

Kurzfassung

Unternehmen im Kontext der Industrie 4.0 stehen vor der Herausforderung, ihre Produktionssysteme zunehmend zu vernetzen und zu digitalisieren. Insbesondere in der geteilten Produktion, bei der ungenutzte Maschinenressourcen effizient eingesetzt werden können, birgt der Datenaustausch zwischen Stakeholdern großes Potenzial. Gleichzeitig wird die Umsetzung solcher Ansätze durch Informationsasymmetrien, Koordinationsprobleme und fehlende Transparenz erheblich erschwert.

Digitale Zwillinge und Blockchain-Technologie gelten als zentrale Lösungsansätze, insbesondere in Kombination mit Smart Contracts, die automatisierte und transparente Prozesse ermöglichen. Die Integration dieser Technologien in die geteilte Produktion wurde jedoch bisher weder umfassend erforscht noch praktisch umgesetzt. Ziel dieser Arbeit ist daher die Untersuchung der Auswirkungen des Smart Contracting auf den digitalen Zwilling einer geteilten Produktion, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Integration von Smart Contracts zu schaffen.

Aufbauend auf einer Literaturrecherche und der Analyse zentraler Technologien wie Blockchain, Smart Contracts und digitaler Zwillinge werden spezifische Anforderungen identifiziert und in einem Modell integriert, das ein Simulationsmodell, eine physische Entität und Blockchain-basierte Smart Contracts umfasst. Zur Validierung wird das Konzept physisch sowie simulativ implementiert und anhand von Blockchain-Testnetzwerken auf Transaktionskosten, Latenzen und Skalierbarkeit getestet.

Neben der Definition neuer Anforderungen an den digitalen Zwilling einer geteilten Produktion wird auch eine neuartige Methode für vereinfachtes simuliertes Smart Contracting entwickelt. Zudem wird erstmalig ein umfassendes Simulationsmodell zur Bewertung des Einsatzes der Blockchain-Technologie erstellt. Abschließend wird nachgewiesen, dass Smart Contracting je nach Blockchain-Framework signifikante Auswirkungen auf Kosten und Reaktionszeiten einer geteilten Produktion haben kann.

Abstract

In the context of Industry 4.0, companies face the challenge of increasingly networking and digitalizing their production systems. Shared production, which efficiently utilizes unused machine resources, presents a significant opportunity through data exchange among stakeholders. However, information asymmetries, coordination problems, and a lack of transparency often hinder this potential.

Digital twins and blockchain technology are viewed as key solutions, especially when combined with smart contracts that facilitate automated and transparent processes. However, integrating these technologies into shared production has not been extensively researched or practically implemented. Therefore, this work aims to investigate the impact of smart contracting on the digital twin in shared production, providing a solid foundation for incorporating smart contracts into production processes.

Through a literature review and an analysis of key technologies—including blockchain, smart contracts, and digital twins—specific requirements are identified and incorporated into a model that features a simulation model, a physical entity, and blockchain-based smart contracts. To validate this concept, the model is implemented physically and through simulations and tested in blockchain test networks for transaction costs, latency, and scalability.

In addition to establishing new requirements for the digital twin in shared production, this work also develops an innovative method for simplified simulated smart contracting. Furthermore, it introduces a comprehensive simulation model for evaluating the application of blockchain technology within the digital twin of shared production for the first time. Ultimately, the study demonstrates that smart contracting can significantly affect shared production costs and response times, depending on the blockchain framework used.