

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Corona-Pandemie legt das Verständnis der globalen Welt¹ in den kompletten Stillstand.² Ein festgefahrenes Schiff im Suezkanal blockiert über Wochen den Welthandel.³ Demokratische Staaten vereidigen Regierungschefs mit autokratischem Politikverständnis.⁴ Eine wachsende gesellschaftliche Debatte zwingt Unternehmen zusehends zu Transparenz über die Nachhaltigkeit ihrer Produkte und Lieferketten.⁵ Neue Geschäftsmodelle versprechen selbst im konservativen Maschinen- und Anlagenbau die Disruption der Art und Weise, wie produzierende Unternehmen global Geld verdienen.⁶ Und die Digitalisierung wird Verlierer und Gewinner hervorbringen, denn

¹ Über globale Verflechtung: Friedman, T. (2020) How We Broke The World. In: The New York Times, S. 4

² Rückgang deutscher Exporte im April 2020 um 31,1 Prozent ggü. Vorjahresmonat, vgl. Brandt, M. (2020) Größter Einbruch der Exporte seit 1950; Rückgang des deutschen BIP 2020 um -4,9 Prozent ggü. Vorjahr, vgl. Sachverständigenrat (2021) Konjunkturprognose der Wirtschaftsweisen 2021 und 2022

³ Industrie und Logistikexperten warnen vor einer Störung der Lieferketten, vgl. Sokola, I.; Luther, C. (2021) Mindestens 150 Schiffe durch Frachter blockiert, In: ZEIT online; Experten erwarten Engpässe wegen gestörter Lieferketten, vgl. Frankfurter Rundschau (2021) Sorge um Weihnachtsgeschenke, S. 18

⁴ Dies verunsichert u. a. die Märkte, z. B. in den Fällen USA und Ungarn: vgl. Reuters Staff (2016) Auswärtiges Amt warnt vor Wahl von Trump; vgl. Neshitov, T.; Puhl, J. (2019) Im Labor des Populisten; vgl. Maas, H. (2020) Außenminister über USA: „Wir lassen uns das nicht gefallen“; vgl. Maas, H. (2021) Außenminister über USA: „Das kam nicht aus heiterem Himmel“; vgl. Krauß, I. (2021) Wie ein Autokrat die EU vorführt

⁵ Kunden, Industrie und Gesetzgebung reagieren: vgl. Fasse, M. (2020) BMW-Chef macht Nachhaltigkeit zur Überlegensfrage; vgl. Müller, G. (2021) Bundesentwicklungsminister: Das Lieferkettengesetz ist da

⁶ Ein hervorragendes Beispiel sind Subskriptions-Geschäftsmodelle, vgl. Tzuo, T.; Weisert, G. (2018) Subscribed: Why the subscription model will be your company's future

Industrie 4.0 ist von einer fernen Vision zu einer realen Lösung mit konkreten Anwendungsfällen geworden.⁷

Jede dieser Schlagzeilen hätte auch schon einzeln genommen das Potential gehabt, diese Dissertation zu motivieren – sie stammen aus den letzten vier Jahren, in denen aus einer Idee dieses Buch erwuchs. Und sie zeigen nachdrücklich, mit welcher steigenden Intensität und Frequenz globale Märkte unter Druck⁸ stehen. Die durch die Informationstechnologie noch stärker befeuerte⁹ Globalisierung hat eine solch tief durchdrungene Vernetzung¹⁰ erschaffen, dass Märkte im Wandel zur neuen Konstante wurden – mit aller Unsicherheit und fein verästelten Interdependenzen¹¹. In einem sehr komplexen Lösungsraum¹² müssen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger statt einzelner Standorte ganze Produktionsnetzwerke navigieren.¹³ Das sind Netzwerke, die sie aus der Historie geerbt haben¹⁴, aus einer Zeit als Globalisierung geordneter verlief und vornehmlich der Präsenz in fernen Märkten diente.¹⁵ Über 80 Prozent des weltweiten Handels tritt in globalen Produktionsnetzwerken auf.¹⁶ Inzwischen ist Globalisierung keine freie Entscheidung oder ein „nice to have“ mehr¹⁷, sondern eine Wettbewerbsarena, aus der diejenigen als Gewinner hervorgehen, denen es gelingt, nachgefragte Produkte¹⁸ unter bestmöglicher Erschließung wirtschaftlicher Potentiale¹⁹ in hoher Qualität und schnell²⁰ an ihre Kunden zu bringen.

