



**Center for International
Industrial Solutions**

Rückblick, Ausblick, Weitblick : Arbeitswelt 4.0 in der Schweizer MEM-Branche

Studie im Auftrag von Swissmem



**Dr. Grégoire Meylan
Dr. Matthias Ehrat
Marc Schmid
Pascal Frei
Peter Qvist-Sørensen**

Publisher

ZHAW School of Management and Law
Stadthausstrasse 14
P.O. Box
CH-8401 Winterthur
Switzerland

Center for International Industrial Solutions
www.zhaw.ch/sml

Contact

Peter Qvist-Sørensen
peter.qvist-sorensen@zhaw.ch

January 2019

Copyright © 2019
ZHAW School of Management and Law

All rights reserved. Nothing from this publication may be reproduced, stored in computerized systems, or published in any form or in any manner, including electronic, mechanical, reprographic, or photographic, without prior written permission from the publisher. A transfer to third parties is prohibited.

Executive Summary

Swissmem hat die ZHAW beauftragt, die Transformation der Arbeitswelt durch die Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette der Schweizer Geräte-, Maschinen- und Anlagenbauunternehmen zu untersuchen. Diese Arbeit soll das Bewusstsein der Firmen für die Transformation steigern, relevante Handlungsfelder aufzeigen und Denkanstösse für den Swissmem Verband geben.

Diese Studie gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil werden die Auslöser für die Einführung von neuen Technologien mittels Literaturlauswertung und deren Validierung mit Unternehmensbefragungen untersucht. Diese Technologien werden im zweiten Teil den einzelnen Prozessen der Wertschöpfungskette zugeordnet, und deren Einfluss auf die Arbeitswelt wird beschrieben. Im dritten Teil werden Zukunftsszenarien erarbeitet, um die Herausforderungen der Arbeitswelt 4.0 zu erfassen.

Die Literaturrecherche und die Unternehmensbefragungen zeigen, dass Effizienz, Innovation und Komplexität Hauptauslöser für die Einführung von neuen Technologien waren. Bezüglich Technologie werden für industrielle Anwendungen die ERP-Systeme am meistens zitiert; die Sensortechnik ist ebenfalls weit verbreitet. Die am meisten thematisierten Industrie 4.0 Technologien, wie das «Industrial Internet of Things», «Künstliche Intelligenz», «Augmented Reality», sind bis jetzt in vielen Unternehmen wenig umgesetzt.

Die durch Befragung von ausgewählten Leuchtturm-Unternehmen der MEM Industrie validierte Zuordnung der neuen Technologien auf die industriellen Anwendungen zeigt vier Haupttrends für die Arbeitswelt: 1. Verschiedene Anwendungen sind weiterhin auf Spezialisten angewiesen. 2. Dazu sind neue Fähigkeiten von Mitarbeitern erforderlich. 3. In manchen Anwendungen stellt sich die Frage, ob die für die Einführung von neuen Technologien benötigten Kompetenzen intern oder extern aufzubauen sind. 4. Ergänzend wird eine Rekrutierung von neuen Talenten erforderlich.

Anhand der Literaturrecherche und den Unternehmensbefragungen sind die im Geräte-, Maschinen- und Anlagenbau tätigen Schweizer Unternehmen in drei Gruppen (Weiter-Wie-Bisher, Kompression und Expansion) segmentiert, welche unterschiedliche Prioritäten in der Anwendung von neuen Technologien haben. Ausgehend von den «Fundamental Business Drivers», bzw. den internen und externen Haupttreibern der Schweizer MEM-Branche, werden künftig mögliche Entwicklungen in den Unternehmen erläutert. Die drei Unternehmensgruppen werden anhand von zwei Dimensionen, zeitlich (fünf Jahre Ausblick und zwanzig Jahre Weitblick) und kontextabhängig (z.B. offene Welthandel, oder steigende Handelsbarrieren) in Szenarien beschrieben.

Expansive Unternehmen liefern konkrete Erkenntnisse und Empfehlungen. Diese Unternehmen haben einen starken Fokus auf Services und haben bereits neue Technologien wie IIoT, Datenanalytik und künstliche Intelligenz eingeführt. Zudem sind sie direkt in der Wertschöpfungskette der Kunden eingebunden und stiften dadurch Mehrwert durch datengetriebenen Dienstleistungen. Damit entstehen drei wesentliche Herausforderungen für eine erfolgreiche Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfungskette: 1. Die Erarbeitung von Grundlagen für die Umsetzung der Technologien der Industrie 4.0, 2. die Stärkung der Fachkompetenzen der Mitarbeiter und 3. eine neue Denkweise der Unternehmensführung, die diese Veränderungen ermöglicht. Voraussetzungen für die Arbeitswelt 4.0 entlang der ganzen Wertschöpfungskette und die benötigten neuen Kompetenzen, z.B. in den Datenwissenschaften, sind erläutert.

Abschliessend werden Empfehlungen an Swissmem zur Unterstützung des erfolgreichen Wandels im Kontext der Arbeitswelt 4.0 abgegeben.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	6
1 Einleitung	7
2 Methode	9
2.1 Sammlung und Charakterisierung der Literatur	10
2.2 Systematische Zuordnung der Technologien und Methoden	11
2.3 Erstellung der Szenarien der Arbeitswelt 4.0 in der Schweizer MEM-Branche	11
2.3.1 Erstellung eines mittleren Szenarios bei Schweizer MEM-Unternehmen	12
2.3.2 Identifikation und Beschreibung der FBDs	12
2.3.3 Auswahl der konsistentesten FBD-Kombinationen	13
3 Resultate	14
3.1 Auslöser für die Umsetzung der Anwendungen, Technologien und Methoden: Ein zwanzigjähriger Rückblick	14
3.2 Auswirkungen der Anwendungen auf die Arbeitstätigkeiten: Ein zwanzigjähriger Rückblick	18
3.3 Szenarien der Arbeitswelt 4.0 in der Schweizer MEM-Branche	26
3.3.1 Identifikation der Fundamental Business Drivers	26
3.3.2 Eine Segmentierung in drei Unternehmensgruppen und Erstellung von Szenarien in zwei möglichen Kontexten und bei zwei Zeithorizonten	29
3.3.3 Szenario «Weiter-Wie-Bisher»	32
3.3.4 Szenario «Kompression»	35
3.3.5 Szenario «Expansion»	38
4 Diskussion	41
4.1 Technologien und Methoden pro Unternehmensgruppe	41
4.2 Vergleich mit Schweizer und internationalen Studien zur Arbeitswelt 4.0	42
4.2.1 The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution (WEF, 2016)	42
4.2.2 Transformation der Schweizer Wirtschaft (Brandes and Zobrist, 2016)	42
4.2.3 Die Entwicklung der Kompetenzenanforderungen auf dem Arbeitsmarkt im Zuge der Digitalisierung (Aepli et al., 2017)	42

4.2.4 Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation (Manyika et al., 2017)	43
4.2.5 The Future of Work: Switzerland Digital Opportunity (Bughin et al., 2018)	43
4.2.6 World Development Report 2019: The Changing Nature of Work (World Bank, 2019)	44
4.2.7 Fazit	44
5 Erkenntnisse und Empfehlungen für die Arbeitswelt 4.0	45
Literatur	49
Anhang 1	51
Anhang 2	53
Anhang 3	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Konzeptualisierung der Veränderung der Arbeitswelt in der verarbeitenden Industrie	10
Abbildung 2	Der Szenarien-Trichter nach Scholz and Tietje (2002).	12
Abbildung 3	Erwerbsbevölkerung nach Nationalität gemäss den drei Grundszenarien des Bundesamts für Statistik, 1991-2045	28
Abbildung 4	Die 60 wertvollsten Plattformen der Welt	29
Abbildung 5	Beispielhafte Darstellung des Szenarien-Trichters der Schweizer MEM-Unternehmen	31
Abbildung 6	Durchschnittlichen Nennungen der Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung im Unternehmensszenario «Weiter-Wie-Bisher».	34
Abbildung 7	Durchschnittlichen Nennungen der Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung im Szenario «Kompression».	37
Abbildung 8	Durchschnittlichen Nennungen der Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung im Szenario «Expansion».	40
Abbildung 9	Durchschnittlichen Nennungen der Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung in jedem Unternehmensszenario.	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Herausforderungen, die zur Umsetzung der Anwendungen der Industrie 4.0 führten und unterstützende Technologien & Methoden zur Prozessverbesserung	15
Tabelle 2	Anwendungen, Aussagen über deren Arbeitstätigkeiten und betroffene Prozesse der Wertschöpfungskette	18
Tabelle 3	Varianten der FBDs der Schweizer MEM-Branche	26
Tabelle 4	Empfehlungen an Swissmem und Schweizer MEM-Unternehmen	48

1 Einleitung

Swissmem, der Verband der Schweizer Maschinen-, Elektronik- und Metallbranche (MEM-Branche), hat die ZHAW angefragt, eine Offerte für eine Studie zum Thema Transformation der Arbeitswelt durch den Einfluss der Digitalisierung auf Wertschöpfungsketten der Schweizer MEM-Branche mit Fokus auf Geräte-, Maschinen- und Anlagenbauunternehmen zu unterbreiten. Die ZHAW soll eine Grundlage erarbeiten, welche Swissmem hilft, Aussagen darüber zu machen, wie sich die Arbeitswelt in der verarbeitenden Industrie in der Zukunft entlang der Wertschöpfungskette entwickeln wird. Die zu erarbeitende Grundlage soll sich wiederum auf praxisorientierte Literatur und Leuchtturm-Unternehmen aus Deutschland und der Schweiz stützen. Diese Grundlage und entsprechende Aussagen sollen das Bewusstsein der Firmen und Beschäftigten für die Transformation steigern sowie Denkanstösse auf Ebene von Swissmem bezüglich der gesetzlichen Grundlagen und Rahmenbedingungen geben.

Die MEM-Branche ist mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert, nicht zuletzt dem Wettbewerb aus entwickelten Ländern und Schwellenländern. Gleichzeitig sind die MEM-Unternehmen mit einem Generationenwandel (d.h. Überalterung) und neuen Wunschvorstellungen der Auszubildenden konfrontiert, welche sich in unbesetzten Lehrstellen widerspiegeln. Die Digitalisierung stellt eine zusätzliche Herausforderung dar, indem Sie gleichzeitig Chancen bietet und Risiken birgt. Über Effizienzsteigerungen in der Produktion hinaus ermöglicht die Digitalisierung neuartige Dienstleistungen (z.B. «predictive maintenance, remote monitoring and servicing, automatic reordering»). Wenn die MEM-Branche ihren Maschinenbau mit Dienstleistungen in neue Geschäftsmodelle erfolgreich integriert, kann sie die anderen Herausforderungen mit Zuversicht angehen und ihre Wettbewerbsfähigkeit auf den globalen Märkten verstärken. Für diese Transformation ist aber ein betriebswirtschaftlicher Wandel erforderlich: Arbeitswelt, Unternehmensstrukturen, Bildungswesen usw. müssen sich agil anpassen und mit den neuen Geschäftsformen koevoluieren, welche zum Teil neue Führungsmodelle verlangen.

Um die Chancen der Digitalisierung für die Schweizer MEM-Branche frühzeitig zu nutzen und deren Risiken wirksam zu bekämpfen, hat Swissmem zusammen mit dem Schweizerischer Verband der Telekommunikation (ASUT) und dem Schweizer Technologie-Netzwerk (SwissT.net) die Plattform «Industrie 2025» gegründet. Industrie 2025 dient der Information, Sensibilisierung, Vernetzung und Förderung Schweizer Unternehmen rund um Themen aus Industrie 4.0. Dafür arbeiten sechs Experten-Gruppen an Tools, Strategien, Empfehlungen, usw., welche für Unternehmen, insbesondere Klein- und Mittlere Unternehmen (KMUs), brauchbar sein sollten. Die Arbeitsgruppen sind:

- Einstieg in Industrie 4.0 Projekte
- Normen und Standards
- Digitale Geschäftsmodelle
- Industrie 4.0 Security
- Smart Data Industrie 4.0
- Cyber-Physical Systems (CPS)-basierte Automation

Swissmem unterstützt verschiedene Expertengemeinschaften, die sich einem spezifischen Thema der Industrie 4.0 widmen, z.B. das «Additive Manufacturing Network». In der Schweiz gibt es sonst verschiedenste Initiativen, die zur Förderung der Industrie 4.0 beitragen, sei es Weiterbildung (z. B. «Certificate of Advanced Studies Industrie 4.0» an der ZHAW) oder Fachtagungen (Finanz und Wirtschaft Forum «Industrie 4.0»).

Die erwähnten Initiativen tragen alle zur Unterstützung von Unternehmen und Fachkräften im digitalen Wandel bei. Hingegen gibt es in den bisherigen Berichten keine Zukunftsbilder der gesamten

Schweizer MEM-Branche. Solche Bilder sind aber unabdingbar, wenn es um die Gestaltung von Arbeit- und Bildungspolitik geht. Bildungsprogramme und Arbeitsgesetze werden für lange Zeithorizonte entwickelt, so dass eine robuste, zukunftsorientierte Entscheidungsgrundlage für die Schweizer MEM-Branche notwendig wird.

Das Ziel der Studie ist zu ermitteln, wie sich die Arbeitstätigkeiten entlang der Wertschöpfungskette der verarbeitenden Industrie in den letzten 20 Jahren aufgrund der Einführung von Technologien und/oder Methoden zur Prozessverbesserung vorwiegend in Deutschland und der Schweiz verändert haben. Mit diesem Rückblick kann das Veränderungspotential neuer Technologien und Methoden abgeschätzt werden.

Obwohl der Fokus auf der Schweiz und Deutschland liegt, werden die neusten Kenntnisse aus die Vereinigten Staaten mitberücksichtigt, vor allem die Re-Industrialisierungsprogramme der «Manufacturing USA».

Durch diese Verständnisse werden Szenarien der Geschäftsmodelle und Arbeitstätigkeiten für die nächsten fünf bzw. 20 Jahre erstellt. Die Szenarien sollen Swissmem und Firmen Auskunft geben, was auf sie bezüglich der Arbeitswelt mittel- und langfristig zukommen könnte.

Die Studie setzt sich aus den folgenden Teilen zusammen. Im Kapitel 2 werden Methode und Wissensgrundlage kurz vorgestellt. Kapitel 3 enthält die Ergebnisse: Zwanzigjähriger Rückblick auf die Arbeitstätigkeiten in den Schweizer MEM-Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette und Erstellung der Szenarien. Im Kapitel 4 werden die Unternehmensszenarien kurz verglichen und die Ergebnisse der vorliegenden Studie werden in den Kontext der neusten Studien über das Thema Effekte der Digitalisierung auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt platziert. Kapitel 5 gibt Swissmem und Schweizer MEM-Unternehmen Empfehlungen ab.

2 Methode

Die Studie gliedert sich in drei methodologische Komponenten:

1. Sammlung der Literatur zum Thema der Veränderung der Arbeitswelt in der deutschen, schweizerischen und amerikanischen verarbeitenden Industrie und Charakterisierung dieser Literatur bezüglich wichtiger Herausforderungen, die zur Einführung von Anwendungen, Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung geführt haben.
2. Systematische Zuordnung der Anwendungen, Technologien und Methoden auf die Veränderung in einzelnen Prozessen der Wertschöpfungskette während des Zeitraums 1998-2018 und Beschreibung von Art und Mass der Veränderung der Arbeitswelt mittels Studium der Literatur und Validierung der Erkenntnisse mittels Befragung in Leuchtturm-Unternehmen der Schweizer MEM-Branche.
3. Schätzung des Veränderungspotentials von neuen Technologien und Methoden und Erstellung von Szenarien der Arbeitswelt der MEM-Unternehmen für 2025 (Zeithorizont fünf Jahre) und 2040 (Zeithorizont 20 Jahre).

Abbildung 1 zeigt die für diese Studie entwickelte Konzeptualisierung von Anwendungen, Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung entlang der Wertschöpfungskette. Die Abbildung stammt vom Whitepaper von Horváth und Partners (Sauter et al., 2015) und wurde für diese Studie mit unterstützenden Methoden ergänzt. Herausforderungen (und damit die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit) führen zur Anwendung von neuen Technologien und Methoden in einzelnen oder mehreren Prozessen der Wertschöpfungskette. Diese Anwendung hat wiederum einen Einfluss auf die Arbeitstätigkeiten in den betroffenen Prozessen der Wertschöpfungsketten.

Die Anwendungen können grundsätzlich in zwei Kategorien geteilt werden:

- i. Anwendungen, die zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung beitragen;
- ii. Anwendungen, die die Erschliessung neuer, profitabler Umsatzquellen ermöglichen.

Auf Abbildung 1 sind die zwei Anwendungsgruppen räumlich getrennt (links sind die effizienzsteigernden Anwendungen dargestellt). Möglicherweise müssen aus diesen Veränderungen Schlussfolgerungen auf Ebene der Führung, Organisation und benötigte Kompetenzen, d.h. Bildungssysteme, gezogen werden.

