

# **5G und 6G als Treiber der digitalen Transformation in vertikalen Industrien**

*Herausforderungen und Lösungen für einen Einsatz in der Breite*

**März 2025**

## **Executive Summary**

Der Einsatz von 5G und 6G in vertikalen Industrien ist wichtig für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie. Die Technologien bieten großes Potenzial für die industrielle Kommunikation, indem sie als integralen Bestandteil zusätzliche Anwendungen wie Lokalisierung, Sensing und KI-basierte Anwendungen ermöglichen, die Virtualisierung bestehender Dienste und Funktionen erleichtern und bei Bedarf nahtlose Übergänge von Campusnetzen zu öffentlichen Mobilfunknetzen unterstützen.

Um das volle Potenzial von 5G zu entfalten, müssen jedoch zahlreiche Herausforderungen bewältigt werden: Fehlende technische Reife, ein unscharf definierter regulatorischer Rahmen und unzureichender Wissenstransfer hemmen den flächendeckenden Einsatz von 5G-Anwendungen in der Industrie. Zusätzlich haben zahlreiche Unternehmen aufgrund der multiplen Krisen seit Einführung der Möglichkeit zur Beantragung und Installation eines 5G-Campusnetzes entsprechende Investitionsentscheidungen zurückgestellt. Nun gilt es, auch um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen in Deutschland zu stärken, den Aufbau von Campusnetzen zu erhöhen. Damit das gelingt, sollte

- eine koordinierte und gezielte Unterstützung der Industrie erfolgen;
- eine Reduktion von Unsicherheiten durch einheitliche Regelungen geschaffen werden (z. B. Data Act, AI Act, Cyber Resilience Act);
- eine klare Kommunikation die Vorteile von 5G deutlich machen;
- auch andere Technologien, wie WLAN, als Komplementärtechnologien genutzt werden.

Es ist entscheidend, den breiten Rollout von 5G in vertikalen Industrien als zentralen Baustein für die zukünftige industrielle Nutzung von 6G anzuerkennen. Die Weiterentwicklung von 5G- zu 6G-Mobilfunkanwendungen muss evolutionär erfolgen, um Kontinuität und Langlebigkeit industrieller Prozesse zu gewährleisten und bereits getätigte Investitionen in innovative 5G-Technologien zu schützen. Schon heute sollte deswegen

- die Förderung von Standardisierungsaktivitäten für die vertikale Industrie im Bereich 6G umgesetzt;
- die frühzeitige Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaftseinrichtungen unterstützt und
- die Etablierung von 6G als globaler Standard herbeigeführt werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Mit 5G Mehrwert schaffen.....</b>	<b>3</b>
Herausforderungen für vertikale Industrien bei der Nutzung von 5G .....	3
Fehlende technische Reife.....	3
Unklarer regulatorischer Rahmen .....	3
Fehlendes Wissen und komplexe Nutzung .....	3
Lösungsansätze für einen breiten 5G-Rollout.....	3
5G-Ökosystem ausbauen.....	3
Wissenstransfer stärken und Nutzung von 5G in der Industrie vereinfachen .....	4
Harmonisierten Rahmen für Skalierbarkeit schaffen.....	5
Förderung von industrie-spezifischen Funktionen von 5G.....	5
Komplementärtechnologien nutzen.....	6
<b>Mobilfunkanwendungen für vertikale Industrien gemeinsam erfolgreich weiterentwickeln .....</b>	<b>6</b>
6G-Entwicklung fördern .....	6
Förderfähigkeit von Standardisierungsaktivitäten ermöglichen .....	7
<b>Impressum .....</b>	<b>8</b>

## Mit 5G Mehrwert schaffen

### Herausforderungen für vertikale Industrien bei der Nutzung von 5G

#### Fehlende technische Reife

Bei der Etablierung eines 5G-Ökosystems wurden in den vergangenen Jahren Fortschritte erzielt. Dennoch ist weiterhin Potenzial zum Ausbau vorhanden, insbesondere was die Auswahl an Applikationen und Lösungen betrifft. Wichtige technologische Anforderungen für die Anwendung von 5G in vertikalen Industrien wie eine zuverlässig niedrige Latenz sind noch nicht ausreichend erfüllt. Die technischen Komponenten für industrielle Anwendungsfälle sind heute nur zu hohen Kosten und in noch nicht ausreichendem Umfang verfügbar. Zudem haben viele Akteure keine Klarheit über verfügbare 5G-Geräte und -Lösungen sowie deren Kompatibilitäten. Hinzu kommt, dass der Aufwand zum Einstieg in 5G-Technologien in dieser Anfangsphase in der Regel höher ist als für bestehende (in der Industrie etabliertere) Funktechnologien wie WLAN.

