

adesso

Spatial AI und XR:

Intelligente Systeme im Raum

Florian Bliesch
Head of Innovation CI
adesso SE



Spatial AI und XR:

Intelligente Systeme im Raum

Florian Bliesch
Head of Innovation CI
adesso SE



To Dos

01 Background: 
Layer 1 – Infrastruktur & Sensoren

02 Background: 
Layer 2 – AI & Kontext

03 Background: 
Layer 3 – Interaktion & Anwendung

04 Praxis: 
Use Cases und Handlungsfelder

05 Praxis: 
Checkliste Spatial AI Readiness

06 Wrap Up: 
Key-Takeaways & Q&A



Spatial AI ist AI, die räumliche Daten erfasst, versteht und in Echtzeit mit der physischen Welt interagiert.



Das konzeptuelle Layer-Modell der Spatial AI

Layer 1: Infrastruktur & Sensoren – erfasst räumliche Daten aus der physischen Welt

Layer 2: AI & Kontext – versteht und interpretiert die erfassten Daten

Layer 3: Interaktion & Anwendung – ermöglicht Echtzeit-Interaktion mit Menschen und Systemen

Background:

Layer 1 – Infrastruktur & Sensoren





Layer 1 erfasst räumliche Daten aus der physischen Welt und stellt sie in einer Form bereit, die von AI verarbeitet werden kann.

○ Spatial AI beginnt in der Hosentasche...

- > **Kameras** – nehmen Bilder und Videos auf, in Spatial AI oft mit mehreren Objektiven (Standard, Ultraweitwinkel, Tele), um mehr Details zu erfassen.
- > **Tiefensensoren** – messen, wie weit Objekte entfernt sind, nötig, um 3D-Informationen zu erhalten. Typische Verfahren: LiDAR (Laserimpulse), Time-of-Flight (Lichtlaufzeitmessung) und Structured Light (projiziertes Punktemuster, z. B. Face ID).
- > **IMU (Inertial Measurement Unit)** – misst Bewegung und Lage des Geräts durch Kombination von Beschleunigungssensor, Gyroskop und Kompass und sorgt dafür, dass AR-Objekte stabil im Raum bleiben.
- > **Magnetometer** – digitaler Kompass, der die Ausrichtung des Geräts zur Erdmagnetfeldrichtung bestimmt.
- > **GPS, Galileo oder GLONASS** – bestimmt den Standort per Satellitensignal.
- > **Mikrofone** – erfassen Sprache, Umgebungsgeräusche oder räumliche Audioinformationen.

...und endet auf dem Shopfloor.

- > **Stationäre LiDAR-Scanner** – erfassen große Räume oder Anlagen in 3D mit hoher Genauigkeit, z. B. für Vermessung, Sicherheit oder Robotik-Navigation.
- > **360°-Kameras** – dokumentieren ganze Umgebungen in Rundumsicht, z. B. für Sicherheitsüberwachung oder digitale Zwillinge.
- > **RFID / NFC** – identifizieren Objekte automatisch über Funketiketten oder Chips, sobald sie in Reichweite kommen.
- > **Umweltsensoren** – messen Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftqualität oder relevante maschinenbezogene Umgebungsparameter.
- > **Industrielle IoT-Knoten** – sammeln Maschinendaten wie Laufzeit, Vibration oder Energieverbrauch direkt vor Ort.

Background:

Layer 2 – AI & Kontext





Layer 2 nutzt AI, um die erfassten Daten zu analysieren, Muster zu erkennen und Informationen aus verschiedenen Quellen zusammenzuführen und zu interpretieren.



Auf dieser Basis entsteht ein digitales Abbild der Umgebung, das Objekte, ihre Eigenschaften und ihre physischen und systemischen Beziehungen zueinander beschreibt – und damit die Grundlage für intelligente Anwendungen bildet.

○ AI erkennt und versteht im Alltag...

- > **Computer Vision (CV)** – erkennt Objekte, Gesichter, Texte oder Bewegungen in Bildern und Videos.
- > **Natural Language Processing (NLP)** – verarbeitet gesprochene oder geschriebene Sprache, um Bedeutung zu erfassen.
- > **Sensor Fusion** – kombiniert Daten aus Kamera, GPS und Bewegungssensoren, um Situationen präzise zu erfassen.
- > **Empfehlungssysteme** – analysieren Verhaltensdaten und schlagen passende Inhalte oder Handlungsempfehlungen vor.
- > **Anomalieerkennung** – erkennt ungewöhnliche Muster, z. B. bei Zahlungen oder Bewegungsdaten.
- > **Edge- bzw. On-Device-AI** – auch komplexe Operationen sind in direkter „Nähe“ zu den Daten möglich, auch offline oder in sicherheitskritischen Bereichen.