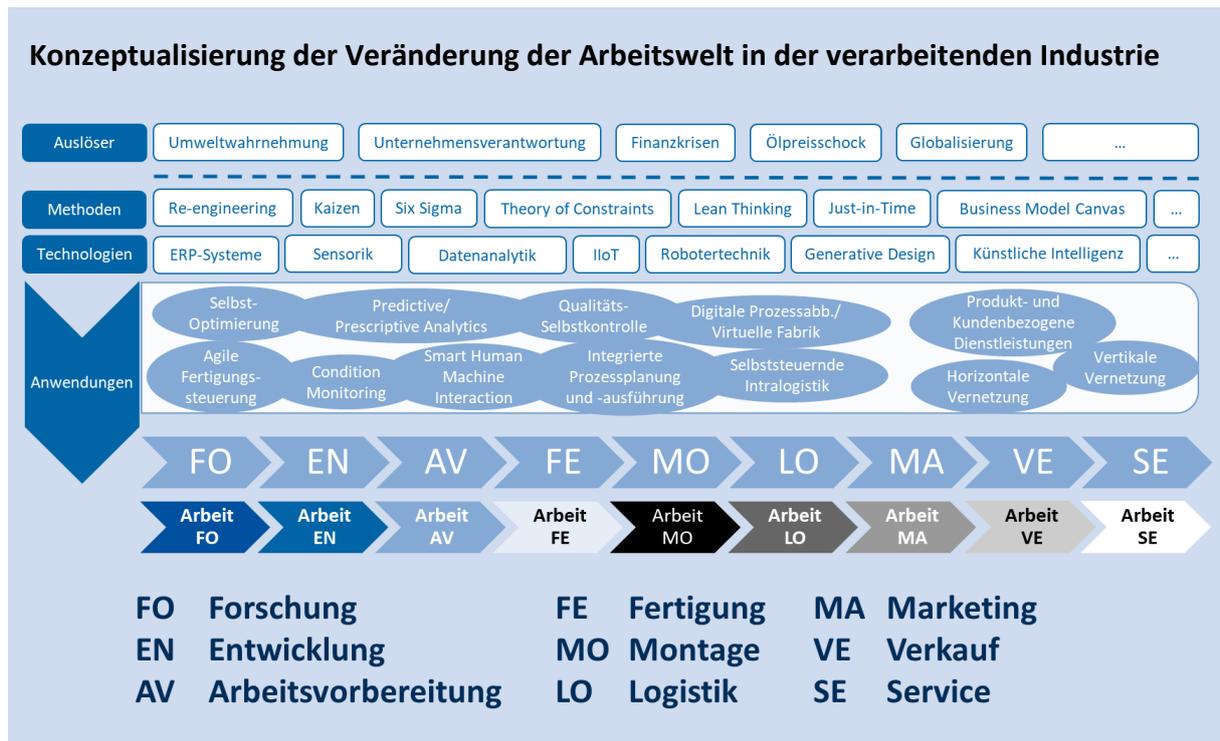


Abbildung 1 Konzeptualisierung der Veränderung der Arbeitswelt in der verarbeitenden Industrie

2.1 Sammlung und Charakterisierung der Literatur

Die gesammelte Literatur soll möglichst aus praxisorientierten Kreisen stammen, z.B. Verbänden, praxisorientierten Universitäten bzw. Fachhochschulen, Beratungsunternehmen, Arbeitnehmerverbänden oder Denkfabriken. Neben der Literatur aus dem deutschsprachigen Sprachraum werden auch Beiträge aus den USA aus verschiedenen Gründen mit analysiert. In den USA wurden in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen im sogenannten «Digital Manufacturing and Design» und in dazugehörigen Feldern unternommen. Die Obama-Regierung, durch das Department of Defense und das Department of Energy, hat zusammen mit Industriepartnern dreizehn Forschungsinstitute im Rahmen der Initiative «Manufacturing USA» gegründet. Manufacturing USA hat zum Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit des amerikanischen Industriestandortes zu verbessern. Für die MEM-Branche relevante Institute sind:

- Advanced Robots Manufacturing
- America Makes (3D-Drucken)
- Digital Manufacturing and Design Innovation Institute (DMDII, Digitalisierung in der MEM-Branche)
- REMADE (Energie- und Ressourceneffizienz)

Auch wenn die Industrie von anderen Ländern mit denselben Herausforderungen konfrontiert sind, haben die USA proaktiv und mit erheblichen Mitteln in die Digitalisierung ihrer MEM-Branche investiert. Darum werden die bereits vorliegenden Forschungsergebnisse hinsichtlich Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitstätigkeiten analysiert.

Neben dem geographischen Rahmen der Literatursammlung stellt sich die Frage der Auswahl der Anwendungen. Hierzu wird wieder auf das Whitepaper von Horváth und Partners (Sauter et al., 2015) gestützt, welches die folgenden 12 Anwendungen der Industrie 4.0 nennt:

1. Agile Fertigungssteuerung
2. Condition Monitoring
3. Digitale Prozessabbildung/virtuelle Fabrik
4. Integrierte Prozessplanung- und ausführung
5. Predictive/Prescriptive Analytics
6. Qualitäts-(Selbstkontrolle)
7. Selbststeuernde Intralogistik
8. Selbstoptimierung
9. Smart Human Machine Interaction
10. Produkt- und Kundenbezogene Dienstleistungen
11. Digitale Vertikale Vernetzung
12. Digitale Horizontale Vernetzung

Die neun ersten Anwendungen widerspiegeln eine Verbesserung der internen Prozesse, sei es im Shop Floor oder in der Verwaltung, während die drei letzten Anwendungen eine enge Zusammenarbeit mit externen Partnern (z.B. Kunden und Lieferanten) implizieren. In der **Tabelle A 1** im Anhang 1 sind die Definitionen der Anwendungen enthalten.

Im 20-jährigen Literaturreückblick wird untersucht, welche Herausforderungen zu welchen Anwendungen geführt haben. Durch eine Befragung von ausgewählten Leuchtturm-Unternehmen der MEM-Branche wird das durch die Literatur angeeignete Wissen validiert. Bei den Unternehmen wird gefragt, welche Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung die Anwendungen ermöglicht haben. Im Anhang 2 befindet sich der Interview-Leitfaden. Aussagen der befragten Unternehmen untermauern die Resultate beziehungsweise ihre Beispiele illustrieren die Resultate.

2.2 Systematische Zuordnung der Technologien und Methoden

In dieser methodologischen Komponente werden die Auswirkungen der Anwendungen auf die Arbeitswelt entlang der Wertschöpfungskette mittels gesammelter Literatur analysiert. Durch Befragung von Geschäftsleitungen/Kadernmitgliedern von ca. 20 Leuchtturm-Unternehmen wird das angeeignete Wissen validiert. Aussagen der befragten Unternehmen untermauern die Resultate, beziehungsweise ihre Beispiele illustrieren die Resultate.

2.3 Erstellung der Szenarien der Arbeitswelt 4.0 in der Schweizer MEM-Branche

Weil die Zukunft der MEM-Schweizer MEM-Branche zu unsicher ist, wird auf eine genaue Prognose verzichtet. Stattdessen erstellen wir Szenarien anhand Methode der «Intuitive Logic» (Martelli, 2014). Neben einem mittleren Szenario, welches heutige Trends verfolgt, werden zwei extreme Szenarien erstellt, welche eine positive und negative Zukunft widerspiegeln. Szenarien können auf einem sogenannten Szenarien-Trichter dargestellt werden (siehe Abbildung 2). Die extremen Szenarien erklären sich durch künftige Unsicherheiten bei sogenannten «Fundamental Business Drivers» (FBDs), also die Haupttreiber eines Unternehmens, in diesem Fall die Haupttreiber der Schweizer MEM-Unternehmen.

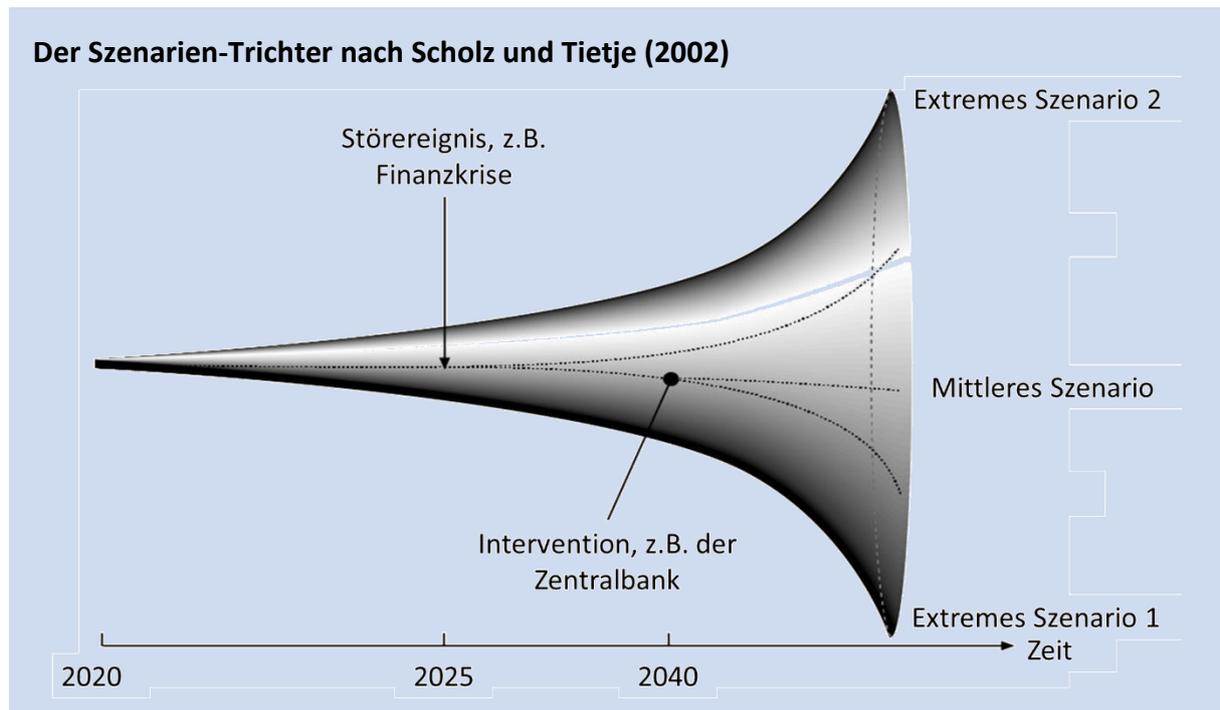


Abbildung 2 Der Szenarien-Trichter nach Scholz and Tietje (2002).

Die Methode der «Intuitive Logic» gliedert sich in drei Schritte (Martelli, 2014), die nachfolgend für die vorliegende Studie erklärt werden.

2.3.1 Erstellung eines mittleren Szenarios bei Schweizer MEM-Unternehmen

Es wird ein Szenario erstellt, welches die durchschnittlichen Entwicklungen der letzten 20 Jahren widerspiegelt. Dieses mittlere Szenario beruht somit direkt auf dem zwanzigjährigen Rückblick mittels Literaturlauswertung und Befragungen in Leuchtturm-Unternehmen.

2.3.2 Identifikation und Beschreibung der FBDs

In zweitem Schritt werden interne sowie externe FBDs mittels Befragungen von Unternehmen bzw. weiteren Schlüsselakteuren identifiziert und genau beschrieben. Die FBDs beeinflussen die Entwicklung der MEM-Branche und somit die Zukunftsszenarien, die im Absatz 3.3. beschrieben werden.

Beim zwanzigjährigen Zeithorizont kommen neue Unsicherheiten und somit neue FBDs dazu. Die FBDs werden sowohl beim Rückblick wie auch beim Ausblick mit den Unternehmen und weiteren Schlüsselakteuren identifiziert.

2.3.3 Auswahl der konsistentesten FBD-Kombinationen

Im letzten Schritt werden die FBD-Kombinationen ausgewählt, welche eine hohe Konsistenz aufweisen. Sie werden als Szenarien der Arbeitswelt 4.0 weiterbehandelt. Die Auswahl der Kombinationen wird mit den folgenden Kriterien begründet:

- *Konsistenz.* Kein Szenario sollte widersprüchliche Kombinationen enthalten. Und wenn schon, dann braucht es eine Erklärung. Es werden hier keine Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der Szenarien gemacht.
- *Information.* Die Auswahl beruht auf allen verfügbaren Informationen. Wissenslücken werden erklärt und ihre Auswirkungen auf die Verlässlichkeit der Szenarien werden vermittelt.
- *Beschreibung.* Jedes Szenario basiert auf eine Hypothese, welche hinsichtlich Begründung, Rahmen, und Auswirkungen auf den gegenwärtigen Zustand der Schweizer MEM-Branche beschrieben werden muss.

3 Resultate

3.1 Auslöser für die Umsetzung der Anwendungen, Technologien und Methoden: Ein zwanzigjähriger Rückblick

Die Herausforderungen wurden durch Literatur-Recherche identifiziert und von den Unternehmen validiert, die die Anwendungen in den letzten 20 Jahren selbst umgesetzt haben und diese als wichtig erachten. Die Unternehmen haben dann unterstützende Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung genannt. Die Tabelle 1 fasst die Herausforderungen zusammen, die die Umsetzung der zwölf Anwendungen der Industrie 4.0 in den Unternehmen in den letzten 20 Jahren ausgelöst haben. Die befragten Unternehmen haben diese Auslöser kommentiert und nach Relevanz bewertet:

- In **Grün** stehen die Aussagen, die die befragten Unternehmen einstimmig als zutreffend betrachten.
- In **Rot** stehen die Herausforderungen, die die Unternehmen einstimmig als nichtzutreffend betrachten.
- Bei den **orange** Herausforderungen herrschen Unstimmigkeiten zwischen den Unternehmen.

In Klammern weiter in der Tabelle sind Technologien und Methoden die nur von wenigen Unternehmen genannt wurden. Von den befragten Unternehmen, die die Anwendungen «Predictive/Prescriptive Analytics» oder «Smart Human Machine Interaction», erachten keine diese Anwendungen als wichtig. Somit wurden die entsprechenden Herausforderungen in den Befragungen nicht validiert und wenig wurde über relevante Technologien und Methoden gesagt. Die Excel-Arbeitsmappe im Anhang 3 enthält die Liste der Herausforderungen zusammen mit den Angaben zur Literatur.

Gemäss Literatur wirken gewisse Herausforderungen als Auslöser bei mehreren Anwendungen.

Grundsätzlich gibt es drei Gruppen von Auslösern:

- i. «Effizienz» und ähnliche Konzepte wie «Qualität mit tieferen Kosten», «Produktionsgeschwindigkeit», «Produktivität» und «Flexibilität»,
- ii. «Innovation» (auch unter den Einfluss der Globalisierung und von neuen Wettbewerbern), und
- iii. «Komplexität», welche z.B. durch «serielle Massanfertigung» entstehen.

Die Zitate stammen aus den Interviews mit den Unternehmen. Die Quellen bezüglich den Herausforderungen finden sich in Anhang 3

In Tabelle 1 auf Seite 15 wurden die folgenden Abkürzungen verwendet:

AR/VR	Augmented Reality/Virtual Reality
IIoT	Industrial Internet of Things
MES	Manufacturing execution system
PDCA	plan-do-check-act
VPN	Virtual Private Network

Tabelle 1 Herausforderungen, die zur Umsetzung der Anwendungen der Industrie 4.0 führen und unterstützende Technologien & Methoden zur Prozessverbesserung

Anwendung und Herausforderungen	Technologien	Methoden zur Prozessverbesserung
<p>Agile Fertigungssteuerung In den Befragungen wurde der Standort Schweiz mit seinen hohen Produktionskosten erwähnt. Gerade mit der agilen Fertigungssteuerung kann man diese Herausforderung annehmen und Kosten senken.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Globalisierung ("follow the customer") • Serielle Massanfertigung • Qualität mit tieferen Kosten <p>«Der Haupttreiber der agilen Fertigungssteuerung sind die Kosten des Produktionsstandorts Schweiz im Kontext des schwachen Euros»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ERP-Systeme • Robotertechnik • Generative Design¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaizen • Just-in-Time • (Re-engineering) • (Six Sigma) • (Business Model Canvas Extern)
<p>Condition Monitoring Condition Monitoring ist eine wichtige Voraussetzung für die mannlose Produktion.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovation • Globalisierung (Wettbewerbsdruck) • Qualität • Umwelt, Sicherheit und Gesundheit • Unternehmensintegration <p>«Industrie 4.0 ist eine kontinuierliche Fortführung der Lean-Organisation»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • IIoT • Webtool zum Zugriff von ERP-Daten bei Kunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaizen • Six Sigma
<p>Digitale Prozessabbildung/Virtuelle Fabrik Bei der digitalen Prozessabbildung wurde in den Befragungen die Relevanz der Fertigungsinseln und ihrer Digitalisierung betont. Tiefere Durchlaufzeiten, hohe Flexibilität und maximale Auslastung werden in den Fertigungsinseln angestrebt und sind die Treiber ihrer Digitalisierung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produktionsgeschwindigkeit • Unternehmensintegration <p>«Know-How kann erst später zum Wettbewerbsvorteil werden»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ERP-Systeme • Robotertechnik • Generative Design • (Datenanalytik) • (AR/VR) • (MES) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Thinking • (Kaizen) • (Six Sigma) • (Just-in-Time)

¹

Integrierte Prozessplanung und –ausführung

Als weitere Treiber der integrierten Prozessplanung- und ausführung wurden die Standardisierung und Lieferfähigkeit genannt.

- Produktionsgeschwindigkeit
- Maximierung des Kundennutzens
- Effizienz

- ERP-Systeme
- (Sensortechnik)
- (Datenanalytik)
- (Robotertechnik)
- (Generative Design)
- Six Sigma
- Lean Thinking
- Just-in-Time
- (Re-engineering)
- (Kaizen)

«Beim Wachsen muss man standardisiert vorgehen»

Predictive/Prescriptive Analytics

Von den befragten Unternehmen wurden Predictive/Prescriptive Analytics nicht als wichtig erachtet.

- Produktivität
- Effizienz
- Qualität

- ERP-Systeme (Materialströme)
- Datenanalytik (Big Data, Data Mining, Business Intelligence)

Qualitäts-Selbstkontrolle

Die Qualitäts-Selbstkontrolle wurde als wichtiger Teil eines internen Verbesserungsprozesses verstanden, und nicht unbedingt direkt als Mittel, um sich gegen den Wettbewerb durchzusetzen.