#### Unklarer regulatorischer Rahmen

Neue europäische Regularien (z. B. Data Act, AI Act, Cyber Resilience Act), deren Auswirkungen noch unklar sind, könnten Unternehmen davon abhalten, neue Technologien wie 5G einzusetzen bzw. in ihren Produkten zu implementieren. 5G ist im vertikalen Kontext nicht als isolierte Technologie zu betrachten, sondern vielmehr als ein Baustein zur Realisierung digitaler Industrielösungen. Hierzu gehören neben Konnektivität auch industrielle KI, Daten- und Cloud-Nutzung sowie Virtualisierungslösungen. Ohne Rechts- und Planungssicherheit werden Unternehmen Investitionen in Campusnetze zurückstellen und ihr Potenzial nicht nutzen können.

#### Fehlendes Wissen und komplexe Nutzung

Aktuell herrscht in vielen Unternehmen noch Unklarheit über konkrete Anwendungsszenarien und den wirtschaftlichen Mehrwert von privaten 5G Campusnetzen. Dies ist insbesondere auf einen unzureichenden Wissenstransfer sowie eine fehlende, einfache Nutzbarkeit der Technologie für Endanwender zurückzuführen. Hier sind zum einen zielgerichtete Schulungen und zum anderen einfachere Nutzungskonzepte notwendig, um die Technologie im industriellen Umfeld nachhaltig zu etablieren.

### Lösungsansätze für einen breiten 5G-Rollout

#### 5G-Ökosystem ausbauen

Ziel sollte sein, ein breit nutzbares 5G-Ökosystem zu schaffen, das die Adaption und Implementierung der Technologie fördert und den Austausch zwischen Anwenderindustrien erleichtert. Eine mögliche Maßnahme ist die Schaffung einer industrieweiten Plattform zum Austausch standardisierter Software-Bausteine und Schnittstellenbeschreibungen zur Integration von 5G in industrielle Produkte und Produktionsprozesse. Eine staatlich getragene Plattform könnte Berührungspunkte von kleinen und mittelständischen Unternehmen abbauen sowie den Mehrwert der 5G-Technologien bei den Anwenderindustrien transparent machen. Die Plattform könnte im Rahmen der Mittelstand-Digital Zentren in bestehende Strukturen integriert und so industrienah umgesetzt werden.

Zudem könnte die Gründung einer industriegetriebenen und politisch unterstützten „Industrial 5G User Group“, fokussiert auf Operational Technology (OT) Anwender, sinnvoll sein, um Informationen zu Best Practices zu verbreiten. In dieser Gruppe könnten konkrete Anwendungsfälle beschrieben und durch Beispiele bereits erfolgreich umgesetzter Projekte ergänzt werden. Hier können beispielsweise Erfahrungen geteilt werden, die im Rahmen von Demonstratoren gemacht wurden. Dies ist wichtig, da sich 5G im industriellen Kontext noch in einer Anfangsphase befindet, welche vor allem von Early Adoptern

und Testanwendungen geprägt ist. Eine Abstimmung mit der international aufgestellten 5G-ACIA und anderen Plattformen ist sicherzustellen.

Beide Maßnahmen würden Unternehmen helfen, Unsicherheiten hinsichtlich der Realisierbarkeit und des Return on Investments (ROI) von industriellen 5G-Infrastrukturen zu verringern und so die Marktdurchdringung nachhaltig zu verbessern.

