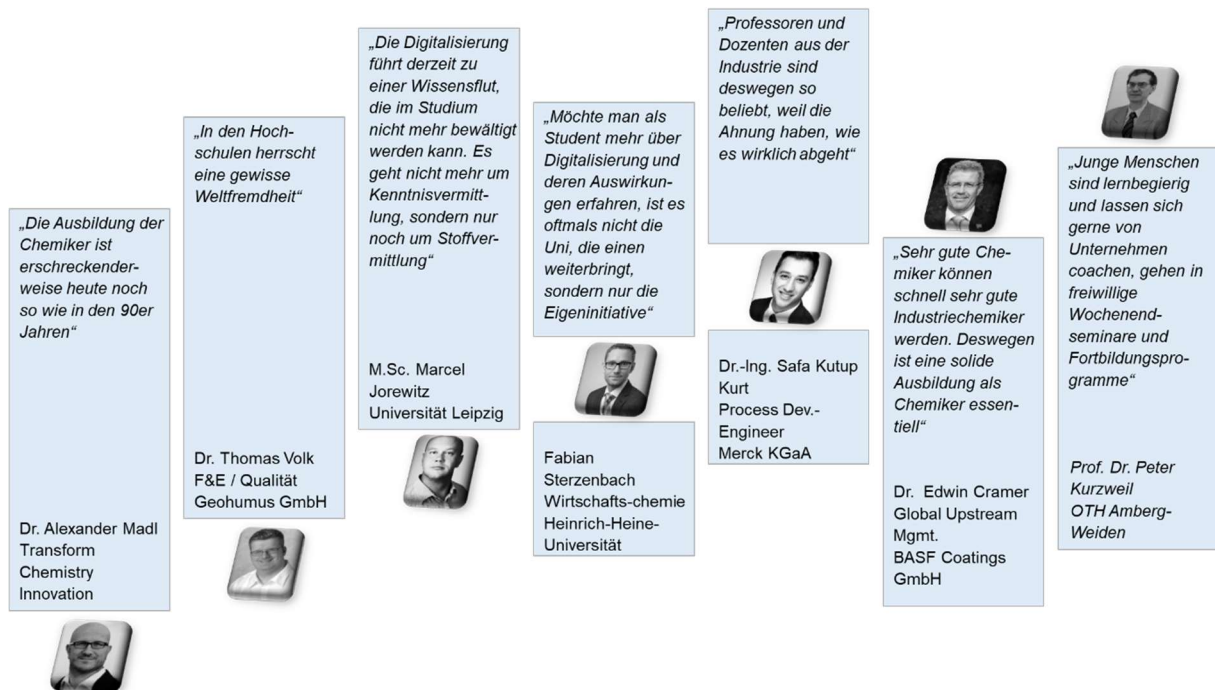


Abb. 45: Meinungsvielfalt zu Bedeutung und Qualität von Aus- und Weiterbildung

## Verantwortlichkeiten, Schwerpunkte und Ablauf der Weiterbildung

Nachdem transparent geworden ist, auf welche Kompetenzen es für Chemiker und Ingenieure in der digitalen Chemie u.a. ankommt, muss die Frage beantwortet werden, welche Schwerpunkte bezüglich Kompetenzerwerb und -pflege gesetzt werden müssen, in welchen Formaten und in welchem Umfang dies stattfinden und wer dafür die Verantwortung tragen wird

Der Bedarf für zeitlich und räumlich flexiblere Weiterbildung der Chemiker und Ingenieure, nachdem sie in das Berufsleben eingetreten sind, steigt mit +2,4 Stufen auf der Skala von -5 bis +5 sehr deutlich an. Ob die erforderliche Kapazität für Weiterbildung innerhalb der Arbeitszeit auch zur Verfügung gestellt wird, sehen die Teilnehmer etwas weniger optimistisch aber immerhin noch mit +1,6

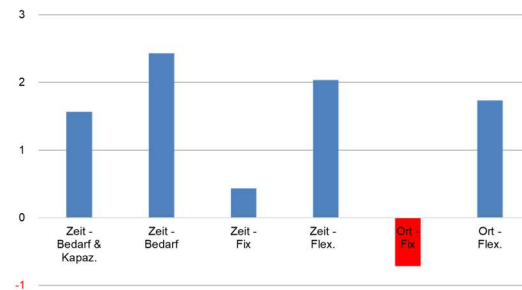
*„Das Thema Weiterbildung existiert seit Jahrzehnten in der immer gleichen Sprechweise, dass der Hochschulabschluss die Eintrittskarte und die individuelle Qualifizierung der Garant für die berufliche Entwicklung sind. Stetige Weiterbildung tut also Not. Lebenslanges Lernen ist gefordert, heute wie damals“*

Prof. Dr. Peter Kurzweil  
OTH Amberg-Weiden



Der einzige Parameter der gesamten Studie, der von 2018 und 2025 rückläufig ist, betrifft die Hypothese, dass die Weiterbildung an festgelegten Orten stattfindet. Abb. 46 zeigt den Rückgang von -0,7 Stufen auf der Skala zwischen -5 und +5. Die Kontrollhypothese, dass die Weiterbildung ortsungebunden stattfindet, erfährt mit +1,7 Stufen eine deutliche Zustimmung. Der Trend ist demnach sehr stark in Richtung Flexibilisierung ausgeprägt. Die zeitliche Flexibilität steigt mit +2,0 ähnlich stark an. Ein Teil der Chemiker und Ingenieure sieht aber auch einen Anstieg fester Zeiten um +0,4 Stufen für die Weiterbildung bis 2025. Nachfragen während

der Validierungsinterviews führten zu drei Erklärungen



Einheit: Stufen auf Skala von -5 bis +5 für die Entwicklung zwischen 2018 und 2025

Abb. 46: Weiterbildung - Bedarf, Kapazität, Ort und Zeit

Zum einen wünschen bzw. erwarten Teilnehmer einen „festen“, für die Weiterbildung reservierten Teil der Arbeitszeit. Zum anderen hängen extern wahrgenommene Weiterbildungsangebote, z.B. Seminare, Kurse etc., vom Zeitplan des jeweiligen Veranstalters ab. Drittens wird ein Anstieg des Anteils der Weiterbildung bei fest terminierten Formaten wie Jour Fixes, Jahrestagungen usw. erwartet

*„e-Learning Plattformen und individuelle Schulungen sind der einzige Weg, Wissen effizient und effektiv zu vermitteln. Gerade in kleinen Unternehmen ist es schier unmöglich, Schulungsräume voll zu bekommen“*

Dipl.-Ing. Klaus Weyer  
Geschäftsführer  
weyer gruppe



Die Inhalte der Weiterbildung mit digitalen Inhalten steigen bis zum Jahr 2025 – nicht überraschend im Rahmen dieser auf Digitalisierung und ihre Auswirkungen auf Chemiker und Ingenieure ausgelegten Studie - um sehr deutliche +2,5 Stufen, gemessen an Frequenz und Umfang. Eine so deutlich höhere Frequenz, im Einklang mit der für Weiterbildung künftig erwarteten Kapazität, wie weiter unten dargestellt, weist auf einen klaren Trend zu vielen kleineren Lerneinheiten hin, die ihrerseits zeitlich und

räumlich viel flexibler als heute bewältigt werden. Eine tiefere Implikation weist auf die Inhalte an sich hin: Mit immer schnellerer Wissensverdoppelung steigt die Notwendigkeit, den zu vermittelnden Stoff immer schneller zu aktualisieren, was der Weiterbildung in Form von schnell zu aktualisierenden Modulen entgegenkommt

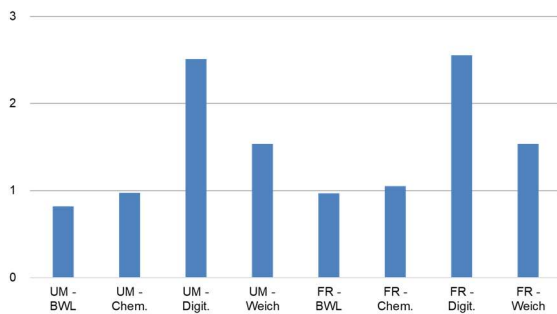


Abb. 47: Kompetenzentwicklung - Umfang und Frequenz

Umfang und Frequenz der chemisch-technischen als auch der betriebswirtschaftlichen Fortbildungsinhalte steigen einheitlich um +1 Stufe. Im Vergleich zu den digitalen Inhalten entspricht das zwei Fünfteln. Chemiker und Ingenieure bejahen den Bedarf für die Weiterentwicklung ihrer Managementkompetenzen

Die weichen Kompetenzen liegen in Umfang und Häufigkeit genau zwischen diesen beiden Gruppen und den digitalen Kompetenzen, ähnlich wie bei der Steigerung der Relevanz dieser Gruppen. Insofern erwarten die Akademiker einen sehr stark auf ihren Bedarf ausgerichtete Weiterbildung

Die relativ niedrige Steigerung des Bedarfs an chemisch-technischen Fortbildungen ist weniger ein Zeichen der geringen Notwendigkeit. Vielmehr wird das aktuelle Maß an Weiterbildung bezüglich der Kernkompetenzen für die Ausübung des Berufs heute als richtig anerkannt ohne allzu großen Bedarf, es auszuweiten – auch im Hinblick auf die für andere Fortbildungen erforderliche Kapazität

Wer für die Weiterbildung verantwortlich ist und welchen Zwecken die Weiterbildung dienen soll, war Gegenstand der nächsten Hypothesen. Es ergibt sich ein klares Votum für mehr Eigenverantwortung der Akademiker für die Aufrechterhaltung ihrer Kompetenzen entlang ihres Berufslebens. Mit +2,5 erreicht dieser Parameter eine der größten Steigerungen innerhalb der gesamten Erhebung

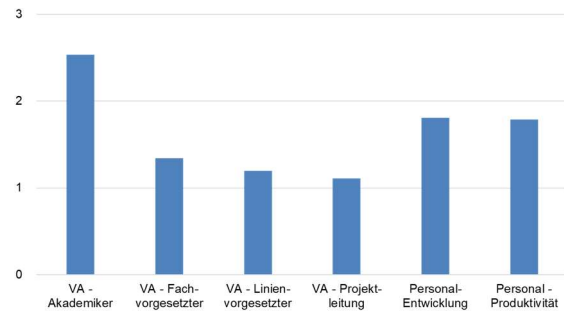


Abb. 48: Kompetenzentwicklung - Verantwortlichkeit und Zielsetzung

Chemiker und Ingenieure haben erkannt, dass sie die Kontrolle über die Pflege ihrer Kompetenzen künftig deutlich stärker in eigener Hand behalten werden

Die Verantwortung der Linienvorgesetzten und der Fachvorgesetzten steigt ähnlich wie die der Projektleiter in Projekten oder Projektorganisationen, im Durchschnitt um +1,2 Stufen, ziemlich genau halb so stark wie die Eigenverantwortung

Die Verschiebung von größeren Anteilen der Belegschaft, z.B. aus einer Business Unit Organisation in eine Matrix- oder eine Projektorganisation, oder des Arbeitsvolumens, das z.B. heute standardmäßig in der Linie und in Zukunft in deutlich mehr und größeren Projekten bzw. Programmen geleistet wird, sehen die Akademiker durch die Bank weg eher skeptisch

Trotz allem wird die stark steigende Relevanz agilen Projektmanagements und der damit einhergehenden Führungs- und Organisationsmechanismen anerkannt



*„Die Linie ist ein Relikt aus dem 20. Jahrhundert, als man komplexe Systeme ohne Digitalisierung beherrschen musste. In Zukunft verliert die Linienorganisation zugunsten von offeneren, agilen Strukturen Bedeutung“*

Dr. Alexander Madl  
Transform Chemistry  
Innovation



*„Unsere Kultur lässt Experimentieren und Fehler ausdrücklich zu – entscheidend ist vielmehr die Bereitschaft, das eigene Wissen ständig zu erweitern. Nur mit dieser Einstellung lassen sich die Chancen der Digitalisierung konsequent nutzen“*

Dr. Timo Fleßner  
Product Supply  
Pharmaceuticals  
Bayer AG



*„In Scrum Meetings berichten Teammitglieder über tagesaktuelle Probleme und Hindernisse. Dies wollen manche Linienvorgesetzte gar nicht gerne hören“*

Frank Mevißen  
Management Consultant  
best-practice innovations GmbH

*„Beim Thema „Autonomie von Teams“ sind wir als Industrie schlecht vorbereitet. Die Gruppenarbeits-Ansätze der 90er Jahre waren nicht erfolgreich bzw. wenig nachhaltig“*

Dr. Michael Wilk  
Senior Vice President  
Site Management  
Engineering Services  
Merck KGaA



*„Ein konservatives Unternehmen wie unseres denkt stark in herkömmlichen Strukturen, Teamorganisationen und wirkliche Personalverantwortung für Projektleiter ist da eher schwierig“*

N.N.  
Projektleiter  
Anlagenbau  
Konzern

Ausnahme sind – wie zu erwarten – diejenigen Chemiker und Ingenieure, die Projekte und Programme leiten. Sie sehen die Verantwortung der Projekt- und Programmleiter in Zukunft mit +2 Stufen fast doppelt so stark steigen wie die übrigen Teilnehmer

Wie sich die Einschätzungen bezüglich Weiterbildung in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße von denen der Gesamtpopulation unterscheiden, wurde genauso untersucht wie die Abhängigkeit von der Führungsebene der Teilnehmer

Berücksichtigt wurden nur Teilnehmer aus dem industriellen Bereich, nicht aus der Lehre (Hochschule, Universität) oder dem alternativen Berufsfeld mit vielen Kleinunternehmen und freiberuflich Tätigen. Im Wesentlichen bestätigen sich die Einschätzungen der Gesamtpopulation, nur in Nuancen gibt es Abhängigkeiten der Fortbildungstrends von der Unternehmensgröße (Abb. 49 bis Abb. 51)

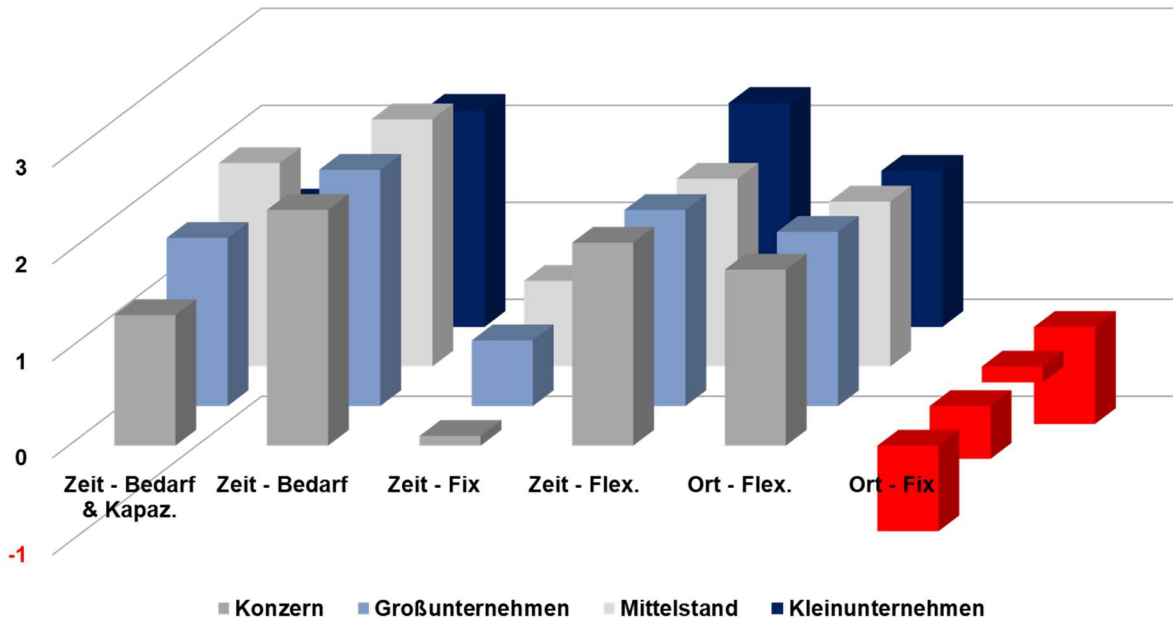


Abb. 49: Zeit und Ort in Abhängigkeit der Unternehmensgröße

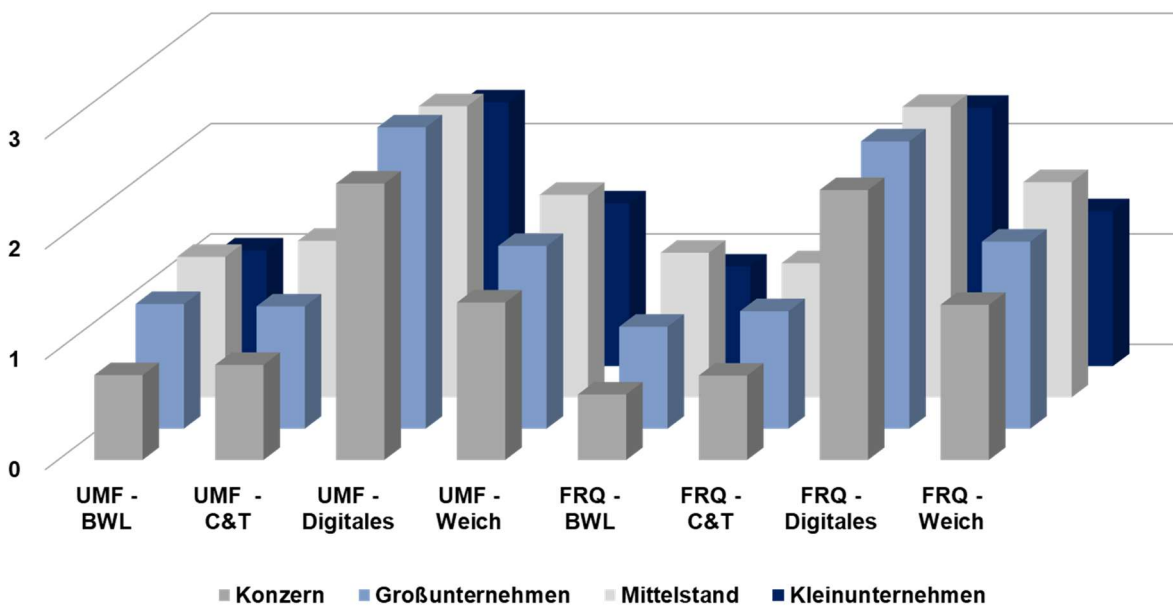


Abb. 50: Umfang und Frequenz in Abhängigkeit der Unternehmensgröße

Interessant sind die beiden zeitbezogenen, vom Konzern über Großbetriebe zum Mittelstand ansteigenden Trends. Aus Gründen der Planbarkeit des Betriebsablaufs ziehen kleinere Betriebe mit weniger Vertretungsoptionen feste Termine vor. Um Akademiker für sich zu gewinnen,

stellen vor allem mittelständische Unternehmen speziell jüngeren Mitarbeitern oft mehr Möglichkeiten zur beruflichen Weiterbildung in Aussicht. Rein aus praktischen Gründen verliert die Weiterbildung an festen Orten in kleinen Unternehmen weiter an Bedeutung

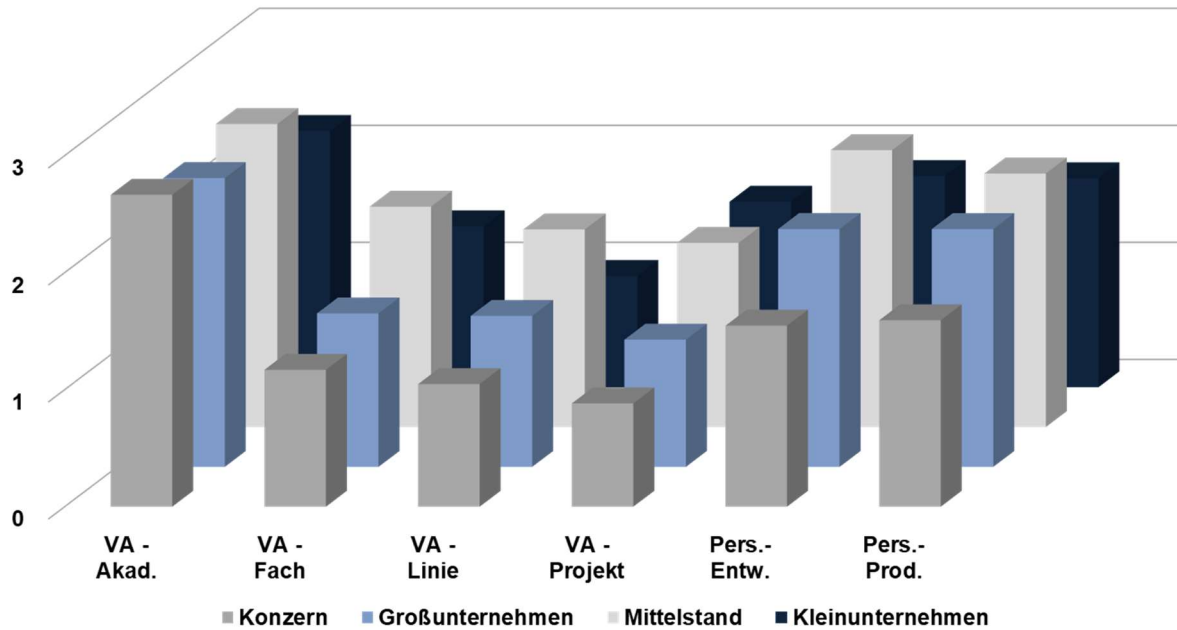


Abb. 51: Verantwortlichkeit und Zielsetzung in Abhängigkeit der Unternehmensgröße

Die Eigenverantwortung der Akademiker steigt zwar unabhängig von der Firmengröße doppelt so stark wie der durchschnittliche Wert der Vorgesetzten, wie in Abb. 51 dargestellt. Die Akademiker sehen aber mit abnehmender Firmengröße eine zunehmende Verantwortung der Linien-, Fach- und Projektführungskräfte

Weiterbildungstrends sind bezüglich Zeit und Ort komplett unabhängig von der Führungsebene und pendeln jeweils um den Mittelwert der Gesamtpopulation (Abb. 52)

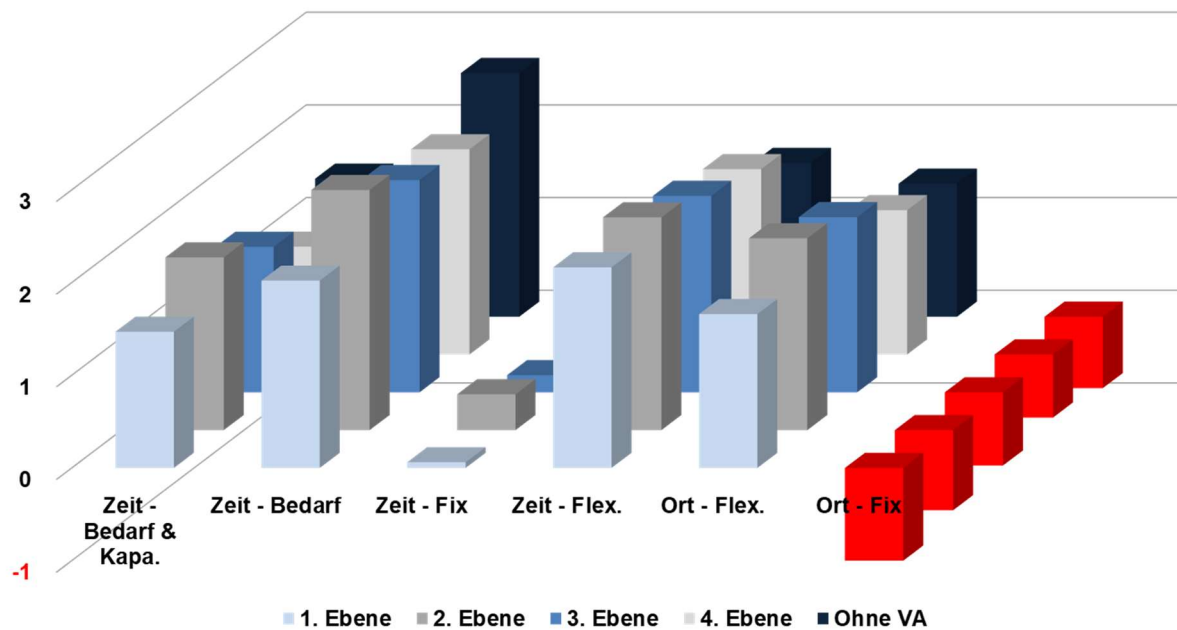


Abb. 52: Zeit und Ort in Abhängigkeit der Führungsebene

Bis auf Nuancen bei der Beurteilung der Linienvorgesetzten für die Weiterbildung der an sie berichtenden Akademiker sind alle Ebenen jeweils einer Meinung zur Verantwortung der Akademiker selbst, ihrer Fachvorgesetzten und Projektleiter. Unerwartet ist die nahezu identische Beurteilung der Zwecke der Weiterbildung über alle Führungsebenen hinweg (Abb. 53). Sowohl die Bedeutung des Trainings für die Personalentwicklung des Einzelnen als auch

die für die Steigerung der Mitarbeiterproduktivität durch verbesserte Kompetenzen steigen im Durchschnitt um +1,7 Stufen

