

# **Open PPS**

## **Konzeption eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten**

Von der Fakultät für Maschinenbau  
der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg  
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs  
genehmigte

DISSERTATION  
vorgelegt von

Lennart Maarten Hildebrandt, M.Sc.  
aus Ostfildern-Ruit

Hamburg 2023

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing Jens P. Wulfsberg  
Laboratorium Fertigungstechnik  
Fakultät für Maschinenbau  
Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg
2. Gutachter Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl  
Nachhaltige Unternehmensentwicklung  
Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme  
Technische Universität Berlin

Tag der mündlichen Prüfung: 04. Juli 2023

## Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium Fertigungstechnik (LaFT) der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg. Sie ist das zentrale Ergebnis einer intensiven Forschungsarbeit. Es sind darüber hinaus die fachlichen Diskussionen mit Kollegen und deren Unterstützung, die eine solche Arbeit überhaupt erst ermöglichen.

Ich möchte meinem Doktorvater, Professor Jens Wulfsberg, für die Möglichkeit der Promotion am Lehrstuhl, für das Vertrauen, das er mir damit entgegengebracht hat, und das von ihm geschaffene offene Umfeld am Institut danken, das maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat. Außerdem möchte ich Professor Holger Kohl für die Übernahme des Koreferats danken.

Bei meinen Kollegen und Freunden vom LaFT – insbesondere in der Arbeitsgruppe Wertschöpfungssystematik – möchte ich mich außerdem für die unvergesslichen und abwechslungsreichen dreieinhalb Jahre bedanken. Vor allem bedanke ich mich bei meinem Oberingenieur Tobias Redlich und Manuel Moritz für ihre seit dem ersten Tag andauernde Unterstützung und die gemeinsamen Abstimmungen zu meiner Arbeit. Ich bedanke mich auch bei Sonja Buxbaum-Conradi, Sissy-Ve Basmer-Birkenfeld, Julia Markert, Michel Langhammer, Henrik Seeber, Vincent Adomat und Joshua Simon, die für mich weit mehr als Kollegen sind und deren Unterstützung ich sehr schätze.

Dankbar bin ich auch meiner Familie und meinen Freunden, die mich auf meinem Weg begleitet haben. Ich danke meinem Vater Matthias für die vielen fruchtbaren Diskussionen und Anregungen sowie meinen Brüdern Jonas und Niels für ihre Inspirationen und ihre Ermutigungen – Mama, du wärst auf alle stolz!

Vor allem möchte ich mich aber bei meiner Lebensgefährtin bedanken. Katrin, für deine vielen Ratschläge, den Rückhalt, den du mir gibst, und all deine Entbehrungen danke ich dir aus tiefstem Herzen. Du hast entscheidend zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen. Daher widme ich dir diese Arbeit.

## Kurzzusammenfassung

Megatrends wie die Neo-Ökologie, Urbanisierung und Individualisierung führen gegenwärtig zu neuen Wertschöpfungsansätzen. Einer dieser Ansätze ist das Städtetzwerk Fab City, welches darauf abzielt, zukünftig nahezu alles, was in einer Stadt konsumiert wird, auch dort zu produzieren. Die Bekanntheit dieses Ansatzes wurde durch jüngere Ereignisse wie die COVID-19 Pandemie oder den russischen Angriffskrieg in der Ukraine deutlich erhöht, da er aufgrund des überwiegenden Anteils an Eigenproduktion verspricht, resiliente und lokale Produktionsnetzwerke mit kurzen Lieferketten sowie geringe Abhängigkeiten zu schaffen. Um diese Potenziale auszuschöpfen und das Ziel von Fab City zukünftig zu erreichen, bedarf es einer an diesen Anwendungsfall angepassten Produktionsplanung und -steuerung, die gegenwärtig noch nicht existiert.

Ziel dieser Arbeit ist daher die ganzheitliche Modellierung dieser Produktionsplanung und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg. Hierfür werden zunächst die Anforderungserhebung in einer Einzelfallstudie durch halbstrukturierte Experteninterviews sowie offene und direkte Beobachtungen in unterschiedlichen Produktionswerkstätten durchgeführt. Die anschließende Modellierung erfolgt in Anlehnung an das House of Quality auf Grundlage des Aachener PPS-Modells. Zu diesem Zweck werden die erhobenen Anforderungen aus der Marktsicht systematisch mit Leistungsmerkmalen des Aachener PPS-Modells aus der Prozesssicht verbunden.

Als Ergebnis bietet das Open PPS Modell sowohl auf der Netzwerkebene als auch auf der lokalen Ebene elementare Neuerungen. Einen wesentlichen Paradigmenwechsel stellt der Fokus auf die Planung von Maschinenfunktionen statt von Produkten oder Produktfamilien dar, wodurch das Netzwerk gleichzeitig standardisiert und flexibilisiert wird. Außerdem sind alle Akteure untereinander gleichberechtigt. Hierfür sieht das Modell mit den Nutzern, Betreibern und Kunden drei heterarchische Rollen vor. Open PPS ist darüber hinaus als Planungs- und Steuerungssystem für ein öffentlich nutzbares Netzwerk konzipiert, an das die gesamte Bevölkerung Produktionsanfragen melden kann. Die Vergabe dieser Anfragen an den jeweiligen Produzenten erfolgt durch ein neues und eigens entwickeltes Steuerungs- und Prioritätssystem, das die Anfragen anhand der Parameter Komplexität und Liegezeit bewertet. Neben der klassischen Form der Materialbeschaffung über Einzelbestellungen stehen auf der lokalen Ebene ferner neue und standardisierte Beschaffungswege durch die Bestellung in Kontingenten und den Materialaustausch zwischen den einzelnen offenen Produktionswerkstätten zur Verfügung, was zu einem geringeren Aufwand für die einzelnen Produzenten und zu kürzeren Lieferketten innerhalb der Stadt führt.

Einen Mehrwert bietet Open PPS als interdisziplinäres Modell grundsätzlich allen Akteuren, die ein lokales und kollaboratives Netzwerk für die urbane Produktion mit mehreren Partnern anstreben. Ein Beispiel hierfür sind die einzelnen Fab Cities, die mit ihren offenen Produktionswerkstätten ein solches Netzwerk verwirklichen wollen. Die Nutzer und Betreiber profitieren dabei von der Organisationsstruktur des Netzwerks und den klaren und standardisierten Abläufen. Die Kunden erhalten bedarfsorientiert hochgradig individualisierte Produkte und profitieren von einer zunehmenden Preisreduzierung durch das kontinuierliche Teilen von Fertigungsdaten im gesamten Netzwerk. Open PPS unterstützt damit den Fab City Ansatz in unternehmerischer Hinsicht durch die Professionalisierung der Produktion und in Hinblick auf die Forschung durch die Möglichkeit der individuellen Herstellung von Prototypen und Demonstratoren. Zudem können KMUs und große Unternehmen gleichermaßen von dem Modell profitieren. Damit leistet diese Forschungsarbeit einen wesentlichen Beitrag zur Produktionsplanung und -steuerung in regionalen Netzwerken, wodurch zukünftig kurze Lieferketten und regionale Resilienz sichergestellt werden sollen.

Für die Implementierung sind als nächste Schritte die Entwicklung des User Interfaces sowie die technische Entwicklung der Schnittstellen notwendig. Anschließend kann das Open PPS-Modell testweise implementiert werden. Weiteren Forschungsbedarf wird es dann hinsichtlich der Interaktionen mit dem Modell und der tatsächlichen Anwendbarkeit geben. Außerdem wird der Abgleich der im Rahmen der vorliegenden Arbeit im Kontext Hamburg erhobenen Anforderungen mit Anforderungen in anderen Fab Cities und Produktionsnetzwerken Aufschluss über die Anwendbarkeit der Open PPS in anderen urbanen Räumen liefern. Nicht zuletzt ermöglicht Open PPS neue Formen kollaborativer Wertschöpfung, weshalb die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle ein eigenes Forschungsfeld bilden kann. Es liegt nun an den jeweiligen Netzwerk- und Fab City Akteuren, die Ergebnisse dieser Arbeit zu nutzen, um eine Produktionsplanung und -steuerung für ihren städtischen Raum umzusetzen.

## **Abstract**

Megatrends such as neo-ecology, urbanization and individualization are currently leading to new approaches of value creation. One of these approaches is the city network Fab City, which aims to produce almost everything, that is consumed in a city, in the city itself in the future. Recent events such as the COVID-19 pandemic or the Russian war of aggression in Ukraine have significantly exceeded this approach, as it promises to create resilient and local production networks with short supply chains and low dependencies due to the predominant share of self-production. In order to use this potential and to achieve the goal of Fab City in the future, production planning and control adapted to this use case is required, which currently does not exist.

The aim of this work is therefore the holistic modelling of production planning and control for decentralized, networked and open production workshops using Hamburg as a case study. For this purpose, the requirements are first elicited in an individual case study through semi-structured expert interviews as well as open and direct observations in different production workshops. The subsequent modelling is carried out in accordance with the House of Quality on the basis of the Aachen PPC model. For this purpose, the collected requirements from the market perspective are systematically linked with performance characteristics of the Aachener PPC model from the process perspective.

As a result, the Open PPS model offers elementary innovations at both the network and local levels. An essential paradigm shift is the focus on the planning of machine functions instead of products or product families, which simultaneously standardizes the network and makes it more flexible. In addition, all actors are on an equal footing. To this end, the model provides for three heterarchical roles with users, operators and customers. Open PPS is also designed as a planning and control system for a publicly usable network to which the entire population can send production requests. The allocation of these requests to the respective producer is done by a novel and specially developed control and priority system that evaluates the requests according to the parameters complexity and waiting time. In addition to the classic form of material procurement through individual orders, new and standardized procurement channels are also available at the local level through ordering in quotas and the exchange of materials between the individual open production workshops, which leads to less effort for the individual producers and shorter supply chains within the city.

As an interdisciplinary model, Open PPS offers added value for basically all actors who aspire to implement a local and collaborative network for urban production with several partners. An

example are the individual Fab Cities that want to realize such a network with their open production workshops. The users and operators benefit from the network's organizational structure and the clear and standardized processes. Customers receive highly individualized products according to their needs and benefit from increasing price reductions through the continuous exchange of production data in the network. Open PPS thus supports the Fab City approach from a business perspective by professionalizing production and from a research perspective by enabling the individual production of prototypes and demonstrators. Furthermore, SMEs and large companies can benefit equally from the model. This research work thus makes a significant contribution to production planning and control in regional networks, which should ensure short supply chains and regional resilience in the future.

The next steps for implementation are the development of the user interface and the technical development of the interfaces. After that, the Open PPS model can be implemented on a test basis. The interactions with the model and its actual applicability must then be further researched. Additionally, the comparison of the requirements in Hamburg identified in this study with requirements in other fab cities and production networks will provide information about the applicability of Open PPS in other urban areas. Last but not least, Open PPS enables new forms of collaborative value creation, which is why the development of new business models can form a separate field of research. It is now up to the respective network and fab city actors to use the results of this work to implement production planning and control for their urban space.

# Inhaltsangabe

<b>Inhaltsangabe</b> .....	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Gender-Erklärung</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>Verzeichnis der Begriffe und Definitionen</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation und Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	9
1.3 Forschungsmethodischer Rahmen .....	10
1.4 Aufbau der Arbeit .....	12
<b>2 Grundlagen und Forschungsbedarf</b> .....	<b>14</b>
2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung der offenen Produktionswerkstatt .....	14
2.2 Begriffsdefinition und -abgrenzung der Produktionsplanung, -steuerung und -netzwerk..	18
2.3 Forschungsbedarf .....	30
<b>3 Empirische Erhebung der Anforderungen</b> .....	<b>32</b>
3.1 Einführung.....	32
3.2 Kapitelaufbau .....	33
3.3 Methodisches Vorgehen .....	33
3.4 Ergebnisse .....	46
3.5 Kritische Reflexion und Ausblick.....	92
<b>4 Ausgestaltung des Modells</b> .....	<b>95</b>
4.1 Einführung.....	95
4.2 Kapitelaufbau .....	97
4.3 Methodisches Vorgehen .....	97
4.4 Ergebnisse .....	100
4.5 Kritische Reflexion und Ausblick.....	201
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>204</b>
5.1 Kritische Reflexion der Arbeit.....	207
5.2 Ausblick.....	211



---

<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>213</b>
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>225</b>
7.1	Codebuch .....	225
7.2	Interviewleitfaden .....	231
	<b>Liste eigener Publikationen .....</b>	<b>233</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsangabe .....</b>	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Gender-Erklärung .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>Verzeichnis der Begriffe und Definitionen .....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Problemstellung .....	1
1.1.1 Fallbeispiel Entwicklung und Produktion von Faceshields in Hamburg .....	3
1.1.1.1 Chancen .....	3
1.1.1.2 Herausforderungen .....	4
1.1.1.3 Identifizierte Handlungsfelder .....	5
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	9
1.3 Forschungsmethodischer Rahmen .....	10
1.4 Aufbau der Arbeit .....	12
<b>2 Grundlagen und Forschungsbedarf .....</b>	<b>14</b>
2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung der offenen Produktionswerkstatt .....	14
2.1.1 Verwandte Begriffe .....	14
2.1.1.1 Makerspace .....	14
2.1.1.2 Fab Lab .....	15
2.1.2 Offene Produktionswerkstatt .....	16
2.2 Begriffsdefinition und -abgrenzung der Produktionsplanung, -steuerung und -netzwerk .....	18
2.2.1 Methodik .....	19
2.2.2 Begriffsdefinitionen .....	20
2.2.2.1 Produktionsplanung und -steuerung .....	21
2.2.2.2 Produktionsnetzwerk .....	21
2.2.2.3 Cloud Manufacturing .....	22
2.2.3 Literaturanalyse .....	23
2.3 Forschungsbedarf .....	30
<b>3 Empirische Erhebung der Anforderungen .....</b>	<b>32</b>
3.1 Einführung .....	32

3.2	Kapitelaufbau .....	33
3.3	Methodisches Vorgehen .....	33
3.3.1	Theoretische Einführung in die Fallstudie als wissenschaftliche Methode.....	34
3.3.2	Hamburg als Untersuchungskontext.....	36
3.3.3	Theoretische Einführung in die verwendete Datenerhebung und -analyse.....	39
3.3.4	Durchgeführte Datenerhebung und -analyse in Hamburg .....	41
3.4	Ergebnisse .....	46
3.4.1	Community-betriebene offene Produktionswerkstätten .....	47
3.4.1.1	Vergleich zwischen Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten .....	54
3.4.1.2	Anforderungen der Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten.....	56
3.4.2	Kommerziell betriebene offene Produktionswerkstätten.....	59
3.4.2.1	Vergleich zwischen kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten .....	66
3.4.2.2	Anforderungen der kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten .....	68
3.4.3	Universitär betriebene offene Produktionswerkstätten .....	71
3.4.3.1	Vergleich zwischen universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten .....	78
3.4.3.2	Anforderungen der universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten .....	80
3.4.4	Vergleich zwischen den Typen von offenen Produktionswerkstätten.....	83
3.4.5	Anforderungen offener Produktionswerkstätten .....	86
3.5	Kritische Reflexion und Ausblick.....	92
<b>4</b>	<b>Ausgestaltung des Modells .....</b>	<b>95</b>
4.1	Einführung.....	95
4.2	Kapitelaufbau .....	97
4.3	Methodisches Vorgehen .....	97
4.4	Ergebnisse .....	100
4.4.1	Literatur- und Modellauswahl.....	100
4.4.1.1	Produktionsplanung und -steuerung nach Schuh.....	101
4.4.1.2	Betriebsorganisation für Ingenieure nach Wiendahl .....	103
4.4.1.3	Organisation in der Produktionstechnik nach Eversheim .....	104
4.4.1.4	Diskussion und Modellauswahl.....	105
4.4.2	Anwendbarkeitsanalyse .....	107
4.4.2.1	Differenzierung der Anforderungen.....	108
4.4.2.2	Analyse der Anwendbarkeit des Modells auf Netzwerkebene.....	111
4.4.2.2.1	Netzwerkkonfiguration .....	112
4.4.2.2.2	Netzwerkabsatzplanung.....	114
4.4.2.2.3	Netzwerkbedarfsplanung .....	115
4.4.2.2.4	Nicht abgebildete Anforderungen auf Netzwerkebene .....	117
4.4.2.3	Analyse der Anwendbarkeit des Modells auf lokaler Ebene.....	117
4.4.2.3.1	Produktionsprogrammplanung.....	119
4.4.2.3.2	Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung .....	119
4.4.2.3.3	Produktionsbedarfsplanung .....	122

4.4.2.3.4	Fremdbezugsplanung und -steuerung.....	123
4.4.2.3.5	Auftrags- und Bestandsmanagement .....	124
4.4.2.4	Zusammenfassung der Anwendbarkeitsanalyse .....	124
4.4.3	Das Open PPS-Modell.....	129
4.4.3.1	Annahmen und Limitationen .....	130
4.4.3.2	Netzwerkebene .....	131
4.4.3.2.1	N1 Netzwerkkonfiguration.....	133
4.4.3.2.2	N2 Netzwerkauftragsplanung.....	139
4.4.3.2.3	N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung.....	147
4.4.3.2.4	N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung.....	152
4.4.3.2.5	N5 Netzwerkpartnerbewertung .....	155
4.4.3.2.6	Zusammenfassung der Netzwerkebene des Open PPS-Modells .....	162
4.4.3.3	Lokale Ebene .....	167
4.4.3.3.1	A1 Angebotsbearbeitung .....	170
4.4.3.3.2	A2 Auftragsbearbeitung .....	175
4.4.3.3.3	A3 Produktionsbedarfsplanung.....	178
4.4.3.3.4	A4 Fremdbezugsplanung über Nutzer.....	182
4.4.3.3.5	A5 Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs .....	186
4.4.3.3.6	A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent .....	188
4.4.3.3.7	A7 Eigenfertigungsplanung und -steuerung .....	191
4.4.3.3.8	A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement.....	195
4.4.3.3.9	Zusammenfassung der lokalen Ebene des Open PPS-Modells.....	197
4.5	Kritische Reflexion und Ausblick.....	201
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>204</b>
5.1	Kritische Reflexion der Arbeit.....	207
5.2	Ausblick.....	211
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>213</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>225</b>
7.1	Codebuch.....	225
7.2	Interviewleitfaden .....	231
	<b>Liste eigener Publikationen.....</b>	<b>233</b>

## **Gender-Erklärung**

Für die folgenden formulierten Texte wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit und einem höheren Textverständnis ausdrücklich eine männliche Schreibweise verwendet. Sämtliche männliche Schreibweisen gelten dabei gleichermaßen für alle Geschlechter.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Zeitliche Darstellung des Projektverlaufs .....	3
Abbildung 1.2: Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Modellen .....	11
Abbildung 1.3: Aufbau der Arbeit mit dazugehörigen Zielen und Ergebnissen.....	12
Abbildung 2.1: Literatursuchprozess mit Filtersystem .....	20
Abbildung 2.2: Anzahl der Veröffentlichungen nach Nation des Erstautors und Keyword .....	24
Abbildung 2.3: Anzahl der Veröffentlichungen nach Jahr und Keyword .....	24
Abbildung 2.4: Kategorisierung der Paper nach Offenheit und Vernetzungsgrad .....	25
Abbildung 2.5: Kategorisierung der Paper nach Offenheit und Dezentralisierungsgrad .....	26
Abbildung 3.1: Erster Schritt zur Dekomposition komplexer Anforderungen .....	34
Abbildung 3.2: Methodischer Aufbau der Einzelfallstudie mit Darstellung der Datenerhebung.....	36
Abbildung 3.3: Beispiel MAXQDA 2022 während des Codierprozesses .....	44
Abbildung 4.1: Zweiter Schritt zur Integration von Modellen.....	98
Abbildung 4.2: Methodisches Vorgehen des vierten Kapitels .....	98
Abbildung 4.3: Angepasstes House of Quality für Anwendbarkeitsanalyse .....	99
Abbildung 4.4: Aufgabensicht des Aachener PPS-Modells .....	102
Abbildung 4.5: Verwendete Symbolik in den Prozessdarstellungen .....	129
Abbildung 4.6: Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben.....	132
Abbildung 4.7: Prozessdarstellung der N1 Netzwerkkonfiguration .....	135
Abbildung 4.8: Prozessdarstellung der N2 Netzwerkauftragsplanung .....	142
Abbildung 4.9: Beispielhafter Fähigkeitenbaum aus der Funktionsstruktur .....	145
Abbildung 4.10: Prozessdarstellung der Vorabprüfung.....	146
Abbildung 4.11: Prozessdarstellung der N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung.....	150
Abbildung 4.12: Prozessdarstellung der N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung .....	154
Abbildung 4.13: Prozessdarstellung der N5 Netzwerkpartnerbewertung .....	157
Abbildung 4.14: Dynamische Anfrageverteilung mit beispielhaften Bewertungspunkten .....	161
Abbildung 4.15: Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene .....	168
Abbildung 4.16: Prozessdarstellung der A1 Angebotsbearbeitung.....	172
Abbildung 4.17: Prozessdarstellung der A2 Auftragsbearbeitung .....	176
Abbildung 4.18: Prozessdarstellung der A3 Produktionsbedarfsplanung .....	180
Abbildung 4.19: Prozessdarstellung der A4 Fremdbezugsplanung über Nutzer .....	184
Abbildung 4.20: Prozessdarstellung der A5 Fremdbezugsplanung Austausch zwischen OPWs .....	187
Abbildung 4.21: Prozessdarstellung der A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent.....	190
Abbildung 4.22: Prozessdarstellung der A7 Eigenfertigungsplanung und -steuerung.....	193
Abbildung 4.23: Prozessdarstellung der A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement .....	196
Abbildung 4.24: Ablauf der Fertigung nach Open PPS (Open PPS Anteile in blau).....	199

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Journals mit mehr als einem Paper in diesem Integrative Literature Review .....	27
Tabelle 2.2: Schwerpunkte der analysierten Paper nach Keyword .....	28
Tabelle 3.1: Ziel, Sub-Forschungsfragen und Methodik des dritten Kapitels .....	32
Tabelle 3.2: Stichprobenbeschreibung .....	42
Tabelle 3.3: Beispielhaftes Ankerbeispiel „8.9 Maschinenpark“ .....	45
Tabelle 3.4: Beschreibung der Community-betriebenen OPWs nach Haupt- und Subkategorien .....	48
Tabelle 3.5: Anforderungen an die PPS von Community-betriebenen OPWs .....	56
Tabelle 3.6: Beschreibung der kommerziell betriebenen OPWs nach Haupt- und Subkategorien .....	60
Tabelle 3.7: Anforderungen an die PPS von kommerziell betriebenen OPWs .....	69
Tabelle 3.8: Beschreibung der universitär betriebenen OPWs nach Haupt- und Subkategorien .....	72
Tabelle 3.9: Anforderungen an die PPS von universitär betriebenen OPWs .....	80
Tabelle 3.10: Typen von offenen Produktionswerkstätten in Hamburg .....	83
Tabelle 3.11: Implizit und explizit genannte Anforderungen an das PPS-Modell .....	86
Tabelle 4.1: Ziel, Sub-Forschungsfragen und Methodik des vierten Kapitels .....	95
Tabelle 4.2: Kriterien zur Auswahl des Modells .....	107
Tabelle 4.3: Differenzierte Anforderungen .....	109
Tabelle 4.4: Differenzierte Anforderungen auf Netzwerkebene .....	111
Tabelle 4.5: Elementare Änderungen in der Netzwerkkonfiguration .....	114
Tabelle 4.6: Elementare Änderungen in der Netzwerkabsatzplanung .....	115
Tabelle 4.7: Elementare Änderungen in der Netzwerkbedarfsplanung .....	116
Tabelle 4.8: Im Aachener PPS-Modell nicht abgebildete Anforderungen auf Netzwerkebene .....	117
Tabelle 4.9: Differenzierte Anforderungen auf lokaler Ebene .....	118
Tabelle 4.10: Elementare Änderungen in der Produktionsprogrammplanung .....	119
Tabelle 4.11: Elementare Änderungen in der Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung .....	121
Tabelle 4.12: Elementare Änderungen in der Produktionsbedarfsplanung .....	123
Tabelle 4.13: Elementare Änderungen in der Fremdbezugsplanung und -steuerung .....	124
Tabelle 4.14: Gegenüberstellung der Abläufe nach dem Aachener PPS-Modell und für OPWs .....	125
Tabelle 4.15: Zusammenfassung aller wesentlichen Änderungen auf Netzwerkebene .....	127
Tabelle 4.16: Zusammenfassung aller wesentlichen Änderungen auf lokaler Ebene .....	128
Tabelle 4.17: Übersicht über N1 Netzwerkkonfiguration .....	133
Tabelle 4.18: Übersicht über N2 Netzwerkauftragsplanung .....	139
Tabelle 4.19: Übersicht über N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung .....	147
Tabelle 4.20: Übersicht über N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung .....	152
Tabelle 4.21: Übersicht über N5 Netzwerkpartnerbewertung .....	155
Tabelle 4.22: Vergabe von Bewertungspunkten für die Partnerbewertung sowie der Finanzfluss .....	158
Tabelle 4.23: Paradigmenwechsel zwischen traditionellen Produktionsnetzwerken und Open PPS .....	163
Tabelle 4.24: Übersicht über A1 Angebotsbearbeitung .....	170
Tabelle 4.25: Übersicht über A2 Auftragsbearbeitung .....	175
Tabelle 4.26: Übersicht über A3 Produktionsbedarfsplanung .....	178

---

Tabelle 4.27: Übersicht über A4 Fremdbezugsplanung über Nutzer .....	182
Tabelle 4.28: Übersicht über A5 Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs .....	186
Tabelle 4.29: Übersicht über A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent .....	188
Tabelle 4.30: Übersicht über A7 Eigenfertigungsplanung und -steuerung .....	191
Tabelle 4.31: Übersicht über A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement.....	195
Tabelle 7.1: Codebuch .....	225



## Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Aided Design
CMfg	Cloud Manufacturing
CNC	Computerized Numerical Control
DIFM	Do It For Me
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIY	Do It Yourself
et al.	et alii/-ae/-a (und andere)
EU	Europäische Union
FDM	Fused Deposition Modeling
ggf.	gegebenenfalls
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften (Hamburg)
HoQ	House of Quality
inkl.	inklusive
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
OPW	Offene Produktionswerkstatt
OSH	Open Source Hardware
PLA	Poly lactide
PN	Produktionsnetzwerk
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
QFD	Quality Function Deployment
SL	Stereolithografie
SLS	Selektives Lasersintern
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
STL	Standard Tessellation Language
tlw.	teilweise
u. a.	unter anderem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
WHO	World Health Organization
z. B.	zum Beispiel
ZAL	Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung

## Verzeichnis der Begriffe und Definitionen

Anfrage	Produktionsgesuch eines Kunden, welches direkt oder mit einem Nutzer an das Netzwerk gemeldet wird. Nach der Vorabprüfung handelt es sich um eine geprüfte Anfrage. Sie kann Eigenarbeit beinhalten.
Auftrag	Die formale Beauftragung eines Nutzers mit der Produktion einer Kundenanfrage auf Grundlage eines vom Nutzer erstellten Angebots.
Betreiber	Der Betreiber betreibt eine offene Produktionswerkstatt (stellt Infrastruktur und Maschinen).
Fab City	Konzept, welches darauf abzielt, bis zum Jahre 2054 nahezu alles, was in einer Stadt konsumiert wird, auch dort zu produzieren.
Faceshield	Visier zur Reduzierung des Risikos einer Tröpfcheninfektion.
Heterarchie	Gleichberechtigtes, nebeneinander bestehendes System an Elementen, in dem kein Über- und Unterordnungsverhältnis existiert.
Kunde	Der Kunde stellt eine Anfrage zur Produktion an die Open PPS.
Netzwerkvertreter	Vertreter des Netzwerks, die demokratisch für eine festzulegende Amtszeit gewählt wurden und die Interessen des Netzwerks im Innen- und Außenverhältnis vertreten sollen.
Nutzer	Der Nutzer nutzt eine offene Produktionswerkstatt (Hersteller von Produkten).
Prosument	Kunde mit Anteil an Eigenarbeit (Produzent und Konsument).
Offene Produktionswerkstatt	Öffentlich zugängliche Werkstatt mit professioneller Ausstattung mit dem Zweck der Produktion im urbanen Raum.
Open PPS	Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Modell zur Produktionsplanung und -steuerung in dezentralen und offenen Netzwerken im urbanen Raum.
Open Source Hardware	Quelloffene, öffentlich verfügbare und editierbare Produktdaten (z. B. CAD-Konstruktionsdatei, Stücklisten, Aufbauanleitungen).

# 1 Einleitung

Diese Dissertation befasst sich mit der Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung- und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg. Zu Beginn führt Kapitel 1.1 in das Thema ein und erläutert anhand eines praktisch durchgeführten Produktionsvorhabens die Motivation und Problemstellung für dieses Forschungsvorhaben. Darauf aufbauend wird in Kapitel 1.2 die Zielsetzung dieser Arbeit definiert. Anschließend werden der gewählte forschungsmethodische Rahmen in Kapitel 1.3 und der daraus resultierende Aufbau der Arbeit in Kapitel 1.4 erläutert.

## 1.1 Motivation und Problemstellung

Während der COVID-19-Pandemie kam es im Frühjahr 2020 zwischenzeitlich zu weltweiten Versorgungsengpässen bei persönlicher Schutzausrüstung (PSA) oder anderen dringend benötigten Produkten. Dies lag zum einen daran, dass in asiatischen Ländern, welche Schutzausrüstung produzieren (China produziert vier Fünftel der weltweiten Schutzkleidung<sup>1</sup>), Unternehmen teilweise aufgrund regionaler oder landesweiter Lockdowns geschlossen wurden. Zum anderen waren es insbesondere asiatische Länder, in denen sich zu Beginn der Pandemie schon frühzeitig das Virus ausgebreitet hatte. Die noch vorhandene Schutzausrüstung wurde somit lokal benötigt.<sup>2</sup> Daher hat die World Health Organization (WHO) bereits am 3. März 2020 Industrie und Regierungen aufgefordert, die Produktion von Schutzausrüstung um 40 % aufzustocken, um dem global steigenden Bedarf gerecht zu werden.<sup>3</sup>

Darüber hinaus wurde nach neuen und schnell wirkenden Lösungen gesucht, um das Infektionsgeschehen einzudämmen. Die Bundesrepublik Deutschland initiierte hierfür den Hackathon „#WirVsVirus“, um schnelle und kreative Lösungen aus der Zivilgesellschaft zu erhalten und zu fördern.<sup>4</sup> Die sogenannte Maker-Community begann dadurch frühzeitig mit der Entwicklung und der Produktion von PSA und anderen Produkten aus dem Medizin- und Hygienesektor. Dazu zählen beispielsweise:

---

<sup>1</sup> L. Kampf und M. Grill: Merkel macht's möglich. Atemschutzmasken aus China, in: tagesschau.de, 2020.

<sup>2</sup> C. Buckley, W. Sui-Lee und A. Qin: „China's Doctors, Fighting the Coronavirus, Beg for Masks“, in nytimes.com, 2020.

<sup>3</sup> C. Fadela: „Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide. WHO calls on industry and governments to increase manufacturing by 40 per cent to meet rising global demand“, in who.int, 2020.

<sup>4</sup> Aufruf zum Hackathon der Bundesrepublik Deutschland, Informationen auf <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/wir-vs-virus-1731968>, online abgerufen am 07.05.2023.

- Halbmasken mit austauschbaren Filtern, die vor allem das Infektionsrisiko des Trägers verringern sollen (Maia Chagas et al. 2020);
- Produkte für Lungenbeatmungsmaschinen (z. B. Anschlüsse für Schläuche und Masken) oder sogar vollständige Lungenbeatmungsmaschinen, die mittels additiver Fertigung und anderer digitaler Fertigungsverfahren hergestellt werden (Pearce 2020);
- Faceshields, die das Risiko einer Virusinfektion durch Tröpfcheninfektion im Gesicht verringern sollen. Neben privaten Anwendungen wurden die Faceshields auch im medizinischen Bereich eingesetzt und teilweise sogar offiziell als PSA zugelassen (Hartig et al. 2020).

Um möglichst kurze Entwicklungszyklen zu erreichen, wurden die Produktdaten innerhalb der einzelnen Communitys als sogenannte Open Source Hardware geteilt. Dabei handelt es sich um offen verfügbare und editierbare Produktdaten (z. B. CAD-Konstruktionsdatei, Stücklisten, Aufbauanleitungen), die durch den Nutzer nach den eigenen Bedürfnissen angepasst, anschließend produziert und wieder geteilt werden dürfen (Moritz et al. 2019).

Um jedoch aus den virtuellen Produktdaten physische Artefakte herzustellen, ist für die Open Source Hardware eine lokale Produktionsinfrastruktur notwendig, die unterschiedliche, aber einfach bedienbare digitale Produktionswerkzeuge bietet. Bei den meisten hergestellten Produkten spielte dabei die additive Fertigung eine wichtige Rolle. Durch dieses werkzeuglose Produktionsverfahren ist es möglich, schnell und flexibel einzelne Bauteile der oben beschriebenen Produkte herzustellen (Kunovjanek und Wankmüller 2021; Brem et al. 2021). Eine solche digitale Fertigungsinfrastruktur findet man in offenen Produktionswerkstätten (OPW). Damit sind für die Öffentlichkeit oder einen definierten Nutzerkreis geöffnete und spontan nutzbare Werkstätten mit professioneller Maschineninfrastruktur zum Herstellen von Prototypen und Kleinserien gemeint.

Während der COVID-19 Pandemie war jedoch der Zugang zu den offenen Produktionswerkstätten erschwert, da sie als Freizeiteinrichtungen immer wieder infolge von landesweiten Lockdowns geschlossen werden mussten. Dadurch wurde es potenziellen Nutzern erschwert, auf diese Fertigungsinfrastruktur zuzugreifen. Gleichzeitig konnten vorhandene Maschinen durch den beschränkten Zugriff nicht verwendet werden, wodurch die Produktionskapazität erheblich verringert war.

### 1.1.1 Fallbeispiel Entwicklung und Produktion von Faceshields in Hamburg

Da der Bedarf an PSA auch in der Metropolregion Hamburg im Frühjahr 2020 stark anstieg und die offene Produktionswerkstatt (OpenLab Hamburg) der Helmut-Schmidt-Universität als universitäre Einrichtung nicht geschlossen werden musste, begannen wir mit mehreren wissenschaftlichen Mitarbeitern und studentischen Hilfskräften die Entwicklung und Produktion von Faceshields<sup>5</sup>. Ziel dieses Projekts war es, einen lokalen Beitrag zur Eindämmung des Infektionsgeschehens zu leisten sowie das Verständnis dieser schnellen und flexiblen Art der Produktion zu vertiefen.

Das einmonatige Projekt begann im März 2020 (vgl. Abbildung 1.1). Zur Reduzierung der Entwicklungszeit wurde zunächst ein geeignetes Faceshield-Design als Open Source Hardware ausgewählt, welches für eine effiziente Fertigung optimiert wurde. Das eigentliche Produkt bestand aus drei Komponenten: einem aus Polylactide (PLA) additiv gefertigten Folienhalter, einem aus Polycarbonat per Lasercutter ausgeschnittenen Schutzschild sowie einem Gummi-band zur Befestigung des Schields am Kopf.

Außerdem wurde das Produkt nach den in Deutschland und der EU geltenden Richtlinien (Verordnung (EU) 2016/425 mit Verweis auf die Verordnung (EG) 765/2008) als persönliche Schutzausrüstung zugelassen und besitzt dadurch ein CE-Zertifikat. Durch diese Zulassung konnte das Faceshield in verschiedenen Bereichen zur Reduzierung des Risikos einer Tröpfcheninfektion eingesetzt werden. So kam es etwa in einer Krankenhauskette in Hamburg im intensivmedizinischen Bereich zum Einsatz und wurde von niedergelassenen Ärzten und Zahnärzten genutzt. Die insgesamt mit dem Projekt identifizierten Chancen und Herausforderungen werden nachfolgend aufgezeigt.



Abbildung 1.1: Zeitliche Darstellung des Projektverlaufs

#### 1.1.1.1 Chancen

Durch das Projekt konnten zwei wesentliche Chancen der Produktion in offenen Produktionswerkstätten identifiziert werden. Einerseits spielte die digitale Fertigung, zu der die additive

<sup>5</sup> Details zum Fallbeispiel und zur gewählten Forschungsmethodik siehe Hildebrandt et al. 2022a.

Fertigung und das Laserschneiden gehören, eine wesentliche Rolle für den Erfolg des Projekts. Diese Art der Fertigung ermöglicht eine schnelle, flexible und bedarfsgerechte Produktion. Sie erlaubt zudem als werkzeuglose Fertigung eine schnelle und flexible Reaktion auf sich verändernde Situationen (z. B. angesichts des unklaren Verlaufs der COVID-19-Pandemie). Die additive Fertigung erfordert darüber hinaus nur ein einheitliches Ausgangsmaterial (Filament, meist aus PLA). Der Laserschneider erzeugt einen einheitlichen Laserstrahl zum Schneiden verschiedener Materialien. Beide Verfahren können zur Herstellung oder Bearbeitung einer Vielzahl von Produkten verwendet werden.

Andererseits erwies sich die Verwendung von Open Source Hardware als praktikabler Ansatz. Durch die Nutzung bereits vorhandener Designs konnte die Entwicklungszeit und damit einhergehend die Zeit bis zur Ausgabe der Faceshields an Bedarfsträger erheblich reduziert werden. Außerdem konnte das Projektteam sein Wissen zur additiven Fertigung vertiefen. Dieser Weiterbildungsansatz, der in Verbindung mit Open Source Hardware regelmäßig genannt wird, konnte während des Projekts somit ebenfalls nachvollzogen werden.

#### **1.1.1.2 Herausforderungen**

Allerdings haben sich im Laufe des Projekts auch Herausforderungen ergeben. Da es im norddeutschen Raum nur eine begrenzte Anzahl an offenen Produktionswerkstätten gibt und diese stellenweise durch Lockdowns geschlossen wurden, mussten Produktionsanfragen von externen Helfern aus Kapazitätsgründen abgelehnt werden. Dieser Effekt verstärkte sich durch eine unzureichende Zusammenarbeit zwischen den verbleibenden Produktionswerkstätten, da für das Projektteam nicht ersichtlich war, welche Akteure in welchen Produktionswerkstätten welche Projekte bearbeiten und in welcher Produktionswerkstatt welches Material und welche Kapazitäten verfügbar sind. Infolgedessen konnten die Maschinenkapazitäten nicht optimal genutzt werden, was das Volumen der Produktion von persönlicher Schutzausrüstung und damit den Beitrag zur Eindämmung des Infektionsgeschehens begrenzte.

Insbesondere die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) hat sich als Problem erwiesen. Zum einen war es schwierig, konkrete Bedarfsmeldungen für die Produktion zu erhalten. Dieser Umstand galt trotz der Tatsache, dass die Hamburger Behörden versuchten, ein lokales Produktionsnetzwerk zu bilden, um eine bessere Bedarfsmeldung und Produktionsplanung zu gewährleisten. Andererseits erwies es sich als schwierig, diese Bedarfe mit freien Produktionsressourcen abzugleichen, da diese nicht systematisch erhoben werden konnten. Außerdem wurde der Abgleich in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten, sofern mit diesen zusammengearbeitet werden konnte, manuell vorgenommen, was zu einem Ungleichgewicht

der Auftragsvergabe und damit zu Über- oder Unterkapazitäten führte. Eine effiziente und zielgerichtete Produktionsplanung und -steuerung (z. B. für die Metropolregion Hamburg) war bei dieser Art der dezentralen, offenen und verteilten Produktion nicht erkennbar.

Die Materialbeschaffung (insbesondere Gummiband und Polycarbonatfolie) war in Bezug auf die PPS eine weitere große Herausforderung. Beide Produkte waren in Deutschland in ausreichender Menge vorhanden, was aber nur mit sehr großem Personalaufwand herausgefunden werden konnte. Es stellte sich heraus, dass kleine und lokale Lieferanten regelmäßig ausverkauft waren, während man die gewünschte Menge bei Großhändlern beziehen konnte. Dies führte zu einer anfänglichen Verknappung von Rohstoffen. Dass das Finden von Rohstoffen einen verhältnismäßig hohen Personalaufwand erforderte, wurde auch von anderen Teams gemeldet, was die Ineffizienz der Produktionsplanung unterstreicht.

Ebenfalls eine Herausforderung war die zum Teil unzureichende Open Source Hardware Produktdokumentation der einzelnen Faceshields. Zwar konnte durch den Ansatz Entwicklungszeit eingespart werden, allerdings waren die Daten häufig nicht editierbar. Oft wurden STL-Dateien verschickt, die für den 3D-Druck nur noch gesliced werden müssen, was aber für viele Anwender eine Einstiegsbarriere für die Individualisierung der Produkte darstellt. Eine STL-Datei ist ein reines Flächenmodell, das zur Bearbeitung erst in ein Volumenmodell umgewandelt und dann von einem CAD-Programm eingelesen werden muss. Dies stellt für viele Anwender eine unnötige Belastung dar. Daher waren einige Projekte nicht direkt anpassbar und daher nicht vollständig offen und transparent.

Im Zusammenhang der Zulassung des Gesichtsschutzes stellte sich die letzte Herausforderung. Es sollte darauf geachtet werden, dass die behördlichen Anforderungen und Vorschriften eingehalten werden, damit das Produkt möglichst schnell und optimal als offizielle PSA eingesetzt werden kann. Die Klärung solcher Anforderungen erwies sich jedoch als schwierig, da die von den Behörden zur Verfügung gestellten Informationen meist unzureichend oder sogar falsch waren. Einige Behörden verweigerten außerdem eine Mithilfe. Diese Umstände wirkten sich negativ auf die Projektdauer aus.

### **1.1.1.3 Identifizierte Handlungsfelder**

Auf Grundlage des Fallbeispiels und der damit verbundenen Herausforderungen wurden drei Handlungsfelder identifiziert, an denen angesetzt werden sollte, um die Herstellung von Alltagsgegenständen, gegebenenfalls unter Krisenbedingungen, in offenen Produktionswerkstätten zu optimieren. Diese Handlungsfelder umfassen im Wesentlichen eine bessere Verteilung

der Halbzeuge, eine effizientere Produktionsplanung und -steuerung innerhalb des Produktionsnetzwerks, einen öffentlichen und niedrighschwelligigen Zugang zu offenen Produktionswerkstätten sowie einen besseren Zugang zu Wissen und Daten.

### **Handlungsfeld 1: Aufbau weiterer offener Produktionswerkstätten im öffentlichen Raum**

Der Aufbau einer Produktionskapazität im OpenLab Hamburg von bis zu 5.000 Faceshields pro Woche hat gezeigt, dass eine flexible Produktion durch den Einsatz von digitalen Produktionsmaschinen und Open Source Hardware möglich ist. Allerdings gibt es im öffentlichen Raum nach wie vor nur eine begrenzte Anzahl an offenen Produktionswerkstätten. Durch die mit der COVID-19-Pandemie verbundenen Kontaktbeschränkungen war das OpenLab Hamburg für externe Nutzer nicht zugänglich und andere offene Produktionswerkstätten mussten geschlossen werden. Dadurch konnte das Innovations- und Produktionspotenzial nur in begrenztem Umfang genutzt werden. Aber auch im Normalfall würden die Produktionskapazitäten in den aktuellen offenen Produktionswerkstätten bei einer z. B. nach Diez 2016 geplanten Intensivierung der lokalen Produktion schnell an ihre Grenzen stoßen.

Eine größere Anzahl lokaler offener Produktionswerkstätten im öffentlichen Raum adressiert diese Herausforderung und würde in Zukunft die Möglichkeit eröffnen, physische Güter bedarfsorientiert und individualisiert zu produzieren. Eine solche Produktionskapazität, die aufgrund der Anzahl und Professionalität der Werkzeugmaschinen nicht nur für Heimwerker, sondern auch für Start-ups und andere kommerzielle Akteure attraktiv ist (sogenannte hybride Produktion), bietet sogar das Potenzial, neue Arbeitsplätze zu schaffen, und eröffnet neue Wertschöpfungsmöglichkeiten. Dies stellt somit auch außerhalb von Krisensituationen einen Mehrwert für die Gesellschaft dar (Hildebrandt et al. 2020).

Damit offene Produktionswerkstätten tatsächlich eine freie Produktionskapazität bieten können, müssen sie zumindest einem bestimmten Personenkreis offen und spontan zugänglich sein und für diesen eine geeignete Produktionsinfrastruktur bieten. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der Nutzer zum Zeitpunkt des Bedarfs (Spontanität) frei in der Produktionswerkstatt (Offenheit) ein Produkt herstellen kann.

Insgesamt konnte durch das Fallbeispiel der Produktion von Faceshields im OpenLab Hamburg festgestellt werden, dass eine schnelle und flexible Fertigung von einfachen physischen Gegenständen bedarfsorientiert möglich ist, die Produktionskapazitäten im regionalen Einzugsgebiet jedoch recht gering sind. Das erste identifizierte Handlungsfeld sieht daher die weitere Förderung von offenen Produktionswerkstätten im urbanen Raum vor, wodurch weitgehend unabhängige Produktionskapazitäten aufgebaut werden, die durch jeden oder einen



bestimmten Personenkreis bedarfsweise aufgesucht werden können (resiliente Produktion). Der Aufbau solcher Kapazitäten wird im Fallbeispiel Hamburg bereits durch verschiedene Institutionen gefördert.

### **Handlungsfeld 2: Förderung des offenen Austausches von Produktdaten und Wissen**

Standards und die offene Verbreitung von Wissen sind wichtig, wenn Prozesse (z. B. Entwicklungen) kollaborativ durchgeführt werden. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von Open Source Hardware (Moritz et al. 2019). Die konsequentere Verwendung von einheitlichen Standards und Datenformaten, die die Möglichkeit der Bearbeitung bieten, erleichtert es den Nutzern, gemeinsam an Projekten zu arbeiten und diese nach eigenen Bedürfnissen anzupassen. Die konsequente Nutzung dieser Standards und Datenformate konnte im Fallbeispiel nicht bestätigt werden, da regelmäßig nur STL-Dateien geteilt wurden, die zunächst nicht editierbar waren. Um die Offenheit und Editierbarkeit zu gewährleisten, sollten Produktdaten daher noch einheitlicher veröffentlicht werden (z. B. im STEP-Format), damit jedem Nutzer immer ein gleicher und editierbarer Datensatz zur Verfügung steht.

Darüber hinaus wurden von verschiedenen Instituten (z. B. dem Deutschen Institut für Normung) Standards und Normen (z. B. zu Zulassungsprozessen) zur Verfügung gestellt. Viele Produzenten, zu denen im Rahmen des Fallbeispiels Kontakt aufgenommen wurde, haben jedoch von dieser Möglichkeit des kostenlosen Bezugs von Normen keinen Gebrauch gemacht, weil sie davon keine Kenntnis hatten. Einige wichtige Informationen wurden auch von verantwortlichen Behörden veröffentlicht, konnten aber nur mit großem Aufwand extrahiert werden.

Im Rahmen des Fallbeispiels der Produktion von Faceshields im OpenLab Hamburg konnte insgesamt festgestellt werden, dass das Teilen von Daten auf bestimmten Plattformen bereits funktioniert, die Offenheit und Editierbarkeit der Daten jedoch überwiegend beschränkt ist und das Beschaffen von Informationen teilweise einen hohen Aufwand mit sich bringt. Im Rahmen des zweiten Handlungsfelds geht es daher um die Optimierung der Möglichkeit des Teilens von einheitlichen und editierbaren Datenstandards sowie die bessere Verteilung von Informationen innerhalb eines bestimmten Produktionsnetzwerks. Dieses Handlungsfeld ist in der Open Source Community bekannt und wird bereits bearbeitet.

### **Handlungsfeld 3: Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung für offene Produktionswerkstätten**

Die zielgerichtete Verteilung von Rohstoffen ist insbesondere, aber nicht nur während Krisensituationen essenziell für eine schnelle und bedarfsorientierte Produktion. Während der

Projektlaufzeit im Fallbeispiel hat sich gezeigt, dass diese Verteilung nur stellenweise effizient funktioniert hat. Zum Beispiel hätte die Produktion der Faceshields schon früher in Kleinserien beginnen können, wenn Gummibänder und Polycarbonatfolie in ausreichender Menge zur Verfügung gestanden hätten. Erst nach umfangreichen Recherchen stellte sich jedoch heraus, dass die benötigten Materialien in ausreichender Menge vorhanden und lediglich im Großraum Hamburg vergriffen waren. Es erwies sich als sehr zeitaufwendig, diese Informationen zu beschaffen und mit den Verkaufsabteilungen der einzelnen Firmen in Kontakt zu treten. Dies wurde ebenfalls von Mitstreitern bei vergleichbaren Projekten, zu denen im Rahmen des Fallbeispiels Kontakt aufgenommen wurde, bestätigt.

Ebenfalls gestaltete sich die Verknüpfung von Bedarfsträgern, Produzenten und Produktionskapazitäten sehr komplex. Zum einen war nur schwer identifizierbar, wo Produktionskapazitäten in welchem Umfang verfügbar waren. Außerdem war das systematische Auswerten von Bedarfen schwierig, da diese nicht zentral gesammelt wurden und Bedarfsträger selbstständig gefunden werden mussten. Ferner gab es keine Möglichkeit, externe Nutzer von offenen Produktionswerkstätten systematisch mit den Bedarfen und Kapazitäten zu verknüpfen, da diese nicht bekannt waren. Eine weitere Herausforderung war die Kommunikation, die verteilt auf mehrere Kanäle stattfand. Auch diese Schwierigkeiten wurden von anderen Mitstreitern, zu denen im Rahmen des Fallbeispiels Kontakt aufgenommen wurde, bestätigt. Insgesamt haben sich also schon bei der aktuell sehr beschränkten Anzahl an offenen Produktionswerkstätten deutlich die Herausforderungen gezeigt, die bei der Produktionsplanung und -steuerung in einem Netzwerk mit offenen Produktionswerkstätten entstehen. Soll ein Netzwerk etabliert werden, das zukünftig groß genug ist, um einen bedeutsamen Beitrag zur Fab City<sup>6</sup> leisten zu können, ist ein entsprechendes PPS-Modell unabdingbar.

Für diese Produktionsplanung und -steuerung wäre eine Plattform erstrebenswert, die die Bedarfe der Bedarfsträger systematisch sammelt und für die Produktion freigibt, so dass Nutzer offener Produktionswerkstätten darauf reagieren können. Parallel sollte die Materialverwaltung zentral abgewickelt und die Produktionskapazitäten in einem bestimmten regionalen Bereich einsehbar sein. Dies würde es ermöglichen, Unter- oder Überkapazitäten in den offenen Produktionswerkstätten abzubauen und insgesamt effizienter zu produzieren.

Insgesamt konnte durch das Fallbeispiel der Produktion von Faceshields im OpenLab Hamburg festgestellt werden, dass zu diesem Zeitpunkt für diesen Anwendungsfall kein geeignetes Produktionsplanungs- und -steuerungssystem bekannt war. Das dritte und letzte

---

<sup>6</sup> Konzept, welches als Städtenetzwerk darauf abzielt, bis zum Jahre 2054 nahezu alles, was in einer Stadt konsumiert wird, auch dort zu produzieren.

Handlungsfeld sieht daher die systematische Prüfung der Existenz und anschließende Entwicklung eines solchen Systems für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten vor. Dieses Handlungsfeld stellt in Verbindung mit dem systematischen Teilen von Informationen und Daten im Netzwerk der Werkstätten (vgl. Handlungsfeld 2) den Kern der vorliegenden Dissertation dar.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die effiziente und zielgerichtete Produktionsplanung und -steuerung in dezentralen, vernetzten und offenen Produktionswerkstätten stellt einen wesentlichen Baustein zu einer resilienteren lokalen Produktion dar. PPS-Systeme sind bereits für unterschiedliche Anwendungsfälle verfügbar. In der Praxis hat sich allerdings gezeigt, dass diese PPS-Systeme in einem Verbund offener Produktionswerkstätten angesichts der damit verbundenen Besonderheiten der Orte und Nutzer gegenwärtig ungeeignet sind (vgl. Handlungsfeld 3).

Die sich daraus ergebende konkrete Zielsetzung dieser wissenschaftlichen Arbeit ist die systematische Prüfung der Existenz und die anschließende Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung für ein Netzwerk offener Produktionswerkstätten auf Grundlage bereits bestehender wissenschaftlicher Modelle. Es soll ein Modell konzipiert werden, dass die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Orte und Nutzer aufgreift und lösungsgerecht adressiert. Mithilfe dieser Entwicklung soll das Handlungsfeld 3 am Fallbeispiel Hamburg theoretisch abgeschlossen werden.

Für einen zielgerichteten Forschungsprozess soll gemäß Kubicek 1976 eine grundlegende Forschungsfrage definiert werden, um den Betrachtungs- und Lösungsbereich einzugrenzen. Im Rahmen dieser Dissertation lautet die handlungsleitende Forschungsfrage:

*Wie kann ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg ganzheitlich ausgelegt werden?*

Zur weiteren Ausarbeitung im Detail und als Unterstützung zur Beantwortung der handlungsleitenden Forschungsfrage werden in Kapitel 3.1 und Kapitel 4.1 Sub-Forschungsfragen gestellt und anschließend im Laufe des jeweiligen Kapitels konkret beantwortet. In der Folge werden die einzelnen Schritte der vorliegenden Forschungsarbeit nachgezeichnet.

### 1.3 Forschungsmethodischer Rahmen

In dieser Dissertation werden insgesamt drei verschiedene Forschungsmethoden angewendet<sup>7</sup>. Im *ersten Schritt* (Kapitel 2) wird der theoretische Rahmen zu offenen Produktionswerkstätten und Produktionsnetzwerken sowie der dazugehörigen Produktionsplanung und -steuerung dargestellt. Hierfür wird die Methodik des Integrative Literature Review angewendet, um bereits veröffentlichte Erkenntnisse zu diesem komplexen Themenbereich zu diskutieren und dadurch ein tieferes Verständnis und neue Erkenntnisse zu erlangen. Außerdem dient dieser Schritt der Verifizierung des Forschungsbedarfs anhand der bestehenden Literatur. Dabei wird dem Ansatz von Torracco 2005 gefolgt und die Forschung in zwei Etappen aufgebaut:

- Etappe 1: Identifikation und Sammlung von Papern, die repräsentativ für den Themenbereich sind, mittels Keywordsuche in einer Datenbank;
- Etappe 2: Kurze Definition und Übersicht zu den Keywords sowie Analyse der theoretischen Grundlagen.

Die nachfolgenden zwei Schritte werden in Anlehnung an das Modell der Dekomposition komplexer Probleme und Integration von Lösungen nach VDI 2221 bearbeitet, welches für diese Arbeit abgewandelt wurde (vgl. Abbildung 1.2). Dies geschieht durch eine Vereinfachung von Problemen und damit verbundenen Anforderungen durch das induktive Identifizieren und Erheben von Ist-Zuständen sowie Randbedingungen und daraus resultierenden Anforderungen an ein Modell zur Produktionsplanung- und -steuerung in offenen Produktionswerkstätten für das Fallbeispiel Hamburg (*Schritt 2*, erfolgt in Kapitel 3). Anschließend werden auf dieser Grundlage Einzelprozesse aus der Literatur zur Produktionsplanung und -steuerung in den neuen Anwendungsfall transferiert sowie optimiert oder neu entwickelt und abschließend zu einem Gesamtmodell zusammengefügt (*Schritt 3*, erfolgt in Kapitel 4).

---

<sup>7</sup> Eine detaillierte Beschreibung der jeweils gewählten Forschungsmethodik folgt in jedem Kapitel.

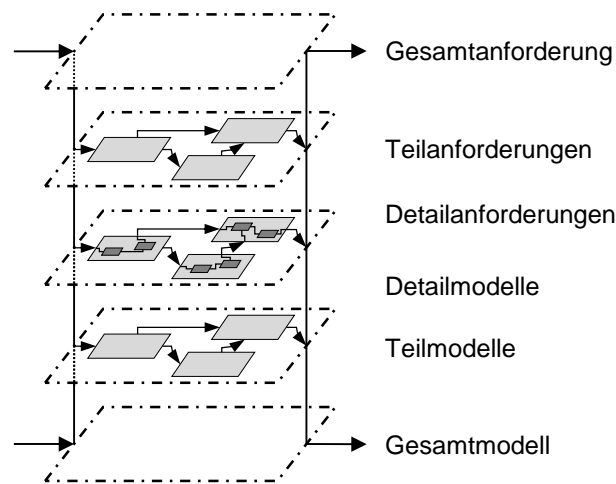


Abbildung 1.2: Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Modellen  
(eigene Darstellung in Anlehnung an VDI 2221 1993)

Für die im *zweiten Schritt* induktive Identifizierung und Erhebung von Ist-Zuständen sowie Randbedingungen und daraus resultierenden Anforderungen wird die Methodik der qualitativ explorativen, repräsentativen und eingebetteten Einzelfallstudie nach Yin 2003 mit 9 verschiedenen offenen Produktionswerkstätten als Analyseobjekten angewandt. Für die Datenerhebung wird eine Triangulation mit einem Mixed-Methods-Ansatz durchgeführt. Dazu zählen 17 halbstrukturierte Experteninterviews<sup>8</sup> sowie direkte und offene Beobachtung<sup>9</sup> nach Yin 2003. Die Auswertung und Analyse der Daten erfolgt nach der inhaltlich strukturierenden und qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz 2018.

Im *dritten Schritt* werden die Teillösungen zu einem Gesamtmodell zusammengefügt. Hierfür werden zunächst bereits bestehende Modelle zur Produktionsplanung und -steuerung mit einem Fokus auf Produktionsnetzwerke diskutiert. Auf Basis dieser Diskussion wird das Aachener PPS-Modell als für den Zweck der vorliegenden Arbeit am besten geeignet ausgewählt. Anschließend folgt eine Anwendbarkeitsanalyse durch einen Abgleich des gewählten Modells mit den im zweiten Schritt identifizierten spezifischen Anforderungen und Randbedingungen. In der Folge wird das Open PPS-Modell konzipiert, indem die im Aachener PPS-Modell beschriebenen Prozesse in den neuen Anwendungsfall transferiert sowie angepasst oder entsprechend den Anforderungen neu entwickelt werden.<sup>10</sup> Dies erfolgt mithilfe eines adaptierten House of Quality<sup>11</sup> (HoQ) aus der Quality Function Deployment (QFD) nach Akao 2004 und Taguchi 1986 durch das systematische Abgleichen der Anforderungen aus der Marktsicht (im

<sup>8</sup> Entspricht den Detailanforderungen in Abbildung 1.2, erhoben von Nutzern und Betreibern

<sup>9</sup> Entspricht den Teilanforderungen in Abbildung 1.2

<sup>10</sup> Entspricht den Detailmodellen als Einzelprozesse und Aufgaben in Abbildung 1.2

<sup>11</sup> Details siehe Kapitel 4.3.

vorliegenden Fall die Anforderungen der OPWs) mit den Leistungsmerkmalen aus der Prozesssicht (die Prozesse des Aachener PPS-Modells auf lokaler Ebene und Netzwerkebene<sup>12</sup>).

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Die einzelnen Kapitel dieser Dissertation bauen aufeinander auf. Die gewonnenen Erkenntnisse als Ausgangsgröße aus den einzelnen Abschnitten dienen als Eingangsgröße des darauffolgenden Abschnitts. Die Zusammenhänge der einzelnen Abschnitte und der Aufbau der Arbeit werden in Abbildung 1.3 dargestellt.

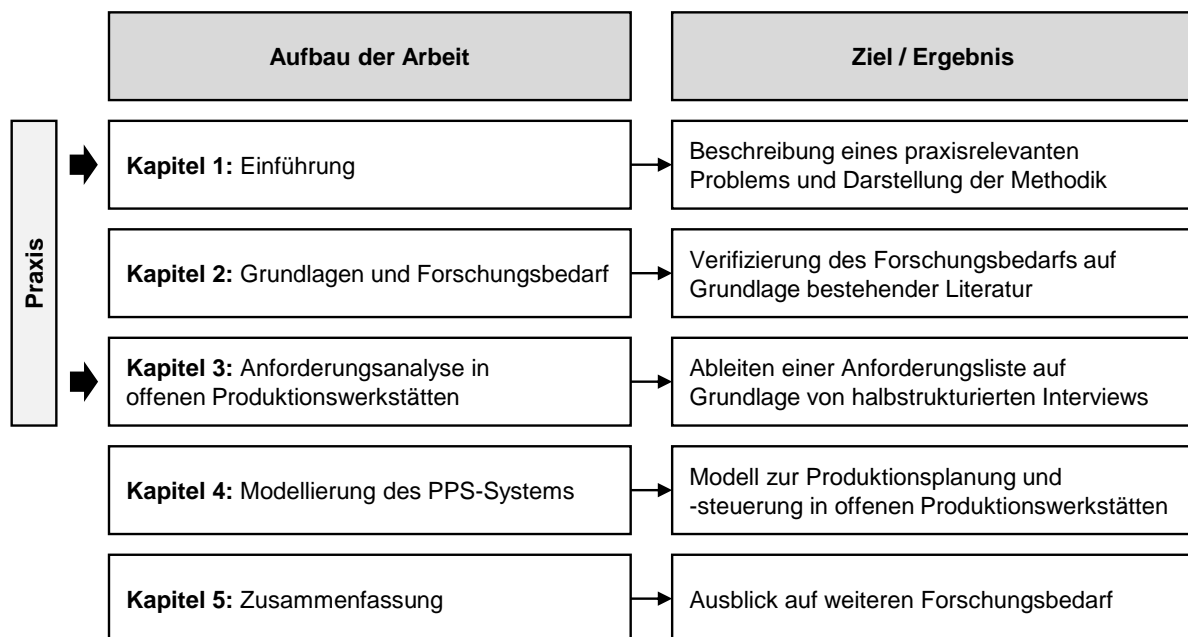


Abbildung 1.3: Aufbau der Arbeit mit dazugehörigen Zielen und Ergebnissen

**Kapitel 1** stellt die Motivation und Problemstellung sowie die Zielsetzung dieser Arbeit vor. In der Folge wird der gewählte forschungsmethodischen Rahmen sowie der daraus resultierende Aufbau dieser Arbeit dargestellt.

**Kapitel 2** stellt die relevanten inhaltlichen Grundlagen sowie die bestehende Literatur zu offenen Produktionswerkstätten und zur Produktionsplanung und -steuerung sowie damit verbundene Begriffen dar und diskutiert diese kritisch. Hierauf aufbauend wird der Handlungs- und Forschungsbedarf für die Modellierung abgeleitet.

<sup>12</sup> Lokale Ebene und Netzwerkebene entsprechen den Teilmodellen in Abbildung 1.2

- Kapitel 3** stellt den Weg der Anforderungserhebung sowie die damit verbundenen Ergebnisse für drei unterschiedliche Typen an offenen Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg dar. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend verdichtet und zu einer Liste von Anforderungen an das PPS-Modell kondensiert.
- Kapitel 4** diskutiert und vergleicht wissenschaftliche Modelle zur PPS. Anschließend wird das Aachener PPS-Modell zur Transferierung in den neuen Anwendungsfall ausgewählt. Dies erfolgt durch eine Anwendbarkeitsanalyse des Modells auf Grundlage der Anforderungsliste aus Kapitel 3. Anschließend folgt die eigentliche Anpassung und Modellierung.
- Kapitel 5** fasst die Arbeit schließlich zusammen und gibt einen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf. Außerdem erfolgt eine kritische Reflexion der Ergebnisse, in der noch einmal explizit auf die Mehrwerte des Modells eingegangen wird.

## 2 Grundlagen und Forschungsbedarf

Für ein einheitliches Verständnis werden im zweiten Kapitel die Grundlagen des Betrachtungsbereichs erläutert. Die Zielsetzung dieser Arbeit sieht die Modellierung einer Produktionsplanung und -steuerung in offenen Produktionswerkstätten vor. Daher wird ab Kapitel 2.1 zunächst der Begriff der offenen Produktionswerkstatt definiert und von verwandten Begriffen abgegrenzt. Anschließend werden der Begriff der Produktionsplanung und -steuerung sowie Ansätze zur Struktur und Implementierung in Produktionsnetzwerken mittels Integrative Literature Review diskutiert. Dieses Vorgehen zielt auf das Aufzeigen von gegenwärtigen Forschungslücken im Themenfeld ab. Darauf baut Kapitel 2.3 mit der Verifizierung des Forschungsbedarfs auf.

### 2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung der offenen Produktionswerkstatt

Den ersten Betrachtungsschwerpunkt dieser Arbeit stellt der Begriff der offenen Produktionswerkstatt dar. Mittlerweile gibt es insbesondere in Europa und Nordamerika viele Werkstätten, die vollständig oder teilweise für die allgemeine Bevölkerung geöffnet sind. Diese Werkstätten haben jedoch unterschiedliche Ausrichtungen. Daher sind aufgrund der Vielzahl dieser Orte und der unterschiedlichen Schwerpunkte hierfür auch unterschiedliche Namen und Begriffe entstanden. Ziel dieses Kapitelabschnitts ist daher die notwendige Definition der offenen Produktionswerkstatt und ihre Abgrenzung von verwandten Begriffen.

#### 2.1.1 Verwandte Begriffe

Für die Definition des Begriffs werden in diesem Unterkapitel zunächst die in diesem Zusammenhang ebenfalls häufig verwendeten Begriffe Makerspace und Fab Lab eingeführt und voneinander abgegrenzt. Durch dieses Vorgehen soll später der Begriff der offenen Produktionswerkstatt klarer differenzierbar sein.

##### 2.1.1.1 Makerspace

Der 2005 erstmalig erwähnte Begriff Makerspace wird häufig als Überbegriff für andere Einrichtungen wie Fab Labs und Hackerspaces gesehen (van Holm 2015; Ramsauer und Friessnig 2016). Dabei handelt es sich um einen Raum zum kreativen Arbeiten, in dem der Nutzer verschiedenste Produkte herstellen kann (Sheridan et al. 2014). Solche Räume finden sich z. B. in Büchereien, Universitäten, Schulen, Museen oder in anderen öffentlich zugänglichen Gebäuden (Horvath und Cameron 2015; Huang et al. 2018).



In diesem Raum findet der Nutzer verschiedene technische Ressourcen vor (Hynes und Hynes 2018; Oliver 2016a), die er zum kreativen Arbeiten nutzen kann. Dazu zählen digitale Produktionsmaschinen wie beispielsweise Lasercutter, CNC-Fräsen oder 3D-Drucker, die jedoch eher eine untergeordnete Rolle einnehmen (Troxler 2016; Oliver 2016a). Zusätzlich zählen Handwerkzeuge zur klassischen Ausrüstung (Ramsauer und Friessnig 2016; Oliver 2016b). Die Ausstattung von Makerspaces ist jedoch nicht standardisiert, so dass sie stark variieren kann (Horvath und Cameron 2015; Blikstein 2018). Durch das Fehlen von Vorgaben ist es daher schwierig, einen Makerspace von einem Nicht-Makerspace abzugrenzen (Blikstein 2018; Oliver 2016a).

Die Nutzer von Makerspaces kommen aus verschiedenen Gesellschaftsschichten und sind unterschiedlichen Altersstufen zuzuordnen. Auch das technische Vorwissen ist unterschiedlich stark ausgeprägt. Die Nutzer vereint jedoch das Ziel, im Makerspace Soft- oder Hardware zu entwickeln (Huang et al. 2018; Sheridan et al. 2014). Außerdem steht das Teilen von Wissen zwischen den Nutzern im Vordergrund. Es wird deshalb großer Wert auf den Aufbau einer lokalen Community um den Makerspace gelegt (Horvath und Cameron 2015; Niaros et al. 2017). Er ist jedoch in der Regel nicht global vernetzt (Troxler 2016; Blikstein 2018).

#### **2.1.1.2 Fab Lab**

Die Idee des Fab Labs ist 2002 durch Neil Gershenfeld am Media Lab des Massachusetts Institute of Technology (MIT) entstanden. Ein Fab Lab (Fabrication Laboratory) ist eine öffentlich zugängliche Werkstatt mit modernen Produktionstechnologien zum Lösen täglicher Probleme (Gershenfeld 2007). Zu den Maschinen gehören z. B. CNC-Fräsen oder Lasercutter (Shchekoldin et al. 2019; Capati 2017; Gershenfeld 2007). Darüber hinaus sind ebenfalls Handwerkzeuge vorhanden (Walter-Herrmann und Büching 2013).

Die Nutzer von Fab Labs sind vor allem Studenten, Bastler und teilweise auch Start-ups (Branding et al. 2019). Dies geht mit der überwiegenden Nutzung von Fab Labs im Bildungsbereich einher (Troxler 2016; Redlich et al. 2016). Innerhalb des Fab Labs gibt es einen ständigen Wissensaustausch zwischen den Nutzern (Ramsauer und Friessnig 2016). Die hergestellten Produkte sind meist Prototypen oder Modelle, die in Fab Labs in kurzer Zeit hergestellt werden können. Fab Labs werden ebenfalls meist von einer Community betrieben (Walter-Herrmann und Büching 2013; Troxler 2016).

Im Unterschied zu Makerspaces sind Fab Labs überwiegend organisiert und standardisiert. Es gibt Leitlinien in Form der „Fab Charter“<sup>13</sup>, an die sich Fab Labs halten müssen, um sich als solche bezeichnen zu dürfen. Dazu zählt unter anderem, dass eine minimale Maschinenausstattung vorgehalten werden muss, die unterschiedliche Fertigungsverfahren ermöglicht (Fasstermann 2014). In Abgrenzung zu Makerspaces liegt der Fokus der Maschinenauswahl auch auf digitalen Fertigungsverfahren. Eine wesentliche Rolle spielt der 3D-Druck (Walter-Herrmann und Büching 2013). Außerdem sind Fab Labs im Unterschied zu Makerspaces global miteinander vernetzt (Walter-Herrmann und Büching 2013; Blikstein 2018). Über das Netzwerk können sich Fab Labs und Nutzer untereinander zu verschiedensten Themen wie Technik, Logistik oder Finanzen austauschen und sich gegenseitig helfen (Troxler 2013). Dies geschieht durch Mailverteiler, Wikis oder entsprechende Gruppen in sozialen Medien (Troxler 2016).

### 2.1.2 Offene Produktionswerkstatt

Für diese Arbeit stellt eine offene Produktionswerkstatt (OPW) eine öffentlich zugängliche oder für einen definierten Nutzerkreis geöffnete Werkstatt dar, in der neben Privatpersonen auch Handwerker, Start-ups und Unternehmen die Möglichkeit haben, Produkte im B2B oder B2C herzustellen (Hildebrandt et al. 2020). Die Ausrüstung reicht von klassischen Handwerkzeugen bis zu digitalen Produktionstechnologien wie CNC-Fräsen, Maschinen für additive Fertigung oder Lasercuttern. Die Infrastruktur soll ausreichend professionell aufgesetzt sein, um damit die Herstellung eines Produkts zu ermöglichen. Dadurch wird dem Nutzerkreis ein Zugang zu klassischen und digitalen Produktionstechnologien geboten, von dem neben erfahrenen Nutzern auch junge Menschen profitieren können (Buxbaum-Conradi et al. 2019). Außerdem werden im Zusammenhang mit offenen Produktionswerkstätten in dieser Arbeit drei Rollen unterschieden:

- **Betreiber:** Eine offene Produktionswerkstatt wird von ihrem Betreiber verwaltet. Er ist Eigentümer oder Pächter der Örtlichkeit und stellt dem Nutzer vor Ort eine Fertigungsinfrastruktur zur Verfügung, die in der Regel in seinem Besitz ist. Betreiber können beispielsweise Vereine, Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder Privatpersonen sein.
- **Nutzer:** Der Nutzer macht für seine Zwecke Gebrauch von der Infrastruktur der offenen Produktionswerkstatt. Er ist damit in der Regel der Hersteller eines Produkts. Um die Maschinen bedienen zu können, hat er eine Einweisung erhalten und/oder verfügt über entsprechende Vorerfahrung. Nutzer können beispielsweise Vereinsmitglieder, Handwerker,

---

<sup>13</sup> „The Fab Charter“ ist einsehbar unter <http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>, online abgerufen am 07.05.2023.

Unternehmen oder Privatpersonen sein. Auch der Betreiber kann ein Nutzer sein, sofern er aktiv Fertigungsinfrastruktur nutzt und gleichzeitig eine offene Produktionswerkstatt betreibt.

- **Kunde:** Der Kunde steht in einer Geschäftsbeziehung zu einem Nutzer, der für ihn nach seinen Anforderungen ein Produkt in einer offenen Produktionswerkstatt herstellt. Der Kunde kann beispielsweise eine Privatperson, ein Unternehmen oder ein (anderer) Handwerker sein. Ein Kunde kann auch ein Nutzer sein, sofern er für sich ein Produkt herstellen lässt, er die Fertigungsinfrastruktur einer OPW jedoch auch selbst nutzt. Außerdem kann ein Kunde auch ein Betreiber sein, sofern er gleichzeitig eine offene Produktionswerkstatt betreibt. In dem Fall, dass der Kunde bei der Produktion des von ihm in Auftrag gegebenen Produkts mitarbeitet, wird er als Prosument (Vermischung von Produzent und Konsument) bezeichnet.

Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale zwischen einer offenen Produktionswerkstatt und Fab Labs sowie Makerspaces sind der Zweck und das Ziel der Nutzer. Fab Labs und Makerspaces sind überwiegend Orte des Lernens, in denen alltägliche Probleme gelöst und Prototypen gebaut werden. Die Nutzer einer offenen Produktionswerkstatt zielen darüber hinaus auch auf eine Herstellung von konkreten Produkten für sich selbst oder ihre Kunden ab. Damit sind OPWs stärker auf die Produktion und den Fab City Ansatz fokussiert, der bis zum Jahre 2054 eine vollständige Eigenproduktion aller benötigten Produkte in einer Stadt oder einem urbanen Raum vorsieht. Das Lernen soll somit eher eine untergeordnete Rolle einnehmen. Als Räumlichkeiten werden unter anderem Forschungseinrichtungen oder professionelle Werkstätten verwendet. Anders als bei Makerspaces und Fab Labs werden Schulen, Museen und Büchereien nicht genutzt.

Mit dem unterschiedlichen Ziel der Nutzer unterscheiden sich auch die Infrastruktur und die Standards der Maschinen. Offene Produktionswerkstätten sollen einen überwiegend für die Produktion nutzbaren Maschinenpark mit industrienahem Standard vorhalten und durch rechtliche Rahmenbedingungen (z. B. Vereinssatzung, Allgemeine Geschäftsbedingungen, Nutzungsbedingungen) eine solche Art der Herstellung sicherstellen. Selbst gebaute Maschinen finden daher nur eine Anwendung, wenn sie diese Standards erfüllen. Außerdem wird anders als bei Fab Labs die Infrastruktur nicht einheitlich vorgegeben, weshalb es wie bei Makerspaces zu unterschiedlichen thematischen Ausprägungen kommen kann. Und obwohl digitale Fertigungstechnologien in OPWs Anwendung finden, liegt darauf in Abgrenzung zu Fab Labs kein grundsätzlicher Fokus.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal sind die Rollen. Während bei Fab Labs und Makerspaces der Betreiber in der Regel eine Community (z. B. Verein) ist, werden offene Produktionswerkstätten genauso durch Forschungseinrichtungen und kommerziell agierende Unternehmen betrieben. Dadurch variieren auch die Nutzer. Während in Makerspaces und Fab Labs überwiegend Bastler und Hobbyisten aller Altersstufen anzutreffen sind, finden sich in OPWs vermehrt Handwerker, Start-ups und Unternehmensangehörige.

Trotzdem gibt es in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten in der Regel eine kleine Community an Nutzern, die sich gegenseitig bei ihren Projekten unterstützen. Da die Nutzer durch die Offenheit der Orte die Möglichkeit haben, auch andere OPWs für ihre Fertigung aufzusuchen, kommt es vereinzelt zu einem Austausch zwischen den offenen Produktionswerkstätten (weitere Details ab Kapitel 3.4.1.1). In Abgrenzung zu Fab Labs gibt es hier jedoch keinen global organisierten Austausch.

Durch die beschriebenen Unterschiede ist die offene Produktionswerkstatt damit in der Theorie als eigenständige Säule und nicht als Unterkategorie des Überbegriffs Makerspace anzusehen. In der Praxis ist die Abgrenzung der Säulen jedoch teilweise noch schwierig, weil sich einige Fab Labs und Makerspaces in einem Übergang zu offenen Produktionswerkstätten befinden. Daher werden in dieser Arbeit für eine tiefgreifendere Datenerhebung im Fallbeispiel Hamburg sowohl Werkstätten betrachtet, die durch ihre Mitgliedschaft im Fab City Netzwerk eine urbane Produktion in der Zukunft vorsehen und sich daher gegenwärtig im Umbruch befinden als auch solche, die bereits von der hier dargestellten Definition erfasst werden. Das in Kapitel 4 entwickelte Modell ist daher für beide Fälle konzeptioniert und unterstützt einerseits den Prozess des Umbruchs und fördert andererseits bereits bestehende OPWs in ihrer Produktion.

## **2.2 Begriffsdefinition und -abgrenzung der Produktionsplanung, -steuerung und -netzwerk**

Die Produktionsplanung und -steuerung sowie die Struktur und Umsetzung in einem regionalen Produktionsnetzwerk stellen den zweiten Betrachtungsschwerpunkt in dieser Arbeit dar. Aufgrund der Aktualität<sup>14</sup> des Themas sowie des Megatrends der zunehmenden individualisierten Produktion<sup>15</sup> gibt es gegenwärtig viele neue Veröffentlichungen in diesem Themenfeld. Daher wird in diesem Abschnitt mittels Integrative Literature Review zunächst der Begriff der

---

<sup>14</sup> U. a. Lieferengpässe durch COVID-19-Pandemie, Havarie der Ever Given im Suezkanal, Russland-Ukraine-Krieg.

<sup>15</sup> Vgl. Mass Personalization Paradigm.

Produktionsplanung und -steuerung definiert. Darauf folgt die Definition von Produktionsnetzwerken sowie des Cloud Manufacturing, das in Teilen ähnliche Ansätze wie das Fab City Konzept verfolgt. Das Vorgehen beruht auf Hildebrandt et al. 2021.

### 2.2.1 Methodik

In einem Integrative Literature Review werden bereits veröffentlichte Forschungsergebnisse zu einem komplexen Themenbereich beschrieben und kritisiert, um dadurch ein tieferes Verständnis und neue Erkenntnisse zu erlangen (Torraco 2005; MacInnis 2011). Nach Torraco 2005 wird der Ablauf des Integrative Literature Reviews in zwei Schritte unterteilt:

- Schritt 1: Identifikation und Sammlung von Papern, die am repräsentativsten für einen Themenbereich sind, mittels Keywordsuche in einer Datenbank.
- Schritt 2: Kurze Definition und Übersicht zu den Keywords sowie Analyse der theoretischen Grundlagen.

Als Datenbank wurde Web of Science verwendet. Web of Science stellt bis zu 10 verschiedene Datenbanken zur Auswahl, in denen nach spezifischen Begriffen gesucht werden kann. Zusätzlich kann nach Art und Fachdisziplin der Quellen gefiltert werden. Insgesamt sind in Web of Science über 171 Millionen Datensätze gelistet (Core Collection)<sup>16</sup>. Die Identifikation und Sammlung der Paper in der Datenbank erfolgte im Frühjahr 2021 und in englischer Sprache.

Die Keywords wurden durch eine Vorrecherche ausgewählt. Da sich die vorliegende Arbeit auf die lokale Produktionsplanung und -steuerung sowie regionale Produktionsnetzwerke fokussiert, wurden neben der Production Planning and Control als feststehendem Begriff für die zunehmende Individualisierung (sog. „Mass Personalization Paradigm“) und der Betrachtung der Netzwerkebene nach Lanza et al. 2022 und Lanza et al. 2019 zusätzlich die Begriffe (global) Production Network und das dem Fab City Konzept in Teilen ähnelnde Cloud Manufacturing als Keywords verwendet. Bei beiden letztgenannten Begriffen – wie auch beim Fab City Konzept – handelt es sich in Abgrenzung zur Industrie 4.0 um Netzwerkansätze, die grundsätzlich alle denkbaren Partnerkonstellation offen adressieren wollen (Liu et al. 2019a).

In Web of Science wurde bei der Suche mit den genannten Keywords erwartungsgemäß eine große Auswahl an Literatur gefunden, weshalb die Ergebnisauswahl durch Filter eingeschränkt wurde. Hierfür wurde zum einen nach der genauen und zusammenhängenden Wortgruppe des einzelnen Keywords gesucht und zusätzlich die Bedingung eingeführt, dass das

---

<sup>16</sup> Vgl. <https://clarivate.com/webofsciencelibrary/solutions/web-of-science/>, online abgerufen am 07.05.2023.

