
Technology Outlook 2021

Deutsche Version

Impressum

Autorinnen und Autoren

Thomas Anken, Christian Bach, Christophe Ballif, Fritz Bircher, Bernhard Braunecker, Rebecca Buller, Urs Burckhardt, Max Erick Busse-Grawitz, Vicente Carabias, Andreas Conzelmann, Alessandro Curioni, Reinhard Czichy, Patricia Deflorin, Gregor Dürrenberger, Xaver Edelmann, Regine Eibl, Andreas Fuhrer, René Gälli, Bernhard Gerster, André Golliez, Christian Grasser, Pierangelo Gröning, Daniel Gygax, Manfred Heuberger, Alessandra Hool, Hans-Peter Käser, Walter Karlen, Steffen Kelch, Christoph Kolano, Agathe Koller, Jens Krauss, Wolfgang Kröger, Thomas KÜchler, Roland KÜpfer, Andreas Kunz, Christian Laux, Daniel Liebhart, Katharina Link, Urs Mäder, Roger Marti, Hans-Peter Meyer, Bradley Nelson, Kristina Orehounig, Andrew Paice, Sven Panke, Greta Patzke, Adrian Perrig, Guido Piai, Thomas Puschmann, Michael Raghunath, Jörg Roth, Mark Rubin, Patrick Ruch, Christian Schaffner, Stefan Scheidegger, Daniel Schmid, Philipp Schmid, Thomas Justus Schmidt, Roland Siegwart, Lars Sommerhäuser, Adriaan Spierings, Thilo Stöferle, Bernhard Tellenbach, Anna Valente, Ilona Wettstein, Nicole Wettstein, Erich Windhab, Felix Wortmann, Tomas de Wouters, Shancong Yu, Manfred Zinn

Steering (Wissenschaftlicher Beirat der SATW)

Hans Altherr, Walter J. Ammann, Bernhard Braunecker, Ulrich Claessen, Djordje Filipovic, Robert Frigg, Rolf Hügli, René Hüsler, Agathe Koller, Urs Mäder, Hans-Peter Meyer, Peter Seitz, Ulrich W. Suter, Alessandro Tschabold

Projektleitung

Claudia Schärer

Redaktion

Beatrice Huber, Esther Lombardini

Review

Tony Kaiser

Übersetzung

Maud Capelle (französisch) und Tanya Loringett (englisch)

Gestaltung

Andy Braun

Bilder

Adobe Stock

April 2021

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Einleitung	5
Europäische Trends und Vergleich mit der Schweiz	6
Im Wandel der Zeit	7
Vergleich der Schweiz mit Europa	10
Ländervergleich	11
Bedeutung der Technologien für die Schweiz	14
Vier Forschungsfelder	17
Neue Technologien in dieser Ausgabe	18
Wie haben sich die Technologien seit der letzten Ausgabe entwickelt?	19
Zusammenfassung	21
Methodik	22
Auswahl der Technologien	23
Social-Media-Analyse	24
Bedeutung der Technologien für die Schweiz	25
Überführung der Werte in die Quadrantendarstellung	27
Technologien und Anwendungsgebiete	28
Digitale Welt	30
Energie und Umwelt	48
Fertigungsprozesse und Materialien	60
Life Sciences	68
Technik und Gesellschaft	80
Technologietrends	84
Einführung	86
Digitale Welt	87
Energie und Umwelt	94
Fertigungsprozesse und Materialien	98
Life Sciences	100

Vorwort

Die Welt ist in den letzten Dekaden reicher und – verwöhnt durch die immer grösseren Leistungen der Industrie – anspruchsvoller geworden. Es ist schon völlig normal geworden, von den produzierenden Firmen Jahr für Jahr bessere Resultate zu erhalten (und zu fordern). Alle Marktteilnehmenden sehen zwar ein, dass es exponentielles Wachstum auf Dauer nicht geben kann, aber man ist überzeugt, dass es möglich sein muss, durch die geschickte Mischung von erfolgreichen Produkten, starker Marktpräsenz und schlaunen Neuigkeiten ein über alles exponentiell wirkendes Wachstum zu erzielen. Es fragt sich aber, wie diese Neuheiten erkannt, verstanden und genutzt werden können. Weltweit sind zu diesen Fragen «Technology Outlooks» als Orientierungshilfen entwickelt worden und haben sich zu international beliebten Standardwerken gewandelt.

Die SATW hat vor sechs Jahren ihren ersten *Technology Outlook* herausgegeben. Das damalige Produkt war noch recht einfach gehalten, es erhielt aber in der Schweiz von Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie von Forschenden ermutigende Signale und Hinweise. Die weiteren Ausgaben wurden immer gehaltvoller. Mit der vierten Ausgabe halten Sie nun das «ausgereifte» Produkt in Händen. Es lehnt sich an die Vorgänger an und setzt auch neue Akzente.

Schon in der Ausgabe 2019 war die Dominanz der digitalen Welt auffallend. Diese Einsicht ist nun noch verstärkt.