Das ist ein klares Argument für die steigende Bedeutung der Weiterbildung. Diese Verantwortung übernehmen Akademiker auf allen Führungsebenen mit einer Steigerung von +2,7 Stufen in Zukunft sehr viel mehr als heute

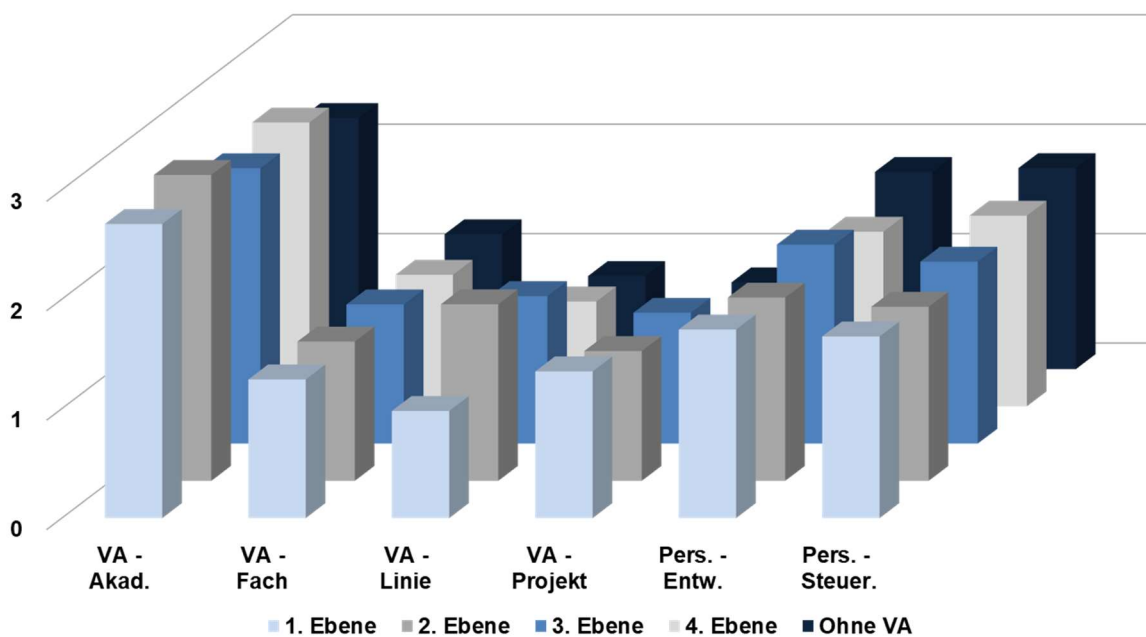


Abb. 53: Verantwortlichkeit und Zielsetzung in Abhängigkeit der Führungsebene

Die Analyse der primären Verantwortung für Erkennung, Planung, Durchführung bzw. Teilnahme und Anwendung der Einzelkompetenzen deckt sich nicht mit dem Anspruch der Akademiker nach der Gesamtverantwortung. Nur

bei einer einzigen Kompetenz, der Fremdsprachenkompetenz, sehen sich Chemiker und Ingenieure primär in der Pflicht

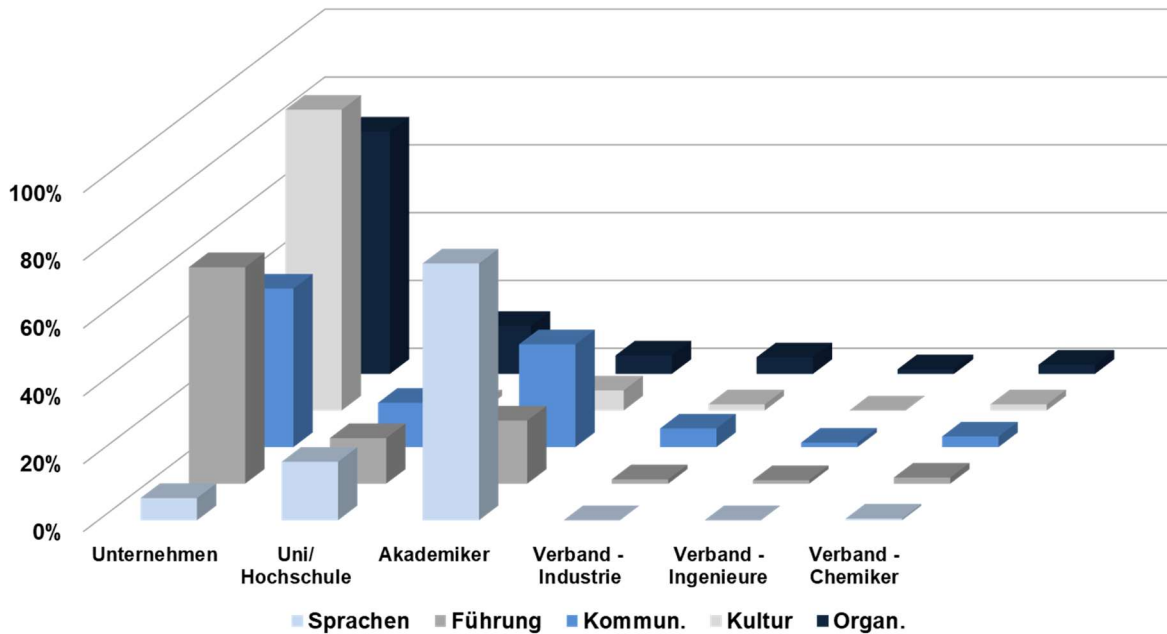


Abb. 54: Verantwortung für die Vermittlung/ Pflege weicher Kompetenzen

Bei der Verantwortung, die Akademiker fit in weichen Kompetenzen zu machen, liegen die Unternehmen aus Sicht der Chemiker und Ingenieure überall vorne, bis auf die Fremdsprachenkompetenz (Abb. 54). Bei Kommunikationskompetenz sehen immerhin noch 30% der Teilnehmer die primäre Verantwortung bei sich, primär geprägt durch die heute ubiquitären Kommunikationsmedien und -möglichkeiten in Studium, Beruf und Privatleben

Paradoxerweise sehen die Teilnehmer die primäre Verantwortung zur Vermittlung betriebswirtschaftlicher Kompetenz mit 45% bei den Universitäten und Hochschulen, und nur jeweils halb so stark bei sich selbst und bei ihren Unternehmen (Abb. 55). Paradox ist die Einschätzung, weil BWL-Grundkenntnisse später als eine der unwichtigsten Kompetenzen angesehen werden

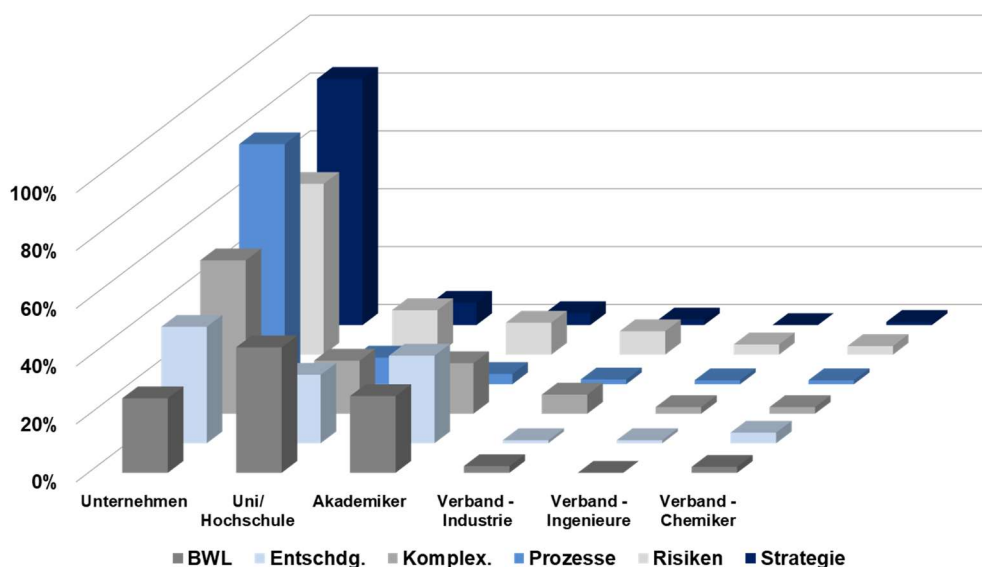


Abb. 55: Verantwortung für die Vermittlung/ Pflege von Managementkompetenzen

Die Vermittlung von Digitalkompetenzen sehen die Akademiker zu 60% bei ihren späteren Arbeitgebern, zu 24% im vorausgehenden Studium bzw. bei Hochschulen und Universitäten und nur zu 8% bei sich (Abb. 56)

*„IT Skills müssen in der Universität gestärkt werden, notfalls auch zu Lasten der Chemie- oder Ingenieur-Skills“*

Dr. Thomas Renner  
Leiter Consortium für  
elektrochemische Industrie  
Wacker Chemie AG

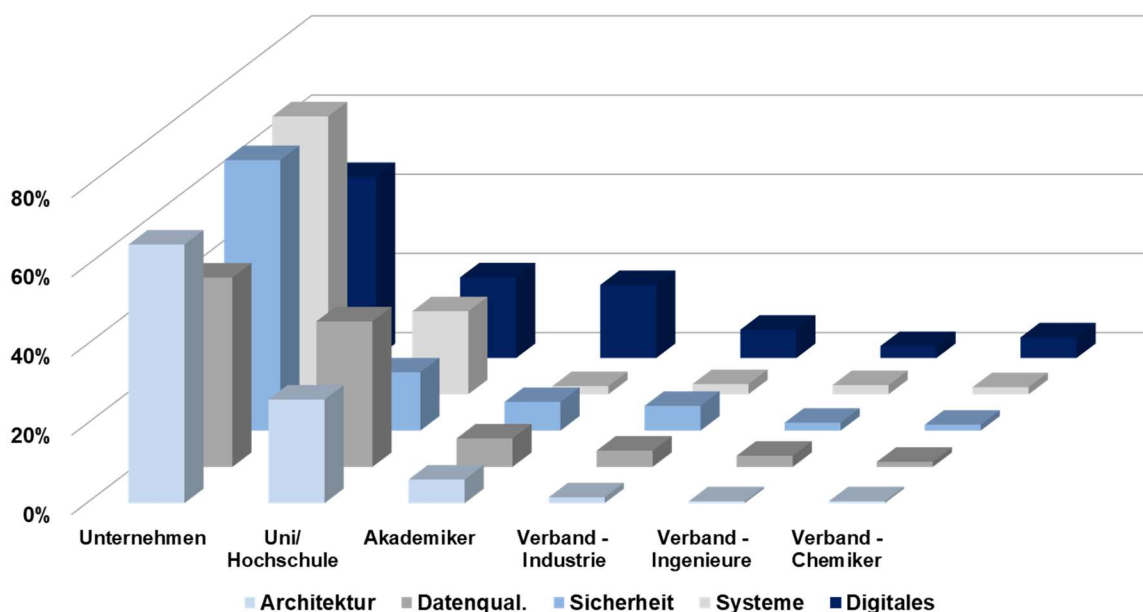


Abb. 56: Verantwortung für die Vermittlung/Pflege von Digital- und IT-Kompetenzen

Dass ein Chemie- oder Ingenieurstudium heute kaum noch ohne intensive Nutzung von Daten/Informationen jeder Art zu bewältigen ist, speziell in experimentellen und theoretischen Forschungsgebieten, zeigt sich in der Bewertung der Verantwortung für die Kompetenzvermittlung in Sachen Datenqualität. Hier sehen immerhin 37% die primäre Verantwortung bei den Hochschulen

48% der Teilnehmer weisen die primäre Verantwortung für die Vermittlung der Kompetenz in Datenqualität ihren späteren Arbeitgebern zu. Gegenüber dem Durchschnitt von 60% primärer Verantwortung für die Vermittlung der Digitalkompetenzen kommt dem Arbeitgeber nur weniger Bedeutung zu, weil die Studenten ohne ein Mindestmaß an dieser durch die Universität

vermittelten Kompetenz im Studium ein echtes Problem hätten

Die geringe Eigenverantwortung der Chemiker und Ingenieure bezüglich Digitalkompetenzen ist vielleicht die größte - negative - Überraschung der Initiative insgesamt

*„Letztendlich muss jeder Arbeitnehmer aber für seine persönliche Weiterentwicklung selbst proaktiv die Verantwortung übernehmen“*

Dr. Thomas Stöhr,  
Sachgebietsleiter  
Entwicklung (Innovation)  
Devinochem



## Einzelergebnisse der Musterberufe

Im Folgenden werden die Ergebnisse jedes der 6 Musterberufe vorgestellt, diskutiert und

anhand von weiteren Zitaten und Fallstudien illustriert

### Innovation

Das Berufsfeld „Innovation“ umfasste im Sinne der Studie Forscher und Entwickler in den Gebieten Produkte, Verfahren und Applikationen sowie Anwendungstechniker. Diese wurden der Innovation zugerechnet, weil ihre Tätigkeit am ehesten der chemisch-technischen Schaffung, Nutzung und Adaption von „Neuem“ gilt. Oft sind Anwendungstechniker auch Teil des Marketings & Vertriebs von Chemieunternehmen als „Technisches Marketing“ oder „Technischer Kundenservice“. Die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Linienorganisation spielte in der Studie keine Rolle, nur die Tätigkeit an sich

Die Größe der Gruppe „Innovatoren“, 36% aller Teilnehmer, spiegelt den hohen Anteil berufstätiger Chemiker und Ingenieure in F&E, Verfahrens-, Anwendungstechnik usw. wider. 370 Innovatoren unter den 1.018 Teilnehmern haben durchschnittlich 15,7 Jahre Berufserfahrung

43% der Innovatoren arbeiten in Konzernen, 18% in Großunternehmen, 15% im Mittelstand, 9% in Kleinunternehmen und 11% in Instituten, Kanzleien, Behörden u.a.m.

*„Mit der Digitalisierung wird es wie früher mit dem Umgang mit Office sein: Erst ist es unheimlich, und irgendwann benutzt es jeder wie selbstverständlich“*

Dr. Boris Neuwald  
Project Management Office  
LANXESS Deutschland GmbH  
High Performance Materials



An einer öffentlichen Universität haben 85% der Innovatoren studiert, an einer öffentlichen Hochschule 11%. Innovatoren mit Abschlüssen von privaten Universitäten oder privaten Hochschulen waren kaum repräsentiert

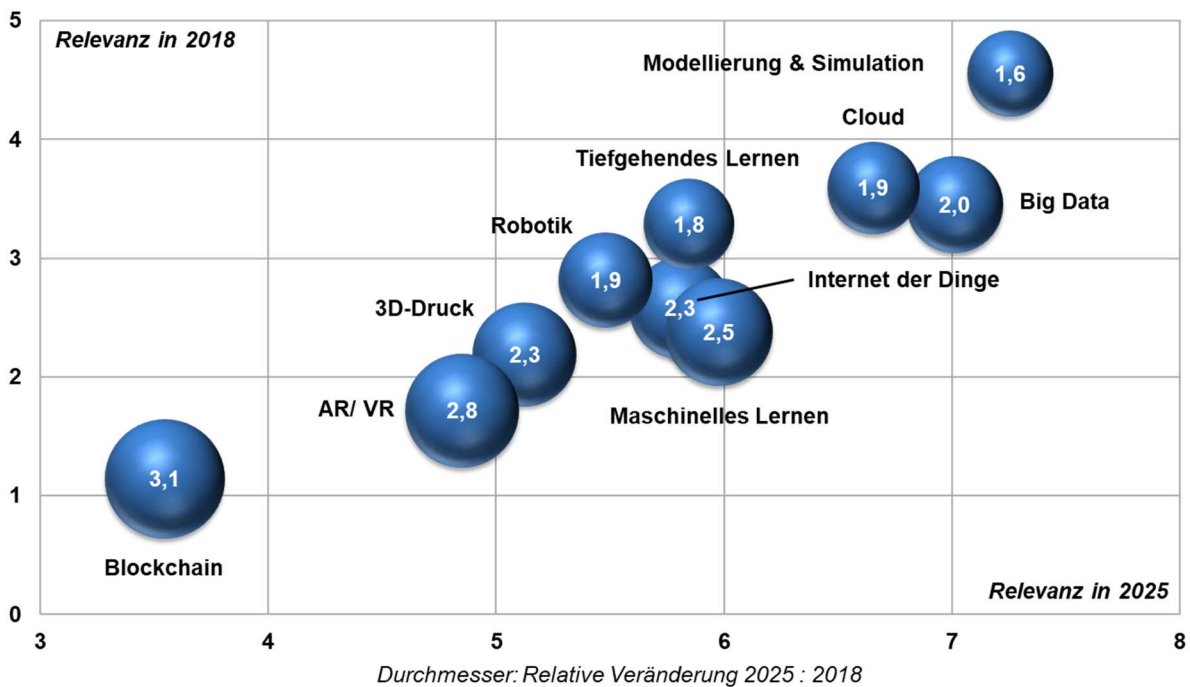


Abb. 57: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025

Modellierung und Simulation ist und bleibt die dominierende digitale Anwendung der Innovatoren, wie in Abb. 57 zu sehen. Seit vielen Jahren sind Modellierung und Simulationen in F&E und Verfahrenstechnik feste Größen. Mit zunehmender Rechnerverfügbarkeit und -leistung wird vor allem die Geschwindigkeit der Berechnung von Modellen bzw. Simulationen erhöht, Experimente, z.B. zum Reaktionsverhalten aus dem Labor ins Büro oder die Abläufe ganzer Fabriken als digitale Zwillinge in die Computer der Innovatoren verlagert

*„Mit Prozesssimulationen haben wir bereits seit vielen Jahren sehr, sehr gute Erfahrungen in unserer Ingenieurgruppe gemacht“*

Dr. Thomas Früh  
Head of PMO  
BU High Performance Elastomers  
Arlanxeo Deutschland GmbH

Das erkennen auch Absolventen, befürchten aber auch, dass die heutzutage verfügbaren Techniken viel zu spät in die Hochschulcurricula aufgenommen werden, um im Jahr 2025 Stand der Technik bei den Berufseinsteigern zu sein und den Anforderungen der Industrie zu entsprechen

*„Ich gehe daher davon aus, dass Studenten auch noch in 5 Jahren ausschließlich im Labor stehen werden, um das Reaktionsverhalten von Stoffen zu testen anstatt auch vermittelt zu bekommen, wie dieses mittels neuer Software am Computer simuliert werden kann“*

Fabian Sterzenbach  
Master in Wirtschaftschemie  
Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf



Gerade das Zusammenspiel der digitalen Anwendungen erlaubt Verbesserungen der Effektivität und Effizienz, wie z.B. ressourcen- und zeitschonende Patent- und Technologieanalysen nicht nur der Wettbewerber sondern auch der eigenen Kunden, um deren Aktivitäten bzw.

Ziele frühzeitig als Input für die eigene F&E zu nutzen. Frühzeitige und komplette Stand-der-Technik-Informationen helfen bei Patentanmeldungen und -einsprüchen. Risikoanalysen von Projekten in jedem Lebenszyklus in der Pipeline und Priorisierung bezüglich Budget- und Ressourcenallokation in Echtzeit sind auf dem Vormarsch, um nur einige Beispiele zu nennen

Blockchain steigt am stärksten an (Abb. 57), bleibt aber auch im Jahr 2025 ohne wirkliche Relevanz in der Innovation. Die Steigerung um den Faktor 3 ist vor folgendem Hintergrund mit der gebührenden Vorsicht zu genießen:

Sie hat heute eine sehr geringe Popularität und es gibt kaum eine publizierte Anwendung in der Praxis von Innovatoren in der Chemie. Die Einschätzungen sind zurückhaltend. 52% der Teilnehmer beurteilen sie auf der Skala von Null bis 10 selbst im Jahr 2025 mit „2“ oder kleiner

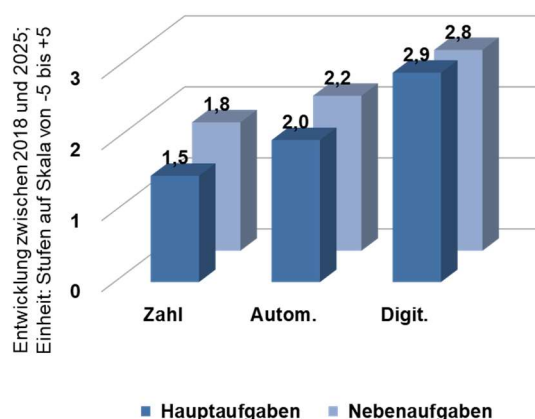


Abb. 58: Haupt- und Nebenaufgaben - Innovatoren

Alle drei Aspekte bei Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren in der Innovation entwickeln sich weitgehend parallel zueinander, was in Abb. 58 verdeutlicht wird

Die Befragten erwarten einen Anstieg der Anzahl ihrer Aufgaben auf der Skala von -5 bis +5 um ca. +1,5 Stufen, für den Automatisierungsgrad um +2 Stufen und für den Digitalisierungsgrad um +3 Stufen



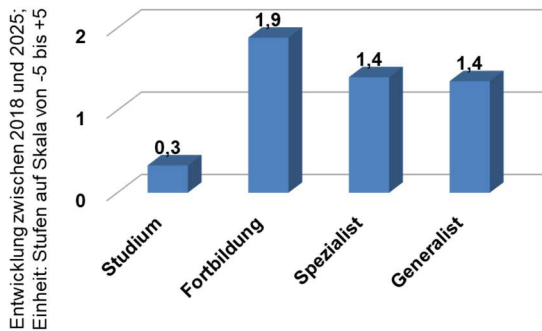


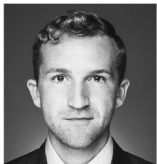
Abb. 59: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist

Die Innovatoren entwickeln sich gemäß Eigeneinschätzung in Richtung eines Generalisten, der per Definition eine große bzw. größer werdende Anzahl von Aufgaben bearbeitet. Parallel und in fast gleicher Größenordnung erwarten

die Innovatoren allerdings auch eine stärkere Spezialisierung

Wie bei den anderen Berufsgruppen auch, ist diese Einschätzung nicht komplett nachvollziehbar. Teilweise wird sie verständlich, indem die Gesamtzahl der Antworten, die eine Steigerung von Aufgaben und Aufgabenfokus erwarten, mit denen verglichen wird, die jeweils einen Rückgang erwarten: Von allen Teilnehmern erwarten nur 11% überhaupt Rückgänge in Aufgabenzahl und –fokus, seien es einzelne oder in Kombination. 71% aller Teilnehmer erwarten dagegen Steigerungen, wiederum einzeln oder in Kombination. Mehr als 51% erwarten sogar für sich selbst einen zunehmenden Trend sowohl in Richtung Generalist als auch in Richtung Spezialisierung, ein klarer Widerspruch