Keyword in der jeweiligen Veröffentlichung im Titel oder Abstract aufgeführt werden muss. Dadurch konnte die Anzahl der Ergebnisse von ursprünglich 68.319 Treffern auf eine finale Auswahl von 81 Treffern reduziert werden. (siehe Abbildung 2.1)

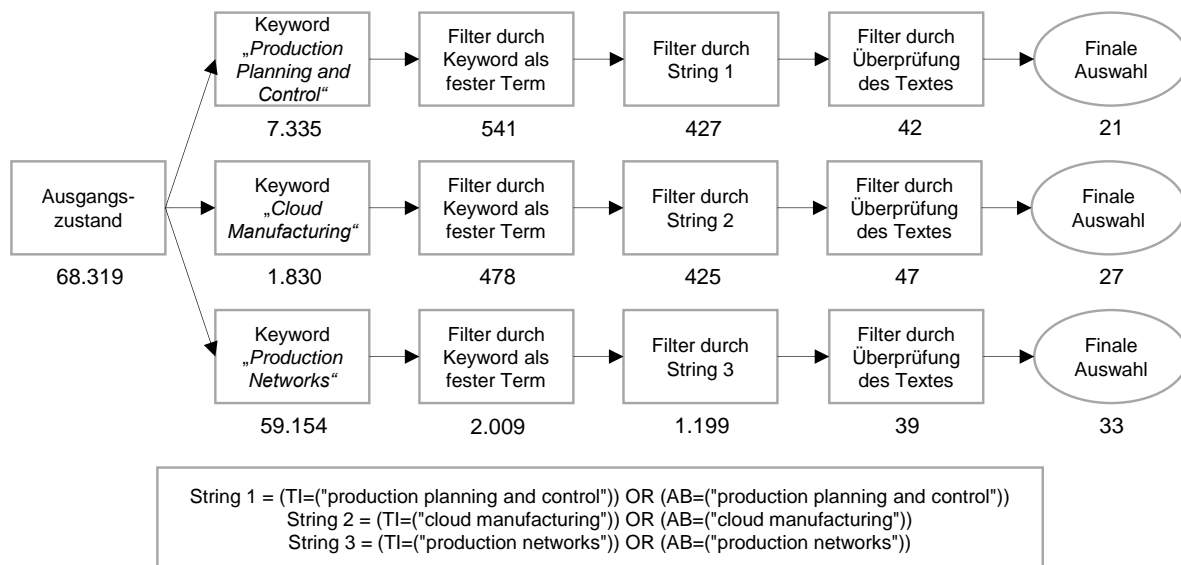


Abbildung 2.1: Literatursauswahlprozess mit Filtersystem<sup>17</sup>

Beim weiteren Vorgehen zur Auswahl der Literatur wurden im ersten Schritt der Titel und das Abstract jedes Ergebnisses betrachtet. Im zweiten Schritt wurde die Veröffentlichung vollständig gelesen und bei Relevanz wurden die zentralen Aussagen und Aspekte herausgearbeitet sowie die Quellen im Literaturverzeichnis und die Qualität des Journals, in dem das Paper veröffentlicht wurde, geprüft. Verworfen wurde während des Auswahlprozesses insbesondere diejenige Literatur, welche durch den Titel oder das Kurzreferat keine Schnittmenge mit dieser Dissertation erkennen ließ. Außerdem wurde Literatur ausgeschlossen, die nicht durch ein Peer-Review und/oder einen Verlag kontrolliert worden war und dadurch keine akademische Qualitätssicherung aufweist.

## 2.2.2 Begriffsdefinitionen

Für ein tiefgreifendes Verständnis der Produktionsplanung und -steuerung sowie von Produktionsnetzwerken und dem damit verbundenen Cloud Manufacturing werden in diesem Unterkapitel die drei genannten Begriffe definiert.

<sup>17</sup> Daten aus dem Frühjahr 2021.

### **2.2.2.1 Produktionsplanung und -steuerung**

Die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) ist in einem produzierenden Unternehmen verantwortlich für die Planung und Steuerung eines Herstellungsprozesses in Bezug auf die Größen Termine, Kapazitäten und Output (Hees et al. 2017b; Schuh und Scholz 2020). Die PPS transformiert dabei einen Kundenauftrag in ein physisches Produkt (Košturiak und Gregor 1995). Dadurch ist sie essenziell für die Erfüllung von Kundenbedarfen in Bezug auf Produktionsparameter und daher in unterschiedlichen Bereichen eines Betriebs und in einer Vielzahl von Ausführungen zu finden (Garetti und Taisch 1999; Stevenson et al. 2005). Die PPS bezieht sich oft auf die lokale Fertigung in einem Unternehmen, allerdings können auch Netzwerkaufgaben betrachtet werden (vgl. Schuh 2006, S. 31 ff.).

Die typischen Funktionen einer PPS umfassen die Bedarfsplanung, das Management der Nachfrage, die Kapazitätsplanung und die Auftragsplanung. Die Hauptziele dieser Funktionen sind unter anderem die Reduzierung der laufenden Arbeiten, die Reduzierung der Durchlaufzeiten, die Senkung der Lagerhaltungskosten, die Verbesserung der Reaktionsfähigkeit auf Nachfrageänderungen und die Einhaltung der Liefertermine (Stevenson et al. 2005). Die Systeme sind für gewöhnlich hierarchisch und top-down aufgebaut (Košturiak und Gregor 1995; Oluyisola et al. 2020).

Die PPS hat sich im Laufe der Jahre stark gewandelt. Früher waren die Modelle, die hierzu eingesetzt wurden, sehr statisch und berücksichtigten Änderungen aus dem aktuellen Situationsgeschehen (Echtzeitdarstellung) nur unzureichend (Wiendahl und Breithaupt 1999; Albey und Bilge 2011; Nyhuis et al. 2009). In heutigen Produktionen braucht es dagegen agile, skalierbare und rekonfigurierbare Produktionssysteme (Sato und Tsai 2004; Hees et al. 2017b). Hierfür ist die Einbindung des Internets of Things und weiterer Sensorik sehr vielversprechend (Oluyisola et al. 2020; Schuh et al. 2019). Außerdem wird seit etwa 2005 vermehrt in Form von Make-to-Order produziert. Bei dieser Produktionsstrategie werden Produkte (oder Teile davon) erst nach Eingang des Kundenauftrags hergestellt, wodurch wesentliche Produkteigenschaften noch kundenspezifisch angepasst werden können (Weng et al. 2008).

### **2.2.2.2 Produktionsnetzwerk**

Produktionsnetzwerke (PN) oder globale Produktionsnetzwerke sind organisierte Netzwerke in einem räumlichen Bezug, die aus unternehmenseigenen und unternehmensfremden Institutionen, durch die Waren und Dienstleistungen produziert und vertrieben werden, bestehen (Coe et al. 2008; Sturgeon 2001). Für die gemeinsame Produktion dieser Waren und Dienstleistungen werden alle Aktivitäten im Netzwerk vereint und geteilt .

Das Netzwerk profitiert von dieser Teilung, da die moderne Wirtschaft aus vernetzten und spezialisierten Produktionseinheiten besteht, die ihr Wissen teilen und jeweils komplementäre Fähigkeiten besitzen, wodurch das Netzwerk in der Gesamtheit ein größeres Fähigkeitsspektrum abdeckt (Ernst und Kim 2002; Carvalho 2014). Dadurch bieten Produktionsnetzwerke schnellen und günstigen Zugang zu Ressourcen, Kapazitäten und Wissen, wodurch Transaktionskosten für jeden einzelnen Netzwerkpartner gesenkt werden. Außerdem ist das Netzwerk dadurch insgesamt in der Lage, schneller auf Markttrends zu reagieren (Ernst und Kim 2002; Davis 2018; Be Isa et al. 2020; Kelber et al. 2020).

Produktionsnetzwerke sind, um optimal auf ständige äußere Veränderungen reagieren zu können, sehr dynamisch und variabel (Coe et al. 2008), aber gleichzeitig im Verbund sehr langzeitstabil und von der Hierarchie her polyzentrisch aufgebaut (Wiendahl und Lutz 2002). In Abgrenzung zu globalen Waren- und Wertschöpfungsketten sind Produktionsnetzwerke außerdem nicht linear aufgebaut. Stattdessen sind alle möglichen Netzwerkkonfigurationen zwischen den Netzwerkpartnern zulässig, wodurch die klassische Kunden-Lieferanten-Beziehung entfällt (Coe et al. 2008; Wiendahl und Lutz 2002). Als Partner in Produktionsnetzwerken sind in der Praxis vor allem zwar große Unternehmen aktiv, theoretisch werden aber alle relevanten Akteure (z. B. auch Start-ups und KMUs) und Beziehungen adressiert (Coe et al. 2008; Ernst und Kim 2002; Sturgeon 2002).

### **2.2.2.3 Cloud Manufacturing**

Beim Cloud Manufacturing (CMfg) handelt es sich um eine weitreichende Vernetzung in der Produktionsindustrie, mit dem Zweck, den Bedarf globalisierter Wertschöpfungsketten zu decken (Buckholtz et al. 2015). Obwohl es für diesen Begriff keine einheitliche Definition gibt, ist damit im Wesentlichen die Anwendung des Prinzips des Cloud Computings in der Produktionswelt gemeint (Adamson et al. 2015; Liu et al. 2019b). CMfg hat das Potenzial, die mit dem Mass Personalization Paradigm verbundenen Herausforderungen (z. B. Variantenvielfalt oder unvorhersehbare Bedarfsschwankungen) für globale Produktionsnetzwerke zu lösen (Lanza et al. 2022).

Das CMfg ist ein service- und bedarfsorientiertes Produktionsvorgehen in Netzwerken, bei dem in Echtzeit und online auf konfigurierbare Produktionsressourcen und -kapazitäten zugegriffen werden kann (Zhou et al. 2018; Tao et al. 2011; Chen und Wang 2021). Das bedeutet, dass Produktionsressourcen und -kapazitäten virtualisiert und dadurch für jeden Nutzer abrufbar werden (Zhang et al. 2014). In Erweiterung des Konzepts von Produktionsnetzwerken geht



es hierbei also auch konkret um die Frage, wie die eigentliche Produktion tatsächlich aussehen kann. Das Konzept zielt darauf ab, Kapazitäten zu zirkulieren, eine hohe Auslastung zu erreichen und bedarfsorientierte Nutzung verschiedener Fertigungsressourcen und -fähigkeiten zu realisieren. Dies geschieht durch die Bereitstellung von zuverlässigen, qualitativ hochwertigen, kostengünstigen und bedarfsabhängigen Fertigungsdienstleistungen für den gesamten Lebenszyklus der Fertigung (Tao et al. 2011; Tao et al. 2015).

Die Produktion kann dadurch verteilt stattfinden, während alle notwendigen Services und das gesamte Wissen (z. B. Produktionsdaten, Scheduling, Business Workflow Management) des Netzwerks zentral in einer Cloud abgelegt werden. Darüber hinaus soll jede Organisation am Netzwerk partizipieren und – ähnlich dem Konzept von Wikipedia – beispielsweise Wissen in der Cloud teilen können (Tao et al. 2011; Adamson et al. 2015). Die technische Umsetzung wird im physischen und virtuellen Bereich durch IoT, Cloud Computing und andere Computertechnologie unterstützt (Tao et al. 2011; Zhong et al. 2017). Beim CMfg gibt es im Wesentlichen drei unterschiedliche Rollen:

- **Provider:** Ihm gehören die Produktionskapazitäten in der jeweiligen Produktion, die er dem Netzwerk anbietet.
  - **Operator:** Er betreibt die Plattform und bietet dadurch Cloud Services für alle Nutzer an.
  - **Consumer:** Sie sind die Subscriber der Plattform, die beim Operator Manufacturing-Cloud-Services kaufen.
- (Tao et al. 2011)

Ob jeder (z. B. Privatpersonen oder Vereine) oder nur Industriepartner Consumer oder Provider sein können, wird unterschiedlich diskutiert (Wu et al. 2013; Ren et al. 2017). In Abgrenzung zu Industrie 4.0 wird das CMfg jedoch grundsätzlich nicht als ein rein industrielles Konzept angesehen, auch wenn es in der Regel in der Praxis so umgesetzt wird (Liu et al. 2019a; Liu und Xu 2017).

### 2.2.3 Literaturanalyse

Insgesamt wurden 81 Quellen analysiert. Bei der Betrachtung der Herkunft der Erstautoren zeigt sich, dass insgesamt 19 Staaten vertreten sind. Die meiste Literatur stammt von Erstautoren aus China, Deutschland und den USA. Die Verteilung der Keywords variiert dabei. Publikationen zum CMfg werden insbesondere von Erstautoren aus China (Ursprungsland des CMfg) und den USA veröffentlicht, während Veröffentlichungen zu PN und PPS insbesondere von Erstautoren aus Deutschland und den USA verfasst werden. Über dem errechneten

Durchschnitt von 4,26 Publikationen pro Staat liegt außerdem Großbritannien, wo ebenfalls Veröffentlichungen zum Thema PPS und PN entstehen (siehe Abbildung 2.2).

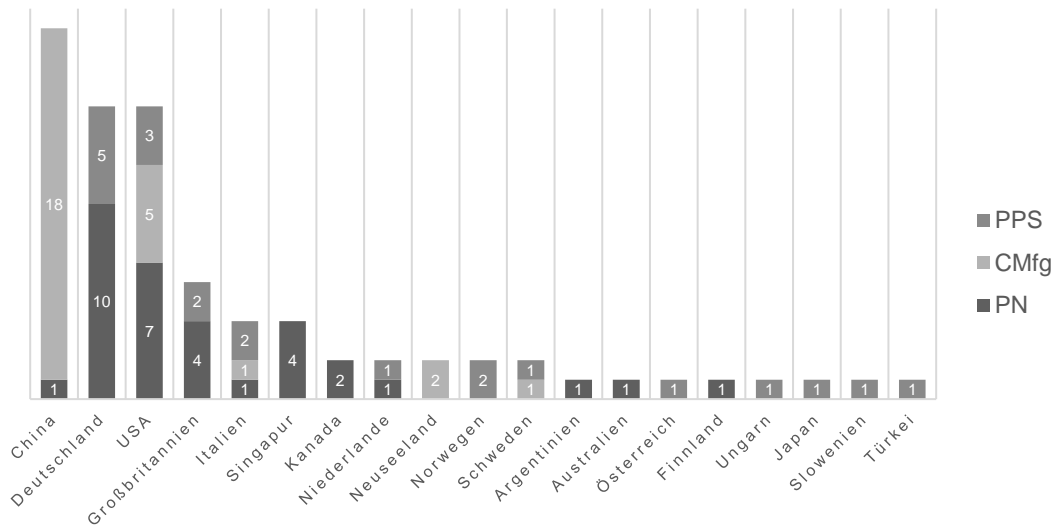


Abbildung 2.2: Anzahl der Veröffentlichungen nach Nation des Erstautors und Keyword

Die zeitliche Abfolge der Veröffentlichungen zeigt deutlich, dass der Großteil der Publikationen nach 2010 veröffentlicht wurde. Dieses Wachstum ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass einige Ansätze erst durch technologische Fortschritte (z. B. Cloud Computing, IoT, IKT) praktisch umsetzbar wurden. Die klassische PPS existiert schon seit einem längeren Zeitraum und ist im Fertigungssektor gut etabliert. Nach der Jahrtausendwende gab es zur PPS zwar kontinuierliche Veröffentlichungszahlen, ein Wachstum ist jedoch nicht erkennbar. (siehe Abbildung 2.3)

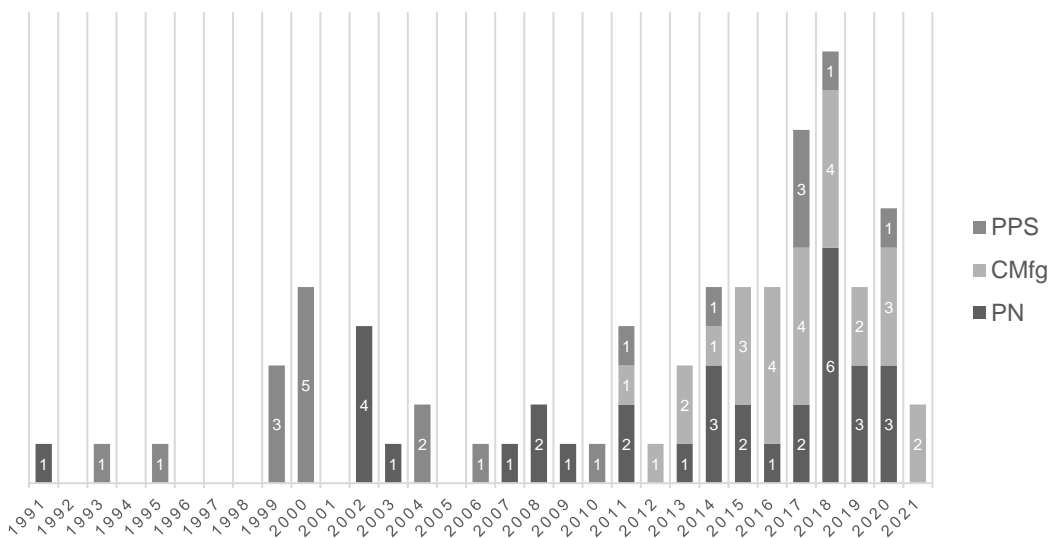


Abbildung 2.3: Anzahl der Veröffentlichungen nach Jahr und Keyword

In Bezug auf die Parameter Offenheit, Vernetzung und Dezentralisierung der jeweiligen Produktion konnte in den analysierten Veröffentlichungen festgestellt werden, dass viele Autoren zwar eine (globale) Reichweite als zentrale Komponente oder aber erstrebenswerte Ausprägung der Netzwerke beschreiben, diese Netzwerke in der Praxis jedoch meist auf einen bestimmten Nutzerkreis limitiert sind. Insbesondere wirtschaftliche Netzwerke mit Industrieunternehmen sind beschrieben worden. Lokal oder global vernetzte Produktionsnetzwerke mit einer Offenheit für alle Akteure (auch Privatpersonen, KMUs und Start-ups) werden in der Literatur nur in Ausnahmefällen und nur in Ansätzen diskutiert (siehe Abbildung 2.4). Dieser Umstand ist insofern bemerkenswert, als insbesondere bei PN und dem CMfg, teilweise aber auch bei der PPS, die Strategie des Teilens von Wissen und Ressourcen in einem offenen Netzwerk in der Theorie sehr wohl angedacht wird (z. B. Schuh et al. 2019; Tao et al. 2011; Ernst und Kim 2002).

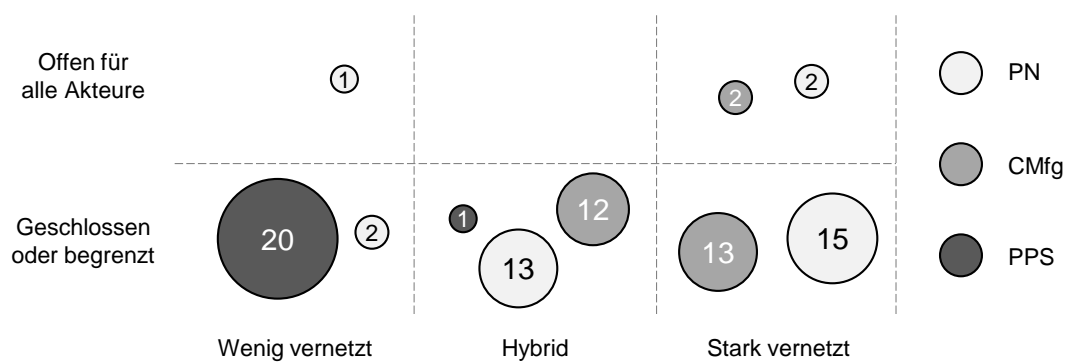


Abbildung 2.4: Kategorisierung der Paper nach Offenheit und Vernetzungsgrad

Ein ähnliches Phänomen zeigt sich in Bezug auf den Parameter der Dezentralisierung der einzelnen Standorte (sowohl global als auch lokal). Auch hier kann festgehalten werden, dass die Mehrzahl der Autoren zwar eine Dezentralisierung der Standorte diskutiert oder anstrebt, doch auch hier ist eine Öffnung des betrachteten Produktionsnetzwerks für Außenstehende in den allermeisten Fällen nicht beschrieben oder angedacht (siehe Abbildung 2.5). Außerdem fällt auf, dass die Literatur zur PPS einen stärkeren Fokus auf das einzelne Unternehmen und lokale Netzwerke legt, während PN und das CMfg überwiegend als global ausgelegt betrachtet werden. Dies spiegelt sich auch im Aufbau der Netzwerke wider. Während PN und das CMfg polyzentrisch aufgebaut sind, folgen PPS-Systeme überwiegend einem hierarchischen und linearen Ansatz (z. B. Wiendahl und Lutz 2002; Tao et al. 2011).

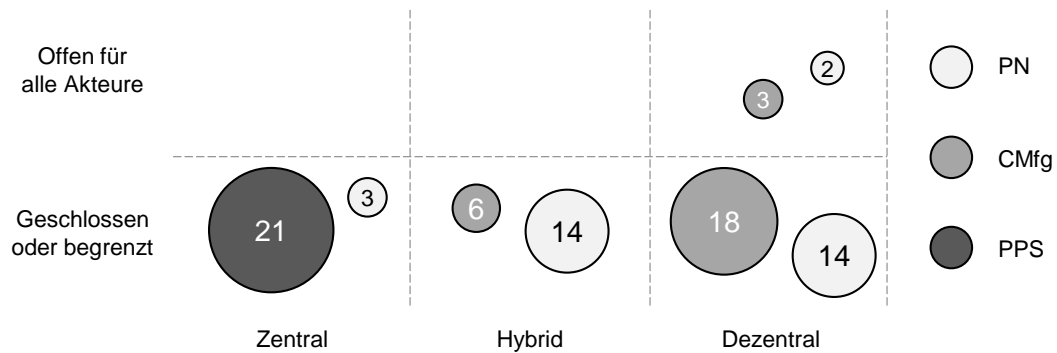


Abbildung 2.5: Kategorisierung der Paper nach Offenheit und Dezentralisierungsgrad

Abbildung 2.4 und Abbildung 2.5 zeigen durch die Unterteilung nach den Parametern Offenheit, Vernetztheit und Verteiltheit sowie der Verteilung der analysierten Literatur drei grundlegend verschiedene Haupttypen auf:

- **Haupttyp 1: Geschlossenes oder begrenztes System, zentral und wenig vernetzt.** Insbesondere die Literatur zur Produktionsplanung und -steuerung diskutiert diesen Haupttyp. Ein Beispiel für eine solche Art der Produktion sind traditionelle kleine und mittelständische Unternehmen in Deutschland.
- **Haupttyp 2: Geschlossenes oder begrenztes System, dezentral und stark vernetzt.** Die Literatur zum Cloud Manufacturing und Produktionsnetzwerken beschreibt überwiegend diesen Haupttyp. Beispiele für eine solche Art der Produktion finden sich in der klassischen Zulieferbranche (z. B. Fahrzeug- und Flugzeugbau), in der große Konzerne zentral die Vorgaben für die Produktion und Beschaffung von Bauteilen formulieren und global produzieren lassen.
- **Haupttyp 3: Offenes System, dezentral und stark vernetzt.** Anders als zu den anderen Haupttypen existiert hierzu nur wenig Literatur. Ein Beispiel für diese Art der Produktion sind offene Produktionswerkstätten, die dezentral im urbanen Raum verteilt sind und durch alle Bedarfsträger (auch Privatpersonen, Handwerker, Start-ups und KMUs) genutzt werden dürfen (Redlich und Moritz 2016; Branding et al. 2019).

Veröffentlicht wurde in unterschiedlichen Journals aus verschiedenen Disziplinen. Die Mehrheit richtet sich jedoch an den Bereich Fertigungstechnik. In der nachfolgenden Tabelle werden alle Journals mit Publishern dargestellt, die mindestens zwei Paper aus dem vorliegenden Review veröffentlicht haben (siehe Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1: Journals mit mehr als einem Paper in diesem Integrative Literature Review

Journal	Total	Publisher	Disziplin	Impact Factor
Production Planning & Control	8	Taylor & Francis	Operations Management	4.22
The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	6	Springer	Fertigungstechnik	2.96
International Journal of Production Research	6	Taylor & Francis	Fertigungstechnik	4.58
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	5	Taylor & Francis	Fertigungstechnik	2.48
Journal of Economic Geography	3	Oxford Academic	Wirtschafts-geografie	3.29
Journal of Manufacturing Science and Engineering	3	The American Society of Mechanical Engineers	Fertigungstechnik	2.88
CIRP Annals	2	Elsevier	Fertigungstechnik	5.52
IEEE Access	2	IEEE	Multidisziplinarität	4.64
CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology	2	Elsevier	Fertigungstechnik	3.26
Regional Studies	2	Taylor & Francis	Städte- und Regionalentwicklung	3.34
Research Policy	2	Elsevier	Management und Technologiewissenschaften	5.35

Die meisten Paper stellen einen Überblick und Grundlagen zu dem jeweiligen Thema dar. Da die PPS bereits seit Jahren ein fester Bestandteil der Produktion ist, beschäftigen sich die Autoren hier besonders mit der Simulation, Modellierung und Flexibilisierung der Produktion sowie der Präsentation neuer Konzepte. Im Bereich Cloud Manufacturing werden vor allem Grundlagen vorgestellt. Da das Konzept noch recht neu ist (erste Nennung 2009), werden vor allem theoretische Ansätze beschrieben. Zur Implementierung oder zur Analyse von bestehenden Netzwerken ist nur wenig veröffentlicht.

Das steht im Gegensatz zu Production Networks, zu denen es detaillierte Analysen zur praktischen Implementierung und Umsetzung gibt. Ansonsten werden auch hier vor allem Grundlagen vorgestellt. Außerdem gibt es wenig Veröffentlichungen zur Integration von Kunden in den Produktentstehungsprozess und zur Produktion in Maker-Netzwerken. Und obwohl in den letzten Jahren der Megatrend Neo-Ökologie omnipräsent geworden ist, beschäftigen sich lediglich zwei Autoren mit den Auswirkungen von Produktionsnetzwerken auf die Nachhaltigkeit (siehe Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Schwerpunkte der analysierten Paper nach Keyword

Keyword	Topic	Reference
<b>Production Planning and Control</b>	Flexibilisierung	(Košturiak und Gregor 1995; Gyulai et al. 2017; Sato und Tsai 2004; Gaalman und Suresh 1999)
	Effizienz- oder Produktionssteigerung	(Hees et al. 2017a)
	Echtzeitproduktion	(Rauch et al. 2018; Arica und Powell 2014)
	Frameworking	(Schmidt und Schäfers 2017)
	Modellierung und Simulation	(Wiendahl und Breithaupt 1999; Caridi und Cavalieri 2004; Garetti und Taisch 1999; Albey und Bilge 2011; Weng et al. 2008)
	Konzeptvorstellungen	(Zäpfel und Missbauer 1993; Oluyisola et al. 2020; Olhager und Wikner 2000; Mcfarlane und Bussmann 2000; Guide 2000; Guide et al. 1999)
	Implementierung	(Starbek und Grum 2000; Maccarthy und Fernandes 2000)
<b>Cloud Manufacturing</b>	Grundlagen und Überblick	(Alinani et al. 2020; Liu und Xu 2017; Liu et al. 2019b; Ren et al. 2017; Tao et al. 2011; Ren et al. 2015; Zhang et al. 2014; Zhong et al. 2017)
	Modellierung und Simulation	(Chen und Wang 2021; Chen et al. 2020; Lou et al. 2021)
	Optimierung und Effizienz- oder Produktionssteigerung	(Guo und Qiu 2018; Guo 2016; Li et al. 2017; Simeone et al. 2020)
	Implementierung	(Huang et al. 2013)

<b>Keyword</b>	<b>Topic</b>	<b>Reference</b>
<b>Cloud Manufacturing</b> (Fortführung)	Zukunftsperspektiven	(Liu et al. 2019a; Adamson et al. 2015; Buckholtz et al. 2015; Wu et al. 2013)
	Echtzeitproduktion	(Qu et al. 2016)
	Dynamisierung	(Zhou et al. 2018)
	Umfragen und Studien	(Bouzary und Frank Chen 2018; He und Xu 2015)
	Kollaborationen	(Moghaddam und Nof 2018)
<b>Production Networks</b>	Analyse von Netzwerken	(Florensa et al. 2015; Brydges 2018; Perez-Aleman 2003; Henderson et al. 2002; Drayse 2008; Saxenian 1991; Sturgeon 2002)
	Einflüsse auf Netzwerke	(Pomfret 2020; Jaehne et al. 2009)
	Umfragen und Studien	(Zheng et al. 2013)
	Netzwerke in der Maker-Szene	(Hamalainen und Karjalainen 2017)
	Effizienz- oder Produktionssteigerung	(Buergin et al. 2018)
	Kundenintegration	(Hochdörffer et al. 2018; Dellaert 2019)
	Grundlagen und Überblick	(Krätke 2014; Lanza et al. 2019; Wiendahl und Lutz 2002; Mella 2019; Coe und Yeung 2019; Yeung 2020, 2015; Carvalho 2014; Coe 2012; Coe et al. 2008; MacKinnon 2012; Davis 2018; Mahutga 2014)
	Produktionsplanung und -steuerung	(Kuehnle 2007)
	Nachhaltigkeit	(Pannok et al. 2020; Klooster und Mercado-Celis 2016)
	Flexibilisierung	(Prause und Atari 2017)
Wissensmanagement in Netzwerken	(Sandkuhl und Smirnov 2018; Ernst und Kim 2002)	

## 2.3 Forschungsbedarf

Aus dem Integrative Literature Review geht hervor, dass zum Haupttyp 1 und Haupttyp 2 bereits eine große Menge an Literatur zu den Keywords PPS, PN und CMfg vorhanden ist. Zu Haupttyp 3 (offenes System, dezentral und stark vernetzt) existiert dagegen nur wenig Literatur. Die Herausforderungen, die in dem Fallbeispiel zur Entwicklung und Produktion von Face-shields im OpenLab Hamburg während des Projektverlaufs erkannt wurden (vgl. Kapitel 1.1.1), sind also auch auf theoretischer Ebene noch nicht gelöst. Somit können die zunächst in der Praxis festgestellten Lücken nun auch in der Theorie nachgewiesen und bestätigt werden. Die Konzeption eines PPS-Modells für Systeme des Haupttyps 3 spricht dabei vor allem die in Kapitel 1.1.1.3 identifizierten Handlungsfelder zwei und drei (Förderung des offenen Austausches von Produktionsdaten und Wissen; Entwicklung eines Produktionsplanungs- und -steuerungsmodells für offene Produktionswerkstätten) an.

Die lokale Produktion in dezentralen Werkstätten gewährleistet kurze Lieferketten und geringere Abhängigkeitsverhältnisse. Der Bedarf an beidem ist durch die jüngeren Ereignisse der frühen 2020er-Jahre zuletzt stark gestiegen. Aber auch unabhängig von Krisensituationen bietet die bedarfsorientierte und hochgradig individualisierte Produktion<sup>18</sup> das Potenzial einer höheren Kundenzufriedenheit. Dabei handelt es sich um ein Ziel, das sowohl die Bevölkerung als auch KMUs und große Unternehmen verfolgen. In Verbindung mit den Megatrends der Neo-Ökologie und der Urbanisierung kann außerdem abgeleitet werden, dass die Produktion von Gütern wieder vermehrt im städtischen Raum am Ort des Bedarfs und mit kurzen räumlichen Distanzen für die beteiligten Akteure stattfinden wird. Eine Produktion vor Ort leistet dabei in mehrfacher Hinsicht einen Beitrag zur ökologischen Nachhaltigkeit. Einerseits werden Transportwege verkürzt, andererseits kann die lokale Produktion auch zu einer höheren Nutzungsdauer des einzelnen Produkts beitragen, da nutzungsverlängernde Maßnahmen wie Reparaturen oder Upgrades durch eine räumliche Nähe von Konsum und Produktion leichter umsetzbar sind. Damit bietet ein PPS-Modell, das dezentrale, vernetzte, offene Produktion unterstützt, nicht nur dem Fab City Ansatz einen Mehrwert, sondern potenziell jedem lokalen Produktionsnetzwerk und damit der gesamten lokalen Bevölkerung.

Auf der anderen Seite ist die Abbildung dieser Verknüpfungen in einem konkreten Modell ein komplexes Unterfangen, das, wie im Integrative Literature Review dargestellt wurde, bisher weder (ausreichend) diskutiert noch umgesetzt wurde. Nicht zuletzt die Abbildung der Interaktionen der einzelnen Akteure sowie das systematische Erheben von Bedarfen aus der Bevölkerung und die sukzessive Konvertierung dieser Bedarfe in Produktionsaufträge sind dabei

---

<sup>18</sup> Vgl. Mass Personalization Paradigm.



zentrale Aspekte eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung in dezentralen, offenen und vernetzten Produktionswerkstätten, denen bisher kaum Beachtung geschenkt wurde.

Um dem Forschungsbedarf nachzugehen und ein PPS-Modell für den Anwendungsfall zu entwickeln, werden im nachfolgenden Kapitel 3 zunächst empirisch mittels Experteninterviews sowie direkter und offener Beobachtung Anforderungen erhoben, denen ein solches Modell in der Praxis genügen soll. Dies soll einerseits sicherstellen, dass im Modell die komplexen sozio-technischen Interaktionen abgebildet werden und andererseits die Stimme des Marktes in der Konzeption berücksichtigt wird. Dadurch soll ein anwendbares Modell entwickelt werden, das einen tatsächlichen Mehrwert bietet und den Bedürfnissen der Akteure gerecht wird. Diese Anforderungen werden dann anschließend in Kapitel 4 mit konkreten Prozessen, die das Aachener Modell für die PPS vorsieht, abgeglichen und darauf aufbauend für den vorliegenden Anwendungsfall optimiert oder neu modelliert.

### 3 Empirische Erhebung der Anforderungen

Tabelle 3.1: Ziel, Sub-Forschungsfragen und Methodik des dritten Kapitels

<b>Ziel des Kapitels</b>	Induktive Identifikation und Erhebung von Ist-Zuständen sowie Randbedingungen und daraus resultierenden Anforderungen an ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung in vernetzten, dezentralen und offenen Produktionswerkstätten in Hamburg
<b>Sub-Forschungsfragen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Welche Typen von offenen Produktionswerkstätten gibt es in Hamburg?</li> <li>2. Welche Ist-Zustände und Randbedingungen bestehen vor Ort?</li> <li>3. Welchen Anforderungen muss ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg genügen?</li> </ol>
<b>Methodik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Forschungsansatz:</b> Explorative und repräsentative eingebettete Einzelstudie mit 9 verschiedenen Analyseobjekten (offenen Produktionswerkstätten)</li> <li>▪ <b>Datenerhebung:</b> Triangulation mit Mixed-Methods-Ansatz mit 17 halbstrukturierten Experteninterviews und direkter und offener Beobachtung nach Yin 2003</li> <li>▪ <b>Auswertung und Analyse:</b> Inhaltlich strukturierende und qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz 2018</li> </ul>

#### 3.1 Einführung

Das in Kapitel 2.2 durchgeführte Integrative Literature Review zeigt, dass es noch kein etabliertes und anwendbares Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für offene, vernetzte und dezentrale Produktionswerkstätten gibt, obwohl der Bedarf durch das Beispiel der Entwicklung und Produktion von Faceshields im OpenLab Hamburg aufgezeigt wurde (vgl. Kapitel 1.1.1). Für die Entwicklung dieses PPS-Modells in einem solchen Kontext müssen jedoch zunächst die Grundlagen geschaffen, das heißt die entsprechenden Anforderungen erhoben werden. Anders als in industriellen Betrieben ist in den diversen und unterschiedlichen offenen Produktionswerkstätten nicht von einheitlichen Abläufen, Zielen, Randbedingungen und einheitlicher Maschineninfrastruktur auszugehen. Auch unterscheiden sich die Erfahrung und Ausbildung des Personals in den unterschiedlichen offenen Werkstätten.

Aus diesem Grund sollen in diesem Kapitel zunächst mittels eingebetteter Einzelfallstudie induktiv Ist-Zustände und Randbedingungen<sup>19</sup> sowie Anforderungen aus offenen Produktionswerkstätten an ein solches Modell identifiziert und erhoben werden (vgl. Tabelle 3.1). Die Ergebnisse sollen in der Folge so kondensiert werden, dass sie als Eingangsgröße in der anschließenden Modellierung fungieren können (ab Kapitel 4.4.2.1). Um dieses Ziel zu erreichen, wurden für dieses Kapitel die folgenden drei Sub-Forschungsfragen abgeleitet:

1. Welche Typen von offenen Produktionswerkstätten gibt es in Hamburg?
2. Welche Ist-Zustände und Randbedingungen gelten vor Ort?
3. Welche Anforderungen werden an ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für offene Werkstätten am Fallbeispiel Hamburg gestellt?

## **3.2 Kapitelaufbau**

Das Kapitel ist in drei Hauptbereiche aufgeteilt. Zunächst wird das methodische Vorgehen mit der durchgeführten Datenerhebung und -analyse beschrieben (ab Kapitel 3.3). Darauf folgt eine Vorstellung der untersuchten offenen Produktionswerkstätten sowie der Ergebnisse. Dabei werden auch die drei genannten Sub-Forschungsfragen explizit beantwortet (ab Kapitel 3.4) Abschließend folgen die kritische Diskussion und der Ausblick (Kapitel 3.5).

## **3.3 Methodisches Vorgehen**

Das methodische Vorgehen dieses Teils der Forschungsarbeit folgt dem ersten Schritt des Modells der Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Modellen durch eine stetige Detaillierung der Anforderungen (in Anlehnung an VDI 2221 1993, vgl. Kapitel 1.3 und Abbildung 3.1)

---

<sup>19</sup> Randbedingungen meinen nach Pohl und Rupp 2009 organisatorische oder technologische Anforderungen, die die Entwicklung eines Produkts (in dieser Arbeit eines Modells) einschränken.

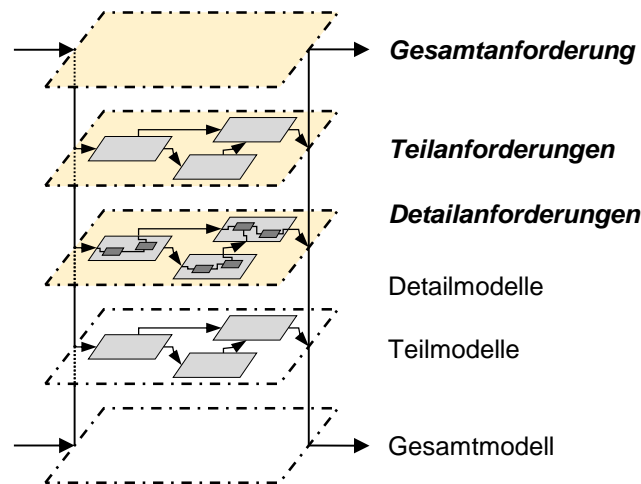


Abbildung 3.1: Erster Schritt zur Dekomposition komplexer Anforderungen  
(eigene Darstellung in Anlehnung an VDI 2221 1993)

Die Gesamtanforderung sieht die lokale Produktion und Wertschöpfung in einer Stadt oder einem urbanen Raum vor. Die Teilanforderungen ergeben sich aus Ist-Zuständen und Randbedingungen in den unterschiedlichen offenen Produktionswerkstätten. Die darin aktiven Nutzer und Betreiber bestimmen schlussendlich die Detailanforderungen an das Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, dezentrale und offene Produktionswerkstätten in Hamburg.

Die hierfür verwendete Methodik wird nachfolgend im Wechsel zwischen theoretischen und praktischen Inhalten vorgestellt. Dazu wird jeweils der theoretische Hintergrund des gewählten Forschungsansatzes, der Datenerhebung sowie der Auswertung und Analyse vorgestellt, bevor die dazugehörigen und im Rahmen dieser Arbeit praktisch durchgeführten Schritte erläutert werden. Die Analyse der Qualität der Ergebnisse nach den wissenschaftlich anerkannten Gütekriterien der qualitativen Forschung folgt in der kritischen Reflexion dieses Kapitels.

### 3.3.1 Theoretische Einführung in die Fallstudie als wissenschaftliche Methode

Eine Fallstudie ist eine empirische Untersuchungsmethode, die mittels unterschiedlicher Datenerhebungs- und -analysetechniken darauf abzielt, ein Phänomen, das in einen realen Kontext eingebettet ist, zu untersuchen. Sie ist besonders geeignet für die Beantwortung von Fragen nach dem Wie und Warum, sofern keine Verhaltenskontrollen existieren und die zu untersuchenden Ereignisse eine gewisse Aktualität aufweisen. Fallstudien werden insbesondere dann verwendet, wenn ein ungewöhnliches oder atypisches Problem vorliegt oder dieses

identifiziert werden soll und durch den oder die Fälle neue und ungeahnte Einblicke und ggf. Lösungsansätze gewonnen werden können (Yin 2003).

Die eigentliche Untersuchung erfolgt durch ein oder mehrere Analyseobjekte, die wiederum in den jeweiligen Fall eingebettet sind. Eine Fallstudie wird je nach Forschungsdesign in der Regel als ergebnisoffen angesehen, da diese Forschungsstrategie ein Untersuchungsumfeld umreißt, ohne auf eine konkrete Lösung hinzuarbeiten. Die Fallstudie liefert dann einen großen Forschungsmehrwert, wenn die Grenzen zwischen dem zu untersuchenden Phänomen und seinem realen Kontext verschwimmen (Yin 2003).

Um aus Fallstudien Theorien, Inhalte oder Konzepte abzuleiten, werden hierfür ein oder mehrere Fälle verwendet, die aus fallbasierten empirischen Belegen extrahiert werden (Eisenhardt 1989). Mehrfallstudien betrachten dabei mehrere Fälle und Kontexte, während sich Einzelfallstudien auf einen konkreten Fall mit einem einzelnen Kontext beschränken. Durch die Mehrzahl an Fällen sind bei Mehrfallstudien Replikationen des Forschungsansatzes in unterschiedlichen Kontexten möglich. Die gewonnenen Ergebnisse bieten dadurch eine Vergleichbarkeit und können sich gegenseitig bestätigen, wodurch Mehrfallstudien eine hohe Glaubwürdigkeit aufweisen und allgemeingültiger sind. Bei Einzelfallstudien handelt es sich im Gegensatz dazu meist um die Erforschung einer extremen oder einzigartigen Situation, die den Forschern erstmalig Zugang zu bis dahin unerreichbaren Daten liefert. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Anzahl der Analyseobjekte. Bei holistischen Fallstudien wird lediglich ein Analyseobjekt in einem oder mehreren Fällen erforscht, während bei eingebetteten Fallstudien mehrere Analyseobjekte in einem oder mehreren Fällen untersucht werden (Yin 2003).

Die wissenschaftliche Güte einer Fallstudie zeichnet sich insbesondere durch ihre Reliabilität und Validität aus. Zur Erhöhung der Reliabilität ist laut Yin 2003 die Verwendung eines Fallstudienprotokolls und der Aufbau einer Fallstudien Datenbank empfehlenswert. Die Validität gliedert sich in die Konstruktvalidität, die interne Validität und die externe Validität. Die Konstruktvalidität wird insbesondere durch die Verwendung mehrerer Datenquellen und die Ergebnisdiskussion mit Stakeholdern erhöht. Die interne Validität wird durch den Aufbau einer kognitiven Karte oder durch andere Methoden gesteigert, die logische und sonstige Zusammenhänge aufdecken. Die externe Validität wird durch die Verwendung der Replikationslogik in mehreren Fallstudien erhöht (Yin 2003).

Die eigentliche Auswahl eines oder mehrerer Fälle wird dadurch bestimmt, ob diese geeignet sind, Beziehungen und Logik zwischen Konstrukten darzustellen und zu erweitern (Eisenhardt und Graebner 2007). Zusätzlich gibt es unterschiedliche Arten von Fällen (z. B. typische,

repräsentative, diverse und extreme Fälle), deren jeweilige Charakteristika sich unterschiedlich auf das Ergebnis auswirken oder mit denen unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden können (Seawright und Gerring 2008). Der in dieser Arbeit verwendete repräsentative Fall stellt als Einzelfallstudie ein Beispiel für ähnliche, vergleichbare Fälle dar (Hersen und Barlow 1982). Der Forscher möchte dabei einen typischen Fall eines bestimmten Phänomens finden, um dadurch u. a. kausale Mechanismen und Hintergründe zu untersuchen, die in allgemeinen und fallübergreifenden Beziehungen wirken. Außerdem hat der Forscher die Möglichkeit, zuvor angenommene kausale Mechanismen auf deren Existenz zu prüfen (Seawright und Gerring 2008).

### 3.3.2 Hamburg als Untersuchungskontext

Als Forschungsansatz wurde eine explorative und repräsentative eingebettete Einzelfallstudie mit offenen Produktionswerkstätten als Analyseobjekte ausgewählt (vgl. Abbildung 3.2). Das zu erforschende Phänomen ist die gegenwärtige Wertschöpfung in offenen, dezentralen und vernetzten Produktionswerkstätten<sup>20</sup>. Insbesondere die Frage, wie die gegenwärtige Wertschöpfung abläuft, ist dabei Untersuchungsschwerpunkt. Als These wurde angenommen, dass sich die OPWs in drei verschiedene Typen mit unterschiedlichen Anforderungen einordnen lassen: Community-betriebene, kommerziell betriebene und universitär betriebene Produktionswerkstätten (vgl. z.B. Buxbaum-Conradi et al. 2018).

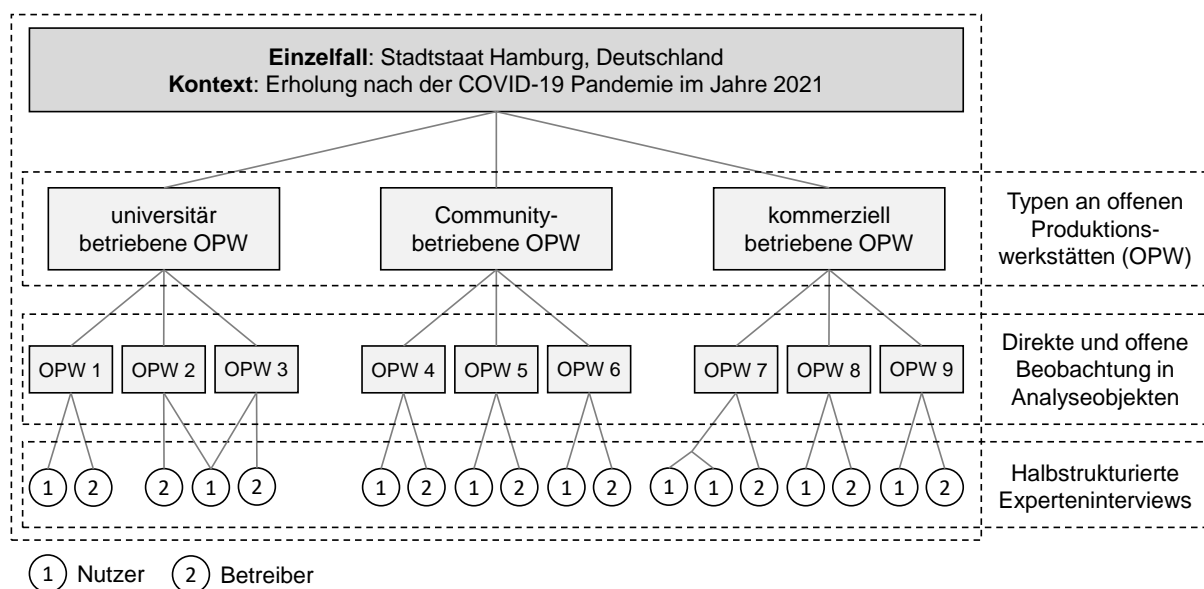


Abbildung 3.2: Methodischer Aufbau der Einzelfallstudie mit Darstellung der Datenerhebung

<sup>20</sup> Vgl. Definition zu offenen Produktionswerkstätten und Hinweise zu dieser Arbeit in Kapitel 2.1.2

In Erweiterung des Beispiels der Entwicklung und Produktion von Faceshields im OpenLab Hamburg (vgl. Kapitel 1.1.1) wurde der deutsche Stadtstaat Hamburg im Kontext der Erholung nach der COVID-19 Pandemie als Fall ausgewählt. Dabei ist das Thema Resilienz omnipräsent. Den Bürgern stehen wieder mehr Aktivitäten offen, vereinzelt kommt es jedoch zu Kontakt-Restriktionen. Die Freie und Hansestadt Hamburg ist mit ca. 1,85 Millionen Einwohnern die zweitgrößte Stadt in der Bundesrepublik Deutschland.<sup>21</sup> Durch die geografische Lage (insbesondere durch die Anbindung zur Nordsee über die Elbe) prägen der internationale Handel sowie der Güterschiffsverkehr seit vielen Jahrhunderten das Bild der Stadt. Der Hamburger Hafen stellt dabei einen der weltweit größten Schifffahrtsumschlaghäfen dar.<sup>22</sup> Daneben ist Hamburg im Bereich Luft- und Raumfahrttechnik, in der Biowissenschaft, in der Informationstechnik sowie in der Konsumgüterbranche bedeutend.<sup>23</sup>

Auf der anderen Seite verfolgt Hamburg seit Jahren erfolgreich eine gezielte Wirtschaftsförderung der Kultur- und Kreativwirtschaft, bei der es insbesondere um die Ansiedlung, Förderung und Vernetzung von Akteuren aus der Kreativbranche geht.<sup>24</sup> Als Teil der Kultur- und Kreativwirtschaft in Hamburg hat sich die Maker-Szene etabliert. Dadurch sind in Hamburg einige offene Produktionswerkstätten und Makerspaces oder Fab Labs beheimatet, die seit langer Zeit durch Vereine oder Vereinigungen betrieben werden. Doch auch in der Industrie, dem Handwerk und dem Bildungssektor haben offene Produktionswerkstätten in Hamburg als Orte des Produzierens, Innovierens und Lernens Einzug gehalten. Zum Zeitpunkt der Forschung (2021) konnten aufgrund dieser Entwicklungen in Hamburg insgesamt 12 offene Produktionswerkstätten gezählt werden.

Aus den unterschiedlichen Akteuren hat sich in den 2010er-Jahren das Fab City Konsortium als Zusammenschluss der einzelnen Akteure gebildet, wodurch sich die Freie und Hansestadt Hamburg 2019 als erste deutsche Stadt der globalen Initiative der Fab Cities angeschlossen hat. Dieses Städtenetzwerk zielt darauf ab, bis zur Mitte dieses Jahrhunderts (fast) alle Produkte regional herzustellen und den ursprünglichen Warenaustausch zwischen den Städten mittels Austausch von Produktdaten in den digitalen Raum zu verlagern. Dieser Ansatz verfolgt damit scheinbar atypische Ziele, die jenen des maritimen Clusters in Hamburg entgegengesetzt sind. Der Ansatz wird jedoch ebenfalls durch die Stadt Hamburg unterstützt, um diese zukunftsweisende Vision zu fördern. Aus dem Fab City Konsortium wurde 2020 schlussendlich der Fab City Hamburg e. V. gegründet, der mittlerweile 20 juristische Personen (darunter fünf

---

<sup>21</sup> Vgl. <https://www.marketing.hamburg.de/das-ist-hamburg.html>, online abgerufen am 07.05.2023.

<sup>22</sup> Vgl. Shipping Statistics and Market Review, Volume 60 No 5/6, 2016.

<sup>23</sup> Vgl. Bericht des Industriekoordinators 2021 zur Industriemetropole Hamburg.

<sup>24</sup> Vgl. Gutachten „Kreative Milieus und offene Räume“, 2010.

offene Produktionswerkstätten) als stimmberechtigte Mitglieder umfasst und sich seitdem mit der Umsetzung dieses Ziels beschäftigt. Wie viele Institutionen und Unternehmen befasst sich der Verein dabei u. a. durch die COVID-19 Pandemie mit resilienter Wertschöpfung (z. B. Neumann et al. 2021, Hildebrandt et al. 2022b)

Hamburg wurde als maximal dislozierter und spezifischer Einzelfall ausgewählt, weil sich durch den Diskurs über den Hamburger Hafen und die Fab City Vision ein einzigartiger und zuvor unerreichter Forschungskontext ergibt (Merkmal nach Yin 2003). Zusätzlich für die Auswahl sprechen die Ausprägung der regionalen Forschungslandschaft sowie die vielen öffentlichen und gesellschaftlichen Partner und Unterstützer, die sich im Fab City Bereich engagieren. Dadurch und durch die Vielzahl an offenen und dezentralen Produktionswerkstätten ergibt sich in der Metropolregion eine sehr hohe Dynamik und Wachstumsrate an neuem Wissen zur dezentralen Fertigung und Wertschöpfung.

Folglich bündeln sich in Hamburg viele Informationen zum Phänomen der lokalen Wertschöpfung und lassen sich dadurch gut empirisch erheben. Gleichzeitig verschwimmen die Grenzen zwischen Phänomen und Fall (Merkmal nach Yin 2003). Daher ist der ausgewählte Fall für die Zwecke der Analyse besonders geeignet, und durch die unterschiedlichen Beziehungen, Einflüsse und Attribute, die für die Analyse relevant sind, kann erwartet werden, dass anhand des Hamburger Einzelfalls eine überdurchschnittliche Menge an Informationen zum Phänomen erhoben werden kann (Flyvbjerg 2006).

Außerdem wurde Hamburg als repräsentative Einzelfallstudie ausgewählt, da der Fall in der Zukunft als Beispiel für spätere Analysen in weiteren Fab Cities dienen kann. Aktuell sind andere Fab Cities in Bezug auf Forschung und Entwicklung meist noch weniger gut gefördert und weisen dadurch teilweise einen geringeren Implementierungsgrad der Vision auf. Der Einzelfall Fab City Hamburg kann somit zu einem späteren Zeitpunkt als Startpunkt für weitere internationale Analysen und Vergleiche dienen.

Die eigentliche Datenerhebung fand auf Basis der weiter oben getroffenen Unterscheidung zwischen den drei eingebetteten Analyseobjekten Community-betriebene, kommerziell betriebene und universitär/staatlich betriebene offene Produktionswerkstätten statt (sog. eingebettete Einzelfallstudie). Als Analyseobjekte wurden aus den in Hamburg insgesamt 12 vorhandenen OPWs jeweils drei beispielhafte Vertreter ausgewählt, in denen die eigentliche Datenerhebung stattgefunden hat (Details zur Datenerhebung ab Kapitel 3.3.4).



Die beispielhaften Vertreter im Community-Bereich wurden dabei aus den Mitgliedern des Fab City Vereins ausgewählt, da sie dadurch repräsentativ für die Vision und den aktuellen Stand der Umsetzung sind. Für die weitere Eingrenzung der beispielhaften Vertreter (es gibt insgesamt fünf OPWs im Fab City Verein, davon wurden drei ausgewählt) wurde eine Material- und Maschinenoffenheit gefordert, um den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn für ein Produktionsplanungs- und Steuerungssystem zu maximieren. Da sich zwei der fünf offenen Produktionswerkstätten (fast) ausschließlich mit Holzarbeiten beschäftigen, wurden diese bei der weiteren Analyse nicht berücksichtigt.

Die drei Vertreter für den kommerziell betriebenen Bereich wurden aufgrund einer räumlichen oder sozialen Nähe zu den Community-betriebenen Werkstätten ausgewählt. Sie repräsentieren für den Erkenntnisgewinn als Unternehmen eine wirtschaftliche Komponente. Außerdem handelt es sich hierbei um die Grundgesamtheit, da zum Zeitpunkt der Datenerhebung keine weiteren Produktionswerkstätten in diesem Bereich bekannt waren.

Die drei universitär bzw. staatlich betriebenen Werkstätten wurden ausgewählt, da sie ebenfalls eine räumliche, ideelle oder soziale Nähe zur Fab City Vision haben und zum Zeitpunkt der Datenerhebung ebenfalls keine weiteren Werkstätten aus diesem Bereich in Hamburg betrieben wurden. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Analyseobjekte folgt in Kapitel 3.4.1, 3.4.2 und 3.4.3.

### **3.3.3 Theoretische Einführung in die verwendete Datenerhebung und -analyse**

Für die Datenerhebung ist eine Triangulation mit einem Mixed-Methods-Ansatz mit mehreren und unterschiedlichen Datenquellen zweckmäßig. Typischerweise werden hierfür Dokumente, Archivdaten, Interviews und Beobachtungen verwendet, um Prozesse, Vorgänge, Zusammenhänge und Randbedingungen in einem aktuellen Phänomen zu untersuchen (Rasche und Chia 2009). Die Triangulation bezieht sich dabei auf die Kombination der verschiedenen Datenquellen sowie Erhebungs- und Analyseverfahren, wodurch neue oder tiefgreifendere Erkenntnisse gewonnen werden können, was im Gegensatz dazu mit einem einzelnen Verfahren und einer einzelnen Quelle nicht möglich wäre. Außerdem wird durch die Kombination die Gefahr einer möglichen Verzerrung und nachträglicher Rationalisierungen der Vergangenheit reduziert (Flick 2011). In Bezug auf die in diesem Kapitel gestellten Forschungsfragen müssen die Daten Aussagen zu folgenden Inhalten liefern:

- Informationen zu sowie Beziehungen und Zusammenhänge zwischen offenen Produktionswerkstätten in Hamburg;

- Informationen zu den vor Ort bestehenden Ist-Zuständen und Randbedingungen, insbesondere in Bezug auf die Größen Mensch, Technik und Organisation;
- Informationen zu Art und Umfang der Nutzung der einzelnen offenen Produktionswerkstätten sowie zu typischen Produktkategorien, die vor Ort hergestellt werden;
- Informationen zu konkreten Anforderungen, die durch die jeweiligen Nutzer oder Betreiber an ein gemeinsames Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für offene Werkstätten im Fallbeispiel Hamburg gestellt werden.

Eine Methode der Datenerhebung sind halbstrukturierte Experteninterviews. Eine wesentliche Stärke dieser Methode ist die Möglichkeit, ein Gespräch unter dem Grundprinzip der Offenheit auf ein bestimmtes Thema auszurichten, wodurch die Interviews als sehr erkenntnisreich gelten und Hinweise auf für das Phänomen relevante Zusammenhänge liefern können (Yin 1994). Ziel ist es, dem Interviewten genügend Raum zu geben, um seine eigene, unvoreingenommene, aber subjektive Meinung in Bezug auf ein bestimmtes Thema oder einen bestimmten Sachverhalt zu verbalisieren. Die vom Interviewenden gestellten Fragen sollen dabei den Interviewten zum selbstständigen Erzählen anregen (Kruse 2014). Die Schwächen von halbstrukturierten Experteninterviews liegen insbesondere in der möglichen Verzerrung durch ungenaue Fragestellungen oder sogar Beeinflussung durch den Interviewenden oder in der Verzerrung, die durch die Subjektivität der Wahrnehmung oder durch schlechte Verbalisierung des Interviewten auftreten kann. Außerdem ist ein solides Vorwissen zum Themenkomplex unabdingbar (Witzel 1985).

Die Auswertung kann nach den Vorgaben der inhaltlich strukturierenden und qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz 2018 erfolgen, die in fünf wesentlichen Schritten abläuft:

1. **Initiierende Textarbeit:** Das auszuwertende Material wird mehrfach gelesen und wichtige Textstellen werden zur weiteren Auswertung mit Memos oder Ideen markiert.
2. **Entwicklung von Hauptkategorien:** Induktive Entwicklung von Hauptkategorien als semantischen Indikatoren der Textabschnitte in Abhängigkeit vom Forschungskontext.
3. **Codierung:** Start des Codierprozesses, bei dem das Textmaterial mit den Hauptkategorien codiert wird. Dafür werden die Textabschnitte den einzelnen Hauptkategorien zugewiesen.
4. **Entwicklung von Subkategorien:** Ausdifferenzierung der bisherigen Hauptkategorien und daraus induktive Entwicklung von Subkategorien.
5. **Re-Codierung:** Codierung des gesamten Materials mit ausdifferenzierten Subkategorien.

Die anschließende Analyse erfolgte im Wesentlichen nach Kuckartz 2018 in den drei Formen „Kategorienbasierte Auswertung entlang der Hauptkategorien“, „Analyse der Zusammenhänge zwischen den Subkategorien einer Hauptkategorie“ sowie über „Konfigurationen von Kategorien“ insbesondere in Form einer Tabelle. Bei der kategorienbasierten Auswertung entlang der Hauptkategorien werden hierfür die Hauptkategorien einzeln analysiert und die Ergebnisse der jeweiligen Kategorie aufgeführt. Wenn eine Hauptkategorie eine oder mehrere Subkategorien aufweist, werden auch die Ergebnisse der Subkategorien kurz beschrieben. Bei der zweiten Form der Analyse erfolgt eine Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den Subkategorien innerhalb einer Hauptkategorie und zwischen den Hauptkategorien. In der dritten Form wird nach Kuckartz 2018 untersucht, wie häufig bestimmte Kombinationen von Kategorien auftreten. Insbesondere handelt es sich dabei um eine mehrdimensionale Untersuchung der Bezüge zwischen den Haupt- und Subkategorien.

Als weitere Methode der qualitativen Feldforschung kann eine direkte und offene Beobachtung durchgeführt werden. Eine wesentliche Stärke dieses Ansatzes ist nach Yin 1994 die eigene Beobachtung und Wiedergabe einer konkreten praktischen Situation. Dadurch kann sich der Forschende unabhängig von einer künstlichen und subjektiven Interviewsituation ein eigenes Meinungsbild zu einem bestimmten Forschungskontext machen und die Aussagen der Interviews besser verstehen und in einem gemeinsamen Kontext sehen (Whyte 1988). Auf der anderen Seite stellt genau dieser Umstand nach Yin 1994 eine wesentliche Schwäche dar, da neben einem hohen Ressourcenaufwand eine Verzerrung der Forschungsergebnisse durch die eigene, subjektive Beobachtung und durch die Einflussnahme des Beobachters möglich sind. Die Analyse und Auswertung der Beobachtung erfolgt ebenfalls nach einer Inhaltsanalyse, bei der neben beobachteten (z. B. sozialen) Zusammenhängen auch Bildmaterial faktenbasiert ausgewertet werden kann.

#### **3.3.4 Durchgeführte Datenerhebung und -analyse in Hamburg**

Für die Datenerhebung und -analyse wurde eine Triangulation mit einem Mixed-Methods-Ansatz verwendet. Sie fand im Frühjahr und Sommer 2021 statt. Die Interviewpartner für die halbstrukturierten Experteninterviews wurden aus Produktionswerkstätten ausgewählt, die repräsentativ für die drei Typen von OPWs stehen (vgl. Abschnitt oben). Ein zentrales Merkmal für die Auswahl war eine lange Vorerfahrung der Interviewpartner im Betrieb bzw. in der Nutzung einer offenen Produktionswerkstatt. Dadurch waren zum einen Aussagen zu erwarten, die einen theoretischen Mehrwert zum Forschungsthema liefern. Zum anderen kann das zukünftige Handeln der Interviewpartner durch ein (neues) Modell zur Produktionsplanung und -steuerung direkt beeinflusst werden. Durch die Teilnahme an den Interviews konnten die

Interviewpartner somit diese Beeinflussungen und dazugehörigen Anforderungen aktiv benennen und mitgestalten. Ein akademischer oder sonstiger Abschluss war für die Auswahl kein Kriterium.

Da in den einzelnen Produktionswerkstätten jeweils ein hauptamtlicher oder ehrenamtlicher Betreiber sowie ein Nutzer interviewt wurde, entstand eine Multiperspektivität, und Unterschiede zwischen kommerziellen, universitären und Community-orientierten Akteuren konnten aufgezeigt und analysiert werden. Durch die Anzahl der Interviews wurden zusätzlich viele unterschiedliche Aussagen und Perspektiven festgehalten. Dadurch war die Extraktion von relevantem Material zur Beantwortung der Forschungsfragen und zur Darstellung der internen und externen Beziehungen und Prozesse möglich. Insgesamt wurden 17 halbstrukturierte Experteninterviews (aus organisatorischen Gründen davon ein Doppelinterview mit zwei Nutzern und ein Interview mit einem Nutzer von zwei unterschiedlichen Einrichtungen) durchgeführt.

Insgesamt sind damit 18 Personen als Stichprobe für das Fallbeispiel Hamburg interviewt worden, davon waren 16 Interviewpartner männlich und 2 weiblich. Alle Interviewpartner sind für die Teilnahme nicht vergütet worden. Das niedrigste Alter lag bei 22 Jahren und das höchste Alter bei 54 Jahren ( $M = 37,5$  Jahre). Das Kriterium der langen Vorerfahrung wurde anhand der Zugehörigkeit der befragten Person zu der jeweiligen offenen Produktionswerkstatt festgestellt. Die niedrigste Zugehörigkeit lag bei 2 Monaten, wobei es sich hierbei um einen Einzelfall handelt und die Person grundsätzlich Vorerfahrung in anderen offenen Produktionswerkstätten hatte. Die danach niedrigste Zugehörigkeit lag bei einem Jahr und die maximale Zugehörigkeit bei 10 Jahren ( $M = 3$  Jahre). In Bezug auf die ausgeführte berufliche Tätigkeit waren ca. 39 % der Befragten Ingenieure. (vgl. Tabelle 3.2)

Tabelle 3.2: Stichprobenbeschreibung

Ort	Typ	Aufgabe	Geschlecht	Tätigkeit	Alter (2021)	Erfahrung (Jahre)
3D Space	universitär	Betreiber	männlich	Student	26	1,5
Makerspace	universitär	Betreiber	weiblich	Elektrotechniker	35	4,5
OpenLab Hamburg	universitär	Betreiber	männlich	Maschinenbau-Ingenieur	50	3
Airbus Protospace	kommerziell	Betreiber	männlich	Maschinenbau-Ingenieur	35	4

Ort	Typ	Aufgabe	Geschlecht	Tätigkeit	Alter (2021)	Erfahrung (Jahre)
bauer + planer	kommerziell	Betreiber	männlich	Tischler	42	9
Makerhafen	kommerziell	Betreiber	männlich	Software-Entwickler	39	1,5
Attraktor	Community	Betreiber	männlich	technischer Leiter	48	6
Fab Lab Hamburg	Community	Betreiber	männlich	Journalist	54	10
HoFaLab	Community	Betreiber	männlich	Medienkünstler	52	1,5
3D Space & Makerspace	universitär	Nutzer	weiblich	Student	22	0,16
OpenLab Hamburg	universitär	Nutzer	männlich	Soldat	26	3
Airbus Protospace	kommerziell	Nutzer	männlich	Maschinenbauingenieur	50	5
bauer + planer	kommerziell	Nutzer	männlich	Psychologe	39	3
Makerhafen	kommerziell	Nutzer	männlich	Software-Entwickler	31	1
Makerhafen	kommerziell	Nutzer	männlich	Maschinenbau-Ingenieur	31	1
Attraktor	Community	Nutzer	männlich	Elektroingenieur	52	8
Fab Lab Hamburg	Community	Nutzer	männlich	Maschinenbauingenieur	36	6
HoFaLab	Community	Nutzer	männlich	Mechatronik-Ingenieur	28	2

Die Datenerhebung für die halbstrukturierten Experteninterviews fand mittels Interviewleitfaden und Audioaufzeichnung statt. Der Interviewleitfaden wurde gemäß der SPSS-Methode nach Helfferich 2009 erstellt (Interviewleitfaden siehe Anhang 7.2). Hierfür wurden alle relevanten Fragen im ersten Schritt mittels Brainstorming gesammelt, wodurch ein breites Spektrum entstanden ist. Im zweiten Schritt wurden die Fragen geprüft und reduziert.

Dabei wurden Faktenfragen und geschlossen gestellte Fragen entfernt. Anschließend fand eine Clusterung der Fragen nach inhaltlichen Gesichtspunkten statt. Auf den letzten Schritt, das Subsummieren, wurde aufgrund der strikten Herangehensweise weitgehend verzichtet. Anschließend folgte eine Evaluation des Interviewleitfadens in einem Probeinterview, welches nicht Teil der Analyse war.

Die Transkription wurde anonymisiert und mittels MAXQDA 2022 nach dem einfachen Transkriptionssystem nach Dresing und Pehl 2018 mit einer Glättung der Sprache und Fokussierung auf den Inhalt des Gesprächs durchgeführt (vgl. Abbildung 3.3). MAXQDA ist eine weit verbreitete Transkriptions- und Analysesoftware, die seit 1989 in unterschiedlichen Versionen zur „professionellen sozialwissenschaftlich orientierten Datenanalyse“<sup>25</sup> beiträgt. Texte, SPSS-Dateien, Dokumente und Mediadateien können damit effektiv verwaltet und systematisch ausgewertet werden.

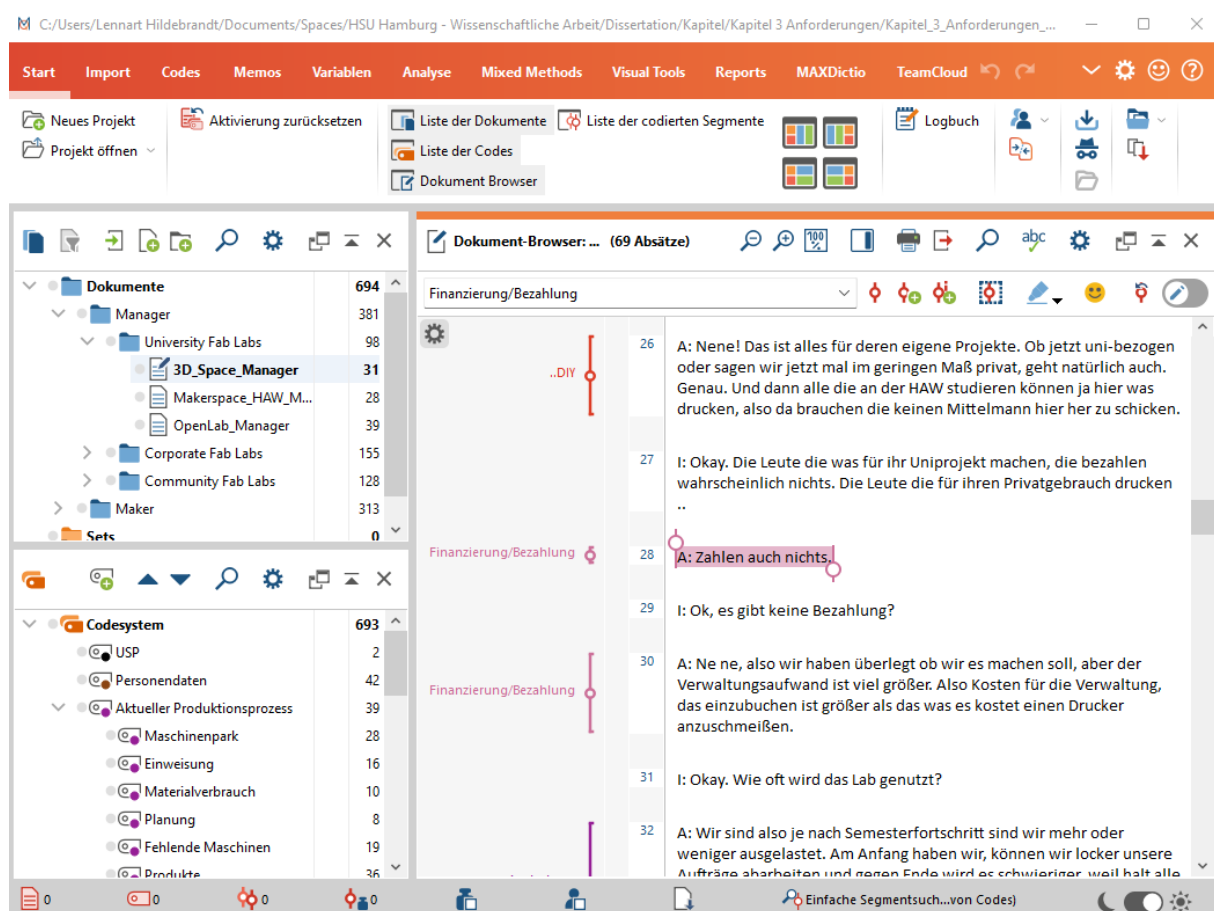


Abbildung 3.3: Beispiel MAXQDA 2022 während des Codierprozesses

<sup>25</sup> Vgl. deutsches Handbuch MAXQDA 2020, auf das das deutsche MAXQDA-2022-Handbuch verweist.

Zur Codierung wurde das Verfahren nach Kuckartz 2018 verwendet. Hierbei wurden zur Schärfung und Abgrenzung die einzelnen Haupt- und Subkategorien definiert und mit Ankerbeispielen versehen, die im fortlaufenden Codierprozess zum Abgleich dienten (siehe Tabelle 3.3, Anhang 7.1). Insgesamt konnten durch das dargestellte Vorgehen 8 disjunkte und überschneidungsfreie Haupt- und 15 Subkategorien gebildet werden.

Tabelle 3.3: Beispielhaftes Ankerbeispiel „8.9 Maschinenpark“

<b>Code</b>	8.9 Maschinenpark
<b>Hauptkategorie</b>	8 Produktionsprozess
<b>Vergaberichtlinie</b>	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten in Bezug auf deren aktuellen Maschinenpark.
<b>Ankerbeispiel</b>	Also im Maschinenraum selbst haben wir eine Tischformatkreissäge, den dicken Hobel, den Kantenschleifer, die CNC-Fräse. Dann haben wir noch eine Metallwerkstatt, die im Endeffekt auch sehr gut aufgebaut ist. Wir können auch begrenzt 3D drucken. Dann haben wir für Werkstätten im Vergleich sehr, sehr viele Handwerkzeuge, weil einfach jeder irgendwie seine eigenen Werkzeuge eh schon mitgebracht hat und weil wir zum Teil auch außergewöhnliche Sachen machen, also bspw. einen Baum fällen und den komplett aufsägen können oder so was, und so summiert sich das halt alles.

Die Auswertung und Analyse erfolgte als Vergleich zwischen den einzelnen offenen Produktionswerkstätten, um Regelmäßigkeiten, Gemeinsamkeiten und Unterschiede festzustellen. Dabei wurde auch analysiert, inwieweit sich Aussagen von Nutzern und Betreibern der jeweiligen Analyseobjekte unterscheiden. Darüber hinaus wurde gemäß Kuckartz 2018 eine kategorienbasierte Auswertung entlang der Hauptkategorien, eine Analyse der Zusammenhänge zwischen den Subkategorien einer Hauptkategorie sowie Konfigurationen von Kategorien durchgeführt. Dafür sind für jeden Typ Vergleichstabellen mit den wesentlichen Haupt- und Subkategorien und dem jeweiligen Inhalt angefertigt worden, um eine Vergleichbarkeit herzustellen. Einzig die Subkategorien zu Anforderungen in Bezug auf ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung wurden für jedes Analyseobjekte gesondert ausgewertet.

Die als zweite Methode der Datenerhebung durchgeführte offene und direkte Beobachtung fand gemäß der zu dem Zeitpunkt geltenden Pandemielage außerhalb der regulären Betriebszeiten der jeweiligen offenen Produktionswerkstatt in Begleitung eines Betreibers statt. Die Beobachtung wurde nur teilstandardisiert, um eine subjektive und offene Sichtweise in einem gewissen Maß zuzulassen. Für die Teilstandardisierung wurden Beobachtungsleitfäden nach der SPSS-Methode erstellt, die eine Vergleichbarkeit und Clusterung des Gesehenen

sicherstellen sollen. Hierfür wurden stichpunktartig Hinweise notiert. Zusätzlich wurden die Randbedingungen und Zustände in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten fotografiert. Die Analyse erfolgte durch die Auswertung der Beobachtungseleitfäden und des gesammelten Foto-Materials. Hierbei wurden insbesondere Maschinenkapazitäten und die unterschiedlichen Fertigungsverfahren, die durch die bestehende Infrastruktur dargestellt werden, geprüft, kategorisiert und tabellarisch aufgelistet.

### **3.4 Ergebnisse**

Nachfolgend werden die Ergebnisse der eingebetteten Einzelfallstudie vorgestellt und analysiert. Zunächst werden hierfür die Ergebnisse zu den einzelnen Analyseobjekten beschrieben und innerhalb des jeweiligen Typs Gemeinsamkeiten und Unterschiede dargestellt. Anschließend folgen eine Auswertung und ein Vergleich zwischen den Typen.



### 3.4.1 Community-betriebene offene Produktionswerkstätten

**HoFaLab:** Das HoFaLab ist ein junger Verein, der 2021 in das Bürgerhaus Wilhelmsburg in der Mengestraße 20 in 21107 Hamburg in eine ehemalige Vierzimmerwohnung gezogen ist. Insgesamt stehen dem Verein 40 Quadratmeter sowie eine Dachterrasse zur Verfügung. Die einzelnen Räume werden, thematisch geclustert, als 3D-Druckraum, Lagerraum, Lasercutterraum und Workshopraum genutzt. In letztgenanntem findet dienstags ein Open Lab Day statt, der öffentlich zugänglich ist. Der 17 Mitglieder umfassende Verein plant, zukünftig weitere Fertigungsmaschinen zu erwerben. Für die Auswertung repräsentiert das HoFaLab eine offene Produktionswerkstatt mit Hobby- und Heimwerker-Maschinen (Fab Lab Niveau) in kleiner Größe (Fläche und Mitglieder). Der Verein ist Mitglied im Fab City Hamburg e.V.

**Fab Lab Hamburg** (auch Fab Lab Fabulous St. Pauli e.V.): Das mittlerweile im Oberhafen in der Stockmeyerstraße 43 in 20457 Hamburg ansässige Fab Lab Hamburg existiert als Verein schon seit 2011. Die angemietete, loftartige Halle teilt sich das Fab Lab Hamburg mit zwei weiteren Unternehmungen, die ebenfalls im Fab City Hamburg e. V. aktiv sind. Die dem Fab Lab Hamburg in der ersten Etage zur Verfügung stehende Fläche ist insgesamt recht klein, die Maschinen sind jedoch thematisch sinnvoll angeordnet. Daneben stehen zwei IT-Arbeitsplätze und drei klassische Werkbänke zur Verfügung. An jedem Donnerstag findet ein Open Lab Day statt, an dem die Werkstatt offen zugänglich ist. Für die Auswertung repräsentiert das Fab Lab Hamburg eine offene Produktionswerkstatt auf Fab Lab Niveau in mittlerer Größe (Fläche und Mitglieder). Der Verein ist Mitglied im Fab City Hamburg e.V.

**Attraktor:** Der im Westen, am Eschelsweg 4 in 22767 Hamburg, ansässige Attraktor ist ein Verein mit ca. 100 Mitgliedern und unterschiedlichen Räumen, die aus fertigungstechnischer Sicht thematisch geclustert sind. Insgesamt hat der Verein 300 Quadratmeter verfügbar, unter anderem wurde auf dieser Fläche ein für 70 Personen zugelassener Workshopbereich eingerichtet. Für die Community gibt es darüber hinaus eine eigene Küche und einen Snack-Automaten. Regelmäßig finden Open Lab Days oder andere Events (z. B. der FPV-Drohnen-Freitag) statt, die öffentlich zugänglich sind. Für die Auswertung repräsentiert der Attraktor eine offene Produktionswerkstatt auf Fab Lab Niveau mit vereinzelt professionellen Bearbeitungsmaschinen in großer Größe (Fläche und Mitglieder). Der Verein ist Mitglied im Fab City Hamburg e.V.

Weitere Details sind Tabelle 3.4 zu entnehmen.

Tabelle 3.4: Beschreibung der Community-betriebenen OPWs nach Haupt- und Subkategorien

Inhalt aus offener und direkter Beobachtung			
Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Rechtsform</b>	e. V.	e. V.	e. V.
<b>Ziel</b>	Wissensaufbau und -vermittlung, Hobby, sozialer Austausch	Wissensaufbau und -vermittlung, Hobby, sozialer Austausch	Wissensaufbau und -vermittlung, Hobby, sozialer Austausch
<b>Finanzierung</b>	Spenden, Mitgliedsbeiträge (geplant), Zuwendungen	Spenden, Mitgliedsbeiträge, Maschinennutzungsgebühren	Spenden, Mitgliedsbeiträge, Maschinennutzungsgebühren, Zuwendungen
<b>Maschinenpark</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 3D-Drucker</li> <li>• Desktopfräse u. Standbohrmaschine</li> <li>• Kleiner Elektronikbereich</li> <li>• Diverse Handwerkzeuge</li> <li>• Werkbank</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 3D-Drucker (2 Ultimaker, 1 Prusa MK3)</li> <li>• Metallwerkstatt</li> <li>• Holzwerkstatt</li> <li>• Elektronikwerkstatt</li> <li>• CNC-Fräse</li> <li>• Großer Lasercutter (1,30 m x 0,9 m)</li> <li>• Platinenfräse u. Bestückungsautomat</li> <li>• Schneidplotter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lasercutter</li> <li>• 3D-Drucker</li> <li>• Platinenfräse</li> <li>• Große CNC-Fräse</li> <li>• Manuelle Drehbank, Standbohrmaschine</li> <li>• Kleine Elektrikecke mit Platinenätzmaschine</li> <li>• Leiterbahndrucker</li> <li>• Plotter</li> <li>• T-Shirt-Press</li> </ul>

Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Maschinenpark</b> (Fortführung)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nähmaschinen</li> <li>• Programmierbereich</li> <li>• T-Shirt-Pressen</li> <li>• 2 WIG-Schweißgeräte</li> <li>• Diverse Handwerkzeuge</li> <li>• Manuelle Drehbank, Fräse u. Standbohrmaschine</li> <li>• Sandstrahlmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkbank</li> <li>• Diverse Handwerkzeuge</li> <li>• Nähmaschinen</li> </ul>
<b>Räumlichkeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alte Wohnung mit mehreren Räumen und Dachterrasse mit Grill</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr große und klar strukturierte Räume in altem Produktions- und Bürokomplex inkl. Sitzecke, Küche und Snack-Automat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loftartige erste Etage in alter Produktionshalle, nur begrenztes Platzangebot, Halle wird mit zwei anderen Mietern geteilt</li> </ul>
<b>Personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 ehrenamtliche Vereinsvorstandsmitglieder; Vereinsmitglieder, die unterstützend tätig sind</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ehrenamtliche Vereinsvorstandsmitglieder; Vereinsmitglieder, die unterstützend tätig sind</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 ehrenamtliche Vereinsvorstandsmitglieder; Vereinsmitglieder, die unterstützend tätig sind</li> </ul>
<b>Inhalt aus halbstrukturierten Experteninterviews (Nutzer und Betreiber)</b>			
Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Produktionsprozess und Planung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungeordnet, es gibt keine geregelte Planung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr kurze Vorplanung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungeordnet, es gibt nur rudimentäre Vorplanung</li> </ul>

Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Produktionsprozess und Planung</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wird schnell mit der eigentlichen Produktion begonnen</li> <li>• Nutzer kann mit Konstruktionsdaten vorbeikommen oder ihm wird bei der Konstruktion geholfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wird schnell mit der eigentlichen Produktion begonnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wird schnell mit der eigentlichen Produktion begonnen</li> <li>• Unerfahrene Nutzer kommen mit recht unkonkreten Vorstellungen und brauchen Unterstützung</li> </ul>
<b>Produkte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuelle Prototypen</li> <li>• Kunst- und Designgegenstände</li> <li>• Ersatzteile</li> <li>• Anpassungsarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuelle Prototypen, insbesondere Elektronik und Robotik</li> <li>• Modellbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuelle Prototypen, Kunstgegenstände, Ersatzteile</li> </ul>
<b>Reservierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geplant für die Zukunft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nextcloud-Kalender für 3D-Drucker und Lasercutter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per E-Mail, aber selten genutzt</li> </ul>
<b>Auslastung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderate Auslastung (10–12 Nutzer, die regelmäßig da sind)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während des Open Lab Day teilweise 30 Nutzer</li> <li>• Nutzung täglich bis zu 18 Stunden</li> <li>• Insgesamt aber gering und diskontinuierlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während des Open Lab Day teilweise stark ausgelastet</li> <li>• Insgesamt aber gering und diskontinuierlich</li> </ul>
<b>Fehlende Maschinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CNC-Fräse</li> <li>• Lasercutter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wunsch wäre größere Drehmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittelgroße CNC-Fräse</li> <li>• Kunstharzdrucker</li> </ul>

Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Fehlende Maschinen</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D-Drucker</li> <li>• Schleifmaschine</li> <li>• Roboterarm</li> <li>• Standbohrmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wunsch wäre bessere Ausstattung in der Elektro-Abteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigener Lasercutter</li> <li>• Roboterarm</li> </ul>
<b>Priorisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Angaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Absprachen untereinander</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalerweise nicht notwendig</li> <li>• Bei zu großem Auftragsbestand während der Open Lab Days werden große Aufträge abgelehnt</li> </ul>
<b>Nutzer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnitt durch die Gesellschaft, verhältnismäßig viele Künstler und Designer</li> <li>• 17 Vereinsmitglieder, die meisten unter 30 Jahre alt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technikbegeisterte, ansonsten diverse Altersgruppen und Berufsgruppen</li> <li>• Häufig akademischer Hintergrund oder abgeschlossene Lehre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viele Studenten sowie Technik-, Kunst- und Designbegeisterte</li> <li>• Häufig akademischer Hintergrund, viele mit Promotion</li> </ul>
<b>DIY/DIFM<sup>26</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur DIY</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor allem DIY, ein Mitglied produziert für eigene Firma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor allem DIY, wenige produzieren für eigene Firma</li> </ul>
<b>Angebote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Workshops</li> <li>• Fokus ist Wissensvermittlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diverse Workshops mit unterschiedlichen Themen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inkubator-Sprechstunde mit bezahltem Inno-Manager</li> </ul>

<sup>26</sup> DIY: Do It Yourself; DIFM: Do It For Me.

Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Angebote</b> (Fortführung)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Themen sind z. B. Nähen, 3D-Druck, Programmieren, Lasercutting ...</li> <li>• Vorträge</li> <li>• Ca. 50 % sind externe Gäste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Workshops zu verschiedenen Themen (z. B. Lasercutting, CNC-Fräsen, 3D-Druck ...)</li> </ul>
<b>Offenheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während des Open Lab Day für jeden geöffnet</li> <li>• Sonst für Mitglieder, insbesondere abends und am Wochenende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während des Open Lab Day für jeden geöffnet</li> <li>• Sonst für Mitglieder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während des Open Lab Day für jeden geöffnet</li> <li>• Gelegentlich gesonderte Termine für Externe bei großem Betreuungsaufwand</li> <li>• Sonst für Mitglieder</li> </ul>
<b>Spontanität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzer (Mitglieder oder Externe am Open Lab Day) kommen sehr spontan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzer (Mitglieder oder Externe am Open Lab Day) kommen sehr spontan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzer (Mitglieder oder Externe am Open Lab Day) kommen sehr spontan</li> </ul>
<b>Entscheidungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeinschaftlich im Vorstand und in der Mitgliederversammlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wichtige Entscheidungen durch Mitgliederversammlung</li> <li>• Kleinere Entscheidungen trifft der Vorstand selbst auf Antrag eines Mitglieds</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Vorstand nach Konsensprinzip (darf über bis zu 2.000 € verfügen)</li> <li>• Mitglieder dürfen sich einbringen</li> </ul>
<b>Bedarfsmeldungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor allem per E-Mail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per E-Mail und Signal-Gruppe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor allem per E-Mail</li> </ul>

Kategorie	HoFaLab	Attraktor	FabLab Hamburg
<b>Bedarfsmeldungen</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es gibt eine Telegram-Gruppe</li> <li>• Persönliches Netzwerk</li> <li>• Insgesamt unsortiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise über Social Media</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonst in Inkubator-Sprechstunde oder persönlich</li> </ul>
<b>Probleme bei Bedarfsmeldungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-Mails werden lange nicht beantwortet</li> <li>• Nutzer haben falsche Vorstellungen zu Vorarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-Mails werden lange nicht beantwortet</li> <li>• Für Nutzer gibt es tlw. keine betreuenden Vereinsmitglieder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-Mails werden lange nicht beantwortet</li> </ul>
<b>Kooperationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur loser Austausch über Mitglieder</li> <li>• Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur loser Austausch über Mitglieder</li> <li>• Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur loser Austausch über Mitglieder</li> <li>• Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen</li> </ul>

### 3.4.1.1 Vergleich zwischen Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten

Insgesamt zeigen sich die Community-betriebenen Vereine als sehr homogene Gruppe. Alle untersuchten Vereine finanzieren sich über Mitgliedsbeiträge und Spenden. Darüber hinaus wird das HoFaLab zum Aufbau der Werkstatt durch den Fab City Hamburg e. V. gefördert. Der Attraktor und das Fab Lab Hamburg finanzieren sich außerdem teilweise über Workshopangebote oder bieten Material und Maschinenstunden an, was im HoFaLab in Zukunft auch vorgesehen ist.

Die Vereine werden alle über einen Vereinsvorstand geführt und im Konsensprinzip stimmt die Mitgliederversammlung als größtes Organ über wesentliche Entscheidungen des Vereins ab. Die Mitglieder sind dadurch maßgeblich an der Gestaltung des jeweiligen Vereins beteiligt.

Die Gruppe der Nutzer dieser offenen Produktionswerkstätten weist eine breite Altersstruktur auf, vor allem Künstler, Designer und Technikaffine sowie Studenten, die meist aus der Nachbarschaft kommen, sind vertreten. Sie haben häufig einen akademischen Hintergrund.

*„Das geht quer durch alle Berufsschichten, viele haben studiert und einen akademischen Hintergrund, aber wie gesagt Tischler, Elektroniker, einfach quer durch die Bank – wir haben bspw. auch ein paar Kaufleute, die sich als Hobby hier mit dem "machen" beschäftigen.“*  
Attraktor-Nutzer, Pos. 12

Neue Nutzer werden in der Regel durch erfahrene Nutzer angelernt und eingewiesen. Während Events und Workshops kommen die Nutzer (Mitglieder und Externe) sehr spontan und nicht planbar. Außerdem nahmen an solchen Events in der Vergangenheit bis zu 30 Teilnehmer teil. Außerhalb dieser Zeiten ist die Auslastung jedoch eher gering.

Die hergestellten Produkte sind sehr unterschiedlich, wobei es eine deutliche Häufung im Bereich des Prototypenbaus und im Bereich der Kunst bzw. des Designs gibt. Hier sticht der Attraktor hervor, der einen starken Fokus auf Elektronik legt.

Ebenfalls haben alle Werkstätten gegenwärtig gemein, dass sie nach wie vor einen Fokus auf den sozialen Austausch und die Bildung setzen, auch wenn das Fab Lab Hamburg die Lohnfertigung in Zukunft ebenfalls als relevant ansieht. Ein wesentlicher Zweck liegt bei dem Bildungsgedanken in der Weitergabe von Wissen zu Produktionsprozessen. Dieses Wissen wird beispielsweise in Workshops an Vereinsmitglieder und Nicht-Vereinsmitglieder gleichermaßen weitergegeben. Ein zentrales Problem bei der Durchführung dieser Workshops ist jedoch das lehrende Personal, welches durch die ehrenamtliche Mitarbeit nicht immer zur Verfügung steht.



*„Es ist uns ja ein großes Anliegen, dieses Know-how zu vermitteln. Also die Leute reinzuholen, auch die Hemmschwellen zu senken und Kurse zu geben in all diesen Bereichen der digitalen Produktion.“ HoFaLab-Betreiber, Pos. 36*

Workshop-, Produkt- oder Produktionsbedarfe werden in den einzelnen Werkstätten in der Regel per E-Mail oder in seltenen Fällen per Telefon gemeldet. Durch die ehrenamtliche Personalsituation bleiben diese teilweise über einen längeren Zeitraum unbeantwortet. Ferner findet die Bedarfsmeldung im direkten Austausch im eigenen persönlichen Netzwerk statt. Zur Anmeldung oder Gestaltung von Workshops bietet das Fab Lab Hamburg darüber hinaus Formulare auf der Website und individuelle Beratungstermine vor Ort. Zur direkten Abstimmung zu Bedarfen und Projekten führt das HoFaLab außerdem eine eigene Telegram-Gruppe und der Attraktor eine Signal-Gruppe.

*„[...] es könnte dazu kommen, dass eben eine E-Mail erst mal eine Weile unbeantwortet bleibt, weil da nicht jeden Tag einer sitzt wie in einem Betrieb, der das abarbeitet. Sondern dann, ja, vergeht da vielleicht eine halbe Woche oder eine Woche, bis man sich meldet.“ HoFaLab-Betreiber, Pos. 44*

Auffällig ist laut den Interviewpartnern, dass erstmalige oder unerfahrene Nutzer häufig falsche Vorstellung in Bezug auf die Werkstatt und den Produktionsprozess haben. Sie gehen öfter davon aus, dass die gewünschten Produkte oder Prototypen im Auftrag durch die Mitglieder gefertigt werden. Außerdem wird die Vorarbeit, die es zur Herstellung eines Produkts braucht (Datenaufbereitung und Maschinenrüstung), oft zu gering eingeschätzt.

Markant ist auch, dass in keiner der offenen Produktionswerkstätten der Produktionsprozess explizit geplant wird. Bei der überwiegenden DIY-Produktion beginnt der Nutzer einfach zu arbeiten. Eine DIFM-Fertigung für Unternehmen findet nur in Ausnahmefällen statt. Im Attraktor ist diese Art der Fertigung auch ausschließlich Vereinsmitgliedern vorbehalten. Aufgrund der meist geringen Auslastung ist die Maschinenauslastung überwiegend gering, was jedoch durch die unterschiedlichen Finanzierungsstrukturen kein Problem darstellt. Eine Reservierung der Maschinen ist nur im Attraktor möglich.

Zwischen den Werkstätten gibt es über das persönliche Netzwerk einzelner Mitglieder einen losen Austausch. Systematische, strategische oder offizielle Kooperationen gibt es jedoch nicht und solche sind auch nicht angedacht.

*„Aber, also zum Beispiel das, was man eigentlich erwarten würde, dass wir zum Beispiel viel mit dem Fab Lab St. Pauli zum Beispiel machen würden, ne, hat sich eigentlich nicht ergeben bisher.“ Attraktor-Betreiber, Pos. 70*

### 3.4.1.2 Anforderungen der Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten

In Bezug auf Anforderungen an ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung haben die Interviewpartner unterschiedliche Inhalte geäußert. Sie zeigen sich generell jedoch offen gegenüber einem Modell, das die OPWs als Mitglieder eines Netzwerks abbildet und die Planung und Steuerung der Produktion innerhalb eines solchen Netzwerks ermöglicht. Nachfolgend werden die wesentlichen Anforderungen dargestellt (vgl. Tabelle 3.5).

**Tabelle 3.5: Anforderungen an die PPS von Community-betriebenen OPWs**

	HoFaLab	Attraktor	Fab Lab Hamburg
Mensch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute Einbindung der Nutzer</li> <li>• Direkte Kommunikation zwischen Nutzer und Kunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichst ein Experte pro Werkstatt als Ansprechpartner verfügbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildungsaspekt soll erhalten bleiben</li> </ul>
Technik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open Source Plattform</li> <li>• Gute Bereitstellung von Informationen für Nutzer, wie Produktion erfolgt</li> <li>• Leichte Bedienbarkeit</li> <li>• Vorababfrage von möglichst vielen Informationen</li> <li>• Sicherer Upload-Bereich zum Hochladen von CAD-Daten zur Fertigungsprüfung</li> <li>• Abwicklung der Bezahlung über Plattform</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ticketsystem zur einfachen Verwaltung von Projekten</li> <li>• Einfache Bezahlung über Plattform</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Browser- und appbasierte Version</li> <li>• Übersichtliche und intuitive Nutzeroberfläche</li> <li>• Abfrage von Dimensionen und Material vorab</li> <li>• Automatische Prüfung von Konstruktionsdateien auf Herstellbarkeit</li> <li>• Integriertes CAD- und Slicer-Programm</li> <li>• Vorabkalkulation von Kosten und Zeitaufwand</li> <li>• Planung der Maschinenbelegung durch Plattform</li> </ul>

	HoFaLab	Attraktor	Fab Lab Hamburg
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für Verein steuerrechtlich korrekte Abwicklung</li> <li>• Korrekte urheberrechtliche und datenschutzrechtliche Abwicklung</li> <li>• Gerechte Auftragsverteilung zwischen den Werkstätten</li> <li>• Werkstätten sollen selbst entscheiden können, ob sie Auftrag annehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für Verein steuerrechtlich korrekte Abwicklung</li> <li>• Übertragbarkeit von Einweisungen auf andere Werkstätten</li> <li>• Ressourcenmanagement zur Verfügbarkeit von Personal und Maschinen</li> <li>• Schnelle und günstige Auftragsabwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nichtöffentlicher Bereich zum Managen von Produktionskapazitäten</li> <li>• Archiv für alte Projekte zum Replizieren</li> <li>• Übersicht zu Produktionsmöglichkeiten in den einzelnen Werkstätten</li> </ul>

Zum einen wünschen sich die Werkstätten eine Vorababfrage von wesentlichen Basisdaten des Produkts (insbesondere zu Dimensionen und Material) auf einer Plattform. Daraus soll eine Vorauswahl der entsprechenden Fertigungstechnik ermöglicht werden. Dazu wird auch eine Uploadmöglichkeit von Konstruktionsdaten für die Prüfbarkeit einer Fertigung und die direkte Ableitung von G-Code als sinnvoll angesehen. Eine Anforderung hierbei ist die Wahrung des Urheberrechts.

Idealerweise kann eine solche Plattform in diesem Zuge auch eine Vorabkalkulation der Fertigungsdauer und dazugehöriger Kosten erstellen. Hierfür wird ein nachgeschaltetes Ressourcenplanungstool für die Maschinenbelegung und Personalplanung als wichtig angesehen. Für die Personalplanung müssen zusätzliche, externe Nutzer niedrigschwellig angesprochen werden, da die gegenwärtige Personalstärke für eine Auftragsfertigung zu gering ist. Außerdem ist dann folgerichtig eine transparente Umwandlung dieser Anfrage in einen Auftrag inkl. anschließender Vergabe an einen Nutzer auf Basis der ermittelten Vorabkalkulation notwendig. Für die eigentliche Vergabe soll jeder Nutzer selbst entscheiden können, ob er einen Auftrag annehmen möchte. Außerdem wird ein Bezahl- und Abrechnungssystem benötigt, wodurch die Vereine steuerrechtlich korrekt eingebunden werden.

Um weitere Fragen oder Anforderungen zu einem Produkt oder Auftrag direkt und schnell klären zu können, sollte außerdem ein Kommunikationskanal zwischen dem Nutzer und dem Kunden zur Verfügung stehen. Insgesamt sollte die Plattform auch einfach und intuitiv sein, damit sie einerseits nicht abschreckend auf neue Kunden wirkt und andererseits der Aufwand

für die Erstellung einer Anfrage möglichst gering ist. Außerdem ist der Wunsch nach einem Archiv geäußert worden, damit sowohl Nutzer als auch potenzielle Kunden vergangene Projekte betrachten können.

Beispielhafte Zitate zu Anforderungen, die bei Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten bestehen:

*„[...] dieses System, das die Anfragen einsammelt, das kann natürlich möglichst – oder wäre schön, wenn das möglichst viel schon vorfiltert beziehungsweise Informationen abgefragt hat zu dem Auftrag, um die dann komplett auch weitergeben zu können.“ HoFaLab-Betreiber, Pos. 63*

*„Dann vielleicht eine Art Advanced-user-Möglichkeit, wo man sehr detaillierte technische Parameter eingeben kann, wo man bspw. sagt, ich möchte einen 3D-Druck mit PLA in der und der Auflösung, zeig mir alle Labs in Hamburg, die das können. Und dann fände ich das ganz cool, wenn man das vernetzen könnte mit dem Inventar der Labs, also dass die Labs ihr Inventar strukturierter veröffentlichen. Im Moment hat ja wahrscheinlich jedes Lab eine Liste von Maschinen, aber da steht dann vielleicht nur die Bezeichnung und man muss sich beim Hersteller die genaueren Daten holen.“ Fab Lab Hamburg-Nutzer, Pos. 37*

*„Zum Beispiel habt ihr die Möglichkeit, wenn es jetzt um Geld geht, um den Preis für etwas oder einen Lohn für diese Dienstleistung, dann kann dieses Portal diesen Betrag einholen oder auch überhaupt aufrufen oder das wird dann zwischen den Beteiligten gemacht.“ HoFaLab-Betreiber, Pos. 63*

*„Das System müsste eigentlich wissen: Wie viele Stunden steht eine Maschine an diesem Tag zur Verfügung? Und wenn sie schon zwei Jobs hat, dann werden die halt abgerechnet, dann sind es halt nicht mehr zehn Stunden, sondern nur noch sieben. Also bis das Programm auch sagen kann: ‚Sorry, da ist nichts mehr frei!‘“ Fab Lab Hamburg-Betreiber, Pos. 108*

*„[...] wenn [...] zwischen diesen Aufträgen, die reinkommen, dann so ein Losverfahren den weitergibt, heute der das gekriegt, morgen kriegt die, der Laden das, übermorgen der. Dass du dann quasi Verfahren entwickeln musst, wie du das verteilst und wie die Leute sich dann quasi auch drauf einstellen können oder wie das dann vielleicht auch lokal geregelt ist nach regionaleren Gesichtspunkten, sprich der Auftrag war doch aus Wilhelmsburg, warum ist der jetzt nach St. Georg gewandert, so.“ HoFaLab-Betreiber, Pos. 61*

*„Das, was man eigentlich dazu braucht, ist die Manpower. [...] Andere, ja, ich sage jetzt mal, Läden hier haben da auch einen anderen Ansatz, dass sie wirklich sagen, wir sind einfach ein Fab Lab, wir haben diese Maschinen, wir haben jemanden dafür stehen, der dich einweisen kann oder der das für dich machen kann, und du bezahlst den. Das haben wir halt nicht.“ Attraktor-Betreiber, Pos. 88*

*„Die Gedanken, die mir gerade kommen, gehen in Richtung Bezahlung, also wie man das dann macht. Zumindest die Materialkosten und ein bisschen ja auch die Arbeit müsste entlohnt werden.“ HoFaLab-Nutzer, Pos. 38*

*„Was da aber ein Problem sein könnte, wäre die Frage nach dem Urheberrecht an diesen Dateien. Wenn jetzt jemand ein proprietäres Teil herstellen möchte oder irgendeinen Prototyp für ein Produkt dann braucht, das dann quasi nicht jeder im System, der dann am Ende damit nichts zu tun hat, da darauf zugreifen kann.“ HoFaLab-Nutzer, Pos. 38*

### 3.4.2 Kommerziell betriebene offene Produktionswerkstätten

**Airbus ProtoSpace:** Der im ZAL (Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung, Hein-Saß-Weg 22, 21129 Hamburg) liegende Airbus ProtoSpace ist eine von weltweit 16 unternehmensinternen offenen Werkstätten im Airbus-Netzwerk, die der Förderung von Innovationen im Luftfahrtsektor dienen. Durch die offene Struktur können sich Mitglieder des ZAL (bei entsprechenden Veranstaltungen auch externe Nutzer) mit professioneller Fertigungstechnik an mehreren Arbeitsstationen auseinandersetzen und eigene Prototypen entwickeln sowie bauen. Für die Auswertung repräsentiert der Airbus ProtoSpace ein offenes Werkstattnetzwerk in einem Unternehmensgeflecht.

**Makerhafen:** Die in Hamburg Altona (Stahlwiete 21, 22761 Hamburg) ansässige Makerhafen gGmbH ist eine offene Produktionswerkstatt für private Bastler und Tüftler, aber auch für die (Kleinserien-)Produktion von Unternehmen. Die sehr geräumige und sich über zwei Etagen erstreckende Werkstatt bietet neben professionellen Maschinen auch Büros für kommerzielle Nutzer sowie eine Küche und einen Getränkeautomaten. Darüber hinaus werden Workshops angeboten. Für die Auswertung repräsentiert der Makerhafen eine rein kommerziell nutzbare offene Produktionswerkstatt mit Fab Lab Charakter.

**bauer + planer:** Die im Oberhafen (Stockmeyerstraße 43, 20457 Hamburg) angesiedelte bauer + planer ist eine professionelle offene Produktionswerkstatt, insbesondere für externe Handwerker als Mieter von Co-Working-Arbeitsplätzen, und gleichzeitig kommerzieller Handwerksbetrieb für Auftragsfertigung. Die sich über zwei Etagen erstreckende Halle bietet neben thematisch sortierten und professionellen Fertigungsmaschinen auch Büroarbeitsplätze, eine Küche und einen Aufenthaltsraum. Für die Auswertung repräsentiert bauer + planer eine offene Co-Working-Werkstatt für kommerzielle Handwerker als Auftragsfertiger mit eigenem Auftragsbestand.

Weitere Details sind Tabelle 3.6 zu entnehmen.

Tabelle 3.6: Beschreibung der kommerziell betriebenen OPWs nach Haupt- und Subkategorien

Inhalt aus offener und direkter Beobachtung			
Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
Rechtsform	Teil des ZAL	gGmbH	GBR
Ziel	Wissensaufbau und -weitergabe, Innovationsförderung	Wissensaufbau und -weitergabe, Produktion	Produktion
Finanzierung	Über eine Stabsstelle der Airbus-Gruppe sowie Miteinnahmen der ZAL-Mitglieder	Maschinennutzungsgebühren	Arbeitsplatzvermietung, Mitarbeit in Projekten und Maschinennutzungsgebühren
Maschinenpark	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9 3D-Drucker (5 Prusa MK3, 2 Big Rep u. 2 Ultimaker)</li> <li>• THOR (Testing Hightech Objectives in Reality) F &amp; E im Bereich KI in Flugobjekten</li> <li>• Drone Cage</li> <li>• Metallwerkstatt</li> <li>• Werkbank</li> <li>• VR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Holzwerkstatt</li> <li>• Großer Lasercutter (1,60 m x 1 m)</li> <li>• Manuelle Drehbank, Fräse u. Standbohrmaschine</li> <li>• 6 3D-Drucker (Prusa Mini u. MK3)</li> <li>• Stickmaschine</li> <li>• Diverse Nähmaschinen</li> <li>• Platinenfräse u. Bestückungsmaschine</li> <li>• T-Shirt-Pressen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9 Werkbankplätze</li> <li>• Keramikwerkstatt</li> <li>• Professionelle Metallwerkstatt</li> <li>• Professionelle Holzwerkstatt</li> <li>• Lackierraum/-kabine</li> <li>• CNC-Fräse</li> <li>• Diverse Handwerkzeuge</li> <li>• Schweißgerät</li> <li>• Große Bandsäge</li> <li>• Große Schleifmaschine</li> <li>• Hobel</li> </ul>

Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
<b>Maschinenpark</b> (Fortführung)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drucker u. Plotter zur Stickerherstellung</li> <li>• 3D-Drucker u. Lasercutter mit RFID-Terminals</li> <li>• Werkbank</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreissäge</li> <li>• 3D-Drucker</li> <li>• Plattensäge</li> </ul>
<b>Räumlichkeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große und helle Werkhalle mit zugewiesenem Bereich und angrenzenden Büros sowie Meetingräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Großer und loftartiger Aufbau auf zwei Etagen mit Sitzecke und Küche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr groß und teilweise auf zwei Etagen eingerichtete Produktionshalle mit thematischen Schwerpunkten sowie Küche, Büros, Besprechungsraum und CAD-Arbeitsplätzen</li> </ul>
<b>Personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 verantwortlicher Manager und 4 Mitarbeiter für den operativen Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Manager, 1 Studentin als Aus-hilfe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Geschäftsführer</li> </ul>
<b>Inhalt aus halbstrukturierten Experteninterviews (Nutzer und Betreiber)</b>			
Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
<b>Produktionsprozess und Planung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Kick-off-Meeting stellt Nutzer Idee vor und erhält Coaching</li> <li>• Nutzer stellt anschließend ange-leitet Prototyp her</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzer arbeiten selbstständig an Projekten (Planung liegt bei ihnen)</li> <li>• Tlw. Coaching durch Mitarbeiter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassische Herangehensweise wie in Handwerksbetrieb</li> <li>• Für jedes Projekt individueller Fahrplan</li> </ul>

Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
<b>Produktionsprozess und Planung</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozess ist jedoch im Umbruch, hin zur Werkstatt als Auftragsdienstleister</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung der Werkstatt konzentriert sich auf Maschinen und Materialien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abschätzen von preislichen und inhaltlichen Vorstellungen</li> <li>• Entwurfserstellung</li> <li>• Produktion</li> </ul>
<b>Produkte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototypen u. Demonstratoren für den Flugzeugbau</li> <li>• Anschauungs- und Funktionsmuster</li> <li>• Hauptsächlich Teile für die Flugzeugkabine</li> <li>• Über 50 % 3D-Druck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr vielfältig</li> <li>• Viele Kunst- und Designgegenstände</li> <li>• Prototypen</li> <li>• Maschinenbauteile (teile für 3D-Drucker als Selbstbau)</li> <li>• Platinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelle für Architekten</li> <li>• Gastronomieinneneinrichtungen</li> <li>• Gewerbliche Möbel/Innenausbau</li> <li>• Messe- und Veranstaltungsbau</li> <li>• Raum-in-Raum-Konzepte</li> <li>• Innenausbau für Privatpersonen</li> <li>• Keine Masse, sondern Individualisierung</li> </ul>
<b>Reservierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Zukunft geplant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach mündlicher Absprache</li> </ul>
<b>Auslastung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Vergangenheit sehr hoch</li> <li>• Zu viele Anfragen und zu viel im Backlog</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tägliche Nutzung mit wenigen Nutzern</li> <li>• Keine Engpässe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auslastung hoch</li> <li>• 2–3 Werkbänke für Tagesmieter freigehalten</li> <li>• 7–8 Werkbänke dauerhaft vermietet</li> </ul>



Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
<b>Fehlende Maschinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNC-Fräse</li> <li>Metall-Lasercutter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zweite CNC-Fräse</li> <li>Lasercutter</li> <li>3D-Drucker</li> </ul>
<b>Priorisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aus Erfahrung heraus</li> <li>Prüfung des Reifegrads einer Idee</li> <li>Ggf. durch politischen Druck der Firma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>First-come-first-serve</li> <li>Bei längerer Nutzung kann Maschine vorgehalten werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
<b>Nutzer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingenieure und Forscher aus Entwicklungs- und Forschungsteams</li> <li>Nur ZAL-Mitarbeiter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Studenten, Schüler, Ingenieure, tlw. umliegende Firmen</li> <li>Nachbarn und interessierte Bürger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fast ausschließlich professionelle Handwerker und Selbstständige</li> </ul>
<b>DIY/DIFM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzer arbeiten ausschließlich für sich an eigenen Projekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Überwiegend DIY</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ca. 75–80 % DIFM</li> </ul>
<b>Angebote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Workshops und Coaching-Angebote zur Fertigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Workshops (z.B. Nähen, Lasercutter, 3D-Druck)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine</li> </ul>
<b>Offenheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Werkstatt ist Mietern des ZAL vorbehalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Offen für jeden</li> <li>Nutzung abhängig vom Wissensstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Offen für professionelle Handwerker und Selbstständige</li> <li>Private Nutzer nur in sehr kleinem Maße</li> </ul>

Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
<b>Offenheit</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Events werden externe Gäste für offenen Austausch eingeladen</li> </ul>		
<b>Spontanität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr spontan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr spontan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anmeldung eine Woche vor Benutzung wünschenswert</li> </ul>
<b>Entscheidungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Top-down über Manager</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Top-down über Geschäftsführer unter Einbezug der Nutzer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Top-down über Geschäftsführer unter Einbezug der Mieter, die ein Stimmrecht haben</li> </ul>
<b>Bedarfsmeldungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Persönlich</li> <li>Über Kontaktformular</li> <li>Per E-Mail</li> <li>Telefon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Persönlich</li> <li>Gelegentlich per Telefon</li> <li>E-Mail</li> <li>Social Media</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Per Telefon</li> <li>E-Mail</li> <li>Persönlich vor Ort</li> </ul>
<b>Probleme bei Bedarfsmeldungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>E-Mails bleiben tlw. lange unbeantwortet</li> <li>Manche Nutzer erwarten eine Produktion durch das Werkstattpersonal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telefon nicht durchgängig besetzt</li> <li>E-Mails bleiben lange unbeantwortet</li> </ul>
<b>Kooperationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Austausch mit 15 weiteren ProtoSpaces weltweit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen mit anderen Werkstätten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Netzwerk mit anderen professionellen Handwerksbetrieben bei Fremdvergaben</li> </ul>

Kategorie	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
<b>Kooperationen</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"><li>Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen mit anderen Werkstätten</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen mit anderen Werkstätten</li></ul>

### 3.4.2.1 Vergleich zwischen kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten

Gemeinsam haben alle kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten, dass sie von der Aufbauorganisation her hierarchisch angelegt sind und Entscheidungen top-down getroffen und durchgesetzt werden. Zwar haben alle Nutzer (oder beim Airbus ProtoSpace auch die Mitarbeiter) die Möglichkeit, eigene Ideen und Wünsche zu äußern, die Entscheidung trifft allerdings der jeweilige Leiter. In Bezug auf andere Aspekte unterscheiden sich die kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten jedoch stark.

Der Makerhafen ist als gut ausgestattete, kommerzielle und offene Produktionswerkstatt mit Fab Lab Charakter stark auf die Community und kreative Szene sowie auf Bildung ausgelegt. Die Finanzierung erfolgt durch Maschinennutzungsgebühren mittels RFID-Token, mit denen auch der Getränkeautomat genutzt werden kann. Die Nutzer sind vor allem private DIY-Bastler, aber auch Start-ups oder KMUs aus der Nachbarschaft, die teilweise verkaufsfertige Produkte oder Bauteile herstellen.

Dagegen ist der sehr gut ausgestattete Airbus ProtoSpace eher ein Forschungs- und Innovationslabor mit der Möglichkeit der (Kleinserien-)Produktion und überwiegend den ZAL-Mitgliedern vorenthalten. Dabei handelt es sich vor allem um Ingenieure und Forscher, die Prototypen entwickeln, produzieren und testen möchten. Vereinzelt werden jedoch auch Einzelprodukte oder Kleinserien hergestellt. Während gesonderter Events und Workshops ist die Werkstatt jedoch auch der Öffentlichkeit zugänglich und für sie nutzbar. Der Fertigungsschwerpunkt liegt auf der additiven Fertigung, mit der mehr als 50 % aller Anfragen bearbeitet werden. Ansonsten liegt der Fokus auf professionellen, aber einfach bedienbaren Maschinen. Die Produktion von komplexeren Produkten mit größerer wird fremdvergeben. Finanziert wird der Airbus ProtoSpace über eine Stabsstelle der Airbus-Gruppe sowie teilweise über Mieteinnahmen von ZAL-Mitgliedern. Das Zentrum darf gegenwärtig keinen Gewinn erwirtschaften. Dieser Umstand soll in Zukunft verändert werden und der Airbus ProtoSpace soll damit weiter kommerzialisiert werden.

bauer + planer unterscheidet sich wiederum von den anderen Werkstätten hinsichtlich des Geschäftsmodells und seiner Ausrichtung. Die sehr gut ausgestattete Werkstatt finanziert sich über die Einnahmen durch Vermietung von Arbeitsplätzen und über Maschinennutzungsgebühren. Das Werkzeug und die Maschinen sind sehr professionell, auf die Bearbeitung von Holz, Metall und Keramik ausgelegt und werden teilweise von längerfristigen Mietern eingebracht. Parallel ist bauer + planer als eigenständiges Unternehmen auch ein Auftragsfertiger, der die Maschinen selbst für eigene Projekte nutzt. Insgesamt liegt der Fokus auf der

Produktion, nicht auf der Bildung. Die Werkstatt steht bei freien Kapazitäten vor allem professionellen (ausgebildeten) Handwerkern als Mietern offen, in Einzelfällen werden jedoch auch Hobbynutzer akzeptiert. Eine handwerkliche Vorerfahrung wird vorausgesetzt.

*„Also offene Werkstätten haben ja auch so einen Bildungsauftrag und so und da kommen Privatkunden, machen dann ihr Kinderbettchen oder so was. Die Anfragen haben wir auch. In so einem ganz kleinen Rahmen machen wir das auch ab und zu mal, dass wir sagen, okay, passt gerade. Aber das ist eigentlich viel zu betreuungsintensiv und hält uns eher auf.“ „bauer + planer“-Betreiber, Pos. 30*

Der eigentliche Produktionsprozess im Makerhafen erfolgt ähnlich wie in den Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten mit einem Fokus auf Bildung und Produktion ungeplant. Anders als in Community-betriebenen OPWs wird jedoch großer Wert auf die Einweisung in die Handhabung der Maschinen und die grundsätzliche Verfügbarkeit von angestelltem Personal für Fragen und zur umfangreichen Betreuung gelegt. Als zentralen Anlaufpunkt gibt es hierfür einen durchweg besetzten Tresen. Nach einer erfolgreichen Einweisung darf jeder Nutzer spontan erscheinen. Die hergestellten Produkte sind sehr vielfältig, typischerweise handelt es sich jedoch um individuelle Einzelstücke oder Prototypen. Anfragen und Aufträge sowie Maschinenreservierungen (eine Kalenderfunktion auf der Website ist im Aufbau) werden nach dem First-in-first-out bzw. First-come-first-serve-Prinzip abgehandelt. Die Anfragen werden per Telefon, Kontaktformular auf der Website, E-Mail, Twitter, Instagram und Facebook gestellt.

Der Produktionsprozess im Airbus ProtoSpace startet durch eine persönliche oder E-Mail basierte Anfrage bei einem Mitarbeiter. Die E-Mails bleiben gelegentlich über einen längeren Zeitraum liegen und die Beantwortung zieht sich dann in die Länge. Zusätzlich befindet sich ein Anfrageformular für das gesamte Airbus-ProtoSpace-Netzwerk im Aufbau, über das jedoch konkrete Aufträge und keine Ideen abgegeben werden sollen. Außerdem soll darüber eine Kommunikation zwischen den ProtoSpaces möglich sein. Die Idee oder der Auftrag wird anschließend insbesondere nach seiner Reife bewertet und vorgefiltert. Den anfragenden Ingenieuren oder Forschern des ZAL wird dann bedarfsorientiert ein Coaching oder Workshop angeboten, so dass die Idee oder der Auftrag (z. B. ein Prototyp) selbstständig umgesetzt werden kann.

Für die Fertigung hat der Airbus ProtoSpace ein eigenes Budget und bei entsprechender Materialverfügbarkeit kann nach Bestätigung der Anfrage bzw. nach dem Coaching direkt gefertigt werden. Die Mitarbeiter des Airbus ProtoSpace sehen sich in dem gesamten Prozess mehr als Berater und weniger als Auftragsfertiger. In Bezug auf diesen Aspekt hat es jedoch in der Vergangenheit bei Nutzern des Öfteren falsche Vorstellungen gegeben. Allerdings befindet

sich der Airbus ProtoSpace gegenwärtig in einem Umbruch. Das Ziel ist, die Werkstatt in einen Auftragsfertiger umzuwandeln, der daneben noch eine Eigenproduktion durch die Ingenieure und Forscher zulassen soll. Komplexere Aufträge sollen jedoch auch weiterhin an die Zentralwerkstatt des ZAL vergeben werden. Der Airbus ProtoSpace wird aus steuerrechtlichen Gründen auch in Zukunft nach wie vor nur ZAL-Mitgliedern zur Verfügung stehen.

Der Produktionsprozess bei bauer + planer gleicht im Wesentlichen dem eines normalen Handwerksbetriebs. Anfragen werden in der Regel über das persönliche Netzwerk und/oder per E-Mail und Telefon gestellt. E-Mails können dabei über einen längeren Zeitraum unbeantwortet bleiben und die Bearbeitung (Einkauf von relevanten Informationen, Beantwortung von Fragen) verläuft unstrukturiert und ist deshalb zeitintensiv. Auf die Anfrage folgt eine Planungsphase mit einer Prüfung der Herstellbarkeit des Produkts. Dieser Prozess endet mit der Finalisierung in Form eines Angebots und der Verhandlung des Preises. Nach Auftragserteilung erfolgt anschließend die CAD-Konstruktion und die abschließende Fertigung. Alternativ treten Künstler oder Architekten mit fertigen Konstruktionen an die Betreiber oder die professionellen Handwerker in der Werkstatt heran und lassen im Auftrag fertigen. Insgesamt sind etwa 75 % der Aufträge klassische Auftragsfertigung (DIFM), eigene Projekte spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Die Produkte sind insgesamt ebenfalls individuelle Einzelstücke oder Prototypen (z. B. Modelle, Gastronomie, Inneneinrichtung), die für den Nutzer nach individuellen Vorgaben und Vorstellungen gebaut werden. Eine Eigenfertigung durch externe Hobbybastler findet nur in sehr begrenztem Rahmen und nur wenn handwerkliche Vorerfahrung vorhanden ist, statt. Zur Erweiterung des Maschinenspektrums ist bauer + planer darüber hinaus bedarfsweise Kooperationen mit anderen professionellen Handwerksbetrieben eingegangen. Eine Kooperation mit Fab Labs (das Fab Lab Hamburg ist in unmittelbarer Nähe) wird, obwohl dort Maschinen verfügbar wären, die von bauer + planer immer wieder benötigt werden, abgelehnt.

*„Kooperationen allgemein gibt es definitiv, aber nicht unbedingt mit anderen Labs. Wir sind ja jetzt auch kein klassisches Lab, sondern eher eine Werkstatt und somit kooperieren wir auch eher mit anderen Werkstätten.“ „bauer + planer“-Nutzer, Pos. 46*

*„[...] und bei einem Fab Lab ist es dann schon oft so, [...] die [...] machen [...] das ehrenamtlich und der eine ist nur mittwochs da und der andere ist nur freitags da und so. Und dann harmoniert das nicht so gut zusammen.“ „bauer + planer“-Betreiber, Pos. 87*

### **3.4.2.2 Anforderungen der kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten**

Auch die den kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten zugeordneten Interviewpartner haben unterschiedliche Anforderungen zu einem Modell zur Produktionsplanung

und -steuerung genannt. Nachfolgend werden die wesentlichen Anforderungen dargestellt (vgl. Tabelle 3.7).

**Tabelle 3.7: Anforderungen an die PPS von kommerziell betriebenen OPWs**

	Airbus ProtoSpace	Makerhafen	bauer + planer
Mensch	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle Auftragsbearbeitung durch Vernetzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Kommunikation zwischen Nutzer und Kunde</li> </ul>
Technik	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersichtskarte zu Produktionsmöglichkeiten</li> <li>• Live-Maschinenbelegungsplan</li> <li>• Bezahlssystem über Plattform</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnittstelle zu verschiedenen CAD-Programmen und -Dateiformaten</li> <li>• System für Bewertung der Nutzer</li> </ul>
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open Source Archiv</li> <li>• Matchingfunktion zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>• Stufenweise Wahl zwischen Eigen- und Fremdproduktion durch Nutzer/Kunde</li> <li>• Personalverwaltung soll auf Plattform möglich sein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlage zum Eintragen der einzelnen Maschinen in den Werkstätten sowie dazugehörige Anleitungen</li> <li>• Stufenweise Wahl zwischen Eigen- oder Fremdproduktion durch Nutzer/Kunde</li> <li>• Rechtliche Klärung der Haftung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ggf. Vorabendplanung durch Nutzer vor Ort zur Maschinenbelegung für jede Werkstatt</li> <li>• Ähnliche Preise für gleiche Aufgaben</li> </ul>

Zunächst ist der Wunsch nach einem Portal zum Matchen zwischen Anfragenden und Auftragsfertigern (Nutzern) genannt worden. Ziel soll dabei eine schnelle und niedrighschwellige Auftragsvergabe und -abwicklung sein. Außerdem soll in diesem Zuge auch einstellbar sein, ob bzw. inwiefern der Anfragende selbst an dem Produkt mitwirken möchte und bis zu welcher Fertigungstiefe. Ein persönlicher Austausch muss dabei möglich sein, um Details und Anforderungen klären zu können.

Außerdem sollen maschinenspezifische Informationsblätter in einer Übersichtskarte zur Verfügung gestellt werden, wodurch sich ein Anfragender mit technischen Rahmenbedingungen (z. B. maximaler Bauraum) und der Frage, wie der Fertigungsprozess abzufließen hat, auseinandersetzen kann. Idealerweise findet dabei eine Vorabfrage von technischen Details wie

z. B. dem gewünschten Material und den jeweiligen Abmaßen statt. Alternativ bzw. ergänzend dazu sollten in der Folge durch eine Vorfilterung des gewünschten Materials nur solche Fertigungsverfahren vorgeschlagen werden, die tatsächlich auch das Material bearbeiten können.

Essenziell für ein solches Portal ist, dass ein Konsens darüber besteht, welches Datenformat genutzt wird. In Bezug auf die additive Fertigung wäre das STL-Format eine gute Lösung. Für Konstruktionsdaten würde sich etwa das STEP-Format anbieten.

Abschließend ist eine wesentliche Anforderung, dass die Preise, die durch die Auftragsfertiger angeboten werden, sich insgesamt in einem vergleichbaren Rahmen halten müssen. Denn nur wenn kein Bieterwettbewerb entsteht, erzielt die Plattform einen tatsächlichen Mehrwert.

Beispielhafte Zitate zu Anforderungen, die bei kommerziell betriebenen offenen Produktionswerkstätten gegeben sind:

*„Es gibt tatsächlich kein so ein Portal, wo man das nett miteinander verbinden kann. Das stimmt. Das ist echt so was wie hier Tinder oder Etsy für Maker quasi.“ Makerhafen-Betreiber, Pos. 147*

*„Vielleicht so ein geführtes Set-up, wo man durchgeht und dann über Shapeways ein Teil hochlädt, ein Verfahren eingibt, wie man es haben will, dann anhaken kann: Will ich es selber machen? Brauche ich jemanden, der das für mich macht? Und dann geht man durch, da wird dann ein Profil erstellt, und das wird dann gematcht.“ Makerhafen-Nutzer, Pos. 80*

*„[...] so ein DIN-Norm-Infoblatt zu, okay, es gibt die Maschine und die kann das [...] herstellen.“ Makerhafen-Betreiber, Pos. 139*

*„Also für uns jetzt gerade als Firma wäre es cool, wenn man kurzfristig Dinge herstellen könnte, also alles, was gedreht und CNC-gefräst werden muss, hat halt bei uns immer Lieferzeiten von mindestens zwei Wochen, eher drei bis vier. Wenn man das eher hinkriegen würde, dass man in Fab Labs das dann abholen kann und der ganze Versand-Overhead wegfällt und eventuell dann nicht noch so detaillierte Daten schicken muss, wenn man da dann persönlich quasi vorbeifährt. So was fände ich cool. Dass man quasi an diese Handwerker, die ja in Hamburg schon eine Menge da sind, da dann auch drankommt.“ Makerhafen-Nutzer, Pos. 77*

*„Man darf auch nicht vergessen, ganz oft geht es beim Handwerk nicht um die Bewertungen, sondern um den Preis. Der Günstigste gewinnt.“ „bauer + planer“-Nutzer, Pos. 52*  
*„Das Wichtigste wäre eigentlich, dass eine grobe Positionierung dessen, was gewünscht oder angefragt ist, schnell erkennbar ist und man dann quasi von der Makro in die Mikro gehen kann. [...] Da müsste man am Ende einfach einen guten Strukturbaum dafür herstellen. So dass es einfach und übersichtlich zu nutzen ist, so dass man bei gegebener Anfrage, bspw. also nur digital, danach dann den Kontakt aufnimmt und dann sieht, ob es in die richtige Richtung geht, und dann kommt es abschließend zum persönlichen Treffen.“ „bauer + planer“-Nutzer, Pos. 54*



### 3.4.3 Universitär betriebene offene Produktionswerkstätten

**OpenLab Hamburg:** Das OpenLab Hamburg der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg (Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg) ist eine in einem Container-Komplex auf mehrere Räume verteilte offene Produktionswerkstatt mit Arbeitsplätzen für die Mitarbeiter und Nutzer, einem Workshopraum sowie mehreren thematisch zusammengefassten Werkstatträumen. Das OpenLab wird sowohl durch Privatpersonen als auch Unternehmen genutzt, wobei die meisten Nutzer Studenten oder wissenschaftliche Mitarbeiter sind, die dort ein Projekt durchführen. Betrieben wird das OpenLab Hamburg durch das an der Helmut-Schmidt-Universität ansässige Laboratorium Fertigungstechnik. Dienstags wird ein Open Lab Day angeboten. Darüber hinaus werden regelmäßig öffentlich zugängliche Workshops durchgeführt. Für die Auswertung repräsentiert das OpenLab Hamburg eine universitär betriebene öffentlich zugängliche Produktionswerkstatt mit Fab Lab Charakter. Die Universität ist Mitglied im Fab City Hamburg e.V.

**3D Space:** Der 3D Space an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (Berliner Tor 21, 20099 Hamburg) ist ein für die gesamte Hochschule zugängliches 3D-Druck-Zentrum mit einem Eingangsbereich, einem Arbeitsraum mit 4 CAD-Arbeitsplätzen, einem Besprechungsraum und einem Werkstattraum, in dem die Drucker installiert sind. Neben dem normalen FDM-Verfahren werden auch SL- und SLS-Verfahren angeboten. Betrieben wird der 3D Space über die Fakultät Technik und Informatik. Insgesamt sind hierfür acht Studenten angestellt. Es gibt keinen Open Lab Day. Für die Auswertung repräsentiert der 3D Space eine universitär betriebene offene Produktionswerkstatt mit Fokus auf der additiven Fertigung.

**MakerSpace:** Der MakerSpace an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (Berliner Tor 21, 20099 Hamburg) ist eine für die gesamte Hochschule zugängliche 100 Quadratmeter große Werkstatt mit einem Fokus auf Elektrotechnik und mit klarer thematischer Aufteilung. Nutzer sind vor allem Studenten und Mitarbeiter aus den Fachrichtungen Elektrotechnik und Mechatronik. Betrieben wird der MakerSpace durch das Department Informations- und Elektrotechnik mit bis zu vier Betreuern, die eine Öffnungszeit an Wochentagen von 8 bis 19 Uhr sicherstellen. Das Ziel des MakerSpace ist die Vermittlung von praktischen Erfahrungen durch Tüfteln und Basteln während des Theoriestudiums. Für die Auswertung repräsentiert der MakerSpace eine universitär betriebene offene Produktionswerkstatt mit Fab Lab Charakter.

Weitere Details sind Tabelle 3.8 zu entnehmen.

Tabelle 3.8: Beschreibung der universitär betriebenen OPWs nach Haupt- und Subkategorien

<b>Inhalt aus offener und direkter Beobachtung</b>			
<b>Kategorie</b>	<b>OpenLab Hamburg</b>	<b>3D Space</b>	<b>MakerSpace</b>
<b>Rechtsform</b>	Hochschuleinrichtung (keine eigene Rechtsform)	Hochschuleinrichtung (keine eigene Rechtsform)	Hochschuleinrichtung (keine eigene Rechtsform)
<b>Ziel</b>	Wissensaufbau und -vermittlung, Forschung, Produktion, Hobby	Wissensaufbau und -vermittlung, Produktion	Wissensaufbau und -vermittlung, Produktion, tlw. Hobby
<b>Finanzierung</b>	Hochschulmittel	Hochschulmittel	Hochschulmittel
<b>Maschinenpark</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diverse 3D-Drucker (Prusa, Ultimaker u. BigRep)</li> <li>• Große CNC-Fräse</li> <li>• Lasercutter</li> <li>• Manuelle Drehbank, Fräse u. Standbohrmaschine</li> <li>• Diverse Handwerkzeuge</li> <li>• Kleiner Elektronikbereich</li> <li>• Werkbank</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11 3D-Drucker (3 Ultimaker, 3 Prusa MK3, 1 Sigmax, 1 Lulzbot, 1 SLS, 2 Eigenbauten)</li> <li>• 3D-Scanner</li> <li>• CAD-Arbeitsplätze</li> <li>• Großes Touchdisplay zur Auftragsplanung u. Druckerbelegung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 3D-Drucker</li> <li>• CNC-Fräse, Platinenfräsen möglich</li> <li>• 8 Arbeitsplätze, alle mit Ausrüstung zum Löten und Messen v. Elektronikbauteilen</li> <li>• 2 PC-Arbeitsplätze</li> <li>• 2 Gruppentische</li> </ul>
<b>Räumlichkeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Container-Komplex mit klar strukturierter Raumaufteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klar strukturierte Raumaufteilung</li> <li>• 2 Druckerräume, ein Besprechungsraum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ca. 100 qm großer Raum mit Schließfächern, vielen Arbeitsplätzen und klarer Strukturierung</li> </ul>

Kategorie	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
<b>Räumlichkeiten</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Großzügige Räume (Workshopraum, mehrere Arbeitsräume, Büros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr ordentlich</li> </ul>	
<b>Personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Manager</li> <li>Unterstützendes Laborpersonal von der Hochschule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leitung durch Professor</li> <li>8 studentische Hilfskräfte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 Mitarbeiter</li> </ul>
<b>Inhalt aus halbstrukturierten Experteninterviews (Nutzer und Betreiber)</b>			
Kategorie	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
<b>Produktionsprozess und Planung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weitestgehend ungeplant</li> <li>Nutzer kommen spontan vorbei und starten direkt mit der Fertigung</li> <li>Alternativ vorab Terminvereinbarung für Coaching und dann Fertigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzer informieren sich über E-Learning-Plattform und melden Bedarf per E-Mail</li> <li>Nutzer bekommen Link zu Ordner zugesandt und können Dateien hochladen</li> <li>In direktem Gespräch wird anschließend die Herstellbarkeit geprüft und G-Code erstellt</li> <li>Nach der Zustimmung des Professors geht Bauteil in die Warteschlange für die Produktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzer fragen per E-Mail an oder kommen spontan vorbei</li> <li>Neue Nutzer erhalten Einweisung</li> <li>Erfahrene Nutzer starten direkt mit der Fertigung</li> </ul>

Kategorie	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
<b>Produkte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr verschieden</li> <li>• Hobby bis Patententwicklung</li> <li>• Kunst, Ersatzteile, Möbel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototypen für Abschlussarbeiten</li> <li>• In geringem Ausmaß private Produkte</li> <li>• Sehr verschieden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recht ähnliche Produkte</li> <li>• Alles im Bereich Elektronik, Mikroprozessoren und Lötarbeiten</li> <li>• Schwerpunkt sind Robotik und autonome Fahrzeuge</li> </ul>
<b>Reservierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Online-Kalender für Lasercutter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per E-Mail für 3D-Drucker, CNC-Fräse</li> </ul>
<b>Auslastung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr unterschiedlich</li> <li>• Größte Auslastung am Open Lab Day (auch dort variiert es stark)</li> <li>• Lasercutter regelmäßig ausgelastet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigende Auslastung mit Fortschritt des Semesters</li> <li>• Ggf. werden dann betreuungsinensive Vorhaben abgelehnt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Angaben</li> </ul>
<b>Fehlende Maschinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronikbereich zu klein</li> <li>• 5-Achs-CNC-Fräse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lasercutter</li> <li>• Spezielle Elektronik-Messgeräte</li> </ul>
<b>Priorisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach Dringlichkeit</li> <li>• Sonst first-come-first-serve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First-come-first-serve</li> <li>• Nach Eiligkeit</li> <li>• Schnelle Drucke werden zwischenzeitlich durchgeführt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studienprojekte sind zu priorisieren</li> <li>• Sonst first-come-first-serve</li> </ul>

Kategorie	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
<b>Nutzer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studenten und (wissenschaftliche) Mitarbeiter</li> <li>• Technikbegeisterte junge Menschen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studenten und Mitarbeiter der Fakultät Technik und Informatik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechatronik- und Elektrotechnikstudenten</li> </ul>
<b>DIY/DIFM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauptsächlich für sich selbst oder eigene Uniprojekte (DIY)</li> <li>• Sehr vereinzelt Produktion durch Start-ups für Externe (DIFM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigene Uniprojekte (DIY)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für sich selbst oder eigene Uniprojekte (DIY)</li> </ul>
<b>Angebote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Workshops zu 3D-Druck, Lasercutting, 3D-Scanning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D-Druck-Coaching</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arduino- und Platinenworkshops</li> </ul>
<b>Offenheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Am Open Lab Day offen für jeden</li> <li>• Sonst für Mitarbeiter und Studenten oder nach vorheriger Absprache</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur für HAW-Angehörige</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur für HAW-Angehörige</li> </ul>
<b>Spontanität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzer kommen sehr spontan</li> <li>• Vereinzelt mit Voranmeldung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzer kommen sehr spontan</li> <li>• Nutzer müssen sich über E-Learning-Plattform vorab informieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstmalige Nutzer fragen zunächst per Mail an</li> <li>• Erfahrene Nutzer kommen spontan vorbei</li> </ul>
<b>Entscheidungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgaben über Professor und Oberingenieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschaffungen bis zu 1.000 € tätigen Tutoren selbstständig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsensprinzip im Team der Mitarbeiter mit Nutzern</li> </ul>

Kategorie	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
<b>Entscheidungen</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgaben werden unter Einbezug der Mitarbeiter gemacht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei höheren Kosten trifft Professor die Entscheidung</li> <li>Ansonsten Vorgaben durch Professor an studentische Hilfskräfte</li> </ul>	
<b>Bedarfsmeldungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Per E-Mail</li> <li>Telefon</li> <li>Persönliches Gespräch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Per E-Mail</li> <li>Spontan vor Ort</li> <li>Online-Plattform EMIL (mit Slot-Reservierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Per E-Mail</li> <li>Via E-Learning-Plattform</li> <li>Persönliches Gespräch</li> </ul>
<b>Probleme bei Bedarfsmeldungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manche Nutzer erwarten eine Produktion durch das Werkstattpersonal</li> <li>Manche Nutzer haben inhaltliche Verständnisprobleme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manche Nutzer erwarten eine Produktion durch das Werkstattpersonal</li> <li>Nutzer erscheinen nicht immer zuverlässig zu vereinbarten Workshopterminen</li> </ul>
<b>Kooperationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen mit anderen Werkstätten</li> <li>Teilweise informeller Austausch mit anderen Nutzern aus anderen OPWs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen mit anderen Werkstätten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine strategischen oder offiziellen Kooperationen mit anderen Werkstätten</li> </ul>

Kategorie	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
<b>Kooperationen</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"><li>Nutzer werden an andere Werkstätten verwiesen, sollte eine Fertigung nicht möglich sein</li></ul>		

### 3.4.3.1 Vergleich zwischen universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten

Die universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten weisen einige Gemeinsamkeiten auf. Grundsätzlich sind alle Werkstätten als Einrichtung der Hochschule über die Hochschule finanziert. Keine der Werkstätten darf Geld für die Produktion oder sonstige Dienstleistungen annehmen. Im OpenLab Hamburg und im MakerSpace ist es jedoch bei umfangreicheren Projekten so geregelt, dass der Nutzer sein eigenes Material mitnehmen soll.

Außerdem verstehen sich alle Werkstätten in diesem Typ als Bildungseinrichtung. Vorrang haben immer universitäre Projekte, der Status als Hochschul-Projekt muss im 3D Space auch per Unterschrift eines betreuenden Professors nachgewiesen werden. Mittlerweile sind in allen Werkstätten aber auch private, also eigene Projekte durchführbar. Im 3D Space und MakerSpace gilt das jedoch nur dann, wenn ausreichende Kapazitäten vorhanden sind und die zu fertigenden Teile selbst konstruiert wurden, so dass der Bildungsgedanke beibehalten wird. Im OpenLab Hamburg gibt es diese Anforderung nicht.

Ferner kommt es gelegentlich zu dem Missverständnis, dass Nutzer denken, die Mitarbeiter würden für sie produzieren. Jedoch würde das nicht dem Bildungsgedanken entsprechen, weshalb solche Anfragen abgelehnt werden. Außerdem werden alle Entscheidungen (z. B. über Veränderungen) top-down, aber unter Einbezug der Mitarbeiter getroffen.

*„[...] ab und zu haben wir schon, dass Leute hier hinkommen und denken, die können hier bestellen und dann auf Termin was abholen.“ 3D-Space-Betreiber, Pos. 46*

Eine weitere Gemeinsamkeit findet sich hinsichtlich Kooperationen mit anderen Werkstätten. Keine der universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten hat gegenwärtig feste oder strategische Kooperationen zu anderen Einrichtungen, obwohl sie meistens nur mittelmäßig ausgelastet sind. Es findet aktuell lediglich ein sehr vereinzelter und loser Austausch zwischen den Einrichtungen durch einzelne Nutzer statt, die in mehreren Produktionswerkstätten aktiv sind. Außerdem fällt auf, dass Bildung und Produktion im Vordergrund stehen. Das heißt, obwohl die Werkstätten teilweise den Charakter eines Fab Labs haben, hat sich hier keine Community entwickelt, wie im folgenden Zitat deutlich wird.

*„Im HoFaLab hab ich mich eher aufgehalten, weil dort einfach die Community ist. Das ist halt der Punkt, der hier halt fehlt. [...] da ist halt wirklich der Fokus auf Zusammenarbeit, man trifft sich miteinander, man unterhält sich und arbeitet eben gemeinsam und wir sind in manchen Aspekten dann doch eher ein Dienstleister. Ein sehr günstiger Dienstleister.“ OpenLab-Nutzer, Pos. 48*



Unterschiede finden sich im Produktionsprozess, der nicht in allen Einrichtungen einheitlich abläuft. Die Produktionsprozesse im OpenLab Hamburg und im MakerSpace sind dabei recht ähnlich. Auch wenn es keine Pflicht ist, melden sich viele Nutzer, insbesondere Erstnutzer, vorher per E-Mail, telefonisch, per Kontaktformular oder durch die hochschuleigene E-Learning-Plattform an oder buchen einen Zeitslot. Ansonsten kommen sie spontan in die Werkstatt. Erstmalige Nutzer erhalten anschließend eine Einweisung in die Handhabung der benötigten Maschinen und können erste Erfahrungen unter Beaufsichtigung sammeln. Anschließend können sie, genauso wie erfahrene Nutzer, mit ihrer eigenen Produktion beginnen.

Bei der Wahl der Maschinen vor Ort gilt „first come first serve“. Allerdings ist im OpenLab Hamburg eine Reservierung des Lasercutters möglich, der meist drei bis vier Wochen vorab ausgebucht ist. Bei der Buchung wird der jeweilige Erfahrungsstand abgefragt, um ggf. mehr Zeit für Einweisung und Einarbeitung zu reservieren. Für alle CNC-Anwendungen gibt es noch keine Reservierungsmöglichkeit, was jedoch im Sinne der Bündelung von Ressourcen als sinnvoll erachtet wird. Gelegentlich kommt es vor, dass ein reservierter Zeitslot nicht wahrgenommen wird.

*„Am Beispiel vom Lasercutter ist es einfach: Wer als Erster kommt, mahlt zuerst, im Sinne von der Online-Anmeldung.“ OpenLab-Nutzer, Pos. 14*

Der Produktionsprozess im 3D Space dagegen unterscheidet sich vom Prozess im OpenLab Hamburg und im MakerSpace. Bei erstmaliger Nutzung erfolgt der Kontakt ausschließlich über E-Mail mit einem Verweis auf die hochschuleigene E-Learning-Plattform, über die sich die Nutzer weitere Infos zum Prozess der additiven Fertigung holen können. Nach der anschließenden Bestätigung des jeweilig betreuenden Professors werden die Aufträge mit den Konstruktionsdaten in einen geteilten Ordner hochgeladen und auf einem Trelloboard gesammelt. Die bis zu zehn Mitarbeiter des 3D Space ziehen sich von dort einen Auftrag nach dem First-come-first-serve-Prinzip und geben dem jeweiligen Studenten einen Zeitslot, in dem sie mit ihm zusammen den Auftrag abarbeiten. Hierbei werden nur noch Druckeigenschaften und fertigungstechnische Aspekte besprochen, es findet in der Regel keine Designanpassung mehr statt. Erfahrene Nutzer können den 3D Space bei freien Kapazitäten auch spontan nutzen.

Unterschiede gibt es auch hinsichtlich Nutzern und hergestellten Produkten. Die im OpenLab Hamburg hergestellten Produkte sowie die Nutzer dieser Werkstatt sind sehr verschieden. Neben Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern sind hier auch externe Privatpersonen und teilweise Unternehmensangehörige vor Ort, um insbesondere Prototypen oder einzelne (Hobby-)Produkte herzustellen. Meist handelt es sich dabei um Kunst- und Designgegenstände sowie Gegenstände aus dem Bereich Möbelbau. In den anderen

Einrichtungen sind die Nutzer Studenten und Mitarbeiter. Während die Produkte im 3D Space sehr unterschiedlich, aber – bedingt durch die zur Verfügung stehenden Bauraumgrößen – eher kleiner sind und eigentlich immer einen wissenschaftlichen Bezug haben, so haben die Produkte im MakerSpace einen Elektronik- und Mikroprozessorschwerpunkt und es handelt sich vielfach um Objekte aus den Bereichen Robotik und autonome Fahrzeuge.

*„Also von einfach Hobby oder nach unserem Motto ‚Think it, make it‘ einfach eine Idee und umsetzen bis Ingenieure, die hier was entwickeln und sogar patentieren.“ OpenLab-Betreiber, Pos. 22*

Ein weiterer wesentlicher Unterschied betrifft den Grad der Offenheit der einzelnen Einrichtungen. Während das OpenLab Hamburg insbesondere am Open Lab Day, nach Absprache aber auch außerhalb dieser Zeit, jedem Interessenten zur Verfügung steht, ist die Nutzung des MakerSpace und des 3D Space HAW-Angehörigen vorbehalten. Hier wird allerdings nicht nach den einzelnen Fakultäten oder Departments unterschieden. Beide Einrichtungen sind damit HAW-weit nutzbar. In allen Einrichtungen erscheinen die Nutzer darüber hinaus recht spontan.

### 3.4.3.2 Anforderungen der universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten

Die Interviewpartner aus den universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten nannten unterschiedliche Anforderungen an ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung. Nachfolgend werden die wesentlichen Anforderungen dargestellt (vgl. Tabelle 3.9).

Tabelle 3.9: Anforderungen an die PPS von universitär betriebenen OPWs

	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
Mensch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehr Personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Kommunikation zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>• Schnelle Rückmeldungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Kommunikation zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>• Mehr Personal</li> <li>• Einfache Sprache und Umgangsregeln für die Kommunikation</li> </ul>
Technik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karte zur aktuellen Maschinenauslastung</li> <li>• Filtersystem, um nach Fertigungsverfahren zu suchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenkalkulator für ungefähre Preisübersicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersichtliche und intuitive Plattform</li> </ul>

	OpenLab Hamburg	3D Space	MakerSpace
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ähnlichkeitsplanung innerhalb eines Archivs</li> <li>• Einheitliche Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Nutzung der Plattform</li> <li>• Steuerrechtliche Abrechnung für Hochschule muss möglich sein</li> <li>• Produktion muss günstig sein</li> <li>• Sicherstellen, dass Anbieter seriös sind</li> <li>• Qualifikationsprogramm für Nutzer, als Bedingung dafür, dass sie über Plattform Aufträge übernehmen dürfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Doppelvergabe von Aufträgen</li> <li>• Schnelle und unkomplizierte Bedarfsmeldung</li> <li>• Öffnung der Hochschule notwendig</li> <li>• Strukturbaum, an dem die Nutzer sich entlangbewegen können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öffnung der Hochschule notwendig</li> </ul>

Zunächst besteht der Wunsch nach weiterem Personal, um Nutzer besser betreuen oder selbstständig Aufträge für Dritte bearbeiten zu können. Wichtig bei dieser Auftragsfertigung ist einerseits, dass die Produkte dann nur von Personal hergestellt werden, das über entsprechendes Know-how verfügt. Andererseits ist die Qualität des Produkts entscheidend. Der Kunde soll nur Produkte erhalten, die seinen Vorstellungen entsprechen. Diese beiden Anforderungen sind stark verknüpft, da Personal mit entsprechendem Know-how diese Qualität zuverlässiger bieten kann.

Für die nachfolgende finanzielle Abwicklung des Material- und Personaleinsatzes ist dann ein Abrechnungssystem notwendig, das die steuerrechtlichen Anforderungen der jeweiligen Hochschule erfüllt. Außerdem soll es bereits vorab einen Preiskalkulator geben, der in Abhängigkeit von Material- und Personaleinsatz einen Angebotspreis ermittelt.

Ferner wird ein übergreifender Kalender für Maschinenbuchungen, der auch extern einsehbar ist, vorgeschlagen. Dabei soll eine Vorfilterung möglich sein, mittels der man prüfen kann, wo die Maschinen stehen, um welche Maschinen es sich handelt und was die dazugehörigen Spezifikationen sind. Zusätzlich wurde der Wunsch geäußert, dass die Informationen zur Maschinenauslastung in einer interaktiven Karte visualisiert werden.

Zur systematischen Sammlung von Informationen sollte außerdem ein Formular oder eine Plattform erstellt werden, über die die Aufträge verteilt werden können. Besonderes Augenmerk sollte darauf liegen, dass ein Auftrag nicht doppelt vergeben werden kann. Insgesamt soll das Ausfüllen und Einreichen des Formulars für Kunden und Nutzer mit wenig Aufwand verbunden sein und zudem sollte der Bearbeitungsaufwand für die einzelnen Werkstätten nicht unterschiedlich sein.

Außerdem wird ein direkter Kommunikationskanal gewünscht, über den bilateral technische Details und Anforderungen oder weiterführende Beratungsmöglichkeiten besprochen werden können. Dieser Kommunikationsweg ist besonders für Kunden, die wenig oder keine Erfahrung mit dieser Art der Produktion haben, besonders wichtig. Ferner sollte es insgesamt zu schnellen Rückmeldungen durch die Nutzer kommen.

Beispielhafte Zitate zu Anforderungen, die bei universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten bestehen:

*„[...] es müssten natürlich dann auch mehr Leute sich finden, die das auch umsetzen so.“  
MakerSpace-Betreiber, Pos. 100*

*„Also das Hauptproblem ist, dass wir nicht abrechnen dürfen. Da sehe ich das Hauptproblem.“ OpenLab-Betreiber, Pos. 76*

*„[...] man müsste halt gucken, wer das macht und ob er die Kapazitäten und Qualifikationen dafür hat. Weil es würde dazu führen, wenn derjenige nicht damit zufrieden ist, dass sehr viele das ablehnen würden, weil das Ergebnis nicht stimmt.“ OpenLab-Betreiber, Pos. 76*

*„[...] einheitliche Suchmasken online. Dass man im Prinzip festlegt, was man für Optionen eingeben kann, dass einfach leicht gesucht werden kann nach Bedarfen, im Sinne von: Wenn ich jetzt etwas fräsen will, dass ich dann automatisch die Auswahl hab von den Maschinen. Dass sozusagen mir die Auswahl angezeigt wird, welches Produkt in welchem Lab herstellbar wäre.“ OpenLab-Nutzer, Pos. 54*

*„Im Prinzip wie so eine Schritt-für-Schritt-Auswahlmaske, im Sinne von ‚Ich will was drehen‘, dann bekommt man eine Auswahl an Labs angezeigt. Dann heißt es: ‚Ich will was aus Stahl drehen‘, dann wird die Auswahl gefiltert. So eine gewisse Vorauswahl, die die Nutzer einfach leitet. Vielleicht auch dann im selben Kontext, dass man für die Maschine die Dokumentation dann online einsehen kann, damit man sich einfach optimal darauf vorbereiten kann. So dass einfach die Informationen für das jeweilige Lab dort direkt abrufbar sind, damit man sich mit den Konditionen dann dort schon vertraut machen kann.“ OpenLab-Nutzer, Pos. 56*

*„[...] man müsste halt gucken, dass man keine doppelten Aufträge zum Beispiel vergeben kann. Dass da nicht zwei Leute auf einmal diesen Auftrag abschließen. [...] Und man bräuchte auf jeden Fall auch eine direkte Kundeninteraktion mit dem Kunden. Denn nur weil er meint, dass es druckbar ist, heißt das nicht, dass es druckbar ist.“ 3D-Space-Betreiber, Pos. 60*

„[...] vielleicht wäre es ja dann auch ganz nett, wenn man so eine Oberfläche hätte, dass man so Probeangaben machen kann. Dass man einmal angibt, was will man, um dann zu gucken, was kostet mich das so ungefähr, um auch zu sehen, ob man sich das am Ende überhaupt finanzieren kann. Das müssen ja auch keine fixen Kosten sein, aber dass man zumindest so einen Bereich hat, ob es jetzt um 10 oder um 100 Euro geht.“ 3D-Space- und MakerSpace-Nutzer, Pos. 72

### 3.4.4 Vergleich zwischen den Typen von offenen Produktionswerkstätten

Ziel der *ersten und zweiten Sub-Forschungsfrage* ist die Erforschung der unterschiedlichen Typen von offenen Produktionswerkstätten in Hamburg und die Klärung der Frage, welche Ist-Zustände und Randbedingungen vor Ort vorzufinden sind. Zur Beantwortung der Subforschungsfragen werden in Tabelle 3.10 zunächst die drei unterschiedlichen Typen nach verschiedenen Merkmalen mit den dazugehörigen Ist-Zuständen und Randbedingungen vergleichend dargestellt und anschließend werden die wesentlichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten beschrieben.

Tabelle 3.10: Typen von offenen Produktionswerkstätten in Hamburg

<b>Merkmal</b>	<b>Community-betriebene Produktionswerkstatt</b>	<b>Kommerziell betriebene Produktionswerkstatt</b>	<b>Universitär betriebene Produktionswerkstatt</b>
<b>Zwecke</b>	Wissensaufbau und -vermittlung sowie Hobby und sozialer Austausch	Wissensaufbau, Innovation und kommerzielle Produktion	Wissensvermittlung, Produktion und Forschung
<b>Finanzierung</b>	Mitgliedsbeiträge, Spenden, Maschinennutzungsgebühren, öffentliche Zuwendungen	Grundfinanzierung über Unternehmen, Maschinennutzungsgebühren und Mieten	Hochschul- und Drittmittel
<b>Kunden- und Nutzerkreis</b>	Spontan erscheinende Vereinsmitglieder und externe Nutzer, viele Akademiker, Techniker und Künstler	Spontan erscheinende Ingenieure, Forscher und professionelle Handwerker, tlw. private Maker	Spontan erscheinende Universitätsangehörige, Studenten und Startups, tlw. DIY-Bastler
<b>Personal vor Ort</b>	Ehrenamtlich agierende Vereinsmitglieder, oft unterbesetzt	Angestelltes Personal	Angestelltes Personal
<b>Maschinen-ausstattung</b>	Unterschiedlich und vor allem wenig professionelle Maschinen	Zweckorientiert und professionell, keine Eigenbauten	Zweckorientiert, jedoch überwiegend Hobby-Maschinen

<b>Merkmal</b>	<b>Community-betriebene Produktionswerkstatt</b>	<b>Kommerziell betriebene Produktionswerkstatt</b>	<b>Universitär betriebene Produktionswerkstatt</b>
<b>Produkte</b>	Prototypen sowie Kunst- und Designgegenstände aus dem Hobby-Bereich	Vor allem professionelle Einzelstücke, Prototypen, Demonstratoren	Einzelstücke, Möbel, Prototypen für Abschlussarbeiten, Kunstgegenstände und Roboter
<b>Rechtsform</b>	Eingetragener Verein	Eigenständiges Unternehmen oder Teil eines Unternehmens	Hochschul-Einrichtung, keine eigene Rechtsform
<b>Führung der Werkstatt</b>	Durch gewählten Vereinsvorstand	Hierarchisch über Manager oder Geschäftsführer	Hierarchisch über Fakultäts-/Institutspersonal
<b>Standort</b>	Stadtteile mit kreativer Szene	Umfeld, das Produktion zulässt	Hochschulcampus

Die einzelnen Typen der offenen Produktionswerkstätten unterscheiden sich teilweise stark. Ein wesentliches Unterscheidungskriterium ist die Finanzierung. Während die universitären Produktionswerkstätten grundfinanziert und die unternehmenseigenen Produktionswerkstätten ein eigenes Budget und/oder erfolgreiche Geschäftsmodelle haben, sind die Werkstätten im Community-Bereich vor allem auf Mitgliedsbeiträge und Spenden angewiesen. Als weitere Einnahmequelle werden teilweise Workshopentgelte und Maschinennutzungsgebühren erhoben. Diese Finanzierung ist ausreichend für den laufenden Betrieb, allerdings sind größere Anschaffungen (z. B. Lasercutter, CNC-Fräse) schwierig umsetzbar, was sich insbesondere in den kleinen und mittleren Werkstätten im Maschinenpark widerspiegelt, welcher überwiegend weniger professionell und hochwertig ist. Außerdem ist die Personalsituation grundlegend unterschiedlich. Während in den Community-Werkstätten ehrenamtliche Helfer mitarbeiten, ist das Personal in den anderen beiden Typen finanziert.

Auch die Ziele der einzelnen Typen unterscheiden sich. Die universitären Produktionswerkstätten verfolgen neben der Forschung auch einen Bildungsauftrag mit dem Ziel, Wissen über Fertigungstechnik weiterzugeben. Außerdem werden sie vielfach im Rahmen von Abschlussarbeiten für das Prototyping genutzt. Die eigentliche Produktion ist auch möglich. Die Community-Werkstätten verfolgen prinzipiell und gegenwärtig noch ein sehr ähnliches Ziel. Auch hier ist die Wissensvermittlung ein wichtiger Baustein. Die eigentliche Produktion ist möglich, gegenwärtig aber noch nachgelagert. Dies zeigt sich auch im Angebot der einzelnen Werkstätten, die alle unterschiedliche Workshops zur Fertigung anbieten. Ein wesentlicher Unterschied

zwischen den beiden Typen betrifft das Maß des sozialen Austauschs und des familiären Charakters der Zusammenarbeit, diese haben in universitären Werkstätten keinen nennenswerten Stellenwert. Auch in zwei der drei unternehmenseigenen Produktionswerkstätten spielt der Bildungsgedanke eine Rolle, allerdings stehen hier die eigentliche Produktion und das Prototyping im Vordergrund. Eine Community gibt es ebenfalls nicht.

Ein weiterer und wesentlicher Unterschied besteht im Grad der Offenheit der einzelnen Werkstätten. Grundsätzlich sind während des jeweiligen Open Lab Day alle Community-betriebenen Produktionswerkstätten sowie deren Workshopangebote ohne Vorkenntnisse öffentlich zugänglich. Bedarfsweise finden dann Maschineneinweisungen statt. Ein ähnliches Vorgehen zeichnet sich beim OpenLab Hamburg (universitär) und beim Makerhafen (kommerziell) ab, wobei Letzterer immer öffentlich zugänglich ist. Die weiteren universitären Produktionswerkstätten stehen lediglich Mitgliedern der Hochschule zur Verfügung. Auch der Airbus ProtoSpace (Unternehmen) steht, außer im Rahmen von Events, ausschließlich Mitgliedern des ZAL zur Verfügung. In beiden Fällen gilt jedoch, dass die berechtigten Mitglieder sehr offen und spontan erscheinen können. Das gilt insbesondere dann, wenn sie in die Handhabung der Maschinen eingewiesen sind. Auch bauer + planer (kommerziell) ist bei entsprechender Kapazität offen für Externe, wobei dabei vorausgesetzt wird, dass die Nutzer über handwerkliche Fähigkeiten verfügen.

Eine Gemeinsamkeit findet sich in der Spontanität der Nutzung. In allen Produktionswerkstätten melden sich die Nutzer spontan erstmalig per E-Mail, Telefon, Kontaktformular oder Social Media bzw. erscheinen zu einem persönlichen Gespräch. Alle Werkstätten haben sich auf diese Art der Spontanität eingestellt. Das führt dazu, dass im Wesentlichen keine klassische Produktionsprogrammplanung erfolgt und die Aufträge nach „first come first serve“ abgearbeitet werden. Dringliche Aufträge werden im Regelfall jedoch auch priorisiert behandelt. Das Unternehmen bauer + planer bietet zwar bei freier Kapazität auch diese spontane Nutzung an, empfiehlt jedoch eine Kontaktaufnahme mindestens sieben Tage im Voraus. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Offenheit des Ortes und der Spontanität der Nutzer beim Besuch einer bestimmten Werkstatt festgestellt werden.

Eine weitere Gemeinsamkeit findet sich typenübergreifend in Bezug auf Kooperationen. Keine der Produktionswerkstätten hat feste offizielle und strategische Kooperationen zu anderen Werkstätten. Lediglich der Airbus ProtoSpace hat in seinem ProtoSpace-Netzwerk und über die vor Ort vorhandene Zentralwerkstatt Kontakt zu anderen Werkstätten. Außerhalb dieses Netzwerks sind auch in diesem Fall keine Kooperationen bekannt. Bemerkenswert ist hierbei, dass sich viele der Betreiber oder Nutzer eine Kooperation grundsätzlich vorstellen können

und in den Interviews auch öfter geäußert haben, dass sie darin einen Mehrwert sehen. Einzig das Unternehmen bauer + planer fällt hierbei auf, da es Aufträge, für die es beispielsweise kein Werkzeug hat, an andere Handwerksunternehmen fremdvergift. Aber auch diese Vergabe ist bedarfsorientiert und stellt keine langfristige Kooperation dar. Eine Kooperation mit Community-Werkstätten wird sogar abgelehnt.

Auch der eigentliche Produktionsprozess läuft insgesamt bei allen Werkstatttypen recht gleich ab. Nach einer kurzen Planungsphase und einem optionalen Coaching durch einen Mitarbeiter oder ehrenamtlichen Helfer beginnt der Nutzer mit der Realisierung seines Projekts. Ausnahmen bilden nur bauer + planer (kommerziell), die eine Planungsphase mit Kostenvoranschlag und anschließender Produktion wie in normalen Handwerksbetrieben vorsieht, sowie der 3D Space, wo die Mitarbeiter die Konstruktionen mit dem Nutzer prüfen und dann für den Nutzer während seiner Anwesenheit den Fertigungsprozess starten. Außerdem überwiegt eine DIY-Produktion durch und für den Nutzer. Lediglich bauer + planer (kommerziell) fertigt überwiegend für externe Kunden. Außerdem sind das OpenLab Hamburg (Universität), der Makerhafen (kommerziell) und zwei von drei Community-Werkstätten schon genutzt worden, um dort Produkte für ein externes Unternehmen zu produzieren. Die hergestellten Produkte sind extrem vielfältig und teilweise sehr verschieden.

### 3.4.5 Anforderungen offener Produktionswerkstätten

Die *dritte Sub-Forschungsfrage* zielt darauf ab, Anforderungen an ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg zu erheben. Zur Beantwortung der Sub-Forschungsfrage werden in Tabelle 3.11 zunächst typenübergreifend zusammengefasst und kategorisiert alle Anforderungen dargestellt und anschließend beschrieben. Die Tabelle enthält außerdem zusätzlich implizit geäußerte Anforderungen, das heißt, wenn von den Interviewten mehrfach explizit wiederkehrende Probleme genannt wurden, wurden daraus in der Analyse entsprechende Anforderungen implizit abgeleitet. Dieser Anforderungskatalog stellt anschließend die Grundlage für die Entwicklung des Modells zur Produktionsplanung und -steuerung in Kapitel 4.4.2.1 dar.