- Wettbewerb

- ERP-Systeme
- Sensortechnik
- Datenanalytik
- Künstliche Intelligenz
- Six Sigma
- (Re-engineering)
- (Theory of Constraints)
- (Lean Thinking)
- (Just-in-Time)
- (Workshops)
- (Shopfloor Management)
- (PDCA-Zyklen)
- (Ishikawa)
- (Hoshin-Kanri)

«Intern nach ständiger Verbesserung streben, um Krisenjahre gut zu überstehen»

Selbststeuernde Intralogistik

Bei der selbststeuernden Intralogistik wurde Effizienz als Auslöser präzisiert. Es geht dabei, möglichst wenig gebundenes Kapital im Lager zu haben.

- Effizienz
- Flexibilität u.a. zur Kostenreduktion

- ERP-Systeme
- Sensortechnik
- Kaizen
- Six Sigma
- Lean Thinking
- Just-in-Time
- Kanban

Selbstoptimierung

Bei der Selbstoptimierung war nicht wirklich Komplexität, sondern eher Effizienz (z.B. Senkung der Kosten, Einhalten der Liefertermine) der Haupttreiber für die Umsetzung.

- Komplexität

- ERP-Systeme
- Sensortechnik
- Datenanalytik
- Robotertechnik
- (Generative Design)
- Kaizen
- Six Sigma
- Lean Thinking
- Just-in-Time
- (Re-engineering)
- (Theory of Constraints)
- (Shop Floor Management)

«Alles was Innovation bringt, auch persönliche Vernetzung»

Smart Human Machine Interaction

Von den befragten Unternehmen wurde Smart Human Machine Interaction nicht als wichtig erachtet.

- AR/VR (Hololens)
- Kobotter
- Handscanner

Produkt- und Kundenbezogene Dienstleistungen

Die Produkt- und Kundenbezogenen Dienstleistungen dienen vor allem dazu, die Beziehung zu Kunden zu pflegen und zu erweitern (z.B. durch schnellere Unterstützung, höhere Profitabilität der Kunden, schnelle Reaktion auf Kundenbedürfnisse).

- Erhöhung der Einnahmequellen
- Profitabilität

«Mit Dienstleistungen kann die installierte Basis in Augen gehalten werden»

- ERP-Systeme
- Sensortechnik
- Datenanalytik
- (Robotertechnik)
- (Generative Design)
- (Künstliche Intelligenz)
- (AR/VR)
- (VPN)
- (Product Lifecycle Management)
- Re-engineering
- Theory of Constraints
- Just-in-Time
- (Kaizen)
- (Six Sigma)
- (Lean/Agile Thinking)
- (Business Model Canvas)
- (Hackathons)

Digitale Vertikale Vernetzung

Auch Effizienz war ein Treiber für die digitale vertikale Vernetzung.

- Innovation

«Software ist der Hauptunterscheider. ERP-Systeme usw. ermöglichen die Kommunikation zwischen den Schnittstellen»

- ERP-Systeme
- IIoT
- Kundeninput
- Market pull
- Technology push
- Maintain, gain, transform

Digitale Horizontale Vernetzung

Bei der digitalen horizontalen Vernetzung wurde auch die Markenbildung durch die neue Sichtbarkeit in einem Ökosystem angestrebt.

- Innovation

«Agilität wird in der Schweiz durch symbiotische Vernetzung und offene Ökosysteme ermöglicht»

- Cloud
- Application Programming Interface
- Theory of Constraints
- Business Model Canvas
- Workshops

3.2 Auswirkungen der Anwendungen auf die Arbeitstätigkeiten: Ein zwanzigjähriger Rückblick

In der Tabelle 2 sind Aussagen aus der Literatur über die Auswirkungen der Anwendungen auf die Arbeitstätigkeiten sowie die betroffenen Prozesse der Wertschöpfungskette enthalten. Im Anhang 3 befindet sich diese Liste zusammen mit den Angaben zur Literatur.

In **Grün** stehen die Aussagen, die die befragten Unternehmen einstimmig als zutreffend betrachten.

In **Rot** stehen die Herausforderungen, die die Unternehmen einstimmig als nichtzutreffend betrachten.

Bei **Orange** gehaltenen Herausforderungen herrschen Unstimmigkeiten zwischen den Unternehmen.

Die Zitate stammen aus den Interviews mit den Unternehmen.

Tabelle 2 Anwendungen, Aussagen über deren Arbeitstätigkeiten und betroffene Prozesse der Wertschöpfungskette

Anwendung

Aussagen über Arbeitstätigkeiten

Agile Fertigungssteuerung

Bei der agilen Fertigungssteuerung gibt es zwei Gruppen von Arbeitstätigkeiten: den Aufbau einer agilen Fertigungssteuerung und die Automatisierung von Routinearbeiten.

Der erste Schritt ist die interne Datenanalyse von allen Datenquellen (aus dem ERP-System und aus CAD²-Systemen), um anhand dieser Daten Zusammenhänge zu verstehen bzw. Entscheide zu treffen. Die Automatisierung der Routinearbeiten betrifft nicht nur die Fertigung und die Montage, sondern auch Tätigkeiten in den Prozessen des Verkaufs.

«Automatisierte Rechnungstellung mit Key-Accounts»

Neben Automatisierung können gewisse Arbeitstätigkeiten, welche wenig Wertschöpfung generieren, an Dritte mittels Vernetzung abgegeben werden. Hier muss der Lieferant zu solchen Tätigkeiten fähig sein.

«SFS-Mitarbeiter sorgt für die Nachfüllung von Teilen»

Weil die agile Fertigungssteuerung die Integration der Wertschöpfungskette bedingt und den Einbezug des Kunden fördert, nehmen die intellektuellen Ansprüche an die Arbeitnehmer zu. Agil heisst für die Arbeitnehmer, sich mit neuen Situationen, Positionen und Aufgaben auseinanderzusetzen.

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Neu werden Instrumentierungs-, Kontroll-, Konnektivitäts- und Analyse-Lösungen rund um Produktions- und Betriebsanlagen unterstützt			✓	✓	✓				
• Routinearbeiten werden verstärkt digital automatisiert	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Möglichkeiten zur Verbesserung von Prozessen und Geräten durch Erweiterungen oder Modifikationen werden laufend geprüft	✓	✓							

² Computer Aided Design

Condition Monitoring

Bei Condition Monitoring stellt sich die wichtige Frage, ob die Mess- und Datenverarbeitungstechniken (Algorithmen) intern oder über Drittlieferanten mit Kernkompetenzen entwickelt werden.

Falls man sich für die zweite Option entscheidet, soll die Kommunikation zwischen MEM-Unternehmen und Drittlieferanten für eine optimale Spezifikation stattfinden.

Auch in der ersten Option müssen Mitarbeiter des Shop Floors und der Forschung und Entwicklung eine gemeinsame Sprache entwickeln. Nur so entstehen wirksame Rückkopplungsschleifen zwischen Zustand der Fertigungs- und Montagemaschinen, Datenauswertung und Handlung (z.B. verändertem Maschinenbetrieb).

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Automatisierungen dienen als Assistenzsysteme, was höhere Einsatzflexibilität von ungelernten Beschäftigten ermöglicht			✓	✓	✓				
• Wahrscheinlichkeits-, Mess- und Analysesystemen ermöglichen Produktdiagnostik, -prognose und -optimierung			✓	✓	✓				
• Für die Echtzeit-Analyse und -Reaktion müssen die Maschinen- und/oder Anlagenkonnektivität gewährleistet sein				✓	✓				
• Algorithmen, Mess- und Datenverarbeitungstechniken werden von Datenwissenschaftlern und F&E-Mitarbeitern entwickelt	✓	✓							

Digitale Prozessabbildung/Virtuelle Fabrik

Die digitale Prozessabbildung, welche im Kontext des Shop Floor vor allem Simulationen von Fertigungs- und Montageprozessen dient, passt mehr der Massenproduktion als der Fertigung von Einzelstücken.

«Wie Uhrmacher!»

Für diese Einzelstücke sind die Unternehmen weiterhin auf Spezialisten angewiesen und Roboter, die aufgrund digitaler Prozessabbildungen handeln, kommen kaum in Einsatz.

In der Literatur und den Unternehmensbefragungen wurde aber klar, dass es ein grosses Potential der digitalen Prozessabbildung in weiteren Prozessen der Wertschöpfungskette gibt. Tätigkeiten wie die Rechnungserstellung und Verzollung können voll automatisiert werden.

«Was macht man mit kaufmännischen Lehrlingen? »

Hingegen wird kein Trend zum Abbau im Controlling festgestellt, da nur ein Mensch verstehen kann, was im Shop Floor und im ganzen Unternehmen passiert. Eine mit dieser Anwendung verbundene Arbeitstätigkeit ist die Technologiebeobachtung, um das Angebot von Softwares zur Prozessdigitalisierung zu beurteilen.

«Tafel mit Kennzahlen, Zielen in jedem Bereich (auch im kaufmännischen Bereich) »

Betroffene WSK-Prozesse	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Entscheidungen werden schneller und robuster getroffen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Durch die Unterstützung von Assistenzsystemen, können komplexe Montageprozesse auch von ungelernten Beschäftigten erledigt werden					✓				
• Durch die Unterstützung von Assistenzsystemen, kann eine grössere Anzahl an Maschinen können pro Maschinenbediener bedient werden				✓	✓				
• Die Automatisierung und Maschinenübernahme von ausführenden und repetitiven Tätigkeiten in den Bereichen Rechnungen, Abrechnungen, Controlling und Anlageberatung führt zu einem Personalabbau			✓				✓	✓	✓
• Die Nachfrage nach Roboterkoordinatoren, die die Roboter überwachen und auf Störungen reagieren können, erhöht sich				✓	✓				
• Zukünftige Möglichkeiten für neuer VR/AR-Hardware, -Software und -Integrationsplattformen müssen ständig erforscht werden	✓								

Integrierte Prozessplanung und -ausführung

Bei der integrierten Prozessplanung und -ausführung scheint die Automatisierung mehr im Bereich der Planung als in der Ausführung stattzufinden. Die Erfahrungen mit der Arbeitsteilung werden digital gesammelt (z.B. über Statusberichte), dafür manuell eingebaut.

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Hierarchien werden flacher	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Statusberichte werden automatisch erstellt	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Computer-basierte Systeme (statt Manager) verteilen Arbeit und Zeitpläne und integrieren die Erfahrungen, die bisher von den Arbeitsteams positiv bewertet wurden			✓	✓	✓				

Predictive/Prescriptive Analytics

Von den befragten Unternehmen wurden Predictive/Prescriptive Analytics nicht als wichtig erachtet.

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Spezialisierte Datenwissenschaftler (Data Scientists) werden verstärkt gefördert, um die Daten nach der automatisierten Auswertung interpretieren zu können und den Mehrwert erfolgreich im Unternehmen umzusetzen	✓	✓		✓	✓				
• Starke Handlungsorientierung und Kompetenz im Umgang mit der zunehmenden Informationsüberflutung ist von Mitarbeitern erwartet	✓	✓		✓	✓				
• Traditionelle Arbeitsplätze wie Servicetechniker, Produktionsplaner und Mitarbeiter in der Montage- und Lagerverwaltung werden eliminiert						✓	✓		
• Neue Arbeitstätigkeiten im Systemdesign und in der Datenwissenschaft entstehen durch erhöhte prädiktive Wartung	✓	✓							

Qualitäts-Selbstkontrolle

Qualitäts-Selbstkontrolle beinhaltet sowohl die menschliche wie auch maschinelle Selbstkontrolle der Qualität.

«Eine effiziente Qualitätskontrolle zeichnet sich durch eine hohe Sensitivität»

Shop Floor Management trägt massgeblich zu dieser Arbeitstätigkeit bei und wird anhand einfacher Werkzeuge umgesetzt, inkl. im kaufmännischen Bereich. Auf dieser Art und Weise werden Probleme schneller sichtbar, Risiken frühzeitig identifiziert und Transparenz geschaffen.

Die Selbstkontrolle der Qualität kann aber in gewissen Fällen zur Beherrschung der Komplexität an Maschinen abgegeben werden. Mit digitalen Technologien eröffnen sich neue Arten von nicht-intrusiven Qualitäts-Selbstkontrollen, auch nach der Lieferung des Produktes beim Kunden.

«Das System am laufen halten»

Dabei müssen Mitarbeiter aus der Forschung und Entwicklung und aus dem Shop Floor erstmal die Prozesse der Kunden verstehen, bevor sie die Selbstkontrolle z.B. mittels künstlicher Intelligenz für den Betrieb des Produkts implementieren.

Die Lohnkosten im Produkt sinken, während die Strukturkosten für den Werkunterhalt steigen. Mit dem richtigen Einsatz der Qualitäts-Selbstkontrolle fallen Qualitätsprüfung sowie Qualitätssicherungsabteilungen.

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
<ul style="list-style-type: none"> Die Auswirkungen von Fertigungsqualität und Materialvariabilität auf die Leistung eines Systems oder Vollprodukts wird laufend untersucht und verstanden. 	✓			✓					✓

Selbststeuernde Intralogistik

Durch selbststeuernde Intralogistik werden Arbeitstätigkeiten vor allem sicherer, durch weniger Körperbelastungen und Unfallrisiken auch einfacher. Durch Selbststeuerung werden die Transportdistanzen kleiner. Hier stellt sich wieder die Frage, ob das neue, selbststeuerndes Intralogistiksystem intern oder extern entwickelt wird.

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Immer komplexere Intralogistiksysteme müssen entwickelt und betreut werden, was zu anspruchsvollen Qualifikationsanforderungen führt						✓			
• Logistikaufgaben werden mit Produktions-, Wartungs- und Einkaufsaufgaben kombiniert.				✓	✓	✓			
• Der Einsatz von Assistenzsystemen reduziert sowohl Körperbelastungen wie auch Bedienungskompetenzen für Transportfahrzeuge						✓			
• Automatisierung führt zu wenigen Mitarbeitern in der Intralogistik (weniger Mitarbeitern können mehr Arbeitstätigkeiten übernehmen)						✓			

Selbstoptimierung

Selbstoptimierung heisst auch die Selbstgestaltung des Arbeitsplatzes. Auch von Mitarbeitern selbst bestimmt werden Prozesse und Mitteln, z.B. im Rahmen von «Shop Floor Talks». Mitarbeiter werden auch immer mehr und je nach Problem in die Problemlösung eingebunden.

«Die Arbeitsattraktivität (also die Motivation) steigt durch Selbstoptimierung»

Der Betrieb eines Datenzentrums kann erforderlich sein, um Daten zur Optimierung der Fertigung, Montage, Logistik, usw. zu speichern und auszuwerten. Damit Software- und Hardwarekomponenten eigenständiger und selbstoptimierend werden, muss die Durchgängigkeit gewährleistet sein.

«Die Mitarbeiter beraten immer und brauchen dafür ein breites Prozesswissen sowie Gesamtverständnis. (weg von der Hardware hin zur Software)»

Betroffene WSK-Prozesse

	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Routinearbeitstätigkeiten werden ersetzt	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Cloudlösungen überwinden Speicherbarrieren	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Software- und Hardwarekomponenten werden immer eigenständiger (z.B. Selbstprogrammierung von Software und Selbstregelung von kompletten Inbetriebnahmen oder vom Umbau grosser Produktionsstätten)			✓	✓	✓				

Smart Human Machine Interaction

Von den befragten Unternehmen wurde Smart Human Machine Interaction nicht als wichtig erachtet.

Betroffene WSK-Prozesse	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Kollaborative Robotersysteme (Kobots) werden vermehrt wegen erhöhten Sicherheit, Präzision und Kraft eingesetzt				✓	✓				
• Generative design erstellt automatisch ein oder mehrere komplette Designs, die alle gängigen Anforderungen erfüllen	✓	✓							
• Potentiale für Kobots werden ständig analysiert und geprüft	✓								
• Digitalisierung und Automatisierung dienen als benutzerfreundliche Assistenzsysteme			✓	✓	✓	✓			
• Nicht durch Kobots oder Algorithmen ersetzbare Fähigkeiten werden gefördert (z.B. soziale Intelligenz, Wahrnehmung und Verhandlung)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Produkt- und kundenbezogene Dienstleistungen

Es gibt keine eindeutige Antwort zur Frage, ob sich Verkaufsmitarbeiter entweder auf Produkte oder produkt- und kundenbezogene Dienstleistungen spezialisieren müssen. Sicherlich brauchen erfolgreiche Kundenbindung und –vertrauen mehr Qualifikationen eines Geräteverkäufers. Eine Variante (d.h. Vertriebskanal) ist, einerseits Maschinen und Serviceverträge zusammen zu verkaufen und andererseits kundenbezogene Dienstleistungen zu verkaufen.

Serviceverkaufsmitarbeiter können dank fachlichen Kenntnissen Sektor übergreifend eingesetzt werden, falls die betroffene Technologie in mehreren Sektoren angewandt wird.

Ein Unternehmen muss sich die Frage stellen, ob es zur Erledigung der relevanten Arbeitstätigkeiten eine neue interne Struktur gründet.

Allgemein wird die Kreativität der Mitarbeiter zur weiteren Automation und zur Ermöglichung der Komplexität gefördert. Sie arbeiten immer mehr mit Software und weniger mit Hardware, da die Software der Hauptunterscheider ist. Somit bekommen Mitarbeiter höhere Qualifikationen und mehr Arbeitstätigkeiten werden pro Arbeiter erledigt.

