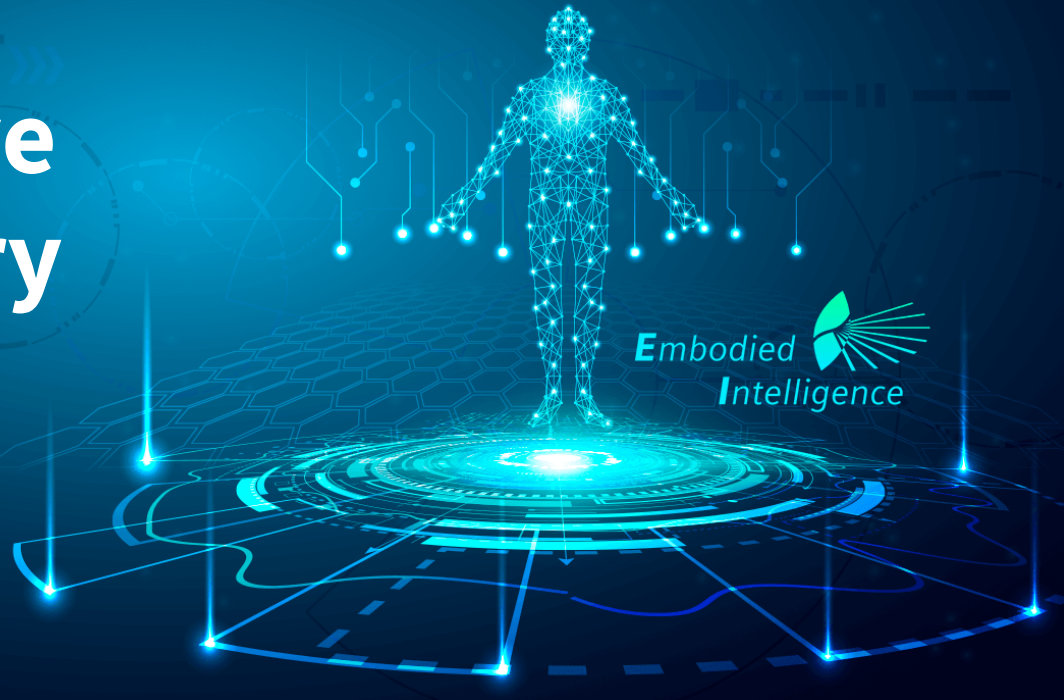


# Executive Summary



## Embodied Intelligence: Motor der digitalen Transformation 2.0

Die Digitalisierung ist ein hochdynamischer Prozess. Sie führt über die digitale Transformation in eine völlig neue Dimension der Wirtschaftsarchitektur. Eine geeignete Definition des Begriffs „digitale Transformation“ stammt von Cheng Gong und Vincent Ribiere<sup>1</sup> und wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ergänzt und weiterentwickelt. Es handelt sich dabei maßgeblich um eine Erweiterung von Maschinen durch verkörperte Intelligenz, die neben dem Menschen als Nutzer von digitalen Plattformen auftreten. Doch was sind Maschinen mit verkörperter Intelligenz und warum spielen sie eine so wichtige Rolle? Die Kurzdefinition lautet: Systeme, die autonom agieren und in Zukunft in intelligenter Weise auf ihre Umwelt reagieren. Dies optimal zu gewährleisten ist die Aufgabe der verkörperten Intelligenz.<sup>2</sup> Dabei bewirkt ein Wechselspiel von dynamischen Interaktionen einen Informationsfluss zwischen Aktoren, Sensoren und künstlicher Intelligenz,

bei dem das Embodiment entscheidende Grenzen setzt, sowohl für die sensorischen Signale wie auch für die motorischen Aktivitäten. Aus zufällig generierten Bewegungen wird so nach und nach ein zielgerichtetes Verhalten. Es handelt sich um Gebilde, die mit geringem oder ganz ohne menschliches Eingreifen funktionieren.

Heutzutage gibt es viele sogenannte sich selbst regulierende Systeme um uns herum, etwa künstliche Erdsatelliten, Flugzeuge ohne menschliche Piloten oder Navigationsgeräte, die Autofahrern die Route vorgeben. Ein weiteres gutes Beispiel sind lebenserhaltende Systeme, etwa medizinische Beatmungsgeräte oder Kunstherzen. Sie können eine Reihe von Parametern kontrollieren, die am besten geeignete Betriebsart wählen und kritische Situationen erkennen. Ferner existieren Programme, die den Wert von Aktien und anderen Wertpapieren einschät-