Tabelle 3.11: Implizit und explizit genannte Anforderungen an das PPS-Modell

Kategorie	Anforderungen
<b>Kommunikation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkter Kommunikationsweg zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>• Schnelle Antworten und einfache Sprache</li> <li>• Zentrale Plattform und ein holistischer Kanal (z. B. Chat oder Ticket)</li> </ul>



Kategorie	Anforderungen
<b>Aufbau und Bedienbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Holistische Plattform mit gleichem Aufwand für jeden</li> <li>• Übersichtliche und intuitive Benutzeroberfläche</li> <li>• Darstellung der einzelnen Produktionsschritte und der notwendigen Vorarbeiten für Kunden als Information</li> <li>• Standardisierte Anforderung von Auftragsinformationen (z. B. Dimensionen, Material und Kundenstammdaten) mit anschließender Vorauswahl von Fertigungsverfahren</li> <li>• Konfigurator für Material und Fertigungsverfahren</li> <li>• Archiv mit realisierten Projekten</li> <li>• Preis- und Zeitkalkulator, um ungefähre Einschätzung des Preises und der Fertigungsdauer zu ermöglichen</li> <li>• Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien zur Prüfung (ggf. automatisiert)</li> </ul>
<b>Entwicklungs- und Produktionsprozess</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstständige Entscheidung durch den Kunden, ob und wie er mitarbeiten möchte</li> <li>• Gute und direkte Einbindung von Nutzern aus der jeweiligen Werkstatt oder von Externen</li> <li>• Übertragbarkeit der Bestätigung, dass Maschineneinweisung stattgefunden hat, auf andere Werkstätten, um Einweisungsaufwand zu reduzieren</li> <li>• Schnelle und günstige Abwicklung durch Nutzer</li> </ul>
<b>Auftragsvergabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktion, die anfragenden Kunden mit Nutzer matcht</li> <li>• Gerechte Auftragsverteilung zwischen den Produktionswerkstätten und Nutzern</li> <li>• Vermeidung von Doppelvergaben</li> <li>• Selbstständige Wahl durch Nutzer oder Betreiber der OPW, ob sie Auftrag annehmen möchten</li> </ul>
<b>Ressourcenmanagement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinenbelegung soll durch Plattform geplant werden und einsehbar sein</li> <li>• Ein Experte für alle Maschinen immer vor Ort in Werkstatt</li> <li>• Mehr Personal in den einzelnen Werkstätten</li> </ul>
<b>Finanzierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Bezahlung über Plattform</li> </ul>

Kategorie	Anforderungen
<b>Finanzierung</b> (Fortführung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finanzielle Abwicklung muss auch für Vereine und Universitäten möglich sein</li> </ul>
<b>Qualität und Gewährleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen Nutzer und Kunden</li> <li>• Sicherstellung der Seriosität eines Nutzers</li> <li>• Wahrung des Urheberrechts</li> </ul>
<b>Erweiterungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventarliste einer Werkstatt inkl. Nutzungsanleitungen</li> <li>• In die Plattform integriertes CAD- und Slicer-Programm</li> <li>• Schnittstelle zu anderen CAD-Formaten und -Programmen</li> </ul>

Durch das Zusammentragen und Verdichten der Ergebnisse konnten insgesamt acht Hauptkategorien an Anforderungen identifiziert werden (vgl. Tabelle 3.11). Die einzelnen Anforderungen variieren in den Community- und universitär betriebenen offenen Produktionswerkstätten dabei nur wenig, während die Anforderungen der kommerziell betriebenen offenen Werkstätten sehr unterschiedlich sind. Die genannten Basisanforderungen sind jedoch überwiegend übertragbar.

### Kommunikation

Die von Interviewpartnern aus allen Analyseobjekten meistgenannte Anforderung ist ein einfacher und direkter Kommunikationsweg zwischen dem Nutzer und dem Kunden, um beispielsweise Details und Anforderungen zu einem Auftrag zu diskutieren oder eine Beratung zu bieten. Neben einer einfachen Sprache (auf der gesamten Plattform und in der Kommunikation) wird als bedeutsam genannt, dass die Beantwortung von Anfragen schnell erfolgen soll. Angesichts der vielfach angesprochenen Problematik von unbeantworteten und vergessenen E-Mails sowie der vielen unterschiedlichen Kanäle (E-Mail, persönlich, Telefon, Social Media, Kontaktformular) wird festgestellt, dass die Kommunikation über einen zentralen Kanal erfolgen sollte. Hierfür kann ein geordneter und auftragsbezogener Chat oder ein Ticketsystem genutzt werden, wobei die jeweilige Historie der Kommunikation einsehbar ist und alle Informationen an einem zentralen Punkt gesammelt werden.

### Aufbau und Bedienbarkeit

Für den Aufbau und die Bedienbarkeit wird eine holistische Plattform mit übersichtlicher und intuitiver Benutzeroberfläche gefordert, über die die gesamte Informationsanforderung und -bereitstellung erfolgt. Hierfür wird eine Darstellung gewünscht, die diese dezentrale Art

der Produktion sowie die dazugehörigen Produktionsschritte insbesondere für Neukunden erläutert. Außerdem sollen die jeweiligen Vorarbeiten beschrieben werden, so dass ein Kunde einerseits den eigentlichen Produktionsaufwand abschätzen und andererseits das eigene Projekt vorbereiten kann.

Für die eigentliche Anfrageerstellung sollen standardisiert Informationen zum gewünschten Produkt und zu Kunden von der Makro- zur Mikro-Ebene angefordert werden können. Neben den Abmaßen sowie Informationen zum Material und zu möglichen Sonderteilen gehören dazu auch kundenspezifische Daten wie die Liefer- und Rechnungsadresse. Durch den standardisierten Ablauf hat anschließend jeder Kunde, jeder Nutzer und jede Werkstatt den gleichen Aufwand, was Informationsbereitstellung und -beschaffung betrifft. Auf Basis der Daten zu Abmaßen und dem Material sollen für fortgeschrittene Kunden und Nutzer bereits Fertigungsverfahren vorgeschlagen werden, durch die eine Herstellung des jeweiligen Produkts oder Bauteils möglich wäre. Außerdem soll dem Kunden auf dieser Grundlage bereits ein ungefähres Preisgefüge sowie eine ungefähre Lieferzeit oder Produktionsdauer angezeigt werden.

Ferner besteht der Wunsch nach einer sicheren Upload-Funktion für Konstruktionsdateien, um den Fertigungsaufwand noch besser abschätzen zu können und den Aufwand für die Konstruktion durch den Nutzer drastisch zu reduzieren. In diesem Zuge wurde öfter der Wunsch geäußert, eine automatische Prüfung der Daten auf Herstellbarkeit durchzuführen. Außerdem könnten die Daten nach Freigabe in einem Open Source Archiv gesammelt werden, so dass sie anderen Kunden direkt für die Fertigung sowie für Varianten- oder Ähnlichkeitsplanungen zur Verfügung stehen. Zusätzlich könnten sowohl Nutzer als auch Kunden das Archiv dann zur Ideengenerierung nutzen.

### **Entwicklungs- und Produktionsprozess**

In den Interviews ist deutlich geworden, dass sich die Kundenwünsche teilweise darauf beschränken, dass ein Produkt hergestellt wird. Viele wollen jedoch auch, zumindest in Teilen, selbst mitarbeiten (Prosumenten). In diesem Zusammenhang ist der Wunsch geäußert worden, dass der Kunde selbstständig entscheiden kann, ob und wie er an seinem Produkt mitarbeiten kann. Die weitestgehende Integration wäre die gesamte Fertigung durch den Kunden, der sich über die Plattform lediglich Maschinen in einer bestimmten Werkstatt reserviert. Die Plattform soll hierfür entsprechende Funktionalitäten bereithalten. Außerdem sollen die Nutzer aus der Werkstatt oder externe Nutzer aktiv in den Entwicklungsprozess eingebunden werden. Dies ist insbesondere dann eine Grundvoraussetzung, wenn der Kunde keine Konstruktionsdaten mitliefert oder mitliefern kann und die eigentliche Konstruktion noch aussteht.

Aber auch bei fortgeschrittenen Projekten soll der Nutzer die Möglichkeit haben, seine Expertise aus der Konstruktion und Fertigung einbringen zu können. Die eigentliche Produktion soll möglichst schnell und günstig durchgeführt werden, damit sie eine Alternative zu den heutigen Geschäftsmodellen darstellt. Damit die Nutzer für die Produktion zwischen den einzelnen Werkstätten springen können, sollen außerdem einmalige Maschineneinweisungen zwischen den Werkstätten anerkannt werden, um den Einweisungsaufwand zu reduzieren. Das kann zu einer besseren Ressourcennutzung führen und dadurch eine ebenfalls geforderte schnelle Produktion sicherstellen.

### **Auftragsvergabe**

Bezüglich der eigentlichen Auftragsvergabe ist mehrmals eine Matchingfunktion zwischen Kunden und Nutzern genannt worden, die, je nach Anforderungs- und Leistungsprofil, zwei Parteien zusammenführen soll. Diese Funktion soll dabei mehreren Anforderungen genügen. Zunächst soll es eine faire Verteilung zwischen den einzelnen Produktionswerkstätten und den Nutzern geben. Eine Vergabe nur an bestimmte Werkstätten oder Nutzer sollte im Sinne der Gemeinschaft ausgeschlossen werden. Außerdem sollte die doppelte Vergabe von einem Auftrag an mehrere Nutzer technisch unterbunden werden.

Zusätzlich wurde in den Interviews teilweise erwähnt, dass die Werkstätten und Nutzer gerne selbst entscheiden möchten, ob und welche Aufträge sie annehmen. Eine zentral gesteuerte Vergabe an sie ist nicht gewünscht. Hierfür soll die Plattform eine Zusammenfassung aller Aufträge darstellen, auf die die Nutzer selbstständig reagieren können. Dieser Schritt ist ein Ansatz zur Demokratisierung der Wertschöpfung und steht im Gegensatz zu den aktuellen Entscheidungsprozessen in einigen offenen Produktionswerkstätten.

### **Ressourcenmanagement**

Eine in den Interviews sehr häufig genannte Ressource ist das (teilweise ehrenamtliche) Personal in den offenen Produktionswerkstätten, wobei vielfach angegeben wurde, dass die Zahl der Mitarbeiter aktuell zu gering sei. Daher haben die Interviewpartner insbesondere aus den universitär und Community-betriebenen offenen Produktionswerkstätten ganz grundsätzlich den Wunsch nach mehr Personal geäußert. Für das Modell zur Produktionsplanung und -steuerung wäre dann eine Personalplanungsfunktion wünschenswert. Außerdem soll während der Öffnungszeiten immer ein Ansprechpartner in der jeweiligen Werkstatt sein, der Experte für alle Maschinen ist. Auf diesem Weg soll jedem Nutzer ein zentraler Ansprechpartner zur Verfügung gestellt werden, für den Fall, dass es einen Abstimmungsbedarf gibt.

Eine weitere Anforderung ist die Planung und Darstellung der Maschinenbelegung, wodurch jeder Nutzer direkt sehen können soll, wie die aktuelle und nahzukünftige Auslastung einer Maschine in einer bestimmten Werkstatt ist. Die hierfür benötigten Planungsdaten soll die Plattform selbstständig auf Grundlage von durch die Nutzer angenommenen Aufträgen ableiten und diesen gleichzeitig zur Verfügung stellen. Als Alternative ist eine weniger automatisierte Vorabendplanung zwischen den Nutzern in einer bestimmten Werkstatt für den nächsten Tag genannt worden, im Rahmen derer sich die Nutzer zu ihren Aufträgen und zu den hierfür notwendigen Maschinen austauschen und auf dieser Grundlage selbstständig eine Tagesplanung aufstellen. Eine Planung der Materialressourcen ist als Anforderung hingegen nicht genannt worden.

### **Finanzierung**

Mehrfach wurde angeführt, dass die Bezahlung des Nutzers durch den Kunden zentral über die Plattform laufen soll. Außerdem soll die Plattform einen Prozess abbilden, über den auch eine finanzielle Abwicklung für Vereine und Universitäten möglich ist. Diese Anforderung überschreitet jedoch den Rahmen eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung, da hierfür eine individuelle steuerrechtliche Klärung im jeweiligen Verein oder in der jeweiligen Hochschule notwendig ist.

### **Qualität der Erzeugnisse**

Für die Qualität eines Erzeugnisses soll laut der Interviewpartner der jeweilige Nutzer verantwortlich sein. Er steht für den Kunden als Hersteller auch bei Gewährleistungsfragen in der Pflicht. Durch die Plattform soll lediglich sichergestellt werden, dass dort ausschließlich seriöse Anbieter mit entsprechendem fertigungstechnischen Know-how ihre Leistungen offerieren. Dadurch soll ein gewisses Maß an Kundenzufriedenheit sichergestellt werden. Ferner muss der Upload-Bereich so gestaltet sein, dass das Urheberrecht gewahrt wird. Ein Ansatz, der hier genannt wurde, ist die Bereitstellung von Daten ausschließlich an beteiligte Parteien. Nichtsdestotrotz ist für diese Anforderung ein rechtlich geprüftes Daten- und Urheberschutzkonzept zu entwickeln.

### **Erweiterungen**

Abschließend sind durch die Interviewpartner technische Erweiterungen genannt worden, die vor allem die Interoperabilität durch technische oder organisatorische Anpassungen verbessern sollen. Zum einen wurde der Wunsch geäußert, für jede Werkstatt eine Inventarliste mit einer Übersicht über alle Maschinen auf einer Karte zu veröffentlichen. Dabei soll für jede Maschine auch eine Anleitung zur Verfügung gestellt werden, wodurch sich Nutzer und Kunden

(wenn sie an der Herstellung mitwirken möchten) gleichermaßen auf die Produktion vorbereiten können.

Aus technischer Sicht wurde der Wunsch nach einem integrierten CAD- und Slicer-Programm geäußert, das auf der Plattform öffentlich zur Verfügung steht und dadurch sowohl durch Nutzer als auch Kunden genutzt werden kann. Außerdem oder alternativ dazu ist eine sichere Schnittstelle zu anderen CAD-Formaten und -Programmen zur Steigerung der Interoperabilität wünschenswert.

### **3.5 Kritische Reflexion und Ausblick**

In diesem Kapitelabschnitt werden die gewählte Methodik und der Scope der Forschung sowie die Ergebnisse für die spätere Modellierung abschließend kritisch reflektiert. Das wesentliche Ziel dieses Kapitels war die Erhebung von Anforderungen für die Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung. Hierfür wurde der erste Abschnitt des Modells zur Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Modellen nach VDI 2221 1993 verwendet und für den Anwendungsfall abgeändert. Für die stetige Detaillierung (von der Gesamtanforderung über Teilanforderungen zu Detailanforderungen) wurde eine explorative und repräsentative eingebettete Einzelfallstudie mit mehreren Analyseobjekten in Hamburg als Untersuchungskontext durchgeführt.

Obwohl eine Einzelfallstudie als offener für verzerrende Einflüsse gilt, ist sie in diesem Fall durch die Spezifität der Situation mit dem Diskurs rund um den Hamburger Hafen und der Entwicklung des Fab City Hamburg Netzwerks sowie durch die bisher unerreichbaren Einblicke in das Phänomen, die dadurch möglich werden, legitimierbar. Zusätzlich ist die externe Validität als Gütekriterium trotz der durchgeführten Einzelfallstudie erfüllt, da die am Einzelfall erhobenen Anforderungen und Randbedingungen für die Entwicklung eines Modells verwendet werden, welches auf eben diesen Einzelfall angewendet wird. Für diesen Sonderfall sind die Daten daher generalisierbar (Hussy et al. 2010). Ein Transfer der Anforderungen und Randbedingungen auf andere Fälle ist nicht Teil dieser Arbeit, jedoch ist der Fall als räumlich und inhaltlich abgeschlossener Forschungsgegenstand repräsentativ für andere Fab Cities.

Die Auswahl der Analyseobjekte kann als geeignet angesehen werden, da sie das zu erforschende Phänomen der lokalen Produktion und Wertschöpfung in offenen Produktionswerkstätten repräsentieren. Für die typenweise Auswahl der Analyseobjekte wurden entweder alle verfügbaren offenen Produktionswerkstätten (100%-Auswahl) eines Typs oder

es wurde ein Anteil daraus betrachtet, ausgewählt auf Basis der Kriterien Material- und Maschinenoffenheit, um einen allgemeinen Erkenntnisgewinn zu bieten.

Die gewählte Triangulation mit einem Mixed-Methods-Ansatz sollte die potenzielle Verzerrung reduzieren und gleichzeitig die Multiperspektivität und Konstruktvalidität steigern. Während des Codierprozesses und der Analyse konnte festgestellt werden, dass ausreichend Daten erhoben wurden, um die gestellten Sub-Forschungsfragen beantworten zu können. In den einzelnen Typen haben sich die Antworten für die jeweiligen Betreiber und Nutzer zunehmend wiederholt und nach dem dritten Durchgang wurden im Wesentlichen keine neuen Erkenntnisse mehr erhoben, weshalb jeweils von einer theoretischen Sättigung ausgegangen werden kann (Strübing 2014).

Zur Steigerung der Reliabilität wurden ein Interviewleitfaden und ein Beobachtungsleitfaden erstellt, um in den Interviews reproduzierbar denselben Grundkanon an Fragen zu stellen und während der Beobachtung den Fokus auf gleiche Schwerpunkte zu legen. Außerdem dienten während des Codierprozesses Ankerbeispiele dem Abgleich der einzelnen Kategorien.

Für die Auswahl der Interviewpartner wurden mehrere Kriterien angesetzt. Das zentrale Merkmal war eine langjährige Erfahrung im Bereich der lokalen Produktion und in der jeweiligen offenen Produktionswerkstatt als Nutzer oder Betreiber. Eine akademische oder berufliche Ausbildung war nicht notwendig. Die Auswahl kann als geeignet angesehen werden, da wesentliche Herausforderungen und Anforderungen erhoben werden konnten.

Durch das Vorgehen war es möglich, 30 Anforderungen in acht Kategorien zu erheben. Diese sind teilweise von den Interviewten implizit geäußert worden und wurden in der Folge vom Autor auf Grundlage von explizit genannten Herausforderungen eigenständig abgeleitet. Nach dem Kano-Modell spiegeln diese Herausforderungen Basis- und Leistungsanforderungen wider, was die Notwendigkeit, aus diesen Anforderungen abzuleiten, unterstreicht und damit das gewählte Vorgehen rechtfertigt (vgl. Kano 1984). Außerdem beziehen sich einige Anforderungen und eine gesamte Kategorie ganz oder teilweise auf die spätere Implementierung des Modells, die jedoch in dieser konzeptionellen Arbeit nicht vorgesehen ist. Daher müssen diese Anforderungen noch entfernt und insgesamt differenziert werden.

Zusätzlich wirken die Anforderungen auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen, was in der späteren Modellierung jedoch durch das Vorgehen nach der VDI 2221 1993 abgefangen werden kann. Abschließend ist zu erwähnen, dass einige offene Produktionswerkstätten

gegenwärtig noch einen ausgeprägten Fokus auf den Bereich Bildung legen. Die spätere Modellierung fokussiert jedoch auf den Aspekt der Produktion.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die gewählte Forschungsmethodik mit dem zunehmenden Detaillierungsansatz der VDI 2221 1993 erfolgreich angewendet werden konnte, da die in diesem Kapitel gestellten drei Sub-Forschungsfragen in den vorangegangenen zwei Kapitelabschnitten in ausreichendem Maß beantwortet werden konnten.

Die Anforderungserhebung ist hiermit erfolgreich abgeschlossen. Die erhobenen Anforderungen werden im nachfolgenden Kapitel 4 ab 4.4.2.1 als Anforderungskatalog für die Modellierung verwendet. Dabei wird ein Soll-ist-Abgleich zwischen den erhobenen Anforderungen und den Prozessen, die das Aachener PPS-Modell vorsieht, stattfinden. Sofern die in der Literatur bereits entwickelten Prozesse die Anforderungen während des Abgleichs schon abbilden, können sie übernommen werden. Andernfalls wird eine Neumodellierung erfolgen. Die Gesamtheit dieser Detail- und Teilmodelle wird anschließend das Modell zur Produktionsplanung und -steuerung in vernetzten, dezentralen und offenen Produktionswerkstätten darstellen.



## 4 Ausgestaltung des Modells

Tabelle 4.1: Ziel, Sub-Forschungsfragen und Methodik des vierten Kapitels

<b>Ziel des Kapitels</b>	Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung auf Grundlage bestehender wissenschaftlicher Modelle für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten unter Berücksichtigung identifizierter spezifischer Anforderungen und Randbedingungen für das Fallbeispiel Hamburg
<b>Sub-Forschungsfragen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inwiefern können bestehende wissenschaftliche Modelle der Produktionsplanung und -steuerung im Kontext der vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten eingesetzt werden?</li> <li>2. Welche konzeptionellen Änderungen am Aachener PPS-Modell sind notwendig, um das Modell ganzheitlich auf die Produktionsplanung und -steuerung in vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten anwenden zu können?</li> <li>3. Wie sieht ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten aus?</li> </ol>
<b>Methodik</b>	<p>Die Beantwortung der Sub-Forschungsfragen erfolgt in drei Schritten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diskussion und Auswahl eines geeigneten Modells</b> zur Produktionsplanung und -steuerung mit Fokus auf Netzwerken</li> <li>• <b>Anwendbarkeitsanalyse</b> durch Abgleich des gewählten Modells mit identifizierten spezifischen Anforderungen und Randbedingungen</li> <li>• <b>Ausgestaltung eines PPS-Modells</b> auf Grundlage der Ergebnisse aus dem zweiten Schritt sowie auf Basis der identifizierten spezifischen Anforderungen und Randbedingungen</li> </ul>

### 4.1 Einführung

Die erhobenen und in Kapitel 3.4.5 zusammengefassten Ist-Zustände, Randbedingungen und Anforderungen stellen die Eingangsgröße für die folgende Entwicklung des Produktionsplanungs- und -steuerungsmodells dar. Die Entwicklung basiert auf bestehenden Ansätzen aus der Literatur, die mithilfe der erhobenen Anforderungen in den neuen Kontext der vernetzten, dezentralen und offenen Produktionswerkstätten transferiert werden.

Damit das Modell einen Mehrwert für die Nutzer, Kunden und Betreiber bietet, sollen mehrere Ziele verfolgt werden. Das übergeordnete Ziel ist die im Sinne des Konzepts der Fab City zunehmend lokale Herstellung von Alltagsprodukten in dezentralen Produktionswerkstätten. Als untergeordnetes Ziel steht hierbei an erster Stelle die Bündelung von Kapazitäten in den

einzelnen Produktionswerkstätten, wodurch die Produktion in der jeweiligen Werkstatt und der Austausch zwischen den Werkstätten vereinfacht wird. Außerdem sollen Vereinheitlichungen und Standards gleiche Voraussetzungen für alle Produzenten schaffen. (vgl. Ressourcenkollaboration nach Kohl et al. 2015)

Die Förderung von Eigeninitiativen durch einen Bottom-up-Ansatz stellt ein weiteres Ziel dar. Zum einen sollen hierfür die Produktionswerkstätten aktiv in Entscheidungen, die im Produktionsnetzwerk zu treffen sind, eingebunden werden. Diese Offenheit und dieses Mitbestimmungsrecht zielen auf eine stetige Verbesserung der Produktion und Produktivität sowie auf eine höhere Zufriedenheit aller Mitwirkenden ab. Zum anderen soll dadurch die Kreativität und die Eigeninitiative der Community gefördert werden und aktiv zum Prosumieren angeregt werden, was die Entwicklung neuer Produkte und Technologien fördern soll. (vgl. Kunden- und Themenkollaboration nach Kohl et al. 2015)

Diese Ziele sollen durch eine Mischung aus zentralen und dezentralen Abläufen erreicht werden. Ein dezentraler Ablauf ist beispielsweise zu wählen angesichts der Anforderung, dass Nutzer und Betreiber weiterhin autonom entscheiden können wollen, welche Aufträge sie zukünftig bearbeiten. Auch soll es einen direkten Austausch zwischen Kunden und Nutzern geben. Zentrale Abläufe sollen insbesondere dort implementiert werden, wo Prozesse im Sinne der Zusammenarbeit verbessert und Kapazitäten zwischen den Werkstätten gebündelt werden können. Außerdem sollen Produktideen und Designs zentral veröffentlicht werden, so dass jeder Nutzer auf dieses Wissen zugreifen kann. Auch der Ablauf der Aufnahme einer Anfrage sowie der daraus erwachsenden Auftragserzeugung soll zentral gesteuert ablaufen.

Durch die dezentralen und zentralen Abläufe ergibt sich die Notwendigkeit, zwei unterschiedliche Ebenen einzuführen: eine lokale und eine Netzwerkebene. Auf der lokalen Ebene – in den jeweiligen offenen Produktionswerkstätten – sollen alle dezentralen Abläufe sowie die Produktion stattfinden. Auf der Netzwerkebene sollen dagegen alle zentralen Abläufe stattfinden, die übergreifend für alle offenen Produktionswerkstätten im Netzwerk relevant sind und Auswirkungen auf diese haben (in Anlehnung an Schuh 2006, S. 111).

Ziel dieses Kapitels ist daher auf Grundlage bestehender wissenschaftlicher Modelle ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg zu entwickeln, welches sowohl die lokale als auch die Netzwerkebene mit den jeweiligen Abläufen berücksichtigt (vgl. Tabelle 4.1). Um dieses Ziel zu erreichen, wurden für dieses Kapitel die folgenden drei Sub-Forschungsfragen abgeleitet:

1. Inwiefern können bestehende wissenschaftliche Modelle der Produktionsplanung und -steuerung im Kontext der vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten eingesetzt werden?
2. Welche konzeptionellen Änderungen sind notwendig, um das Modell (ausgewählt wurde das Aachener PPS-Modell) ganzheitlich auf die Produktionsplanung und -steuerung in vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten anwenden zu können?
3. Wie sieht ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten aus?

## **4.2 Kapitelaufbau**

Das Kapitel ist in vier wesentliche Abschnitte aufgeteilt. Zunächst wird nachfolgend das methodische Vorgehen dargestellt (Kapitel 4.3). Anschließend werden im zweiten Schritt drei in der Literatur entworfene Modelle diskutiert sowie die anschließende Modellauswahl beschrieben (ab Kapitel 4.4.1). Im dritten Schritt folgt die Differenzierung der Anforderungen aus Kapitel 3.4.5 sowie eine Anwendbarkeitsanalyse des gewählten Modells auf Grundlage dieser differenzierten Anforderungen (ab Kapitel 4.4.2.1). Die Anwendbarkeitsanalyse findet sowohl auf Netzwerkebene als auch auf lokaler Ebene statt. Im vierten und letzten Schritt folgt die Modellierung des Modells für die Produktionsplanung und -steuerung, welche ebenfalls auf eine Netzwerkebene und eine lokale Ebene aufgeteilt ist (ab Kapitel 4.4.3). Das Kapitel schließt mit einer kritischen Reflexion und einem Ausblick ab.

## **4.3 Methodisches Vorgehen**

Die Entwicklung des Produktionsplanungs- und -steuerungsmodells erfolgt durch den zweiten Schritt des Modells der Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Modellen durch eine stetige Zusammenfassung aller Detail- und Teilmodelle, die unter Heranziehung der spezifischen Anforderungen und Randbedingungen aus Kapitel 3.4.5 entstehen (in Anlehnung an VDI 2221 1993, vgl. Abbildung 4.1, Kapitel 1.3).

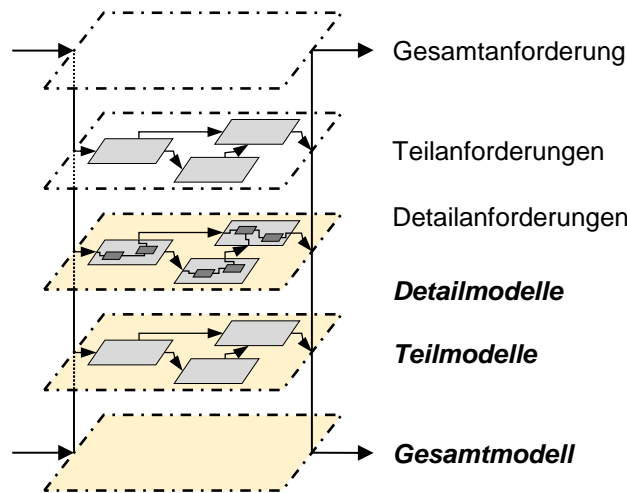


Abbildung 4.1: Zweiter Schritt zur Integration von Modellen  
(eigene Darstellung in Anlehnung an VDI 2221 1993)

Die Detailmodelle stellen hierbei die einzelnen Aufgaben des PPS-Modells dar, während die Teilmodelle die lokale Ebene sowie die Netzwerkebene repräsentieren. Beide Ebenen mit den dazugehörigen Aufgaben werden anschließend zum PPS-Gesamtmodell zusammengeführt. Abbildung 4.2 zeigt die für diese Entwicklung gewählte Methodik mit drei aufeinander aufbauenden Schritten.

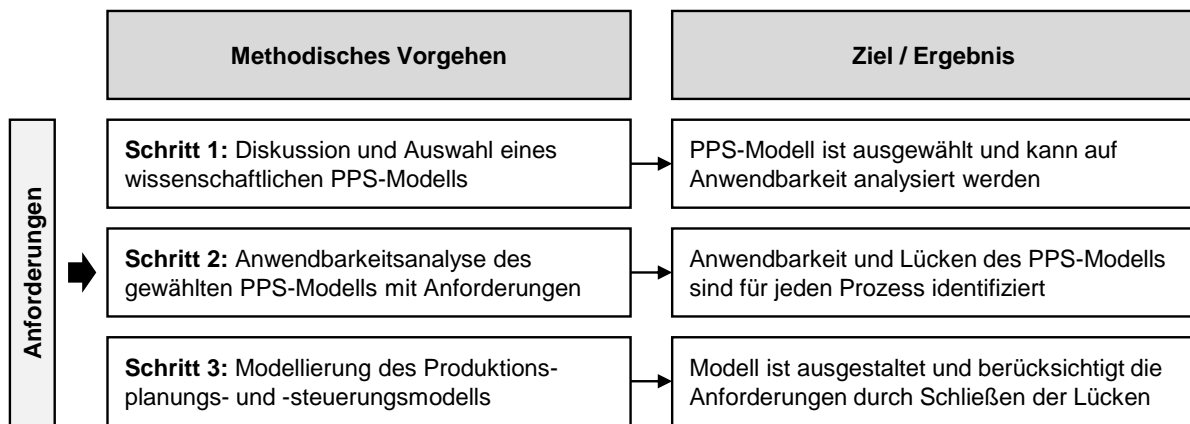


Abbildung 4.2: Methodisches Vorgehen des vierten Kapitels

Zunächst werden im *ersten Schritt* Modelle aus der Literatur zum Thema Produktionsplanung und -steuerung in Produktionsnetzwerken gesammelt. Neben den Ergebnissen aus dem Integrative Literature Review aus Kapitel 2.2 wird dabei insbesondere die Literatur verwendet, die der VDI zur praktischen Implementierung und Einführung von Produktionsplanung und -steuerung empfiehlt. Ausgangspunkt hierfür sind das Aachener PPS-Modell sowie die

dazugehörige Literatur, die eine Vielzahl an Praxishinweisen geben und wichtige Voraussetzungen für die praktische Implementierung klären. Dieses Kriterium der praktischen Anwendbarkeit gilt auch für die Auswahl weiterer Literatur, weshalb insbesondere Modelle betrachtet werden, die praktisch umsetzbare Prozesse, Aufgaben und Konzepte beschreiben und dadurch eine Umgestaltung und Weiterentwicklung ermöglichen. In Anlehnung an Torracco 2005 werden anschließend die Quellen verglichen und diskutiert. Der erste Schritt endet mit der finalen Auswahl des in den neuen Kontext zu transferierenden Modells.

Die anschließende systematische Überführung der Anforderungen in die Prozesse erfolgt in Anlehnung an die Quality Function Deployment mit einem für diese Arbeit angepassten House of Quality (vgl. Akao 2004; Taguchi 1986). Dabei stellen die Anforderungen aus Kapitel 3.4.5 die Kundenanforderungen dar und die Prozessinhalte des im ersten Schritt ausgewählten Modells die Leistungsmerkmale (vgl. Abbildung 4.3).

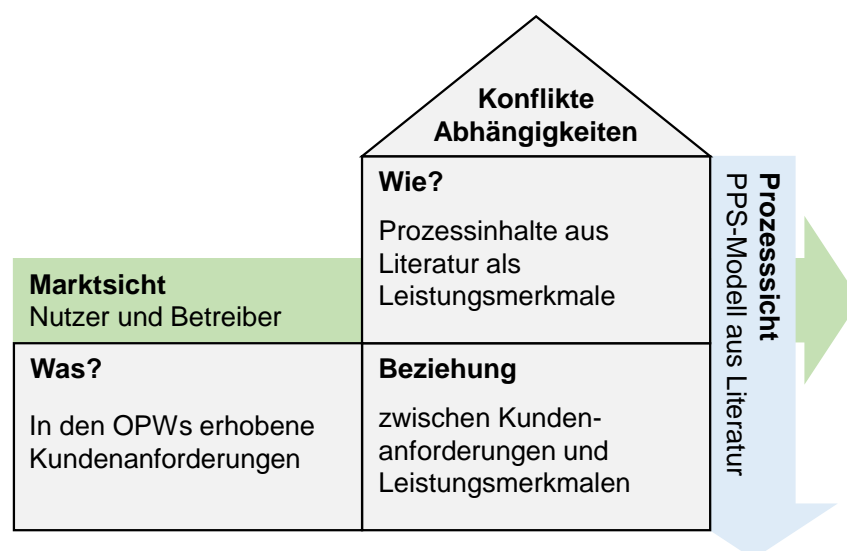


Abbildung 4.3: Angepasstes House of Quality für Anwendbarkeitsanalyse  
(eigene Darstellung in Anlehnung an Fleig 2021)

Für die systematische Überführung wird im *zweiten Schritt* analysiert, welche Beziehungen zwischen den Kundenanforderungen und den Leistungsmerkmalen bestehen und wie umfassend sie abgebildet werden. Hierfür werden zunächst die in den OPWs erhobenen Kundenanforderungen weiter differenziert und in Anforderungen zur Modellierung und Implementierung geteilt. Da die Implementierung nicht Teil dieser Arbeit ist, werden solche Anforderungen im weiteren Verlauf nicht näher betrachtet. Anschließend findet mit der Anwendbarkeitsanalyse die Prüfung statt, ob die Kundenanforderungen durch die Leistungsmerkmale des gewählten

Modells abgebildet werden. Die Prüfung wird dabei im Hinblick auf drei mögliche Fälle vorgenommen:

- Fall 1: Der Prozessschritt ist in der Literatur bereits beschrieben und nach den Anforderungen notwendig (Leistungsmerkmal bildet Kundenanforderung ab).
- Fall 2: Der Prozessschritt ist in der Literatur bereits beschrieben, nach den Anforderungen jedoch nicht notwendig (für Leistungsmerkmal gibt es keine Kundenanforderung).
- Fall 3: Der Prozessschritt ist in der Literatur nicht beschrieben, nach den Anforderungen jedoch notwendig (Leistungsmerkmal bildet Kundenanforderung nicht ab).

Für die weitere Betrachtung liegt der Fokus auf den Fällen 1 und 3. Fall 2 kann durch die fehlende Relevanz für die Anpassung und Neuentwicklung eines Modells verworfen werden. Als Ergebnis dieses Schrittes wird herausgearbeitet, in welchen Bereichen die Literatur anwendbar ist und wo ein Bedarf für Anpassungen oder Neuentwicklungen besteht.

Im *dritten und letzten Schritt* findet die eigentliche Modellierung auf Grundlage des ausgewählten Modells sowie der dazugehörigen Literatur statt. Hierfür werden zunächst anwendbare Prozesse übernommen. Die im zweiten Schritt identifizierten Lücken sollen durch Anpassungen und Neuentwicklungen unter Berücksichtigung aktueller Literatur sowie der Anforderungen aus Kapitel 3.4.5 geschlossen werden. Als Ergebnis entsteht ein Modell für die Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten für das Fallbeispiel Hamburg.

## 4.4 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Literatur- und Modellauswahl, der Anwendbarkeitsanalyse und der Modellierung vorgestellt.

### 4.4.1 Literatur- und Modellauswahl

Für die Literatur- und Modellauswahl wurde eine Literaturanalyse nach dem zweiten von Torracco 2005 vorgesehenen Schritt durchgeführt. Die hierfür notwendigen Kriterien werden in Kapitel 4.4.1.4 beschrieben. Ausgangspunkt war das Werk „Produktionsplanung und -steuerung“ in der 3. Auflage mit dem Aachener PPS-Modell von Günther Schuh, da es umfangreiche Hinweise für die Praxis bietet und bei der Einführung und Umsetzung von Produktionsplanungs- und -steuerungsvorhaben Anwendung findet (vgl. Schuh 2006, S. 6). Das Modell wird außerdem vom VDI verwendet sowie verlegt und bietet die Basis für viele nachfolgende Werke.

Dadurch liefert das Werk eine gute Grundlage für die spätere Anpassung und Neuentwicklung von Prozessen.

Daneben wurde das in Teilen darauf aufbauende Werk „Betriebsorganisation für Ingenieure“ in der 9. Auflage von Hans-Peter Wiendahl mit einem Fokus auf den Aufgaben der PPS (Wiendahl 2010) sowie das früher entstandene Werk „Organisation in der Produktionstechnik – Arbeitsvorbereitung“ in der 4. Auflage von Walter Eversheim mit einer ganzheitlichen Betrachtung der Arbeitsvorbereitung, zu der auch die PPS gehört (Eversheim 2002), verwendet. Beide Werke bieten durch die umfangreichen und teilweise einander ergänzenden oder unterschiedlichen Betrachtungsweisen ebenfalls eine gute Grundlage für die weitere Entwicklung.

#### 4.4.1.1 Produktionsplanung und -steuerung nach Schuh

Die Produktionsplanung und -steuerung nach Schuh besteht im Wesentlichen aus dem Aache-ner PPS-Modell (vgl. Schuh 2006, S 11 ff.). Ziel des Modells ist die praxisorientierte und zweckmäßige theoretische Unterstützung von produzierenden Unternehmen auf wissenschaftlichen Grundlagen. Die Produktionsplanung und -steuerung soll dabei vollumfänglich modelliert werden. Zur Gliederung wird dabei vorgeschlagen, die PPS aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Dafür werden vier unterschiedliche Referenzsichten als eine eigene Semantik eingeführt. Außerdem trennt Schuh die übergeordnete Netzwerkebene von der lokalen PPS-Ebene ab. Das Modell orientiert sich dabei an den drei Gruppen „Mensch“, „Technik“ und „Organisation“, die wiederum Berührungspunkte zu den drei Inhalten „Einflüsse“, „Wirkungen“ und „Strukturen“ haben (vgl. Schuh 2006, S. 14).

Die erste Referenzsicht ist die übergeordnete **Aufgabensicht** als wesentlicher Baustein des gesamten Modells (vgl. Schuh 2006, S. 19 ff., Abbildung 4.4). Sie stellt die Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung heraus, hat einen Anspruch auf Allgemeingültigkeit und ist betriebstypunabhängig. Außerdem gilt, dass die Modellierung der Aufgaben einen simplen Aufbau haben muss, um transparent zu sein. Zusätzlich soll die Aufgabensicht innerbetriebliche und überbetriebliche Planungs- und Steuerungsaufgaben gleichermaßen abdecken. Diese Sichtweise wird daher im Regelfall eingenommen, um sich der Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung bewusst zu werden. Dazu definiert Schuh drei übergreifende Aufgaben, die sich in weitere Unteraufgaben aufteilen (vgl. Schuh 2006, S. 21):

- **Netzwerkaufgaben** mit der Netzwerkkonfiguration, der Netzwerkabsatzplanung und der Netzwerkbedarfsplanung;

- **Kernaufgaben** mit der Produktionsprogrammplanung, der Produktionsbedarfsplanung, der Eigenfertigungsplanung und -steuerung und der Fremdbezugsplanung und -steuerung;
- **Querschnittsaufgaben** mit dem Auftragsmanagement, Bestandsmanagement, Controlling und der Datenverwaltung.

Die Aufgabensicht bietet dadurch eine umfangreiche Grundlage für die Analyse und Gestaltung der Aufbauorganisation in Unternehmen.

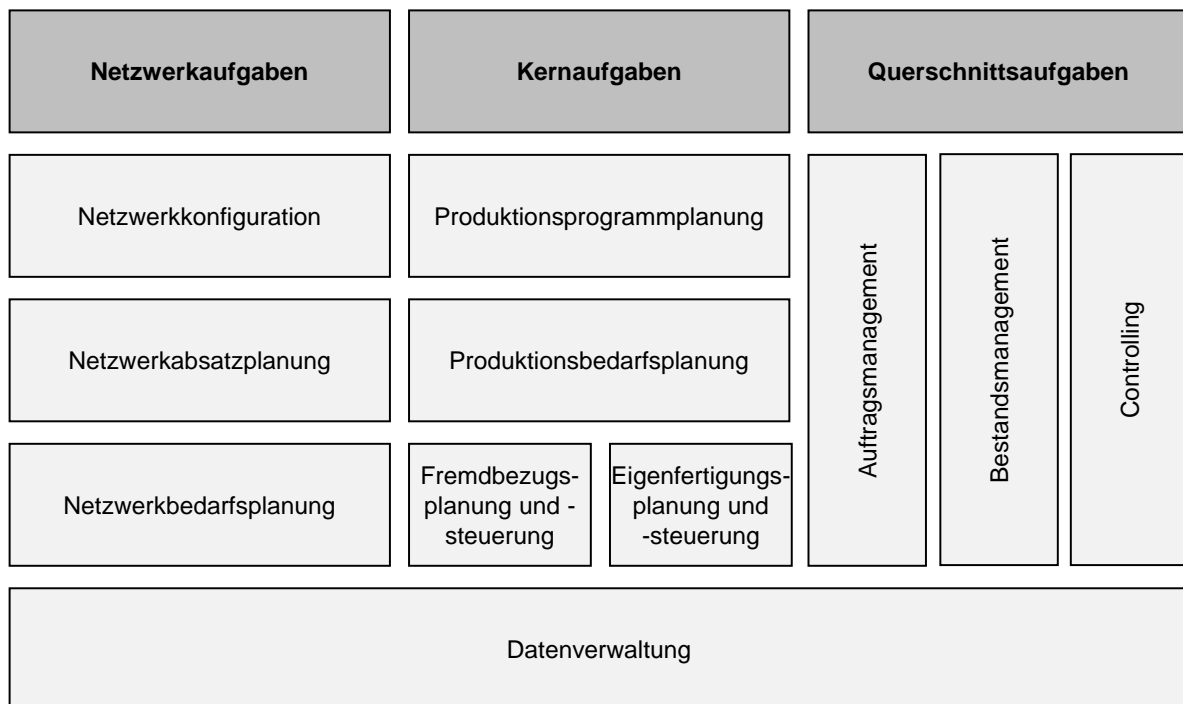


Abbildung 4.4: Aufgabensicht des Aachener PPS-Modells  
(eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006)

Die zweite Referenzsicht ist die **Prozessarchitektursicht** (vgl. Schuh 2006, S. 21 ff.). Diese Referenzsicht stellt die Verbindung zwischen der Aufgabensicht und der detaillierten Prozesssicht dar. In diesem Zusammenhang definiert Schuh bis zu fünf verschiedene Netzwerkausprägungen in Bezug auf drei Hauptparameter. Auf Basis der mit der jeweiligen Ausprägung verbundenen Anforderungen werden Strategien und Prozesse auf der Netzwerkebene gestaltet. Außerdem dient diese Kategorisierung der formalen Beschreibung des jeweiligen Netzwerktyps. Die unterschiedlichen Hauptkategorien mit den dazugehörigen Subkategorien gliedern sich wie folgt:

- **Produkt** mit der Produktstruktur, der Produktspezifität, den Kundenänderungseinflüssen, dem Produktionskonzept und der Produktneuaufgabe;



- **Zusammenarbeit** mit der Dauer der Zusammenarbeit, der Stabilität der Zusammenarbeit, und der Koordinationsform;
- **Netzwerk-/Verbundstruktur** mit der Substituierbarkeit und der Dominanz.

Die dritte Referenzsicht ist die **Prozesssicht**, die den zweiten wesentlichen Baustein des Modells darstellt (vgl. Schuh 2006, S. 23 ff.). Sie basiert auf der Aufgabensicht und ordnet den einzelnen Aufgaben konkrete und detaillierte Prozesse zu. Dadurch entsteht eine Ablaufstruktur auf Netzwerkebene und lokaler Ebene, deren Ausprägung vier unterschiedliche Formen annehmen kann. So ist den vier Typen Auftragsfertiger, Rahmenfertiger, Variantenfertiger und Lagerfertiger im Modell jeweils eine spezifische Ablaufstruktur zugeordnet. Das Ergebnis ist ein Prozessmodell, welches von Unternehmen in der Praxis verwendet werden kann.

Die vierte und letzte Referenzsicht ist die **Funktionssicht** (vgl. Schuh 2006, S. 25 ff.). Diese Sicht dient dazu, Aufgaben innerhalb der Prozessschritte weiter zu spezifizieren. In dieser Sicht werden konkrete Beschreibungen der Anforderungen an ein PPS- oder ERP-System zur Überwachung und Steuerung der einzelnen Aufgaben insbesondere auf der lokalen Ebene erarbeitet. In Anlehnung an die Aufgabensicht definiert Schuh Funktionen, die zur Unterstützung der Kernaufgaben, der Netzwerkaufgaben und der Querschnittsaufgaben dienen.

#### 4.4.1.2 Betriebsorganisation für Ingenieure nach Wiendahl

Auch die Produktionsplanung und -steuerung im Modell nach Wiendahl legt den Fokus auf die Beschreibung der damit verbundenen Aufgaben (Wiendahl 2010). Dabei soll das Modell die Aufgabenperspektive darstellen und ein übersichtliches Schema zur Verfügung stellen. Die Grundlage des Modells ist die Produktionsplanung und -steuerung nach Hackstein 1989. Ziel ist die Maximierung der Termintreue, die Minimierung der Durchlaufzeiten und die Maximierung der Kapazitätsauslastung. Wiendahl trennt dabei strikt die **Produktionsplanung** von der **Produktionssteuerung**. Die Planungsaufgaben im Modell sind in drei wesentliche Kategorien aufgeteilt:

- die **Produktionsprogrammplanung** mit der Programmplanung, der Angebotsterminierung und der Auftragsterminierung;
- die **Mengenplanung** mit der Bedarfsplanung, der Bestandsplanung, der Beschaffungsplanung und der Lagerplanung;
- die **Termin- und Kapazitätsplanung** mit der Durchlaufterminierung, der Kapazitätsplanung und der Belegungs- und Reihenfolgeplanung.

Die Steuerungsaufgaben sind in zwei Kategorien aufgeteilt:

- die **Auftragsfreigabe**: In dieser Aufgabe wird geprüft, ob alle notwendigen Ressourcen im Bereich Material, Personal und Betriebsmittel verfügbar sind;
- die **Auftragsüberwachung** umfasst die Überwachung des Fertigungsprozesses, so dass bei Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Werten eingegriffen werden kann.

Für die tatsächliche Modellierung, Umsetzung und Implementierung des Modells in einem Unternehmen verweist Wiendahl ebenfalls auf die Betrachtung der Größen Mensch, Technik und Organisation nach Schuh.

#### 4.4.1.3 Organisation in der Produktionstechnik nach Eversheim

Die Produktionsplanung und -steuerung nach Eversheim ist vollständig in die Arbeitsvorbereitung integriert und beschreibt dadurch deutlich mehr Aufgaben als die Modelle nach Schuh und Wiendahl (vgl. Eversheim 2002, S. IX ff.). Eversheim verortet die Produktionsplanung und -steuerung zeitlich nach der Konstruktion sowie vor der Fertigung und Montage und gliedert sie strikt in die Bereiche **Arbeitsplanung** und **Arbeitssteuerung**.

In der **Arbeitsplanung** wird bestimmt, was wie und womit hergestellt werden soll. Hier grenzt sich das Modell von den anderen Modellen deutlich ab und zeigt die Aufgaben und Teilschritte für produzierende Unternehmen. Die Arbeitsplanung unterteilt Eversheim in zwei Bereiche:

- die **Arbeitsablaufplanung** mit der Planungsvorbereitung, der Stücklistenverarbeitung, der Prozessplanerstellung, der Operationsplanung, der Montageplanung, der Prüfplanung, der Fertigungs- und Prüfmittelplanung, der NC/RC-Programmierung und der Kostenplanung und Kalkulation;
- die **Arbeitssystemplanung** mit der Fertigungsmittelplanung, der Lager- und Transportplanung, der Personalplanung, der Flächenplanung und der Investitionsplanung.

In der **Arbeitssteuerung** wird nach Eversheim dagegen bestimmt, wie viele Produkte wann, wo und durch wen gefertigt werden sollen. Sie ist in die Aufgaben Produktionsprogrammplanung, Produktionsbedarfsplanung, Eigenfertigungsplanung und -steuerung, Fremdbezugsplanung und -steuerung, Auftragskoordination, Lagerwesen, PPS-Controlling, Ausprägung der Arbeitssteuerung und ausgewählte Strategien und Verfahren im Rahmen der PPS gegliedert.

#### 4.4.1.4 Diskussion und Modellauswahl

Das auszuwählende Modell soll mehrere Kriterien erfüllen. Zum einen soll es eine Prozesssicht abbilden, wodurch die einzelnen Abläufe, die im Rahmen einer Aufgabe oder im Zusammenspiel mit anderen Aufgaben durchlaufen werden sollen, ersichtlich werden. Damit einhergehend soll es eine Modellierungsmöglichkeit auf Prozessebene bieten, damit sichergestellt ist, dass das Modell angepasst werden kann. Ferner soll das Modell theoretische Hinweise zur praktischen Umsetzung bieten, um die Modellierung für einen komplexen Kontext bestmöglich zu unterstützen. Abschließend wird durch die Maßgabe der Kombination aus zentralen und dezentralen Abläufen sowohl die Betrachtung der lokalen Ebene als auch der Netzwerkebene gefordert. Insgesamt soll das Modell daher eine ganzheitliche Betrachtungsweise einnehmen. Die zugrunde gelegten Kriterien sind daher:

- Abbildung einer Prozesssicht;
- Unterstützung zur praktischen Umsetzung;
- Modellierungsmöglichkeit;
- ganzheitliche Betrachtungsweise;
- Netzwerkbetrachtung;
- Betrachtung der lokalen PPS.

Im direkten Vergleich zwischen den Modellen fällt zunächst auf, dass alle beschriebenen Modelle vom gleichen Grundsatz der Herstellung eines bestimmten Produkts oder einer bestimmten Produktlinie/-familie ausgehen. Außerdem beschreiben alle Modelle grundsätzlich eine ähnliche Aufgabenstruktur und lassen sich daher gut vergleichen.

Das Aachener PPS-Modell nach Schuh bietet detaillierte Referenzsichten, um die Produktionsplanung und -steuerung umfassend zu betrachten, und differenziert die Netzwerkebene und die lokale Ebene. Dadurch handelt es sich um ein sehr umfangreiches Werk, das aber durch die unterschiedlichen Referenzsichten klar strukturiert und dadurch weiterhin praktisch anwendbar ist. Hier spiegelt sich das Ziel des Modells wider, eine praxisorientierte und zweckmäßige theoretische Unterstützung für produzierende Unternehmen auf wissenschaftlicher Grundlage zu liefern. Insbesondere die Aufgabensicht und die Prozesssicht, die sich ineinander überführen lassen, liefern dabei einen Detailgrad, der die Modellierung einer PPS in einem neuen Umfeld gut unterstützt und in dieser Art nur vom Aachener PPS-Modell geboten wird.

Eine Aufgabensicht bietet auch das Modell nach Wiendahl, wobei inhaltliche Überschneidungen zu Schuhs Modell bestehen und ähnliche Abläufe darin vorgesehen sind. Allerdings bietet das Modell keine Prozesssicht, womit ein wesentlicher Faktor für die Anwendungsprüfbarkeit

verloren geht. Dies gilt auch für die Prozessarchitektursicht. Dadurch findet bei Wiendahl die Beschreibung von Netzwerktypen und die Beschreibung unterschiedlicher Fertigertypen (lediglich Unterscheidung zwischen Einzel- und Serienfertiger) nicht in der Detailtiefe des Aachener PPS-Modells statt. Gleiches gilt für die Sicht auf das Netzwerk, in deren Zusammenhang Schuh unternehmensübergreifende Aufgaben für einen Produktionsverbund beschreibt.

Eversheim nutzt in seinem Modell der Arbeitsvorbereitung eine andere Gliederung als Schuh und Wiendahl. Die PPS ist dort Teil der Arbeitssteuerung und von den Aufgaben her vergleichbar mit dem Modell nach Schuh. Eversheim betrachtet darüber hinaus teilweise auch Netzwerkaufgaben, die sich jedoch von den Netzwerkaufgaben nach dem Aachener PPS-Modell unterscheiden und nicht Teil der PPS sind, da sie nicht in die Arbeitssteuerung integriert sind. Insgesamt fokussiert sich Eversheim also, ähnlich wie Wiendahl, stärker auf die lokale Unternehmensebene, auf der er unter anderem die gleichen Fertigertypen wie Schuh voraussetzt. Der große Bereich der Arbeitsplanung hat zu den anderen Modellen keine wesentlichen Schnittstellen. Außerdem fehlen im gesamten Modell Prozesssichten und Prozessarchitektursichten, wodurch das Modell nur schwierig auf die Anwendbarkeit in einem neuen Kontext geprüft werden kann.

Durch den sehr praxisorientierten und umsetzbaren Aufbau des Aachener PPS-Modells sowie die darin entwickelten Referenzsichten lässt sich dieses Modell am umfangreichsten hinsichtlich der Anwendbarkeit auf den in der vorliegenden Arbeit diskutierten Kontext prüfen. Zudem lassen sich aufgrund seiner Detailliertheit Lücken, die das Aachener PPS-Modell in Bezug auf die Anforderungen des Anwendungsfalles aufweist, am besten identifizieren. Außerdem kann das Modell durch die umfangreiche Prozesssicht direkt prozessweise angepasst, modelliert und umgestaltet werden. Zusätzlich bietet dieser Ansatz mit der Modellierung sowohl der Netzwerkebene als auch der lokalen Ebene eine gute Grundlage für den Ansatz der verteilten Produktion in vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten. Aus diesen Gründen und da die anderen Modelle diese Voraussetzungen nicht oder nicht in einem vergleichbaren Detaillierungsgrad erfüllen, wird das Aachener PPS-Modell ausgewählt, um im Folgenden einer Anwendbarkeitsanalyse unterzogen zu werden und als Grundlage der neuen Modellierung zu dienen (vgl. Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2: Kriterien zur Auswahl des Modells

Kriterium	Schuh	Wiendahl	Eversheim
Abbildung einer Prozesssicht	++	--	--
Unterstützung bei der praktischen Umsetzung	++	+	+
Modellierungsmöglichkeit	++	-	-
Ganzheitliche Betrachtungsweise	++	+	+
Netzwerkbetrachtung	++	-	+
Betrachtung der lokalen PPS	++	++	++
--	nicht abgebildet		
-	unzureichend abgebildet		
+	gut abgebildet		
++	sehr gut abgebildet		

#### 4.4.2 Anwendbarkeitsanalyse

In der Anwendbarkeitsanalyse soll geprüft werden, in welchen Bereichen das Aachener PPS-Modell im Kontext der vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten eingesetzt werden kann (*erste Sub-Forschungsfrage*). Außerdem wird analysiert, welche konzeptionellen Änderungen notwendig sind, um das Modell ganzheitlich für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten anwendbar zu machen (*zweite Sub-Forschungsfrage*).

Für die Anwendbarkeitsanalyse sind zunächst die geeigneten Referenzsichten aus dem Aachener PPS-Modell auszuwählen. Die **Aufgabensicht** definiert im Modell alle wesentlichen Aufgaben, die die Produktionsplanung und -steuerung auf der Netzwerkebene und auf der lokalen Ebene erfüllen muss. Der Inhalt und der strukturelle Aufbau dieser Referenzsicht findet sich daher in den anderen Referenzsichten wieder. Aus diesem Grund ist diese Referenzsicht wesentlich für diese Arbeit.

Die **Prozesssicht** bietet die Möglichkeit, die Abläufe der einzelnen Aufgaben auf Netzwerkebene und lokaler Ebene darzustellen. Durch sie werden Aufgabenübergänge und Aufgabenbereiche strukturiert. Der Fokus liegt dabei auf dem Zusammenspiel der einzelnen Funktionen in der PPS. Dadurch können neue Funktionszusammenhänge leicht ergänzt und verknüpft werden. Diese Referenzsicht zeigt zwar Lücken in der Aufgabenausgestaltung, die jedoch durch die Aufgabensicht semantisch beschrieben werden können. Daher ist die Prozesssicht die zweite wesentliche Referenzsicht für diese Arbeit.

Die **Prozessarchitektursicht** bietet grundsätzlich die Möglichkeit der Definition, um welche Art von Netzwerk es sich im Anwendungsfall der verteilten Produktion in vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten handelt. Ein wesentlicher Nachteil der Prozessarchitektursicht, wie sie Schuh beschreibt, ist jedoch die unzureichende Unterstützung bei der Anpassung und Modellierung von Prozessen, da es sich bei dieser Referenzsicht eher um eine formale Beschreibung eines Netzwerks handelt und weniger Fokus auf die Umsetzung im praktischen Sinne gelegt wird. Auch die Verteilung der Dimensionen Netzwerkstruktur, Planungsinstanzen und Produktebene auf die einzelnen Netzwerkaufgaben, was im Sinne dieser Referenzsicht die Prozessarchitektur darstellt, ändert daran nichts. Daher wird diese Referenzsicht bei der folgenden Anwendbarkeitsanalyse nicht herangezogen.

Die **Funktionssicht** bietet eine gute Übersicht über die Umsetzungsmöglichkeiten der Kern-, Netzwerk- und Querschnittsaufgaben eines Unternehmens im Produktionsnetzwerk. Sie ist allerdings nicht in der Lage, instanzenübergreifende Zusammenhänge und Prozessübergänge darzustellen, die die Abläufe der PPS verdeutlichen. Außerdem ist sie nach Schuh bei der Analyse von PPS-Systemen nur bedingt notwendig und nutzbar. Daher wird die Referenzsicht bei der Anwendbarkeitsanalyse ebenfalls nicht verwendet. Die eigentliche Anwendbarkeitsanalyse erfolgte nach dem in der Methodik beschriebenen Prüfschema.

#### 4.4.2.1 Differenzierung der Anforderungen

Für die Anwendbarkeitsanalyse sind die kondensierten, aber ungefilterten Anforderungen aus Kapitel 3.4.5 weiter differenziert worden, da sie unterschiedliche Einflüssebenen haben. Einige der Anforderungen beziehen sich auf die Modellierung, während sich andere auf die Implementierung des Modells in der Praxis beziehen.

Für die vorliegende Forschungsarbeit sind jedoch nur diejenigen Anforderungen relevant, die sich auf den Aspekt der Modellierung beziehen. Daher werden nachfolgend ausschließlich solche Anforderungen betrachtet. Eine Liste der differenzierten Anforderungen kann Tabelle 4.3 entnommen werden.

Von den ursprünglich 30 Anforderungen sind durch dieses Kriterium lediglich 16 Anforderungen mit einem mäßigen oder hohen Einfluss auf die Modellierung verblieben. Die Hauptkategorien Finanzierung und Erweiterungen entfielen vollständig, da hier lediglich Anforderungen genannt wurden, die Einfluss auf die Implementierung haben. In der Kategorie Ressourcenmanagement hat insgesamt lediglich eine Anforderung einen mäßigen Einfluss auf die Modellierung.

Tabelle 4.3: Differenzierte Anforderungen mit Einfluss auf Modellierung (M) oder Implementierung (I)

Kategorie	Anforderungen	M	I
<b>Kommunikation</b>	Direkter Kommunikationsweg zwischen Nutzer und Kunde	x	
	Schnelle Antworten und einfache Sprache		x
	Zentrale Plattform und ein holistischer Kommunikationskanal (z. B. Chat oder Ticket)	x	(x)
<b>Aufbau und Bedienbarkeit</b>	Holistische Plattform mit gleichem Aufwand für jeden	x	
	Übersichtliche und intuitive Benutzeroberfläche		x
	Darstellung der einzelnen Produktionsschritte und dazugehöriger Vorarbeiten für Kunden als Information		x
	Standardisierte Abforderung von Auftragsinformationen mit anschließender Vorauswahl von Fertigungsverfahren	x	
	Konfigurator für Material und Fertigungsverfahren		x
	Archiv mit realisierten Projekten	x	
	Preis- und Zeitkalkulator für ungefähre Preisvorstellung und Fertigungsdauer		x
Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien zur Prüfung (ggf. automatisiert)	(x)	x	
<b>Entwicklungs- und Produktionsprozess</b>	Selbstständige Entscheidung durch Kunde, ob und wie er mitarbeiten möchte	x	
	Gute und direkte Einbindung von Nutzern aus der jeweiligen Werkstatt oder von Externen	x	
	Übertragbarkeit der Bestätigung, dass Maschineneinweisung stattgefunden hat, auf andere Werkstätten, um Einweisungsaufwand zu reduzieren	(x)	x
	Schnelle und günstige Abwicklung durch Nutzer		x
<b>Auftragsvergabe</b>	Funktion, die anfragenden Kunden und Nutzer matcht	x	

Kategorie	Anforderungen	M	I
<b>Auftragsvergabe</b> (Fortführung)	Gerechte Auftragsverteilung zwischen den Produktionswerkstätten und Nutzern	x	
	Vermeidung von Doppelvergaben	(x)	x
	Selbstständige Wahl durch Nutzer oder Werkstatt, ob sie Auftrag annehmen möchten	x	
<b>Ressourcen- management</b>	Maschinenbelegung soll durch Plattform geplant werden und einsehbar sein	(x)	x
	Ein Experte für alle Maschinen immer vor Ort in Werkstatt		x
	Mehr Personal in den einzelnen Werkstätten		x
<b>Finanzierung</b>	Einfache Bezahlung über Plattform		x
	Finanzielle Abwicklung muss auch für Vereine und Universitäten möglich sein		x
<b>Qualität und Ge- währleistung</b>	Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen Nutzer und Kunden	(x)	x
	Sicherstellung der Seriosität eines Nutzers	x	(x)
	Wahrung des Urheberrechts		x
<b>Erweiterungen</b>	Inventarliste einer Werkstatt inkl. Nutzungsanleitungen		x
	In die Plattform integriertes CAD- und Slicer-Programm		x
	Schnittstelle zu anderen CAD-Formaten und -Programmen		x

Legende: M: Einfluss auf Modellierung I: Einfluss auf Implementierung x: Hoher Einfluss (x): Geringer Einfluss



#### 4.4.2.2 Analyse der Anwendbarkeit des Modells auf Netzwerkebene

Die nachfolgende Anwendbarkeitsanalyse von Prozessen des Aachener PPS-Modells auf Netzwerkebene folgt in jedem Schritt dem immer gleichen Ablauf. Zunächst werden die Ebene und die sie betreffenden differenzierten Anforderungen beschrieben. Anschließend wird aufgabenweise jeder Prozess auf Netzwerkebene, den das Aachener PPS-Modell beschreibt, kurz vorgestellt und danach anhand der differenzierten Anforderungen diskutiert. Die Diskussion des einzelnen Prozesses schließt mit der Zusammenfassung aller sich ergebenden Änderungen und Lücken ab. Zum Ende der Anwendbarkeitsanalyse werden in Kapitel 4.4.2.4 noch einmal alle wesentlichen Änderungen und Unterschiede der Abläufe zum Aachener PPS-Modell zusammengefasst.

Auf der Netzwerkebene finden sich im Aachener PPS-Modell in der Prozesssicht in den drei Netzwerkaufgaben insgesamt 5 Teilschritte, 24 Prozessschritte und 11 Informationen oder Dokumente. Zur Prüfung der Anwendbarkeit des Modells auf den Sachverhalt der verteilten Produktion in vernetzten, dezentralen und offenen Produktionswerkstätten wurden die entsprechenden differenzierten Anforderungen nochmals hinsichtlich ihrer Einflussebene (lokale oder Netzwerkebene) unterteilt. In der Anwendbarkeitsanalyse auf Netzwerkebene sind alle Prozessschritte und Informationen oder Dokumente mit den differenzierten Anforderungen verglichen worden (Vorgehen nach angepasstem HoQ, vgl. Abbildung 4.3), die einen Einfluss auf die Netzwerkaufgaben haben. Diese 12 Anforderungen sind in Tabelle 4.4 dargestellt.

Tabelle 4.4: Differenzierte Anforderungen auf Netzwerkebene

Kategorie	Anforderungen
<b>Kommunikation</b>	Direkter Kommunikationsweg zwischen Nutzer und Kunde
	Zentrale Plattform und holistischer Kommunikationskanal (Chat oder Ticket)
<b>Aufbau und Bedienbarkeit</b>	Holistische Plattform mit gleichem Aufwand für jeden
	Standardisierte Abforderung von Auftragsinformationen mit anschließender Vorauswahl von Fertigungsverfahren
	Archiv mit realisierten Projekten
	(Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien zur Prüfung)
<b>Entwicklungs- und Produktionsprozess</b>	Selbstständige Entscheidung durch Kunde, ob und wie er mitarbeiten möchte
	Gute und direkte Einbindung von Nutzern aus der jeweiligen Werkstatt oder von Externen
<b>Auftragsvergabe</b>	Funktion, die anfragenden Kunden und Nutzer matcht

Kategorie	Anforderungen
	Gerechte Auftragsverteilung zwischen den OPWs und Nutzern (Vermeidung von Doppelvergaben)
<b>Ressourcenmanagement</b>	(Maschinenbelegung soll durch Plattform geplant und einsehbar sein)

Zunächst kann der Netzwerktyp dieser Produktionsvariante nach der Prozessarchitektursicht von Schuh 2006 (vgl. S. 92) überwiegend als Projektnetzwerk beschrieben werden. Projektnetzwerke zeichnen sich durch hohe Kundenänderungseinflüsse, eine Produktion nach Kundenspezifikationen, mehrteilige Erzeugnisse und einen Engineer-to-Order-Ansatz aus. Auch die Netzwerk- und Verbundstruktur wird als flexibel mit insgesamt mittleren Wechselkosten und als heterarchisch beschrieben. Allerdings ist die Zusammenarbeit bei diesem Netzwerktyp nur temporär wiederkehrend und die Koordination erfolgt durch persönliche Weisungen, dieser Aspekt trifft auf den geplanten Anwendungsfall nicht zu.

#### 4.4.2.2.1 Netzwerkkonfiguration

Als Erstes wird die Netzwerkkonfiguration betrachtet. Im Aachener PPS-Modell beginnt der gesamte Prozess mit der Identifizierung einer Nachfrageentwicklung am Markt, auf deren Grundlage ein Produktstrategieprogramm entwickelt und entsprechende Beschaffungs- und Distributionskanäle abgeleitet werden. Dies führt zum Netzwerkproduktprogramm, das die Grundlage der nachfolgenden Netzwerkauslegung darstellt. Der gesamte Prozess geht hierbei von der Herstellung eines bestimmten Produkts oder einer Produktfamilie in einem Produktionsnetzwerk aus.

Dieser Prozess ist dadurch inhaltlich nicht im Kontext der offenen Produktionswerkstätten anwendbar, da die Betreiber kein Produkt, sondern eine Produktionsinfrastruktur mit Funktionen von Maschinen vorhalten und verwalten. Dadurch ändert sich die gesamte Fertigungsphilosophie, was sich auch in den genannten Anforderungen zur standardisierten Abfrage und Vorauswahl eines bestimmten Fertigungsverfahrens widerspiegelt.

Außerdem ist die strategische Festlegung von Distributionskanälen im neuen Kontext schwierig, da die Produkte nach Bedarf und hochgradig individualisiert hergestellt werden sollen. Teilweise werden diese Produkte dann zukünftig sogar ganz oder partiell durch den Kunden hergestellt. Daher ist eine detaillierte Vorausschau des Absatzes insbesondere zu Beginn nicht umfassend möglich. Zusätzlich handelt es sich bei diesem Punkt nach Schuh 2006 und

Steffenhagen 1996 um einen wettbewerbsorientierten Absatz, was im Gegensatz zur Anforderung nach einer gleichverteilten und gerechten Auftragsvergabe zwischen den einzelnen Produktionswerkstätten und Nutzern steht, die dadurch nicht in einem direkten Wettbewerbsverhältnis stehen sollen.

Somit ist der gesamte Prozess vom Ablauf her zwar nachvollziehbar, jedoch an die neue Fertigungsphilosophie des Vorhaltens und Verwaltens einer Fertigungsinfrastruktur mit Funktionen statt einer Produktprogrammplanung anzupassen.

In der anschließenden Netzwerkauslegung ist im Aachener PPS-Modell nach Schuh eine Make-or-Buy-Analyse vorgesehen, aus der Anforderungen an Partner des Netzwerks entwickelt werden, die in den nachfolgenden Prozessschritten auf dieser Grundlage bewertet und ausgewählt werden sollen. Dies führt schlussendlich zur Standortplanung im Netzwerk. Ziel des gesamten Prozesses ist somit die Klärung, welche Güter und Dienstleistungen durch das Netzwerk abgedeckt und welche extern vergeben werden müssen. Das Ergebnis wird in der Netzwerkstruktur zusammengefasst.

Dieses Vorgehen ist jedoch stark hierarchisch aufgebaut, da bereits hier vorgegeben wird, welcher Netzwerkpartner welche Rolle im Netzwerk übernehmen muss. Dadurch können die Nutzer und Kunden nicht mehr selbstständig entscheiden, wo und wie sie gerne eingebunden werden möchten. Außerdem spiegelt das nicht die Anforderung der Matchingfunktion, die Kunden und Nutzer gezielt zusammenführt wider, da durch den Ansatz nach Schuh die Produktion zentral und statisch vorgegeben wird. Ferner entspricht dies auch nicht dem Bottom-up-Ansatz und dem heterarchischen Netzwerktyp Projekt Netzwerk, das durchaus demokratisch durch die Netzwerkpartner geführt werden kann. Der Aspekt der Make-or-Buy-Analyse muss ebenfalls adaptiert werden, da der neue Kontext eine stetig steigende und zukünftig überwiegende Eigenproduktion vorsieht und damit ein Zukauf von Produktkomponenten nicht im Raum steht. Mittelfristig sind jedoch Rohstoffe und Halbzeuge weiterhin zu beschaffen. Alle elementaren Änderungen in der Netzwerkkonfiguration sind in Tabelle 4.5 zusammengefasst aufgeführt.

Tabelle 4.5: Elementare Änderungen in der Netzwerkkonfiguration

<b>Aufgabe: Netzwerkkonfiguration</b>
Elementare Änderungen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Änderung des Produktstrategieprogramms zu neuer Fertigungsphilosophie mit dem Vorhalten und Verwalten einer Fertigungsinfrastruktur mit Funktionen.</li><li>▪ Netzwerkauslegung soll heterarchischer aufgebaut werden, damit Betreiber und Nutzer besser und gleichverteilt eingebunden werden.</li><li>▪ Wegfall der Make-or-Buy-Analyse in neuem Modell, welches die überwiegende Eigenproduktion vorsieht.</li></ul>

#### 4.4.2.2 Netzwerkabsatzplanung

Die Netzwerkabsatzplanung im Aachener PPS-Modell erfolgt nach Schuh 2006 (vgl. S. 115 ff.) entweder dezentral oder zentral und verfolgt das Ziel, die Mengen, die über das Netzwerk abgesetzt werden sollen, zu prognostizieren. Bei konzernartigen Strukturen werden hierfür bei der zentralen Netzwerkabsatzplanung wieder auf Basis einer Analyse der Nachfrageentwicklung am Markt ein Netzwerkbudget und eine Netzwerkabsatzplanung ermittelt, woraus sich die Mengenermittlung und der anschließende Netzwerkabsatzplan ergeben. Für diesen Prozess wird auf konzerninterne Absatzprognosen zurückgegriffen, die mit allen konzernweiten Marketingaktionen abgestimmt werden müssen.

Bei der dezentralen Netzwerkabsatzplanung folgt aus der Netzwerkstruktur und einem lokalen Absatzplan im Aachener PPS-Modell die Absatzmengenkonsolidierung, aus der sich der Netzwerkabsatzplan sowie die Netzwerkbudget- und Umsatzplanung ableiten. Hierfür werden alle Absatzpläne, die lokal in den Unternehmen erstellt wurden, zusammengetragen.

Auch dieser Prozess ist inhaltlich nachvollziehbar und insbesondere die dezentrale Netzwerkabsatzplanung ist inhaltlich mit dem Ansatz der einzelnen und verteilten offenen Produktionswerkstätten verwandt. Allerdings ist der wesentliche Unterschied, dass im neuen Kontext kein Absatz geplant wird und den offenen Produktionswerkstätten und den darin arbeitenden Nutzern auch kein Budget zugeteilt wird. Die Produktion verläuft immer bedarfsorientiert und mit sehr hohem Anpassungsgrad. Außerdem vermarktet das Netzwerk dadurch auch keine bestimmten Produkte durch Marketingaktionen, sondern – wenn überhaupt – sich selbst als Produktionsalternative.

Darüber hinaus ist die Netzwerkabsatzplanung mit den erhobenen Anforderungen einer zentralen und holistischen Plattform mit gleichem Nutzungsaufwand für alle Nutzer sowie einem zentralen Kommunikationsweg bei gleichzeitig heterarchischem Aufbau weder ausschließlich zentral noch dezentral abbildbar. Die Netzwerkabsatzplanung, wie von Schuh beschrieben, ist somit im neuen Kontext nicht nutzbar und muss neu modelliert werden. Alle elementaren Änderungen in der Netzwerkabsatzplanung sind in Tabelle 4.6 zusammengefasst.

Tabelle 4.6: Elementare Änderungen in der Netzwerkabsatzplanung

<b>Aufgabe: Netzwerkabsatzplanung</b>
Elementare Änderungen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Netzwerkabsatzplanung kann inhaltlich nicht übernommen werden und muss neu modelliert werden.</li><li>▪ Neues Modell soll keinen geplanten/zu planenden Absatz und kein geplantes/zu planendes Budget vorsehen.</li><li>▪ Neues Modell soll bedarfsorientierte und individualisierte Produktion vorsehen.</li><li>▪ Neues Modell soll zentrale und holistische Plattform mit gleichem Nutzungsaufwand für alle Nutzer sowie einem zentralen Kommunikationsweg bei gleichzeitig heterarchischem Produktionsnetzwerk vorsehen.</li></ul>

#### **4.4.2.2.3 Netzwerkbedarfsplanung**

Die Netzwerkbedarfsplanung besteht im Aachener PPS-Modell aus den drei Unteraufgaben der Netzwerkkapazitätsplanung, der Netzwerkbedarfsallokation und der Netzwerkbeschaffungsplanung. Bei der Netzwerkkapazitätsplanung werden zunächst die Primärbedarfe ermittelt und mit der Bestandsführung abgeglichen, woraus sich ein Netzwerkproduktionsprogramm vorschlag ergibt. In der anschließenden Netzwerkkapazitätsdeckungsrechnung wird geprüft, ob der Netzwerkproduktionsprogramm vorschlag mit den Kapazitäten und Ressourcen im Netzwerk realisierbar ist. Gleichzeitig werden Kapazitäten und Ressourcen gleichmäßig verteilt.

Bei der darauffolgenden Netzwerkbedarfsallokation werden nach Schuh die ermittelten Primärbedarfe unter Berücksichtigung von technischen und organisatorischen Gesichtspunkten auf die einzelnen Produktionskapazitäten bei den Partnern verteilt. Das daraus entstehende Netzwerkproduktionsprogramm dient als Vorgabe für die lokale Produktionsprogrammplanung sowie als Vorgabe für die nachgelagerte Beschaffungsplanung auf Netzwerkebene.

In der Beschaffungsplanung wird unter Berücksichtigung der Bestandsführung der notwendige Sekundärbedarf für die Produktion ermittelt. Die dort ermittelten Beschaffungsbedarfe werden unternehmensübergreifend und netzwerkweit gebündelt, um dadurch Skaleneffekte auf dem Beschaffungsmarkt für die einzelnen Netzwerkpartner zu realisieren.

Da bereits die Netzwerkabsatzplanung im neuen Kontext erheblich vom Aachener PPS-Modell abweichen wird, muss auch die Netzwerkbedarfsplanung grundlegend überarbeitet und neu modelliert werden. Zunächst gibt es im neuen Kontext keine Primärbedarfsermittlung auf Netzwerkebene, da die Planung und Produktion dezentral und bedarfsorientiert durch die Nutzer erfolgen soll. Außerdem ist das Ressourcenmanagement mit der zentralen Prüfung der aktuellen Kapazitäten zwar eine Anforderung, die in den Interviews genannt wurde, jedoch kann auch hier der Ansatz des Aachener PPS-Modells nicht eins zu eins umgesetzt werden, da dabei zentral vorgegeben wird, welcher Partner welches Produkt in welcher Stückzahl und zu welcher Zeit herzustellen hat. Die Nutzer der OPWs wollen aber selbstständig entscheiden, welchen Auftrag sie annehmen und wie sie ihn umsetzen.

Ähnliches gilt für die Sekundärbedarfsermittlung, bei der die Bestellung mit Skaleneffekten für die Netzwerkpartner nach Schuh 2006 ein sehr guter und übertragbarer Ansatz ist. Allerdings soll im Anwendungsfall auch hier die Planung und Bestellung der Sekundärbedarfe dezentral durch die Betreiber und Nutzer der offenen Produktionswerkstätten erfolgen.

Die Netzwerkbedarfsplanung bedarf daher einer neuen Modellierung auf Grundlage der geänderten vorangegangenen Prozesse und auf Basis einer bedarfsorientierten und heterarchischen Produktion. Alle elementaren Änderungen in der Netzwerkbedarfsplanung sind in Tabelle 4.7 zusammengefasst.

Tabelle 4.7: Elementare Änderungen in der Netzwerkbedarfsplanung

<b>Aufgabe: Netzwerkbedarfsplanung</b>
Elementare Änderungen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Netzwerkbedarfsplanung kann inhaltlich nicht übernommen werden und muss neu modelliert werden.</li><li>▪ Neues Modell soll bedarfsorientierte und individualisierte Produktion vorsehen.</li><li>▪ Neues Modell soll heterarchische Beziehungen zwischen den Nutzern, Betreibern und dem Netzwerk vorsehen.</li></ul>

**Aufgabe: Netzwerkbedarfsplanung**

- Neues Modell soll bedarfsorientierte und dezentrale Sekundärbedarfsbestellung auf Grundlage der Bestellung mit Skaleneffekten nach Schuh vorsehen.
- Neues Modell soll Überblick über aktuelle Kapazitäten für zentrale und dezentrale Planung sicherstellen.

**4.4.2.2.4 Nicht abgebildete Anforderungen auf Netzwerkebene**

Die Anforderungen eines direkten Kommunikationswegs zwischen Nutzer und Kunde, eines Archivs mit realisierten Projekten zur Auswahl durch Nutzer oder Kunden, der Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien zur Online-Prüfung der Produzierbarkeit in einer offenen Produktionswerkstatt, eine Matchingfunktion zwischen Nutzer und Kunde sowie die Vermeidung von Doppelvergaben von Aufträgen an mehrere Nutzer können im aktuellen Aachener PPS-Modell an keiner Stelle sinnvoll integriert werden und machen daher die Modellierung weiterer und neuer Prozesse notwendig. Alle nicht abgebildeten Anforderungen auf Netzwerkebene sind noch einmal in Tabelle 4.8 zusammengefasst.

Tabelle 4.8: Im Aachener PPS-Modell nicht abgebildete Anforderungen auf Netzwerkebene

**Aufgabe: Neuprozessentwicklung auf Netzwerkebene**

Elementare Anforderungen:

- Direkter Kommunikationsweg zwischen Nutzer und Kunde
- Archiv mit realisierten Projekten
- (Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien zur Prüfung)
- Matchingfunktion, Kunden und Nutzer zusammenführt
- (Vermeidung von Doppelvergaben)

**4.4.2.3 Analyse der Anwendbarkeit des Modells auf lokaler Ebene**

Die nachfolgenden Schritte der Anwendbarkeitsanalyse auf lokaler Ebene folgen ebenfalls dem immer gleichen Ablauf. Zunächst werden die Ebene und die sie betreffenden differenzierten Anforderungen beschrieben. Anschließend wird aufgabenweise jeder Prozess, den das Aachener PPS-Modell auf lokaler Ebene vorsieht, kurz vorgestellt und danach anhand der differenzierten Anforderungen diskutiert. Die Diskussion der einzelnen Prozesse schließt mit der Zusammenfassung aller sich ergebenden Änderungen und Lücken ab. Zum Ende der Anwendbarkeitsanalyse werden in Kapitel 4.4.2.4 noch einmal alle wesentlichen Änderungen und Unterschiede im Ablauf zum Aachener PPS-Modell zusammengefasst.

Auf der lokalen Ebene finden sich im Aachener PPS-Modell in der Prozesssicht in den vier Kernaufgaben und den dazugehörigen Querschnittsaufgaben insgesamt 51 Prozessschritte und 18 Informationen oder Dokumente. Diese Aufgaben entsprechen überwiegend den Aufgaben der PPS aus Sicht eines einzelnen Unternehmens und dienen direkt dem Fortschritt einer Produktentstehung (Schuh 2006). Zur Prüfung der Anwendbarkeit des Modells auf den Sachverhalt der verteilten Produktion in vernetzten, dezentralen und offenen Produktionswerkstätten sind alle Prozessschritte und Informationen oder Dokumente mit den differenzierten Anforderungen verglichen worden (Vorgehen nach angepasstem HoQ, vgl. Abbildung 4.3), die einen Einfluss auf die Kern- und Querschnittsaufgaben haben. Diese sieben Anforderungen können Tabelle 4.9 entnommen werden.

Tabelle 4.9: Differenzierte Anforderungen auf lokaler Ebene

Kategorie	Anforderungen
<b>Entwicklungs- und Produktionsprozess</b>	Übertragbarkeit der Bestätigung, dass Maschineneinweisung stattgefunden hat, auf andere Werkstätten, um Einweisungsaufwand zu reduzieren
<b>Auftragsvergabe</b>	Gerechte Auftragsverteilung zwischen den Produktionswerkstätten und Nutzern
	Vermeidung von Doppelvergaben
	Selbstständige Wahl durch Nutzer oder Werkstatt, ob sie Auftrag annehmen wollen
<b>Ressourcenmanagement</b>	Maschinenbelegung soll durch Plattform geplant werden und einsehbar sein
<b>Qualitätssicherung und Gewährleistung</b>	Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen Nutzer und Kunde
	Sicherstellung der Seriosität eines Nutzers

Zunächst kann die lokale Ebene und die Abwicklung der Produktion in OPWs vor Ort nach dem morphologischen Schema zur Beschreibung von Auftragsabwicklungsstrukturen weitgehend als Auftragsfertiger klassifiziert werden (vgl. Schuh 2006, S. 137). Ein wesentliches Merkmal dieser Abwicklungsstruktur ist die Initiierung einer Auftragsabwicklung durch einen Kundenauftrag. Das bedeutet, dass jedes beauftragte Produkt den Charakter einer Neukonstruktion hat und es sich überwiegend um ein kundenspezifisches Erzeugnis handelt. Die Produktion ist bedarfsorientiert und deterministisch bestimmt. Auch Sekundärbedarfe werden auftragsbezogen ermittelt. Die Kernkompetenz des Auftragsfertigers liegt in der Entwicklung,



Konstruktion und Montage. Außerdem lagert er, in Rücksicht auf lange Lieferzeiten, Rohmaterialien ein. Die Produktion erfolgt in der Werkstatt- oder Inselfertigung mit einem hohen Strukturierungsgrad und es kommt während der Abstimmung mit dem Kunden häufig zu Änderungswünschen (Schuh 2006; Eversheim und Schuh 2005; Picot et al. 2003).

