



Lünendonk®-Whitepaper 2025

Robotik für die technische Anlageninspektion

Eine Publikation von Lünendonk & Hossenfelder in Zusammenarbeit mit

CBRE

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
EINLEITUNG	4
Herausforderungen: Fachkräftemangel und steigende Sicherheitsanforderungen	4
Robotik als Lösungsansatz	5
Ziel und Aufbau des Whitepapers	5
MARKTUMFELD UND ENTWICKLUNGSTREIBER	6
Technologische und wirtschaftliche Trends	6
Personal- und Fachkräftemangel als Treiber der Automatisierung	7
Marktgröße und Marktanteil von Robotik für die technische Anlageninspektion	9
Wertschöpfungsfelder	10
EINSATZFELDER VON INSPEKTIONSROBOTERN	12
Sensorische Zustandsüberwachung	12
Physische Prüf- und Kontrollaufgaben	14
Digitale Erfassung und Systemintelligenz	15
NUTZEN UND EFFIZIENZPOTENZIALE DURCH INSPEKTIONSROBOTIK	17
Effizienzsteigerung und Entlastung von Personalressourcen	17
Sicherheitsgewinne im Inspektionsbetrieb	18
Datenqualität und automatisierte Auswertung	19
Erfüllung regulatorischer und gesellschaftlicher Anforderungen	20

Die Nutzung dieser Marktforschungsstudie durch KI-Systeme gemäss Art. 3 Nr. 1 Verordnung (EU) 2024/1689 erfordert die ausdrückliche Zustimmung der Lünendonk & Hossenfelder GmbH. Das Eingeben, Hochladen oder Verwenden der Inhalte für KI-Training oder automatisierte IT-Anwendungen ist strikt untersagt.



RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN EINSATZ VON INSPEKTIONSROBOTERN	21
Systemdesign und Bedienbarkeit	21
Wartung, Lebensdauer und Instandhaltung	22
IT-Sicherheit und Datenschutz	23
Umsetzung in der Praxis: Checkliste für Unternehmen	23
AUSBLICK UND FAZIT	25
 CASE STUDY: EINSATZ VON ROBOTIK FÜR TECHNISCHE INSPEKTIONEN	
IM GETEC.PARK MUTTENZ.....	27
 UNTERNEHMENSPROFILE	30
CBRE Global Workplace Solutions Schweiz	30
Lünendonk & Hossenfelder GmbH.....	31
 INFORMATIONEN ZUM WHITEPAPER.....	32



Vorwort

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Industrieparks stehen zunehmend vor komplexen Herausforderungen. Um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, ist eine kontinuierliche Überprüfung von Prozessen und Kostenstrukturen unerlässlich – insbesondere im Facility Management und der Instandhaltung technischer Infrastrukturen.

Als Dienstleister für Facility Management und Instandhaltung ist es für uns von zentraler Bedeutung, technologische Entwicklungen wie Robotik und Künstliche Intelligenz (KI) aufmerksam zu verfolgen. Unser Ziel ist es, frühzeitig zu erkennen, wo diese Innovationen strategisch sinnvoll und gewinnbringend für unsere Kunden eingesetzt werden können.

Künstliche Intelligenz bietet dabei weit mehr als nur Effizienzsteigerung: Sie ermöglicht eine vorausschauende Instandhaltung durch intelligente Datenanalyse, verbessert die Qualität technischer Inspektionen durch automatisierte Mustererkennung und unterstützt fundierte Entscheidungen durch lernende Systeme. Unternehmen, die Künstliche Intelligenz gezielt einsetzen, profitieren von höherer Betriebssicherheit, reduzierten Ausfallzeiten und einer besseren Planbarkeit ihrer Ressourcen. Damit wird Künstliche Intelligenz zu einem echten Wettbewerbsvorteil – sowohl operativ als auch strategisch.

Lünendonk & Hossenfelder ist ein auf Facility Management und Industrieservices spezialisiertes Marktforschungs- und Beratungsunternehmen und analysiert seit 2015 den Schweizer Markt für Facility Management. Alle zwei Jahre veröffentlicht das Unternehmen eine umfassende Marktstudie, die wertvolle Einblicke in die Marktstruktur, aktuelle Servicemodelle sowie wichtige Trends und Entwicklungen der Branche beleuchtet.

In diesem Whitepaper stellt Lünendonk & Hossenfelder die neuesten Entwicklungen zu Robotik für technische Inspektionen und Instandhaltungsprozesse vor. Darüber hinaus werden die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen erläutert, die für einen erfolgreichen Einsatz dieser Technologien notwendig sind.

CBRE Global Workplace Solutions Schweiz unterstützt dieses Whitepaper und wünscht Ihnen eine inspirierende und erkenntnisreiche Lektüre.



Jochen Scraback

Managing Director,
CBRE GWS Schweiz





Einleitung

Robotik entwickelt sich zu einem zentralen Baustein moderner Instandhaltung und Gebäudebewirtschaftung. Tätigkeiten, die bisher manuell erledigt wurden, wie die visuelle Inspektion von Anlagen, die Überprüfung von Gebäudestrukturen oder die Kontrolle technischer Systeme, können heute zunehmend durch autonome Roboter unterstützt oder vollständig übernommen werden. Dieser Wandel kennzeichnet den Übergang von einer überwiegend manuellen zu einer zunehmend automatisierten und perspektivisch autonomen Inspektion. Die neuen Technologien bieten nicht nur Effizienzgewinne, sondern verändern auch die Anforderungen an Organisationen und Mitarbeitende von Unternehmen.

Roboter sind keine Zukunftsvision mehr, sondern bereits oft im produktiven Einsatz. Sensoren, Künstliche Intelligenz und Vernetzung ermöglichen es modernen Robotik-Systemen, Umgebungen selbstständig zu erfassen und Daten zu analysieren. Insbesondere in der Gebäudetechnik und im Produktionsumfeld entstehen dadurch neue Möglichkeiten, Inspektionsprozesse schneller, präziser und sicherer zu gestalten.

HERAUSFORDERUNGEN: FACHKRÄFTEMANGEL UND STEIGENDE SICHERHEITSANFORDERUNGEN

Parallel zu diesen technologischen Entwicklungen sehen sich Unternehmen grossen strukturellen Herausforderungen gegenüber. Der Fachkräftemangel macht sich im Facility Management ebenso bemerkbar wie in der Industrie.

Robotik ist ein wichtiger Baustein für moderne Gebäudebewirtschaftung



Unternehmen fällt es zunehmend schwerer, qualifiziertes Personal zu finden, das über die notwendige Erfahrung verfügt, um wiederkehrende und komplexe Inspektionsaufgaben zuverlässig auszuführen. Gleichzeitig steigen die Sicherheitsanforderungen: Unternehmen müssen die Risiken für Mitarbeitende minimieren, gesetzliche Vorgaben einhalten und den Schutz sensibler Infrastrukturen gewährleisten. Daraus entsteht ein Spannungsfeld, in dem Effizienz, Sicherheit und Verfügbarkeit von Personal in Einklang gebracht werden müssen.

ROBOTIK ALS LÖSUNGSANSATZ

Inspektionsroboter bieten hier eine konkrete Lösung. Sie sind in der Lage, Aufgaben zu übernehmen, die für Menschen körperlich belastend, gefährlich oder monoton sind. Beispiele reichen vom Zugang zu schwer erreichbaren Anlagenteilen über die kontinuierliche Zustandsüberwachung bis hin zur Erfassung und Dokumentation grosser Datenmengen. Roboter entlasten Mitarbeitende, verbessern die Datenqualität und ermöglichen eine verlässliche Planung von Wartungs- und Instandhaltungsmassnahmen. Durch den Einsatz dieser Systeme können Unternehmen nicht nur ihre Effizienz steigern, sondern auch den steigenden regulatorischen und gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werden, wie beispielsweise in der Arbeitssicherheit oder Nachhaltigkeit.

Robotik als
Möglichkeit, um dem
Fachkräftemangel zu
begegnen

ZIEL UND AUFBAU DES WHITEPAPERS

Ziel dieses Whitepapers ist es, das Potenzial von Inspektionsrobotik im Facility Management und der Inspektion technischer Anlagen darzustellen. Es richtet sich an Entscheidungsträger, Fachverantwortliche und Interessierte, die einen Überblick über Markt, Technologie und praktische Einsatzmöglichkeiten gewinnen möchten.

Das Whitepaper gibt einen strukturierten Überblick über den aktuellen Stand und die Entwicklungsperspektiven der Inspektionsrobotik. Es beschreibt das Marktumfeld mit wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Einflussfaktoren, darunter Fortschritte in Automatisierung und Künstlicher Intelligenz sowie die Auswirkungen des Fachkräftemangels. Darüber hinaus stellt es wichtige Anwendungsfelder von Inspektionsrobotern dar. Im Fokus stehen die sensorische Zustandsüberwachung, physische Prüf- und Kontrollaufgaben sowie die digitale Datenerfassung und Systemintelligenz. Das Whitepaper zeigt, welche Potenziale der Einsatz von Robotik für Effizienz, Sicherheit, Datenqualität und die Erfüllung regulatorischer Anforderungen bietet. Anschliessend werden die Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Einführung dargestellt. Ein Ausblick fasst die zentralen Ergebnisse zusammen und gibt Hinweise auf mögliche zukünftige Entwicklungen für Inspektionsrobotik.





Marktumfeld und Entwicklungstreiber

TECHNOLOGISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE TRENDS

Die technische Anlageninspektion befindet sich im Umbruch, getrieben durch Automatisierung, Digitalisierung und den Bedarf an energieeffizienten Lösungen. Nach Angaben der International Federation of Robotics erreichte der weltweite Roboterbestand im Jahr 2024 rund 4,7 Millionen Einheiten, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 12 Prozent. Im Jahr 2024 wurden weltweit 542.000 neue Industrieroboter installiert. Damit lag die Zahl der jährlichen Installationen zum vierten Mal in Folge über 500.000 Einheiten, was weiterhin einen klaren Trend zur Automatisierung zeigt. Zentrale Markttreiber sind dabei der steigende Effizienzdruck, der voranschreitende Fachkräftemangel, strenge Qualitätsstandards und die Weiterentwicklung in Richtung Industrie 4.0.

