

Intelligente Fertigung 4.0: Digitale Zwillinge, Autonome Roboter und Anomalieerkennung im Fokus der Zukunftstechnologien

Intelligent manufacturing 4.0: Digital twins, autonomous robots and anomaly detection at the center of future technologies

Sophie Charlotte Keunecke* M.Sc., keunecke@igmr.rwth-aachen.de

Shuai Qiao* B.Sc., qiao@igmr.rwth-aachen.de

Mathias Hüsing* Prof. Dr.-Ing., huesing@igmr.rwth-aachen.de

Burkhard Corves* Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c., corves@igmr.rwth-aachen.de

*RWTH Aachen University, Institut für Getriebetechnik, Maschinendynamik und Robotik, 52062 Aachen, Deutschland

Kurzfassung

Im Zuge der stetig steigender Rechenleistung sowie der Triebkraft der Digitalisierung und Vernetzung entfaltet sich die vierte industrielle Revolution Industrie 4.0 (I4.0) und bringt eine Vielzahl neuer Konzepte und Technologien hervor, wie etwa dem Digitalen Zwilling (engl. 'digital twin') (DT), Cyber-physische Systeme (CPS), Autonome mobile Roboter (AMR) und intelligente Fabriken [Gil16] [WWZ16]. Vor diesem Hintergrund hat die Fusion von DT-Technologien und Multisensordaten im Bereich der autonomen mobilen Roboter in den letzten Jahren große Aufmerksamkeit erregt. Diese Entwicklung spiegelt nicht nur den technologischen Fortschritt wider, sondern illustriert auch tiefgehend die Vorreiterstellung moderner Intelligenzkonzepte wie I4.0. Das Kernkonzept von I4.0 besteht darin, das Internet der Dinge, Big-Data-Analysen sowie künstliche Intelligenz und andere fortschrittliche Technologien nahtlos in die Fertigungsindustrie zu integrieren, um einen intelligenten und digitalen Aufstieg der Industrie zu realisieren.

Inmitten dieses beispiellosen technologischen und konzeptuellen Wandels kommt den autonomen mobilen Robotern als unverzichtbarer Bestandteil von I4.0 eine weitreichende Bedeutung zu. Seine Wirkung erstreckt sich nicht nur auf die Effizienzsteigerung von Fertigungsprozessen, sondern deckt auch eine Reihe von bedeutenden Herausforderungen ab, darunter die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Fertigung [GAV17].

Heute sind diese Roboter in Unternehmen, Industrie, medizinischen Einrichtungen, Forschungsinstituten, in der Landwirtschaft sowie in privaten Haushalten bereits weit verbreitet und eröffnen faszinierende Entwicklungsperspektiven [AH20]. Mit zunehmendem technologischem Fortschritt übernehmen mobile Roboter Aufgaben wie Transport, Überwachung, Exploration und sogar Rettungseinsätze. Dieser Fortschritt führt zu einem erhöhten und dringlicheren Bedarf an intelligenten Fähigkeiten und Funktionalitäten. Diese vielfältigen Anwendungsfelder bieten eine Fülle von Möglichkeiten für die Entwicklung von Robotertechnologien und erhöhen gleichzeitig die Anforderungen an Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit. Ob in der Industrie oder in anderen Bereichen, autonome mobile Roboter zeigen ein erhebliches Potenzial und leisten bedeutende Beiträge zur Förderung des technologischen Fortschritts und zur Verbesserung des menschlichen Lebens.

Am Institut für Getriebetechnik, Maschinendynamik und Robotik wird an der Anwendung von DT und der Erkennung von Anomalien geforscht. Mit Hilfe von DT können Effizienzlücken identifiziert und geschlossen werden, was zu einer Optimierung der Ressourcennutzung führt. Im Zuge des durch das Horizon Europe Programm der Europäischen Union geförderten Projects „Masterly“ [MAS23] entwickelt das IGMR digitale Zwillinge mobiler Roboter in verschiedenen Produktionsschritten. Der Fokus liegt hierbei auf der Erkennung von Anomalien während der Durchführung von geplanten Transport- und Bewegungsprozessen.

Die Anomalieerkennung bezieht sich auf den Prozess des Identifizierens von Mustern in Datenbanken, die nicht mit dem erwarteten Verhalten korrelieren (vgl. [CBK09]). Im Rahmen von Industrie 4.0, wo digitale Technologien und Automatisierung die Fertigungsprozesse umgestalten, gewinnt die Gewährleistung der Abwesenheit von undefinierten oder unerwarteten Ausreißern in Prozessmetadaten an besonderer Bedeutung. Anomalien können in verschiedenen Bereichen erhebliche Auswirkungen haben und dienen als Indikatoren für kritische Ereignisse oder Probleme. Im Bereich der Cybersicherheit können anomale Muster auf potenzielle Sicherheitsverletzungen hinweisen, im Gesundheitswesen können abweichende MRT-Bilder auf Tumore hinweisen, und Anomalien in Kreditkartentransaktionsdaten können entscheidend sein, um Diebstahl zu erkennen [CBK09]. In den letzten Jahren gibt es einen starken Trend technische Maschinen, von einzelnen Maschinen bis hin zu kompletten Gebäuden und Fertigungsanlagen, mit Sensoren auszustatten, um deren Betrieb ständig zu überwachen, insbesondere im Kontext der Industrie-4.0-Strategien [PI17]. Generell sollten Komponentenausfälle oder vollständige Systemausfälle vermieden werden, da dies die Funktionsweise der Maschinen erheblich beeinträchtigt



und zu erheblichen Kostensteigerungen bei Wartung, Überholung und Reparatur (MRO) führt. In vielen Situationen können Vorläufer von Komponentenausfällen in den Zeitreihen der gemessenen Sensordaten beobachtet werden, und präventive Instandhaltungsansätze versuchen, dies zu nutzen, um die Ausfallzeiten und Kosten für die MRO zu reduzieren [CVF19]. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Ansätze sind robuste und zuverlässige Methoden zur Anomalieerkennung, die in realen Umgebungen funktionieren. [CSS21].