Ein positives Beispiel, wie die Kombination von Chemie und IT Akademiker in der Innovation unterstützen kann, zeigt folgende Fallstudie



**Forschungsdatenverwaltung und Data Mining für Materialforschung, Chemie und Physik**



**Dr. Lukas Wollmann, Co-Founder, ScienceDesk GmbH**

*Die ScienceDesk GmbH ist ein junges Unternehmen, das im Jahr 2017 von Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden und Experten aus IT und Wissenschaft gegründet wurde. Ansprechpartner sind Dr. Carlos Viol Barbosa (Geschäftsführer) oder Dr. Lukas Wollmann (Produktentwickler)*

*Digitale Plattformen für Wissenschaft und Praxis tendieren dazu, papierbasierte, veraltete Prozesse auf den Computerbildschirm zu übertragen, doch der Entwicklungsprozess eines neuen Materials kann durch die Anwendung aktueller Erkenntnisse aus der Netzwerktheorie, der künstlichen Intelligenz und dem Data Mining enorm verbessert werden. Wir haben ein Datenbank-System entwickelt, das experimentelle Daten verwaltet, homogenisiert und tiefen-indiziert (deep index). Dadurch wird die autonome Exploration von Daten aufgrund numerischer Features möglich und Korrelationen zwischen Eigenschaften und Materialien in großen Datensätzen identifizierbar*

*ScienceDesk bietet eine Lösung zur Forschungsdatenverwaltung an, die mit modernen Algorithmen für die Prozessierung und das Data Mining ausgestattet ist. Die entwickelte Software wird sowohl als Cloud-Lösung oder als lokale Installation angeboten*

ScienceDesk ermöglicht es von den Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz und dem Data Mining zu profitieren. ScienceDesk ermöglicht die autonome Exploration von Forschungsdaten und schafft neue Perspektiven auf vorhandene Forschungsergebnisse, um konkrete Antworten auf neue Fragestellungen zu ermöglichen

Das fördert die Wiederverwendung von Daten und Ergebnisse, reduziert die Kosten und beschleunigt den Innovationsprozess, indem Daten im großen Maßstab verarbeitet und korreliert werden, z.B. „wurde in unserer Abteilung bereits eine Legierung mit einer Übergangstemperatur von  $T= 450\text{ K}$  synthetisiert, die mindestens 30% Ni und 5% C enthält?“

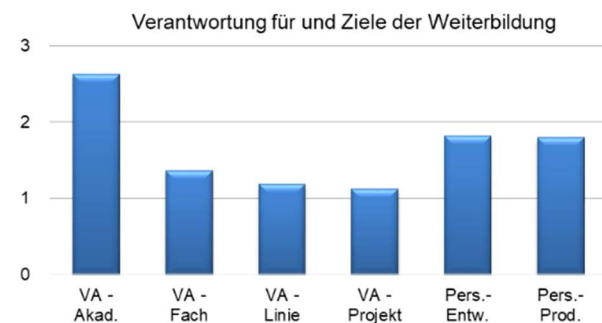
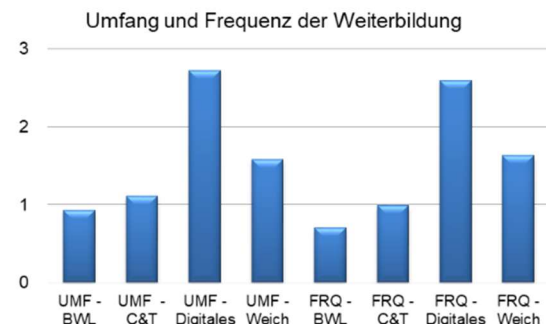
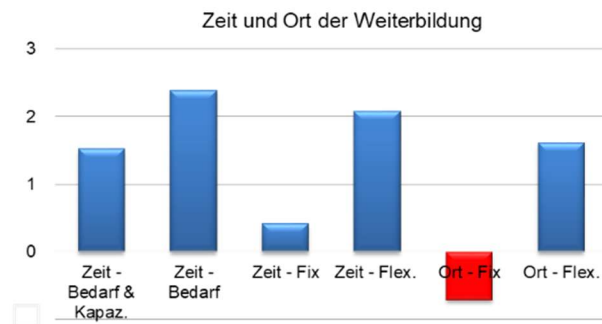
Bezüglich Zeit und Ort der Weiterbildung votieren Chemiker und Ingenieure klar für mehr Flexibilisierung. Der Rückgang an festen Orten für Weiterbildung ist der einzige Rückgang in allen in der Initiative betrachteten Parametern. Ansonsten heißt es fast überall, „Schneller, Höher, Weiter“

Umfang und Frequenz der Weiterbildung zu digitalen Themen steigen mit +2,6 um eine Stufe

stärker als die Weiterbildung bezüglich weicher Kompetenzen (+1,6)

„Führungskompetenzen und -typen ändern sich. Soft Skills werden in besonderem Maß gefragt sein“

N.N.  
Innovationsmanager  
Konzern



Verantwortung		Inhalt	
Chemiker/Ingenieure	+ 2,6	Digitales	+ 2,7
Fachvorgesetzter	+ 1,4	Chemie/Technik	+ 1,1
Linienvorgesetzter	+ 1,2	* Weiche Kompetenzen	+ 1,6
Projektleiter	+ 1,1	BWL	+ 0,8

\*: Kultur, Führung, Organisation, Kommunikation

Abb. 60: Entwicklung der Weiterbildung für Innovatoren

Weiterbildung zu chemisch-technischen Inhalten steigt sehr moderat um +1 Stufe. Betriebswirtschaftliche Weiterbildung rangiert ganz am Ende des Feldes, wie man der Tabelle in Abb.

60 entnehmen kann. Das steht im Einklang mit den anderen nicht primär kaufmännischen Berufen wie z.B. dem Anlagenbau. Vertreter aus Einkauf und Vertrieb & Marketing als primär

kommerzielle Berufe weisen BWL-Kompetenzen eine höhere Bedeutung zu

„Wir brauchen Dirigenten, die in der Lage sind, ein Orchester zum Spielen zu bringen, bei dem jeder Einzelne sagt, ja - ich will“

N.N.  
Innovationsmanager  
Konzern

Bezüglich Weiterbildung im Allgemeinen steigt die Bedeutung der Eigenverantwortung der Chemiker und Ingenieure in der Innovation massiv, um +2,6 Stufen auf der Skala von -5 bis +5, an. Sie erkennen, dass sie in Zukunft ihre eigenen Kompetenzmanager entlang ihres Berufslebens sein müssen

Den Linien- und Fachvorgesetzten ordnen sie eine moderate Steigerung um ca. +1 Stufe zu. Sofern sich der Trend realisiert, dass deutlich mehr Arbeitsvolumen und -zeit in Projekten und Programmen geleistet wird, werden Projekt- und Programmleiter mehr an Bedeutung für die Kompetenzentwicklung ihrer Ressourcen bekommen. Das gilt für klassische, agile und autonome Projektteams. Diese Perspektive teilen Chemiker und Ingenieure in der Innovation zum großen Teil, indem sie ihnen mit +1 eine nur geringfügig niedrigere Verantwortung als den etablierten Vorgesetzten im Jahr 2025 zugestehen (Abb. 60)

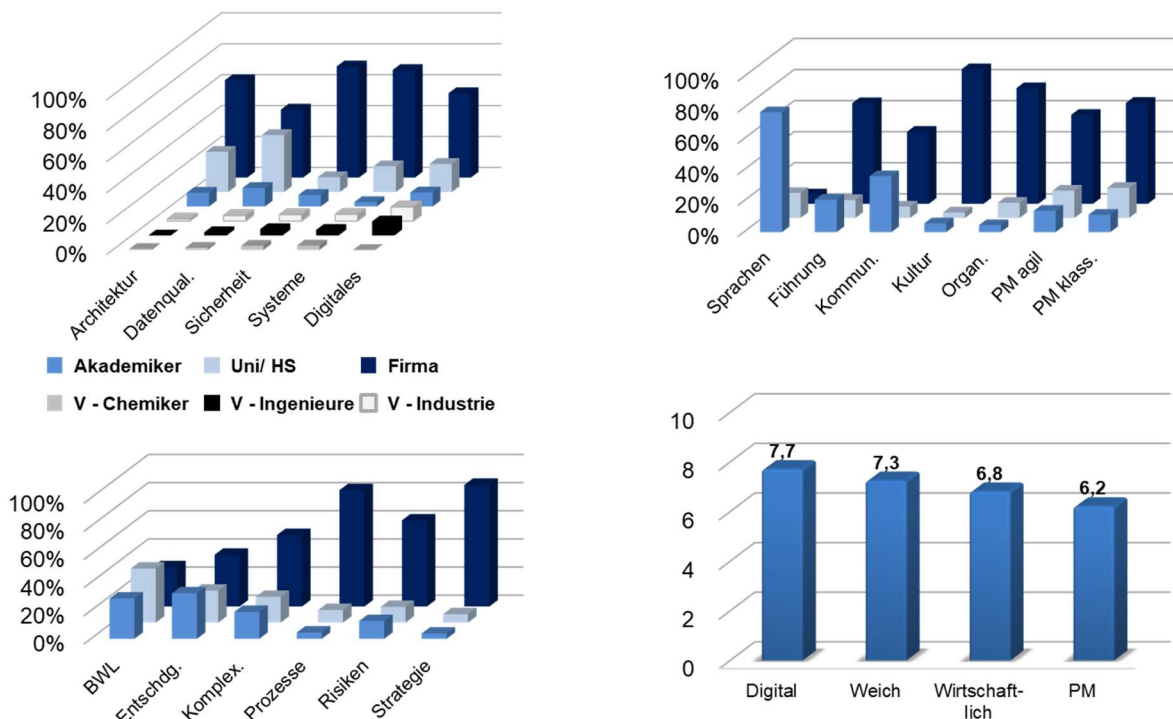


Abb. 61: Kompetenzentwicklung - Verantwortlichkeit und Zielsetzung - Innovation

Der Anspruch, ganzheitlicher Kompetenzmanager in eigener Sache sein zu wollen, passt nicht zur Sichtweise auf die primäre Verantwortung auf Ebene der Einzelkompetenzen

Allein bei der Beherrschung zweier Fremdsprachen sehen sich die Innovatoren selbst primär in der Pflicht

Schließlich gehört Übersetzungssoftware, auch durch Anwendung Künstlicher Intelligenz, zu den sich sehr schnell weiter entwickelnden digitalen Technologien

Bei den meisten anderen Kompetenzen sehen sie mit Abstand das Unternehmen in der primären Verantwortung

Ausnahmen sind hier bereits im Studium relevante Kompetenzen in Projektmanagement und Datenqualität sowie ausgerechnet in Betriebswirtschaft, wo die primäre Verantwortung der Unternehmen nur knapp vor der der Universität und des Einzelnen liegt

Abb. 61 zeigt auch die Bedeutung der Verbände und Gesellschaften für die Chemiebranche (Firmenmitgliedschaften) und die für die einzelnen Chemiker und Ingenieure (Personen als Mitglieder) bezüglich Weiterbildung. Aus Sicht der Akademiker in der Innovation spielt keine dieser Organisationen eine Rolle für eine der 18 Kompetenzen – über alle Musterberufe hinweg. In Summe kommen sie auf 6% aller Nennungen

Wie sich früh erworbene digitale Kompetenz in einem neuen innovativen, am Anwendernutzen orientierten Geschäftsmodell an der Schnittstelle zwischen Chemie & IT gestalten kann, beschreibt eine weitere Fallstudie mit einem Start-up Charakter



### **Sind Bedienoberflächen von chemischen Geräten bereit für die Industrie 4.0?**

**Christian Methfessel, Lead Developer, 1601.communication GmbH**



*Die Erlanger Kommunikationsagentur 1601.communication hat neben den klassischen Bereichen Print-Media und DigitalMedia auch die UI-Entwicklung für industrielle Applikationsoberflächen im Portfolio. Mit dem ehemaligen Chemielaboranten und UI-Spezialisten Christoph Thümmler und dem Chemiker und Lead-Developer Christian Methfessel ist das Unternehmen gut aufgestellt, um speziell die Bedienoberflächen für Chemieanwendungen fit für die Industrie 4.0 zu machen*

*Warum müssen die Programme und Benutzerinterfaces für Laborinstrumente eigentlich immer so unglaublich rückständig sein? In die Geräte werden Netzwerkfunktionalitäten, LIMS-Schnittstellen und die neuste Technik eingebaut – und die Bedienoberfläche stammt aus der Zeit von Windows 95. Statt einer positiven Benutzererfahrung erlebt man hier Frust und unnötig komplizierten Einarbeitungsaufwand. Fehlbedienungen sind häufig auf solche Versäumnisse zurückzuführen*

*Jede Anwendung wird heute mit den gleichen Maßstäben wie ein Smartphone bewertet. Intuitive Bedienung ist keine Innovation, sondern ein Standard – das ist die Unternehmensphilosophie. Mit viel Erfahrung und Fingerspitzengefühl restrukturiert 1601.communication die Funktionalitäten des Programmes und entwickelt eine moderne und dynamisch skalierbare Anwendungsoberfläche für alle Endgeräte. Da die Benutzerinteraktion so enorm wichtig ist, gehören User Acceptance Tests genauso dazu wie eine klare und strukturierte Designsprache*

*Immer mehr Laborinstrumente wie GC-MS, FT-IR, Waagen und Rotationsverdampfer sind in der Cloud und können remote gesteuert und beaufsichtigt werden. Allerdings ist auch die Anwendererfahrung ein zentraler Bestandteil der Digitalisierung. Geschätzte 80% der Anbieter sind zwar technisch auf dem Stand der Zeit, erkennen aber erst langsam, dass sie mit einem gut abgestimmten Userinterface die Zufriedenheit ihrer Benutzer noch deutlich verbessern können*

## Anlagenbau

Im Anlagenbau wurden Teilnehmer erfasst, die Investitionsprojekte planen und durchführen oder in den sie unterstützenden Fachstellen beschäftigt sind. Die Teilnehmer waren entweder reine Spezialisten im Projekt- bzw. Programmmanagement oder für technische Aufgaben bzw. Gewerke oder eine Kombination beider

Sie repräsentierten sowohl Konzerne und Großunternehmen der Chemischen Industrie als auch eher mittelständische Ingenieurbüros und Anlagenbauer mit dem Schwerpunkt auf der Chemischen Industrie

59% der Anlagenbauer arbeiten in Konzernen, 26% in Großunternehmen, 14% im Mittelstand und 1% in Kleinunternehmen

„Der Brückenschlag der Hochschulen zur Anwendung von Big Data im verfahrenstechnischen Kontext ist absolut notwendig“

Dr. Oliver Lade  
Global Technology & Innovation  
Clariant



An einer öffentlichen Universität haben 56% der Anlagenbauer studiert, an einer öffentlichen Hochschule 24%. Anlagenbauer mit Abschlüssen von privaten Universitäten oder privaten Hochschulen waren kaum repräsentiert. Mit 9% stellte diese Gruppe den höchsten Anteil an ehemals dual Studierenden unter allen Berufsgruppen

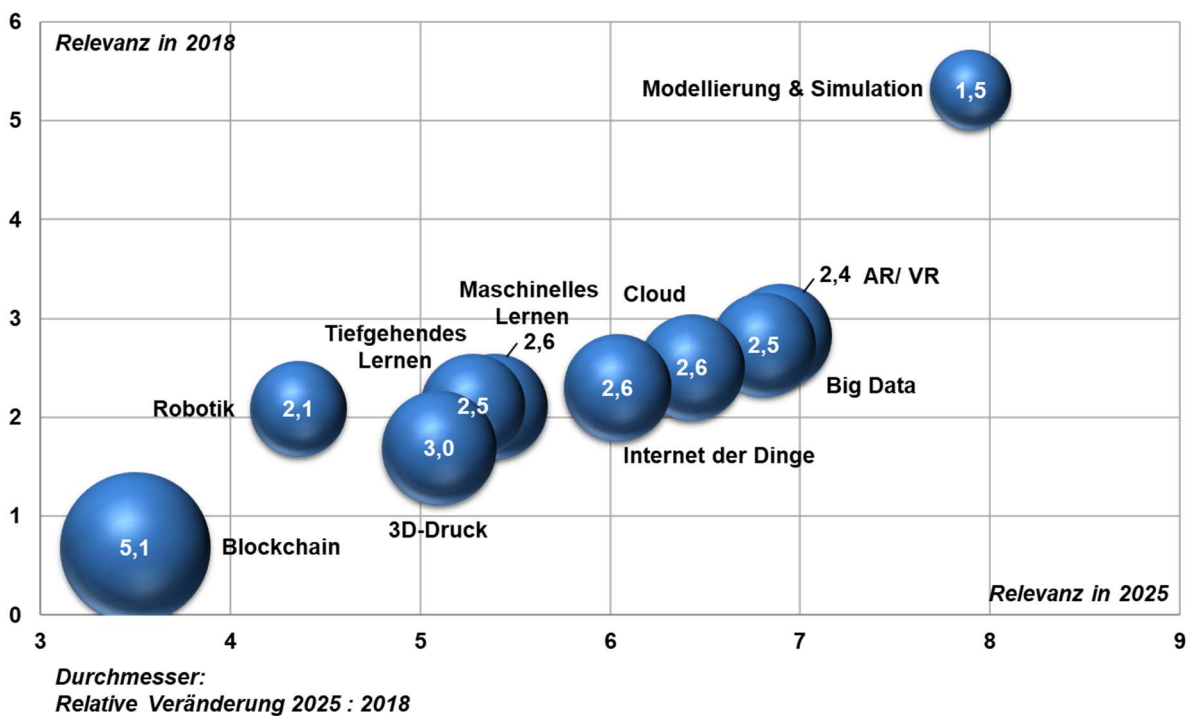


Abb. 62: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 - Anlagenbau

Abb. 62 zeigt, dass Modellierung & Simulation mit Abstand die dominierende digitale Anwendung im Anlagenbau ist und bleibt. Die populären Anwendungen AR/VR, Big Data und Cloud Computing sind und bleiben noch vor den KI-

Techniken Maschinellem und Tiefgehendem Lernen die Verfolger

Die Möglichkeiten der erweiterten oder virtuellen Realität in Design-, Planungs- und Realisierungsphasen gewinnen an Bedeutung, z.B.

wenn es darum geht, sich aus der Ferne ein Bild der neuen Anlage zu machen

*„Wir simulieren unsere Anlagen bereits zwei Jahre vor dem ersten Spatenstrich. Alle Massen, Energien und Bilanzen gehen in die Simulationen ein“*

N.N.  
Abteilungsleiter  
Konzerneigenes Engineering

Der Boom an 3D-Modellen insbesondere für neue Anlagen hält an. Massiv im Kommen sind die Digitalen Zwillinge, die speziell durch die großen Chemieunternehmen seit einigen Jahren populär geworden sind

Während Cloud Computing eher dem Management der Daten und Informationen an sich gilt, werden Big Data zunehmend genutzt, um damit Analysen (Descriptive Big Data) und Szenarien (Predictive Big Data) zu erstellen, d.h. Entscheidungsgrundlagen zu generieren

Das IoT wird für Ingenieure im Anlagenbau, speziell im Umfeld neuer Anlagen, mehr und mehr ein Muss. Die Nachrüstung betagter Anlagen wird dagegen oft aus technischen und wirtschaftlichen Gründen skeptisch gesehen

*„Mit intelligenten Sensoren analysieren wir heute technische Prozesse schneller, um Probleme bei der Inbetriebnahme in den Anlagen zu lösen. Während wir heute mit Datenschnittstellen hadern, werden diese in 2025 kompatibel mit allen Standards“*

N.N.  
Leitung von Programmen/ Projekten  
Konzern

Blockchain steigt enorm – mit dem größten Faktor in der gesamten Umfrage von 5,1 - bleibt aber am Ende des Feldes. Robotik spielt heute im Anlagenbau so gut wie keine Rolle, verdoppelt ihre Bedeutung zwar bis 2025, hat dann aber im Vergleich zu den anderen Techniken immer noch das Nachsehen

Erleichterung und Beschleunigung von Aufgaben, einige neue Aufgaben und der Ersatz anderer, manuell durchgeführter und bzw. oder repetitiver Aufgaben werden durch die digitalen Techniken kommen. Das Ausmaß hängt von vielen Faktoren ab, z.B. vom Portfolio der Tätigkeiten am konkreten Arbeitsplatz, der Kompetenz des Einzelnen, flexibel auf veränderte Anforderungen zu reagieren und der Geschwindigkeit, mit der das Unternehmen die digitalen Techniken einführt

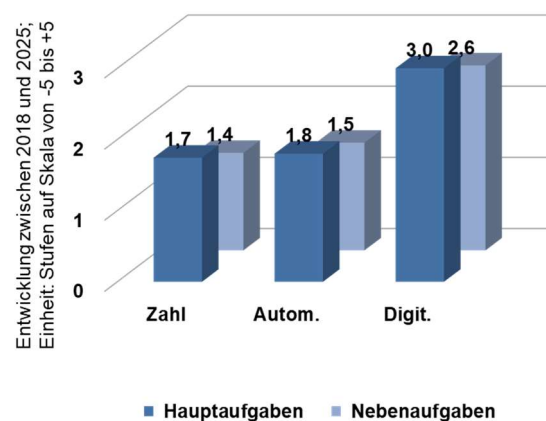


Abb. 63: Haupt- und Nebenaufgaben der Anlagenbauer

Abb. 63 zeigt, dass sich alle drei Aspekte bei Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren im Anlagenbau weitgehend parallel zueinander entwickeln. Sie erwarten einen Anstieg der Zahl ihrer Aufgaben auf der Skala von -5 bis +5 um gut +1,5 Stufen, für den Digitalisierungsgrad um knapp +3 Stufen, aber anders als andere Berufe nur einen Anstieg von 1,5 bis 1,8 für den Automatisierungsgrad von Neben- bzw. Hauptaufgaben. Mit diesen Werten liegen sie am Ende des Feldes, was aber nicht auf eine Schwäche hinweist, sondern im Gegenteil auf dem im Vergleich höchsten Automatisierungsgrad im Anlagenbau und seinen einzelnen Gewerken beruht. Statt zu automatisieren, gilt der Fokus der Anlagenbauer sehr deutlich der Digitalisierung von Haupt- und Nebenaufgaben

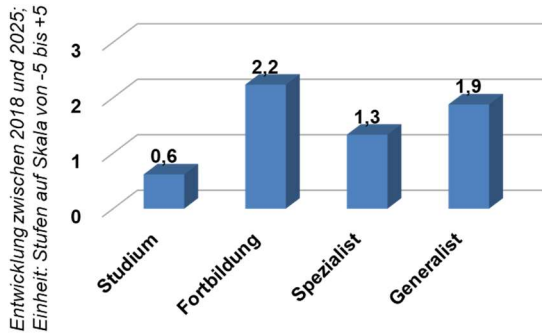


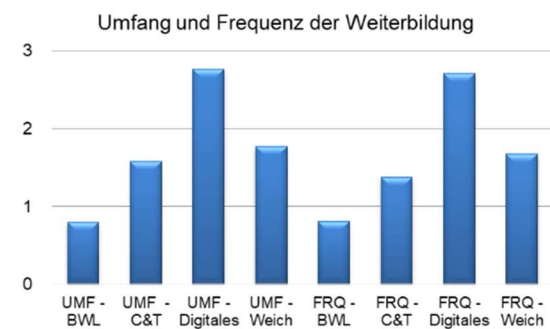
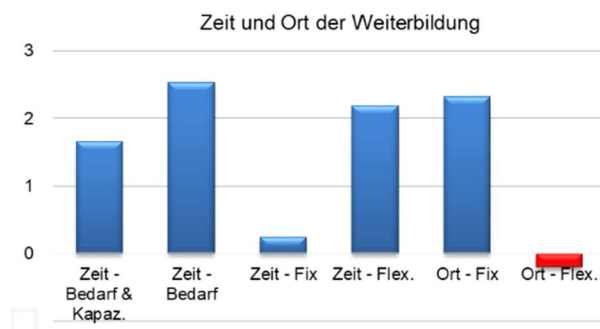
Abb. 64: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist

In der größten Differenz im Trend zu Generalisten bzw. Spezialisten von 0,6 Stufen zu Gunsten der Generalisten drückt sich der große Anteil des Projektgeschäftes mit entsprechend vielen Projektmanagementaufgaben und Teilnehmern aus diesem Bereich aus

Wie bei den anderen Berufsgruppen auch, ist diese Einschätzung nicht komplett, aber besser nachvollziehbar. Teilweise wird sie verständlich, indem die Gesamtzahl der Antworten, die

eine Steigerung in Richtung Aufgaben und Aufgabenfokus verheißen, mit denen verglichen wird, die jeweils einen Rückgang erwarten: Über alle Berufe erwarten nur 11% überhaupt Rückgänge in Aufgabenzahl und -fokus, sei es einzeln oder in Kombination. 71% aller Teilnehmer erwarten dagegen Steigerungen, wiederum einzeln oder in Kombination. Mehr als 51% erwarten sogar für sich selbst einen zunehmenden Trend in Richtung Generalist als auch in Richtung Spezialisierung. Gerade im Projektgeschäft ist es den Ingenieuren und Chemikern sehr bewusst, dass sie auf Basis ihres Spezialwissens in Projekte allokiert werden. Ebenfalls klar ist, dass Projektleiter durchaus auch gute bis sehr gute Generalisten mit einem Mindestverständnis aller Gewerke sein und eigene Expertise im Projektmanagement haben müssen

Die Einstellung des „Schneller, Höher, Weiter“ von Chemikern und Ingenieuren gehört zu den größten Herausforderungen auf dem Weg zur Digitalisierung in Chemieunternehmen. Es gilt, ihre Einstellung, selbst überall involviert sein und die Kontrolle behalten zu wollen, zu verändern



Verantwortung		Inhalt	
Chemiker/Ingenieure	+ 3,1	Digitales	+ 2,7
Fachvorgesetzter	+ 1,7	Chemie/Technik	+ 1,5
Linienvorgesetzter	+ 1,1	* Weiche Kompetenzen	+ 1,7
Projektleiter	+ 1,2	BWL	+ 0,8

\*: Kultur, Führung, Organisation, Kommunikation

Abb. 65: Entwicklung der Weiterbildung für Anlagenbauer

Bezüglich Zeit und Ort der Weiterbildung votieren Chemiker und Ingenieure klar für mehr Flexibilisierung. Der Rückgang an festen Orten für Weiterbildung ist der einzige Rückgang in allen in der Initiative betrachteten Parametern. Ansonsten heißt es fast überall „Schneller, Höher, Weiter“

Wie sich Aufgabenteilung und Arbeiten in Projekten auf Basis von Kompetenzen in der Praxis eines Konzerns mit eigener Anlagenbau-Einheit weiterentwickelt, fasst die leider nur anonym freigegebene Aussage eines Programmleiters zusammen

*„Das Arbeiten in immer wieder unterschiedlich zusammengesetzten Projektteams in einem Projekt und für verschiedene Projekte wird Standard. Damit geht die Bedeutung der klassischen Linienorganisation zurück. Größere Firmen werden stattdessen eher flexible Ressourcenpools vorhalten“*

N.N.

Leiter von Programmen  
Anlagenbau  
Konzern

Umfang und Frequenz der Weiterbildung zu digitalen Themen stehen steigen mit +2,7 um eine Stufe mehr als die zu weichen Kompetenzen (+1,7) und die für chemisch-technische Inhalte (+1,5). Betriebswirtschaftliche Weiterbildung rangiert ganz am Ende des Feldes mit einer Bedeutung von nur +0,8 Stufen

Bezüglich Weiterbildung im Allgemeinen steigt die Bedeutung der Eigenverantwortung der Ingenieure im Anlagenbau sehr deutlich, um +3,1

Stufen auf der Skala von -5 bis +5, an, weil sie erkennen, dass sie in Zukunft ihre eigenen Kompetenzmanager entlang ihres Berufslebens sein müssen

Den Fachvorgesetzten messen sie eine deutliche Steigerung um knapp 2 ganze Stufen zu. Sofern sich der Trend realisiert, dass deutlich mehr Arbeitsvolumen und -zeit in Projekten und Programmen geleistet wird, werden Projekt- und Programmleiter mehr an Bedeutung für die Kompetenzentwicklung ihrer Ressourcen bekommen, in klassischen, agilen und autonomen Projektteams. Diese Perspektive teilen die Ingenieure zum großen Teil, indem sie ihnen mit +1,2 praktisch die gleiche Verantwortung im Jahr 2025 zugestehen wie den an diesen beiden Gruppen gegenüber an Bedeutung verlierenden Linienvorgesetzten mit +1,1. Im Projektgeschäft Anlagenbau überrascht die Entwicklung nicht, nur ihre gegenüber den übrigen Berufen mit weniger Projektanteil eher moderate Größenordnung

*„Wenn heute Statistiker oder Mathematiker in einem Verfahrensentwicklungsprojekt auf Chemiker und Verfahreningenieure treffen, reden die erst einmal aneinander vorbei. Die verstehen die Sprache der anderen einfach nicht“*

Dr.-Ing. Safa Kutup Kurt  
Process Dev.-Engineer  
Performance Materials  
Integrated Supply  
Merck KGaA





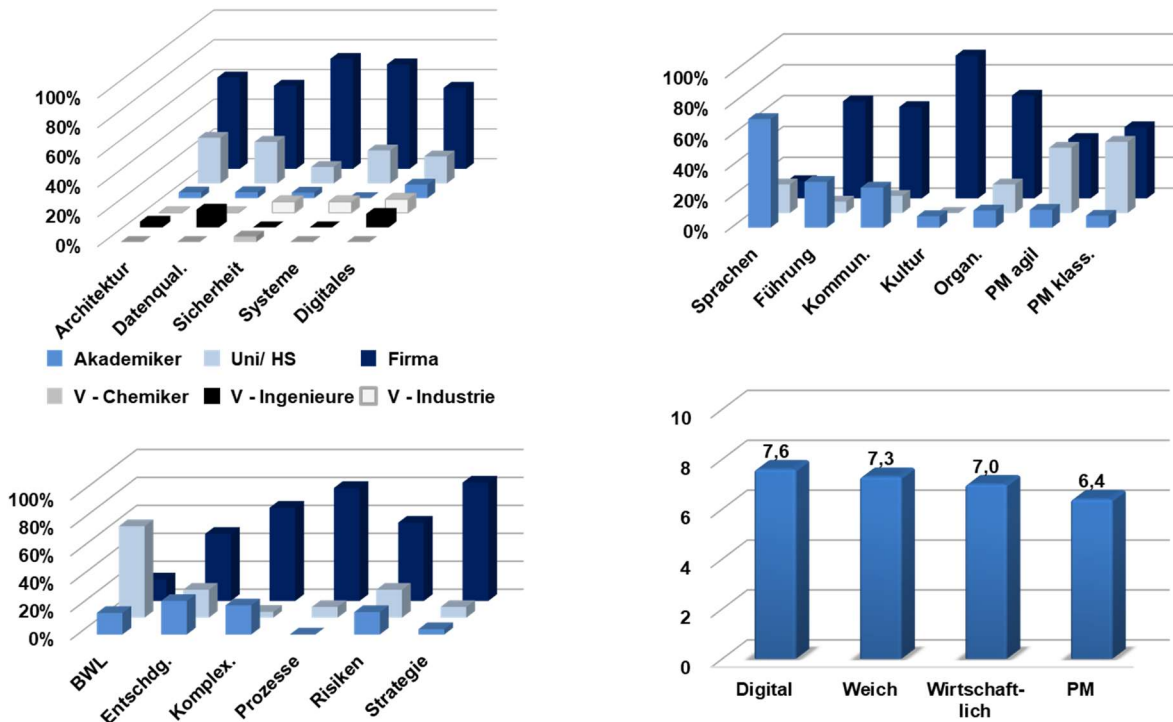


Abb. 66: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung

Der Anspruch, der eigene Kompetenzmanager sein zu wollen und die Bereitschaft zur Übernahme der primären Verantwortung im Einzelfall klaffen auseinander

Allein bei der Beherrschung zweier Fremdsprachen sehen sich die Anlagenbauer selbst hauptsächlich in der Pflicht. Bei den meisten anderen sehen sie mit Abstand das Unternehmen in der primären Verantwortung

Ausnahmen sind hier bereits im Studium relevante Kompetenzen in Projektmanagement und Datenqualität sowie ausgerechnet in Betriebswirtschaft, wo die primäre Verantwortung der Universität bzw. der Hochschule fast an die der Unternehmen herankommt

## Einkauf

Im Einkauf waren Chemiker und Ingenieure eingeladen, die in chemischen Unternehmen z.B. Warengruppen- oder Lieferantenmanagement, Projekteinkauf oder Beschaffung in der Routine verantworten. Sie stammten überwiegend aus dem strategischen Einkauf großer Unternehmen oder hatten Verantwortung für mehrere bis alle Aufgaben im Einkauf mittelgroßer und kleiner Unternehmen

Einige, wenige Chemiker waren für den Chemikalieneinkauf für Arbeitgeber außerhalb der Chemischen Industrie, z.B. der metallverarbeitenden Industrie, verantwortlich. Insgesamt

nahmen nur 44 Einkäufer die Einladung zu der Umfrage an – die Anfrage nach den Ergebnissen lag schon in der Teilnehmerakquise bei mehr als 100

„Digitalisierung soll die reale Komplexität vereinfachen und optimieren, um Entscheidungen zu treffen“

Dr. Ulf Stalmach  
Einkaufs-Controller  
Looser Holding



**Machine-Learning-gestützte Recherche- und Einkaufsprozesse in der Chemikalienbeschaffung**

**Christian Bürger, Geschäftsführer,  
chembid GmbH & Co. KG**



*chembid ist ein Technologieunternehmen, das auf die Entwicklung und den Betrieb datenbasierter Webservices für die Chemie spezialisiert ist. Unter [www.chembid.com](http://www.chembid.com) betreibt das Unternehmen die weltgrößte Suchmaschine für Chemikalienangebote und -anbieter und macht mehr als zwei Millionen Produktangebote aus über 80.000 Anbieter-Shops, Marktplätzen und Webshops vergleichbar*

*„Digital Natives“ rücken verstärkt in Einkäuferpositionen nach und verlangen nach web-basierten Lösungen bei der Chemikalienbeschaffung. Parallel dazu entstehen im Web immer mehr neue Marktplätze und Shops, über die Chemikalien angeboten werden. Damit Unternehmen dieser Komplexität an Informationen Herr werden können, hat sich chembid zum Ziel gesetzt, die weltweit verfügbaren Informationen zu Chemikalienangeboten, -unternehmen, -bedarfen und -käufen zu organisieren, aufzubereiten, schneller und besser zugänglich zu machen*

*In den meisten Online-Marktplätzen und Webshops erfolgt die Auflistung der Suchergebnisse einfach regelbasiert, was häufig nicht zu den besten Angeboten führt. Zudem greifen die meisten Ausschreibungsplattformen auf einen sehr eingeschränkten Bestand an potentiellen Anbietern in ihren Datenbanken zu. chembid verfügt über die vermutlich weltweit größte Menge an Produkt-, Preis-, Markt-, Anbieter- und Bedarfsinformationen der Chemiebranche*

*Eine Bestimmung von Ergebnisrankings mit Hilfe von Machine Learning Algorithmen, die auf das historische Such- und Klickverhalten der Nutzer zugreifen und dieses auswerten, kann weitaus zuverlässigere und passendere Ergebnisse liefern. Hierzu bedient sich chembid Cloud-basierter, intelligenter Suchmaschinentechnologien, Big Data Processing, Data Mining und moderner Analytics Lösungen*

*Mehrwerte für Einkäufer sind größere Transparenz und besserer Überblick über den Chemiemarkt und Preisentwicklungen, Beschleunigung des Einkaufsprozesses durch schnellere Suche und/oder die verbesserte Abwicklung von Ausschreibungen sowie bessere strategische Einkaufsentscheidungen*

Mehrwerte für Chemikalien-Anbieter sind die Einsparung von Ressourcen für E-Commerce und Online Marketing, Effizienzsteigerung in Vertrieb und Marketing, besseres Verständnis von und neue Erkenntnisse zu potenziellen Kunden und deren Kaufverhalten, bessere Prognose zukünftiger Trends und Marktentwicklungen, schnellere und bessere strategische Marketingentscheidungen

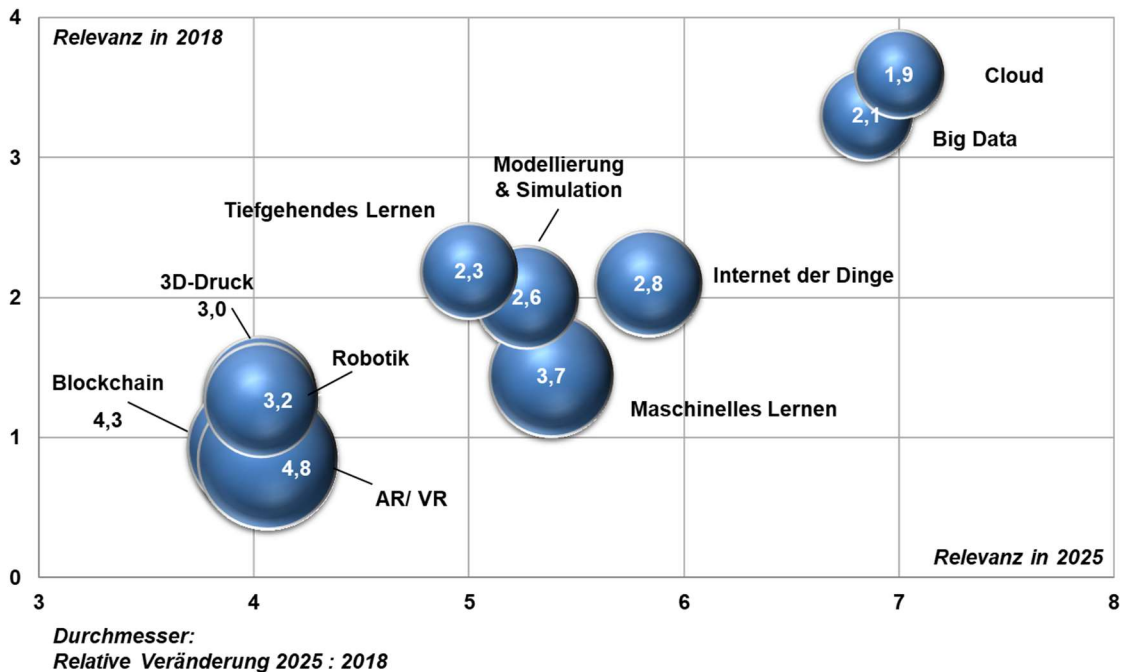


Abb. 67: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 - Einkauf

68% der Einkäufer arbeiten in Konzernen, 18% in Großunternehmen, 9% im Mittelstand und 5% in Kleinunternehmen. An einer öffentlichen Universität haben 85% der Einkäufer studiert, und an einer öffentlichen Hochschule 11%. Einkäufer mit Abschlüssen von privaten Universitäten oder privaten Hochschulen waren kaum repräsentiert

Mit weitem Abstand sind und bleiben Cloud und Big Data die Spitzenreiter (Abb. 67). Zusammen mit dem starken Anstieg des Maschinellen Lernens wird klar, dass und wie Einkäufer die digitalen Techniken nutzen wollen: Viele heute z.T. aufwändige Recherchen zu Versorgungsmärkten, Lieferanten, Rohstoffen, Preisen usw. werden Effektivität und Effizienz im strategischen Einkauf und im Einkaufscontrolling fördern

Der Abstand zu den digitalen Techniken mit vermeintlich rein technischem Fokus wie Internet

of Things und 3D-Druck ist z.T. plausibel nachvollziehbar. Sowohl im technischen und kommerziellen Sektor einsetzbare Anwendungen wie Modellierung und Simulation nicht nur in der Innovation sondern auch von Einkaufsprozessen, Risikoszenarien, Währungsschwankungen rangieren im Mittelfeld

Blockchain wird mit einer Steigerung um das 4,8-fache eine bessere Zukunft prognostiziert als in anderen Berufen. Schwerpunktmäßig wird hier die finanzielle Transaktion als Vorteil gesehen, die Möglichkeiten zur Revisionsicherheit aller Einkaufstransaktionen aber noch sehr wenig

In zahlreichen Konzept- und Validierungsinterviews deutete sich an, dass die Profiteure der Digitalisierung eher die Chemiker und Ingenieure mit konzeptionellen und strategischen Aufgaben sein werden als operativ tätige Einkäufer

Die taktische Beschaffung wird künftig weitgehend automatisch unter Nutzung digitaler Techniken wie z.B. elektronischen Marktplätzen und Wiederbeschaffungsalgorithmen ablaufen und dadurch einen Effekt auf die Zahl der Arbeitsplätze operativer Einkäufer haben. Das gilt speziell für Routineaufgaben und Standardmaterialien, -packmittel und -leistungen

Die neu gewonnene, systemunterstützte Transparenz in Echtzeit - oder zumindest nahe daran - erlaubt es Einkäufern im „Upstream“ der Wertschöpfungskette die Funktionen im „Downstream“ früher mit besseren Informationen und Szenarien zu versorgen als heute

Besonders progressive Einkäufer denken und agieren mehr „im Großen und Ganzen“, d.h. im Hinblick auf das Optimum der gesamten Wertschöpfungskette und geben dem Einkauf einen deutlich höheren Stellenwert im Unternehmen

*„Wir brauchen in Zukunft nicht nur Vollblutchemiker“*

Dr. Thomas Renner  
Leiter Consortium für  
elektrochemische Industrie  
Wacker Chemie AG



### **Business Intelligence in Einkauf und Controlling in der Lackindustrie**

**Ein Beitrag von Dr. Ulf Stalmach, Lack-Digitizer**

*Der Einkauf von Rohstoffen in der Farben- und Lackbranche läuft nicht nach den klassischen Einkaufs- und Beschaffungsprinzipien. Der weitaus größte Teil des Lack-Rohstoffmarktes ist monopolistisch bzw. oligopolistisch aufgestellt. Lieferanten suchen den direkten Kontakt zu Entscheidern in den F&E-Abteilungen. Der Einkauf regelt oft nur den kaufmännischen Teil*

*Gängige ERP-Systeme enthalten oft nur unvollständige technische Informationen zu Spezifikationen, Istwerten der Anbieter, Rohstoffklassen und -qualitäten. Operative Prozesse, die den Einsatz oder Austausch von Rohstoffen betreffen, benötigen zusätzliche Informationen aus Produktion, Lager, EHS, Vertrieb, AWT etc. Diese stehen aber selten in einem ERP zentral zu Verfügung. Häufig mangelt es alternativ vorgehaltenen Excel-Listen an Aktualität, Transparenz, Qualität, Vernetzung und folglich Nutzen*

*Für ein proaktives Einkaufscontrolling sind Harmonisierung der vorliegenden Datenformate und -inhalte der erste Schritt. Zweiter Schritt sind Bereinigung und ggf. Ergänzung der Daten, gefolgt von ihrer Vernetzung. Im letzten Schritt erfolgt die eigentliche Wertschöpfung durch das Einkaufcontrolling*

*Aus konsolidierten Daten werden durch (Big) Data Analytics aussagekräftige Informationen, z.B. Risikopotenziale oder Entscheidungsempfehlungen. Strategische Einkäufer und Controller erhalten durch maschinelles Lernen über die Zeit kontinuierlich neue Erkenntnisse, deren Verifizierung wiederum zu Szenarien und Handlungsempfehlungen entlang der ganzen Wertschöpfungskette führt*

*(Big) Data Analytics, KI und Experten, die Ursache und Wirkung entlang der Wertschöpfungskette beurteilen können, tragen so zu einem agilen, schneller und fundierter entscheidungsfähigen Unternehmen bei, das durch Vernetzung verstreuter Daten aus fragmentieren Organisationseinheiten seine Ressourcen effizienter nutzt*

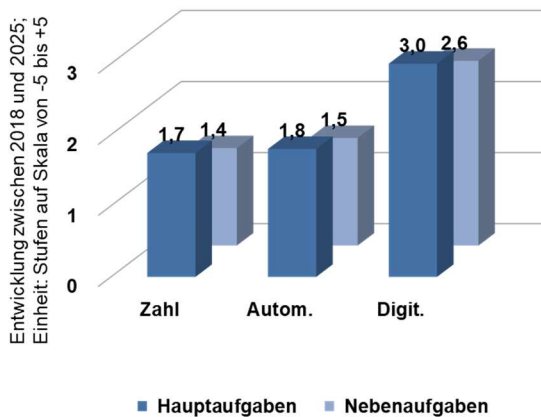


Abb. 68: Haupt- und Nebenaufgaben der Einkäufer

Abb. 68 zeigt, dass sich alle drei Aspekte bei Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren im Einkauf weitgehend parallel zueinander entwickeln. Sie erwarten einen Anstieg der Zahl der Aufgaben auf der Skala von -5 bis +5 um ca. +1 Stufe, für den Automatisierungsgrad um +2 Stufen und für den Digitalisierungsgrad um +3 Stufen

Die gegenüber der oben besprochenen Fallstudie überwiegend aus Konzernen und Großunternehmen stammenden Einkäufer in dieser Initiative nutzen bereits eine ganze Reihe digitaler Anwendungen bzw. haben z.T. sehr klare Vorstellungen, wie digitale Anwendungen ihre Jobs, Aufgabenfülle und Verantwortungen in naher Zukunft verändern werden

Ein sehr weitgehender Vorschlag ist die „komplette Digitalisierung des P2P Prozesses“. Streng genommen ist das „nur“ eine logische Weiterentwicklung weitgehend automatisierter Schritte, Prozesse und Systeme an den Schnittstellen Lieferanten, Plattformen und Einkauf durch genau das, was Digitalisierung ausmacht, die Vernetzung eines Prozesses von Anfang bis Ende über Unternehmensgrenzen hinweg

Neben den Ausführungsprozessen bringt die Digitalisierung vor allem auch große Vorteile in den Planungsprozessen. Dauert der S&OP Prozess (Sales und Operations Planning) heute in einem Unternehmen oft einen Monat, indem die Absatz-, Produktions- und Beschaffungspla-

nung sowie die Abstimmungs- und Entscheidungstreffen oft ihren festen Platz im monatlichen Planungskalender haben, lassen sich im Idealfall veränderte oder erwartete Absatzdaten über Big Data (Prescriptive Analytics in diesem Fall) schnell in Produktions- und Linienbelegungsszenarien und mittelbar in Beschaffungsszenarien übersetzen. Zeitbestimmender Faktor wird die funktionsübergreifende Entscheidungsfindung sein. Hier setzt das Modell der Wertschöpfungskettenmanager an, die – mit entsprechender Entscheidungsbefugnis ausgestattet – anhand valider Entscheidungsszenarien binnen eines Tages zum selben Ergebnis kommen wie der einmonatige Prozess heute

Primär für strategische und Upstream-Einkäufer – wie für andere Prozessbeteiligte auch – hat dieses, bei einigen Großunternehmen in Umsetzung befindliche, keineswegs futuristische Modell, eine Reihe an effizienz- und effektivitätssteigernden Auswirkungen, auf die hier nur stichwortartig eingegangen werden kann: Lieferantenkompetenzen und -verträge, Transparenz über Rohstoffverfügbarkeit und alternative Einsatzmöglichkeiten für Materialien, Umlaufkapital, Risikomanagement, Systemintegration usw.