Fortschritte bei Sensorik, Bildgebung und Künstlicher Intelligenz ermöglichen den Unternehmen präzisere und schnellere Inspektionen, reduzieren das Risiko von Arbeitsunfällen der Mitarbeitenden und eröffnen neue Einsatzfelder, etwa bei kritischen Infrastrukturen. Auch moderne Technologien wie Edge-Computing und verbesserte Konnektivität steigern die Leistungsfähigkeit sowie die Anpassungsfähigkeit der Systeme. Insgesamt entwickelt sich der Markt hin zu Roboterinspektionssystemen, die eine kontinuierliche Überwachung, Wartung und erhöhte Betriebssicherheit unterstützen. Dabei verlagert sich der Fokus auf die Entwicklung flexibler, skalierbarer und kostengünstiger Robotersysteme, die sich an verschiedene Betriebsumgebungen anpassen.

Steigender Effizienzdruck
und Fachkräftemangel
als Treiber der
Automatisierung



Robotik für die technische Anlageninspektion

Der World Robotics Report 2023 der International Federation of Robotics hebt zudem die Rolle von Robotik für die Wettbewerbsfähigkeit hervor. Nach wie vor zählen Deutschland und die Schweiz zu den führenden Ländern in Bezug auf Roboterichte und -einsatz. Mit 429 Robotern pro 10.000 Beschäftigten liegt Deutschland auf Platz 4, während die Schweiz mit 302 Einheiten Rang 9 belegt. Trotz dieser Spitzenpositionen besteht weiterhin grosser Handlungsbedarf, um das Potenzial der Automatisierung voll auszuschöpfen. Die Steigerung des Robotikeinsatzes erfordert gezielte Investitionen in moderne Technologien, politische Fördermassnahmen sowie die konsequente Unterstützung von Forschung und Entwicklung.

Deutschland und
Schweiz unter den
führenden Ländern bei
Roboterichte

Während kleine und mittlere Unternehmen bislang oft noch mit finanziellen und organisatorischen Hürden beim Einsatz von Robotik konfrontiert sind, sinken die Einstiegs-
hürden durch den technologischen Fortschritt deutlich: Roboter werden zunehmend einfacher, intelligenter und intuitiver in der Anwendung. Ein Trend, der den Zugang zur Automatisierung auch für kleinere Betriebe erleichtert. Besonders vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangels gewinnt die Robotik auch bei kleinen und mittleren Unternehmen verstärkt strategische Bedeutung.

PERSONAL- UND FACHKRÄFTEMANGEL ALS TREIBER DER AUTOMATISIERUNG

Die Alterung der Gesellschaft stellt viele Unternehmen vor grosse strukturelle Herausforderungen. Laut dem Institut der deutschen Wirtschaft (IW) haben Ende 2022 bereits rund 3,1 Millionen Angehörige der Babyboomer-Generation in Deutschland das gesetzliche Renteneintrittsalter erreicht. Diese Entwicklung beschleunigt sich vor allem in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre, sodass bis 2036 alle Babyboomer im Rentenalter sein werden. Insgesamt scheiden zwischen 2022 und 2036 rund 19,5 Millionen Babyboomer aus dem Erwerbsleben aus.

Bis 2036 erreichen
alle Babyboomer das
Renteneintrittsalter

VIELE BESCHÄFTIGTE SIND AN DER SCHWELLE ZUM RUHESTAND



**Ein Drittel der Industriebelegschaft
geht bis 2030 in den Ruhestand**

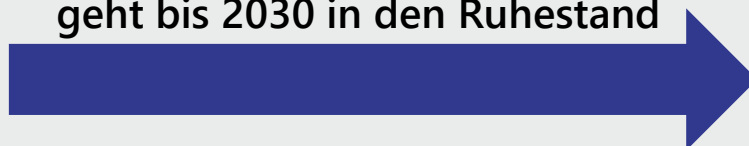


Abb. 1: Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Personalstruktur von Unternehmen; Quelle: Statistisches Bundesamt 2025



Robotik für die technische Anlageninspektion

Dem steht ein deutlich geringerer Zugang von nur etwa 12,5 Millionen jungen Arbeitskräften gegenüber – ein Missverhältnis, das den bereits vorhandenen Personal- und Fachkräftemangel erheblich verschärfen wird.

Auch die Schweiz steht vor einer deutlichen Alterung der Bevölkerung und zeigt ein vergleichbares Bild zu Deutschland. Gründe dafür sind die dauerhaft niedrige Geburtenrate, das Älterwerden der geburtenstarken Jahrgänge der 1950er bis 1970er Jahre und die steigende Lebenserwartung.

In der technischen Anlageninspektion wird es für Unternehmen ohne ausreichend qualifiziertes Personal zunehmend schwierig, regelmässige Inspektionsroutinen zuverlässig aufrechtzuerhalten. Um die Lücke zu schliessen, setzen Unternehmen und Dienstleister an verschiedenen Stellen immer öfter auf Automatisierung und Künstliche Intelligenz, um das vorhandene Personal zu entlasten und die Produktivität zu steigern.

AUFTRAGGEBER SIND OFFEN GEGENÜBER NEUEN TECHNOLOGIEN

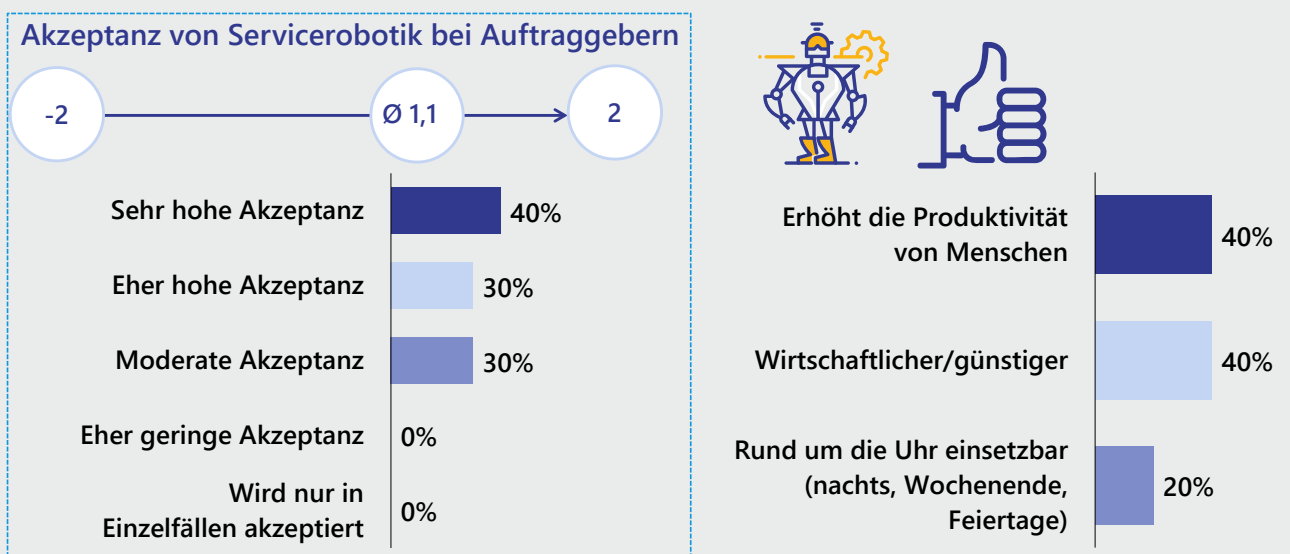


Abb. 2: Akzeptanz von Servicerobotik bei Auftraggebern; Quelle: Lünendonk®-Studie 2025 Facility Service in der Schweiz

Im Rahmen des automatica Trendindex 2025 wurden in fünf Ländern je 1.000 Arbeitnehmer zum Thema Robotik befragt. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Zustimmung zur Robotik: 77 Prozent der Befragten befürworten den Einsatz von Robotern, 80 Prozent wünschen sich, dass Roboter gefährliche und monotone Aufgaben übernehmen und drei Viertel der Befragten sehen sie als wirksames Mittel gegen den Fachkräftemangel.

77 Prozent der Arbeitnehmer befürworten den Einsatz von Robotik



Robotik für die technische Anlageninspektion

Damit wird deutlich: Die Akzeptanz für Automatisierung ist auch in der Belegschaft bereits weit verbreitet und Roboter werden vor allem als Entlastung und Unterstützung wahrgenommen.

Automatisierte Inspektionssysteme können eine Lösung für den Effizienzdruck und Fachkräftemangel bieten, erfordern jedoch eine vollständige Neuausrichtung oder strukturelle und prozessgerechte Anpassungen. Gefragt sind daher ganzheitliche Systeme, die sich schnell und reibungslos implementieren lassen. Eine wirtschaftlich attraktive Alternative sind zudem mobile Inspektionsroboter. Ausgestattet mit Software und moderner Sensortechnologie übernehmen sie vordefinierte Inspektionsrouten autonom, erfassen präzise Daten und stellen verwertbare Informationen bereit. Anstatt ganze Anlagen mit Tausenden stationären Sensoren nachzurüsten, können Unternehmen Roboter als mobile Sensorknotenpunkte nutzen.

Automatisierte
Inspektionssysteme
müssen prozessgerecht
integriert werden

Die enge Zusammenarbeit von Mensch und Roboter wird eine zentrale Rolle dabei einnehmen, den Herausforderungen des Arbeitsmarktes zu begegnen, die Produktivität langfristig zu steigern und die Arbeitsbedingungen zu optimieren. Roboter sind damit nicht nur eine kurzfristige Reaktion auf den bestehenden Fachkräftemangel, sondern entwickeln sich zu einem wichtigen Faktor für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation.