○ ...und skaliert in der Industrie.

- > **Machine Learning (ML) und Deep Learning (DL)** – verarbeiten Sensordaten, Bilder und Maschinendaten für Muster- und Prognoseerkennung.
- > **Kontextmodellierung** – erstellt ein digitales Abbild, das Objekte, Eigenschaften und Beziehungen beschreibt.
- > **Predictive Maintenance** – erkennt frühzeitig Anomalien und prognostiziert Ausfälle.
- > **Qualitätsprüfung** – visuelle AI erkennt Fehler in Bauteilen oder Abweichungen in Fertigungsprozessen.
- > **Echtzeit-Analyse und Entscheidungsunterstützung** – liefert sofort Ergebnisse, z. B. Stoppen eines Förderbands bei Gefahr.
- > **Automatische Dokumentation** – AI generiert Prüfprotokolle oder Wartungsberichte parallel zum Prozess.

...und skaliert in der Industrie.

- > **Machine Learning (ML) und Deep Learning (DL)** – verarbeitet Maschinendaten für Muster- und Prognoseerkennung.
- > **Kontextmodellierung** – erstellt ein digitales Abbild, das den Prozess beschreibt.
- > **Predictive Maintenance** – erkennt frühzeitig Anomalien in den Prozessen.
- > **Qualitätsprüfung** – visuelle AI erkennt Fehler in einem Förderband bei
- > **Echtzeit-Analyse und Entscheidungsunterstützung** – analysiert die Gefahr eines Förderbands bei
- > **Automatische Dokumentation** – AI generiert Prüfprotokolle oder Wartungsprotokolle zum Prozess.

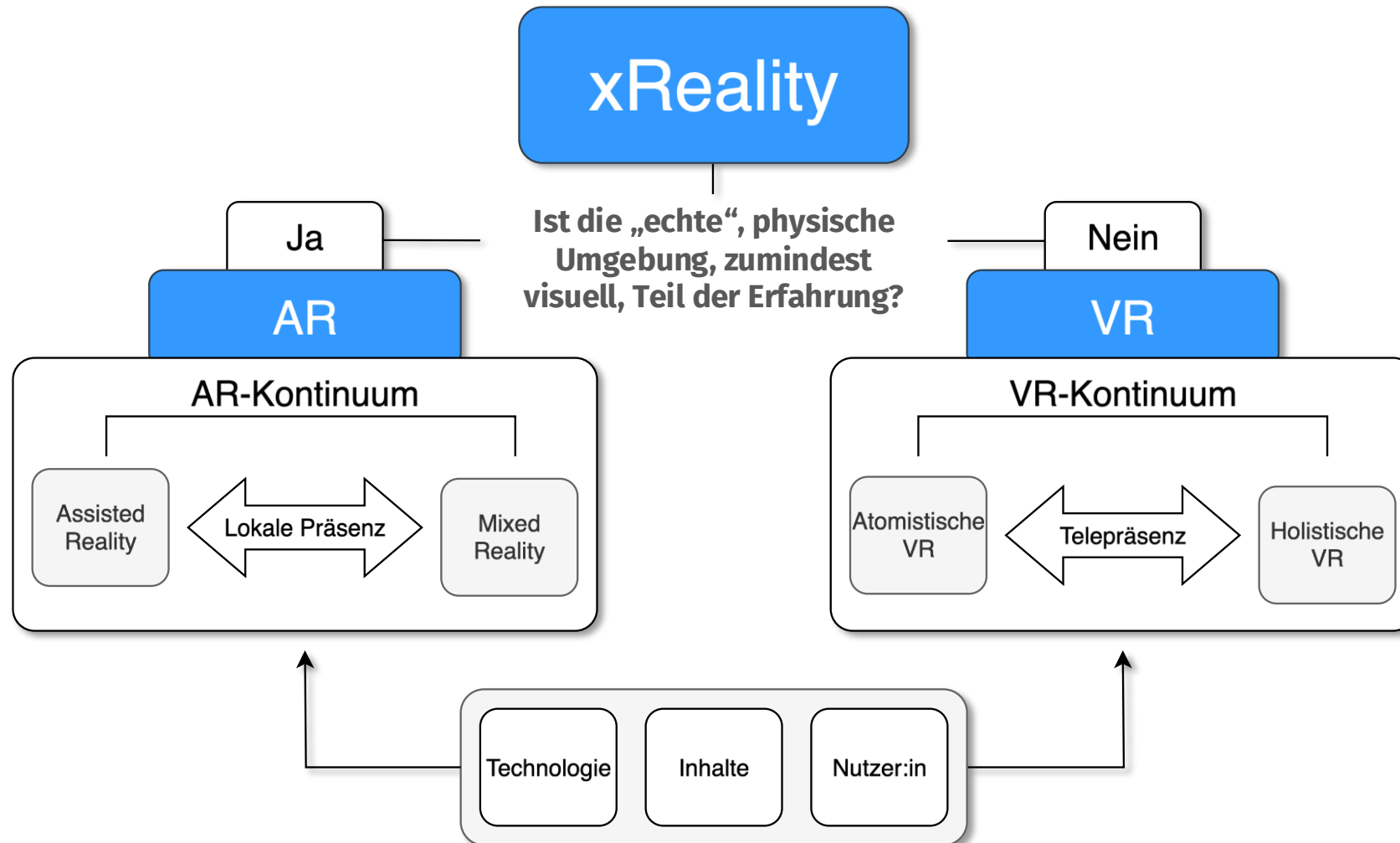
Hinweis:
Innerhalb dieses Layers sind natürlich auch alle Bestands- und Umsysteme als Datenquellen relevant. Die Betrachtung hier konzentriert sich auf die AI-Komponenten, sonst kommen wir mit der Zeit nicht hin. ;-)