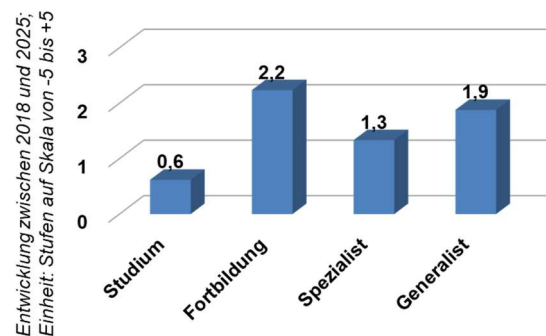


Abb. 69: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist

Die Einkäufer entwickeln sich gemäß Eigeneinschätzung (siehe Abb. 69) deutlich mehr in die Richtung eines Generalisten als die eines Spezialisten, was z.T. auf den Wegfall von reinen Jobs in der operativen Beschaffung durch Auto-

matisierung und Digitalisierung und die Übernahme der betreffenden Steuerungsaufgaben zurückzuführen ist

„In der Großindustrie können Sie nicht alles mit p.a. Chemikalien machen“

Dr. Edwin Cramer  
Director Global  
Upstream Management  
BASF Coatings GmbH



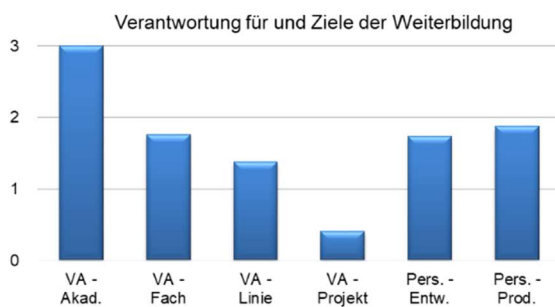
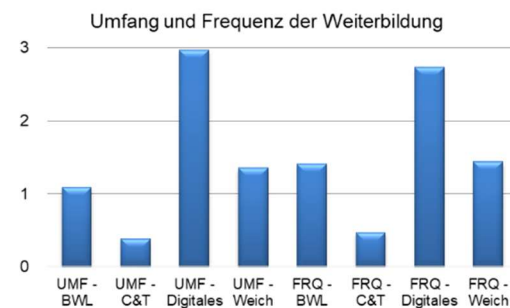
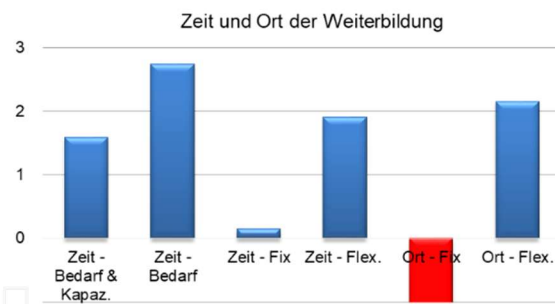
Andere Rollen, z.B. in der Wertschöpfungskette oder mit anderen Schwerpunkten wie Risikomanagement, Lieferantenbewertung oder Controlling im Einkauf sprechen für die Spezialisierung

Aufgrund der kleinen Anzahl von Einkäufern aus mittleren und kleinen Unternehmen kann

nur der aus anderen Berufsgruppen analoge Schluss gezogen werden, dass die Generalisierung in diesen Unternehmen eher die Regel als die Ausnahme sein wird, schon aus Ressourcengründen

Bezüglich Zeit und Ort der Weiterbildung votieren die Einkäufer klar für mehr Flexibilisierung. Der Rückgang an festen Orten für Weiterbildung ist der einzige Rückgang in allen in der Initiative betrachteten Parametern. Ansonsten heißt es fast überall, „Schneller, Höher, Weiter“

Umfang und Frequenz der Weiterbildung zu digitalen Themen werden in Abb. 70 visualisiert und steigen mit +3 massiv an. Die Bedeutung der Wichtigkeit der digitalen Anwendungen und der Größe des Schritts zu deren Beherrschung ist den Einkäufern klar



Verantwortung		Inhalt	
Chemiker/ Ingenieure	+ 3,0	Digitales	+ 3,0
Fachvor- gesetzter	+ 1,8	Chemie/ Technik	+ 0,4
Linienvor- gesetzter	+ 1,4	* Weiche Kompetenzen	+ 1,4
Projektleiter	+ 0,4	BWL	+ 1,1

\*: Kultur, Führung, Organisation, Kommunikation

Abb. 70: Entwicklung der Weiterbildung für Einkäufer

Weiche Kompetenzen steigen in ihrem Umfang und Frequenz mit +1,4 halb so stark, liegen aber im Einkauf noch vor den betriebswirtschaftlichen Weiterbildungen. Managementkompetenzen schneiden im Vergleich mit den übrigen – eher technisch orientierten - Berufen besser ab. Dafür spielen chemisch-technische Weiterbildungen kaum eine Rolle, und wenn,

dann bei Einkäufern mit technischem Fokus wie einem Einkäufer im Upstream Procurement, im Projekteinkauf oder im Technischen Einkauf

Eine Verknüpfung zwischen Chemie, BWL und Technik bieten u.a. Studiengänge wie Wirtschaftschemie an, deren Absolventen nicht selten in kommerziellen Funktionen wie Einkauf oder Vertrieb mit ihrer Industrielaufbahn starten

„Wir brauchen einen engeren Austausch zwischen der Industrie und den Hochschulen. Nur dadurch können wir sicherstellen, dass für junge Menschen der Übergang vom Studium ins Berufsleben möglichst reibungsarm verläuft“

Prof. Dr. Torsten Daubenfeld  
Dekan FB Chemie & Biologie  
Hochschule Fresenius



Bezüglich Weiterbildung im Allgemeinen steigt die Bedeutung der Eigenverantwortung der

Chemiker und Ingenieure im Einkauf massiv, um +3,0 Stufen auf der Skala von -5 bis +5, an, weil sie erkennen, dass sie in Zukunft ihre eigenen Kompetenzmanager entlang ihres Berufslebens sein müssen, siehe Abb. 71

Den Linien- und Fachvorgesetzten messen sie eine deutliche Verantwortungssteigerung um ca. +1,5 Stufen zu. Arbeiten in klassischen, agilen und autonomen Projektteams und damit eine Verantwortung von Programm- und Projektleitern für die Kompetenzentwicklung der Einkäufer sehen Einkäufer mit +0,4 Stufen so gut wie nicht

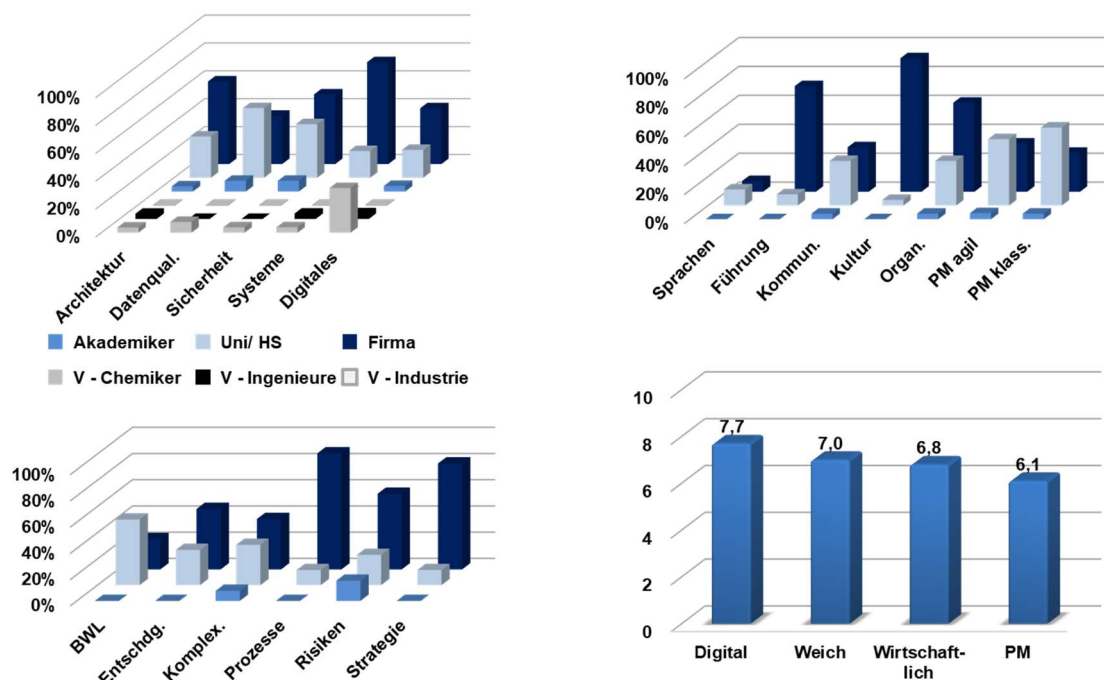


Abb. 71: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung

Der Anspruch, der eigene Kompetenzmanager sein zu wollen und die Bereitschaft zur Übernahme der primären Verantwortung im Einzelfall klaffen auseinander

Allein bei der Beherrschung zweier Fremdsprachen sehen sich die Einkäufer selbst primär in der Pflicht

Bei der Vermittlung der meisten anderen Kompetenzen sehen sie mit Abstand das Unternehmen in der vorrangigen Verantwortung

Ausnahmen sind hier bereits im Studium relevante Kompetenzen in Projektmanagement und Datenqualität, wo Universität bzw. Hochschule aus Sicht der Einkäufer verantwortlich sind. Dazu kommt die IT-Sicherheit, wo die Einkäufer kaum Unterschiede in der Verantwortung zwischen Unternehmen und Hochschule sehen

## Produktion und Qualität

Unter dem Gesichtspunkt der Limitierung auf sechs Musterberufe wurden Chemiker und Ingenieure im Herzstück der Chemischen Industrie, der Produktion, und der Qualitätskontrolle, die sie mit Rohstoff-, in-Prozess- und Produktfreigabekontrollen entlang der Wertschöpfungskette unterstützt, in einer Gruppe zusammengefasst

56% der Produktions- und Qualitätsexperten arbeiten in Konzernen, 21% in Großunternehmen, 14% im Mittelstand, 5% in Kleinunternehmen und 2% in Instituten, Behörden u.a.m.

Mit ca. 20% sind KMUs in diesem Musterberuf besser vertreten als in allen anderen Berufen, bis auf Vertrieb und Marketing

„Wir als kleines Unternehmen sind viel flexibler, einfach weil wir es müssen. Es gibt bei uns keine starren Stellen, sondern wir passen Stellen an Mitarbeiter an und umgekehrt“

Dr. Thomas Volk  
Chemiker F&E /  
Qualitätsmanager  
Geohumus GmbH



An einer öffentlichen Universität haben 83% dieser Berufsgruppe studiert, und an einer öffentlichen Hochschule 13%. Produktions- und Qualitätsexperten mit dualen Studium und Abschlüssen von privaten Universitäten oder Hochschulen waren kaum repräsentiert, in Summe gerade einmal 4%

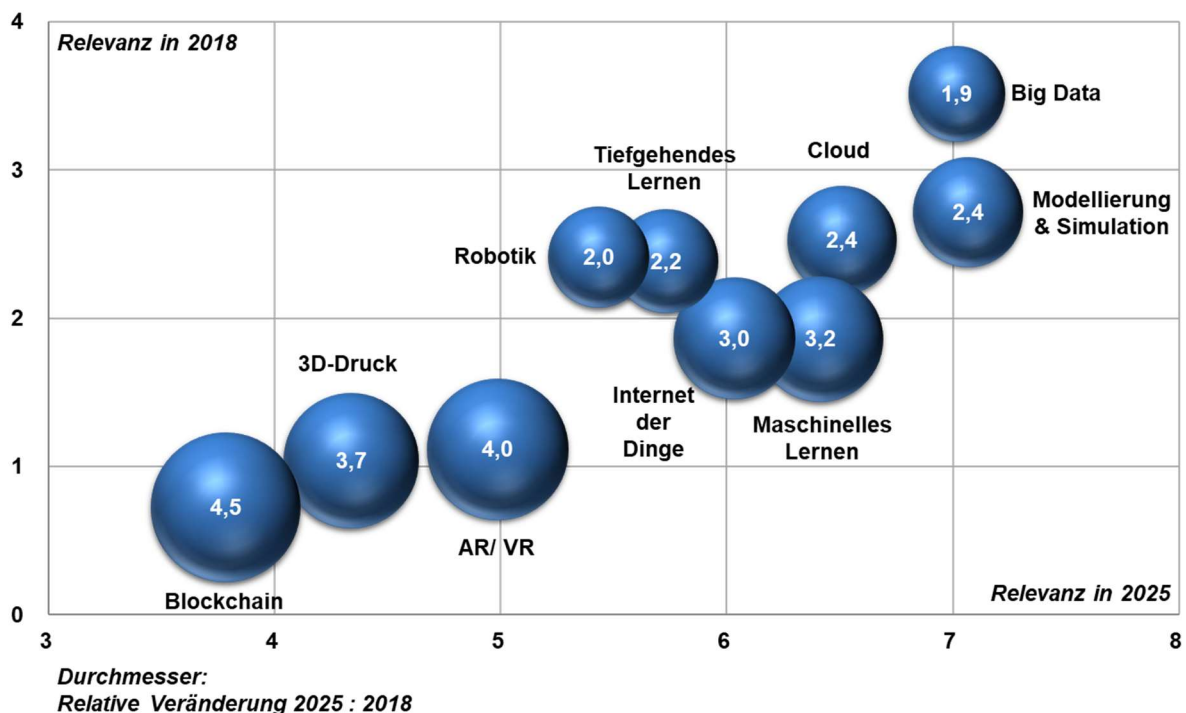


Abb. 72: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 – Produktion und Qualität



„Big Data Analyse von tausenden Prozessdaten, die heute auf Bildschirmen angezeigt werden, vor denen Menschen sitzen und diese Zahlen ansehen und nichts damit machen, bietet sich an. Um die Automatisierung von der Bestellung bis zur Produktion umzusetzen, muss das Management endlich entscheiden“

N.N.  
Dipl.-Ing.  
Technischer Leiter  
Lackhersteller

Abb. 72 erläutert, dass Modellierung und Big Data in der Produktion und QC die relevantesten digitalen Anwendungen bleiben. Die führende Rolle der Big Data (Analytics) dient Qualitäts- und Prozesssteuerungszwecken, i.d.R. mit Modellen, Künstlicher Intelligenz und Cloud Computing in Kombination

Ein Beispiel, wie sich die Qualitätskontrolle durch Nutzung digitaler Anwendungen von „offline“ in Richtung „online“ und „inline“ entwickelt und der damit verbundenen betriebswirtschaftlichen Vorteile, wird an folgendem Beispiel klar



### **Bestimmung von Ketanzahl, Dichte, Viskosität u.a. mittels NIR und chemometrische Modellierung physikalischer Parameter aus spektroskopischen Daten**

**Ein Beitrag von Arne Ramstetter, Chemiker und Data Scientist**

*Ein Hersteller für Analysengeräte stellt sich der Aufgabe, aufwändige, kostenintensive offline Messungen zur Ermittlung physikalischer und physikochemischer Kennzahlen bei der Produktion von Petrochemikalien zu optimieren. Mittels NIR sollen Viskosität, Siedepunkt, Dichte, CFFP, Ketanzahlen (RON und MON), Paraffine, aromatische Anteile, Isoparaffine und weitere stattdessen inline bestimmt werden*

*Mithilfe mathematischer Modelle werden unterschiedliche Korrelationen zwischen Kennzahlen und Wellenlängen aufgezeichnet. Diese Korrelationen sind auf ein Anregen der Moleküle oder intermolekulare Wechselwirkungen bei diesen Wellenlängen zurückzuführen. Mit Hilfe spektroskopischer Methoden werden diese Spektren gemessen, und per Algorithmen Zusammenhänge aus Referenzmessungen zugeordnet. Anschließend werden die spezifischen Wellenlängen verwendet, um mathematische Modelle aufzubauen. Diese Modelle ermöglichen die Reduktion manueller Messungen und ein schnelles Eingreifen zur Prozesssteuerung und Optimierung*

*Das Messen der Ketanzahlen und der anderen Parameter wird mit deutlich geringerem Zeit- und Personalaufwand durchgeführt. Durch den Einsatz von NIR wird die Anlage parallel zum Produktionsprozess überprüft und eingestellt. Um den Prozess und die Analytik dauerhaft unter kontrollierten Bedingungen durchzuführen, werden regelmäßige Überprüfungen der Methoden benötigt. Diese Validierungen können bei nicht kritischen Bereichen oder bei zu geringen Probezahlen auch extern durchgeführt werden. Durch den Einsatz von NIR ist es den Mitarbeitern möglich, einen signifikanten Teil ihrer produktiven Zeit durch den Wegfall manueller Routineanalytik einzusparen und sich auf wertschöpfende Aufgaben zu konzentrieren*

„In Unternehmen werden zunehmend Defizite in der Nutzung bereits vorhandener Daten deutlich, weil diese inhomogen strukturiert sind, in nicht geeigneten Formaten abgelegt wurden und die Ablageorte und Dateinamen keine einheitliche Syntax haben“

Dr. Frank Thalmann  
Prokurist  
Alchimisty GmbH



Das Internet of Things hat unter allen Musterberufen zusammen mit der Instandhaltung in der Produktion die größte Steigerungsrate mit einem Faktor von 3,0 im Jahr 2025 gegenüber 2018. Das zeigt die großen Ambitionen der Produktionsexperten in punkto Vollvernetzung der eigenen Fertigung, siehe Abb. 72

Robotik ist aus den in den Fallstudien genannten Gründen zwar im Aufwind, bis zur vollkommenen Adaption von Robotern und Cobotern in einer stark regulierten Produktionsumgebung mit Gefahrgütern und fließenden Medien statt starrer Werkstücke werden wohl noch einige Jahre vergehen

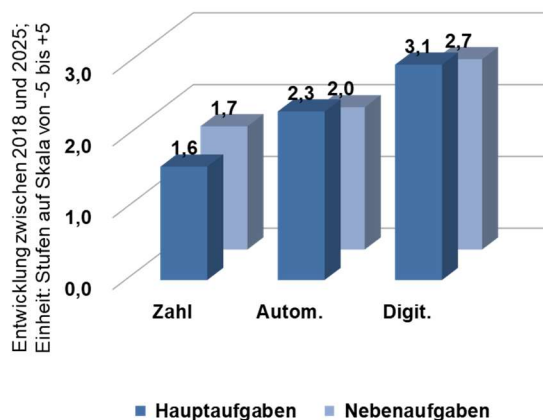


Abb. 73: Haupt- und Nebenaufgaben der Produktions- und Qualitätsexperten

Alle drei Aspekte bei Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren in Produk-

tion und Qualitätskontrolle entwickeln sich weitgehend parallel zueinander, wie Abb. 73 zu entnehmen ist. Sie erwarten einen Anstieg der Zahl der Aufgaben auf der Skala von -5 bis +5 um ca. +1,5 Stufen, für den Automatisierungsgrad um etwa +2 Stufen und für den Digitalisierungsgrad um +3 Stufen

Die Teilnehmer dieser Berufsgruppe entwickeln sich gemäß Eigeneinschätzung fast gleich stark sowohl in Richtung eines Generalisten als auch in Richtung eines Spezialisten, siehe Abb. 74

Die Größenordnung der Veränderung ist mit +1,2 bis +1,3 niedriger als in anderen Berufsgruppen. So gesehen verändert sich die Balance des klar umrissenen Aufgabenportfolios in Produktion und Qualitätskontrolle weniger als bei anderen Chemieberufen, wohl aber der Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad im Job

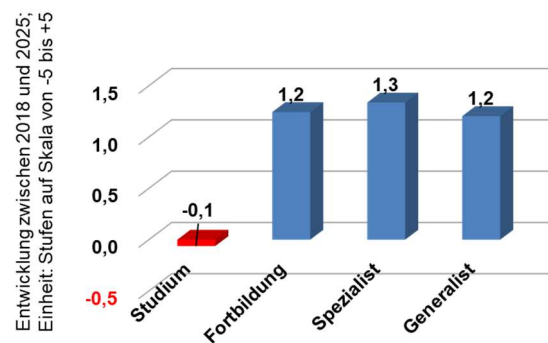


Abb. 74: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist

Änderungen betreffen eher Routineaufgaben, die eher von Operatoren und Laboranten durchgeführt werden, als die Aufgaben von Ingenieuren und Chemikern. Der Zuwachs an Aufgaben schließt z.B. mehr Steuerungsaktivitäten ein

Ein Beispiel für proaktive Prozesssteuerung durch Kombination einiger der o.a. Techniken wird in der folgenden Fallstudie vorgestellt. Der Aspekt des Teilens bzw. Delegierens eigener Aufgaben kommt hier auch zum Tragen



**Kühlwasser as a Service durch Einsatz von Sensorik und Maschinellem Lernen**



**Dr. Matthias Brück, Technische Beratung und Produkt-Service und Winfried Korb, siasys GmbH**

*Fehlfunktionen der Kühlaggregate von Kühlwasser können zu erheblichen Prozessstörungen führen. Unternehmen müssen die Kühlwasserqualität regelmäßig überprüfen und Überschreitungen vorgegebener Grenzwerte melden. Ergebnisse der mikrobiologischen Tests des Kühlwassers liegen i.d.R. erst ca. 10-14 Tage nach der Probenahme vor. In der Zwischenzeit kann es beim Weiterbetrieb der Prozesse bzw. Kühlanlagen zu einer erheblichen Weiterverkeimung*

*Mikroorganismen benötigen bestimmte Lebensbedingungen wie pH-Wert, Temperatur, Salzgehalt usw. Diese Parameter sind im Wasser online messbar, nicht aber die Konzentration von Mikroorganismen zum schnellen Eingriff in Kühlwasser-Betriebsbedingungen, z.B. durch Zusatz von Bioziden oder physikalische Verfahren zur Keimabtötung*

*Spezielle Sensoren messen die Parameter unterschiedlicher Kühlwässer. Mathematische Verfahren erkennen aus Messwerten Muster, die in lernfähige Algorithmen übersetzt werden und mittels einer speziellen Software Prognosen über die Verkeimung des Kühlwassers ermöglichen, Alarm auslösen und Prozesssteuerungsmaßnahmen anstoßen*

*Gelingt es, den Kühlwasserbetrieb vom eigentlichen Kernprozess des Unternehmens zu entkoppeln, kann ein externer Dienstleister die Betreuung der Kühlwasseraggregate übernehmen, vom reinen Messen bis zum kompletten Betrieb, also „Kühlwasser as a Service“*

Bezüglich Zeit und Ort der Weiterbildung votieren Chemiker und Ingenieure klar für mehr Flexibilisierung, wie durch Abb. 75 verdeutlicht wird. Der Rückgang an festen Orten für Weiterbildung ist der einzige solche unter allen in der Initiative betrachteten Parametern. Ansonsten heißt es fast überall, „Schneller, Höher, Weiter“, wenn auch z.T. deutlich moderater als bei anderen Musterberufen

Umfang und Frequenz der Weiterbildung zu digitalen Themen steigen mit +2,3 um eine Stufe mehr als die zu weichen Kompetenzen (+1,5). Weiterbildung zu chemisch-technischen Inhalten steigt sehr moderat um knapp 1 Stufe. Betriebswirtschaftliche Weiterbildung rangiert im Einklang mit den nicht primär kaufmännischen Berufen, d.h. Einkauf und Vertrieb & Marketing, ganz am Ende des Feldes mit +0,6

