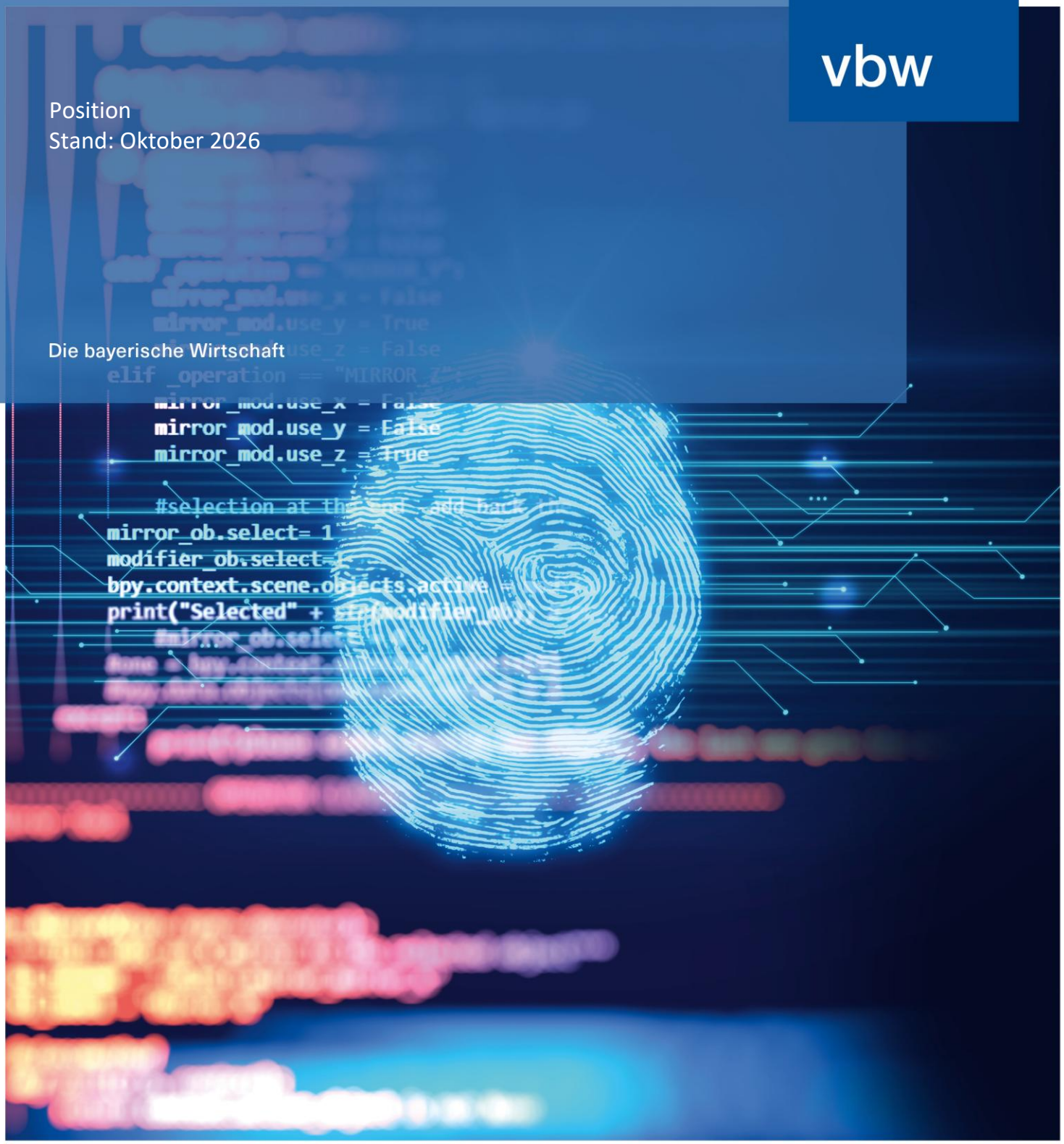
Digitalisierung | Technologien und Geschäftsfelder

Extended Reality

vbw

Position
Stand: Oktober 2026

Die bayerische Wirtschaft



Vorwort

Möglichkeiten von Extended Reality (XR) in der Breite nutzbar machen

Erfreulicherweise spielen bayerische und deutsche Forscher und Entwickler auf vielen Technologiefeldern weltweit in der ersten Liga. Dazu gehört auch die sogenannte Querschnittstechnologie Extended Reality (XR). Die Potenziale sind groß und nehmen mit den erweiterten Möglichkeiten durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) noch zu.

Die ersten in der Breite bekannt gewordenen Anwendungen waren Spiele oder sahen für viele noch nach Spielerei aus. Mittlerweile ist die Technologie erwachsen geworden. Immer mehr Unternehmen erkennen die Möglichkeiten, die sie ihnen bietet. Industrieunternehmen nutzen sie, um ihre Produktentwicklung oder die Wartung von Maschinen ressourceneffizienter zu gestalten. Dienstleistungsunternehmen ermöglicht die XR die Entwicklung ganz neuer Angebote und innovative Präsentationsmöglichkeiten für Marketing oder Vertrieb. In Zeiten des Arbeitskräfte- und Fachkräftemangels bietet XR Möglichkeiten, effizient und gezielt neue Mitarbeiter zu gewinnen und Beschäftigte schnell und einfach einzuarbeiten. Keine Einsatzmöglichkeit ist auf eine bestimmte Branche oder einen konkreten Sektor limitiert, alle können profitieren.

Trotz der greifbaren Vorteile und vorhandener Potenziale ist die Nutzung von XR, vor allem im unternehmerischen Mittelstand, noch sehr ausbaufähig. Hier setzen wir an, indem wir sowohl die Entwicklung weltweit erfolgreicher Innovationen am Standort als auch deren Einsatz in Wirtschaft und Gesellschaft unterstützen.

Damit das gelingt, brauchen wir insbesondere eine gezielte Förderung, einen breiten Wissenstransfer und gute Vorbilder sowie einen verlässlichen, chancenorientierten Rechtsrahmen. In unserer Position zeigen wir auf, wo wir stehen und welche Schritte die nächsten sein sollten.