#### 4.4.2.3.1 Produktionsprogrammplanung

Bei der Produktionsprogrammplanung wird ausgehend von der Entwicklung der Nachfrage am Markt über eine Absatz- und Liquiditätsplanung ein auftragsanonymer Komponentenbedarf ermittelt. Durch das Bestandsmanagement kann daraus eine auftragsanonyme Nettobedarfsermittlung abgeleitet werden, woraus sich eine auftragsanonyme Ressourcengrobplanung ergibt. Dieses Vorgehen findet regelmäßig, zum Beispiel jährlich, statt und hat für das Unternehmen den Zweck, eine langfristig orientierte Liquiditätsvorschau mit den zukünftigen Mittelzu- und -abflüssen abzuleiten. Der gesamte Prozess gilt nach Schuh jedoch nur in sehr begrenztem Umfang für den Auftragsfertiger, da bei diesem alle Bedarfe in der Regel auftragsbezogen (also nicht kundenanonym) entstehen. Die Bedarfsermittlung findet beim Auftragsfertiger daher vor allem während der Produktionsbedarfsplanung statt. Aus diesem Grund entfällt die gesamte Aufgabe der Produktionsprogrammplanung im neuen Kontext (vgl. Tabelle 4.10).

Tabelle 4.10: Elementare Änderungen in der Produktionsprogrammplanung

<b>Aufgabe: Produktionsprogrammplanung</b>
<p>Elementare Änderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produktionsprogrammplanung entfällt, da für Auftragsfertiger und im neuen Kontext die vorgesehene Planung und Produktion auftragsanonymer Komponenten nicht anwendbar ist.</li> </ul>

#### 4.4.2.3.2 Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung

Für jeden neuen Auftrag wird in der Angebotsbearbeitung ausgehend von einer Kundenanfrage ein Prozess mit dem Ziel durchlaufen, ein Angebot für den Kunden zu erstellen. Hierfür wird zunächst die Anfrage erfasst und durch den Auftragsfertiger hinsichtlich ihrer Machbarkeit erstmalig grob bewertet. Ist die Machbarkeit grundsätzlich sichergestellt, leitet er daraus ein Auftragsgrobdesign mit ersten Konstruktionszeichnungen oder Skizzen ab, die die Grundlage der anschließenden Lieferterminermittlung, der Preisermittlung und der abschließenden Angebotserstellung darstellen. Durch den einzigartigen Charakter der einzelnen Anfrage und der daher mangelnden Daten (z. B. Stücklisten oder Arbeitspläne) ermittelt der Auftragsfertiger

den Liefertermin und den Preis auf Grundlage von ähnlichen Aufträgen, durch Erfahrung oder durch eine Schätzung. Als Ergebnis wird dem Kunden ein Angebot unterbreitet.

Nimmt der Kunde das Angebot an, wird nach dem Aachener PPS-Modell formell ein Auftrag erstellt. In der anschließenden Auftragsbearbeitung wird der Auftrag mit dem Ziel weiter spezifiziert, eine Projektfreigabe für die Produktionsbedarfsplanung zu erlangen. Hierfür erfolgt zunächst eine Auftragsklärung, bei der ein erneuter Abgleich zwischen den Angebotsdaten und den beauftragten Kundenspezifikationen durchgeführt wird. Während der darauffolgenden Auftragsgrobterminierung sollen die groben Ecktermine für die Auftragsbearbeitung mit den angegebenen Terminen aus dem Angebot auf Realisierbarkeit geprüft werden. In der anschließenden auftragsbezogenen Ressourcengrobplanung werden die auf Grundlage von Schätzwerten ermittelten benötigten Kapazitäten mit den verfügbaren Kapazitäten verglichen und es wird der Ressourcenverzehr veranschlagt sowie ein Budget aufgestellt. Darauf folgt die Disposition bekannter Langläufer, also technischer Zukaufteile und Rohmaterialien, deren Wiederbeschaffungszeit die geplante Durchlaufzeit voraussichtlich übersteigen wird. Wird die Auftragsstruktur anschließend verabschiedet, startet die Konstruktion und Arbeitsplanung mit der Erstellung von Zeichnungen, Stücklisten und Arbeitsplänen, auf deren Grundlage die Realisierbarkeit des (Teil-)Projekts geprüft wird.

Dieser Prozess ist im Grundsatz im neuen Kontext der Produktion in offenen Produktionswerkstätten anwendbar, bedarf allerdings einiger Anpassungen. Zunächst sieht das Auftragsmanagement nach Schuh eine Anfrage durch einen Kunden vor. Im neuen Kontext können jedoch auch Nutzer für sich selbst etwas herstellen, wodurch die Anfrage nicht mehr nur durch einen Kunden, der für eine Dienstleistung/für ein Produkt zahlt, sondern vielmehr auch durch einen Anwender gestellt werden kann.

Außerdem ist die Anforderung der gerechten Auftragsvergabe zwischen den Produktionswerkstätten und den Nutzern nach dem aktuellen Ablauf nicht sichergestellt, da gegenwärtig ein Kunde frei wählen kann, in welcher Werkstatt er ein Produkt gefertigt haben möchte. Dadurch würden Produktionswerkstätten, die einen Bekanntheits- oder Standortnachteil haben, benachteiligt werden. Im Gegensatz dazu wären solche Produktionswerkstätten, die diese Nachteile nicht haben, tendenziell überlastet, was zu längeren Wartezeiten führen würde. Um dies zu unterbinden, ist eine zentrale und gerechte Auftragsvergabe zu modellieren. Hierfür wird der Kunde oder Anwender zukünftig seine Anfrage nicht an einen Nutzer oder Betreiber einer offenen Produktionswerkstatt, sondern an das Netzwerk richten, um die zentrale Erfassung und dezentrale Verteilung von Anfragen sicherzustellen.

Gleichzeitig ist dann allerdings zu berücksichtigen, dass Anfragen lediglich einmal vergeben werden dürfen, um Ressourcen, Aufwand und Mehrarbeit einzusparen. Zusätzlich ist bei der Modellierung dieses Prozesses zu berücksichtigen, dass die Nutzer selbst wählen wollen, welche Aufträge sie fertigen. Daher darf die Vergabe nicht top-down erfolgen, sondern muss dem Nutzer die Möglichkeit bieten, Anfragen nach dem Pull-Prinzip auszuwählen.

Auch die Anfragebewertung muss weiter spezifiziert werden. Zum einen gibt es die Anforderung, dass während einer Anfrage eine standardisierte Abforderung von Auftragsinformationen erfolgt, auf deren Grundlage eine Vorauswahl von Fertigungsverfahren durchgeführt wird. Dadurch findet bereits eine grundsätzliche Bewertung statt, ob eine Anfrage mit den vorhandenen Maschinen durchführbar ist. Außerdem gibt es die Anforderung, dass die Seriosität der Nutzer sichergestellt werden soll. Hierfür ist eine Prüfung der Fähigkeiten des Nutzers bei der Wahl einer Anfrage notwendig, um dadurch sicherzustellen, dass er den Auftrag auch tatsächlich abarbeiten kann. Auch diese Prüfung muss in den aktuellen Ablauf integriert werden. Damit der Nutzer anschließend frei eine offene Produktionswerkstatt als Produktionsort wählen kann, ist außerdem anzustreben, dass die Anerkennung der Fähigkeiten eines Nutzers im Umgang mit Maschinen auf alle im Netzwerk integrierten Werkstätten übertragbar ist.

Hinsichtlich des Prozesses der Angebots- und Auftragsbearbeitung sind daher wesentliche Änderungen notwendig. Im Grundsatz ist der Prozess durch die ähnlichen Abläufe und Randbedingungen eines Auftragsfertigers jedoch mit den Abläufen in offenen Produktionswerkstätten vergleichbar. Alle elementaren Änderungen in der Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung sind in Tabelle 4.11 zusammengefasst.

Tabelle 4.11: Elementare Änderungen in der Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung

<b>Aufgabe: Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung</b>
Elementare Änderungen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Anfrage soll nicht nur durch zahlende Kunden, sondern auch durch Nutzer möglich sein.</li><li>▪ Anfragen sind zukünftig nicht an Betreiber oder Nutzer einer OPW, sondern an das Netzwerk zu stellen.</li><li>▪ Jede Anfrage soll zentral auf Machbarkeit durch standardisierte Abforderungen von Auftragsinformationen geprüft werden.</li><li>▪ Ablauf für zentrale, gerechte und einmalige Auftragsvergabe sowie freie Wahl eines Auftrags und einer OPW durch Nutzer soll entwickelt werden.</li></ul>

**Aufgabe: Angebotsbearbeitung und Auftragsbearbeitung**

- Bei Wahl eines Auftrags durch Nutzer soll bewertet werden, ob dieser über die notwendigen Fähigkeiten für die Durchführung verfügt.
- Anerkennung der Fähigkeiten soll, um die freie Wahl einer OPW zu unterstützen, innerhalb der einzelnen OPWs übertragbar sein.

**4.4.2.3.3 Produktionsbedarfsplanung**

Eingangsgröße dieser Aufgabe ist das Produktionsprogramm, welches die Grundlage für die Produktionsbedarfsplanung darstellt. Daraus werden zunächst die Brutto- und Nettosekundärbedarfe durch die Auflösung der Stücklisten ermittelt. Hierbei handelt es sich vor allem um Rohmaterialien und technische Zukaufteile. Anschließend folgt die Zuordnung der entsprechenden Beschaffungsart durch Rückgriff auf die im Rahmen der strategischen Netzwerkauslegung durchgeführte Make-or-Buy-Analyse. Daraus leitet sich der lokale Beschaffungsprogramm-vorschlag ab, der mit dem Netzwerkbeschaffungsprogramm abgeglichen wird.

Die anschließende Durchlaufterminierung, Kapazitätsbedarfsermittlung und Kapazitätsabstimmung erfolgt beim Auftragsfertiger im Aachener PPS-Modell nur für den Eigenfertigungsanteil und wieder auf Grundlage von Erfahrungen und Schätzungen, da die Konstruktion für den gesamten Auftrag meist noch nicht final abgeschlossen wurde. Ist der Beschaffungsprogramm-vorschlag grundsätzlich realisierbar, leitet sich daraus das Beschaffungsprogramm ab, welches sich in das Eigenfertigungs- und Fremdbezugsprogramm untergliedert.

Auch diese Aufgabe ist aufgrund der weitgehenden Klassifizierbarkeit der Produktion in OPWs als Auftragsfertiger überwiegend ins neue Modell übertragbar. Allerdings ist die Beschaffungsartzuordnung grundlegend zu überarbeiten, da durch den Engineer-to-Order-Ansatz vor allem Rohmaterialien und technische Zukaufteile in den offenen Produktionswerkstätten gelagert werden und die Make-or-Buy-Analyse aufgrund des Ansatzes der zukünftig (nahezu ausschließlich) lokalen Produktion nicht übernommen wird. Außerdem findet die Einlagerung von kundenanonymen Komponenten nicht statt. Daher sind weitere Beschaffungsarten zu entwickeln und in den Prozess zu integrieren. Alle elementaren Änderungen in der Produktionsbedarfsplanung sind in Tabelle 4.12 zusammengefasst aufgeführt.

Tabelle 4.12: Elementare Änderungen in der Produktionsbedarfsplanung

<b>Aufgabe: Produktionsbedarfsplanung</b>
Elementare Änderungen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Weitere Beschaffungsarten sind zu entwickeln und in das neue Modell zu integrieren. Die Make-or-Buy-Analyse ist zu entfernen.</li><li>▪ Das Produktionsprogramm und das Bestandsmanagement sehen keine kundenanonymen Aufträge oder Komponenten vor.</li></ul>

#### 4.4.2.3.4 Fremdbezugsplanung und -steuerung

Die Fremdbezugsplanung und -steuerung startet nach Schuh 2006 (vgl. S. 151 ff.) mit dem Fremdbezugsprogramm. Daraus wird zunächst eine Bestellrechnung abgeleitet, welche unter anderem bestands- und transportkostenoptimierte Bestellmengen beinhaltet. Dies führt als Ergebnis zum Bestellprogrammvorschlagn, den der Einkauf als Information für die Anfrageerstellung bei einem oder mehreren Lieferanten nutzt. Das vom Lieferanten abgegebene Angebot wird anschließend durch den Einkauf auf Grundlage von unternehmensspezifischen Kriterien (z. B. Einkaufspreis, Liefertermin, Qualität) geprüft und der entsprechende Lieferant in der Folge ausgewählt. Ist der daraus resultierende Bestellprogrammvorschlagn realisierbar, folgt die Bestellfreigabe an den ausgewählten Lieferanten. Der Lieferant versorgt das Unternehmen anschließend mit Lieferfortschrittsdaten. Sobald die Bestellung eingegangen ist, wird der Bestand durch die Bestandsführung angepasst.

Der hier vorgesehene Ablauf ist für den neuen Kontext zwar größtenteils anwendbar, betrifft allerdings nur die Bestellung von Sonderteilen durch einen Betreiber oder Nutzer einer offenen Produktionswerkstatt. Ein Austausch von Materialien zwischen den Werkstätten ist beispielsweise von Schuh nicht vorgesehen, obwohl dieser in einem heterarchischen Netzwerk möglich wäre. Außerdem gehen bei einer direkten Bestellung von einzelnen OPWs Skaleneffekte bei Lieferanten verloren, auf die die Netzwerkbildung nach Schuh aber abzielt. Zur Abbildung der Prozesse der Fremdbezugsplanung und -steuerung sind daher Erweiterungen bzw. Neumodellierungen notwendig. Die elementaren Änderungen in der Fremdbezugsplanung und -steuerung sind in Tabelle 4.13 zusammengefasst aufgeführt.

Tabelle 4.13: Elementare Änderungen in der Fremdbezugsplanung und -steuerung

<b>Aufgabe: Fremdbezugsplanung und -steuerung</b>
Elementare Änderungen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Diese Aufgabe, wie im Aachener PPS-Modell beschrieben, deckt nur einen Teil der möglichen Beschaffungsarten ab und muss daher erweitert werden.</li><li>▪ Weitere Beschaffungsart über Partnerwerkstätten muss modelliert werden.</li><li>▪ Weitere Beschaffungsart muss modelliert werden, damit Skaleneffekte erzielt werden können.</li></ul>

#### 4.4.2.3.5 Auftrags- und Bestandsmanagement

Im Rahmen dieser abschließenden Querschnittsaufgaben wird nach Eingang und Fertigung aller Komponenten während der Versandabwicklung eine umfassende Funktionsprüfung der Bauteile und Produkte vollzogen. Sind die Prüfungen erfolgreich abgeschlossen, können die Versandpapiere erstellt und es kann der Versand zum Kunden vorgenommen werden. Der Versand wird der Bestandsführung zwecks Bestandsmanagement zurückgemeldet. Ist das Produkt beim Kunden angekommen, folgt abschließend die Inbetriebnahme und die Endabnahme.

Der vorliegende Prozess kann im Wesentlichen überwiegend unverändert übernommen werden, da er die letzten Anforderungen der Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen dem Nutzer und dem Kunden bereits beinhaltet und im neuen Kontext keine veränderten Rahmenbedingungen bestehen.

#### 4.4.2.4 Zusammenfassung der Anwendbarkeitsanalyse

Der vorangegangene Kapitelabschnitt zielte auf die Beantwortung der *ersten und zweiten Sub-Forschungsfrage* ab, in der analysiert wurde, in welchen Bereichen das Aachener PPS-Modell im Kontext der vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten verwendet werden kann und welche konzeptionellen Änderungen notwendig sind, um das Modell für den neuen Kontext nutzbar zu machen.

Die Anwendbarkeitsanalyse hat ergeben, dass das Aachener PPS-Modell insbesondere auf Netzwerkebene nur begrenzt anwendbar ist. Zwei wesentliche Aspekte sind hier die konkrete Planung von Produkten sowie die Ausgestaltung und Planung von Absatzwegen, die im neuen Kontext der verteilten Produktion in offenen Produktionswerkstätten so nicht vorgesehen sind. Dadurch sind wesentliche Prozessschritte und zwei vollständige Aufgaben aus der

Netzwerkebene neu zu modellieren. Auch werden in Schuhs Modell viele Anforderungen der OPWs nur sehr begrenzt oder überhaupt nicht berücksichtigt.

Auf der lokalen Ebene fallen die Änderungen geringer aus, da die PPS von Auftragsfertigern nach Schuh überwiegend mit den Abläufen in offenen Produktionswerkstätten übereinstimmt oder sich auf OPWs übertragen lässt. Insbesondere die gerechte und heterarchische Auftragsvergabe zwischen den Nutzern der OPWs sowie die Vorabprüfung von Anfragen ist jedoch im Modell nach Schuh nicht abbildbar und führt zu wesentlichen Adaptionen im neuen Modell. Ansonsten handelt es sich bei den Änderungen auf der lokalen Ebene überwiegend um Ergänzungen und Anpassungen. Insgesamt bieten die Abläufe des Aachener PPS-Modells hierzu eine gute Basis.

Für die *erste und zweite Sub-Forschungsfrage* zeigt Tabelle 4.14 noch einmal, aufgabenweise zusammengefasst, die wesentlichen inhaltlichen Unterschiede zwischen dem Aachener PPS-Modell nach Schuh 2006 und den zu erreichenden Abläufen in den offenen Produktionswerkstätten.

Tabelle 4.14: Gegenüberstellung der Abläufe nach dem Aachener PPS-Modell und für OPWs

Aufgabe	Abläufe nach Schuh 2006	Abläufe für offene Produktionswerkstätten
<b>Netzwerk- konfiguration</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planung eines Produkts je nach Nachfrageentwicklung am Markt</li> <li>2. Ableitung von Beschaffungs- und Distributionskanälen auf Grundlage des Produkts</li> <li>3. Wettbewerbsorientierter Absatz</li> <li>4. Zentrale Vorgabe der Rollen eines Netzwerkpartners</li> <li>5. Fremdvergabe von bestimmten Baugruppen durch Make-or-Buy-Analyse</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planung der Nutzung einer Produktionsinfrastruktur mit Funktionen von Maschinen je nach Nachfrageentwicklung am Markt</li> <li>2. Durch bedarfsmäßige und individuelle Produktion keine zentrale Ableitung von Beschaffungs- und Distributionskanälen</li> <li>3. Kein wettbewerbsorientierter Absatz</li> <li>4. Selbstständige und freie Einnahme unterschiedlicher Rollen durch Netzwerkpartner</li> <li>5. Überwiegende Eigenproduktion</li> </ol>
<b>Netzwerk- absatzplanung</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planung eines Absatzes und Vergabe von Budgets an Netzwerkpartner</li> <li>2. Vermarktung eines Produkts</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Individuelle, freie und selbstständige Produktion ohne zentrale Vorgaben</li> <li>2. Vermarktung der Produktionsinfrastruktur</li> </ol>

Aufgabe	Abläufe nach Schuh 2006	Abläufe für offene Produktionswerkstätten
<b>Netzwerkbedarfsplanung</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primärbedarfsermittlung auf Grundlage des geplanten Absatzes</li> <li>2. Darauf basierend Ableitung des Sekundärbedarfs für gesamtes Netzwerk</li> <li>3. Zentrale Vorgabe, welcher Netzwerkpartner ein Produkt wie oft und wann herstellen soll</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Individuelle und bedarfsorientierte Produktion</li> <li>2. Sekundärbedarf wird durch Nutzer und Betreiber abgeleitet</li> <li>3. Selbstständige Entscheidung, ob Nutzer und Betreiber Auftrag annehmen oder nicht</li> </ol>
<b>Angebotsbearbeitung und Auftragsplanung</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auftragsfertiger ist Dienstleister für seine Kunden</li> <li>2. Anfrage wird direkt an Auftragsfertiger gestellt</li> <li>3. Bewertung der Machbarkeit nur durch Auftragsfertiger</li> <li>4. Beauftragung durch Kunden (Push-Prinzip)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auftragsfertiger kann auch für sich selbst herstellen und Kunde auf Wunsch auch in Produktion mitarbeiten</li> <li>2. Anfrage wird an Netzwerk gestellt und zentral verarbeitet</li> <li>3. Vorbewertung der Machbarkeit durch Prüfung im Netzwerk dann durch Auftragsfertiger</li> <li>4. Wahl eines Auftrags aus Netzwerkpool (Pull-Prinzip)</li> </ol>
<b>Produktionsbedarfsplanung</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beschaffungsartzuordnung unter Rückgriff auf Make-or-Buy-Analyse</li> <li>2. Einlagerung kundenanonymer Komponenten je nach geplantem Absatz</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Durch Ansatz der überwiegenden Eigenproduktion keine Make-or-Buy-Analyse</li> <li>2. Individuelle Produktion ohne Einlagerung kundenanonymer Komponenten</li> </ol>

Für die *zweite Sub-Forschungsfrage* wurden auf Netzwerkebene insgesamt 17 wesentliche Änderungen und auf lokaler Ebene insgesamt 13 wesentliche Änderungen formuliert, die notwendig sind, damit das zu konzipierende Modell ganzheitlich im neuen Kontext verwendet werden kann. Zur Beantwortung der zweiten Sub-Forschungsfrage, *welche* konzeptionellen Änderungen zum Aachener Modell notwendig sind, zeigen Tabelle 4.15 und Tabelle 4.16 noch einmal konkret und aufgabenweise alle notwendigen wesentlichen Änderungen.



Tabelle 4.15: Zusammenfassung aller wesentlichen Änderungen auf Netzwerkebene

Art	Aufgabe	Wesentliche Änderungen
Netzwerkebene	<b>Netzwerk-konfigura-tion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Änderung des Produktstrategieprogramms zu neuer Fertigungsphilosophie mit dem Vorhalten und Verwalten einer Fertigungsinfrastruktur mit Funktionen von Maschinen.</li> <li>▪ Netzwerkauslegung soll heterarchischer aufgebaut werden, damit Betreiber und Nutzer besser und gleicher verteilt eingebunden werden.</li> <li>▪ Entfall der Make-or-Buy-Analyse im neuen Modell, das die überwiegende Eigenproduktion vorsieht.</li> </ul>
	<b>Netzwerk-absatz-planung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Netzwerkabsatzplanung kann inhaltlich nicht übernommen werden und muss neu modelliert werden.</li> <li>▪ Neues Modell soll keinen geplanten/zu planenden Absatz und kein Budget vorsehen.</li> <li>▪ Neues Modell soll bedarfsorientierte und individualisierte Produktion vorsehen.</li> <li>▪ Neues Modell soll zentrale und holistische Plattform mit gleichem Nutzungsaufwand für alle Nutzer sowie einem zentralen Kommunikationsweg bei gleichzeitig heterarchischem Produktionsnetzwerk vorsehen.</li> </ul>
	<b>Netzwerk-bedarfs-planung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Netzwerkbedarfsplanung kann inhaltlich nicht übernommen werden und muss neu modelliert werden.</li> <li>▪ Neues Modell soll bedarfsorientierte und individualisierte Produktion vorsehen.</li> <li>▪ Neues Modell soll heterarchische Beziehungen zwischen den Nutzern, Betreibern und dem Netzwerk vorsehen.</li> <li>▪ Neues Modell soll bedarfsorientierte und dezentrale Sekundärbedarfsbestellung auf Grundlage der Bestellung mit Skaleneffekten nach Schuh vorsehen.</li> <li>▪ Neues Modell soll Übersicht über vorhandene Kapazitäten für zentrale und dezentrale Planung gewährleisten.</li> </ul>
	<b>Neuprozess-entwicklung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Direkter Kommunikationsweg zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>▪ Archiv mit realisierten Projekten</li> <li>▪ (Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien zur Prüfung)</li> <li>▪ Funktion, die Kunden und Nutzer matcht</li> <li>▪ (Vermeidung von Doppelvergaben)</li> </ul>

Tabelle 4.16: Zusammenfassung aller wesentlichen Änderungen auf lokaler Ebene

Art	Aufgabe	Wesentliche Änderungen
<b>Lokale Ebene</b>	<b>Produktionsprogrammplanung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produktionsprogrammplanung entfällt, da für Auftragsfertiger und für neuen Kontext aufgrund der darin vorgesehenen Planung und Produktion auftragsanonymer Komponenten nicht anwendbar.</li> </ul>
	<b>Angebots- und Auftragsbearbeitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anfrage soll nicht nur durch zahlende Kunden, sondern auch durch Nutzer möglich sein.</li> <li>▪ Anfragen sind zukünftig nicht an Betreiber oder Nutzer einer OPW, sondern an das Netzwerk zu stellen.</li> <li>▪ Jede Anfrage soll durch standardisierte Abforderungen von Auftragsinformationen zentral auf Machbarkeit geprüft werden.</li> <li>▪ Ablauf für zentrale, gerechte und einmalige Auftragsvergabe sowie freie Wahl eines Auftrags und einer OPW durch Nutzer soll entwickelt werden.</li> <li>▪ Bei Wahl eines Auftrags durch Nutzer soll bewertet werden, ob dieser über die notwendigen Fähigkeiten für die Durchführung verfügt.</li> <li>▪ Die Anerkennung von Fähigkeiten soll innerhalb der einzelnen OPWs übertragbar sein, um die freie Wahl einer OPW zu unterstützen.</li> </ul>
	<b>Produktionsbedarfsplanung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weitere Beschaffungsarten sind zu entwickeln und in das neue Modell zu integrieren. Die Make-or-Buy-Analyse ist zu entfernen.</li> <li>▪ Das Produktionsprogramm und das Bestandsmanagement sehen keine kundenanonymen Aufträge oder Komponenten vor.</li> </ul>
	<b>Eigenfertigungsplanung und -steuerung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rückmeldung von Betriebsdaten ans Netzwerk zwecks Darstellung der Maschinenbelegung</li> </ul>
	<b>Fremdbezugsplanung und -steuerung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diese Aufgabe, wie von Schuh beschrieben, deckt nur einen Teil der möglichen Beschaffungsarten ab und muss daher erweitert werden.</li> <li>▪ Weitere Beschaffungsart, nämlich über Partnerwerkstätten, muss modelliert werden.</li> <li>▪ Weitere Beschaffungsart mit Ausnutzung von Skaleneffekten muss modelliert werden.</li> </ul>

#### 4.4.3 Das Open PPS-Modell

Ziel der Modellierung ist die Entwicklung eines Modells, das nach dem konstruktivistischen Modellverständnis aus der Wissenschaftstheorie (vgl. Heinrich et al. 2011) den Sollzustand der Abläufe und Prozesse für die Produktionsplanung und -steuerung in vernetzten, offenen und dezentralen Produktionswerkstätten beschreiben soll (*dritte Sub-Forschungsfrage*). Das zu entwickelnde Modell wird aufgrund des offenen Bottom-up-Ansatzes, den es abbildet, nachfolgend „Open PPS“ genannt.

Die Grundlage für die Modellierung bilden die notwendigen wesentlichen Änderungen zum Aachener PPS-Modell, die in der Anwendbarkeitsanalyse herausgearbeitet wurden. Ergänzende Anforderungen, die bereits Randbedingungen berücksichtigen, ergaben sich aus den Interviews (vgl. ab Kapitel 3.4.1.). Mit den wesentlichen Änderungen und in Rücksicht auf die erhobenen Anforderungen werden die einzelnen Schritte des Aachener PPS-Modells umgestaltet, entfernt oder neu modelliert. Die Ergebnisse sind nachfolgend dokumentiert. Die Prozessdarstellung findet in Anlehnung an die Symbolik der Programmablaufplanung (DIN 66001) sowie des Aachener PPS-Modells statt. Die verwendete Symbolik ist der nachfolgenden Abbildung 4.5 zu entnehmen.

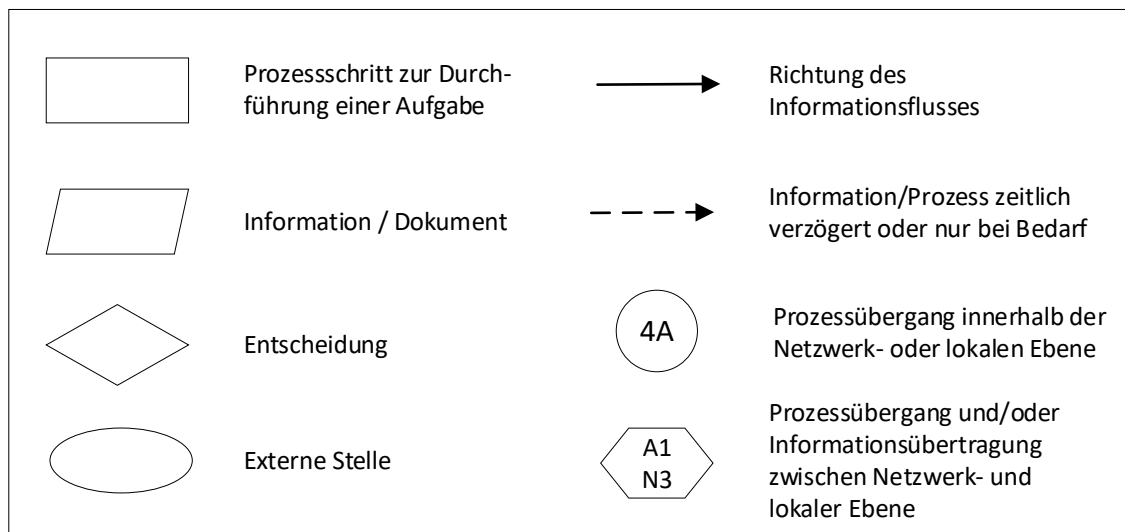


Abbildung 4.5: Verwendete Symbolik in den Prozessdarstellungen

Die alphanumerische Beschreibung der Prozessübergänge innerhalb der gleichen Ebene ist dabei als Verknüpfung zwischen zwei Aufgaben zu verstehen und wird in der Regel hochgezählt. So kann eine Aufgabe mit der Erstellung eines Dokuments oder dem Abschluss eines Prozessschritts enden, wobei der Output in einer nachfolgenden Aufgabe als Eingangsgröße gilt. In diesem Fall werden beide mit dem gleichen alphanumerischen Wert verbunden

(Beispiel: eine Aufgabe ist beendet und liefert die Eingangsgröße für die nächste Aufgabe, so werden beide mit 4A verbunden). Der Buchstabe nach der Zahl ist entweder A oder N und steht für die jeweilige Ebene. A steht für „Auftragsfertiger“, also für die lokale Ebene, während N für die Netzwerkebene steht. Die Zahl gibt die jeweilige Verknüpfung in der Ebene an und es wird von 1 hochgezählt.

Die alphanumerische Beschreibung der Prozessübergänge zwischen der lokalen Ebene und der Netzwerkebene sind gerichtete Verknüpfungen. Der erste alphanumerische Block bezeichnet die Aufgabe, der eine Größe oder Information entnommen wird. Der zweite alphanumerische Block bezeichnet die Aufgabe, die diese Größe oder Information aufnimmt (Beispiel: A1 N3 bedeutet, dass in der Aufgabe A1 eine Information entnommen wird und in die Aufgabe N3 eingespielt wird). Die einzelnen Aufgaben sind alle alphanumerisch durchnummeriert, wobei das N auch hier für die Netzwerkebene und das A für den Auftragsfertiger, also für die lokale Ebene, steht.

#### **4.4.3.1 Annahmen und Limitationen**

Das Open PPS-Modell beruht auf spezifischen Annahmen und weist spezifische Limitationen auf. Einzelne Prozesse in den jeweiligen Ebenen können nur abgebildet werden, wenn die nachfolgenden Annahmen auf das Netzwerk und auf die einzelnen offenen Produktionswerkstätten zutreffen. Sie sind bei der Betrachtung der Aufgaben und Prozesse jederzeit zu beachten.

- Annahme 1: Das Netzwerk ist ein heterarchisches System mit Gleichstellung aller Partner.
- Annahme 2: Alle Partner im Netzwerk verfolgen das Ziel, zukünftig (nahezu) alles lokal zu produzieren (vgl. Fab City Whitepaper).
- Annahme 3: Um das Ziel aus Annahme 2 zu erreichen, wollen alle Netzwerkpartner bei Erfüllung aller Anforderungen und entsprechender Eignung weitere Partner in das Netzwerk aufnehmen und unterstützen.
- Annahme 4: Die einzelnen Nutzer und Betreiber der offenen Produktionswerkstätten verfolgen untereinander keinen Wettbewerb im eigentlichen Sinne.
- Annahme 5: Alle Netzwerkpartner streben eine faire Zusammenarbeit an.
- Annahme 6: Alle Netzwerkpartner wollen gemeinsam am Ziel der lokalen Produktion arbeiten. Es gibt keine Einzelgänger.

#### 4.4.3.2 Netzwerkebene

Das Open PPS-Modell umfasst auf der Netzwerkebene fünf Aufgaben mit 25 einzelnen Prozessschritten und externen Stellen, 25 Informationen oder Dokumente, sieben Entscheidungen sowie 36 Prozessübergänge, die innerhalb der Netzwerkebene lokalisiert sind oder zwischen Netzwerk- und lokaler Ebene stattfinden. Das Modell ist damit umfangreicher und sieht mehr Vernetzungen innerhalb der Netzwerkebene sowie mit der lokalen Ebene vor. Nachfolgend werden alle Aufgaben vorgestellt und beschrieben. Zur Übersicht zeigt Abbildung 4.6 das Zusammenspiel aller Aufgaben auf Netzwerkebene. Es handelt sich um die folgenden fünf Aufgaben:

- N1: Netzwerkkonfiguration
- N2: Netzwerkauftragsplanung
- N3: Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung
- N4: Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung
- N5: Netzwerkpartnerbewertung

Open PPS und die Aufgaben, die es umfasst, grenzen sich teilweise recht deutlich vom Aache-ner PPS-Modell ab und sind spezifisch auf die Bedürfnisse und Anforderungen der verteilten Produktion in offenen Produktionswerkstätten zugeschnitten. Die Netzwerkaufgaben sollen die Hierarchien deutlich reduzieren und ein heterarchisches Netzwerk aufbauen. Ziel des Netzwerks ist das Erzielen von Skaleneffekten bei der Bestellung von Rohmaterialien und technischen Zukaufteilen, die verpflichtende Gleichstellung aller Partner, die kontinuierliche Verbesserung des Funktionsangebots, die Überwachung der Netzwerknutzung und -leistung sowie die Zurverfügungstellung von Daten zu Produkten und aktuellen Produktionskapazitäten.

Trotzdem gibt es die Trennung zwischen der lokalen Ebene und der übergeordneten Netzwerkebene, wodurch ein Konflikt mit dem heterarchischen Ansatz entsteht. Ziel bei der Konzeption der einzelnen Aufgaben ist es daher, die Konflikte durch das Treffen notwendiger, aber möglichst weniger Entscheidungen zu lösen. Insgesamt gibt es deutlich weitreichendere Verbindungen in und zwischen den Ebenen als im Modell nach Schuh, wodurch die Netzwerkaufgaben nicht als fixe Größe zu sehen sind. Außerdem bieten (und benötigen) die Aufgaben die Einbindung der Netzwerkpartner. Eine aktive Mitarbeit und Weiterentwicklung des Netzwerks wird also vorausgesetzt, was Open PPS von der PPS in herkömmlichen Produktionsnetzwerken teilweise stark unterscheidet.

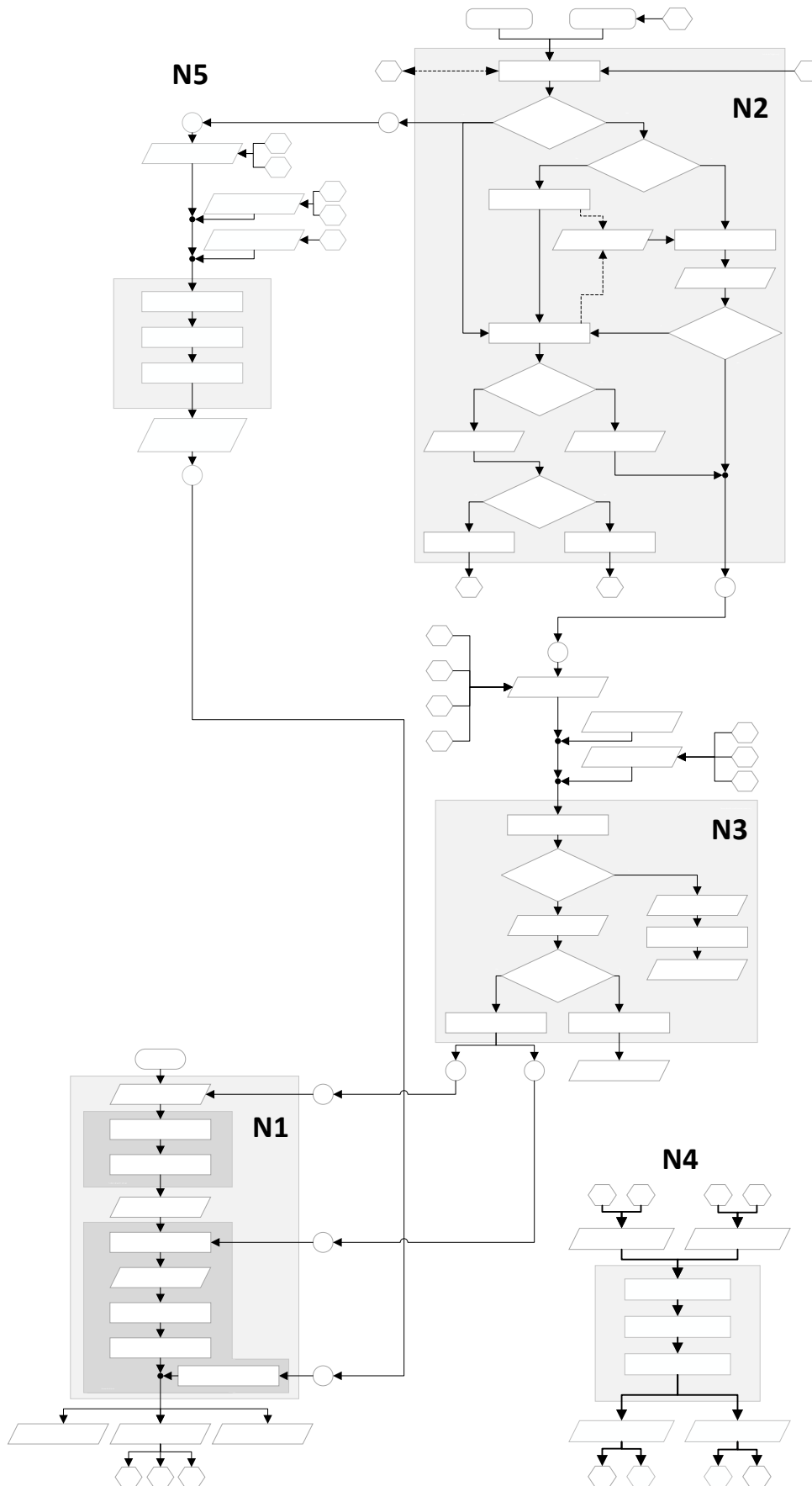


Abbildung 4.6: Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben  
(eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 140)

Das Netzwerk soll durch Vertreter der einzelnen Netzwerkpartner betrieben werden. Das bedeutet, dass alle nachfolgend beschriebenen Prozessschritte durch einzelne Nutzer und Betreiber offener Produktionswerkstätten, die z. B. in einem demokratischen Wahlprozess für eine Periode gewählt werden, ausgeführt werden sollen. Die Netzwerkvertreter sollen also die Interessen des Netzwerks vertreten, ihre Erfahrung einbringen und im Sinne des Netzwerks handeln. Die Frage, wie die Personenauswahl umgesetzt werden soll und wie ein eventuelles Anreizsystem für die Übernahme dieser Aufgaben aussehen könnte, bezieht sich jedoch auf die Implementierung der Open PPS und wird daher in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

Die Darstellung der einzelnen Aufgaben folgt jeweils demselben Schema. Zunächst werden alle Eckpunkte (Name, Ziel, Häufigkeit, Eingang, Inhalt, Ergebnis, abgebildete Anforderungen und Änderungen, Verknüpfungen) tabellarisch vorgestellt. Anschließend folgt die Einleitung in die jeweilige Aufgabe. Dann werden die abgebildeten Anforderungen sowie die wesentlichen Änderungen, die für die Neumodellierung der Aufgabe relevant sind, zusammengefasst. Danach folgt die Prozessdarstellung mit der Beschreibung der einzelnen Prozessschritte.

#### 4.4.3.2.1 N1 Netzwerkkonfiguration

Tabelle 4.17: Übersicht über N1 Netzwerkkonfiguration

Name	N1 Netzwerkkonfiguration
Ziel	Ableitung der Netzwerk-, Lieferanten- und Funktionsstruktur
Häufigkeit	Gelegentlich, iterativ, bei Änderungen von Bedarfen, strategische Ebene
Eingang	Analyse der Nachfrageentwicklungen am Markt
Inhalt	Ableitung von notwendigen Maschinenfunktionen im Netzwerk und daraufhin Auslegung des Netzwerks mit erstmaligen und kontinuierlichen Partnerbewertungen
Ergebnis	Netzwerk-, Lieferanten- und Funktionsstruktur
Abgebildete Anforderungen und Änderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modell bezieht sich auf Funktionen statt Produkte/Produktfamilien</li> <li>▪ Gleichberechtigung (Heterarchie) und Einbindung aller Netzwerkpartner</li> <li>▪ Überwiegende Eigenproduktion, keine Make-or-Buy-Analyse</li> <li>▪ Neues Modell soll bedarfsorientierte und dezentrale Sekundärbedarfsbestellung auf Grundlage der Bestellung mit Skaleneffekten nach Schuh vorsehen</li> </ul>

Name		N1 Netzwerkkonfiguration
Verknüpfungen	2N	Speist Informationen zu neuen Bedarfen wie Material, Funktionen und Personal von N3 in den großen Regelkreis von N1 ein
	3N	Speist Informationen zu neuen Bedarfen wie Material, Funktionen und Personal von N3 in den kleinen Regelkreis von N1 ein
	5N	Übermittelt Informationen zum Bewertungspunktstand von Nutzern und OPWs zwecks kontinuierlicher Partnerbewertung von N5 an N1
	N1 A1	Übermittelt Informationen über Lieferanten und Materialpreise zwecks Angebotspreisermittlung von N1 an A1
	N1 A3	Übermittelt Informationen über Lieferanten zwecks Planung der Eigenfertigungsanteile von N1 an A3
	N1 A6	Übermittelt Informationen über Lieferanten und Materialpreise zur Bestellung aus Kontingenten von N1 an A6

Die Netzwerkkonfiguration besteht aus den zwei wesentlichen Unteraufgaben Funktionsprogrammplanung und Netzwerkauslegung und verfolgt das Ziel, in regelmäßigen Abständen und auf einer strategischen Ebene die Netzwerk-, Lieferanten- und Funktionsstruktur für das gesamte Netzwerk festzulegen. Zusätzlich werden die notwendigen Funktionen des Netzwerks analysiert und beschrieben. Der Aufbau soll für alle Partner im Netzwerk ein vereinfachtes Ressourcenmanagement und eine einfache Ressourcenbestellung ermöglichen. Außerdem erfolgt in diesem Prozess eine Bewertung der Partner (der Lieferanten sowie der Netzwerkpartner, also der Nutzer und OPWs). Dies gilt einerseits für die erstmalige Aufnahme neuer Partner sowie anschließend für eine kontinuierliche Evaluation der Netzwerknutzung und Leistung der Partner.

Die erste wesentliche Änderung in dieser Aufgabe im Vergleich zum Aachener PPS-Modell liegt darin, dass hier Funktionen und nicht Produkte im Fokus stehen. Das bedeutet, dass das Netzwerk nicht für die Herstellung eines bestimmten Produkts oder einer Produktfamilie aufgebaut wird, sondern mit dem Ziel, ein Netzwerk mit bestimmten Maschinen zusammenzustellen, die fertigungstechnische Funktionen (bearbeitbares Material, Fertigungsverfahren, Bau- raum) erfüllen. Außerdem wird das Netzwerk durch diese Aufgabe heterachisch aufgebaut, wodurch alle Partner gleichberechtigt eingebunden sind und über Veränderungen entscheiden können. Ferner sieht die Aufgabe eine überwiegende Eigenproduktion vor, so dass es keine Make-or-Buy-Analysen gibt. Tabelle 4.17 und Abbildung 4.7 geben einen Überblick über die Aufgabe.



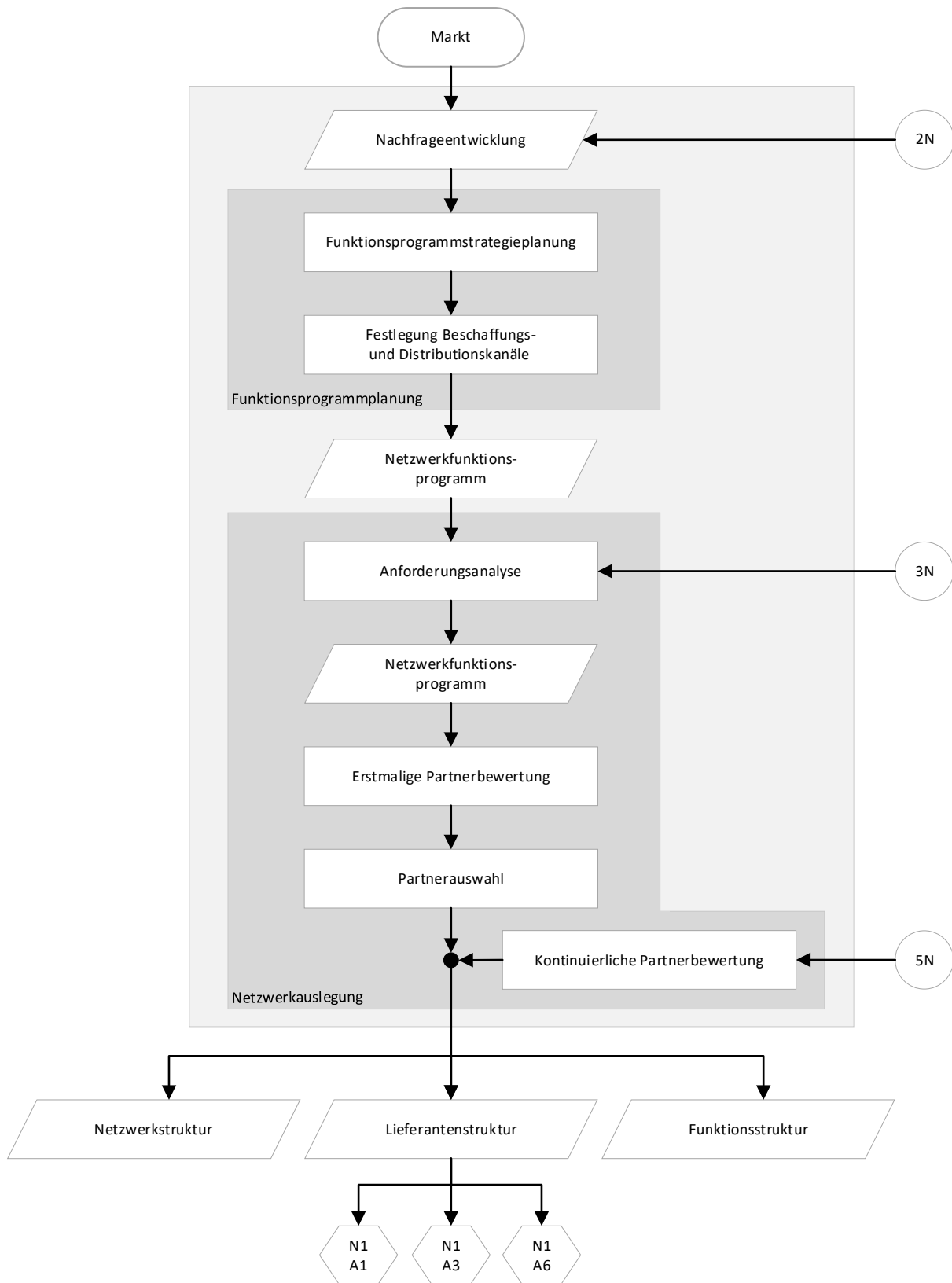


Abbildung 4.7: Prozessdarstellung der N1 Netzwerkkonfiguration (eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 113 - 114)<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben siehe Seite 132.

Ziel der Netzwerkkonfiguration ist die Planung und Konfiguration eines Netzwerks, welches ausgehend von Bedarfen und Trends Funktionen (bestimmte Fertigungsverfahren) bestimmt und vorhält, die zur Erfüllung dieser Bedarfe notwendig sind. Damit diese Funktionen immer auf dem aktuellen Stand der Bedarfe und Trends sind, muss dieser Prozess in regelmäßigen Abständen und bei erkennbarem Bedarf iterativ durchlaufen werden.

Der Prozess startet mit einer Erhebung der Nachfrageentwicklung am Markt. Ziel ist hier die Ableitung von aktuellen und zukünftigen Trends und Bedarfen. Auf Basis der ermittelten Trends und Bedarfe sollen nachfolgend Funktionen ermittelt werden, mit denen diese Bedarfe aus fertigungstechnischer Sicht umgesetzt werden können. Dadurch werden durch das Netzwerk nicht ein Produkt oder eine Produktfamilie und der dazugehörige Absatz geplant, sondern stattdessen wird die Fertigungsinfrastruktur in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten geplant, deren Ausgestaltung auf den erhobenen Trends und Bedarfen beruht.

Durch die regelmäßige Prüfung dieser Trends und Bedarfe soll somit sichergestellt werden, dass das Netzwerk die fertigungstechnischen Funktionen vorhält, die zur Herstellung von Produkten für die Befriedigung dieser Bedarfe notwendig sind. Informationen für diese regelmäßige Prüfung erhält der Prozessschritt einerseits in der Erhebung der Nachfrageentwicklung vom Markt sowie von der Aufgabe N3, die Rückmeldungen über nicht bearbeitbare Aufträge übermittelt (Details siehe N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung). Sofern diese Informationsübergabe stattfindet, startet die gesamte Aufgabe ab diesem Schritt von vorn, um dadurch zu evaluieren, wie sich das Netzwerk mit den vorgehaltenen Funktionen ändern müsste, damit diese Aufträge in der Zukunft ausführbar wären. Dieser Regelkreis wird als großer Regelkreis bezeichnet.

In der anschließenden Funktionsprogrammstrategieplanung findet die Ermittlung und Zuordnung der Funktionen mit einer Planung auf Losgröße 1 statt, die das Netzwerk für die Herstellung der identifizierten Bedarfe und Trends benötigt. Zusätzlich können in diesem Prozessschritt auch alle Informationen über nicht ausführbare Aufträge verarbeitet werden (z. B. das Netzwerk hatte kein Fertigungsverfahren zum Bearbeiten eines bestimmten Werkstoffes). Durch diesen Prozessschritt soll sichergestellt werden, dass das Netzwerk immer alle Funktionen vorhält, die in einem bestimmten Zeitintervall benötigt werden.

In der nachfolgenden Festlegung der Beschaffungs- und Distributionskanäle werden die Beschaffungsmöglichkeiten des Netzwerks festgelegt. Neben einer Beschaffung durch den Nutzer soll ebenfalls eine Beschaffung über verhandelte Materialkontingente mit Partnerlieferanten sowie ein Materialaustausch zwischen den einzelnen offenen Produktionswerkstätten

möglich sein (Details siehe A4–A6). Dadurch werden die Betreiber überwiegend nur Standard-Materialien vorhalten, die von den Nutzern in OPWs typischerweise verwendet werden, was zu einer reduzierten Lagergröße führt. Alle weiteren Stoffe können auftragsbezogen über die Betreiber oder Nutzer bestellt werden. Dies führt insgesamt zu einer größeren Transparenz im Netzwerk, zu Skaleneffekten bei der Bestellung durch die vertragliche Aushandlung von Kontingenten, zur Vereinheitlichung von Preisen sowohl für die Nutzer im Einkauf als auch für die Endkunden, zu niedrigeren Lagerkosten und zu reduziertem Verwaltungsaufwand. Die Bewertung und Auswahl der Lieferanten findet zu einem späteren Zeitpunkt in dieser Aufgabe statt. Der Kunde wird dann die Möglichkeit haben, sich sein Produkt direkt aus einer offenen Produktionswerkstatt abzuholen oder durch den Nutzer oder einen Transportdienstleister liefern zu lassen. Diese zentrale Beschaffung wird erst dadurch möglich, dass für alle offenen Produktionswerkstätten die gleichen Funktionen, abgeleitet von den gleichen Bedarfen und Trends, vorausgesetzt werden. Aus Prozessablaufsicht werden die Ergebnisse der Funktionsprogrammplanung anschließend im Netzwerkfunktionsprogramm dokumentiert.

Die nachfolgende Netzwerkauslegung beginnt mit dem Schritt der Anforderungsanalyse. Dieser Prozessschritt wird entweder für Lieferanten oder Netzwerkpartner durchgeführt und zielt darauf ab, alle Anforderungen, die an Lieferanten oder Netzwerkpartner gestellt werden, zu analysieren und zu dokumentieren. Für Lieferanten entstehen solche Anforderungen aus dem Vertragswesen sowie aus Transport- und Lieferkriterien. Für Netzwerkpartner werden alle Funktionen und weitere Anforderungen definiert, die die Netzwerkpartner für eine Einbindung in das Netzwerk einbringen müssen. Zu Beginn bietet die „Fab Charter“<sup>28</sup> in Verbindung mit der dazugehörigen Maschinenliste eine gute Basis, die zukünftig nach dem oben beschriebenen Ablauf stetig erweitert wird. Durch diese Verknüpfung zur Netzwerkauslegung wird bei einer Informationsübermittlung nur ein Teil der Prozesse angestoßen, weshalb dies als kleiner Regelkreis bezeichnet wird (siehe Abbildung 4.7). Das Ergebnis wird ebenfalls im Netzwerkfunktionsprogramm festgehalten. Alle Netzwerkpartner sind dazu verpflichtet, bei einer Änderung die neuen Anforderungen innerhalb eines vom Netzwerk festzulegenden Zeitraums umzusetzen. Es wird dabei erwartet, dass sie ausreichend Kapital für die Beschaffung einer neuen Maschine innerhalb des Zeitraums beschaffen können (Details zu Finanzflüssen werden in N5 Netzwerkpartnerbewertung erläutert).

Als nächste Prozessschritte folgen die initiale Partnerbewertung und Partnerauswahl. Bei der initialen Partnerbewertung wird lediglich geprüft, ob alle Anforderungen aus der Anforderungsanalyse, die an den jeweiligen Lieferanten oder Partner gestellt werden, auch erfüllt werden.

---

<sup>28</sup> „The Fab Charter“ des Massachusetts Institute of Technology zu Anforderungen an ein Fab Lab.

Ist dies der Fall, wird der Kandidat für die Partnerauswahl vorgeschlagen. Für Lieferanten ist diese Auswahl simpel. Hier sollen die Netzwerkvertreter lediglich einen oder mehrere Lieferanten für ein Material auswählen und die Materialkontingente bzw. Preise verhandeln. Da die Netzwerkvertreter Betreiber und Nutzer offener Produktionswerkstätten sind, können sie gut abschätzen, welche Materialien und in welcher Menge diese Materialien typischerweise benötigt werden. Dadurch brauchen Betreiber und Nutzer von OPWs bei der Bestellung dann lediglich die gewünschte Menge und das Lieferdatum mit dem Lieferanten abstimmen, ohne jedoch eigens Preise verhandeln zu müssen. Bietet der jeweilige Vertrag eine hohe Unsicherheit oder ist das Vertragswerk sehr individuell aufgebaut, so kann der Lieferant auch tiefer in das strategische Netzwerk eingebunden werden.

Die Auswahl einer offenen Produktionswerkstatt als Partner ist dagegen komplexer, da die Einbindung eines neuen Partners eine wesentliche Änderung im Netzwerk darstellen kann. Ziel ist es deshalb, dass die Betreiber aller im Netzwerk vorhandenen offenen Produktionswerkstätten darüber abstimmen, ob eine neue OPW in das Netzwerk aufgenommen werden soll. Hierfür wird zunächst der Kandidatenvorschlag aus der erstmaligen Partnerbewertung übernommen, aus dem bereits hervorgeht, dass der Kandidat alle Anforderungen grundsätzlich erfüllt. Anschließend sollen die Netzwerkpartner demokratisch und einstimmig über die Aufnahme oder Ablehnung des neuen Partners abstimmen. Eine Enthaltung und Stimmrechtsübergabe soll dabei möglich sein. Dieses Vorgehen beruht auf dem Modell des Rates der Europäischen Union, der bei der Abstimmung über sensible Politikbereiche, wie z. B. über den Beitritt neuer EU-Mitgliedsstaaten, einen einstimmigen Beschluss vorgibt, bei dem Enthaltungen jedoch zulässig sind. Ähnlich wie in den gemeinsamen Zielen und Vereinbarungen zwischen den Mitgliedsstaaten der EU wird an dieser Stelle noch einmal auf die Annahmen und Limitationen von Open PPS verwiesen (Kapitel 4.4.3.1).

Im Unterschied zu OPWs benötigen neue Nutzer nicht die Zustimmung aller Netzwerkpartner für die Aufnahme ins Netzwerk. Dadurch soll der Anforderung nachgekommen werden, dass die Nutzer aus der lokalen Nachbarschaft einfach und unkompliziert in die Fertigung und das Umfeld der OPWs eingebunden werden können. Für die Aufnahme ist lediglich die Registrierung des Nutzers auf der Plattform notwendig. Anschließend hat er dort die Möglichkeit, seine Fähigkeiten einzutragen, die durch einen Netzwerkvertreter als Administrator bestätigt werden sollen. Sobald dies erledigt ist, hat der Nutzer Zugriff auf alle Anfragen und kann im Rahmen seiner Fähigkeiten Anfragen bearbeiten.

Bei der kontinuierlichen Partnerbewertung sollen die Netzwerknutzung und Leistung der einzelnen Betreiber und Nutzer sowie die Leistung der Lieferanten bewertet werden. Die

Lieferanten sollen durch die Netzwerkvertreter auf Grundlage ihres Preis-Leistungs-Verhältnisses sowie ihrer Zuverlässigkeit und messbarer Probleme (z. B. wiederkehrender Lieferverzug, Fehlsendungen) bewertet werden. Außerdem sollen positive wie negative Erfahrungen aus dem Netzwerk in die Bewertung einfließen. Die Bewertung der Nutzer und Betreiber erfolgt auf Grundlage eines transparenten Bewertungssystems als Anreizsystem, bei dem die Beteiligten für bestimmte Leistungen einen bestimmten Satz an Bewertungspunkten erhalten. Innerhalb einer Zeitperiode ist dann ein Schwellwert zu erreichen, den das Netzwerk festlegen soll. Liegt ein Netzwerkpartner unterhalb dieser Schwelle, wird der Partner aus dem Netzwerk ausgeschlossen. Ziel dieses Ansatzes ist es, die Mitarbeit und lokale Produktion zu fördern und gleichzeitig vorauszusetzen. Im Gegenzug erhalten alle Partner Zugriff auf die Netzwerkvorteile, zu denen z. B. die Bestellung über Kontingente oder der Zugriff auf Anfragen und Aufträge gehören. Der jeweilige Punktwert eines Netzwerkpartners wird über eine Schnittstelle zur Aufgabe N5 sichergestellt (Details zur Vergabe der Bewertungspunkte siehe N5 Netzwerkpartnerbewertung).

Als Ergebnis der Aufgabe werden daraus die Netzwerk-, Lieferanten- und Funktionsstruktur abgeleitet und allen Netzwerkpartnern zur Verfügung gestellt. Die Netzwerkstruktur beinhaltet dabei alle Informationen zu den Netzwerkpartnern und den Netzwerkstrukturen. Die Lieferantenstruktur beinhaltet alle Informationen zu den Lieferanten, Verträgen, Kontingenten und Bestellabläufen. Die Funktionsstruktur beinhaltet die Beschreibung aller im Netzwerk vorgehaltenen Funktionen. Informationen aus der Lieferantenstruktur werden zusätzlich in die Aufgaben A1, A3 und A6 eingespeist.

#### 4.4.3.2.2 N2 Netzwerkauftragsplanung

Tabelle 4.18: Übersicht über N2 Netzwerkauftragsplanung

Name	N2 Netzwerkauftragsplanung
Ziel	Anfragen von Kunden und Nutzern prüfen und als Aufträge auf offene Plattform zur Auftragsvergabe platzieren
Häufigkeit	Regelmäßig, für jede Anfrage neu, operative Ebene
Eingang	Anfrage durch Kunden oder Nutzer
Inhalt	Strukturierung und Machbarkeitsprüfung einer Anfrage. Bereits gefertigte Produkte können als Design aus einem Archiv ausgewählt werden. Ggf. kann ein Gespräch mit einem Nutzer vereinbart werden. Ist eine Anfrage umsetzbar, wird sie zwecks Auftragsvergabe auf offener Plattform platziert.

Name		N2 Netzwerkauftragsplanung
Ergebnis		Umsetzbare Aufträge mit und ohne Eigenarbeit von Kunden sowie abgelehnte Anfragen inkl. Ablehnungsgrund zwecks Auswertung
Abgebildete Anforderungen und Änderungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Direkter Kommunikationsweg zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>▪ Zentrale Plattform mit gleichem Aufwand für jeden Stakeholder und einem holistischen Kommunikationskanal</li> <li>▪ Standardisierte Abforderung von Auftragsinformationen mit anschließender Vorauswahl von Fertigungsverfahren</li> <li>▪ Archiv mit realisierten Projekten und Wahl von Designs</li> <li>▪ Entscheidung durch Kunde möglich, ob er Eigenarbeit leisten möchte</li> <li>▪ Gute und direkte Einbindung von Nutzern aus der Nachbarschaft</li> <li>▪ Matchingfunktion, die Kunden und Nutzer zusammenführt</li> <li>▪ Vermeidung von Doppelvergaben</li> <li>▪ Wahlmöglichkeit, ob Nutzer/Betreiber einen Auftrag annehmen wollen</li> <li>▪ Vorsehen einer bedarfsorientierten und individualisierten Produktion</li> <li>▪ Darstellung eines heterarchischen Produktionsnetzwerks</li> <li>▪ (Möglichkeit des Uploads von Konstruktionsdateien)</li> </ul>
Verknüpfungen	4N	Übermittelt Informationen zur Wahl von Produkten aus dem zentralen Archiv zwecks Vergabe der Bewertungspunkte an den Nutzer von N2 an N5
	1N	Übermittelt die Ablehnung und den Ablehnungsgrund zur Auswertung von N2 an N3
	A1.1 N2	Wechsel von lokaler Ebene A1 zu Netzwerkebene N2 zwecks gemeinsamer Eingabe einer Anfrage zur Vorprüfung
	A1.2 N2	Abfrage von Konstruktionen mit Ähnlichkeit zur geprüften Anfrage im Netzwerkarchiv in N2 durch den Nutzer in A1, um daraus Aufwand sowie Liefertermin grob zu bestimmen
	A2 N2	Ablage der freigegebenen Konstruktion/des Projekts durch den Nutzer aus A2 im Netzwerkarchiv in N2 nach Einholen der Erlaubnis des Kunden
	N2 A1.1	Übernahme einer geprüften Anfrage aus dem Kanban-Board in N2 durch den Nutzer in A1 zwecks Angebotserstellung

Name		N2 Netzwerkauftragsplanung
Verknüpf.	N2 A1.2	Übernahme einer geprüften Anfrage aus dem Kanban-Board mit gewünschter Eigenarbeit durch den Kunden in N2 durch den Nutzer in A1 zwecks Angebotserstellung

Die Netzwerkauftragsplanung ist im Open PPS-Modell die Kernaufgabe zur Verwaltung, Bearbeitung und Prüfung von Produktionsanfragen. Die gesamte Aufgabe wird für jede einzelne Anfrage vollständig durchlaufen und ist daher auf einer rein operativen Ebene angesiedelt. Ziel der Aufgabe ist es, Anfragen auf deren Umsetzbarkeit zu prüfen und anschließend für die Auftragsvergabe auf einem Kanban-ähnlichen Board zu platzieren, von dem die Nutzer eine bestimmte Anfrage per Pull-Prinzip auswählen können, um sie in der Folge zu bearbeiten. Der aktuelle Status der Bearbeitung soll dazu einsehbar sein. Für die Bearbeitung wird dem Anfragenden zunächst das Archiv vorgeschlagen, wo er ggf. ein bereits hergestelltes Produkt als Design mit Konstruktionsdaten und Arbeitsplänen auswählen kann. Ist dies nicht gewünscht, kann der Kunde seine eigenen Vorstellungen mit Unterstützung oder bei entsprechender Eignung auch alleine ablauforientiert prüfen lassen. Ist die Anfrage umsetzbar, kann er noch wählen, ob er als Prosument (Produzent und Konsument) Eigenarbeit leisten möchte oder nicht. Anschließend wird die Anfrage auf der Plattform bereitgestellt. Ist die Anfrage nicht umsetzbar, wird sie zur Informationsauswertung mit Ablehnungsgrund gesammelt.

Diese Aufgabe bildet die meisten Anforderungen ab, umfasst die meisten wesentlichen Änderungen und basiert auf einer Neumodellierung. Die Aufgabe ist so also nicht im Aachener PPS-Modell vorgesehen. Durch die immer gleiche, transparente und ablauforientierte Prüfung einer Anfrage mit standardisierter Abforderung von Auftragsinformationen ist ein Modell für eine zentrale Plattform entwickelt worden, die für alle Stakeholder den gleichen Bearbeitungsaufwand mit sich bringt. Während der bedarfsorientierten Anfrage durch einen Kunden oder Nutzer wird per Ticketsystem außerdem ein holistischer und direkter Kommunikationskanal für jede Anfrage erstellt, über den bereits während der Anfrageprüfung zentrale Rückfragen geklärt werden können. Außerdem kann der Kunde wählen, ob und wie er Eigenarbeit einbringen möchte. Durch das Kanban-Board haben des Weiteren alle Nutzer die Möglichkeit, einen Auftrag für sich selbst zur Produktion zu wählen, wodurch gleichzeitig ein Matching zwischen Kunde und Nutzer stattfindet. Da jeder Auftrag nur einmal ausgewählt werden kann, wird dabei eine Doppelvergabe vermieden. Außerdem ist ein Archiv mit bereits realisierten Projekten integriert. Tabelle 4.18 und Abbildung 4.8 geben einen Überblick über die Aufgabe.

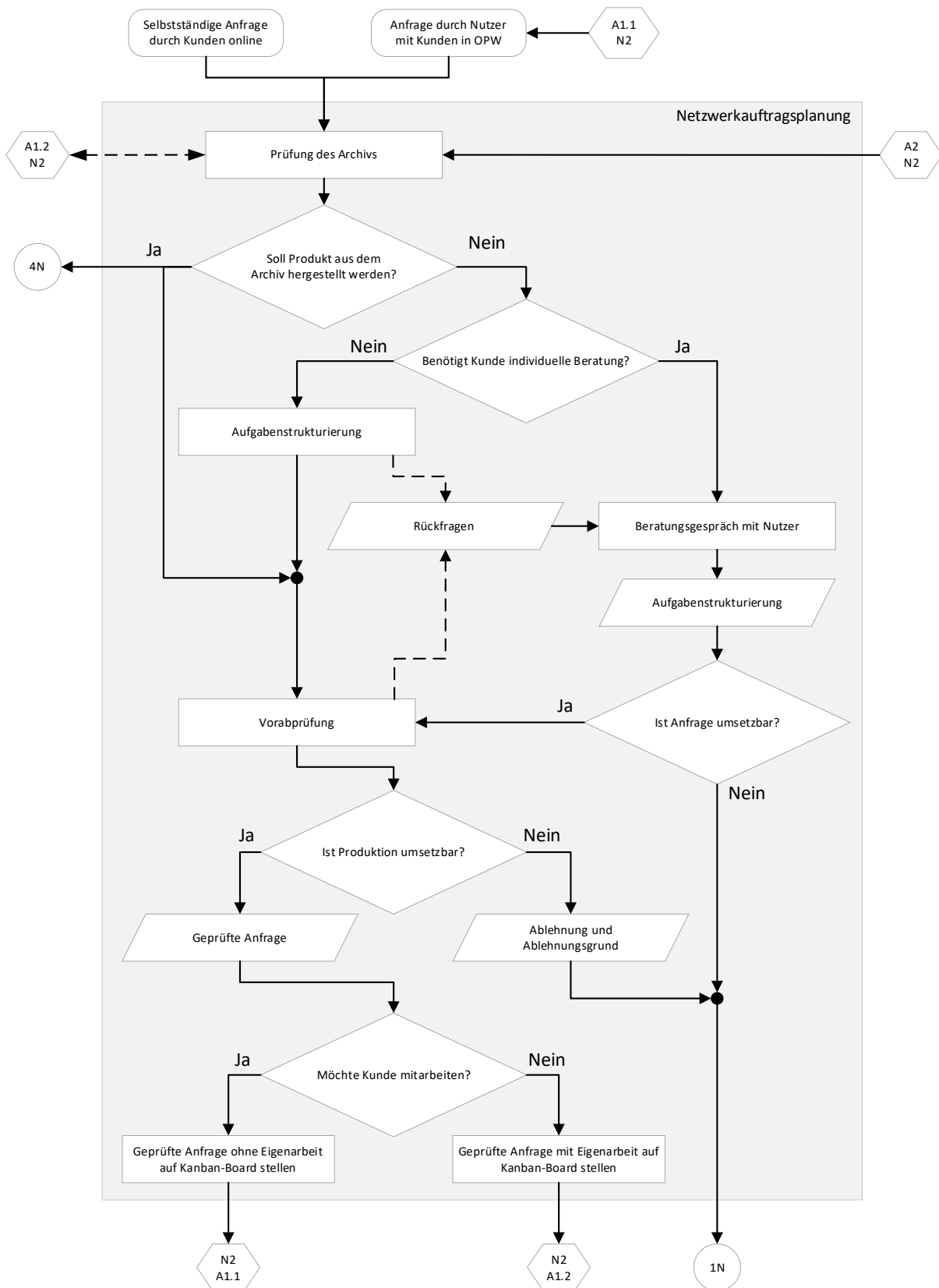


Abbildung 4.8: Prozessdarstellung der N2 Netzwerkauftragsplanung<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben siehe Seite 132.



Die Aufgabe hat für jede einzelne Anfrage den gleichen Ablauf und Aufwand und startet mit der Anfrage eines Kunden direkt auf der Plattform oder durch einen Nutzer, der eine Anfrage für sich selbst oder zusammen mit einem Kunden im Rahmen eines Beratungsgesprächs eingibt (Details siehe A1 Angebotsbearbeitung). Hierbei wird für jede Anfrage ein Ticket angelegt, über das zwischen dem Kunden und einem Nutzer direkt kommuniziert werden kann. Anschließend folgt ein Verweis auf das Archiv, in dem der Kunde oder der Nutzer im Auftrag des Kunden nach bereits realisierten Projekten suchen können. Ist dort ein Design dabei, das dem Kunden gefällt, kann ein Großteil der Aufgabe übersprungen und direkt mit der Vorabprüfung begonnen werden. Ist im Archiv kein ähnliches Projekt vorhanden, wird mit der Spezifikation der Anfrage fortgefahren.

Hierbei wird zunächst abgefragt, ob der Kunde eine individuelle Beratung und Unterstützung benötigt. Dabei wird je nach Fähigkeiten des Kunden in drei unterschiedlichen Modi vorgegangen. Der Kunde soll seine Fähigkeiten dabei anhand von Beispielen selbst einordnen:

- **Modus 1:** Der Kunde ist **Experte** im Umfeld offener Produktionswerkstätten und mit der Fertigung vertraut. Dieser Kunde kann direkt mit der Strukturierung und Prüfung seiner Anfrage fortfahren. Außerdem soll er die Möglichkeit haben, direkt Konstruktionsdateien mit Fertigungsanweisungen hochzuladen. Zu solchen Kunden gehören z. B. Handwerker, Maker sowie Absolventen von fortgeschrittenen Lehrformaten und Workshops für Maschinen.
- **Modus 2:** Der Kunde hat **fortgeschrittene Kenntnisse** im Umfeld offener Produktionswerkstätten und fortgeschrittene Erfahrung mit der Fertigung. Dieser Kunde hat die Möglichkeit, optional ein Beratungsgespräch mit einem Nutzer zu vereinbaren, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass seine Anfrage korrekt aufgenommen wird. Alternativ kann er direkt mit der Strukturierung und Prüfung seiner Anfrage fortfahren. Zu solchen Kunden gehören z. B. Architekten, Ingenieure, Start-ups, technisch Interessierte sowie Absolventen von einfachen Lehrformaten und Workshops für Maschinen.
- **Modus 3:** Der Kunde hat **keine Kenntnisse** im Umfeld offener Produktionswerkstätten und keine Erfahrung mit der Fertigung. Für diesen Kunden findet ein verpflichtendes Beratungsgespräch mit einem Nutzer statt, um seine Anfrage zu strukturieren, aus fertigungstechnischer Sicht zu bewerten und zu optimieren sowie anschließend prüfen zu lassen. Zu diesen Kunden gehören alle, die keine (fertigungs-)technische Vorerfahrung haben.

Ziel dieses Vorgehens ist es, die Anfrage und das Bedürfnis des Kunden bestmöglich zu erfassen und dadurch einerseits die Zahl weiterer Rückfragen und Kundenänderungswünsche in der Fertigung zu reduzieren und andererseits dem Kunden ein bestmögliches Produkt

herzustellen, um seine Zufriedenheit sicherzustellen. Für die Beratung durch einen Nutzer kann durch diesen bereits eine Beratungspauschale<sup>30</sup> mit dem Kunden verhandelt werden.

In der anschließenden Aufgabenstrukturierung werden durch den Kunden oder während eines Beratungsgesprächs durch den Nutzer alle notwendigen Stamm- und Bewegungsdaten für die Prüfung der Anfrage erhoben und im Ticket abgespeichert. Neben Kundenstammdaten werden in diesem Prozessschritt also alle Daten zur Produktionsanfrage erhoben und strukturiert. Außerdem können Anfragen durch Netzwerkvertreter priorisiert werden, wenn sie z. B. zum Abwehren oder Bewältigen einer Krisensituation dringend notwendig sind.

Ziel dieses Prozessschrittes ist es, eine ausreichend gute Anfragestruktur und Datenqualität zu erreichen, um anschließend mit der Vorabprüfung fortzufahren. Sollte es bei diesem Prozessschritt zu Unstimmigkeiten bei der Formulierung von Rückfragen durch Netzwerkvertreter kommen, wird der Kunde an einen Nutzer verwiesen. Kleine Rückfragen oder Unstimmigkeiten können dabei direkt im Ticket geklärt werden. Für größere Unstimmigkeiten sollte ein Beratungsgespräch vereinbart werden. Ist die Anfrage grundsätzlich als umsetzbar einzustufen, folgt die Vorabprüfung.

Die Vorabprüfung stellt einen eigenen Subprozess dar, bei dem zukünftig die strukturierte Anfrage auf Machbarkeit in den offenen Produktionswerkstätten automatisiert geprüft werden soll. Hierfür ist die Funktionsstruktur des Netzwerks (vgl. N1 Netzwerkkonfiguration) relevant, aus der die Funktionen des Netzwerkes hervorgehen. Daraus kann ein Fähigkeitenbaum für eine Prüfabfrage erstellt werden (siehe Abbildung 4.9).

Dieser Fähigkeitenbaum gliedert die technischen Funktionen und damit die Eigenschaften der Maschinen in drei wesentliche Ebenen. Ebene 1 umfasst ganz grundsätzlich alle Materialien, die durch die Summe der Maschinen im Netzwerk bearbeitet werden können. Ebene 2 umfasst, ausgehend von den Materialien auf Ebene 1, alle Fertigungsverfahren (vgl. Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580), die ein bestimmtes Material nach den Angaben des Maschinenherstellers bearbeiten können. Es werden hier also nur Fertigungsverfahren aufgelistet und gegliedert, die ein bestimmtes Material bearbeiten können. Ebene 3 weist den Fertigungsverfahren schlussendlich den nach den Herstellerangaben der Maschinen maximalen Bauraum zu. Liegt die Größe eines Bauteils eines Produktes innerhalb dieses Bauraums, kann es folglich aus dem gewünschten Material (Ebene 1) und mit dem gewünschten

---

<sup>30</sup> Finanzielle Vergütung des Nutzers durch Kunden für die Beratung, Details siehe Aufgabe N5 und A1.

Fertigungsverfahren (Ebene 2) mit einer Maschine in der offenen Produktionswerkstatt hergestellt werden.

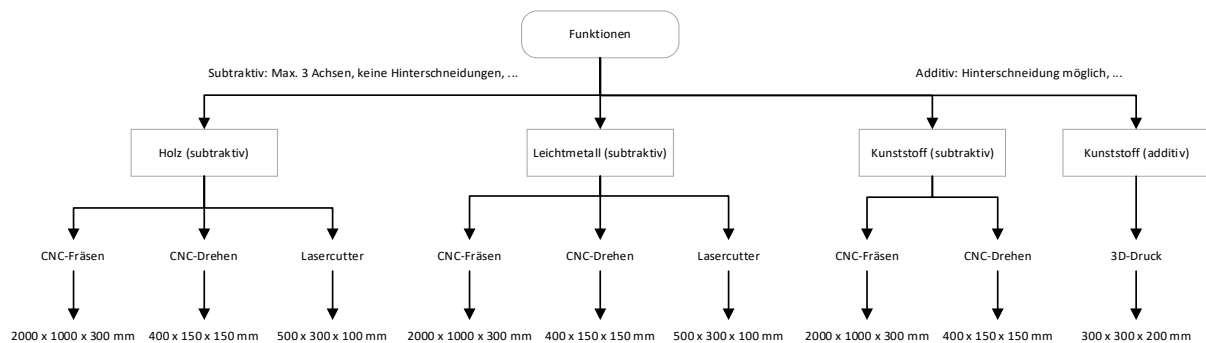


Abbildung 4.9: Beispielhafter Fähigkeitenbaum aus der Funktionsstruktur

Dieser Fähigkeitenbaum ist die Grundlage der Vorabprüfung (siehe Abbildung 4.10). In diesem Subprozess wird zunächst anhand der Kundenstammdaten geprüft, ob der Kunde überhaupt eine Anfrage stellen darf. Ist der Kunde in der Vergangenheit aufgrund einer schlechten Zahlungsmoral oder aus anderen Gründen blockiert worden, bricht der Prozess mit dem Ergebnis der Ablehnung ab. Anschließend wird für jedes Bauteil eines Produkts der Fähigkeitenbaum abgearbeitet. Zunächst wird also geprüft, ob das gewünschte Material verarbeitbar ist. Danach folgt die Prüfung, ob das gewählte Fertigungsverfahren im Netzwerk vorhanden ist. Zuletzt findet die Prüfung statt, ob das einzelne Bauteil bezüglich der Abmaßen mit der jeweiligen Maschine herstellbar ist.

Dieser Schritt wird zur Abbildung von Komplexität anschließend für jedes Bauteil und jedes Fertigungsverfahren wiederholt. Bei einer späteren Implementierung dieses Prozesses können zur Quantifizierung der Komplexität nach große Austing 2012 zusätzlich die drei Ebenen *Schwierigkeit der Beschreibung* (z. B. Messung, wie viele Vorgaben für die Produktion gemacht wurden), *Aufwand der Erzeugung* (z. B. Quantifizierung der benötigten Zeit, Kosten, Maschinenanzahl) sowie der *Grad der Organisation* (z. B. Erhöhung der Komplexität durch Abhängigkeiten in den beschriebenen Strukturen) hinzugefügt werden. Dann wäre es auch möglich, eine Anfrage, die zwar grundsätzlich umsetzbar ist, bei einer Überschreitung einer Komplexitätsschwelle aufgrund einer zu hohen Komplexität trotzdem abzulehnen. Insgesamt soll dem Nutzer dadurch möglichst detailliert, einheitlich und sachlich dargestellt werden, wie komplex die Fertigung seines Auftrags sein wird. Auf diese erweiterte Quantifizierung wird im Rahmen dieser konzeptionellen Arbeit jedoch verzichtet. Die Bestimmung der Komplexität wird in der Aufgabe N5 für die Partnerbewertung wiederverwendet (siehe N5 Netzwerkpartnerbewertung).