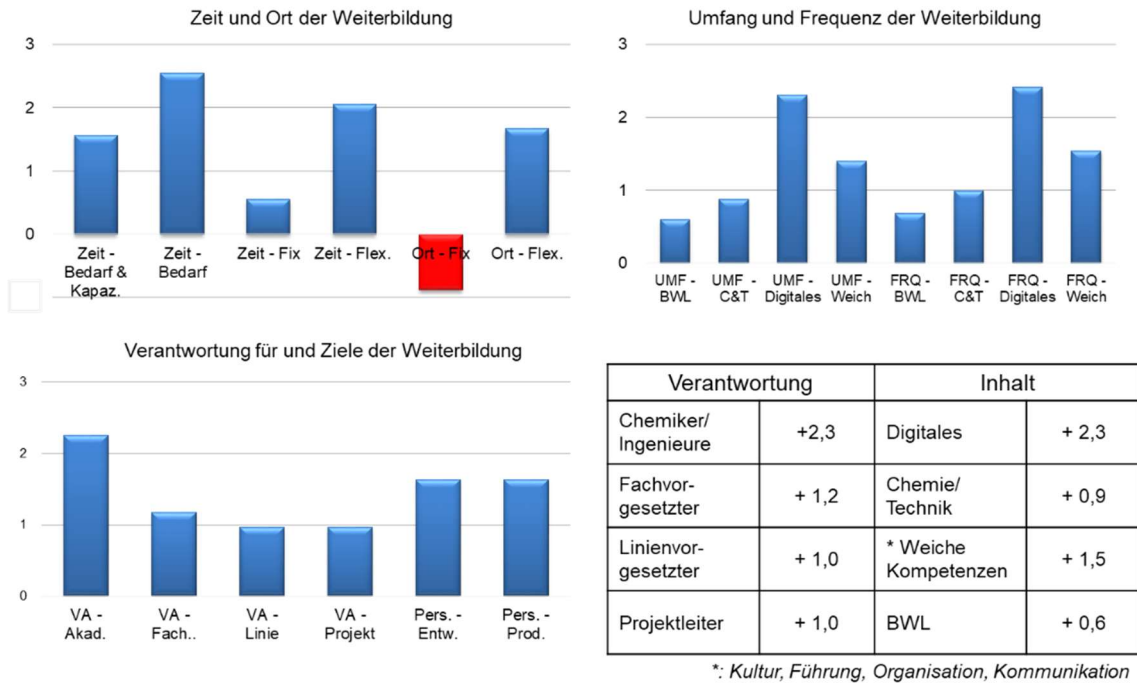


Abb. 75: Entwicklung der Weiterbildung für Produktions- und Qualitätsvertreter

Bezüglich Weiterbildung im Allgemeinen steigt die Bedeutung der Eigenverantwortung der Chemiker und Ingenieure in der Produktion und im Qualitätswesen um +2,3 Stufen auf der Skala von -5 bis +5, an, weil sie erkennen, dass sie in Zukunft ihre eigenen Kompetenzmanager entlang ihres Berufslebens sein müssen

Der Verantwortung der Linien- und Fachvorgesetzten für die Kompetenzpflege der Produktions- und Qualitätsexperten messen sie eine moderate Steigerung um gut +1 Stufe zu, den Projekt- und Programmleitern auch. Das überrascht, da Produktionsvertreter oft eher konservativ auf organisatorische Veränderungen reagieren

„Die Linie wird für die Produktion weiter wichtig sein“

Michael Linden  
M.Sc.  
Betriebsassistent  
Allessa GmbH



Für repetitive Routineaufgaben in der Produktionsvorbereitung, Produktion, Aufreinigung, Qualitätsprüfung und Abfüllung einzelner Chargen besteht wenig Anlass, einen Projektmodus zu wählen, in einem kontinuierlichen Betrieb genauso wenig. Insofern ist eine gewisse Skepsis gerechtfertigt

„Die Linie lässt sich in Logistik und Produktion mit ihren vielen Routineaufgaben nicht ersetzen“

Dr. Thomas Volk  
Chemiker F&E /  
Qualitätsmanager  
Geohumus GmbH



Wenn Inbetriebnahmen, Umbauten, Erweiterungen von Anlagen oder Einführungen neuer Produktions- oder Analyseverfahren anstehen, fordern Produktions- und Qualitätsexperten von ihren Projektleitern dieselbe Führungskompetenz wie von ihren Linienvorgesetzten, die die Personalentwicklung einschließt

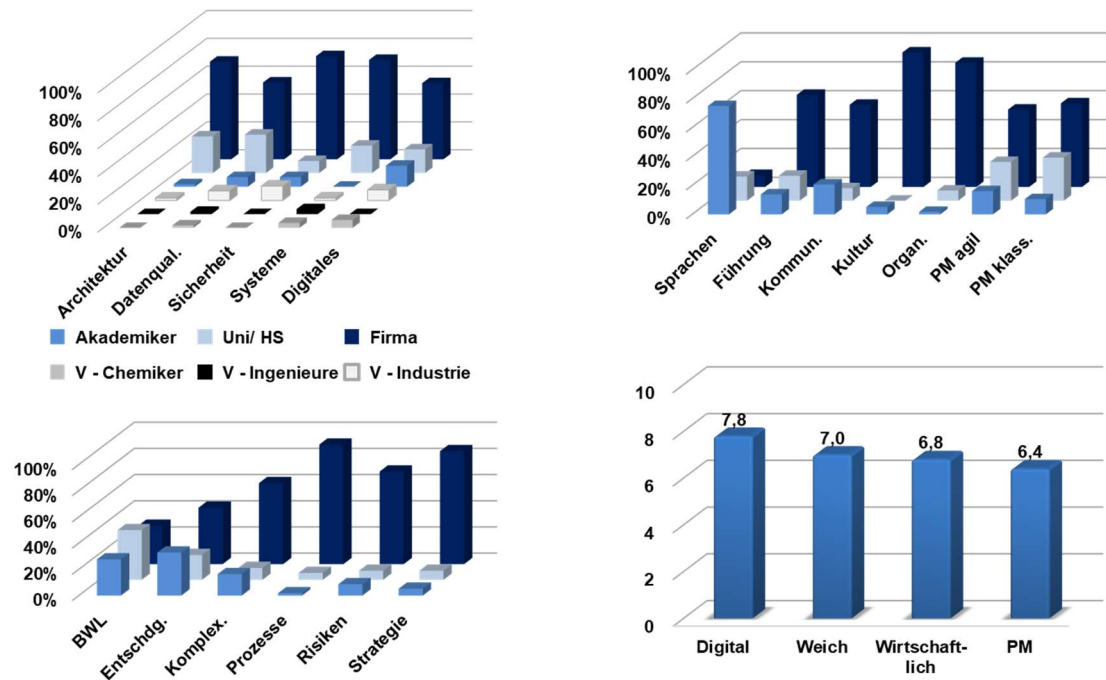


Abb. 76: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung

Der Anspruch, sein eigener Kompetenzmanager sein zu wollen, und die Bereitschaft zur Übernahme der primären Verantwortung im Einzelfall klaffen auseinander. Chemie-Verbände und -Gesellschaften sind bezüglich der primären Verantwortung für Kompetenzvermittlung außen vor – wie bei den Vertretern der anderen Musterberufe auch (Abb. 76)

Allein bei der Beherrschung zweier Fremdsprachen sehen sich die Produktions- und Qualitätsexperten selbst vorrangig in der Pflicht

Bei allen anderen sehen sie mit Abstand das Unternehmen in der Führungsrolle. Ausnahme ist ausgerechnet die Betriebswirtschaft, wo die primäre Verantwortung der Universität bzw.

Hochschule die der Unternehmen um 9% schlägt

„Führung ist ein Thema für Chefs und Mitarbeiter. Führungskompetenzen sind aber oft schlecht ausgeprägt, weil Absolventen in der Universität und Berufseinsteiger oder -umsteiger nicht darauf vorbereitet werden“

Dr. Thomas Volk  
Chemiker F&E /  
Qualitätsmanager  
Geohumus GmbH



## Wartung/ Instandhaltung

In Wartung und Instandhaltung wurden primär Ingenieure erfasst, die in Chemieunternehmen im Bereich „Technik“ arbeiten. Dies ist in kleinen und mittleren Firmen, in unternehmenseigenen Abteilungen für Instandhaltung bzw. Wartung oder bei Konzernen der Fall. Letztere haben sich aufgrund ihrer Größe teilweise sogar in Fachabteilungen mit dedizierter Zuständigkeit, z.B. für Automatisierungstechnik oder Pumpen, organisiert. Ferner ist ein nicht unbedeutender Teil der Instandhalter in der Chemischen Industrie an spezialisierte externe Dienstleister vergeben

In kaum einem anderen der sechs Berufe werden die Faktoren Erfahrung und Mensch von den Betroffenen so betont wie in diesem:

*„Gerade wegen und trotz der Digitalisierung ist es unerlässlich, die nahezu kostenlosen Perlen der Instandhaltung, wie Sehen, Hören, Fühlen, Schmecken, Riechen und vor allem der gesunde Menschenverstand, einzusetzen“*

Christoph Funken  
Interimsmanager in  
Produktion und Technik



Gleichwohl ist der Hype um die digitalen Anwendungen in dieser Berufsgruppe sehr hoch, und viele allgemein diskutierte Vorzeige-Beispiele wie die zustandsorientierte Instandhaltung stammen aus Wartung und Instandhaltung

Diese beruht u.a. auf der Erfassung, Speicherung, Auswertung und Nutzung großer Datenmengen von Anlagenteilen wie Wellen, Pumpen, Ventilen oder deren Betriebsmitteln wie Hydrauliköle sowie von ganzen Modulen, z.B. Reaktoren

*„Big Data Analysen wollen viele Unternehmen nutzen – sie schaffen es aber gar nicht, ihre vorhandenen Daten entsprechend aufzubereiten bzw. zusammenzuführen“*

Dr. Torsten Beyer  
Internet-Beratung  
Analytik NEWS



73% der Instandhalter haben einen Abschluss als Ingenieur, weitere 13% in Kombination mit Chemie. Reine Chemiker in der Instandhaltung sind eher selten. In der Umfrage stellen sie 7%

63% der Instandhalter arbeiten in Konzernen, 25% in Großunternehmen, 8% im Mittelstand und je 2% in Kleinunternehmen und in Instituten, Behörden u.a.m.

An einer öffentlichen Universität haben 48% der Instandhalter studiert, und an einer öffentlichen Hochschule 43% – mit Abstand der höchsten Quote unter allen sechs Musterberufen. Instandhalter mit Abschlüssen von privaten Universitäten oder Hochschulen waren kaum repräsentiert, dafür studierten rund 5% der Teilnehmer an anderen Bildungsstätten. Sie hatten mindestens einen Bachelorabschluss, um in der Umfrage berücksichtigt werden zu können

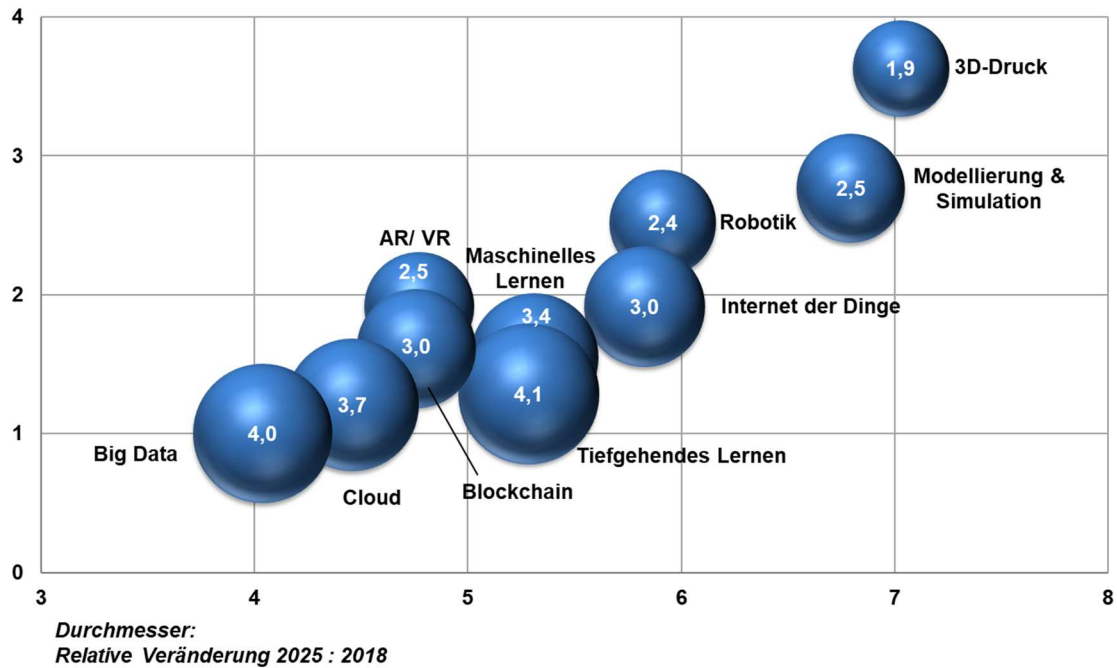


Abb. 77: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 – Instandhaltung

Im Gegensatz zu den anderen Musterberufen schneidet eine Technik noch vor Modellierung & Simulation ab: Der 3D-Druck, der seine heute schon dominierende Stelle in punkto Relevanz für den eigenen Beruf bis zum Jahr 2025 verdoppelt. Die hohe Relevanz heute profitiert von dem Hype um Ersatzteilbeschaffung und Kleinserienfertigung aus verschiedenen Materialien für die Wartung und Instandhaltung. Die Popularität ist zweifellos sehr hoch, der Implementierungsgrad allerdings noch nicht. Viele Instandhalter geben an, heute schon zumindest 3D-Druck-Anwendungen zu testen

„Die wesentlichen Prozesse in Unternehmen sind heute schon weitgehend automatisiert. Digitalisierung wird hier eher Fortschritt als Revolution sein“

Dipl.-Ing. Klaus Weyer  
Geschäftsführer  
weyer gruppe



Robotik und Internet der Dinge steigen um den Faktor 2,4 bzw. 3,0 und behalten ihre Verfolgerplätze in Sachen Relevanz für die Instandhaltung. Der recht hohe Anstieg des Internets der

Dinge geht einher mit der steigenden Vernetzung in der - bestehenden, weitgehend bereits automatisierten - Produktion (Faktor 3,0) und im (Neu-)Anlagenbau (Faktor 2,6), alle auf einen Zielwert von fast genau 6,0 auf der 10er Skala

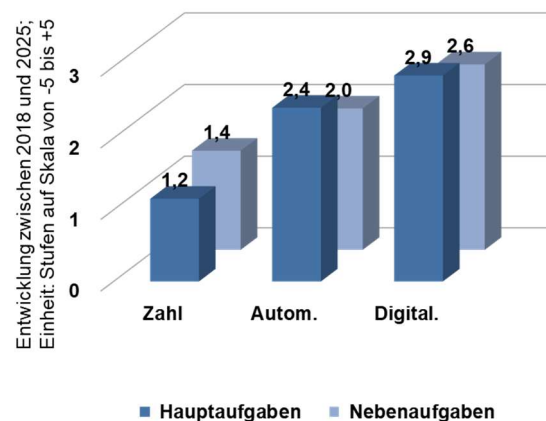


Abb. 78: Haupt- und Nebenaufgaben der Instandhalter

Alle drei Aspekte bei Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren in der Instandhaltung entwickeln sich weitgehend parallel zueinander, wie Abb. 72 verdeutlicht. Sie erwarten einen Anstieg der Zahl ihrer Aufgaben auf der Skala von -5 bis +5 um +1,3 Stufen, für

den Automatisierungsgrad um +2,2 Stufen und für den Digitalisierungsgrad um +2,8 Stufen

*„Jeder muss seinen Arbeitsbereich selbst verantworten können“*

Jörg Tuffentsammer  
Director  
Site Management  
Mechanical Technologies  
Merck KGaA

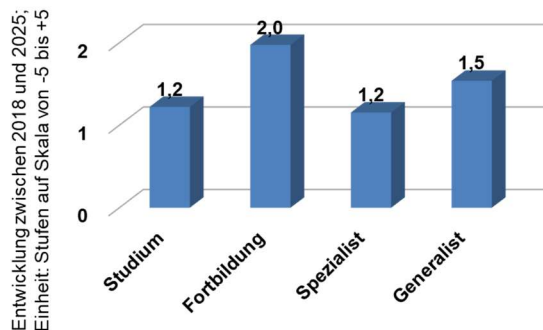


Abb. 79: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist

Die Instandhalter entwickeln sich gemäß Eigeneinschätzung etwas mehr in Richtung Generalist als Spezialist. Der Unterschied ist aber nicht stark ausgeprägt (+1,5 vs. +1,2), wie Abb. 79 zeigt

Wie bei den anderen Berufsgruppen auch, ist diese Einschätzung nicht ganz nachvollziehbar

Teilweise wird sie verständlich, indem die Gesamtzahl der Antworten, die eine Steigerung in Richtung Aufgaben und Aufgabenfokus verheißen, mit denen verglichen wird, die jeweils einen Rückgang erwarten: Über alle Berufe erwarten nur 11% überhaupt Rückgänge in Aufgabenzahl und -fokus, sei es einzeln oder in Kombination. 71% aller Teilnehmer erwarten dagegen Steigerungen, wiederum einzeln oder in Kombination. Mehr als 51% erwarten sogar für sich selbst einen zunehmenden Trend in Richtung Generalist als auch in Richtung Spezialisierung

*„Unternehmen sollten ihr Personal genauso verantwortungsbewusst „instandhalten“ wie ihre Anlagen. Im Gegensatz zum geplanten Anlagenstillstand für Wartung und Modernisierung sind „Bildungs-Pausen“ zum Erhalt der Beschäftigungsfähigkeit heute eher ungeplant bzw. unsystematisch. Das muss sich ändern“*

Dr. Michael Wilk  
Senior Vice President  
Site Management  
Engineering Services  
Merck KGaA



Diese Einstellung der Ingenieure in der Instandhaltung zu verändern, gehört zu den größten Herausforderungen in Chemieunternehmen auf dem Weg zur Digitalisierung

Ein anschauliches Beispiel über bereits Erreichtes und weitere Ambitionen in der Instandhaltung unter Nutzung verschiedener digitaler Techniken beschreibt die nächste Fallstudie





**Prädiktive Datenanalytik in der Anlageninstandhaltung**

**Dr. Yves Gorat Stommel, Director Business Development & Innovation, Evonik Industries AG**



*Überraschungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Produktionsanlagen sind in der Regel keine guten Nachrichten. Betriebe möchten ihre Ausfallrisiken und auch die Betriebskosten senken und gleichzeitig die Laufzeiten der Anlagen erhöhen*

*In den letzten Jahrzehnten wurden direkte Beobachtungen durch die Betreiber und das Instandhaltungspersonal zu möglichen Anlagenausfällen bereits zunehmend durch ausgeklügelte Überwachungsmethoden wie Vibrations- oder Ölanalyse ersetzt. Dadurch wurden die Vorlaufzeiten vor einem ungeplanten Ausfall verlängert. Die zusätzliche Verlängerung dieser Vorlaufzeiten war das Ziel des Projektes „PreCaRE“: Predictive Condition and Reliability Estimation“*

*Evonik nutzt fortgeschrittene Algorithmen („Machine Learning“), um Fehler und bevorstehende Ausfälle in Anlagen zu erkennen, bevor sie überhaupt auftreten. Relevante Daten der Maschinen werden mittels Machine Learning kontinuierlich ausgewertet, um damit den Gesundheitsstatus der Maschinen beurteilen und mögliche Ausfallzeiten vorhersagen zu können*

*In einem ersten Piloten wurde externe Expertise eingeholt. Es fiel anschließend die Entscheidung, die Überwachung der eigenen Assets zu internalisieren, unter anderem aus Know-how-Schutz-Gründen. Allerdings wurde für die Umsetzung auf kommerzielle Softwareangebote zurückgegriffen. Evonik Daten-Ingenieure verwenden dabei verschiedene mathematische Algorithmen, um Informationen aus Prozessleitsystemen, Vibrationsüberwachungen, Systemen zur Ressourcenplanung von Unternehmen, usw. aufzubereiten und einen „dynamischen digitalen Zwilling“ der betroffenen Maschine zu erstellen. Instandhaltungs- und Anlagenspezialisten überwachen die jeweiligen Anlagen aus der Ferne und vergleichen dabei den tatsächlichen mit dem vorhergesagten Betrieb. Damit können sich wiederholende Ausfallmuster oder bislang ungekannte Anomalien erfasst werden*

*Basierend auf den Vorhersagen der Modelle können wertschöpfende Korrekturmaßnahmen ergriffen werden. So werden ungeplante Ausfallzeiten reduziert, Beschaffungs- und Wartungskosten gesenkt sowie die Betriebssicherheit erhöht*

## Berufe 4.0 - Ergebnisse

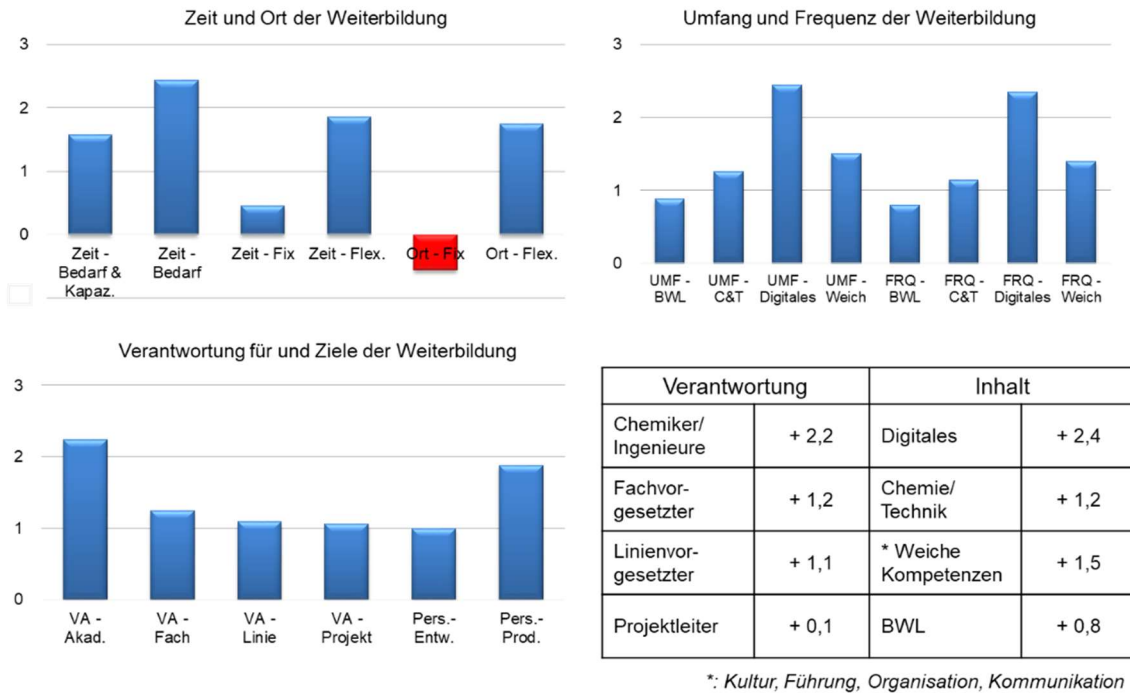


Abb. 80: Entwicklung der Weiterbildung für Instandhalter

Bezüglich Zeit und Ort der Weiterbildung votieren Chemiker und Ingenieure klar für mehr Flexibilisierung, wie in Abb. 80 zu sehen. Der Rückgang an festen Orten für Weiterbildung ist der einzige Rückgang in allen in der Initiative betrachteten Parametern. Ansonsten heißt es fast überall, „Schneller, Höher, Weiter“

Umfang und Frequenz der Weiterbildung zu digitalen Themen stehen steil mit +3,0 dreimal so hoch wie die übrigen, die um einen Wert von +1 pendeln. Weiche Kompetenzen werden von den Instandhaltern als wichtiger angesehen als betriebswirtschaftliche, chemisch – technische liegen dazwischen

