

Institut für Softwaretechnologie

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Masterarbeit

Cloud Manufacturing - Eine systematische Mappingstudie

Stefania Kapitza

Studiengang:	Softwaretechnik
Prüfer/in:	Prof. Dr. Stefan Wagner
Betreuer/in:	Carsten Ellwein, M.Sc. Dipl.-Ing. Wolfgang Fechner
Beginn am:	14. Dezember 2018
Beendet am:	14. Juni 2019

Kurzfassung

Die Herstellungsindustrie ist durch die Globalisierung und Digitalisierung im Wandel. Dies führt dazu das Unternehmen traditionelle Herstellungsverfahren ändern müssen, um konkurrenzfähig bleiben zu können. Technologien wie Cloud Computing, Internet der Dinge und Virtualisierung erlauben die Einführung des neuen Paradigmas Cloud Manufacturing. Cloud Manufacturing erlaubt ein serviceorientiertes Herstellungsverfahren durch die Virtualisierung und Kapselung von Ressourcen und Kapazitäten. Dies führt dazu, dass Kollaborationspartner oder Konsumenten weltweit einfach auf Herstellungsressourcen zugreifen und ihr Wissen teilen können.

Durch die Vorteile die Cloud Manufacturing bietet hat das Interesse seit der Einführung der Thematik zugenommen. Dies führt dazu, dass viele Studien in diesem Bereich veröffentlicht wurden. Da die Nutzung von verschiedenen Technologien in Cloud Manufacturing viele Teilaspekte beinhaltet, gibt es viele Forschungsthemen, die unterschiedlich ausgeprägt untersucht worden sind.

Das Ziel dieser Arbeit ist den aktuellen Forschungsstand des Cloud Manufacturing aufzuzeigen, indem eine systematische Mappingstudie durchgeführt wird. Dabei erfolgt die Identifizierung aktueller Forschungsschwerpunkte und häufig auftretender Lösungsansätze. Zusätzlich wird die Publikationsflora in diesem Bereich untersucht, wodurch relevante Verlage, Fachzeitschriften, Beiträge und Autoren aufgezeigt werden. Des Weiteren erfolgt die Ermittlung der Forschung bekannten unzureichend untersuchten Cloud Manufacturing Aspekte.

Abstract

The manufacturing industry is, due to the globalisation and digitalisation, in a change. To stay competitive, the adaptation of traditional manufacturing processes is crucial. Emerging technologies, like cloud computing, internet of things and virtualization lead to the new paradigm cloud manufacturing.

Cloud manufacturing allows a service oriented manufacturing due to the virtualisation and encapsulation of resources and capabilities. This leads to global sharing and easy access of knowledge and manufacturing resources for collaboration partners and customers. Due to the characteristics of cloud manufacturing the interest increased in the recent years. Many studies in the field of cloud manufacturing were published researching the various aspects of cloud manufacturing in different degrees of intensity.

The aim of this research is to conduct a systematic mapping study to obtain an overview of the state of the art on cloud manufacturing. The most important research areas and often used solution types are identified. Furthermore the publication flora is analysed to get important publisher, journals, proceedings and authors. Additionally, discussed research gaps in studies are detected.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
1. Einleitung	15
1.1. Motivation	15
1.2. Zielsetzung	16
1.3. Aufbau der Arbeit	17
2. Grundlagen	19
2.1. Systematische Mappingstudien	19
2.1.1. Definition der Forschungsfragen	19
2.1.2. Suche durchführen	20
2.1.3. Durchsicht der Artikel	20
2.1.4. Schlüsselwortsuche in den Kurzfassungen	20
2.1.5. Datenextraktion und Mappingprozess	20
2.2. Technologische Grundlagen	21
2.2.1. Cloud Computing	21
2.2.2. Cloud Manufacturing	22
2.2.3. Internet der Dinge	28
2.2.4. Virtualisierung und Kapselung	29
2.3. Zusammenfassung	30
3. Stand der Wissenschaft und Technik	31
3.1. Verwandte Arbeiten ohne Vorgehensmodell	31
3.2. Strukturierte Literaturanalyse	37
3.3. Zusammenfassung	38
4. Vorgehensmodell	39
4.1. Suchstrategie	39
4.2. Selektionskriterien	40
4.3. Klassifikationsstrategie	41
4.4. Zusammenfassung	41
5. Durchführung	43
5.1. Auswahl der Literatur	43
5.2. Klassifizierung der Artikel	44
5.3. Lösungstypen	46
5.4. Datenextraktion	48
5.5. Zusammenfassung	49

6. Ergebnisse	51
6.1. Ergebnisse der Forschungsfragen	51
6.1.1. Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?	51
6.1.2. Welche Lösungstypen werden geleistet?	52
6.1.3. Wie sieht die Publikationsflora aus?	53
6.1.4. Welche CM Probleme sind in der Literatur bekannt?	61
6.2. Relevanz der Publikationen	61
6.3. Zusammenfassung	65
7. Diskussion	67
7.1. Analyse	67
7.1.1. Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?	67
7.1.2. Welche Lösungstypen werden entwickelt?	69
7.1.3. Wie sieht die Publikationsflora aus?	70
7.1.4. Welche Cloud Manufacturing Probleme sind in der Literatur bekannt?	72
7.1.5. Relevanz der Publikationen	74
7.2. Gefährdung der Gültigkeit	74
7.2.1. Klassifizierungsgültigkeit	75
7.2.2. Inklusions- und Exklusionskriterien	75
7.2.3. Suchmaschinen	75
7.2.4. Endergebnisse	75
7.3. Zusammenfassung	75
8. Schlussbetrachtung	77
8.1. Zusammenfassung	77
8.2. Ausblick	78
A. Anhang	117
A.1. Anzahl der Publikationen nach Forschungsschwerpunkt	117
A.2. Zuordnung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten	118
A.3. Anzahl der Publikationen nach Lösungstyp	122
A.4. Übersicht der Fachzeitschriften	122
A.5. Übersicht der Konferenzen	127
A.6. Übersicht der Verlage	131
A.7. Übersicht der Autoren mit der Anzahl ihrer Veröffentlichungen	132
A.8. Anzahl der Zitate der Publikationen von 2010 bis 2017	133

Abbildungsverzeichnis

2.1. Mappingstudienprozess nach Petersen et al. [PFMM08]	20
2.2. Cloud Computing Service Struktur nach Mell und Grance [MG11]	22
2.3. Zwölf-schichtenarchitektur für eine Cloud Manufacturing Service Plattform nach Huang et al. [HLYZ13]	26
2.4. Vierschichtenarchitektur für eine Cloud Manufacturing Service Plattform nach Xu [Xu12]	27
3.1. Verteilung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten nach Adamson et al. [AWHM15]	36
5.1. Durchführung der Literaturselektion	44
6.1. Verteilung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten und Jahreszahl	52
6.2. Vergleich von Lösungstypen nach Jahreszahl	54
6.3. Korrelation von Forschungsschwerpunkten und Lösungstypen	54
6.4. Verteilung der Publikationen nach Jahren	55
6.5. Fünf der am häufigsten vorkommenden Fachzeitschriften der Primärliteratur	56
6.6. Fünf der am häufigsten vorkommenden Fachzeitschriften ohne Primärliteratur	56
6.7. Drei der am häufigsten vorkommenden Tagungsbänder in 2018	57
6.8. Sechs der am häufigsten vorkommenden Tagungsbänder ohne Primärliteratur	58
6.9. Zehn der am häufigsten vorkommenden Verlage ohne Primärliteratur	59
6.10. Zehn der am häufigsten vorkommenden Verlage in der Primärliteratur	59
6.11. Übersicht der Autoren mit den meisten Veröffentlichungen von 2010 bis 2018	60
6.12. Vergleich der Autoren im Bezug auf Ihre Forschungsschwerpunkte	61
6.13. Zitationsrang der Forschungsschwerpunkte	64
6.14. Zitationsrang der Lösungstypen	64

Tabellenverzeichnis

1.1. Forschungsfragen zum Aufzeigen des Forschungsstands	16
2.1. Definitionen des Cloud Manufacturing Paradigmas	23
3.1. Übersicht der Forschungsschwerpunkte in Cloud Manufacturing nach Adamson et al. [AWHM15]	33
3.2. Übersicht der Kerndienste in CM nach He und Xu [HX15]	37
3.3. Übersicht der Schlüsselcharakteristiken in Cloud Manufacturing nach Henzel und Herzwurm [HH18]	38
4.1. Übersicht der Suchmaschinen	40
4.2. Exklusionskriterien für die Auswahl der Publikationen	40
5.1. Übersicht der Suchmaschinen mit der Anzahl an gefundener Literatur	43
5.2. Kategorisierung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten	45
5.3. Übersicht der Lösungstypen	47
5.4. Datenübersicht für die Ermittlung der Ergebnisse	48
6.1. Übersicht der Publikationen nach Beitragstyp	55
6.2. Übersicht von Forschungsdefiziten in der Literatur	62
6.3. Publikationen nach Zitationsanzahl	63
A.1. Übersicht der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten von 2010 bis 2018	117
A.2. Übersicht der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten	118
A.3. Anzahl der Publikationen nach Lösungstyp	122
A.4. Übersicht der Fachzeitschriften	122
A.5. Übersicht der Konferenzen	127
A.6. Übersicht der Verlage	131
A.7. Übersicht der Autoren mit der Anzahl ihrer Veröffentlichungen	132

A.8. Übersicht der Zitationsanzahl von 2010 bis 2017 133

Verzeichnis der Listings

4.1. Suchwort für die Literaturrecherche in Suchmaschinen	40
---	----

Akronyme

- AMR** Advanced Material Research. 35
- ASME** American Society of Mechanical Engineers. 58
- CC** Cloud Computing. 15
- CIMS** Computer Integrated Manufacturing Systems. 31
- CIRP** Procedia International Academy for Production Engineering. 35
- CM** Cloud Manufacturing. 15
- CMSP** Cloud Manufacturing Service Plattform. 24
- CNKI** China National Knowledge Infrastructure. 71
- ESB** Enterprise Service Bus. 25
- laaS** Infrastructure-as-a-Service. 21
- ICISE** International Conference of Information Systems Engineering. 71
- IdD** Internet der Dinge. 15
- IECON** Conference of the Industriel Electronics Society. 71
- IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers. 57
- IJAMT** Internationl Journal of Advanced Manufacturing Technology. 31
- IJCIM** Internatinal Journal of Computer Integrated Manufacturing. 55
- IJPR** International Journal of Production Research. 55
- IMechE** Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. 71
- IMSE** International Manufacturing Science and Engineering. 31
- JIM** Journal of Intelligent Manufacturing. 55
- MSEC** Mechanical Science Engineering Conference. 71
- NFC** Nahfeldkommunikation. 28
- NIST** National Institute of Standards and Technologies. 21
- OVF** Open Virtualization Format. 29
- PaaS** Plattform-as-a-Service. 21
- PM** Procedia Manufacturing. 55

- QoS** Quality of Service. 24
- RCIM** Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 35
- RFID** Radio Frequency Identification. 28
- SaaS** Software-as-a-Service. 22
- SMS** systematische Mappingstudie. 15
- SOA** serviceorientierte Architektur. 28
- TQCSEFK** Time-to-Market, höchste Qualität, niedrigste Kosten, bester Dienst, sauberstes Umfeld, größte Flexibilität und größte Wissensbasis. 15
- UV** Conference on Universal Village. 57
- VMI** Virtual Machine Images. 29
- VMM** Virtual Maschinen Monitor. 25
- WoS** Web of Science. 31
- WSAN** drahtlose Sensor- und Aktornetze. 28

1. Einleitung

Die Herstellungsindustrie sieht sich heutzutage diversen Herausforderungen entgegengestellt. Durch die Globalisierung stehen Unternehmen weltweit unter erhöhtem Konkurrenzdruck. Der Wandel von Massenproduktion zu Massenanpassungen und Personalisierung [Sch14], komplexe Produktdesigns und eine schnelle Marktreaktion [LLS14] gehören unter anderem zu diesen Herausforderungen. Somit sind die Ziele Time-to-Market, höchste Qualität, niedrigste Kosten, bester Dienst, sauberstes Umfeld, größte Flexibilität und größte Wissensbasis (TQCSEFK) [TCX+14] von enormer Wichtigkeit, um auf dem Markt bestehen zu können. Für die Erreichung dieser Ziele, müssen neue Herstellungsmodelle eingeführt werden, welche die Kollaboration mit anderen Unternehmen miteinbeziehen, das Vorteile wie eine erweiterte Wissensbasis, Arbeits- und Ressourcenteilung mit sich bringt [AWHM15].

Eine wichtige Technologie, um Kollaborationen zu ermöglichen ist Cloud Computing (CC). Das Konzept ermöglicht Rechenressourcen als Dienste über das Netzwerk anzubieten [AWHM15]. Mit der Einbindung weiterer Technologien wie dem Internet der Dinge (IdD) und der Virtualisierung konnte ein neues Herstellungsparadigma entwickelt werden [Xu12]. Cloud Manufacturing (CM) erlaubt die Nutzung und die Teilung von virtualisierten Herstellungsressourcen über das Netzwerk zwischen diversen Nutzern. Somit können Herstellungsprozesse, Simulationen und das Designen von Produkten in Zukunft kollaborativ durchgeführt werden [TCX+14].

Dieses Kapitel gibt eine kurze Einführung in die Thematik dieser Arbeit und beschreibt in Abschnitt 1.1 den Hintergrund aus dem diese Arbeit entstand. Abschnitt 1.2 definiert die Ziele, welche diese Arbeit verfolgt. Abschnitt 1.3 fasst die vorhandenen Kapitel dieser Arbeit schließlich kurz zusammen und gibt die Struktur dieser Arbeit wieder.

1.1. Motivation

Die Vorteile des CM sind für viele Unternehmen in der Herstellungsindustrie sehr reizvoll, da die heutigen Herausforderungen der Herstellungsindustrie, mit Hilfe der Kollaboration die CM unterstützt, gemeistert werden können. Obwohl CM ein relativ neues Forschungsfeld darstellt, dessen Einführung 2010 stattfand [HH18], wurden um die Realisierbarkeit des CM untersuchen zu können, in den letzten Jahren eine hohe Anzahl an Publikationen veröffentlicht, welche sich mit Forschungsfragen im Bereich des CM beschäftigen und den Einsatz in verschiedenen Herstellungsbereichen untersuchen. Hierzu wurden viele unterschiedliche Konzepte im Bereich der Architektur, der Virtualisierung, der Bereitstellung von Diensten und der Kommunikation entwickelt. Um eine Übersicht über die verschiedenen untersuchten Teilaspekten von CM zu erhalten wird eine systematische Mappingstudie (SMS) durchgeführt, welche Forschungsschwerpunkte identifizieren und den aktuellen Forschungsstand aufzeigen soll. Die genauen Ziele sind in Abschnitt 1.2 beschrieben.