Wer heute ein Produktionsnetzwerk verantwortet, ist damit betraut, Produktionskapazitäten zu steuern, Lieferketten zu verändern, Technologien zu verlagern, Märkte neu zu erschließen, Zulieferer zu evaluieren.²¹ Lange bestand im Management der

⁷ Die Mitbegründer der Industrie 4.0 resümieren dies in Kagermann, H.; Wahlster, W. (2021) Zehn Jahre Industrie 4.0. In: F.A.Z. S. 18; vgl. ebenfalls den Ausblick in Knitterscheidt, K. (2021) Industrie 4.0 ist eine deutsche Erfolgsgeschichte – nun muss der nächste Schritt folgen

⁸ vgl. Sprich, C. (2020) Globale Wertschöpfungsketten unter Druck

⁹ vgl. World Trade Organization (2018) The future of world trade, S. 24 ff.

¹⁰ vgl. Zukunftsinstitut (2021) Die Potenziale der Globalisierung

¹¹ vgl. Neuner, C. (2009) Konfiguration internationaler Produktionsnetzwerke, S. 2 f.

¹² vgl. Arpe, J. (2012) Die Globalisierung und ihre Komplexität, S. 3

¹³ vgl. Schuh, G.; Prote, J.-P. et al. (2018) Reduction of Decision Complexity, S. 247 f.

¹⁴ vgl. Friedli, T.; Mundt, A. et al. (2014) Strategic Management of Global Manufacturing Networks, S. 7 f.

¹⁵ vgl. Abele, E.; Meyer, T. et al. (2008) Global Production, S. 3 ff.

¹⁶ vgl. Lanza, G.; Ferdows, K. et al. (2019) Global Production Networks, S. 823

¹⁷ Vielmehr wird ein proaktives Einstellen der Agilität im Produktionsnetzwerk erforderlich, vgl. Schuh, G.; Prote, J.-P. et al. (2018) Dedicated Agility, S. 1 ff.

¹⁸ vgl. strategy& (2017) Manufacturing's new world order, S. 7

¹⁹ vgl. Boston Consulting Group (2014) Shifting Economics of Global Manufacturing, S. 20 f.

²⁰ vgl. Srari, J.; Christodoulou, P. (2014) Capturing value from global networks, S. 26

²¹ vgl. Ferdows, K. (2018) Keeping up with growing complexity of managing global operations, S. 400

Glaube, Netzwerkconfiguration könne ein Projekt sein, das „vor zwei Jahren abgeschlossen wurde“²² – inzwischen (und spätestens mit Blick auf obige Schlagzeilen) ist klar: Einen stabilen eingeschwungenen Zustand bietet nicht einmal mehr die Theorie. Vielmehr steigt die Verbreitungsgeschwindigkeit der globalen Vernetzung weiter an.²³ Diverse Managementmodelle und Ansätze zur Strategiebildung und Konfiguration von Produktionsnetzwerken systematisieren den Umgang mit Unsicherheit. So gelingt es inzwischen auf strategischer Ebene, Ziele für die Netzwerke zu formulieren, und auf taktischer Ebene, möglichst gute Netzwerkconfigurationen zu entwickeln.²⁴ Die darauffolgende operative Überführung von Produktionsnetzwerken aus bestehenden in zukünftige Konfigurationen nennt sich Migration. Sie muss das Produktionsnetzwerk so transformieren, dass es stets an die Rahmenbedingungen angepasst ist oder sogar deren Veränderungen antizipiert.²⁵ Es ist umso erstaunlicher, wie – nach oftmals sehr sorgfältiger Ausplanung zukünftiger Netzwerkconfigurationen²⁶ – spätestens mit Beginn der Migrationsvorhaben ein Zustand der Überforderung und Unkenntnis entsteht: Durch die komplexe Aufgabe mit ihren dynamischen Wechselwirkungen fällt das Strukturieren der Migrationsvorhaben schwer²⁷ und die darin versteckten Kostenpotentiale sind kleinteiliger und werden schnell unterschätzt²⁸ – das Ergebnis ist: Die Planung bleibt der Intuition überlassen²⁹. Darüber hinaus ist spätestens in der Umsetzung von strategischen Führungskräften bis zur Fachplanung einer Verlagerung eine viel zu große Spanne von Anspruchsgruppen involviert.³⁰ Nicht nur die Praxis kommt mit der systematischen Migration von Produktionsnetzwerken an ihre Grenzen, auch die Forschung bietet kaum probate Ansätze dafür an.³¹ Dabei sind die Potentiale nicht nur wirtschaftlich, sondern auch organisatorisch. Die Digitalisierung und Vernetzung machen sie inzwischen immer besser beherrschbar.³²