Bertram Brossardt
07. Oktober 2026

Inhalt

Position auf einen Blick 1

1 Status Quo in Bayern 2

1.1 Neue Wertschöpfungsmöglichkeiten durch XR-Technologien 2

1.2 Technologische Potenziale 3
1.2.1 Globale Entwicklung 3
1.2.2 Entwicklung in Bayern 5

1.3 Einsatz von XR-Technologien in der bayerischen Wirtschaft 6

2 Handlungsbedarf 8

2.1 XR-Technologien sichtbarer und zugänglicher machen 8
2.1.1 Mit Best-Practice-Beispielen aus unterschiedlichen Bereichen überzeugen 8
2.1.2 XR-Hub zu einem echten Anwenderzentrum ausbauen 9
2.1.3 XR auch bei Vorhaben der öffentlichen Hand einsetzen 9

2.2 Wissen zu XR erweitern und verbreiten 10
2.2.1 Forschung zu XR und angrenzenden Technologien weiter intensiv vorantreiben 10
2.2.2 XR mit anderen Technologien zusammendenken 10
2.2.3 Transfer verbessern 11

2.3 Förderprogramme für XR ausbauen 11
2.3.1 Spezielle Schwerpunkte setzen 11
2.3.2 Hardwareentwicklung unterstützen 12
2.3.3 Start-ups am Standort halten 12

2.4 Rahmenbedingungen verbessern 12
2.4.1 Digitale Transformation gezielt unterstützen 12
2.4.2 Digitale Infrastruktur ambitioniert weiter ausbauen 12
2.4.3 Fachkräftenachwuchs sichern 13
2.4.4 Verlässlichen, chancenorientierten Rechtsrahmen schaffen 13
2.4.5 Smartglasses und kamerabasierte XR-Systeme differenziert regulieren 14

2.5 Europäische Initiativen zu XR mit der Praxis gestalten 15

Ansprechpartner/Impressum 17

Position auf einen Blick

Möglichkeiten einer unterschätzten Querschnittstechnologie ausschöpfen

Extended Reality steht für Technologien mit einem breiten Spektrum höchst relevanter Anwendungsmöglichkeiten in allen Sektoren und Branchen. Am Standort Bayern gibt es erhebliche Kompetenzen und Potenziale, die noch stärker genutzt werden müssen. Das ergibt sich aus einer Zusammenschau von Patentanalyse und Unternehmensbefragung sowie dem Input aus der Anbietersicht.

Wichtige Ansatzpunkte sind aus unserer Sicht vor allem die folgenden:

– XR-Technologien müssen sichtbarer und zugänglicher werden. Dazu sollte der XR-HUB Bavaria zu einem echten Anwenderzentrum erweitert werden, das es auch kleineren Unternehmen ermöglicht, Technologien zu erproben und praxisgerechte Informationen für die ersten Schritte bereitstellt.

– Auch die öffentliche Hand muss viel stärker ihrer Vorbildfunktion gerecht werden und XR-Technologien beispielsweise für Planung und Bau von Infrastrukturvorhaben einsetzen.

– Auf unserer durch die Patentanalyse bestätigten guten Position in der Forschung und Entwicklung müssen wir aufbauen. Dabei gilt es, die Forschung sowohl an XR-Technologien wie in angrenzenden Bereichen zu unterstützen und vor allem auch den Transfer in die Wirtschaft zu stärken.

– Förderprogramme für XR müssen ausgebaut werden. Gerade für industrielle Anwendungen gibt es noch zu wenig passende Angebote.

– Die digitale Infrastruktur muss ambitioniert weiter ausgebaut werden. Um den notwendigen Fachkräftenachwuchs zu sichern, müssen unter anderem auch Überlegungen zu Ausbildungsinhalten vorangetrieben werden.

– Schließlich ist ein verlässlicher, chancenorientierten Rechtsrahmen notwendig. Die Anbieter brauchen mehr Handlungssicherheit, etwa beim Datenschutz. Dazu sind lediglich punktuell Anpassungen auf gesetzlicher Ebene erforderlich – viel wichtiger sind eine chancenorientierte Anwendung und keine pauschalen Einschränkungen oder Verbote.

1 Status Quo in Bayern

Erhebliche Potenziale werden noch zu wenig genutzt

Bei den XR-Technologien steht Bayern insgesamt gut da, wenn man die entsprechenden Patente betrachtet. Die tatsächliche Nutzung in den Unternehmen, vor allem auch in den kleinen und mittleren, bleibt demgegenüber aber noch deutlich hinter den Möglichkeiten zurück.

Ziel muss es sein, die vorhandenen technologischen Potenziale in Wertschöpfung am Standort umzusetzen. Dazu müssen die Erfindungen zu praxisorientierten Anwendungen weiterentwickelt und der Einsatz von AR- und VR-Technologien in die Breite getragen werden.

1.1 Neue Wertschöpfungsmöglichkeiten durch XR-Technologien

Als Oberbegriff für die neuen Realitätsformate Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) hat sich der Begriff „XR“ etabliert. Er wird meistens als Abkürzung für „Extended Reality“ genutzt.

Bei AR werden echte und virtuelle Informationen im Sichtfeld der Nutzer kombiniert, etwa über mobile Endgeräte (Smartphones, Tablets) oder Datenbrillen. Bei VR wird die physische Umgebung visuell weitgehend durch eine virtuelle Umgebung ersetzt. Moderne Headsets können über Passthrough-Kameras zugleich Mixed-Reality-Anwendungen ermöglichen. Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal liegt deshalb weniger im Gerät selbst als in der jeweiligen Darstellungs- und Interaktionsform und ob die Realität ein Teil des Erlebnisses ist (AR) oder nicht (VR).

Von AR- und XR-Brillen sind Smartglasses im engeren Sinne zu unterscheiden: Sie orientieren sich häufig bewusst am Formfaktor herkömmlicher Brillen und kombinieren Kamera-, Audio- und KI- beziehungsweise Assistenzfunktionen, ohne zwingend räumlich registrierte virtuelle Inhalte einzublenden. Die Grenzen zwischen den Gerätekategorien sind technisch fließend; für Datenschutz und Regulierung ist daher die konkrete Funktion entscheidend.

Bei XR handelt sich um echte Querschnittstechnologien, die in den unterschiedlichsten Wirtschaftszweigen genutzt werden können: Planen und Bauen, Gesundheitswesen, Bildung, Handel, Kunst und Kultur, Forschung und Entwicklung – und in der Industrie.

Relevante Einsatzmöglichkeiten mit großen Innovations- und Effizienzpotenzialen sind unter anderem
- Produktentwicklung,
- Marketing und Vertrieb,
- Produktion,

– HR, Recruiting, Onboarding
– Trainings und Weiterbildung.

Einzelheiten und Beispiele sind in der vbw Studie *Extended Reality – Zukunftstechnologie mit breitem Anwendungsspektrum* (2022) aufgeführt.