1.2. Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Durchführung einer SMS im Bereich des CM. Hierbei soll eine Gesamtübersicht anhand von Forschungsfragen erstellt werden. Sie dient dazu, die verwendete Literatur zu kategorisieren und bei der Literaturrecherche auf die Zielsetzung zu achten. Es soll herausgefunden werden, welche Themenbereiche Schwerpunkte der Forschung darstellen. Ebenso sollen unzureichend vorhandene Bereiche des CM aufgedeckt, sowie auch sich abzeichnende Trends berücksichtigt werden. Des Weiteren sollen die betrachtenden Publikationen an Hand Ihrer Metadaten analysiert werden, um zu identifizieren welche Verleger, Fachzeitschriften, Konferenzen und Autoren hauptsächlich für das Themengebiet interessant sind. In Tabelle 1.1 sind die Forschungsfragen aufgelistet, um die vorgestellten Ziele erreichen zu können.

Tabelle 1.1.: Forschungsfragen zum Aufzeigen des Forschungsstands

Abkürzung	Forschungsfrage
F1	Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?
F2	Welche Lösungstypen werden geleistet?
F3	Wie sieht die Publikationsflora aus?
F4	Welche CM Probleme sind in der Literatur bekannt?

F1 zielt darauf ab, eine grundlegende Gesamtübersicht der untersuchten Themengebiete in der Forschung und Industrie in CM zu erhalten. Dabei soll herausgearbeitet werden, welche Themengebiete im Laufe der letzten 10 Jahren besonders viel Beachtung gefunden haben und wohin sich die Schwerpunkte der Untersuchungen bewegt haben. F2 soll aufzeigen welche Lösungen in den Publikationen entwickelt worden sind. Die Ergebnisse können in unterschiedliche Lösungstypen wie Konzepte, Algorithmen und Methoden unterteilt werden. Die Beantwortung dieser Frage dient zur Kenntlichmachung der verschiedenen Problemstellungen in CM und soll darüber hinaus aufzeigen, wie Probleme gelöst werden können. Dies trägt somit auch zum Verständnis von CM bei. F3 dient dazu eine allgemeine Übersicht zur Publikationsflora von CM zu erhalten. Dabei soll die Anzahl und Art der Beitragstypen ermittelt werden, sowie wichtige Verlage, Fachzeitschriften und Konferenzen identifiziert werden. Ebenfalls werden relevante Autoren mit ihren Forschungsschwerpunkten vorgestellt. F4 zeigt auf, welche Problematiken des CM der Literatur zwar bekannt sind, jedoch bisher keine ausreichende Untersuchung erhalten haben und dementsprechend noch Forschungsbedarf besteht.

1.3. Aufbau der Arbeit

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick der einzelnen Kapiteln und ihren Inhalten. Kapitel 3 zeigt den aktuellen Stand der Technik auf, indem einige Forschungsbeiträge vorgestellt werden, die ebenfalls eine Übersicht wichtiger Thematiken in CM aufzeigen. Kapitel 4 beschreibt das genutzte Vorgehensmodell um die SMS durchzuführen. Kapitel 5 erläutert wie das in Kapitel 4 vorgestellte Vorgehensmodell angewendet worden ist. Kapitel 6 stellt die aus der Analyse erhaltenen Ergebnisse vor, indem die Forschungsfragen beantwortet werden. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse aus Kapitel 6 diskutiert indem die Schlüsselergebnisse hervorgehoben und die Bedrohungen der Gültigkeit aufgezeigt werden. Kapitel 8 schließt die Ausarbeitung, durch eine Zusammenfassung der Arbeit und einen Ausblick für mögliche weitere Arbeiten, ab.

2. Grundlagen

In Kapitel 1 wurde das Konzept des CM kurz eingeführt und die Ziele dieser Arbeit aufgezeigt. Um das Verständnis für das CM Paradigma erlangen zu können, werden hier die dazu benötigten Konzepte und Technologien vorgestellt. Die Ziele und das Vorgehen zur Realisierung einer SMS sind in Abschnitt 2.1 beschrieben. Die Schlüsseltechnologien um CM zu verwirklichen werden in Abschnitt 2.2 aufgezeigt.

2.1. Systematische Mappingstudien

Bei einer SMS handelt es sich um einen Prozess, der Informationen zu einem Themengebiet sammelt und strukturiert [PFMM08]. Die Struktur der Ausarbeitung ähnelt dabei meistens der eines Forschungsberichts. Nach Petersen et al. [PFMM08] werden die untersuchten Publikationen anhand vordefinierter Kategorien unterteilt, die inhaltliche Schwerpunkte widerspiegeln. Diese Kategorien orientieren sich meistens an den Forschungsfragen, die als Leitfaden für die Suche dienen können. Dabei werden die Publikationen nicht im Detail untersucht, sondern nach ihren Kernthemen geprüft. Der Bereich der in Frage kommenden Publikationen sollte soweit wie möglich gewählt werden, damit sämtliche Aspekte eines Themas Beachtung finden. Das Ziel ist eine Gesamtübersicht der gefundenen Publikationen, welche die Forschungsfragen behandelt. Dadurch sollen Lücken oder unzureichend behandelte Themengebiete aufgezeigt werden. Auch Trends können mit dem Verfahren entdeckt werden. Ein weiteres Ziel ist die maßgeblichen Herausgeber für die Publikationen zu identifizieren [PFMM08]. SMS in dem Bereich des Software Engineering werden hauptsächlich in Forschungsgebieten durchgeführt, in welchen ein Mangel an hochwertigen Erststudien vorhanden ist [PFMM08]. Bisher sind SMS mehrheitlich in dem medizinischen Sektor vertreten [PFMM08]. Dennoch existieren wissenschaftliche Abhandlungen, die sich mit SMS im Bereich der Softwareentwicklung beschäftigen. Beispiele hierfür sind die Publikationen von Petersen et al. [PFMM08] und Kitchenham [Kit] an dessen Vorgehensweisen sich diese SMS orientiert. Abbildung 2.1 repräsentiert den Prozess einer SMS nach Petersen et al. [PFMM08]. Darin ist zu erkennen, dass der Ablauf für die Durchführung einer SMS in mehreren Schritten erfolgt.

2.1.1. Definition der Forschungsfragen

Im ersten Schritt werden verschiedene Forschungsfragen formuliert, die im Rahmen der SMS untersucht werden sollen. Diese Fragen bilden ein Leitfaden für die Kategorisierung, welche für die Publikationen im späteren Verlauf verwendet wird, um die Forschungsfragen beantworten zu können.

2. Grundlagen

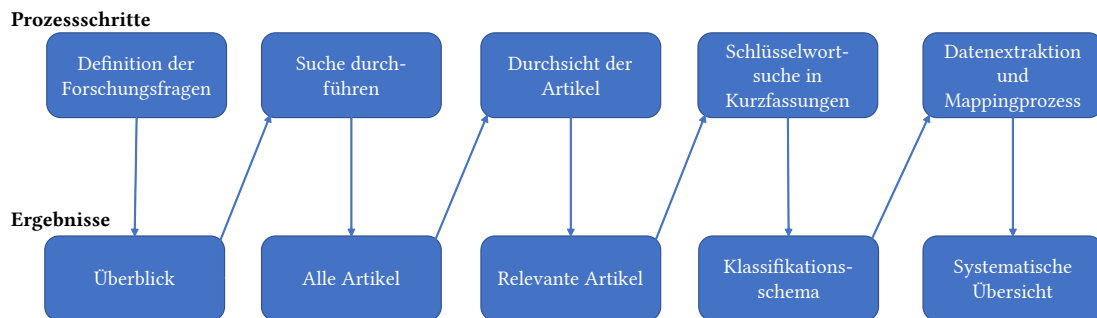


Abbildung 2.1.: Mappingstudienprozess nach Petersen et al. [PFMM08]

2.1.2. Suche durchführen

Im zweiten Schritt werden Suchwörter erstellt, um in möglichst vielen Suchmaschinen passende Veröffentlichungen zu einem Themenbereich zu finden. Die Suchwörter sind zu meist an den Forschungsfragen angelehnt und können daher davon abgeleitet werden.

2.1.3. Durchsicht der Artikel

Im dritten Schritt werden In- und Exklusionskriterien für die zu untersuchenden Publikationen erstellt. Anhand dieser Kriterien wird entschieden, ob Studien genügend Relevanz besitzen, um in der SMS Verwendung finden zu können.

2.1.4. Schlüsselwortsuche in den Kurzfassungen

Im vierten Schritt wird durch die Schlüsselwortsuche in Kurzfassungen ein Klassifikationsschema für die Einordnung der Literatur erstellt. Dies erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden die Kurzfassungen der Veröffentlichungen gelesen und daraus Schlüsselwörter abgeleitet, welche den Inhalt und den Kontext widerspiegeln. Im zweiten Schritt werden sämtliche Schlüsselwörter der gelesenen Publikationen zusammengefasst, um somit eine Gesamtübersicht der Teilthematiken zu erhalten. Anschließend können die erhaltenen Schlüsselwörter als Klassifizierung für eine Übersicht der Publikationen genutzt werden.

2.1.5. Datenextraktion und Mappingprozess

Im letzten Schritt wird über die Zuordnung der Publikationen entschieden. Dabei sollte eine Begründung für die Entscheidungen erfolgen, um sicherzustellen, dass die getroffene Wahl korrekt ist. Durch die Zuordnung wird ersichtlich, welche Bereiche ausgiebig untersucht worden sind, welche Lücken existieren und welche Trends sich abzeichnen. Hierzu werden die erhaltenen Informationen grafisch oder tabellarisch dargestellt, um eine Übersicht zu erhalten. Außerdem gibt die Analyse einen Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder.

2.2. Technologische Grundlagen

In CM spielen verschiedene Technologien eine Rolle die maßgeblich zu dessen Entwicklung beitragen. Große Einflussfaktoren sind CC, Virtualisierungstechnologien und das IdD. In den folgenden Abschnitten erfolgt eine Erläuterung des CM Konzepts und dessen Schlüsseltechnologien.

2.2.1. Cloud Computing

Als Schlüsseltechnologie zur Realisierung von CM zählt unter anderem CC [RZW+17]. Die Grundidee von CC besteht darin Ressourcen oder Programme als Dienste anzubieten [RZW+17]. Das National Institute of Standards and Technologies (NIST) benutzt folgende sinnngemäße übersetzte Definition, um Cloud Computing zu beschreiben [MG11]. Cloud Computing ist ein Modell, das erlaubt bei Bedarf, jederzeit und überall bequem über ein Netz auf einen geteilten Pool von konfigurierbaren Rechnerressourcen (z. B. Netze, Server, Speichersysteme, Anwendungen und Dienste) zuzugreifen, die schnell und mit minimalem Managementaufwand oder geringer Dienstanbieter-Interaktion zur Verfügung gestellt werden können. Aus dieser Definition lassen sich fünf essentielle Charakteristiken für CC ableiten [MG11]. Ein Merkmal stellt *Service nach Anfrage* dar. Der Nutzer kann Ressourcen (Speicherplatz, Server) automatisiert, ohne Interaktion mit dem Serviceanbieter bereitgestellt bekommen [MG11]. Eine weitere Charakteristik ist der *breite Netzwerkzugang*. Die Kapazitäten sind über das Netzwerk zu erreichen, dabei ist es unerheblich welche Clients benutzt werden (Mobiles Telefon, Laptop, PC) [MG11]. Eine weitere Eigenschaft bezeichnet das *Pooling*. Die Ressourcen werden in einem Pool bereitgestellt, woraus sich die Benutzer nach Bedarf bedienen können, auch Multi-Tenant-Modell genannt [MG11]. Der Ort der Ressource ist nicht bekannt, kann jedoch in einer höheren Abstraktionsebene vom Nutzer vorgegeben werden [MG11]. Bei der vorletzten Eigenschaft handelt es sich um die *schnelle Elastizität*. Das Angebot des Ressourcenpools wird schnell und elastisch zur Verfügung gestellt [MG11]. Dies gewährleistet, dass dem Nutzer zu jeder Zeit ausreichend Ressourcen zur Verfügung gestellt werden [MG11]. Das letzte Merkmal bezieht sich auf die *Messung von Diensten*. Die Cloud Plattform überwacht und misst die Ressourcennutzung, um bei Bedarf weitere Kapazitäten hinzuzufügen und Lastenausgleich betreiben zu können [MG11].

Services

In CC werden die angebotenen Dienste meistens in drei Service-Modelle unterteilt [KNAK12], welche im Folgenden nach den Definitionen von Mell und Grance [MG11] beschrieben sind.

Wie in Abbildung 2.2 ersichtlich bauen die Service-Modelle aufeinander auf. Die unterste Ebene *Infrastructure-as-a-Service (IaaS)* bietet dem Konsumenten virtuelle Hardware, wie Speicherplatz, Netzwerke, virtuelle Server an, damit dieser beliebige Software installieren und ausführen kann [MG11]. Der Nutzer hat keinen direkten Zugriff auf die darunter liegende Cloud-Infrastruktur, kann jedoch das Betriebssystem und Netzwerkkomponenten kontrollieren [MG11].

Die darauffolgende Serviceebene wird *Plattform-as-a-Service (PaaS)* genannt. Dem Konsumenten wird die Möglichkeit eröffnet unter Nutzung der angebotenen Programmiersprachen, Bibliotheken und Services auf eine Cloud Infrastruktur seine Software zu installieren [MG11]. In diesem Fall

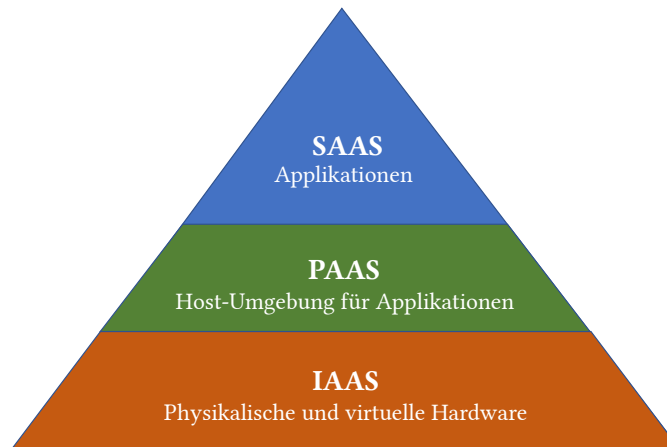


Abbildung 2.2.: Cloud Computing Service Struktur nach Mell und Grance [MG11]

beschränkt sich sein Zugriff auf die von ihm gebaute Software und dafür benötigte Konfigurationen, während die darunterliegende Infrastruktur, wie Betriebssysteme oder Netzwerkkomponenten für ihn nicht zugreifbar bleibt [MG11].