Background:

Layer 3 – Interaktion & Anwendung



Das xReality-Kontinuum nach Rauschnabel et al.



Quelle: Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H. & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. Computers in Human Behavior, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>

○ AI ermöglicht natürliche und räumliche Interaktion...

- > **Augmented Reality (AR)** – blendet digitale Informationen direkt in die reale Umgebung ein.
- > **Mixed Reality (MR)** – digitale Objekte reagieren auf physische Objekte und verhalten sich physikalisch korrekt.
- > **Virtual Reality (VR)** – vollständige Immersion in virtuelle Welten, z. B. Spiele oder Trainings.
- > **Gestensteuerung und Eyetracking** – Systeme reagieren auf Hand-, Augen- oder Kopfbewegungen.
- > **Sprachsteuerung** – Befehle werden per Stimme in Echtzeit umgesetzt.
- > **Multimodale Interfaces** – kombinieren Sprache, Gesten, Blickrichtung oder Touch zu nahtlosen Interaktionsmustern.

○ ...und wird zum Interface für die Industrie 4.0

- > **AR-Assistenzsysteme** – zeigen Arbeitsschritte und Warnhinweise direkt im Sichtfeld.
- > **Remote Support** – Expert:innen unterstützen Prozesse aus der Ferne per Live-Übertragung.
- > **Digitale Zwillinge** – interaktive 3D-Modelle von Maschinen oder Anlagen für Planung, Monitoring und Steuerung.
- > **Raumbezogene Kollaboration** – Teams arbeiten in geteilten XR-Umgebungen, unabhängig vom Standort.
- > **Training und Simulation** – immersives Lernen für komplexe oder sicherheitskritische Aufgaben.
- > **Echtzeit-Datenvisualisierung** – Maschinendaten werden räumlich projiziert und sofort verständlich gemacht.
- > **Generative AI** – erstellt adaptive Inhalte, Interfaces und Simulationen in Echtzeit.

○ Beispielhafte Layer-Sicht eines Spatial AI-Systems

Beispiel-Use Case: Wartung/Entstörung einer Maschine

- Techniker:in erfasst mit einem Smartphone + externen Sensoren den Maschinenstatus
- On-Device AI erkennt Anomalien (Temperatur, Vibration)
- App zeigt im AR-Overlay die betroffene Stelle und gibt der Techniker:in im Dialog konkrete Handlungsempfehlungen auf Basis von Echtzeit- und Bestandsdaten

Layer 1 – Smartphone & Sensoren:

Kamera, GPS, Inertial Measurement Unit, LiDAR, Infrarot-Kamera

Layer 2 – AI & Kontext:

On-Device AI, Machine Learning, Sensor Fusion, Kontextmodellierung, Bestandsdateninterpretation

Layer 3 – Interaktion & App:

AR-Overlay, Visualisierung in Echtzeit, NLP, Verfahrensanweisung, Dashboard, Reporting

Praxis: Use Cases und Handlungsfelder



○ #1: Kontextsensitives On-the-Job-Training

> Szenario:

Spatial AI erkennt mithilfe von Kamera- und Tiefensensordaten die Position der Techniker:innen und das spezifische Aggregat im Raum. Auf Basis digitaler Wartungsanweisungen, CAD-Modellen und Prozessdaten erzeugt das System ein semantisches Verständnis der Umgebung: Bauteile, Werkzeuge und Zustände werden identifiziert, und die relevanten Arbeitsschritte erscheinen direkt im Sichtfeld – etwa über Headset oder Tablet.