<sup>1</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>

<sup>2</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)

zen, auf Preisänderungen reagieren, Aktien kaufen und verkaufen, Tausende von Transaktionen an einem Tag durchführen und Gewinne optimieren. Heutige selbstregulierende Systeme sind technische und informationstechnische Netzwerke in Form von Robotern oder Computerprogrammen. Systeme dieser Art agieren immer autonomer und bewältigen immer komplexere Aufgaben, basieren aber meist noch nicht auf verkörperter Intelligenz. Maschinen mit verkörperter Intelligenz sind hingegen stark weiterentwickelt – im Sinne von selbstregulierend und stark autonom. Man kann erste Ansätze davon bereits heute beobachten, aber sie werden sich erst in der Zukunft massenhaft in noch viel ausgereifteren Formen durchsetzen.

Dies ist aus Sicht der Autorinnen und Autoren dieser Untersuchung mittelfristig die zentrale Basisinnovation des nächsten Kondratieff-Zyklus.<sup>3</sup> Es wird eine wirt-

schaftliche Architektur vorgeschlagen, die sich aus dem schwierigen Umfeld der Transformation heraus in Richtung Purpose-Ökonomie orientiert. Die Kombination aus minimalen Transaktionskosten der Plattformökonomie und geringen Funktionskosten resultierend aus dem vermehrten Einsatz von Maschinen mit verkörperter Intelligenz führt zu einer optimalen, ganzheitlichen Ressourceneffizienz. Dieser ökonomische Rahmen kann helfen, einen klaren Unternehmenszweck zu definieren und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Er stellt eine gute Basis für eine ökologische und ökonomische Neuausrichtung der Unternehmensstrategie dar. Dies bedeutet grundsätzlich für alle Märkte, dass ein Großteil der aktuellen Wertschöpfung obsolet wird, ohne dass es Einbußen bei der Funktionalität für den Endkunden gibt. Im Gegenteil: Es wird zu einer Explosion an Funktionalität für den Endkunden führen, ohne maßgeblich mehr Ressourcen zu benötigen.

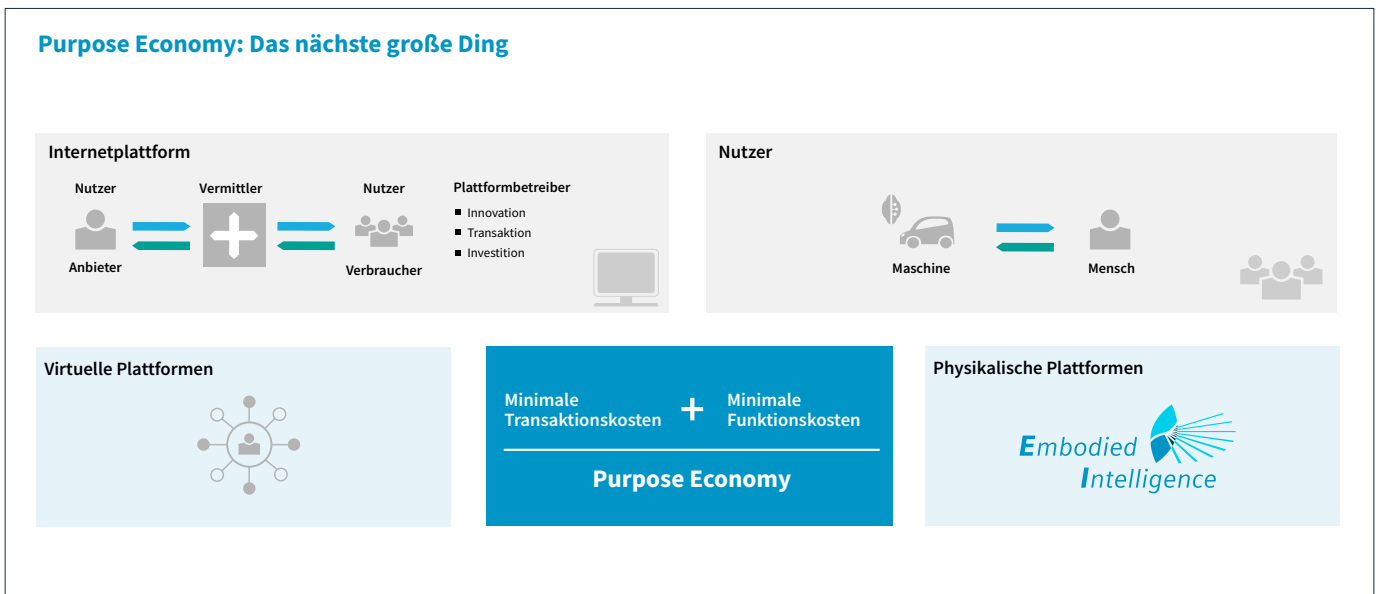


Abbildung 1: Plattformökonomie und Embodied Intelligence sind Enabler für die Purpose Economy