Die letzte Ebene stellt *Software-as-a-Service (SaaS)* dar. Dem Konsumenten wird Software angeboten, welche auf eine Cloud Plattform läuft und die er somit nach Bedarf nutzen kann [MG11]. Dabei wird das Pay-as-you-go Modell angewendet [Xu12]. Der Zugriff auf den Servicepool kann durch beliebige Clients erfolgen, wobei charakteristisch hierfür ist, dass keine Installation auf dem Computer des Nutzers notwendig ist [MG11]. Des Weiteren kann der Konsument, bis auf nutzerspezifische Einstellungen für die Personalisierung, keine Änderungen vornehmen [MG11].

2.2.2. Cloud Manufacturing

CM bezeichnet ein Paradigma, welches sämtliche Tätigkeiten, die im gesamten Lebenszyklus zur Herstellung eines Produkts anfallen, virtualisiert und dem Verbraucher als Dienste anbietet. CM besitzt die Eigenschaft die Herstellungsindustrie dabei zu unterstützen Ziele wie TQSEK zu erreichen [TCX+14]. Für die Verwirklichung des CM werden verschiedene Technologien verwendet, um Ressourcen und Fähigkeiten in Services zu kapseln. Dazu zählen unter anderem Cloud Computing, Netzwerke, Service Computing und diverse Herstellungsverfahren [AWHM15]. Das Zusammenspiel dieser erlaubt sichere, zuverlässige und qualitative Dienste für den gesamten Herstellungsprozess zu erstellen und können dem Verbraucher auf einer Pay-as-you-go Basis angeboten werden [ZLT+14]. Die in der Cloud als Services bereitgestellten Ressourcen, lassen sich nach Adamson et al. [AWHM15] in physikalische Ressourcen und Fähigkeiten einteilen. Die physikalischen Ressourcen bezeichnen sowohl Soft- als auch Hardware. Das umfasst unter anderem Herstellungswerkzeuge, Server, Netzwerke, als auch Menschen, Software und Applikationen.

Als Fähigkeiten werden dynamische Ressourcen angeführt. Diese spiegeln die Kompetenz einer Organisation wider Herstellungsprozesse zu virtualisieren, beispielsweise durch Kommunikation oder die Erstellung von Simulationen.

Definitionen

Es existiert keine einheitliche Definition für den Begriff CM. Daher werden in Tabelle 2.1 einige Definitionen von verschiedenen Autoren vorgestellt, welche die Sichtweisen auf CM aufzeigen.

Tabelle 2.1.: Definitionen des Cloud Manufacturing Paradigmas

Definition	Autor
CM ist ein neues serviceorientiertes Herstellungsmodell und integriert verschiedene Technologien, wie die Netzwerkherstellung, CC, IdD, Virtualisierung und serviceorientierten Technologien um die Kollaboration, die Teilung und das Managen von Herstellungsressourcen zu unterstützen	Tao et al.
CM ist ein service-orientiertes, wissensbasiertes intelligentes Herstellungssystem mit hoher Effizienz und niedrigem Energieverbrauch	Li et al.
CM ist ein neues auf Netzwerken basierendes Herstellungsparadigma. Es nutzt das Netzwerk, CC, Service Computing und Herstellungstechnologien, um Herstellungsressourcen und Herstellungskapazitäten in Herstellungsservices zu transformieren, welche auf einer intelligenten und einheitlichen Weise organisiert und bearbeitet werden können. Dies ermöglicht das Teilen und Zirkulieren von Herstellungsressourcen und Kapazitäten. CM kann sichere, zuverlässige, qualitative und günstige Herstellungsservices für den gesamten Lebenszyklus der Herstellung auf Anfrage anbieten.	Zhang et al.
CM ist ein Modell um einfachen Netzwerkzugang zu einem geteilten Pool von konfigurierbaren Herstellungsressourcen, wie Herstellungssoftwaretools und Herstellungswerkzeugen anzubieten, welche schnell mit minimalen Managementbemühungen oder Serviceanbieter Interaktion verfügbar gemacht werden können.	Xu

Die erste Definition, welche das gegenwärtige Wesen von CM beschreibt stammt von Li et al. [LZW+10] aus dem Jahr 2010. Im Vergleich zu den darauffolgenden Definitionen wird deutlich, dass die meisten Autoren Herstellungsservices und die Teilung von Ressourcen über das Netzwerk als Merkmale des CM hervorheben.

Architektur

Da kein einheitliches Realisierungskonzept für Cloud Manufacturing Service Plattform (CMSP) existiert, konnte im Rahmen der SMS eine Vielzahl unterschiedlicher Architekturkonzepte für CMSP erhalten werden. Davon sind einige simpel durch wenige Schichten dargestellt, während andere komplexere Architekturkonzepte anbieten. Um eine Vorstellung von den Möglichkeiten eines Architekturkonzepts zu erhalten werden im Folgenden zwei Beispielkonzepte vorgestellt. Ersteres stellt eine detailreiche Konzeptionierung dar, während die zweite Architektur auf ein einfach gehaltenes Konzept beruht.

Die Zwölf-schichtenarchitektur von Huang et al. [HLYZ13] stellt nach Adamson et al. [AWHM15] ein detailreiches häufig adaptiertes Architekturkonzept dar. In Abbildung 2.3 ist die entsprechende Schichtenarchitektur dargestellt. Die Schichtenarchitektur enthält zwölf Ebenen, wovon die Ebenen *Service-Modul-Schicht*, *Komponentenschicht* und die *Werkzeugschicht* optional sind. Die übrigen Schichten müssen implementiert werden, damit ein lauffähiges System erstellt werden kann. Die Schichten sind aufsteigend aufgebaut und werden in den folgenden Absätzen beschrieben.

Die unterste Ebene *Herstellungsressourcenschicht* beinhaltet physikalischen Ressourcen und Fähigkeiten. Sie werden in R-Klassen für Ressourcen und Geräte, welche kaum Interaktion mit dem Dienstanbieter haben und S-Klassen Ressourcen, welche komplizierte kooperative Vertragsbeziehungen zwischen Anbieter und Konsument aufweisen, aufgeteilt. Außerdem beinhaltet diese Ebene eine intelligente Datenstation, die Zugang zu Hardwareressourcen besitzt, sowie eine Cloud-Datenstationsschnittstelle, die unter Nutzung der intelligenten Datenstation die Virtualisierung von Hardwareressourcen realisiert. Des Weiteren beinhaltet diese Ebene die Cloud Komponentenbasis, die durch das Kapseln, Registrieren und Veröffentlichen von virtualisierten Herstellungsressourcen erstellt wird.

Die Ebene *integriertes Arbeitsumfeld* beinhaltet verschiedene Funktionen, um die Überwachung und das Managen der Arbeitsumgebung der Serviceplattform zu ermöglichen. Dazu gehört Quality of Service (QoS), sowie das Sicherheitsmanagement, welches Sicherheitsdienste zur Verfügung stellt, die sich um die Hardware- und Netzwerksicherheit und Datenzugriffe kümmern. Auch die Überwachung von Arbeitsabläufen findet in dieser Ebene statt.

Die *Unterstützungsschicht* stellt grundlegende Arbeitsfunktionen bereit, welche für die Realisierung einer Cloudplattform notwendig sind. Dazu zählt unter anderem die Bereitstellung von Speicherplatz- und Netzwerkressourcen.

Die *persistente Serviceschicht* kümmert sich um die Bereitstellung von persistenten Speicherplatz für Daten, Dienste und die Datenflusslogik. Darüber hinaus wird eine Schnittstelle für gespeicherte Businessobjekte angeboten.

Die Ebene *Enigeschicht* unterstützt die CMSP durch Managementwerkzeuge. Sie enthält unter anderem eine Transaktionsagenten- Kreditbewertungseingabe, eine Wissensaggregation und Klassifizierungseingabe, eine intelligente Matching-Engine für Dienste, eine Engine für die Koordination von Transaktionen, welche sich um den gesamten Lebenszyklus einer Transaktion kümmert und letztendlich eine Business-Management-Engine für die online Demonstration und das Management von Transaktionsprozessen.

Die optionale Ebene *Werkzeugschicht* bietet mensch-computer Interaktionswerkzeuge an, um einfache Abläufe und Funktionen der CMSP zu ermöglichen. Dazu gehören unter anderem die Ressourcen-Registrierung und Veröffentlichung durch ontologische Modelle, sowie die Realisierung von Suchfunktionen. Darüber hinaus existieren Werkzeuge für die grafische Modellierung für Businessprozesse.

Die *Service-Modell-Schicht* konzeptioniert und realisiert Servicemodule mit Einheitsfunktionen. Diese orientieren sich an der Businesssebene und haben verschiedene konfigurierbare Attribute.

Die *Business-Modell-Schicht* beinhaltet Funktionen für den Aufruf unterschiedlicher Servicemodule für verschiedenen Businessanforderungen.

Die *Transaktionsschicht* unterstützt unter anderem Servicematching, Servicetransaktionen und die Kreditevaluation.

Die *Enterprise Service Bus (ESB)-Schicht* bietet Funktionen, um die Integration verteilter Dienste zu unterstützen. Dazu zählen Standard-Adapter, Servicezusammensetzungen und Router.

Die *Nutzerschicht* bietet eine Nutzerschnittstelle für Registrierung und Veröffentlichung von Diensten an. In dieser Ebene findet der Informationsaustausch zwischen Nutzer und System statt.

Um die Nutzbarkeit der vorgestellten Systemarchitektur zu evaluieren wurde ein Prototyp mit dem Namen BISTOP entwickelt. Das System hat großen Anklang in China gefunden, da es eine effektive Integration- und Herstellungskooperation realisierte [AWHM15].

Die Vierschichtenarchitektur von Xu [Xu12] hingegen besitzt deutlich weniger Ebenen. Wie in Abbildung 2.4 ersichtlich, besteht sie aus den vier Ebenen *Herstellungsressourcenschicht* und *virtuelle Serviceschicht*, die den Anbieterbereich darstellen, der *globalen Serviceschicht*, die den Unternehmensbereich darstellt und der *Anwendungsschicht*, welche vom Verbraucher genutzt wird. Die *Herstellungsressourcenschicht* beinhaltet Ressourcen für die Produktion. Es handelt sich dabei um physikalische Ressourcen oder Herstellungsfähigkeiten.

Die *virtuelle Serviceschicht* identifiziert, virtualisiert und kapselt Herstellungsressourcen als Dienste. Um Herstellungsressourcen zu identifizieren werden unter anderem Technologien wie RFID, Wireless Sensoren-Netzwerke (WSN), IdD, GPS und Clustering verwendet. Die Virtualisierung bezieht sich auf unterschiedliche Ressourcen, daher werden unterschiedliche Virtualisierungsmethoden angewendet. Rechenressourcen und Herstellungswissen werden ähnlich virtualisiert. Herstellungshardware hingegen wird zu System unabhängigen virtuellen Maschinen transformiert. Um die virtualisierten Ressourcen organisieren zu können werden Virtual Maschinen Monitor (VMM) eingesetzt, die mit der Hardwareebenen eines Hostsystems kommunizieren.

Die *globale Serviceschicht* verlässt sich auf Cloud- Entwicklungstechnologien, wie dem IdD. Es existieren zwei Typen von CM-Operationsmodi. Diese sind der komplette und der geteilte Dienstmodus. Im kompletten Dienstmodus übernimmt die globale Serviceschicht die komplette Verantwortung für cloudbasierte Aktivitäten. Dazu gehören Dienste wie virtualisierte Rechenressourcen, CPU, RAM und Netzwerke. Der geteilte Dienstmodus wird genutzt, wenn nur teilweise eine Aktivität in einem CM-Dienst ausgeführt wird. Die globale Serviceschicht ist verantwortlich für die Lokalisierung, Allokation und Überwachung der Herstellungsressourcen.

Die oberste Ebene *Applikationsschicht* dient als Schnittstelle für den Nutzer, um auf Cloud Ressourcen zugreifen zu können. Diese beinhaltet Kunden- und Computer Terminals. Der Nutzer kann eine Herstellungsapplikation durch die virtualisierten Ressourcen erstellen. Dabei kann ein

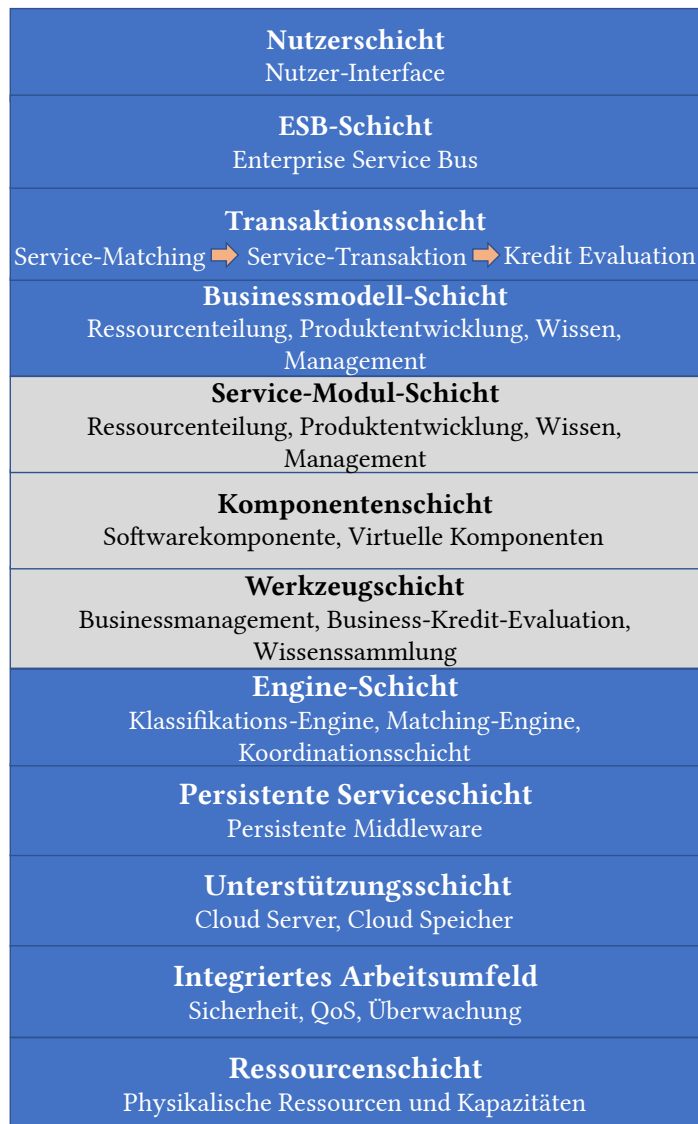


Abbildung 2.3.: Zwölf-schichtenarchitektur für eine Cloud Manufacturing Service Plattform nach Huang et al. [HLYZ13]

auf Aktivitäten basierendes Kostenmodell nützlich sein, damit der Nutzer die möglichen Kosten für die Implementierung erhält. Des Weiteren ist die Daten Portabilität wichtig. Dazu wurden unterschiedliche APIs untersucht. Als erfolgreichsten Standard für den Austausch von Produktdaten hat sich STEP erwiesen. STEP erlaubt das Beschreiben von Produktdaten und ist unabhängig von Systemen. Ein weiterer wichtiger Aspekt der *Applikationsschicht* ist die Sicherheit von Daten zu gewährleisten. Es gilt dabei personelle und unternehmensbezogene sensible Daten zu schützen.

