

OCCASIONAL PAPER – No. 02/2024

Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie und das Metaverse

– German industrial competitiveness and the metaverse

*Ein White Paper von **Hosuk Lee-Makiyama** und **Robin Baker**,
Director und Economist von ECIPE.*

ZUSAMMENFASSUNG

Das Metaverse ist die nächste Stufe des Internets, das virtuelle 3D-Umgebungen schafft, in denen virtuelle Erlebnisse mithilfe von erweiterter Realität durchgeführt werden können.

Die Innovationen der Industrie 4.0 im Metaverse werden im Mittelpunkt des deutschen Produktivitätswachstums stehen.

Es geht nicht nur um Headsets und virtuelle Spiele, sondern auch um die zunehmende Verbindung des Metaverses mit anderen fortschrittlichen Technologien wie Künstlicher Intelligenz (KI), dem Internet der Dinge (IoT), Automatisierung und Blockchain. Insgesamt werden diese Innovationen im Rahmen der Industrie 4.0 im nächsten Jahrzehnt eine entscheidende Rolle im Produktivitätswachstum Deutschlands spielen.

Sowohl der Internationale Währungsfonds (IWF) als auch die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) prognostizieren, dass Deutschland im Jahr 2023 im Vergleich zu anderen führenden Volkswirtschaften weltweit am schlechtesten abschneiden wird. Neben den jüngsten Schocks wird die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands kontinuierlich durch strukturelle Faktoren wie „steigende Arbeitskosten und mangelnde Digitalisierung“ (Arnold, 2023) untergraben.

In Zeiten eines stagnierenden Wachstums bieten immersive Technologien vielversprechende Möglichkeiten. Die wirtschaftliche Dimension der neuen digitalen Strategie sollte sich daher auf drei einfache „I“ konzentrieren: Immersivität, Industrielle Produktivität und Internationalisierung deutscher Technologien.

Das Metaverse treibt insbesondere Produktivitätssteigerungen in verschiedenen Sektoren wie dem verarbeitenden Gewerbe, dem Maschinenbau, den Finanzdienstleistungen und dem Einzelhandel voran. Es könnte das deutsche BIP bis 2035 um 71 Milliarden Euro erhöhen.

Immersive Technologien und intelligente Fabriken haben nicht nur das Potenzial, die Produktivität bestehender Betriebe zu steigern, sondern ermöglichen auch die Rückverlagerung profitabler Aktivitäten in die deutsche Wirtschaft, besonders in den Bereichen Technologie und Ingenieurwesen.

Die negativen Auswirkungen der verzögerten Einführung in Deutschland werden durch den weltweiten Wettbewerb mit den USA und China hervorgerufen: In der Automobilindustrie würde dies zu einem Rückgang von 10 % bei den Exporten führen.

Allerdings sind diese wirtschaftlichen Gewinne nicht selbstverständlich. Wenn immersiven Technologien keine Beachtung geschenkt wird, könnte das erhebliche Auswirkungen auf die verbleibenden Wettbewerbsvorteile Deutschlands haben. Wenn die deutsche Automobilindustrie beispielsweise das Metaverse und digitale Zwillinge verspätet einführt, könnte dies zu einem Exportverlust von 10 % führen, was mehr als 12 Mrd. Euro pro Jahr entspricht.

Die Kosten einer verzögerten Einführung werden durch den aktuellen globalen Wettbewerb nur weiter verschärft. US-Unternehmen können auf eine lange Erfolgsbilanz bei der Integration von Internetprodukten in

die Industrie verweisen, während China und seine eigenen Technologiegiganten strategische Initiativen entwickeln, um aus dem Metaverse Kapital zu schlagen.

Obwohl sich das Metaverse noch in der Entwicklungsphase befindet, präsentieren Unternehmen bereits eine Vielzahl von kommerziellen Partnerschaften und innovativen Anwendungsfällen. Deutsche Unternehmen wie Siemens nehmen eine führende Rolle bei digitalen Zwillingen ein, die es Automobilherstellern und anderen Produzenten ermöglichen, ihre physischen Anlagen in virtuellen Welten nachzubilden und Echtzeitdaten sowie Simulationen zu nutzen, um ihre Abläufe zu optimieren.

In der Versicherungsbranche erleichtern dieselben digitalen Zwillinge das Underwriting und beschleunigen die Schadensabwicklung durch Fernüberwachung. In der Medizintechnik und im Gesundheitswesen ermöglicht ein Metaverse aus Medizintechnik und KI (MeTAI) die Verfeinerung von KI-basierten medizinischen Verfahren. Das repräsentiert die Zukunft der medizinischen Bildgebungstechnologie, Diagnose und Therapie.

Letztlich ist das Metaverse eine industrielle Technologie, die grundlegende Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands hat. Die strategische Förderung von Innovation und Übernahme stellt eine Chance dar, um besser mit der chinesischen und US-amerikanischen Produktion zu konkurrieren. Deshalb sollte Deutschland:

1. Eine digitale Strategie verabschieden, die die EU-Strategie widerspiegelt und die zentrale Bedeutung des Metaverses berücksichtigt, insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen auf Industrie 4.0.
2. Die allgemeine Finanzierungslücke im Technologiebereich schließen, und Bundesmittel auf die Kommerzialisierung deutscher Technologien lenken, die für das Metaverse entscheidend sind (wie Optik, IoT, microLED und EDGE). Anreize für Investitionen schaffen und die Einführung von Technologien der digitalen Zwillinge fördern, um die Produktivität des Mittelstands und des verarbeitenden Gewerbes zu steigern.
3. Die nationale und EU-Standardsetzung intensivieren. Die deutsche Industrie soll sich verstärkt in internationalen Standardisierungsorganisationen (SDOs) engagieren, um den Einfluss Deutschlands und der EU zu vergrößern.
4. Sich dafür einsetzen, Zölle und andere Handelshemmnisse beim Export deutscher Technologien zu beseitigen, die für den Aufbau des Metaverses unerlässlich sind.
5. Immersive Technologien in den Lehrplan von Ingenieurs- und Technik-Studiengängen aufnehmen, um die deutsche Industrie schnell weiterzuqualifizieren.
6. Die Annahme der Europäischen Kommission anzuerkennen, dass alle bestehenden EU- und deutschen Gesetze zum Schutz von Verbrauchern, schutzbedürftigen Gruppen und personenbezogener Daten bereits für das Metaverse gelten. Ein separates „Metaverse-Gesetz“ könnte bestehende Rechte verwässern oder ihnen widersprechen.

SUMMARY

The metaverse is the next iteration of the internet as an immersive, 3D, virtual, shared world where activities can be carried out with the help of extended reality services.

Industrie 4.0 innovations in the metaverse will be at the centre of German productivity growth.

But it is much more than headsets and virtual games. The metaverse is increasingly conceptualised in tandem with other advanced technologies, including AI, IoT, automation, and blockchain. Combined, these Industrie 4.0 innovations will be at the centre of German productivity growth over the next decade.

The IMF and the OECD both expect Germany to be the worst-performing leading economy in the world in 2023. Beyond recent shocks, German competitiveness is being "steadily eroded" by structural factors like "rising labour costs and a lack of digitisation" (Arnold, 2023).

In this context of sclerotic growth, immersive technologies show much promise. The economic dimension of the new Digital Strategy should be guided by three simple "I's" – immersive, industrial productivity, and internationalisation of German technologies.

Specifically, the metaverse is driving productivity gains in manufacturing, engineering, financial services and retail – it could add €71 billion to German GDP by 2035. As well as enhancing the productivity of existing operations, immersive technologies and smart factories can enable the reshoring of profitable activities back to the German economy, particularly in technology and engineering.

But these economic gains are not inevitable. Neglecting immersive technologies would have a significant effect on Germany's remaining competitive advantages. For example, late adoption of the metaverse and digital twins by the German auto industry would lead to a 10% loss in exports, equating to more than €12 billion each year.

Cost of late adoption for Germany is underscored by global competition from the US and China: In the auto industry, it would lead to 10% loss in exports.

The costs of late adoption are only underscored by the current salience of global competition. US firms have a strong track record of successfully integrating internet products into industry, while China and its own technology giants are developing strategic initiatives to capitalise on the metaverse.

While much of the metaverse remains under development, companies are already showcasing a range of commercial partnerships and innovative use cases. German companies like Siemens are at the forefront of digital twins which allow automakers and other manufactures to replicate their physical facilities in virtual worlds, drawing on real-time data and simulations to optimise their operations.

In insurance, the same digital twins are facilitating underwriting and expedited claims via remote monitoring. Meanwhile, in medical devices and healthcare, a metaverse of medical technology and AI (MeTAI) is facilitating the refinement of AI-based medical practices. This is the future of medical imaging technology, diagnosis, and therapy.

Ultimately, the metaverse is an industrial technology that has a fundamental impact on German competitiveness. The strategic promotion of innovation and adoption represents an opportunity to better compete with Chinese and US manufacturing. This is why Germany should:

1. Adopt a Digital Strategy that mirrors EU strategy by carefully considering the centrality of metaverse, especially given in its impact on Industrie 4.0
2. Address the overall funding gap for technology while directing federal funding towards commercialisation of German technologies that are critical for the metaverse (such as optics, IoT, microLED, and EDGE). Incentivise investments and roll-out of digital twin technologies to boost Mittelstand and manufacturing sector productivity.
3. Intensify national and EU standard-setting work. Boost German industry participation in international SDOs to extend German and EU influence.
4. Advocate for the removal of tariffs and other trade barriers against the export of German technologies that are essential for building the metaverse.
5. Incorporate immersive technologies into the curriculum of engineering and technical degrees to rapidly upskill the German industry.
6. Acknowledge the assumption of the European Commission that all existing EU and German laws that protect consumers, vulnerable groups and personal data already apply to the metaverse. Therefore, a separate "Metaverse act" might dilute or contradict existing rights online.

DAS METAVERSE IST ENTSCHEIDEND FÜR DIE DEUTSCHE INDUSTRIE

Was genau ist das industrielle Metaverse?

Die genaue Definition des Metaverses wird noch diskutiert, aber es kann als eine Reihe digitaler Räume betrachtet werden, die immersive 3D-Erlebnisse bieten, miteinander verbunden sind und durch AR/VR-Technologien betrieben werden (McKinsey, 2022).

Technisch gesehen werden die genaue Form und das volle Potenzial dieses sich entwickelnden Ökosystems erst mit der Weiterentwicklung der zugrundeliegenden Komponenten und Governance-Protokolle deutlicher. Insgesamt setzt sich das Metaverse aus drei verschiedenen Ebenen zusammen:

- **Hardware, Protokolle und Standards.** Dazu gehören Netzwerkinfrastruktur zur Ermöglichung von Konnektivität, Datenhosting und -übertragung sowie multisensorische Peripheriegeräte wie Headsets, Brillen und Handschuhe.
- **Plattformen und Netzwerke,** auf denen Produkte wie Avatar-Accessoires, virtuelle Geschichtsstunden und digitale Zwillingfabriken erstellt und vermarktet werden.
- **Erlebnisse,** die es Endbenutzern ermöglichen, sich in Fertigungsvisualisierungen, Echtzeit-Supply-Chain-Simulationen und 3D-Bildgebung-gesteuerte medizinische Diagnosen und Therapie zu vertiefen.

Das Metaverse wird immer mehr als die nächste Stufe der Web-Entwicklung anerkannt und in Verbindung mit anderen fortschrittlichen Technologien der nächsten Generation betrachtet. Dazu gehören fortschrittliche Netzwerke, das Internet der Dinge (IoT), Blockchain und nicht fungible Tokens (NFTs) sowie künstliche Intelligenz (KI).

Das Metaverse wird als die nächste Evolution des Internets anerkannt und findet zunehmend Einzug in die deutsche Industrie.

Zum Beispiel beschreibt ein Bericht der **Arbeitsgruppe Plattform Industrie 4.0** (2023), wie das Metaverse zunehmend Einzug in die deutsche Industrie findet. Es gibt keine Grenzen für die vielfältigen industriellen Simulationen mit virtueller Modellproduktion, Wartungs- und Logistikprozessen oder die Ermöglichung von Immersionslernen. Dies wird einen dringend benötigten Anstieg der Effizienz und Produktivität in Deutschland durch "vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten für digitale Zwillinge, virtuelles Design, erweiterte Realität und Smart Contracts" bieten.

Reale Objekte, Dienstleistungen oder Prozesse werden genau nachgebildet, wobei Materialeigenschaften durch das Internet der Dinge (IoT) und Messtechnologien detailliert reproduziert werden können. Im Zusammenspiel mit dem Metaverse werden diese Innovationen der Industrie 4.0 im Fokus von intelligenten Fabriken stehen und das Produktivitätswachstum in fortgeschrittenen Volkswirtschaften in den nächsten Jahren und darüber hinaus antreiben.

Das wirtschaftliche Potenzial von immersiven Technologien

Der Internationale Währungsfonds (IWF) und die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) prognostizieren, dass Deutschland im Jahr 2023 die schwächste Performance unter den führenden Weltwirtschaften zeigen wird. Deutschland hat besonders unter Energieinflation und einem weltweiten Rückgang in der Fertigung gelitten, wobei diese Unterperformance bereits seit 2017 erkennbar ist. Strukturelle Faktoren wie „steigende Arbeitskosten“ und „Mangel an Digitalisierung“ (Arnold, 2023) setzen kontinuierlich die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands herab.

In diesem Kontext der Stagnation kann das Metaverse die Gesamtproduktivität steigern und gemeinsam mit bestehenden industriellen Stärken in Fertigung, Einzelhandel, Finanzdienstleistungen und den Wissenschaften das Wachstum vorantreiben. Nach einigen Branchenschätzungen könnte das Metaverse bis zum Jahr 2035 71 Milliarden Euro zum deutschen Bruttoinlandsprodukt (BIP) beitragen (Meta, 2023).

Ein durchschnittlicher Arbeitnehmer, der im Metaverse tätig sein kann, erzielt 12 % höhere Einnahmen als ein Arbeitnehmer, der dies nicht kann. Im Fall eines deutschen Industriearbeiters dürfte dieser Unterschied wahrscheinlich noch größer sein.