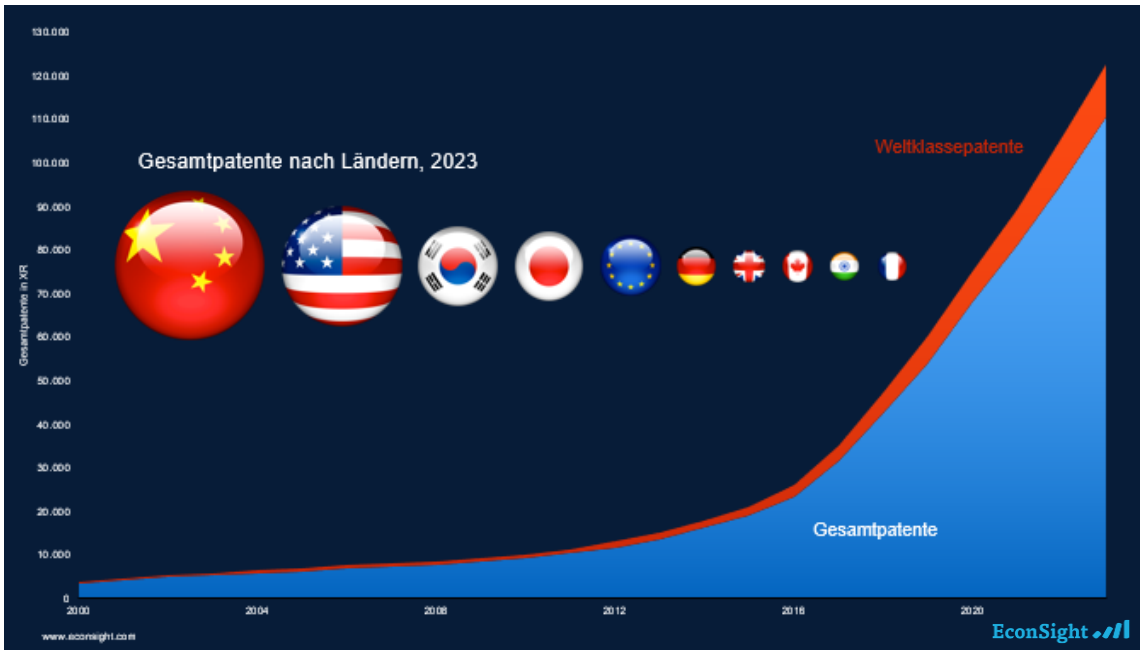
Synergien mit anderen Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) und Spatial Computing geben der Verbreitung von XR verstärkt Aufwind. Generative KI ermöglicht die Erstellung visueller Inhalte und deren Einbindung in XR-Anwendungen. Spatial Computing („räumliches Rechnen“) verbindet die Virtuelle Realität mit der räumlichen Umgebung und ermöglicht die Interaktion mit dieser.

1.2 Technologische Potenziale

1.2.1 Globale Entwicklung

Die Entwicklung verläuft sehr dynamisch. Seit 2015 hat sich die Anzahl der Patente im Bereich XR weltweit vervierfacht.

Abbildung 1
Entwicklung der XR-Patente weltweit



Quelle: EconSight für die vbw (2024)

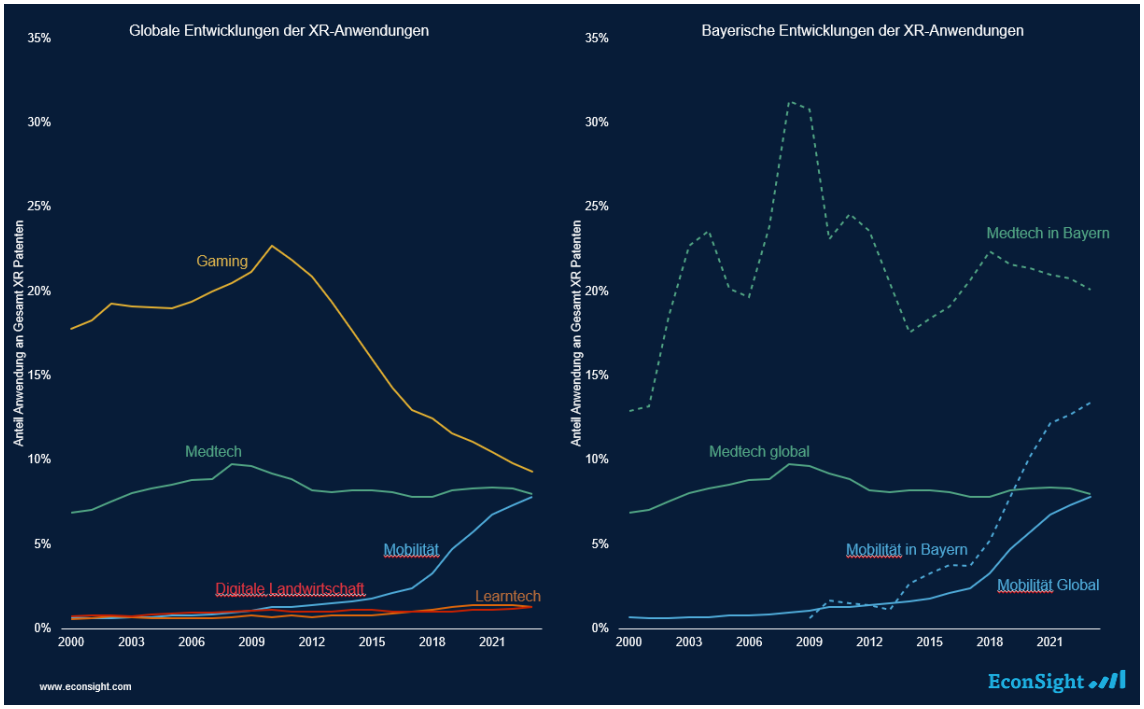
Ursprünglich hatte Japan die Technologieführerschaft inne. Die USA haben Japan 2005 hinter sich gelassen und wurden ihrerseits 2017 von China überholt. Gegenwärtig sind China und die USA für rund fast drei Viertel aller Patente in Extended Reality verantwortlich. 7,6 Prozent der gegenwärtig aktiven Patente (aktiv oder angemeldet) kommen aus der Europäischen Union (Patente mit mindestens einer Erfinderadresse in der EU).

Bei den Weltklassepatenten – den besten zehn Prozent der Patente – ergibt sich ein anderes Bild. 67,5 Prozent aller Weltklassepatente wurden in den USA erfunden, gefolgt von China (25,1 Prozent), Japan (9,9 Prozent) Südkorea (7,9 Prozent), Kanada (4,4 Prozent), Großbritannien (3,7 Prozent) und Deutschland (3,3 Prozent). Nur 9,8 Prozent aller Weltklassepatente wurden in der Europäischen Union erfunden. Die Technologie wird also in Bezug auf die Qualität eindeutig von den USA und in Bezug auf die Quantität von den asiatischen Ländern dominiert.

Die Spieleindustrie wird sukzessive als vorherrschende Anwendung abgelöst. Einen dynamischen Anstieg verzeichnen vor allem die Anwendungen in der Mobilität, Medtech konnte seine bisher schon relativ starke Stellung noch behaupten und – auf niedrigerem Niveau – nehmen auch in der Landwirtschaft oder im Lernumfeld die Patente zu.

Abbildung 2

Globale (links) und bayerische (rechts) Trends bei den Anwendungen



gelb: Gaming, grün: Medtech, blau: Mobilität, rot digitale Landwirtschaft, orange: Lerntech; gestrichelte Linien: Bayern

Quelle: EconSight für die vbw (2024)

Die vbw Studie *Digitale Wettbewerbsfähigkeit aus globaler Sicht* untersucht den Digitalisierungsgrad der Anwendungstechnologien in den vbw Zukunftsfeldern (Industrie, Gesundheit, Mobilität, Materialien, Luft- und Raumfahrt, Energiesysteme, Ernährung, Biotechnologie, Nanotechnologie). Es zeigt sich, dass XR im Jahr 2025 im weltweiten Vergleich insbesondere in industriellen Anwendungen, im Gesundheitswesen und in Mobilitätstechnologien verwendet werden. Unter den fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien in Anwendungstechnologien liegen *VR, AR, XR und Metaverse* auf Platz vier nach Künstlicher Intelligenz, Prozessautomatisierung und Cloud Technology.