> Wirkung:

Techniker:innen lernen im Arbeitsprozess („Learning in the Flow of Work“), anstatt vorab geschult zu werden. Erfahrungswissen wird kontextbezogen verfügbar, Einarbeitungszeiten sinken, und die Qualität steigt durch visuelle, interaktive Instruktionen, die sich dynamisch an Situation und Fortschritt anpassen.



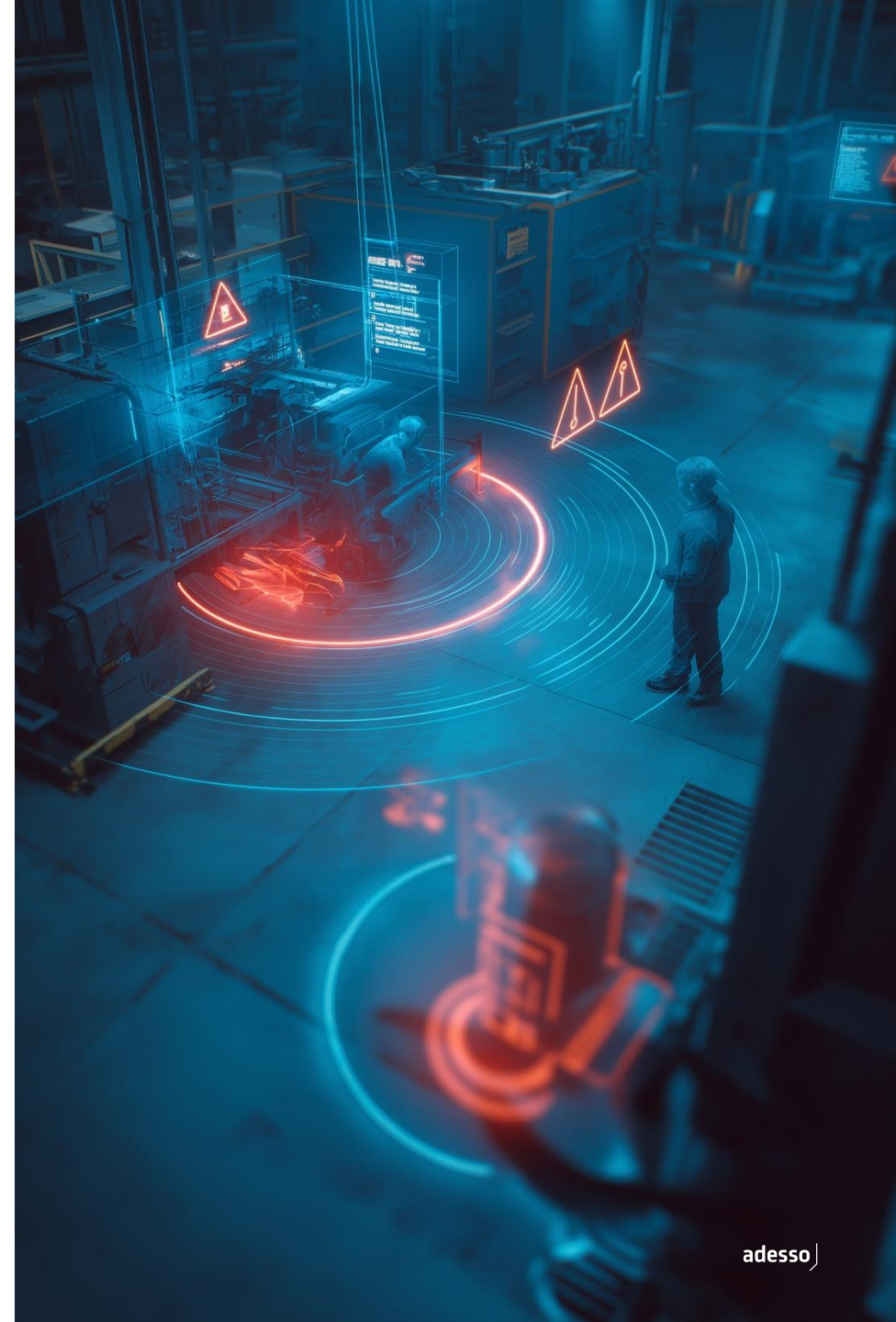
○ #2: Adaptive Sicherheitsunterstützung

> Szenario:

Spatial AI analysiert kontinuierlich die Umgebung der Techniker:innen über Kamera-, Tiefen- und Umweltsensoren. Das System erkennt Gefahrenquellen wie Hitze, elektrische Spannung oder Bewegung und erzeugt ein kontextuelles Sicherheitsmodell der Arbeitsumgebung. Bei potenziellen Risiken projiziert es visuelle Warnungen direkt ins Sichtfeld und ergänzt sie durch akustische oder haptische Signale. So wird die Wahrnehmung der Techniker:innen durch räumliche Intelligenz erweitert, ohne sie zu überlasten.

