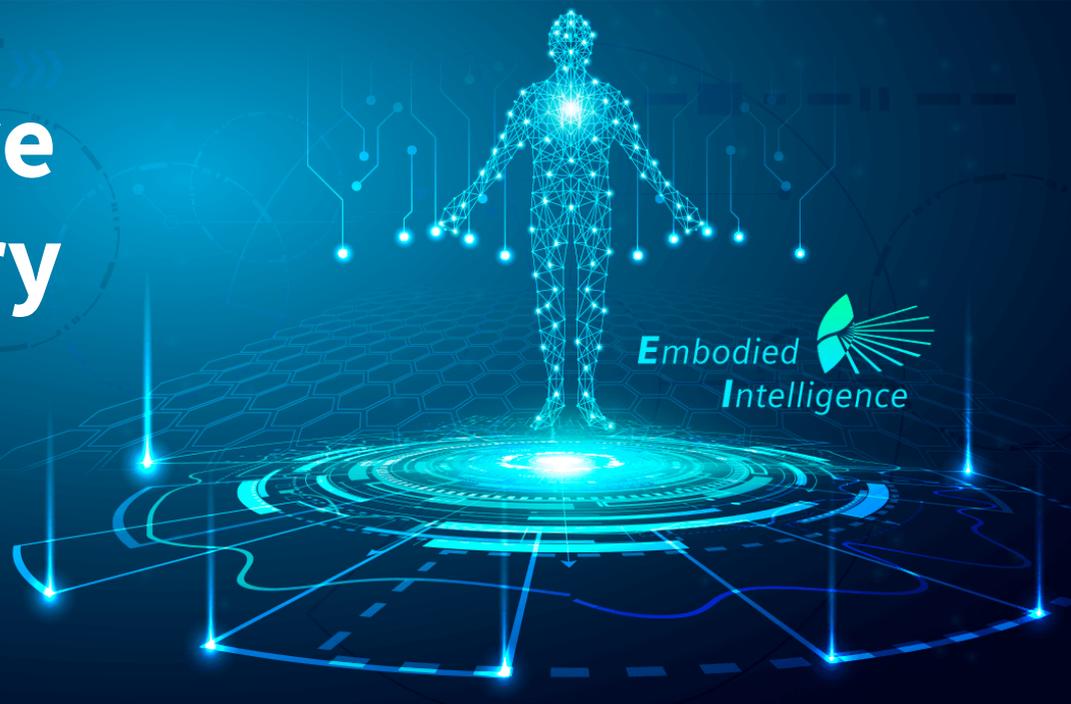


# Executive Summary



## Embodied Intelligence: Motor der digitalen Transformation 2.0

Ergebnisse einer Untersuchung im Kontext der Embodied Intelligence, um die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen sowie technischen Entwicklungen und Herausforderungen zu identifizieren und daraus Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft abzuleiten.

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Methodik	4
<b>2 Transformation</b>	<b>5</b>
<b>3 Digitale Ökonomie</b>	<b>7</b>
<b>4 Embodied Intelligence</b>	<b>9</b>
<b>5 Technologiebedarf zukünftiger Wertschöpfung</b>	<b>11</b>
<b>6 Handlungsempfehlungen</b>	<b>12</b>
6.1 Einschätzung des Status quo	12
6.2 Empfehlungen für Politik, Wirtschaft sowie Bildung, Wissenschaft und Forschung	14
6.2.1 Empfehlungen an die Politik	15
6.2.2 Empfehlungen an die Wirtschaft	16
6.2.3 Empfehlungen an Bildung, Wissenschaft und Forschung	18

# 1 Einleitung

Der technische Fortschritt schreitet immer weiter voran, Computer werden immer leistungsfähiger und vielseitiger. Auch die künstliche Intelligenz entwickelt sich entsprechend. Was vor kurzer Zeit noch unmöglich schien, ist heute bereits für die breite Masse verfügbar. Der Fortschritt der künstlichen Intelligenz treibt auch die Entwicklung von autonomen Maschinen voran. Das autonome Fahrzeug, auch „KI auf vier Rädern“ genannt, steht exemplarisch für KI-basierte Robotik, die aus Hard- und Software besteht – vergleichbar mit Körper und Geist.

Lange hatten Roboter und KI nicht unbedingt viel gemeinsam, so mancher Forscher aus einer der beiden Disziplinen sieht das immer noch so. Doch die Entwicklung autonomer Maschinen zeigt, wie KI und Robotik in immer mehr Bereichen zusammenwachsen. Die Autorinnen und Autoren beobachten parallele Entwicklungen in der Computerintelligenz und in der Robotik, wo der Schwerpunkt auf morphologischen Berechnungen und sensomotorischer Koordination in evolutionären Robotikmodellen liegt. In den Neuro- und Kognitionswissenschaften liegt der Fokus hingegen auf verkörperter Kognition und entwicklungsrobotischen Modellen des verkörperten Symbollernens. Die Entstehung der verkörperten Intelligenz steht in einem engen Zusammenhang mit diesen Entwicklungen. Verkörperte Intelligenz ist der rechnerische Ansatz für die Entwicklung und das Verständnis intelligenten Verhaltens von verkörperten und situierten Agenten. Sie wird durch die Berücksichtigung der strikten Kopplung zwischen dem Agenten und seiner Umgebung (Situiertheit), die Beschränkungen des eigenen Körpers, des Wahrnehmungs- und Aktoriksystems und der mit dem Agenten physisch gekoppelten „Intelligenz“ ausgedrückt.<sup>1</sup> Maschinen mit verkörperter Intelligenz sind Systeme, die sich selbst regulieren können. Sie reagieren derzeit noch auf eine relativ starre, aber in Zukunft adaptive Weise auf Veränderungen in der Umgebung. Es handelt sich um Systeme, die mit geringem oder ganz ohne menschliches Eingreifen funktionieren. Man kann erste Ansätze heute schon beobachten, aber sie werden erst in der Zukunft massenhaft in noch viel ausgereifteren Formen in Erscheinung treten. Maschinen mit verkörperter Intelligenz gelten aus Sicht der Autorinnen und Autoren in Verbindung mit der Plattformökonomie mittelfristig als die zentrale Basisinnovation des nächsten Wachstumszyklus.

<sup>1</sup>Angelehnt an: Cangelosi, Angelo; Bongard, Josh; Fischer, Martin H.; Nolfi, Stefano: „Embodied Intelligence“, in Janusz Kacprzyk & Witold Pedrycz (Eds.), Springer Handbook of Computational Intelligence. Springer, Preprint (2015), S. 697–714, [https://www.researchgate.net/publication/283812826\\_Embodied\\_Intelligence](https://www.researchgate.net/publication/283812826_Embodied_Intelligence)

# 1.1 Methodik

Die vorliegende Arbeit kombiniert die Theorie der langen Wellen nach Schumpeter/Kondratieff und Innovationsmethoden zur strategischen Vorausschau miteinander. Nach Einschätzung der Verfassenden werden in der unmittelbaren Zukunft massive Veränderungen der sozioökonomischen Systeme auftreten – bedingt durch die digitale Transformation.

Kondratieff-Zyklen beschreiben Reorganisationsprozesse der Gesellschaft und ihrer soziotechnischen Basis. Ein Wirtschaftszyklus ist nach Kondratieff eine 40 bis 60 Jahre dauernde „Langwelle“ der Konjunktur. Der russische Wissenschaftler Nikolai D. Kondratieff (1892–1938) gilt als der Begründer der Theorie der „langen Wellen“. 1926 veröffentlichte er als Direktor des Moskauer Instituts für Konjunkturforschung seine Erkenntnisse. Kondratieff belegt darin, dass nicht Kriege oder Revolutionen, sondern die Dynamik der Marktwirtschaft die langen Wellen verursacht. Ein Kondratieff-Zyklus ist durch gesamtwirt-

schaftliche Daten nachweisbar, etwa durch die amtliche Statistik der Konjunkturdaten. Nach dieser Theorie sind wir am Ende des fünften Kondratieff (Innovationen in der Kommunikations- und Informationstechnik) angelangt. Der sechste Kondratieff (Innovationen durch autonome Systeme) befindet sich in seiner Anfangsphase. Er ist deshalb noch nicht in der Lage, die Weltwirtschaft in einen stabilen, robusten Wachstumskurs und die Gesellschaft zu größerer sozialer Ordnung zu führen. Kondratieff nennt unter anderem vier Kennzeichen, die einen Umbruch zu einem neuen Kondratieff-Zyklus einleiten:<sup>2</sup>

- Erschöpftes Nutzungspotenzial alter Basisinnovationen (Zyklus von circa 40 bis 60 Jahren)
- Hoher Überschuss an Finanzkapital (versus Sachkapital)
- Starke Rezessionsphase (Phase des Umbruchs)
- Soziale/institutionelle Veränderungen

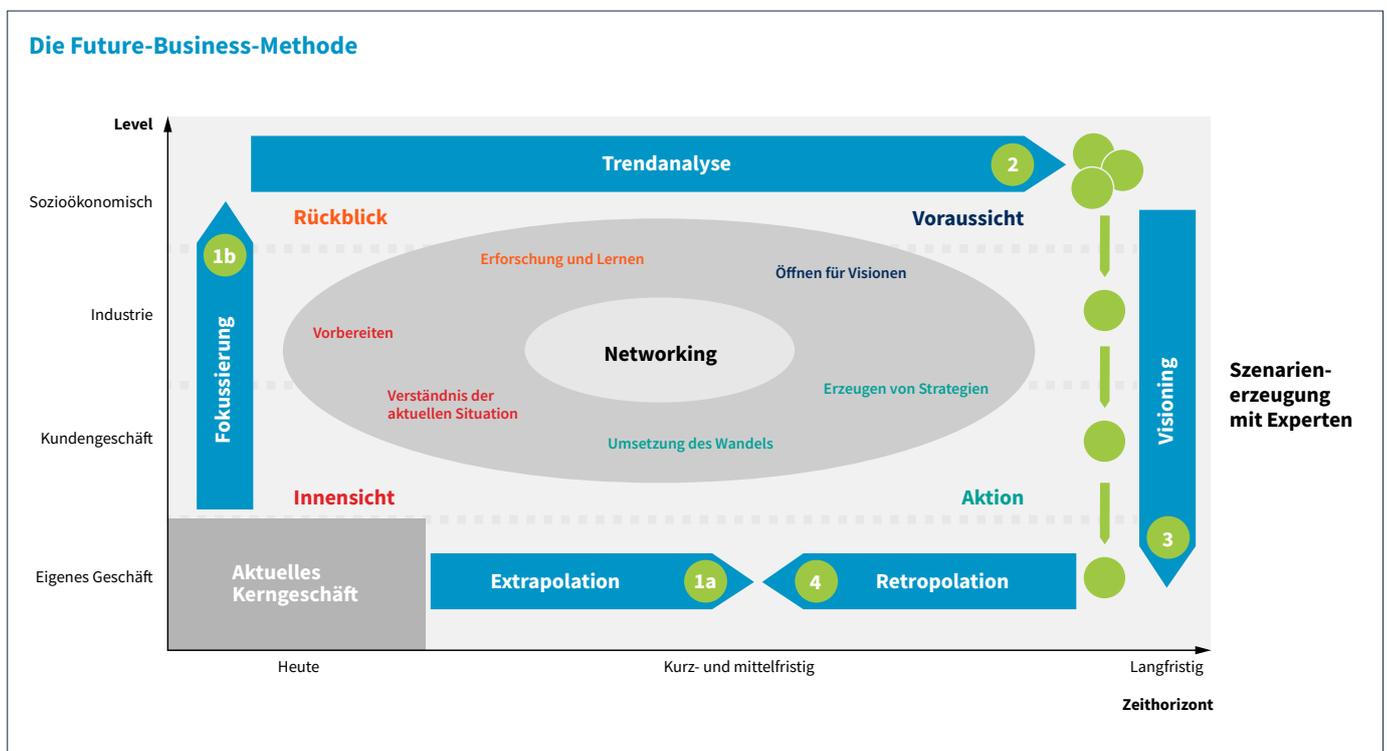


Abbildung 1: Die Future-of-Business-Methode im Rahmen der vorliegenden Untersuchung