Neben der Steigerung der Produktivität bestehender Operationen in Deutschland können das Metaverse und andere Technologien im Rahmen von Industrie 4.0 die Rückverlagerung profitabler Arbeitsplätze und Tätigkeiten aus dem Ausland erleichtern. Aufgrund unterschiedlicher Arbeitskosten hängt die finanzielle Rentabilität lokaler Investitionen in der Fertigung oft davon ab, dass deutsche Mitarbeiter in vielen Fällen produktiver sind als ihre Kollegen an kostengünstigen Standorten. Umfragedaten deuten darauf hin, dass Anwender von intelligenten Fabriken eine erhöhte Arbeitsproduktivität von bis zu 12 % genießen (Deloitte, 2019).

Mit anderen Worten: Ein durchschnittlicher metaverse-fähiger Arbeitnehmer erzielt 12 % höhere Einnahmen als ein Arbeitnehmer, der nicht von derselben Technologie profitiert. Die Produktivitätsprämie für deutsche Industrie Arbeitnehmer ist wahrscheinlich viel höher.

Die Umgestaltung von Betriebsabläufen kann äußerst komplex sein, und einige Initiativen haben mit Herausforderungen zu kämpfen. Ein Beispiel dafür ist die „Speedfactory“ von **Adidas** in Ansbach, die 2016 eröffnet wurde und nur vier Jahre später schloss. Die Produktion wurde näher an Lieferanten in China und Vietnam verlagert (Ziady, 2019). Trotz solcher Rückschläge gibt es auch Erfolgsgeschichten. **Sennheiser** hat modernste Fertigungstechnologien genutzt, um einen Teil seiner Produktion von China nach Europa zurückzuverlagern. Ähnliche Initiativen werden durch den sinkenden Anteil menschlicher Arbeit am Wertschöpfungsprozess immer realisierbarer (fDi Intelligence, 2019). Wissenschaftliche Forschung zeigt, dass die Rückverlagerung in deutschen Schlüsselbereichen wie fortschrittlichem Maschinenbau, Pharmazie und Automobilindustrie besonders erfolgreich ist (Kolev & Obst, 2022).

Ungenutztes Potenzial für die deutsche Industrie

Die wirtschaftlichen Gewinne, die mit dem Metaverse verbunden sind, sind nicht automatisch garantiert. Vielmehr hängen sie von der strategischen Entwicklung eines lebendigen Ökosystems ab, das eine hohe Rate technologischer Übernahme in der gesamten Wirtschaft ermöglicht.

Die Bundesregierung beginnt, das Potenzial des Metaverses zu erkennen. Das **BMDV** engagiert sich mit XR-Experten, um Deutschland zum „besten Standort für neue Technologien“ zu machen (BMDV, 2023).

An anderer Stelle unterstützt das **BMWK** die Ersteller von Inhalten und startet einen neuen dreijährigen dualen Berufs- und Ausbildungsstudiengang zur Gestaltung immersiver Medien (BMWK, 2023; Takahashi, 2023).

Auf EU-Ebene hat die **Europäische Kommission** eine neue Strategie zu Web 4.0 und virtuellen Welten verabschiedet. Diese hebt das Metaverse als einen wichtigen Treiber des technologischen Wandels hervor und schafft eine nahtlos vernetzte, intelligente und immersive Welt.

Es gibt auch Mängel in den bestehenden Strategien. Die „Zukunftsstrategie“ der Bundesregierung (unter der Leitung des **BMBF**) hat das Potenzial von immersiven Technologien nicht ausreichend berücksichtigt, und es bleibt abzuwarten, ob immersive Technologien angemessene Anerkennung in der bevorstehenden „Digitalen Strategie“ erhalten werden (Deutscher Bundestag, 2023).

Deutschland hat zweifellos Stärken, darunter eine gut ausgebaute Netzwerkinfrastruktur, führende Positionen im Bereich des Internets der Dinge (IoT), Produzenten digitaler Inhalte und fortschrittliche Hersteller, die bereits begonnen haben, immersive Technologien zu nutzen.

Deutsche Technologieunternehmen sind unterfinanziert, während nur 19 % der Bevölkerung «über grundlegende» digitale Fähigkeiten verfügen - im Vergleich zum EU-Durchschnitt von 26 %.

Um das volle Potenzial des Metaverses zu realisieren, muss Deutschland seine Stärken pflegen und gleichzeitig seine Schwächen angemessen angehen. Ein langjähriges Problem besteht im Mangel an Risikokapital für die Entwicklung europäischer Technologie-Start-ups. Während französische Technologieunternehmen mittlerweile mehr Kapital sammeln als ihre deutschen Kollegen - und sogar aggressiv um 63 % zwischen 2021 und 2022 wachsen - verzeichnete die Finanzierung deutscher Tech-Unternehmen im gleichen Zeitraum einen Rückgang um 20 % (EY, 2022). Dies beeinträchtigt weiterhin die Aussichten für die Entwicklung lokaler Ökosysteme.

Zusätzlich besteht in Deutschland ein Fachkräftemangel, besonders in den Bereichen Digitalisierung und Nachhaltigkeit (WEF, 2022). Zum Beispiel verfügen lediglich 49 % der deutschen Bevölkerung über „zumindest grundlegende“ digitale Kenntnisse, im Vergleich zum EU-Durchschnitt von 54 % (Europäische Kommission, 2022). Darüber hinaus verfügen nur 19 % der deutschen Bevölkerung „über grundlegende“ digitale Fähigkeiten, verglichen mit einem EU-weiten Durchschnitt von 26 %.

Dies stellt eine Herausforderung für die industrielle Übernahme dar, da europäische Unternehmen den Widerstand der Mitarbeiter gegenüber XR-Lösungen als bedeutende Hürde für erfolgreiche Implementierungsinitiativen melden (Cottureau, 2021).

Die späte Einführung schadet der industriellen Wettbewerbsfähigkeit

Der Preis für die Nicht-Einführung immersiver Technologien wäre erheblich. Kommerzielle Konkurrenten setzen bereits auf das Metaverse und komplementäre Werkzeuge, um erhebliche Produktivitätsgewinne zu erzielen. Wenn deutsche Unternehmen nicht mithalten können, bedrohen die relativen Kosten der Nichtanwendung die verbleibenden Wettbewerbsvorteile. Dies gilt insbesondere für preiselastische Exportmärkte.

Um die potenziellen Kosten der Vernachlässigung von immersiven Technologien zu veranschaulichen, werden vorläufige Daten aus der Automobilproduktion betrachtet. Nach Branchenschätzungen ist die Einführung von Digital Twin-Technologie mit einer Steigerung der Gewinnmargen um 54 % verbunden (Challenge Advisory, 2019). Unter der Annahme, dass die durchschnittlichen Margen in der Branche langfristig konstant bleiben, können wir die ad-valorem-äquivalenten Kosten der Nichteinführung des Metaverses abschätzen. Diese werden dann in einer Importnachfrage-Gleichung mit länderspezifischen Elastizitäten modelliert, um die potenziellen Auswirkungen auf die deutschen Autoexporte zu berechnen. Eine vollständige Beschreibung der Methodik findet sich im Anhang. Die zusammenfassenden Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die späte Einführung des Metaverses und digitaler Zwillinge in der Automobilproduktion führt zu einem Rückgang der Exporte um 10 % und Verlusten von 12 Milliarden Euro pro Jahr.

Wie zu beobachten ist, sind die hypothetischen Kosten einer verzögerten Annahme des Metaverses erheblich. Ein relativer Anstieg des Preises für deutsche Autos würde zu einem Rückgang der weltweiten Exporte um schätzungsweise fast 10 % führen. Dies entspricht mehr als 12 Milliarden Euro pro Jahr.

Neben dem Rückgang der Exporte wären auch die Auswirkungen auf die Unternehmensgewinne schwerwiegender, da die Gewinnspannen auf den Überseemärkten in der Regel höher sind. Außerdem würden die deutschen Hersteller wahrscheinlich einen erheblichen Anteil ihres Inlandsmarkts an einem Zustrom relativ günstiger Importe verlieren.

TABELLE 1: DIE KOSTEN DER VERZÖGERTEN ANNAHME DES METAVERSE FÜR DEUTSCHE AUTO-EXPORTE

Exportmarkt	Aktuelle Auto-Exporte in Milliarden Euro	Geschätzte Veränderung der deutschen Auto-Exporte in %	Geschätzte Veränderung der Auto-Exporte in Milliarden Euro
USA	22.4	-9.47	-1.9
China	18.3	-9.75	-1.6
Vereinigtes Königreich	10.9	-9.39	-0.9
Frankreich	7.8	-9.72	-0.7
Italien	7.4	-9.58	-0.6
Republik Korea	6.5	-9.37	-0.6
Niederlande	5.6	-9.42	-0.5
Belgien	5.1	-9.38	-0.4
Schweiz	4.4	-9.39	-0.4
Spanien	4.0	-9.45	-0.4
Gesamtverluste bei den deutschen Auto-Exporten	Generiert derzeit 139,3 Milliarden Euro an Exporteinnahmen für die deutsche Wirtschaft.	-9,9 % Verlust an Exporten aufgrund der verzögerten Annahme des Metaverses und digitaler Zwillinge	Verlust von 12,5 Milliarden Euro an Exporten aufgrund der verzögerten Annahme des Metaverses und digitaler Zwillinge

Quelle: Eigene Analyse auf der Grundlage von berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodellen unter Verwendung von Annahmen von Challenge Advisory, EU Eurostat und Branchen-Jahresberichten.

China stellt die deutsche Führungsposition in Frage

Die Bedeutung einer erfolgreichen Strategie zur Förderung des Metaverses und anderer Technologien der Industrie 4.0 wird durch die aktuelle Bedeutung der Geopolitik nur unterstrichen. Es ist kein Zufall, dass die Verbreitung von digitalen Technologien der ersten Generation mit einer Vertiefung der Produktivitätslücke zwischen den USA und Europa zusammenfällt (ITIF, 2014). In den USA haben Führungskräfte des privaten und öffentlichen Sektors ein Verständnis für die Bedeutung von wichtigen technologischen Fortschritten, einschließlich des Metaverses. Daher legen sie weiterhin großen Wert auf dessen Integration in die langfristige Unternehmensstrategie (Accenture, 2022).

China ist der führende Beitraggeber für die ITU Metaverse-Gruppe; und hat seine eigene strategische Vision zur Führung der Entwicklung von immersiven Technologien.

Andererseits hat die chinesische Regierung die Bedeutung des Metaverses für die Aufrechterhaltung der globalen Wettbewerbsfähigkeit erkannt. Zum Beispiel hat das chinesische Ministerium für Industrie und Informationstechnologie (MIIT) einen Plan zur Entwicklung von XR veröffentlicht, wobei der Schwerpunkt auf industriellen Anwendungen in Bereichen wie der Fertigung liegt. Konkret zielt der Plan darauf ab, "Backbone Unternehmen", Pilotstädte und Industrieparks zu fördern, um die industrielle Integration von XR-Technologien zu demonstrieren.

Parallel zur skizzierten Industriepolitik hat China einen maßgeblichen Beitrag zur Metaverse-Arbeitsgruppe der ITU geleistet – dem wichtigsten Forum zur Festlegung von Standards für ein immersives Internet. Chinas wichtigste Mobilfunkbetreiber haben zudem das Metaverse-Industriekomitee gegründet, um Innovationen und Synergien zwischen den Erbauern virtueller Welten zu stärken. Inzwischen haben auch chinesische Technologieunternehmen wie Alibaba, Baidu, NetEase und Bytedance ihre eigenen Initiativen für virtuelle Welten angekündigt (Europäische Kommission, 2023).

Mit anderen Worten: China mobilisiert bereits seine Industriepolitik und den diplomatischen Einfluss, um Deutschland die derzeitige Führungsposition im industriellen Metaverses herauszufordern. Da kommerzielle und geopolitische Rivalen beginnen, die Produktivitätsgewinne, die mit dem immersiven Internet verbunden sind, zu nutzen. Es ist daher unerlässlich, dass Deutschland die EU zu einer offensiven Agenda führt, um eine Stagnation zu vermeiden und bestehende Wettbewerbsvorteile auszubauen.

DER AUFBAU DES METAVERSE IST EINE CHANCE FÜR DIE INDUSTRIE

Grundlagentechnologien ermöglichen bereits innovative Anwendungsfälle in der gesamten Wirtschaft. Allerdings werden weitere Fortschritte bei ausgewählten Komponenten notwendig sein, um das wahre Potenzial des Metaverses auszuschöpfen und das Produktivitätswachstum zu maximieren.

Hardware, Protokolle und Normen

Allgegenwärtige Hochgeschwindigkeitsnetze sind unerlässlich für die Echtzeit Kommunikation, Datenströme und nahtlose Interaktionen in virtuellen Räumen. Der Großteil der XR-Inhalte wird über Festnetze konsumiert. Als eine einmalige Investition, unterstützen die bestehenden Glasfasernetze bereits Geschwindigkeiten von 2,4 Gigabit pro Sekunde und Latenzen von weniger als 20 ms, wobei mit zukünftigen Upgrades zu rechnen ist, die Geschwindigkeiten von bis zu 50 Gigabit pro Sekunde auf derselben zugrunde liegenden Glasfaser unterstützen werden (Salvadori & Martin, 2023). Für Mobilfunknetze können 5G Geschwindigkeiten von bis zu 1 Gigabit pro Sekunde unterstützen. Einfach ausgedrückt, die bestehende Netzarchitektur hat reichlich Potenzial, um die Nachfrage nach dem Metaverse und anderen Internetdiensten für die nächsten Jahrzehnte zu decken.

Deutsche Hersteller nutzen bereits IoT-Geräte mit immersiven Technologien für verbesserte Überwachung, Diagnose und Simulationen.

Aufbauend auf einer hochwertigen Netzinfrastruktur wird das Metaverse zusätzliche Rechenleistung erfordern (Carlini, 2022). Fortschritte im Cloud Computing sind für die Verarbeitungskapazität und die Speicherung notwendig, während Edge Computing Anwendungen und Daten näher an den Endnutzer verlagern wird, um ein nahtloses Erlebnis zu ermöglichen. Auf längere Sicht könnten Hochleistungsrechner (HPC) und Quantencomputer erforderlich sein, um immer realistischere Interaktionen, Simulationen und Renderings zu unterstützen (Europäische Kommission, 2023).