Im Vergleich zeigen beide Architekturkonzepte Gemeinsamkeiten auf. Beide nutzen ein Schichtenmodell für die Strukturierung der Komponenten für eine CMSP. Die Vierschichtenarchitektur von Xu [Xu12] kann als eine Vereinfachung der detailreiche Zwölf-schichtenarchitektur von Huang et al. [HLYZ13] betrachtet werden, da die meisten Ebenen sich aufeinander projizieren lassen.



Abbildung 2.4.: Vierschichtenarchitektur für eine Cloud Manufacturing Service Plattform nach Xu [Xu12]

Es existieren zwei Ebenen, die in beiden Architekturen auftauchen. Diese sind die *Ressourcenebene* und die *Nutzerebene*. Beide nutzen die unterste Ebene als Abstraktion für Herstellungsressourcen, die aus physikalischen und nicht physikalischen Ressourcen, wie Software oder Betriebswissen bestehen. Des Weiteren beinhaltet die letzte Ebene der Schichtenarchitekturen eine Schnittstelle für die Interaktion mit dem Konsumenten. Über diese ist der Nutzer in der Lage auf Ressourcen zuzugreifen oder Herstellungsapplikationen zu erstellen.

Die Funktionen der restlichen Ebenen der Zwölf-schichtenarchitektur werden teilweise in der Vierschichtenarchitektur erwähnt und können somit diesen zugeordnet werden. Die *Ressourcenebene* nach Huang et al. [HLYZ13] beinhaltet neben den Herstellungsressourcen ebenfalls die Umsetzung der Virtualisierung, die in der Architektur nach Xu [Xu12] hingegen eine eigene Abstraktionsebene erhält. Außerdem geht aus dessen Architekturbeschreibung hervor, dass zu den Aufgaben der *globalen Serviceschicht* QoS, die Überwachung der Ressourcenauslastung, die Allokation von Ressourcen und alle andere Aktivitäten zur Ausführung eines Clouds Arbeitsschritts gehören. Somit können die Ebenen *integriertes Arbeitsumfeld*-, *Engine*-, *Werkzeug*-, *Service Komponente*-, *Service Modell*-, *Business Modell*-, *Transaktions*- und *ESB-Schicht* der *globalen Serviceschicht* zugeordnet werden. Die Funktionen der *Unterstützungsschicht* und der *persistenten Serviceschicht* finden keine Erwähnung in der Vierschichtenarchitektur und können daher nicht explizit zugeordnet werden.

Benutzer

Nach Ren et al. [RZW+17] involviert CM drei Sorten von Teilnehmern. Diese sind der Konsument, der Anbieter und der Operator. Der Konsument nutzt die vom Anbieter bereitgestellten Ressourcen. Hierzu gibt es unterschiedliche Kostenmodelle. Der Anbieter bietet Dienste und Ressourcen für den Herstellungszyklus an. Der Operator übernimmt alle organisatorischen Tätigkeiten in einem

CM System. Er sorgt für einen reibungslosen Ablauf für Produzenten und Konsumenten, indem er sich um Angebot und Nachfrage der Dienste kümmert. Zu seinen Aufgabenbereichen zählen Business-Transaktionen, Dienstbereitstellungen und das Pflegen der sozialen Netzwerke der Cloud Anbietern und Konsumenten.

CMSP können auf unterschiedlichen Plattformen angeboten werden. Nach Adamson et al. [AWHM15] werden diese meistens als privat, community, öffentlich oder hybrid bezeichnet. Der Begriff privat definiert CMSP, welche innerhalb eines Unternehmens oder einer Organisation gesteuert werden. Das Ziel ist die Teilung der Ressourcen innerhalb des Unternehmens, damit keine Kosten für zusätzliche bereits vorhandene Ressourcen anfallen. Außerdem sollen dadurch eine höhere Sicherheit und ein besserer Kontrollfluss der Ressourcen im Herstellungsverfahren erreicht werden. Die Bezeichnung Community wird bei CMSP verwendet, die einen Zusammenschluss von unterschiedlichen Unternehmen oder Organisation bilden, welche ihre Ressourcen miteinander teilen. Sie verfolgen dabei meistens ähnliche Ziele. Darüber hinaus existieren öffentliche CMSP, die Dienste für jegliche Art von Konsumenten anbieten, die sie nach Bedarf nutzen können. Letztendlich kommen noch hybride CMSP vor. Diese bilden eine Kombination aus privaten und öffentlichen Plattformen. Sensitive Daten werden dabei unter Verschluss gehalten, während unkritische Ressourcen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

2.2.3. Internet der Dinge

Eine weitere wichtige Technologie für die Verwirklichung des CM ist das IdD [RZW+17]. IdD ist ein Paradigma, dessen Grundidee darauf basiert, dass Dinge wie Sensoren, mobile Telefone durch ein Adressschema miteinander kommunizieren können, wodurch eine Zusammenarbeit dieser Dinge und das Abrufen von Daten ermöglicht werden kann [AIM10]. Ursprünglich wurde der Begriff IdD von Auto-ID Laboratorien geschaffen, ein weltweites Netzwerk für Forschungslaboratoren in dem Gebiet des Radio Frequency Identification (RFID) und Sensortechnologien [AIM10]. Nach Presser und Gluhak [PG09] sind Nahfeldkommunikation (NFC), drahtlose Sensor- und Aktornetze (WSAN) und RFID die Komponenten, die das IdD Paradigma vorantreiben. Dabei basiert NFC auf RFID und ist ein Übertragungsstandard zum Austausch von Daten. WSAN beschreibt ein Netzwerk aus Sensoren und Aktoren, die über WLAN miteinander kommunizieren können [CSGP16]. Die Sensoren sammeln Daten während die Aktoren diese verarbeiten [CSGP16]. RFID dient zur Identifikation von Objekten im Netzwerk, außerdem sendet ein angebrachtes Funketikett die Daten für die Kommunikation und das Auslesen weiter [AIM10].

Des Weiteren sagen Atzori et al. [AIM10] aus, dass für die Nutzung des IdD als Middleware eine Softwareschicht dient, die eine serviceorientierte Architektur (SOA) verwendet, da die Prinzipien dieser Architektur die einfache Nutzung von IdD erlaubt.

Um einen Einblick über die Einsatzvielfalt des IdD zu erhalten werden im Folgenden Einsatzgebiete nach Atzori et al. [AIM10] aufgezeigt. Dazu zählen beispielsweise der Transport und die Logistik. Mittels der RFID Technologie können Daten in Echtzeit übertragen werden, das eine Überwachung von Transportern und Produktionsaktionen ermöglicht. Auch im Gesundheitswesen ist das Verfolgen von Objekten und Personal interessant. In diesem Bereich kann das IdD für die Identifizierung und Authentifizierung von Patienten genutzt werden. Auch das Auslesen von Sensordaten ist im Gesundheitswesen nützlich, da Sensorgeräte ausschlaggebende Informationen über den Gesundheitszustand eines Patienten wiedergeben. Des Weiteren kann durch das IdD das Leben von Privatpersonen

vereinfacht werden, indem es beispielsweise für die automatisierte Abriegelung, Beleuchtungs- und Energieverbrauchsregelungen eingesetzt wird. Für das Sozialwesen ist sie ebenfalls interessant. Das IdD kann dazu genutzt werden soziale Kontakte aufzubauen, wie beispielsweise durch das automatische Aktualisieren von Aktivitäten in unterschiedlichen Plattformen. Trotz der großen Einsatzvielfalt bleibt das Problem bestehen, dass die Vernetzung der Dinge über ein Netzwerk den Zugriff von Angreifern ermöglicht, das zu Sicherheitsproblemen führt.

2.2.4. Virtualisierung und Kapselung

Die Virtualisierung bezeichnet im Wesentlichen das Abstrahieren von physikalischen Ressourcen. Bei diesen Ressourcen handelt es sich zu meist um Speicherplatz, Netzwerken, Servern, Betriebssystemen und Applikationen. Hierzu existieren unterschiedliche Definitionen. Eine Definition von Van Der Lans [Van12] besagt folgendes: Virtualisierung bedeutet, dass Applikationen Ressourcen benutzen können, ohne sich darum Sorgen zu müssen, wo diese liegen, welche technische Schnittstelle genutzt wird, wie diese implementiert worden ist, welche Plattformen es nutzt und wie viel davon benutzbar ist. Die Virtualisierung ist für CC und somit auch für CM eine wichtige Technologie. Sie ist notwendig, um Ressourcen in der Cloud-Umgebung elastisch hinzuzufügen und die Charakteristiken des CC wie in 2.2.1 beschrieben erreichen zu können. Im Wesentlichen wird zwischen Software- und Hardwarevirtualisierung unterschieden [AA06]. Die Softwarevirtualisierung wird dazu benötigt Betriebssysteme und Applikationen auf einem Hostsystem anzubieten, wohingegen die Hardwarevirtualisierung sich auf die Bereitstellung von beispielsweise Speicher und Rechenkapazitäten bezieht [AA06]. Die Virtualisierung von Servern ist für die Erstellung einer Cloud Plattform besonders wichtig [LF09]. Im Folgenden werden essentielle Vorteile der Virtualisierung nach Leymann und Fritsch [LF09] beschrieben, um zu verdeutlichen warum diese Technologie im CC und CM eingesetzt wird und notwendig ist.

Durch den VMM, auch Hypervisor genannt, können mehrere virtuelle Maschinen auf ein Hostsystem zugreifen ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Der Hypervisor schützt die Integrität der virtuellen Server und sorgt somit für eine funktionale Isolation. Des Weiteren erlaubt die Virtualisierung mehrere Server auf einen physikalischen zu hosten, wodurch Kosten durch zusätzliche Anschaffungen eingespart werden können. Außerdem können mehrere physikalische Ressourcen zu einem Gesamtsystem kombiniert werden. Dies hat zum Vorteil, dass eine automatische Wiederherstellung und eine Fehlertoleranz gewährleistet werden können. Ein weiterer Vorteil besteht in der Kapselung, die durch Virtual Machine Images (VMI) erreicht wird. VMI können den gesamten Zustand einer virtuellen Maschine in eine Datei speichern. Ein bekannter Standard hierfür ist das Open Virtualization Format (OVF). Dieses Format wird von vielen Systemen unterstützt. Durch das Lesen dieser Datei können virtuelle Server automatisiert entwickelt werden. Dieses Vorgehen erspart viel Zeit und erleichtert das Aufsetzen von Software. Außerdem erhöhen Standards die Portabilität. Es ermöglicht zusätzlich das Abstrahieren von Hardware, um virtuelle Maschinen auf beliebigen physikalischen Servern zu benutzen. Darüber hinaus gestattet die Virtualisierung das Management von Ressourcen zu vereinfachen, da die Hardware nicht manuell angepasst werden muss. Letztendlich erlaubt die Abstraktion die schnelle Allokation der virtuellen Maschinen, da keine Interaktion mit der Hardware nötig ist. Dies hat zum Vorteil, dass Konfigurationen schnell verändert und benötigte Ressourcen schnell bereitgestellt werden können.

2.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Grundlagen zum Verständnis dieser Arbeit vorgestellt. Hierzu wurde die Vorgehensweise einer SMS erläutert und das Konzept von CM anhand von Definitionen und zwei Beispielarchitekturen eingeführt. Des Weiteren erfolgte die Vorstellung der Schlüsseltechnologien CC, Virtualisierung und IdD für CM, indem die wesentlichen Eigenschaften dieser beschrieben wurden.

3. Stand der Wissenschaft und Technik

Es wurden Studien veröffentlicht, die unterschiedliche Forschungsbereiche des CM behandeln. Bei den meisten Beiträgen handelt es sich um Ausarbeitungen, dessen Zielsetzung darin liegt Lösungen zu einer bestimmten Problemstellung zu entwickeln. Andere Studien hingegen haben zum Ziel eine Übersicht zum Stand des CM zu schaffen. Einige geben einen allgemeinen Stand zu CM wieder, der Architekturkonzepte, Forschungsschwerpunkte und Forschungslücken betrachtet, während andere sich auf Teilaspekte des CM konzentrieren. Beispielsweise wurden verschiedene Servicezusammensetzung und -Planungsmethoden zusammengefasst oder Sicherheitsprobleme aufgezeigt.

Trotz der Vielfalt an Übersichtswerken konnte keine SMS im CM Forschungsfeld gefunden werden, daher werden in den folgenden Abschnitten Studien aufgezeigt, welche eine ähnliche Zielsetzung wie die Forschungsfragen dieser Arbeit verfolgen. In Abschnitt 3.1 werden Publikationen vorgestellt, die kein strukturiertes Vorgehensmodell für die Literaturrecherche vorstellen, welche die Mehrheit an Übersichtswerken darstellen. Abschnitt 3.2 enthält eine Publikation, welche eine strukturierte Literaturanalyse durchführt.