> Wirkung:

Gefahren lassen sich frühzeitig erkennen und Unfälle vermeiden. Spatial AI schafft adaptive Sicherheitszonen, unterstützt situatives Verhalten und stärkt das Vertrauen in Mensch-Maschine-Interaktion – besonders bei neuen Mitarbeitenden oder komplexen Wartungsszenarien.



○ #3: Kontextbezogene Wissensabfrage

> Szenario:

Spatial AI ermöglicht Techniker:innen, benötigte Informationen direkt im Arbeitskontext abzurufen – per Sprache, Gesten oder Blicksteuerung. Das System erkennt, an welcher Anlage gearbeitet wird, und blendet automatisch relevante Dokumente, Wartungshistorien oder Videoanleitungen ein. Anstatt Daten in verschiedenen Systemen zu suchen, erhalten Techniker:innen präzise, kontextbezogene Antworten – visuell verankert im Raum und bezogen auf das aktuelle Objekt.

> Wirkung:

Der Informationszugriff wird situativ, schnell und barrierefrei. Fachwissen wird dort verfügbar, wo es gebraucht wird, und die Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird natürlicher, effizienter und sicherer – ein entscheidender Schritt hin zu wirklich intelligenten Assistenzsystemen.



○ #4: Intelligente Fehlerdiagnose im räumlichen Kontext

> Szenario:

Spatial AI kombiniert visuelle Analyse, Sensor- und Prozessdaten, um Abweichungen direkt am Objekt zu erkennen. Das System vergleicht Ist- und Soll-Zustände, identifiziert betroffene Komponenten und zeigt sie als farbige Markierungen oder Heatmaps im Sichtfeld – etwa über Headset oder Tablet. KI-basierte Vorschläge für Ursachen oder nächste Schritte ergänzen die Anzeige und unterstützen den Diagnoseprozess.

> Wirkung:

Die Techniker:innen sehen unmittelbar, wo ein Problem entsteht und was die wahrscheinliche Ursache ist. Die Fehlerdiagnose wird beschleunigt, Suchzeiten sinken und Entscheidungen basieren auf räumlich verankerten, visuell verständlichen Informationen.



○ #5: Remote Assist via Spatial Twin

> Szenario:

Spatial AI verknüpft reale und virtuelle Räume zu einem geteilten Arbeitsumfeld. Techniker:innen vor Ort und Expert:innen in der Ferne sehen denselben digitalen Zwilling einer Anlage und können über Sprache, Gesten oder Markierungen miteinander interagieren. Räumliche Annotationen oder Hinweise erscheinen direkt an den relevanten Komponenten, wodurch Wissen ohne Medienbruch geteilt wird.

> Wirkung:

Komplexe Wartungsaufgaben lassen sich ortsunabhängig lösen, und erfahrene Expert:innen können mehrere Teams gleichzeitig unterstützen. So wird Wissen skalierbar, Reiseaufwand sinkt und die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine wird effizienter und sicherer.