«Mechaniker erledigen elektrische Tätigkeiten beim Kunden dank Software»

Betroffene WSK-Prozesse	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Der Fokus von Verkaufsqualifikationen liegt zunehmend bei Services									✓
• Unternehmen und Kunden interagieren vermehrt über Apps, Cloudlösungen, Social Media, usw.	✓	✓							✓
• Serviceverkaufsmitarbeitern können dank fachlichen Kenntnissen Sektor übergreifend eingesetzt werden									✓
• Routinearbeiten werden durch Kreativität und kritisches Denken ersetzt	✓	✓							✓

Digitale Vertikale Vernetzung

Bei der vertikalen digitalen Vernetzung entsteht möglicherweise ein Datenlieferdienst als neues wichtiges Glied der Supply Chain.

Betroffene WSK-Prozesse	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Datenwissenschaftler entwickeln und verwalten ein Informationsmanagementsystem innerhalb des Unternehmens, welches die Wertschöpfungskette in Echtzeit vernetzt		✓							
• Datenwissenschaftler planen die Konnektivitäts- und Sicherheitsanforderungen des Informationsmanagementsystems ausserhalb des Unternehmens (Supply Chain)		✓							
• Datenwissenschaftler arbeiten mit den Abteilungen der Wertschöpfungskette intensiv zusammen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Rückmeldungen und Daten von Akteuren der Supply Chain fliesen zurück in Informationsmanagementsysteme								✓	✓
• Die Vernetzung und Kommunikation zwischen die Akteure der Supply Chain erfolgt schnelle und flexibel mittels unterschiedlichster Medien								✓	✓

Digitale Horizontale Vernetzung

Im Rahmen der horizontalen digitalen Vernetzung führen Datenwissenschaftler vor allem Analysen (z.B. «Pattern Recognition» und Sicherheit) durch. Daneben muss immer wieder mit dem Rechtdienst geklärt werden, ob die Kundendaten tatsächlich für diese Zwecke verwendet werden können.

Die horizontale Zusammenarbeit wird bis heute durch «Edge»-basierte Echtzeit-Lösungen geprägt, weil die Cloud-Lösungen nicht vertraut werden. Weniger arbeitsintensiv ist der Aufbau der entsprechenden Infrastruktur.

«Daten-Infrastruktur ist das einfachste (relativ klar)»

Betroffene WSK-Prozesse	FO	EN	AV	FE	MO	LO	MA	VE	SE
• Datenwissenschaftler entwickeln und verwalten ein Informationsmanagementsystem innerhalb des Unternehmens, welches die Wertschöpfungskette in Echtzeit vernetzt		✓							
• Datenwissenschaftler planen die Konnektivitäts- und Sicherheitsanforderungen des Informationsmanagementsystems ausserhalb des Unternehmens (strategische Allianz)		✓							
• Datenwissenschaftler arbeiten mit den Abteilungen der Wertschöpfungskette intensiv zusammen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Rückmeldungen und Daten von Endbenutzern fliesen zurück in Informationsmanagementsysteme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Die Vernetzung und Kommunikation zwischen beliebigen Partnern erfolgt schnell und flexibel mittels diverser Medien	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3.3 Szenarien der Arbeitswelt 4.0 in der Schweizer MEM-Branche

3.3.1 Identifikation der Fundamental Business Drivers

Die Tabelle 1 gibt die internen und externen Fundamental Business Drivers (FBDs) der Schweizer MEM-Unternehmen an. Für jedes FBD werden zwei Varianten betrachtet. Zudem beziehen sich zwei FBDs auf einen zwanzigjährigen Zeithorizont. Nachfolgend wird jede Variante näher beschrieben.

Tabelle 3 Varianten der FBDs der Schweizer MEM-Branche

Die kursive Schrift bezeichnet den zwanzigjährigen Zeithorizont, d.h. 2040.

Fundamental Business Driver	Variante 1	Variante 2
Schweizer MEM-Unternehmen		
a. Integration in Wertschöpfungsprozesse der Kunden	Schwach	Stark
b. Strategie zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit	Kostensenkung	Erschliessung zusätzlicher Einkommensquellen
c. Verantwortung der Konnektivität beim Kunden	Konnektivität wird ermöglicht	«Product Cloud»
<i>d. Räumliche Verteilung der MEM-Unternehmen</i>	<i>Industriezonen</i>	<i>Industrie-Service-Clusters</i>
Kontext		
e. Demographischer Wandel	Überalterung (tiefes Szenario)	Migration (hohes Szenario)
f. Handelsbeziehungen	Handelskrieg	Globalisierung
g. Globales Finanzsystem	Instabil	Stabil
<i>h. Datenhoheit</i>	<i>China und USA</i>	<i>«European Industrial Data Space»</i>

- a. **Integration in Wertschöpfungsprozesse der Kunden.** Mittels digitaler Technologien können sich MEM-Unternehmen immer mehr in die Wertschöpfungskette ihrer Kunden integrieren, d.h., Teile der Wertschöpfungskette ihrer Kunden übernehmen.

Die Bandbreite geht hier von **schwach** bis **stark**. Eine schwache Integration besteht z.B. in der Lieferung einer abgeschlossenen Leistung in einen Prozess der Wertschöpfungskette des Kunden. Eine starke Integration entspricht beispielsweise der Beherrschung eines oder mehrerer Prozesse der Wertschöpfungsketten. Letzteres kann über die Sammlung und Auswertung von Daten beim Kunden erfolgen.

- b. **Strategie zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit.** Die Schweizer MEM-Unternehmen bewegen sich in einem sehr kompetitiven internationalen Umfeld. Anders gesagt, müssen sie aktiv an Ihrer Wettbewerbsfähigkeit arbeiten.

Die Wettbewerbsfähigkeit eines MEM-Unternehmens kann entweder durch **Kostensenkung** und/oder die **Erschliessung zusätzlicher Einkommensquellen** erzielt werden. Beim ersten sind verschiedenste Ansätze denkbar: z.B. Effizienzsteigerung im Shop Floor, Automatisierung in der Verwaltung oder das Angebot von Standardlösungen. Zusätzliche Einkommensquellen ergeben sich grundsätzlich durch die Erbringung von neuen Dienstleistungen für den Kunden, oft durch eine bahnbrechende Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen ausserhalb der MEM-Branche.

- c. **Verantwortung der Konnektivität beim Kunden.** Jedes Produkt kann theoretisch an andere Komponenten der Wertschöpfungsprozesse der Kunden digital angeschlossen sein. Damit öffnet sich die Möglichkeit, beim Kunden eine aktive Rolle zu übernehmen.

Alle Maschinen werden heute mit einem digitalen Gehirn versehen. Eine minimale Anforderung der Kunden ist, dass dieses Gehirn mit ihrer Cloud kommunizieren kann. Über Protokolle **wird die Konnektivität ermöglicht**. Im Gegensatz können gewisse MEM-Unternehmen sogenannte **«Product Clouds»** verkaufen, welche vier Komponenten beinhalten.

Erstens bestehen «Smart Product Applications» darin, dass Software-Anwendungen auf Fernservern die Überwachung, die Steuerung, die Optimierung und den autonomen Betrieb der Produktfunktionen vornehmen.

Zweitens liefern Entscheidungsregeln und Analysemodule die Fähigkeiten, um Algorithmen des Produktbetriebs zu entwickeln und neue Produkterkenntnisse zu gewinnen.

Drittens ermöglichen Anwendungsplattformen die schnelle Erstellung intelligenter und vernetzter Unternehmensanwendungen.

Viertens stellen Datenbanksysteme mit grosser Speicherkapazitäten die Verwaltung von Echtzeit- und historischen Produktdaten sicher.

- d. **Räumliche Verteilung der MEM-Unternehmen.** *Dieser FBD befasst sich mit einer raumplanerischen Variable. Mit dem steigenden Druck auf Bauland in der Schweiz eröffnen sich langfristig neue Chancen bezüglich Partnerschaften zwischen Industrie- und Dienstleistungsunternehmen.*

Heute sind die Schweizer MEM-Unternehmen mit anderen Unternehmen der verarbeitenden Industrie vorwiegend in Industriezonen zu finden, was auf die Schweizer Raumplanungspolitik zurückzuführen ist. Eine Ausnahme stellen Technoparks (z.B. EPFL, Zürich und Winterthur) dar, wobei dort neben den Unternehmen der verarbeitenden Industrie vor allem Firmen der pharmazeutischen und Chemieindustrie sowie Startups mit akademischen Hintergrund tätig sind.

Neben Industriezonen ist langfristig eine neue räumliche Verteilung der MEM-Unternehmen denkbar. In Industrie-Service-Clusters würden MEM-Unternehmen in unmittelbarem Kontakt mit Dienstleistungs- und ICT-Unternehmen stehen mit dem Ziel, einen regen Austausch von Ideen, Denkweisen, Weltanschauungen, usw. zu fördern. (Die kursive Schrift bezeichnet den zwanzigjährigen Zeithorizont, d.h. 2040.)

- e. **Demografischer Wandel.** Die Schweiz wird wie alle andere Europastaaten vom demografischen Wandel stark betroffen. Die Schweizer Bevölkerung wird in den Zeithorizonten der Szenarien stark altern. Die Zunahme der Erwerbsbevölkerung hängt fast ausschliesslich von der Migration ab.

Die zwei Varianten entsprechen den Bevölkerungsszenarien **hoch** (B-00-2015) und **tief** (C-00-2015) des Bundesamts für Statistik (BFS, 2015). Das **tiefe** Szenario zeichnet sich aufgrund der Überalterung durch eine tiefe Wachstumsrate und eine Abflachung der Bevölkerungsentwicklung ab 2035; die Überalterung wird durch Zuwanderung nicht kompensiert, da sich die Wirtschaft in Europa erholt. Das **hohe** Szenario zeigt eine Zuwanderung qualifizierter Personen auf; längerfristig bremst die ältere Bevölkerung die Zuwanderung, jedoch ohne Abflachung der Bevölkerungsentwicklung bis 2045. Entsprechend machen Ausländer einen deutlich höheren Anteil an der Erwerbsbevölkerung im hohen Szenario.

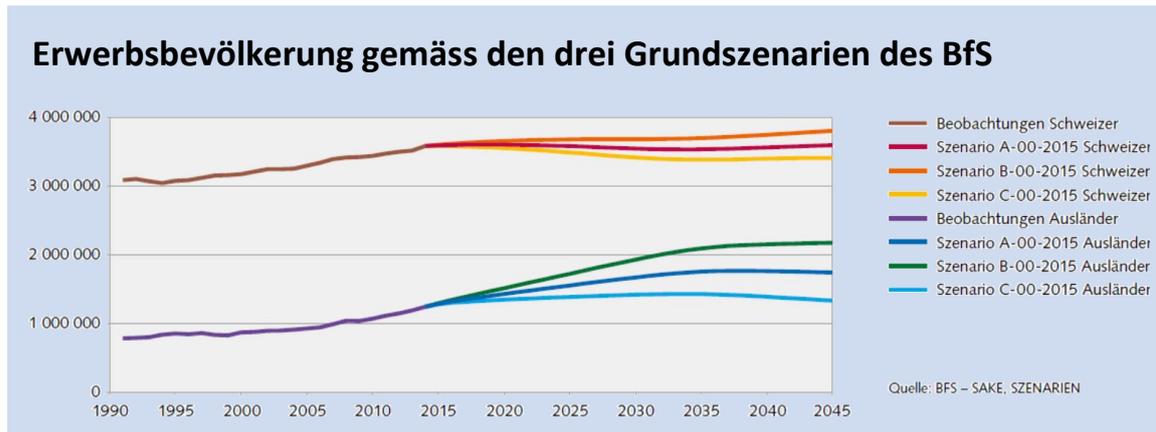


Abbildung 3 Erwerbsbevölkerung nach Nationalität gemäss den drei Grundszenarien des Bundesamts für Statistik, 1991-2045 (BFS, 2015).

- f. **Handelsbeziehungen.** Bis vor ein paar Jahren schien die Globalisierung und der damit wachsende internationale Handel unaufhaltbar. Nun führen die USA und China einen Handelskrieg, welcher dieses Wachstum untergraben und somit globale Wertschöpfungsketten beeinträchtigen könnte.

Nationalistisch-populistische Regierungen in Amerika und Europa und Ihre Feindseligkeit gegen den internationalen Handel sind entweder vergänglich oder das Symptom einer tieferen Krise, die nicht in absehbarer Zeit gelöst wird. Falls nur vergänglich werden bestehende Freihandelsabkommen Rechnung getragen und der freie Güter- und Datenverkehr im Sinne der **Globalisierung** wird gefördert. Im Falle eines langanhaltenden **Handelskriegs** drohen teurere Standorte, welche dann zu höheren Preisen und tieferer Effizienz führen würde (EIU, 2018).

- g. **Globales Finanzsystem.** Stehen wir schon vor der nächsten grossen Finanzkrise? Es gibt dafür besorgniserregende Anzeichen, vor allem bei Unternehmensanleihen (The Economist, 2018, 3. Mai). Die Unsicherheiten herrschen vor allem bei der Fähigkeit, das globale Finanzsystem gründlich zu reformieren.

Ein **stabiles** globales Finanzsystem wird sich durch langfristig produktive Investitionen von privaten Investoren und Staaten in die Realwirtschaft (darunter die MEM-Branche). Ein **instabiles** globales Finanzsystem entspricht dem heutigen Zustand, d.h., dem Kampf zwischen China und den USA über den Wert der chinesischen Währung, der Euro- und Schuldenkrise in der EU, der massiven Staatsverschuldung der USA, dem relativ uneingeschränkten spekulativen Finanzsektor, der Bargeldhortung durch Investoren, die auf Gelegenheiten für kurzfristige Kapitalgewinne warten, und dem Aufbau von Devisenreserven durch Regierung, um Finanzschocken entgegenzuwirken (Stiglitz, 2010; Swilling and Anneck, 2010).

- h. **Datenhoheit.** Mit der voranschreitenden horizontalen und vertikalen digitalen Vernetzung der Unternehmen geht es auch um die Frage, wer sich in Zukunft die Datenhoheit verschafft und damit die Wertschöpfungskette massgeblich mitkontrolliert. Datenflüsse zu beherrschen wird zu einem entscheidenden Faktor für die wettbewerbsmässige Positionierung eines Unternehmens.

Zwei Varianten wurden hier in den Befragungen mit weiteren Schlüsselakteuren der MEM-Branche identifiziert. Entweder geht der **langfristige** Trend zur Konzentration der Datenhoheit vor allem in **China und den USA** weiter. Damit werden Europäische Verbraucher und Firmen immer abhängiger von amerikanischen und chinesischen Daten- und Algorithmenplattformen, was auf Kosten der lokalen Wertschöpfung geht. Diese Abhängigkeit kommt mit einem erhöhten Cyberisiko zusammen, welches mit autoritären Staaten verbunden ist. Abbildung 4 zeigt deutlich, wie die meisten und wertvollsten Plattformen in Asien und den USA angesiedelt sind. Oder, alternativ müsste eine Europäische Lösung unter dem Impuls einer Industriepolitik eingeführt werden. Die Landesverbände (z.B. Swissmem in der Schweiz und der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer, VDMA) könnten dieses **«European Industrial Data Space (EIDS)»** genossenschaftlich betreiben. Eine Rolle des EIDS wäre, Daten auch zuerst mal ohne sofort klare Anwendungsweise Verarbeitung durch Algorithmen in Europa zu speichern. Die Datenschutz-Grundverordnung der EU kann hier als Vorbild dienen.

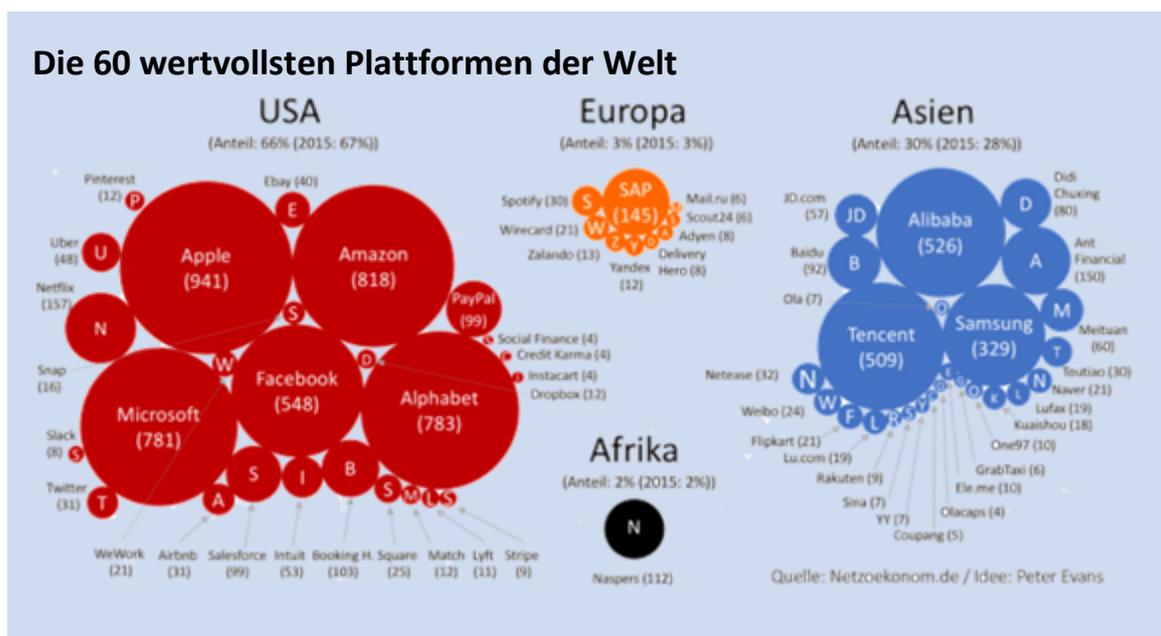


Abbildung 4 Die 60 wertvollsten Plattformen der Welt
(Angaben in Mrd. Dollar, Börsenwert/jüngste Finanzierung, Juni 2018, Quelle:
Netzoekonom.de / Idee: Peter Evans).