MARKTGRÖSSE UND MARKTANTEIL VON ROBOTIK FÜR DIE TECHNISCHE ANLAGENINSPEKTION

Für die deutsche Robotik- und Automationsbranche wird 2025 mit einem Umsatzrückgang von zehn Prozent, im Vergleich zum Vorjahr, auf 14,5 Milliarden Euro gerechnet. Nach dem Rekordjahr 2023 mit 13 Prozent Wachstum hat sich das Tempo verlangsamt. Gründe sind laut VDMA Robotik + Automation eine schwache Konjunktur und eine anhaltende Investitionszurückhaltung.

Global nimmt die Bedeutung von Robotik stetig zu. Der weltweite Markt wird im Jahr 2025 von Statista auf etwa 45 Milliarden Euro geschätzt. Dabei wird der Markt für Servicerobotik mit einem geschätzten Marktvolumen von 36 Milliarden Euro den grössten Anteil ausmachen. Treiber dieser Entwicklung ist die steigende Nachfrage nach effizienten und kostengünstigen Automatisierungslösungen.

Weltweiter Robotikmarkt
wird auf 45 Milliarden
Euro geschätzt

Besonders stark wächst innerhalb des Robotik-Marktes die robotergestützte Inspektion. Von rund 3,5 Milliarden US-Dollar im Jahr 2024 soll er bis 2033 auf 10,2 Milliarden US-Dollar zulegen (bei einer jährlichen Wachstumsrate von 12,8 %). Fortschritte bei Künstlicher Intelligenz, maschinellem Lernen und Sensortechnik erhöhen Präzision, Geschwindigkeit und Autonomie der Systeme. Anbieter investieren daher gezielt in Forschung und Entwicklung, in Echtzeit-Datenverarbeitung und in Kooperationen, um Innovationen schneller voranzubringen.



Robotik für die technische Anlageninspektion

Der Trend geht zu flexiblen und skalierbaren Lösungen, die sich vielseitig einsetzen lassen und Anforderungen wie Zustandsüberwachung und Predictive Maintenance erfüllen.

Dabei wird der Markt für automatisierte Roboterinspektionen derzeit von Nordamerika (38 %) angeführt, gefolgt vom asiatisch-pazifischen Raum (32 %) und Europa (20 %). Am schnellsten wächst die Region Asien-Pazifik. Nach Branchen aufgeteilt, liegt die Öl- und Gasindustrie mit 50 Prozent Marktanteil vorne, gefolgt von der Wasserindustrie mit 30 Prozent. Andere Segmente wie Fertigung und Kernenergie holen jedoch zunehmend auf.

Markt für
robotergestützte
Inspektion wächst
besonders stark

14,5 MILLIARDEN EURO UMSATZ IN DER ROBOTIK- UND AUTOMATIONSBRANCHE 2024

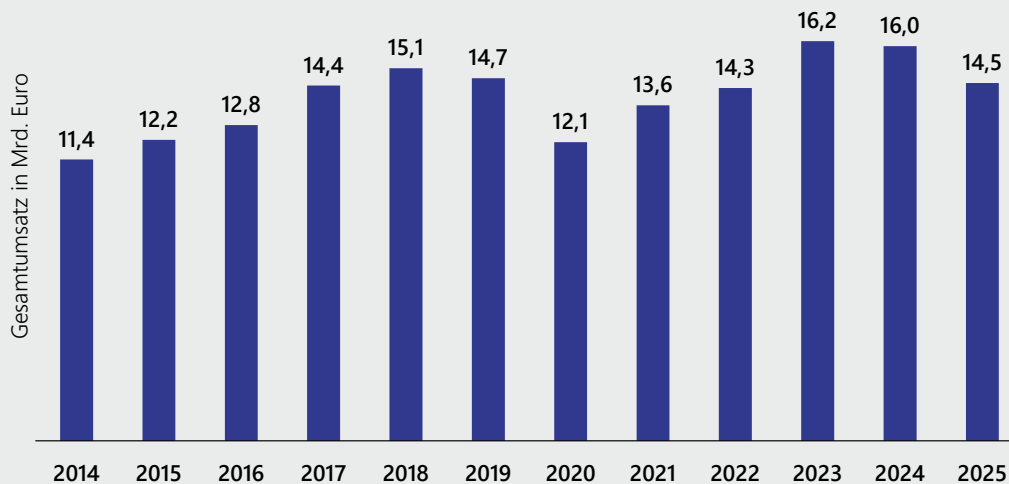


Abb. 3: Gesamtumsatz Robotik und Automation in Deutschland in Mrd. Euro; Quelle: VDMA Robotik + Automation 2025; eigene Darstellung

WERTSCHÖPFUNGSFELDER

Der Einsatz von Robotik in der technischen Anlageninspektion eröffnet vielfältige Wertschöpfungsfelder für Industrieunternehmen. Zum einen bieten sie die Chance, die Sicherheit für Mitarbeitende zu steigern, da Roboter Inspektionen in gefährlichen oder schwer zugänglichen Umgebungen übernehmen und so das Risiko für Menschen deutlich reduzieren. Gleichzeitig sorgt die Automatisierung für mehr Effizienz und Produktivität, da Prüfungen schneller, kontinuierlich und mit weniger Stillstandzeiten durchgeführt werden.



Robotik für die technische Anlageninspektion

Auch in der Lünendonk-Studie 2025 "Facility Service in Deutschland" beschreibt knapp die Hälfte der befragten Dienstleister den Mehrwert durch die flexiblen Einsatzmöglichkeiten von Robotern. Hinzu kommt eine hohe Präzision und Qualität der Ergebnisse, da moderne Sensoren eine detaillierte Zustandsbewertung ermöglichen. Besonders wertvoll ist in diesem Zusammenhang zudem der Aufbau einer umfassenden Datenbasis, die langfristig datengetriebene Instandhaltungsstrategien wie Predictive Maintenance unterstützt. Durch die flexible Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen Anlagentypen und Einsatzszenarien können Unternehmen Roboter vielseitig nutzen. Damit trägt die Robotik nicht nur zur Betriebssicherheit und Kostenoptimierung bei, sondern stärkt auch die Innovationskraft und Betriebskontinuität der Unternehmen.

Datenbasis ist
grosser Vorteil des
Robotikeinsatzes

FLEXIBLER EINSATZ VON ROBOTIK STIFTET GRÖSSTEN MEHRWERT

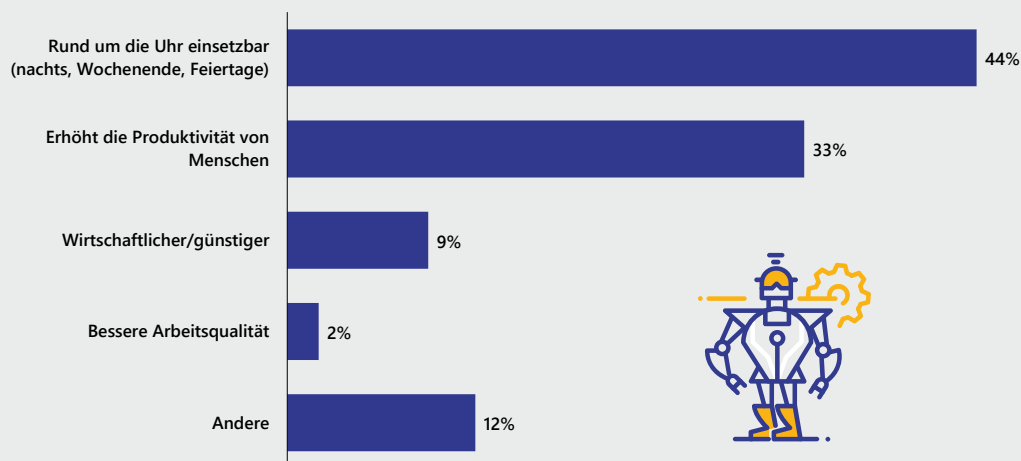


Abb. 4: Was ist der wichtigste Grund für den Einsatz von Robotik?; alle Unternehmen; Häufigkeitsverteilung; n = 43;
Quelle: Lünendonk®-Studie 2025: Facility Service in Deutschland

Einsatzfelder von Inspektionsrobotern

SENSORISCHE ZUSTANDSÜBERWACHUNG

Inspektionsroboter entwickeln sich zu wichtigen Werkzeugen in der sensorischen Zustandsüberwachung von technischen Anlagen. Sie sind in der Lage, komplexe Umgebungen zuverlässig zu erfassen und liefern präzise Daten. Moderne Systeme kombinieren dabei Sensoren für Temperatur, Strahlung, Stoffe, Geräusche und Vibration und decken so ein breites Spektrum relevanter Messgrößen ab.

Ein wichtiges Anwendungsfeld ist dabei die Temperaturüberwachung. Mit Wärmebildkameras oder Infrarotsensoren erfassen Roboter Hotspots an elektrischen Leitungen, Transformatoren, Schaltschränken oder an rotierenden Maschinen wie Motoren und Turbinen. Die Temperaturprofile machen frühzeitig sichtbar, ob es zu Überhitzungen durch Reibung, Materialermüdung oder mangelhafter Schmierung kommt. Darüber hinaus leisten Inspektionsroboter einen Beitrag zur Energieeffizienz, indem sie thermische Verluste an Gebäuden, Isolierungen oder Wärmetauschern aufzeigen.

Auch in der Strahlungsüberwachung gibt es grosses Nutzenpotenzial durch die Inspektionsroboter. In kerntechnischen Anlagen oder Zwischenlagern beispielsweise erfassen sie die Höhe der Strahlung und erstellen präzise Strahlenkarten. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung, ohne dass Menschen den Risiken radioaktiver Strahlung ausgesetzt werden. Insbesondere beim Rückbau von Kernkraftwerken oder bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle bieten Inspektionsroboter eine sichere Alternative für die Datenerhebung.

Roboter erkennen
Überhitzung
und steigern
Energieeffizienz

Ein weiteres Einsatzfeld ist die Stoffüberwachung. Mit chemischen Sensoren erkennen Roboter selbst kleinste Leckagen in (Petro-)Chemieanlagen und messen die Konzentration gefährlicher Gase wie Methan, Kohlenmonoxid oder Schwefelwasserstoff. Mobile Roboter analysieren so auch in Pipelines den Gasfluss und identifizieren Druckabfälle oder Rückstände.