<sup>2</sup>Allianz Global Investors, „The sixth Kondratieff – long waves of prosperity“ (January 2010), [https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz\\_com/migration/media/press/document/other/kondratieff\\_en.pdf](https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/migration/media/press/document/other/kondratieff_en.pdf)

Die in Abbildung 1 dargestellte Future-of-Business-Methode bietet insbesondere in der aktuellen Transformationsphase einen proaktiven Ansatz zum Abschätzen von Risiken und Chancen für Gesellschaft, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Die systematische Analyse der Trends und ihrer Strukturen führt zu der Erkenntnis, dass wir kurz- und mittelfristig mit massiven Trendbrüchen umgehen müssen. Grundlagen, um vorauszuweisen und zukünftige Entwicklungen vorausschauend zu antizipieren, bilden die historischen Analysen der Kondratieff-Zyklen und die Erfolgskriterien alter und neuer Hyperscaler.

Hyperscaler beziehungsweise Firmen mit Hyperscale-Strukturen sind Unternehmen, die große, weltweit verteilte Rechenzentren betreiben und anderen Firmen Rechenleistung, Speicherplatz und Netzwerkkapazität als Cloud Computing zur Verfügung stellen. Damit haben diese Unternehmen eine strategische Grundlage für künftige Entwicklungen im Rahmen der digitalen Transformation geschaffen.

Die Anwendung der Future-of-Business-Methode ermöglicht es, bestehende Denkmuster zu überwinden und eine visionäre Sicht auf die Zukunft zu entwickeln. Die hier vorliegende Untersuchung hilft dabei, Anzeichen von Veränderungen und deren Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Sie ermöglicht es zudem, die Zukunft bewusster zu gestalten. Die zentrale Chance für die gesellschaftli-

chen Akteure besteht darin, sich langfristig strategisch neu auszurichten. Die von den meisten gegenwärtigen Projekten verfolgten extrapolativen Methoden der Strategieentwicklung helfen in der aktuellen Situation nicht weiter.

Die Digitalisierung ist ein schneller Prozess, welcher im Rahmen der digitalen Transformation 2.0 zu einer völlig neuen Dimension in der Wertschöpfungsarchitektur führt. Hier sehen die Autorinnen und Autoren in erster Linie die Verbindung von Plattformökonomie und verkörperter Intelligenz als zentral an, die eine Kombination von niedrigen Transaktionskosten mit geringen Funktionskosten generiert. Dieser Aspekt stellt aus Sicht der Verfassenen die entscheidende ökonomische Basisinnovation für mindestens die nächsten 20 Jahre dar. Hinzu kommt die Notwendigkeit, im ersten Schritt eine nachhaltige Energieversorgung für eine autonomere Gesellschaft auf die Beine zu stellen, um eine der größten Herausforderungen der Menschheit zu bewältigen. Dieser Aspekt wirkt viel langfristiger und wird den sechsten Kondratieff-Zyklus maßgeblich prägen. Der Ansatz der Purpose Economy verbindet beide Aspekte und wirkt somit als Gestaltungselement beim Übergang zwischen den Kondratieff-Zyklen. Die vorliegende Kurzfassung stützt sich im Wesentlichen auf die Kernaussagen der Untersuchung und die Diskussionen der Interviewergebnisse sowie die daraus abgeleiteten Erkenntnisse und Implikationen für Handlungsempfehlungen.

## 2 Transformation

Die meisten Akteure betrachten die digitale Transformation, die für ständige Veränderung steht, als Selbstverständlichkeit. Der Begriff „digitale Transformation“ bleibt für viele jedoch schwammig. Eine einheitliche Erklärung, die auf einer Vielzahl von veröffentlichten Definitionen der digitalen Transformation basiert, stammt von Cheng Gong und Vincent Ribiere<sup>3</sup> und unterscheidet

sich deutlich in ihrer Konkretheit von anderen verwandten Ansätzen in der Literatur. Diese einheitliche Definition wurde im BIG-Projekt ergänzt und weiterentwickelt. Hierbei handelt es sich maßgeblich um eine Erweiterung von Maschinen mit verkörperter Intelligenz, welche – neben dem Menschen – die wesentlichen Akteure bei der digitalen Transformation sein werden. Die um verkör-

<sup>3</sup> Gong, Cheng; Ribiere, Vincent: „Developing a unified definition of digital transformation“, Technovation, Volume 102 (2021), 102217, ISSN 0166-4972, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102217>

perle Intelligenz erweiterte digitale Transformation und die Kombination mit Plattformökonomien erweist sich

entsprechend der Untersuchung mittelfristig als zentrale Basisinnovation des sechsten Kondratieff-Zyklus.

Konzeptdiagramm der digitalen Transformation 2.0

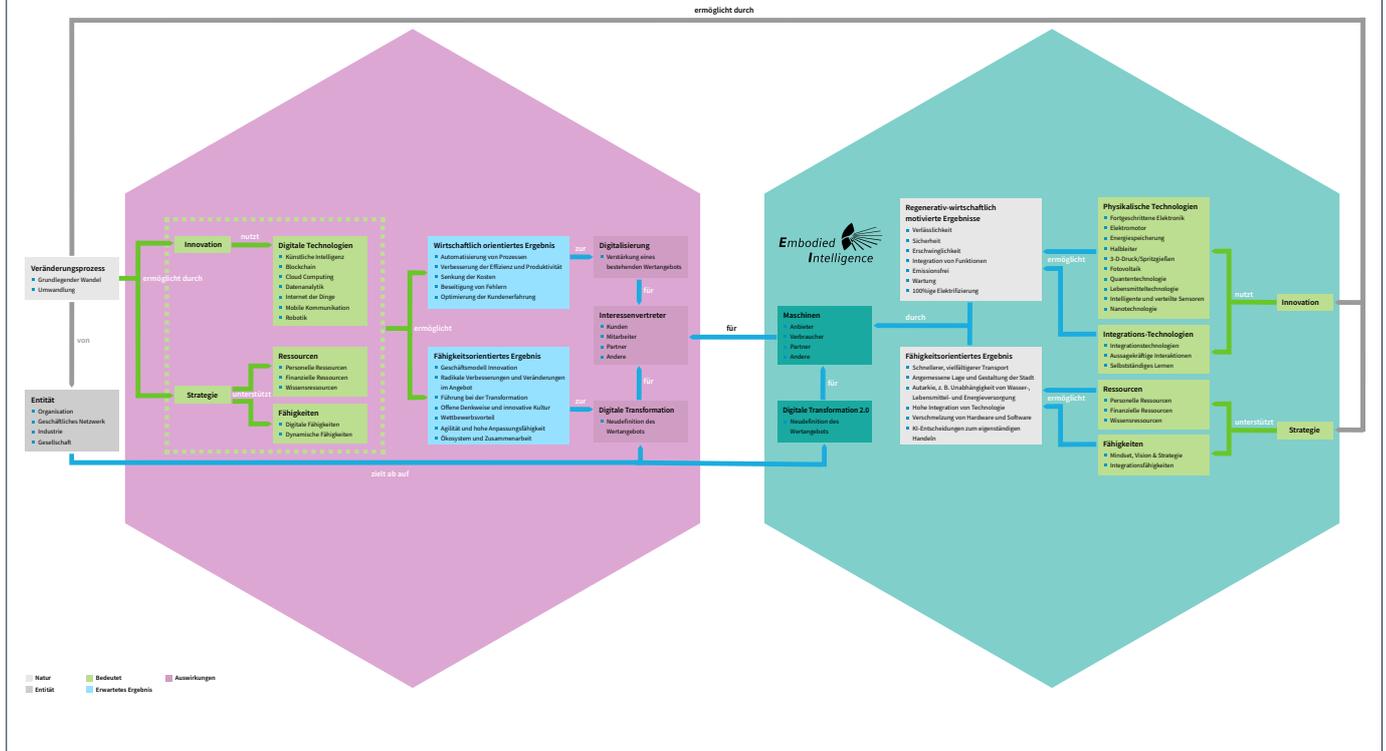


Abbildung 2: Konzeptdiagramm der digitalen Transformation 2.0 mit einem Auszug an erforderlichen Technologien, Ressourcen und Fähigkeiten<sup>4</sup>

Obwohl die globale Energiewende bereits vor über 20 Jahren begann, sind weitere Maßnahmen erforderlich, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern und die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die erforderliche Umstellung des globalen Energiesektors von fossilen Energieträgern zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Energieversorgung bis zur zweiten

Hälfte dieses Jahrhunderts auch die Entwicklung einer neuen Form von Maschinen mit verkörperter Intelligenz beschleunigen wird. Besonders die Verbindung von verkörperter Intelligenz mit erneuerbaren Energien und die Nutzung der Plattformökonomie zur Energieeffizienzsteigerung gilt als zentraler Hebel, um die erforderliche Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen.

<sup>4</sup> Gong, Cheng; Ribiere, Vincent: „Developing a unified definition of digital transformation“, Technovation, Volume 102 (2021), 102217, ISSN 0166-4972, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102217>

## 3 Digitale Ökonomie

Eine digitale Wirtschaft funktioniert anders als eine nicht digitale Wirtschaft. In der Internetökonomie macht sich dies besonders in Form von starken Netzwerkeffekten und Skalenerträgen über die Anzahl der Nutzer einer Plattform bemerkbar. Wenn der erwartete Nutzen eines Produkts oder eines Dienstes mit steigender Nutzerzahl zunimmt, wird dies als direkter Netzwerkeffekt bezeichnet. Positive direkte Netzwerkeffekte treten vor allem in Internetplattformen auf. Beispielsweise steigt der Mehrwert der Teilhabe an Social-Media-Plattformen mit zunehmender Zahl der Nutzer für jeden einzelnen Anwender an. Bei indirekten Netzwerkeffekten beeinflusst die Größe des Netzwerks einer Nutzergruppe das Verhalten einer anderen Nutzergruppe.<sup>5</sup>

Bei Plattformökonomie handelt es sich um einen Begriff, der den wirtschaftlichen Ansatz der derzeit wertvollsten Unternehmen der Welt charakterisiert, die anstelle von herkömmlichen Produkten plattformbasierte Dienste und Leistungen anbieten. Plattformen agieren über eine sogenannte Kerntransaktion. Sie bestimmt die Art, wie Produzenten und Konsumenten Werte schaffen und konsumieren. Die Kerntransaktion besteht aus einer Reihe von Aktionen, die die Nutzer durchführen müssen, um mithilfe der Plattform „Werte“ (Inhalte, Dienstleistungen oder Produkte) auszutauschen; sie bildet das Fundament für jedes Plattformgeschäft. Im Großen und Ganzen setzt sich die Kerntransaktion in jeder Plattform aus vier Aktionen zusammen:

- **Schaffen:** Ein Produzent schafft einen Wert und stellt ihn über die Plattform zur Verfügung.
- **Verbinden:** Ein Nutzer führt eine Aktion durch, die ihn mit diesem Wert verbindet.
- **Konsumieren:** Ein Nutzer konsumiert den vom Produzenten geschaffenen Wert.
- **Kompensieren:** Der Verbraucher gibt dem Produzenten den Wert der Leistung zurück, die er konsumiert hat.