3.3.2 Eine Segmentierung in drei Unternehmensgruppen und Erstellung von Szenarien in zwei möglichen Kontexten und bei zwei Zeithorizonten

In den Unternehmensbefragungen sind drei unterschiedlichen Gruppen der MEM-Unternehmen klar ersichtlich worden:

1. **Weiter-Wie-Bisher (WWB):** Unternehmen die in Nischen unterwegs und tief in der Wertschöpfungskette bei ihren Kunden integriert sind.

2. **Kompression:** Unternehmen die unter Preisdruck stehen, weniger integriert sind und mit dem Risiko konfrontiert sind, dass andere Anbieter die durch die Digitalisierung ermöglichte Wertschöpfung übernehmen. Die Unternehmen sind stark intern und auf Effizienzoptimierungen fokussiert.
3. **Expansion:** Unternehmen die sowohl tief in den Wertschöpfungsketten der Kunden integriert sind als auch die Möglichkeiten der Digitalisierung nutzen, um zusätzliche Dienstleistungen zu offerieren, Produkt- und Kundenbezogenen Serviceleistungen.

Die Unterschiede sind auch in der Priorisierung der Technologien und der gewählten Methoden zur Prozessverbesserung klar erkennbar.

Die sogenannten «Fundamental Business Drivers», welche im Absatz 3.3.1 erläutert werden, dienen dazu, künftig mögliche Entwicklungen in den Unternehmen und im Kontext mittel- und langfristig zu erkennen und strukturieren. Damit können die Szenarien der Arbeitswelt 4.0 in der Schweizer MEM-Branche als Kombinationen von Unternehmens- und Kontext-Szenarien erstellt werden.

Drei Unternehmensgruppen («Weiter-Wie-Bisher», «Kompression», «Expansion») bestehen aus Kombinationen der Varianten der internen FBDs **Integration in Wertschöpfungsprozesse der Kunden, Strategie zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit, Verantwortung der Konnektivität beim Kunden** und später **räumliche Verteilung der MEM-Unternehmen**.

Zwei Szenarien des Kontexts («Einschränkungen», «Offenheit») bestehen aus Kombinationen der Varianten der externen FBDs **demografischer Wandel, Handelsbeziehungen, globales Finanzsystem** und später **Datenhoheit**.

Die drei Unternehmensgruppen werden dann mit den zwei Kontext-Szenarien kombiniert. Abbildung 5 stellt beispielhaft einige der daraus resultierenden Szenarien der Schweizer MEM-Unternehmen als Trichter dar.

Die drei Unternehmensgruppen werden somit ausführlich in zwei unterschiedlichen Dimensionen entlang der Wertschöpfungskette und bezüglich Auswirkungen auf die Arbeitswelt beschrieben:

Dimension 1: Im fünfjährigen Ausblick und im zwanzigjährigen Weitblick (Beschreibung erfolgt in kursiver Schrift).

Dimension 2: Offenheit (z.B. offener Welthandel) oder Einschränkungen (z.B. steigende Handelsbarrieren).

Folgend werden die sechs Szenarien beschrieben und mit Aussagen der Unternehmen illustriert. Ausgehend von den Befragungen werden die für die Unternehmensgruppen relevanten Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung angegeben. D.h. die Umfrageergebnisse «Weiter-Wie-Bisher» werden in Abbildung 6 auf Seite 33, diejenigen von «Kompression» in Abbildung 7 auf Seite 36 und von «Expansion» in Abbildung 8 auf Seite 39 präsentiert.

Die auf die Szenarien basierenden Empfehlungen an sowohl die Unternehmen als auch Swissmem werden in Kapitel 5 abgegeben.

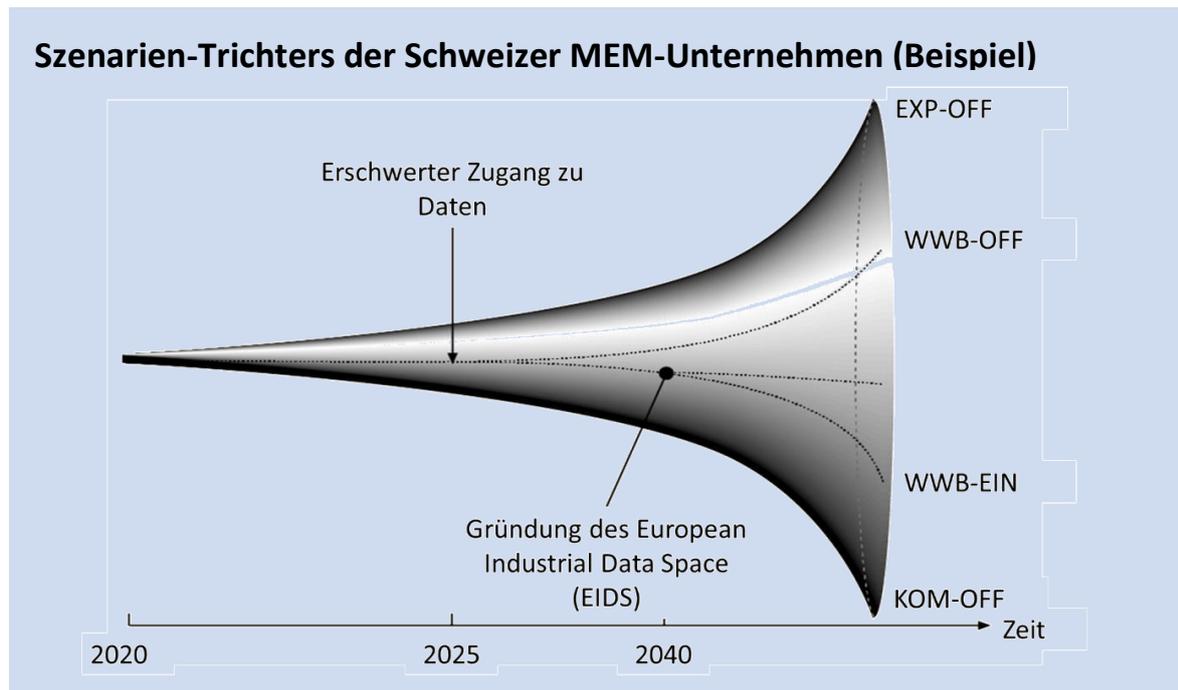


Abbildung 5 Beispielhafte Darstellung des Szenarien-Trichters der Schweizer MEM-Unternehmen (nach Scholz and Tietje (2002), EXP-OFF: «Expansion-Offenheit», KOM-OFF: «Kompression-Offenheit», WWB-EIN: «Weiter-Wie-Bisher-Einschränkungen», WWB-OFF: «Weiter-Wie-Bisher-Offenheit»). Distanzen zwischen einzelnen Szenarien widerspiegeln nicht die realen Unterschiede zwischen ihnen.

3.3.3 Szenario «Weiter-Wie-Bisher»

«Die Digitalisierung fordert einen grösseren Bedarf an Sensorik»

«Sensoren müssen sich von der Messung von Daten hin zur kompletten Auswertung der Daten entwickeln, um Wert im Regelkreis des Kunden als Nische Prozess zu schöpfen»

«Die Maschine kann den Mensch nicht überall ersetzen, z.B. in der Personalabteilung»

«Im Office soll alles komplett digital werden»

«Die Innovationsfähigkeit (bei Technologien) und die Kosten in den Fertigungsprozessen (d.h. Stückkosten) werden Herausforderungen sein»

«Mit der Digitalisierung können Kosten auf Kunden (z.B. Webportal zur Selbstkonfiguration) umgewälzt werden»

«Virtuelle Absatzkanäle, ob intern oder extern, müssen entwickelt werden»

«Bei der digitalen Transformation muss man darauf aufpassen, dass man nicht zu stark inkrementell vorgeht.»

Die Unternehmen der WWB-Gruppe sind erfolgreich in einer Nische unterwegs. Die Nische erlaubt aber diesen Unternehmen nicht, nur bedingt in der **Wertschöpfungskette des Kunden** zu wachsen.

Somit werden keine neuen kundenbezogenen Dienstleistungen entwickelt und eine zentrale Rolle im Rahmen der digitalen horizontalen Vernetzung (d.h. strategischen Allianzen) kommt nicht in Frage.

Daher wird versucht über eine digitale vertikale Vernetzung die Supply Chain bezüglich Effizienz zu optimieren. In diesem Szenario liegt der Fokus eines MEM-Unternehmens weiterhin auf **Kostenführerschaft bei beherrschbarer maximaler Variantenvielfalt**.

Es wird nach einer Losgrösse 1 ohne zusätzlichen Administrationsaufwand angestrebt. Dafür übernimmt der Kunde Teile der Konfiguration z.B. auf einem Webportal. Dies ermöglicht dem WWB-Unternehmen wiederum frühzeitige Absatzprognose und -wahrscheinlichkeitsvorhersage. Im Sinne der Kostensenkung werden bestehende, produktbezogene Dienstleistungen (z.B. Fernwartung) möglichst automatisiert.

Für diese Zwecke u.a. wird **neben dem Produkt und der Produkt-Hardware auch die eigene Produkt-Software** geliefert.

Langfristig kommt es für die WWB-Unternehmen und ihre Wertschöpfungskette nicht darauf an, ob sich die Industriefirmen weiterhin mehrheitlich in **Industriezonen** befinden oder ob sich die Schweizer Raumplanung diesbezüglich grundsätzlich verändert.

Es herrschen Unsicherheiten im zukünftigen Kontext der Schweizer MEM-Branche. Davon sind auch die WWB-Unternehmen betroffen. Zwei konsistente Kontext-Szenarien werden von den Unsicherheiten abgeleitet und die WWB-Gruppe wird neu interpretiert.

Im Kontext-Szenario «Einschränkungen» führen Handelskriege zu kleineren und ineffizienten Wertschöpfungsketten. Weil die WWB-Unternehmen in Nischen unterwegs sind, droht wenig die Gefahr, ausländische Kunden zu verlieren. Dafür wird die Losgrösse 1 weniger attraktiv und günstigere Standardlösungen werden vor allem angeboten. Einzelne Staaten könnten den freien Datenfluss einschränken, was Anwendun-

«Mitarbeiter müssen so schnell anpassbar und flexibel sein, wie sich das Umfeld verändert»

gen wie die integrierte Prozessplanung und –ausführung erschweren würde. Das globale Finanzsystem ist immer noch instabil.

Für die WWB-Unternehmen ist es schwierig, Investitionen für Anwendungen zu tätigen, die keine klar bezifferbaren Effizienzsteigerungen versprechen, beispielsweise beim Ausbau von Webportalen zur Konfiguration durch die Kunden.

Die WWB-Unternehmen sind aufgrund der Zuwanderung qualifizierter Personen aus kriselnden Euroländern kaum mit Fachkräftemangel konfrontiert. Somit kompensiert die Migration die Überalterung der einheimischen Bevölkerung, insbesondere die Pensionierung von wertvollen Mitarbeitern der WWB-Unternehmen.

Langfristig gehört die Datenhoheit zu wenigen Plattformen, die sich in China und den USA befinden. Die Daten, die im Inland z.B. zur Fernwartung fliessen, werden auf diesen Plattformen gespeichert und ausgewertet. Es besteht aber die Gefahr, dass diese Plattformen in einer derart asymmetrischen Beziehung gegenüber den WWB-Unternehmen immer mächtiger werden und diese Unternehmen in die Wertschöpfungskette nach hinten rutschen.

Das Kontext-Szenario «Offenheit» wird durch die Fortführung der Globalisierung geprägt.

Freihandelsabkommen zwischen der Schweiz und Überseeändern machen den Datenverkehr barrierefrei. Gleichzeitig lösen sich die institutionellen Unsicherheiten zwischen der Schweiz und in der EU, was zu noch mehr integrierten Wirtschaftsbeziehungen inkl. Datenaustausch in Europa führt.

Die weitergehende Integration und die entsprechende Marktgrösse fördert die Losgrösse 1. Die WWB-Unternehmen schöpfen durch den freien Datenverkehr das Potential der integrierten Prozessplanung und -ausführung voll aus. Diese zwei Entwicklungen erlauben den WWB-Unternehmen, Ihre Nischenposition zu verstärken.

«Die Robotik hat grosse Auswirkungen auf Arbeitsplätze, dafür reduziert sich das Arbeitsvolumen aufgrund der weltweit zu lösenden Probleme nicht»

Ein stabiles globales Finanzsystem, welche sich auf die reale Wirtschaft richtet, ermöglicht und sogar ermutigt solche Investitionen in die Digitalisierung des produktiven Kapitals.

Dafür herrsch ein akuter Mangel an Fachkräfte, welche durch Überalterung der Bevölkerung sowie die fehlende Zuwanderung qualifizierter Personen aus dem EU-Raum getrieben wird.

In diesem Kontext-Szenario geht man nämlich davon aus, dass sich die Wirtschaftslage in der EU erholt und die Fachkräfte attraktive Stellen in ihren eigenen Ländern finden. Anders gesagt müssen Akteure in mehreren Kreisen (Bildung, Politik,

Wirtschaft) proaktive handeln, um den Konsequenzen der fehlenden Migration in die Schweiz entgegenzuwirken.

Mit der verbesserten Wirtschaftslage in der EU öffnen sich in Europa langfristig neue Kooperationswege. Einer davon ist die Hoheit der industriellen Daten und es wird ein «European Industrial Data Space (EIDS)» gegründet. Das Ziel des EIDS ist, die Interessen der Europäischen MEM-Branchen hinsichtlich Daten- und Algorithmen Eigentum genossenschaftlich zu schützen. Damit sind die WWB-Unternehmen in der Lage, ihre Positionen in der Wertschöpfungskette zu verteidigen und sogar auszubauen.

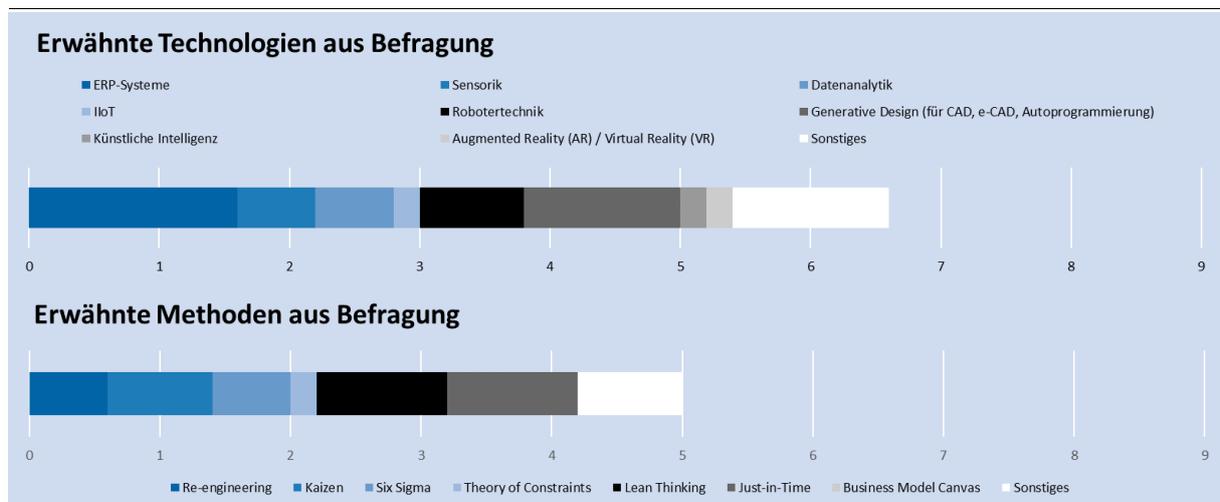


Abbildung 6 Durchschnittlichen Nennungen der Technologien (oben) und Methoden zur Prozessverbesserung (unten) im Unternehmensszenario «Weiter-Wie-Bisher».

3.3.4 Szenario «Kompression»

«Prototypen werden in der Zukunft durch 3D-Drucken mit weniger Zwischenschritten hergestellt»

«Heute fallen Daten überall an, welche benutze ich für mein Produkt, um dann z.B. nicht von Google dominiert zu werden? »

werden»

«Die Kultur wird auch ein Thema sein. Die Mannschaft muss in diesem Wandel "anders" spielen, z.B. weg vom Papier»

«Die IT-Sicherheit wird ein spannendes und Potential-Feld sein. Die Verschmelzung zwischen IT und industrieller Produktion könnte zum Differenzierungsfaktor für die Schweiz werden»

«Das Unternehmen soll den Fokus mehr auf die Systempflege (z.B. Plattform) als die (nun automatische) Projektentwicklung legen: Architekt statt Schrauben. »

«Polymechaniker werden durch Automatiker abgelöst»

«Drei Viertel der Mitarbeiter können die Maschinen von Grund auf bauen»

Im Szenario «Kompression» liegt der Fokus auf abgeschlossener Leistung im Wertschöpfungsprozess des Kunden. Damit die erwünschte Leistung erreicht wird, sind kompressive Unternehmen mit Datenanalytik tätig.

Hingegen ist die Integration in der Wertschöpfungskette des Kunden **schwach** und es werden weder kunden- noch produktbezogene Dienstleistungen offeriert, ausser den klassischen Dienstleistungen der Serviceverträge, z.B. Unterhalt der Produkte und Angebot an Ersatzteilen.

Stattdessen maximieren die kompressiven Unternehmen die Effizienz vor allem im Shop Floor und in der Logistik.