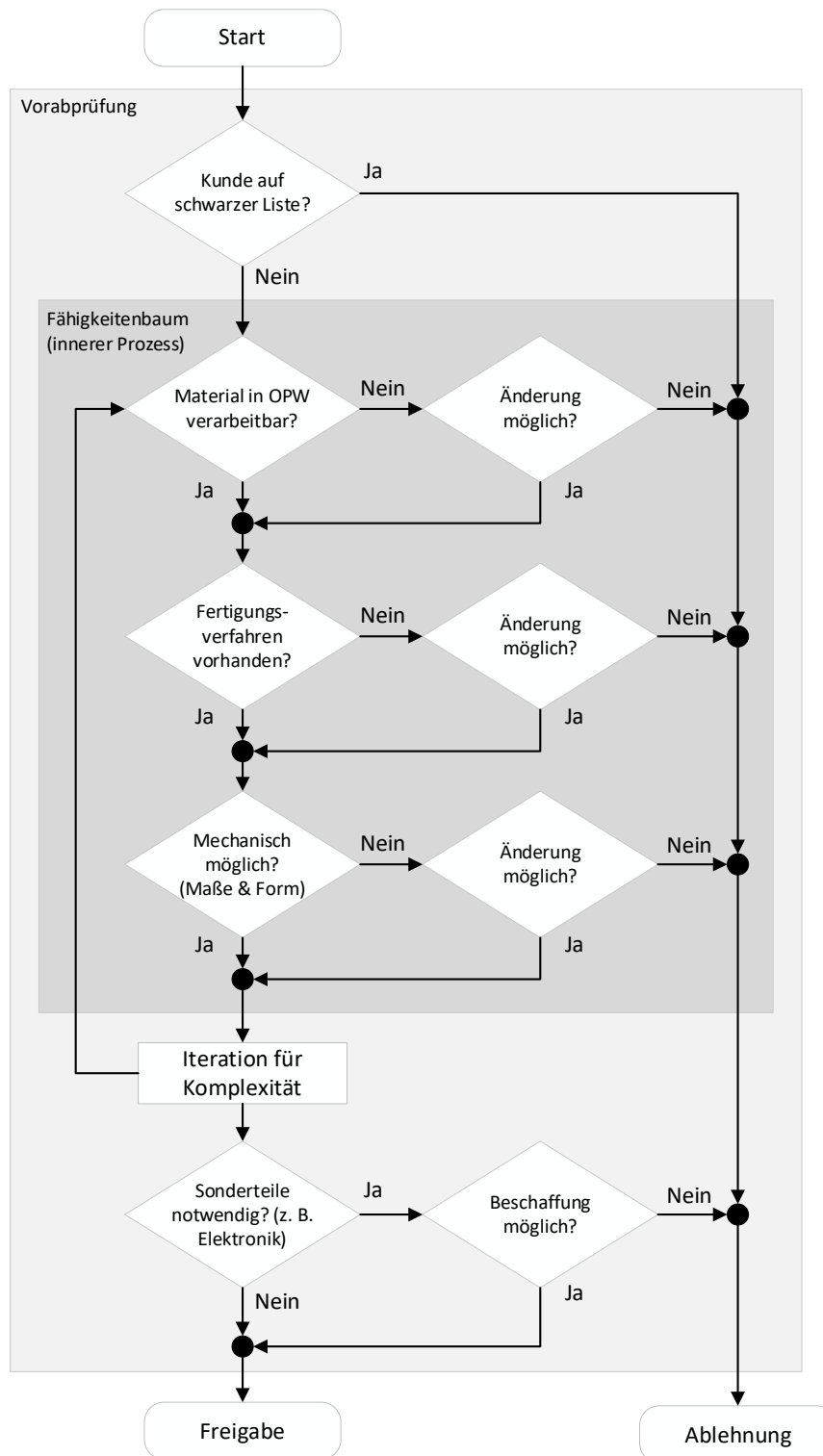


Abbildung 4.10: Prozessdarstellung der Vorabprüfung

Abschließend folgt die Prüfung, ob Sonderteile (z. B. technische Zukaufteile wie besondere elektronische Komponenten) benötigt werden. Wenn alle Schritte positiv durchlaufen werden können, wird die Anfrage freigegeben und in eine geprüfte Anfrage konvertiert. Sind ein oder mehrere Schritte nicht durchführbar, wird im einzelnen Prozessschritt geprüft, ob eine Änderung (z. B. anderes Material oder weitere Unterteilung eines Bauteils zur Verkleinerung des

Bauraumbedarfs) möglich ist. Ist dies nicht der Fall, führt dies zur Ablehnung der Anfrage. Zwecks Informationsauswertung soll dann die Ablehnung mit dem Ablehnungsgrund per Verknüpfung an die Aufgabe N3 weitergegeben werden, um ggf. Funktionslücken des Netzwerks zu identifizieren (Details siehe N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung). Kann eine solche Änderung jedoch vollzogen werden, wird der Prozess fortgeführt und die Anfrage anschließend ebenfalls freigegeben. Nachdem die Anfrage geprüft wurde, hat der Kunde noch die Wahl, anzugeben, ob bzw. inwiefern er eine Eigenarbeit am Projekt übernehmen möchte (z. B. Konstruktion oder Mitarbeit in der Fertigung). Dadurch kann er bedarfsweise Prosument in seinem eigenen Projekt werden.

Als Ergebnis entstehen dadurch zwei geprüfte, aber unterschiedliche Anfragetypen – mit und ohne Eigenarbeit –, die anschließend auf dem Kanban-Board platziert werden. Diese Anfragen enthalten gemäß der Anforderungen keine Liefertermin- oder Preisinformationen und es kann darauf nicht öffentlich geboten werden. Dadurch soll verhindert werden, dass die Plattform den Charakter einer Unterbietungsplattform (z. B. MyHammer) annimmt, was die Preisstabilität der Vergütung der Nutzer sicherstellen soll. Durch das Kanban-Board hat jeder Nutzer lediglich die Möglichkeit, eine bestimmte Anfrage einmalig für sich zur Produktion nach dem Pull-Prinzip auf der lokalen Ebene herunterzuladen. Zur Vermeidung von Doppelvergaben ist die Anfrage dann für andere Nutzer gesperrt. Die Preis- und Lieferverhandlung (und damit auch die Gewährleistung) findet zwischen dem Nutzer und dem Kunden auf der lokalen Ebene statt (vgl. Aufgabe A1 Angebotsbearbeitung).

Bei der späteren Implementierung des Prozesses ist außerdem zu berücksichtigen, dass ein bestimmter Kunde den Anfrageprozess für ein bestimmtes Projekt nicht beliebig oft durch Eingabe einer Anfrage starten darf, sondern ihm nur eine bestimmte Anzahl an Wiederholungen zur Verfügung steht. Durch dieses festzulegende Abbruchkriterium soll verhindert werden, dass ein Kunde eine Anfrage so oft stellt, bis er den absolut niedrigsten Preis erhält. Dabei würde es sich zwar formal nicht um die gemäß den Anforderungen zu unterbindende Bieterplattform handeln, der Effekt wäre aber derselbe.

#### 4.4.3.2.3 N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung

Tabelle 4.19: Übersicht über N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung

Name	Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung
Ziel	Lösungsfindung für individuelle Probleme im Netzwerk sowie Koordinierung und Auslösen von Prozessen zur Verbesserung und Neuausrichtung des Netzwerks (kleiner und großer Regelkreis)

<b>Name</b>		<b>Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung</b>
<b>Häufigkeit</b>		Regelmäßig, operative Ebene, für jede Anfrageablehnung, bei Eingang allgemeiner Informationen und bei Nutzung von Netzwerkkontingenten
<b>Eingang</b>		Gründe für die Ablehnung einer Anfrage oder eines Auftrags, allgemeine Information im und außerhalb des Netzwerks, Bedarfsmeldungen und Kontingentnutzungen innerhalb des Netzwerks
<b>Inhalt</b>		Sammlung von Informationen zur Ablehnung von Anfragen und Aufträgen sowie weiteren Informationen, um dadurch individuelle Problemfälle zu lösen oder aus den Informationen weitere Handlungen anzustoßen, die das Netzwerk verbessern bzw. neu strukturieren sollen und die Netzwerkangebote für die Netzwerkpartner weiter sicherstellen
<b>Ergebnis</b>		Ausgabe allgemeiner Informationen und Auslösen des kleinen und großen Regelkreises in Aufgabe N1
<b>Verknüpfungen</b>	1N	Übermittelt die Ablehnung und den Ablehnungsgrund zur Auswertung von N2 an N3
	2N	Übermittelt Informationen zu neuen Bedarfen wie Material, Funktionen und Personal von N3 in den großen Regelkreis von N1
	3N	Übermittelt Informationen zu neuen Bedarfen wie Material, Funktionen und Personal von N3 in den kleinen Regelkreis von N1
	A4.2 N3	Übermittelt Informationen über nicht realisierbares Fremdbezugsprogramm als Ablehnungsgrund von A4 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	A5 N3	Übermittelt Informationen über nicht realisierbares Fremdbezugsprogramm als Ablehnungsgrund von A5 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	A6 N3	Übermittelt Informationen über nicht realisierbares Fremdbezugsprogramm als Ablehnungsgrund von A6 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	A1 N3	Übermittelt Informationen über nicht umsetzbare Anfrage in einer bestimmten OPW als Ablehnungsgrund von A1 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	A3 N3	Übermittelt Informationen zum geplanten Beschaffungsprogramm von A3 an N3 zwecks Bedarfsmeldung und Trendanalyse
	A4.1 N3	Übermittelt Informationen zum geplanten Bestellprogramm von A4 an N3 zwecks Bedarfsmeldung und Trendanalyse
	A8 N3	Übermittelt Informationen zur Bestellung (Wahl des Bestellprogramms zwischen Kontingent, anderen OPWs und Eigenfremdbezugsplanung) sowie zum Materialbedarf von A8 an N3 zwecks Auswertung und Trendanalyse

Die Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung soll Lösungen bei individuellen Problemen im Netzwerk finden sowie Regelkreise zur Verbesserung und Neuausrichtung des Netzwerks auslösen. Im Rahmen dieser Aufgabe werden Informationen zur Ablehnung von Anfragen oder Aufträgen, allgemeine Informationen und Bedarfsmeldungen sowie die Nutzung der Netzwerkkontingente gesammelt und anschließend systematisch ausgewertet. Bei Bedarf werden anschließend Handlungen innerhalb des Netzwerks vollzogen, um Lösungen für individuelle Probleme umzusetzen, die Angebote im Netzwerk weiter sicherzustellen oder den kleinen bzw. großen Regelkreis für die Verbesserung und Neuausrichtung des Netzwerks in Aufgabe N1 zu starten. Die Aufgabe beinhaltet keine Anforderungen und keine wesentlichen Änderungen. Diese Aufgabe ist jedoch für die ständige Nutzung, Verbesserung und Steigerung der Attraktivität des Netzwerks unerlässlich. Tabelle 4.19 und Abbildung 4.11 geben einen Überblick über die Aufgabe.

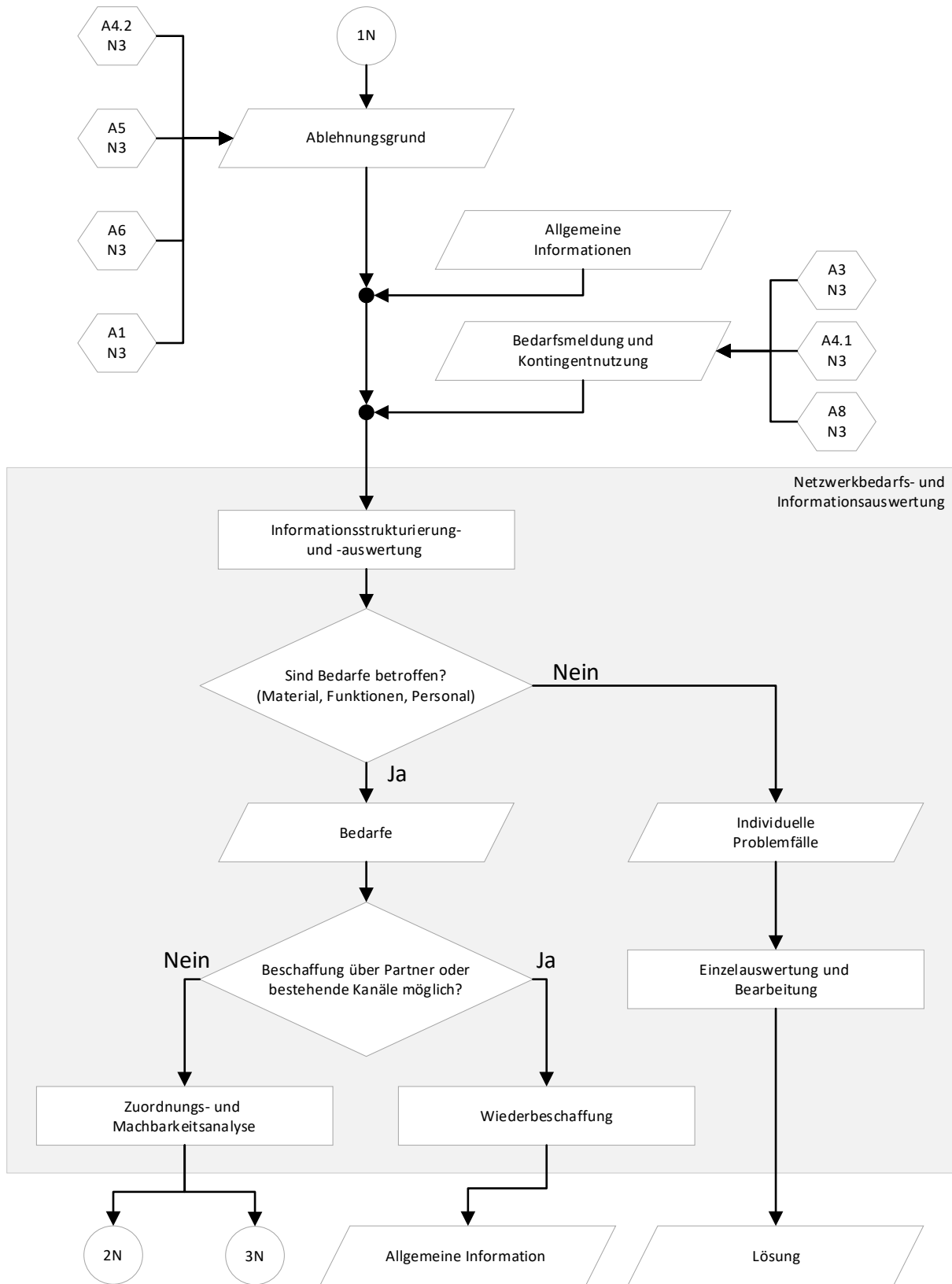


Abbildung 4.11: Prozessdarstellung der N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben siehe Seite 132.



Die Aufgabe beginnt mit unterschiedlichen Eingangsinformationen aus verschiedenen Informationsquellen. Zum einen werden alle Gründe für die Ablehnung von Anfragen oder Aufträgen gesammelt. Hierfür bezieht der Prozessschritt Informationen aus der Netzwerkauftragsplanung sowie von den einzelnen Nutzern aus der lokalen Ebene, die einen bestimmten Auftrag bearbeiten. Zum anderen werden weitere allgemeine Informationen gesammelt. Diese zusätzlichen allgemeinen Informationen sind nicht standardisierte und nicht kategorisierte Informationen, die sich beispielsweise aus Medien, Trends oder der öffentlichen Kundenzufriedenheit ableiten. Sie sind nicht genau spezifiziert und müssen daher individuell betrachtet und analysiert werden. Die Bedarfsmeldungen und Kontingentnutzungen sind als dritte Informationsquelle dagegen wieder direkte und standardisierte Informationen aus der lokalen Ebene. Die allgemeinen Informationen sowie die Bedarfsmeldungen und Daten zu Kontingentnutzungen können die Informationen über den Ablehnungsgrund ergänzen oder als eigener Start des Prozesses dienen.

In der anschließenden Informationsstrukturierung und -auswertung wird analysiert, inwiefern diese Informationen das Netzwerk beeinflussen und ob eine sofortige Handlung notwendig ist. Diese Strukturierung und Bewertung erfolgt durch die Netzwerkvertreter. Erhält der Prozessschritt beispielsweise zunehmend die Information, dass eine Anfrage abgelehnt werden muss, weil ein bestimmtes Material nicht verwendet oder ein bestimmtes Fertigungsverfahren grundsätzlich nicht genutzt werden kann, so ist diese Information für die Neustrukturierung des Netzwerks und die Ableitung einer neuen Funktionsstruktur relevant, aber nicht dringlich. Eine solche Information kann jedoch auch unstrukturiert aus den allgemeinen Informationen erfasst werden, die aufgrund des diffusen Charakters manuell strukturiert und ausgewertet werden müssen. Sollten dagegen Aufträge abgelehnt werden, weil ein Kontingent ausgelaufen oder überschritten ist und daher ein Material nicht bestellt werden kann, fordert dieser Umstand eine sofortige Handlung der Netzwerkvertreter (z. B. Neuverhandlung von Kontingenten).

Nach dieser Strukturierung und Auswertung folgt anschließend die Klärung, ob die Informationen Bedarfe an Material, Funktionen oder Personal (Fähigkeiten) betreffen. Ist dies nicht der Fall, handelt es sich um individuelle Problemfälle, die einzeln und ggf. unter Einbindung von Nutzern ausgewertet und bearbeitet werden, um Lösungen abzuleiten. Dieser Prozessablauf lässt absichtlich einen großen Freiraum, da alle Probleme, die keine direkten Bedarfe betreffen, aus sehr unterschiedlichen Bereichen entstammen können. Die Lösung wird anschließend durch das Netzwerk in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten implementiert.

Sind Bedarfe betroffen, muss geprüft werden, ob der Bedarf durch eine neue Kontingentverhandlung mit einem bestehenden Lieferanten gedeckt werden kann. Hierfür können durch die

Informationseingänge über die Kontingentnutzung aus der lokalen Ebene Schwellenwerte (z. B. Prozessstart bei 90 % Ausnutzung des Kontingents) vereinbart werden, durch deren Überschreitung der Prozess automatisiert angestoßen wird. Ist die Wiederbeschaffung über einen bestehenden Kanal möglich, folgt die Verhandlung durch die Netzwerkvertreter, und das Netzwerk wird anschließend über die neuen Kontingentbedingungen informiert.

Ist eine Beschaffung über einen bestehenden Kanal nicht möglich, folgt die Zuordnungs- und Machbarkeitsanalyse, die zur Auslösung des kleinen oder großen Regelkreises über eine Verbindung zur Aufgabe N1 führt. Mithilfe des kleinen Regelkreises wird dort nur ein Teil der Aufgabe mit dem Ziel durchlaufen, erstmalig Verträge über neue Materialien, die aktuell im Netzwerk noch nicht angeboten werden, mit bestehenden Partnern zu schließen. Der große Regelkreis stößt die gesamte Aufgabe an und führt zur Prüfung und ggf. Neustrukturierung des Produktionsnetzwerks. Dabei kann es z. B. um ein neues Material gehen, welches kein bestehender Lieferant im Angebot hat, oder um ein neues Fertigungsverfahren als Funktion, welches im Netzwerk gegenwärtig noch nicht vorgehalten wird. Dieser Prozessschritt hat daher eine sehr große Bedeutung für das Netzwerk und dessen Strategie, da eine Fehlinterpretation von Bedarfen zu erheblichen Änderungen und falschen Ausrichtungen des Netzwerks führen kann.

#### 4.4.3.2.4 N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung

Tabelle 4.20: Übersicht über N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung

Name	Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung
Ziel	Darstellung aller Kapazitäten und Materialbestände in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten
Häufigkeit	Regelmäßig, jedes Mal, wenn ein Auftrag abgearbeitet wird
Eingang	Geplante und tatsächliche Durchlaufzeit sowie die Materialein- und -ausgänge aus jeder offenen Produktionswerkstatt
Inhalt	Sammlung, Aufbereitung, Ablage und die Zur-Verfügung-Stellung aller Daten zu Kapazitäten und Materialbewegungen im Netzwerk
Ergebnis	Einsehbare Kapazitäten und Materialbestände in der jeweiligen OPW
Abgebildete Anforderungen und Änderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sicherstellen der Übersicht über aktuelle Kapazitäten für zentrale und dezentrale Planung</li> <li>▪ Prüfung der Materialverfügbarkeit ermöglichen</li> <li>▪ Gerechte Auftragsvergabe an die offenen Produktionswerkstätten</li> </ul>

Name		Netzwerkcapazitäts- und Materialverwaltung
Verknüpfungen	A7.1 N4	Übermittelt Informationen zur geplanten Durchlaufzeit der Fertigung in der Werkstatt von A7 an N4, um dadurch Kapazitäten im Netzwerk anzuzeigen und ggf. OPWs als ausgebucht darzustellen
	A7.2 N4	Übermittelt Informationen zum Abschluss der Fertigung in der Werkstatt von A7 an N4, um dadurch frei gewordene Kapazitäten im Netzwerk anzuzeigen und ggf. die OPW wieder als verfügbar darzustellen
	A5 N4	Übermittelt Informationen zum Abgang von Material aus einer OPW zwecks Bestandskontrolle bei Bestellung zwischen OPWs von A5 an N4
	A8 N4	Übermittelt Informationen über eingehendes oder fertiggestelltes Material in OPW (unabhängig von der Beschaffungsart) zwecks Bestandskontrolle von A8 an N4
	N4 A3.1	Übermittelt Informationen über die aktuellen Materialbestände einer OPW zwecks Sekundärbedarfsermittlung von N4 an A3
	N4 A3.2	Übermittelt Informationen über die aktuelle Kapazität/Auslastung einer OPW zwecks Kapazitätsplanung von N4 an A3
	N4 A7	Übermittelt Informationen über die aktuelle Kapazität/Auslastung einer OPW zwecks Feinterminierung des Werkstattauftrags von N4 an A7
	N4 A5	Übermittelt Informationen über die aktuellen Materialbestände in den jeweiligen OPWs zwecks Organisation der Bestellung durch eine OPW/einen Nutzer bei einer anderen OPW von N4 an A5

Die Aufgabe Netzwerkcapazitäts- und Materialverwaltung verfolgt das Ziel, dem gesamten Netzwerk Informationen über Kapazitäten und Auslastungen sowie Materialbestände in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten zur Verfügung zu stellen, um dadurch den Nutzer bei der Wahl einer OPW für seine Produktion zu unterstützen. Hierfür erhält die Aufgabe Informationen zu geplanten und aktuellen Maschinenkapazitäten sowie Materialbeständen aus der lokalen Ebene, die zentral gesammelt, aufbereitet, abgelegt und anschließend allen Bedarfsträgern zur Verfügung gestellt werden.

Die Aufgabe bildet daher die Anforderung ab, die aktuellen Maschinenauslastungen sowie die Materialbestände zentral auf einer Plattform einsehen zu können, so dass die richtige OPW für die eigene Produktion ausgewählt werden kann. Dadurch sollen Unterkapazitäten und Materialengpässe bestmöglich vermieden bzw. umgangen werden, damit das Produktionsnetzwerk insgesamt weiterhin leistungsfähig bleibt. Außerdem werden Nutzer eher solche offenen Produktionswerkstätten für ihre Produktion auswählen, in denen es aktuell ein

Kapazitätsangebot gibt. Dieses selbstregulierende System wird durch die Wahl der Nutzer zu einer überwiegend gerechten Auftragsvergabe bzw. Nutzung von offenen Produktionswerkstätten führen. Tabelle 4.20 und Abbildung 4.12 geben einen Überblick über die Aufgabe.

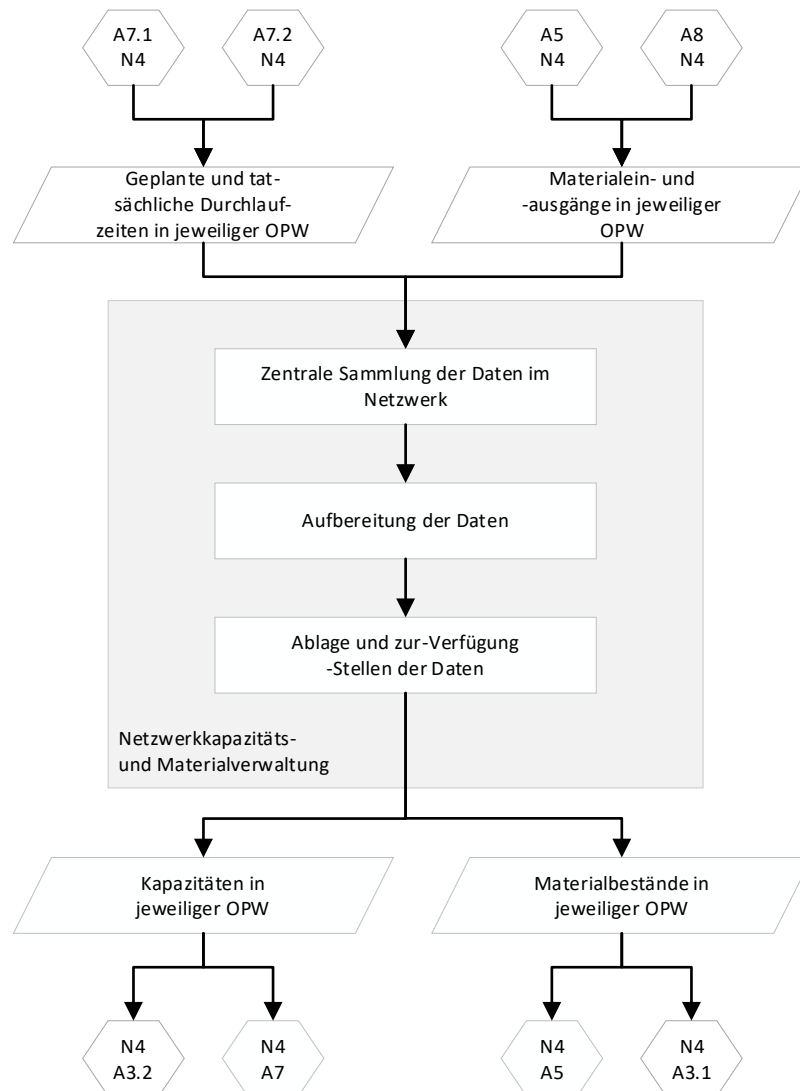


Abbildung 4.12: Prozessdarstellung der N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung<sup>32</sup>

Die Aufgabe startet mit der Informationsaufnahme zu geplanten und tatsächlichen Durchlaufzeiten sowie den Materialein- und -ausgängen in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten. Dazu existieren mehrere Verknüpfungen zur lokalen Ebene, über die der Nutzer an verschiedenen Abarbeitungsschritten in der Fertigung Daten zur Produktion erhebt und dieser Aufgabe zur Verfügung stellt.

<sup>32</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben siehe Seite 132.

Diese Daten werden anschließend zentral gesammelt, aufbereitet, abgelegt und zur Verfügung gestellt. Dadurch sind die aktuellen sowie geplanten Kapazitäten und Materialbestände in den offenen Produktionswerkstätten direkt einsehbar, was den Nutzer bei der Wahl der richtigen OPW unterstützt. Zusätzlich bietet die Aufgabe dem Nutzer die Möglichkeit, in einer anderen OPW nach einem bestimmten Material zu fragen, wenn dieses am aktuellen Ort nicht verfügbar sein sollte (Details siehe A5 Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs).

Dadurch wird die Grundlage für ein offenes Netzwerksystem geschaffen, in dem jeder Nutzer die für ihn günstigste Kombination aus Verfügbarkeit von Maschinen und Material auswählen kann, um die Bearbeitung und Fertigung seines Auftrags in möglichst kurzer Zeit sicherzustellen. Durch diese Grundlage werden außerdem tendenziell solche offenen Produktionswerkstätten durch die Nutzer bevorzugt, in denen es aktuell ein Kapazitätsangebot gibt. Es ist daher anzunehmen, dass durch dieses selbstregulierende System im Eigeninteresse der Nutzer eine überwiegend gerechte Auftragsvergabe bzw. Nutzung aller offenen Produktionswerkstätten entstehen wird.

#### 4.4.3.2.5 N5 Netzwerkpartnerbewertung

Tabelle 4.21: Übersicht über N5 Netzwerkpartnerbewertung

Name		Netzwerkpartnerbewertung
Ziel		Führung eines Bewertungspunktesystems, um darüber Leistung der einzelnen Netzwerkpartner und Lieferanten zu prüfen
Häufigkeit		Regelmäßig, bei jeder Anfrage und jedem Auftrag
Eingang		Aktivitäten des einzelnen Nutzers, Nutzung einer einzelnen offenen Produktionswerkstatt sowie Nutzung und Leistung eines einzelnen Lieferanten
Inhalt		Informationssammlung und -aufbereitung sowie Vergabe und Archivierung von Bewertungspunkten für einzelne Aktivitäten im Netzwerk mit Ausgabe des jeweiligen Punktestands, um Leistung bewerten und Mitgliedschaft im Netzwerk rechtfertigen zu können
Ergebnis		Ausgabe eines Punktestands für einen Nutzer oder eine offene Produktionswerkstatt oder die Leistung eines Lieferanten
Verknüpfungen	4N	Übermittelt Informationen zur Wahl von Produkten aus dem zentralen Archiv zwecks Vergabe von Bewertungspunkten an den Nutzer von N2 an N5
	A1 N5	Übermittelt Informationen zum Beratungsgespräch von Nutzer und jeweiliger OPW (Beratungsort) zwecks Vergabe von Bewertungspunkten durch das Netzwerk von A1 zu N5

Name		Netzwerkpartnerbewertung
Verknüpfungen	A8 N5	Übermittelt Informationen zur Fertigstellung einer Produktion zwecks Vergabe von Bewertungspunkten durch das Netzwerk für den Nutzer und genutzte OPW sowie Informationen zu Erfahrungen mit genutzten Lieferanten zur Bewertung von A8 an N5
	5N	Übermittelt Informationen zum Punktstand von Nutzern und OPWs zwecks kontinuierlicher Partnerbewertung von N5 an N1

In der Netzwerkpartnerbewertung werden die Informationen über die Leistung von Netzwerkpartnern sowie Netzwerklieferanten gesammelt und für eine Bewertung in der Netzwerkkonfiguration vorbereitet. Hierfür werden Informationen über die individuellen Aktivitäten der Nutzer, über deren Nutzung von offenen Produktionswerkstätten sowie über die Nutzung und Leistung von Lieferanten gesammelt, aufbereitet, archiviert und teilweise in ein Bewertungspunktesystem überführt, um auf Basis dessen anschließend den einzelnen Partner oder Lieferanten bewerten zu können. Diese Aufgabe bildet keine spezifischen Anforderungen ab, ist aber für die gerechte Vergabe von Aufträgen und die Heterarchie im Netzwerk von wesentlicher Bedeutung, wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen. Tabelle 4.21 und Abbildung 4.13 geben einen Überblick über die Aufgabe.

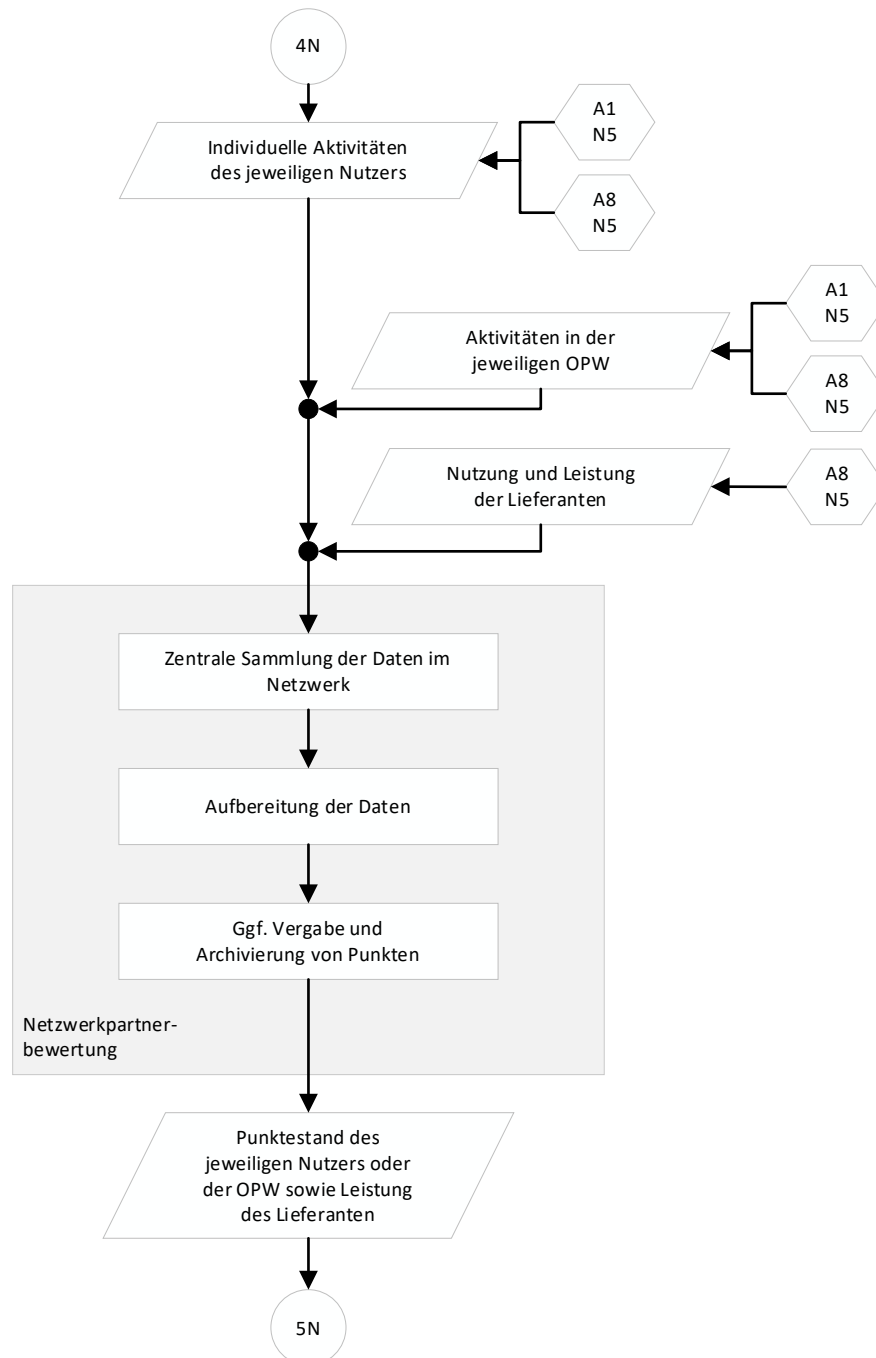


Abbildung 4.13: Prozessdarstellung der N5 Netzwerkpartnerbewertung<sup>33</sup>

Die Aufgabe N5 hat mehrere Verknüpfungen innerhalb der Netzwerkebene und zur lokalen Ebene, durch die Informationen über die jeweiligen Aktivitäten des einzelnen Nutzers (z. B. Durchführung von Beratungsgesprächen oder Fertigung im Rahmen eines Auftrags), über Aktivitäten in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten (z. B. Nutzung der Räumlichkeit für ein Beratungsgespräch oder für die Fertigung) sowie über die Nutzung und Leistung von

<sup>33</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der fünf Netzwerkaufgaben siehe Seite 132.

einzelnen Partnern (z. B. Nutzung von Kontingenten oder fristgerechte Materiallieferungen) erfasst werden.

In den nachfolgenden Prozessschritten werden diese Daten zentral gesammelt und aufbereitet. Für Nutzer und offene Produktionswerkstätten findet anschließend eine Vergabe und Archivierung von Bewertungspunkten statt, durch die die Nutzer und offenen Produktionswerkstätten bewertet werden können. Das Bewertungspunktesystems zielt darauf ab, dass die Netzwerkpartner gemeinsam einen Mindestpunktewert festlegen, den jeder Nutzer und jede OPW innerhalb eines sich wiederholenden Zeitintervalls (z. B. monatlich) erreichen muss. Dadurch soll gemeinschaftlich festgelegt und sichergestellt werden, dass sich alle Netzwerkpartner im Sinne einer zukünftigen lokalen Produktion bemühen, diesem Ziel schrittweise näher zu kommen. Zur weiteren Förderung der Leistung wäre dann zusätzlich die Darstellung der leistungsfähigsten Nutzer und OPWs auf einem Scoreboard möglich, um über diesen Ansatz der Gamification zusätzliche Anreize zu schaffen und die Reputation des einzelnen Nutzers oder der einzelnen OPW zu erhöhen. Netzwerkpartner, die keine oder eine unzureichende Leistung erbringen und damit nur die positiven Netzwerkeffekte ausnutzen, werden nach Ablauf des Zeitintervalls aus dem Netzwerk entfernt. Das Intervall beginnt mit der Aufnahme einer OPW in das Netzwerk oder mit der Registrierung eines Nutzers auf der Plattform.

Die Vergabe von Bewertungspunkten erfolgt durch das Netzwerk bzw. die Netzwerkvertreter und spiegelt keinen monetären Wert wider. Es handelt sich dabei lediglich um ein Messinstrument. Die finanzielle Abwicklung zwischen Nutzer und Kunde sowie zwischen Nutzer und OPW findet direkt zwischen den jeweiligen Parteien statt. Insgesamt existieren in den Aufgaben auf Netzwerkebene und lokaler Ebene fünf Prozessschritte, in denen Bewertungspunkte vergeben werden oder eine finanzielle Abwicklung zwischen Nutzer und Kunde oder Nutzer und OPW stattfindet (siehe Tabelle 4.22).

Tabelle 4.22: Vergabe von Bewertungspunkten für die Partnerbewertung sowie der Finanzfluss

Nr.	Prozessschritt	Ablauf	P	F
1	<b>Wahl eines Designs aus dem Archiv</b>	Designer bzw. Konstrukteur erhält Bewertungspunkte, wenn Nutzer oder Kunden sein Design aus Archiv auswählen.	x	
2	<b>Durchführung eines Beratungsgesprächs</b>	Kunde bezahlt Nutzer für Beratungsgespräch und Nutzer bezahlt ggf. Betreiber der OPW für die Nutzung von Räumlichkeiten.		x



Nr.	Prozessschritt	Ablauf	P	F
3	<b>Platzierung einer Anfrage auf dem Kanban-Board</b>	Nutzer erhält Bewertungspunkte, wenn er aus Beratungsgespräch Kundenanfrage für das Netzwerk erstellt. OPW erhält ggf. Bewertungspunkte für die Bereitstellung einer Infrastruktur.	x	
4	<b>Produktion durch Nutzer</b>	Nutzer erhält Anzahlung/Vorkasse von Kunde für die Produktion und bezahlt Betreiber der OPW für Maschinen- und Materialnutzung oder kauft eigenes Material.		x
5	<b>Ausgabe des Produkts an den Kunden</b>	Kunde bezahlt Nutzer den Restbetrag nach Abschluss der Produktion. Nutzer erhält Bewertungspunkte für die Produktion des Auftrags und die OPW für die Bereitstellung der Infrastruktur.	x	x

P: Vergabe von Bewertungspunkten F: Finanzfluss

Im *ersten Prozessschritt* erhält der ursprüngliche Designer oder Konstrukteur einen vom Netzwerk festzulegenden Satz an Bewertungspunkten, sofern sein Design oder seine Konstruktion mit den Stücklisten und Arbeitsplänen von einem anderen Nutzer oder Kunden ausgewählt wurden und daraus eine Anfrage erstellt wird, die dann systemseitig erfasst ist und die Vergabe der Bewertungspunkte ermöglicht. Ziel ist dabei die Förderung von Wissensteilung, da dadurch bereits vorhandene Designs und Konstruktionen wiederverwendet werden können, wodurch für nachfolgende Nutzer eine Aufwandsreduzierung entstehen soll. Damit ein Nutzer die Designs oder Konstruktionen im Archiv teilen darf, braucht er jedoch das Einverständnis des Kunden, für den das Design oder die Konstruktion ursprünglich entwickelt wurde (Details siehe A2 Auftragsbearbeitung).

Beim *zweiten Prozessschritt* erhält der Nutzer vom Kunden für ein individuelles Beratungsgespräch eine individuell zu vereinbarende Beratungspauschale. Ein solches Beratungsgespräch findet beispielsweise statt, weil der Kunde das wünscht oder weil er sich nach Aufgabe N2 im Anfragemodus 3 befindet und diese Beratung wegen unzureichender Kenntnisse benötigt. Dadurch soll die Leistung des Nutzers vergütet und gleichzeitig sein theoretischer Verdienstausschlag durch seinen Zeiteinsatz entschädigt werden. Dies stellt einen Anreiz für alle Nutzer dar, solche Beratungsgespräche auch tatsächlich durchzuführen. Findet das Beratungsgespräch in einer offenen Produktionswerkstatt statt, bezahlt außerdem der Nutzer den Betreiber für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und der Infrastruktur.

Wenn aus dem Beratungsgespräch durch den Nutzer anschließend eine Anfrage für das Netzwerk erstellt wird und er diese auf dem Kanban-Board platzieren lässt, erhält der Nutzer im

*dritten Prozessschritt* hierfür wieder einen vom Netzwerk festzulegenden Satz an Bewertungspunkten. Dadurch soll ein weiterer Anreiz für die Durchführung von Beratungsgesprächen geschaffen werden. Auch hier gilt die Anforderung, dass die Anfrage systemseitig erfasst wird, was die Vergabe der Bewertungspunkte ermöglicht. Sofern das Beratungsgespräch in den Räumlichkeiten einer OPW durchgeführt wurde, erhält auch diese Bewertungspunkte für die Bereitstellung der Infrastruktur. Außerdem soll der Nutzer ein Vorrecht auf die Wahl der Anfrage zur Produktion haben (vom Netzwerk festzulegen, z. B. alleiniges Vorrecht für 24 Stunden, danach kann Anfrage von allen Nutzern verwendet werden). Dieser Anreiz soll die Qualität der Beratungsleistung erhöhen und zur Effizienz der Auftragsabwicklung beitragen, insofern dem Umstand Rechnung getragen wird, dass sich der Nutzer beim Beratungsgespräch bereits intensiv mit dem Kunden und dem Projekt beschäftigt hat. Wenn dieser Nutzer den Auftrag dann auch bearbeitet, entfällt die Zeit, die ein neuer Nutzer brauchen würde, um sich in das Projekt einzuarbeiten.

Im anschließenden *vierten Prozessschritt* bearbeitet der Nutzer eine vom Kanban-Board gezogene Anfrage eines Kunden, mit dem er individuell den Produktpreis verhandelt (Details siehe A1 Angebotsbearbeitung). Der Kunde zahlt anschließend eine Vorkasse bzw. eine Anzahlung für die Produktion, so dass der Nutzer den Betreiber der offenen Produktionswerkstatt für genutzte Maschinenstunden, die Nutzung der Infrastruktur sowie für die Nutzung von Materialien bezahlen kann. Alternativ kann er das Material auch selbst beschaffen (Details siehe A4–A6).

Im letzten und *fünften Prozessschritt* zahlt der Kunde dem Nutzer nach Abschluss der Produktion und Ausgabe des Produkts den verbleibenden Restbetrag. Der Nutzer vermerkt außerdem im Netzwerk, dass er die Produktion abgeschlossen hat. Dann erhält die offene Produktionswerkstatt wieder einen vom Netzwerk festzulegenden Satz an Bewertungspunkten für die Bereitstellung der Infrastruktur.

Im Unterschied zur Vergabe von Bewertungspunkten an eine OPW ist der Satz der Bewertungspunkte, die ein Nutzer für die Bearbeitung von Aufträgen erhält, variabel und setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen. Dies soll eine neue Form der Auftragssteuerung ermöglichen. Hintergrund ist, dass bei einer gleichen Vergabe an Bewertungspunkten pro Auftrag vor allem solche Aufträge bearbeitet werden würden, die besonders einfach und schnell zu erledigen sind, um dadurch schnell den Mindestpunktewert im Netzwerk zu erreichen. Das würde jedoch dazu führen, dass komplexere Aufträge zwangsläufig länger liegen bleiben oder eventuell überhaupt nicht bearbeitet werden würden, was zu einer geringeren Kundenzufriedenheit

führen würde. Eine solche Art der Steuerung wird durch die gängigen Steuerungs- und Prioritätsregeln nicht abgebildet.

Hierfür wurde im Rahmen des Open PPS-Modells eine dynamische Anfrageverteilung entwickelt, bei der sich die zu vergebende Anzahl an Bewertungspunkten für eine Anfrage nach der Komplexität des Projekts und der Verweildauer auf dem Kanban-Board richtet. Beide Größen sind für jede Anfrage aus der Aufgabe N2 als Information vorhanden. Je komplexer ein Auftrag und je länger die Verweildauer auf dem Kanban-Board (also je unbeliebter der Auftrag), desto mehr Bewertungspunkte sollen für die Ausführung vergeben werden. Hierfür wird eine Multiplikationsmatrix verwendet (Beispiel siehe Abbildung 4.14).

Komplexität des Auftrags [Fertigungsschritte]	$\geq 9$	9	27	81
	$\geq 3$	3	9	27
	$\geq 1$	1	3	9
		$\geq 1$	$\geq 3$	$\geq 9$
		Verweildauer in Kanban-Board [Tage]		

Abbildung 4.14: Dynamische Anfrageverteilung mit beispielhaften Bewertungspunkten

In diesem Beispiel der dynamischen Anfrageverteilung werden die Verweildauer auf dem Kanban-Board [Tage] sowie die Komplexität des Auftrags [Fertigungsschritte] in drei unterschiedliche Abstufungen gegliedert. Die zu vergebenden Bewertungspunkte als Felder in der Matrix werden anschließend per Multiplikation der Tage und Fertigungsschritte errechnet. Dadurch soll gewährleistet werden, dass auch weniger beliebte oder komplexere Aufträge bearbeitet werden. Sollte in der Zukunft festgestellt werden, dass weitere Kriterien anzusetzen sind, so kann für die dynamische Anfrageverteilung ein n-dimensionaler Vektor erstellt werden.

Da der Nutzer für die Bearbeitung solcher weniger beliebten oder komplexeren Aufträge mehr Bewertungspunkte erhält, muss er eine geringere Anzahl solcher Aufträge im Betrachtungszeitraum erbringen, um den Mindestpunktwert des Netzwerks zu erreichen. Damit wird auch der Tatsache Rechnung getragen, dass komplexere Aufträge tendenziell mehr Zeit für die Fertigung beanspruchen. An dieser Stelle wird außerdem noch einmal darauf hingewiesen, dass eine geringere Anzahl an durchgeführten Aufträgen nicht zu einem geringeren Einkommen

führen muss, da die Preise für die Bearbeitung eines Auftrags direkt zwischen dem Kunden und dem Nutzer verhandelt werden und für komplexere Aufträge höher sein dürfen.

Die Leistung der Lieferanten soll nicht mittels eines Bewertungspunktesystem, sondern anhand der Nutzung der Kontingente und der fristgerechten Lieferung von Material sowie der Erfahrungen aus dem Netzwerk beurteilt werden. Bei diesen Daten handelt es sich folglich um halbstandardisierte Daten, die im Rahmen dieser Aufgabe ebenfalls gesammelt, aufbereitet und archiviert werden. Alle diese Daten fließen schlussendlich in die Aufgabe N1 ein. Dort findet die kontinuierliche Bewertung der Partner statt. (Details siehe N1 Netzwerkkonfiguration)

#### **4.4.3.2.6 Zusammenfassung der Netzwerkebene des Open PPS-Modells**

Ziel des Kapitelabschnitts war die Darstellung des Open PPS-Modells auf Netzwerkebene. Damit beantwortet der Abschnitt den ersten Teil der *dritten Sub-Forschungsfrage*, die auf die Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten auf Grundlage der vorangegangenen Ergebnisse abzielt. Ausgangspunkt für die Entwicklung war die Netzwerkebene des Aachener PPS-Modells, welches sukzessive in den neuen Kontext transferiert wurde.

Nach der Prozessarchitektursicht kann der Netzwerktyp überwiegend als Projekt Netzwerk beschrieben werden. Die Abläufe, wie sie das Aachener PPS-Modell beschreibt, konnten auf Netzwerkebene aufgrund der spezifischen Anforderungen und Randbedingungen jedoch überwiegend nicht übernommen werden. Die meisten Aufgaben sind vollständig neu modelliert oder stark abgeändert worden. Lediglich Ansätze und Gedanken konnten in den neuen Kontext transferiert werden, das Rahmenwerk und die Prozesse sind neu.

Durch die Veränderungen und Neuentwicklungen sind in der Open PPS mehr Prozessschritte (25 zu 24), mehr Aufgaben (5 zu 3), mehr Informationen und Dokumente (25 zu 11) und deutlich mehr Verknüpfungen (36 zu 9, lokal und ebenenübergreifend) entstanden. Außerdem konnten alle 17 wesentlichen Änderungen, die die Anwendungsanalyse als notwendig herausgestellt hat, umgesetzt werden. Da diese Änderungen aus allen differenzierten Anforderungen abgeleitet wurden und darin implizit auch in den Interviews und in der offenen Beobachtung erhobene Randbedingungen (Kapitel 3.4.1 und folgende) enthalten sind, konnten alle geäußerten OPW-spezifischen Erfordernisse in das neue Modell integriert werden. Wie im Aachener PPS-Modell steht die Netzwerkebene in der Open PPS jedoch nicht für sich alleine und muss in Verbindung mit der lokalen PPS-Ebene gesehen werden.

### Beschreibung des Netzwerks

Durch die neue Netzwerkstruktur und die Entwicklungen auf der Netzwerkebene ist ein neuer, offener und heterarchischer Produktionsansatz möglich geworden (vgl. Tabelle 4.23). Damit gehen mehrere Paradigmenwechsel einher. Die wesentliche Änderung ist die Betrachtung und Planung von Maschinenfunktionen statt Produkten oder Produktfamilien und der Ansatz, dass die gesamte Produktion (nahezu) lokal ablaufen soll.

Dadurch ändert sich das Verständnis von Unternehmen und Partnern im Netzwerk. Die Systemgrenze des ursprünglichen (ggf. global ausgerichteten) Produktionsnetzwerks mit den beteiligten Unternehmen ist im Open PPS-Modell eine Stadt oder ein begrenzter urbaner Raum (hier Fallbeispiel Hamburg), welcher in einer Inselfertigung durch die offenen Produktionswerkstätten eine Fertigungsmöglichkeit bietet, die durch die Werker (bei Open PPS die Nutzer) frei für ihre Fertigung genutzt werden kann. Die Fertigungsinseln halten Maschinenfunktionen (Bearbeitung von bestimmten Materialien in bestimmten Dimensionen durch bestimmte Fertigungsverfahren) vor, die den Nutzern offen und frei zur Verfügung stehen und deren Anforderungen durch Prozesse in kleinen oder großen Regelkreisen immer wieder bedarfsorientiert weiterentwickelt werden (N1, N3).

Das neue Produktionsnetzwerk hat außerdem Geschäftsführer (die Netzwerkvertreter, wie etwa ein Vorstand nach Vereinsrecht), die anders als in Unternehmen in regelmäßigen Abständen neu besetzt und durch das Netzwerk (also bottom-up) gewählt werden. Ihre Aufgabe ist die Verhandlung von Materialkontingenten mit Lieferanten, das Sichern der Interessen der Netzwerkpartner sowie die Vertretung des Netzwerks im Innen- und Außenverhältnis (N1).

Tabelle 4.23: Paradigmenwechsel zwischen traditionellen Produktionsnetzwerken und Open PPS

<b>Ebene</b>	<b>Traditionelle Produktionsnetzwerke</b>	<b>Open PPS auf Netzwerkebene</b>
<b>Systemgrenze</b>	(Über-)Regional bis global	Stadt oder abgegrenzter urbaner Raum
<b>Absatzweg und -markt</b>	Geplant, lokal bis global	Nicht geplant, maximal lokal
<b>Planungsgegenstand</b>	Produkte oder Produktfamilien	Maschinenfunktionen
<b>Netzwerkpartner</b>	Netzwerk geht insbesondere in der Zulieferbranche von zentralem Unternehmen aus, weitere Unternehmen und Lieferanten werden in Netzwerk bedarfsweise integriert.	Offene Produktionswerkstätten, die in Netzwerk gewählt werden können, und Lieferanten, die strategisch gebunden werden

<b>Ebene</b>	<b>Traditionelle Produktionsnetzwerke</b>	<b>Open PPS auf Netzwerkebene</b>
<b>Netzwerkführung</b>	Über Vorstand und Geschäftsführer, die über Aktionäre oder Gesellschafter bestimmt werden	Über Netzwerkvertreter, die durch Netzwerkpartner wie in Vereinen gewählt werden
<b>Fertigungsart</b>	Linien-, Fließ- oder Inselfertigung in den einzelnen Unternehmen	Offene Produktionswerkstätten, die offene Fertigungsinseln der Stadt und des Netzwerks sind
<b>Personal</b>	Werker, die (abgesehen von Job Rotation) meist feste Arbeitsplätze haben	Nutzer, die sich ihre Fertigungsinsel (OPW) frei wählen können und kleine, selbstständige Unternehmen sind
<b>Auftragsabwicklung</b>	Dem Werker wird überwiegend vorgegeben, was er wann, in welcher Stückzahl und womit fertigen soll.	Nutzer wählt und verhandelt für sich Aufträge und fertigt sie eigenverantwortlich.
<b>Kundenkontakt</b>	Zwischen Kundendienst und Kunde sowie ggf. über Webshop	Zwischen Nutzer und Kunde
<b>Gewährleistung</b>	Über Unternehmen	Über Nutzer

Die Aufnahme neuer offener Produktionswerkstätten erfolgt jedoch nicht durch die Netzwerkvertreter. Hierfür ist wie nach dem Modell des Rates der Europäischen Union die Einstimmigkeit aller Netzwerkpartner notwendig. Dadurch soll verhindert werden, dass OPWs, die zwar die gestellten Anforderungen aus Funktionssicht erfüllen, aber die Werte des Netzwerks nicht mittragen, aufgenommen werden. Nutzer haben im Gegensatz dazu die Möglichkeit, ein Profil anzulegen, in dem sie ihre Fähigkeiten hinterlegen und nachweisen können, was durch die Netzwerkvertreter bestätigt wird. Anschließend sind sie Werker des Netzwerks (N1).

Das Netzwerk verfolgt damit mehrere unterschiedliche Ziele und bietet den Partnern mehrere Vorteile. Dazu gehört die Aufwandsreduzierung für alle beteiligten Netzwerkpartner durch eine einheitliche Netzwerk- und Anfrageverwaltung sowie durch standardisierte Fremdbeschaffungsarten (N1, N2). Zusätzlich ist eine höhere Ressourceneffizienz und eine Optimierung der Kapazitäten und der Auslastung des Netzwerks durch das Teilen von Daten anzustreben (N4). Ferner ist ein Rahmenwerk geschaffen worden, das alle Netzwerkpartner gemeinschaftlich dazu verpflichtet, die Ziele des Netzwerks zu verfolgen. Dies wird durch ein Bewertungssystem überwacht und gemessen (N5).

### **Ablauf zur Produktionsanfrage im Netzwerk**

Im Gegensatz zur klassischen Industrie stellt ein einzelner Kunde (oder ein anderer Nutzer) im Open PPS-Modell eine Anfrage an das gesamte Produktionsnetzwerk und wird anschließend mit einem Werker (dem Nutzer) gematcht, der für sich selbst ein Unternehmen darstellt und sich zur Fertigung zeitweise in eine Fertigungsinsel (offene Produktionswerkstatt) einmietet. Die gesamte Abwicklung des Vorgangs inklusive der Gewähr und Haftung erfolgt zwischen dem Nutzer als Hersteller sowie Inverkehrbringer und dem Kunden (N2).

Für die Anfrageverwaltung ist ein zentrales Anfragesystem modelliert worden, das durch den standardisierten Ablauf gewährleistet, dass jede Anfragebearbeitung den gleichen Aufwand erfordert. Zu Beginn wird, ggf. in Verbindung mit einem Beratungsgespräch, ein Kommunikationskanal über ein Ticketsystem eröffnet und der Anfragende hat die Möglichkeit, in einem Archiv nach bereits realisierten Projekten zu suchen (N2). Sofern er dort ein Ähnlichkeitsprojekt findet, kann er es zur Anpassungsplanung verwenden. Dies reduziert durch vorhandene Konstruktionen, Stücklisten und Arbeitspläne den Aufwand und dadurch können Ressourcen (zeitliche Ressourcen des Nutzers und Kapazitäten in den OPWs während der späteren Fertigung durch vorhandene Datenbasis) besser genutzt werden (N2).

Anschließend wurde eine standardisierte Abfrage von Auftragsinformationen entwickelt, welche anhand eines Fähigkeitenbaums des Netzwerks (Abfrage und Filterung von Material, Fertigungsverfahren und Abmaß) sowie der Komplexität der Anfrage die Umsetzbarkeit im Produktionsnetzwerk prüft. Außerdem hat der Kunde hier – im Unterschied zu Anfragen bei klassischen Unternehmen – die Möglichkeit, anzugeben, ob und wie er eine Eigenarbeit am Projekt übernehmen möchte (N2). Der Kunde kann dadurch also mit dem Nutzer gemeinsam arbeiten.

Das eigentliche Matching findet bei Open PPS am Ende des Anfrageprozesses statt, bei dem die geprüfte Anfrage auf einem Kanban-Board platziert wird. Die Nutzer können in der Folge auf die Anfrage reagieren. Sobald ein Nutzer eine Anfrage zur Bearbeitung auswählt, wird diese zur Vermeidung einer Doppelvergabe geblockt und der Nutzer kann, sofern er die für die Bearbeitung der Anfrage notwendigen Fähigkeiten besitzt, mit der Abarbeitung beginnen. Um zu verhindern, dass dieser Ablauf missbraucht und faktisch ähnliche Effekte wie bei einer Unterbietungsplattform erzielt werden, wird festgelegt, dass der Kunde die Anfrage nicht beliebig oft stellen kann (N2).

### **Steuerung und Partnerbewertung im Netzwerk**

Damit die Netzwerkpartner und Nutzer nicht nur die Vorteile des Netzwerks nutzen, sondern auch im Sinne des Netzwerks handeln und dessen Ziele verfolgen, ist ein Bewertungs- und Steuerungssystem für das Netzwerk entwickelt worden (N4, N5).

Die Steuerung der Nutzer und offenen Produktionswerkstätten erfolgt durch sie selbst, basiert also auf einem selbstregulierenden Ansatz. Da die Produktionsdaten (und damit aktuelle und zukünftige Kapazitäten) sowie Informationen zu Materialbeständen bei Open PPS netzwerkweit geteilt werden, kann jeder Nutzer die für sich beste Kombination aus Kapazitäts- und Materialverfügbarkeit suchen, um seinen Auftrag möglichst zeitnah abzuarbeiten. Nutzer werden also aus Eigeninteresse tendenziell in solche OPWs gehen, die aktuell weniger ausgelastet sind. Dadurch hat der Nutzer, sofern er das möchte, die Möglichkeit, mehr Aufträge pro Zeit zu fertigen, was zu einem höheren Output des Netzwerks und zu höheren Einnahmen des Nutzers führt. Dadurch wird die Kapazität und die Auslastung der OPWs zwar voraussichtlich schwanken und nicht konstant sein, sich netzwerkweit aber überwiegend gleich verteilen (N4).

Um zu gewährleisten, dass die Ziele des Netzwerks verfolgt werden, verpflichten sich alle Partner und Nutzer außerdem gemeinschaftlich, in einem bestimmten Zeitintervall eine bestimmte Leistung zu erbringen. Hierfür ist ein Bewertungssystem mit einer neuen Art der Steuerung entwickelt worden. Die Bewertung ist losgelöst vom Finanzfluss und beruht lediglich auf der Leistung, die durch Vergabe von Bewertungspunkten gemessen wird. Dabei erhalten Betreiber von offenen Produktionswerkstätten Bewertungspunkte für die Bereitstellung ihrer Infrastruktur, sofern diese genutzt wird (N5).

Für Nutzer findet bei der Vergabe der Bewertungspunkte als Steuerungsmethode eine Dynamisierung statt. Nutzer erhalten Bewertungspunkte für eine durchgeführte Beratung oder wenn eines ihrer Designs im Archiv ausgewählt wurde. Zudem erhalten sie Bewertungspunkte für die Bearbeitung von Aufträgen. Die Zahl der zu vergebenden Punkte richtet sich dabei nach der Komplexität des Auftrags sowie seiner Verweildauer auf dem Kanban-Board. Dieser Steuerungsprozess wird in Open PPS dynamische Auftragsverteilung genannt. Je komplexer ein Auftrag ist (also umso länger der Nutzer für die Produktion benötigt) und umso länger der Auftrag auf dem Kanban-Board verbleibt (also umso unattraktiver er ist), desto mehr Bewertungspunkte bekommt der Nutzer für die Bearbeitung. Dadurch wird ein selbstregulierendes Steuerungssystem geschaffen, mit dem Anreiz, auch komplexere oder ältere Aufträge abzuarbeiten (N5). Die Anfragen werden also nicht top-down verteilt, sondern bottom-up und durch die Nutzer selbstregulierend ausgewählt. Die dynamische Auftragsverteilung stellt dadurch



einen weiteren Paradigmenwechsel dar, dessen Effekte durch bestehende Steuerungs- und Prioritätsregeln derzeit nicht erzielt werden können.

Durch diesen Ansatz muss der Nutzer in der Bewertungsperiode nur wenige komplexe und/oder alte Aufträge bearbeiten, um Partner des Netzwerks zu bleiben. Es steht ihm allerdings frei, stattdessen deutlich mehr einfache und neue Aufträge zu bearbeiten. Dadurch soll sichergestellt werden, dass eine gestellte Anfrage an das Netzwerk auch tatsächlich bearbeitet wird. Dieser Ansatz wird erst dadurch möglich, dass die finanzielle Preisgestaltung zwischen Kunde und Nutzer individuell und unabhängig von der Bewertung erfolgt, aber aufgrund der einheitlichen Materialpreise weitgehend harmonisiert ist. Der Nutzer kann also für komplexere oder ältere Anfragen auch höhere Bearbeitungsgebühren mit dem Kunden verhandeln und damit in Summe ein gleiches oder ggf. sogar besseres finanzielles Ergebnis erzielen (N5).

Zusätzlich wird durch diese Partnerbewertung zum Schutz der Kunden sichergestellt, dass alle Anfragen auch tatsächlich über das Netzwerk abgewickelt (denn nur dann werden Bewertungspunkte überhaupt vergeben) und nicht vorher abgegriffen werden. Erst durch die Gesamtheit der Aufträge erhält das Produktionsnetzwerk alle relevanten Informationen, die es zur Weiterentwicklung der Funktions- und Lieferantenstruktur benötigt (N1, N3, N5).

#### **4.4.3.3 Lokale Ebene**

Im Open PPS-Modell umfasst die lokale Produktionsplanungs- und -steuerungsebene acht Aufgaben mit 67 einzelnen Prozessschritten und externen Stellen, 17 Dokumente, 16 Entscheidungen und 43 Prozessübergänge auf lokaler Ebene oder von der lokalen auf die Netzwerkebene. Auch die lokale Ebene ist daher deutlich stärker als im Aachener PPS-Modell mit sich selbst und mit der Netzwerkebene verknüpft. Zur Übersicht zeigt Abbildung 4.15 das Zusammenspiel aller Aufgaben auf lokaler Ebene. Es handelt sich dabei um die folgenden acht Aufgaben:

- A1: Angebotsbearbeitung
- A1: Auftragsbearbeitung
- A3: Produktionsbedarfsplanung
- A4: Fremdbezugsplanung über Nutzer
- A5: Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs
- A6: Fremdbezugsplanung über Kontingent
- A7: Eigenfertigungsplanung und -steuerung
- A8: Bestellfreigabe und Bestandsmanagement

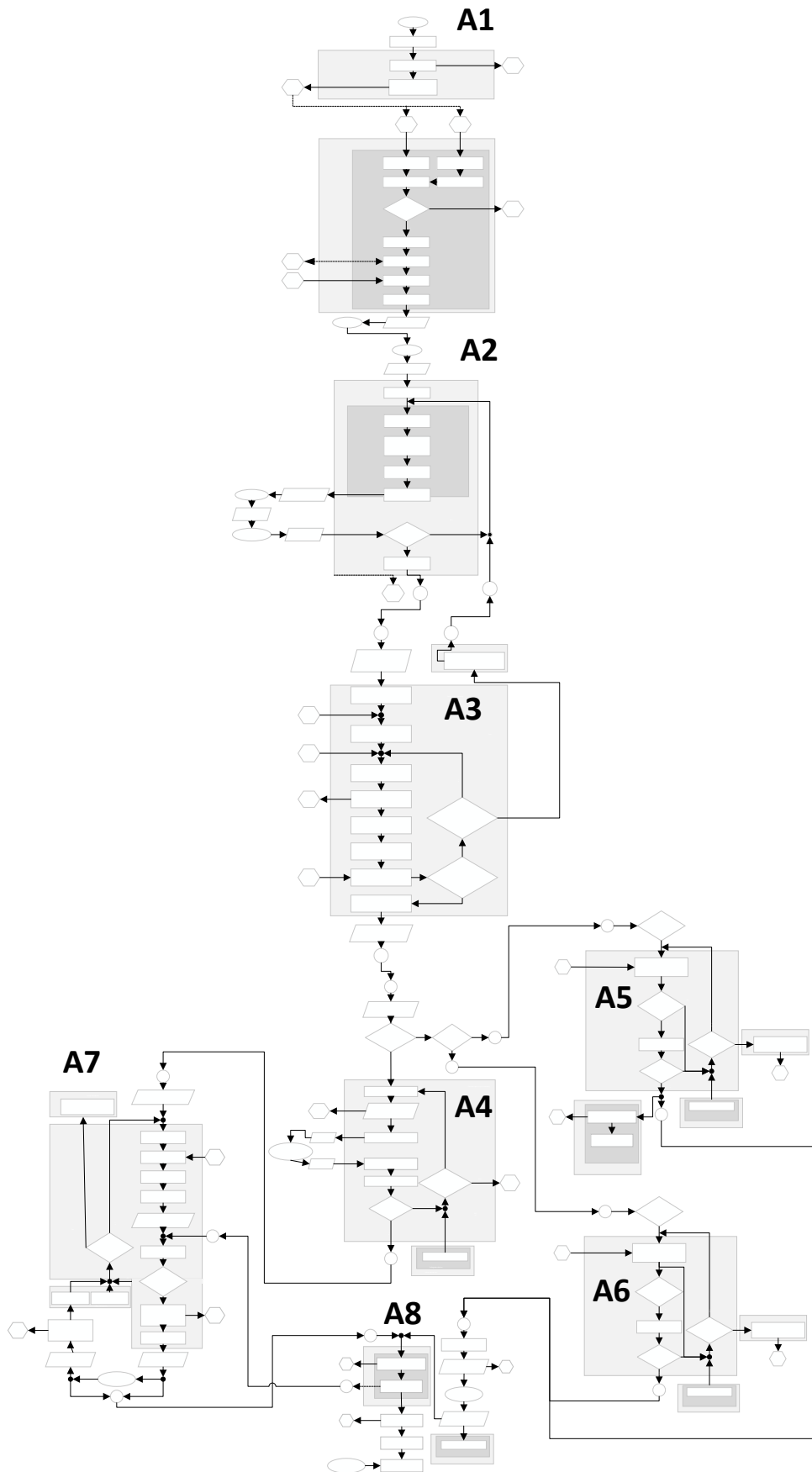


Abbildung 4.15: Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene  
 (eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 140)

Im Gegensatz zur lokalen Ebene des Aachener PPS-Modells sind in Open PPS insbesondere neue Beschaffungsarten vorgesehen, die weit über eine auftragsbezogene Beschaffung hinausgehen. Außerdem können die einzelnen Nutzer durch die erweiterten Verknüpfungen zur Netzwerkebene deutlich mehr Informationen über aktuelle Kapazitäten und Materialbestände abrufen. Im Gegenzug müssen sie hierfür allerdings auch mehr Daten teilen, die dem gesamten Netzwerk zugutekommen.

Zusätzlich gibt es für die Nutzer die Möglichkeit, Konstruktionen und Designs mit weiteren fertigungsrelevanten Informationen im Archiv des Netzwerks zu teilen. Dadurch erhält der einzelne Nutzer die Möglichkeit, seine Angebots- und Auftragsbearbeitung auf Grundlage von ähnlichen Aufträgen und damit im Verhältnis zum Aachener PPS-Modell deutlich fundierter aufzubauen. Die Unsicherheiten, die das im Aachener PPS-Modell vorgesehene Schätzen mit sich bringt, werden im Rahmen der Open PPS deutlich reduziert.

Ein weiterer Unterschied liegt außerdem darin, dass Open PPS die Beteiligung des Kunden an der Produktion erlaubt, was in der klassischen Auftragsfertigung nie vorgesehen war. Diese aus Prozesssicht geringe Änderung kann für den Nutzer allerdings zu einem größeren Abstimmungsaufwand führen, was er bei seiner Angebots- und Auftragsbearbeitung berücksichtigen muss. Im Gegenzug kann der Kunde dem Nutzer durch seine Eigenarbeit aber auch Fertigungsschritte abnehmen, wodurch der Nutzer einen geringeren Aufwand haben kann. In jedem Fall hat der Nutzer zu jeder Zeit die Möglichkeit, selbst zu wählen, ob und welche Aufträge er gerne bearbeiten möchte, so dass er im Zweifel einen solchen Auftrag umgehen könnte.

Ganz grundsätzlich ändert sich in der Adaption des Aachener PPS-Modells für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten auf der lokalen Ebene auch das Unternehmensverständnis. Während bei der klassischen Auftragsfertigung ein Auftrag mit einem Unternehmen ausgehandelt werden kann, findet bei Open PPS die Verhandlung mit natürlichen Personen in Form der Nutzer statt, die anschließend die freie Wahl ihres Arbeitsplatzes in Form der offenen Produktionswerkstätten haben. Dadurch sind alle Akteure im Netzwerk deutlich gleichgestellt und bilden insgesamt ein heterarchisches und offenes System.

Ansonsten bildet das Aachener PPS-Modell mit den Ausführungen zum Typus des Auftragsfertigers eine gute Grundlage für die Konzeption des neuen Open PPS-Modells. Daher konnten viele Prozessschritte direkt oder mit kleinen Änderungen übernommen werden. Es handelt sich folglich vor allem um eine Erweiterung und Anpassung des bereits bestehenden Modells.

Wie bei der Darstellung der Netzwerkebene folgt die Beschreibung der einzelnen Aufgaben jeweils demselben Schema. Zunächst werden alle Eckpunkte (Name, Ziel, Häufigkeit, Eingang, Inhalt, Ergebnis, abgebildete Anforderungen und Änderungen, Verknüpfungen) tabellarisch vorgestellt. Anschließend wird die jeweilige Aufgabe charakterisiert. Dann werden die abgebildeten Anforderungen sowie die wesentlichen Änderungen, die für die Neumodellierung der Aufgabe relevant sind, zusammengefasst. Danach folgt die Prozessdarstellung mit der Beschreibung der einzelnen Prozessschritte.

#### 4.4.3.3.1 A1 Angebotsbearbeitung

Tabelle 4.24: Übersicht über A1 Angebotsbearbeitung

<b>Name</b>		<b>Angebotsbearbeitung</b>
<b>Ziel</b>		Durchführen eines Beratungsgesprächs und Erstellung eines Angebots auf Grundlage eines Auftrags vom Kanban-Board
<b>Häufigkeit</b>		Regelmäßig, für jeden Auftrag
<b>Eingang</b>		Individuelle Anfrage in einer offenen Produktionswerkstatt oder Auftragsbeschaffung über Kanban-Board, Informationen aus dem Archiv und Beschaffungsarten des Netzwerks
<b>Inhalt</b>		Durchführung eines Beratungsgesprächs sowie Wahl eines Auftrags, um daraus bei geeigneter Fähigkeit des Nutzers ein Angebot mit Auftragsgrobdesign für den Kunden zu erstellen
<b>Ergebnis</b>		Angebot für den Kunden
<b>Abgebildete Anforderungen und Änderungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vermeidung von Doppelvergaben</li> <li>▪ Anfrage kann durch Kunden oder Nutzer erfolgen</li> <li>▪ Selbstständige Wahl durch Nutzer, ob er einen Auftrag annehmen möchte</li> <li>▪ Gute Einbindung von Nutzern aus dem Umfeld</li> <li>▪ Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen Nutzer und Kunde</li> <li>▪ Prüfung, ob Nutzer ausreichende Fähigkeiten für die Bearbeitung hat</li> <li>▪ (Übertragbarkeit von erfolgten Maschineneinweisungen auf andere Werkstätten, um Einweisungsaufwand zu reduzieren)</li> </ul>
<b>Verknüpf.</b>	A1 N5	Übermittelt Informationen zu Beratungsgespräch von Nutzer und jeweiliger OPW (Beratungsort) zwecks Vergabe von Bewertungspunkten durch das Netzwerk von A1 zu N5

Name		Angebotsbearbeitung
Verknüpfungen	A1.1 N2	Wechsel von lokaler Ebene A1 auf Netzwerkebene N2 zwecks gemeinsamer Eingabe einer Anfrage zur Vorprüfung
	N2 A1.1	Übernahme eines geprüften Auftrags aus dem Kanban-Board in N2 durch den Nutzer in A1 zwecks Angebotserstellung
	N2 A1.2	Übernahme eines geprüften Auftrags aus dem Kanban-Board mit gewünschter Eigenarbeit durch den Kunden in N2 durch den Nutzer in A1 zwecks Angebotserstellung
	A1 N3	Übermittelt Informationen über in einer bestimmten OPW nicht umsetzbare Anfrage als Ablehnungsgrund von A1 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	A1.2 N2	Abfrage von Konstruktionen mit Ähnlichkeit zur geprüften Anfrage im Netzwerkarchiv in N2 durch den Nutzer in A1, um auf Basis dessen Aufwand sowie Liefertermin grob zu bestimmen
	N1 A1	Übermittelt Informationen über Lieferanten und Materialpreise zwecks Angebotspreisermittlung von N1 zu A1

Die Angebotsbearbeitung ist die erste Aufgabe auf der lokalen Ebene. Sie zielt zum einen darauf ab, dass ein Beratungsgespräch zwischen Kunde und Nutzer geführt wird und der Nutzer daraus eine Anfrage für das Netzwerk generiert. Die Anfrage kann dabei jedoch nicht nur durch Kunden, sondern auch durch andere Nutzer gestellt werden. Zum anderen umfasst sie das Ziehen von Aufträgen aus dem Kanban-Board durch die Nutzer, die in weiterer Folge ein Angebot erstellen. Hierfür werden die Fähigkeiten des Nutzers und die Umsetzbarkeit in einer bestimmten offenen Produktionswerkstatt geprüft. Anschließend erstellt der Nutzer das Angebotsgrobdesign und ermittelt den Liefertermin und den Angebotspreis, um daraus ein Angebot für den Kunden zu erstellen. Der Kunde hat abschließend die Wahl, das Angebot anzunehmen oder abzulehnen.

Diese Aufgabe bildet aus Sicht der operativen Ebene viele OPW-spezifische Anforderungen ab. Zunächst hat jeder Nutzer die Möglichkeit, selbstständig Anfragen für sich zur Produktion auszuwählen. Wählt er eine Anfrage aus, wird diese zur Vermeidung von Doppelvergaben für andere Nutzer gesperrt. Die finanzielle Abwicklung und die Sicherstellung der Qualität erfolgen außerdem zwischen dem Kunden und dem Nutzer als Inverkehrbringer. Der Betreiber der offenen Produktionswerkstatt stellt lediglich die Produktionsinfrastruktur zur Verfügung und bietet dem Kunden keine Gewähr. Außerdem wird bei der Wahl der Anfrage sichergestellt, dass der Nutzer über die entsprechenden Fähigkeiten verfügt, den Auftrag fachmännisch durchzuführen. Diese Fähigkeiten, die auf Erfahrung, Einweisung und Weiterbildung basieren, sollen

zur Reduktion von Einweisungsaufwand und zum Zweck einer höheren Flexibilität des Nutzers im gesamten Produktionsnetzwerk anerkannt werden. Tabelle 4.24 und Abbildung 4.16 geben einen Überblick über die Aufgabe.

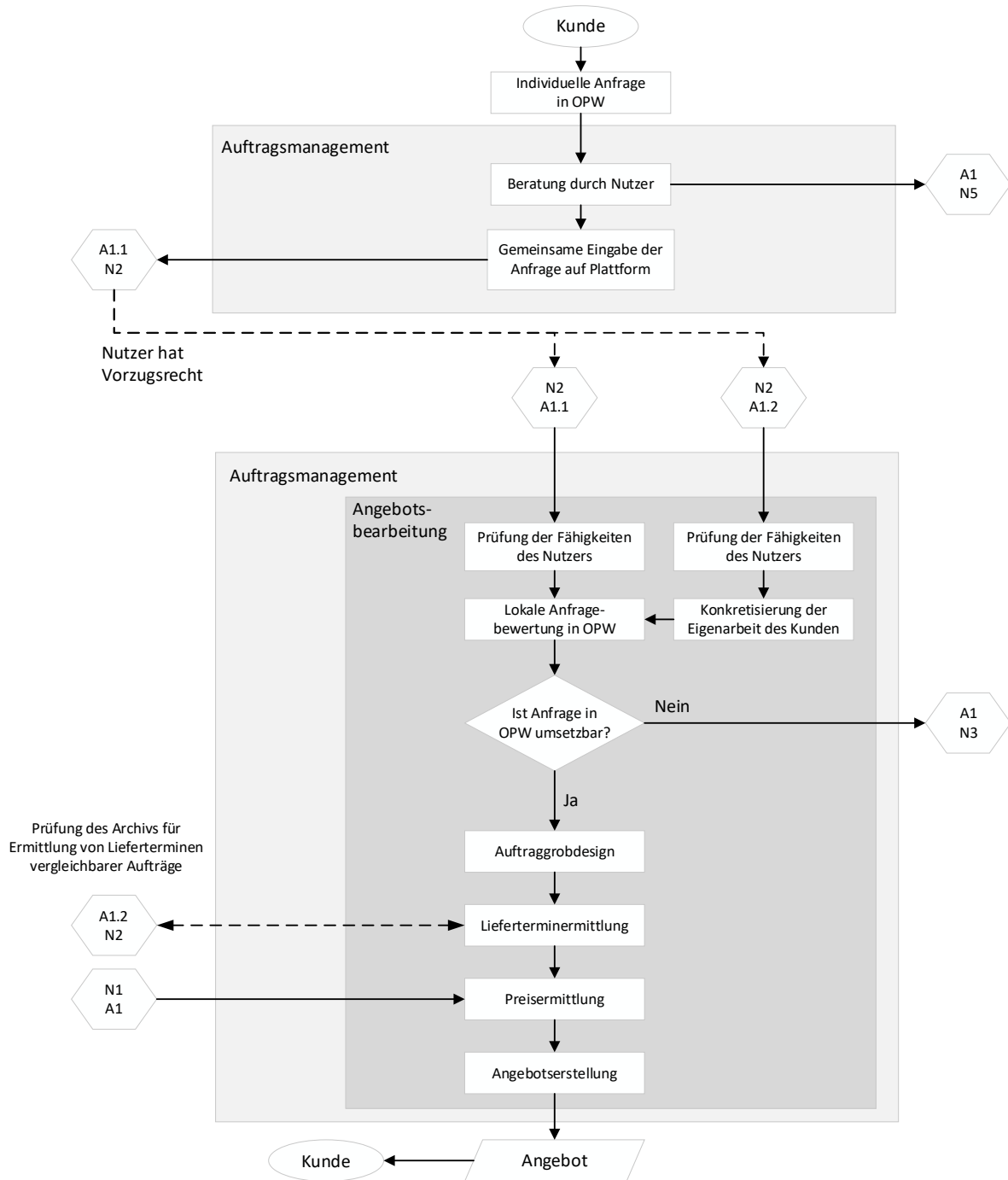


Abbildung 4.16: Prozessdarstellung der A1 Angebotsbearbeitung (eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 142)<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

Die Angebotsbearbeitung kann mit einer vorgelagerten Anfrage eines Kunden oder anderen Nutzers in einer offenen Produktionswerkstatt starten. Dort erhält der Kunde zu seinem Bedarf eine Beratung durch einen Nutzer. Dabei soll zunächst geklärt und strukturiert werden, worum es bei dem Projekt geht und welche Randbedingungen dabei gelten. Wenn der Nutzer grundsätzlich zu der Ansicht kommt, dass die Anfrage umsetzbar ist, nutzt er gemeinsam mit dem Kunden die Plattform zur Eingabe der Anfrage (Details siehe N2 Netzwerkauftragsplanung). Wird auch dort die Anfrage durch den Prüfalgorithmus als umsetzbar bewertet, wird die Anfrage – mit oder ohne Eigenarbeit des Kunden – auf dem Kanban-Board platziert und der Nutzer sowie die OPW als Ort erhalten einen bei der Implementierung festzulegenden Punktwert aus dem Netzwerk (Details siehe N5 Netzwerkpartnerbewertung). Die Bezahlung des Nutzers durch den Kunden für das Beratungsgespräch ist hierbei individuell zu verhandeln.

Die Angebotsbearbeitung beginnt anschließend mit der Wahl einer Anfrage durch den Nutzer vom Kanban-Board. Durch den Fähigkeitenbaum (Details siehe N2 Netzwerkauftragsplanung) kann der Nutzer auf der Plattform mehrere Filter nutzen, um dadurch lediglich Aufträge zur Auswahl vorgeschlagen zu bekommen, für die er tatsächlich auch die Fähigkeiten besitzt (z. B. durch das Filtern nach bestimmtem Material wie Holz oder nach bestimmten Fertigungsverfahren wie Fräsen). Außerdem kann der Nutzer wählen, ob er eine Anfrage mit einer Eigenleistung des Kunden annehmen möchte. Sollte der Nutzer zuvor mit dem Kunden ein Beratungsgespräch durchgeführt haben, soll er als Anreiz und zur Reduzierung von Abstimmungsaufwand ein Vorrecht auf die Wahl der Anfrage haben. Sobald der Nutzer eine Anfrage gewählt hat, wird diese zur Vermeidung einer Doppelvergabe für andere Nutzer gesperrt. Formal findet in diesem Prozessschritt also das Matching zwischen Nutzer und Kunde statt.