Vernetzte Geräte haben in den letzten Jahren spektakuläre Fortschritte gemacht. Vor allem Headsets und intelligente Brillen haben beeindruckende Verbesserungen in der Verarbeitungs- und Sensortechnologie gezeigt. Zwar gibt es noch kleinere Probleme, aber diese Geräte ermöglichen bereits eindrucksvolle 3D-Erlebnisse. Haptische Technologien haben ebenfalls Fortschritte gemacht, von Warnsignalen und Vibrationen bis hin zur Nachahmung des Gefühls von natürlichen Materialien und Interaktionen (Haseltine, 2023). Allerdings sind Handschuhe und andere Wearables nach wie vor auf experimentelle Anwendungsfälle beschränkt, wobei technische Beschränkungen eine Masseneinführung verhindern.

Neben persönlichen Geräten erweist sich das Internet der Dinge (IoT) als zentrales Mittel des Metaverses für die Echtzeitabbildung und -steuerung, insbesondere im Hinblick auf seine industriellen Anwendungen. Hersteller nutzen bereits IoT-Geräte mit immersiven Technologien für verbesserte Überwachung, Diagnose und Simulationen. Die Kombination von Metaverse und IoT ermöglicht es beispielsweise Wartungsteams, Anomalien virtuell zu lokalisieren und zu beheben, bevor sie ein Team in der realen Welt losschicken. Es wird prognostiziert, dass die Verbreitung des IoT mit dem Zugang zu fortschrittlichen Rechen-, Datenverarbeitungs- und Analyseverfahren, einschließlich Edge-KI-Chips, die die Entscheidungsfindung und andere Funktionen von Netzkern auf das Gerät verlagern, weiter zunehmen wird (Europäische Kommission, 2023).

In der Tat sind Elektronik und Photonik ein wesentlicher Bestandteil des Fortschritts bei vernetzten Geräten. Chipsätze der nächsten Generation werden die Verarbeitungsleistung weiter steigern und den Energieverbrauch senken. In der Zwischenzeit werden Energy Harvesting und selbsterzeugte Sensoren und Aktoren zunehmend als Alternative zur Batterieversorgung eingesetzt (Shi, 2020). Im Bereich der Photonik bieten Entwicklungen wie Mikro-LED-Displays, Wellenleiter, Metaoberflächen und Flüssiglinsen stromsparende Mittel zur Verbesserung der Benutzer Darstellung.

Protokolle und Normen können als Grundlage des Metaverses übersehen werden, sind aber für die Sicherheit von Unternehmen und Verbrauchern unerlässlich. Normen für Hardware, Software, Kommunikationsprotokolle und Sicherheitsmechanismen werden dazu beitragen, die Transparenz zu fördern und die Entwicklungskosten zu senken. Regierungen, etablierte Organisationen für die Entwicklung von Normen (SDOs) und andere Initiativen, darunter das Metaverse Standards Forum, sind bereits mit Vornormungsaktivitäten für die nächste Generation des Cyberspace beschäftigt.

Plattformen und Inhalte

Die Einrichtung und Ausreifung von Plattformen werden von grundlegender Bedeutung sein für Synergien und die Schaffung, Bereitstellung und Zugänglichkeit von qualitativ hochwertigen Inhalten. Bestehende Plattformen ermöglichen den Akteuren die Erstellung und den Austausch spezifische XR-Inhalte und „Assets“ zu erstellen und zu teilen, aber ein synchrones und ambientes Metaverse ist noch im Entstehen begriffen. Seine Verwirklichung ist abhängig von der fortgesetzten Entwicklung skalierbarer und modularer Lösungen, idealerweise im Rahmen

klaren Standards, die die Kompatibilität mit fortschreitender Hardware erleichtern (Deloitte Insights, 2023).

Die größten Hindernisse für die Einführung in Europa sind der Zugang zu Hardware und das mangelnde Bewusstsein für die Vorteile.

Auf Plattformen und Systemen aufbauend sind nutzergenerierte Inhalte und Erfahrungen ein Eckpfeiler des Metaverses. Die Erstellung von XR-Inhalten setzt in der Regel technische Entwicklung und Design voraus, und Unternehmen und Verbraucher nutzen bereits Tools, um ihre eigenen XR-Inhalte zu produzieren und zu teilen.

Eines der besten Beispiele für nutzergenerierte Inhalte ist die zunehmende Verbreitung digitaler Zwillinge in der Fertigung, der Logistik und anderen Bereichen. Hochpräzise digitale Simulationen stützen sich auf eine Fülle von IoT-Daten zur Prozessoptimierung. Digitale Zwillinge haben ihren Wert für Produktdesign, Lieferkettenmanagement, Qualitätssicherung und vorausschauende Wartung unter Beweis gestellt.

In der Tat gibt es in Deutschland bereits einen Industrieverband für digitale Partnerschaften. Die Industrial Digital Twin Association (IDTA) versammelt die wichtigsten Akteure der deutschen Industrie und wurde von der Plattform Industrie 4.0 des BMWK, VDMA und ZWEI gegründet. Der Verein fungiert nicht nur als Anlaufstelle, sondern entwickelt auch eine Asset Administration Shell (AAS) mit standardisierter digitaler Darstellung verschiedener Assets und Submodelle für industrielle digitale Zwillinge.

Während die 3D-Modellierung in der Vergangenheit Spezialausrüstung und Fachwissen erforderte, haben die jüngsten Fortschritte bei LiDAR (Light Detection and Ranging) und Photogrammetrie-Software die Zugänglichkeit verbessert (Europäische Kommission, 2023), und die Entwicklungen im Bereich der räumlichen Datenverarbeitung können die Erstellung von Inhalten und Erlebnissen verbessern. In der Zwischenzeit kann Generative KI Inhalte und Erlebnisse schaffen, ohne dass eine technische Entwicklung oder ein Design erforderlich ist, wobei virtuelle Umgebungen auf der Grundlage menschlicher Vorgaben oder vorhandener Inhalte erstellt werden können.

Das deutsche Ökosystem hat Stärken und Bereiche für Zusammenarbeit

Die Weiterentwicklung der technischen Grundlagen stellt eine wirtschaftliche Chance dar. Dies gilt nicht nur für deutsche Technologieunternehmen, sondern auch für andere Unternehmen, die ihre eigenen Anwendungsfälle in der gesamten Wirtschaft entwickeln.

Tabelle 2 gibt eine Bestandsaufnahme zum aktuellen Zustand des deutschen Metaverse-Ökosystems. Sie hebt auch wichtige kommerzielle Partnerschaften hervor da die Akzeptanzraten weiter steigen.

TABELLE 2: DER AKTUELLE ZUSTAND DES METAVERSE-ÖKOSYSTEMS IN DEUTSCHLAND

Metaverse-Ebene	Technisches Element	Deutschlands Ökosystem	Überseeische Komplementaritäten
Hardware, Protokolle und Standards	Netzwerke und EDGE-Computing	Im Rahmen der Gigabitstrategie der Regierung soll bis 2030 jeder deutsche Haushalt Zugang zu FTTP und 5G haben. Deutschland führt die Entwicklung von privaten 5G-Netzwerken und Cloud-Forschung an. Siemens ist ein führender Anbieter von Edge-Computing vor Ort, das die Entwicklung des Metaverses ermöglicht, und die German Edge Cloud (GEC) ermöglicht Optimierung von Fertigungsprozessen und IoT.	Netzbetreiber beziehen Ausrüstung von verschiedenen Anbietern. Weitere globale Marktführer, die Innovationen in Cloud- und Edge-Computing vorantreiben, sind AWS, Intel, Cisco, Microsoft und Huawei.
	Headsets und intelligente Brillen	Deutschland hat zwar nur eine begrenzte Produktion von Headsets und intelligenten Brillen, verfügt aber über ein strategisches Cluster von Mikro-LED-Unternehmen wie Osram, Fraunhofer, Infineon, Aixtron, QubeDot, 3Dmicromac, Innocise und Finetech.	Zu den Marktführern bei Headsets und Smart Glasses gehören DPVR, HTC, Lynx Mixed Reality, Magic Leap, Meta, Microsoft, Pico, Samsung, Valve und andere.
	Haptik und andere tragbare Geräte	In der Vergangenheit haben deutsche Startups Armbänder mit haptischem Feedback und Software-Entwicklungskits entwickelt, um haptische Erlebnisse zu ermöglichen.	Zu den Marktführern im Bereich Haptik und andere tragbare Geräte gehören Immersion, Johnson Electronic, Force Dimension, 3D Systems, Ultraleap und andere.
	IoT-Geräte	Nach den USA und China ist Deutschland der weltweit größte Markt für IoT-Geräte mit beeindruckenden Akzeptanzraten in allen Branchen. Deutsche Unternehmen wie Siemens, Bosch, SAP und Infineon erwirtschafteten im Jahr 2022 mehr als 3,5 Milliarden Euro mit dem Verkauf von IoT-Software und -Hardware (IoT Analytics, 2023).	Zu den führenden IoT-Softwareunternehmen gehören neben den deutschen Marktführern AWS, Huawei, Microsoft, Oracle und andere.
	Elektronik und Photonik	Neben ihrem IoT-Angebot haben sich Bosch und Siemens auf Computer, Steuerungen und Gateways spezialisiert. Infineon stellt Chipsätze, Sensoren und Sicherheitslösungen her. Die Zeiss-Gruppe ist weltweit führend in der Entwicklung und Konstruktion von Displays und Optiken.	Elektronik und Photonik umfassen mehrere Produktgruppen, die jeweils ihre eigene Marktzusammensetzung haben. Zu den führenden Unternehmen gehören Intel (CPUs), Nvidia (GPUs), Dell (Edge Gateways), Cisco (WLAN), Sony (Mikro-LEDs) und NKT Photonics (optische Fasern und Module).
	Normen, Protokolle und Anlagen.	Das BMDV ist weiterhin Gastgeber einiger der fortschrittlichsten und produktivsten Dialoge über das Potenzial immersiver Technologien. Mit IDTA und anderen Initiativen steht es an der Spitze der 3D-Asset-Verwaltung. Deutschland hat auch weiterhin eine starke Stimme in den SDOs, die sich mit der Vornormung des Metaverses befassen, darunter IEC, IEEE, ISO, ITU, W3C und andere.	Deutschland ist auch in privaten Initiativen wie dem metaverse Standards Forum, der Khronos Group und Open AR Cloud vertreten.

Metaverse-Ebene	Technisches Element	Deutschlands Ökosystem	Überseeische Komplementaritäten
Plattformen und Netzwerke	Plattformen	Deutsche Start-ups und Technologieunternehmen nutzen die Marktchancen, indem sie Plattformen für bestimmte Anwendungsfälle entwickeln. Das Münchner Unternehmen Inflight VR beispielsweise bietet eine immersive Plattform für Unterhaltung in der Luft. Das Kölner Unternehmen Flying Sheep Studios entwickelt Star Life, ein MMO-Spiel (Massively Multiplayer Online), in dem auch virtuelle Veranstaltungen stattfinden werden. In ähnlicher Weise bietet das Hamburger Unternehmen NOYS VR eine Plattform für Musiker, die live in virtuellen Welten auftreten.	Die Plattformmärkte sind entsprechend der Vielzahl von XR-Anwendungen stark fragmentiert. Zu den globalen Plattformen gehören Omniverse von Nvidia, Horizon Worlds von Meta, Decentraland und andere.
	KI	Siemens hat die KI- und Omniverse-Technologien von Nvidia in seine Xcelerator-Plattform integriert.	Nvidia DGX Cloud bietet KI-Computing als Service, um fortschrittliche Modelle für industrielle KI- und Metaverse-Anwendungen zu trainieren.
	Blockchain	In Deutschland gibt es mehr als 340 Anbieter von Blockchain-Lösungen und Start-ups, die Unternehmen bei der Nutzung von Blockchain in virtuellen Welten unterstützen können. Außerdem verfügt Deutschland über eine fortschrittliche rechtliche Architektur für Krypto-Assets, die Entwicklern, Unternehmen und Verbrauchern Sicherheit bietet.	Aufgrund seiner Programmierbarkeit entwickelt sich Ethereum zum wichtigsten Blockchain-Netzwerk, das im Metaverse eingesetzt wird. Es bildet die Grundlage für die in Decentraland und The Sandbox verwendeten Währungen. Der Markt ist jedoch immer noch stark fragmentiert, da die verschiedenen Netzwerke unterschiedlichen Zwecken dienen. Zu den Alternativen gehören Polygon, Solana, Hyperledger und andere.
Inhalt und Erlebnisse	XR-Inhalte und -Erlebnisse	Ähnlich wie bei den Plattformen entsteht auch im deutschen XR-Ökosystem eine Vielzahl von Inhalten und Erfahrungen. Beispiele hierfür sind Sympatient, das App-basiertes CBT mit mobiler VR kombiniert, und Spree Interactive, das seinen Kunden ortsbezogene Multi-User-VR-Erlebnisse und Spiele anbietet.	Die Produktion von Inhalten und Erlebnissen ist stark demokratisiert. Deutschland und das übrige Europa sind jedoch führend bei der Erstellung von Inhalten, mit langjähriger XR-Forschung, hochqualifizierten Arbeitskräften und einer starken Kreativindustrie.
	Digitale Zwillinge	Mit einer Reihe von fortschrittlichen Fertigungsindustrien ist Deutschland einer der weltweit größten Märkte für Digital-Twin-Lösungen. Siemens ist auch ein führender Anbieter. Seine Digital Enterprise Suite koordiniert integrierte Software- und Automatisierungslösungen für Industrieunternehmen.	Weitere Anbieter von digitalen Zwillinglösungen sind GE, Azure Digital Twins, IBM, Cisco, Oracle und Dassault Systemes.
	3D-Modellierungstools	Deutschland ist durch IDTA und andere Initiativen führend bei der Entwicklung von 3D-Industrieanlagen. Aufgrund der technologischen Entwicklungen ist der Markt für Modellierungswerkzeuge stark fragmentiert, wobei Deutschland einige wichtige Unternehmen wie Siemens und Rapid Compact beherbergt.	Neben den oben genannten Anbietern des digitalen Zwillings gehören Autodesk, PTC, Onshape und andere zu den wichtigsten Anbietern von 3D-Modellen.