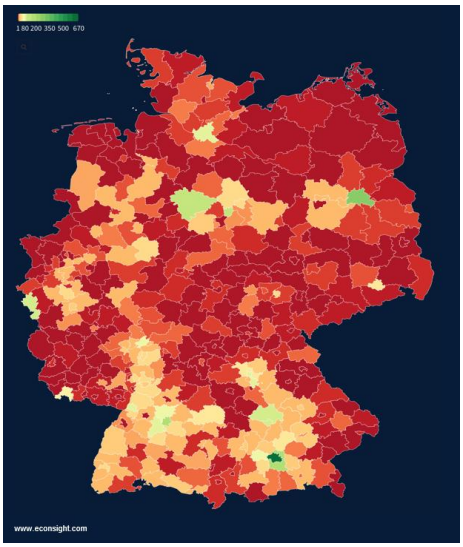
1.2.2 Entwicklung in Bayern

Medizintechnik und Mobilität haben in Bayern einen deutlich höheren Anteil in den XR-Entwicklungen als im globalen Durchschnitt (vgl. oben Abb. 2); die Forschung und Entwicklung in Bayern ist damit eher anwendungsorientiert. Gleichzeitig haben AR- und VR-Technologien innerhalb des Portfolios der Technologien rund um die Mensch-Maschine-Interaktion in Bayern einen höheren Anteil als deutschlandweit oder global betrachtet (vgl. *TechCheck 2019. Erfolgsfaktor Mensch*).

Insgesamt ist die Entwicklung der Gesamtpatente fast überall sehr dynamisch. Der globale Durchschnitt liegt bei einem Zuwachs von 160 Prozent gegenüber 2018. Auch in Bayern (125 Prozent), Deutschland (120 Prozent) und Europa (100 Prozent) gehen die Zahlen hoch, aber nicht so stark wie in China und USA. Daraus ergeben sich dann weniger dynamische, stagnierende oder rückläufige Weltanteile. München ist mit 670 Patenten eindeutig die „XR-Hauptstadt“ Deutschlands (Abb. 3).

Abbildung 3

Anzahl der XR-Patente nach Landkreisen/kreisfreien Städten



Quelle: EconSight für die vbw (2024)

Bei den besonders werthaltigen Patenten („Weltklassepatenten“) liegt der Freistaat Bayern im weltweiten Vergleich auf Rang 14. Deutschland belegt global den siebten Platz; im Länderranking folgen auf den Spitzenreiter Bayern mit 122 Weltklassepatenten Baden-Württemberg (65) und Nordrhein-Westfalen (33).

Insgesamt haben die XR-Weltklassepatente global zwischen 2018 und 2023 um mehr als 150 Prozent zugenommen. Bayerns Weltklassepatente sind sogar um 230 Prozent gestiegen. Nur Hamburg und Niedersachsen wachsen – wohlgemerkt bei deutlich niedrigeren absoluten Zahlen – in Deutschland noch dynamischer, dicht folgen Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Hessen. Die Ausgangslage ist also sehr gut, aber die Dynamik sollte mit Blick auf die weltweite Positionierung des Freistaats weiter aufrechterhalten werden, um den Anteil von aktuell rund einem Prozent an den Weltklassepatenten auszubauen.

Forschungsverflechtungen bestehen zwischen Bayern und den wichtigsten Technologieregionen weltweit (Silicon Valley, US-Ostküste, Japan, China) und global auf diesem Feld besonders relevanten Unternehmen wie Nokia, Nvidia, Intel, Apple, Microsoft und Huawei.

1.3 Einsatz von XR-Technologien in der bayerischen Wirtschaft

Für die vbw Studie *Extended Reality – Zukunftstechnologie mit breitem Anwendungsspektrum* wurde 2022 untersucht, welche Rolle XR-Anwendungen insbesondere für kleine und mittelständische bayerische Unternehmen mit maximal 500 Mitarbeitern spielen. Die Studie verdeutlichte, dass der Wissensstand zu Augmented und Virtual Reality in bayerischen KMU seinerzeit niedrig war und die Technologien noch relativ wenig genutzt werden. Die Technologien wurden im Zweifel als „Marketing-Gimmick“ wahrgenommen. Validierte ökonomische Potenziale, beispielsweise in der Produktion oder der Weiterbildung, wurden unterschätzt. KMU mit einer ausgeprägten Digitalstrategie standen den Entwicklungen positiver gegenüber.

Gefragt nach den Gründen für den bisher unterbliebenen Einsatz wurde am häufigsten genannt, dass kein Nutzen ersichtlich sei (55 Prozent), keine Passfähigkeit gegeben sei (36 Prozent) sowie kein ausreichendes Wissen vorliege (35 Prozent). Interpretiert man die „Passfähigkeit“ als Ausdruck dafür, dass entsprechende Use Cases nicht bekannt sind, können diese drei Hauptgründe als „zu geringes Wissen“ zusammengefasst werden. Es zeigte sich ferner ein klarer Zusammenhang zwischen der allgemeinen Einstellung zur Digitalisierung und der Nutzung von XR-Technologien. So wurde das Potenzial von AR und VR sehr unterschiedlich bewertet, je nachdem ob ein Unternehmen von sich sagt, eine konkrete Digitalstrategie zu haben oder nicht. In den nächsten fünf Jahren sahen 30 Prozent der befragten Unternehmen mit starker Digitalstrategie auch ein großes Potenzial von AR-Anwendungen. Bei den Unternehmen mit schwacher Digitalstrategie waren es nur sieben Prozent.

Mit Voranschreiten der digitalen Transformation, einer zunehmenden Anzahl an Best Practice Beispielen und Fortschritten im Hardware-Bereich hat auch die Nutzung in den letzten Jahren stetig zugenommen. Es bleibt allerdings noch deutlich Luft nach oben für

den Einsatz von XR-Anwendungen, wie die für unsere Studie *Breitbandbedarf der bayerischen Unternehmen – leitungsgebunden und mobil* (vbw/GMS März 2026) im bayerischen Industrie-Dienstleistungsverbund durchgeführte Befragung zeigt. Derzeit setzen 21 Prozent der Unternehmen auf XR, ebenso viele planen den Einsatz. Insgesamt stehen mehr als 70 Prozent der Befragten der Technologie positiv gegenüber.

Abbildung 4
Einsatz von XR-Technologien in bayerischen Unternehmen im Jahr 2025



In Klammern: Vergleichswerte (2024)
Quelle: GMS Dr. Jung GmbH, Oktober 2025

In unserer Studie zeigt sich sehr deutlich, dass mit der Unternehmensgröße auch die Anwendungshäufigkeit stark zunimmt: In den Unternehmen mit 1 bis 249 Mitarbeitenden hatten 21 bis 25 Prozent bereits AR- und VR-Anwendungen im Einsatz, in den größeren mit 250 und mehr Mitarbeitenden schon 42 Prozent. Ziel muss es sein, diese Anteile in Unternehmen aller Größenklassen in den kommenden Jahren deutlich zu erhöhen und aus Planern und Interessierten tatsächlich auch Nutzer zu machen.