Nach der Wahl folgt zunächst die Prüfung der Fähigkeiten des Nutzers. Nur wenn er tatsächlich die Bearbeitung des gewünschten Materials in Verbindung mit den notwendigen Fertigungsverfahren beherrscht, darf er die Anfrage weiterbearbeiten. Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Kunde eine seriöse Dienstleistung erhält. Für den Aufbau solcher Fähigkeiten können beispielsweise Aus- und Weiterbildungsprogramme sowie Einweisungen im Netzwerk durchgeführt und anschließend anerkannt werden. Außerdem sollen Erfahrungen nachgewiesen werden können. Die Fähigkeiten kann der Nutzer in seinem Profil auf der Plattform hinterlegen, um die Prüfung der Fähigkeiten durch das Netzwerk zu ermöglichen. Die Fähigkeiten im Profil des Nutzers müssen durch einen Netzwerkvertreter als Administrator bestätigt werden (z. B. durch Workshop-Zertifikate). Die Fähigkeiten sollen anschließend im gesamten Netzwerk anerkannt werden, um dem Nutzer eine größtmögliche Flexibilität bei der Wahl einer offenen Produktionswerkstatt zu bieten. Die tatsächliche Umsetzung des Aufbaus von

Fähigkeiten und Kompetenzen im Netzwerk ist in einer späteren Implementierungsphase zu definieren und nicht Teil der vorliegenden Arbeit.

Sofern der Kunde in seiner Anfrage eine Eigenarbeit wünscht, wird diese anschließend durch den Nutzer im Gespräch mit dem Kunden konkretisiert. Das kann im direkten Dialog oder mittels Ticketsystem erfolgen. Anschließend bewertet der Nutzer die Anfrage auf Umsetzbarkeit in der von ihm gewählten offenen Produktionswerkstatt. Dazu kann er sich ein Bild vom Zustand der benötigten Maschinen machen und den ersten überschlagenen Zeitbedarf mit den Öffnungszeiten der OPW abgleichen. Kommt der Nutzer zum Ergebnis, dass die Anfrage nicht umsetzbar ist, meldet er dies zur Informationsauswertung mit dem Ablehnungsgrund an die Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung zurück.

Ist die Anfrage jedoch lokal umsetzbar, folgt das Auftragsgrobdesign, bei dem wie nach Schuh 2006 (vgl. S. 146) erste Konstruktionszeichnungen erstellt sowie Randbedingungen weiter spezifiziert werden und der Bedarf an ersten Spezialteilen abgeleitet wird. Für die anschließende Lieferterminermittlung soll der Nutzer aber anders als im Aachener PPS-Modell auf das Archiv zugreifen können, in dem neben Designs und Konstruktionen auch fertigungsrelevante Informationen wie Stücklisten und Arbeitspläne abgelegt werden können. Dadurch soll dem Nutzer eine bessere Datenlage zur Verfügung stehen, um den Liefertermin – im Vergleich zu der im Aachener PPS-Modell vorgesehenen reinen Schätzung – besser ermitteln zu können.

Für die anschließende Preisermittlung kann der Nutzer Informationen über die Beschaffungsarten und -preise sowie die Maschinenstundensätze und Kosten für die Nutzung der Infrastruktur in den OPWs aus der Netzwerkkonfiguration abrufen. Das Archiv soll hierfür absichtlich nicht verwendet werden, da dort keine Preisinformationen hinterlegt werden können, um auch hier der Entwicklung einer Bieterplattform die Grundlage zu entziehen.

Aus den ermittelten Daten erstellt der Nutzer anschließend ein Angebot, das er dem Kunden unterbreitet. Der Kunde hat danach die Möglichkeit, das Angebot anzunehmen oder abzulehnen. Um dabei zu unterbinden, dass Nutzer gewissermaßen „gegeneinander ausgespielt“ werden, und um eine faire Bezahlung sicherzustellen, soll der Kunde eine Anfrage für das gleiche Projekt nicht beliebig oft stellen können (z. B. maximal drei Anfragen für das gleiche Projekt, der genaue Wert muss durch das Netzwerk festgelegt werden). Dadurch wird ihm die Möglichkeit eingeräumt, etwa bei einem anscheinend zu hohen Angebotspreis ein weiteres Angebot einzufordern, ohne die Nutzer großflächig gegeneinander ausspielen zu können. Da jedoch gleiche Materialeinkaufspreise und gleiche Maschinenstundensätze gelten und die



Preise sich lediglich durch den vom Nutzer geplanten Gewinn und seiner Arbeitszeit unterscheiden, ist davon auszugehen, dass sich diese auf einem ähnlichen Niveau befinden werden. Daher bleibt dem Kunden lediglich die Absage des gesamten Projekts, wenn ihm auch die Preise der Alternativangebote zu hoch sind.

#### 4.4.3.3.2 A2 Auftragsbearbeitung

Tabelle 4.25: Übersicht über A2 Auftragsbearbeitung

Name		Auftragsbearbeitung
Ziel		Projektfreigabe des ausgearbeiteten Auftrags mit Konstruktion und Arbeitsplanung
Häufigkeit		Regelmäßig, bei jedem Auftrag
Eingang		Auftragsbestätigung des Kunden
Inhalt		Nach Auftragsbestätigung durch den Kunden erstellt der Nutzer eine Auftragsgrobterminierung und Ressourcengrobplanung. Anschließend führt er die Konstruktion und Arbeitsplanung durch und lässt das Projekt schlussendlich freigeben. Bei Zustimmung des Kunden darf das Projekt im Archiv abgelegt werden.
Ergebnis		Freigegebenes Projekt mit Konstruktion und Arbeitsplanung
Verknüpfungen	1A	Übermittelt die Informationen zum geplanten (Teil-)Projekt zur weiteren Planung von A2 zu A3
	2A	Übermittelt die Information über die Nicht-Realisierbarkeit des Produktionsprogramms von A3 zu A2
	A2 N2	Ablage der freigegebenen Konstruktion/der Projektdaten durch den Nutzer aus A2 im Netzwerkarchiv in N2 nach Einholen der Erlaubnis des Kunden

In der Aufgabe Auftragsbearbeitung wird aus dem vom Kunden angenommenen Angebot ein Auftrag, den der Nutzer mit eventueller Zuarbeit des Kunden ausführen soll. Hierfür wird nach der Auftragsklärung der Auftrag einmal grob terminiert, der Ressourcenverbrauch wird grob geplant und Langläufer werden vordisponiert. Nach Verabschiedung dieser Auftragsstruktur fängt die Konstruktion und Arbeitsplanung an. Sofern das (Teil-)Projekt anschließend als realisierbar eingestuft wird, folgt die (Teil-)Projekt-Freigabe. Abschließend hat der Nutzer noch die Möglichkeit, seine Konstruktion und seine Designs bei Zustimmung des Kunden ins Archiv zu laden. Die Aufgabe hat den gleichen Ablauf wie im Aachener PPS-Modell. Die einzige Anpassung ist die Verknüpfung zum Archiv. Tabelle 4.25 und Abbildung 4.17 geben einen Überblick über die Aufgabe.

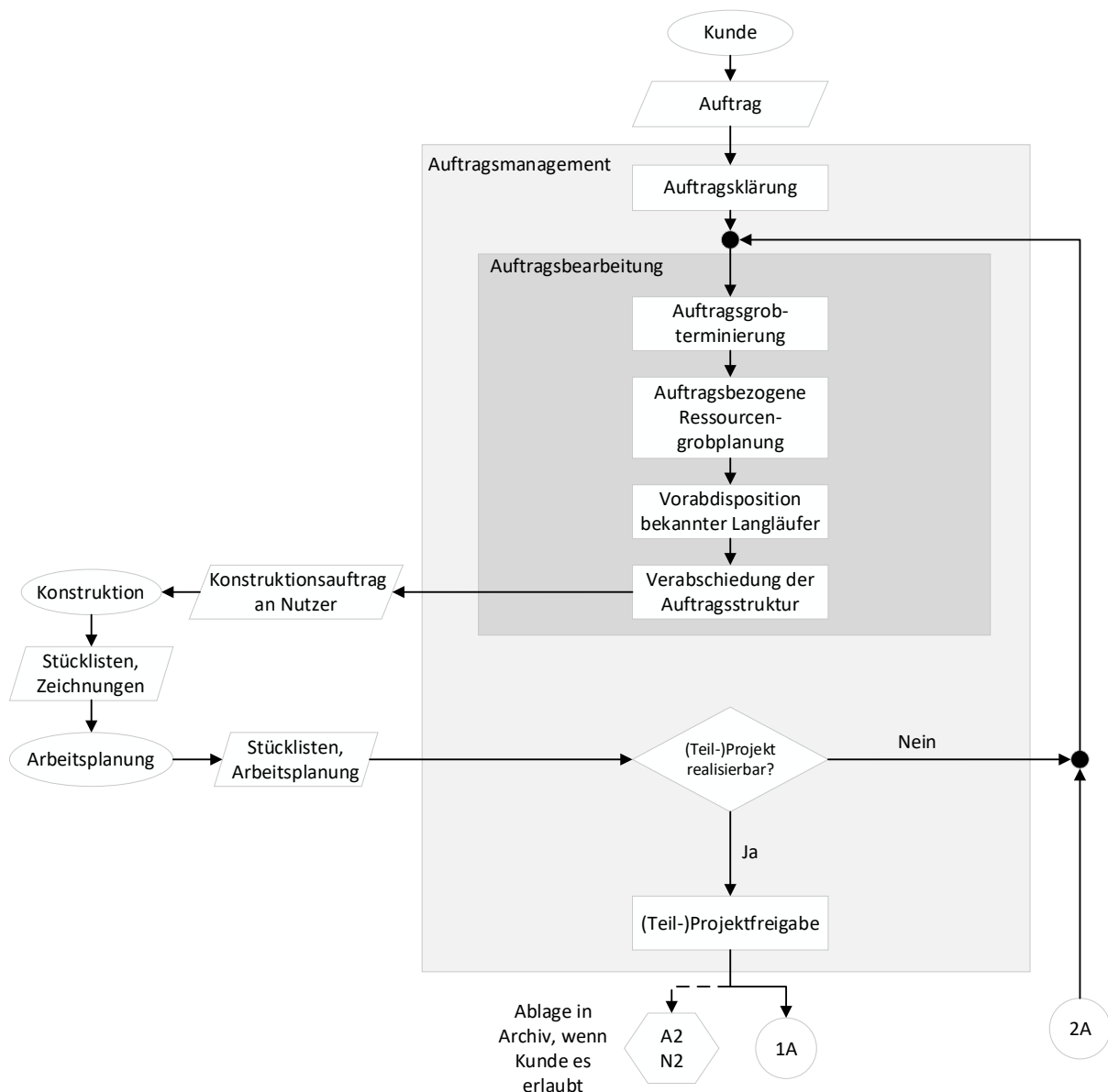


Abbildung 4.17: Prozessdarstellung der A2 Auftragsbearbeitung  
(eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 143)<sup>35</sup>

Nimmt der Kunde das Angebot an, wird daraus ein Auftrag für den Nutzer. In der anschließenden Auftragsklärung werden noch einmal die beauftragten Kundenspezifikationen mit den Angebotsdaten abgeglichen und eventuelle Rückfragen geklärt. Ziel soll es sein, anschließend (möglichst) keine Kundenänderungswünsche mehr übermittelt zu bekommen, um die Bearbeitung des Auftrags effizient zu durchlaufen.

Mit der anschließenden Auftragsgrobterminierung startet ein iteratives Vorgehen für jedes Teilprojekt des Auftrags, sofern sich dieser in Teilprojekte aufteilen lässt. Ziel dieses

<sup>35</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

Prozessschrittes ist das grobe Ermitteln der Ecktermine des Auftrags. Dazu zählt die Terminierung der direkten Bereiche wie z. B. Teilefertigung und Montage sowie der indirekten Bereiche wie z. B. Konstruktion und Arbeitsplanung. Anders als im Aachener PPS-Modell steht dem Nutzer hierfür durch das Archiv bereits in der Angebotserstellung eine Datenbasis zur Verfügung, durch die er die Auftragsgrobterminierung deutlich fundierter durchführen kann. Ist im Archiv jedoch kein vergleichbarer Auftrag vorhanden, so muss der Nutzer aufgrund des einzigartigen Charakters des Auftrags wie nach Schuh 2006 (vgl. S. 142) die Ecktermine abschätzen.

Während der auftragsbezogenen Ressourcengrobplanung stellt der Nutzer noch einmal die benötigten und die in der ausgewählten offenen Produktionswerkstatt verfügbaren Kapazitäten gegenüber und plant neben seinen benötigten Ressourcen (vor allem Materialien und Funktionen) seinen Mittelabfluss für den Auftrag. Wie im Aachener PPS-Modell handelt es sich hierbei um eine grobe Planung des Auftrags. Daraus folgt anschließend die Vorabdisposition bekannter Langläufer. Die Auftragsbearbeitung schließt mit der Verabschiedung der Auftragsstruktur in Rücksprache mit dem Kunden ab.

Nach der Verabschiedung beginnt die Konstruktion, in der Stücklisten und Zeichnungen erstellt werden. In der nachfolgenden Arbeitsplanung werden daraus Arbeitspläne abgeleitet. Anschließend wird iterativ geprüft, ob das (Teil-)Projekt so realisierbar ist. Wenn nicht, soll die Auftragsbearbeitung erneut durchlaufen werden. Wenn ja, folgt die Freigabe für ein Teilprojekt oder für das gesamte Projekt. Der Teilprojektansatz wird insbesondere dann verwendet, wenn bestimmte benötigte Ressourcen oder Kapazitäten frühzeitig beschafft werden müssen. In diesem Fall erfolgt auch die Konstruktion sequenziell, um möglichst früh die Beschaffung einleiten zu können (vgl. Schuh 2006, S. 143).

Abschließend hat der Nutzer nach Rücksprache mit dem Kunden die Möglichkeit, das Projekt mit den Konstruktionsdaten, Stücklisten und den Arbeitsplänen im Archiv hochzuladen. Durch dieses offene Wissen soll bei späteren Aufträgen der Aufwand für die Auftragsbearbeitung deutlich reduziert und gleichzeitig die Datenbasis deutlich erhöht werden, um Ecktermine präziser bestimmen zu können. Dieses systematische Zusammentragen des Wissens kann nach Voigt et al. 2016 einen kritischen Erfolgsfaktor für die Umsetzung der Open PPS darstellen. Die Zustimmung zum Ablegen der Daten im Archiv verschafft dem einzelnen Kunden keinen direkten Vorteil. Allerdings profitieren auf mittlere und lange Sicht alle Kunden gemeinsam, da durch den zunehmenden Datenbestand pro Auftrag ein geringerer Konstruktionsaufwand entstehen wird und sich dadurch die Kosten für viele Produkte reduzieren werden. Für seine

Leistung erhält der Nutzer Bewertungspunkte, wenn sein Projekt während einer Anfrage durch einen anderen Nutzer oder Kunden aus dem Bestand im Archiv ausgewählt wird.

#### 4.4.3.3.3 A3 Produktionsbedarfsplanung

Tabelle 4.26: Übersicht über A3 Produktionsbedarfsplanung

Name		Produktionsbedarfsplanung
Ziel		Ableiten notwendiger Produktionsbedarfe und Zuordnung der Beschaffungsart
Häufigkeit		Regelmäßig, für jeden Auftrag
Eingang		Produktionsprogramm aus der Projektfreigabe
Inhalt		Aus dem Produktionsprogramm werden nach der Sekundärbedarfsermittlung die Beschaffungsarten zugeordnet. Anschließend folgen die Durchlaufterminierung sowie die Kapazitätsbedarfsermittlung und -abstimmung. Ist das Beschaffungsprogramm so realisierbar, folgt hierfür die Freigabe und Erstellung des Beschaffungsprogramms als Dokument.
Ergebnis		Beschaffungsprogramm, gegliedert in Eigenfertigungsplanung und -steuerung sowie Fremdbezugsplanung
Abgebildete Anforderungen und Änderungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weitere Beschaffungsarten sollen integriert werden</li> <li>▪ Make-or-Buy-Analyse wird aufgrund anderer Fertigungsphilosophie entfernt</li> <li>▪ Es werden keine kundenanonymen Aufträge und Komponenten erfasst</li> </ul>
Verknüpfungen	1A	Übermittelt das geplante (Teil-)Projekt zur weiteren Planung von A2 zu A3
	2A	Übermittelt die Information über die Nichtrealisierbarkeit des Produktionsprogramms von A3 zu A2
	3A	Übermittelt das Beschaffungsprogramm zur weiteren Planung und Auslösung der Beschaffung von A3 zu A4 und A7
	N4 A3.1	Übermittelt Informationen über die aktuellen Materialbestände einer OPW zwecks Sekundärbedarfsermittlung von N4 an A3
	N1 A3	Übermittelt Informationen über Lieferanten zwecks Planung der Eigenfertigungsanteile von N1 zu A3
	A3 N3	Übermittelt Information zum geplanten Beschaffungsprogramm von A3 an N3 zwecks Bedarfsmeldung und Trendanalyse
	N4 A3.2	Übermittelt Informationen über die aktuelle Kapazität/Auslastung einer OPW zwecks Kapazitätsplanung von N4 an A3

Die Aufgabe Produktionsbedarfsplanung verfolgt das Ziel, das Beschaffungsprogramm für den Auftrag festzulegen. Dieses Programm ist in die Anteile der Eigenfertigungsplanung und -steuerung sowie Fremdbezugsplanung gegliedert. Hierfür wird ausgehend vom Produktionsprogramm zunächst unter Berücksichtigung der Materialbestände der Nettosekundärbedarf ermittelt. Anschließend folgt die Beschaffungsartzuordnung, die zur Informationsauswertung an das Netzwerk zurückgemeldet wird. Der Prozess setzt sich mit der Durchlaufterminierung sowie der Kapazitätsbedarfsermittlung und -abstimmung fort, bevor das Beschaffungsprogramm auf Realisierbarkeit geprüft wird. Schätzt der Nutzer das Programm als realisierbar ein, folgt hierfür die Freigabe und das Beschaffungsprogramm wird als Dokument festgehalten. Insgesamt entspricht diese Aufgabe überwiegend dem Vorgehen des Aachener PPS-Modells.

Die wesentlichen Änderungen zum Aachener PPS-Modell in dieser Aufgabe beziehen sich auf die Produktionsbedarfsplanung und entstammen nicht aus den empirisch erhobenen Anforderungen. Zum einen müssen für das offene und heterarchische Produktionsnetzwerk weitere Beschaffungsarten integriert werden. Außerdem soll aufgrund der geänderten Produktionsphilosophie keine Make-or-Buy-Analyse erfolgen. Statt einer Fremdvergabe eines Auftrags soll in Zukunft (nahezu) alles lokal produziert werden. Außerdem erfolgt die Produktion immer individuell und auftragsbezogen. Daher wird es keine kundenanonymen Aufträge und Komponenten geben. Tabelle 4.26 und Abbildung 4.18 geben einen Überblick über die Aufgabe.

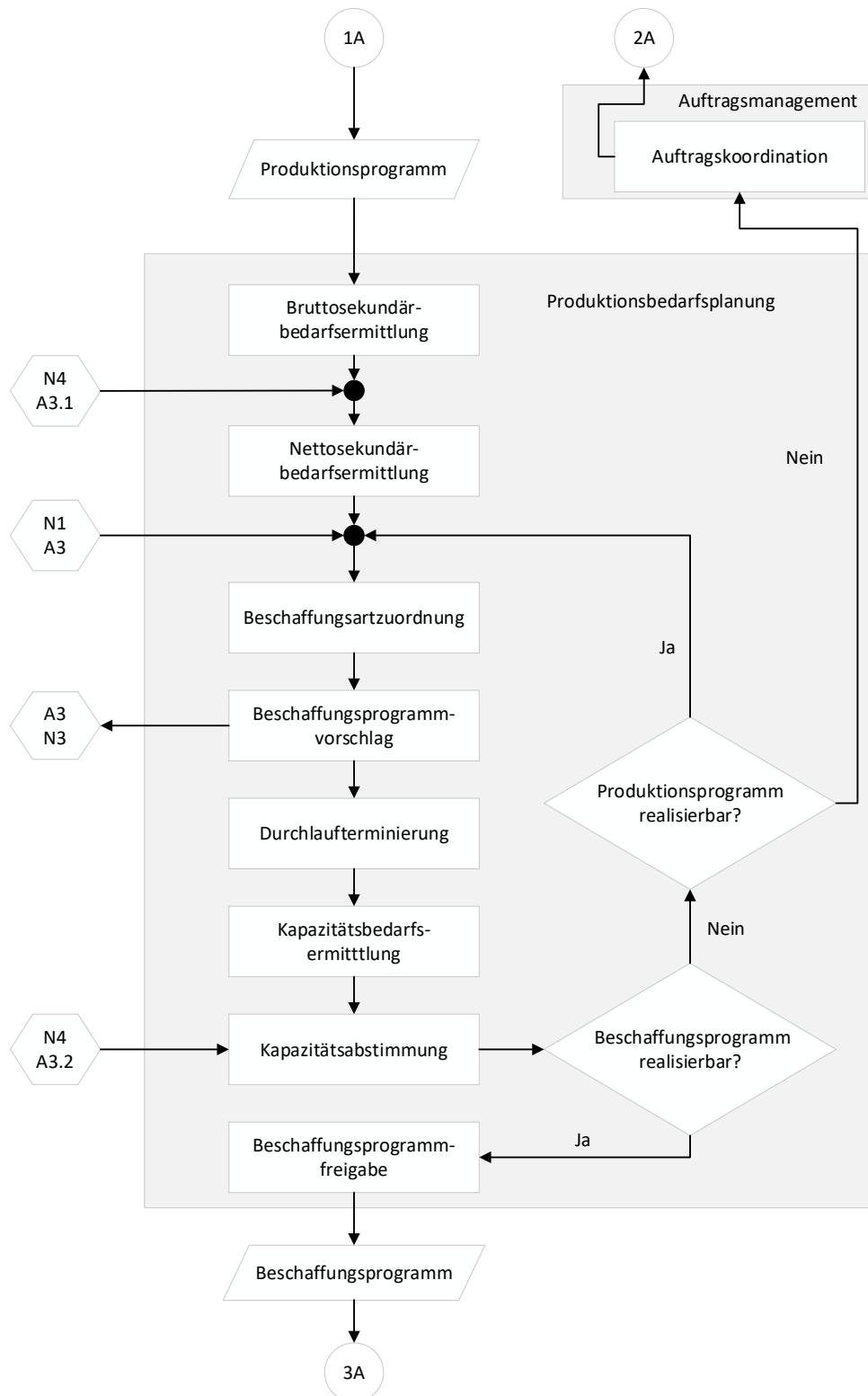


Abbildung 4.18: Prozessdarstellung der A3 Produktionsbedarfsplanung (eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 148)<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

Die Aufgabe Produktionsbedarfsplanung startet wie im Aachener PPS-Modell mit dem Produktionsprogramm, in das die wesentlichen Inhalte aus der Auftragsbearbeitung einfließen. Eine Änderung zum Aachener Modell ist durch den Umstand bedingt, dass in Open PPS keine kundenanonymen Komponenten und Aufträge berücksichtigt werden, da die Produktion individuell und bedarfsorientiert erfolgen soll. Insofern beinhaltet das Produktionsprogramm den Bruttoprimärbedarf, der sich bei Open PPS in der Regel mit dem Nettoprimärbedarf deckt.

Daraus wird mittels Auflösung von Stücklisten der jeweilige Bruttosekundärbedarf abgeleitet. Für die Ermittlung des Nettosekundärbedarfs prüft der Nutzer anschließend den Bestand der jeweiligen offenen Produktionswerkstatt. Das kann er per Prüfung vor Ort oder durch die Verknüpfung zum Netzwerk erledigen. Diese Schritte sollen nach Schuh 2006 bereits frühzeitig gesetzt werden, auch wenn das Projekt eventuell noch nicht final konstruiert ist, da durch diesen Ansatz die Beschaffungszeit effizienter nutzbar ist.

Anschließend folgt auf Grundlage der Netzwerkkonfiguration die Zuordnung der jeweiligen Beschaffungsart. Da die Make-or-Buy-Analyse als klassische Fremdvergabe entfällt, steht neben der Eigenfertigung des Primärprodukts nach dem Aachener PPS-Modell nur die Fremdbezugsplanung durch den Nutzer zur Auswahl. Dies ist zur Abbildung des gesamten Netzwerks allerdings ungenügend und spiegelt den gemeinsamen Produktionsansatz nur unzureichend wider. Daher stehen hier zusätzlich die bereits angesprochene Beschaffung über verhandelte Kontingente sowie die Beschaffung von Material aus anderen Produktionswerkstätten zur Verfügung (Details siehe Aufgabe A4–A6). Die gewählte Beschaffungsart wird als Beschaffungsprogrammvorschlagn zur Informationsauswertung und Identifikation neuer Trends zurück an das Netzwerk gemeldet (siehe N3 Netzwerkbedarfs- und Informationsauswertung).

Nur für die Eigenfertigung werden danach die Durchlaufterminierung, die Kapazitätsermittlung und die Kapazitätsabstimmung in der gewählten offenen Produktionswerkstatt durchgeführt. Dabei steht es dem Nutzer wieder frei, sich vor Ort ein Bild von der Auslastung zu verschaffen oder die Daten aus dem Netzwerk über eine entsprechende Verlinkung zur Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung direkt abzurufen. Der Detaillierungsgrad ist stark von der Produktstruktur und Fertigungsart abhängig und stellt eher eine Grobplanung dar. Bei der Durchlaufterminierung und Kapazitätsermittlung wird der Nutzer durch die bereits vorhandenen Fertigungshinweise aus dem Archiv unterstützt. Finden sich im Archiv keine ähnlichen Projekte, schätzt er – wie im Aachener PPS-Modell – die Eckpunkte durch seine Erfahrung ab.

Sofern das Beschaffungsprogramm vom Nutzer grundsätzlich als realisierbar eingeschätzt wird, folgt anschließend die Freigabe und das Beschaffungsprogramm, welches sich in die

Eigenfertigungsplanung und -steuerung sowie Fremdbezugsplanung gliedert, wird in einem Dokument festgehalten. Sollte das geplante Vorgehen jedoch nicht realisierbar sein, muss der Prozess ab der Beschaffungsartzuordnung erneut durchlaufen (sofern das Produktionsprogramm realisierbar ist) oder der Auftrag abgeändert werden.

#### 4.4.3.3.4 A4 Fremdbezugsplanung über Nutzer

Tabelle 4.27: Übersicht über A4 Fremdbezugsplanung über Nutzer

<b>Name</b>		<b>Fremdbezugsplanung über Nutzer</b>
<b>Ziel</b>		Beauftragen eines individuellen Lieferanten zur Beschaffung von Sonderteilen
<b>Häufigkeit</b>		Selten, wenn Komponenten nicht anderweitig beschafft werden können
<b>Eingang</b>		Fremdbezugsprogramm
<b>Inhalt</b>		Anfrageerstellung und Angebotseinholung sowie -bewertung für Sonderteile, die durch die anderen Beschaffungsarten nicht gedeckt werden. Kann hier ein Lieferant ausgewählt werden und ist das Bestellprogramm realisierbar, wird anschließend die Bestellung ausgelöst.
<b>Ergebnis</b>		Realisierbares Bestellprogramm für die Beschaffung von Sonderteilen
<b>Abgebildete Anforderungen und Änderungen</b>		Verknüpfung zu weiteren Bestellprogrammen
<b>Verknüpfungen</b>	3A	Übermittelt das Beschaffungsprogramm zur weiteren Planung und Auslösung der Beschaffung von A3 zu A4
	5A	Übermittelt die Entscheidung zur Beschaffung über die OPWs im Netzwerk von A4 an A5
	6A	Übermittelt die Entscheidung zur Beschaffung über das Netzwerkkontingent von A4 an A6
	A4.1 N3	Übermittelt Informationen zum geplanten Bestellprogramm von A4 an N3 zwecks Bedarfsmeldung und Trendanalyse
	A4.2 N3	Übermittelt Informationen über nicht realisierbares Fremdbezugsprogramm als Ablehnungsgrund von A4 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	7A	Übermittelt das jeweils gewählte und realisierbare Bestellprogramm von A4, A5 oder A6 zu A8 zwecks Bestellung



Die Aufgabe Fremdbezugsplanung über Nutzer zielt darauf ab, einen durch den Nutzer individuell ausgewählten Lieferanten mit der Beschaffung von Sonderteilen zu beauftragen. Hierfür startet der Nutzer zunächst mit einer Bestellrechnung und meldet anschließend den Bestellvorschlag zwecks Informationsauswertung an das Netzwerk zurück. Danach erstellt er eine Anfrage bei potenziellen Lieferanten und holt Angebote ein, die er bewertet. Auf dieser Grundlage wählt er einen Lieferanten aus und gibt die Bestellung frei, sofern sie von ihm als realisierbar eingeschätzt wird.

Diese Aufgabe enthält im Wesentlichen keine in den Interviews explizit genannten Anforderungen oder darauf basierende Änderungen. Allerdings ist die Implementierung weiterer Beschaffungsarten aufgenommen worden, um die Beschaffungswege im Netzwerk effizienter zu gestalten, das Netzwerk möglichst offen, flexibel und heterarchisch aufzubauen und von Skaleneffekten bei der Bestellung oder Reservierung größerer Mengen profitieren zu können. Die Fremdbezugsplanung und -steuerung entspricht weitgehend dem Aachener PPS-Modell. Tabelle 4.27 und Abbildung 4.19 geben einen Überblick über die Aufgabe.

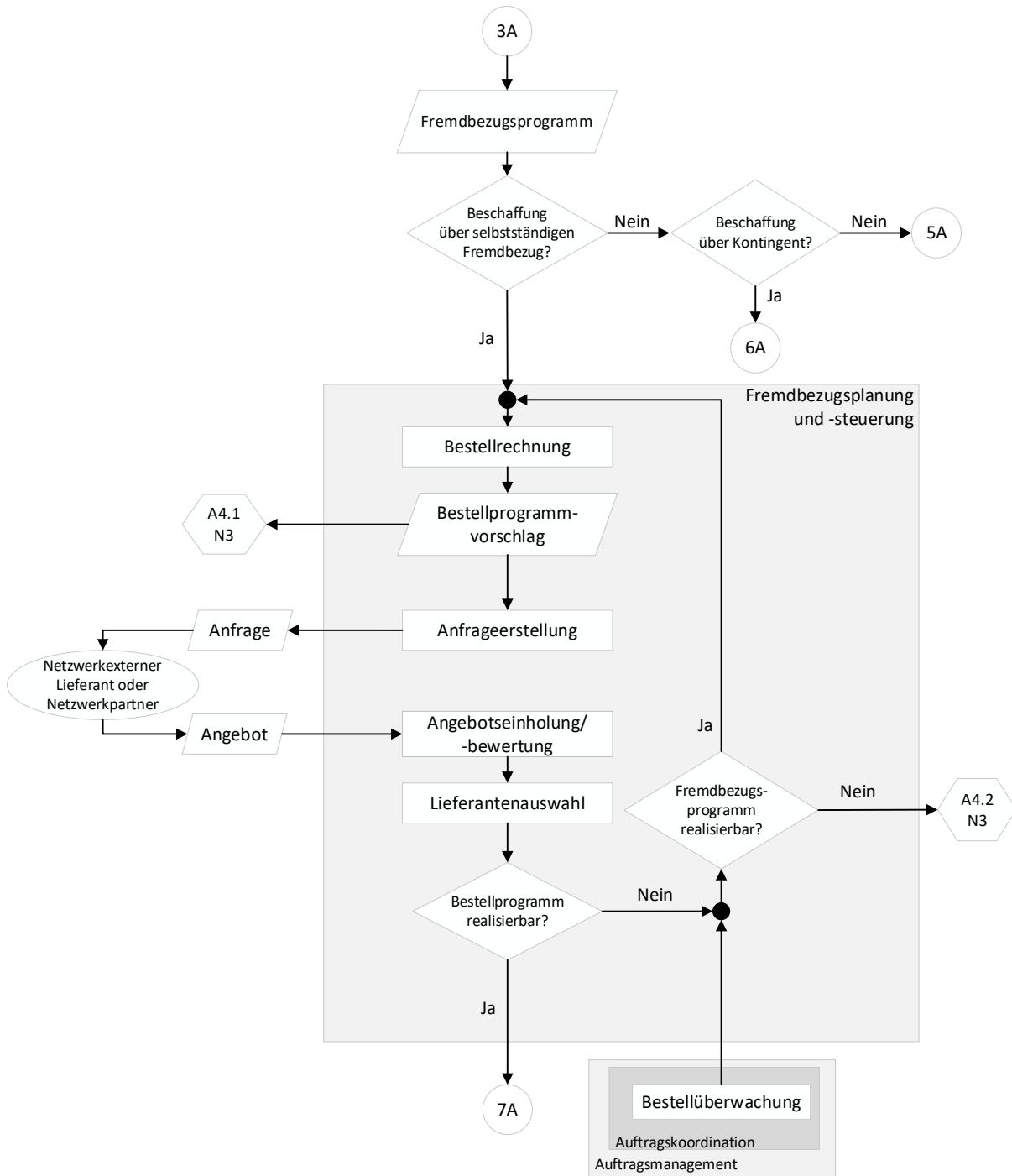


Abbildung 4.19: Prozessdarstellung der A4 Fremdbezugsplanung über Nutzer  
 (eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 152)<sup>37</sup>

Der Prozess startet mit dem Anteil des Fremdbezugsprogramms aus dem ursprünglichen Beschaffungsprogramm. Danach folgt die grundsätzliche Klärung, ob die Beschaffung über einen selbstständigen Fremdbezug erfolgen soll. Falls dies nicht gewünscht ist, kann der Nutzer

<sup>37</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

zwischen einer Beschaffung aus den verhandelten Kontingenten (siehe A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent) oder über einen Materialtransfer zwischen den offenen Produktionswerkstätten wählen (siehe A7 Fremdbezugsplanung durch Austausch zwischen OPWs).

Der selbstständige Fremdbezug ist nicht der Regelfall und soll insbesondere dann zur Anwendung kommen, wenn Bedarf an einer speziellen Komponente besteht, der über die anderen Beschaffungsarten nicht abgedeckt werden kann. Das bedeutet, dass es für diese Komponente kein verhandeltes Kontingent gibt und diese auch in anderen offenen Produktionswerkstätten nicht verfügbar ist. Ist dies der Fall, fährt der Nutzer mit der Bestellrechnung fort, bei der er bestands- und transportkostenoptimierte Bestellmengen ermittelt und gleichartige Bedarfe zusammenfasst. Der Bestellprogrammorschlag wird anschließend zwecks Informationsauswertung an das Netzwerk übermittelt und dient als Grundlage für die Anfrageerstellung.

Danach erstellt der Nutzer eine Anfrage zu seinem Bedarf bei netzwerkexternen oder -internen Lieferanten und fordert ein Angebot ein, das er in der Folge anhand von Kriterien wie Einkaufspreis, Liefertermin und Qualität bewertet. Die genauen Kriterien muss er für sich selbst und seinen Auftrag festlegen, da sie beim einzigartigen Charakter der Aufträge sehr individuell und auftragsbezogen sein können. Anschließend wird der Lieferant auf Grundlage der vorangegangenen Bewertung ausgewählt.

Sofern dieses Bestellprogramm realisierbar ist, wird es freigegeben. Ist dies jedoch nicht der Fall, soll geprüft werden, ob das Fremdbezugsprogramm realisierbar ist. Ist dies ebenfalls nicht der Fall, wird dem Netzwerk der Abbruch oder die Neukoordination des Auftrags inklusive des Ablehnungsgrunds mitgeteilt, um diese Informationen für die Netzwerkausrichtung zu verwenden. Ist das Fremdbezugsprogramm grundsätzlich jedoch realisierbar, wird der Prozess als Regelkreis von Neuem angestoßen. Als Änderung zum Aachener PPS-Modell wird die Bestellung allerdings erst in der Aufgabe A8 durchgeführt, da alle Beschaffungsarten auf diesen Prozess referenzieren.

#### 4.4.3.3.5 A5 Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs

Tabelle 4.28: Übersicht über A5 Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs

Name		Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen OPWs
Ziel		Beschaffung eines Sekundärbedarfs aus einer anderen offenen Produktionswerkstatt
Häufigkeit		Gelegentlich, sofern Beschaffung über Kontingent nicht zweckmäßig oder möglich ist
Eingang		Fremdbezugsprogramm
Inhalt		Nach einer Bestandsabfrage in anderen offenen Produktionswerkstätten wird geprüft, ob das Material verfügbar ist und den Sekundärbedarf deckt. Sofern dies der Fall ist, wird die entsprechende Werkstatt ausgewählt und das realisierbare Bestellprogramm für die Bestellung freigegeben.
Ergebnis		Realisierbares Bestellprogramm für die Beschaffung aus anderen offenen Produktionswerkstätten
Abgebildete Anforderungen und Änderungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modellierung einer Beschaffung über Partnerwerkstätten</li> </ul>
Verknüpfungen	5A	Übermittelt die Entscheidung zur Beschaffung über die OPWs im Netzwerk von A4 an A5
	N4 A5	Übermittelt Informationen über die aktuellen Materialbestände in den jeweiligen OPWs zwecks Bestellung durch eine OPW bei einer anderen OPW von N4 an A5
	A5 N4	Übermittelt Informationen zum Abgang von Material aus einer OPW zwecks Bestandskontrolle bei Bestellung zwischen OPWs von A5 an N4
	A5 N3	Übermittelt Informationen über nicht realisierbares Fremdbezugsprogramm als Ablehnungsgrund von A5 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	7A	Übermittelt das jeweils gewählte und realisierbare Bestellprogramm von A4, A5 oder A6 zu A8 zwecks Bestellung

Die Aufgabe Fremdbezugsplanung über Austausch zwischen den offenen Produktionswerkstätten startet auf Grundlage des Fremdbezugsprogramms mit der Bestandsabfrage zum Sekundärbedarf in anderen offenen Produktionswerkstätten über eine Verknüpfung zum Netzwerk. Sofern der Sekundärbedarf durch eine oder mehrere andere OPWs gedeckt werden kann, wird die entsprechende OPW ausgewählt. Sofern das Bestellprogramm dann durch den Nutzer als realisierbar eingeschätzt wird, folgt die Bestellfreigabe.

Als wesentliche Änderung beinhaltet diese Aufgabe eine neue Beschaffungsart über einen Sharing-Ansatz, die erst durch das offene und heterarchische Netzwerk ermöglicht wird und im Aachener PPS-Modell so nicht vorgesehen ist. Es handelt sich daher um eine vollständige Neumodellierung einer Aufgabe. Tabelle 4.28 und Abbildung 4.20 geben einen Überblick über die Aufgabe.

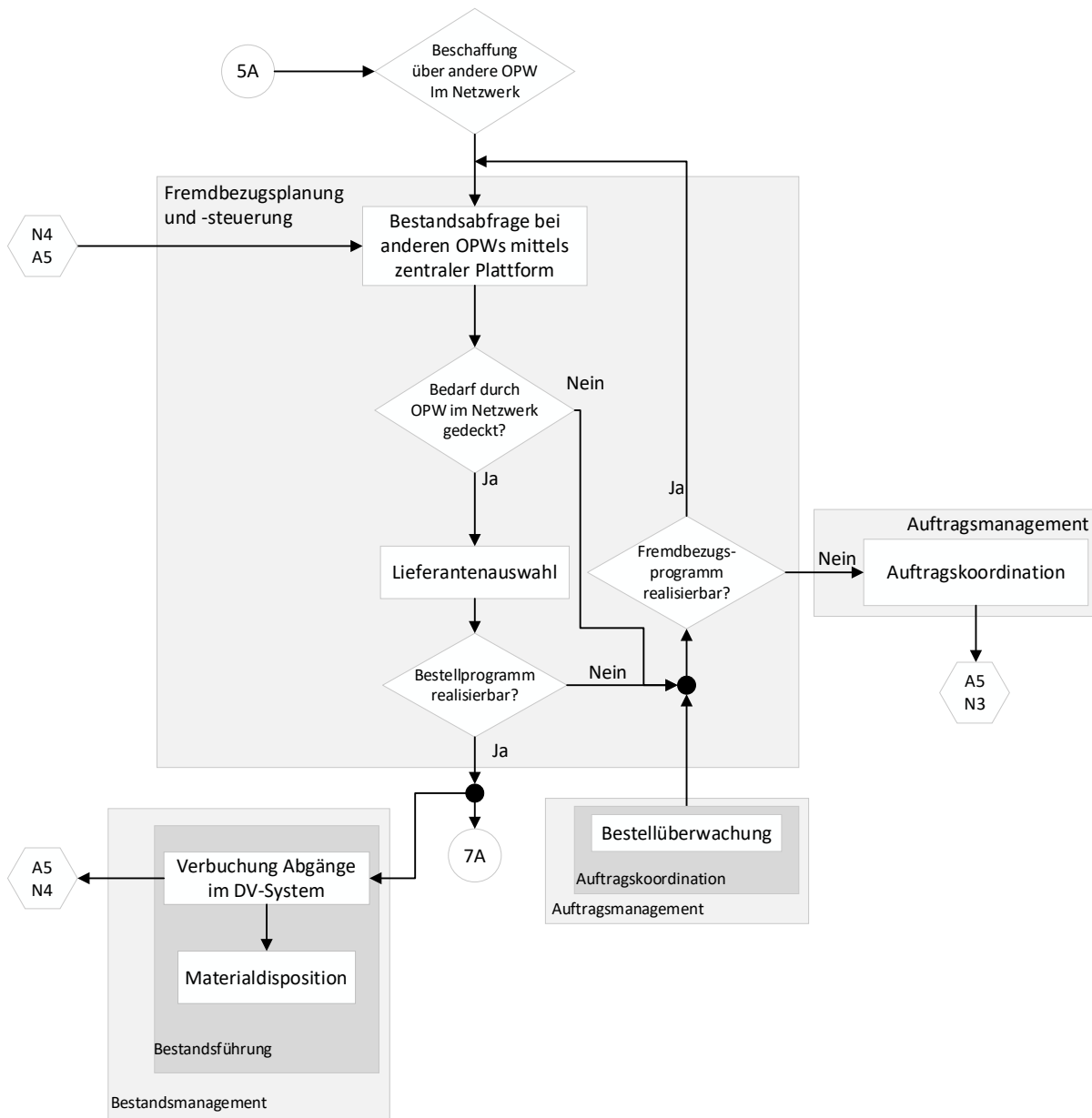


Abbildung 4.20: Prozessdarstellung der A5 Fremdbezugsplanung Austausch zwischen OPWs<sup>38</sup>

Der Prozess startet mit dem Anteil des Fremdbezugsprogramms aus dem ursprünglichen Beschaffungsprogramm. Der daraus ergehende Sekundärbedarf wird mittels der Verknüpfung zu

<sup>38</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

N4 Netzwerkkapazitäts- und Materialverwaltung zentral in den anderen offenen Produktionswerkstätten im Netzwerk angefragt. Sofern der Bedarf durch eine oder mehrere OPWs im Netzwerk gedeckt werden kann und diese das Material nicht selbst benötigen, kann eine dieser OPWs als Lieferant ausgewählt werden. Auch hier kann der Nutzer wieder eigene Kriterien wie Einkaufspreis oder Distanz ansetzen, um die für ihn beste OPW auszuwählen. Die Verhandlung des Einkaufspreises und die finanzielle Abwicklung soll direkt zwischen dem Betreiber der OPW und dem anfragenden Nutzer erfolgen.

Sofern dieses Bestellprogramm realisierbar ist, soll der Materialabgang zwecks Datenpflege im eventuell vorhandenen ERP-System der OPW sowie im Netzwerk per Verknüpfung zur Aufgabe N4 geführt werden. Ist das Bestellprogramm allerdings nicht realisierbar, soll geprüft werden, ob das Fremdbezugsprogramm realisierbar ist. Ist dies ebenfalls nicht der Fall, wird dem Netzwerk der Abbruch oder die Neukoordination des Auftrags inklusive des Ablehnungsgrunds mitgeteilt, um diese Informationen für die Netzwerkausrichtung zu verwenden. Ist das Fremdbezugsprogramm jedoch grundsätzlich realisierbar, wird der Prozess als Regelkreis von Neuem angestoßen. Die Bestellung findet in der nachfolgenden Aufgabe A8 statt, da alle Beschaffungsarten auf diesen Prozess referenzieren.

Diese Aufgabe gewährleistet bei entsprechender Verfügbarkeit einen (zeit- und wegtechnisch) sehr kurzen Beschaffungsweg. Dieser soll insbesondere dann Anwendung finden, wenn eine Beschaffung über Kontingente nicht möglich ist (z. B. Lieferschwierigkeiten oder Auslauf des Kontingents) oder wenn in einem Krisenfall sehr kurzfristig und dringend Material benötigt wird. Außerdem soll durch diesen Beschaffungsweg weniger Abfall entstehen, da beispielsweise kleinere Verschnittreste für andere Nutzer noch relevant sein und kurzfristig abgerufen werden können. Dadurch soll die Liegezeit solcher Verschnittreste (und damit die Lagerkosten) reduziert werden. Somit hat jede offene Produktionswerkstatt ein eher kleines Lager, das Netzwerk als Ganzes kann jedoch in der gesamten Stadt auf einen absolut gesehen großen Lagerbestand zugreifen.

#### 4.4.3.3.6 A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent

Tabelle 4.29: Übersicht über A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent

Name	Fremdbezugsplanung über Kontingent
Ziel	Beschaffung eines Sekundärbedarfs über ein verhandeltes Kontingent bei einem Partnerlieferanten
Häufigkeit	Regelmäßig, i. d. R. für jeden Auftrag

<b>Name</b>		<b>Fremdbezugsplanung über Kontingent</b>
<b>Eingang</b>		Fremdbezugsprogramm
<b>Inhalt</b>		Prüfung, ob der Sekundärbedarf über Netzwerkkontingent bei Partnerlieferant gedeckt werden kann. Sofern dies der Fall ist, wird der entsprechende Lieferant ausgewählt und das realisierbare Bestellprogramm für die Bestellung freigegeben.
<b>Ergebnis</b>		Realisierbares Bestellprogramm für die Beschaffung aus einem verhandelten Kontingent
<b>Abgebildete Anforderungen und Änderungen</b>		Modellierung einer weiteren Beschaffungsart mit Ausnutzung von Skaleneffekten
<b>Verknüpfungen</b>	6A	Übermittelt die Entscheidung zur Beschaffung über das Netzwerkkontingent von A4 an A6
	N1 A6	Übermittelt Informationen über Lieferanten und Materialpreise zur Bestellung aus Kontingenten von N1 zu A6
	A6 N3	Übermittelt Informationen über nicht realisierbares Fremdbezugsprogramm als Ablehnungsgrund von A6 an N3 zwecks Analyse der Ablehnung
	7A	Übermittelt das jeweils gewählte und realisierbare Bestellprogramm von A4, A5 oder A6 zu A8 zwecks Bestellung

Die Aufgabe Fremdbezugsplanung über Kontingent startet mit einem Sekundärbedarf aus dem Fremdbezugsprogramm, welcher über ein verhandeltes Materialkontingent durch einen Netzwerklieferanten gedeckt werden soll. Hierfür soll der Nutzer die verfügbaren Kontingente und Lieferanten prüfen und anschließend, sofern der Bedarf gedeckt werden kann, den für ihn günstigsten Lieferanten auswählen. Wird das Bestellprogramm als realisierbar eingeschätzt, gibt der Nutzer das Programm frei.

Da eine solche Bestellung über Kontingente im Aachener PPS-Modell durch den einzigartigen Charakter der Aufträge so nicht vorgesehen ist, wurde hierfür als wesentliche Änderung ein neuer Prozess modelliert. Das Ziel bleibt jedoch das im Aachener PPS-Modell beschriebene Ausnutzen von Skaleneffekten, das durch das Verhandeln von Kontingenten mit Lieferanten und dadurch Bestellung oder Reservierung größerer Mengen erreicht werden soll. Tabelle 4.29 und Abbildung 4.21 geben einen Überblick über die Aufgabe.

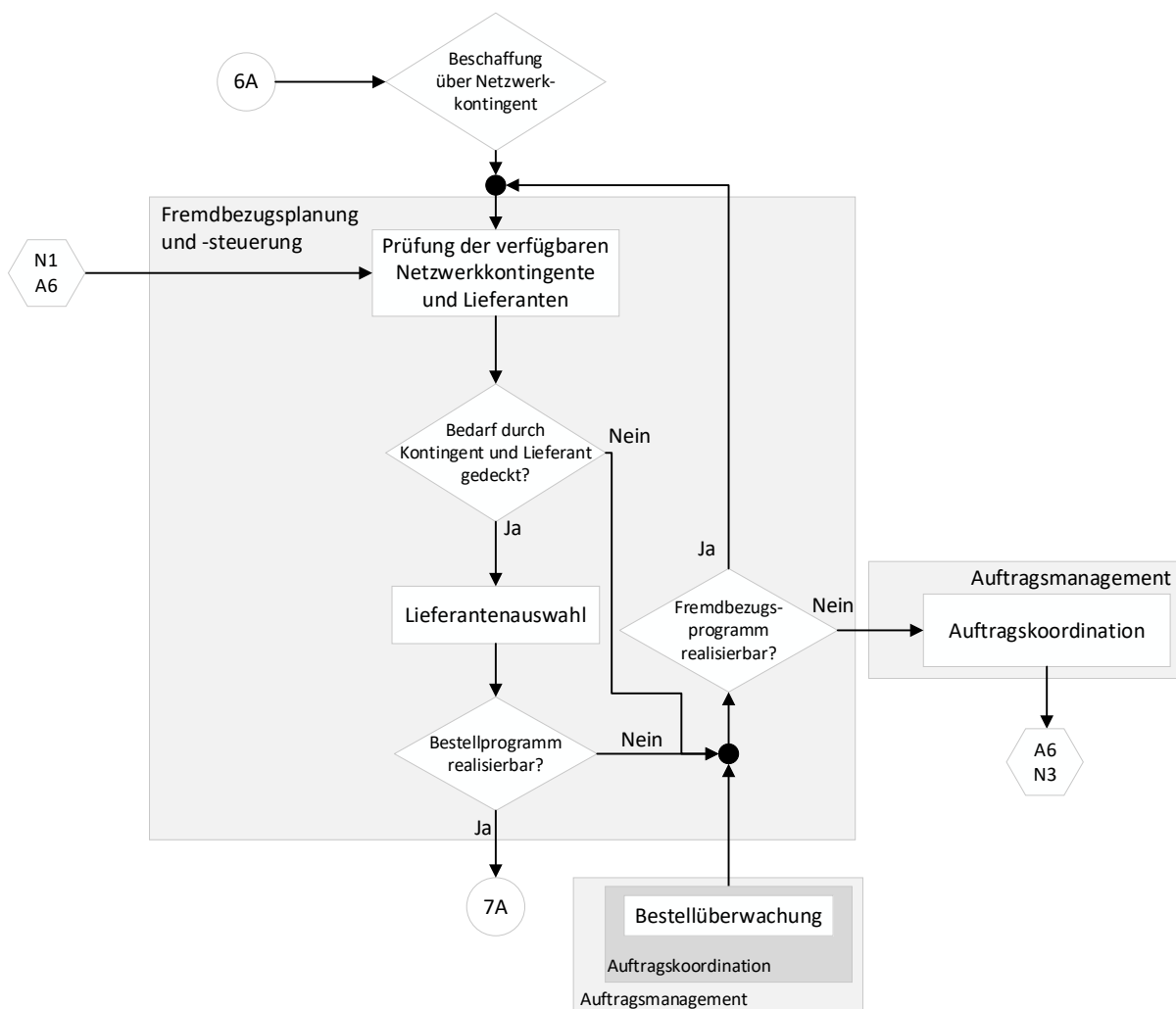


Abbildung 4.21: Prozessdarstellung der A6 Fremdbezugsplanung über Kontingent<sup>39</sup>

Der Prozess startet mit dem Anteil des Fremdbezugsprogramms aus dem ursprünglichen Beschaffungsprogramm. Im ersten Schritt wird mittels Verknüpfung zu Aufgabe N1 aus der Lieferantenstruktur geprüft, welcher Lieferant zur Deckung des Sekundärbedarfs ein verhandeltes Kontingent besitzt. Sofern der Bedarf über einen oder mehrere Lieferanten gedeckt werden kann, wählt der Nutzer nach seinen Kriterien (z. B. schnellste Lieferzeit, günstigster Transport) einen Lieferanten aus. Sofern das Bestellprogramm anschließend als realisierbar eingestuft wird, gibt der Nutzer es frei.

Ist das Bestellprogramm allerdings nicht realisierbar, soll geprüft werden, ob das Fremdbezugsprogramm realisierbar ist. Ist dies ebenfalls nicht der Fall, wird dem Netzwerk der Abbruch oder die Neukoordination des Auftrags inklusive des Ablehnungsgrunds mitgeteilt, um diese

<sup>39</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.



Informationen für die Netzwerkausrichtung zu verwenden. Ist das Fremdbezugsprogramm jedoch grundsätzlich realisierbar, wird der Prozess als Regelkreis von Neuem angestoßen. Die Bestellung findet in der nachfolgenden Aufgabe A8 statt, da alle Beschaffungsarten auf diesen Prozess referenzieren. Die Rückmeldung an das Netzwerk über die Kontingentnutzung erfolgt daher auch erst in dieser nachgelagerten Aufgabe.

Die Verhandlung der Kontingente soll über die Netzwerkvertreter erfolgen. Dadurch wird zum einen sichergestellt, dass einzelne Interessen gewahrt werden. Auf der anderen Seite wissen die einzelnen Netzwerkvertreter am besten, was in ihren offenen Produktionswerkstätten an Material typischerweise gebraucht wird, und haben dafür bereits Lieferanten. Zusätzlich erhalten sie regelmäßig Informationen aus der lokalen Ebene, die sie in ihre Anforderungsanalyse und Partnerbewertung einfließen lassen. Durch diesen selbstregulierenden Bottom-up-Ansatz und durch die Gesamtheit der Netzwerkvertreter wird insgesamt sichergestellt, dass für die wesentlichen Materialien und Komponenten Netzwerkkontingente ausgehandelt sind. Der Prozess der Kontingentverhandlung ist in Aufgabe N1 dargestellt.

#### 4.4.3.3.7 A7 Eigenfertigungsplanung und -steuerung

Tabelle 4.30: Übersicht über A7 Eigenfertigungsplanung und -steuerung

<b>Name</b>		<b>Eigenfertigungsplanung und -steuerung</b>
<b>Ziel</b>		Planung, Steuerung und Durchführung der Eigenfertigung
<b>Häufigkeit</b>		Regelmäßig, für jeden Auftrag
<b>Eingang</b>		Eigenfertigungsprogramm
<b>Inhalt</b>		Ausgehend vom Eigenfertigungsprogramm wird der Werkstattprogrammorschlag erstellt. Sofern dieser bei entsprechender Materialverfügbarkeit realisierbar ist, wird die Fertigung begonnen. Dabei werden zu Beginn und Ende der Fertigung die Belegungszeiten der Maschinen an das Netzwerk gemeldet.
<b>Ergebnis</b>		Abgeschlossene Fertigung
<b>Abgebildete Anforderungen und Änderungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rückmeldung von Betriebsdaten ans Netzwerk zwecks Darstellung der Maschinenbelegung</li> </ul>
<b>Verknüpfungen</b>	3A	Übermittelt das Beschaffungsprogramm zur weiteren Planung und Auslösung der Beschaffung von A3 zu A4 und A7
	N4 A7	Übermittelt Informationen über die aktuelle Kapazität/Auslastung einer OPW zwecks Feinterminierung des Werkstattauftrags von N4 an A7

Name		Eigenfertigungsplanung und -steuerung
Verknüpfungen	4A	Übermittelt Informationen zum Bestand von A8 zu A7
	A7.1 N4	Übermittelt Informationen zur geplanten Durchlaufzeit der Fertigung in der Werkstatt von A7 an N4, um dadurch Kapazitäten im Netzwerk anzuzeigen und ggf. OPWs als ausgebucht darzustellen
	A7.2 N4	Übermittelt Informationen zum Abschluss der Fertigung in der Werkstatt von A7 an N4, um dadurch frei gewordene Kapazitäten im Netzwerk anzuzeigen und ggf. die OPW wieder als verfügbar darzustellen
	8A	Übermittelt die Information über die Fertigstellung der Produktion zwecks Versandvorbereitung von A7 zu A8

Die Aufgabe Eigenfertigungsplanung und -steuerung beginnt mit dem Anteil des Eigenfertigungsprogramm. Daraus wird über eine Feinplanung ein Werkstattprogramm vorschlag erstellt. Sofern das in den Aufgaben A4–A6 bestellte Material verfügbar und das Werkstattprogramm realisierbar ist, werden die geplanten Durchlaufzeiten an das Netzwerk gemeldet, und die Fertigung beginnt. Nach Abschluss der Fertigung wird das Ende der Maschinenbelegung an das Netzwerk gemeldet und das Produkt für den Versand vorbereitet.

Die Aufgabe entspricht in Ablauf und Inhalt überwiegend dem Aachener PPS-Modell. Für die Darstellung der Maschinenbelegung in den einzelnen offenen Produktionswerkstätten sind jedoch Verknüpfungen zur Netzwerkebene ergänzt worden, durch die netzwerkweit die Maschinenauslastung eingesehen werden kann. Dadurch bekommen Nutzer die Möglichkeit, bei starker Auslastung eine andere OPW für ihre Fertigung zu wählen. Tabelle 4.30 und Abbildung 4.22 geben einen Überblick über die Aufgabe.

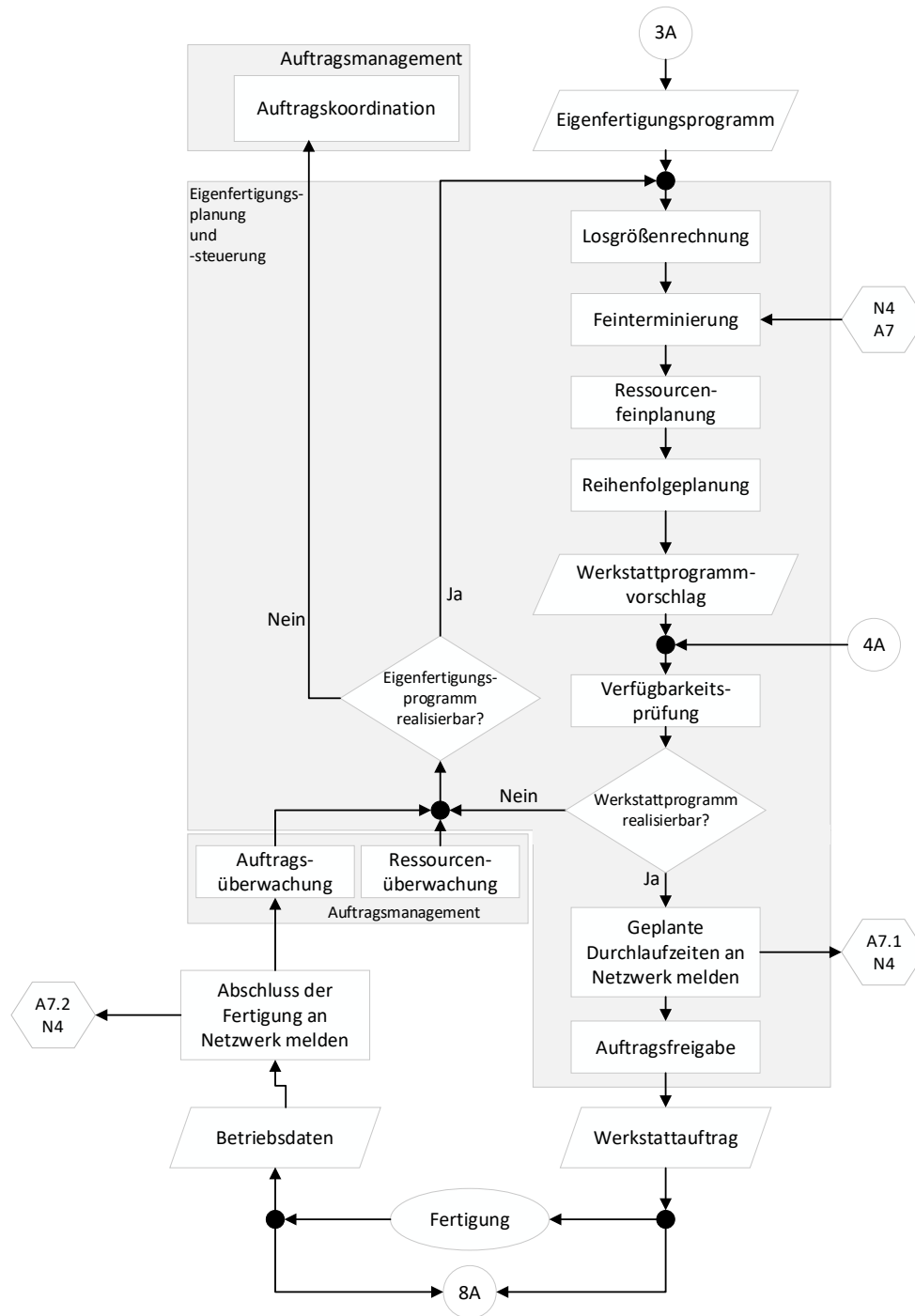


Abbildung 4.22: Prozessdarstellung der A7 Eigenfertigungsplanung und -steuerung (eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 150)<sup>40</sup>

Der Prozess beginnt mit dem Anteil des Eigenfertigungsprogramms aus dem Beschaffungsprogramm. Für die Vorbereitung der Fertigung wird im ersten Schritt eine Losgrößenrechnung vorgenommen. Dabei werden alle zu produzierenden Bauteile und Baugruppen mit gleichen

<sup>40</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

Arbeitsgangfolgen zusammengefasst. Anschließend folgt die Feinterminierung, in der die Arbeitsgänge bestimmten Maschinenkapazitäten mit definiertem Startzeitpunkt zugeordnet werden. Für die bessere Abschätzung der zeitlichen Dauer kann auf die Fertigungsdaten vergleichbarer Projekte im Archiv zurückgegriffen werden. Dadurch sollen die Maschinenkapazitäten möglichst genau angegeben werden und ein Kapazitätsverlust durch Stillstand infolge von falscher Feinterminierung auf ein Minimum reduziert werden.

In der darauffolgenden Ressourcenfeinplanung sollen Belastungsspitzen ausgeglichen oder das Kapazitätsangebot angepasst werden. Danach folgt die Reihenfolgeplanung, in der der Nutzer die Reihenfolge seiner Arbeitsaufträge plant und festlegt. Da der Nutzer sich selbst plant und steuert und ausschließlich er für die Erfüllung des Projekts verantwortlich ist, soll er für sich eigene Planungs- und Steuerungsregeln festlegen. Die Ergebnisse der einzelnen Schritte werden im Werkstattprogramm vorschlag festgehalten. Sofern das Material und die Komponenten, die anschließend für die Fertigung benötigt werden, bereits verfügbar sind, kann das Werkstattprogramm freigegeben werden.

Anschließend werden die ermittelten geplanten Durchlaufzeiten mit dem geplanten Fertigungsstart nach der Auftragsfreigabe mittels Verknüpfung an Aufgabe N4 gemeldet, so dass jeder Nutzer netzwerkweit die aktuellen und geplanten Auslastungen für die nähere Zukunft einsehen und auf Basis dessen für sich unternehmerische Entscheidungen treffen kann. Nach der Auftragsfreigabe werden die Ergebnisse der vorangegangenen Prozessschritte im Dokument Werkstattauftrag festgehalten.

Als nächster Schritt folgt die Fertigung, in der Betriebsdaten erhoben und nach Abschluss der Fertigung ebenfalls an das Netzwerk gemeldet werden. Das fertige Produkt wird anschließend für den Versand vorbereitet (siehe Aufgabe A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement). Der über die Auftragsüberwachung und Ressourcenüberwachung dargestellte Regelkreis (siehe Abbildung 4.22) stellt nicht den Standardablauf dar und kommt nach dem Aachener PPS-Modell nur bei Störungen oder terminlichen Abweichungen zum Tragen, sofern die Realisierbarkeit des Eigenfertigungsprogramms erneut geprüft werden muss (vgl. Schuh 2006, S. 151).

Insgesamt soll durch die Abänderung der Aufgabe mit den beschriebenen Verknüpfungen zur Netzwerkebene also die Maschinenauslastung erhöht werden, da der eigene Kapazitätsbedarf genauer geplant werden kann und jederzeit einsehbar ist, ob in einer bestimmten offenen Produktionswerkstatt überhaupt Kapazitäten vorhanden sind. Durch diesen selbstregulierenden Ansatz ist schon aufgrund eines unternehmerischen Eigeninteresses des Nutzers davon

auszugehen, dass es zu einer weitgehend gleichen Verteilung der Auslastung in den einzelnen OPWs kommen wird. Die finanzielle Abwicklung der Nutzung der Infrastruktur und der abgenommenen Maschinenstunden erfolgt direkt zwischen dem Nutzer und dem Betreiber der OPW.

#### 4.4.3.3.8 A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement

Tabelle 4.31: Übersicht über A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement

Name		Bestellfreigabe und Bestandsmanagement
Ziel		Übergabe und Abnahme des Produkts durch Kunden
Häufigkeit		Regelmäßig, für jeden Auftrag
Eingang		Bestellprogramm aus A4–A6 sowie Produkt aus Fertigung
Inhalt		Bestellung und Überwachung des Bestellprogramms sowie die Abwicklung des Produktversands, der Inbetriebnahme durch den Nutzer und der Endabnahme durch den Kunden.
Ergebnis		An Kunden übergebenes und abgenommenes Produkt
Abgebildete Anforderungen und Änderungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen Nutzer und Kunden</li> </ul>
Verknüpfungen	8A	Übermittelt die Information über die Fertigstellung der Produktion zwecks Versandvorbereitung von A7 zu A8
	7A	Übermittelt das jeweils gewählte und realisierbare Bestellprogramm von A4, A5 oder A6 zu A8 zwecks Bestellung
	A8 N4	Übermittelt Informationen über eingehendes oder fertiggestelltes Material in OPW (unabhängig von der Beschaffungsart) zwecks Bestandskontrolle von A8 an N4
	4A	Übermittelt Informationen zum Bestand von A8 zu A7
	A8 N3	Übermittelt Informationen zur Bestellung (Wahl des Bestellprogramms zwischen Bestellung über Kontingent, andere OPWs oder Eigenfremdbezugsplanung) sowie zum Materialbedarf von A8 an N3 zwecks Auswertung und Trendanalyse
	A8 N5	Übermittelt Informationen zur Fertigstellung einer Produktion zwecks Vergabe von Bewertungspunkten durch das Netzwerk für den Nutzer und jeweils genutzte OPW sowie zwecks Bewertung des Lieferanten von A8 an N5

Die Aufgabe Bestellfreigabe und Bestandsmanagement verfolgt zwei Ziele, die zeitlich asynchron erreicht werden können. Zum einen ist die Aufgabe für die Überwachung der Bestellungen sowie die Verbuchung der Eingänge verantwortlich. Hierfür erhält sie als Eingangsgröße aus A4–A6 das Bestellprogramm. Zum anderen wickelt sie den Versand des fertigen Produkts sowie die damit verbundene Auslösung des Bewertungsprozesses in N5 ab. Hierfür erhält sie als Eingangsgröße die Übergabe des fertigen Produkts aus der Fertigung.

Als Anforderungen bildet die Aufgabe die Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen dem Nutzer und dem Kunden ab. Hierfür soll der Nutzer das Produkt beim Kunden in Betrieb nehmen oder ihm übergeben. Der Kunde nimmt das Produkt anschließend ab. Tabelle 4.31 und Abbildung 4.23 geben einen Überblick über die Aufgabe.

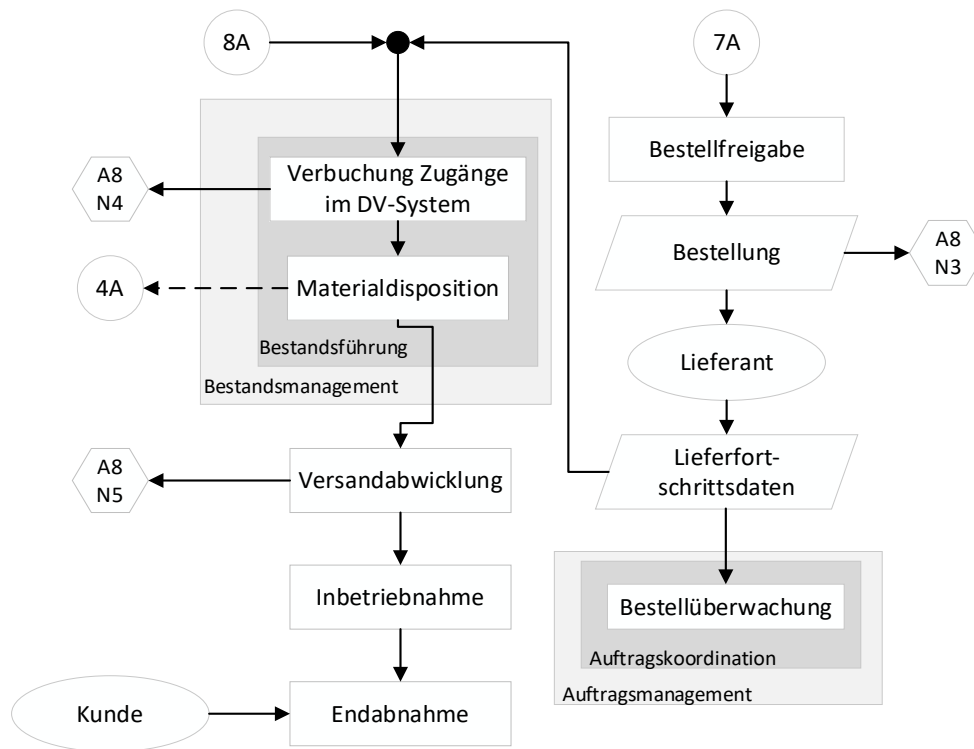


Abbildung 4.23: Prozessdarstellung der A8 Bestellfreigabe und Bestandsmanagement  
(eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh 2006, S. 144)<sup>41</sup>

Der Prozess wird durch zwei unterschiedliche Eingangsgrößen angestoßen und kann asynchron verlaufen. Der Prozess erhält aus den Aufgaben A4–A6 das jeweilige Bestellprogramm. Nach entsprechender Bestellfreigabe kommt es durch den Nutzer zur Bestellung und alle

<sup>41</sup> Für eine Übersicht über das Zusammenspiel der acht Aufgaben auf lokaler Ebene siehe Seite 168.

dazugehörigen Informationen (z. B. Kontingentnutzung, Art der Spezialkomponenten) werden an das Netzwerk zwecks Informationsauswertung und Trendanalyse übermittelt.

Anschließend werden durch den Nutzer im Rahmen dieser Aufgabe alle Lieferfortschrittsdaten überwacht, damit er auf Basis dessen den ungefähren Start seiner Fertigung abschätzen kann. Sobald das Material bei der offenen Produktionswerkstatt eingetroffen ist, verbucht der Nutzer den Materialeingang. Sofern alle Sekundärbedarfe gedeckt sind, kann der Nutzer aus Material-sicht mit seiner Fertigung beginnen.

Als zweite Eingangsgröße hat der Prozess den Abschluss der Fertigung. Auch in diesem Fall verbucht der Nutzer den Abschluss der Fertigung mit der Ausgabe des finalen Produkts. Außerdem hat er die Möglichkeit, nicht verwendete oder verbliebene Reste an das Netzwerk zu melden, so dass andere Nutzer auf dieses Material reagieren können. Alternativ verbleibt es in der offenen Produktionswerkstatt oder in seinem Besitz. Bei einer Materialübergabe vom Nutzer an die OPW oder einen anderen Nutzer darf hierfür zwischen den Parteien ein Preis verhandelt werden.

Während der darauffolgenden Versandabwicklung wird das Produkt für den Transport vorbereitet. Der anschließende Versand wird der Aufgabe N5 als Erfüllung des Auftrags übermittelt. Dadurch erhalten der Nutzer und die OPW ihre Bewertungspunkte für die Bewertung und auch Informationen für die Bewertung des Lieferanten werden übermittelt.

Anschließend soll der Nutzer das Produkt beim Kunden montieren und in Betrieb nehmen. Der Kunde führt dann die Endabnahme durch. Sollte es hierbei zu Unstimmigkeiten kommen, hat der Kunde die Möglichkeit, dem Nutzer eine Mängelrüge nach § 377 Handelsgesetzbuch zu erteilen. Der Nutzer ist dann anschließend als Hersteller und Inverkehrbringer des Produkts für die Abarbeitung und Beseitigung dieser Mängel verantwortlich. Über diesen Weg soll die Abwicklung der Qualitätssicherung und Gewährleistung zwischen Kunde und Nutzer erfolgen. Die offenen Produktionswerkstätten sind als reine Anbieter einer Produktionsinfrastruktur hieran nicht beteiligt.

#### **4.4.3.3.9 Zusammenfassung der lokalen Ebene des Open PPS-Modells**

Ziel des Kapitelabschnitts war die Entwicklung des Open PPS-Modells auf lokaler Ebene. Damit beantwortet der Abschnitt den zweiten Teil der *dritten Sub-Forschungsfrage*, die auf die Entwicklung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung für vernetzte, offene und dezentrale Produktionswerkstätten auf Grundlage der vorangegangenen Ergebnisse abzielt.

Ausgangspunkt für die Entwicklung war die lokale Ebene des Aachener PPS-Modells, welches sukzessive in den neuen Kontext transferiert wurde.

Die lokale Ebene und die Abwicklung vor Ort kann nach dem morphologischen Schema zur Beschreibung von Auftragsabwicklungsstrukturen weitgehend als Auftragsfertiger klassifiziert werden. Die damit einhergehenden Abläufe des Aachener PPS-Modells konnten auf lokaler Ebene sowohl aus Sicht der Aufgaben als auch aus Sicht der Inhalte und Gedanken überwiegend übernommen werden. Die meisten Aufgaben wurden zwar abgeändert und weiterentwickelt, jedoch in ihrer Grundidee übernommen. Lediglich die Beschreibung der Beschaffungsarten im Aachener PPS-Modell sind für die Anwendung im Kontext von OPWs unzureichend. Hier wurden Aufgaben neu modelliert.

Durch die Veränderungen und Neuentwicklungen umfasst Open PPS mehr Prozessschritte und externe Stellen (67 zu 51), mehr Aufgaben (8 zu 4 Kernaufgaben), weniger Informationen und Dokumente (17 zu 18) und deutlich mehr Verknüpfungen (43 zu 17, lokal und ebenenübergreifend) als das Aachener PPS-Modell. Außerdem konnten alle 13 in der Anwendbarkeitsanalyse als notwendig herausgestellten wesentlichen Änderungen abgebildet werden. Da diese Änderungen von allen differenzierten Anforderungen abgeleitet wurden und darin implizit auch Randbedingungen enthalten sind, die in Interviews und mittels offener Beobachtung erhoben wurden (Kapitel 3.4.1 und folgende), konnten alle geäußerten Eigenschaften in das neue Modell integriert werden. Wie im Aachener PPS-Modell steht die lokale Ebene der Open PPS jedoch nicht für sich alleine und muss in Verbindung mit der Netzwerkebene gesehen werden.

### **Beschreibung der Angebotserstellung**

Die Angebotserstellung beginnt bei Open PPS mit einem vorgelagerten Beratungsgespräch zwischen Kunde und Nutzer. Nutzer wählen in der Folge selbstständig und frei mit entsprechenden Filtermöglichkeiten eine Anfrage vom Kanban-Board zur Bearbeitung aus, die zur Vermeidung von Doppelvergaben anschließend für andere Nutzer gesperrt ist (vgl. Abbildung 4.24). Sofern der Nutzer die Fähigkeiten zur Bearbeitung des Auftrags in seinem Profil nachweisen kann und die Anfrage in einer von ihm gewählten offenen Produktionswerkstatt umsetzbar ist, erstellt er daraus ein Angebot für den Kunden. Auch hier findet eine Dynamisierung statt. Die Planungshorizonte sind für den Nutzer durch die ad hoc eingehenden und individuellen Produktionsanfragen sehr kurz. Die Produktion findet bedarfsorientiert statt. Es gibt keine kundenanonymen Komponenten, die mit Vorlauf geplant und gefertigt werden, und der Bruttoprimärbedarf stellt in der Regel den Nettoprimärbedarf dar (A1).





Abbildung 4.24: Ablauf der Fertigung nach Open PPS (Open PPS Anteile in blau)

Nutzer kann jede Person werden, die über entsprechende Fähigkeiten verfügt. Dafür hat sie die Möglichkeit, auf der Plattform ein Profil anzulegen und dort ihre Fähigkeiten (z. B. in Form von Zertifikaten, Teilnahmebestätigungen, Schulungen) einzutragen, die durch einen Netzwerkvertreter bestätigt werden. Der Nachweis der Fähigkeiten soll auf alle offenen Produktionswerkstätten übertragbar sein, um den Einweisungsaufwand in einer bestimmten Werkstatt zu minimieren und die Flexibilität und Freiheit des Nutzers zu maximieren. Sobald das Profil angelegt ist, startet die Bewertungsperiode (A1). Der Nutzer ist anschließend für sich selbst, für seine Finanzen und für sein Handeln eigenverantwortlich und haftbar (A1, A8).

### Beschreibung der Auftragsbearbeitung

Nachdem der Kunde das Angebot angenommen hat, wird daraus ein Auftrag. Der Nutzer mietet sich dann zeit- und bedarfsweise in eine offene Produktionswerkstatt ein und plant die Fertigung sowie die Produktionsbedarfe (A2, A3). Open PPS eröffnet ihm dann drei Möglichkeiten der Materialbeschaffung (A4–A6). Zum einen kann er – ganz gemäß des Aachener PPS-Modells – das benötigte Material selbst über Lieferanten beschaffen. Dieses Vorgehen kommt dann zum Tragen, wenn sich die anderen Optionen als nicht zweckmäßig herausstellen (A4).

Als zweite Möglichkeit kann er das Material aus einer der offenen Produktionswerkstätten beziehen, sofern es dort vorrätig ist und nicht verwendet wird. Durch Verknüpfungen kann er dafür bei Open PPS jederzeit prüfen, wie die einzelnen Materialbestände in den OPWs aussehen. Dieser Sharing-Ansatz wird dadurch möglich, dass alle Partner in diesem heterarchischen Netzwerk gleichgestellt sein sollen. Als Nebeneffekt soll dadurch weniger Abfall entstehen, da netzwerkweit ebenfalls der Bestand an Verschnittresten einsehbar ist und darauf kurzfristig durch den Nutzer zurückgegriffen werden kann. Dadurch sollen durch kürzere Verweilzeiten Lagerkosten reduziert und der Materialausnutzungsgrad erhöht werden (A5). Dies gilt auch für nicht verwendetes Material oder Verschnittreste des Nutzers, die dieser wiederum nach Abschluss der Fertigung der OPW zur Verfügung stellen kann (A8).

Als dritte Möglichkeit kann der Nutzer das Material über verhandelte Materialkontingente abrufen. Diese Kontingente sollen dazu führen, dass Skaleneffekte durch große Bestellmengen und/oder Reservierungen erzielt werden und der Verwaltungsaufwand für den einzelnen Nutzer, der dadurch keine Lieferanten gesondert anfragen muss, reduziert wird. Sie werden durch die Netzwerkvertreter verhandelt, die ihre Erfahrung und ihr Wissen zu typischen Materialverbräuchen als Betreiber offener Produktionswerkstätten einbringen (A6).

Insbesondere die zweite und dritte Möglichkeit führen dabei auch zu einer Harmonisierung der Produktpreise, da sich die Einkaufspreise des Materials netzwerkweit auf einem gleichen oder vergleichbaren Niveau befinden. Dadurch ist der Produktpreis lediglich von der Gewinnspanne des einzelnen Nutzers abhängig. Außerdem werden die einzelnen Beschaffungswege über einen Informationsaustausch überwacht, um dadurch das Angebot kontinuierlich zu verbessern (A4–A6).

Auch die Fertigung durch den Nutzer ist in Open PPS dynamisiert. Der Nutzer fertigt seinen Auftrag dezentral und ohne Fertigungsleitstand. Er ist dadurch für sein Handeln selbst verantwortlich. Daher plant und steuert er seine Produktion auch vollständig selbst anhand seiner eigenen Priorisierungsregeln. Da bedarfsorientiert und individuell gefertigt wird, sind auch hier die Planungshorizonte des Nutzers in der Regel sehr kurz (A7).

Außerdem soll die gesamte Fertigung effizienter und datenbasierter ablaufen. Hierfür kann der Nutzer auch während der Produktion auf fertigungsrelevante Daten ähnlicher Aufträge aus dem Archiv zugreifen. Dadurch hat er die Möglichkeit, die Maschinenbelegung durch die Erfahrungswerte vorangegangener Aufträge genauer zu planen. So wird Maschinenstillstand durch irrtümlich zu hoch angesetzte Maschinenbelegung reduziert. Dadurch soll die Kapazität

der einzelnen OPWs und damit die des gesamten Netzwerks erhöht werden (A2, A3, A7). Außerdem sind so auf mittlere Sicht die Kapazitäten für jeden Nutzer besser einzuschätzen.

Nach der Fertigung bereitet der Nutzer abschließend den Versand vor, nimmt das Produkt ggf. beim Kunden in Betrieb und lässt eine Endabnahme durch den Kunden vornehmen. Als Hersteller und Inverkehrbringer ist hier also der Nutzer (und nicht wie sonst ein Unternehmen) für die Qualität und Gewährleistung verantwortlich. Sollte es also zu einer Mängelrüge durch den Kunden kommen, ist der Nutzer für die Bearbeitung der Mängel verantwortlich. Die Betreiber der offenen Produktionswerkstatt sind hiervon nicht betroffen (A8). Für die Umsetzung der Mängelabwicklung oder für den Fall, dass ein Kunde ein individuell angefertigtes Produkt doch nicht mehr wünscht, sollten während der Implementierungsphase allgemeine Geschäftsbedingungen erstellt werden, die diesen Ablauf regeln.

Nach Abschluss der Fertigung erhalten alle Beteiligten ihre Bewertungspunkte. Die finanzielle Abwicklung des Projekts zwischen Kunde und Nutzer (Bezahlung für die Fertigung) und zwischen Nutzer und Betreiber der offenen Produktionswerkstatt (Nutzung der Maschinen und der Infrastruktur) sind hiervon losgelöst.