Anwendungen wie die Selbstoptimierung und die selbststeuernde Intralogistik bekommen einen besonders hohen Stellenwert. Die Strategie zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit ist somit die **Kostensenkung**.

Die kompressiven Unternehmen liefern neben dem Produkt auch die Produkt-Hardware sowie die Protokolle, damit die **Konnektivität mit dem Cloud des Kunden ermöglicht wird**.

Hier rechtfertigt sich der Name dieses Unternehmensszenarios.

Nämlich wenn MEM-Unternehmen bei der Konnektivität bleiben und sozusagen verdrahte Maschinen liefern, gehen einerseits Chancen verloren, Wert über Dienstleistungen beim Kunden zu schöpfen oder Effizienzsteigerungen durch Rückkopplungen auf die eigene Fertigung zu verwirklichen.

Andererseits droht die Gefahr, dass Akteure aus der Branche oder Quereinsteiger die Konnektivität übernehmen oder sogar weitere wertschöpfende Prozesse der kompressiven Unternehmen übernehmen.

Denkbar ist beispielsweise, dass die kompressiven Unternehmen das Monopol ihrer Ersatzteile wegen der Fortschritte der additiven Fertigung verlieren.

*Langfristig ergeben sich für die kompressiven Unternehmen kein Vorteil, in Industrie-Service-Clusters mit Dienstleistungsunternehmen zu interagieren. Somit bleiben diese Unternehmen in **Industriezonen**, in denen sie sich schon seit Jahren optimiert haben.*

.....

«Unser Geschäftsmodell könnte auf Commodities zurückgestuft werden: Nur Stahl und Eisen! Amazon hat das Wissen für das System, das Unternehmen liefert nur die verdrahtete Maschine»

«Die Herausforderungen der Kunden werden immer vielfältiger»

«Das Wissen des Kundens (d.h. Maschinenbediener) nimmt ab.»

Die kompressiven Unternehmen werden von Unsicherheiten im zukünftigen Kontext der Schweizer MEM-Branche wahrscheinlich am meisten betroffen. Die Unternehmensgruppe wird aufgrund der zwei konsistenten Kontext-Szenarien neu interpretiert.

Im Kontext-Szenario «Einschränkungen» führen **Handelskriege** über Tarife zu zunehmend geschlossenen Volkswirtschaften. Dies mag die kompressiven Unternehmen vor dem ausländischen Wettbewerb zumindest in den ersten Jahren schützen.

Allerdings können sich MEM-Unternehmen in grösseren Volkswirtschaften (d.h. mit einem hohen Druck zur Kostensenkung) trotz hoher Tarife irgendwann gegen Ihre Schweizer Wettbewerber durchsetzen.

Die Tatsachen, dass sie einen guten Zugang zu Kredit für klar bezifferbare Effizienzsteigerungen, da das **instabile** Finanzsystem vor allem solche kurzfristige Investitionen genehmigt, oder dass sie von der **Migration** aus kriselnden EU-Ländern helfen es nicht.

Langfrist begünstigt die Datenhoheit in **China und USA** den Eintritt von neuen Wettbewerbern in die Schweizer MEM-Branche, was die Position der kompressiven Unternehmen durch Schrumpfung ihrer Wertschöpfungskette weiter schwächt.

Das Kontext-Szenario «Offenheit» wird durch die Fortführung der **Globalisierung** geprägt. Mit dem freien Datenverkehr wird die Position der kompressiven Unternehmen sehr schnell bedroht. Es wird erwartet, dass solche Unternehmen Teile Ihrer Wertschöpfung verlieren.

Fraglich bleibt, welche Prozesse sie retten werden können. Werden sie Produkt-Hardware weiterhin verkaufen können, oder werden sie nur noch einzelne, hochspezialisierte mechanische und elektrische Komponente von Anlagen, Maschinen, Geräten, usw. herstellen dürfen.

Weder ein **stabiles** globales Finanzsystem noch die **Überalterung** der Schweizer Bevölkerung spielen eine Rolle.

Die Einführung des «European Industrial Data Space (EIDS)» kommt für die kompressiven Unternehmen zu spät. Auch der Nutzen des EIDS, d.h. eine Europäische Datenhoheit, wäre für kompressive Unternehmen sowieso begrenzt, da solche Unternehmen relativ wenig auf Daten angewiesen sind.

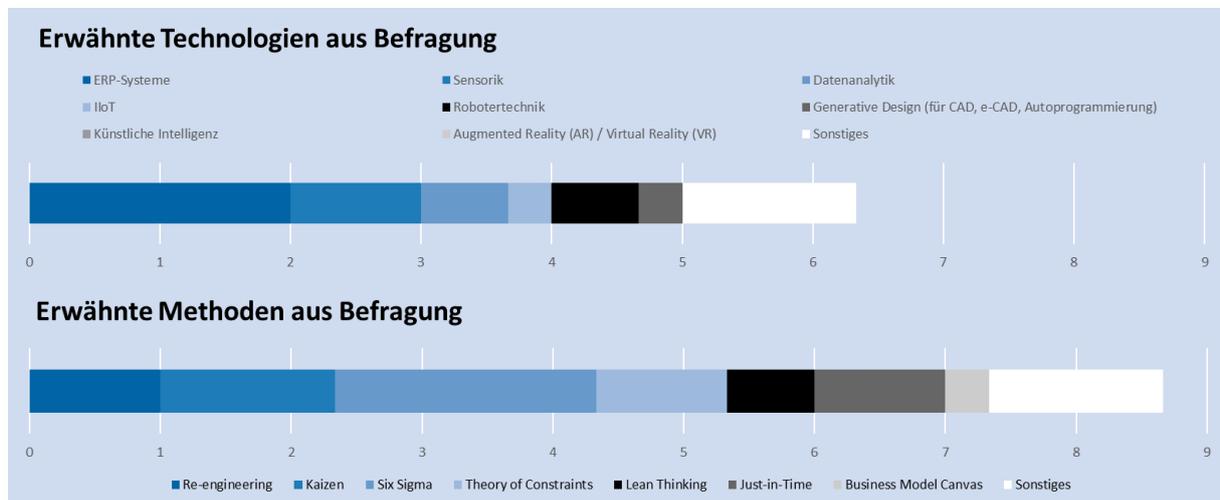


Abbildung 7 Durchschnittlichen Nennungen der Technologien (oben) und Methoden zur Prozessverbesserung (unten) im Szenario «Kompression».

3.3.5 Szenario «Expansion»

«Das Unternehmen muss weiterhin klassischer Maschinenbauer sein (z.B. beim Entwicklungsprozess), aber auch ein Start-up werden (trial & error, prototyping), v.a. beim Management»

«Gestern: Laser Provider, heute: Solution Provider, morgen: Service Provider (mit Pilotkunden)»

«Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist gefragt (Entwicklung schon, bald Produktion und Verkauf). Konkret braucht es weniger Fachspezialisten, mehr Generalisten, die offen für Zusammenarbeit sind. Deshalb stellt das Unternehmen auch Quereinsteiger ein.»

«Mitarbeiter sollten in der Lage sein, aus Sicht der Wirtschaftswissenschaften die neuen Business Cases zu rechnen»

«Vermehrt werden Industrie und Services verschmelzen»

«Das Unternehmen muss Leute aus anderen Sektoren (z.B. ICT) als dem Maschinenbau bekommen, d.h. wertvolle Mitarbeiter, die «out of the box» denken. Das Unternehmen muss lernen, mit solchen Leuten umzugehen und in die Teams zu integrieren»

Im Szenario «Expansion» liegt der Fokus auf umfassender Beherrschung der Wertschöpfungsprozesse der Kunden.

Die eigene Anlage ist Teil eines Prozesses, den man besitzt oder zumindest mehrheitlich kontrolliert. Somit ist man in der Wertschöpfungskette des Kunden **stark** integriert.

In expansiven Unternehmen werden sowohl produkt- wie auch kundenbezogene Dienstleistungen offeriert. Eigentlich werden sogenannte «Product-Service Systems» verkauft, die die Optimierung des Kundengeschäftes als Ganzes anvisieren, ohne Ihre Führerschaft beim Produkt selbst (d.h., Anlage, Maschine, Gerätebau) zu vernachlässigen.

Die expansiven Unternehmen behalten Ihre Produktführerschaft, in dem sie die Endmontage weiterhin in eigenen Händen und meistens in der Schweiz behalten.

Da die Komplexität der Product-Service Systems ein Unternehmen überwältigen kann, schliessen viele expansive Unternehmen strategische Allianzen mit Mitbewerbern oder mit Akteuren ausserhalb der Branche (z.B. Dienstleistungsunternehmen, Fachhochschulen, Universitäten). Dies geschieht konkret über die digitale horizontale Vernetzung.

Die Strategie zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit ist hier die **Erschliessung zusätzlicher Einkommensquellen**.

Die expansiven Unternehmen (und ihre strategischen Partner) liefern nicht nur **«Product Clouds»**, welche die Optimierung der Kundenprozesse überhaupt ermöglichen, sondern sind im Knoten eines breiteren Unternehmensnetzwerk.

Durch diese Position sind sie als Innovationstreiber hoch erfolgreich. Die Steigerung der internen Effizienz, z.B. in der Endmontage, stützt sich primär auf die Analyse der Kundendaten.

*Langfristig profitieren die expansiven Unternehmen von der Möglichkeit, sich in **Industrie-Services-Clusters** zu niederlassen. Die räumliche Nähe fördert die Innovation im Bereich der industriellen Anwendungen der digitalen Technologien.*

Die expansiven Unternehmen werden von Unsicherheiten im zukünftigen Kontext der Schweizer MEM-Branche auch getroffen. Die Unternehmensgruppe wird aufgrund der zwei konsistenten Kontext-Szenarien neu interpretiert.

Im Kontext-Szenario «Einschränkungen» führen **Handelskriege** über Tarife zu zunehmend geschlossenen Volkswirtschaften.

Dies ist für expansive Unternehmen nicht unbedingt problematisch, da sie ihr Einkommen immer mehr von Daten und Algorithmen beziehen. Mehr riskant ist der eingeschränkte Datenfluss, da die expansiven Unternehmen in globalen Daten Netzwerken tätig sind.

Auch kritisch ist das **instabile** Finanzsystem, welches gegenüber Investitionen in kundenbezogene Dienstleistungen und strategische Allianzen skeptisch ist. Dafür können sich die expansiven Unternehmen auf ausländische Fachkräfte, also die **Migration** aus EU-Ländern, verlassen, um die Product-Service Systems zu konzipieren und umzusetzen.

«Potentielle Wettbewerber sind oft unbekannt (z.B. AirBnB, Uber)»

*Langfristig bedroht die Datenhoheit in **China und USA** den expansiven Unternehmen, die z.B. keine eigene Cloud-Lösung entwickelt haben, in ihrem Kerngeschäft.*

Das Kontext-Szenario «Offenheit» wird durch die Fortführung der **Globalisierung** geprägt.

Mit dem freien Datenverkehr können die expansiven Unternehmen weiter wachsen durch die Erschliessung neuer Märkte und die Entwicklung von immer datenintensiveren Product-Service Systems.

Das **stabile** Finanzsystem ermöglicht Investitionen in produktives Kapital, auch wenn diese, wie die strategische Allianzen, riskant sind.

«Zum Umgang mit Fachkräftemangel könnte man eine andere Art der Rekrutierung entwickeln (z.B. mit Stories)»

Sehr problematisch hingegen ist der Fachkräftemangel, mit denen die expansiven Unternehmen konfrontiert sein werden.

«Nur Assistenzsysteme können die folgenden Probleme beheben: das demografische Problem (durch Automation) und das Know-how-Problem (d.h. Ausbildungsniveau, mangelndes Know-how, immer komplexere Probleme)»

Für die angestrebten Innovationen sind ganz besondere Kombinationen von Fähigkeiten (d.h. Software-Ingenieure, Automatisierer, Big Data-Experte, usw.) notwendig.

Hier wird die **Überalterung** eine erhebliche Bremse sein, falls nichts Proaktives unternommen wird.

Die Einführung des **«European Industrial Data Space (EIDS)»** wird langfristig für die expansiven Schweizer Unternehmen matchentscheidend sein. Vertrauen in hochwertige Daten, Transparenz, Cybersicherheit, zuverlässige Algorithmen usw. sollen durch das EIDS sichergestellt werden.

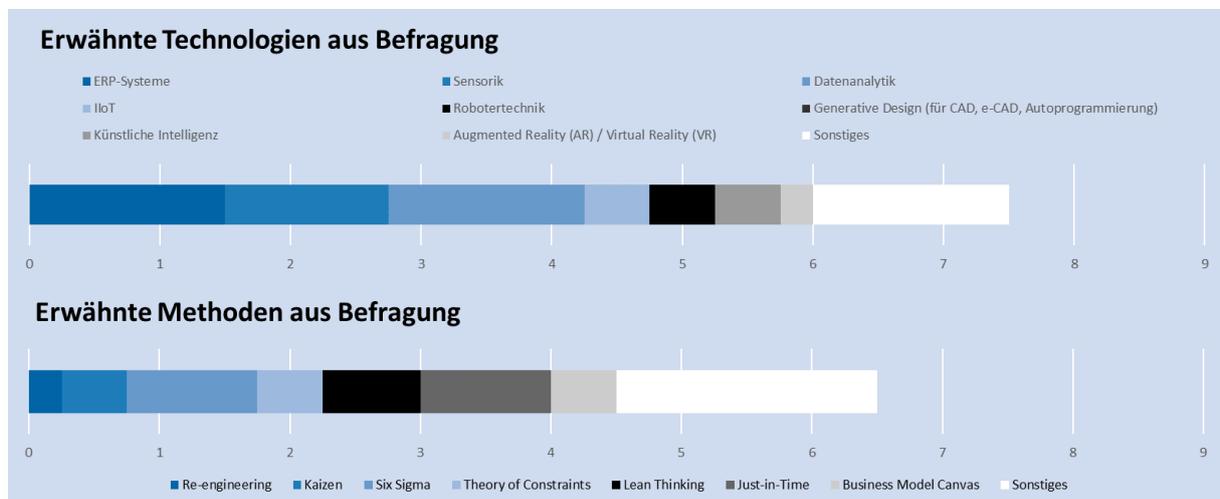


Abbildung 8 Durchschnittlichen Nennungen der Technologien (oben) und Methoden zur Prozessverbesserung (unten) im Szenario «Expansion».

4 Diskussion

4.1 Technologien und Methoden pro Unternehmensgruppe

Beim zwanzigjährigem Rückblick wurde gefragt welche Technologien und Methoden zur Prozessverbesserung die Umsetzung der Anwendungen unterstützt haben. Abbildung 9 zeigt die durchschnittlichen Nennungen der Technologien und Methoden in jeder Unternehmensgruppe.

Die expansiven Unternehmen nennen durchschnittlich mehr Technologien als die kompressiven Unternehmen. Die ersten brauchen auch mehr Datenanalytik, welche z.B. für kundenbezogene Dienstleistungen im Einsatz kommt. Generative Design ist (noch) kein Thema für expansive Unternehmen.

Dafür verlassen sich kompressive Unternehmen primär auf ERP-Systeme und steigern damit intern die Effizienz. Bei diesen Unternehmen werden weder künstliche Intelligenz noch Augmented Reality (AR)/Virtual Reality (VR) eingesetzt. In WWB-Unternehmen ist Generative Design für die Verwirklichung der Losgrösse 1 von grossem Nutzen.

Die kompressiven Unternehmen nutzen durchschnittlich mehr Methoden zur Prozessverbesserungen und wenden intern orientierte Methoden (z.B. Six Sigma) an. Bei expansiven Unternehmen werden oft sonstige Methoden angewandt, welche kreatives Denken mit Kunden oder Partner fördern (z.B. Design Thinking).

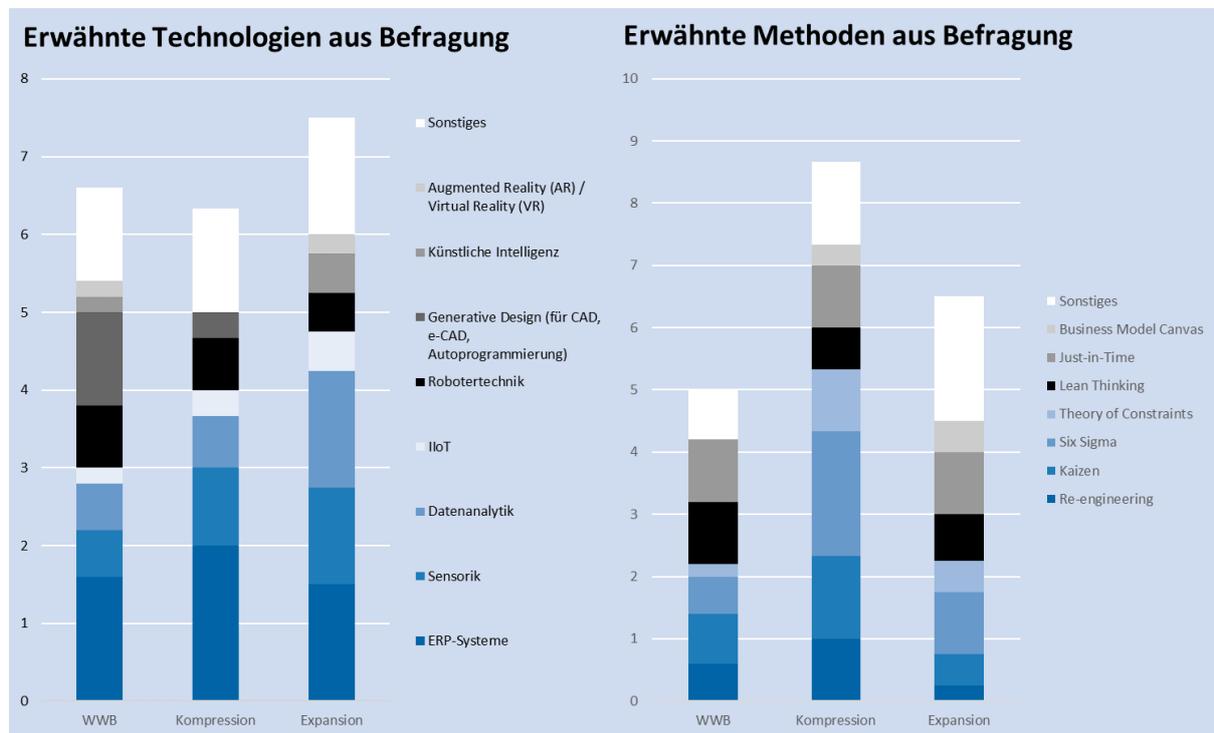


Abbildung 9 Durchschnittlichen Nennungen der Technologien (links) und Methoden zur Prozessverbesserung (rechts) in jedem Unternehmensszenario.