Plattformen schaffen und vermitteln Werte. Das geschieht durch die digital hoch automatisierte Abwicklung der Kerntransaktionen in Verbindung mit Netzwerkeffekten zur weiteren Optimierung des Funktionsumfangs für die User der Plattform. Alle vier genannten Aktionen sind notwendig, damit eine Plattform Transaktionen erfolgreich abwickeln kann. Zusammengefasst bieten diese Plattformen den Nutzern eine wiederholbare, kostengünstige und um Zusatzfunktionalitäten bereicherte Möglichkeit zum Austausch von Werten.

Nutzerspezifische Daten bilden die Basis für den Erfolg von digitalen Plattformen. Eine entscheidende Rolle für die effektive Vernetzung zwischen Benutzern, Inhalten und Diensten spielen somit die Erfassung, Speicherung und Analyse umfangreicher Datenmengen über die Benutzer und deren Präferenzen. Dies ermöglicht es, für User „wertvolle“ Transaktionen durchzuführen (zum Beispiel basierend auf passgenauen Vorschlägen für Produkte und Inhalte oder Werbeeinblendungen) und hierdurch Werte zu generieren. Der Wert einer Plattform skaliert deshalb exponentiell über die Anzahl ihrer Benutzer. Dies steht im Gegensatz zu gängigen Ansätzen im Data-Analytics-Bereich im industriellen Umfeld. Hier kommen Daten meist lediglich zur Optimierung eines vorhandenen Produktionsprozesses zum Einsatz, etwa zur Verbesserung der Qualität oder der Serviceintervalle einer Maschine.

<sup>5</sup>bidt – Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation, <https://www.bidt.digital/glossar-digitale-oekonomie/>



Abbildung 3: Grundelemente der Plattformökonomie

Der Plattformbetreiber kümmert sich neben der nutzerbasierten Kerntransaktion generell um vier zentrale Anliegen:

- Anzahl der interessierten Nutzer ständig erhöhen
- Vernetzung und Matchmaking zwischen den Nutzern gewährleisten
- Werkzeuge und Services bereitstellen und weiterentwickeln
- Regeln und Standards auf der Plattform definieren und deren Umsetzung garantieren

Die Nutzerorientierung führt zu einem völlig neuen Zielsystem der Plattformökonomie und unterscheidet sich fundamental von herkömmlichen Zielsystemen auf Basis von Kunden und Produkten. Traditionelle Firmen skalieren über die Anzahl der produzierten Produkte einer Anlage, hier steht besonders die Kostenreduktion der produzierten Produkte im Zentrum der Optimierung. Bei einem modernen, plattformökonomisch orientierten Unternehmen richtet sich das Interesse auf

die Skalierung der Nutzerbasis. Hier geht es um eine Kostenreduktion der Plattformkosten pro User, und der potenzielle Mehrwert des Nutzers für die Plattform wird optimiert. Kunden einer digitalen Plattform können Nutzer sein, sind aber sehr oft auch Dritte, die nicht an der Kerntransaktion teilnehmen, sondern beispielsweise per indirektem Geschäftsmodell (Werbung) an der Plattform partizipieren.

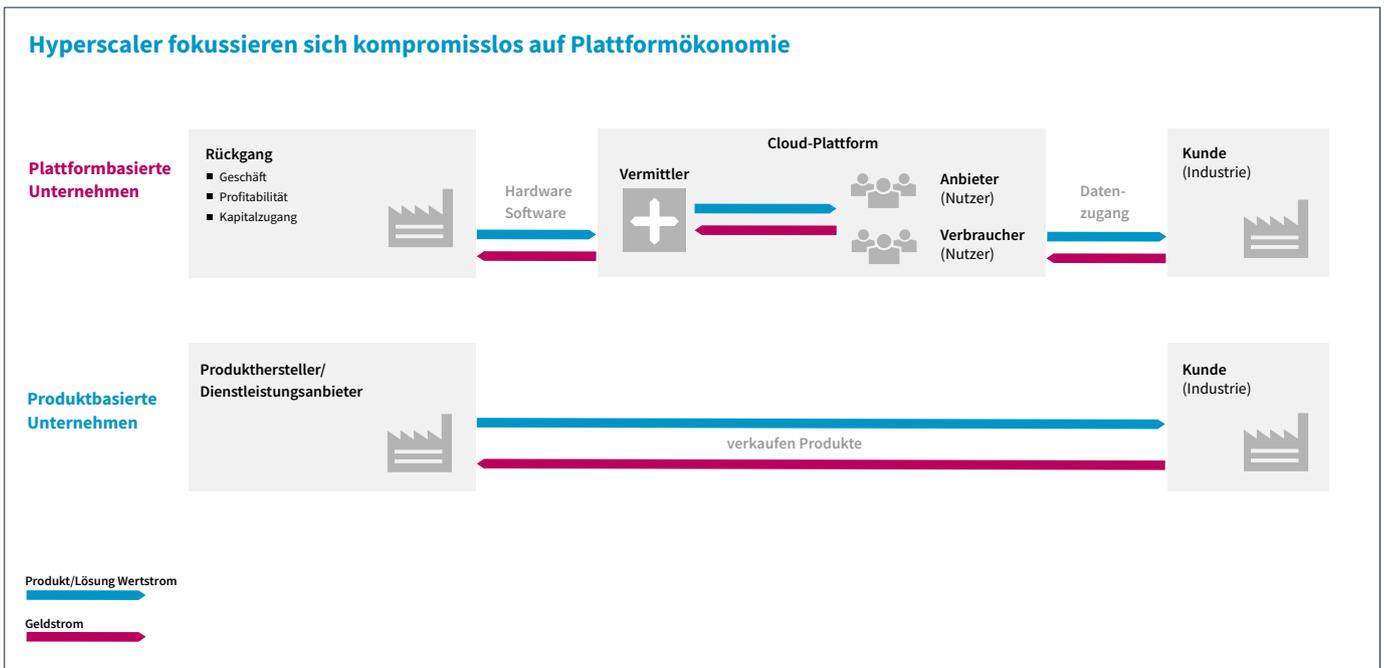


Abbildung 4: Vergleich zwischen etablierten Unternehmen und Hyperscalern

## 4 Embodied Intelligence

Die globale Vernetzung und die immer schneller wachsende Verfügbarkeit geeigneter Endgeräte für breite Usergruppen ermöglichten das rasante Wachstum der Hyperscaler in den letzten 20 Jahren. Zunächst öffneten noch PCs einer großen Anzahl von Benutzern den Zugang zum Internet und zu ersten E-Commerce-Angeboten. Mit dem iPhone (sowie diversen Smartphones auf Android-Basis) kam ab 2007 dann eine physische Plattform auf den Markt, die den Menschen jederzeit einen Internetzugang zur Verfügung stellte. Insbesondere durch die stark vereinfachte Bedienung war es damit auch nicht-technikaffinen Usergruppen möglich, auf Plattformdienste zuzugreifen. Durch die ständige Nutzung und durch die in den Smartphones verbauten Features (zum Beispiel GPS, Kamera) konnten zudem in großen Mengen Daten über ihre Besitzer und die Welt, in der sie agieren, erfasst werden. Diese bilden die Basis für eine Vielzahl von Diensten und damit letztlich für das Wachstum der Hyperscaler.

Ein bislang zu wenig beachteter Aspekt ist die enorme Ressourceneffizienz durch Hochintegration, mit der beispielsweise Smartphones des Jahres 2022 Dienste erbringen. Betrachtet man die verbauten Rohstoffe und den Energiebedarf der meisten Geräte (Fernseher, Stereoanlage, Telefon oder Kamera), die durch Smartphones ersetzt werden, zeigt sich, dass die durch Smartphones erbrachten Funktionen nicht nur kostengünstig, sondern auch äußerst ressourcenschonend umgesetzt werden. Dies ermöglicht die Hochintegration der unterschiedlichsten Hardwarekomponenten, was zu starken Synergieeffekten innerhalb der Geräte führt. Durch die räumliche Nähe dieser Komponenten und den Zugriff auf alle Daten innerhalb des Geräts können entweder starke Funktionsverbesserungen oder Zusatzfunktionalitäten durch Datenfusion entstehen.

Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass zukünftige Modelle nicht nur ihre Umwelt erfassen und mit Benutzern interagieren, sondern dass sie zusätzlich geeignete Aktorik mitbringen werden. Damit können sie auch Dienstleistungen physischer Natur in der realen Welt er-

bringen. Ein erstes Beispiel hierfür sind die autonomen Fahrzeuge. Ihre Hersteller streben in den kommenden Jahren die Realisierung selbstfahrender Robotertaxis ohne einen menschlichen Fahrer an. Hierbei spielt die Einbindung dieser Fahrzeuge in die Plattformökonomie eine wesentliche Rolle, um beispielsweise Nutzer und Anbieter miteinander zu vernetzen oder autonomen Fahrzeugen Dienstleistungen wie Energieversorgung, Reinigung oder weitere Services zu vermitteln. Als selbstfahrende Weiterentwicklung schon heute bestehender Mobilitätsanbieter wie Uber und Lyft werden autonome, in eine Plattformökonomie eingebettete Fahrzeuge die Grundlage für attraktive und bezahlbare Mobilitätsdienste für breite Bevölkerungsschichten bilden. Mit einschneidenden Folgen: Für viele Bürger ergibt es dann wirtschaftlich keinen Sinn mehr, ein eigenes Auto zu besitzen, das die meiste Zeit nicht genutzt wird und dabei noch urbanen Raum belegt. Das damit einhergehende „Sharing“ der Fahrzeuge reduziert auch den Ressourcenverbrauch für die Erbringung der Funktion (Transport von Menschen und Gütern) deutlich. Die Autorinnen und Autoren sehen in den autonomen Fahrzeugen die ersten Vorboten einer neuen Art von Maschinen, die in der Forschung „verkörperte Intelligenz“ heißen.