3.1. Verwandte Arbeiten ohne Vorgehensmodell

Eine verwandte Studie, welche vor allem Bezug auf F3-*Wie sieht die Publikationsflora aus?* (vgl. Tabelle 1.1) nimmt, ist die in 2018 veröffentlichte Literaturübersicht von Siderska und Jadaan [SJ18]. Zunächst wurden bekannte Definitionen und Architekturkonzepte für CM vorgestellt. Anschließend erfolgte die Analyse der letzten Forschungsaktivitäten. Die untersuchte Literatur wurde unter der Verwendung der Suchmaschinen Scopus, IEEE Xplore und Web of Science (WoS) gefunden. Der Suchzeitraum erstreckte sich auf Publikationen von 2010 bis 2017. Als Suchterm wurde „Cloud Manufacturing“ in Titeln, Zusammenfassungen und Schlüsselwörtern verwendet. Für die Suchmaschine Scopus ergab dies eine Trefferanzahl von 766 Publikationen. Um den Publikationsstand darzustellen wurden Autoren mit mehr als zehn Veröffentlichungen herausgearbeitet und vorgestellt. Siderska und Jadaan [SJ18] kamen zur Erkenntnis, dass die meisten Publikationen von Lin Zhang und Fei Tao veröffentlicht wurden. Darüber hinaus wurden für Europa repräsentative Autoren identifiziert. Diese sind Lihui Wang, tätig im Royalen Institut der Technologie in Schweden und Dirk Schäfer aus der Universität von Bath in England. Des Weiteren stellen die Autoren Fachzeitschriften vor, die mehr als sieben Veröffentlichungen zu CM getätigt haben. Die Fachzeitschrift *Computer Integrated Manufacturing Systems (CIMS)* hat mit 103 Publikationen, die meisten Veröffentlichungen, gefolgt von *International Manufacturing Science and Engineering (IMSE)* mit 58 Publikationen und *International Journal of Advanced Manufacturing Technology (IJAMT)* mit 45 Publikationen.

3. Stand der Wissenschaft und Technik

Eine weitere Arbeit wurde von Liu et al. [LWW18] im Jahr 2018 veröffentlicht. Als Datenbank für die Literaturrecherche wurde Scopus genutzt und Publikationen von 2010 bis 2017 berücksichtigt. Als Suchwort wurden die Terme „Cloud Manufacturing“, „Cloud-based Manufacturing“ und „Cloud-based design and manufacturing“ verwendet, welche eine Anzahl von 884 Dokumenten ergab. Davon waren 450 Fachzeitschriften und 425 Konferenzartikel. Ziel der Studie war eine Übersicht zu aktuellen Forschungsaktivitäten zu erstellen. Diese Forschungsaktivitäten setzen sich aus den Bereichen additive Fertigung, Big Data, Sicherheit, Ressourcen und Dienste, Überwachung und Kontrolle, Wartung und Integration, sowie Interoperabilität zusammen und werden in den folgenden Absätzen nach Liu et al. [LWW18] beschrieben.

Zur additiven Fertigung zählen unter anderem Dienste, Systeme und Frameworks, um 3D Drucker in einer CMSP anbinden zu können. Auch die Cloud Robotik und die Energiereduktion von Robotern sind für das CM interessant. Des Weiteren haben Liu et al. [LWW18] Forschungsaktivitäten im Bezug auf das hergestellte Produkt beschrieben. Der Schwerpunkt liegt hierbei bei der Massenanpassung, Produktplanung, Produkthanpassung und Personalisierung in Hinblick auf CM.

In CM werden ständig Daten im Bezug auf verwendete Ressourcen und Dienste generiert. Um die Daten verarbeiten zu können müssen Lösungen in den Bereichen Datensammlung, Verarbeitung, Analyse und Datennutzung entwickelt werden, die unter dem Begriff Big Data zusammengefasst wurden.

Eine weiterer Forschungsbereich stellt die Sicherheit dar. Sie bezieht sich auf den Schutz von entfernten Maschinen und Operatoren und von sensitiven Informationen. Auch der Schutz des Vertrauens zwischen Anbieter und Nutzer wird im Sicherheitsaspekt berücksichtigt.

Ein weiteres Forschungsfeld stellen Ressourcen und Dienste dar. Dieses lässt sich in den Teilbereichen Ressourcenklassifizierung, -wahrnehmung und -verknüpfung unterteilen. Die Ressourcenwahrnehmung und der Zugang ist essentiell für die Virtualisierung. Nach Liu et al. [LWW18] wurden viele Studien veröffentlicht, die sich mit der Modellierung und Klassifizierung von Ressourcen beschäftigen, wobei hier häufig ontologische Websprachen zum Einsatz kommen. Das Matching und die Selektion von Diensten stellen weitere wichtige Teilbereiche dar, da sie zur Bestimmung für die Kompatibilität von Diensten benötigt werden. Außerdem ist das Auswählen von geeigneten Diensten für Aufgaben im Bezug auf funktionale und nichtfunktionale Anforderungen wichtig. Im Bezug auf Dienste sind die Allokation, Konfiguration und Zusammensetzung dieser ebenfalls von Bedeutung, wobei hier die Optimierung von passenden Algorithmen stark im Fokus der Forschung steht. In Hinblick auf die Servicezusammensetzung basieren die meisten Forschungsaktivitäten auf QoS bewussten Methoden. Die Servicezusammensetzung ist NP-hart, daher wurden viele Algorithmen für eine Problemlösung entwickelt. Die Serviceplanung stellt einen weiteren Schwerpunkt dar. Hierfür werden Planungs- und Kontrollsysteme entwickelt, wie beispielsweise das Shop-Scheduling und die Materialplanung.

Als weiteres Forschungsfeld wurde die Überwachung und Kontrolle in CMSP genannt. Die entfernte Überwachung und Kontrolle in Echtzeit ist notwendig, um die Verfügbarkeit von Ressourcen zu überprüfen.

Des Weiteren werden die Wartung, Diagnose und Prognose als Forschungsschwerpunkte genannt. Herstellungswerkzeuge benötigen Wartungen, um eine stabile Produktqualität gewährleisten zu können. Hierzu sind Diagnosen und Prognosen für effektive Wartungsarbeiten notwendig.

Als letzten Forschungsschwerpunkt wird die Integration und Interoperabilität genannt. Interoperabilität ist eine wichtige Thematik, um unterschiedliche Dienste und Applikationen in verschiedenen Plattformen und Sprachen entwickeln zu können. Des Weiteren profitieren Businessprozesse, Transaktionsprozesse, die Aufgabenteilung, die Kollaboration, die Simulation und weitere Aspekte von Untersuchungen in diesem Bereich.

Eine weiteres Übersichtswerk, dass ebenfalls die Zielsetzung aus F1-*Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?* und F3-*Wie sieht die Publikationsflora aus?* (vgl. Tabelle 1.1) verfolgt, ist die von Adamson et al. [AWHM15] im Jahr 2015 veröffentlichte Publikation. Das Ziel dieser Arbeit ist einen Überblick zu Forschungsschwerpunkten und Technologien in CM darzustellen, sowie zukünftige Forschungsrichtungen herauszuarbeiten. Adamson et al. [AWHM15] erwähnen nicht welche Suchmaschinen für die Literatursuche verwendet wurden. Zunächst stellen Adamson et al. [AWHM15] das Konzept von CM vor, indem unterschiedliche Definitionen, sowie auch unterschiedliche Systemarchitekturen erläutert werden. Danach gehen die Autoren auf die Herausforderungen im CM Bereich ein. Anschließend wird der Forschungsstand unter Berücksichtigung der Schlüsseltechnologien aufgezeigt. Die Tabelle 3.1 gibt einen Ausschnitt der Ergebnisse von Adamson et al. wieder, indem die aufgezeigten Forschungsbereiche mit ihren Inhalten beschrieben und Publikationen, die sich maßgeblich mit dem Forschungsgebiet beschäftigt haben dargestellt werden.

Tabelle 3.1.: Übersicht der Forschungsschwerpunkte in Cloud Manufacturing nach Adamson et al. [AWHM15]

Forschungsschwerpunkt	Inhalt	Autoren
Aktivierende-, Unterstützende- und Applikationstechnologien	Dieser Bereich umfasst das IdD, Eingebettete Systeme und das semantische Web, um Informationen zu finden, sowie Standards für die Kommunikation zwischen Sensoren, Softwaresystemen und Steuereinheiten.	Xiang und Hu,Wu et al.,Vincent Wang und Xu
CC und Serviceorientierung	Hier wird im Wesentlichen beschrieben welche Einflussfaktoren die Serviceformen SaaS, PaaS und IaaS auf das CM Paradigma haben und wie CC Technologien eingesetzt werden.	Mell und Grance,Zhang et al.,Khan et al.
CM Konzept	CM Konzepte stellt diverse Architekturen, Plattformen, Modelle, Frameworks und Applikationen vor. Diese Konzepte können sich in Ihrer Komplexität stark unterscheiden.	Xu,Li et al., Zhang et al., Huang et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

3. Stand der Wissenschaft und Technik

Tabelle 3.1 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Inhalt	Autoren
Kollaboration	Hier werden Arbeiten aufgezeigt, die Kollaboration-Standards definieren und neue Business-Prozess-Modelle entwickeln. Dabei werden Durchsuchungsmethoden durch die Nutzung von harten und weichen Evaluationskriterien erstellt, um die optimale Kombination von Herstellungspartner zu finden. Außerdem wurden einige Lösungen vorgestellt, um die Datenintegrität in einer Vielzahl von Herstellungsprozessen zu gewährleisten.	Valilai und Houshmand, Tai und Xu, Lartigau et al.
Kosten und Preismanagement	Das Forschungsgebiet untersucht die Kostenrechnung für die Nutzung von Services, die aus drei Perspektiven berechnet wird: den Cloud-Service-Lebenszyklus, den Herstellungsdienstleister und der CMSP.	Cheng et al.
Plattform Management	Hier werden Lösungen behandelt, die Systeme entwickeln um das Management von Informationen in der CMSP zu vereinfachen. Ein Beispiel hierfür sind Dashboards, welche unterschiedliche Unternehmensebenen darstellen.	Laili et al., Cheng et al.
Ressourcen- und Serviceprobleme	Hier werden Lösungen für die Nutzung von Diensten vorgestellt, welche sich auf diverse Teilbereiche im Servicemanagement konzentrieren. Diese sind die Servicebeschreibung, Serviceveröffentlichung, Serviceentdeckung, Serviceplanung, sowie die Virtualisierung und Kapselung.	Wang und Liu, Jiming et al., Wu, Ferreira et al.
Serviceorientierte Prozessplanung und Werkzeugkontrolle	Hier werden Lösungen dargestellt, welche kollaborative Produktherstellungsverfahren verwirklichen. Hierzu muss die entfernte Planung und Kontrolle von physikalischen Entitäten ermöglicht werden. Zusätzlich sind die Echtzeitüberwachung und dynamisches Serviceplanung notwendig.	Wang et al., Holm et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle 3.1 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Inhalt	Autoren
Sicherheit	Die Arbeiten im Bereich der Sicherheit beinhalten den Schutz von sensiblen Daten, wie Kundendaten, business-bezogene Daten, Angestellendaten und Firmendaten. Der Schutz dieser Daten gehört zu den größten Bedenken von Unternehmen bei der Nutzung der Cloud.	Xu, Mokhtar und Houshmand
Simulation	Der Abschnitt beinhaltet Simulationstechnologien für die Ressourceteilung und Gewährleistung einer Fehlertoleranz.	Zhang et al.
Vorstellungen und Charakteristiken	Hier werden Ansätze, um die Vorstellungen und Charakteristiken von CM mit anderen Herstellungskonzepten vergleichen zu können beschrieben.	Luo et al.
Wissen- und Datenmanagement	In diesem Bereich werden Algorithmen, Beschreibungen, Strategien und sonstige Informationen die im Bereich des CM anfallen aufgezeigt. Daten werden für die Virtualisierung, Kapselung, Beschreibung von Ressourcen, Fertigkeiten und Diensten benötigt. Auch die intelligente Aufgabenverteilung und die Planung für die Ausführung von Unteraufgaben benötigen diese Informationen.	Zhang und Jin, Hu et al.

Adamson et al. [AWHM15] geben ebenfalls eine kurze Übersicht zum Publikationsstand. Die Literaturrecherche ergab 50 Studien aus Fachzeitschriften, 45 aus Konferenzen, acht aus Büchern und fünf aus anderen Quellen. Das Balkendiagramm (vgl. Abbildung 3.1) zeigt die vom Autor identifizierten Hauptthematiken der herangezogenen Literatur mit der Anzahl der dazu gefundenen Publikationen. Es ist zu erkennen, dass CM Konzepte mit deutlichem Abstand die höchste Anzahl an Publikationen verzeichnet. Gefolgt von der Servicezusammensetzung und dem Servicematching mit 16 Publikationen und Ressourcenbeschreibungen mit 14 Publikationen.

Des Weiteren haben Adamson et al. [AWHM15] herausgefunden, dass China die mit Abstand höchste Publikationsanzahl besitzt (68), gefolgt von Europa (22), USA (13) und Neuseeland (5).

Außerdem wurde eine Fachzeitschriftenübersicht erstellt, aus der hervorgeht, dass *Advanced Material Research (AMR)*, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing (RCIM)* und *Procedia International Academy for Production Engineering (CIRP)* die meisten Artikel zu CM veröffentlicht haben.