#### **4.5 Kritische Reflexion und Ausblick**

In diesem Kapitelabschnitt wird die gewählte Methodik und der Scope der Entwicklung des Open PPS-Modells abschließend kritisch reflektiert. Das methodische Vorgehen sah einen dreistufigen Ansatz mit induktivem Charakter vor, in dem aus speziellen und spezifischen Anforderungen, die in Kapitel 3.4.5 zusammengefasst sind, ein allgemeines Modell entwickelt wurde. Die Vorgehensweise ist dem Modell der Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Lösungen nach der VDI 2221 1993 nachempfunden, das für diesen Anwendungsfall angepasst wurde.

Im ersten Schritt wurde für die Auswahl eines Modells als Grundlage der Entwicklung zunächst eine Literaturanalyse entsprechend dem zweiten Schritt des Integrative Literature Reviews nach Torracco 2005 durchgeführt. Hierfür wurden lediglich drei Quellen aus dem deutschen Sprachraum verwendet. Diese geringe Auswahl kann jedoch dadurch legitimiert werden, dass die Quellen zu den wenigen gehören, die konkrete Prozesse zur Produktionsplanung und -steuerung abbilden und die darin befindlichen Modelle praktisch implementierbar sind. Dadurch liefern sie eine gute Grundlage für die weitere Entwicklung. Bestärkt wurde diese Auswahl außerdem durch Ansicht des VDI, der diese Werke für die Praxis empfiehlt und auch

verlegt, sowie durch die wissenschaftliche Relevanz, die den drei Quellen innerhalb der fertigungstechnischen Community zugeschrieben wird.

Im zweiten Schritt folgte die Anwendbarkeitsanalyse. Die Anwendbarkeitsanalyse ist keine bekannte wissenschaftliche Methode und sieht lediglich den Abgleich zwischen einem Soll- und dem Ist-Zustand vor. Zur Unterstützung der Analyse wurde daher das House of Quality aus der Quality Function Deployment nach Akao 2004 und Taguchi 1986 hinzugezogen und angepasst. Dabei mussten die Kundenanforderungen (Anforderungen aus Kapitel 3.4.5) als Marktsicht mit den Leistungsmerkmalen (Prozesse und Aufgaben, die das Aachener PPS-Modell vorsieht) als Prozesssicht in Bezug gesetzt werden. Stellte sich dabei heraus, dass diese vereinbar sind, konnte der Prozess als für den vorliegenden Fall anwendbar ausgewiesen werden. Andernfalls musste er angepasst oder neu modelliert werden. Obwohl das House of Quality für eine solche Analyse ursprünglich nicht vorgesehen ist, konnte die Anwendbarkeitsanalyse erfolgreich durchlaufen und notwendige Änderungen zum Aachener PPS-Modell dokumentiert werden.

Die anschließende Modellierung erfolgte zunächst aufgabenweise. Die einzelnen Aufgaben stellten dabei nach dem angepassten Modell der VDI 2221 1993 die Detailmodelle dar. Diese wurden anschließend zur lokalen Ebene und zur Netzwerkebene vereint, die Beschreibungen zu diesen Ebenen stellen wiederum die Teilmodelle dar. Diese zwei Teilmodelle wurden anschließend zum Open PPS-Modell als Gesamtmodell zusammengeführt. Durch den zunächst sehr hohen Detailgrad konnten also nach dem angepassten House of Quality Leistungsmerkmale angepasst oder neu modelliert werden, die anschließend in das Open PPS-Modell überführt wurden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die gewählte Forschungsmethodik mit dem Ansatz der VDI 2221 1993 und dem angepassten House of Quality erfolgreich angewendet werden konnte, da die in diesem Kapitel gestellten Sub-Forschungsfragen in der jeweiligen Zusammenfassung erfolgreich beantwortet werden konnten.

Als Scope für die Entwicklung wurde außerdem ausschließlich die Modellierung auf konzeptioneller Ebene gesehen. Das bedeutet zum einen, dass Anforderungen, die die Implementierung betreffen, nicht berücksichtigt wurden. Zum anderen wurden alle notwendigen Aufgaben, die die spätere Implementierung der Open PPS betreffen und während der Entwicklung des Modells identifiziert wurden, nicht bearbeitet. Diese betreffen neben technischen Fragestellungen zur Umsetzung aus organisatorischer Sicht die Entwicklung eines Rahmens für die Wahl und Aufgaben der Netzwerkvertreter, die Ausarbeitung des Verfahrens zur Messung von

Komplexität für die dynamische Auftragsverteilung, die Entwicklung von Angeboten zum Aufbau von Fähigkeiten für Nutzer, der Aufbau des Verfahrens zur praktischen Bewertung von Nutzern und Betreibern sowie der Aufbau von einheitlichen und abgestimmten allgemeinen Geschäftsbedingungen für Nutzer und Betreiber.

Die Entwicklung des Modells ist mit diesem letzten inhaltlichen Kapitel erfolgreich abgeschlossen. In Kapitel 5 folgt die Zusammenfassung sowie die kritische Reflexion der Ergebnisse. Dafür werden zunächst die Teilergebnisse der jeweiligen Kapitel kurz vorgestellt und anschließend – mit Bezug auf alle getroffenen Annahmen und herausgestellten Limitationen – kritisch reflektiert. Abschließend wird der weitere Forschungsbedarf beschrieben und ein Ausblick gegeben.

## 5 Zusammenfassung

Megatrends wie die Neo-Ökologie, Urbanisierung und Individualisierung führen in Bezug auf die globalisierte Produktion und die damit verbundenen komplexen Lieferketten gegenwärtig zu einem gesellschaftlichen Umdenken. Katalysiert durch Ereignisse wie die COVID-19 Pandemie oder den russischen Angriffskrieg in der Ukraine ist dadurch die Entwicklung regionaler Resilienzen und kurzer Lieferketten mit geringen Abhängigkeiten wieder zunehmend in den Fokus gerückt. Ein Ansatz hierfür stellt das Konzept Fab City dar. Bestandteil dieses Konzeptes ist die Etablierung eines Städtenetzwerks, in dem in offenen sowie dezentralen und vernetzten Produktionswerkstätten durch Unternehmen und Bürger bedarfsorientiert hochgradig individualisierte Produkte hergestellt werden können. Solche Produktionsnetzwerke bedürfen für eine zielgerichtete Auftragsabarbeitung mit Rücksicht auf ökonomische, ökologische und soziale Gesichtspunkte einer Produktionsplanung und -steuerung, die gegenwärtig weder in der Praxis noch in der Theorie existiert.

Ziel dieser Arbeit war daher die Entwicklung eines Modells für die Produktionsplanung und -steuerung. Das Kernelement ist dabei die Entwicklung von Prozessmodellen für die einzelnen Aufgaben auf der Netzwerkebene und der lokalen PPS-Ebene. Die Forschung zielte konkret auf die ganzheitliche Auslegung eines Modells zur Produktionsplanung und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg ab.

Zunächst wurden im *ersten Kapitel* dieser Arbeit die Motivation und die Problemstellung anhand eines praktischen Fallbeispiels zur Produktion von persönlicher Schutzausrüstung in einer offenen Produktionswerkstatt während der ersten Phase der COVID-19-Pandemie sowie dazugehörige Handlungsfelder beschrieben. Darauf folgte die Erarbeitung der Zielsetzung der Arbeit sowie die Darstellung und Beschreibung des forschungsmethodischen Rahmens und des Aufbaus der Arbeit.

Im Fokus des *zweiten Kapitels* standen die Analyse und Definition der theoretischen Grundlagen. Da das Forschungsfeld den Bereich der PPS wie auch den Bereich der offenen Produktionswerkstatt betrifft, wurden beide Begriffe definiert. Anschließend folgte eine Literaturanalyse gemäß der Methode des Integrative Literature Reviews, bei der festgestellt werden konnte, dass die Forschungsfrage auch in der Theorie noch nicht ausreichend behandelt worden war. Der Forschungsbedarf konnte damit sowohl in der Praxis als auch in der Theorie verifiziert werden.

Aufbauend auf dieser Erkenntnis war das Ziel des *dritten Kapitels* die induktive Erhebung von Anforderungen an das Open PPS-Modell. Hierfür wurde eine Einzelfallstudie als Forschungsdesign gewählt. Die Datenerhebung erfolgte mittels 17 halbstrukturierter Experteninterviews und einer direkten und offenen Beobachtung in neun offenen Produktionswerkstätten. Die gesammelten Daten wurden anschließend ausgewertet und analysiert. Dies erfolgte typenweise für kommerzielle, universitäre und Community-betriebene Werkstätten. Trotz der teilweise großen Unterschiede zwischen diesen Typen konnten als Ergebnis insgesamt 30 Anforderungen erhoben werden, die zu acht Hauptkategorien verdichtet wurden. Wesentliche Anforderungen sind u. a. die Modellierung einer einzelnen holistischen Plattform, die von allen Akteuren mit gleichem Aufwand nutzbar ist, sowie eine standardisierte Abforderung von Auftragsinformationen mit anschließender Wahl eines Fertigungsverfahrens. Darüber hinaus wurden als wesentliche Anforderungen die Entwicklung einer gerechten Auftragsvergabe, ein Archiv für realisierte Projekte sowie eine Matchingfunktion, die Kunden und Nutzern zusammenführt, genannt.

Diese Anforderungen stellten die Eingangsgrößen für die Entwicklung der Open PPS im *vierten Kapitel* dar. Für die Modellierung wurde zunächst als Grundlage das Aachener PPS-Modell ausgewählt, das sukzessive in den neuen Kontext transferiert wurde. Hierfür wurde eine Anwendbarkeitsanalyse durchgeführt, bei der die Leistungsmerkmale (die Prozesse) des Aachener PPS-Modells mit den Anforderungen aus der Marktsicht abgeglichen wurden. Alle im Aachener PPS-Modell beschriebenen Prozesse, die sich dabei als anwendbar herausstellten, konnten in der Folge in das neue Modell übernommen werden. Für alle Anforderungen, die jedoch im Aachener PPS-Modell nicht abgebildet werden können, mussten neue Prozesse modelliert werden. Ziel des vierten Kapitels war damit mit Bezug auf die im dritten Kapitel erarbeiteten Anforderungen die konkrete Beantwortung der Forschungsfrage:

*Wie kann ein Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten am Fallbeispiel Hamburg ganzheitlich ausgelegt werden?*

Als Antwort auf diese Forschungsfrage kann festgestellt werden, dass für das Open PPS-Modell insbesondere auf Netzwerkebene erhebliche Anpassungen durch die Modellierung neuer Prozesse und Aufgaben notwendig waren. Auf der lokalen PPS-Ebene hingegen waren nur kleinere Änderungen notwendig. Bei der Konzeption der Open PPS wurden nachfolgende wesentliche Änderungen und Paradigmenwechsel zum Aachener PPS-Modell vollzogen:

Zunächst erfolgt für die Netzwerkauslegung in Open PPS die Planung von einheitlichen Maschinenfunktionen statt der Planung von Produkten oder Produktfamilien. Dadurch wird eine

individualisierte und bedarfsorientierte Ad-hoc-Produktion mit sehr kurzen Vorlaufzeiten ermöglicht. Aufgrund der fehlenden Produktplanung findet bei Open PPS auch keine Absatzplanung und Budgetplanung statt. Aufgrund des Ansatzes der (zukünftig nahezu) lokalen Produktion entfällt auch die Make-or-Buy-Analyse. Ferner werden keine kundenanonymen Teile hergestellt.

In Open PPS sind außerdem mit dem Betreiber, dem Nutzer und dem Kunden mehrere heterarchische Rollen verfügbar. Eine einzelne Person kann eine oder mehrere davon gleichzeitig oder zeitversetzt einnehmen, wodurch die im Aachener PPS-Modell vorgesehene Rollenaufteilung zwischen Hersteller und Kunde verschwimmt. Es ist auch möglich, dass der Kunde an der Produktion mitwirkt und dadurch zum Prosumenten wird. Damit rücken Produktion und Konsum näher zusammen.

Auch die Anfrageverwaltung unterliegt in Open PPS einem Paradigmenwechsel. Zunächst hat jeder Bedarfsträger die Möglichkeit, eine Anfrage an das Netzwerk zu stellen, die anschließend anhand der Maschinenfunktionen des Netzwerks auf Umsetzbarkeit geprüft wird. Darauf folgt als Prozess die eigens entwickelte dynamische Anfrageverwaltung als neues Steuerungs- und Prioritätssystem. Sie bewertet die geprüfte Anfrage anhand der Parameter Komplexität und Liegezeit, wodurch anschließend Bewertungspunkte vergeben werden können. Alle Akteure müssen eine bestimmte Anzahl an Bewertungspunkten pro Zeit erreichen, um Teil des Netzwerks bleiben zu dürfen.

Für die eigentliche Produktion kann sich ein Nutzer außerdem die für ihn aktuell günstigste offene Produktionswerkstatt als Fertigungsinsel auswählen, wodurch die Produktion flexibilisiert wird. Außerdem erfolgt diese ohne Fertigungsleitstand und damit maximal dezentralisiert sowie eigenverantwortlich durch den Nutzer, der seine Fertigungsabfolge selbstständig plant und priorisiert. Für die Materialbestellung stehen ihm neben der klassischen Bestellung außerdem die Beschaffung über Netzwerkkontingente sowie die Beschaffung aus den Beständen benachbarter offener Produktionswerkstätten zur Verfügung. Nach der Produktion haftet der Nutzer als Hersteller und Inverkehrbringer jedoch auch und ist für Gewährleistung sowie für die finanzielle Abwicklung verantwortlich.

Zusammenfassend sieht die Open PPS damit die folgenden und wesentlichen Paradigmenwechsel vor:

- **Demokratisierung:** Die Open PPS sieht eine demokratische Führung des Produktionsnetzwerks vor, in dem alle Akteure gleichberechtigt sind und zur Förderung und



Weiterentwicklung des Netzwerks einen regelmäßigen Beitrag leisten müssen, welcher standardisiert und dynamisch bewertet wird.

- Individualisierung: Die Produktion erfolgt bedarfsorientiert und hochgradig individuell. Durch die unterschiedlichen Rollen ist sogar eine Verschmelzung von Produzenten und Konsumenten zu Prosumenten möglich.
- Flexibilität: Open PPS plant Maschinenfunktionen statt Produkte oder Produktfamilien, was zu einer höheren Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Netzwerks führt.
- Dezentralisierung: Durch die Einbeziehung verschiedener Standorte und Akteure wird der Produktionsprozess dezentralisiert, was zu einer besseren Nutzung und Verteilung von Ressourcen sowie zu einer höheren Effizienz führt.
- Nachhaltigkeit: Open PPS unterstützt die nachhaltige Produktion durch die maximierte Nutzung vorhandener Ressourcen, durch eine räumliche Nähe zwischen Produktion und Konsum sowie durch die Minimierung von Abfall durch einen besseren Materialausnutzungsgrad.

Durch das stringente Vorgehen konnte mit Open PPS somit ein ganzheitliches Modell zur Produktionsplanung und -steuerung für dezentrale, vernetzte und offene Produktionswerkstätten entwickelt werden, das auf Anforderungen und Randbedingungen beruht, die in Interviews mit Nutzern und Betreibern von OPWs aus der Metropolregion Hamburg bzw. in direkter und offener Beobachtung dieser OPWs erhoben wurden. Dadurch konnten die im Fallbeispiel zur Produktion von Faceshields identifizierten Handlungsfelder vollumfänglich bearbeitet werden. Die Paradigmenwechsel stellen einen fundamentalen Wandel in der Produktionsplanung und -steuerung dar und können zu einer höheren Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit führen.

## 5.1 Kritische Reflexion der Arbeit

Methodisch erfolgte die Entwicklung des Modells in Anlehnung an das Modell der Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Lösungen nach der VDI 2221 1993, das für diese Arbeit angepasst wurde. In diesem zweistufigen Ansatz wurden zunächst die Anforderungen über eine Triangulation mit einem Mixed-Methods-Ansatz immer weiter detailliert und anschließend über ein angepasstes House of Quality aus der Quality Function Deployment nach Akao 2004 und Taguchi 1986 in einzelne Prozessmodelle überführt, die wiederum sukzessive zum Open PSS-Modell fusioniert wurden. Dieser gewählte forschungsmethodische Rahmen konnte insgesamt erfolgreich umgesetzt werden, da sowohl die Erhebung der Anforderungen als auch die Modellierung erfolgreich abgeschlossen werden konnten. Allerdings beziehen sich die Anforderungen spezifisch auf die Metropolregion Hamburg als Kontext, da sie dort erhoben wurden. Ob sie auf andere Kontexte umlegbar sind, wurde nicht

geprüft. Da Open PPS jedoch genau für diesen Kontext und auf Grundlage der dort erhobenen Anforderungen entwickelt wurde, sind die Daten nach Hussy et al. 2010 für diesen Sonderfall generalisierbar. Die These, dass die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit verallgemeinerbar sind, wird außerdem dadurch gestützt, dass der untersuchte Fall repräsentativ für die Entwicklung und die Zustände in anderen Fab Cities ist und deshalb das Modell als transferierbar betrachtet wird.

Inhaltlich beruht Open PPS auf mehreren Annahmen und unterliegt verschiedenen Limitationen. Als Limitation ist zunächst zu erwähnen, dass das Modell zwar auf Anforderungen beruht, die durch Interviews in der Praxis erhoben wurden und dadurch durch die Interviewpartner in gewissem Maße gestaltbar waren, Open PPS in der Praxis aber noch nicht implementiert und validiert wurde. Die wissenschaftliche Qualität des Modells konnte jedoch über mehrere Kriterien sichergestellt werden. Zunächst basiert das Modell auf dem Aachener PPS-Modell, welches weit verbreitet ist und in anderen Arbeiten ausreichend getestet und validiert wurde. Außerdem erfolgte die Anpassungen des Modells mithilfe praktisch erhobener Anforderungen, für die eine theoretische Sättigung erreicht wurde und die für den Kontext generalisierbar sind. Die für die Modellierung gewählte Methodik der Dekomposition komplexer Anforderungen und Integration von Lösungen stellt außerdem eine etablierte Methode dar. Ferner handelt es sich beim Open PPS-Modell um eine theoretische Darstellung. Für die spätere Implementierung des Modells ist die Entwicklung eines User Interfaces sowie die technische Entwicklung von Schnittstellen notwendig, die dann sukzessive validiert werden können. Durch die Einzigartigkeit des Modells und die darin abgebildeten Paradigmenwechsel ist eine theoretische Validierung in Ermangelung eines Vergleichsmodells oder Benchmarks zum jetzigen Zeitpunkt nicht zweckmäßig.

Eine weitere Limitierung besteht in Hinblick auf die unterschiedlichen Zwecke der einzelnen offenen Produktionswerkstätten, die im Rahmen der Einzelfallstudie untersucht wurden. Ziel des Modells ist unter anderem die Förderung und Organisation der lokalen Produktion. Während der Anforderungserhebung ist jedoch deutlich geworden, dass insbesondere in den Community-betriebenen und universitären offenen Produktionswerkstätten teilweise noch ein großer Nachholbedarf im Maschinenpark und dem Mindset der Nutzer besteht, um diese Produktion leisten zu können. Diese Limitation muss spätestens mit einer späteren Implementierung ausgeräumt werden, damit das Open PPS-Modell seine Wirkung entfalten kann.

Eine ebenfalls zu erwähnende Limitation ist die Anfragestruktur, welche überwiegend als Market-Pull aufgebaut wird. Abgesehen von dem in Open PPS vorgesehenen Beratungsgespräch oder dem Archiv, in dem durch realisierte Projekte versucht werden kann, eine Innovation zu

vermarkten, ist ein Market-Push quasi nicht umsetzbar. Dieser Umstand geht mit dem Paradigmenwechsel der Planung und der eventuellen Vermarktung von Maschinenfunktionen statt konkreten Produkten oder Produktfamilien einher. Hierzu wird in der Praxis geprüft werden müssen, wie innovativ das Netzwerk trotz dieser Limitation agieren kann.

Eine wesentliche Annahme, auf der Open PPS beruht, ist die vorausgesetzte aktive Mitarbeit an der Weiterentwicklung des Netzwerks durch die Nutzer und Betreiber. Beteiligen sich nur wenige Nutzer und offene Produktionswerkstätten, hat Open PPS für die jeweilige Stadt oder den jeweiligen urbanen Raum nur eine geringe Relevanz. Daher müssen weitere Netzwerkpartner aufgenommen werden. Durch den demokratischen Aufnahmeprozess hat allerdings jeder Betreiber die Möglichkeit, diese Aufnahme zu verhindern. Wird diese Möglichkeit zu häufig in Anspruch genommen, würde dies das Wachstum des Netzwerks torpedieren. Daher setzt das Modell voraus, dass das nachhaltige und gemeinschaftliche Wachstum angestrebt wird.

Ferner wird angenommen, dass die Partner sich als Mitglieder eines heterarchischen und kollaborativen Netzwerks verstehen und absolut gleichgestellt sind. Sie sollen eine faire Zusammenarbeit verfolgen und durch das Teilen von Wissen und Daten wachsen. Es könnte aber sein, dass – anders als angenommen – die gewählten Netzwerkvertreter in ihrer Amtszeit die Möglichkeit nutzen, Entscheidungen zuungunsten anderer Betreiber zu treffen. Ferner könnten sich einige Nutzer zur Steigerung ihres Profits in einem Sub-Netzwerk unter der Hand und an der Vorabprüfung vorbei gegenseitig Anfragen zuspieren, sofern sie bereits ausreichend Bewertungspunkte für den Bewertungszeitraum erhalten haben.

Es wurde außerdem davon ausgegangen, dass innerhalb des Netzwerks kein Wettbewerb im eigentlichen Sinne zwischen den Nutzern oder Betreibern stattfinden soll und Nutzer nicht als Einzelgänger agieren sollen, die andere Partner aus dem Netzwerk drängen wollen, um sich größere Marktanteile zu sichern. Dies würde einerseits zu einer Verkleinerung des Netzwerks in Bezug auf die Anzahl der Partner führen und gleichzeitig die angestrebte Kollaboration und Heterarchie torpedieren.

Mehrwert bietet Open PPS als interdisziplinäres Modell grundsätzlich für alle Akteure, die ein lokales und kollaboratives Netzwerk für die urbane Produktion mit mehreren Partnern anstreben, sofern die Annahmen erfüllt werden. Dabei profitieren zunächst die Nutzer und Betreiber von der Organisationsstruktur des Netzwerks und den klaren und standardisierten Abläufen (z. B. Bestellung über Kontingente, zentrale Anfrageverwaltung mit großem Anfragepool, Nutzung von Wissen und Daten). Außerdem ist von einer höheren und optimierten Maschinenauslastung auszugehen. Später profitieren jedoch auch die Kunden des Netzwerks, da durch

den wachsenden Datenbestand im Archiv immer mehr Wissen vorhanden sein wird und dadurch der individuelle Konstruktionsaufwand für ein Produkt und damit dessen Preis sinken wird. Außerdem haben sie die Möglichkeit, direkt in Kontakt mit ihrem Hersteller zu treten, und durch die angeglichenen Preisstruktur sowie die Individualisierung wird der Wert eines Produkts – anstelle des Werts einer Marke – wieder stärker in den Fokus geraten.

Open PPS wird nach der Implementierung die lokale und urbane Wertschöpfung mit dem unternehmerischen Ansatz dabei unterstützen, individuelle Produkte auf dem Markt zu etablieren und die vorhandene Produktionsinfrastruktur überhaupt erst sichtbar zu machen. Außerdem ist davon auszugehen, dass der Handel auch in einer Fab City weiterhin über monetäre Werte ablaufen wird. Daher werden auch in Städten, die dann Open PPS eingeführt haben, die Betreiber und Nutzer für sich selbst wirtschaften müssen. Das Modell muss dann genutzt werden, um die Nutzer und Betreiber dahingehend zu unterstützen und die jeweilige Fab City als unternehmerisches Netzwerk zu etablieren.

Auch für die Wissenschaft bietet Open PPS nach der Implementierung einen Mehrwert, da sich Prototypen und Demonstratoren entwickeln und in einer (zielführenderweise universitären) offenen Produktionswerkstatt fertigen lassen. Für die Weiterentwicklung dieser Prototypen und der daraus folgenden Etablierung eines Produkts ist die Vernetzung des unternehmerischen und wissenschaftlichen Ansatzes vielversprechend, da über die Nutzer und Betreiber kommerzieller Werkstätten die Stimme des Marktes mit der Stimme der Forschung und Entwicklung über die Nutzer und Betreiber universitärer Werkstätten verzahnt werden kann. Diese Kollaboration der unterschiedlichen Stakeholder hat das Potenzial, zukünftig neue Arten von Produkten für die Kunden des Netzwerks zu entwickeln. Dieses Wissen soll dann im Archiv abgelegt werden, um einen Market-Push zu initiieren.

Open PPS ist mit dem unternehmerischen und dem wissenschaftlichen Ansatz aber keineswegs auf einen Fab City Kontext beschränkt. Grundsätzlich kann das Modell in allen Produktionsnetzwerken mit kleinen, mittleren und großen Unternehmen Anwendung finden, die das Teilen von Daten und Wissen vorsehen und durch ihre Mitglieder demokratisch organisiert sind. Kleine und mittelständische Unternehmen können das Open PPS-Modell nutzen, um ihre Produktion zu optimieren und ihre Kapazitäten besser auszulasten. Durch die Teilnahme am Netzwerk können sie auf eine große Bandbreite an Wissen und Infrastruktur zugreifen und ihre Produktion dadurch flexibler gestalten. Dadurch erlangen sie einerseits die Möglichkeit, schneller von Änderungen in der Nachfrage zu erfahren und andererseits konkret auf diese Änderungen zu reagieren, indem sie ihre Produktion im Netzwerkverbund dahingehend anpassen.

Für große Unternehmen liegt der Mehrwert in der Optimierung der Lieferketten und der (notwendigen) Verkürzung des Planungshorizonts. Durch die Demokratisierung des Netzwerks können sie außerdem auf eine größere Anzahl an Lieferanten und Produktionsstätten zugreifen, um ebenfalls ihre Kapazitäten zu maximieren. Außerdem bietet Open PPS aufgrund der individuellen und bedarfsorientierten Produktion, auf die sie abgestimmt ist, das Potenzial, die Kundenzufriedenheit zu steigern.

Zusammenfassend leistet die vorliegende Arbeit einen wesentlichen Beitrag zur Produktionsplanung und -steuerung in regionalen Netzwerken mit offenen Produktionswerkstätten. Durch das Open PPS-Modell wird die Organisation, Strukturierung und Steuerung eines solchen Netzwerks ermöglicht, wodurch den beteiligten Akteuren in Städten und urbanen Räumen ein Werkzeug zur Verfügung gestellt wird, das kurze Lieferketten und regionale Resilienz unterstützt.

## 5.2 Ausblick

Den Abschluss der Arbeit soll schlussendlich der Ausblick auf nachfolgende Schritte und weiteren Forschungsbedarf bilden. Um Open PPS zukünftig zu implementieren und zu evaluieren, wird es die Unterstützung der Partner einer Fab City oder eines Produktionsnetzwerks brauchen. Dabei soll der Implementierungsprozess initial durch die jeweiligen Netzwerkmanager gestartet werden. Wesentliche Schwerpunkte werden dabei die Entwicklung eines User Interfaces sowie die technische Umsetzung von Schnittstellen sein. Ein weiterer Fokus wird auf der Gestaltung des Prozesses zur Wahl der Netzwerkvertreter, auf dem Aufbau von Fähigkeiten und Fertigkeiten durch die Nutzer sowie auf der Entwicklung von allgemeinen Geschäftsbedingungen für das Netzwerk liegen. Die Ergebnisse richten sich also in erster Linie an die Netzwerkmanager und an initial unterstützende Akteure, jedoch anschließend aufgrund des Ziels der (nahezu ausschließlichen) lokalen Produktion an alle beteiligten Akteure.

Während der Implementierung und anschließenden Nutzung wird es weiteren Forschungsbedarf geben. Desiderate sind in diesem Zusammenhang das Identifizieren und Bewerten von Auswirkungen der Open PPS auf die Produktivität, Effizienz und Rentabilität des jeweiligen Produktionsnetzwerks. Damit verbunden ist auch die Analyse der Interaktionen mit dem Modell und der tatsächlichen Anwendbarkeit. Außerdem wird die Erforschung der Übertragbarkeit des Modells auf andere Kontexte und Industriezweige ein wesentliches Thema darstellen. Die in diesem Rahmen erlangten Erkenntnisse können in der Folge im Sinne eines Regelkreises wiederum zur Optimierung der jeweiligen Open PPS beitragen. Beispielsweise können hierbei

durch eine weitere Zusammenarbeit mit KMUs und Unternehmen noch weitere Anforderungen für die jeweilige Branche erhoben werden.

Die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen stellt ebenfalls einen wissenschaftlichen Schwerpunkt dar, da mit der Implementierung der Open PPS wesentliche Paradigmenwechsel innerhalb eines Produktionsnetzwerks vollzogen werden, wodurch neue und bisher nicht realisierte Formen von Geschäftsbeziehungen entstehen können. Inhaltlich wird die Messung der Komplexität in der Anfrageverwaltung ebenfalls ein eigenes Forschungsfeld darstellen, um die dynamische Anfrageverwaltung und die damit verbundene Vergabe von Bewertungspunkten zu optimieren.

Die Forschungsbedarfe zeigen, dass die Umsetzung der Open PPS in der Praxis ein komplexes Unterfangen ist und daher weitere Forschung und Entwicklung erfordert. Mit der Konzeption des Open PPS-Modell ist jedoch der Rahmen geschaffen worden, um diese Forschung und Entwicklung zu beginnen. Es liegt nun an den jeweiligen Netzwerk- und Fab City Akteuren, die Ergebnisse dieser Arbeit zu nutzen, um eine Produktionsplanung und -steuerung für ihren städtischen Raum umzusetzen.

## 6 Literaturverzeichnis

- Adamson, Göran; Wang, Lihui; Holm, Magnus; Moore, Philip (2015): Cloud manufacturing – a critical review of recent development and future trends. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, S. 1–34.
- Akao, Yoji (2004): *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*: SteinerBooks.
- Albey, Erinç; Bilge, Ümit (2011): A hierarchical approach to FMS planning and control with simulation-based capacity anticipation. In: *International Journal of Production Research* 49 (11), S. 3319–3342.
- Alinani, Karim; Liu, Deshun; Zhou, Dong; Wang, Guojun (2020): Service Composition and Optimal Selection in Cloud Manufacturing: State-of-the-Art and Research Challenges. In: *IEEE Access* 8, S. 223988–224005.
- Arica, Emrah; Powell, Daryl J. (2014): A framework for ICT-enabled real-time production planning and control. In: *Advanced Manufacturing* 2 (2), S. 158–164.
- be Isa, Johannes; Zimmermann, Thomas; Scherwitz, Phiipp; Reinhart, Gunther (2020): Tactical Production Planning for Customer Individual Products in Changeable Production Networks. In: Nyhuis, P.; Herberger, D.; Hübner, M. (Hg.): *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics : CPSL 2020*. Hannover : publish-Ing., 2020, S. 448-457.
- Blikstein, Paulo (2018): *Maker Movement in Education: History and Prospects*. In: Marc de Vries (Hg.): *Handbook of technology education*. With 108 figures and 40 tables. Cham: Springer (Springer reference), S. 419–437.
- Bouzary, Hamed; Frank Chen, F. (2018): Service optimal selection and composition in cloud manufacturing: a comprehensive survey. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 97 (1-4), S. 795–808.
- Branding, Jan-Hauke; Basmer-Birkenfeld, Sissy-Ve; Redlich, Tobias (2019): Using Open Production Sites for Supporting New Ways of Corporate Innovation. In: Tobias Redlich, Manuel Moritz und Jens P. Wulfsberg (Hg.): *Co-Creation*. Cham: Springer International Publishing (Management for Professionals), S. 21–35.
- Brem, Alexander; Viardot, Eric; Nylund, Petra A. (2021): Implications of the coronavirus (COVID-19) outbreak for innovation: Which technologies will improve our lives? In: *Technological forecasting and social change* 163, S. 120451.
- Brydges, Taylor (2018): “Made in Canada”: Local production networks in the Canadian fashion industry. In: *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien* 62 (2), S. 238–249.
- Buckholtz, Ben; Ragai, Ihab; Wang, Lihui (2015): Cloud Manufacturing: Current Trends and Future Implementations. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137 (4), Artikel 040902.
- Buergin, Jens; Belkadi, Farouk; Hupays, Christoph; Gupta, Ravi Kumar; Bitte, Frank; Lanza, Gisela; Bernard, Alain (2018): A modular-based approach for Just-In-Time Specification of customer orders in the aircraft manufacturing industry. In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 21, S. 61–74.

- Buxbaum-Conradi, Sonja; Basmer-Birkenfeld, Sissy Ve; Redlich, Tobias (2019): OPEN LABs: Erfahrungsbasiertes, vernetztes Lernen in offenen Produktionswerkstätten. In: *Lernen&Lehren* 135 (4), S. 115–119.
- Buxbaum-Conradi, Sonja; Branding, Jan-Hauke; Basmer-Birkenfeld, Sissy-Ve; Osunyomi, Babsile Daniel; Redlich, Tobias; Langenfeld, Markus; Wulfsberg, Jens P. (2018): Lokale Einbettung und globale Kollaborationsprozesse offener Produktionswerkstätten: Ein Einblick in die deutsche und arabische Maker-Community. In: *Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung*: Springer Gabler, Wiesbaden, S. 79–92.
- Capati, Alessandro (2017): Architectural Modeling in a Fab Lab. In: Barbara E. A. Piga und Rossella Salerno (Hg.): *Urban design and representation. A multidisciplinary and multisensory approach*. Cham: Springer, S. 117–126.
- Caridi, Maria; Cavalieri, Sergio (2004): Multi-agent systems in production planning and control: an overview. In: *Production Planning & Control* 15 (2), S. 106–118.
- Carvalho, Vasco M. (2014): From Micro to Macro via Production Networks. In: *Journal of Economic Perspectives* 28 (4), S. 23–48.
- Chen, Shengkai; Fang, Shuliang; Tang, Renzhong (2020): An ANN-Based Approach for Real-Time Scheduling in Cloud Manufacturing. In: *Applied Sciences* 10 (7), S. 2491.
- Chen, Tin-Chih Toly; Wang, Yu-Cheng (2021): A fuzzy mid-term capacity and production planning model for a manufacturing system with cloud-based capacity. In: *Complex Intelligence Systems* 7 (1), S. 71–85.
- Coe, Neil M.; Dicken, Peter; Hess, Martin (2008): Global production networks: realizing the potential. In: *Journal of Economic Geography* 8 (3), S. 271–295.
- Coe, Neil M. (2012): Geographies of production II. In: *Progress in Human Geography* 36 (3), S. 389–402.
- Coe, Neil M.; Yeung, Henry Wai-chung (2019): Global production networks: mapping recent conceptual developments. In: *Journal of Economic Geography* 19 (4), S. 775–801.
- Davis, Ann E. (2018): Global Production Networks and the Private Organization of World Trade. In: *Journal of Economic Issues* 52 (2), S. 358–367.
- Dellaert, Benedict G. C. (2019): The consumer production journey: marketing to consumers as co-producers in the sharing economy. In *Journal of the Academy of Marketing Science* 47 (2), S. 238–254.
- Diez, Tomas (2016): *Fab City whitepaper: Locally productive, globally connected self-sufficient cities*.
- Drayse, Mark H. (2008): Globalization and Regional Change in the U.S. Furniture Industry. In: *Growth and Change* 39 (2), S. 252–282.
- Dresing, Thorsten; Pehl, Thorsten (2018): *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. 8. Auflage. Marburg: Eigenverlag.
- Eisenhardt, Kathleen M. (1989): Building Theories from Case Study Research. In: *AMR* 14 (4), S. 532–550.
- Eisenhardt, Kathleen M.; Graebner, Melissa E. (2007): Theory Building From Cases: Opportunities And Challenges. In: *AMJ* 50 (1), S. 25–32.



- Ernst, Dieter; Kim, Linsu (2002): Global production networks, knowledge diffusion, and local capability formation. In: *Research Policy* 31 (8-9), S. 1417–1429.
- Eversheim, Walter (2002): *Organisation in der Produktionstechnik*. 4., bearb. und korrigierte Aufl. Berlin: Springer.
- Eversheim, Walter; Schuh, Günther (Hg.) (2005): *Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung*. 1. Aufl.: Springer Berlin Heidelberg (VDI-Buch).
- Fastermann, Petra (2014): FabLabs – wie sich in offenen Werkstätten weitere Möglichkeiten erschließen. In: Petra Fastermann (Hg.): *3D-Drucken. Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Technik im Fokus Daten Fakten Hintergründe), S. 57–59.
- Fleig, Jürgen (2021): Quality Function Deployment (QFD). Was bedeuten Quality Function Deployment (QFD) und House of Quality? Online verfügbar unter <https://www.business-wissen.de/hb/was-bedeuten-quality-function-deployment-qfd-und-house-of-quality/>, zuletzt geprüft am 22.03.2023.
- Flick, Uwe (2011): Triangulation. In: *Empirische Forschung und Soziale Arbeit: VS Verlag für Sozialwissenschaften*, S. 323–328.
- Florensa, Luis Marcelo; Márquez-Ramos, Laura; Martínez-Zarzoso, Inmaculada; Recalde, María Luisa (2015): Regional versus global production networks: where does Latin America stand? In: *Applied Economics* 47 (37), S. 3938–3956.
- Flyvbjerg, Bent (2006): Five Misunderstandings About Case-Study Research. In: *Qualitative Inquiry* 12 (2), S. 219–245.
- Gaalman, Gerard J.C.; Suresh, Nallan C. (1999): Towards an integration of process planning and production planning and control for flexible manufacturing systems. In: *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 11 (1), S. 5–17.
- Garetti, Marco; Taisch, Marco (1999): Neural networks in production planning and control. In: *Production Planning & Control* 10 (4), S. 324–339.
- Gershenfeld, Neil A. (2007): *Fab. The coming revolution on your desktop - from personal computers to personal fabrication*. Paperback publ. New York, NY: Basic Books.
- große Austing, Stephan (2012): *Komplexitätsmessung von Produktmodellen*. Dissertation. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg.
- Guide, V.Daniel R. (2000): Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. In: *Journal of Operations Management* 18 (4), S. 467–483.
- Guide, V.Daniel R.; Jayaraman, Vaidyanathan; Srivastava, Rajesh (1999): Production planning and control for remanufacturing: a state-of-the-art survey. In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 15 (3), S. 221–230.
- Guo, Liang (2016): A system design method for cloud manufacturing application system. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84 (1-4), S. 275–289.
- Guo, Liang; Qiu, Jingxiong (2018): Optimization technology in cloud manufacturing. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 97 (1-4), S. 1181–1193.

- Gyulai, Dávid; Pfeiffer, András; Monostori, László (2017): Robust production planning and control for multi-stage systems with flexible final assembly lines. In: *International Journal of Production Research* 55 (13), S. 3657–3673.
- Hackstein, Rolf (1989): *Produktionsplanung und-steuerung (PPS). Ein Handbuch für die Betriebspraxis.* Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Hamalainen, Markko; Karjalainen, Jesse (2017): Social manufacturing: When the maker movement meets interfirm production networks. In: *Business Horizons* 60 (6), S. 795–805.
- Hartig, Sascha; Duda, Sven; Hildebrandt, Lennart (2020): Urgent need hybrid production - what COVID-19 can teach us about dislocated production through 3d-printing and the maker scene. In: *3D printing in medicine* 6 (1), S. 37.
- He, Wu; Xu, Lida (2015): A state-of-the-art survey of cloud manufacturing. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 28 (3), S. 239–250.
- Hees, Andreas; Bayerl, Christina; van Vuuren, Brian; Schutte, Corné S.L.; Braunreuther, Stefan; Reinhart, Gunther (2017a): A Production Planning Method to Optimally Exploit the Potential of Reconfigurable Manufacturing Systems. In: *Procedia CIRP* 62, S. 181–186.
- Hees, Andreas; Schutte, Corné S. L.; Reinhart, Gunther (2017b): A production planning system to continuously integrate the characteristics of reconfigurable manufacturing systems. In: *Production Engineering - Research and Development*. 11 (4-5), S. 511–521.
- Heinrich, Lutz J.; Riedl, René; Heinzl, Armin (2011): Modelle und Konzepte. In: Lutz J. Heinrich, Armin Heinzl und René Riedl (Hg.): *Wirtschaftsinformatik. Einführung und Grundlegung*. 4. Aufl. 2011. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch), S. 214–227.
- Helfferrich, Cornelia (2009): Interviewplanung und Intervieworganisation. In: *Die Qualität qualitativer Daten: VS Verlag für Sozialwissenschaften*, S. 167–193.
- Henderson, Jeffrey; Dicken, Peter; Hess, Martin; Coe, Neil; Yeung, Henry Wai-chung (2002): Global production networks and the analysis of economic development. In: *Review of International Political Economy* 9 (3), S. 436–464.
- Hersen, Michel; Barlow, David H. (1982): Single-case experimental designs. Strategies for studying behavior change. Reprint. Oxford: Pergamon Pr (Pergamon international library of science, technology, engineering and social studies, 56).
- Hildebrandt, Lennart; Moritz, Manuel; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2022a): Open Source Hardware and Decentralized Urban Production for Urgently Needed Products during the COVID-19 Pandemic, 2022 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 2022, S. 1-10.
- Hildebrandt, Lennart; Moritz, Manuel; Seidel, Benedikt; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2020): Urbane Mikrofabriken für die hybride Produktion. In: *ZWF* 115 (4), S. 191–195.
- Hildebrandt, Lennart; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2021): Production Planning And Control In Distributed And Networked Open Production Sites – An Integrative Literature Review. Unter Mitarbeit der Technischen Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner: Hannover : publish-Ing.

- Hildebrandt, Lennart; Zadow, Svenja; Lange, Luisa; Langhammer, Michel; Moritz, Manuel; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2022b): What are the Role and Capabilities of Fab Labs as a Contribution to a Re-silient City? Insights from the Fab City Hamburg. Unter Mitarbeit von Technische Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner: Hannover : publish-Ing.
- Hochdörffer, Jan; Buergin, Jens; Vlachou, Ekaterini; Zogopoulos, Vasilios; Lanza, Gisela; Mourtzis, Dimitris (2018): Holistic approach for integrating customers in the design, planning, and control of global production networks. In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 23, S. 98–107.
- Horvath, Joan; Cameron, Rich (2015): What's a Makerspace (or Hackerspace)? In: Joan Horvath und Rich Cameron (Hg.): *The new shop class. Getting started with 3D printing, arduino, and wearable tech; [the technology, the innovators, and how to inspire scientific thinking.* New York, NY: Apress (technology in action), S. 59–71.
- Huang, Biqing; Li, Chenghai; Yin, Chao; Zhao, Xinpei (2013): Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 65 (9-12), S. 1261–1272.
- Huang, Ronghuai; Kinshuk; Chang, Ting-Wen (Hg.) (2018): *Authentic Learning Through Advances in Technologies.* Singapore: Springer (Springer eBook Collection Education).
- Hussy, Walter; Schreier, Margrit; Echterhoff, Gerald (2010): Mixed-Methods-Designs. In: Walter Hussy, Margrit Schreier und Gerald Echterhoff (Hg.): *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften. Für Bachelor.* Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch), S. 285–296.
- Hynes, Morgan M.; Hynes, Wendy J. (2018): If you build it, will they come? Student preferences for Makerspace environments in higher education. In: *International Journal of Technology and Design Education* 28 (3), S. 867–883.
- Jaehne, D. M.; Li, M.; Riedel, R.; Mueller, E. (2009): Configuring and operating global production networks. In: *International Journal of Production Research* 47 (8), S. 2013–2030.
- Kano, Noriaki (1984): Attractive Quality and Must-Be Quality. In: *Journal of the Japanese Society for Quality Control* 31 (4), S. 147–156.
- Kelber, Michael; Noennig, Jörg Rainer; Nyhuis, Peter (2020): Rapid and Long-term Measures for Prevention and Mitigation of Communication Barriers in Production Networks. In: *Proceedings of the 1st Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2020).*
- Klooster, Dan; Mercado-Celis, Alejandro (2016): Sustainable Production Networks: Capturing Value for Labour and Nature in a Furniture Production Network in Oaxaca, Mexico. In: *Regional Studies* 50 (11), S. 1889–1902.
- Kohl, Holger; Orth, Ronald; Riebartsch, Oliver; Galeitzke, Mila; Cap, Jan-Patrick (2015): Support of Innovation Networks in Manufacturing Industries Through Identification of Sustainable Collaboration Potential and Best-Practice Transfer. In: *Procedia CIRP* 26, S. 185–189.
- Košturiak, Ján; Gregor, Milan (1995): Total production control. In: *Production Planning & Control* 6 (6), S. 490–499.

- Krätke, Stefan (2014): How manufacturing industries connect cities across the world: extending research on 'multiple globalizations'. In: *Global Networks* 14 (2), S. 121–147.
- Kruse, Jan (2014): *Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).
- Kubicek, Herbert (1976): *Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesign als Elemente einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung*. Berlin: Inst. für Unternehmensführung (Arbeitspapier / Institut für Unternehmensführung im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Freien Universität Berlin, 16).
- Kuckartz, Udo (2018): *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4., überarbeitete Aufl. Weinheim: Beltz (Grundlagentexte Methoden).
- Kuehnle, Hermann (2007): A system of models contribution to production network (PN) theory. In: *J Intell Manuf* 18 (5), S. 543–551.
- Kunovjanek, Maximilian; Wankmüller, Christian (2021): An analysis of the global additive manufacturing response to the COVID-19 pandemic. In: *JMTM* 32 (9), S. 75–100.
- Lanza, Gisela; Ferdows, Kasra; Kara, Sami; Mourtzis, Dimitris; Schuh, Günther; Váncza, József et al. (2019): Global production networks: Design and operation. In: *CIRP Annals* 68 (2), S. 823–841.
- Lanza, Gisela; Peukert, Sina; Steier, Gwen Louis (2022): Latest advances in cloud manufacturing and global production networks enabling the shift to the mass personalization paradigm. In: *Design and Operation of Production Networks for Mass Personalization in the Era of Cloud Technology*: Elsevier, S. 39–77.
- Li, Wenxiang; Zhu, Chunsheng; Wei, Xia; Rodrigues, Joel J.P.C.; Wang, Kun (2017): Characteristics analysis and optimization design of entities collaboration for cloud manufacturing. In: *Concurrency Computat Pract Exper* 29 (14), e3948.
- Liu, Yongkui; Wang, Lihui; Wang, Xi Vincent; Xu, Xun; Jiang, Pingyu (2019a): Cloud manufacturing: key issues and future perspectives. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 32 (9), S. 858–874.
- Liu, Yongkui; Wang, Lihui; Wang, Xi Vincent; Xu, Xun; Zhang, Lin (2019b): Scheduling in cloud manufacturing: state-of-the-art and research challenges. In: *International Journal of Production Research* 57 (15-16), S. 4854–4879.
- Liu, Yongkui; Xu, Xun (2017): Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 139 (3), Artikel 034701.
- Lou, Ping; Hu, Jiwei; Zhu, Cui; Yan, Junwei; Yuan, Liping (2021): Cooperation Emergence of Manufacturing Services in Cloud Manufacturing With Agent-Based Modeling and Simulating. In: *IEEE Access* 9, S. 24658–24668.
- Maccarthy, Bart L.; Fernandes, Flavio C. F. (2000): A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. In: *Production Planning & Control* 11 (5), S. 481–496.
- MacInnis, Deborah J. (2011): A Framework for Conceptual Contributions in Marketing. In: *Journal of Marketing* 75 (4), S. 136–154.

- MacKinnon, D. (2012): Beyond strategic coupling: reassessing the firm-region nexus in global production networks. In: *Journal of Economic Geography* 12 (1), S. 227–245.
- Mahutga, Matthew C. (2014): Production Networks and the Organization of the Global Manufacturing Economy. In: *Sociological Perspectives* 57 (2), S. 229–255.
- Maia Chagas, Andre; Molloy, Jennifer C.; Prieto-Godino, Lucia L.; Baden, Tom (2020): Leveraging open hardware to alleviate the burden of COVID-19 on global health systems. In: *PLoS biology* 18 (4).
- Mcfarlane, Duncan C.; Bussmann, Stefan (2000): Developments in holonic production planning and control. In: *Production Planning & Control* 11 (6), S. 522–536.
- Mella, Piero (2019): The ghost in the production machine: the laws of production networks. In: *K 48* (6), S. 1301–1329.
- Moghaddam, Mohsen; Nof, Shimon Y. (2018): Collaborative service-component integration in cloud manufacturing. In: *International Journal of Production Research* 56 (1-2), S. 677–691.
- Moritz, Manuel; Redlich, Tobias; Günyar, Süleyman; Winter, Lukas; Wulfsberg, Jens P. (2019): On the Economic Value of Open Source Hardware – Case Study of an Open Source Magnetic Resonance Imaging Scanner. In: *Journal of Open Hardware* 3 (1), Artikel 2.
- Neumann, Konstantin; van Erp, Tim; Steinhöfel, Erik; Sieckmann, Felix; Kohl, Holger (2021): Patterns for Resilient Value Creation: Perspective of the German Electrical Industry during the COVID-19 Pandemic. In: *Sustainability* 13 (11), S. 6090.
- Niaros, Vasilis; Kostakis, Vasilis; Drechsler, Wolfgang (2017): Making (in) the smart city: The emergence of makerspaces. In: *Telematics and Informatics* 34 (7), S. 1143–1152.
- Nyhuis, Peter; Münzberg, Ben; Kennemann, Marco (2009): Configuration and regulation of PPC. In: *Production Engineering - Research and Development*. 3 (3), S. 287–294.
- Olhager, Jan; Wikner, Joakim (2000): Production planning and control tools. In: *Production Planning & Control* 11 (3), S. 210–222.
- Oliver, Kevin M. (2016a): Professional Development Considerations for Makerspace Leaders, Part One: Addressing “What?” and “Why?”. In: *TechTrends* 60 (2), S. 160–166.
- Oliver, Kevin M. (2016b): Professional Development Considerations for Makerspace Leaders, Part Two: Addressing “How?”. In: *TechTrends* 60 (3), S. 211–217.
- Oluyisola, Olumide Emmanuel; Sgarbossa, Fabio; Strandhagen, Jan Ola (2020): Smart Production Planning and Control: Concept, Use-Cases and Sustainability Implications. In: *Sustainability* 12 (9), S. 3791.
- Pannok, Maik; Finkbeiner, Marco; Fasel, Henrik; Riese, Julia; Lier, Stefan (2020): Transformable Decentral Production for Local Economies with Minimized Carbon Footprint. In: *ChemBioEng Reviews* 7 (6), S. 216–228.
- Pearce, Joshua M. (2020): A review of open source ventilators for COVID-19 and future pandemics. In: *F1000Research* 9, S. 218.
- Perez-Aleman, P. (2003): Decentralised production organisation and institutional transformation: large and small firm networks in Chile and Nicaragua. In: *Cambridge Journal of Economics* 27 (6), S. 789–805.

- Picot, Arnold; Reichwald, Ralf; Wigand, Rolf T. (2003): Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management; Lehrbuch zur Unternehmensführung im Informationszeitalter. 5. aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Gabler (Lehrbuch).
- Pohl, Klaus; Rupp, Chris (2009): Basiswissen Requirements Engineering. Aus- und Weiterbildung zum "Certified Professional for Requirements Engineering" ; Foundation Level nach IREB-Standard. 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt-Verl.
- Pomfret, Richard (2020): Global Production Networks, New Trade Technologies and the Challenge for International Institutions. In: *Foreign Trade Review* 55 (1), S. 21–41.
- Prause, Gunnar; Atari, Sina (2017): On sustainable production networks for Industry 4.0. In: *JESI* 4 (4), S. 421–431.
- Qu, T.; Lei, S. P.; Wang, Z. Z.; Nie, D. X.; Chen, X.; Huang, George Q. (2016): IoT-based real-time production logistics synchronization system under smart cloud manufacturing. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84 (1-4), S. 147–164.
- Ramsauer, Christian; Friessnig, Matthias (2016): Einfluss der Maker Movement auf die Forschung und Entwicklung. In: Hubert Biedermann (Hg.): *Industrial Engineering und Management. Beiträge des Techno-Ökonomie-Forums der TU Austria*. 1. Aufl. 2016. Wiesbaden: Springer Gabler (Techno-ökonomische Forschung und Praxis), S. 43–61.
- Rasche, Andreas; Chia, Robert (2009): Researching Strategy Practices: A Genealogical Social Theory Perspective. In: *Organization Studies* 30 (7), S. 713–734.
- Rauch, Erwin; Dallasega, Patrick; Matt, Dominik T. (2018): Complexity reduction in engineer-to-order industry through real-time capable production planning and control. In: *Production Engineering - Research and Development* 12 (3-4), S. 341–352.
- Redlich, Tobias; Buxbaum-Conradi, Sonja; Basmer-Birkenfeld, Sissy-Ve; Moritz, Manuel; Krenz, Pascal; Osunyomi, Babsile Daniel et al. (2016): OpenLabs -- Open Source Microfactories Enhancing the FabLab Idea. In: 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). Koloa, HI, USA, 05.01.2016 - 08.01.2016: IEEE, S. 707–715.
- Redlich, Tobias; Moritz, Manuel (2016): Bottom-up Economics. Foundations of a Theory of Distributed and Open Value Creation. In: Jan-Peter Ferdinand, Ulrich Petschow und Sascha Dickel (Hg.): *The Decentralized and Networked Future of Value Creation*. Cham: Springer International Publishing (Progress in IS), S. 27–57.
- Ren, Lei; Zhang, Lin; Tao, Fei; Zhao, Chun; Chai, Xudong; Zhao, Xinpei (2015): Cloud manufacturing: from concept to practice. In: *Enterprise Information Systems* 9 (2), S. 186–209.
- Ren, Lei; Zhang, Lin; Wang, Lihui; Tao, Fei; Chai, Xudong (2017): Cloud manufacturing: key characteristics and applications. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 30 (6), S. 501–515.
- Sandkuhl, Kurt; Smirnov, Alexander (2018): Context-oriented Knowledge Management in Production Networks. In: *Applied Computer Systems* 23 (2), S. 81–89.
- Sato, R.; Tsai, T. L. (2004): Agile production planning and control with advance notification to change schedule. In: *International Journal of Production Research* 42 (2), S. 321–336.

- Saxenian, AnnaLee (1991): The origins and dynamics of production networks in Silicon Valley. In: *Research Policy* 20 (5), S. 423–437.
- Schmidt, Matthias; Schäfers, Philipp (2017): The Hanoverian Supply Chain Model: modelling the impact of production planning and control on a supply chain's logistic objectives. In: *Production Engineering - Research and Development* 11 (4-5), S. 487–493.
- Schuh, Guenther; Prote, Jan-Philipp; Luckert, Melanie; Hünnekes, Philipp; Schmidhuber, Matthias (2019): Effects of the update frequency of production plans on the logistical performance of production planning and control. In: *Procedia CIRP* 79, S. 421–426.
- Schuh, Günther (Hg.) (2006): *Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte*. 3., völlig neu bearb. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer (VDI-/Buch]).
- Schuh, Günther; Scholz, Patrick (2020): Case study on technological applications for production planning and control in the context of industry 4.0. In: *Proceedings of the 1st Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2020)*, S. 408–417.
- Seawright, Jason; Gerring, John (2008): Case Selection Techniques in Case Study Research. In: *Political Research Quarterly* 61 (2), S. 294–308.
- Shchekoldin, Aleksei; Balkanskii, Andrei; Korpan, Lidia (2019): Organization of an Experimental Workshop Workspace on the Example of ITMO University FabLab. In: Sebastiano Bagnara (Hg.): *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*. Volume VII: Ergonomics in Design, Design for All, Activity Theories for Work Analysis and Design, Affective Design, Bd. 824. Unter Mitarbeit von Riccardo Tartaglia, Sara Albolino, Thomas Alexander und Yushi Fujita. Cham: Springer International Publishing AG (Advances in Intelligent Systems and Computing Ser, v.824), S. 1814–1820.
- Sheridan, Kimberly; Halverson, Erica Rosenfeld; Litts, Breanne; Brahms, Lisa; Jacobs-Priebe, Lynette; Owens, Trevor (2014): Learning in the Making: A Comparative Case Study of Three Makerspaces. In: *Harvard Educational Review* 84 (4), S. 505–531.
- Simeone, Alessandro; Deng, Bin; Caggiano, Alessandra (2020): Resource efficiency enhancement in sheet metal cutting industrial networks through cloud manufacturing. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 107 (3-4), S. 1345–1365.
- Starbek, Marko; Grum, Janez (2000): Selection and implementation of a PPC system. In: *Production Planning & Control* 11 (8), S. 765–774.
- Steffenhagen, Hartwig (1996): *Wirkungen der Werbung. Konzepte - Erklärungen - Befunde*. 1. Aufl. Aachen: Verl. der Augustinus-Buchhandlung.
- Stevenson, Mark; Hendry, L. C.; Kingsman, Brian G. (2005): A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. In: *The International Journal of Production Research* 43 (5), S. 869–898.
- Strübing, Jörg (2014): *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung eines pragmatistischen Forschungsstils*. 3., überarbeitete und erweiterte Aufl. 2014. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Springer eBook Collection).
- Sturgeon, Timothy J. (2002): Modular production networks: a new American model of industrial organization. In: *Industrial and Corporate Change* 11 (3), S. 451–496.

- Sturgeon, Timothy J. (2001): How Do We Define Value Chains and Production Networks? \*. In: IDS Bulletin 32 (3), S. 9–18.
- Taguchi, Gen'ichi. (1986): Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes. Asian Productivity Organization, Tokyo.
- Tao, Fei; Zhang, Lin; Venkatesh, V. C.; Luo, Y.; Cheng, Y. (2011): Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 225 (10), S. 1969–1976.
- Tao, Fei; Zhang, Lin; Liu, Yongkui; Cheng, Ying; Wang, Lihui; Xu, Xun (2015): Manufacturing Service Management in Cloud Manufacturing: Overview and Future Research Directions. In: Journal of Manufacturing Science and Engineering 137 (4), Artikel 040912.
- Torraco, Richard J. (2005): Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. In: Human Resource Development Review 4 (3), S. 356–367.
- Troxler, Peter (2013): Making the third industrial revolution: The struggle for polycentric structures and a new peer-production commons in the FabLab community. In: Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching (Hg.): FabLab of machines, makers and inventors. Berlin, Bielefeld: De Gruyter; transcript (Kultur- und Medientheorie), S. 181–196.
- Troxler, Peter (2016): Fabrication Laboratories (Fab Labs). In: Jan-Peter Ferdinand, Ulrich Petschow und Sascha Dickel (Hg.): The Decentralized and Networked Future of Value Creation. Cham: Springer International Publishing (Progress in IS), S. 109–127.
- van Holm, Eric Joseph (2015): What are Makerspaces, Hackerspaces, and Fab Labs? In: SSRN Journal.
- VDI 2221 (1993): 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.
- Voigt, Stefan; Seidel, Holger; Orth, Ronald; Kohl, Holger (2016): Herausforderung für Unternehmen. In: Holger Kohl, Kai Mertins und Holger Seidel (Hg.): Wissensmanagement im Mittelstand. Grundlagen - Lösungen - Praxisbeispiele. 2. vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, S. 9–18.
- Walter-Herrmann, Julia; Büching, Corinne (2013): Notes on FabLabs. In: Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching (Hg.): FabLab of machines, makers and inventors. Berlin, Bielefeld: De Gruyter; transcript (Kultur- und Medientheorie)., S. 9–24.
- Weng, M. X.; Wu, Z.; Qi, G.; Zheng, L. (2008): Multi-agent-based workload control for make-to-order manufacturing. In: International Journal of Production Research 46 (8), S. 2197–2213.
- Whyte, William Foote (1988): Learning from the field. A guide from experience. 1. Paperback print. Beverly Hills, Calif.: SAGE.
- Wiendahl, Hans-Peter; Lutz, S. (2002): Production in Networks. In: CIRP Annals 51 (2), S. 573–586.
- Wiendahl, Hans-Peter (2010): Betriebsorganisation für Ingenieure. Mit 262 Abbildungen und 2 Tabellen. 7. aktualisierte Aufl. München: Hanser.
- Wiendahl, Hans-Peter; Breithaupt, Jan-Wilhelm (1999): Modelling and controlling the dynamics of production systems. In: Production Planning & Control 10 (4), S. 389–401.
- Witzel, Andreas (1985): Das problemzentrierte Interview, S. 227–255.



- Wu, Dazhong; Greer, Matthew John; Rosen, David W.; Schaefer, Dirk (2013): Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art. In: *Journal of Manufacturing Systems* 32 (4), S. 564–579.
- Yeung, Henry Wai-chung (2015): Regional development in the global economy: A dynamic perspective of strategic coupling in global production networks. In: *Regional Science Policy & Practice* 7 (1), S. 1–23.
- Yeung, Henry Wai-chung (2020): Regional worlds: from related variety in regional diversification to strategic coupling in global production networks. In: *Regional Studies*, S. 1–22.
- Yin, Robert K. (1994): Discovering the future of the case study method in evaluation research. In: *Evaluation Practice* 15 (3), S. 283–290.
- Yin, Robert K. (2003): *Case study research. Design and methods*. 3. ed. Thousand Oaks, Calif.: SAGE (Applied social research methods series, 5).
- Zäpfel, Gunther; Missbauer, Hubert (1993): Production Planning and Control (PPC) systems including load-oriented order release — Problems and research perspectives. In: *International Journal of Production Economics* 30-31, S. 107–122.
- Zhang, Lin; Luo, Yongliang; Tao, Fei; Li, Bo Hu; Ren, Lei; Zhang, Xuesong et al. (2014): Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm. In: *Enterprise Information Systems* 8 (2), S. 167–187.
- Zheng, Suli; Li, Huiping; Wu, Xiaobo (2013): Network resources and the innovation performance. In: *Management Decision* 51 (6), S. 1207–1224.
- Zhong, Ray Y.; Xu, Xun; Klotz, Eberhard; Newman, Stephen T. (2017): Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. In: *Engineering* 3 (5), S. 616–630.
- Zhou, Longfei; Zhang, Lin; Sarker, Bhaba R.; Laili, Yuanjun; Ren, Lei (2018): An event-triggered dynamic scheduling method for randomly arriving tasks in cloud manufacturing. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31 (3), S. 318–333.

Während der Anfertigung der Dissertation ausgegebene und betreute studentische Arbeiten:

- Engler, Christian (2021): Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme – eine systematische Übersichtsarbeit, Seminararbeit.
- Engler, Christian (2021): Fallstudienanalyse zur Untersuchung der Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme von Makerspaces in Hamburg aus der Sicht von Makern, Masterarbeit.
- Kiesling, Max (2021): Planung und Steuerung urbaner Produktion – Eine systematische Übersichtsarbeit, Seminararbeit.
- Kiesling, Max (2021): Ermittlung der Anforderungen der Manager von FabLabs an ein PPS-System für eine Fab City im Raum Hamburg, Masterarbeit.
- Gormanns, Jeremy (2022): Nutzwertanalyse zur Auswahl eines PPS-Systems für einen Modellversuch im Bereich FabCity im Raum Hamburg, Seminararbeit.

- Gormanns, Jeremy (2022): Neugestaltung des Produktionsplanungs- und Steuerungsprozesses für offene und vernetzte dezentrale Fertigungsstätten im Raum Hamburg auf Netzwerkebene, Masterarbeit.
- Großmann, Leonard (2022): Anforderungen an Produktionsplanung und -steuerung in offenen, vernetzten und dezentral verteilten Fertigungsstätten und die Auswahl eines geeigneten PPS-Systems, Seminararbeit.
- Großmann, Leonard (2022): Entwicklung des Produktionsplanungs- und -steuerungsprozesses auf lokaler Ebene der offenen, dezentral verteilten und vernetzten Fertigungsstätten einer FabCity, Masterarbeit.

## 7 Anhang

### 7.1 Codebuch

Tabelle 7.1: Codebuch

Code	Vergabe bei	Ankerbeispiel
1 Planen und Steuern in Hamburg	Vergabe des Codes für Aussagen zum Planen und Steuern eines Produktionsprozesses in Hamburg.	Nein. Anbindung aus Prinzip ja, für technischen Austausch, für das Leihen von Maschinen, dass die Fab Labs unter sich so ein bisschen helfen. Aber in dieser Cloud sehe ich kein Lab, kein Fab Lab im ZAL. Hat den Hintergrund, dass die Mieter im ZAL ziemlich viel Geld bezahlen, [...]
1.1 Wünsche	Vergabe des Codes für Wünsche der interviewten Personen in Bezug auf ein Hamburg-weites Planungs- und Steuerungssystem für die Produktion.	Ich würde mir eine bildliche Pick-up-Station wünschen, wo ich coole Projekte im Einkaufswagen finde.
1.2 Anforderung	Vergabe des Codes für Anforderungen der interviewten Personen in Bezug auf ein Hamburg-weites Planungs- und Steuerungssystem für die Produktion.	(...) Leichte Bedienbarkeit (lacht). Also die Usability ist halt, glaube ich, schon wichtig.
2 Kooperation	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten in Bezug auf Kooperationen.	Aber also zum Beispiel das, was man eigentlich erwarten würde, dass wir zum Beispiel viel mit dem Fab Lab St. Pauli zum Beispiel machen würden, ne, hat sich eigentlich nicht ergeben bisher.
2.1 Kooperationen mit anderen Fab Labs	Vergabe des Codes für spezifische Aussagen der Interviewten in Bezug auf	Ja, ich war eine Zeit lang noch im HoFaLab unterwegs. Das ist ja ein Lab, was sich noch im Aufbau befindet, das gibt es ja erst seit knapp 1,5 Jahren.

Code	Vergabe bei	Ankerbeispiel
	Kooperationen zwischen unterschiedlichen Fab Labs.	
2.2 Kooperationen innerhalb des Fab Labs	Vergabe des Codes für spezifische Aussagen der Interviewten in Bezug auf Kooperationen innerhalb des Fab Labs.	Wenn ich das halt jetzt mit dem HoFaLab vergleiche, die treffen sich halt nach der Arbeit, ab 20 Uhr und sprechen dann wirklich intensiv über ihre eigenen Projekte, über ihre eigenen Programmiergeschichten, da ist einfach eine nicht so kommerzielle Aura, auch wenn hier das ganz ohne Geld läuft.
3 Bedarfsmeldung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu eingehenden Bedarfsmeldungen.	Na ja, bisher haben sie uns ehrlich gesagt einfach angemailt, ne.
3.1 Wünsche bei Bedarfsmeldung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu Wünschen bei der Bedarfsmeldung.	Ja, vielleicht einheitliche Suchmasken online. Dass man im Prinzip festlegt, was man für Optionen man eingeben kann, dass einfach leicht gesucht werden kann nach Bedarfen, im Sinne von, wenn ich jetzt etwas fräsen will, dass ich dann automatisch die Auswahl hab von den Maschinen.
3.2 Probleme bei Bedarfsmeldung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu Problemen bei der Bedarfsmeldung.	Das Einzige, was vorkommt, ist, dass einer reserviert und nicht kommt.
4 Entscheidung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu Entscheidungsprozessen innerhalb des Fab Labs.	Ich treffe die (lacht).
5 Offenheit	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zur Offenheit des jeweiligen Fab Labs.	Also an dem Open Lab Day kann man komplett spontan vorbeikommen, da gibt es keine Anmeldung o. A. und normalerweise, wenn jemand anfragt, sagen wir auch immer, dass die Person am Open Lab Day vorbeikommen kann. Das ist dann

Code	Vergabe bei	Ankerbeispiel
		normalerweise von 16 Uhr bis 21 Uhr bzw. open end. An anderen Tagen muss man sich absprechen mit jemandem oder man ist Mitglied.
5.1 Spontanität	Vergabe des Codes für Angaben der Manager hinsichtlich der Spontanität, mit der Maker ihr Lab aufsuchen.	Sehr spontan. Also die meisten machen das spontan. Jeder ist ja unterschiedlich, viele sind strukturiert, die melden sich vorher an, und zumeist jüngere Leute, die kommen einfach spontan vorbei oder fragen.
6 Kunde/Nutzer	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu Nutzern ihres Fab Labs.	Es gibt ein paar Schüler, die halt irgendwie Spaß am Tüfteln haben, die dann eben vorbeikommen und dann da auch teilweise sehr langfristig Projekte realisieren. [...] Dann gibt es ältere Leute, die in Rente sind und dann auch sehr engagiert sind, da sie viel Zeit haben und dann einige Projekte gut finden und dann auch in mühevoller Kleinarbeit irgendwelche Sachen reparieren oder den 3D-Drucker optimieren und solche Sachen.
6.1 Angebote	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu speziellen Angeboten im Fab Lab (z. B. Workshops).	Das waren halt 3D-Druck, 3D-Scan und Lasercutting in Form eines Workshops angeboten und wichtig dabei ist natürlich, dass es die Leute anspricht.
6.2 DIY	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten in Bezug auf Nutzer, die etwas für sich selbst produzieren.	Ich glaube, dass – die meisten machen das für sich oder halt für ein Projekt, das sie mit andern zusammen machen.
6.3 DIFM	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten in Bezug auf Nutzer, die etwas für jemand anderen oder für ihre eigene Firma, mit kommerziellen Interessen produzieren.	Ja genau, also das Hauptgeschäft ist diese ganz klassische Auftragsarbeit [...].

Code	Vergabe bei	Ankerbeispiel
7 Finanzierung/ Bezahlung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten bezüglich der Finanzierung des Fab Labs und für Aussagen hinsichtlich eines Konzepts für die Bezahlung der Maschinennutzung.	Ne, ne, also wir haben überlegt, ob wir es machen sollen, aber der Verwaltungsaufwand ist viel größer. Also Kosten für die Verwaltung, das einzubuchen, ist größer als das, was es kostet, einen Drucker anzuschmeißen.
8 Produktionsprozess	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten, die den Produktionsprozess in ihrem Fab Lab beschreiben.	(...) Relativ ungeordnet. Du sprichst, du stellst die Fragen, als ob du sie, das nun nicht als Vorwurf verstehen, als ob sie an einen Betrieb gerichtet sind. Das ist natürlich halt jetzt so ein bisschen diese Gratwanderung, weil wir sind halt kein Betrieb in dem Sinne. Und eine Produktionsorganisationsstruktur besteht nahezu gar nicht planmäßig.
8.1 Reservierung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten hinsichtlich einer existierenden oder nicht existierenden Möglichkeit, Maschinen des Fab Labs zu reservieren.	(...) online kann man die Maschine reservieren und da muss man rechtzeitig reservieren und die ist in der Regel drei Wochen im Voraus schon reserviert.
8.2 Priorisierung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten hinsichtlich der Priorisierung von Aufträgen und/oder Nutzern in ihrem Fab Lab	Genau, also priorisiert wird der, der zuerst kommt.
8.3 Auslastung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten bezüglich des Nutzeraufkommens in ihrem Fab Lab.	Im Moment so 7–8 Mieter.

Code	Vergabe bei	Ankerbeispiel
8.4 Produkt	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu den in ihrem Fab Lab produzierten Produkten.	In Bezug auf 3D-Druck ganz viel Krimskrams, wie kleine Figuren, Scharniere, Ersatzteile für irgendwelche Plastikteile, z. B. von einer Dusche hab ich mal vor einer Weile eine Rollenhalterung gedruckt. Sonst z. B. fürs Fahrrad kleinere Adapter, GPS-Halterungen so was in die Richtung. An der CNC-Fräse geht es dann in die Richtung Möbelbau mit Holz. Da hab ich jetzt recht viele Regale oder Tische gebastelt.
8.5 Fehlende Maschinen	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten, in denen sie beschreiben, welche Maschinen ihrer Meinung nach in ihrem Fab Lab fehlen.	Wir werden also eine – wir brauchen dringend eine CNC-Fräse.
8.6 Planung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten hinsichtlich der Planung der Produktion in ihrem Fab Lab.	Das heißt, man setzt sich mit einer Arbeitsgruppe hin und überlegt, was man für einen Workshop z. B. braucht, um ein Projekt dazuhaben. Sei es jetzt Platinen z. B. entwickeln, fertigen lassen und dann zu gucken, dass man alle Bauteile auch dahat. Diesen Bereich, das sind, das sind so die Planungen, die wir haben, aber das ist halt alles immer so in Kleinserie, da sind ja keine großen Produktionen, die da laufen.
8.7 Materialverbrauch	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten hinsichtlich des Materialverbrauchs in ihrem Fab Lab.	Also man bringt ja dann die Materialien doch selber mit, außer vielleicht wenn man da einen 3D-Druck macht und dann würde man ja nur die Stromkosten sozusagen bezahlen müssen, aber das übernimmt halt die Hochschule, denn wir sind ja so oder so da.
8.8 Einweisung	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten bezüglich der notwendigen Einweisungen für die Benutzung der Maschinen in ihrem Fab Lab.	In Bezug auf 3D-Drucker oder andere Maschinen, da geht's eigentlich nur darum, jemanden anzusprechen oder just in time die Verfügbarkeit festzustellen, z. B. an der Drehmaschine, wenn man da eine Einweisung braucht, muss halt auch ein Mitarbeiter verfügbar sein. Das ist aber meistens ohne irgendwelche Planung, das ist meistens im laufenden Betrieb, da wird kurz nachgefragt und kurz eine Einweisung

Code	Vergabe bei	Ankerbeispiel
		gemacht, aber die Maschine ist auch nicht so stark frequentiert, das heißt, da gibt's auch wenig Grenzen.
8.9 Maschinenpark	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten in Bezug auf deren aktuellen Maschinenpark.	Also im Maschinenraum selbst haben wir eine Tischformatkreissäge, den dicken Hobel, den Kantenschleifer, die CNC-Fräse. Dann haben wir noch eine Metallwerkstatt, die im Endeffekt auch sehr gut aufgebaut ist. Wir können auch begrenzt 3D drucken. Dann haben wir für Werkstätten im Vergleich sehr, sehr viele Handwerkzeuge, weil einfach jeder irgendwie seine eigenen Werkzeuge eh schon mitgebracht hat und weil wir zum Teil auch außergewöhnliche Sachen machen, also bspw. einen Baum fällen und den komplett aufsägen können oder so was, und so summiert sich das halt alles.
9 Personendaten	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu allen abgefragten Basisdaten.	Ich bin duale Studentin (Elektro- und Informationstechnik) an der HAW und arbeite bei Getriebebau Nord. Ich bin aktuell im fünften Bachelor-Semester.
10 USP	Vergabe des Codes für Aussagen der Interviewten zu(m) USP(s) ihres Fab Labs.	[...]. Das ist halt auch das Thema. Ich mach das meiste mit Holz, aber ich verbinde das auch oft mit anderen Materialien. Was jetzt bspw. eine klassische Tischlerei gar nicht leisten kann, weil die dann auf einmal mit einem Buntmetallverbund mit Holz – die Problematik, dass sie nicht wissen, wie das geht. Das müssten sie dann wieder aus ihrer Werkstatt rausgeben, und das ist quasi unser USP sozusagen.



## 7.2 Interviewleitfaden

### Leitfaden für halbstrukturiertes Interview

**Leitfrage:** Auf welcher Basis kann ein offenes, dezentrales und vernetztes Produktionsplanungs- und -steuerungssystem für OPWs in Hamburg aufgebaut werden und welche Anforderungen gibt es hierfür?

<b>Vorabinfos zu Beginn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lennart Hildebrandt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität.</li> <li>• Ich beschäftige mich wissenschaftlich mit der dezentralen und vernetzten urbanen Produktion in offenen Produktionswerkstätten (Fab Labs).</li> <li>• Ich möchte mich mit Ihnen über die Produktionsplanung und -steuerung in (offenen) Produktionswerkstätten (Fab Labs) unterhalten.</li> <li>• Das Interview ist als halbstrukturiertes Interview aufgebaut. Es gibt also eine groben Leitfaden mit einigen Fragen, es ist ansonsten aber sehr frei.</li> <li>• Ich möchte das Interview auf maximal eine Stunde beschränken.</li> <li>• Die erhobenen Daten werden datenschutzkonform anonymisiert transkribiert, kodiert und dann ausgewertet.</li> <li>• Wenn Sie möchten, dürfen Sie auch gerne etwas zeichnen.</li> <li>• Ich bitte um Freigabe, das Interview (und ggf. die Zeichnung) für die Auswertung auf der Tonspur aufzuzeichnen. Ist das in Ordnung?</li> </ul>
<b>Basisdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter</li> <li>• Beruf</li> <li>• Bildungsstand</li> </ul>
<b>Einstieg</b>	<p><b>Für Betreiber:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie lange arbeiten Sie (ehrenamtlich oder beruflich) schon im Lab?</li> <li>• Was gehört alles zu Ihrer (ehrenamtlichen) Arbeit hier im Lab?</li> </ul> <p><b>Für Nutzer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seit wann kommen Sie schon hier ins Lab?</li> <li>• Sie sind hier im Lab aktiv. Was machen Sie hier?</li> </ul>
<b>Hauptteil</b>	<p>Fragen möglichst allgemein für Betreiber oder Nutzer formulieren:</p> <p>Mögliche Fragen (Hauptteil):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie läuft der Produktionsprozess im Fab Lab ab? (Ablauf, Planung, Steuerung, Priorisierung) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Welche Produkt- oder Prototypen-Arten werden dabei typischerweise hergestellt?</li> </ul> </li> <li>• Wie empfinden Sie das Lab? (In Bezug auf Mensch, Technik, Organisation) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wie werden Entscheidungen getroffen?</li> </ul> </li> <li>• Wie (auch durch wen) wurde und wird das Fab Lab genutzt? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (z. B. Nutzerkreis, Spontanität, wiederkehrende Ereignisse, DIY oder DIFM, Onlineauftritt)</li> </ul> </li> <li>• Wie häufig wurde und wird das Fab Lab benutzt?</li> <li>• Welche Maschinen werden im Fab Lab benutzt? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gibt es Maschinen, die einem fehlen?</li> </ul> </li> <li>• Wie melden sich Maker/Produzenten, die ein Produkt oder einen Prototyp herstellen möchten?</li> <li>• Gibt es Probleme bei der Meldung dieser Bedarfe/Reservierungen?</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Wenn ja, welche Probleme treten auf?</li><li>• Gibt es Kooperationen mit anderen Fab Labs?</li><li>• Insbesondere während der ersten Corona-Welle haben wir in Hamburg einen großen Bedarf an dezentralen Produktionsmöglichkeiten wahrgenommen. Wie (falls) wurde Ihr Lab eingebunden und wie (falls) konnte die Produktion geplant und gesteuert werden?</li><li>• Was würde man sich in Bezug auf ein solches Produktionsplanungs- und Steuerungssystem wünschen?</li></ul>
<b>Rückblick</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zusammenfassung des Gesprächs</li><li>• Möchte der Interviewte noch etwas sagen?</li><li>• Vielen Dank für die Teilnahme!</li></ul>
<b>Ausblick</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Die Antworten werden jetzt transkribiert, kodiert und anschließend ausgewertet.</li><li>• Die Auswertung mündet in einer Dissertation zur Produktionsplanung und -steuerung in offenen Produktionswerkstätten.</li><li>• Gerne stelle ich die Arbeit zur Verfügung, sobald sie veröffentlicht ist (wird vermutlich nicht vor Sommer/Herbst 2023 sein).</li></ul>

## Liste eigener Publikationen

- Hildebrandt, Lennart; Moritz, Manuel; Seidel, Benedikt; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2020): Urbane Mikrofabriken für die hybride Produktion. In: ZWF 115 (4), S. 191–195. DOI: 10.3139/104.112267.
- Hildebrandt, Lennart; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2020): Persönliche Schutzausrüstung aus der hybriden urbanen Mikrofabrik. In: ZWF 115 (9), S. 576–580. DOI: 10.3139/104.112394.
- Hildebrandt, Lennart (2020): Making in the city via Open Source Hardware. OPEN. Grenoble, 05.03.2020.
- Hartig, Sascha; Duda, Sven; Hildebrandt, Lennart (2020): Urgent need hybrid production - what COVID-19 can teach us about dislocated production through 3d-printing and the maker scene. In: 3D printing in medicine 6 (1), S. 37. DOI: 10.1186/s41205-020-00090-5.
- Hildebrandt, Lennart; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2021): Production Planning And Control In Distributed And Networked Open Production Sites – An Integrative Literature Review. Unter Mitarbeit von Technische Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner: Hannover : Institutionelles Repositorium der Leibniz Universität Hannover.
- Hildebrandt, Lennart; Moritz, Manuel; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2022): Open Source Hardware and Decentralized Urban Production for Urgently Needed Products during the COVID-19 Pandemic. In: Dunder F. Kocaoglu (Hg.): Technology management and leadership in digital transformation - looking ahead to post-COVID era. PICMET '22 : Portland International Conference on Management of Engineering and Technology : proceedings. 2022 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). Portland, OR, USA, 8/7/2022 - 8/11/2022. Portland State University; IEEE Technology and Engineering Management Society. Piscataway, NJ: IEEE, S. 1–10.
- Hildebrandt, Lennart; Zadow, Svenja; Lange, Luisa; Langhammer, Michel; Moritz, Manuel; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (2022): What are the Role and Capabilities of Fab Labs as a Contribution to a Resilient City? Insights from the Fab City Hamburg. Unter Mitarbeit von Technische Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner: Hannover : Institutionelles Repositorium der Leibniz Universität Hannover.
- Hartig, Sascha; Hildebrandt, Lennart; Fette, Marc; Meyer, Tobias; Musienko, Eugen; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens (2022): Process parameter determination for small recycling plants for the production of filament for FFF printing using the Taguchi method. In: Prog Addit Manuf 7 (1), S. 87–97. DOI: 10.1007/s40964-021-00218-x.