Der Informationsdienst Wissenschaft drückt es so aus: „Im Laufe der letzten drei Jahrzehnte hat die Intelligenzforschung einen Wandel erfahren, der zum aktuellen Forschungsgebiet der ‚verkörperten Intelligenz‘ (embodied intelligence) geführt hat. Dieses Gebiet ist eng mit der Einsicht verknüpft, dass Intelligenz nicht nur eine Sache des Gehirns ist. Beobachtungen in der Natur belegen vielmehr, dass sich intelligentes Verhalten in erster Linie aus der Wechselwirkung zwischen Gehirn, Körper und Umgebung entfaltet. Viele Beweise hierzu finden sich bei uns Menschen. Beispielsweise erfolgt die Rückschwungphase des Beines beim Laufen ohne jegliche Steuerung durch das Gehirn, sondern einzig durch das Zusammenspiel von Körper und Gravitationskraft. Das Muskel-Sehnen-Prinzip hilft bei der Stabilisierung der Körperposition, ohne dass das Gehirn zu jedem Zeitpunkt eingreifen muss. Die Relevanz dieses Grundge-

dankens des Zusammenspiels wird in der allgemeinen Intelligenzforschung zunehmend wahrgenommen.“<sup>6</sup>

Die „verkörperte künstliche Intelligenz“ stellt demnach eine neue Form künstlicher Intelligenz dar. Sie profitiert in mehrfacher Hinsicht davon, dass sie in einen physischen Körper eingebettet ist, der mit der physischen Umwelt interagiert. Die Forscher gehen von der Beobachtung aus, dass Verkörperung ein Schlüsselement für die Entwicklung von Intelligenz im Laufe der Evolution ist, und wollen sich dieses Prinzip für die Entwicklung von künstlichen Intelligenzen zu eigen machen. Die physischen Umgebungen, in denen verkörperte Intelligenzen agieren, stellen durch ihre oft komplexen und immer wieder unterschiedlichen Strukturen eine

Herausforderung für das Lernverhalten der künstlichen Intelligenz dar. Dies verdeutlicht das Beispiel der autonomen Fahrzeuge, die sich im Straßenverkehr auf vielfältige und ständig variierende Umgebungen einstellen müssen. Die Fähigkeit der verkörperten Intelligenzen, unter Berücksichtigung komplexer Situationen Entscheidungen zu treffen und diese unmittelbar in Handlungen umzusetzen, versetzt sie in die Lage, als Benutzer an Plattformökonomien teilzunehmen. Sie können so dazu beitragen, die Kosten für über Plattformen angebotene Dienstleistungen zu optimieren, indem sie mithilfe ihrer spezifischen Intelligenz die Funktionskosten minimieren. Im Fall des autonomen Fahrzeugs kann dies etwa durch die Optimierung von Routen sowie die Minimierung von Leerfahrten und Standzeiten erfolgen.

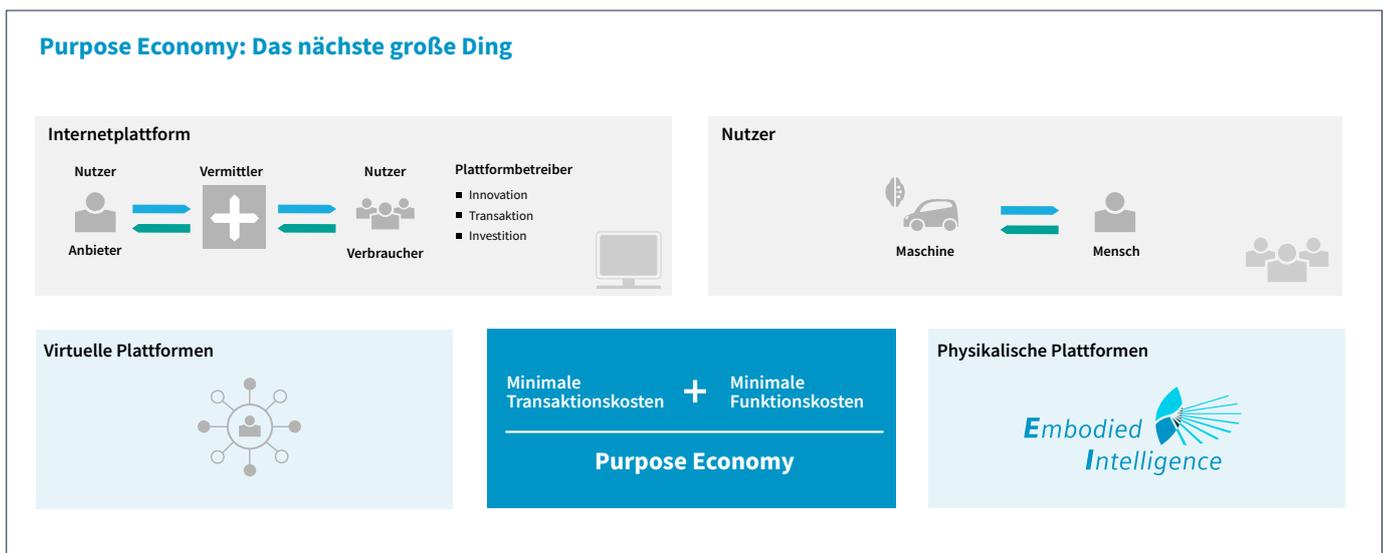


Abbildung 5: Plattformökonomie und Embodied Intelligence sind Enabler für die Purpose Economy

Die vorliegende Untersuchung schlägt eine neuartige Wertschöpfungsarchitektur vor, die eine Transformation hin zur Purpose-Ökonomie ermöglicht. Purpose Economy ist ein von Aaron Hurst geprägter Begriff. Dieser beschreibt die Art und Weise, in der sich die Arbeit verändert, um den Wunsch der Arbeitnehmer widerzuspiegeln, einen höheren gesellschaftlichen Zweck in ihrer Arbeit zu verwirklichen. Die Theorie der Purpose Economy besagt, dass Unternehmen langfristig nur dann erfolgreich sein werden, wenn sie einen klaren Sinn für gesellschaftliche Zwecke haben, mit denen sich die Mit-

arbeiter identifizieren können.<sup>7</sup> Die Kombination aus minimalen Transaktionskosten für den Austausch von Werten der Plattformökonomie und geringen Funktionskosten resultierend aus dem vermehrten Einsatz von Maschinen mit verkörperter Intelligenz führt zu einer verbesserten Ressourceneffizienz. Dieser ökonomische Rahmen kann helfen, einen klaren Unternehmenszweck zu definieren und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Zudem stellt er eine gute Basis dar, um die jeweilige Unternehmensstrategie in Richtung energetischer und ökologischer Nachhaltigkeit neu auszurichten.

<sup>6</sup>idw – Informationsdienst Wissenschaft e. V. (2013), <https://idw-online.de/de/news520174>

<sup>7</sup>Interview mit Aaron Hurst, Think:Act Magazine (2018), <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/The-definition-of-the-purpose-driven-economy.html>

# 5 Technologiebedarf zukünftiger Wertschöpfung

Wir befinden uns am Übergang vom fünften zum sechsten Kondratieff-Zyklus. Alles begann mit der Erfindung der Dampfmaschine, die im ersten Kondratieff-Zyklus die Frühindustrialisierung eingeleitet hat. Zu den Schlüsselinnovationen im fünften Kondratieff zählen unter anderem die Entwicklung des Personal Computers sowie des Smartphones mit standardisierten Betriebssystemen, das (mobile) Internet und seine Folgetechnologien wie E-Mail-Kommunikation, Social Media und so weiter. Für den sechsten Kondratieff-Zyklus sehen die Autorinnen und Autoren als Basisinnovationen die Plattformökonomie, Business Intelligence, Big Data, digitale Transformationstechnologien sowie Embodied Intelligence (EI). Letztere beruht auf der physischen Hochintegration zwischen verschiedenen Domänen, zum Beispiel IT-Technologien, Elektrik/Elektronik, Materialtechnik oder Biotechnologie. Diese Basisinnovationen trägt besonders die Leitindustrie für autonome landgebundene Fahr-

zeuge in die Märkte hinein. Hier erfolgt eine starke Skalierung mit einer damit verbundenen Kostendegression der zentralen Basistechnologien. Diese stehen dann für alle neuen Lösungen in ausreichender Menge, in geprüfter Qualität und zu günstigen Preisen zur Verfügung. Die Verfasserinnen der Untersuchung vertreten die Meinung, dass insbesondere in der Transformationsphase nicht vom absoluten Primat der Technik ausgegangen werden kann, sondern wirtschaftliche Gesetzmäßigkeiten und Notwendigkeiten stärker in Betracht gezogen werden müssen. Aus der Verlaufsanalyse von Kondratieff-Zyklen ergeben sich bestimmte Gesetzmäßigkeiten. Die erste Phase ist charakterisiert durch den Aufbau neuer Infrastrukturen sowie durch nachlassende Wachstumsimpulse der bestehenden Industriebasis aus den Vorgängerzyklen. In der zweiten Phase dient die aufgebaute Infrastruktur als Grundlage für neue Anwendungen zur Generierung von Wachstum.

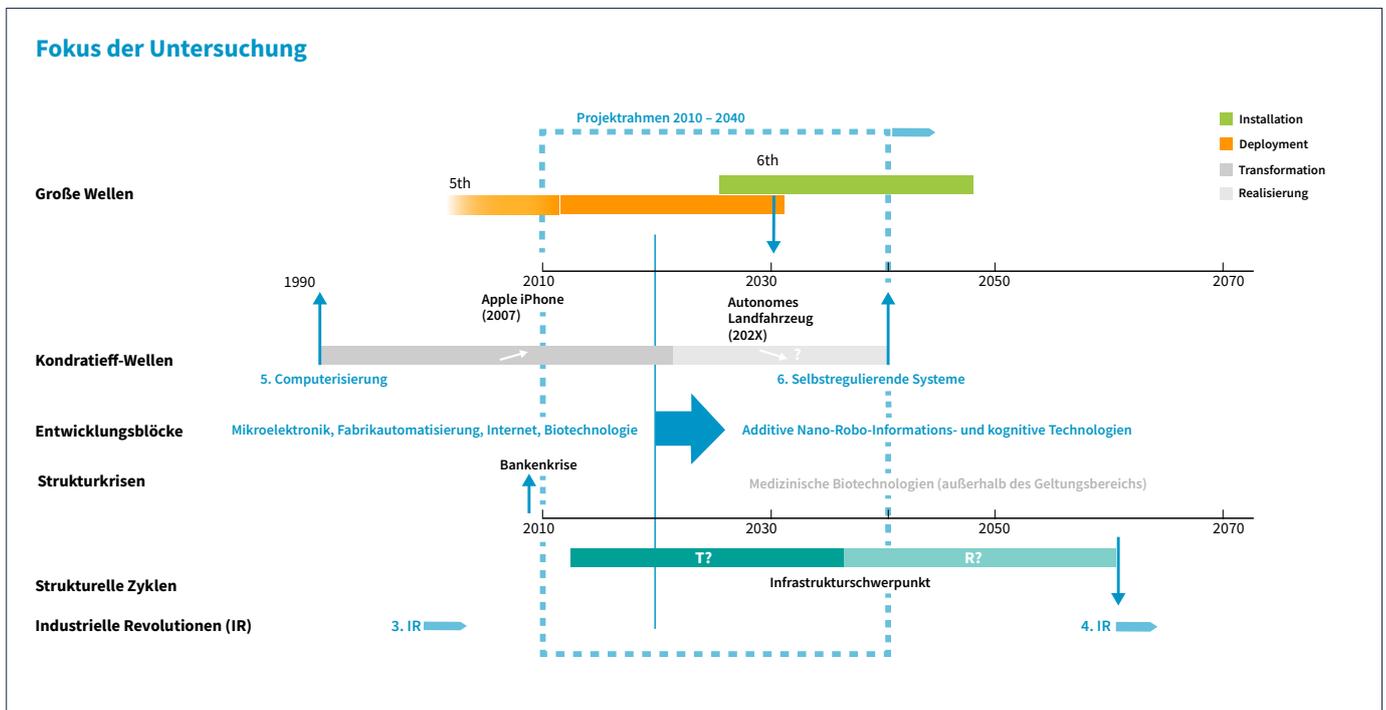


Abbildung 6: Zeitlicher Fokus der Untersuchung auf Basis der Kondratieff-Wellen in Anlehnung an Josef Taalbi