*„Klassisch ausgebildete Ingenieure im Unternehmen haben i.d.R. nicht die erforderliche Softwarekompetenz in Bezug auf Konnektivität, Ansprüche und Leistungsvermögen des Backends. Diese Lücke ist Basis des Geschäftsmodells unserer IT-Service-Provider, wenn Sie so wollen“*

N.N.  
Leiter IT und Digitalisierung  
Chemisches Großunternehmen

Betriebswirtschaftliche Weiterbildung rangiert im Einklang mit den nicht primär kaufmännischen Berufen, d.h. Einkauf und Vertrieb & Marketing ganz am Ende des Feldes

Gerade in der Instandhaltung sind aber viele Investitionsprojekte und Kleinprojekte neben dem Tagesgeschäft abzuwickeln, die alle ihren Budgetzwängen unterworfen sind. Unter anderem betrifft dies Investitionen in Zusammenhang mit der Digitalisierung, speziell zur Datenerfassung, Auswertung und Nutzung für vielversprechende Vorhaben im Zusammenhang mit zustandsabhängiger und vorausschauender Wartung

*„Ein besseres Grundverständnis über IT Architekturen und Datenanforderungen würde Chemikern und Ingenieuren helfen, diese historisch bedingten IT-Altlasten im eigenen Unternehmen aufzuarbeiten“*

Dr. Frank Thalmann  
Prokurist  
Alchimy GmbH



Bezüglich Weiterbildung im Allgemeinen steigt die Bedeutung der Eigenverantwortung der Chemiker und Ingenieure in der Wartung und Instandhaltung massiv, um +2,2 Stufen auf der Skala von -5 bis +5, an, weil sie erkennen, dass sie in Zukunft ihre eigenen Kompetenzmanager entlang ihres Berufslebens sein müssen

„Wer weiterkommen will, muss aktiv zum Lernen bereit sein um für seinen Tätigkeitsbereich die Verantwortung übernehmen zu können“

Jörg Tuffentsammer  
 Director  
 Site Management  
 Mechanical Technologies  
 Merck KGaA



Den Linien- und Fachvorgesetzten sowie den Projektleitern bzw. Programmmanagern messen sie eine moderate Steigerung um gut +1 Stufe - also halb so viel - zu. Damit liegen die Instandhalter am Ende des Feldes, was die Steigerung der Verantwortung für den Erwerb und die Pflege ihrer Kompetenzen betrifft

Der Anspruch, sein eigener Kompetenzmanager sein zu wollen und die Bereitschaft zur Übernahme der primären Verantwortung im Einzelfall klaffen auch beim Instandhalter auseinander, wie aus Abb. 81 hervorgeht

Allein bei der Beherrschung zweier Fremdsprachen sehen sich die Instandhalter selbst in der Verantwortung

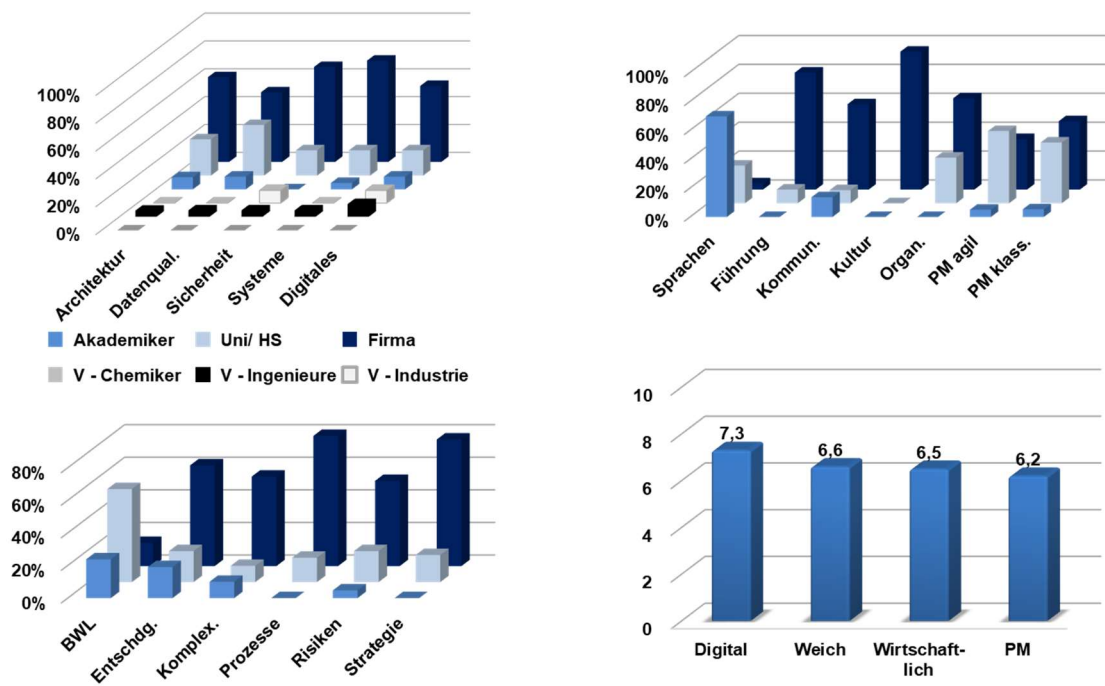


Abb. 81: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung

Bei den meisten anderen sehen sie mit Abstand das Unternehmen in der primären Pflicht. Ausnahmen sind hier die Entscheidungskompetenz, die fast zu gleichen Teilen auf Ingenieure,

Hochschulen und Unternehmen verteilt ist und wieder die Betriebswirtschaftskompetenz, die den Hochschulen überlassen wird. Verbände und Gesellschaften bleiben auch hier außen vor

## Vertrieb & Marketing

Die Teilnehmer dieser Gruppe setzten sich aus Vertretern des klassischen Vertriebs, Marketings, Key Account Managements usw. aus Chemiefirmen zusammen und wurden um Chemiker und Ingenieure ergänzt, die als Vertriebs- und Serviceexperten von Industriedienstleistern oder Anlagenbauern hauptsächlich Kunden in der Chemieindustrie betreuen bzw. beliefern

50% der Akademiker in Vertrieb und Marketing arbeiten in Konzernen, 21% in Großunterneh-

men, 16% im Mittelstand, 11% in Kleinunternehmen und 6 % sind Selbständige, in Ingenieurbüros oder bei Start-ups tätig

An einer öffentlichen Universität haben 75% der Experten aus Vertrieb, Marketing, Produktmanagement usw. studiert, an einer öffentlichen Hochschule 13% und an privaten Hochschulen 5%. Private Universitäten (2%), Duale Studiengänge (2%) und „Andere“ (3%) spielten so gut wie keine Rollen

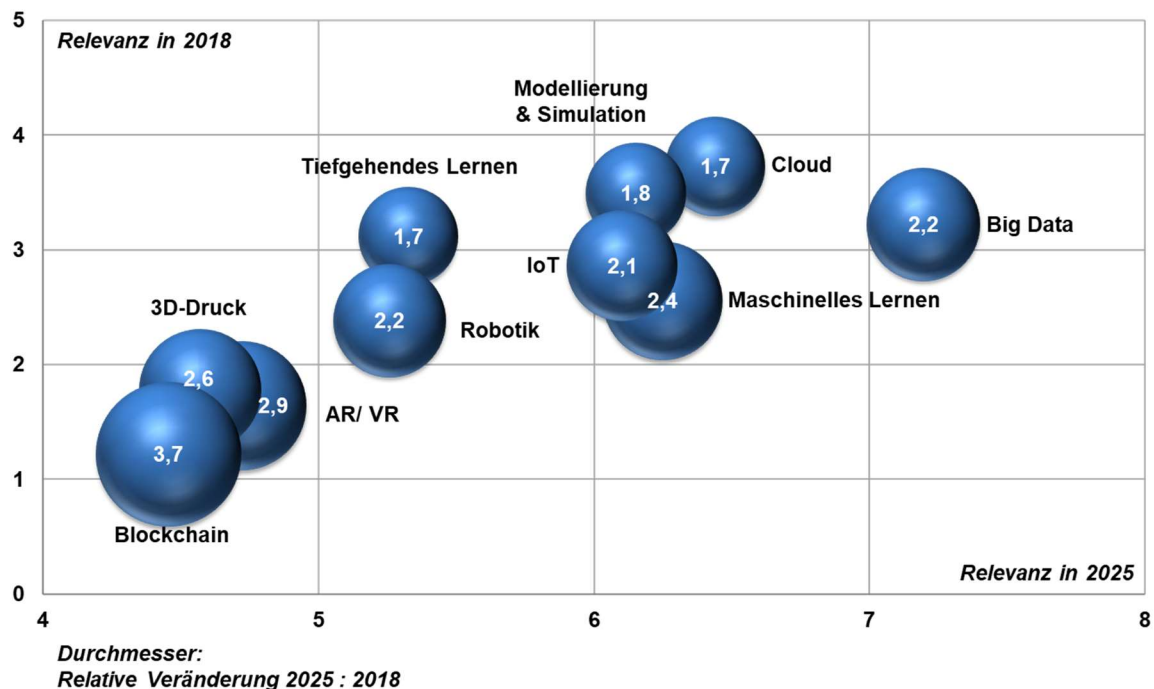


Abb. 82: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 in Vertrieb & Marketing

Abb. 82 macht deutlich, dass Big Data und Cloud im Jahr 2025 Spitzenstellungen in Vertrieb & Marketing einnehmen. Bis auf das Schlusslicht Blockchain mit Faktor 3,7 steigt die Relevanz der Digitalen Techniken für Anwender in Vertrieb und Marketing i.d.R. um den Faktor 2 bis 3, wobei die heute in Vertrieb & Marketing schon populären und relevanten Anwendungen stärker steigen als die heute für Vertrieb & Marketing weniger relevanten Techniken wie 3D-Druck und Virtuelle bzw. Erweiterte Realität

Dabei ist die Vielfalt der Anwendungen in dieser Berufsgruppe schon heute recht hoch. Supply Chain-Anwendungen wie Vendor Management Inventory durch automatisierte Dosiersysteme mit Fernablesung oder das Tracking von Transporten unter Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskontrolle in der Zentrale und nicht nur an Bord der LKW finden sich mehr und mehr

„Wir sind im Vertrieb gut für die Digitalisierung aufgestellt, mit einem state-of-the-art CRM-, einem global vernetzten ERP-System, sowie einer internen Plattform mit Social Media-Elementen zur Kommunikation über alle Standorte in 25 Ländern“

Dr. Marcel Dissel  
Chief Commercial Officer  
Teknos Group Oy



Innovationsnahe Anwendungen finden sich zunehmend in der Modellierung und Simulation von Lacken, Farben und ihren Effekten auf Kundenmaterialien. Hersteller wie Kunden nutzen leistungsfähige Rechner und Bildschirme, um das zeitaufwändige Bemustern teilweise zu ersetzen, in jedem Fall aber deutlich zu verkürzen

Ein weiteres Beispiel für Rechertechniken, die man zunächst in der Innovation ansiedeln würde, sind durch die neuen Techniken unterstützte Patent- und Technologietrendanalysen. Sie lassen sich auch nutzen, um Aufschlüsse über die Strategien der eigenen Kunden und damit deren künftige Produkt- und Serviceanforderungen zu gewinnen

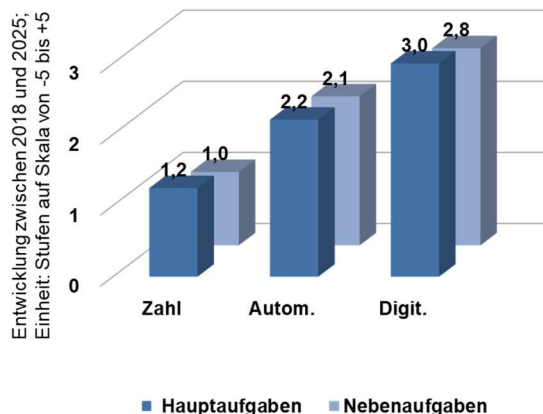


Abb. 83: Haupt- und Nebenaufgaben der Vertreter aus Vertrieb & Marketing

„Maschinelles Lernen wird in Zukunft bei Patent- und Trendrecherchen eingesetzt werden“

N.N.  
Global Head of Strategic Marketing  
Specialty Chemicals Division

Im kommerziellen Bereich beginnen einige Vertriebs- und Marketingexperten die Anwendung der Blockchain über rein finanzielle Routinetransaktionen hinaus einzuführen

Sie sehen Blockchain als Hilfe für dynamisches Pricing, um sehr schnell und nachvollziehbar auf kurzfristige Schwankungen der Nachfrage mit ihrem preislich angepassten Angebot zu reagieren. Die Analyse der Schwankungen wird durch Big Data und KI-Techniken unterstützt

Alle drei Aspekte bei Haupt- und Nebenaufgaben von Chemikern und Ingenieuren in Vertrieb & Marketing entwickeln sich weitgehend parallel zueinander. Abb. 83 macht dies deutlich. Sie erwarten einen Anstieg der Zahl der Aufgaben auf der Skala von -5 bis +5 um 1 Stufe und liegen damit am Ende aller Berufsfelder. Markt-, Preis- und Wettbewerberanalysen, Bestellungen, Rechnungen aber auch Kundenkommunikation durch Chatbots tragen dazu bei, dass eine Vielzahl an Routineaufgaben reduziert wird oder wegfällt

Die verbleibenden Vertriebs- und Marketingexperten übernehmen dann entsprechende Überwachungs- bzw. Steuerungsaufgaben. Die Anstiege für den Automatisierungsgrad um +2 Stufen und für den Digitalisierungsgrad um +3 Stufen entsprechen denen der Gesamtpopulation

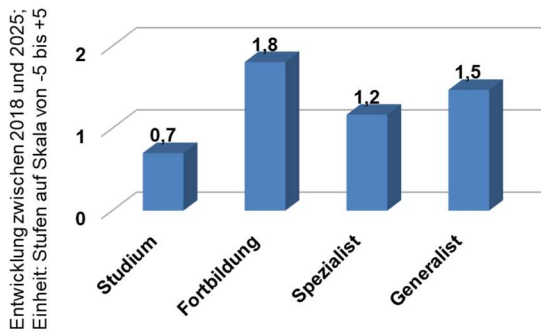


Abb. 84: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist

Chemiker und Ingenieure in dieser Berufsgruppe entwickeln sich gemäß Eigeneinschätzung um +1,5 Stufen steigend in Richtung eines Generalisten, allerdings auch um +1,2 Stufen in Richtung eines Spezialisten

*„Bleiben wird die Aufgabe, aus den Informationen mit Mut und Kreativität die richtigen Schlüsse zu ziehen um Know-how zu generieren, und sich durch innovative Lösungen im globalen Markt zu behaupten“*

Dr. Uwe Westeppe  
Head Marketing, Sales und R&D  
Rohner AG

Wie bei den anderen Berufsgruppen auch, ist diese Einschätzung nicht komplett nachvollziehbar. Teilweise wird sie verständlich, indem die Gesamtzahl der Antworten, die eine Steigerung in Richtung Aufgaben und Aufgabenfokus

verheißen, mit denen verglichen wird, die jeweils einen Rückgang erwarten: Über alle Berufe erwarten nur 11% überhaupt Rückgänge in Aufgabenzahl und –fokus, sei es einzeln oder in Kombination. 71% aller Teilnehmer erwarten dagegen Steigerungen, wiederum einzeln oder in Kombination. Mehr als 51% erwarten sogar für sich selbst einen zunehmenden Trend in Richtung Generalist als auch in Richtung Spezialisierung

*„Ich bin sicher, dass die Kollegen im Vertrieb und Marketing Digitale Kompetenz bisher nie als extrem notwendig gesehen haben. Ein bisschen mehr könnte aber sicher nicht schaden“*

N.N.  
Vertriebsleiter  
Chemische Spezialitäten  
Mittelstand

*„Die Schwerpunkte von Kernaufgaben in der Interaktion mit Kunden werden nicht durch digitale Techniken ersetzt werden können“*

N.N.  
Account Manager  
Mittelstand

Dass das nicht nur möglich, sondern auch erfolgreich sein kann, zeigt ein Beispiel aus dem Online Marketing, das mittlerweile eine fast 20-jährige Erfolgsgeschichte verzeichnet



**Analytik NEWS, das erste deutschsprachige Online-Labor-magazin**

**Dr. Torsten Beyer, Analytik NEWS**



*Analytik NEWS mit Sitz in Ober-Ramstadt ist die digitale Informations- und Werbepattform für Labor und Industrie. Als erstes Online-Magazin für Labor und Industrie selektieren NEWS mit seit 18 Jahren aus der unüberschaubareren Informationsflut das wirklich Interessante und Wichtige, bereiten die Informationen auf und verteilen sie über die Webseite [www.analytik-news.de](http://www.analytik-news.de) und wöchentliche Newsletter an Laboranwender und Entscheider im deutschsprachigen Raum*

Analytik NEWS beobachten alle relevanten Nachrichtenquellen im Laborumfeld, um den Lesern möglichst aktuelle und valide Informationen zur Verfügung zu stellen, da ihnen selbst dazu die Zeit fehlt. Alle Informationen und Newsletter bietet Analytik NEWS kostenlos an, da sich das Angebot samt Redaktion, Vertrieb und Entwicklerteam komplett über Werbeeinnahmen finanziert

Anwendern und Lesern stehen Informationen schneller als früher zur Verfügung, die Recherche nach Produkten und Kontaktaufnahme mit Unternehmen ist deutlich einfacher. Anzeigenkunden schätzen den Branchenfokus, erreichen über ihren eigenen Kundenstamm hinaus neue Interessenten und können kostengünstiger werben als über andere Kanäle

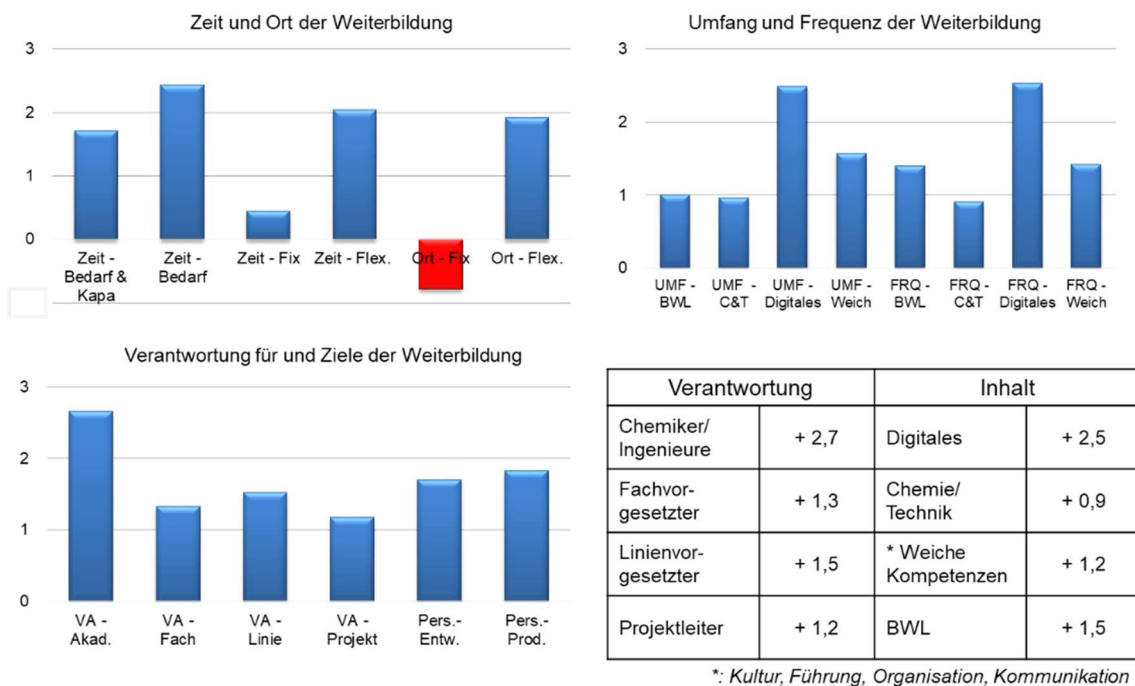


Abb. 85: Entwicklung der Weiterbildung für Vertreter aus Vertrieb und Marketing

Bezüglich Zeit und Ort der Weiterbildung votieren Chemiker und Ingenieure klar für mehr Flexibilisierung, siehe Abb. 85. Der Rückgang an festen Orten für Weiterbildung ist der einzige Rückgang in allen in der Initiative betrachteten Parametern. Ansonsten heißt es fast überall, „Schneller, Höher, Weiter“

Umfang und Frequenz der Weiterbildung zu digitalen Themen stehen steigen mit +2,7 doppelt so hoch wie die weichen Kompetenzen (+1,2). Abb. 86 macht dies deutlich. Weiterbildung zu chemisch-technischen Inhalten steigt sehr moderat um +0,9 Stufen. Betriebswirtschaftliche Weiterbildung hat in Vertrieb & Marketing gegenüber den primär technischen Berufen Inno-

vation, Anlagenbau, Produktion und Instandhaltung mit +1,5 Stufen eine deutlich höhere Bedeutung. Sie liegt in dieser Berufsgruppe auf Platz 2

Bezüglich Weiterbildung im Allgemeinen steigt die Bedeutung der Eigenverantwortung der Chemiker und Ingenieure in Vertrieb & Marketing massiv, um +2,7 Stufen auf der Skala von -5 bis +5, an, weil diese erkennen, dass sie in Zukunft ihre eigenen Kompetenzmanager entlang ihres Berufslebens sein müssen

Den Linien- und Fachvorgesetzten messen sie eine im Vergleich zu anderen Berufsgruppen deutliche Steigerung der Verantwortung um +1,4 Stufen zu. Sofern sich der Trend realisiert,

dass deutlich mehr Arbeitsvolumen und -zeit in Projekten und Programmen geleistet wird, werden Projekt- und Programmleiter mehr an Bedeutung für die Kompetenzentwicklung ihrer Ressourcen bekommen, in klassischen, agilen und autonomen Projektteams. Diese Perspektive teilen die Chemiker und Ingenieure zum

großen Teil, indem sie ihnen mit +1,2 eine nur geringfügig niedrigere Verantwortung als den etablierten Vorgesetzten im Jahr 2025 zugestehen. Mehr und tiefergehende Kundenprojekte und verlängerte Wertschöpfungsketten sind typische Beispiele für solche Projekte jenseits der eigenen Linienorganisation

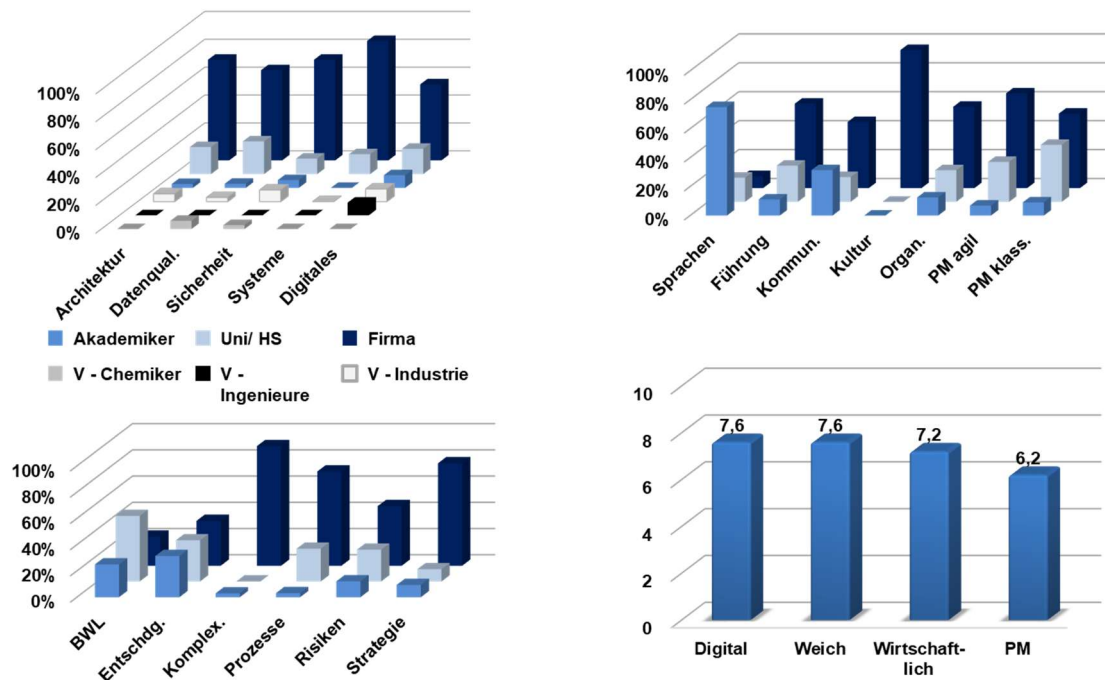


Abb. 86: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen – Verantwortung

Der Anspruch, sein eigener Kompetenzmanager sein zu wollen und die Bereitschaft zur Übernahme der primären Verantwortung im Einzelfall klaffen auseinander