Aus verschiedenen weiteren Studien wissen wir zudem, dass rechtliche Unsicherheiten beziehungsweise datenschutzrechtliche Grauzonen ganz entscheidende Hemmnisse beim Einsatz digitaler Technologien im Unternehmen sind. So nennen beispielsweise 82 Prozent der bayerischen Unternehmen datenschutzrechtliche Grauzonen und 76 Prozent die fehlende Rechtssicherheit bei der Anonymisierung als Grund dafür, dass sie Sachdaten nicht intensiver wirtschaftlich nutzen (*Digitalisierung der Unternehmen in Bayern*, IW Consult, Januar 2022). Hier setzt die vbw mit ihrem *Rechtsmonitor XR für die Unternehmenspraxis* (Heckmann, Juli 2023) und der zugehörigen Ergänzung *Update KI* (Heckmann, Juli 2024) an, aber es bedarf zusätzlich auch einiger Klarstellungen auf Ebene des europäischen Gesetzgebers. Die Einigung im KI-Omnibus sowie die laufenden Anstrengungen des Digital-Omnibus zur Vereinfachung und Synchronisierung der Open-Data-Richtlinie, der Verordnung über den freien Fluss nichtpersonenbezogener Daten innerhalb der EU, des Data Governance Act und des Data Act sind ein erster Schritt dahin.

2 Handlungsbedarf

XR als relevante Querschnittstechnologie bekannt machen und fördern

Das Potenzial von XR-Technologien wird zunehmend erkannt und genutzt, bei weitem aber noch nicht ausgeschöpft. In den letzten Jahren hat sich die Technologie jedenfalls in größeren Unternehmen und einigen Branchen verbreitet, und Begriffe wie „VR-Brille“ sind in der breiten Öffentlichkeit angekommen. Besonders durch die Einführung von Mixed Reality-Anwendungen haben sich vielfältige neue Möglichkeiten in produktiven Bereichen weit über das Entertainment hinaus eröffnet. Um diesen positiven Trend weiter zu verstärken und das volle Potenzial auszuschöpfen, ist es wichtig, XR-Technologien noch stärker als relevante Querschnittstechnologie anzuerkennen und zu fördern. Ihre wachsende wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung bietet Chancen in nahezu allen Branchen und Lebensbereichen.

Dabei kann gerade der Freistaat auf einer guten Ausgangslage aufbauen, wie die Patentanalyse (siehe oben, Kapitel 1) zeigt. Damit korrespondiert eine im Bundesvergleich relativ hohe Anzahl von XR-Unternehmen, insbesondere am Standort München. Gleichzeitig sind alle relevanten Anwenderbranchen hier stark vertreten.

2.1 XR-Technologien sichtbarer und zugänglicher machen

2.1.1 Mit Best-Practice-Beispielen aus unterschiedlichen Bereichen überzeugen

Gute Beispiele aus der Praxis sind von entscheidender Bedeutung, um mehr Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen mit dem Nutzen der verschiedenen Anwendungen vertraut zu machen.

Konkret geht es darum, zu zeigen, in welchem Kontext sich handfeste wirtschaftliche Vorteile etwa beim Material- oder Personaleinsatz, neue Chancen bei der Mitarbeitergewinnung und -qualifizierung sowie positive Effekte auf Kosten und CO_2-Emissionen realisieren lassen. Auch die Erfahrungen, die im betrieblichen Umfeld mit dem Einsatz von AR- und VR in Aus- und Weiterbildung bereits gemacht wurden, sollten stärker bekannt gemacht werden, und in Zusammenarbeit zwischen Entwicklern und Bildungsexperten weiterentwickelt werden, um neue Anwendungsfelder zu erschließen.

Wir leisten einen Beitrag mit Veranstaltungen, bei denen sich XR-Unternehmen präsentieren und mit der Industrie vernetzen können, verlängert durch die Dokumentation auf unserer Website, aber es sind darüber hinaus auch feste Anlaufstellen für Unternehmen erforderlich.

Gerade die Präsenz und Ansiedelung wichtiger internationaler Akteure wie Meta und Apple bietet eine Chance, den XR-Standort Bayern beziehungsweise München auf ein neues Level zu heben, die es zu nutzen gilt.

2.1.2 XR-Hub zu einem echten Anwenderzentrum ausbauen

Der Zukunftsrat der Bayerischen Wirtschaft hat bereits 2019 empfohlen, die vorhandenen Kompetenzen in Bayern in einem international sichtbaren, branchenübergreifenden Forschungs- und Anwenderzentrum zu bündeln und in die Breite zu tragen. Mit der Einrichtung des XR HUB Bavaria hat der Freistaat einen wichtigen ersten Schritt gemacht, auf dem aufgebaut werden sollte. Dazu muss unter anderem eine entsprechende Finanzierung sichergestellt werden.

Konkret geht es darum, dass Hard- und Software zu diversen Einsatzszenarien ausprobiert werden können und ein kompetenter Ansprechpartner zu Verfügung steht, der jedenfalls bei den ersten Fragen weiterhelfen und zusätzliche Kontakte vermitteln kann. Das gilt ganz besonders für die Vernetzung auch über den Medienbereich hinaus, die in Bayern – nicht zuletzt über die Ansiedelung des XR HUB Bavaria bei der Medien.Bayern GmbH – relativ gut etabliert ist.

Gerade KMU müssen Zugang zu relevantem Fachwissen zu XR erhalten. Hierzu gehören ein technisches Grundverständnis über die Funktionsweisen neuster Technologien, aber auch Wissensvermittlung zu Best Practices, Erfolgsfaktoren und Managementkonzepten. Eine bayme vbm Umfrage in der bayerischen M+E Industrie hat schon 2018 gezeigt, dass Unternehmen sich vor allem ein echtes Anwenderzentrum wünschen. Informationen über Einsatzgebiete, projektbezogene Beratung, Erfahrungsaustausch und Vernetzung/Kooperation sowie Informationen über Fördermöglichkeiten waren die Top-Themen. Das XR Lab im Deutschen Museum ist ein erster Schritt, sollte aber noch stärker auf die Bedürfnisse und Interessen von Unternehmen als Anwender ausgerichtet werden.

2.1.3 XR auch bei Vorhaben der öffentlichen Hand einsetzen

2.1.3.1 Eigene Vorhaben effizienter planen und umsetzen

Im Bereich Planen und Bauen, wo die öffentliche Hand eine große Rolle spielt, können 3D-Modelle auf Basis des Building Information Modeling (BIM) vielfältige Verbesserungen bringen. Mittels VR werden beispielsweise Planungsvarianten eines Bauvorhabens immersiv in einem „begehbaren“ BIM-Modell im Maßstab 1:1 abgestimmt; das hilft beim Abgleich der Kundenvorstellungen mit dem bautechnisch Machbaren und kann Umplanungen reduzieren. AR-Anwendungen unterstützen unter anderem bei der Abnahme von Bauprojekten.