#### Wissenstransfer stärken und Nutzung von 5G in der Industrie vereinfachen

Zuverlässige und latenzarme Kommunikation ist für die Industrie der Zukunft unverzichtbar. Dies ist bereits mit 5G und 5G-Advanced möglich. 6G wird die Potenziale von „Ultra Reliable and Low-Latency Communication“ (URLLC) hin zu „Hyper Reliable and Low-Latency Communication“ (HURLLC) noch erheblich erweitern. Einsatzbereiche umfassen die Kommunikation in industriellen Umgebungen zur vollständigen Automatisierung, Steuerung und Bedienung. Diese Art der Kommunikation kann die Umsetzung zahlreicher Anwendungen unterstützen, wie z. B. die Interaktion von Maschinen, die Arbeit von Notdiensten, Telemedizin sowie die Überwachung der Stromübertragung und -verteilung. Damit diese Use Cases jedoch schnellstmöglich flächendeckend Realität werden, ist neben der technologischen Entwicklung eine aktive Unterstützung des Wissensaustausches zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie in geeigneter Art und Weise notwendig. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, dass Detailwissen über 5G nicht bei den Endanwendern erforderlich sein darf. Stattdessen muss die einfache Nutzbarkeit der Technologie im Vordergrund stehen. Der Wissenstransfer sollte sich auf die Möglichkeiten und Grenzen von 5G konzentrieren, anstatt auf technische Details. Besonders kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) benötigen dabei Unterstützung, da Expertise zu Konnektivität hier keine Kernkompetenz darstellt und auch nicht darstellen soll.

Hier bieten sich unterschiedlichste Möglichkeiten der Zusammenarbeit an. Entscheidend für die Wahl der Lösung sind die Anforderungen der Nutzenden aus den vertikalen Industrien hinsichtlich Investitionskosten und Daten- und Betriebssicherheit bzw. Haftungsfragen. Neben den bekannten vollständig unabhängigen industrie-eigenen und selbst betriebenen Campusnetzen kann ein privates Campusnetz auch von einem öffentlichen Mobilfunkunternehmen im Auftrag geplant oder auch betrieben werden. Außerdem kann die Funktionalität von lokalen Netzen auch mittels „Slicing“ auf Basis der Infrastruktur und des Mobilfunkspektrums der öffentlichen Netzbetreiber realisiert werden. Insbesondere für KMU können solche an das öffentliche Mobilfunknetz angebundene Lösungen weniger komplex und kostengünstiger als Stand-alone-Lösungen sein.

Erforderliche wirtschaftliche Maßnahmen sind schnellere Abschreibungsmöglichkeiten, beispielsweise durch Sonderabschreibungen über 20 Prozent und Investitionszuschüsse, um Unternehmen zu ermutigen, in 5G-Technologien zu investieren. Zudem sollten Beratung und Schulungen durch Forschungsinstitute und spezialisierte Beratungsunternehmen verstärkt werden, um das Wissen in die Breite zu tragen. Hier können Beratungsgutscheine insbesondere für KMU eine wichtige Rolle spielen. Diese Gutscheine könnten genutzt werden, um Beratungsangebote wahrzunehmen, sodass die Vorteile der verschiedenen Campusnetz-Lösungen konkret für den individuellen Einsatz aufgezeigt werden können. Weitere Schritte sind außerdem die schnelle und praxisorientierte Umsetzung des Reallabore-Gesetzes sowie eine verstärkte staatliche Förderung der Anwendungsforschung in entscheidende Bausteine. Nur so kann die für Innovationen erforderliche Wissensvermittlung flächendeckend etabliert und in Wertschöpfungs- und Produktivitätsprozesse der Unternehmen integriert werden.

### Harmonisierten Rahmen für Skalierbarkeit schaffen

Für Deutschland ist es wichtig, sich aktiv an der Gestaltung der europäischen Lösung zur Verbesserung der Nutzung von 5G in vertikalen Anwenderbranchen zu beteiligen. Durch einen europaweit einheitlichen Frequenzrahmen wird sich aufgrund der Marktgröße die Verfügbarkeit von Equipment für Campusnetze signifikant verbessern. Zusätzlich wird diese Verfügbarkeit in Verbindung mit der steigenden Nachfrage auch einen Beitrag zur Senkung der Kosten für 5G-Netzwerktechnik leisten. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sollte sich deshalb den bestehenden Initiativen auf Ebene der EU anschließen und die Definition eines europaweit harmonisierten Bereichs zwischen 3,8 und 4,2 GHz für Campusnetze unterstützen. In der nationalen Umsetzung ist es wichtig, dass eine effiziente Frequenznutzung sichergestellt und eine Fragmentierung des Bandes in der Nutzung vermieden wird. Wenn die nationalen Nutzungsbedingungen für den Bereich 3,8 bis 4,2 GHz feststehen, können perspektivisch – in Abhängigkeit des Spektrumbedarfs und unter Berücksichtigung einer geeigneten und langfristigen Übergangsstrategie – die existierenden Nutzungen aus dem bestehenden Bereich 3,7 und 3,8 GHz in den Bereich 3,8 bis 4,2 GHz verschoben werden, um eine Nutzung von 3,7 bis 3,8 GHz für den öffentlichen Mobilfunk zu ermöglichen. Vor diesem Hintergrund ist es essenziell, dass die BNetzA frühzeitig einen umfassenden Austausch mit relevanten Stakeholdern initiiert, um die Eckpunkte einer möglichen Übergangsstrategie zu ermitteln. Jede Form einer Übergangsstrategie muss einen verlässlichen Rahmen für die Hersteller industrieller 5G-Komponenten schaffen und zugleich die Investitionssicherheit für Betreiber von bestehenden 5G-Campusnetzen im Bereich 3,7 bis 3,8 GHz gewährleisten.