Das Interesse der deutschen Industrie

Eine Bestandsaufnahme des deutschen Metaverse-Ökosystems zeigt zahlreiche Wettbewerbsvorteile entlang der Wertschöpfungskette auf.

Auf der Hardwareseite wird Deutschland dank seiner unverzichtbaren Rolle bei Micro-LED und EDGE/On-Premise-Netzwerken mit Unternehmen wie **Carl Zeiss, Siemens, Bosch** oder **Infineon** vom kommerziellen Erfolg des Metaverse profitieren. Darüber hinaus ist Deutschland führend bei der Entwicklung und Einführung von Plattformen und Systemen im Zusammenhang mit dem **Unternehmen Metaverse** und **digitalen Zwillingen**, was zu einer einzigartigen Agenda und standardisierenden Kraft für die nächste Generation des Internets führt.

Zukünftige Maßnahmen sollten die Aktivitäten der Unternehmen ergänzen, um die vorhandenen Stärken zu nutzen. So könnten beispielsweise Hardware-Unternehmen Anreize benötigen, um ihre Technologien für Metaverse-Anwendungen zu vermarkten, während andere, eher kurzfristige Geschäftsprioritäten im Vordergrund stehen.

Andernorts wird eine internationale Zusammenarbeit erforderlich sein, um andere technische Elemente zu optimieren. Hier sollten sich Regierungsinitiativen darauf konzentrieren, regulatorische Prioritäten mit offener Interoperabilität und einem Geschäftsumfeld in Einklang zu bringen, das es der deutschen Industrie ermöglicht, ausländische Technologien zu erwerben und zu integrieren.

METAVERSE VERÄNDERT DIE WIRTSCHAFT

Neue kommerzielle Partnerschaften

Während ein Großteil des Metaverses noch in Entwicklung ist, entwickeln Unternehmen bereits eine Vielzahl von kommerziellen Partnerschaften und innovativen Anwendungsfällen. Das Netzwerk der oben skizzierten technologischen Komponenten zeigt, wie Business-to-Business (B2B)-Modelle das Metaverse unterstützen werden. Zum Beispiel stützt sich die offene digitale Geschäftsplattform von **Siemens** derzeit auf Partnerschaften mit **NVIDIA** für die Entwicklung immersiver digitaler Zwillinge sowie auf die AWS Cloud für erweiterte Verarbeitungskapazitäten, Datenspeicherung und Sicherheit. Andernorts wird die auf Apps basierende **kognitive Verhaltenstherapie von Sympatient** auf Handys von Apple, Samsung und Xiaomi genutzt.

Als lebendiges digitales Ökosystem ermöglicht das Metaverse auch B2B-Partnerschaften. Nach vorherigen Versionen des Cyberspace schaffen Unternehmen ihre digitalen Wirtschaftssysteme, handeln mit anderen Unternehmen und bauen kommerzielle Beziehungen auf unterschiedliche Weisen auf.

Schließlich ermöglicht das Metaverse revolutionäre Interaktionen im Business-to-Consumer (B2C)-Bereich. Immersive Marktplätze schaffen neuartige Möglichkeiten, Produkte zu entdecken und zu erkunden, während virtuelle Welten verschiedene Formen des Konsums fördern. Einfach

ausgedrückt ist das Metaverse eine "einmalige Gelegenheit, das Verbrauchererlebnis neu zu gestalten" (Purdy, 2023)

Innovative industrielle Einsatzmöglichkeiten

Deutsche Unternehmen führen lebendiges Metaverse Ökosysteme in der Automobilbranche (BMW), medizinischen Bildgebung (Siemens), Versicherungen (Allianz), Einzelhandel (Adidas), Logistik (DHL)

Parallel zu diesen Partnerschaften ermöglicht das Metaverse bereits eine Fülle von Anwendungsfällen, die die Schlüsselbereiche der deutschen Wirtschaft abdecken.

Im **verarbeitenden Gewerbe und in der Industrie** ermöglichen digitale Zwillingfabriken den Unternehmen, ihre physischen Einrichtungen im Metaverse nachzubilden und dabei Echtzeitdaten und Simulationen zu nutzen, um ihre Abläufe zu optimieren. Zum Beispiel hat der schwedische Haushaltsgerätehersteller **Electrolux** die Software von **Siemens** Digital Industries genutzt, um einen strategischen Überblick über die gesamten Produktionsprozesse zu bieten (Siemens, 2023). Mithilfe von Daten, die in einem digitalen Zwillingsmodell erstellt wurden, können sie Engpässe

in ihrer Produktionslinie identifizieren und beseitigen und so jedes Jahr Millionen von Euro einsparen.

In der **Automobilbranche** setzen Hersteller zunehmend auf 3D-Modelle, um die Produktionskosten zu senken. Zum Beispiel simulieren **BMW** und sein spezialisiertes Tochterunternehmen Idealworks Fabriklayouts, um mobile Roboter zu trainieren, die mit dem Transport von Teilen und Baugruppen auf dem Fabrikboden beauftragt sind (BMW, 2022). Neben der Effizienzsteigerung ermöglichen simulationsgestützte Rekonfigurationen auch eine größere Flexibilität. Jede der BMW-Fertigungsstraßen kann bis zu zehn verschiedene Autos mit einer Reihe von Optionen für die individuelle Anpassung produzieren. BMW und andere Hersteller setzen digitale Zwillinge auch ein, um die Kosten für den Übergang zur Produktion von Elektrofahrzeugen (EV) zu verringern.

In der **Medizintechnik und im Gesundheitswesen** kann ein Metaverse von „Medizintechnik und KI“ die Entwicklung, das Prototyping, die Regulierung und Verfeinerung KI-gestützter medizinischer Verfahren, insbesondere bildgestützter Diagnose und Therapie erleichtern (Wang et al., 2022). VR, multisensorische Darstellung, Sprach- und Gestensteuerung, 3D-Druck und haptisches Feedback sind bereits im Gebrauch um neue Möglichkeiten der Interaktion mit großen Datenmengen wie menschlichem Gewebe und dessen Eigenschaften zu bieten (Universität Tampere, 2019).

Ein leitender Experte von **Siemens** nennt eine Zukunft der Medizintechnik ohne XR „undenkbar“ - während **Varjo** bereits ein VR-Headset für spezialisiertes medizinisches Fachpersonal mit realitätsgetreuer XR/VR für anspruchsvolle Real-Life-Szenarien entwickelt hat.

Im **Bank- und Versicherungswesen** sind Metaverse-Anwendungsfälle noch im Entstehen begriffen. Avatare können für Schulungen und Kundensupport eingesetzt werden, während

digitale Zwillinge das Underwriting und die Beschleunigung von Schadensfällen durch Fernüberwachung erleichtern können (PwC, 2023). Große Versicherer setzen bereits auf immersive Technologien. Die **Allianz** beispielsweise setzt AR und VR ein, um das Bewusstsein der Kunden für spezifische Risiken für ihr Eigentum und geeignete Versicherungsdienstleistungen anzubieten.

In der **Architektur, im Bauwesen und in der Stadtplanung** ermöglicht das Metaverse 3D-Modelle von Gebäuden, Straßen und ganzen Stadtlandschaften. Das ermöglicht die Visualisierung und Anpassung von Entwürfen auf kollaborative Weise. Laut einer Umfrage von CGArchitect (2016) setzen einige der größten europäischen Architekturbüros bereits Head-Mounted Displays (HMDs) für Kundenpräsentationen und Konzeptformulierungen. Über Produktdesign und Marketing kann das Metaverse auch als Werkzeug für das Projektmanagement und die Ausbildung von Arbeitern genutzt werden, indem virtuelle Nachbildungen von Baustellen simuliert werden.

In der **allgemeinen und beruflichen Bildung** können Unterricht und Inhalte ansprechender sein, wenn sie im Metaverse interaktiv vermittelt oder demonstriert werden. Die Forschung von PwC (2022) legt nahe, dass VR-Lernende viermal schneller in der Lage waren, im Klassenzimmer zu trainieren und dreimal sicherer das Erlernte nach dem Training anzuwenden. Das **Nürnberger Unternehmen „Spree Interactive“** ist ein Pionier auf dem Gebiet der Virtual Reality und entwickelt Technologien und Produkte für ortsbezogene Virtual-Reality-Systeme für Kinder ab 6 Jahren.

Im **Medien-, Kreativ- und Kulturbereich** bietet das Metaverse eine Plattform für die Schaffung und das Erleben neuer Formen von Kunst und Unterhaltung. Die Benutzer können immersive Spiele spielen, virtuelle Konzerte und Ausstellungen besuchen und kulturelle Veranstaltungen aus aller Welt erleben und daran teilnehmen. Einige der bekanntesten Kultureinrichtungen Europas bieten jetzt virtuelle Führungen an, darunter das **Deutsche Museum München** und das **Pergamonmuseum Berlin**.

Im **Einzelhandel und Marketing** beherbergt das Metaverse Cyber-Shops, personalisierte Einkaufserlebnisse und neue Formen der Markeninteraktion, darunter virtuelle Veranstaltungen und Avatar-Influencer. Neben neuen Marketingmöglichkeiten bietet das Metaverse Raum für völlig neue Einnahmequellen durch den Verkauf virtueller Waren und Dienstleistungen. In Zusammenarbeit mit NFT-Schöpfern hat Adidas kürzlich seine „Into the Metaverse NFT Collection“ eingeführt, die Kunden Zugang zu digitalen und physischen Kleidungsstücken über ein gestaffeltes immersives Erlebnis bietet.

In den Bereichen **Verkehr und Logistik** schließlich kann das Metaverse die immersive Interaktion mit Verkehrsnetzen und Lieferketten über digitale Zwillingssysteme ermöglichen. Dies revolutioniert das Betriebsmanagement, denn es versetzt Lieferanten und andere Beteiligte in die Lage, fundierte Entscheidungen in Echtzeit zu treffen (Dwivedi et al., 2022). Unternehmen wie DHL nutzen das Metaverse bereits für Lieferkettensimulationen, um ihre Logistikprozesse zu optimieren und Kosten zu senken (DHL, 2019).

Diese neuen Geschäftsmodelle und Anwendungsfälle zeigen bereits, dass das Metaverse zu bedeutenden Effizienzgewinnen in den bestehenden industriellen Stärken Deutschlands führt.

In diesem Zusammenhang bietet die strategische Förderung von Innovation und Adoption die Möglichkeit, das Wachstum durch die Erschließung neuer Märkte zu fördern und bestehende Wettbewerbsvorteile auszubauen.

FÖDERALER AKTIONSPLAN FÜR EINE METAVERSE-GEFÜHRTE INDUSTRIALISIERUNG

Die fortschreitende Erosion der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands unterstreicht die Notwendigkeit eines föderalen Aktionsplans für eine metaverse-geführte Industrialisierung. Wie bei allen Allzwecktechnologien spielt hier die Politik eine unvermeidliche Rolle, wenn es darum geht, die Voraussetzungen für den Einsatz intelligenter Fabriken und die unangefochtene Führungsposition Deutschlands im verarbeitenden Gewerbe zu schaffen. Ähnlich wie bei historischen Vorläufern wie der Elektrizität oder dem Internet hängt die gesamtgesellschaftliche Akzeptanz von Allzwecktechnologien von einer öffentlich finanzierten Infrastruktur und einer nachhaltigen Unterstützung von Bildung und Innovation ab.

Bislang konzentrierte sich die Unterstützung des Bundes auf die Förderung einer Inhaltsebene in Deutschland, einschließlich der Wirtschaftsförderung durch das Bundesförderprogramm. Während solche Programme vielversprechend sind, sind ehrgeizige, übergreifende wirtschaftspolitische Maßnahmen erforderlich.

Empfehlung 1:
Die Digitalstrategie des Bundes sollte sich an der EU-Initiative zu immersiven Technologien orientieren, insbesondere an der Konvergenz mit deren Industrie 4.0.

Angesichts der aktuellen Herausforderung für die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit der Nation wird die industrielle Dimension der Digitalen Strategie entscheidend sein. Während die frühere "Zukunftsstrategie" des Bundes die Konvergenz von Metaverse- und Industrie 4.0-Technologien wie KI und IoT noch nicht vorhersehen konnte, haben neuere Initiativen wie die EU-Strategie zu Web.40 und virtuellen Welten bereits die breitere gesellschaftliche Bedeutung immersiver Technologien aufgezeigt.

Als Ausgangspunkt muss diese Strategielücke auf nationaler Ebene in der Digitalen Strategie der Regierung, die dieses Jahr ansteht, angegangen werden. In Anbetracht der Produktivitätsherausforderung sollte die wirtschaftliche Dimension der Strategie von drei einfachen „I“ geleitet werden: Immersivität, Industrielle Produktivität und Internationalisierung deutscher Technologien. Und diese Schaffung eines florierenden Metaverses für die deutsche Industrie erfordert eine koordinierte Steuer-, Industrie- und Handelspolitik.

Steuerpolitik

Die Regierung muss die Finanzierungslücke angehen, da sowohl Start-ups als auch KMUs für immersive Technologien zu wenig Mittel zur Verfügung haben. Das deutsche Finanzierungsdefizit besteht nicht nur gegenüber Konkurrenten wie den USA und China,

sondern auch gegenüber regionalen Konkurrenten wie Frankreich, was der zukünftigen deutschen Standardsetzungsmacht im Web 4.0 weiterhin schadet.

Auf EU-Ebene hat die Europäische Kommission kürzlich ihre „Strategie für Web 4.0 und virtuelle Welten“ bekannt gegeben, in der mehrere bestehende EU-Finanzierungsquellen auf das Metaverse umgelenkt wurden. Allerdings wird den EU-Fonds oft vorgeworfen, verwaltungstechnisch schwerfällig zu sein; die Arbeit ist in EU-weiten Konsortien organisiert, in denen die Finanzierung und die erzielten Ergebnisse oft unter Wettbewerbern aufgeteilt werden. Die nationale Förderung des Metaverses wird immer eine Ergänzung zur EU-Förderung sein, insbesondere bei der angewandten Forschung.