Strahlen- und Stoff-
überwachung
in gefährlichen
Umgebungen

Die Geräuschüberwachung ergänzt diese Funktionen um akustische Messungen. Mikrofone und Schallsensoren erkennen Veränderungen in den Betriebsgeräuschen von Motoren, Pumpen oder Turbinen. Denn ungewöhnliche Klick- oder Schleifgeräusche deuten oft auf Defekte hin. Auch in Rohrleitungen können akustische Sensoren so zum Beispiel Leckgeräusche erkennen.

Geräusch- und
Vibrationsüberwachung
für enge Umgebungen,
wie Rohrleitungen

Auch die Vibrationsüberwachung stellt ein mögliches Einsatzfeld dar: Schwingungssensoren an Inspektionsrobotern analysieren Muster in Maschinen und Bauwerken. Kleine Abweichungen von Normwerten zeigen Unwuchten, Resonanzeffekte oder beginnende Materialschäden an. In der Industrie lassen sich dadurch Pumpen, Kompressoren oder Turbinen kontinuierlich überwachen, während im Bauwesen Brücken und Gebäude auf strukturelle Schwächen geprüft werden.

ARTEN DER SENSORISCHEN ZUSTANDSÜBERWACHUNG

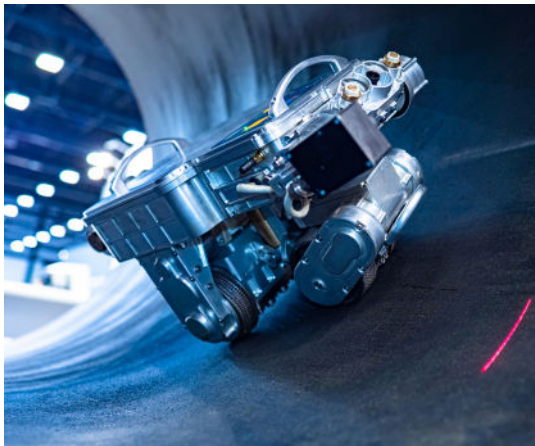


Abb. 5: Arten der sensorischen Zustandsüberwachung



Robotik für die technische Anlageninspektion

Multisensorische Systeme wie Drohnen, die optische Kameras mit Thermografie und Gassensorik verbinden, oder Crawler-Roboter, die Vibrationen, Akustik und chemische Daten gleichzeitig erfassen, liefern ein umfassendes Bild des Zustands von technischen Anlagen. Auch Unterwasser-ROVs, die Temperatur, Strömung und Partikelkonzentrationen erfassen, zeigen, wie vielseitig die Roboter mittlerweile eingesetzt werden können.



PHYSISCHE PRÜF- UND KONTROLLAUFGABEN

Neben der sensorischen Zustandsüberwachung können Inspektionsroboter auch klassische physische Prüf- und Kontrollaufgaben übernehmen, die bisher fast ausschließlich durch menschliches Personal durchgeführt wurden. Dabei geht es vor allem um die präzise Messung, Prüfung und Dokumentation mechanischer Konstruktionen sowie um die Kontrolle von Anzeigeinstrumenten und Skalen.

Ein zentrales Einsatzfeld ist die Vermessung mechanischer Strukturen. Roboter sind in der Lage, Baugruppen, Trägerkonstruktionen oder Maschinengehäuse auf Masshaltigkeit und Verformungen zu prüfen. Laser- und 3D-Messtechnologien ermöglichen eine millimetergenaue Erkennung von Abweichungen. So können Unternehmen zum Beispiel Materialermüdung, Korrosionsschäden oder Veränderungen durch Vibration oder Belastung frühzeitig feststellen.

Auch die Kontrolle von Druckanzeigen, Skalen und Messgeräten gehört zu den Aufgaben moderner Inspektionsroboter. Kamerasysteme mit Texterkennungssoftware lesen Werte direkt von analogen Anzeigen ab und gleichen sie mit Sollwerten ab. Damit wird eine lückenlose Überwachung möglich, auch in Anlagen, die noch nicht vollständig digitalisiert sind.

Kontrolle von
Druckanzeigen und
Skalen



Robotik für die technische Anlageninspektion

Gerade in kritischen Infrastrukturen wie Kraftwerken, Chemieanlagen oder Raffinerien sichert diese Funktion die kontinuierliche Kontrolle von wichtigen Betriebsparametern. Darüber hinaus übernehmen Roboter Funktionsprüfungen an mechanischen Komponenten. Sie messen Schliesskräfte, Drehmomente oder Materialhärten und dokumentieren die Ergebnisse automatisch. In Kombination mit visuellen Inspektionen, etwa zur Riss- oder Korrosionsdetektion, entsteht ein umfassendes Bild des mechanischen Zustands einer Anlage.

Damit zusammenhängend ergibt sich ein weiteres Einsatzfeldfeld: die Dokumentation und Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen. Durch standardisierte Verfahren können Inspektionsroboter Messungen wiederholbar durchführen und Veränderungen über längere Zeiträume sichtbar machen. Die Integration solcher Prüf- und Kontrollaufgaben in robotergestützte Systeme bringt grosse Vorteile. Die Messungen werden dadurch präziser, Ergebnisse sind reproduzierbar und gefährliche oder schwer zugängliche Bereiche können ohne menschliches Risiko überwacht werden. Damit leisten Inspektionsroboter einen Beitrag zur Sicherheit sowie zur Effizienz und Qualitätssicherung im Betrieb technischer Anlagen.

DIGITALE ERFASSUNG UND SYSTEMINTELLIGENZ

Immer stärker stehen digitale Erfassung und intelligente Systemfunktionen im Vordergrund, die zum einen die Datenqualität erhöhen und auch die Effizienz der gesamten Inspektionsprozesse verbessern.

Ein wesentliches Einsatzfeld ist die digitale Erfassung und Bestandsmodellierung. Roboter erfassen Anlagen mit 3D-Laserscannern, Kamerasystemen oder speziellen Sensoren und erstellen daraus digitale Zwillinge. Diese Modelle bilden die Grundlage für eine präzise Dokumentation des Anlagenbestands und ermöglichen es, Veränderungen über die Zeit genau nachzuvollziehen. Damit wird neben der Instandhaltung auch die Planung von Umbauten oder Erweiterungen erleichtert.

Hinzu kommt die Fähigkeit zur autonomen Kalibrierung und Systemanpassung. Moderne Inspektionssysteme justieren ihre Sensorik selbstständig, passen sich an wechselnde Umgebungsbedingungen an und gewährleisten so eine gleichbleibend hohe Messqualität. Ob schwankende Lichtverhältnisse, unebene Oberflächen oder elektromagnetische Störungen, die Systeme reagieren adaptiv und reduzieren den Bedarf an manuellen Eingriffen.

Roboter erhöhen die
Datenqualität der
Anlagen

Robotersysteme passen
sich an und kalibrieren
sich autonom



Robotik für die technische Anlageninspektion

Darüber hinaus spielt die Routenoptimierung eine wichtige Rolle. Mit Hilfe von Algorithmen für maschinelles Lernen und Künstlicher Intelligenz planen Roboter ihre Inspektionswege selbstständig und passen diese dynamisch an. Dadurch werden Inspektionszeiten verkürzt, doppelte und überschüssige Fahrwege reduziert oder besonders kritische Anlagenteile gezielt in kürzeren Intervallen überprüft. Inspektionsroboter können zunehmend autonome Funktionen in der industriellen Instandhaltung übernehmen.

Durch digitale Erfassung, adaptive Kalibrierung und intelligente Routenplanung erreichen sie ein höheres Mass an Systemintelligenz und erweitern den Handlungsspielraum klassischer Inspektionsprozesse. Die Potenziale für Industrieunternehmen zeigen sich in der frühzeitigen Erkennung von Störungen, Reduzierung ungeplanter Stillstände und der Verbesserung der Arbeitssicherheit. Gleichzeitig werden Personalressourcen geschont, da körperlich belastende und risikobehaftete Tätigkeiten reduziert werden. Insgesamt unterstützen Inspektionsroboter den Übergang von reaktiver Instandsetzung hin zu vorausschauender Wartung.

Roboter unterstützen
bei vorausschauender
Wartung

VIelfältige Einsatzfelder von Inspektionsrobotern

Einsatzfeld	Typische Sensoren / Technologien	Anwendungsbeispiel	Nutzen
Sensorische Zustandsüberwachung	Temperatur, Strahlung, Gase, Akustik, Vibration	Hotspot-Erkennung, Leckage-Analyse, Schwingungsmuster	Früherkennung, Personalsicherheit, Energieeffizienz, geringerer Personaleinsatz
Physische Prüf- und Kontrollaufgaben	Laser, 3D-Scanner, Kamera, Messsonden	Maßhaltigkeit prüfen, Skalen ablesen, Druckanzeigen	Präzision, Reproduzierbarkeit, Qualitätssicherung, geringerer Personaleinsatz, Personalsicherheit
Digitale Erfassung und Systemintelligenz	3D-Scanner, Digitale Zwillinge, KI-Algorithmen	Bestandsmodellierung, autonome Kalibrierung, Routenoptimierung	Effizienz, Predictive Maintenance, Ressourcenschonung

Abb. 6: Übersicht zu Einsatzfeldern von Robotern in der technischen Anlageninspektion





Nutzen und Effizienzpotenziale durch Inspektionsrobotik

EFFIZIENZSTEIGERUNG UND ENTLASTUNG VON PERSONALRESSOURCEN

Der Einsatz von Inspektionsrobotern eröffnet Industrieunternehmen grosse Effizienzpotenziale und trägt gleichzeitig zur Entlastung von Personalressourcen bei. Durch ihre Fähigkeit, Inspektionsaufgaben automatisiert und präzise durchzuführen, verkürzen sich die Inspektionszyklen. Anlagen können häufiger und flexibler überprüft werden, ohne dass daraus längere Stillstandzeiten resultieren, was zur Steigerung der Anlagenverfügbarkeit und zur Reduktion von Produktionsausfällen führt.