4.2 Vergleich mit Schweizer und internationalen Studien zur Arbeitswelt 4.0

In den letzten Monaten und Jahren wurden in der Schweiz und anderswo zahlreiche Studien rund um die künftige Arbeitswelt im Kontext des digitalen Wandels vor allem von Beratungsunternehmen herausgegeben. In den folgenden Absätzen werden die Erkenntnisse dieser Studie bzgl. der MEM-Branche oder allgemeiner Erkenntnisse, die auch für die MEM-Branche gelten, mit den Resultaten der vorliegenden Studie verglichen.

4.2.1 The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution (WEF, 2016)

Im WEF-Bericht werden weder die Schweiz in den Country Profiles noch die MEM-Branche in den Industry Profiles analysiert. Allerdings wird die Verteilung der Fähigkeiten von Maschinenbauingenieuren nach Industriebereichen in einer Matrix gezeigt (Box 1, S. 25). Für gewisse Bereiche wie «Öl und Energie», «Chemie», «Bau» und «Rüstung» sind es wenige Fähigkeiten, die für den Maschinenbauingenieur relevant sind. Hingegen gibt es bei «Maschinen», «Automobilindustrie» und «Elektronik», also bei der MEM-Branche, kein klares Muster. Fähigkeiten in CAD, Metallverarbeitung, Systems Engineering oder Produktdesign sind ähnlich relevant. Diese Vielfältigkeit bestätigt, wenn auch nur für eine berufliche Laufbahn, wie wichtig die Interdisziplinarität in der MEM-Branche in naher Zukunft sein wird.

4.2.2 Transformation der Schweizer Wirtschaft (Brandes and Zobrist, 2016)

Gemäss der Deloitte-Studie ist die Schweizer Lagerwirtschaft von der Automatisierung stark betroffen. Allgemein werden im verarbeitenden Gewerbe Industrieroboter und 3D-Drucker immer wichtigere Technologien.

Über eng definierte Effizienzsteigerungen hinaus ermöglicht die Automatisierung eine Verbesserung der Interaktionen mit Kunden und Lieferanten. Solche Verbesserung nahmen in der vorliegenden Studie die Form der automatischen Erstellung von Offerten sowie die kundenbezogenen Dienstleistungen. Zudem wird Automatisierung in der Deloitte-Studie als Alternative zum Outsourcing bzw. Offshoring vorgestellt.

Deloitte empfiehlt Unternehmen die Einschätzung von verfügbaren Technologien und eine schrittweise Umsetzung. In den Befragungen der vorliegenden Studie wurde auch klar, dass die Umsetzung der Anwendungen meistens mehr als fünf Jahre braucht oder ein kontinuierlicher Prozess ist. Bei den Schweizer MEM-Unternehmen selbst nennt die Deloitte-Studie die Reaktion auf die Frankenstärke als Hauptgrund für Automatisierungen und Effizienzsteigerungen. In der vorliegenden ZHAW-Studie, mit der Untersuchung von 12 Anwendungen der Digitalisierung in der MEM-Branche, sind die Auslöser vielfältiger.

Die Bedienung der Maschinen wird immer anspruchsvoller, was höhere Qualifikationen als zuvor erfordert. Die Deloitte-Studie enthält ein Modell zur Identifikation des Automatisierungspotenzial entlang der Wertschöpfungskette. Da es sich ums Automatisierungspotential handelt, ist das Modell mit Ausnahme des «Integrated Business Planning» technologiedominiert.

4.2.3 Die Entwicklung der Kompetenzerfordernisse auf dem Arbeitsmarkt im Zuge der Digitalisierung (Aeppli et al., 2017)

Das Ziel der SECO-Studie war, die Veränderungen der Kompetenzerfordernisse auf dem schweizerischen Arbeitsmarkt im Zuge der Digitalisierung in den letzten zehn Jahren empirisch zu untersuchen.

Die SECO-Studie gliedert sich in vier Teile: (i) eine Literaturanalyse der Auswirkungen der Digitalisierung, (ii) eine statistische Analyse der Veränderungen bei Berufen, Tätigkeiten und Qualifikationen von 2006 bis 2015, (iii) Experteninterviews und (iv) Expertenworkshops zu fünf Berufsbildern.

Die Literaturanalyse zeigte, dass für Industriebetriebe kaum Aussagen über generelle Trends bei den Kompetenzanforderungen möglich sind. Letztere hängen schlussendlich von der Vision von Industrie 4.0 im individuellen Betrieb. Diese Beobachtung rechtfertigt den Szenarien-Ansatz zur Analyse der künftigen MEM-Branche. Aus den Experteninterviews wurde klar, dass die Digitalisierung, Globalisierung und demografische Alterung wichtigste Trends bezüglich Kompetenzanforderungen sind.

Zur Branche Produktion und Logistik betonten die befragten Experten den Einsatz der Roboter, z.B. bei der Zustellung einer Komponente aus dem Lager. Diese Aussagen sind vielleicht auf den Rahmen der SECO-Studie zurückzuführen, welcher stark auf der Unterscheidung zwischen Routine- und Nicht-Routinetätigkeiten beruht.

Schlussendlich denken viele befragten Experten einig, dass vernetztes Denken bzw. Interdisziplinarität als Kompetenz im Zusammenhang der Industrie 4.0 an Bedeutung gewinnen.

4.2.4 Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation (Manyika et al., 2017)

Die erste McKinsey-Studie beinhaltet die Erstellung von Szenarien der Digitalisierung auf makroökonomischer Ebene. Die zwei Variablen der Szenarien sind die bis 2030 durch Automatisierung vernichteten Arbeitsplätze und die dank den neuen Technologien geschaffenen Arbeitsplätze.

Drei Szenarien pro Variable und Land (46 Länder, darunter USA, Deutschland, Japan, China, India, Mexiko) werden erstellt, welche verlorenen und geschaffenen Arbeitsplätzen entsprechen. Die Szenarien der Automatisierung sind «Latest adoption scenario», «Midpoint adoption scenario» und «Earliest adoption scenario». Die Szenarien der geschaffenen Arbeitsplätze sind «Trendline scenario», «Step-up scenario» und «New occupations and unsized labor demand». Ein grosses Potential für Automation besteht im Maschinenbetrieb. Gleichzeitig könnte der Maschinenbetrieb in Zukunft wichtig werden, falls grosse Investitionen in Bau und Infrastruktur getätigt werden. Dies wäre sicherlich der Fall im Kontext-Szenario «Offenheit». Allerdings sehen die Studienautoren Netto-Verluste von Arbeitsplätzen in hochentwickelten Volkswirtschaften im Bereich Maschineninstallation und Reparatur.

4.2.5 The Future of Work: Switzerland Digital Opportunity (Bughin et al., 2018)

Die zweite McKinsey-Studie erwartet grosse Verlagerungen von Arbeitsstellen in der verarbeitenden Industrie. Neue Arbeitsplätze werden eher in den Gesundheitswesen sowie technische und fachliche Dienstleistungen. Die Studienautoren empfehlen den Unternehmen, Ihre Geschäftsmodelle neu zu gestalten und über Effizienzsteigerung mittels Digitalisierung hinauszugehen, das was die expansiven Unternehmen schon machen oder in Nahzukunft machen werden. Die Technologien bzw. Anwendung, welche die verarbeitende Industrie am meisten betreffen werden, sind gemäss McKinsey fortgeschrittene Robotik, digitalisiertes Qualitäts-Management, fortgeschrittene Analytik und Losgrösse 1.

Die genannten Technologien decken die Breite der Unternehmensszenarien, welche in der vorliegenden Studie erstellt wurden. Die Studienautoren untersuchen vertieft drei Branchen der verarbeitenden Industrie, darunter auch die MEM-Branche. Die grössten Chancen lägen dabei in der additiven Fertigung zur Kostensenkung sowie in der Entwicklung und Vermarktung der Automatisierungseinrichtungen. In anderen Worten ist die additive Fertigung ein interessanter Weg zur Kostensenkung für WWB- und kompressive Unternehmen, während expansive Unternehmen ihr neues Know-How im Bereich kundenbezogene Dienstleistungen in anderen Sektoren verkaufen sollten.

4.2.6 World Development Report 2019: The Changing Nature of Work (World Bank, 2019)

Der World Development Report 2019 (WDR-Bericht) thematisiert die Automation und den Verlust an Arbeitsstellen. Er anerkennt die zunehmende Macht weniger Akteure durch den Besitz von Plattform-Technologien und den damit verbundenen Einkommen.

Die WDR-Berichtverfasser stellen fest, dass Länder mit einem hohen Einsatz von industriellen Robotern, welche in der vorliegenden Studie kaum thematisiert werden, eine tiefe Arbeitslosigkeit aufzeigen.

In der Schweizer MEM-Branche scheint es eher eine Synergie zwischen Automation und allgemein neuen Arbeitstätigkeiten geben (z.B. Remote Servicing, Condition Monitoring mittels Ersatzgrössen, Aufbau von neuen Vertriebskanälen in neuen Märkten).

Gemäss WDR-Bericht wird die Entwicklung der digitalen Technologien, insbesondere ihre Massschneidung auf Bedürfnisse der MEM-Branche auch Arbeitsstellen schaffen, sei es extern über Auslagerung oder intern über neue oder umgeschulte Mitarbeiter. Interessanterweise haben die befragten MEM-Unternehmen die von der Automation getriebene Reindustrialisierung kaum angesprochen.

Der Bericht betont ferner die Rolle der Interdisziplinarität als Treiber der Wertschöpfung. Mitarbeiter, die mehrere Typen von Fähigkeiten kombinieren, sind hoch wertvoll. Dies ist zumindest bei expansiven Unternehmen klar. Eine Erkenntnis des WDR-Berichts ist, dass sowohl kognitive wie auch physische Arbeitstätigkeiten automatisierbar sind, solange sie kodierbar sind.

4.2.7 Fazit

Die meisten Studien (oder zumindest die veröffentlichten Ergebnisse) bleiben auf makro- oder mesowirtschaftlicher Ebene, um Rückschlüsse auf Arbeitstätigkeiten und Kompetenzanforderungen zu ziehen. Keine davon analysiert eine Branche in Detail.

Somit liefern die begutachteten Studien kaum Rückschlüsse über die MEM-Branche, welche sehr vielfältig ist. Dies rechtfertigt den Ansatz der vorliegenden Studie und die Segmentierung der MEM-Branche in drei Unternehmensgruppen, welche dann massgeschneiderte Lösungen ermöglichen sollen. Zudem sind die begutachteten Studien technologie- statt anwendungsorientiert mit Fokus auf 3D-Druck und Industrieroboter, was der Realität kaum entspricht. Die gleiche Technologie kann aber in unterschiedlichsten Anwendungen in Einsatz kommen und dazu braucht es noch meistens Methoden zur Prozessverbesserung. Die Anwendungen und die damit verbundenen Technologien und Methoden bestimmen die Arbeitstätigkeiten.

Die Studien fokussieren eher auf einzelne Trends und nicht Szenarien. Eine Szenarien-Analyse dient aber dazu, die Wechselwirkungen zwischen den Trends zu verstehen und in mögliche Zukunftsbilder zu übersetzen. Der Mangel an hochqualifizierten Fachkräften wird in einigen der begutachteten Studien thematisiert und sogar quantifiziert, jedoch wird die Tatsache, dass grosse Unternehmen wie Google in Zürich die meisten Absolventen der Schweizer Hochschulen aufnehmen, in den Studien nicht identifiziert.

5 Erkenntnisse und Empfehlungen für die Arbeitswelt 4.0

Wie im Bericht geschrieben, sind die drei identifizierten Unternehmensgruppen (Weiter-Wie-Bisher, Kompression und Expansion) mit unterschiedlichen Herausforderungen konfrontiert und somit haben sie unterschiedliche Prioritäten in der Einführung von Technologien und Methoden in den unterschiedlichen Anwendungen der Industrie 4.0.

Diese Studie zeigt, dass die expansiven Unternehmen in beiden Szenarien die grössten Chancen haben. Somit stellen sie ein Vorbild für die Schweizer Geräte-, Maschinen- und Anlagenbauindustrie dar. Somit können sehr konkrete Erkenntnisse und Empfehlungen abgegeben werden.

Die expansiven Unternehmen sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Starker Fokus auf Services und erweiterte Dienstleistungen
- Ausgeprägter Fokus auf die Technologien IIoT, Datenanalytik und künstliche Intelligenz
- Direkte Einbindung in die Wertschöpfungskette der Kunden und Realisierung von Aufgaben, die entweder nicht mehr zu deren Kerngebieten gehören, oder Mehrwert durch datengetriebene Dienstleistungen bieten
- Bisherige Schlüsseltechnologien spielen weiterhin eine tragende Rolle
- Prozessverbesserungsmethoden wie Kaizen oder Six Sigma spielen eine eher untergeordnete Rolle

Für die Arbeitstätigkeiten entlang der Wertschöpfungskette bedeuten die oben erwähnten Erkenntnisse, dass sich die Schwerpunkte in der Wertschöpfungskette nach «rechts» Richtung Kunde verschieben. Die Prozesse werden datenintensiver und generieren Mehrwert in Form von neuen Dienstleistungen und kundenindividuellen Lösungen.

Gleichzeitig haben die daraus entstehenden datengetriebenen Rückkopplungsschleifen einen zusätzlichen positiven Einfluss auf die eher «links», Richtung Beschaffung, Entwicklung und Fertigung positionierten Teile der Wertschöpfungskette. Die Rückkopplungsschleifen führen zu früheren Produktoptimierungen, schnellerer Produktentwicklung und letztlich generell zur Effizienzsteigerung.

Damit entstehen drei wesentliche Herausforderungen für eine erfolgreiche Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfungskette:

- 1) Die Schaffung von Grundlagen für die Umsetzung von Arbeitswelt 4.0
- 2) Die Stärkung und Bildung der Fachkompetenzen der Mitarbeiter
- 3) Die Denkweise der Unternehmensführung

Bevor neue Technologien und Methoden einen Nutzen stiften können, müssen die internen Strukturen geschaffen und die Möglichkeiten der bestehenden Betriebssoftwaresysteme und Entwicklungsplattformen wie z.B. ERP- und MES-Systeme ausgeschöpft werden.

Dazu sind die folgenden fünf Voraussetzungen für die Arbeitswelt 4.0 entlang der Wertschöpfungskette zu schaffen:

- 1) Realisierung einer grundlegenden, modularen Produktstruktur
- 2) Festlegung einer klaren und eindeutigen Datenstruktur
- 3) Digitalisierung von bestehendem (unstrukturiertem) Unternehmenswissen (z.B. Erfahrung der Servicemitarbeiter)
- 4) Digitalisierung von laufend erzeugtem Wissen (Messwerte, Kundenanfragen, Webnutzung, usw.)

-
- 5) Festlegung von Datenschnittstellen zur Vernetzung von internen Systemen und zur Anbindung an externe Systeme und Plattformen

Für die horizontale und vertikale Vernetzung entlang der ganzen Wertschöpfungskette muss dazu das erforderliche Datenwissen ausgebaut werden.

Für diesen Zweck sind oft neue Kompetenzen gefragt, vor allem die Disziplinen:

- Dateningenieur
- Datenanalyst
- Softwareentwickler
- Datensicherheitsspezialist

Für die Unternehmen bestehen die vier folgenden Möglichkeiten zur Erschliessung dieser Kompetenzen; diese werden nachfolgend kurz kommentiert:

- 1) Rekrutierung von Mitarbeitern mit den entsprechenden Fähigkeiten
- 2) «Outsourcing» der Aufgaben an entsprechende Dienstleister
- 3) Weiterbildung der eigenen Mitarbeiter in den relevanten Kompetenzfeldern
- 4) Kooperation und Vernetzung zur gemeinsamen Erschliessung der Kompetenzen

Die Rekrutierung dieser Fachspezialisten für die Schweizer MEM-Branche scheint heute nicht einfach zu sein. Die Realität zeigt aber, dass die befragten Unternehmen schon heute Schwierigkeiten haben, diese Spezialisten zu rekrutieren. Erstens, weil die internationale Nachfrage höher ist als das Angebot, zweitens, weil viele MEM-Unternehmen im direkten Wettbewerb zu den «attraktiveren» Unternehmen wie Google, Swisscom und den Unternehmen des Schweizer Finanzplatzes stehen.

Das naheliegende «Outsourcing» dieser Kernkompetenzen an externe Dienstleister muss aber sehr genau evaluiert werden. Insbesondere muss das Risiko des Wissensverlusts sorgfältig beurteilt werden.