Die Bereitstellungskriterien der BNetzA sollten – analog zum Bereich 3,7 bis 3,8 GHz – einen praktikablen und verlässlichen Zugang von industriellen Anwendern zu ausreichend Spektrum im Bereich 3,8 bis 4,2 GHz ermöglichen.

Bisher hat die Bundesnetzagentur über 400 Zuteilungen bei 3,7 GHz für private Campusnetze erteilt.<sup>1</sup> In welchem Umfang und wie intensiv diese Zuteilungen genutzt werden, ist noch unklar. Dies zeigt, dass sich industrielles 5G aktuell in einer Phase befindet, die momentan noch vor allem von Early Adopters und Testanwendungen geprägt ist.

### Förderung von industrie-spezifischen Funktionen von 5G

Die fehlende Marktdurchdringung im Lösungsdesign der industriellen Anwendungen – bei Maschinenbau, Automationsindustrie, Werkzeugherstellung etc. – ist die wesentliche Markthürde für die Nutzung von 5G im industriellen Kontext. Nicht-industrielle Endgeräte wie Smartphones, Tablets, Laptops oder Mobile Computer, die in der Materialwirtschaft genutzt werden, sind mit 5G-Unterstützung am Markt verfügbar. Jedoch fehlt weiterhin eine breite Auswahl an industriespezifischen Endgeräten. Folgerichtig müssen Zugangshürden in die Technologie aus Sicht der Anwendungsentwicklung und der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit industrieller Endgeräte abgesenkt werden, um Unternehmen davon zu überzeugen, 5G-fähige industrielle Produkte anzubieten. Aus diesem Grund sollte die Realisierung spezifischer industrieller Funktionen, wie beispielsweise hochgenaue Zeitsynchronisation, deterministische Kommunikation aus Ende-zu-Ende-Sicht, Time-Sensitive Networking (TSN), Lokalisierungsdienste, einfache Bedienbarkeit und Überwachung der Technologie besonders gefördert werden. Diese Funktionen haben das Potenzial, den industriellen Nutzen von 5G erheblich zu steigern und neue Effizienzgewinne zu ermöglichen.

---

<sup>1</sup> Übersicht der Zuteilungsinhaber für Frequenzzuteilungen für lokale Frequenznutzungen - Frequenzbereich 3.700-3.800 MHz, Januar 2025.

### Komplementärtechnologien nutzen

WLAN-Netzwerke können die 5G / 6G-Technologie ergänzen und als Komplementärtechnologie in der Industrie eingesetzt werden. Denn bereits heute ist WLAN in der Praxis für die Konnektivität vieler Unternehmen von großer Bedeutung. So erhöhten in Deutschland mehr als 30 Prozent der Unternehmen ihre Ausgaben für WLAN-Technologien im vergangenen Jahr um mehr als zehn Prozent.<sup>2</sup> Zentrale Investitionsfelder, in welchen WLAN-Technologien genutzt werden, sind unter anderem standortbezogene Dienste, Sicherheit und KI-Automatisierung. Mehrere Branchen weltweit, darunter Gesundheitswesen und Transport / Logistik, stufen WLAN-Investitionen als geschäftskritisch oder sehr wichtig für die nächsten zwei Jahre ein. Außerdem sind im industriellen Umfeld eine Vielzahl von spezifischen Drahtlostechnologien, beispielsweise 5G DECT NR+, verfügbar. Technologieneutralität und Kompatibilität können zudem eine sichere und nahtlose Abdeckung in verschiedenen Umgebungen, die von Wi-Fi und künftigen 5G / 6G-Anbietern und -Systemen bedient werden, ermöglichen. Aus diesen Gründen sollte der Ansatz der Bundesregierung sein, eine komplementäre Anwendung von 5G / 6G als auch WLAN im industriellen Kontext zu fördern, um den Nutzen für Anwender zu maximieren. Das Augenmerk sollte auf der Stärkung der Koexistenz und der Kompatibilität von unterschiedlichen Access-Technologien liegen, um die Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu verbessern.