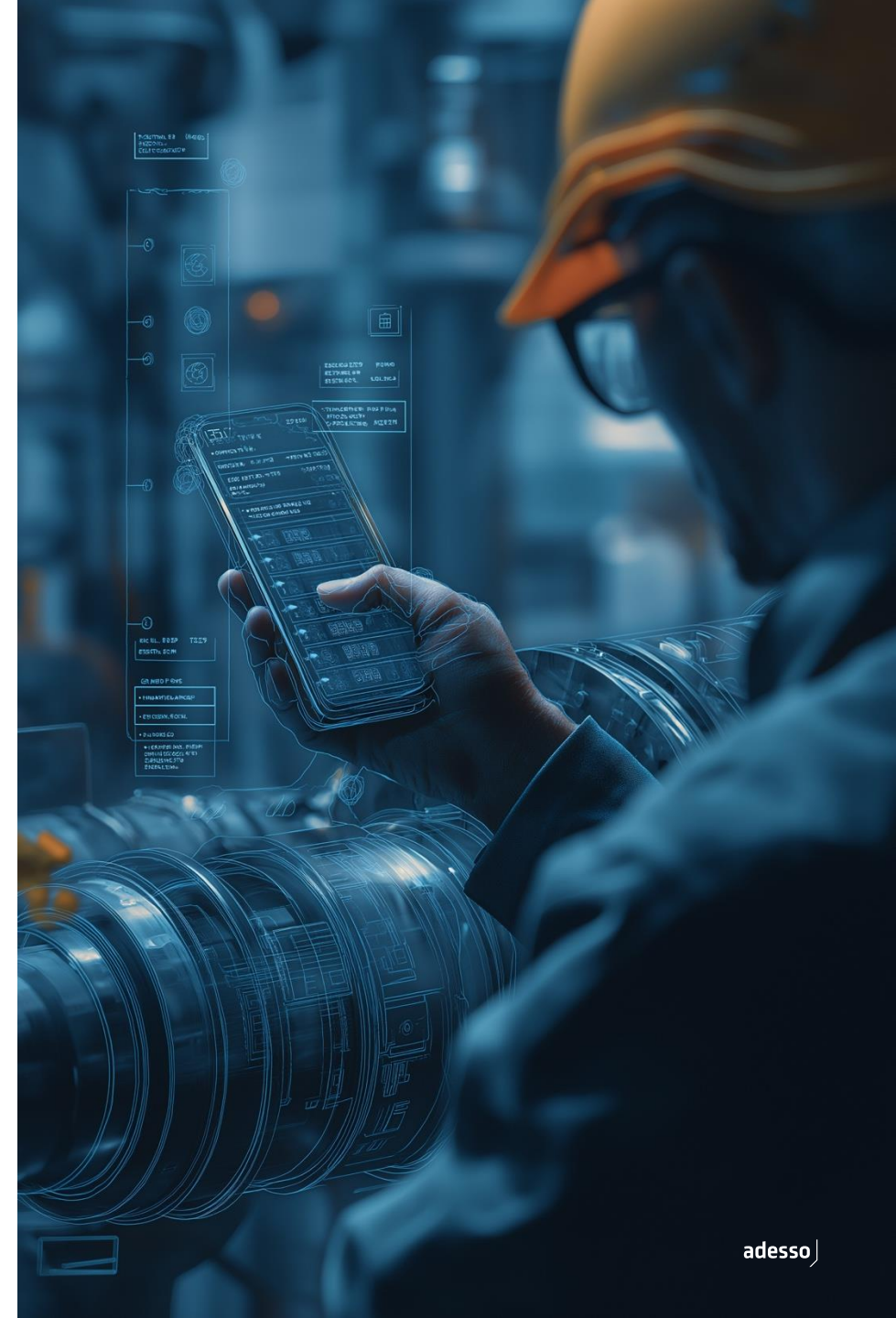
○ #6: AI-gestützte Wartungs- dokumentation

> Szenario:

Spatial AI erkennt während der Wartung automatisch relevante Bauteile, Seriennummern und Arbeitsschritte. Über Kamera- und Tiefensensordaten wird der Prozess kontinuierlich analysiert, während das System per Objekterkennung und OCR die Dokumentation übernimmt. Prüf- und Wartungsschritte werden in Echtzeit bestätigt, ergänzt durch Fotos, Metadaten und KI-validierte Checklisten – ohne dass Techniker:innen manuell eingreifen müssen.

> Wirkung:

Die Nachweisführung wird präziser und effizienter, da Protokolle parallel zur Arbeit entstehen. Medienbrüche entfallen, Compliance-Vorgaben werden automatisch eingehalten, und Techniker:innen können sich auf die eigentliche Aufgabe konzentrieren, statt auf die Dokumentation.



○ #7: AI-gestützte Ersatzteil-Identifikation

> Szenario:

Spatial AI analysiert ein defektes Bauteil über Kamera- und Tiefensensordaten und erkennt Geometrie, Material und Typ automatisch. Die AI gleicht diese Merkmale mit digitalen Ersatzteilkatalogen ab, identifiziert das passende Teil und zeigt kompatible Varianten, Lagerort und Bestellstatus im Sichtfeld an. ERP- und Logistikdaten werden dabei in Echtzeit eingebunden, sodass Techniker:innen sofort wissen, ob das benötigte Teil verfügbar ist oder Alternativen bestehen.

> Wirkung:

Such- und Identifikationsprozesse werden erheblich beschleunigt. Spatial AI reduziert Fehlbestellungen, verkürzt Stillstandszeiten und schafft eine direkte Verbindung zwischen physischer Wartung und digitaler Supply Chain.



