

1 Einleitung

1.1 Motivation

Wir leben in einem Zeitalter der Digitalisierung, die die Zukunft der Arbeit der Menschen verändert hat und auch zukünftig beeinflussen wird. Heutzutage stehen geeignete Mittel zur Verfügung, um nicht nur einen Großteil der heute manuellen Arbeit zu vereinfachen, sondern diese auch effizienter und wertschöpfender zu gestalten. Laut einer Studie von PricewaterhouseCoopers (PwC) aus dem Jahre 2015 wurden die zwischen 2010 und 2015 erreichten Effizienzsteigerungen sowie Kostenreduktionen durch die Einführung von Digitalisierungslösungen auf ca. 16 % geschätzt.¹ Dieser Trend hat sich in den nachfolgenden Jahren fortgesetzt und wurde vermutlich durch einschneidende Ereignisse, wie z. B. der internationalen Corona-Pandemie ab dem ersten Quartal 2020 mit einschneidenden Lockdowns, sogar noch verstärkt.

Treiber dieser Effizienzsteigerungen sind laut Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) technologische Trends, wie Mensch zu Maschine-Kommunikation und das Internet der Dinge.² Dieser Trend der Digitalisierung ist in der Produktions-technik unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ bekannt. Es umfasst unter anderem die Digitalisierung und Vernetzung von Produkten, Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsketten vom Produktentwurf bis hin zur Produktions- und Fabrikgestaltung. Getrieben wird diese Dynamik durch ein stetig steigendes Spektrum an Datenübertragungs- und Datenauswertungsmöglichkeiten.³ Seit 2019 wird an der RWTH Aachen im Rahmen der DFG Exzellenzinitiative „Internet of Production (IoP)“ an einer verbesserten Nutzung von Daten in der Produktionstechnik durch ein übergreifendes Konsortium aus den Fachbereichen Ingenieurwesen, Mathematik und Informatik geforscht. Die Vision des Internet of Production (IoP) wurde dabei als „Die Ermöglichung einer neuen Ebene der domänenübergreifenden Zusammenarbeit durch die Bereitstellung semantisch adäquater und kontextbezogener Daten aus Produktion,

¹ Vgl. Koch Volkmar et al. (2014), Industrie 4.0, S. 8.

² Vgl. BMWi (2015), Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft, 8ff.

³ Vgl. Bracht et al. (2018), Digitale Fabrik, 14f.

Entwicklung und Nutzung in Echtzeit, auf einer adäquaten Granularitätsebene.⁴ definiert. Dabei wird für das Produktionsmanagement zum einen der Fokus auf die Erhöhung der Entscheidungs- und Umsetzungsgeschwindigkeit für kurzfristige operationale Entscheidungen und zum anderen die Steigerung der Entscheidungsqualität für langfristige strategische Entscheidungen gesetzt.⁵ Mit Blick auf die Fabrikplanung hat sich in den letzten Jahren ein Trend zur verstärkten Digitalisierung und Automatisierung der Planung unter dem Schlagwort Integrated Factory Modelling (IFM) gebildet. Ziel dieses Ansatzes ist neben einer rein wissensbasierten Planung, Kollaboration, Flexibilität und Dynamik innerhalb des Prozesses von Anfang bis Ende zu verbessern. Dies wird durch eine stärkere Digitalisierung sowie der Schaffung einer Single Source of Truth als zentrale Informationsplattform während des gesamten Planungsprozesses erreicht.⁶

Die Standortplanung als erster Schritt im Rahmen der Fabrikplanung ist eine der langfristigsten und wichtigsten Entscheidungen für ein produzierendes Unternehmen.⁷ Die Planung bildet die Voraussetzung für die Auslegung der zukünftigen Produktionsstätte mit einem Zielhorizont von 15 bis 30 Jahren⁸. Eine spezielle Herausforderung ist die hohe Informationsunsicherheit bei gleichzeitig hohem Zeitdruck im Rahmen der Suche⁹. Darüber hinaus bildet der Entscheidungsprozess für einen Standortfaktor aufgrund seiner hohen Komplexität und der Vielzahl der zu verarbeitenden Informationen eine große Herausforderung, welche bereits jahrzehntelang untersucht wird (siehe eine beispielhafte Auflistung bei TEMPELMEIER¹⁰). Um das hohe Maß an Komplexität beherrschen zu können, wurden in der Vergangenheit häufig Heuristiken herangezogen, um die Anzahl der betrachteten Standorte zu reduzieren.¹¹ Die meisten Ansätze basieren dabei auf einem schrittweisen Bewertungsvorgehen von der Makroebene (Kontinente/Länder), über eine Regionsebene zur Mikroebene (Standort). Die zusätzliche Regionsebene bestimmt mithilfe einer geringen Anzahl von Standortfaktoren relevante Regionen in einem Land, für welche individuelle Standorte gesucht und identifiziert werden. Durch dieses Verfahren werden jedoch Standortalternativen, welche z. B. in Randregionen liegen oder aufgrund anderer Standortfaktoren zu bevorzugen sind, frühzeitig ausgeschlossen und gar nicht betrachtet.