Der hier beschriebene ökonomische Ansatz wird dazu führen, neue Infrastrukturen aufzubauen. Insbesondere die Kommunikations- und Energienetze werden mittelfristig die stärksten Veränderungen erfahren. Die Umstellung des globalen Energiesektors von fossilen Energieträgern auf kohlenstofffreie Energie bis zur zweiten

Hälfte des 21. Jahrhunderts wird die Entwicklung hin zu einer neuen Form von Maschinen mit verkörperter Intelligenz beschleunigen. Bei der sogenannten Energie- wende steht die Notwendigkeit im Mittelpunkt, die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, um den Klimawandel zu begrenzen. Die Dekarbonisierung des

<sup>3</sup>Bernard, Lucas et al.: „Time Scales and Mechanisms of Economic Cycles: A Review of Theories of Long Waves“, Political Economy Research Institute, University of Massachusetts Amherst, Workingpaper Series No. 337 (December 2013), S. 2, [https://peri.umass.edu/fileadmin/pdf/working\\_papers/working\\_papers\\_301-350/WP337.pdf](https://peri.umass.edu/fileadmin/pdf/working_papers/working_papers_301-350/WP337.pdf)

Energiesektors erfordert dringend Maßnahmen auf globaler Ebene. Obwohl die globale Energiewende bereits seit über 20 Jahren im Gange ist, sind jedoch noch viele weitere Maßnahmen erforderlich, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern und die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern. Die Autoren sehen in der Verbindung von verkörperter Intelligenz mit erneuerbaren Energien und in der Nutzung der Plattformökonomie zur Energieeffizienzsteigerung zentrale Hebel für die erforderliche Kohlenstoffreduzierung. Maschinen mit verkörperter Intelligenz sind die essenziellen Treiber für eine erhebliche Verringerung des Energie- und Ressourcenverbrauchs.

Plattformökonomie ist ein Begriff, der den wirtschaftlichen Ansatz der derzeit wertvollsten Unternehmen der Welt charakterisiert: Anstelle von herkömmlichen Produkten bieten sie plattformbasierte Dienste an. Plattformen agieren typischerweise über eine Kerntransaktion.

Sie bestimmt die Art und Weise, wie Produzenten und Konsumenten Werte schaffen und konsumieren. Die Kerntransaktion besteht aus einer Reihe von Handlungen, die die Nutzer durchführen, um über die Plattform Werte auszutauschen; sie bildet das Fundament jedes Plattformgeschäfts. Letztlich setzt sich die Kerntransaktion in jeder Plattform aus den Vorgängen Erzeugen, Verbinden, Konsumieren und Kompensieren zusammen. Nur mit diesen Aktionen gelingt es einer Plattform, Transaktionen erfolgreich abzuwickeln. Gemeinsam bieten sie den Nutzern eine wiederholbare Möglichkeit zum Austausch von Werten. In der digitalen Wirtschaft zeigt sich dies in der Internetökonomie insbesondere in Form starker Netzeffekte und in Skalenerträgen. Wenn der erwartete Nutzen eines Produkts oder eines Dienstes mit steigender Nutzerzahl zunimmt, wird das als direkter Netzeffekt bezeichnet. Direkte Netzeffekte positiver Art treten vor allem bei Internetplattformen auf.