Insgesamt bietet die Forschung zu digitalen Zwillingen die Chance, wegweisende Technologien und Methoden zu entwickeln, die die Art und Weise, wie Produkte hergestellt, betrieben und gewartet werden, grundlegend verändern können. Es geht darum, die Potenziale dieser Technologie vollständig zu verstehen und ihre praktischen Anwendungen zu optimieren.

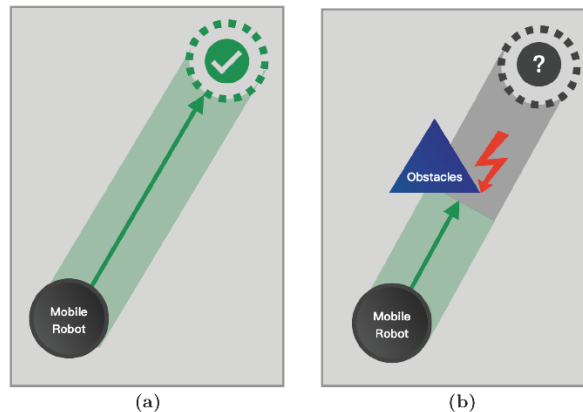


Bild 1 Zwei mögliche Bedingungen bei der Anomalieerkennung: (a) kein Hindernis und (b) mit Hindernis

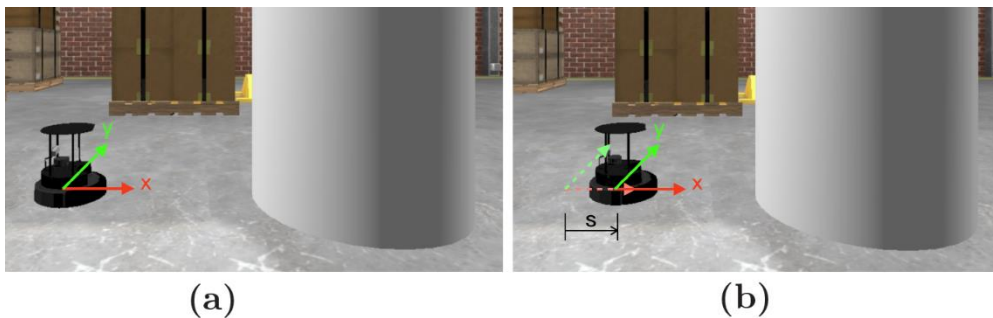


Bild 2 Anomalie Erkennungen der Bewegungsplanung und Durchführung: (a) Startposition und (b) Erkennung des Hindernisses.

Literatur

- [AH20] Alatise, M. B.; Hancke, G. P.
A review on challenges of autonomous mobile robot and sensor fusion methods
In: IEEE Access, 8 (2020), S. 39830–39846.
- [CBK09] Chandola, V.; Banerjee, A.; Kumar, V.
Anomaly detection
In: ACM Computing Surveys, 41 (July 2009) 3, DOI 10.1145/1541880.1541882,
<https://doi.org/10.1145/1541880.1541882>, pp. 1–58.
- [CSS21] Castellani, A.; Schmitt, S.; Squartini, S.
Real-World Anomaly Detection by Using Digital Twin Systems and Weakly Supervised Learning
In: IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 17, no. 7, pp. 4733-4742 (2021)
doi: 10.1109/TII.2020.3019788.
- [CVF19] Carvalho, T. P.; Soares, F. A. A. M. N.; Vita, R.; Francisco, R. d. P.; Basto, J. P.; Alcalá, S. G. S.
A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance
In: Computers & Industrial Engineering, Volume 137, November 2019
- [GAV17] Gonzalez, A. G.; Alves, M. V.; Viana, G. S.; Carvalho, L. K.; Basilio, J. C.
Supervisory control-based navigation architecture: a new framework for autonomous robots in industry 4.0 environments
In: IEEE Transactions on Industrial Informatics, 14 (2017) 4, S. 1732–1743.

- [Gil16] Gilchrist, A.
Industry 4.0: the industrial internet of things
Springer, 2016.
- [MAS23] Masterly Projekt; von der Europäischen Union im Rahmen des Programms "Horizont Europa" unter der Finanzhilfvereinbarung N. 101091800 finanziert
<https://www.masterly-project.eu/partners/>
- [PI17] Preuveneers, D.; Ilie-Zudor, E.
The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0
In: Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, 2017
- [WWZ16] Wang, S.; Wan, J.; Zhang, D.; Li, D.; Zhang, C.
Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination
In: Computer networks, 101 (2016), S. 158–168.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

In: Zehnte IFToMM D-A-CH Konferenz 2024

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/81612

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20240304-114358-2



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz (CC BY-SA
4.0) genutzt werden.