Im Einklang mit den anderen Berufen sehen Chemiker und Ingenieure in Vertrieb und Marketing keine primäre Verantwortung für Kompetenzvermittlung bei Verbänden und Gesellschaften

Allein bei der Beherrschung zweier Fremdsprachen sehen sich die Marketing- und Vertriebsexperten selbst primär in der Pflicht

Bei den meisten anderen sehen sie mit Abstand das Unternehmen in der primären Pflicht. Ausnahme ist hier die Betriebswirtschaft, wo die primäre Verantwortung der Universität bzw. Hochschule die der Unternehmen mit 50% und die eigene um das Doppelte übertrifft

Die starke Entwicklung der Managementkompetenzen ist der Grund, warum Vertriebler und Marketingexperten unter allen Berufsgruppen auf die höchsten Werte im Jahr 2025 benötigter Kompetenzen kommen, wenn auch nur knapp



## Schlussfolgerungen

Aus den Angaben von 1.018 Teilnehmern, 124 Interviews zum Design der Studie, zu ihren Hypothesen und zur Validierung der Ergebnisse, 20 in Kooperation erstellten Fallstudien, über 100 diskutierten und freigegebenen Zitaten, einem Expertenteam und einer unabhängigen Validierung der quantitativen Ergebnisse durch einen Data Scientist lassen sich fundierte, praxisnahe Schlüsse zu den Jobs von Chemikern und Ingenieuren in der Chemie 4.0 ziehen und Empfehlungen ableiten

Für ein Konfidenzniveau von 95% ist eine Stichprobengröße von 385 für eine Population von 10.000 erforderlich, für eine Population von 100.000, der Größenordnung der im Berufsleben stehenden Chemiker und Ingenieure in der Chemie, reichen 400. Mit über 1.000 Teilnehmern liegt Berufe 4.0 bei einem Konfidenzniveau von 95% und einem Fehlerbereich von 3% und darf daher von repräsentativen Ergebnissen ausgehen

Noch einmal zur Einordnung: Berufe 4.0 hat nicht das Mandat zur Durchführung von Veränderungen, aber den Anspruch, dringend notwendigen Handlungsbedarf dafür transparent zu machen. Der Fokus bleibt auf den Berufen der Chemiker und Ingenieure in der digitalen Chemie und nicht auf der Digitalisierung an sich

Für die notwendige Diskussion unter den Betroffenen werden folgende Thesen abgeleitet

### **These 1: Digitalisierung bedeutet primär Veränderung, vor allem in den Köpfen der Beteiligten**

Wenn Chemiker und Ingenieure in der digitalisierten Chemie erfolgreich arbeiten wollen - wobei „wenn“ sowohl zeitlich als auch grundsätzlich gemeint ist - muss sich an erster Stelle die Einstellung von Hochschulen/ Universitäten, Unternehmen und Akademikern selbst ändern

Digitalisierung bedeutet primär Veränderung, vor allem in den Köpfen der Beteiligten, aber natürlich auch technisch

Sofern die Beteiligten den Handlungsbedarf erkannt haben, dürfen sie sich einer lösungsorientierten Diskussion nicht entziehen

### **These 2: Der Chemiker teilt nicht gerne**

Die Tendenz des „Schneller, Höher, Weiter“ bei Zahl, Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad der Aufgaben und die parallele Ausrichtung zum Spezialisten und Generalisten bilden einen Widerspruch, der sich auch im weitgehenden Ausblenden alternativer Organisationsmodelle findet. Der Widerspruch ist bei Chemikern deutlicher als bei Ingenieuren

In anderen Branchen sind Hierarchieebenen schon weggefallen, selbststeuernde Teams längst etabliert sowie Arbeitsinhalte und Organisationsformen bereits an Wertschöpfungsketten ausgerichtet

### **These 3: Anspruch und Verantwortung in punkto Kompetenzmanagement passen nicht zueinander**

Der Chemiker hat hohe Ansprüche, u.a. an sich selbst, und behält gerne die Kontrolle. Der Anspruch, selbst der eigene Kompetenzmanager sein zu wollen bzw. zu müssen, wird deutlich formuliert. Das Ausblenden der primären Verantwortung für die Entwicklung von 17 von 18 Kompetenzen wird dem übergeordneten eigenen Anspruch nicht gerecht

Das Management der eigenen Kompetenzen fängt spätestens im Studium an, z.B. das für Sprachen und Digitales

### **These 4: Der Zielkonflikt zwischen Hochschule und Industrie lässt sich mit gutem Willen lösen**

Die Erstausbildung in der Hochschule mit ihren weit überwiegend auf künftige Wissenschaftler ausgerichteten Lernzielen geht mehr und mehr am Bedarf der Industrie vorbei, sofern nicht schnell gegengesteuert wird

Lehrpläne und ihre Ziele können genauso gut segmentiert werden wie Produkte, Kunden, Technologien usw. in der Industrie. Eine nur auf

Wissenschaft ausgerichtete Ausbildung ist ein Extrem und fördert wichtigen wissenschaftlichen Nachwuchs. Ein nur auf wirtschaftliche Belange ausgerichtetes Studium ist kein Chemiestudium mehr

Die Zielkonflikte zwischen Angebot und Nachfrage an Kompetenzen werden nicht gelöst, indem Prioritäten des Einen allein auf Kosten des Anderen gehen und umgekehrt

Vernünftige Optionen im Studium schaffen, Studenten Wahlmöglichkeiten z.B. bezüglich BWL, Digitalkompetenzen, chemie- und ingenieurtechnischen Inhalten geben, die diese in Eigenverantwortung aussuchen, und die z.T. unrealistischen Erwartungshaltungen der Industrie anpassen, sind gangbare Wege – sofern alle Beteiligten das wollen

#### **These 5: Lebenslanges Lernen fokussiert auf Kompetenzen statt Wissen**

Die strenge Sequenz vom Lernen in der Hochschule, dem Kompetenzerwerb, und dem Eintritt in den Beruf und der Anwendung der Kompetenzen hat ausgedient

Mehr Parallelen (mehr Industriepraxis im Studium und Lernen von akkreditierten und nicht-akkreditierten Inhalten im Berufsleben) werden kommen

Lebenslanges Lernen mit Fokus auf inhaltlich und zeitlich bedarfsgerechten Kompetenzen statt Wissen wird die Regel

Wie bei kaum einer anderen These gehen die Meinungen der alten und jungen Professoren, der Studenten/ Absolventen und der Chemiker und Ingenieure in der Industrie hier auseinander

Bestätigt wird das Dilemma durch Personalexperten: Digital- und andere Kompetenzen bei Absolventen sind nicht ausreichend vorhanden, werden aber implizit gewünscht. Allerdings werden (noch) oft genug Stellenprofile und interne bzw. externe Ausschreibungen die Anforderungen nicht präzise genug beschreiben

#### **These 6: Berufslebenslanges Lernen ist als Konzept bekannt, die Implikationen leider noch nicht**

Wissen verdoppelt sich immer schneller, zurzeit ca. alle zwei Jahre. Wenn Kompetenzen bedarfsgerecht verfügbar sein sollen und Chemiker und Ingenieure 6% bis 8% ihrer Arbeitszeit mit Lernen verbringen, heißt das, dass zu jedem Zeitpunkt nur 92% bis 94% der Akademiker *nominell* ihrer vom Unternehmen übertragenen Aufgabe nachkommen. Statt der vermeintlichen Kapazitätseinbuße und Weiterbildungskosten nachzutruern, muss der Fokus auf Kompetenz- und Produktivitätssteigerung und smartem Einsatz von Ressourcen liegen. Weiterbildung verdient eine ganzheitliche Betrachtung einschließlich ihrer Kosten und des daraus resultierenden Nutzens und ihrer Rolle als essentieller Erfolgsfaktor des Unternehmens

#### **These 7: Wenn sich Hochschulen und Unternehmen nicht schnell einigen, freut sich der Dritte**

Berufslebenslanges Lernen bietet den Betroffenen Universitäten, Hochschulen, Unternehmen und Akademikern Chancen. Je besser eine Universität Absolventen ausbildet, umso besser ihr Ruf bei den Nachfragenden, z.B. aus der Industrie und bei der Wahl des Studienortes. Unternehmen, gerade auch im Mittelstand, die dem Wunsch vieler Mitarbeiter entsprechen, sich beruflich und anderweitig weiterzubilden, haben ein gutes Argument, das ihre Arbeitgebermarke stärkt

Gewinner werden auch „Spieler“ sein, die heute in der Rechnung nicht vorkommen bzw. nur eine untergeordnete Bedeutung haben: Bildungsträger wie private Hochschulen arbeiten bereits fieberhaft an neuen Geschäftsmodellen, wie z.B. berufsbegleitenden, bedarfsgerechten Zusatzqualifikationen

Sie finden dazu Lösungen außerhalb des langwierigen Akkreditierungsprozesses, um agil agieren zu können

**These 8: Verantwortung für Kompetenzmanagement haben Universitäten, Unternehmen und Akademiker - Verbände und Gesellschaften jedoch nicht**

Akademiker sehen sich selbst künftig als eigenen, ganzheitlichen Kompetenzmanager. Auf Einzelkompetenzebene ist ihr Unternehmen mit Abstand in der primären Verantwortung

So betrifft das klarste Votum der 832 Vertreter aus den sechs betrachteten Musterberufen in der Chemieindustrie die Chemie-, Chemiker- und Ingenieurverbände und -gesellschaften

Industrie-, Chemiker- und Ingenieursverbände und -gesellschaften spielen bezüglich der Verantwortung für die Weiterentwicklung des Einzelnen in einer oder mehrerer der benötigten Kompetenzgruppen keine Rolle

Auf alle Verbände und Gesellschaften entfallen in Summe gerade einmal 6% aller Teilnehmernennungen. Das Angebot und die Qualität ihrer einzelnen angebotenen Kurse und Seminare zu Spezialthemen war nicht Gegenstand dieser Untersuchung

Die 68 Teilnehmer aus den „Alternativen Berufsfeldern“ und die 118 Vertreter der „Lehre“ wurden hier nicht berücksichtigt

**These 9: Auch oder gerade Chefs müssen umdenken**

Vorgesetzte müssen massiv umdenken und sind doppelt betroffen: Arbeiten 4.0 heißt auch Führen 4.0 – in der Linie, als Fachvorgesetzter und vor allem auch als Projektleiter

Führung ändert sich z.B. durch Verlagern von taktischen und operativen Entscheidungen auf untere Ebenen, den Wegfall von Hierarchieebenen und dadurch einer Aufwertung der verbleibenden Ebenen

Der Vorteil schneller verfügbarer Daten und Informationen zahlt sich nur dann aus, wenn sie auch entsprechend schnell zur Entscheidung und Umsetzung genutzt werden. Damit steigt die Entscheidungsverantwortung auf der durchführenden Ebene

Bei Wegfall der unteren operativen Ebene(n) durch Automatisierung und Digitalisierung vieler manueller und sich wiederholender Tätigkeiten ändern sich die Führungsspannen und damit die -verantwortlichkeiten in den verbleibenden Ebenen

Die Bedeutung der Linie nimmt auch ab, sobald mehr dafür in Frage kommendes Arbeitsvolumen und die ihm entsprechende Arbeitszeit als klassisches oder in zunehmendem Maße als agiles Projekt absolviert werden

Eine Führungsqualifikation der Zukunft wird die auf Kompetenzen basierende Steuerung eigener und externer Personalressourcen sein

**These 10: Unternehmen müssen Humanressourcen so wertschätzen wie ihre Anlagen**

Sachanlagen erfreuen sich in der Chemie großer Aufmerksamkeit entlang ihres Lebenszyklus, von der Planung über die Beschaffung und Nutzung bis zu ihrer Stilllegung oder ihrem Verkauf. Die Wirtschaftlichkeit entlang des Lebenszyklus zu erhalten, ist Aufgabe der Wartung und Instandhaltung. Instandhaltungsstrategien haben sich bis hin zu zustandsorientierter und vorausschauender Wartung entwickelt

Die Prinzipien sollten auf das Kompetenzmanagement der Humanressourcen übertragen werden - mit nicht zu unterschätzenden Implikationen auf Akademiker, Vorgesetzte, Personalverantwortliche und Unternehmensleiter

## Anregungen

Abschließend werden einige Anregungen zur Umsetzung gegeben, weder als „Vision auf höchster Ebene“ noch als „Maßnahmenplan auf Detailebene“, sondern zur individuellen Ausgestaltung

### **Anregung 1:**

Chemiker und Ingenieure übernehmen mehr praktische Verantwortung für ihr eigenes Kompetenzmanagement, die dem „Erhalt ihrer Employability“ dient

### **Anregung 2:**

Sie fordern in ihrem Unternehmen die Umsetzung der Veränderungsmaßnahmen proaktiv ein und bringen ihren Willen und ihre Zeit für die Umsetzung auf

### **Anregung 3:**

Angehende Chemiker und Ingenieure treten frühzeitig mit der Industrie in Kontakt. Je früher und besser sie die Anforderungen und deren Dynamik kennen, umso mehr Gelegenheit haben sie, sich in Eigeninitiative hochschulintern oder außerhalb für den künftigen Arbeitgeber attraktiv zu machen

### **Anregung 4:**

Unternehmen überprüfen ihre Transformationsprogramme im Hinblick auf die sich dynamisch verändernden Berufsbilder und ergänzen bzw. korrigieren sie

### **Anregung 5:**

Unternehmen überprüfen einzelne Digitalisierungsprojekte im Hinblick auf die sich verändernden konkreten Stellen der Betroffenen und ergänzen bzw. korrigieren sie

### **Anregung 6:**

Unternehmenüberarbeiten ihre Stellenprofile in der Linie oder für Projekte im Hinblick auf künftig geforderte Kompetenzen

### **Anregung 7:**

Unternehmenaktualisieren Personalentwicklungskonzepte im Hinblick auf benötigte Kompetenzen, berufslebenslanges Lernen und Eigenverantwortung des Chemikers bzw. Ingenieurs und ihrer Vorgesetzten

### **Anregung 8:**

Unternehmenformulieren in geeignetem Rahmen industrieweit gültige und bedarfsweise zu aktualisierende Anforderungen zur universitären und außeruniversitären, internen und externen Aus- und Weiterbildung

### **Anregung 9:**

Unternehmenintensivieren ihre Präsenz in Universitäten/ Hochschulen und erweitern ihr Angebot an Studierende, die Industrie an sich, Berufsfelder und geforderte Kompetenzen regelmäßig vorzustellen

### **Anregung 10:**

Universitäten und Hochschulen entwickeln alternative Studienziele für alternative Karrieren in und außerhalb der Lehre

### **Anregung 11:**

Unternehmens- und Universitätsvertreter entwickeln zusammen mit den Akkreditierungsverantwortlichen schnell wirksame, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen gerecht werdende, alternative Studieninhalte und -gänge

### **Anregung 12:**

Private - ggf. auch staatliche - Bildungsanbieter nutzen die schnelle Veränderung der Kompetenzanforderungen zu neuen Geschäftsmodellen und Bildungsangeboten parallel zum Berufsleben und zum Ende des Studiums. Der Fokus liegt dabei auf Kompetenzentwicklung auch in nicht akkreditierten Formaten

**Anregung 13:**

Unternehmen nutzen diese Formate zum bedarfsgerechten Kompetenzerwerb ihrer Akademiker auch außerhalb akkreditierter Studiengänge als Teil der Personalentwicklung während der Arbeitszeit ihrer Akademiker

**Anregung 14:**

Alle Betroffenen sehen den Veränderungen der Digitalisierung mit derselben Neugier entgegen, die sie bei ihren Experimenten zeigen

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aktuelle Berufe der Teilnehmer .....	8
Abb. 2: Höchste akademische Grade der Teilnehmer .....	8
Abb. 3: Verteilung der Teilnehmer nach Studiengängen .....	8
Abb. 4: Typ der Hochschule .....	9
Abb. 5: Verteilung der Teilnehmer nach Unternehmensgröße.....	9
Abb. 6: Dienstalstruktur der Teilnehmer in Berufsjahren .....	9
Abb. 7: Relevanz der digitalen Anwendungen und ihrer Entwicklung.....	10
Abb. 8: „Nicht anwendbar“ – Beurteilungen der Teilnehmer zu digitalen Techniken .....	11
Abb. 9: Statistische Aussagen zur Relevanz digitaler Techniken .....	12
Abb. 10: Big Data Definitionen .....	13
Abb. 11: Big Data Meilensteine .....	14
Abb. 12: Modellierung & Simulation Definitionen .....	16
Abb. 13: Modellierung & Simulation Meilensteine .....	19
Abb. 14: Cloud Computing Definitionen .....	21
Abb. 15: Cloud Computing Meilensteine .....	21
Abb. 16: Internet der Dinge Definitionen .....	22
Abb. 17: Internet der Dinge Meilensteine .....	23
Abb. 18: Maschinelles Lernen Definitionen .....	27
Abb. 19: Tiefgehendes Lernen Definitionen .....	27
Abb. 20: Maschinelles und Tiefgehendes Lernen Meilensteine .....	28
Abb. 21: Robotik Definitionen .....	30
Abb. 22: Robotik Meilensteine .....	30
Abb. 23: Erweiterte Realität Definitionen.....	32
Abb. 24: Erweiterte Realität Meilensteine .....	33
Abb. 25: Virtuelle Realität Definitionen .....	34
Abb. 26: Virtuelle Realität Meilensteine.....	34
Abb. 27: 3D-Druck Definitionen .....	35
Abb. 28: 3D-Druck Meilensteine.....	36
Abb. 29: Blockchain Definitionen.....	37
Abb. 30: Blockchain Meilensteine.....	38
Abb. 31: Entwicklung der Haupt- und Nebenaufgaben .....	39
Abb. 32: Entwicklung in Richtung Spezialist oder Generalist.....	40
Abb. 33: „Mehr und Weniger“ an Spezialisierung bzw. Generalisierung.....	41
Abb. 34: Spezialisierung vs. Generalisierung in Abhängigkeit der Führungsebene .....	43
Abb. 35: Statistik zur Unabhängigkeit der Aufgabenentwicklung vom Dienstalalter.....	43
Abb. 36: Anerkennung des Bedarfs für berufslebenslange Weiterbildung .....	45
Abb. 37: Digitalkompetenzen im Jahr 2018 und im Jahr 2025.....	47
Abb. 38: Studieninhalte sind zu 3/4 fachspezifisch und zu 1/4 fachfremd (z.B. betriebswirtschaftlich oder IT) .....	50
Abb. 39: Die Industrie erwartet Absolventen, die zu 3/4 fachspezifisch und zu 1/4 fachfremd ausgebildet wurden .....	50
Abb. 40: Hochschulen haben die Pflicht, Studierende gezielt auf den Berufseintritt in der Wirtschaft gemäß aktuellen Berufsbildern vorzubereiten.....	50
Abb. 41: Hochschulen haben die Pflicht, Studierende über die aktuellen Berufsbilder aus der Praxis und deren Anforderungen zu informieren.....	51
Abb. 42: Studiengangsinhalte mit 1/4 fachfremden Themen fördern die Qualität der bedarfsgerechten Ausbildung aus Sicht der Unternehmen signifikant.....	51

Abb. 43: Studiengangsinhalte mit 1/4 fachfremden Themen beeinträchtigen die Qualität der Hochschulausbildung signifikant .....	52
Abb. 44: Einschätzungen der Professoren an Elite- und anderen Universitäten/ Hochschulen .....	52
Abb. 45: Meinungsvielfalt zu Bedeutung und Qualität von Aus- und Weiterbildung .....	54
Abb. 46: Weiterbildung - Bedarf, Kapazität, Ort und Zeit .....	55
Abb. 47: Kompetenzentwicklung - Umfang und Frequenz .....	56
Abb. 48: Kompetenzentwicklung - Verantwortlichkeit und Zielsetzung .....	56
Abb. 49: Zeit und Ort in Abhängigkeit der Unternehmensgröße .....	58
Abb. 50: Umfang und Frequenz in Abhängigkeit der Unternehmensgröße .....	58
Abb. 51: Verantwortlichkeit und Zielsetzung in Abhängigkeit der Unternehmensgröße .....	59
Abb. 52: Zeit und Ort in Abhängigkeit der Führungsebene .....	59
Abb. 53: Verantwortlichkeit und Zielsetzung in Abhängigkeit der Führungsebene .....	60
Abb. 54: Verantwortung für die Vermittlung/ Pflege weicher Kompetenzen .....	61
Abb. 55: Verantwortung für die Vermittlung/ Pflege von Managementkompetenzen .....	61
Abb. 56: Verantwortung für die Vermittlung/ Pflege von Digital- und IT-Kompetenzen .....	62
Abb. 57: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 .....	63
Abb. 58: Haupt- und Nebenaufgaben - Innovatoren .....	64
Abb. 59: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist .....	65
Abb. 60: Entwicklung der Weiterbildung für Innovatoren .....	66
Abb. 61: Kompetenzentwicklung - Verantwortlichkeit und Zielsetzung - Innovation .....	67
Abb. 62: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 - Anlagenbau .....	69
Abb. 63: Haupt- und Nebenaufgaben der Anlagenbauer .....	70
Abb. 64: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist .....	71
Abb. 65: Entwicklung der Weiterbildung für Anlagenbauer .....	71
Abb. 66: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung .....	73
Abb. 67: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 - Einkauf .....	75
Abb. 68: Haupt- und Nebenaufgaben der Einkäufer .....	77
Abb. 69: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist .....	77
Abb. 70: Entwicklung der Weiterbildung für Einkäufer .....	78
Abb. 71: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung .....	79
Abb. 72: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 – Produktion und Qualität .....	80
Abb. 73: Haupt- und Nebenaufgaben der Produktions- und Qualitätsexperten .....	82
Abb. 74: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist .....	82
Abb. 75: Entwicklung der Weiterbildung für Produktions- und Qualitätsvertreter .....	84
Abb. 76: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung .....	85
Abb. 77: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 – Instandhaltung .....	87
Abb. 78: Haupt- und Nebenaufgaben der Instandhalter .....	87
Abb. 79: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist .....	88
Abb. 80: Entwicklung der Weiterbildung für Instandhalter .....	90
Abb. 81: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen - Verantwortung .....	91
Abb. 82: Relevanz der digitalen Techniken 2018 und 2025 in Vertrieb & Marketing .....	92
Abb. 83: Haupt- und Nebenaufgaben der Vertreter aus Vertrieb & Marketing .....	93
Abb. 84: Relevanz von Aus- und Weiterbildung und Generalist vs. Spezialist .....	94
Abb. 85: Entwicklung der Weiterbildung für Vertreter aus Vertrieb und Marketing .....	95
Abb. 86: Erwerb und Pflege erforderlicher Kompetenzen – Verantwortung .....	96