Wir befinden uns derzeit in einer länger andauernden Transformationsphase, also am Anfang des Aufbaus der neuen Infrastruktur (Transport, Energie, Kommunikation, Medizin, Landwirtschaft etc.). Dieser Prozess wird bis weit in die 2030er-Jahre fortbestehen. Alle Indikatoren deuten darauf hin, dass der Effekt dieser Transformation die städtischen Infrastrukturen nachhaltig verändern wird. Durch die enorme Anzahl potenzieller

Nutzer ist mit einer entsprechend großen Nachfrage zu rechnen, die wiederum Investitionen in die Infrastruktur attraktiv macht. Die Autorinnen und Autoren sehen zudem erste Anzeichen für eine 180-Grad-Wende der Wertschöpfungsketten hin zu mehr Wertschöpfung beim Endkonsumenten. Das erfasst alle Lebensbereiche – von der Energieerzeugung bis hin zur Produktion.

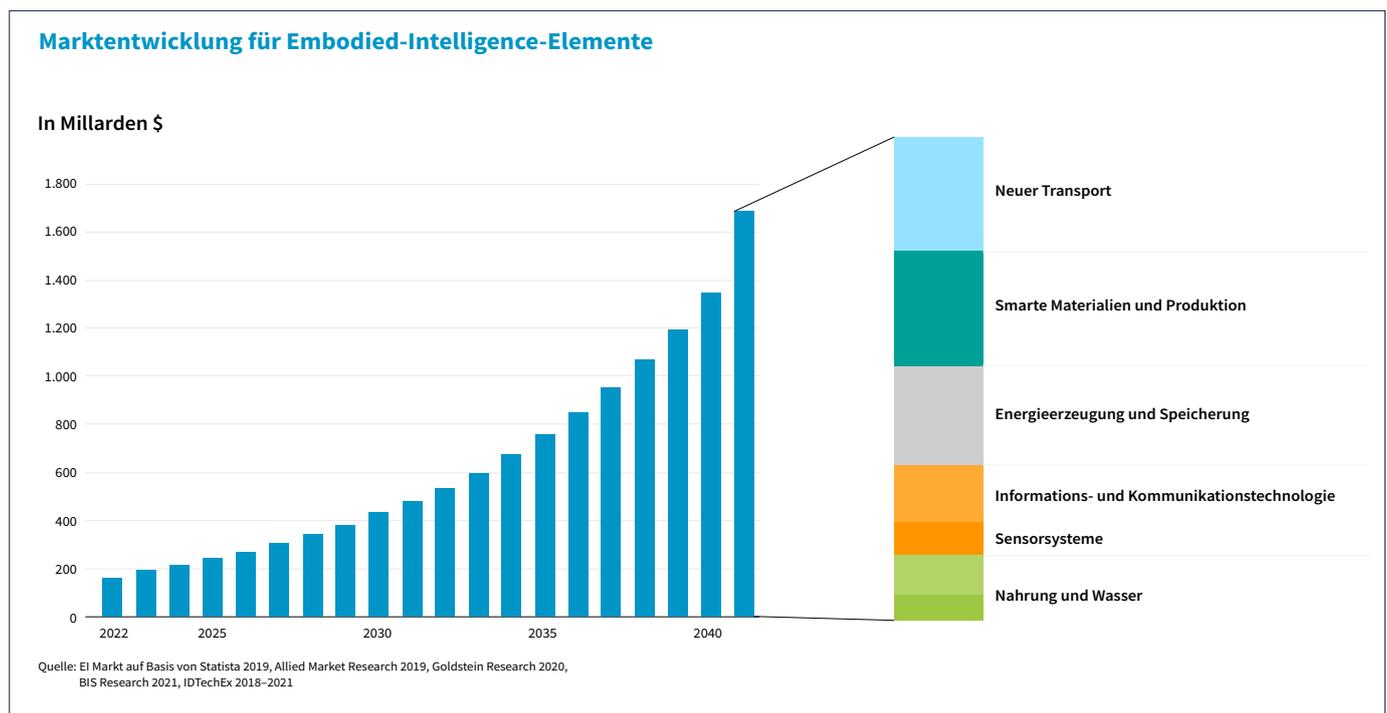


Abbildung 7: Marktentwicklung von Teilbereichen der Embodied Intelligence

# 6 Handlungsempfehlungen

## 6.1 Einschätzung des Status quo

Die digitale Transformation hat alle Bereiche der Wirtschaft und Gesellschaft erfasst und wird das Leben grundlegend verändern. Abläufe beschleunigen sich, es entstehen Innovationen und neue Jobs. Nutzer freuen sich über Verbesserungen, zum Beispiel im Bereich der Mobilität. Auf der anderen Seite schürt die digitale Welt auch Ängste, wenn etwa künstliche Intelligenz in immer mehr Lebensbereiche vordringt. Laut einer Umfrage des Digitalverbands Bitkom<sup>8</sup> befürchten 75 Prozent der Befragten eine stärkere Kontrolle der Beschäftigten durch

KI, fast zwei Drittel (65 Prozent) den Verlust von Arbeitsplätzen. Diesen Befürchtungen entspricht der Wunsch der Bürger nach Sicherheit und Transparenz. Sie wollen die Kontrolle über ihr Leben behalten. Menschen möchten eigenständig entscheiden und aus eigener Kraft überlebensfähig sein. Die Politik muss also klare Voraussetzungen für die digitale Transformation schaffen und dafür einstehen, dass die Wirtschaft – vom Start-up bis zum Großunternehmen – diese nutzbringend einsetzt.

<sup>8</sup>Digitalverband Bitkom (2020), <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Die-Menschen-wollen-KI-und-haben-auch-Angst-vor-ihre>

Der „Digital Transformation Index“ von Dell vergleicht den digitalen Reifegrad von 18 Ländern, Deutschland landet hier mit 56 von 100 Punkten im Mittelfeld. Ein Grund: In der Bundesrepublik gibt es noch einen hohen Anteil an Unternehmen, die zu den sogenannten „Digital Evaluators“ gehören. Dabei handelt es sich um Firmen, die sich nur graduell mit der digitalen Transformation beschäftigen. In anderen Ländern wie den USA, China, Mexiko und Brasilien finden sich dagegen mehr Unternehmen mit gereiften Digitalstrategien. Sie gelten als „Digital Adopters“.<sup>9</sup> Ein weiterer Bericht, der „Digital Riser Report“, betrachtet die digitale Wettbewerbsfähigkeit von 140 Ländern. Hier landet die Bundesrepublik sogar fast ganz am Schluss bei der Betrachtung der G20-Länder. Führend sind China, Saudi-Arabien, Brasilien und Argentinien.<sup>10</sup>

Die Anforderungen an die Gesellschaft und jeden einzelnen Bürger sind hoch. Es ist darum wichtig zu verstehen, warum der Wandel insbesondere in Deutschland so schleppend voranschreitet. Zu diesem Zweck erfolgte eine Selbsteinschätzung über die Chancen, Risiken, Schwächen und Stärken, mit denen im Hinblick auf die digitale Transformation 2.0 zu rechnen ist. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden neben einer umfassenden Literaturrecherche Dialoge mit Entscheidern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft und semi-strukturierte Experteninterviews geführt. Flankiert wurden die Aussagen mithilfe einer Onlineumfrage. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen zu den jeweiligen Punkten zeigt Abbildung 8.

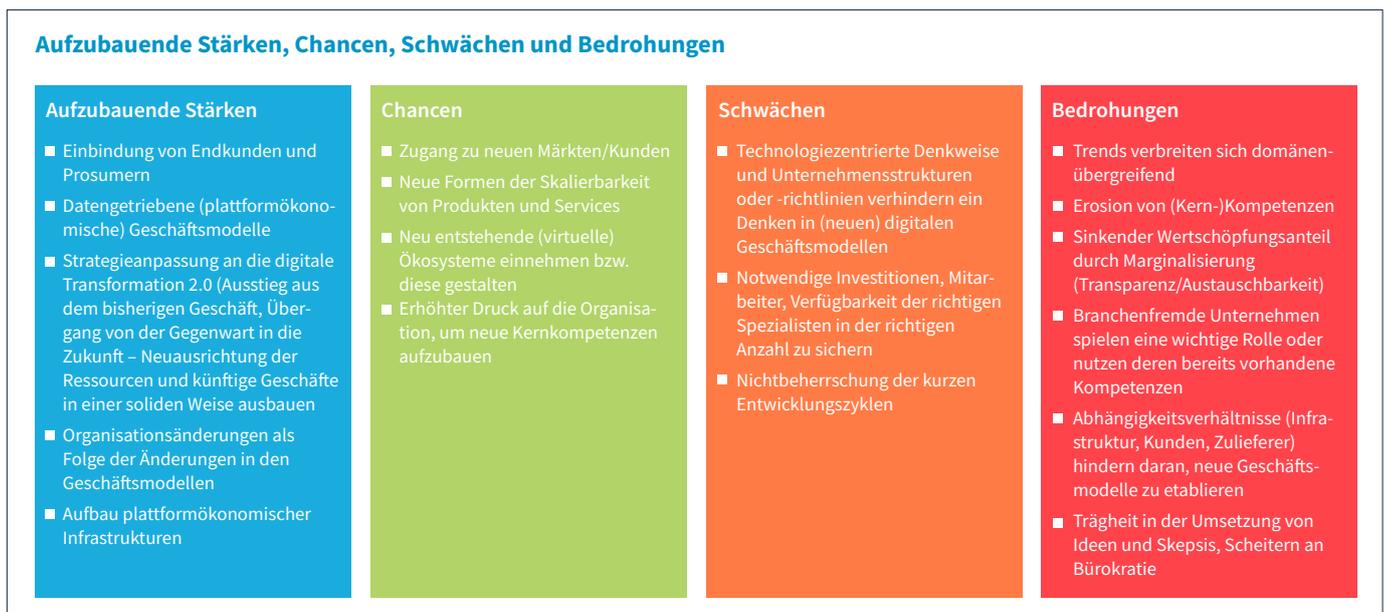


Abbildung 8: SWOT-Matrix mit den wesentlichen Aussagen

Die zentrale Erkenntnis im Vergleich zur gleichen Fragestellung aus der Studie „Digitale Transformation - Wie Informations- und Kommunikationstechnologie etablierte Branchen grundlegend verändern“<sup>11</sup> von 2016 ist, dass in Deutschland der Transformationsprozess in den letzten sechs Jahren kaum Fortschritte gemacht hat. Es scheint

allenthalben an Aufbruchstimmung zu fehlen, es mangelt bereits an der Einsicht der Notwendigkeit für bevorstehende Veränderungsprozesse. Erhaltung und Verwaltung sind die prägenden Verhaltensmuster – gerade auch in der Führungsschicht.