²² vgl. Srai, J.; Christodoulou, P. (2014) Capturing value from global networks, S. 15

²³ vgl. Manyika, J.; Bughin, J. et al. (2014) Global flows in a Digital Age, S. 17

²⁴ vgl. Friedli, T.; Mundt, A. et al. (2014) Strategic Management of Global Manufacturing Networks

²⁵ Siehe Teilkapitel 2.1.3.2

²⁶ Für eine aktuelle Übersicht relevanter Ansätze zur Konfiguration von Produktionsnetzwerken vgl. zum Beispiel Witthohn, C. (2019) Konfiguration globaler Produktionsnetzwerke, S. 47 ff.

²⁷ vgl. Schuh, G.; Gützlaff, A. et al. (2020) Controlling of Migration in Production Networks, S. 863

²⁸ vgl. Schuh, G.; Potente, T. et al. (2014) Global Footprint Design based on Genetic Algorithms, S. 436

²⁹ vgl. Justus, A. (2009) Management globaler Produktionsnetzwerke, S. 5; vgl. Reuter, C.; Prote, J.-P. et al. (2015) Ermittlung eines strategischen Migrationsplans, S. 425 ff.

³⁰ Siehe Unterkapitel 3.3

³¹ Für eine Übersicht bestehender und tangierender Ansätze siehe Kapitel 3

³² vgl. Friedli, T.; Schuh, G. et al. (2019) Next Level Production Networks

Darüber hinaus bestehen in den angrenzenden Disziplinen des Controllings und der datenbasierten Entscheidungsunterstützung ungenutzte Potentiale zur Anknüpfung. Unter wachsendem Druck globaler Einflüsse mit Produktionsnetzwerken am optimalen Betriebspunkt zu operieren, erfordert auch kontinuierliches Migrieren.³³ Es ist die Motivation dieser Dissertation, hier anzusetzen und Praxis und Wissenschaft ein Angebot zu unterbreiten: Die kontinuierliche Migration soll für die beteiligten Anspruchsgruppen in Planung und Umsetzung systematisch unterstützt werden, komplexe Wirkzusammenhänge erfassen, informationstechnologische Potentiale einschließen sowie prozessuale und methodische Unterstützung in der Aufgabe anbieten.

1.2 Zielsetzung

Das zuvor motivierte Angebot an Praxis und Wissenschaft ist zugleich das übergeordnete Ziel dieser Dissertation. Sie soll einen Beitrag zur Migration in globalen Produktionsnetzwerken leisten. Damit adressiert sie die operativen Aufgaben des Managements von Produktionsnetzwerken. Der Fokus liegt auf einem prozessualen Rahmenwerk und dessen informationstechnischer Anreicherung. Das Ziel der Dissertation lautet:

Ziel der Dissertation ist die Entwicklung eines Vorgehens zur Planung, Steuerung und Überwachung der Migration,

1. ... in der die Planung durch eine datenbasierte und quantitative Bewertung optimiert und als Roadmap (Reihenfolgeoptimierung) beschrieben wird,
2. ... in der Umsetzung und (Erfolgs-)Kontrolle operativ organisiert und durchgeführt werden und erlangte Erkenntnisse die Planungsdaten evolutionär anreichern,
3. ... mit der methodischen Möglichkeit und der etablierten Mentalität, diese als fortwährende Aufgabe (und nicht als Projekt) in einem kontinuierlichen Prozess wahrzunehmen.