3. Stand der Wissenschaft und Technik

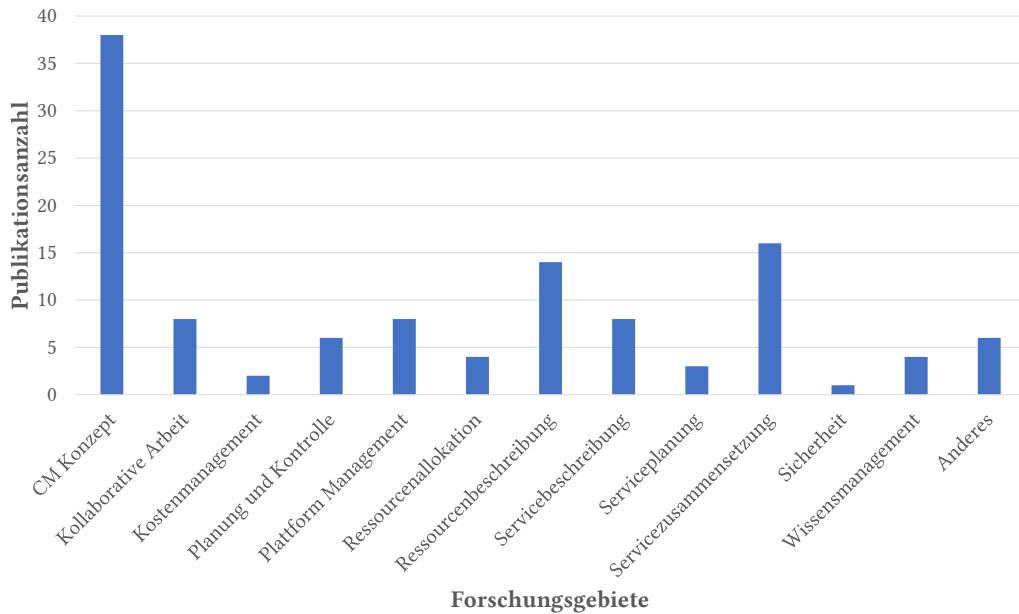


Abbildung 3.1.: Verteilung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten nach Adamson et al. [AWHM15]

He und Xu He und Xu veröffentlichten 2015 ebenfalls eine verwandte Arbeit. Als Suchdatenbanken wurden IEEE Xplore, ACM Digital, Web of Knowledge, INSPEC und ScienceDirect verwendet. Dabei wurden 68 Publikationen von 2010 bis 2012 berücksichtigt. Durch die Vorstellung unterschiedlicher Architekturkonzepte und Schlüsseltechnologien für CM kann eine Gesamtübersicht zu CM erhalten werden. Darüber hinaus stellt He und Xu die Kerndienste für das Servicemanagement vor, welche in Tabelle 3.2 aufgelistet sind. Die erste Spalte beinhaltet die Bezeichnung der Kerndienste. In der rechten Spalte sind die Bereiche, die durch die Kerndienste abgedeckt werden, dargestellt.

Tabelle 3.2.: Übersicht der Kerndienste in CM nach He und Xu [HX15]

Kerndienste	Inhalte
Evaluation von Ausführungsergebnissen	Evaluation der Ergebnisse der Serviceausführung, Evaluation von Transaktionen und Abrechnungen
QoS Management	Überwachung der Serviceausführung, QoS Gewährleistung für mehrere Ebenen, QoS Modellierung, integrierte Evaluation
Ressourcenallokation und Servicescheduling	Optimierung der Allokation von Ressourcen für Jobs und Aufgaben, Scheduling
Servicezusammensetzung	Servicekombination und Aggregation, Servicezusammensetzungsframeworks, Validierung der Servicezusammensetzung, Optimale Selektion von Diensten, korrelationsbewusste Webservicezusammensetzung, Servicezusammensetzungsmethoden basierend auf Businessprozesse und den Arbeitsfluss, Künstliche Intelligenz
Sicherheit, Vertrauen und Zuverlässigkeitsmanagement	Identitätsüberprüfung, Autorisierung, Isolation von Daten, Zugangskontrolle, zertifikatbasierte Authentifizierung, Nutzer-Vertrauensmanagement, Daten und Informationsflussverfolgung
Veröffentlichungen, Anfragen und Auffinden von Diensten	Serviceregistrierung, Servicesuche und Zusammenführung in der Cloud, hierarchische Suche, semantische Suche

3.2. Strukturierte Literaturanalyse

Im Rahmen der Literaturrecherche wurde eine Literaturrecherche entdeckt, welche ein strukturiertes Vorgehen in der Ausarbeitung beschreibt. Bei dieser handelt es sich um die Ausarbeitung von Henzel und Herzwurm [HH18] aus dem Jahr 2018. Das Ziel der Studie ist den aktuellen Stand der Technik, Forschungsaktivitäten und potenzielle Forschungslücken im Bereich des CM herauszuarbeiten. Hierzu wurden 40 Publikationen berücksichtigt. Die strukturierte Literaturanalyse wurde in drei Schritten durchgeführt. Zunächst wurde die zu analysierende Literatur identifiziert. In diesem Schritt wurden die Suchmaschinen Ebscohost, ACM, AISEL, Emerald, JStor, Sage, Sciencedirect und Google Scholar verwendet. Nach der Entfernung irrelevanter Publikationen erhielten Henzel und Herzwurm 40 Publikationen für die Analyse. Daraufhin erfolgte die Klassifizierungsphase, welche die verwendete Literatur nach Forschungsgebieten im CM unterteilt. Anschließend erfolgte die Evaluation indem die Publikationen bezüglich den Bereichen Definitionen, Schlüsselcharakteristiken

und Konzepten oder zukünftige Forschungsrichtungen untersucht wurden. Die Schlüsselcharakteristiken des CM und die Anzahl der dazugehörigen veröffentlichten Beiträge nach Henzel und Herzwurm sind in Tabelle 6.1 dargestellt.

Von den analysierten Publikationen waren 78% Artikel aus Fachzeitschriften und 22% Konferenzbeiträge. Des Weiteren wurden als Hauptbeiträger der Forschung China mit 43%, die USA mit 30% und Neuseeland mit 8% identifiziert.

Als Forschungsgebiete identifizierten Henzel und Herzwurm [HH18] die Kategorien *Automation*, *Kollaborative Arbeit*, *Konzepte*, *Literaturrezension*, *Produktionsplanung*, *Ressourcenmanagement*, *Service- und Anforderungsorientierung* und *Anderes*. Als stärkstes Forschungsgebiet ist *Konzepte* mit 37% zu benennen, dicht gefolgt von der *Literaturrezension* mit 35%. Die hohe Anzahl an Konzepten weist nach Henzel und Herzwurm [Henzel] daraufhin, dass sich die Forschung noch in einer frühen Phase befindet.

Tabelle 3.3.: Übersicht der Schlüsselcharakteristiken in Cloud Manufacturing nach Henzel und Herzwurm [HH18]

Schlüsselcharakteristik	Anzahl der Studien
Effektive Realisierung einer CMSP durch Wissen und Daten	9
Hohes Verlassen auf Vertrauen und Sicherheit	7
Netzwerkumgebung und Kollaboration zwischen Nutzern	11
Service- und Anforderungsorientierung	15
Skalierbarkeit und Pay-as-you-go Modell	7
Virtualisierungsprinzipien	8
Zwischenarbeit unter Systemen	9

3.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde eine Übersicht zu Studien mit ähnlicher Zielsetzung dieser Arbeit gegeben. Dabei konnte herausgefunden werden, dass die meisten Übersichtswerke keine systematische Vorgehensweise bei der Ermittlung, der Literatur beschreiben und somit die Gefahr besteht relevante Publikationen nicht aufgenommen zu haben. Zusammenfassend betrachtet gibt es Überschneidungen zu den gewählten Forschungsschwerpunkten dieser Arbeit. Diese sind CM Konzepte, Kollaborative Aspekte, die Servicezusammensetzung, die Serviceplanung, die Sicherheit und die Ressourcenallokation. Als relevant eingestufte Fachzeitschriften in dieser SMS und in den verwandten Arbeiten sind CIRP und AMR.

4. Vorgehensmodell

Um die SMS durchzuführen wird ein Vorgehensmodell benötigt. Das in dieser Arbeit verwendete Modell basiert auf den in 2.1 beschriebenen Prozess von Petersen et al. [PFMM08], da es ein in der Literatur im Bereich der Informatik häufig genutztes Vorgehensmodell darstellt. Die folgenden Abschnitte beschreiben, wie das Vorgehensmodell im Bezug auf die Suche, Selektion und Datenextraktion der Literatur umgesetzt worden ist.

4.1. Suchstrategie

Um relevante Publikationen zu finden wurde der Suchprozess in zwei Schritten unterteilt. Dabei wurde als erstes eine automatisierte Suche durchgeführt, um aktuelle Studien zu erhalten und im nächsten Schritt, zur Identifizierung von weiteren relevanten Artikel, das Backward-Snowballing-Verfahren angewendet. Für die automatisierte Suche wurden zunächst Suchmaschinen identifiziert, welche relevante Publikationen im CM Forschungsbereich enthalten könnten. Die genutzten Suchmaschinen sind in Tabelle 4.1 aufgelistet. Google Scholar wurde genutzt, um Literatur zu finden, die nicht in den anderen genutzten Suchmaschinen vorhanden war, um somit eine größere Abdeckung an Publikationen erreichen zu können. Bei den anderen Suchmaschinen handelt es sich um bekannte Datenbanken für wissenschaftliche Arbeiten im Ingenieursbereich. Dabei wurde als zeitliche Beschränkung zunächst das Jahr 2018 ausgewählt, da die angebotene Literatur sehr umfangreich ist und somit eine zu große Menge analysiert hätte werden müssen, welche den zeitlichen Rahmen für diese Arbeit übertroffen hätte. Außerdem konnten somit eine Grundmenge möglichst aktueller Studien erhalten werden um in den Forschungsfragen Bezug auf den aktuellsten Stand des CM nehmen zu können. Nach Festlegung der Suchmaschinen wurde ein Suchwort erstellt, das die gewünschte Literatur finden soll. Das Suchwort ist in Abschnitt 4.2 genau definiert.

Nach dem die Primärsuche durchgeführt worden ist, wurde nach dem Backward- Snowballing-Verfahren weitere Literatur gesucht. Dieses Verfahren wurde angewendet, indem die referenzierte Literatur der Primärliteratur untersucht und bei passender Thematik unter Verwendung von Inklusions- und Exklusionskriterien in die Literatursammlung für die SMS aufgenommen wurde [JW12]. Dieser Prozess wiederholt sich solange bis keine weitere passende Literatur gefunden werden kann. Da im Bereich des CM jedoch eine umfassende Menge an Literatur vorhanden ist und die Artikelsuche in Datenbanken viel Zeit in Anspruch nimmt wurde für diese SMS die Durchführung auf zwei Iterationsschritte beschränkt.

Tabelle 4.1.: Übersicht der Suchmaschinen

Suchmaschine
Google Scholar
IEEE Xplore
ScienceDirect
SpringerLink
Taylor & Francis Online

4.2. Selektionskriterien

Dieser Abschnitt beschreibt die genutzten Inklusions- und Exklusionskriterien für die Auswahl der Studien in dieser SMS. Aus der Zielsetzung dieser Arbeit heraus ergeben sich die in Tabelle 4.2 aufgelisteten Kriterien.

Tabelle 4.2.: Exklusionskriterien für die Auswahl der Publikationen

Kategorie	Beschreibung
Jahr	2018 für Primärliteratur
Sprache	Englisch in Kurzfassung und Titel
Suchwort	Cloud Manufacturing
Thematik	Cloud Manufacturing
Ursprung	Journale, Konferenzen, Workshops

Für einen qualitativen wissenschaftlichen Standard wurden ausschließlich Publikationen aus Fachzeitschriften, Konferenzen oder Workshops verwendet. Des Weiteren wurde, wie bereits im vorherigen Abschnitt begründet, das Jahr 2018 für die automatisierte Suche festgelegt, um eine aktuelle Startmenge als Primärliteratur zu erhalten. Als zusätzliches Kriterium mussten die Studien in englischer Sprache verfasst oder zumindest eine aussagekräftige englische Kurzfassung enthalten, damit eine Analyse für diese SMS erfolgen konnte. Da „Cloud Manufacturing“ ein in der Literatur gefestigter Begriff ist und somit mit hoher Wahrscheinlichkeit passende Beiträge findet, wurde für die automatisierte Suche die beiden Begriffe „Cloud“ und „Manufacturing“ als Hauptbestandteile ausgewählt. Der sich daraus resultierende Suchstring bildet sich wie folgt:

((Cloud im Titel oder als Schlüsselwort) UND (Manufacturing im Titel oder als Schlüsselwort))
ODER ((Cloud-based im Titel oder als Schlüsselwort) UND (Manufacturing im Titel oder als Schlüsselwort))

Listing 4.1: Suchwort für die Literaturrecherche in Suchmaschinen

Das letzte Kriterium der Thematik sollte sicherstellen, dass ausschließlich Werke verwendet wurden, die sich mit den Teilaspekten des CM beschäftigen oder CM in der Herstellungsindustrie versuchen einzusetzen.

4.3. Klassifikationsstrategie

In Schritt vier der SMS erfolgt die Schlüsselwortsuche in den Kurzfassungen der Literatur, um ein Klassifikationsschema für die darauffolgende Analyse erstellen zu können [PFMM08]. Bei der Schlüsselwortsuche wurden die Schlüsselwörter, die am häufigsten in Kurzfassungen Verwendung finden oder als Schlüsselwort von der entsprechenden Suchmaschine vorgeschlagen wurde, benutzt. Dabei wurde darauf geachtet, dass Schlüsselwörter verwendet werden, die Forschungsgebiete des CM widerspiegeln, da das Klassifikationsschema für die Beantwortung der Forschungsfragen notwendig ist. Häufig aufgetretene Wörter die kein Teilaspekt des CM beschreiben wurden außer Acht gelassen. Wurden in der Kurzfassung mehrere Wörter mit ähnlicher Anzahl an Vorkommen gefunden, die ein Forschungsgebiet beschreiben, wurden entweder alle Wörter für das Klassifikationsschema übernommen oder jenes ausgewählt, das bereits durch andere Publikationen als Schlüsselwort identifiziert worden ist. Somit wurde sichergestellt, dass keine zu große Vielfalt an verschiedenen Schlüsselwörtern entsteht. Wurde kein Schlüsselwort gefunden, das den Inhalt der Publikation widerspiegelt, wurde daraufhin die Gliederung und den Inhalt der Publikation untersucht, um feststellen zu können, welchen thematischen Schwerpunkt die Arbeit verfolgt. Daraufhin wurde ein Wort ausgewählt, das nach eigenem Ermessen die Thematik beschreibt, auch wenn dieses nicht das am häufigsten aufgetretene Schlüsselwort darstellte. Nach dem durch dieses Verfahren eine Menge an Schlüsselwörtern gefunden wurde, die Forschungsgebiete des CM darstellen, wurde durch eine Prüfung der Schlüsselwörter untersucht, ob Schlüsselwörter durch andere in der Gesamtmenge erhaltenen Schlüsselwörter ersetzt werden könnten, die den Inhalt ausreichend widerspiegeln. Nach Abschluss dieser Prüfung konnte die endgültige Menge an Schlüsselwörtern und somit an Forschungsbereichen festgelegt werden.