2.1.3.2 Partizipation stärken, Informationen wirkungsvoll vermitteln

Der Einsatz von XR-Anwendungen eröffnet Chancen, die Auswirkungen und den Nutzen von Veränderungen zu transportieren. Damit kann etwa bei Bauvorhaben Anwohnern und weiteren Interessierten demonstriert werden, wie die neue Infrastruktur sich in die Umgebung einfügt. Gleichzeitig kann auf Anregungen und Einwände sofort reagiert werden: Mit einer Anpassung der Parameter kann z. B. nahezu in Echtzeit gezeigt werden, welche Auswirkungen eine andere Bauweise, Trassenführung etc. hätten. Argumente können sofort verarbeitet und bei Bedarf glaubhaft widerlegt werden. Damit wird eine öffentliche Konsultation mit direktem Feedback möglich. Bisher ist der Staat zu zögerlich beim Einsatz neuer Technologien für eine überzeugende Visualisierung der verschiedenen Optionen und des Zielzustands. Künftig müssen solche Anwendungen im Rahmen von Partizipationsverfahren zum Standard werden.

Auch für die Vermittlung von Informationen zum Klimawandel, zu den Handlungsoptionen zu seiner Bekämpfung und insbesondere zu Klimaschutztechnologien sollte der Staat konsequent auf die Überzeugungskraft und Reichweite technologischer Lösungen wie 3D-Visualisierungen setzen und entsprechende Projekte fördern.

2.2 Wissen zu XR erweitern und verbreiten

2.2.1 Forschung zu XR und angrenzenden Technologien weiter intensiv vorantreiben

Grundlagenforschung, angewandte Forschung und wissenschaftliche Begleitung von Pilotprojekten sind essenziell, um den Herausforderungen der Digitalisierung zu begegnen. XR ist eine relevante Querschnittstechnologie und muss auch in der Forschungsförderung als solche gesehen werden. Gleichzeitig müssen die angrenzenden Technologien weiter intensiv erforscht werden, immer mit Blick auf die (Energie-)Effizienz. Dazu zählen etwa Forschung und Entwicklung von Algorithmen, Elektronik sowie Chip- und Prozessorarchitekturen. Der Freistaat ist im Hightech-Bereich bereits intensiv engagiert. Es gilt dies fortzusetzen und auszubauen.

2.2.2 XR mit anderen Technologien zusammendenken

Überall, wo neue technologische Leuchtturmprojekte und Schwerpunkteinrichtungen entstehen, wie beispielsweise im Zusammenhang mit der Hightech Agenda Deutschland, sollten grundsätzlich alle in Betracht kommenden Querschnittstechnologien mitbedacht und ihr Einsatz gefördert werden. Ein Denken in Sparten und Silos sollte der Vergangenheit angehören.

Reallabore, in denen der Einsatz von neuen Technologien und Geschäftsmodellen unter realen Bedingungen erprobt werden kann, versprechen Zeitvorteile und könnten

angesichts der sehr dynamischen Entwicklung im Bereich XR (aber auch anderer Bereiche wie beispielsweise Künstlicher Intelligenz oder Quantum Computing) daher der richtige Ansatz sein.

XR-Technologien können beispielsweise zu mehr Ressourceneffizienz, Nachhaltigkeit und Klimaschutz beitragen. Bei der Entwicklung gilt es dazu aber auch den Energieverbrauch der Anwendung (z. B. bei Echtzeit-Simulationen) zu beachten und effiziente Lösungen im Rahmen von Green-IT-Ansätzen zu unterstützen. Es ist daher darauf zu achten, dass in den entsprechenden Förderlinien auch der Einsatz von AR und VR berücksichtigt wird. Das gilt gleichermaßen für die Forschungsförderung.

2.2.3 Transfer verbessern

Nicht zuletzt angesichts der erheblichen technologischen Potenziale am Standort bei gleichzeitig ausbaufähiger Nutzung in der Praxis ist der Transfer von Ergebnissen aus der Forschung in die Industrie bzw. Start-ups gezielt zu unterstützen. Auch hierbei kann ein im oben skizzierten Sinne erweiterter Hub als Anwendungszentrum einen wichtigen Beitrag leisten. Zusätzlich ist das Thema bei der laufenden Erweiterung der Technologietransferzentren mitzubedenken.

2.3 Förderprogramme für XR ausbauen

2.3.1 Spezielle Schwerpunkte setzen

Programme für die Förderung der Digitalisierung insgesamt und einzelner Facetten müssen auch auf den Einsatz und die Weiterentwicklung von XR-Technologien ausgerichtet sein. Das gilt sowohl für Einsteigerangebote wie die Mittelstand-Digital Zentren und den Digitalisierungsbonus (Bayern) als auch für die Hightech-Förderung insbesondere im Bereich Künstliche Intelligenz.

Bisher ist in Bayern die XR-Förderung beim FilmFernsehFonds Bayern angesiedelt. Seit dem 01. Januar 2026 gelten hier neue Richtlinien für die Förderung von Extended-Reality-Projekten. Der Förderzweck bleibt jedoch vor allem auf das Kreativpotenzial der Film- und Medienwirtschaft, die Medienkunst sowie den digitalen, kulturellen und audiovisuellen Sektor ausgerichtet. Für betriebliche XR-Anwendungen in Industrie-, Gesundheits- und Dienstleistungsunternehmen fehlt damit weiterhin eine passgenaue Förderlinie. Insbesondere Forschungs- und Entwicklungskooperationen zwischen Industrie, Anbietern und/oder Forschungseinrichtungen sollten stärker etabliert werden.

2.3.2 Hardwareentwicklung unterstützen

Trotz der technologischen Fortschritte der vergangenen Jahre besteht weiterhin eine starke Abhängigkeit von XR-Hardware aus den USA und Asien, während gleichzeitig die deutschen und europäischen Behörden ihre eigenen Vorstellungen beispielsweise in Sachen Datenschutz durchzusetzen suchen. Es wäre sehr wünschenswert, stärker auf europäische Alternativen setzen zu können – entsprechende Entwicklungsansätze müssen daher ebenfalls gezielt gefördert werden. Wenn relevante Hardware in Deutschland jedenfalls vorübergehend gar nicht eingesetzt werden kann, geraten sowohl die Verbreitung der XR-Technologie als auch die Entwicklung von Anwendungen am Standort ins Stocken. Rechtliche Fragen müssen schnell und wenigstens EU-weit einheitlich geklärt werden (vgl. auch unten 2.4.4 und 2.4.5).

2.3.3 Start-ups am Standort halten

Im Rahmen der Gründerförderung gilt es besonders darauf zu achten, dass Start-ups aus dem weltweit sehr dynamischen XR-Bereich (Software und Hardware) vor Ort die Unterstützung finden, die sie benötigen, um eine weitere Abwanderung ins Ausland zu verhindern. Dazu zählt nicht zuletzt ein besserer Zugang zu Wagniskapital. Auch die gezielte Beauftragung geeigneter Akteure aus dem Umfeld durch staatliche Stellen – über die bereits aufgeführten Beispiele hinaus etwa für Trainingsszenarien für Sicherheitskräfte und Militär – liefert einen wichtigen Beitrag sowohl für die Wertschöpfung am Standort als auch für eine höhere Resilienz.