Alternativen dazu sind die Weiterbildung eigener, interner Mitarbeiter in spezifischen Kernbereichen oder die Realisierung von Lösungen in der Form von Netzwerkkooperationen. Obwohl auch nicht ohne Risiko, hat eine Netzwerkkooperation mit anderen MEM-Unternehmen den Vorteil, dass die notwendigen Ressourcen gebündelt und geteilt werden können.

Die Befragung ergibt klare Tendenzen Richtung Automatisierung in den Prozessen der Verwaltung, wie Verzollung, Spedition und Zahlungsverkehr.

Ähnlich werden mehr funktionsübergreifende Verständnisse verlangt, dies widerspiegelt sich in den beispielhaften Aussagen «vom Polymechaniker zum Automatiker», oder «vom Kaufmann zum Kundenmanager».

Dies hat zur Folge, dass Mitarbeiter entweder neu eingestellt, umgeschult oder entlassen werden müssen.

Für Swissmem wird diesbezüglich folgendes empfohlen:

- 1) Strukturierte Erfahrungsaustausch unter den Unternehmen mit entsprechenden Nachfassung und Massnahmen organisieren
- 2) Weiterbildung in «Ausschöpfung» ERP/MES Systeme, analog zu VDE in Deutschland zu offerieren
- 3) Engere Zusammenarbeit mit den Fachhochschulen und Universitäten für interdisziplinäre «case studies», ähnlich wie MIT Operations-Research Center in USA
- 4) Plattform für Netzwerkkoperationen anbieten
- 5) Die Opportunitäten für Generation Y in der MEM-Industrie bekannter und damit attraktiver machen (bis jetzt sehr männlich und ingenieurlastig)

Betreffend das Thema Datenhoheit wird Swissmem empfohlen die Zusammenarbeit mit anderen Europäischen Industrieverbänden für die Entwicklung des EIDS zu suchen.

Obwohl die Bewertung der Technologien und ihre Anwendungen ausserhalb der Rahmen für diese Studie liegt, wird Swissmem empfohlen, dass die Unternehmen zu beraten für welche Zwecke welche Technologien in welche Bereichen profitabel einsetzbar sind.

Aufbauend auf die in der Studie skizzierte fünf bis 20 Jahre Szenarien wird Swissmem empfohlen die Führung der MEM-Unternehmen mit einer Studie über die Konsequenzen der Szenarien auf Führung, Organisation und ferner auf HR Management, Rekrutierung, Weiterbildung und neue Bildungssysteme zu unterstützen.

Winterthur, 11. Januar 2019

Tabelle 4 Empfehlungen an Swissmem und Schweizer MEM-Unternehmen

Die *kursive Schrift* bezeichnet den zwanzigjährigen Zeithorizont, d.h. 2040.

	Swissmem		MEM-Unternehmen	
	Offenheit	Einschränkungen	Offenheit	Einschränkungen
Weiter- Wie-Bis- her	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbildung in der Datenanalytik fördern • Interdisziplinarität fördern • Möglichkeit einer Zusammenarbeit mit anderen Europäischen Industrieverbänden für die Entwicklung des EIDS prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kreditfragen bei der «Industrie 2025» vertieft angehen 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstoptimierungsverständnis fördern • Interne Ausbildung verstärken • Wissen der Servicemitarbeiter im Alter 40 und 50 digitalisieren • Datenanalyse beherrschen 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstoptimierungsverständnis fördern • Frühzeitig Kreditmöglichkeiten identifizieren • Datenanalyse beherrschen
Kom- pression	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbildung in der additiven Fertigung und Composite Materials fördern 	<ul style="list-style-type: none"> • Kreditfragen bei der «Industrie 2025» vertieft angehen 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstoptimierungsverständnis fördern • Interne Ausbildung verstärken • Wissen der Servicemitarbeiter im Alter 40 und 50 digitalisieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstoptimierungsverständnis fördern • Frühzeitig Kreditmöglichkeiten identifizieren • Wege von der Kompression zur Expansion untersuchen und prüfen
Expans- ion	<ul style="list-style-type: none"> • Praktika und Austausch im Ausland fördern (z.B. über IAESTE) • Ausbildung in Datenplattformen fördern • Interdisziplinarität fördern • Möglichkeit einer Zusammenarbeit mit anderen Europäischen Industrieverbänden für die Entwicklung des EIDS prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfolgreiche Business Cases für neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle veröffentlichen 	<ul style="list-style-type: none"> • Querdenker aus anderen Sektoren rekrutieren • <i>Industrie-Services-Clusters prüfen</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Business Cases für neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle anhand von Szenarien durchrechnen • <i>Industrie-Services-Clusters prüfen</i>

Literatur

Aeppli, M., Angst, V., Iten, R., Kaiser, H., Lüthi, I., Schweri, J., 2017. Die Entwicklung der Kompetenzanforderungen auf dem Arbeitsmarkt im Zuge der Digitalisierung. SECO Publikation Arbeitsmarktpolitik No 47. Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), Zollikofen/Zürich.

Baines, T.S., Lightfoot, H.W., Benedettini, O., Kay, J.M., 2009. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management* 20, 547-567.

BFS, 2015. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015–2045. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.

BMWi, 2014. Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.

Brandes, D., Zobrist, L., 2016. Transformation der Schweizer Wirtschaft. Die Auswirkungen der Automatisierung auf Beschäftigung und Branchen. Deloitte, Zürich.

Bughin, J., Ziegler, M., Mischke, J., Wenger, F., Reich, A., Läubli, D., Sen, M., Schmidt, M., 2018. The future of work: Switzerland's digital opportunity. McKinsey Global Institute (MGI), Zurich/Geneva.

Deka, G.C., 2016. Big data predictive and prescriptive analytics, *Big Data: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. IGI Global, pp. 30-55.

EIU, 2018. Creative disruption: Asia's winners in the US-China trade war. The Economist Intelligence Unit (EIU), London.

Gellynck, X., Kühne, B., 2010. Horizontal and vertical networks for innovation in the traditional food sector. *International Journal on Food System Dynamics* 1, 123-132.

Jain, S., Fong Choong, N., Maung Aye, K., Luo, M., 2001. Virtual factory: an integrated approach to manufacturing systems modeling. *International Journal of Operations & Production Management* 21, 594-608.

Leitão, P., Restivo, F., 2006. ADACOR: A holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control. *Computers in Industry* 57, 121-130.

Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R., Sanghvi, S., 2017. Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey Global Institute (MGI), Brussels/San Francisco/Shanghai.

Martelli, A., 2014. From Scenario Building to Scenario Planning: Intuitive Logic and Trend Impact Analysis, *Models of Scenario Building and Planning: Facing Uncertainty and Complexity*. Palgrave Macmillan UK, London, pp. 124-156.

Moon, C., Lee, Y.H., Jeong, C.S., Yun, Y., 2008. Integrated process planning and scheduling in a supply chain. *Computers & Industrial Engineering* 54, 1048-1061.

Rao, B., 1996. *Handbook of condition monitoring*. Elsevier, Oxford.

Sauter, R., Bode, M., Kittelberger, D., 2015. Wie Industrie 4.0 die Steuerung der Wertschöpfung verändert. White Paper. Horvath Partners, Stuttgart (DE).

Scholz, R.W., Tietje, O., 2002. Embedded case study methods: Integrating quantitative and qualitative knowledge. Sage, Thousand Oaks, London.

Sterritt, R., 2005. Autonomic computing. Innovations in Systems and Software Engineering 1, 79-88.

Stiglitz, J.E., 2010. The Stiglitz Report: Reforming the international monetary and financial systems in the wake of the global crisis. The New Press, New York, NY.

Swilling, M., Anneck, E., 2010. Just transitions: Explorations of sustainability in an unfair world. United Nations University Press, Tokyo.

The Economist, 2018, 3. Mai. Where will the next crisis occur? The Economist Newspaper Limited, London.

WEF, 2016. The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum (WEF), Geneva.

World Bank, 2019. World Development Report 2019: The Changing Nature of Work. World Bank, Washington, DC.

Anhang 1

Tabelle A 1 Anwendungen der Digitalisierung in der verarbeitenden Industrie

Agile Fertigungssteuerung	Agile Fertigungssteuerungssysteme zeichnen sich durch Autonomie und Intelligenz aus, erreichen eine agile und schnelle Anpassung an Umgebungsänderungen, sind auf das Auftreten von Störungen vorbereitet und ermöglichen die einfache Integration von Fertigungsressourcen und Altsystemen (Leitão and Restivo, 2006).
Condition Monitoring	Das Konzept des Condition Monitoring besteht darin, einen messbaren Parameter an den Maschinen auszuwählen, der sich mit der Verschlechterung des Zustands einer Maschine oder eines anderen Produktionsgutes ändert. Wir überwachen diesen Parameter dann regelmässig und suchen nach dieser Änderung. Sobald eine Änderung festgestellt wird, können wir eine genauere Analyse der Messungen vornehmen, um festzustellen, was das Problem ist, und so zu einer Diagnose des Problems gelangen (Rao, 1996).
Digitale Prozessabbildung / Virtuelle Fabrik (synonym: Virtuelle Repräsentation)	In dieser Umfrage wird die virtuelle Fabrik als Prüfstand (Test Bed) für eine reale Fabrik verstanden. Eine virtuelle Fabrik ist ein integriertes Simulationsmodell der wichtigsten Subsysteme in einer Fabrik, das die Fabrik als Ganzes betrachtet und eine erweiterte Entscheidungsunterstützung bietet. Es ermöglicht die Nachahmung des realen Betriebs der Fabrik. Die virtuelle Fabrik wird als integriertes Modell vorgeschlagen, wobei ihre Submodelle die wichtigsten Subsysteme in der Fabrik repräsentieren (z.B. das Fertigungsmodell, das Geschäftsprozessmodell, das Kommunikationsnetzmodell) (Jain et al., 2001).
Integrierte Prozessplanung und –ausführung (Synonym: Integrierte Dispositive Prozesse)	Der Fertigungsprozess für einen Kundenauftrag besteht aus verschiedenen Prozessen zur Umwandlung von Rohstoffen oder Halbfabrikaten oder Montageteilen in Fertigprodukte. Die Menge der Prozesse kann durch die Prioritätsbeziehungen eingeschränkt werden. Diese Beziehungen werden durch die technologischen Anforderungen an das Produkt bestimmt. Die Prozessplanung beinhaltet die Festlegung von Vorgängen und deren Abläufen unter Berücksichtigung von Vorrangbeziehungen und alternativen Ressourcen zur effektiven Erstellung eines Kundenauftrags. Die Planung beinhaltet die zeitliche Zuordnung von Ressourcen, um eine Reihe von Aufträgen zu produzieren. Integrierte dispositive Prozesse bestehen darin, optimale Zeitpläne mit Prozessplänen unter Berücksichtigung der Vorrangsbeziehungen zwischen Vorgängen, Verarbeitungszeit und der Verfügung alternativer Ressourcen zu ermitteln (Moon et al., 2008).
Predictive/Prescriptive Analytics	<p>Predictive Analytics besteht darin, Vorhersagen auf der Grundlage entdeckter und erkannter Muster in Datensätzen zu treffen. Predictive Analytics entwickelt Profile, entdeckt die Faktoren, die zu bestimmten Ergebnissen führen und prognostiziert dementsprechend die wahrscheinlichsten Ergebnisse mit einem gewissen Vertrauen in die Vorhersagen. Predictive Analytics zielt darauf ab, die Leistung eines Systems mit Hilfe von intelligenten Technologien zu optimieren, um die Beziehungen und Muster innerhalb grosser Datenmengen aufzudecken und zukünftige Ereignisse vorherzusagen, d.h. was wahrscheinlich passieren wird.</p> <p>Prescriptive Analytics konzentriert sich nicht nur auf Warum, Wie, Wann und Was, sondern empfiehlt auch, wie man handelt, um die Umstände zu nutzen. Merkmale der Prescriptive Analytics sind (i) die Bewertung und Festlegung neuer Betriebsweisen und (ii) die Festlegung von Unternehmenszielen und das Ausbalancieren aller Einschränkungen (Deka, 2016).</p>

Qualitäts-Selbstkontrolle	<p>Die Qualitäts-Selbstkontrolle durchläuft die folgenden Schritte: 1. Ein Sensor wird "eingesteckt", um die tatsächliche Qualität des Kontrollobjekts - des betreffenden Produkts oder Prozessmerkmals - zu bewerten. Die Leistung kann direkt durch Bewertung des Prozessmerkmals oder indirekt durch Bewertung des Produktmerkmals bestimmt werden. 2. Der Sensor meldet die Leistung an einen Schiedsrichter. 3. Der Schiedsrichter erhält auch Informationen, die das Qualitätsziel oder die Norm identifizieren. 4. Der Schiedsrichter vergleicht die tatsächliche Leistung mit dem Standard. Wenn die Differenz zu gross ist, versorgt der Schiedsrichter ein Stellglied mit Strom. 5. Das Stellglied stimuliert den Prozess, ob menschlich oder technologisch, der die Leistung verändert und die Qualität mit den Zielen in Einklang bringt. 6. Der Prozess reagiert mit der Wiederherstellung der Konformität. Die Kontrolle kann durch Maschinen wie programmierbare Regler, die automatisierte Feedbackschleifen sind, erfolgen. Die Kontrolle kann auch von Menschen durchgeführt werden, die jede der Feedbackschleifen ausführen (The Economist, 2018, 3. Mai).</p>
Selbststeuernde Intralogistik	<p>Aufgrund der gestiegenen Komplexität und Dynamik der Einsatzgebiete spielen Flexibilität und Wandelbarkeit in der Logistik eine immer wichtigere Rolle. Darüber hinaus nimmt auch die Bedeutung von Automatisierungen der innerbetrieblichen Logistikprozesse rasant zu. Bedingt durch die kontinuierlich wachsenden Anforderungen rückt die Teil- oder Vollautomatisierung von diversen Lagervorgängen oder der internen Produktionsversorgung immer mehr in den Fokus. Ein Ende dieses Trends ist nicht abzusehen. Gerade kleine und mittelständische Unternehmen interessieren sich mehr und mehr für die Automatisierung von Lager- bzw. Transportabläufen (BMW, 2014).</p>
Selbstoptimierung	<p>Selbstoptimierung bedeutet, dass sich ein System seiner idealen Leistung bewusst ist, seine aktuelle Leistung an diesem Ideal messen kann und über Richtlinien für Verbesserungsversuche verfügt. Es kann auch auf Richtlinienänderungen innerhalb des Systems reagieren, wie von den Benutzern angegeben. Die Optimierung kann sowohl von Systemen wie auch Mitarbeitern durchgeführt werden (Sterritt, 2005).</p>
Smart Human Machine Interaction	<p>Der Einsatz mobiler Informationssysteme für Mitarbeiter der Produktion, der Teilelagerung oder der Produktionslogistik ist ein Beispiel für die Nutzung vorhandener Technologien, die die Prozesse durch fortschrittliche Mensch-Maschine-Interaktion effizienter und sicherer gestalten. Der VW-Konzern experimentiert mit Datenbrillen in den Teilelagern, um die Handscanner abzulösen. ABB Ltd setzt auf den Einsatz von Tablets im Servicebereich, um per Augmented Reality Wartungsinformationen für defekte Geräte schnell und mobil zur Verfügung zu stellen. Die Trumpf GmbH & Co. KG nutzt Technologieplattformen und Onlinemarktplätze für die fertigungsrelevante Daten direkt am Maschinenarbeitsplatz, so dass dem Mitarbeiter immer die aktuellsten Informationen zur Verfügung stehen (Sauter et al., 2015).</p>
Produkt- und kundenbezogene Dienstleistungen	<p>Servitisierung ist die Innovation der Fähigkeiten und Prozesse eines Unternehmens, um durch eine Verlagerung vom Verkauf von Produkten zum Verkauf von Produkt-Service-Systemen (PSS) einen besseren gegenseitigen Wert zu schaffen. Produktbezogene Dienstleistungen bestehen aus dem Angebot von Waren in Kombination mit eng verwandten Dienstleistungen (z.B. Produkte mit Wartung, Support und Finanzierung), während kundenbezogene Dienstleistungen sich auf Unternehmen beziehen, die "Pakete" anbieten, die aus kundenorientierten Kombinationen von Waren, Dienstleistungen, Support, Selbstbedienung und Wissen bestehen (Qualitätsoptimierung, Produktionsoptimierung, Produktentwicklung) (Baines et al., 2009).</p>

Digitale Vertikale Vernetzung (Synonym: Vertikale Integration)	Vertikale Netzwerke beziehen sich auf die Zusammenarbeit von Partnern, die zum gleichen Kettennetz gehören. Das Kettennetz umfasst alle Organisationen (Lieferanten, Schwerpunktunternehmen, Kunden und Dritte), die an allen vor- und nachgelagerten Produkt-, Dienstleistungs-, Finanz- und Informationsflüssen beteiligt sind (Gellynck and Kühne, 2010).
Digitale Horizontale Vernetzung (Synonym: Horizontale Integration)	Horizontale Netzwerke beziehen sich auf die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, die in erster Linie Konkurrenten derselben Branche oder desselben Sektors sind. Horizontale Vernetzung umfasst Initiativen, wie strategische Allianzen oder Joint Ventures, und sie werden gebildet, um vom Informationsaustausch, sozialen Nutzen und informellen Beziehungen zu profitieren (Gellynck and Kühne, 2010).

Anhang 2

Interview Leitfaden (siehe separates Dokument)

Anhang 3

Liste der Herausforderungen zusammen mit den Angaben zur Literatur. (siehe Excel Dokument)

Notizen



School of Management and Law

Stadthausstrasse 14
P.O. Box
CH-8401 Winterthur
Switzerland

www.zhaw.ch/sml