In diesem Zusammenhang hat das BMBF bereits Mittel für KMU aufgelegt, um Industrie 4.0 in ihre Betriebe zu bringen. Diese Mittel sollen die Einführung des digitalen Zwillinges und anderer immersiver, produktivitätssteigernder Technologien fördern. Eine verstärkte Einführung in Deutschland bringt nicht nur Effizienzgewinne für deutsche Maschinenbauunternehmen, die bei diesen Technologien führend sind, sondern führt auch zu föderierten digitalen Zwillingen, die Informationen aus verschiedenen Bereichen sammeln und analysieren und bessere Lösungen liefern.

Empfehlung 2:
Lenken Sie die nationalen Mittel auf kritische Technologien wie Optik, IoT, micro-LED, EDGE und 6G, bei denen Deutschland einen einzigartigen Vorteil hat.

Aber wie wir gesehen haben, stellen immersive Technologien eine große wirtschaftliche Chance für die deutsche Industrie dar. Wir müssen jetzt entscheiden, ob wir bei den kritischen Technologien, die mit dem Metaverse verbunden sind, wie Optik (z. B. Kombiniertes, Zusatzlinsen), Displays (Mikro-LEDs), Sensorik und Netzwerktechnologien, weltweit führend bleiben wollen. Die F&E-Budgets der in diesen Bereichen tätigen Unternehmen sind jedoch häufig zu hoch, um sich auf das Metaverse zu konzentrieren. Hier sehen die aufstrebenden Wirtschaftsmächte eine Chance, die deutschen Unternehmen zu überholen.

Solche vorgelagerten F&E-Cluster sind notwendig für ein tragfähiges Ökosystem, das wettbewerbsfähige nachgelagerte Anwendungen wie Digital Twin Engineering, intelligente Fabrikplattformen und industrielle Unternehmensanwendungen hervorbringt.

Abschließend empfehlen wir dem BMF und dem BMBF:

- Beseitigung der allgemeinen Finanzierungslücke für Technologieunternehmen in Deutschland, zumindest über den regionalen Benchmarks wie Frankreich.
- Anreize für Investitionen und die Einführung von Technologien des digitalen Zwillinges schaffen, um die Produktivität des verarbeitenden Gewerbes und des Mittelstands zu steigern, was auch wirtschaftliche Größenordnungen und föderale Zwillinge unterstützen wird.
- Ausrichtung der nationalen Finanzierung auf die rasche Kommerzialisierung deutscher vorgelagerter Technologien, z. B. Optik, microLED, IoT, Netzwerktechnologien der nächsten Generation, die für das industrielle Metaverse und Industrie 4.0 erforderlich sind.

Industrie- und Handelspolitik

Empfehlung 3:
Nationale und EU-Normungsarbeit intensivieren. Verstärkte Beteiligung der deutschen Industrie an internationalen SDOs, um den Einfluss Deutschlands und der EU zu vergrößern

Industrie 4.0 befindet sich noch in der Entwicklungsphase, in der das Konzept weitere Standardisierung und Umsetzungsrichtlinien benötigt, um die Kraft privater Investitionen freizusetzen. Deutschland kann jedoch nicht auf die Festlegung globaler Industrie 4.0-Standards warten, sondern muss die Aufrechterhaltung der Interoperabilität für eigene künftige Expansion sorgfältig prüfen. Dies gilt umso mehr, als das Metaverse sich über mehrere Technologiebereiche erstrecken wird. Alle Akteure auf dem globalen Markt werden Lücken in ihren Wertschöpfungsketten haben und Deutschland ist keine Ausnahme: Die Lücken werden durch internationale Partnerschaften geschlossen, die auch Chancen für deutsche Unternehmen bieten.

Offene und marktorientierte Standards (wie 3GPP für Mobilfunknetze oder ECE für Kraftfahrzeuge), die von der deutschen und europäischen Industrie vorangetrieben wurden, haben sich als Schlüssel für eine erfolgreiche deutsche Internationalisierung erwiesen. Daher ist die globale Entwicklung hin zu offenen, marktgesteuerten und interoperablen Standards für das Metaverse und andere Industrie 4.0-Technologien von entscheidender Bedeutung. Die deutsche Industriepolitik muss jedoch die nationale Normungsarbeit intensivieren, die Beteiligung deutscher Unternehmen an internationalen SDOs verstärken (insbesondere im Hinblick auf die zunehmenden chinesischen Aktivitäten) und die diplomatische und EU-Unterstützung der Bundesregierung für offene Standards aktivieren, um den Einfluss der deutschen und europäischen Industrie zu erhalten.

Empfehlung 4:
Setzen Sie sich für die Beseitigung von Zöllen und anderen Handelshemmnissen gegen den Export deutscher Technologien ein, die für den Aufbau des Metaverses unerlässlich sind.

Deutschland und Europa müssen eine offensive „Standard-Diplomatie“ entwickeln. Die Sicherung der deutschen Technologieexporte wird aber auch vom Marktzugang abhängen: Für Technologien, die für den Aufbau des industriellen Metaverses unverzichtbar sind, müssen im Gegenzug Zölle und technische Handelshemmnisse abgebaut werden. Die nächste Aktualisierung des WTO-IT-Abkommens (ITA-3) wird bereits in den Hinterzimmern der APEC diskutiert und wird schließlich zur Beratung nach Brüssel und Genf gelangen. sollte die europäischen Interessen einbeziehen, um effektive Partnerschaften und Koalitionen für den Export deutscher Technologien zur Realisierung von Industrie 4.0 aufzubauen.

Abschließend empfehlen wir BMWK und AA:

- Intensivierung der nationalen Normungsarbeit und Förderung der ausländischen Beteiligung an dieser Arbeit, um die Relevanz der deutschen Arbeit zu erhöhen, wobei die nationale Normungsarbeit in einem nächsten Schritt mit den EU-Normenorganisationen wie ETSI und CEN-Cenelec abgestimmt werden sollte.
- Die Beteiligung der deutschen und der EU-Industrie an internationalen SDOs, einschließlich IEC, IEEE, ISO, ITU, W3C und neuen offenen Foren wie web3D und Metaverse Standards Forum, sollte verstärkt werden, um den deutschen und den EU-Einfluss zu vergrößern.

- Das BMWK sollte seine Unterstützung für den Start von ITA-3 durch die GD Handel der Europäischen Kommission zum Ausdruck bringen, mit dem Ziel, die Zollfreiheit für IoT, optische und sensorische Technologien made in Germany zu erweitern.

Qualifikationen und Ausbildung

Empfehlung 5:
Immersive Techno-
logien in den Lehrplan
für ingenieurwissen-
schaftliche und tech-
nische Studiengänge
einbeziehen

Das nationale Qualifikationsdefizit - die deutsche Bevölkerung liegt bei den digitalen Grundkenntnissen hinter dem EU-Durchschnitt zurück - hat dazu geführt, dass sich die Arbeitnehmer gegen digitale Werkzeuge sträuben und die industrielle Produktivität erheblich beeinträchtigt wird. Es ist verständlich, dass die Bewältigung einer solchen systemischen Herausforderung wie der Qualifizierung der nationalen Arbeitskräfte eine landesweite und von unten nach oben gerichteter Anstrengung im gesamten Bildungssystem und die Anwerbung ausländischer Talente erfordert, was vielleicht den Rahmen dieses Papiers sprengen würde.

In Bezug auf das Web und immersive Technologien hat sich Deutschland jedoch bisher auf die Förderung von Kompetenzen auf der Inhaltsebene konzentriert. So hat das BMWK kürzlich ein „Programm für immersive Mediengestaltung“ als eine der ersten öffentlich geförderten Maßnahmen zur Förderung der für das Web 4.0 erforderlichen digitalen Kompetenz angekündigt. Diese Maßnahmen sind zwar bahnbrechend und lobenswert, doch könnte sich eine produktivitätsorientierte Entwicklung von IKT-Kompetenzen auch auf den unmittelbaren Bedarf für die industrielle Nutzung konzentrieren. Neben der Schaffung separater Silos für „Metaverse“-Ausbildungsabschlüsse sollten auch die bestehenden Ingenieur- und Technikabschlüsse mit der datengesteuerten und immersiven Zukunft der Technik vertraut gemacht werden.

Wir empfehlen daher dem BMBF:

- Digitale Zwillinge, immersive Technologien (zusammen mit KI und anderen Bereichen der Industrie 4.0) zu einem integralen Bestandteil des Lehrplans für Bauingenieure, Architekten und andere technische Studiengänge zu machen.

Behandlung von Regulierungsfragen

Die Europäische Kommission (2023) kommt zu dem Schluss, dass die EU bereits über einen soliden, zukunftsorientierten Rechtsrahmen für das Web 4.0 und das Metaverse verfügt. Sie zitiert DSA, DMA, GDPR, Markets in Crypto-Assets (MiCA) Regulation, Directive on Copyright in the Digital Single Market, Regulation on the EU Trade Mark und die Directive on the Protection of Trade Secrets, die generell für virtuelle Welten gelten.

Während Deutschland und die EU ihre bestehenden Regelungen ständig überprüfen sollten, um sicherzustellen, dass sie zukunftssicher sind, hat die Europäische Kommission ein berechtigtes Argument, dass ein spezifisches Ex-ante-Gesetz (d.h. ein „Metaverse-Gesetz“) für die breite Palette von Anwendungsfällen, die wir uns im Metaverse vorstellen, nicht notwendig ist. Eine

Empfehlung 6:
Alle bestehenden EU- und deutschen Gesetze zum Schutz von Verbrauchern, schutzbedürftigen Personengruppen und personenbezogenen Daten gelten gleichermaßen für Metaverse wie für die aktuelle Iteration des Internets.

metaversespezifische Regulierung würde im Gegenteil zu rechtlichen Divergenzen zwischen dem aktuellen Web 3.0 und dem immersiven 4.0 führen, die von marktbeherrschenden Akteuren mit reichlich Ressourcen für die Einhaltung von Vorschriften ausgenutzt werden könnten.

Darüber hinaus müssen die bestehenden Gesetze zum Verbraucherschutz, zum Schutz von Minderjährigen und schutzbedürftigen Gruppen, zu den Rechten des geistigen Eigentums, zum Kartellrecht und zur Erbringung von Dienstleistungen gleichermaßen für die derzeitige und die nächste Generation des Internets gelten. Wenn es aufgrund von Marktversagen, das für das Metaverse spezifisch ist und das wir heute nicht vorhersagen können, Grund für eine Regulierung gibt, dann sollte die neue Regulierung verhältnismäßig und präzise sein, um das Problem anzugehen und zu vermeiden, dass noch mehr Marktversagen entsteht.

Sandboxing – bei den Innovatoren neue Technologien in einer realen Umgebung unter strenger Überwachung durch die Regulierungsbehörden testen können – ist eine Alternative, die es sowohl dem Innovator als auch der Regulierungsbehörde ermöglicht, die künftigen Auswirkungen zu verstehen. In ähnlicher Weise werden weitaus weniger komplizierte Anwendungsfälle in den deutschen Industrien und Unternehmen vor der Nutzung auf dem Massenmarkt kommen und nützliche Erfahrungen darüber liefern, wie das Metaverse zu regeln ist.

Mit anderen Worten: der Glaube an ein menschenzentriertes Metaverse steht an erster Stelle. Aus denselben Gründen, aus denen es zu früh ist, um zu sagen, dass wir eine Deregulierung brauchen, ist es auch zu früh, um zu sagen, ob wir mehr Regulierung für immersive Technologien erwarten.

English version

THE METAVERSE MATTERS FOR THE GERMAN INDUSTRY

What is the industrial metaverse?

There is ongoing debate on a precise definition of the metaverse, but it can be understood as a set of digital spaces, including immersive 3D experiences, that are interconnected and powered by AR/VR technologies (Mckinsey, 2022).

Technically, the precise form and full potential of this nascent ecosystem will become clearer with the development of underlying components and governance protocols. But it is broadly composed of three distinct layers:

- **Hardware, protocols, and standards**, including network infrastructure to enable connectivity, data hosting and transfer, as well as multi-sensory peripherals like headsets, glasses, and gloves.
- **Platforms and networks**, where products, such as avatar accessories, virtual history lessons and digital twin factories, will be created and marketed.
- **Experiences**, allowing end users to immerse themselves in manufacturing visualisations, real-time supply chain simulations and 3D imaging-guided medical diagnosis and therapy.

The metaverse is increasingly recognised as the next evolution of the web, and conceptualised in view of other next generation technologies that include advanced networks and an internet of things (IoT), blockchain and non-fungible tokens (NFTs), and artificial intelligence (AI).

Metaverse is recognised as the next evolution of the web and increasingly finding its way into German industry

For example, a **Platform Industrie 4.0** Working Group report (2023) outlines how the metaverse is increasingly finding its way into German industry. There are no limits to the wide variety of industrial simulations with virtual model production, maintenance and logistics processes, or the enabling of immersive training. This will provide a much-needed increase to German efficiency and productivity through "promising application possibilities for digital twins, virtual design, augmented reality, and smart contracts."

Real objects, services or processes are accurately modelled where material properties can be reproduced in detail through IoT and measurement technologies. Combined with the metaverse, these Industrie 4.0 innovations will be at the very centre of smart factories and productivity growth in advanced economies during the next decade and beyond.

The economic promise of immersive technologies

The IMF and the OECD both expect Germany to be the worst-performing leading economy in the world in 2023. It has suffered disproportionately from energy inflation and a global downturn in manufacturing but underperformance has been evident since 2017. German competitiveness is being "steadily eroded" by structural factors that include "rising labour costs" and "a lack of digitisation" (Arnold, 2023).

In this context of stagnation, the metaverse can enhance total factor productivity and drive growth in tandem with existing industrial strengths in manufacturing, retail, financial services, and the sciences. According to some industry estimates, the metaverse could add €71 billion to German GDP by 2035 (Meta, 2023).

An average metaverse-able worker generates 12% higher revenues than a worker that is not. The case of German industrial worker is likely to be much higher.

As well as enhancing the productivity of existing operations within Germany, the metaverse and other Industrie 4.0. technologies can facilitate reshoring of profitable jobs and activities from overseas. Due to disparate labour costs, the financial viability of local manufacturing investment is often dependent on German employees being many times more productive than their counterparts in low-cost locations. Survey data suggests that smart factory adopters enjoy increased labour productivity of up to 12% (Deloitte, 2019). In other words, an average metaverse-enabled worker generates 12% higher revenues than a worker that does not benefit

from the same technology. The productivity premium for German industrial workers is likely to be much higher.