Praxis: Checkliste Spatial AI Readiness



Checkliste Spatial AI Readiness

- ✓ **Business Case definieren** – klarer Nutzen für Kosten, Qualität oder Effizienz.
🔍 Check: Ist der betriebswirtschaftliche Mehrwert messbar formuliert (KPIs)? Gibt es Sponsorship aus dem Mgmt.?
- ✓ **Iterativ starten** – kleine Pilotprojekte (MVPs) steigern die Lernkurve.
🔍 Check: Gibt es ein Pilotprojekt mit klar abgegrenztem Scope? Werden Lessons Learned dokumentiert?
- ✓ **Skalierbarkeit mitdenken** – Architektur und Prozesse von Anfang an auf Wachstum auslegen.
🔍 Check: Sind Standardschnittstellen vorgesehen? Ist die IT/OT-Integration geprüft?
- ✓ **Datenqualität sichern** – saubere, vollständige und konsistente Daten als Grundlage.
🔍 Check: Gibt es eine Data-Governance-Struktur? Werden Datenquellen regelmäßig validiert?
- ✓ **Datenschutz und Sicherheit berücksichtigen** – rechtliche Anforderungen, IT- und Arbeitssicherheit beachten
🔍 Check: Wurde ein Security- und Privacy-by-Design-Ansatz angewandt? Sind Betriebsräte/DSB eingebunden?

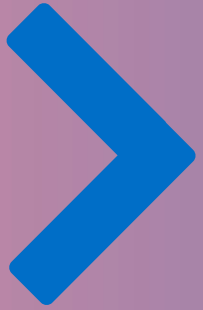


Checklist Spatial AI Readiness

-  **Nutzer:innen einbinden** – Akzeptanz durch Schulung, Mitgestaltung und ergonomische Interfaces fördern.
 Check: Gibt es UX-Tests mit realen Anwender:innen? Sind Trainings- und Supportangebote eingeplant?
-  **Integration in bestehende Systeme sicherstellen** – Anbindung an ERP, MES (Manufacturing Execution System) oder CRM für durchgängige Prozesse.
 Check: Sind Schnittstellen dokumentiert? Ist die Prozessintegration im Fachbereich abgestimmt?
-  **Interdisziplinäre Teams einsetzen** – IT, Fachbereiche und Betriebswirtschaft kombinieren.
 Check: Gibt es ein Kernteam mit klarer Rollenverteilung? Sind Change-Management-Kompetenzen vorhanden?
-  **Fachkräfte und Wissen aufbauen** – Kompetenzen für AI, XR und Datenmanagement sichern.
 Check: Sind Weiterbildungsmaßnahmen definiert? Gibt es Partner oder Dienstleister für Know-how-Lücken?

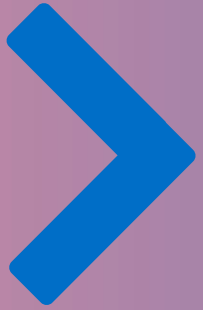
Wrap Up: Key-Takeaways & Q&A





Spatial AI verbindet Raum und Intelligenz

→ AI verarbeitet nicht nur abstrakte Daten, sondern erkennt Objekte, ihre Eigenschaften und ihre Beziehungen im physischen Raum. Das ist der entscheidende Unterschied zu „klassischer KI“ – hier entsteht Intelligenz durch Kontext und Raum.



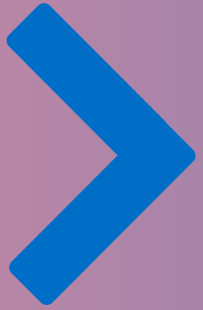
Innovation entsteht im Zusammenspiel von Spatial AI, XR und Edge Intelligence

→ Spatial AI versteht Raum und Kontext, XR macht diese Intelligenz erlebbar, und Edge Intelligence bringt Entscheidungen direkt an die Datenquelle. Gemeinsam bilden sie die Grundlage für kontextbewusste und nachhaltige Systeme der nächsten Generation.



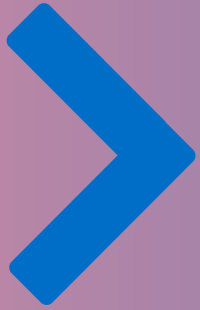
Die drei Layer bilden das Fundament

→ „Infrastruktur & Sensoren“, „AI & Kontext“ und „Interaktion & Anwendung“ sind als Schichtenmodell nicht nur theoretisch, sondern dienen als Orientierungsrahmen, um Technologien und Anwendungsfälle systematisch zu orchestrieren.