2.4 Rahmenbedingungen verbessern

2.4.1 Digitale Transformation gezielt unterstützen

Die digitale Transformation muss als solche weiter gezielt und bedarfsgerecht unterstützt werden. Das zahlt auch auf den Einsatz spezieller Technologien ein, wie die Ergebnisse unserer Befragung aus dem Jahr 2022 zeigen. Zwar sind mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen grundsätzlich offen für digitale Lösungen und immerhin ein Drittel probiert digitale Lösungen aus. Aber nur 18 Prozent gehen in Bezug auf digitale Technologien auch mal ein gewisses Risiko ein. Hier gilt es, mit guten Beispielen aus der Praxis Mut machen. Umgekehrt ist es sinnvoll, den Einsatz spezieller Anwendungen zu fördern, weil so ein konkreter Nutzen greifbar wird, der seinerseits das Interesse an der digitalen Transformation stärkt.

2.4.2 Digitale Infrastruktur ambitioniert weiter ausbauen

Einige XR-Anwendungen sind stark von der Qualität der digitalen Infrastruktur abhängig, also der möglichst flächendeckenden Verfügbarkeit von Glasfaser und 5G-Netz, um Daten

auch im Gigabit-Bereich in Echtzeit übertragen zu können. Die Anforderungen an die digitale Infrastruktur variieren stark je nach Art der XR-Anwendung.

Datenintensive und kollaborative Anwendungsszenarien wie Social Collaboration, Echtzeit-Streaming oder cloud-basierte Dienste benötigen eine höchstleistungsfähige Netzwerkinfrastruktur. Diese Szenarien profitieren von Hochgeschwindigkeitsnetzen wie Glasfaser und 5G, da sie eine geringe Latenz und hohe Bandbreite erfordern. In den nächsten Jahren sind beim Ausbau noch erhebliche Anstrengungen erforderlich, insbesondere auch durch eine Beschleunigung von Genehmigungsverfahren und eine zielgerichtete Förderung (siehe dazu näher die vbw Position *Digitale Netze*).

Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die Mehrheit der XR-Anwendungen, insbesondere im Bereich der lokalen Visualisierung und Interaktion, nicht von diesen fortschrittlichen Netzwerkstrukturen abhängig ist. Solche XR-Applikationen funktionieren nach der Einrichtung auch offline oder mit geringer Bandbreite. Schwächen beim Netzausbau müssen hier also kein Hinderungsgrund für den Einsatz sein.

Forschung und Entwicklung konzentrieren sich zunehmend auf Technologien wie Edge Computing und effiziente Datenkompression, um die Netzwerkabhängigkeit weiter zu reduzieren und die Skalierbarkeit von XR-Technologien zu verbessern.

2.4.3 Fachkräftenachwuchs sichern

Wie nahezu überall ist auch hier die Fachkräftesicherung entscheidend für die Zukunftsfähigkeit der Branche. Mittelfristig sollten spezielle XR-Bildungsangebote etabliert werden, die solides XR-Wissen aus verschiedenen Blickrichtungen vermitteln. Unsere gemeinsam mit der Bundeswehruniversität und Extended Reality Bavaria e.V. erstellte Studie *Extended Reality – Zukunftstechnologie mit breitem Anwendungsspektrum* nennt hierfür exemplarisch die Themengebiete Usability, Software-Entwicklung, Strategie, Recht, Ethik, Change-Management, IT-Sicherheit, Controlling und Hardware. Wichtiger Ansatzpunkt und potenziell sinnvolle Ergänzung zu den bestehenden Studiengängen ist die Arbeit an einem neuen Ausbildungsberuf.

2.4.4 Verlässlichen, chancenorientierten Rechtsrahmen schaffen

Das Recht muss Innovationen ermöglichen und fördern. Dazu sind wenige, klare Regeln und deren einheitliche Auslegung deutlich hilfreicher als ein dichtes Regulierungsgeflecht.

Wesentliche Rechtsgebiete, deren Anforderungen es beim Einsatz von XR-Technologien zu beachten gilt, sind
- Datenschutzrecht,
- Arbeitsschutz und sonstiges Arbeitsrecht und
- Schutz geistigen Eigentums (beispielsweise Urheberrecht).

Was es insofern je nach konkreter Fallgestaltung zu beachten gilt und vor allem, wie der Einsatz von XR-Technologien rechtssicher möglich ist, stellt unser *Rechtsmonitor XR für die Unternehmenspraxis* (vbw/Heckmann, Juli 2023) dar. Im Juli 2024 wurde dieser um eine Betrachtung des Einsatzes KI-generierter Bilder in XR-Anwendungen erweitert (Rechtsmonitor XR – Update KI, vbw/Heckmann). Solche konkreten Hilfestellungen sind auf viel breiterer Basis erforderlich, um Orientierung zu geben und zum Einsatz der Technologien zu ermutigen: Anbieter und Anwender von XR-Technologien müssen durch die Bereitstellung konkreter Handreichungen (z. B. Leitfäden, Mustervereinbarung beziehungsweise -klauseln) unterstützt werden.

Bei der Rechtsetzung muss sich der deutsche und insbesondere europäische Gesetzgeber dagegen auf bestehende Regelungslücken konzentrieren, statt einseitig auf Risikominimierung abzuzielen wie bei der Künstlichen Intelligenz (AI Act) oder zu tief in die Rechtsbeziehungen zwischen Unternehmen einzugreifen wie beim Data Act. Hinzu kommen rechtliche Unsicherheiten und Grauzonen, vor allem im Bereich Datenschutz (DS-GVO), z. B. bei der rechtssicheren Anonymisierung. Zusätzlich sind etliche Schnittstellen und Überlappungen zwischen den unterschiedlichen Regelungen nicht befriedigend gelöst. Hier sind – nicht nur für XR-Anwendungen – klare Auslegungshilfen und, wo tatsächlich Regelungslücken bestehen, gezielte Nachbesserungen dringend geboten, um Anwendungshemmnisse zu beseitigen (siehe auch oben, Kapitel 1). Um den Unternehmen den Umgang mit den mittlerweile verabschiedeten europäischen Regelwerken zu erleichtern, hat die vbw im September 2024 den Leitfaden *Data Act* veröffentlicht. Ein *KI-Navigator* ergänzt dies um konkrete Hilfestellungen beim Einsatz künstlicher Intelligenz.

2.4.5 Smartglasses und kamerabasierte XR-Systeme differenziert betrachten

Die datenschutzrechtliche Diskussion um Smartglasses hat deutlich an Bedeutung gewonnen. Verschiedene Lösungsansätze stehen im Raum, bis hin zur Forderung nach einem Verbot von Smartglasses. Bereits die geltende deutsche Rechtslage knüpft bei möglichen Spionagegeräten jedoch nicht allein an das Vorhandensein einer Kamera an: Die Bundesnetzagentur stellt klar, dass insbesondere entscheidend ist, ob eine Aufnahmesituation für betroffene Personen eindeutig erkennbar ist.