Altering operations can be highly complex and some initiatives have run into difficulties. **Adidas'** "speedfactory", which opened in Ansbach in 2016, closed just four year later with production moved closer to suppliers in China and Vietnam (Ziady, 2019). But there are also success stories. **Sennheiser** has leveraged high-tech manufacturing to reshore some of its Chinese manufacturing to Europe, and similar initiatives will only become more viable as the labour share in value-added declines (fDi Intelligence, 2019). According to the academic research, reshoring is most successful in German offensive interests like advanced machinery, pharmaceuticals, and automobiles (Kolev & Obst, 2022).

Unfulfilled potential for German industry

The much-needed economic gains associated with the metaverse are not inevitable. Instead, they are contingent on the strategic development of a vibrant ecosystem with high rates of technological adoption across the economy.

The Federal Government is beginning to recognise the potential of the metaverse. **BMDV** is engaging with XR experts as it attempts to make Germany "the best location for new technologies" (BMDV, 2023). Elsewhere, the **BMWK** is supporting content creators and launching a new three-year dual occupation and training course on design for immersive media (BMWK, 2023; Takahashi, 2023).

At the EU-level, the **European Commission** has adopted a new strategy on Web 4.0 and virtual worlds. This highlights the metaverse as a major driver of the technological transition, bringing a seamlessly interconnected, intelligent and immersive world.

There are also shortcomings to existing strategies. The Federal Government's "Future Strategy" (led by **BMBF**) failed to adequately address the potential of immersive technologies, and it remains to be seen whether immersive technologies will receive appropriate recognition in the forthcoming "Digital Strategy" (Deutscher Bundestag, 2023).

Germany does have its strengths that include an established network infrastructure, IoT market leaders, digital content producers and forward-thinking manufacturers that have started to leverage immersive technologies.

German technology companies are underfunded while just 19% of the population has "above basic" digital skills, compared with an EU average of 26%

But if Germany is to realise the full potential of the metaverse, it will need to nurture these strengths and properly address its weaknesses. A shortage of venture capital has long been cited as a deficiency in developing European technology start-ups. While French technology companies are now collecting more capital than their German counterparts in absolute terms – and even growing aggressively, at 63% between 2021 and 2022 – funding of German tech companies declined 20% in the same period (EY, 2022). This continues to harm prospects for the development of local ecosystems.

Elsewhere, Germany has a skills gap, with a particular shortage of skills in digital and sustainable sectors (WEF, 2022). For example, 49% of the German population have "at least basic" digital skills, compared to an EU average of 54% (European Commission, 2022). Furthermore, just 19% of the German population possess "above basic" digital skills, compared with an EU-wide average of 26%. This hinders industrial adoption, as European businesses report employee resistance towards XR solutions as a significant impediment to successful implementation initiatives (Cottureau, 2021).

Late adoption harms industrial competitiveness

The price of failing to adopt immersive technologies would be significant. Commercial rivals are already embracing the metaverse and complementary tools to reap significant productivity gains. Where German firms fail to keep up, the relative costs of non-adoption threaten remaining competitive advantages. This is particularly true in price elastic export markets.

To illustrate the potential costs of neglecting immersive technologies, preliminary data from automotive manufacturing is considered. According to industry estimates, the implementation of digital twin technology is associated with an increase in profit margins of 54% (Challenge Advisory, 2019). Assuming that industry average margins remain consistent in the long run, we can estimate the ad valorem equivalent cost of non-metaverse adoption. This is then modelled in an import demand equation with country-specific elasticities to calculate the potential impact on German autos exports. A full description of the methodology is available in the annex. Summary results are displayed in Table 1.

Late adoption of metaverse and digital twins in auto manufacturing leads to 10% decline in exports and losses of €12 billion per year.

As can be observed, the hypothetical cost of delayed metaverse adoption is significant. A relative rise in the price of German autos would lead to an estimated decrease in world exports of nearly 10%. This equates to more than €12 billion each year.

Further to reduced exports, the effect on corporate profits would be more severe, as margins are typically higher in overseas markets. Moreover, German manufacturers would likely lose a significant share of their domestic market to an influx of relatively affordable imports.

TABLE 1: THE COST OF LATE METAVERSE ADOPTION ON GERMAN AUTOS EXPORTS

Export market	Current autos exports in € billions	Estimated change in German autos exports %	Estimated change in autos exports in € billions
USA	22.4	-9.5	-1.9
China	18.3	-9.8	-1.6
United Kingdom	10.9	-9.4	-0.9
France	7.8	-9.7	-0.7
Italy	7.4	-9.6	-0.6
Rep. of Korea	6.5	-9.4	-0.6
Netherlands	5.6	-9.4	-0.5
Belgium	5.1	-9.4	-0.4
Switzerland	4.4	-9.4	-0.4
Spain	4.0	-9.6	-0.4
Total losses in German auto exports	Currently generating 139.3 billion in export revenues for the German economy	-9.9% loss of exports due to late adoption of metaverse and digital twins	12.5 billion loss of exports due to late adoption of metaverse and digital twins

Source: Own analysis based on computable general equilibrium models using assumptions from Challenge Advisory, EU Eurostat, and industry annual reports

Assumptions behind this model is outlined in the technical annex.

China is challenging the German leadership

The importance of a successful strategy to promote the metaverse and other Industrie 4.0 technologies is only underscored by the current salience of geopolitics. It is no coincidence that the proliferation of first-generation digital technologies has coincided with a widening of the productivity gap between the US and Europe (ITIF, 2014). In the US, private and public sector executives have demonstrated an understanding of the importance of key technological advances, including the metaverse. As such, they continue to prioritise their integration in long-term organisational strategy (Accenture, 2022).

China is the lead contributor to ITU metaverse group; and has set out its own strategic vision on leading the development of immersive technologies.

Elsewhere, the Chinese government has recognised importance of the metaverse in sustaining global competitiveness. For example, the Chinese Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) has published a plan to develop XR with an emphasis on its industrial applications in sectors like manufacturing. Specifically, the plan aims to cultivate "backbone enterprises", pilot cities and industrial parks to showcase industrial integration of XR technologies.

In tandem with the outlined industrial policy, China has been a lead contributor to the ITU's metaverse focus group – the main standards setting forum for an immersive internet. China's main mobile operators have also formed the metaverse industry committee to strengthen innovation and synergies among virtual worlds builders. Meanwhile, Chinese tech companies like Alibaba, Baidu, NetEase and Bytedance have also announced their own virtual world initiatives (European Commission, 2023).

In other words, China is already mobilising its industrial policy and diplomatic leverage to challenge Germany as the current leader of the industrial metaverse. As commercial and geopolitical rivals begin to leverage the productivity gains associated with the immersive internet, it is imperative that Germany leads the EU into an offensive agenda to avoid prolonged stagnation and further existing competitive advantages.

BUILDING THE METAVERSE IS AN INDUSTRIAL OPPORTUNITY

Foundation technologies are already facilitating innovative use-cases economy wide. However, further advances across selected components will be necessary to fulfil the true potential of the metaverse and maximise productivity growth.

Hardware, protocols, and standards

Ubiquitous high-speed networks are essential to support real-time communication, data streaming, and seamless interactions across virtual spaces. The majority of XR content is consumed over fixed networks. As a 'once in a generation' investment, existing fibre deployments already support speeds of 2.4 gigabits-per-second, latency lower than 20 ms, with prospective upgrades yielding speeds of up to 50 gigabits per-second on the same underlying fibre (Salvadori & Martin, 2023). For mobile networks, 5G can support speeds of up to 1 gigabit-per-second. Put simply, existing network architecture has ample potential to address demand for the metaverse and other internet services for decades to come.

Building on high-quality network infrastructure, the metaverse will require additional computational power (Carlini, 2022). Advances in cloud computing are necessary for processing capacity and storage, while edge computing will relocate applications and data closer to the end-user to facilitate a more seamless experience. Looking further ahead, high performance computing (HPC) and quantum computing may be needed to support ever-more-real interactions, simulations, and renderings (European Commission, 2023).

German manufacturers are already leveraging IoT devices with immersive technologies for enhanced monitoring, diagnostics, and simulations.

Connective devices have enjoyed spectacular advances in recent year. In particular, headsets and smart glasses have exhibited impressive improvements in processing and sensory technology. Minor issues persist, but these devices are already facilitating immersive 3D experiences. Haptic technologies have also made strides from alerts and vibrations to mimicking the feel of natural materials and interactions (Haseltine, 2023). With that said, gloves and other wearables remain confined to experimental use cases, with technical limitations inhibiting mass adoption.

Aside from personal devices, the Internet of Things (IoT) is proving central to the metaverse as a means of real-time mapping and control, particularly in terms of its industrial applications. Manufacturers are already leveraging IoT devices with immersive technologies for enhanced monitoring, diagnostics, and simulations. For example, combining metaverse with IoT allows maintenance teams to locate and solve anomalies virtually before dispatching a team in the physical world. Uptake of the IoT is forecast to proliferate with access to advanced computing, data processing and analytics, including Edge AI chips which are relocating decision-making and other capabilities from the network core towards the device (European Commission, 2023).

Indeed, electronics and photonics are integral to progress on connective devices. Next generation chipsets will further enhance processing power and reduce energy usage. Meanwhile, energy harvesting and self-generated sensors and actuators are increasingly adopted as an alternative to battery power (Shi, 2020). In photonics, developments like micro-LED displays, waveguides, metasurfaces and liquid lenses offer low power means to improve user visualisation.

Protocols and standards can be overlooked as a foundation of the metaverse, but they are essential to businesses and consumer certainty. Standards on hardware, software, communication protocols, and security mechanisms will help to promote transparency and reduce development costs. Governments, established standardisation development organisations (SDOs) and other initiatives, including the metaverse **Standards Forum**, are already engaged in pre-standardisation activities for the next iteration of cyberspace.

Platforms and content

The establishment and maturation of platforms will be fundamental to immersive synergies and the creation, delivery, and accessibility of high-quality content. Existing platforms allow stakeholders to build and share specific XR content and “assets”, but a synchronous and ambient metaverse remains nascent. It's realisation is contingent on the continued development of scalable and modular solutions, ideally within the context of clear standards which can facilitate compatibility as hardware advances (Deloitte Insights, 2023).

The main barriers to adoption in Europe are access to hardware and a lack of awareness of the benefits.

Building on platforms and systems, user-generated content and experiences are a cornerstone of the metaverse. The creation of XR content generally entails technical development and design, and businesses and consumers are already leveraging tools to produce and share their own XR content.

One of the best examples of existing user-generated content has been the proliferation of digital twins in manufacturing, logistics and other sectors. Highly accurate digital simulations are drawing on a wealth of IoT data for process optimisation. Digital twins have demonstrated their value in product design, supply chain management, quality assurance, and predictive maintenance.

In fact, Germany already has an industrial association in digital twinning. **Industrial Digital Twin Association (IDTA)** gathers the key players of the German industry and was founded by BMWK's Platform Industrie 4.0, **VDMA** and **ZWEI**. The association does not just act as a point of contact, but also develops an Asset Administration Shell (AAS) with standardized digital representation of various assets and submodels for industrial digital twins.

While 3D modelling has mandated specialist equipment and expertise in the past, but recent progress in LiDAR (light detection and ranging) and photogrammetry software have heightened accessibility (European Commission, 2023), and developments in spatial computing can enhance the creation of content and experiences. Meanwhile, generative AI can create content and experiences without needing technical development or design where virtual environments can be created from human prompts or from existing content.

The German ecosystem has strengths and areas for cooperation

The ongoing development of technical foundations represents a commercial opportunity. This applies not only to German technology firms, but also for other businesses to develop their own use-cases economy wide. Table 2 provides a stocktake on the current health of Germany's metaverse ecosystem. It also highlights important commercial partnerships as adoption rates continue to grow.

TABLE 2: THE CURRENT HEALTH OF GERMANY'S METAVERSE ECOSYSTEM

Metaverse layer	Technical element	Germany's ecosystem	Overseas complementarities
Hardware, protocols, and standards	Networks and EDGE computing	As part of the government's Gigabitstrategie, every German household is on track to have FTTP and 5G by 2030. Germany leads the development of private 5G networks and cloud research. Siemens is a leading provider of on-premises edge computing that enables metaverse and German Edge Cloud (GEC) provides manufacturing and IoT process optimisation.	Network operators source equipment from a range of vendors. Other global market leaders driving innovation in cloud and edge compute include AWS, Intel, Cisco, Microsoft, and Huawei.
	Headsets and smart glasses	Germany might have a limited production of headsets and smart glasses, but possess a strategic cluster of micro-LED companies including Osram, Fraunhofer, Infineon, Aixtron, QubeDot, 3Dmircromac, Innocise, Finetech.	Market leaders in headsets and smart glasses include DPVR, HTC, Lynx Mixed Reality, Magic Leap, Meta, Microsoft, Pico, Samsung, Valve, and others.
	Haptics and other wearables	In the past, German start-ups have developed haptic feedback bracelets and software development kit to enable the creation of haptic-ready immersive experiences.	Market leaders in haptics and other wearables include Immersion, Johnson Electronic, Force Dimension, 3D Systems, Ultraleap and others.
	IoT devices	After the US and China, Germany is the world's largest market for IoT devices with impressive adoption rates across industry. German companies like Siemens, Bosch, SAP and Infineon generated more than €3,5 billion from sales of IoT software and hardware in 2022 (IoT Analytics, 2023).	Aside from German market leaders, leading IoT software companies include AWS, Huawei, Microsoft, Oracle and others..
	Electronics and photonics	Further to their IoT offerings, Bosch and Siemens specialise in computers, controllers, and gateways. Infineon produce chipsets, sensors, and security. Meanwhile, Zeiss Group, is a world leader in display and optics design and development.	Electronics and photonics span multiple product groups, each with their own market composition. Selected leads include Intel (CPUs), Nvidia (GPUs), Dell (edge gateways), Cisco (WLAN), Sony (Micro LEDs), and NKT Photonics (optical fibres and modules).
	Standards, protocols and assets.	BMDV continues to host some of the most advanced and productive dialogues on the potential of immersive technologies. It is in the forefront of 3D asset administration through IDTA and other initiatives. Germany also retains a strong voice in SDOs engaged in pre-standardisation activities for the metaverse, including IEC, IEEE, ISO, ITU, W3C and others.	Germany also has commercial representation on private initiatives including the metaverse Standards Forum, Khronos Group and Open AR Cloud.