Verkürzte
Inspektionszyklen durch
den Einsatz von Robotik

Ein weiterer Vorteil liegt in den reduzierten Anfahrtszeiten und dem geringeren Personaleinsatz. Roboter sind direkt vor Ort einsatzbereit, bewegen sich selbstständig durch die Anlage und erfassen Messdaten kontinuierlich. Dadurch entfällt in vielen Fällen die Notwendigkeit, Fachkräfte regelmässig zu Inspektionsstandorten zu entsenden. Zudem wird dadurch auch die Reaktionsgeschwindigkeit bei Abweichungen erhöht. Darüber hinaus erlaubt die Automatisierung eine gezielte Entlastung des Personals. Mitarbeitende müssen weniger zeitintensive Routineaufgaben oder körperlich belastende Tätigkeiten wie Arbeiten in engen Räumen, in grosser Höhe oder unter ungünstigen Umweltbedingungen übernehmen. Stattdessen können sie sich stärker auf wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren, beispielsweise auf die Analyse von Daten oder die Entwicklung von Optimierungsmassnahmen.

Automatisierte
Lösungen schonen
Personalressourcen



Robotik für die technische Anlageninspektion

In der Energiebranche ermöglichen Drohnen beispielweise regelmässige Inspektionen von Windkraftanlagen in wenigen Stunden, während manuelle Kontrollen oft Tage dauern und den Stillstand der Turbinen verlängern. In der Chemieindustrie werden Roboter für die Kontrolle von Rohrleitungen und Tankanlagen eingesetzt. Anstatt Teams in explosionsgefährdete Zonen zu schicken, übernehmen Roboter die Datenerfassung autonom. Das reduziert nicht nur den Personaleinsatz, sondern minimiert die Sicherheitsrisiken. Die Inspektionsrobotik schafft damit die Grundlage, Ressourcen gezielter einzusetzen und die Instandhaltungsprozesse nachhaltig zu optimieren.

SICHERHEITSGEWINNE IM INSPEKTIONSBETRIEB

Neben Effizienzsteigerungen und der Kostenoptimierung zählt die Verbesserung der Arbeitssicherheit zu den grössten Vorteilen der Inspektionsrobotik. Ein wesentlicher Beitrag liegt in der Reduzierung von Unfall- und Expositionsrisiken. Roboter ermöglichen den Zugang zu Anlagenteilen, die für Menschen nur schwer oder gar nicht erreichbar sind. Dazu gehören hochgelegene Baugruppen, enge Schächte, unterirdische Leitungen sowie chemisch oder radioaktiv belastete Bereiche. Spezialisierte Systeme wie Kletterroboter, Drohnen oder Crawler können diese Zonen regelmässig und präzise überwachen.

Besonders kritisch sind Inspektionen in Höhen, in explosionsgefährdeten Bereichen, bei extremen Temperaturen oder in Umgebungen mit chemischen und radioaktiven Stoffen. Solche Einsätze erfordern für Menschen bislang aufwendige Schutzmassnahmen und bergen erhebliche Risiken. Inspektionsroboter übernehmen diese Aufgaben autonom oder ferngesteuert und übertragen die Ergebnisse in Echtzeit. Damit wird die direkte Exposition des Personals vermieden, die Wahrscheinlichkeit von Arbeitsunfällen sinkt bei gleichbleibender Regelmässigkeit der Inspektionsprozesse. In Offshore-Windparks übernehmen spezialisierte Drohnen und Kletterroboter die Inspektion von Rotorblättern und Turmstrukturen. Während menschliche Techniker aufwendige Sicherungsmassnahmen und lange Stillstandzeiten benötigen, erreichen Roboter diese schwer zugänglichen Bereiche schnell und ohne Risiko. Sie erfassen Risse, Erosion oder Beschädigungen präzise per Kamera- und Lasertechnik, oft sogar während die Anlagen in Betrieb bleiben können.

Für Unternehmen bedeutet dies nicht nur eine verbesserte Sicherheit der Mitarbeitenden, sondern auch eine höhere Betriebssicherheit insgesamt. Inspektionsroboter erkennen Risiken frühzeitig und minimieren Gefährdungen. Zudem lassen sich die Inspektionsintervalle ohne zusätzlichen Personalaufwand verdichten.

Robotik wirkt sich positiv
auf die Arbeitssicherheit
aus



Robotik für die technische Anlageninspektion

DATENQUALITÄT UND AUTOMATISIERTE AUSWERTUNG

Ein wichtiger Mehrwert der Inspektionsrobotik liegt zudem in der Qualität der erhobenen Daten und den Möglichkeiten der automatisierten Auswertung. Roboter erfassen Zustandsinformationen kontinuierlich und in Echtzeit. Dadurch entsteht ein stets aktuelles Bild der Anlage, das eine schnelle Reaktion auf Abweichungen ermöglicht. Mit KI-gestützten Analysen werden Muster erkannt, die auf potenzielle Störungen hindeuten. Gleichzeitig unterstützen Erinnerungs- und Benachrichtigungsfunktionen die Planung von Wartungsmassnahmen, sodass keine kritischen Prüfungen versäumt werden.

Roboter ermöglichen
ein kontinuierliche
Zustandserfassung

Besonders bedeutsam ist die nachvollziehbare und automatisierte Dokumentation. Alle Messwerte und Inspektionsergebnisse werden digital erfasst, in standardisierten Formaten gespeichert und sind jederzeit abrufbar. Manuelle Protokollierungen entfallen und menschliche Fehlerquellen werden reduziert. Zudem erlaubt die digitale Erfassung einen direkten Vergleich von Messreihen über längere Zeiträume hinweg. So können Trends nachvollzogen und fundierte Entscheidungen für vorausschauende Instandhaltung getroffen werden. Für Industrieunternehmen bedeutet dies nicht nur eine höhere Transparenz im Inspektionsbetrieb, sondern auch eine deutliche Effizienzsteigerung: Prozesse werden beschleunigt, Auswertungen sind konsistenter und die gewonnene Datenbasis schafft eine robuste Grundlage für Zertifizierungen, Audits und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

Mehr Transparenz im
Inspektionsbetrieb

NUTZEN- UND EFFIZIENZPOTENZIALE DURCH DEN EINSATZ VON INSPEKTIONSROBOTER

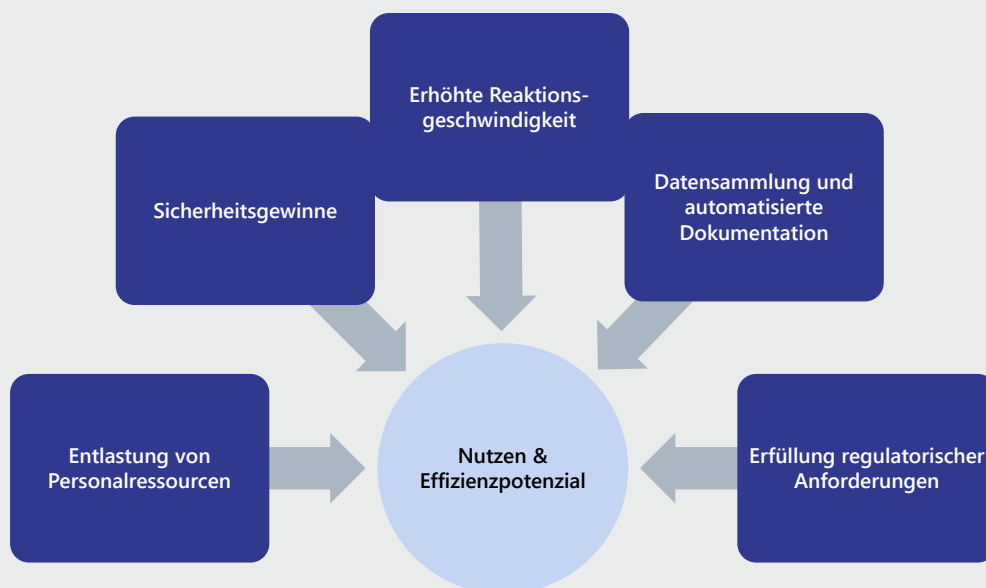


Abb. 7: Effizienzpotenziale durch Robotik in der technischen Anlageninspektion



ERFÜLLUNG REGULATORISCHER UND GESELLSCHAFTLICHER ANFORDERUNGEN

Inspektionsroboter unterstützen Unternehmen dabei, regulatorische Vorgaben zu erfüllen. Ein zentraler Aspekt ist die Nachhaltigkeit, die durch höhere Effizienz und schnelle Reaktionsfähigkeit erreicht wird. Roboter verkürzen Inspektionszyklen, reduzieren Energie- und Materialeinsatz und helfen, Störungen frühzeitig zu erkennen. So sinkt der Verbrauch von Ressourcen und Emissionen und trägt zu den Nachhaltigkeitszielen vieler Unternehmen bei.

Nachhaltigkeit und
Ressourcenschonung
durch erhöhte Effizienz

Ebenso tragen sie zur Erfüllung der Arbeitsschutzrichtlinien bei. Durch den Einsatz von Robotern werden gefährliche Tätigkeiten minimiert, Unfallrisiken gesenkt und Mitarbeitende vor gesundheitlicher Belastung geschützt. Dies entspricht nicht nur gesetzlichen Arbeitsschutzrichtlinien, sondern stärkt auch das Vertrauen von Belegschaft und Öffentlichkeit in die Sicherheitskultur eines Unternehmens.

Darüber hinaus erleichtern Roboter die Einhaltung von Dokumentationspflichten und Transparenzanforderungen. Automatisiert erfasste und digital gespeicherte Inspektionsdaten schaffen Nachvollziehbarkeit.