Smartglasses im engeren Sinne orientieren sich häufig bewusst am Erscheinungsbild herkömmlicher Brillen und kombinieren Foto-, Video-, Audio- und KI-Funktionen. Bei XR-Systemen sind Kameras und optische Sensoren dagegen ein grundlegender Bestandteil der technischen Funktionsweise: Sie dienen unter anderem dem Inside-out-Tracking, der räumlichen Erfassung der Umgebung, dem Handtracking und bei Mixed Reality dem Passthrough. Auch XR-Systeme können je nach Ausstattung Aufnahmefunktionen besitzen; entscheidend ist deshalb nicht die Gerätekategorie, sondern die konkrete Funktion und Datenverarbeitung.

Regulatorische Anforderungen sollten deshalb technologieneutral, risikobasiert und am konkreten Einsatzkontext ausgerichtet werden. Maßgeblich sind insbesondere die

Erkennbarkeit einer Aufnahme, die Speicherung oder Übertragung von Bild- und Tondaten, der Verarbeitungszweck sowie das Umfeld, in dem ein System eingesetzt wird. Pauschale Verbote für Brillen oder Headsets allein aufgrund integrierter Kameras wären der falsche Weg: Sie könnten auch legitime XR-Anwendungen in Industrie, Medizin, Bildung und Training erfassen, obwohl deren Sensorik primär für Tracking und räumliche Interaktion benötigt wird. Problematische Aufnahmeszenarien müssen wirksam adressiert werden, ohne die Entwicklung und Nutzung von XR-Technologien insgesamt zu behindern. Pauschale Beschränkungen und Verbote wären der falsche Weg.

2.5 Europäische Initiativen zu XR mit der Praxis gestalten

Der *Aktionsplan für Medien und audiovisuelle Medien* von 2020 hat neben weiteren Maßnahmen auch die *VR AR Industrial Coalition* als Dialogplattform zwischen dem europäischen Ökosystem VR/AR und politischen Entscheidungsträgern hervorgebracht. Die Koalition hat die strategische Entwicklung der *EU-Initiative zu virtuellen Welten* unterstützt.

EU-Initiative zu virtuellen Welten

Im April 2023 hat die EU-Kommission die Initiative *„An EU initiative on Web 4.0 and virtual worlds: a head start towards the next technological transition“* veröffentlicht, um die Notwendigkeit einer Regulierung virtueller Welten zu evaluieren. Geleitet wird die Kommission dabei von dem Gedanken, möglichen kritischen Entwicklungen im Hinblick auf Cybersicherheit, Datenschutz und auch Marktzugang frühzeitig zu begegnen.

Die Initiative beabsichtigt einerseits die Entwicklung von Regeln, Prinzipien und Governance-Modellen, die im Einklang mit den Werten und Regeln der EU stehen, andererseits Maßnahmen zur Stärkung von Investitionen und technologischen Kompetenzen. Bislang haben zahlreiche Workshops, Projekte und Ausschreibungen stattgefunden. Darunter z. B. eine Stakeholder Konferenz zu Governance-Prinzipien für Web 4.0, die Gründung der europäischen Partnerschaft für virtuelle Welten im Dezember 2025 und Ausschreibungen für Virtual Worlds im Rahmen von Horizon Europe. Letztere enthält für 2026 vier Ausschreibungen mit einem Gesamtvolumen von knapp 90 Mio. Euro. Konkrete Ergebnisse wie die angestrebten Standards sind noch nicht zu verzeichnen.

Wo für die Nutzung von Extended Reality eine leistungsfähige digitale Infrastruktur erforderlich ist, gilt das grundsätzlich für den gesamten Binnenmarkt. Hier sind europäische Ansätze wie *Next Generation Internet* (NGI) relevant. NGI ist eine Initiative der Europäischen Kommission zur Schaffung eines zukünftigen Plattformökosystems unter Wahrung von Offenheit, Transparenz, Privatsphäre, Datenschutz. Nutzern soll eine freie Wahl zwischen verschiedenen Open-Source-, und dezentralisierten Lösungen ermöglicht werden; insofern gilt das oben zur Regulierung Gesagte. Außerdem soll aber durch die Förderung von 5/6G und von effizienteren Datenübertragungs- und Kompressionsmethoden

eine geringe Latenz unterstützt werden – eine Grundvoraussetzung für die Immersivität vieler XR-Anwendungen.

Das *Digital Europe Programm* (DIGITAL) fördert mit einem Gesamtbudget von 7,6 Mrd. EUR von 2021 bis 2027 Projekte in den Bereichen Supercomputing, Künstliche Intelligenz, Cybersecurity, fortgeschrittene digitale Fähigkeiten und die Verbreitung digitaler Technologien in Wirtschaft und Gesellschaft. Dazu gehört das Projekt Eureka3D-XR, das von 2025 bis 2026 mit einem Gesamtbudget von 830.000 EUR die Entwicklung innovativer Szenarien für neue XR-Anwendungen fördert.

Es ist begrüßenswert, dass die EU-Kommission mit diesen Maßnahmen die Verbreitung immersiver Technologien unterstützt. Extended Reality und digitale Souveränität müssen europäisch gedacht werden.

Eine zu restriktive Regulierung wäre allerdings absolut kontraproduktiv. Geboten sind vielmehr punktuell korrigierende Eingriffe beispielsweise im Datenschutzrecht, um die längst erkannten Unklarheiten zu beseitigen. Es braucht klare, einheitliche, bürokratiearme und innovationsfördernde KI- und Daten-Regelungen (siehe oben Kapitel 2.4). Das gilt auch für die Verknüpfung von virtueller und physischer Welt via Internet (sog. Metaverse), bei dem vor allem typischerweise mit Plattformen verbundene Fragestellungen hinzukommen (etwa Interoperabilität, Portabilität, Plattformhaftung).

Wir sollten die Chance nutzen und europäische XR-Standards schaffen, die die Weiterentwicklung der Technologie zulassen und gleichzeitig einen verlässlichen Handlungsrahmen für die Akteure abstecken. Regeln müssen flexibel genug sein, um mit der schnellen technischen Entwicklung Schritt zu halten, aber klar genug, um Unternehmen und Nutzern Orientierung zu geben. Wo immer möglich, muss auf die Vorarbeiten der Industrie zurückgegriffen beziehungsweise eng mit ihr zusammengearbeitet werden, namentlich in Sachen Standards. Die Gestaltung und Definition von Standards und Schnittstellen ist grundsätzlich Aufgabe der Unternehmen. Wo sie das – beispielsweise aufgrund ihrer relativ geringen Größe – neben dem Tagesgeschäft kaum leisten können, sind Möglichkeiten einer Unterstützung zu prüfen, weil der Standort insgesamt davon profitieren kann. Ziel muss es sein, europäische Unternehmen weltweit als Anbieter besonders vertrauenswürdiger Technologien zu positionieren, ohne die technologische Entwicklung durch kleinteilige Regulierung zu bremsen.

Ansprechpartner/Impressum

Johanna Yaacov
Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-135
johanna.yaacov@vbw-bayern.de

Christine Völzow
Geschäftsführerin, Leiterin der Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-251
christine.voelzow@vbw-bayern.de

Impressum
Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich ohne jede Diskriminierungsabsicht grundsätzlich auf alle Geschlechter.

Herausgeber

vbw
Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

© vbw Oktober 2026