Die Beiträge zu Technologien und Anwendungsgebieten halten – wie der Titel vorgibt – den Blick auf praktische, industrielle und kommerzielle Anwendungen: Sie reichen von 5G-Anwendungen, Analyse von Big Data und kollaborativer Robotik bis zu Quantencomputing. Die Beiträge zu Technologietrends bereiten dagegen die Leserinnen und Leser auf breitere Diskussionen vor und beschäftigen sich mit weitläufigen Themen wie autonome Systeme, Cybersecurity, digitale Landwirtschaft und natürlich auch die omnipräsente künstliche Intelligenz und die Quantentechnologien.

Gestartet wird diesmal mit internationalen Vergleichen (Europäische Trends und Vergleich mit der Schweiz). Die sehr sorgfältig erhobenen Daten von verschiedenen Jahren ermöglichen die Offenlegung der Stärken und Schwächen verschiedener Länder über die Zeit.

Ich wünsche Ihnen namens des Wissenschaftlichen Beirats eine stimulierende Lektüre und hoffe, der *Technology Outlook 2021* könne Ihnen behilflich sein.



Ulrich W. Suter | Präsident Wissenschaftlicher Beirat SATW

Einleitung

Identifizierung, Beschreibung und Bewertung von Technologien, die für die Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft in den kommenden Jahren¹ von Bedeutung sein werden, gehören für die SATW zu ihrem Grundauftrag in der Früherkennung. Als Resultat dieser Aktivitäten entsteht als zweijährliche Publikation der *Technology Outlook*, welcher 2021 bereits zum vierten Mal erscheint.

Der *Technology Outlook 2021* knüpft an die 2019-Ausgabe an. Die dort beschriebenen Technologien wurden in Bezug auf ihre technische Reife neu bewertet. Solche mit einem Zeithorizont von weniger als drei Jahren bis zur Produktreife wie die kontinuierlichen Fertigungsverfahren wurden ausgeschlossen. In Zusammenarbeit mit den beiden Früherkennungsgremien der SATW wurden zwölf neue, relevante Technologien identifiziert, die für die Schweiz von Bedeutung sein werden und dem anvisierten Zeithorizont von mindestens drei Jahren bis zur Produktreife entsprechen. Dazu gehören zum Beispiel die künstliche Photosynthese, Mikrobiota und Mikrobiome sowie mobile Roboter. Zusätzlich thematisieren zwei Beiträge allgemeine Aspekte der Digitalisierung: die selbstbestimmte Nutzung persönlicher Daten und das Vertrauen in digitale Produkte und Dienstleistungen. Der *Technology Outlook 2021* stellt insgesamt 45 Technologien und Anwendungsgebiete vor.

In der Publikation wird jeder Technologie ein Icon zugeordnet. Die Sammlung aller Icons befindet sich im Klappentext hinten.

Für die aktuelle Ausgabe hat die SATW erneut quantitative Angaben zu den einzelnen Technologien erhoben und die Quadrantendarstellung weitergeführt. Somit können erstmals Trends für die Technologien aufgezeigt werden. Haben einzelne Technologien an volkswirtschaftlicher Bedeutung gewonnen? Hat sich für gewisse Anwendungen die Forschungskompetenz in der Schweiz erhöht? Oder gibt es gar «Absteiger»? Dank kontinuierlicher Datenerhebung im Bereich der Social Media ist auch erstmals eine Trendanalyse auf internationaler Ebene möglich.

Die im *Technology Outlook* präsentierten Technologien wirken zusammen und ermöglichen so die Umsetzung umfassender Technologietrends. Deshalb präsentiert der aktuelle *Technology Outlook* neu 13 Technologietrends, die in der Öffentlichkeit stark beachtet werden. Darunter sind umfassende Themen wie Kreislaufwirtschaft, künstliche Intelligenz oder Smart Cities. Der *Technology Outlook* erklärt die Begriffe, lotet das Potenzial für die Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft aus und stellt eine direkte Verbindung zu den einzelnen Technologien her. Es wird sichtbar, welche Technologien als Treiber für die Entwicklung eines Trends wirken oder, umgekehrt, welche Technologien von der fortschreitenden Entwicklung eines Trends profitieren.

Die Publikation startet breit mit dem internationalen Technologievergleich und fokussiert dann auf die Bedeutung der einzelnen Technologien für die Schweiz. Im abschliessenden Kapitel «Technologietrends» gibt der Bericht nochmals einen breiteren Überblick.

Dr. Claudia Schärer, die Projektleiterin des *Technology Outlooks*, bedankt sich bei den zahlreichen Autorinnen und Autoren, ohne deren Einsatz, Geduld und Fachwissen eine Publikation dieser Ausführlichkeit und Tiefe nicht möglich wäre. Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünschen wir eine spannende Lektüre mit einem hoffentlich hohen Erkenntnisgewinn. Über Rückmeldungen freuen wir uns jederzeit!