Rahmenbedingungen für den Einsatz von Inspektionsrobotern

SYSTEMDESIGN UND BEDIENBARKEIT

Damit Inspektionsroboter ihr Potenzial in industriellen Anwendungen voll entfalten können, müssen Systemdesign und Bedienbarkeit auf die Anforderungen der Praxis ausgerichtet sein. Für Unternehmen bedeutet dies vor allem, dass die Technologie robust, flexibel und intuitiv einsetzbar ist.

Ein wichtiger Faktor ist das Systemdesign: Roboter müssen für den Betrieb in den industriellen Umgebungen ausgelegt sein, beispielsweise unter extremen Temperaturen, Staub- und Feuchtigkeitsbelastung oder chemischen Einflüssen. Mittlerweile erfüllen viele Systeme diese Anforderungen: Kletterroboter für Windkraftanlagen arbeiten zuverlässig bei wechselnden Witterungen, Drohnen widerstehen starken Windlasten und Crawler-Systeme sind für explosionsgefährdete Zonen zertifiziert. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Möglichkeit, Sensoren oder Werkzeuge flexibel zu wechseln, bei vielen Herstellern bereits etabliert, jedoch noch nicht in allen Segmenten gleichermassen verfügbar ist.

Auch die Bedienbarkeit verbessert sich. Moderne Inspektionsroboter lassen sich über intuitive Benutzeroberflächen, Tablets oder sogar teilautonome Routinen steuern. Viele Systeme bieten bereits KI-gestützte Assistenzfunktionen, die Inspektionsergebnisse automatisch aufbereiten und Abweichungen hervorheben. Dennoch entfällt der Schulungsaufwand nicht vollständig: Während Drohnen- und Crawler-Systeme vergleichsweise leicht in den Betrieb integriert werden können, erfordern komplexere Multisensorsysteme nach wie vor eine gründliche Einarbeitung des Personals.

Systemdesign muss
Anforderungen an
schwierige Umgebungen
erfüllen

Moderne
Inspektionssysteme
sind einfacher in der
Bedienung



Insgesamt gilt: Die Hersteller haben in den letzten Jahren deutliche Fortschritte erzielt und viele Inspektionsroboter erfüllen die hohen Anforderungen an Robustheit, Flexibilität und Nutzerfreundlichkeit. Dennoch besteht Potenzial, insbesondere bei der nahtlosen Integration in bestehende IT-Systeme und bei der Vereinfachung komplexer Bedienprozesse. Für Unternehmen eröffnet sich dadurch eine klare Perspektive: Die Technologie ist einsatzbereit und marktreif, erfordert aber je nach Anwendungsfall noch gezielte Anpassungen, um das volle Effizienzpotenzial auszuschöpfen.

WARTUNG, LEBENSDAUER UND INSTANDHALTUNG

Damit Inspektionsroboter im industriellen Umfeld zuverlässig und wirtschaftlich eingesetzt werden können, spielen Wartung, Lebensdauer und Instandhaltung eine entscheidende Rolle. Dienstleister müssen deshalb sicherstellen, dass die Systeme über einen längeren Zeitraum stabil arbeiten und ihre Leistungsfähigkeit auch bei hoher Belastung erhalten bleibt.

Ein wesentlicher Aspekt ist die regelmässige Wartung der Systeme. Roboter bestehen aus hochsensiblen Sensoren, elektronischen Komponenten und mechanischen Antrieben, die präzise aufeinander abgestimmt sind. Staub, Feuchtigkeit oder chemische Belastungen können die Funktionalität beeinträchtigen. Daher ist ein klar strukturiertes Wartungskonzept notwendig, das sowohl vorbeugende Massnahmen wie Reinigung, Kalibrierung und Software-Updates umfasst als auch den Austausch von Verschleisstteilen vorsieht.

Regelmässige Wartung
als Grundvoraussetzung
für eine hohe
Lebensdauer

Die Lebensdauer von Inspektionsrobotern hängt stark von der Einsatzumgebung und der Intensität der Nutzung ab. Während robuste Crawler- oder Drohnensysteme in geschützten Industrieanlagen mehrere Jahre zuverlässig arbeiten, ist in extremen Umgebungen wie Offshore-Plattformen oder Kernkraftwerken mit einer höheren Beanspruchung und damit kürzeren Wartungsintervallen zu rechnen. Hersteller bieten zunehmend belastbare Angaben zur erwarteten Einsatzdauer und flankieren dies mit Servicekonzepten, die planbare Kosten und Verfügbarkeiten sicherstellen.

Ein weiterer zentraler Punkt ist die Instandhaltung der Systeme selbst. Unternehmen müssen Ressourcen und Kompetenzen aufbauen, um Inspektionsroboter nicht nur zu bedienen, sondern auch bei Bedarf instand zu setzen. Dies kann durch geschulte Fachkräfte, Servicepersonal oder durch den Dienstleister, der die Systeme zur Verfügung stellt, erfolgen.

Schulungen
unterstützen die richtige
Instandsetzung



Robotik für die technische Anlageninspektion

Wichtig ist, dass Ersatzteile schnell verfügbar sind und Software-Support gewährleistet ist, um Ausfallzeiten so gering wie möglich zu halten. Die wirtschaftliche Nutzung von Inspektionsrobotern hängt massgeblich davon ab, wie konsequent Unternehmen die Wartung und Instandhaltung in ihre Betriebsprozesse integrieren. Systeme, die auf Langlebigkeit ausgelegt sind und durch strukturierte Servicekonzepte unterstützt werden, schaffen hier die besten Voraussetzungen.

IT-SICHERHEIT UND DATENSCHUTZ

Mit der zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung der Inspektionsprozesse wird IT-Sicherheit und Datenschutz wichtiger. Inspektionsroboter erfassen grosse Mengen sensibler Daten, von technischen Zustandsinformationen über Produktionsumgebungen bis hin zu sicherheitsrelevanten Messwerten. Für die Unternehmen ist es daher entscheidend, diese Daten vor unbefugtem Zugriff zu schützen und die Einhaltung regulatorischer Vorgaben sicherzustellen.

IT- Sicherheit und
Datenschutz muss
gewährleistet sein

Ein zentrales Thema ist die Absicherung der Datenübertragung. Roboter kommunizieren oft in Echtzeit mit Leitstellen oder Cloud-Plattformen, um Messergebnisse unmittelbar zur Verfügung zu stellen. Verschlüsselte Datenkanäle, sichere Authentifizierungsverfahren und Firewalls sind dabei unerlässlich, um Manipulationen und Sicherheitslücken zu verhindern. Ebenso wichtig ist der Schutz der gespeicherten Daten. Inspektionssysteme müssen gewährleisten, dass Aufzeichnungen und Dokumentationen manipulationssicher archiviert werden. Durch spezifische Zugriffskonzepte lässt sich klar regeln, wer Zugang zu welchen Informationen hat.

Auch der Datenschutz darf nicht vernachlässigt werden. In einigen Fällen können bei Inspektionen personenbezogene Daten erfasst werden, etwa durch Videobilder oder Standortinformationen. Hier gilt es, die Vorgaben der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) zu berücksichtigen und durch technische wie organisatorische Massnahmen zu gewährleisten, dass Daten ausschliesslich zweckgebunden genutzt und sicher gelöscht werden. IT-Sicherheit und Datenschutz müssen integrale Bestandteile der Systemarchitektur und der organisatorischen Abläufe sein und stellen eine Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Einsatz dar. Robuste Sicherheitskonzepte, kontinuierliche Updates und klare Verantwortlichkeiten bilden dafür die Grundlage.

UMSETZUNG IN DER PRAXIS: CHECKLISTE FÜR UNTERNEHMEN

Damit Inspektionsroboter ihr Potenzial voll entfalten können, sollten Industrieunternehmen systematisch vorgehen. Die folgende Checkliste bietet eine Orientierung für den erfolgreichen Einsatz und einen sicheren Betrieb:



 Checkliste für Unternehmen	
☐	Bedarfsanalyse und Zieldefinition
• Welche Anlagenteile oder Prozesse sollen überwacht werden? • Geht es primär um Sicherheit, Effizienz oder Dokumentation? • Welche regulatorischen Vorgaben sind einzuhalten?	
☐	Technische Auswahl
• Passt das Systemdesign (Robustheit, Sensorik, Modularität) zur Einsatzumgebung? • Sind Bedienbarkeit und Integration in bestehende IT-Systeme gewährleistet? • Gibt es Nachweise zur Lebensdauer und Wartungsfreundlichkeit?	
☐	Sicherheits- und Datenschutzkonzept
• Werden Daten verschlüsselt übertragen und gespeichert? • Existieren klare Rollen- und Rechtekonzepte für den Datenzugriff? • Werden Vorgaben wie ISO 27001 oder DSGVO eingehalten?	
☐	Organisatorische Integration
• Ist die Einbindung in bestehende Wartungs- und Instandhaltungsprozesse gesichert? • Gibt es definierte Verantwortlichkeiten für Betrieb und Pflege der Systeme? • Sind Prozesse zur automatisierten Dokumentation und Auswertung etabliert?	
☐	Personal und Schulung
• Sind Mitarbeitende im Umgang mit den Systemen geschult? • Gibt es Weiterbildungsangebote zu Robotik, IT-Sicherheit und Datenanalyse? • Können interne Teams einfache Wartungs- und Kalibrieraufgaben selbst übernehmen?	
☐	Service und Instandhaltung
• Bestehen Serviceverträge mit Herstellern oder Dienstleistern? • Sind Ersatzteile und Software-Updates planbar verfügbar? • Gibt es vordefinierte Wartungszyklen und -pläne?	
☐	Pilotprojekte und Skalierung
• Wurde die Technologie in einem Pilotprojekt getestet? • Liegen belastbare Kennzahlen zu Effizienz, Sicherheit und Kostenersparnis vor? • Ist ein Plan für den schrittweisen Rollout auf weitere Anlagenteile vorhanden?	