<sup>9</sup>bidt – Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation (2020), <https://www.bidt.digital/digitalisierung-in-unternehmen-im-weltweiten-vergleich-deutschlands-digitaler-reifegrad-im-mittelfeld/>

<sup>10</sup>European Center for Digital Competitiveness: „Digital Riser Report 2021“, [https://digital-competitiveness.eu/wp-content/uploads/Digital\\_Riser\\_Report-2021.pdf](https://digital-competitiveness.eu/wp-content/uploads/Digital_Riser_Report-2021.pdf)

<sup>11</sup>„Digitale Transformation – Wie Informations- und Kommunikationstechnologie etablierte Branchen grundlegend verändern“ (2016), ISBN: 978-3-9818237-0-7, [https://download.fortiss.org/public/digitale\\_transformation/digitale\\_transformation\\_de\\_gesamt.pdf](https://download.fortiss.org/public/digitale_transformation/digitale_transformation_de_gesamt.pdf)

Entwicklungsvergleich der letzten sechs Jahre zur digitalen Transformation

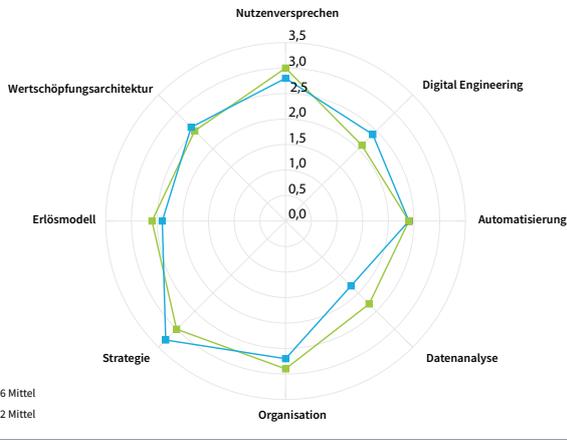


Abbildung 9: Keine nennenswerten Veränderungen bei den Kerngebieten der Digitalisierung seit 2016

Ausgehend von diesen Ergebnissen und Erkenntnissen werden im nächsten Abschnitt grundlegende Empfehlungen für unterschiedliche Gesellschaftsbereiche abgeleitet. Differenziert wird dabei in die Bereiche Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung sowie Politik, die im Anschluss gesondert behandelt werden. Die Handlungsempfehlungen sind so angelegt, dass sie auf die aktuellen Herausforderungen entsprechende Antworten geben können. Hier werden als besonders wichtig die Unabhängigkeit von Energie-, Lebensmittel- und Wasserversorgung, der Klimawandel, die beschleunigte Abwanderung in die Städte und andere Migrationsphänomene sowie das Problem dysfunktionaler nationaler Regierungen erachtet.

## 6.2 Empfehlungen für Politik, Wirtschaft sowie Bildung, Wissenschaft und Forschung

Die Handlungsempfehlungen, die im direkten Zusammenhang mit EI und Plattformökonomie stehen, beziehen sich auf den Zeithorizont dieser Untersuchung. Die Verfassenden sehen in der beschleunigten Urbanisierung, der Migration, dem demografischen Wandel, dem Streben nach Unabhängigkeit von der Energie- und in

Teilen auch der Wasser- und Lebensmittelversorgung, dem Klimawandel und in der Dysfunktionalität von Regierungen die wichtigsten Handlungsfelder bis 2035. Diese lassen sich durch verkörperte Intelligenz und Plattformökonomie besonders gut beeinflussen.

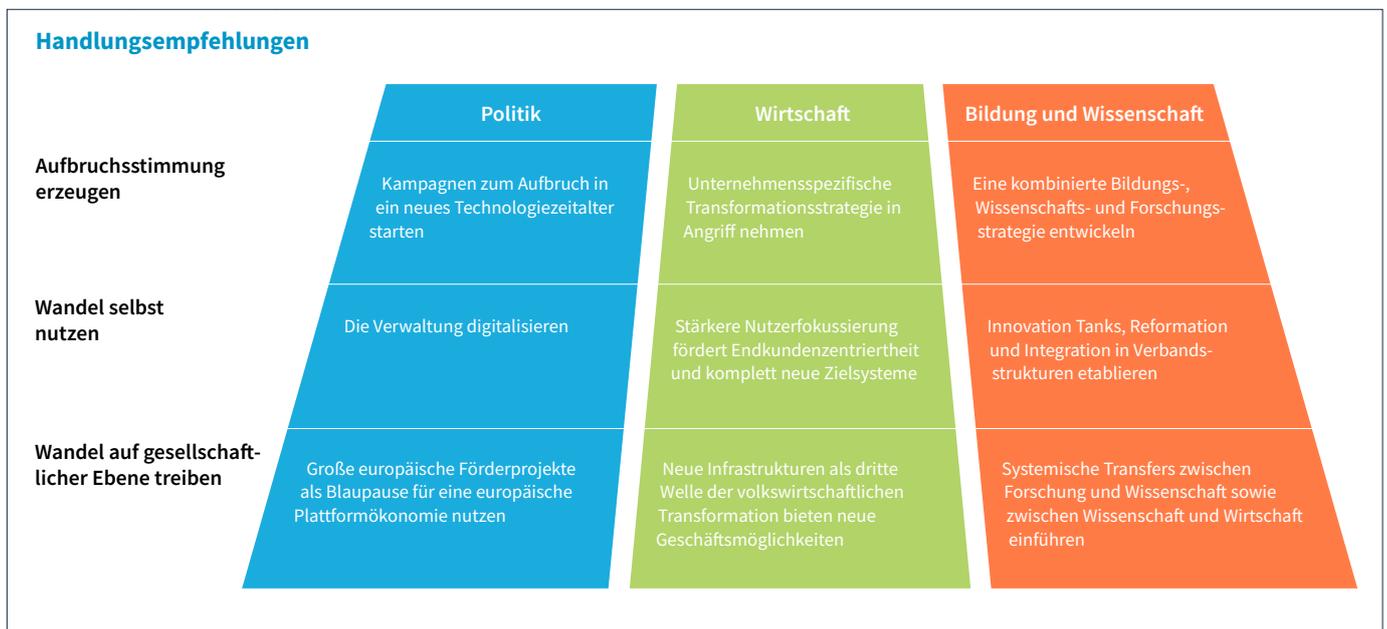


Abbildung 10: Handlungsfelder für Politik, Wirtschaft sowie Bildung und Wissenschaft

## 6.2.1 Empfehlungen an die Politik

Die Politik kann den Wandel hin zu einer zukunftsfähigen Wirtschaftsarchitektur mithilfe von Regulierung, öffentlicher Einkaufspolitik, einer Bündelung aller Kräfte und des Ausbaus der Infrastruktur unterstützen. Eine Grundvoraussetzung ist ein effizientes funktionierendes Staatswesen. Für die vor uns liegenden gesellschaftlich schwierigen Transformationsaufgaben ist nicht nur massive politische Unterstützung, sondern auch eine gewisse staatliche Vorbildwirkung nötig. Die Modernisierung des Staats muss politisch und organisatorisch verantwortungsbewusst vorangetrieben werden und sich an plattformökonomischen Prinzipien orientieren.

### Kampagnen zum Aufbruch in ein neues Technologiezeitalter starten

Die Harmonisierung von Ökologie und Ökonomie durch Verschmelzung eigenständiger Intelligenzen mit hochintegrierten Geräten als potenziellen Nutzern von Plattformökonomien stellt eine einmalige Chance für nachhaltigen Wohlstand dar. Das schlägt sich in einer Minimierung sowohl der Funktionskosten als auch der Transaktionskosten nieder.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen den Aufbruch von Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zu initiieren. Die Bildung segmentübergreifender Allianzen mit Meinungsbildnern und Multiplikatoren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft spielt dabei eine wesentliche Rolle.

Die schon einige Zeit andauernde Transformationsphase, also der Aufbau neuer Infrastrukturen (Transport, Energie, Kommunikation, Medizin, Landwirtschaft etc.), sollte durch die Politik maßgeblich gesteuert werden. Die Rolle der Wirtschaftspolitik und des Staats in der Bereitstellung von virtuellen und physikalischen Infrastrukturen hat heute eine deutlich stärkere Bedeutung als vor 100 Jahren. Auch unterscheiden sich die heutigen Herausforderungen an Infrastrukturinvestitionen wie Digitalisierung und Dekarbonisierung grundlegend. Es bedarf einer Strategie für den Aufbau von Infrastruk-

turen in der Art eines staatlichen „Bebauungsplans“, welcher langfristig (bis 2035) auf Anforderungen von Menschen und Maschinen mit verkörperter Intelligenz ausgerichtet wird. Alle Indikatoren deuten darauf hin, dass der Effekt dieser Transformation zunächst die städtischen Infrastrukturen nachhaltig verändern wird. Durch die enorme Anzahl potenzieller Nutzer ist mit einer entsprechend großen Nachfrage zu rechnen, die wiederum Investitionen in die Infrastruktur attraktiv macht.

Die Autorinnen und Autoren sehen zudem erste Anzeichen für eine Umkehr der Wertschöpfungsketten hin zu mehr Wertschöpfung beim Endkonsumenten. Das erfasst alle Lebensbereiche – von der Energieerzeugung bis hin zur Produktion. Die neuen Infrastrukturen werden anfänglich wenig profitabel sein. Deshalb steht der Staat in der Verantwortung und sollte die eigene Rolle im Sinne der Daseinsvorsorge für den Aufbau und den anfänglichen Betrieb der Infrastrukturen überdenken.

### Die Verwaltung digitalisieren

Die Digitalisierung der Verwaltung kommt in Deutschland nur schleppend voran. Die digitale Transformation muss einen Kulturwandel in der Verwaltung forcieren sowie Agilität und Flexibilität in der Politik stärker auf- und ausbauen – und zwar unabhängig von bestehenden Strukturen und Zuständigkeiten. Es ist wichtig, dass die Verwaltung moderner und effektiver arbeitet. Die Bereitschaft, Prozesse vom Ziel her disruptiv zu denken und nicht nur analoge Prozesse digital umzuwandeln, schafft eine schlankere Verwaltung. Diese kann sich in der Folge auf die wesentlichen Inhalte konzentrieren, anstatt sich in der Komplexität von Formalien zu verzetteln.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen, die Veränderungsbereitschaft der Verwaltung konsequenter einzufordern und umzusetzen. Deutschland braucht mehr innovative Talente im öffentlichen Dienst auf allen Ebenen, um in die „Digitalgeneration“ hineinzuwachsen.