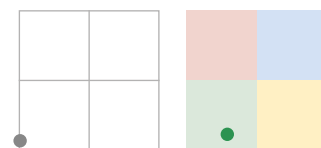
¹ Technology Readiness Level 4–7, Produktreife in 3–5 Jahren. Details dazu finden sich im Kapitel Methodik ab Seite 22.

Digitale Welt



Digitaler Zwilling

Andreas Kunz (ETH Zürich) und Daniel Schmid (ZHAW)



Beim digitalen Zwilling liegt das Hauptaugenmerk auf dem Abbilden realer Produkte oder Prozesse in der virtuellen Welt. Dies führt zu einem digitalen Schatten in der Produktion und im Betrieb. Dazu müssen Simulationsprogramme entwickelt, Fertigungsschritte verkettet und Daten aus dem «Product Lifecycle Management» mit jenen aus dem «Enterprise Resource Planning» verknüpft werden. Ein zentrales Anwendungsgebiet des digitalen Zwillings ist die Fertigung. Es bieten sich bei manuellen Arbeitsschritten neue Einsatzmöglichkeiten an, beispielsweise in der Mensch-Roboter-Interaktion und -Kooperation, in der Gestaltung des virtuellen Arbeitsplatzes oder von virtueller Schulung sowie in der Fernwartung. Neben der technischen Machbarkeit ist das Wahren der ökonomischen Balance zwischen Aufwand und Ertrag eine Herausforderung. Vieles ist möglich und ein durchdachtes Konzept wird im Unternehmen eine Effizienzsteigerung herbeiführen. Gegenteilig verhält es sich, wenn der Lösungsansatz falsch gewählt wird. Weiter ist das Augenmerk auf die Veränderungen für die Arbeitskräfte zu legen. Änderungen können zu Widerständen führen, die durch entsprechendes Change Management aufzufangen sind.

So sieht es heute aus

Während in anderen Ländern grosse Industrien wie die Automobilbranche eine Vorreiterrolle übernehmen, ist die von KMU dominierte Schweizer Industrielandschaft noch uneins. Einerseits wird der digitale Zwilling als Chance betrachtet, andererseits bilden die zu tätigen Investitionen eine grosse Hürde – eine Situation, die auch auf andere Nationen zutrifft. Beim Vergleich mit asiatischen Staaten ist festzustellen, dass vor allem in China der digitale Zwilling positiv wahrgenommen und stark unterstützt wird. In der Schweiz ist davon auszugehen, dass KMU nur dann einen Vorteil aus den mächtigen Konzepten rund um Industrie 4.0 und Smart Factory ziehen, wenn sie den Nutzen auf die menschlichen Akteurinnen und Akteure ausrichten und diese ins Zentrum der Aktivitäten stellen.

Ein Blick in die Zukunft

Die Möglichkeiten des digitalen Zwillings werden zu einer weiteren Digitalisierung der Industrie und zu steigender Komplexität in der Produktentwicklung führen. Produkte werden künftig ein Ebenbild in der virtuellen Welt besitzen und somit über höhere Funktionalität und Effizienz verfügen. Dies bedeutet eine Steigerung des Kundennutzens. Die steigende Komplexität ist aber auch eine Herausforderung. KMU müssen einen Weg finden, Wissen aufzubauen, um den digitalen Zwilling nutzbringend einzusetzen sowie ständig aktuell zu halten. Die Frage für KMU lautet, wie mit dem digitalen Zwilling Kundennutzen und interner Nutzen generiert werden können und welche Werkzeuge dafür einzusetzen sind. Genauso wie sein physisches Pendant deckt der digitale Zwilling den ganzen

Lebenszyklus mit Entwicklung, Herstellung und insbesondere Betrieb ab. Forschung und Entwicklung werden sich in den kommenden Jahren verstärkt mit dieser gesamtheitlichen Kette befassen. Eine Schwierigkeit ist, dass zwischen Produktentwicklung und -nutzen eine lange Latenzzeit besteht. Sollen zum Beispiel im Rahmen von Smart Maintenance datenbasierte Services angeboten werden, dann muss das Produkt bereits in der Entwicklung darauf ausgerichtet werden. Ein Unternehmen muss also künftig neben Daten für rein interne Zwecke wie Qualitätssicherung oder Prozessoptimierung auch Daten für solche Services erfassen. Die drängenden Fragen sind: «Wo werden Daten benötigt, die noch nicht erhoben werden?», aber auch «Wo werden Daten gesammelt, die keiner benötigt?». Die Antworten darauf weisen den Weg, um schlussendlich Gewinn zu erzielen.

Die Schweizer Industrie sollte das Potenzial des digitalen Zwillings ausloten. Die beschriebene Latenzzeit zwischen Produktentwicklung und -nutzen erfordert es, schnell Erfahrungen zu sammeln. Auch wenn nicht gleich das angestammte Geschäftsmodell geändert werden muss, sollten in den entsprechenden Tätigkeitsfeldern Wissen aufgebaut und erste Massnahmen ergriffen werden.

satw it's all about
technology



Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW
St. Annagasse 18 | 8001 Zürich | 044 226 50 11 | info@satw.ch | www.satw.ch