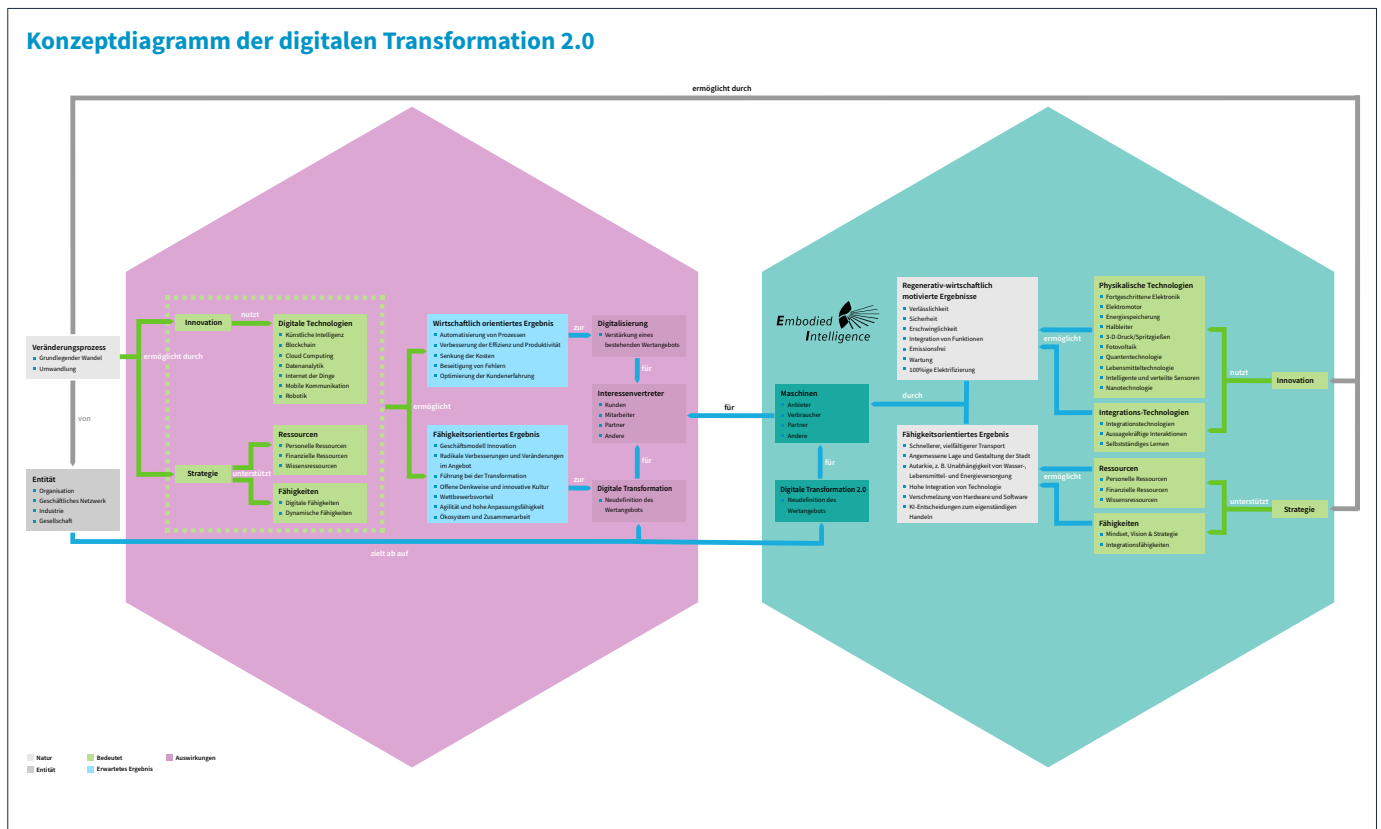


Abbildung 2: Konzeptdiagramm der digitalen Transformation 2.0 mit einem Auszug an erforderlichen Technologien, Ressourcen und Fähigkeiten<sup>4</sup>

<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>

Stringente Nutzerorientierung führt zu einem völlig neuen Zielsystem der Plattformökonomie und unterscheidet sich fundamental von traditionellen Marktformen. Die Plattformökonomie bildet – vereinfacht formuliert – die ökonomische Grundlage der digitalen Transformation. Plattformen haben sich in nahezu jedem Anwendungsgebiet (beispielsweise Mobilität, Handel, Fertigung oder Gesundheitswesen) etabliert, wobei Marktführer ihre eigenen Plattformen aufbauen und eine Vernetzung zu fremden Plattformen realisieren. Die digitale Transformation setzt zukünftig die ökonomischen Maßstäbe, an der sich alle weiteren Transformationsansätze orientieren werden. Das Aufkommen der Plattformökonomie im Sinne intelligenter Dienstleistungsplattformen stellt etablierte Dienstleistungskonzepte infrage und verändert sie. Nutzer werden in Zukunft hauptsächlich die Endkon-

sumenten sowie Maschinen mit verkörperter Intelligenz sein, die in der Lage sind, autonom Dienste auf einer Plattform anzubieten. Die neuen Maschinentypen bauen stark auf dem Prinzip der Hochintegration auf und lösen damit das aktuell vorherrschende Prinzip der Vernetzung ab. Die Autorinnen und Autoren sind davon überzeugt, dass es durch die räumliche Nähe von Sensoren und Aktoren in Verbindung mit künstlicher Intelligenz zu einem höheren Funktionsnutzen kommt. Kommunikation spielt dabei immer noch eine sehr zentrale Rolle, ihre Form und die grundsätzlichen Anforderungen können sich aber stark von aktuellen Lösungen unterscheiden. Neue physikalische Ansätze und ihre Fähigkeit, Hochintegration zu unterstützen, werden die Treiber der technischen Veränderungen in den kommenden Jahren sein.