Diese ingenieurwissenschaftliche Zielstellung ist von vornherein auf Erfahrungsgewinnung ausgerichtet. Zu ihrer Lösung empfiehlt sich ein Vorschreiten entlang der

³³ vgl. Moser, E.; Stricker, N. et al. (2016) Risk Efficient Migration Strategies; vgl. Schuh, G.; Prote, J.-P. et al. (2017) Reference Process

Konstruktionsstrategie empirischer Forschung von KUBICEK – er systematisiert die forschersische Neugierde und beschreibt den Lernprozess als Wechselspiel zwischen konzeptionellen und verfahrenstechnischen Komponenten, die sich bei Offenheit des Forschers stets weiter vertiefen. Neu hinzu gewonnene Erfahrungen bilden dann wieder den Ausgangspunkt für die nächsten tieferführenden Fragen. Das erlaubt wissenschaftlichen Fortschritt auch abseits der strikt empirischen Prüfung von Hypothesen. Vielmehr dienen theoretisch geleitete Fragen an die Realität der Gewinnung von weiterem Erfahrungswissen, welches wiederum die Konstruktion allgemeiner Aussagen über die Realität erlaubt, und zwar in Form von "erfahrungsgestützter Theorie".³⁴

An dieses Verständnis und die Ausgangssituation sowie die Zielstellung knüpft die dieser Forschungsarbeit zugrundeliegende Forschungsfrage daher an. Sie lautet:

Wie ist eine Methodik für das **Controlling der Migration**
in **Produktionsnetzwerken** zu gestalten?

Diese zentrale Fragestellung wird durch vier untergeordnete Teilfragestellungen darüber hinaus weiter präzisiert, sie unterstützen die Strukturierung der Forschung:

- I. Wie können **Dynamik und Interdependenzen** im Produktionsnetzwerk so **modelliert** werden, dass ein Controlling der Migration ermöglicht wird?
- II. Wie kann aus dem Abgleich von bestehenden und zukünftigen Strukturen eines Produktionsnetzwerks der **Migrationsbedarf** ermittelt werden?
- III. Wie kann mittels datenbasierter Methoden ein aus dem Migrationsbedarf folgender **reihenfolgenoptimierter Migrationsplan** ermittelt werden?
- IV. Wie sollte eine **kontinuierliche Planungsmethode** gestaltet und verankert werden, so dass aus der fortwährenden Ermittlung des Migrationsbedarfs und des Migrationsplans Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von Migrationsvorhaben abgeleitet werden können?

Diese Forschungsfragen leiten zur Vertiefung des Erfahrungswissens über und dienen der Annäherung an die formulierte Zielstellung und deren Lösung. Ihre Beantwortung soll eine Methodik zur Planung, Steuerung und Überwachung der Migration in Produktionsnetzwerken hervorbringen.

³⁴ vgl. Kubicek, H. (1977) Heuristische Bezugsrahmen, S. 14 f.

1.3 Forschungsmethodik und -vorgehen

Die Zielstellung und Forschungsfrage dieser Dissertation sind für die Migration in Produktionsnetzwerken eingeleitet und formuliert worden. Dieses Themenfeld ist dem Forschungsthema der globalen Produktion unterzuordnen, die wiederum Teil des Produktionsmanagements und somit der Produktionswissenschaft ist. Die Produktionswissenschaft ist eine Disziplin der Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit dem starken Anwendungsbezug der formulierten Zielstellung, steht das Thema in einem direkten Praxiszusammenhang.

ULRICH UND HILL unterscheiden innerhalb der Realwissenschaften die realen Grundlagenwissenschaften von den angewandten Handlungswissenschaften. Das Ingenieurwesen fällt unter die Handlungswissenschaften.³⁵ Die Abbildung 1.1 verdeutlicht die Einordnung.