Abb. 8: Checkliste für Unternehmen





Ausblick und Fazit

Im vorliegenden Whitepaper wurde dargestellt, dass Inspektionsrobotik ein zentrales Instrument zur Bewältigung aktueller und zukünftiger Herausforderungen im Facility Management und der Inspektion von technischen Anlagen darstellt. Von der sensorischen Zustandsüberwachung über physische Prüfaufgaben bis hin zur intelligenten Datenerfassung eröffnen Roboter neue Möglichkeiten, Prozesse effizienter, sicherer und nachhaltiger zu gestalten. Unternehmen profitieren von kürzeren Inspektionszyklen, einer höheren Datenqualität und einer Entlastung der Mitarbeitenden. Gleichzeitig leisten Inspektionsroboter einen Beitrag zur Einhaltung regulatorischer Vorgaben und zur Steigerung der Betriebssicherheit.

Der Markt entwickelt sich dynamisch und wird sowohl durch technologische Innovationen als auch durch wirtschaftliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen getrieben. Besonders der Fachkräftemangel und steigende Sicherheitsanforderungen verstärken den Bedarf nach automatisierten Lösungen. Mit der zunehmenden Reife der Technologien kann Inspektionsrobotik in immer mehr Anwendungsfeldern eingesetzt werden und sich zu einem festen Bestandteil der betrieblichen Infrastruktur entwickeln. Für Unternehmen bedeutet dies, heute die Weichen für morgen zu stellen. Entscheidend ist, die Rahmenbedingungen für den erfolgreichen Einsatz zu schaffen. Von der technischen Integration über die Qualifizierung des Personals bis hin zur Sicherstellung von IT-Sicherheit und Datenschutz. Gleichzeitig erfordert der Wandel ein Umdenken: Robotik ergänzt nicht mehr nur menschliche Leistungen, sondern verändert die Prozesse und Rollenverteilung in der technischen Anlageninspektion.



RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN EINSATZ VON INSPEKTIONSROBOTIK

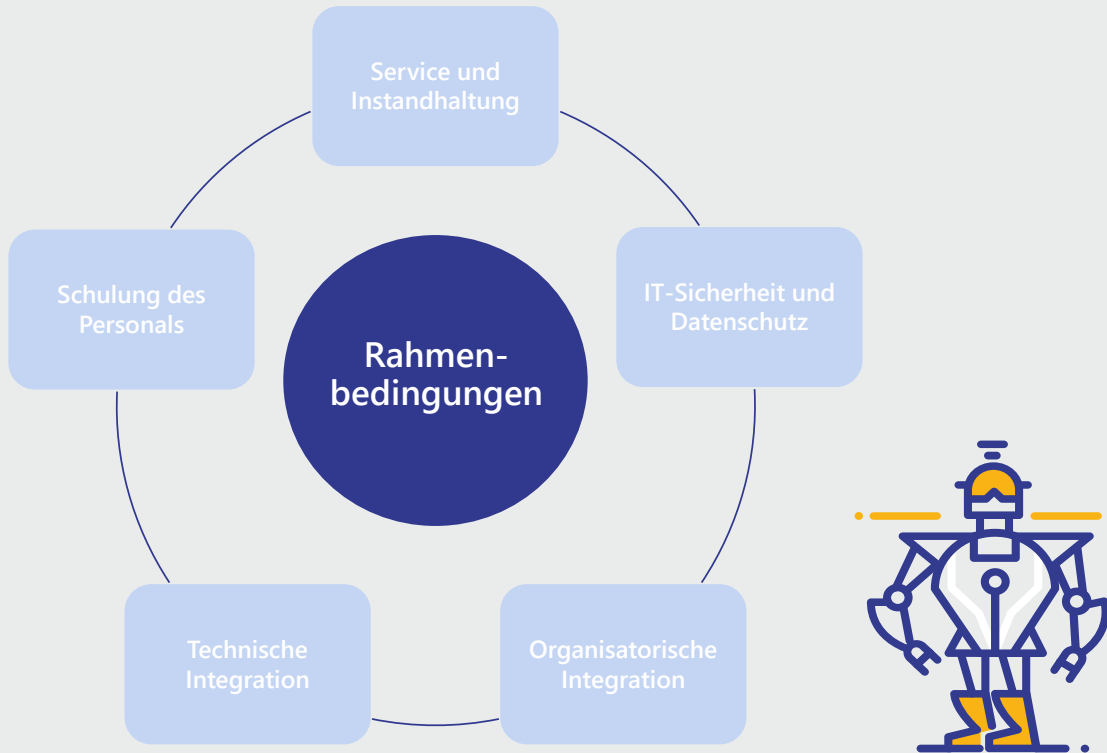


Abb. 9: Rahmenbedingungen für den Einsatz von Robotern in der technischen Anlageninspektion

Die Inspektionsrobotik etabliert sich in der technischen Inspektion immer weiter als zentraler Innovationstreiber. Fortschritte wie Künstliche Intelligenz, Sensorik und Vernetzung erhöhen die Leistungsfähigkeit der Systeme und eröffnen zusätzliche Anwendungsfelder. Dadurch steigt das Potenzial, den Betrieb von Gebäuden und Anlagen nachhaltiger, effizienter und sicherer zu gestalten.

Inspektionsrobotik hat sich von einer Zukunftsvision zu einer Technologie mit hohem praktischem Nutzen entwickelt. Unternehmen, die frühzeitig in entsprechende Systeme investieren und ihre Prozesse darauf ausrichten, schaffen die Grundlage für nachhaltige Effizienzsteigerungen und können sich langfristige Wettbewerbsvorteile sichern.



Case Study: Einsatz von Robotik für technische Inspektionen

Robotik und Künstliche Intelligenz bieten weit mehr als nur Effizienzsteigerung: Sie ermöglichen eine vorausschauende Instandhaltung durch intelligente Datenanalyse, verbessern die Qualität technischer Inspektionen durch automatisierte Mustererkennung und unterstützen fundierte Entscheidungen durch lernende Systeme.



Jochen Scraback
Managing Director
CBRE GWS Schweiz

CBRE GWS Schweiz ist in mehreren Industrieparks in der Schweiz als technischer Dienstleister für die Infrastrukturanlagen tätig. Neben den geplanten Wartungsarbeiten gehören auch technische Inspektionen zum festen Bestandteil unseres Leistungsportfolios. Ein besonders herausfordernder Bereich sind die kilometerlangen unterirdischen Energieversorgungstunnel (ELT), wie sie beispielsweise in einem Chemie- und Industriepark in der Region Basel vorhanden sind. Diese Tunnel dienen der Versorgung mit Strom, Wasser, Gas und weiteren Medien und müssen regelmässig auf Leckagen, Grenzwertabweichungen sowie korrekte Zählerstände überprüft werden. Die Inspektionen sind zeit- und personalintensiv und stellen hohe Anforderungen an Sicherheit und Dokumentation.

Der Robodog, ein vierbeiniger Roboter, ist ein autonomes oder teilautonomes System. Diese Roboter nutzen eine Kombination aus fortschrittlichen Sensoren, Aktoren und Steuerungsalgorithmen, um sich agil und stabil in verschiedenen Umgebungen zu bewegen. Roboter erledigen grundlegende und sich wiederholende Aufgaben effizienter und genauer als Menschen und sind daher ideal für diese Branchen. Dies ist ein gutes Beispiel dafür, wie Robotik hier zum Einsatz kommen kann, um den hohen Aufwand und die Risiken bei manuellen Inspektionen zu reduzieren.



Robotik für die technische Anlageninspektion

TECHNISCHE DETAILS DES ROBO DOGS

Der eingesetzte Roboter basiert auf einer quadropeden Plattform, wie sie von führenden Herstellern wie Boston Dynamics („Spot“) oder Unitree Robotics angeboten wird. Für die autonome Navigation in komplexen Umgebungen nutzt er eine Kombination aus LiDAR, SLAM-Algorithmen und Tiefenkameras, die eine präzise Kartierung und sichere Bewegung ermöglichen.

Die Sensorik umfasst eine 360°-Kamera sowie Wärmebildsensoren zur visuellen und thermischen Erfassung von Leckagen oder Hotspots. Ergänzend sind IoT-Sensoren integriert, die kontinuierlich Temperatur, Druck, Feuchtigkeit und Durchfluss messen. Alle erfassten Daten werden KI-gestützt analysiert, wodurch eine automatisierte Protokollierung und Anomalieerkennung in Echtzeit erfolgt.

Die Plattform ist modular erweiterbar, beispielsweise für den Einsatz von RFID-Scannern, Gasdetektoren oder Manipulatorarmen, und erfüllt die Anforderungen industrieller Umgebungen durch eine robuste Bauweise mit Schutzklasse IP54 oder höher. Die Kommunikation erfolgt über 5G oder Wi-Fi Mesh, was eine stabile und schnelle Datenübertragung an zentrale Systeme sicherstellt. Mit einer Akkulaufzeit von 90 bis 120 Minuten und der Fähigkeit zur automatisierten Rückkehr zur Ladestation oder zum Batteriewechsel übernimmt der Roboter wiederkehrende Inspektionsaufgaben effizienter und sicherer als manuelle Kontrollen. Dies reduziert nicht nur den Personalaufwand, sondern minimiert auch Risiken in sicherheitskritischen Bereichen.



Robotik für die technische Anlageninspektion

STRATEGISCHE VORTEILE

Durch den Einsatz moderner Technologien ergeben sich erhebliche strategische Vorteile. Unternehmen können Kosteneinsparungen von bis zu 100.000 Schweizer Franken jährlich erzielen, indem Personaleinsätze reduziert und Inspektionszyklen optimiert werden. Gleichzeitig lässt sich die Inspektionshäufigkeit erhöhen, ohne zusätzliche Kosten zu verursachen. Die digitale Protokollierung sorgt für eine verbesserte Dokumentation und Nachvollziehbarkeit aller Prozesse. Mithilfe KI-gestützter Datenanalysen können Risiken frühzeitig erkannt und präventive Massnahmen eingeleitet werden. Darüber hinaus steigt die Arbeitssicherheit deutlich, da gefährliche Bereiche nicht mehr manuell betreten werden müssen.