Metaverse layer	Technical element	Germany's ecosystem	Overseas complementarities
Platforms and systems	Platforms	German start-ups and technology companies are capitalising on market openings by developing platforms across specific use cases. For instance, Munich's Inflight VR provides an immersive platform for in-air entertainment. Meanwhile, Cologne's Flying Sheep Studios is developing Star Life, a massively multiplayer online (MMO) game, which will eventually host virtual events. Similarly, Hamburg's NOYS VR offers a platform for musicians to perform live in virtual worlds.	The platform markets is highly fragmented in accordance with a plethora of XR applications. Global platforms include Nvidia's Omniverse, Meta's Horizon Worlds, Decentraland and others.
	AI	Siemens has integrated the Nvidia AI and Omniverse technologies into its Xcelerator platform.	Nvidia DGX Cloud provides AI computing as a service to train advanced models for industrial AI and metaverse applications.
	Blockchain	Germany hosts more than 340 blockchain solution providers and start-ups that can help businesses leverage blockchain in virtual worlds. It also has an advanced legal architecture on crypto assets providing assurances for developers, businesses and consumers.	In view of its programmability, Ethereum is emerging as the major blockchain network utilised in the metaverse. It underpins currencies used in Decentraland and The Sandbox. But the market is still highly fragmented, with different networks serving different purposes. Alternatives include Polygon, Solana, Hyperledger and others.
Content and experiences	XR content and experiences	Similar to platforms, Germany's XR ecosystem is producing an array of content and experiences. Examples include Sympatient, which is combining app-based CBT with mobile VR, and Spree Interactive, which offers location-based multi-user VR experiences and games to its customers.	The production of content and experiences is highly democratised. But Germany and the rest of Europe are at the forefront of content creation, with long-standing XR research, a highly skilled workforce, and a strong creative industry.
	Digital twins	With a number of advanced manufacturing industries, Germany is one of the world's largest markets for digital twin solutions. Siemens is also a lead provider. its Digital Enterprise Suite coordinates integrated software and automation solutions for industrial companies.	Other providers of digital twin solutions include GE, Azure Digital Twins, IBM, Cisco, Oracle, and Dassault Systemes.
	3D modelling tools	Germany is leading the development of industrial 3D assets through IDTA and other initiatives. Owing to technological developments, the market for modelling tools is highly fragmented, where Germany hosts some important firms, such as Siemens and Rapid Compact.	Beyond the digital twin providers outlined above, important 3D modelling providers include Autodesk, PTC, Onshape and others.

The German industrial interest

A stocktake of Germany's metaverse ecosystem highlights numerous competitive advantages across the value-chain.

On the hardware side, Germany will reap commercial success as the metaverse takes off thanks to its indispensable role in micro-LED, and EDGE/on-premise networks with companies like **Carl Zeiss, Siemens, Bosch, or Infineon**. Furthermore, Germany is in the forefront of both development and adoption of the platforms and systems associated with **enterprise metaverse** and **digital twins**, which translates to a unique agenda and standard-setting power for the next iteration of the internet.

Prospective interventions should complement business activity in harnessing existing strengths. For instance, hardware companies may need incentives to commercialise their technologies for metaverse applications against other more short-term business priorities.

Elsewhere, international cooperation will be necessary to maximise other technical elements. Here, government initiatives should focus on balancing regulatory priorities with open interoperability and a business environment that allows German industry to acquire and integrate foreign technologies.

THE METAVERSE TRANSFORMS THE ECONOMY

New commercial partnerships

While much of the metaverse remains under development, companies are already developing a range of commercial partnerships and innovative use cases.

The web of technological components outlined above indicates how Business-to-Business (B2B) models will underpin the metaverse. For instance, **Siemens'** open digital business platform is currently reliant on partnerships with **NVIDIA** for immersive digital twin development, and **AWS Cloud** for enhanced processing capacity, data storage, and security. Elsewhere **Sympatient's app-based CBT therapy** is being accessed on handsets produced by Apple, Samsung and Xiaomi.

As a vibrant digital ecosystem, the metaverse is enabling B2B partnerships as well. Following previous iterations of cyberspace, businesses are creating their digital economies, trading with other companies, and forming commercial relationships in different ways.

Finally, the metaverse is enabling revolutionary Business-to-Consumer (B2C) interactions. Immersive marketplaces are creating novel ways to discover and explore products, while virtual worlds are fostering different forms of consumption. Put simply, the metaverse is "once-in-a-generation opportunity to reinvent the consumer experience" (Purdy, 2023).

Innovative industrial use-cases

Synchronous with these partnerships, the metaverse is already facilitating a plethora of use-cases that span key verticals driving Germany's economy.

German companies lead vibrant metaverse ecosystems in autos (BMW), medical imaging (Siemens), insurances (Allianz), retail (Adidas), logistics (DHL).

In **manufacturing and industry**, digital twin factories enable firms to replicate their physical facilities in the metaverse, drawing on real-time data and simulations to optimise their operations. For instance, Swedish appliance manufacturer, **Electrolux**, have leveraged **Siemens** digital industries software to provide a strategic overview of end-to-end production processes (Siemens, 2023). Using data created in a digital twin model, they were able to identify and eliminate bottlenecks in their production line, saving millions of euros each year.

In **automotives**, manufacturers are increasingly relying on 3D models to reduce production costs. For instance, **BMW** and its specialist subsidiary, Idealworks, are simulating factory layouts to train mobile robots tasked with moving parts and assemblies around the factory floor (BMW, 2022). As well as generating efficiency gains, simulation-enabled reconfigurations allow for greater flexibility. Each of BMW's factory lines can produce as many as ten different cars with a range of options for customisation. BMW and other manufacturers are also utilising digital twins to mitigate the costs of the transition to electric vehicle (EV) production.

In **medical devices and healthcare**, a metaverse of "medical technology and AI" (MeTAI) can facilitate the development, prototyping, regulation, and refinement of AI-based medical practices, especially imaging-guided diagnosis, and therapy (Wang et al., 2022). VR, multi-sensory presentation, voice and gesture control, 3D printing, and haptic feedback is already in use to provide practitioners with new ways of interacting with large data masses like human tissue and its properties (Tampere University, 2019). One **Siemens** senior expert calls a future for medical technology without XR "unthinkable" – while **Varjo** has already developed a VR headset for specialised medical professionals with true-to-life XR/VR for challenging real-life scenarios.

In **banking and insurance**, metaverse use cases are still emerging. Avatars can be utilised for training and customer support; while digital twins can facilitate underwriting and expedited claims via remote monitoring (PwC, 2023). Major insurers are already embracing immersive technologies. For instance, **Allianz** is using AR and VR to increase customer awareness of specific risks to their property and providing appropriate insurance services.

In **architecture, construction, and town planning**, the metaverse allows for 3D models of buildings, streets, and entire cityscapes. This makes it easier to visualise and adjust designs in a collaborative manner. According to a survey by CGarchitect (2016), a number of Europe's major architectural firms are already using head-mounted displays (HMDs) for client presentations and concept formulations. Beyond product design and marketing, the metaverse can be used as a tool for project management and worker training by simulating virtual replicas of construction sites.

In **education and training**, lessons and content can be more engaging when delivered or demonstrated interactively in the metaverse. Research by PwC (2022) suggests that VR learners were four times faster to train in the classroom and three times more confident in applying skills learned after training. **Nürnberg's** "Spree Interactive" is a pioneer in the field of virtual reality developing technologies and products for location based virtual reality systems for children from 6 years on.

In **media, creative and cultural** sectors, the metaverse provides a platform for creating and experiencing new forms of art and entertainment. Users can play immersive games, attend virtual concerts and exhibits, and experience and participate in cultural events from around the world. Some of Europe's most famous cultural institutions are now offering virtual tours, including **Deutsche Museum München** and **Pergamonmuseum Berlin**.

In **retail and marketing**, the metaverse is hosting cyber stores, personalised shopping experiences and new forms of brand engagement, including virtual events and avatar influencers. In addition to novel marketing opportunities, the metaverse offers scope for entirely new revenue streams via the sale of virtual goods and services. In collaboration with NFT creators, **Adidas** recently launched its "Into the metaverse NFT collection" providing customers with access to digital and physical wearables across a phased immersive experience (Adidas, 2023)

Finally, in **transport and logistics**, the metaverse can facilitate immersive interaction with transport networks and supply chains via digital twin systems. This is revolutionising operations management by allowing suppliers and other stakeholders to make highly informed decisions in real time (Dwivedi et al., 2022). Companies such as **DHL** are already using the metaverse for supply chain simulations, allowing them to optimise their logistics processes and reduce costs (DHL, 2019).

These emerging business models and use cases demonstrate that the metaverse is already fostering vital efficiency gains across Germany's existing industrial strengths. In this sense, the strategic promotion of innovation and adoption represents an opportunity to bolster stagnating growth by capitalizing on new markets and furthering existing competitive advantages.

FEDERAL ACTION PLAN FOR A METAVERSE-LED INDUSTRIALISATION

The ongoing erosion of Germany's competitiveness underscores the necessity of a federal action plan for metaverse-led industrialisation. As with all general-purpose technologies, public policy plays an inevitable role in setting the stage for deployment of smart factories and undisrupted German leadership in manufacturing. Similar to historical predecessors like electricity or the internet, the society-wide adoption of general-purpose technologies depend on publicly financed infrastructure and sustained support for education and innovation.

So far, Federal support has focused on fostering a content layer within Germany, including business promotion through the Federal gaming promotion programme. Whilst such programs show promise, ambitious cross-cutting economic policies are needed.

Recommendation 1:
The Federal Digital strategy should mirror the EU initiative on immersive technologies, especially the convergence with its Industrie 4.0.

In the light of the current productivity and competitiveness challenge facing the nation, the industrial dimensions of the Digital Strategy will be critical. While the previous Federal "Future Strategy" could not yet foresee the convergence of metaverse and Industrie 4.0 technologies like AI and IoT, more recent initiatives like the EU strategy on Web.4.0 and virtual worlds already set out the broader societal importance of immersive technologies.

As a point of departure, this strategy gap on the national level must be addressed in the government's Digital Strategy that is pending this year. In the light of the productivity challenge, the economic dimension of the strategy should be guided by three simple "I's": immersive, industrial productivity, and internationalisation of German technologies. And this creation of a thriving metaverse for the German industry requires coordinated fiscal, industrial and trade policies.

Fiscal policy

Recommendation 2:
Direct national funding towards critical technologies, such as optics, IoT, microLED, EDGE and 6G where Germany has a unique advantage.

The government must address the funding gap given the shortage of funding for both start-ups and SMEs for immersive technologies. The German funding deficit is not just against competitors like the US and China – but even against regional competitor like France, which continues to harm future German standard-setting powers in Web 4.0.

At the EU-level, the European Commission recently announced its "Strategy on Web 4.0 and virtual worlds" where several existing sources of EU-funding have been redirected to the metaverse. However, EU funds are often accused of being administratively cumbersome; work is organized into EU-wide consortiums where funding and the results generated is often shared among competitors. National funding on the metaverse will always supplement EU funding, especially for applied research.

In this regard, BMBF has already launched funds aimed at SMEs to bring Industrie 4.0 to their factory floors. Such funding should promote the adoption of digital twin and other immersive, productivity-boosting technologies. Increased adoption within Germany does not just provide scale efficiencies for German engineering companies that are in the forefront of the technologies, but leads also towards federated digital twins that collect and analyse the information from various domains and deliver better solutions.

But as we have seen, immersive technologies present a major commercial opportunity for the German industry. We must now decide whether we want to remain a world-leader on critical technologies associated with the metaverse, including optics (such as combiners, ancillary lenses), displays (micro-LEDs), sensory and network technologies. However, the R&D budgets of the companies engaged in these fields are often too overstretched to focus on the metaverse. Here is where the emerging economic powers see an opportunity to outpace German companies. Such upstream R&D clusters are necessary for a viable ecosystem that build competitive

downstream applications such as digital twin engineering, smart factory platforms and industrial enterprise applications.

In conclusion, we recommend BMF and BMBF to:

- Address the overall funding gap for technology companies in Germany, at least above regional benchmarks like France.
- Incentivise investments and roll-out of digital twin technologies to boost manufacturing sector and Mittelstand productivity that will also supporting economic scale and federated twins.
- Direct the national funding towards rapid commercialisation of German upstream technologies, e.g., optics, microLED, IoT, next-generation network technologies that are required for the industrial metaverse and Industrie 4.0.

Industrial and trade policies

Recommendation 3:
Intensify national and EU standard-setting work. Boost German industry participation in international SDOs to extend German and EU influence

Industry 4.0 is still in developmental stage where the concept needs further standardisation and implementation guidelines to unleash the power of private investments. However, Germany cannot wait for the establishment of global Industrie 4.0 standards, it must carefully consider maintaining interoperability for its own future expansion. This is particularly true as the metaverse will cut across multiple technology domains. All players in the global market will have gaps in their value-chains and Germany is not an exception: Gaps will be filled by international partnerships that will also provide reciprocal opportunities for German firms.

Open and market-led standards (such as 3GPP for mobile networks, or ECE for motor vehicles) were led by German and European industries have proven to be key for successful German internationalisation. Hence, global developments towards an open, market-led and interoperable standards for the metaverse and other Industrie 4.0 technologies is key – but German industrial policy must intensify national standardisation work, increase participation of the German firms in international SDOs (especially in the light of increasing Chinese activities), and activate Federal diplomatic and EU-support for open standards to retain the influence of the German and European industry.

Recommendation 4:
Advocate for the removal of tariffs and other trade barriers against the export of German technologies that are essential for building the metaverse.