⁴ Vgl. Schuh et al. (2019), Internet of Production, S. 534.

⁵ Vgl. Schuh et al. (2019), Internet of Production, S. 538ff.

⁶ Vgl. Burggräf et al. (2021), Burggräf, Dannapfel et al. 2021 – Integrated Factory Modelling, 90, 94, 96.

⁷ Vgl. Grundig (2018), Fabrikplanung, S. 239.

⁸ Vgl. Wiendahl et al. (2010), Handbuch Fabrikplanung, S. 9.

⁹ Vgl. Krunk (2017), Reifegradmanagement in der Fabrikplanung, 24, 132f.

¹⁰ Vgl. Tempelmeier (2018), Planung logistischer Systeme, S. 2ff.

¹¹ Vgl. Ulrich (2014), Heuristiken für kombinierte Standort-und Gebietsplanung, S. 2.

Somit kann immer nur ein lokales Optimum bestimmt werden. Darüber hinaus lässt sich ein psychologisches Phänomen in der Standortplanung wiederfinden, das sogenannte „Selection“-Bias. ZANKER und KINKEL bezeichnen dieses auch als „Following Customer“-Strategie. In diesem Fall wird keine eigenständige Standortauswahl vorgenommen, sondern es wird Kundenunternehmen an bestehende Standorte gefolgt, in der Annahme, dass diese auch ihre Anforderungen erfüllen werden.¹² Dies reduziert den Auswahlprozess auf ein Minimum. Hauptgrund für Vereinfachungen wie der genannten Heuristifizierungen ist der hohe planerische Aufwand, welcher sich aus der Beschaffung aller relevanten Informationen sowie der Verarbeitung dieser zu einer Entscheidungsempfehlung ergibt.

Laut einer Studie von MARCZINSKI aus dem Jahr 2005 verbringt ein Planer durchschnittlich 23 % seiner Arbeitszeit mit der Informationsbeschaffung sowie weitere 27 % mit der Dokumentation von Informationen. Überdies befragte MARCZINSKI Fachplaner zu ihrem Wahrnehmen sowie ihren Wünschen zur zeitlichen Nutzung ihres Arbeitstages (siehe Abbildung 1-1).¹³ Daraus kann abgeleitet werden, dass der Großteil der Arbeit eines Planers heutzutage aus nicht wertschöpfenden Tätigkeiten besteht. Am Beispiel der Automobilproduktion wurde ermittelt, dass ca. 60 % der Arbeitszeit für die Informationsbeschaffung und Abstimmung aufgewendet wird. Jeweils 20 % werden der Planung sowie der Präsentation und Dokumentation gewidmet. Von den Mitarbeitern wird jedoch eine teils massive Reduzierung der Nebentätigkeiten, z. B. der Informationsbeschaffung um 80% gewünscht, welche eine Fokussierung auf die wertschöpfende Tätigkeit des Planens ermöglicht. Diese Zahlen können für eine besonders informationsintensive Tätigkeit wie der Standortplanung wahrscheinlich sogar noch höher ausfallen. BRACHT greift wenige Jahre später die Studie von MARCZINSKI auf und stellt fest, dass moderne Werkzeuge der digitalen Fabrikplanung zur umfassenden Vernetzung von digitalen Planungsmodellen, Werkzeugen und Methoden in der Planung die Arbeitszeiten des Planers signifikant beeinflussen können und somit eine Veränderung der Zeitverteilung eines Planers mit sich bringen.¹⁴ BRACHT geht sogar noch einen Schritt weiter und schlägt eine Teilautomatisierung durch Assistenzsysteme und Workflow-Management-Systeme vor, um Planer weiter zu entlasten und damit den Fokus des Menschen auf Planung und Entscheidung zu legen¹⁵. Als Kernanforderung für solche Teilautomatisierungen sieht BRACHT eine zentrale Datenbasis, von Produktentwicklung über die Fabrikplanung bis

¹² Vgl. Zanker und Kinkel (2007), Internationale Produktionsstrategien bei Automobilzulieferern, S. 13.

¹³ Vgl. Marczinski (2005), Digitale Fabrik.

¹⁴ Vgl. Bracht et al. (2018), Digitale Fabrik, 9, 65–66.

¹⁵ Bracht et al. (2018), Digitale Fabrik, S. 66ff.

zur Produktion.¹⁶ Die Initiierung einer solchen Datenbasis würde aus Fabrikplanungs-sicht aus der Standortplanung erfolgen, da in dieser alle lokalen Standortinformationen gesucht und bewertet werden. Daher sollte in diesem Planungsschritt mit der Schaffung einer aussagefähigen Datenbasis begonnen werden, auf die weitere Planungsschritte aufbauen.