Sie postulieren, dass Realwissenschaften den Zweck verfolgen, subjektiv wahrgenommene Wirklichkeitsausschnitte zu explizieren, diese zu generalisieren und dafür Handlungsalternativen zu entwerfen. Das Problem dabei ist, dass die zu gewinnenden Theorien nicht allein aus empirischen Aussagen abgeleitet werden dürfen, weil es in der Praxis höchstens eine unvollständige Induktion geben kann.³⁶

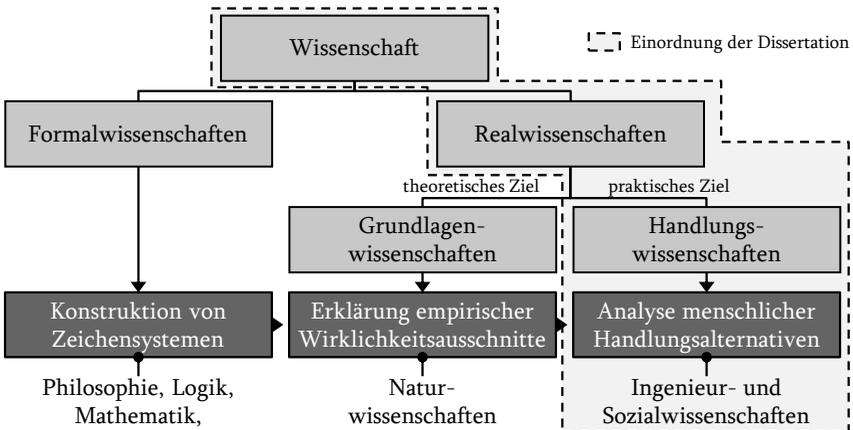


Abbildung 1.1: Einordnung der Dissertation in die Wissenschaftssystematik³⁷

³⁵ vgl. Ulrich, P.; Hill, W. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen, S. 305

³⁶ vgl. Ulrich, P.; Hill, W. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen, S. 306 f.

³⁷ vgl. Ulrich, P.; Hill, W. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen, S. 305

Der Impuls zu Technikwissenschaften der ACATECH geht gar einen Schritt weiter; die Autoren stellen fest, eine Theorie in den Technikwissenschaften sei „eine Menge von explizit benennbaren, untereinander verknüpften Regeln, die sich im Test als effektiv erwiesen haben und die untereinander im Hinblick auf ihre Effektivität konsistent sind.“³⁸ Die Begründung technischer Praxis geschieht somit nicht mehr durch Wissen in Form von Gesetzen, also mit Fokus auf das Zutreffen des Wissens, sondern durch Regeln und damit mit Fokus auf die Wirkung bei der Anwendung oder Umsetzung des Wissens. Damit verändert sich auch die Schlussweise: Von Teileigenschaften wird auf das Zutreffen von Gesamteigenschaften geschlossen. Wenngleich in der Logik nicht zugelassen, liefert eine solche abduktive Schlussweise für die Technikwissenschaften zunächst vielfältige Erklärungsansätze – derartige Vermutungen müssen daraufhin überprüft werden, denn sie sind nicht deduktiv sicher. Auf diese Art werden Kausalrelationen durch konkrete Ziel-Mittel-Relationen ersetzt.³⁹

So sind angewandte Handlungswissenschaften anfällig für Tendenzen zur Subjektivität und zu Wertungen der Autoren; zu dieser Überzeugung gelangten auch bereits ULRICH UND HILL.⁴⁰ Damit ist das erzielte Wissen nicht mehr rein deskriptiv, sondern normativ, weil eine Wertung eingeflossen ist.⁴¹ Um diese Effekte mindestens erklärbar oder nachvollziehbar zu machen, und die Subjektivität zu mildern, entspricht es der wissenschaftlichen Praxis, dass Forscher ihr Vorverständnis des behandelten Themas explizieren und problematisieren.⁴²

Der Autor hat diese Dissertation parallel zu seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und späterer Leiter der Gruppe Prozessmanagement am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen verfasst. Die Erfahrungen und Diskussionen schärfen unmittelbar das theoretische Vorverständnis. Es fußt auf vielen Aktivitäten mit der Industrie und den eigenen Forschungsarbeiten sowie dem lokalen und internationalen wissenschaftlichen Austausch über das Produktionsmanagement, speziell zu den Themen Prozessmanagement und globaler Produktion.⁴³

³⁸ Kornwachs, K. (2013) Technikwissenschaften, S. 22

³⁹ vgl. Kornwachs, K. (2013) Technikwissenschaften, S. 22

⁴⁰ vgl. Ulrich, P.; Hill, W. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen, S. 306