Nicht nur der Bund, sondern auch die Länder sollten ihre Rolle als Treiber für die Anwendung plattformökonomischer Prinzipien und Herausforderer für den Einsatz von auf Embodied Intelligence gerichteten Lösungen an- und wahrnehmen. Die Politik muss die Industrie ständig mit dem Bedarf an neuen Technologien konfrontieren. Das sollte nicht nur durch eigene innovative staatliche Lösungen, sondern auch durch das Ausschreiben von Wettbewerben, die Verleihung von Preisen und die Belohnung für das Erreichen langfristiger Ziele geschehen. Solche Wettbewerbe fördern die Kooperation zwischen Großunternehmen, KMU und wissenschaftlichen Institutionen, was die Bildung besonders produktiver Cluster unterstützt.

### Große europäische Förderprojekte als Blaupause für eine europäische Plattformökonomie nutzen

Hyperscaler und erste hoch technisierte Industrien haben das Rennen um die globale Marktführerschaft der Embodied Intelligence in Produkten und Produktionsprozessen erkannt und mit der Umsetzung begonnen. Sie konzentrieren sich kompromisslos auf Plattform-

ökonomie und genießen dadurch hohes Investorenvertrauen. Europa muss seine strategischen Fähigkeiten und Kompetenzen zu einem großen Ganzen zusammenführen, um den Anschluss an den globalen Wettbewerb nicht zu verlieren.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen, einen grundlegenden europäischen Ansatz zu verfolgen, aber auch kritisch zu hinterfragen und zu bewerten. Virtuelle Infrastrukturen benötigen ein klares Ziel und eine langfristige Vision, die auch die hoheitlichen Aufgaben hinsichtlich einer digitalisierten Verwaltung beinhaltet. Der Aufbau der virtuellen Infrastruktur für ein führendes Plattform-ökosystem könnte von einer europäischen Betreiber-gesellschaft auf Basis der überarbeiteten Prinzipien erfolgen. Beispiele dafür sind etwa der Ansatz von Gaia-X oder das 6G-Flagship-Programm. Dafür sind eine klare Zielsetzung und Vision zu etablieren, die nicht nur versuchen, bestehende Infrastrukturen und Industrien zu digitalisieren, sondern die vielmehr in die Zukunft weisen und eine Basis für die Plattformökonomie darstellen. Dadurch könnte sich Europa mit einer eigenen Plattform von der übermäßigen Abhängigkeit der vorhandenen Hyperscaler entkoppeln.

## 6.2.2 Empfehlungen an die Wirtschaft

Im aktuellen Umfeld großer und stetig wachsender digitaler Unternehmen wie Google, Amazon oder Apple auf der einen und dem wachsenden Ökosystem von Start-ups auf der anderen Seite sollten die Firmen und ihre Führungskräfte jedoch ihren eigenen Weg einschlagen. Der disruptive Wandel stellt die Wirtschaft vor große Herausforderungen. Das Hauptproblem ist, die Notwendigkeit dieses Wandels zu erkennen. Viele Betriebe verschließen aber noch die Augen davor, und die Verantwortlichen in deutschen Unternehmen begreifen die Funktionsweise plattformökonomischer Systeme noch nicht. Hierbei handelt es sich um nutzerbasierte und meist indirekte Geschäftsspielarten. Es wird zu wenig in diese neuen Formen der Profitabilität investiert. Dagegen helfen nur Aufklärung und Wissensbildung. Zudem ist es notwendig, dass die Akteure in allen Unternehmensbereichen (auch in ihrer Struktur) wirken können.

Andernfalls wird das Bestreben des Wandels an den konventionellen Denkweisen, die in klassischen Unternehmen vorherrschen, scheitern.

Etablierte Märkte verschwinden und komplett neue übernehmen deren Funktion. Firmen sollten mehr Mut zur Veränderung hin zu neuen Märkten und Kunden aufbringen, und zwar insbesondere auch Endkundenmärkte adressieren. Das Hinterfragen des eigenen Standpunkts ist eine schwierige Aufgabe in den immer noch stark hierarchischen Strukturen deutscher Unternehmen. Das gesamte Wissen einer Firma sollte transparent gemacht werden. Führungskräfte können ihren Mitarbeitern Vorbild sein und sie ermutigen, ihre Ideen einzubringen und diese dann auch couragiert umzusetzen. Deutschland braucht eine Kultur des Muts und der Verantwortung.

## Unternehmensspezifische Transformationsstrategie in Angriff nehmen

Die globale Pandemie hat den Bedarf für eine Transformationsstrategie beschleunigt, da die Märkte immer disruptiver werden und schnelle Entscheidungen auf der Grundlage strukturierter, zukunftsorientierter Analysen erfordern. Die verantwortlichen Manager müssen jetzt handeln und ihre unternehmensspezifische Transformationsstrategie in Angriff nehmen. Ein Teil des Problems mit dem Begriff „digitale Transformation“ besteht darin, dass sich jeder etwas anderes darunter vorstellt. Führungskräfte glauben oft, dass die digitale Transformation mit der Technologie beginnt, während die Gründe dafür erst später diskutiert werden. Dieser Ansatz geht die Probleme in der falschen Reihenfolge an. Für eine erfolgreiche digitale Transformation ist es unabdingbar, zunächst die geschäftsfähigen und zukunftsrelevanten Nutzerbedürfnisse und Ziele zu identifizieren und auf dieser Basis eine Strategie zu entwickeln. Bei einer digitalen Transformationsstrategie handelt es sich um einen detaillierten, breit angelegten Plan, der darlegt, wie ein Unternehmen die bedeutenden Herausforderungen, die durch die Verschmelzung der physischen, digitalen und menschlichen Welt entstehen, bewältigen kann. Die Entwicklung eines Fahrplans für die kurz-, mittel- und langfristige digitale Transformation, der sich an den geschäftlichen Gegebenheiten und nicht an der Technologie orientiert, bildet die wichtigste Grundlage. Die Autorinnen und Autoren empfehlen daher, die Herausforderungen der digitalen Transformation anzunehmen. Das gelingt durch die Schulung der Mitarbeiter und Führungskräfte im Umgang mit dem Wandel. Das Ziel besteht darin, eine neue Kultur zu etablieren, die den Menschen in den Mittelpunkt stellt. Das Verständnis für den Wandel und die im Unternehmen entwickelte Transformationsstrategie müssen alle Beteiligten verinnerlichen. Voraussetzung dafür ist ein strukturierter Strategieprozess und eine nachhaltige Kommunikationsstrategie nach innen und außen. Zu den Kernelementen zählen das Verständnis der Plattformökonomie und mögliche geschäftliche Implikationen der Embodied Intelligence.

## Stärkere Nutzerfokussierung fördert Endkunden-zentriertheit und komplett neue Zielsysteme

Unternehmen müssen neue Zielsysteme entwickeln. Als Schlüsselement bei der Entscheidungsfindung in der Welt der Cloud (Software as a Service oder Serviceprovider) gilt die Datenanalyse. Für Firmen zählt es zum Pflichtprogramm, grundlegende Prozesse zu implementieren, um angemessene KPIs regelmäßig zu verwalten und überwachen zu können.

Beispielhaft folgen hier vier KPIs<sup>12</sup>, die jeder künftig erfolgreiche Unternehmer kennen sollte – egal, ob es sich um einen Serviceprovider, einen Systemintegrator, der auf Cloud-Services umsteigt, oder einen etablierten Hosting-Anbieter handelt. Diese KPIs unterscheiden sich insbesondere im Zielsystem und sind nutzerzentriert:

- E-Commerce-KPIs: Lebenslanger Kundenwert (CLV), Prozentsatz der Wiederholungskäufe, Anzahl von Käufern pro Monat
- SaaS-KPIs: Kundenbindung, Interaktionen mit Kunden, Anzahl der bezahlten Nutzer
- Media-KPIs: Gestreamte Stunden insgesamt, durchschnittlicher Umsatz pro User (ARPU), verwendete Zeit zum Zuhören
- Tech-KPIs: Anzahl der durchgeführten Aktionen pro Nutzer, täglich aktive User (DAUs), monatlich aktive Nutzer (MAUs)

Die Autorinnen und Autoren empfehlen, dass der Nutzer als Akteur in einem plattformbasierten Ökosystem stärker in den Vordergrund rückt. Es sollten seine Bedürfnisse und Wünsche in den Mittelpunkt gestellt und in der weiteren Nutzerbeziehung angepasst werden. Hierfür müssen alte Zielvorstellungen und -systeme komplett überarbeitet und KPIs neu ausgerichtet werden.

## Neue Infrastrukturen als dritte Welle der volkswirtschaftlichen Transformation bieten neue Geschäftsmöglichkeiten

Der Infrastrukturumbau adressiert in erster Linie städtische Funktionen. Hierzu gehören Transport, Elektri-

<sup>12</sup> Cardillo, Anthony: „How To Find Your North Star Metric (80+ Examples)“, Finmark Metrics & Reporting (2021), <https://finmark.com/north-star-metric/>

tätsproduktion, neue IKT sowie neue Materialien und Produktionsverfahren. Vorrichtungen zur Erzeugung von Solar-, Wind- und Wasserkraft in den Städten reduzieren die Bedeutung weit entfernter Kraftwerke und deren Anbindung über Stromnetze. Der Abbau von Kohle, Öl und Gas und die damit verbundenen langen Transportwege werden minimiert. Städte verbrauchen somit bei ihrem Wachstum weniger Fläche im Umland und gewinnen mehr Autarkie.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen, von den Pionieren zu lernen. Tesla wird gerne als Elektroautohersteller verstanden, sieht sich selbst aber als Infrastrukturanbieter. Der Konzern ist ein Energieunternehmen und tritt durch ein riesiges weltweites Netz an Ladestationen als Versorger von Elektrofahrzeugen auf. Gleichzeitig beliefert das Unternehmen Haushalte mit Energieerzeu-

gungs- und Energiespeichertechnologien, um den Markt der Energiewirtschaft zu revolutionieren. Tesla ist aber auch einer der modernsten Telekommunikationsanbieter, der mithilfe eigener Weltraumtechnologie satellitenbasierte Kommunikationsinfrastruktur aufbaut und für den Endverbraucher und für Maschinen mit verkörperter Intelligenz entsprechende Kommunikationsdienstleistungen anbietet. Und diese neuen Maschinen mit verkörperter Intelligenz wiederum werden zunehmend selbst Infrastruktur sein und entsprechende Mobilitäts-services anbieten.

Der deutsche Mittelstand sollte das Thema neue städtische Energieinfrastrukturen in Angriff nehmen und diese mit Wasser- und Abwassertransport sowie Lösungen des 6G- beziehungsweise 7G-Mobilfunkstandards kombinieren.