### Mobilfunkanwendungen für vertikale Industrien gemeinsam erfolgreich weiterentwickeln

#### 6G-Entwicklung fördern

Die nächste Generation von Mobilfunknetzen, 6G, wird über die klassische Kommunikation hinaus neue Anwendungsfelder erschließen. Um frühzeitig Technologieführerschaft zu erlangen und technologische Souveränität in Deutschland und Europa sicherzustellen, ist es essenziell, die Entwicklung der 6G-Technologie als einen globalen Industriestandard gezielt zu fördern und die Zusammenarbeit mit den relevanten internationalen Partnern und Organisationen fortzusetzen. Zum Beispiel sollte die im Rahmen des Transatlantic Trade and Technology Councils (TTC) eingeleitete transatlantische Kooperation zu 6G intensiviert und das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) ausgebaut werden. Die internationale Zusammenarbeit muss sicherstellen, dass 6G – wie schon 5G – gemeinsam im Rahmen internationaler Standardisierungsaktivitäten als globaler Standard etabliert wird, um die Interessen der deutschen Industrie global zu wahren und die Voraussetzungen für skalierbare Anwendungen zu schaffen. Zusätzlich sollte Deutschland sich auf europäischer Ebene dafür einsetzen, Bürokratie in Förderprogrammen abzubauen, die Effizienz der Mittelverwendung zu steigern und die Fördermittel insgesamt zu erhöhen. Nur so können deutsche und europäische Förderprogramme bestmöglich unterstützen, um im Vergleich zu den riesigen Investitionsprogrammen globaler Wettbewerber wettbewerbsfähig bleiben.

Des Weiteren muss im Hinblick auf die Investitionssicherheit sichergestellt werden, dass zukünftige Standards neuer Technologien abwärtskompatibel gestaltet werden, um eine technologieunabhängige Nutzung bereits bestehender Campusnetze zu ermöglichen. Es muss anerkannt werden, dass ein zukünftiger erfolgreicher Einsatz von 6G in vertikalen Industrien entscheidend von der vorhergehenden Verbreitung von 5G abhängt, da 6G auf Erfahrungswerten, die in der Praxis mit 5G gemacht wurden, fußt.

---

<sup>2</sup> Paul Hughes und Brandon Butler, IDC, „6 GHz Wi-Fi: Powering the Future of Enterprise Connectivity“ vom 19. November 2024, <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/6ghz-wifi.pdf>.

### **Förderfähigkeit von Standardisierungsaktivitäten ermöglichen**

Um den Einsatz vernetzter Technologien (u. a. 5G, 6G) flächendeckend in der industriellen Produktion zu ermöglichen, ist die Förderung von Standardisierungsaktivitäten für Industrieplayer entscheidend. Der Einsatz standardisierter Technologien ist maßgebend für die Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit industrieller Lösungen, insbesondere, wenn die jeweilige zu standardisierende Technologie – hier 5G / 6G – nur ein Mittel zum Zweck und nicht Teil des Kerngeschäfts des jeweiligen Unternehmens ist. Ein direktes Einbringen der Anforderungen der Industrieplayer ist jedoch in der Mobilfunkstandardisierung aufwandsbedingt ohne geeignete Fördermodelle oft nicht möglich. Ein Mitwirken mit breitem Engagement der europäischen Anwender ist aber zwingend nötig, um die Nutzbarkeit von 5G / 6G für die Industrie in der Breite sicherzustellen. Hierfür müssen geeignete Fördermodelle geschaffen werden, z. B. die Anerkennung von Normungsaufwendungen als förderfähige Aufwendungen im Rahmen von Forschungs- und Vorfeldprojekten sowie eine Erweiterung der steuerlichen Forschungszulage auf Normungsaktivitäten.

## Impressum

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI)  
Breite Straße 29, 10178 Berlin  
[www.bdi.eu](http://www.bdi.eu)  
T: +49 30 2028-0

EU-Transparenzregister: 1771817758-48

Lobbyregister: R000534

## Redaktion

Philipp Schweikle  
Referent Digitalisierung und Innovation  
T: +49 30 2028-1632  
[p.schweikle@bdi.eu](mailto:p.schweikle@bdi.eu)

BDI Dokumentennummer: D2055