Germany and Europe must develop an offensive “standards diplomacy”. But securing German technology exports will also depend on market access: Duties and technical barriers to trade must be reciprocally removed for technologies for that are essential for building the industrial metaverse. The next update of the WTO IT agreement (ITA-3) is already discussed in the backrooms of APEC, which will eventually be reach Brussels and Geneva for consideration. should encompass European interests to build effective partnerships and coalitions to export German technologies that realise Industrie 4.0.

In conclusion, we recommend BMWK and AA to:

- Intensify the national standard-setting work and encourage foreign participation in these for a to boost the relevance of German work, aligning the national standards work with EU SDOs such as ETSI and CEN-Cenelec in the following step.
- Boost German and EU industry participation in international SDOs, including IEC, IEEE, ISO, ITU, W3C and new open forums like web3D and Metaverse Standards Forum to extend German and EU influence.
- BMWK should express its support for launching ITA-3 through the European Commission's DG Trade, with the objective of expanding duty-free treatment for IoT, optical and sensory technologies made in Germany.

Skills and training

Recommendation 5:
Incorporate immersive technologies into the curriculum of engineering and technical degrees

The national skills gap – where the German population lags behind the EU average on basic digital skills – have led to employee resistance towards digital tools and significant impediment to industrial productivity. Understandably, addressing such systemic challenge like the upskilling of the national workforce will require a nation-wide and bottom-up effort across the entire educational system and attracting foreign talents that is perhaps beyond the scope of this paper.

But with regards to the web and immersive technologies, Germany has so far focused on fostering skillsets within the content layer. For example, BMWK has recently announced an "immersive media design programme" as one of the first publicly supported efforts for digital literacy necessary for Web 4.0. While these measures are ground-breaking and laudable, a productivity-focused deployment of e-skills could also focus on the immediate need for industrial adoption. In addition to creating separate silos of "metaverse"-educational degrees, existing engineering and technical degrees should also be well-traversed in the data-driven and immersive future of engineering.

We therefore recommend BMBF to:

- Making digital twins, immersive technologies (together with AI and other Industrie 4.0 domains) becoming integral part of the educational curriculum for civil engineers, architects, and other technical degrees.

Tackling regulatory questions

European Commission (2023) draws the conclusion that the EU already has a robust, future-oriented legislative framework for Web 4.0 and the metaverse. It cites DSA, DMA, GDPR, Markets in Crypto-Assets (MiCA) Regulation, Directive on Copyright in the Digital Single Market, Regulation on the EU Trade Mark, and the Directive on the Protection of Trade Secrets that apply generally to virtual worlds.

Recommendation 6:
All existing EU and German laws to protect consumers, vulnerable groups, and personal data apply equally to metaverse like the current iteration of the internet.

While Germany and the EU should constantly look at its existing regulations to ensure that they are future-proof, the European Commission has a valid point that a specific ex-ante law (i.e. a “Metaverse Act”) is not necessary for the broad range of use-cases we envisage in the metaverse. A metaverse-specific regulation will, on the contrary, create legal divergences between the current Web 3.0 and the immersive 4.0, which may be exploited by dominant actors with abundant resources for regulatory compliance.

Moreover, existing laws on consumer protection, protection of minors and vulnerable groups, IPRs, antitrust and services provision must apply equally to the current iteration of the internet as well as the next one. If there is cause for regulation due to market failures that are specific to the metaverse which we cannot predict today – then new regulation should be proportionate and precise to address the problem and avoid creating more market failures.

Sandboxing – where innovators are allowed to trial new technologies in a real-world environment under close regulatory monitoring – is one alternative that allows both the innovator and regulator to understand future impact. Similarly, far less complicated use-cases in the German industries and enterprises will come before any mass markets uses and provide useful experiences on how to govern the metaverse.

In other words, the belief in a human-centric metaverse comes first. For the same reasons that it is too early to say we need to de-regulate, it is also too early to say whether we anticipate more regulation of immersive technologies.

TECHNICAL ANNEX

Estimating the cost of non-adoption on German autos exports

The average profit margin for auto manufacturers was reported at 18.5% in 2022, as per data from NYU Stern. Challenge Advisory (2019) estimate that the implementation of digital twin technology is associated with a reduction in production prices, and a subsequent increase in profit margins of 54%.

It is assumed that all non-German manufactures adopt immersive technologies and enjoy an initial production price that is approximately 8.4% lower, in line with the forecast increase in profit margins.

Eventually, widespread adoption leads to industry convergence and a like reduction in sale prices for non-German manufactures. Margins return to 18.5%.

By contrast, German manufactures continue to operate at the initial sale price and the initial production price. Therefore, it is estimated that non-metaverse adoption is associated with an ad valorem equivalent premium of 8.4% on German exports.

To assess the effects of this premium on German exports to different markets, country-specific import demand elasticities are derived from Ghodsi (2016). Data on Germany's existing autos exports (HS 8703 in 2022) is derived from UN Comtrade.

To estimate the effects of non-metaverse adoption on German autos exports to the top ten markets, and worldwide, these figures are inputted into the following import demand equation:

$$\text{Predicted exports} = \text{Existing exports} * ((\text{Elasticity} * 0.084) + 1)$$

REFERENCES

- Accenture. (2022). *Federal technology vision 2022*. <https://www.accenture.com/us-en/insightsnew/us-federal-government/technology-vision-2022>
- Adidas. (2023). *Into the metaverse*. <https://www.adidas.co.uk/metaverse>
- Arnold, M. (2023, August 20). Can Germany fix its economy? Financial Times. <https://www.ft.com/content/28d22761-d81f-4402-bd56-7329fd6d18b0>
- BMDV. (2023). *Federal minister for digital discusses possible areas of application for immersive technologies with 100 experts*. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/EN/PressRelease/2023/072-wissing-metaverse-dialogue.html>
- BMW. (2022). *This is how digital the BMW iFactory is*. BMW Group. <https://www.bmwgroup.com/en/news/general/2022/bmw-ifactory-digital.html>
- BMWK. (2023, April 20). *In virtuelle Welten eintauchen – BMWK schafft neuen Ausbildungsberuf „Gestalterinnen und Gestalter für immersive Medien“*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/04/20230413-in-virtuelle-welten-eintauchen.html#:~:text=Gestalter%2F%2Dinnen%20f%C3%BCr%20immersive,f%C3%BCr%20die%20Auszubildende%20qualifiziert%20werden>
- Bozorgzadeh, A. (2018, March 17). *Europe needs to halt its startup brain drain to the U.S*. VentureBeat. <https://venturebeat.com/entrepreneur/europe-needs-to-halt-its-startup-brain-drain-to-the-u-s/>
- Carlini, S. (2022). *How Edge Computing Will Power The Metaverse*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/05/18/how-edge-computing-will-power-the-metaverse/?sh=7b5850d3630d>
- CGarchitect. (2016). *Survey results: VR usage in arch viz*. <https://www.cgarchitect.com/features/articles/g19b2174-survey-results-vr-usage-in-arch-viz>
- Challenge Advisory. (2019, April 5). *Case study on digital twin in the manufacturing industry - 54% more ROI*. <https://www.challenge.org/case-studies/digital-twin-case-study/>
- Cottureau, T. (2021). *Reducing resistance to AR adoption: Four ideas for change management*. Field Technologies Online. <https://www.fieldtechnologiesonline.com/doc/reducing-resistance-to-ar-adoption-four-ideas-for-change-management-0001>
- Damar, M. (2021). *Metaverse Shape of Your Life for Future: A bibliometric snapshot*. Journal of Metaverse. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jmv/issue/67581/1051371>
- Deloitte Insights. (2023, February 20). *What does it take to run a metaverse?* <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/metaverse-infrastructure.html>

Deloitte. (2019). *Manufacturing goes digital: Smart factories have the potential to spark labor productivity*. Deloitte Insights. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/driving-value-smart-factory-technologies.html>

Deutscher Bundestag. (2023). *Zukunftsstrategie Forschung und Innovation*. Deutscher Bundestag - Startseite. <https://dserver.bundestag.de/btd/20/057/2005710.pdf>

DHL. (2019). *DHL Trend Report: Implementation of digital twins to significantly improve logistics operations*. <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/press-releases/2019/dhl-trend-report-implementation-digital-twins-significantly-improve-logistics-operations.html>

Euractiv. (2023, January 13). *Tech brief: Germany's AI reservations, fair share moves in the metaverse*. [www.euractiv.com. https://www.euractiv.com/section/digital/news/tech-brief-germanys-ai-reservations-fair-share-moves-in-the-metaverse/](https://www.euractiv.com/section/digital/news/tech-brief-germanys-ai-reservations-fair-share-moves-in-the-metaverse/)

European Commission. (2022). *The digital economy and society index (DESI)*. Shaping Europe's digital future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>

European Commission. (2023). *An EU initiative on Web 4.0 and virtual worlds: a head start in the next technological transition*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-initiative-virtual-worlds-head-start-next-technological-transition>

EY. (2022, July 18). *Baromètre EY du capital-risque: 1er semestre 2022*. https://www.ey.com/fr_fr/fast-growing-companies/barometre-ey-du-capital-risque-1er-semester-2022

fDi Intelligence. (2019). *On the move: Manufacturing's return to the developed world*. fDi Intelligence – Your source for foreign direct investment information - [fDiIntelligence.com. https://www.fdiintelligence.com/content/feature/on-the-move-manufacturings-return-to-the-developed-world-74569](https://www.fdiintelligence.com/content/feature/on-the-move-manufacturings-return-to-the-developed-world-74569)

Haseltine, W. (2023). *The Whole World In Your Hand: Major Advances In Haptic Technology*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/williamhaseltine/2023/01/21/the-whole-world-in-your-hand-major-advances-in-haptic-technology/?sh=165fec481012>

IoT Analytics. (2023, July 4). *IoT in Germany – Market size, industries, vendors, use cases*. <https://iot-analytics.com/iot-in-germany/>

ITIF. (2014, June). *Raising European Productivity Growth Through ICT*. <https://www2.itif.org/2014-raising-eu-productivity-growth-ict.pdf>

Jalo, H., Pirkkalainen, H., Torro, O., Pessot, E., & Zangiacomi, A. (2022, June). *Extended reality technologies in small and medium-sized European industrial companies: level of awareness, diffusion and enablers of adoption*. *Virtual Reality*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-022-00662-2>

Jiang, Y. (2023, April 25). *China's Metaverse is all about work*. Wired. <https://www.wired.co.uk/article/china-metaverse-work-health-care>

Johnston, A. (2023). *Blockchain and the metaverse, Part 2: Challenges*. S&P Global. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/research/blockchain-and-the-metaverse-part-2-challenges>

Kolev, G., & Obst, T. (2022). *Global value chains of the EU member states*. Institut der deutschen Wirtschaft (IW). https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2022/IW-Report_2022-Global-value-chains.pdf

McKinsey. (2022, July 15). *What is the metaverse?* McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-metaverse>

Meta. (2023). *The metaverse and the opportunity for the European Union*.

OECD. (2020). *SMEs Going Digital: Policy challenges and recommendations*. https://goingdigital.oecd.org/data/notes/No15_ToolkitNote_DigitalSMEs.pdf

Pileggi, P. (2021, April). *Overcoming Digital Twin barriers for manufacturing SMEs*. Change2Twin Project. https://www.change2twin.eu/wp-content/uploads/2021/04/Change2Twin_Position-Paper_Overcoming-9-Digital-Twin-Barriers-for-manufacturing-SMEs-.pdf

Purdy, M. (2023, April 3). *Building a great customer experience in the Metaverse*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2023/04/building-a-great-customer-experience-in-the-metaverse#:~:text=The%20metaverse%20can%20help%20put,brands%20through%20AI%2Dpowered%20bots>

PwC. (2023). *The metaverse and insurance: A new frontier in user experience and risk coverage*. <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/the-metaverse-and-insurance.html>
PwC. (2022, September). *How virtual reality is redefining soft skills training*. <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/virtual-reality-study.html>

Rodriguez, S. (2022, September 2). *Meta acquires Berlin startup to boost virtual-reality ambitions*. WSJ. <https://www.wsj.com/articles/meta-acquires-berlin-startup-to-boost-virtual-reality-ambitions-11662147631>

Salvadori, K., & Martin, B. (2023, March 23). *Network fee proposals are based on a false premise*. Meta. <https://about.fb.com/news/2023/03/network-fee-proposals-are-based-on-a-false-premise/>

Siemens. (2023). *Electrolux implements worldwide 3D factory and material flow planning*. <https://www.simsol.co.uk/wp-content/uploads/2019/09/Siemens-PLM-Electrolux-Case-Study.pdf>

Shi, Q. (2020). *Progress in wearable electronics/photronics—Moving toward the era of artificial intelligence and internet of things*. InfoMat. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/inf2.12122>

Takahashi, D. (2023, March 20). *Flying sheep studios gets \$1.2M in German government funding for metaverse game*. VentureBeat. <https://venturebeat.com/games/flying-sheep-studios-gets-german-government-funding-for-metaverse-game/>

Tampere University. (2019). *Tampere University is revolutionising medical imaging with the help of virtual reality and AI*. <https://www.tuni.fi/en/news/tampere-university-revolutionising-medical-imaging-help-virtual-reality-and-ai>

VR/AR Industrial Coalition. (2022). *VR/AR industrial coalition: Strategic paper*. Publications Office of the EU. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/gaaef6fd-28db-11ed-8fa0-01aa75ed71a1>

Wang, G., Badal, A., Jia, X., Maltz, J., & Mueller, K. (2022). Development of metaverse for intelligent healthcare. *Nature machine intelligence*, 4, 922-929. <https://www.nature.com/articles/s42256-022-00549-6>

WIK Consult. (2018). *The Benefits of Ultrafast Broadband Deployment*. Ofcom. https://www.ofcom.org.uk/___data/assets/pdf_file/0016/111481/WIK-Consult-report-The-Benefits-of-Ultrafast-Broadband-Deployment.pdf

World Economic Forum. (2022, April 25). *Here's how Germany is bridging its growing skills gap*. <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/germany-growing-skills-gap/>

XR4europe. (2023, April 4). *About*. XR4EUROPE. <https://xr4europe.eu/about-us/>

Ziady, H. (2019, November 12). *Adidas is closing Hi-tech sneaker factories in Germany and the US* | CNN business. CNN. <https://edition.cnn.com/2019/11/12/business/adidas-speedfactory-plants-closing/index.html>