⁴¹ vgl. Kornwachs, K. (2013) Technikwissenschaften, S. 22

⁴² vgl. Kubicek, H. (1977) Heuristische Bezugsrahmen, S. 16

⁴³ Der Erstellungsprozess wird in den Unterkapiteln 4.3 und 6.1 detailliert und mit Beispielen ergänzt

Hierin manifestieren sich die iterative Heuristik von KUBICEK und der Forschungszyklus von TOMCZAK. Denn es liegt für die logische Abfolge der sieben Kapitel dieser Dissertation im Fokus, durch stets wiederkehrenden Bezug zu Praxis die Anwendbarkeit der entwickelten Erkenntnisse sicherzustellen. Die Gliederung der Arbeit und die Phasen angewandter Forschung werden in der Abbildung 1.3 miteinander in Zusammenhang gebracht.



Abbildung 1.3: Gliederung der Arbeit und die Phasen angewandter Forschung

Das einleitende Kapitel 1 motiviert das Forschungsthema und stellt dessen Zielsetzung vor. Es dient zudem einer Reflexion der Forschungsmethodik.

In Kapitel 2 werden die Grundlagen dreier für das Forschungsthema relevanter Themenfelder erarbeitet. Die jeweiligen Herausforderungen werden dabei erfasst; sie werden später konsolidiert und dienen als Grundlage zur Formulierung von Handlungsbedarfen aus der Praxis. Das Kapitel adressiert Leser, die zwar mit der Produktionssystematik und weitestgehend mit der Produktion in globalen Produktionsnetzwerken vertraut sind – es schärft aber das Verständnis hierüber, über grundlegende Begriffe und ordnet das betrachtete Handlungsfeld ein.

Kapitel 3 dient der Bewertung bestehender Erkenntnisse. Lösungsansätze aus der Theorie werden dahingehend überprüft, wie weit sie den beschriebenen Praxis Herausforderungen bereits begegnen. Sofern danach Handlungsbedarfe verbleiben, oder sich gar weitere Handlungsbedarfe auf tun, werden diese als Theoriedefizit mit in die Konzeption einer Lösung eingebunden.

Das Kapitel 4 verfolgt genau diesen Zweck: Aus Zielstellung sowie praktischen und theoretischen Handlungsbedarfen wird eine Lösungsidee konzipiert und hinsichtlich ihrer potentiellen Effektivität in der Bewältigung der Herausforderungen überprüft.

Dieses Lösungskonzept wird in Kapitel 5 in sinnvolle Teilaspekte untergliedert und ausdetailliert.

In Kapitel 6 erfolgt die Anwendung der Lösung für die vorgestellten Analysen und Optimierungen sowie als Implementierung einer Software-App. Darüber hinaus wird die entworfene Lösung hinsichtlich der an sie gestellten Anforderungen reflektiert.

Kapitel 7 fasst die Erkenntnisse abschließend zusammen und diskutiert weiterführenden Forschungsbedarf. Denn auf der Grundlage des dann erzielten neuen Erkenntnisstandes, entspricht es ganz den Ausführungen von KUBICEK und TOMCZAK, dass neue Fragen aufkommen werden.

Im Sinne der Lesbarkeit und aufgrund der Bedeutung mancher Aspekte für den Erkenntnisgewinn in dieser Forschung, werden wichtige Passagen ihrer Dokumentation durch die folgenden Informationskästen hervorgehoben:



Der Text enthält zahlreiche **Begriffserklärungen, Definitionen, Eingrenzungen** und **Verortungen**. Sie werden an geeigneter Stelle für die Leserinnen und Leser durch diesen Informationskasten hervorgehoben



Im Text werden oftmals verschiedene **Herausforderungen** diskutiert. Diese werden in einem solchen Informationskasten übersichtlich zusammengefasst und nochmal besonders hervorgehoben.



Diese Arbeit bietet Hinweise auf ergänzenden Kontext, auf **weitere Informationen und Hintergründe** oder auf weiterführende oder alternative **Methoden**. Sie sind in diesem Informationskasten aufgeführt.