## 6.2.3 Empfehlungen an Bildung, Wissenschaft und Forschung

Trotz kontinuierlich gewachsener Budgets stagniert im internationalen Vergleich die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit. Zwar liegen die großen deutschen Forschungsorganisationen mit ihren Veröffentlichungen inzwischen regelmäßig auf den vorderen Listenplätzen, und auch bei der Vergabe der Nobelpreise rücken Wissenschaftler aus Deutschland wiederholt in die engere Wahl. Dennoch marschieren andere Nationen mit ihren Wissenschaftseinrichtungen in der internationalen Wahrnehmung besonders dynamisch voran. Hierzulande bremst das System zu oft jene aus, die ein Ökosystem für disruptive Forschung, innovative Lehre und dazu passende Strukturen installieren wollen.<sup>13</sup> Dazu zählen auch Möglichkeiten, die Ergebnisse der Forschung nachhaltig zu verwenden und weiterzuentwickeln, wobei das Konzept der Inkubatoren und Acceleratoren ein aussichtsreiches Instrument darstellt, um aus dem universitären Umfeld gezielt Ausgründungen zu unterstützen.<sup>14</sup>

Die künftigen Entwicklungen und der Trend zu EI-Systemen, die immer autonomer mit den Menschen und deren Infrastrukturen interagieren, stellen die Bereiche Bildung, Wissenschaft und Forschung vor große Herausforderungen. Die Forschung muss sich auf die Grundlagen für neue Material- und Entwicklungsverfahren konzentrieren, während die Wissenschaft bestehende Technologien und Ansätze bis hin zu deren Nutzung weiterentwickelt. Die Bildung muss die nächsten Generationen auf die Herausforderungen vorbereiten. Entsprechende Handlungsfelder werden im Folgenden für die Bereiche Bildung, Wissenschaft und Forschung aufgezeigt. Diese richten sich besonders an Hochschulen, Forschungseinrichtungen sowie Lehrer und Auszubildende. Auch bereits bestehende Verbandsstrukturen, die sich sowohl mit strategischen als auch mit inhaltlichen Belangen beschäftigen, sind angesprochen.

<sup>13</sup>Baumann, Michael; Hofmann, Thomas; Sack, Norbert; Schütte, Georg: „Ein Weckruf für die deutsche Wissenschaft“, jmwiarda Online (2021), <https://www.jmwiarda.de/2021/12/07/ein-weckruf-f%C3%BCr-die-deutsche-wissenschaft/>

<sup>14</sup>Zinke, Guido; Dr. Ferdinand, Jan-Peter; Groß, Wolfram; Möring, Janik Linus; Nögel, Lukas; Petzolt, Stefan; Richter, Stefan; Robeck, Martin Simon; Dr. Wessels, Jan: „Trends in der Unterstützungslandschaft“, BMWi (2018), <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/trends-in-der-unterstuetzungslandschaft-von-start-ups.html>

## Eine kombinierte Bildungs-, Wissenschafts- und Forschungsstrategie entwickeln

Die Strategie sollte sich am Mindset von Plattformökonomie und EI-Systemen orientieren und unterschiedliche Themenkomplexe adressieren. Generell sollte die digitale Bildung deutlich früher ansetzen. Hierbei spielt neben der Nutzung ein verantwortungsvoller und zielgerichteter Umgang mit den Werkzeugen und den Medien selbst eine wichtige Rolle, um nicht nur Medienkompetenz, sondern eine Digitalkompetenz aufzubauen und weiterzuentwickeln. Dazu gehören auch Fähigkeiten auf den Gebieten der Algorithmik, der Softwareentwicklung und der Programmierung. Außerdem ist eine Anpassung der Inhalte eng gekoppelt an die intensive Weiterbildung der Wissensvermittler sowie den Ausbau und die Weiterentwicklung der Bildungseinrichtungen und -infrastrukturen. Insgesamt muss das Bildungssystem sich darauf konzentrieren, Generalisten hervorzubringen, die in der Lage sind, unterschiedliche Gebiete zu kombinieren und auszubilden.

In den wissenschaftlichen Bereichen und höheren Bildungsebenen gilt es, einen Zusammenhang zwischen Theorie, existierenden Lösungen und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis herzustellen. Dabei müssen die Verantwortlichen die Anwendungsorientierung, die wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten und die rechtlichen Aspekte im Auge behalten. Gerade die anwendungsorientierte Forschung sollte sich stärker auf den Nutzen konzentrieren und nicht nur technische Lösungen entwickeln, denn auch die sozialen und wirtschaftlichen Wechselwirkungen verdienen Aufmerksamkeit.

Im Zusammenhang mit EI-Systemen müssen aber auch einige Grundlagen erforscht und deren Potenzial zur Hochintegration identifiziert, verstanden und bewertet werden. Hier gibt es sowohl bei der Hardware als auch bei der Software entsprechende Forschungsbedarfe. Eine solche Strategie sollte den Transformationsprozess beinhalten, der sich an den Prinzipien der Plattformökonomie (Minimierung der Transaktionskosten) in Kombination mit EI-Systemen (Minimierung der Funktionskosten) orientiert.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen, eine gemeinsame Vision für die Bildungs-, Wissenschafts- und Forschungsstrategie unter Berücksichtigung der genannten Punkte zu entwickeln. Bildung muss näher an den Bedarf aus Wissenschaft und Wirtschaft rücken. Die Wissensvermittler auf allen Ebenen benötigen nicht nur pädagogische und didaktische Weiterbildung, sondern sie müssen auch im Umgang mit verfügbaren Technologien fit sein. Es ist essenziell, Interdisziplinarität zu fördern und einzufordern, sodass ein domänenübergreifendes Verständnis entsteht: Geistes-, Sozial-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften sind mit Naturwissenschaften zu verbinden und in Zusammenhang zu stellen.

## Innovationtanks, Reformation und Integration in Verbandsstrukturen etablieren

EI und Plattformökosysteme müssen aus wissenschaftlicher Sicht sozial, wirtschaftlich, rechtlich und technisch in interdisziplinäre Innovationtanks einfließen. In diesen sollten auch entsprechende Vertreter aus Gesellschaft, Wirtschaft und Politik sitzen. Innovationtanks unterstützen die Projektträger sowie die jeweilige Begleitforschung in der Gestaltung und Durchführung von Forschungsstrategien, -ausschreibungen und -projekten. Für die Bewertungen und Zwischenevaluierungen sollten sie Verantwortung tragen. Ergänzend hierzu müssen auf universitärer Ebene interdisziplinäre Exzellenz-Cluster wachsen, um die Anforderungen der jeweiligen Disziplin in der Breite abzubilden. Das Thema Hochintegration spielt für die Entwicklung von EI-Infrastrukturen eine zentrale Rolle, besonders die Bereiche Energie, neue Werkstoffe und Materialien sowie autonome Transportsysteme in Kombination mit Informations- und Kommunikationstechnologien.

Von Bedeutung ist, dass die wissenschaftlichen Institute und Organisationen enger mit Verbänden und Vereinen zusammenarbeiten und über Ergebnisse, Ziele und die Umsetzung informieren sowie deren Netzwerke für die Verbreitung nutzen. Dabei muss verstärkt die wirtschaftliche Anwendbarkeit und rechtliche Machbarkeit Berücksichtigung finden. Während der interdisziplinäre Charakter im Mittelpunkt steht, müssen im Vorfeld klare

Anforderungen und Bewertungskriterien für die künftigen Herausforderungen bei EI-Systemen in Verbindung mit der Plattformökonomie identifiziert und von den Innovationtanks bewertet und priorisiert werden.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen den Aufbau interdisziplinärer Innovationtanks in Kooperation mit Verbänden, die den Bund und die Länder bei Forschungsausschreibungen und deren Begleitung unterstützen und in die Bewertung leistungs- und ergebnisorientierter Forschungs- und Förderprogramme involviert sind. Innovationtanks sollten eine zentrale Rolle im Rahmen von aufzubauenden Exzellenz-Clustern einnehmen. Die jeweiligen Cluster adressieren die in der Untersuchung erläuterten Themenkomplexe wie die Entwicklung und Absicherung robuster und vertrauensvoller EI-Systeme oder Materialwissenschaften mit Potenzialen zur Hochintegration.

### **Systemische Transfers zwischen Forschung und Wissenschaft sowie zwischen Wissenschaft und Wirtschaft einführen**

Auf Entwicklungen und strukturelle Veränderungen muss der Bildungsbereich mit entsprechenden iterativen Anpassungen von technologielastrichen Themengebieten bei der Umsetzung der Bildungsstrategie reagieren. Die Bildungseinrichtungen müssen frühzeitig die Voraussetzungen dafür schaffen, die richtigen Fachkräfte hervorzubringen und die erforderlichen Kompetenzen in Wirtschaft und Wissenschaft zu transferieren. Das Anwerben von Fachkräften aus dem Ausland ist keine dauerhafte Lösung, wichtiger ist eine regelmäßige Anpassung der Inhalte und Infrastrukturen für die Ausbildung. Es empfiehlt sich der Aufbau einer ergebnisoffenen Grundlagenforschung (Themen), deren Ergebnisse bewertet und priorisiert werden. Im Rahmen von wettbewerbsähnlichen Strukturen können diese von der Wissenschaft aufgenommen und weiterentwickelt werden. Virtuelle Infrastrukturen und die Ansätze der Plattformökonomie helfen bei der Veröffentlichung entsprechender Wettbewerbsprogramme, der Akquise von Investoren und bei der Vermarktung der Ergebnisse.

Inkubatoren und Acceleratoren müssen neben dem Coaching, der Prüfung von Geschäftsideen auf Marktfähigkeit und Skalierbarkeit sowie der Vernetzung mit Investorennetzwerken auch rechtliche Unterstützung anbieten sowie die sozialen oder gesellschaftlichen Auswirkungen abschätzen können. Die Etablierung einer leistungs- und ergebnisorientierten Forschungs- und Förderlandschaft mit nachhaltiger Ergebnisverwertung muss auf den Weg gebracht werden. Bei Förderprojekten ist es besonders wichtig, dass diese neben der reinen technischen Umsetzung auch die Punkte Wirtschaftlichkeit, Geschäftsmodellentwicklung, rechtliche Rahmenbedingungen und gesellschaftliche Folgeabschätzungen berücksichtigen, um eine nachhaltigere Nutzbarkeit der Ergebnisse zu erreichen. Die teilweise ungenutzten Ergebnisse aus Förderprojekten sind im Rahmen universitätsnaher Verwertungsgesellschaften und der Prinzipien der Plattformökonomie verfügbar und nutzbar zu machen. Die Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen muss hierfür gegebenenfalls eingefordert werden. Für die wirtschaftliche Nutzung von in Universitäten und Hochschulen entstandenen Patenten müssen geeignete Konzepte und Verwertungsstrategien entwickelt werden. Die Ergebnisse der Grundlagenforschung sind durch geeignete Innovationtanks und Inkubatoren zu bewerten und sollten in zukunftsweisende Förderprogramme münden, die sowohl kurzfristige Ergebnisse einfordern als auch langfristige Strategien erkennbar abbilden.

Die Autorinnen und Autoren empfehlen, dass sich die Akteure aus Wissenschaft und Forschung in Teilen auf eine leistungsorientierte Forschungsstruktur einstellen. Es gilt, Verwertungs- und Transferkonzepte in interdisziplinären Konsortien zu erarbeiten und auch die gesellschaftlichen, sozialen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte abzubilden. Zudem müssen gerade in den technischen Bereichen die Grundzüge von Unternehmertum und Rechtsverständnis integriert beziehungsweise die Sozial-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften an Technologiethemen herangeführt werden. Das Konzept der Acceleratoren und Inkubatoren kann dabei zu einer interdisziplinären Verwertungs- und Transferinfrastruktur aufgebaut werden.