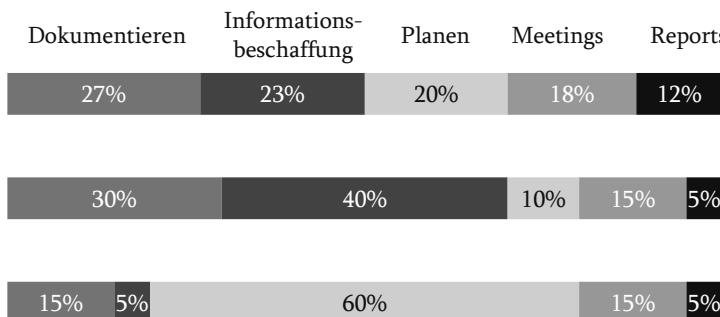


Abbildung 1-1: Arbeitszeitverteilung im Planungsprozess in Anlehnung an MARCZINSKI¹⁷ und BRACHT¹⁸

Informationsbeschaffung ist ein Teilschritt im Rahmen des Informationsmanagements. Informationsmanagement fasst die Tätigkeiten Dokumentation, Bereitstellung und Beschaffung von Informationen und Daten, in diesem Fall für einen Planungsprozess, zusammen. Informationssysteme unterstützen bei der Verarbeitung der Daten und erleichtern die anschließende Entscheidungsfindung. Für die Fabrikplanung ist es relevant, ein konsequentes und durchgehendes Informationsmanagement zu betreiben.¹⁹

Im Vergleich zu einer laufenden Produktion, in der Output bzw. Effizienz ein Maß für Wertschöpfung sind, kann in der Planung und insbesondere in der Fabrikplanung keine einfache Messung der Wertschöpfung vorgenommen werden. BURGGRÄF entwickelte daher speziell für die Fabrikplanung den Return on Planning (ROP) als Analogie zum Return on Investment (ROI). Dieser misst den Planungsmehrwert als Quotient aus Planungseffizienz und Planungseffektivität im Rahmen des Planungskontextes. Die Planungseffizienz kann als Kostenfunktion verstanden werden, welche

¹⁶ Bracht (2002), Ansätze und Methoden der Digitalen, S. 3ff.

¹⁷ Vgl. Marczinski (2005), Digitale Fabrik.

¹⁸ Vgl. Bracht et al. (2018), Digitale Fabrik, S. 65.

¹⁹ Vgl. Krcmar (2015), Informationsmanagement, 34f.

durch den Planungsumfang, den Planungsinhalt sowie die Planungsintensität beschrieben wird. Die Planungseffektivität bildet die Nutzenfunktion ab und wird dabei nach den vier Zieldimensionen Investitionskosten, Planungsdauer, Wandlungsfähigkeit und Anpassungsgeschwindigkeit bemessen.²⁰ Ziel einer automatisierten Informationsbeschaffung ist eine Verkürzung der Planungszeit oder eine Verringerung der Planungskosten durch weniger benötigtes Personal. In beiden Fällen würde im Sinne des ROP die Planungseffizienz erhöht, da die Kosten der Planung reduziert werden. Folglich würde der ROP in Summe steigen.

Die vorliegende Arbeit nimmt sich diesen vorgestellten Problemstellungen an. Unter Berücksichtigung von praktischen und theoretischen Anforderungen wissenschaftlicher Modelle entwirft diese Arbeit ein Lösungsmodell im Sinne einer Systemarchitektur für die automatisierte Beschaffung und eine Bewertung dieser Informationen für die Standortplanung.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Das übergreifende Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines kombinierten Bewertungsmodells aus informations- und entscheidungstechnischen Modellen für die industrielle Standortplanung. Mithilfe dieser Zielsetzung soll die Heuristifizierung des Standortplanungsprozesses sowie der manuelle Aufwand der Planung signifikant reduziert werden. Darüber hinaus soll die Qualität des Standortentscheidungsprozesses signifikant verbessert werden, indem sowohl mehr Objektivität, als auch ein größeres Suchfeld betrachtet werden kann.

In Ausführungen zur Forschungsmethodik von KUBICEK wird empfohlen, Zielsetzungen in dezidierte Forschungsfragen umzuwandeln.²¹ Daher kann die folgende Forschungsfrage sowie deren Unterfragen auf Basis der Problembeschreibung und der Zielsetzung definiert werden:

²⁰ Vgl. Burggräf (2012), Wertorientierte Fabrikplanung, S. 99ff.

²¹ Vgl. Kubicek (1976), Heuristische Bezugsrahmen, S. 14.