Durch den Einsatz moderner Technologien lassen sich Kosten senken, Risiken frühzeitig erkennen und die Arbeitssicherheit deutlich erhöhen

HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Aktuelle Herausforderungen bestehen bei der Akkulaufzeit sowie der automatisierten Durchquerung von Türen und anderen physischen Barrieren. Hier arbeiten wir an technischen und organisatorischen Lösungen, etwa durch:

- Integration automatischer Türöffner oder RFID-gesteuerter Zugangssysteme
- Einsatz von Zwischenstationen zur Zwischenladung oder dem Batterietausch
- Optimierung der Inspektionsrouten durch KI-basierte Pfadplanung.

Ein führender Chemie- und Industriepark in der Region Basel bietet ideale Voraussetzungen für ein Pilotprojekt, das den Weg für den breiteren Einsatz von Robotik und Künstlicher Intelligenz im Facility Management ebnen kann



UNTERNEHMENSPROFIL

CBRE Global Workplace Solutions Schweiz



KONTAKT

CBRE GWS Schweiz

Jochen Scraback

Managing Director

Hohenrainstrasse 24, 4133 Pratteln
Switzerland

Mobil: +41 7957 030 12

E-Mail: jochen.scraback@cbre.com

Website: www.cbre.ch

Die CBRE Group, Inc. (NYSE:CBRE), ist ein Fortune 500- und S&P 500-Unternehmen mit Hauptsitz in Dallas, Texas und ist in Bezug auf den Umsatz im Geschäftsjahr 2024 der größte globale Immobiliendienstleister. Mit mehr als 100.000 Mitarbeitern in über 530 Büros, steht CBRE den Investoren und Immobiliennutzern als Partner für alle Immobilienbelange weltweit zur Seite.

Unsere Business Line CBRE Global Workplace Solutions (GWS) ist der weltweit grösste Anbieter von integriertem Facility Management und Industrie Services, Projektmanagement sowie weiteren Immobiliendienstleistungen. Wir sind der einzige Outsourcing-Partner, der sämtliche Services für Gewerbeimmobilien inklusive Produktionsstandorte und deren technischen Anlagen in über 100 Ländern aus einer Hand erbringen kann. Unser Know-how reicht von der Beratung und Vermittlung der optimalen Immobilie, über den Betrieb und die Instandhaltung von Liegenschaften und technischen Anlagen, bis hin zum Projektmanagement für Neu- und Umbauten, Umwidmungen oder Umzüge. Mit diesem breiten Fundament an Kompetenzen optimieren wir Immobilien und technische Anlagen in allen Phasen des Lebenszyklusses. Wir entwickeln ganzheitliche Lösungen, damit unsere Kunden Betriebskosten senken, Risiken minimieren, Flächen effizienter nutzen und Arbeitsumgebungen innovativer gestalten können.

In der Schweiz sind wir mit über 1.000 Mitarbeitern vertreten, mit welchen wir integrale FM Mandate und komplexe Instandhaltungen steuern. CBRE fokussiert sich auf einen hohen Eigenfertigungsgrad im Bereich der technischen Dienstleistungen. Dabei können wir auf Inhouse-Ressourcen im Bereich der HLKS-Technik, Kälte- und Brandschutztechnik, aber auch sehr spezialisierte Industrieservices wie Rohrbau, mechanische Instandhaltung, Kalibrierungen, Equipment-Prüfung etc. zurückgreifen.

Ob ganzheitliche integrale Management-Dienstleistungen, Bündelung von Gewerken oder einzelne technische Services, wir bieten individuell das massgeschneiderte Modell für unsere Kunden an. Wir freuen uns auf eine Kontaktaufnahme.



UNTERNEHMENSPROFIL

Lünendonk & Hossenfelder GmbH

L Ü N E N D O N K „



KONTAKT

Lünendonk & Hossenfelder GmbH

Jörg Hossenfelder

Geschäftsführender Gesellschafter

Maximilianstraße 40, 87719 Mindelheim

Telefon: +49 8261 73140-0

E-Mail: hossenfelder@lunendonk.de

Website: www.lunendonk.de

Lünendonk & Hossenfelder mit Sitz in Mindelheim (Bayern) analysiert seit dem Jahr 1983 die europäischen Business-to-Business-Dienstleistungsmärkte (B2B). Im Fokus der Marktforscher stehen die Branchen Digital & IT, Business Consulting, Audit & Tax, Real Estate Services, Personaldienstleistung (Zeitarbeit, IT-Workforce) und Weiterbildung.

Zum Portfolio zählen Studien, Publikationen, Benchmarks und Beratung über Trends, Pricing, Positionierung oder Vergabeverfahren. Der grosse Datenbestand ermöglicht es Lünendonk, Erkenntnisse für Handlungsempfehlungen abzuleiten. Seit Jahrzehnten gibt das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen die als Marktbarometer geltenden „Lünendonk®-Listen und -Studien“ heraus.

Langjährige Erfahrung, fundiertes Know-how, ein exzellentes Netzwerk und nicht zuletzt Leidenschaft für Marktforschung und Menschen machen das Unternehmen und seine Consultants zu gefragten Experten für Dienstleister, deren Kunden sowie Journalistinnen und Journalisten. Jährlich zeichnet Lünendonk zusammen mit einer Medienjury verdiente Unternehmen und Persönlichkeiten mit den Lünendonk B2B Service-Awards aus.



Informationen zum Whitepaper

Durch den Kauf oder das Herunterladen des elektronischen Whitepapers hat der Käufer in die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Lünendonk & Hossenfelder GmbH eingewilligt. Diese sind hier in der aktuellen Version abrufbar:

www.luenendonk.de/agbs



www.luenendonk.de/agbs

Dieses Whitepaper ist nach deutschem und internationalem Veröffentlichungsrecht und entsprechenden Abkommen geschützt. Wenn im Verkaufsvertrag nicht anders geregelt, ist das Produkt urheberrechtlich durch die Lünendonk & Hossenfelder GmbH geschützt. Dieses Dokument darf ohne Einwilligung des Autors und Herausgebers ausserhalb des Kundenunternehmens weder dupliziert, in anderen Datenbanksystemen oder privaten Rechnersystemen gespeichert noch an weitere Personen weitergeleitet werden.

Die folgenden Handlungen sind nicht erlaubt:

- Vervielfältigung zum weiteren Verkauf
- Weiterversenden und Verbreiten ausserhalb des Kundenunternehmens, das die Lizenz erworben hat
- Verwendung in Beratungsprojekten für dritte Unternehmen
- Die Nutzung dieses Whitepapers durch KI-Systeme gemäss Art. 3 Nr. 1 Verordnung (EU) 2024/1689 erfordert die ausdrückliche Zustimmung der Lünendonk & Hossenfelder GmbH. Das Eingeben, Hochladen oder Verwenden der Inhalte für KI-Training oder automatisierte IT-Anwendungen ist strikt untersagt.

Die Marke Lünendonk® ist geschützt und ist Eigentum des Unternehmens Lünendonk & Hossenfelder GmbH. Bei Fragen zur Lizenz steht Ihnen das Team von Lünendonk & Hossenfelder gerne zur Verfügung (info@luendonk.de).

Alle Informationen dieses Dokuments entsprechen dem Stand zum Veröffentlichungsdatum. Alle Berichte, Auskünfte und Informationen dieses Dokuments entstammen aus Quellen, die aus Sicht der Lünendonk & Hossenfelder GmbH verlässlich erscheinen. Die Richtigkeit dieser Quellen wird vom Herausgeber jedoch nicht garantiert. Enthaltene Meinungen reflektieren eine angemessene Beurteilung zum Zeitpunkt der Veröffentlichung, die ohne Vermerk verändert werden können.



ÜBER LÜNENDONK & HOSSENFELDER

Lünendonk & Hossenfelder mit Sitz in Mindelheim (Bayern) analysiert seit dem Jahr 1983 die europäischen Business-to-Business-Dienstleistungsmärkte (B2B). Im Fokus der Marktforscher stehen die Branchen Digital & IT, Business Consulting, Audit & Tax, Real Estate Services, Personaldienstleistung (Zeitarbeit, IT-Workforce) und Weiterbildung.

Zum Portfolio zählen Studien, Publikationen, Benchmarks und Beratung über Trends, Pricing, Positionierung oder Vergabeverfahren. Der grosse Datenbestand ermöglicht es Lünendonk, Erkenntnisse für Handlungsempfehlungen abzuleiten. Seit Jahrzehnten gibt das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen die als Marktbarometer geltenden „Lünendonk“-Listen und -Studien“ heraus.

Langjährige Erfahrung, fundiertes Know-how, ein exzellentes Netzwerk und nicht zuletzt Leidenschaft für Marktforschung und Menschen machen das Unternehmen und seine Consultants zu gefragten Experten für Dienstleister, deren Kunden sowie Journalistinnen und Journalisten. Jährlich zeichnet Lünendonk zusammen mit einer Medienjury verdiente Unternehmen und Persönlichkeiten mit den Lünendonk B2B Service-Awards aus.



Digital & IT



Business Consulting



Audit & Tax



Real Estate Services



Personaldienstleistung



Weiterbildung

IMPRESSUM

Herausgeber:
Lünendonk & Hossenfelder GmbH
Maximilianstraße 40
87719 Mindelheim

Telefon: +49 8261 73140-0
E-Mail: info@lunenendok.de

Erfahren Sie mehr unter www.lunenendok.de

Autoren:

Jörg Hossenfelder, Geschäftsführender Gesellschafter
Stefan Schubert, Consultant
Miriam Wienerl, Trainee Research & Consulting

Bilderquellen:

Titel © Adobe Stock / ImageFlow
S. 2 © Adobe Stock / ImageFlow
S. 5 © Adobe Stock / Nailia Schwarz
S. 7 © Adobe Stock / ipopba
S. 13 © Adobe Stock / InfiniteFlow

S. 15 © Adobe Stock / Grispb
S. 15 © Adobe Stock / christian.bitzas
S. 18 © Adobe Stock / Inna
S. 22 © Adobe Stock / phonlamaipphoto
S. 26 © Adobe Stock / AD
S. 29 © Adobe Stock / Just Jus