Technologie genügt nicht – entscheidend sind Use Cases und Readiness

→ Erfolg hängt weniger von der Technologie an sich ab, sondern von klar definierten Anwendungsfällen, der Akzeptanz der Nutzer:innen, hoher Datenqualität und der Integration in bestehende Prozesse – stets in einer End-to-End-Perspektive.



Spatial AI funktioniert auf allen gängigen Endgeräten, nicht nur Brillen!



Bildquellen: Meta Platforms, Apple Inc., PICO Interactive Pte. Ltd.

Fragen? Fragen!



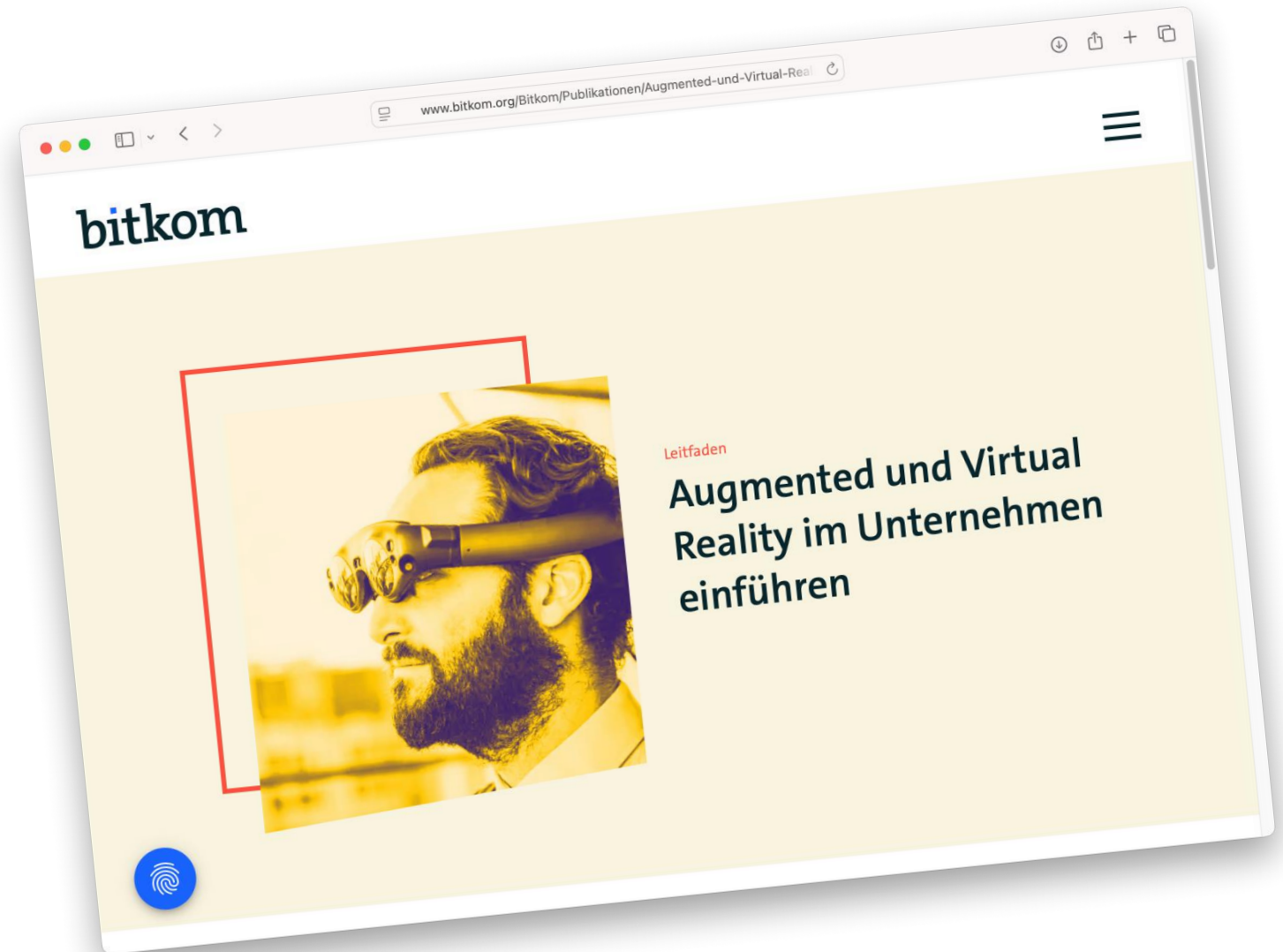
○ Leseempfehlung

Bitkom Leitfaden
Die XR-Welt 2035



○ Leseempfehlung

Bitkom Leitfaden
AR und VR einführen





adesso



Let's connect!



florian.bliesch@adesso.de