4.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde beschrieben, welches Vorgehensmodell für die Durchführung der SMS entwickelt wurde. Dabei wurde erläutert wie die Literaturrecherche, durch den Einsatz einer automatisierten und einer manuellen Suche, mit Hilfe von Inklusions- und Exklusionskriterien, erfolgte. Anschließend wurde das Vorgehen zur Identifizierung von Forschungsschwerpunkten anhand von Schlüsselwörtern erklärt.

5. Durchführung

Dieses Kapitel beschreibt die Durchführung des in Kapitel 4 beschriebenen Vorgehenmodell. Abschnitt 5.1 beschreibt schrittweise die Auswahl der Literatur. Abschnitt 5.2 erläutert, welche Forschungsschwerpunkte durch die Klassifizierung der Artikel entdeckt wurden. Abschnitt 5.3 enthält eine Übersicht zu den Lösungstypen der verwendeten Literatur und Abschnitt 5.4 zeigt auf welche Daten aus den Studien benötigt wurden, um die SMS durchführen zu können.

5.1. Auswahl der Literatur

Der in 4 definierte Suchterm wurde unter Berücksichtigung der Exklusions- und Inklusionskriterien auf alle in Tabelle 5.1 aufgezeigten Datenbanken angewendet und ergab für die Primärliteratur eine Menge von 240 Publikationen. Da die in dieser SMS verwendenden Suchmaschinen die Schlüsselwortsuche in Kurzfassungen und Titeln unterstützen, konnte das Suchwort ohne Modifikationen angewendet werden. Die Übersicht in Tabelle 5.1 zeigt den Anteil der gefundenen Literatur der Suchmaschinen an. Dabei wurden Duplikate zunächst außer Acht gelassen, wodurch Google Scholar die höchste Anzahl für die Primärsuche erhielt, da die Publikationen der anderen Verleger ebenfalls angezeigt wurden.

Tabelle 5.1.: Übersicht der Suchmaschinen mit der Anzahl an gefundener Literatur

Suchmaschine	Anzahl der Publikationen
IEEEExplore	33
Google	136
Scencedirect	24
SpringerLink	32
Taylor & Francis Online	15

In Abbildung 5.1 ist die Durchführung des Suchprozesses dargestellt. Nach Entfernung von Duplikaten reduzierte sich die Menge der Primärliteratur auf 118 Publikationen. Im nächsten Schritt wurde das Backward-Snowballing-Verfahren auf die Primärliteratur angewendet. Dabei wurden die referenzierten Titel einer Studie manuell auf das Suchwort geprüft. Enthielten die referenzierten Publikationen das Suchwort, wurden die Studien mit Hilfe von Google Scholar identifiziert und im Hinblick auf die Inklusions- und Exklusionskriterien untersucht. Wurde die Studie als relevant befunden, konnte sie in die bestehende Literaturmenge aufgenommen werden.

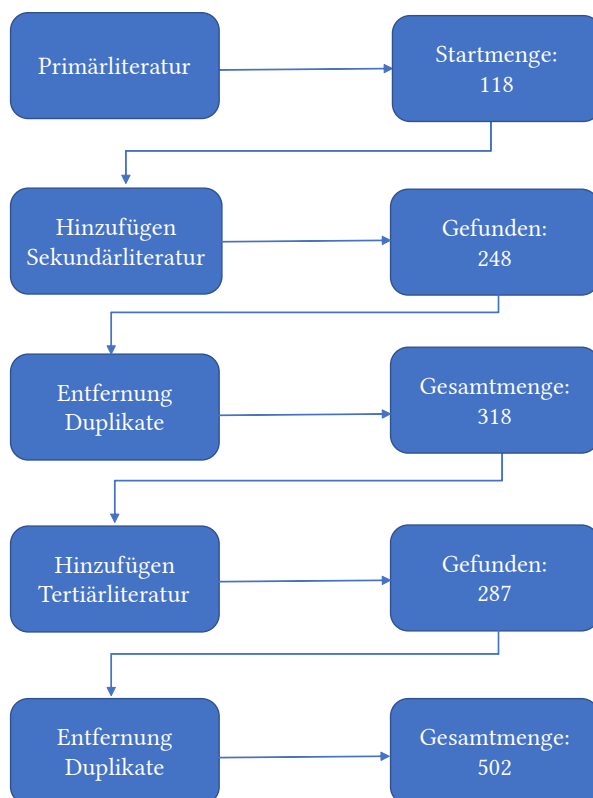


Abbildung 5.1.: Durchführung der Literaturselektion

Im ersten Iterationsschritt ergab dies eine Menge von 248 Publikationen. Nach Entfernung von Duplikaten ergab dies eine Menge von 225 neuen Publikationen und mit der Primärliteratur eine Gesamtmenge von 318 Publikationen. Im zweiten Iterationsschritt wurden 287 Publikationen identifiziert. Nach Entfernung von Studien, die in der bisherigen Menge enthalten waren, ergab dies eine Gesamtmenge von 502 Publikationen.

5.2. Klassifizierung der Artikel

Bei der Durchführung der Klassifizierung der Artikel wurden die in Tabelle 5.2 aufgezeigten Kategorien abgeleitet. Im Laufe der Klassifizierung traten Schlüsselwörter auf, die sinngemäß denselben Inhalt wiedergaben wie die anderen Schlüsselwörter. In diesem Fall wurde als Kategorie, jenes Schlüsselwort genutzt, das im Laufe der Klassifizierung durch andere Publikationen bereits gefunden wurde. Erhielt das Klassifizierungsschema noch kein themenentsprechendes Schlüsselwort wurde das Wort ausgewählt, das am häufigsten auftritt.

Im gesamten Verfahren wurde stets der Versuch unternommen Publikationen einem Schlüsselwort zuzuordnen. Nachdem dies jedoch nicht immer möglich war, da in einer Publikation gelegentlich verschiedene Teilbereiche des CM behandelt wurden, enthalten Publikationen teilweise mehrere

Schlüsselwörter, welche die Forschungsschwerpunkte abbilden. Für den Forschungsbereich *Anwendungsbeispiele* ist zu erwähnen, dass eine Zusammenfassung der Studien durch Schlüsselwörter zu einer zu hohen Diversität an Forschungsgebieten geführt hätte und somit die Übersichtlichkeit beeinträchtigen würde. Daher wurden die Publikationen in diesem Bereich einem, die verschiedenen Schlüsselwörter zusammenfassenden Begriff zugeordnet.

Tabelle 5.2.: Kategorisierung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten

Forschungsschwerpunkt	Beschreibung
Allokation	Diese Kategorie enthält Artikel, welche sich mit der Problematik der Ressourcenfindung und Auswahl beschäftigen.
Anwendungsbeispiele	Diese Kategorie enthält Artikel, die beschreiben wie CM konkret in verschiedenen Herstellungsbereichen eingesetzt werden kann. Die Lösungsbeiträge sind meistens konzeptionell und wurden durch Prototypen evaluiert.
Architektur	Diese Kategorie beinhaltet Publikationen, die sich mit möglichen Architekturen für das Umsetzen von CMSP auseinandersetzen. Dazu zählen Architekturkonzepte, sowie auch die Implementierung von Prototypen.
Grundlagen	In diese Kategorie fallen Publikationen, welche die wesentlichen Aspekte für CM behandeln. Darin werden unter anderem Definitionen, Architekturprinzipien, Schlüsseltechnologien angesprochen.
Kollaboration	Diese Kategorie enthält Artikel, welche Konzepte und Lösungen, für die Zusammenarbeit zwischen Anlagen oder anderen Herstellungsressourcen vorstellen. Der Schwerpunkt der Artikel liegt meistens darin zu untersuchen, wie Unternehmen effektiv ihre Daten und Ressourcen in einer CMSP teilen können.
Ontologie	Hier werden Modelle, Methoden und Dienste vorgestellt, dessen Lösungen auf ein relationales Netzwerk an Informationen basieren oder verwenden. Meistens wird die Ontologie für die Suche nach Diensten eingesetzt.
Preisgestaltung	Die enthaltenen Artikeln beschäftigen sich mit Kostenmodellen für die Nutzung von Diensten und behandeln ebenfalls die Entstehung der Kosten.
Serviceplanung	Diese Kategorie enthält Publikationen, welche Algorithmen und Lösungen vorstellen, die das zeitliche Planungsproblem von Diensten in der Cloud zu optimieren versuchen.
Services und Modelle	Diese Kategorie enthält Publikationen, welche konkrete Implementierungen und Konzepte von Services oder Modellen vorstellen. Die Modelle können sich beispielsweise darauf beziehen die Qualität von Services zu evaluieren.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle 5.2 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Beschreibung
Servicezusammensetzung und Selektion	Publikationen, welche Algorithmen zur Servicezusammensetzung und Methoden für eine geeignete Service Auswahl in einer CM Umgebung vorstellen sind hierin enthalten.
Sicherheit	Die Publikationen beschäftigen sich mit den Sicherheitsproblemen, welche durch CM entstehen. Dazu zählen beispielsweise die Ressourcensicherheit, Datenschutz, Service-Vertrauens-Evaluierungen und die Integrität von Eigentum.
Virtualisierung	Diese Kategorie enthält Artikel, welche Abstraktionstechnologien für CMSP vorstellen. Dazu zählt das Virtualisieren und Kapseln von Ressourcen in einer Produktionsumgebung und wie diese genutzt werden können.
Anderes	Diese Kategorie enthält Publikationen, welche nicht anderen Kategorien zugeteilt werden konnten und dessen Inhalt so unterschiedlich ist, dass das Hinzufügen neuer Forschungsschwerpunkten der Übersichtlichkeit geschadet hätte.

5.3. Lösungstypen

Um einen besseren Überblick über die Forschungsaktivitäten im Bereich des CM zu erhalten wurde ein weiteres Klassifikationsschema eingeführt. Dieses Klassifikationsschema dient dazu Studien anhand ihres vorgestellten Lösungsansatzes zu typisieren. Bei der Durchsicht der Studien sind die in der Tabelle 5.3 aufgelisteten Lösungstypen entstanden. Dabei wurden dasselbe Vorgehen, wie in Abschnitt 5.2 beschrieben verwendet. Jedoch lag der Schwerpunkt der Suche auf Schlüsselwörter, die den Beitrag beschreiben. Hierzu wurde eine Studie einem Lösungstyp zugeordnet. Studien die *System*, sowie *Plattform* häufig als Begriff verwendeten zeigten starke Ähnlichkeiten im Lösungswesen auf und wurden somit unter *System* zusammengefasst.

Tabelle 5.3.: Übersicht der Lösungstypen

Lösungstyp	Beschreibung
Algorithmus	Diese Kategorie beschreibt mathematische Lösungsmethoden für ein spezifisches Problem. Dabei werden die Algorithmen neu entwickelt, bestehende erweitert oder verbessert.
Analyse	Analysen sind Forschungsbeiträge, welche eine Problemstellung methodisch analysieren und über Erkenntnisse diskutieren, ohne konkrete umsetzbare Lösungsvorschläge zu entwickeln. Viel mehr liegt der Schwerpunkt dieser Studien darin Probleme aufzuzeigen oder Vergleiche zu ziehen.
Architektur	Diese Kategorie beinhaltet Studien, welche eine konzeptionelle Systemarchitektur für eine CMSP vorstellen und diese meistens durch Prototypimplementierungen evaluieren
Framework	Als Frameworks werden Rahmenstrukturen bezeichnet, die für den Einsatz in einer CMSP entwickelt wurden. Frameworks sollen dabei helfen Softwareapplikationen zu implementieren, die spezifische häufig auftretende Probleme im CM Bereich lösen.
Methode	Als methodisch werden Studien bezeichnet, die eine spezifische Prozedur zur Lösung eines Problems entwickeln. Die Lösung besteht hierbei aus mehreren Schritten, die der Nutzer anwenden kann. Dabei können algorithmische und modellbasierte Lösungstypen Bestandteile der Methode sein.
Modelle	Modelle im CM Bereich werden dazu genutzt Sachverhalte aufzuzeigen oder Probleme unter dem Einsatz des Modells zu lösen. Die Nützlichkeit eines Modells wird meistens mit Hilfe von Fallstudien untersucht.
System	Unter die Kategorie <i>System</i> fallen Implementierungen, die entweder ein spezifisches CM Problem lösen sollen und die CMSP ergänzen oder sie bezeichnet die konkrete Umsetzung einer CMSP

Übersichtswerke	Diese Kategorie beinhaltet Werke, dessen Schwerpunkt darin liegt eine Gesamtübersicht zu erstellen. Zu einem zeigen die Übersichtswerke den Stand von CM auf, indem der Forschungsstand von Teilaspekten des CM aufgezeigt werden. Zu anderem kann sich die Übersicht auf nur einen Teilaspekt von CM beziehen um die Probleme und Lösungen in diesem Bereich aufzeigen.
-----------------	--

5.4. Datenextraktion

In Tabelle 5.4 ist dargestellt, welche Informationen für die Durchführung der SMS benötigt wurden. Dabei sind Daten der Publikation wie Autorennamen, Titel, Verleger, Fachzeitschrift betroffen, sowie Informationen, die im Laufe der SMS erstellt worden sind. Bei diesen Informationen handelt es sich um die Zuordnung zu Forschungsschwerpunkten und Lösungstypen. Die erste Spalte beinhaltet die Bezeichnung der Information und die zweite Spalte gibt an um welchen Datentyp es sich hierbei handelt. Daten vom Typ *Mehrfachauswahl* deuten an, dass eine Publikation mehrere Kategorien beinhalten kann. Der Datentyp *Einfachauswahl* weist darauf hin, dass Artikel nur eine Kategorie enthalten können. Die dritte Spalte gibt Auskunft darüber welche Informationen für die entsprechende Forschungsfrage (vgl. Tabelle 1.1) genutzt worden sind. Ist keine Forschungsfrage angegeben bedeutet dies, dass die Information nicht explizit für eine Forschungsfrage genutzt worden ist.

Tabelle 5.4.: Datenübersicht für die Ermittlung der Ergebnisse

Bezeichnung	Datentyp	Forschungsfrage
Autor	Nachname, Vorname	F3,F4
Kurzfassung	Text	F1,F2,F3,F4
Titel	Text	F1,F2,F3,F4
Publikationsjahr	YYYY	FF1,FF3
Forschungsschwerpunkt	Mehrfachauswahl aus Kategorietypen	F1
Beitragstyp	Einfachauswahl aus Beitragstypen	F3
Lösungstyp	Einfachauswahl aus Lösungstypen	F2
Journalname	Text	F3
Konferenzname	Text	F3
Workshopname	Text	F3
Verlag	Text	F3

5.5. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde ausgeführt, wie die Umsetzung des Vorgehensmodell erfolgte. Hierzu wurde zu jedem Prozedurschritt die erhaltenen Ergebnisse vorgestellt. Dazu gehört das Aufzeigen der gefundenen Literaturmenge durch die Datenbanksuche und dem Backward-Snowballing-Verfahren, sowie die Vorstellung der, durch die Schlüsselwortsuche, erhaltenen Forschungs- und Lösungsbereiche. Auch wurde ein Extraktionsformular zur Kenntlichmachung der verwendenden Informationen beschrieben.

6. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der SMS vorgestellt. Dabei werden in Abschnitt 6.1 die Ergebnisse für die in Abschnitt 1.2 definierten Forschungsfragen dargestellt und in Abschnitt 6.2 die Relevanz der Studien anhand der Zitationsanzahl ermittelt.

6.1. Ergebnisse der Forschungsfragen

Durch den Mappingprozess konnten die benötigten Informationen für die Beantwortung der Forschungsfragen aus den Publikationen entnommen werden. Diese Informationen wurden sowohl graphisch wie auch tabellarisch zusammengefasst und den entsprechenden Forschungsfragen zugeordnet.

6.1.1. Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?

Durch das in 2.1.4 beschriebene Klassifizierungsverfahren konnten die Publikationen Forschungsschwerpunkten zugeordnet werden. Dabei wurden einige Veröffentlichungen mehreren Forschungsschwerpunkten zugeordnet, da eine eindeutige Zuordnung nicht möglich war. Jedoch wurde während der Klassifizierung versucht die Veröffentlichungen einem Hauptschwerpunkt zuzuordnen, sofern es die Thematik erlaubte.

Die im Laufe des Klassifizierungsverfahren erstellten Forschungsschwerpunkte sind der Tabelle 5.2 zu entnehmen. Im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.1) ist die Anzahl der Publikationen im Verhältnis zu Forschungsgebieten und Veröffentlichungsjahren dargestellt, wodurch ersichtlich wird, in welchem Jahr welcher Forschungsschwerpunkt besonders stark untersucht worden ist. Unter Betrachtung des Jahres 2018, das die Ergebnisse der Primärsuche darstellt, wird ersichtlich, dass das am stärkste untersuchte Themengebiet die *Servicezusammensetzung* mit 33 Publikationen darstellt. Das entspricht 25% der Gesamtanzahl der Publikationen für 2018. Außerdem wurden die Themengebiete *Services und Modelle* mit 19 Publikationen (14,4%), sowie CM in spezifischen Anwendungsfällen der Industrie mit 14 Publikationen (10,6%) eingehender untersucht. Die geringste Publikationsanzahl haben *Grundlagen*, *Preisgestaltung* und die *Virtualisierung* mit jeweils drei Publikationen (2,3%).

Unter Betrachtung des Blasendiagramms für die Jahre 2010 bis 2017 wird ersichtlich, dass auch in diesem Zeitfenster die *Servicezusammensetzung* mit 64 Publikationen (16,7%) und *Anwendungsbeispiele* mit 65 Publikationen (16,9%) stark im Fokus der Forschung waren. Die geringste Publikationsanzahl haben die *Sicherheit* mit 15 Publikationen (3,9%), die *Kollaboration* mit 14 (3,6%) und die *Preisgestaltung* mit drei Publikationen (0,8%). In Tabelle A.1 kann für die

6. Ergebnisse

Zeitfenster 2010 bis 2017 und 2018 die genaue Anzahl der Publikationen für die jeweiligen Forschungsschwerpunkte entnommen werden. In Tabelle A.2 sind die Publikationen nach ihren Forschungsschwerpunkten geordnet dargestellt.

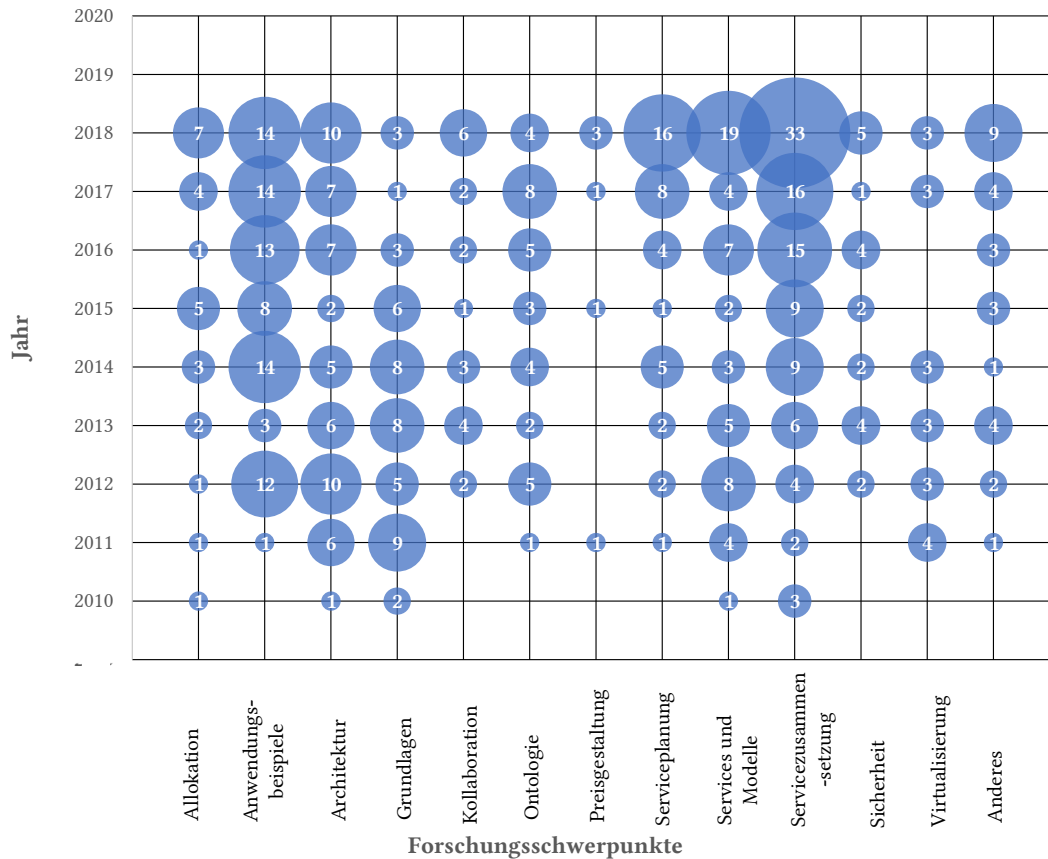


Abbildung 6.1.: Verteilung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten und Jahreszahl

6.1.2. Welche Lösungstypen werden geleistet?

In Tabelle A.3 werden die im Rahmen dieser SMS analysierten Publikationen von 2010 bis 2017 und 2018 einem Lösungstyp zugeordnet, der den geleisteten Beitrag beschreibt und die Anzahl der entsprechenden Lösungstypen auflistet. Die Beschreibung der Lösungstypen befindet sich in Abschnitt 5.3. Es konnten insgesamt sieben Lösungstypen aus der untersuchten Literatur abgeleitet werden. In Tabelle A.3 ist zu erkennen, dass von 2010 bis 2017 der Lösungstyp *Architektur* mit 86 Publikationen am stärksten abgeschnitten hat. Dies entspricht 23% der Gesamtmenge in diesem Zeitfenster, gefolgt von *Algorithmus* mit 61 Publikationen (16,4%), *Frameworks* mit 36 Studien (9,7%) und *Systeme* mit 27 Studien (7,3%). Für das Jahr 2018 sind die Lösungstypen *Algorithmus* mit 34 Publikationen (36%) und *Methode* mit 32 Publikationen (24,4%) am häufigsten aufgetreten. *Systeme* und *Frameworks* haben auch hier mit jeweils sieben Publikationen (5,3%) den kleinsten Lösungsanteil.

Das Kurvendiagramm (vgl. Abbildung 6.2) illustriert die Beliebtheit der sieben Lösungstypen nach dem Veröffentlichungsjahr. 2010 markiert das Startjahr für CM konzeptionell so wie es heute bekannt ist. Die fünf Lösungstypen *Architekturbeitrag*, *Modelle*, *Analysen*, *Algorithmus* und *Methode* sind bereits in diesem Jahr mit einer geringen Publikationsanzahl vertreten. Es ist zu erkennen, dass im Jahr 2010 die *Architektur* am stärksten abgeschnitten hat. Im Jahr 2011 markiert die *Analyse* den stärksten Publikationsanstieg. Von 2012 bis 2014 waren Studien mit dem Lösungstyp *Architektur* am stärksten vertreten. 2015 rückten Algorithmen in den stärksten Fokus, der 2016 minimal abschwächte und vom Typ *Modell* und *Methode* abgelöst wurde. Von 2017 bis 2018 markierte erneut der Lösungstyp *Algorithmus* die stärkste Entwicklung.

Im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.3) ist das Verhältnis der verwendeten Lösungstypen zu den Forschungskategorie dargestellt. Es gibt somit einen Einblick in die bevorzugten Lösungstypen für die Forschungsschwerpunkte. Es ist zu erkennen, dass für die Allokation der Ressourcen zu 45% Algorithmen entwickelt wurden. Studien, welche Anwendungsbeispiele für CM aufzeigen beinhalten zu 36,7% Architekturkonzepte und zu 21,5% Systeme. Auch Studien die sich mit der Architektur für CM-Plattformen beschäftigen, entwickeln zu 77,8% ein architektonisches Konzept. Studien, welche hauptsächlich die Grundlagen erläutern und diverse Variationen für CM-Konzepte aufzeigen, sind überwiegend *Analysen* (40%), *Architekturbeiträge* (28,9%) und *Übersichtswerke* (20%). Der Forschungsgegenstand *Kollaboration* besteht zu 25% aus *Frameworks* und 25% aus *Architekturkonzepten*. Der *Ontologie* Forschungspunkt verwendet meistens *Methoden* (34,4%) oder *Modelle* (31,3%). Die *Preisgestaltung* nutzt weitestgehend *Modelle* zu 66,7%. Für eine optimale Serviceplanung werden *Algorithmen* (46,2%), *Methoden* (20,5%) und *Modelle* (25,7%) entwickelt. Der Forschungsschwerpunkt *Service und Modelle* beschäftigt sich wie der Name schon andeutet hauptsächlich mit der Entwicklung von *Modellen* (45,3%). Die Entwicklung effektiver Servicezusammensetzungen geht hauptsächlich mit der Entwicklung effektiver Algorithmen einher, welche 51,5% der Lösungsbeiträge ausmachen. Für den Aspekt der Sicherheit werden mehrheitlich *Modelle* (30%) entwickelt. Im Rahmen der *Virtualisierung* werden hauptsächlich *Methoden* (26,3%), *Architekturen* (21,1%) und *Analysen* (21,1%) verwendet. Die Kategorie *Anderes* ist mit Publikationen zu diversen Thematiken nicht vorrangig einem speziellen Lösungstyp zuzuordnen. Jedoch ergab die Analyse, dass die Lösungstypen zu *Methoden* (29,6%) und *Analysen* (25,9%) tendieren.

6.1.3. Wie sieht die Publikationsflora aus?

Das Kurvendiagramm (vgl. Abbildung 6.4) illustriert die Anzahl der Beitragstypen der Publikationen, welche in den Jahren von 2010 bis 2018 veröffentlicht wurden. Bei diesen Beitragstypen handelt es sich entweder um Artikel aus Fachzeitschriften oder aus Konferenzbeiträgen. Es ist zu erkennen, dass die Zeitschriftenanzahl stets über der Anzahl der Konferenzbeiträgen liegt. Die Anzahl ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen, mit Ausnahmen der Jahren 2013 und 2015. Dies trifft jedoch nicht auf Konferenzbeiträge zu. Die Anzahl blieb relativ konstant, mit einem geringen Tiefpunkt im Jahr 2015 und 2017. Workshops sind in der Kategorie Konferenzbeiträge enthalten. Außerdem ist zu erkennen, dass die Lücke zwischen beiden Beitragsformen seit 2015 zugenommen hat.

Tabelle 6.1 zeigt die Gesamtanzahl der Publikationen kategorisiert nach ihren Beitragstypen. Mit 67,9% stellen Artikel in Fachzeitschriften eine deutliche Mehrheit dar. Konferenzbeiträge haben einen Anteil von 30,9% und Workshops lediglich 1,2%.

6. Ergebnisse

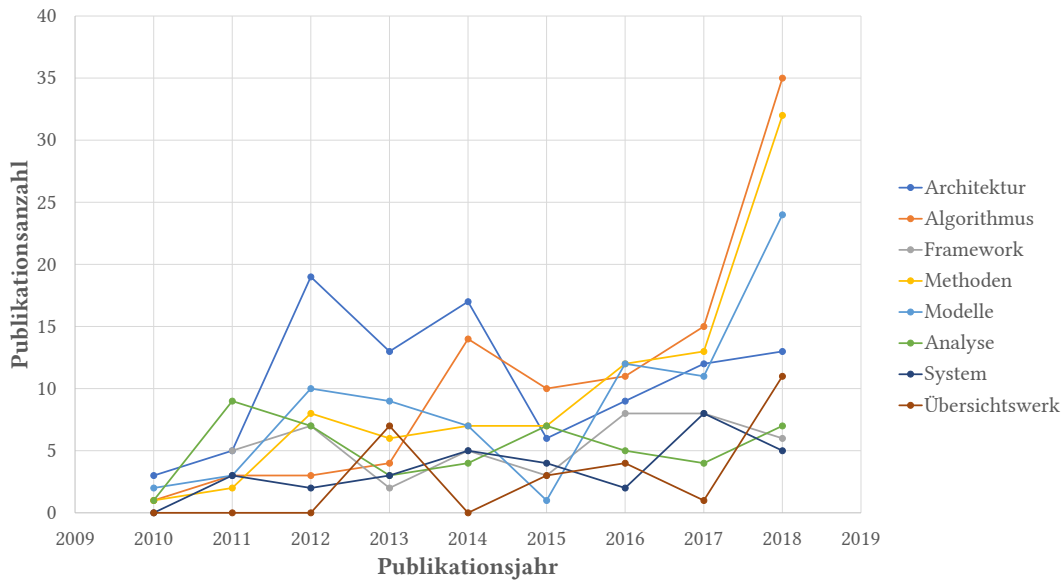


Abbildung 6.2.: Vergleich von Lösungstypen nach Jahreszahl

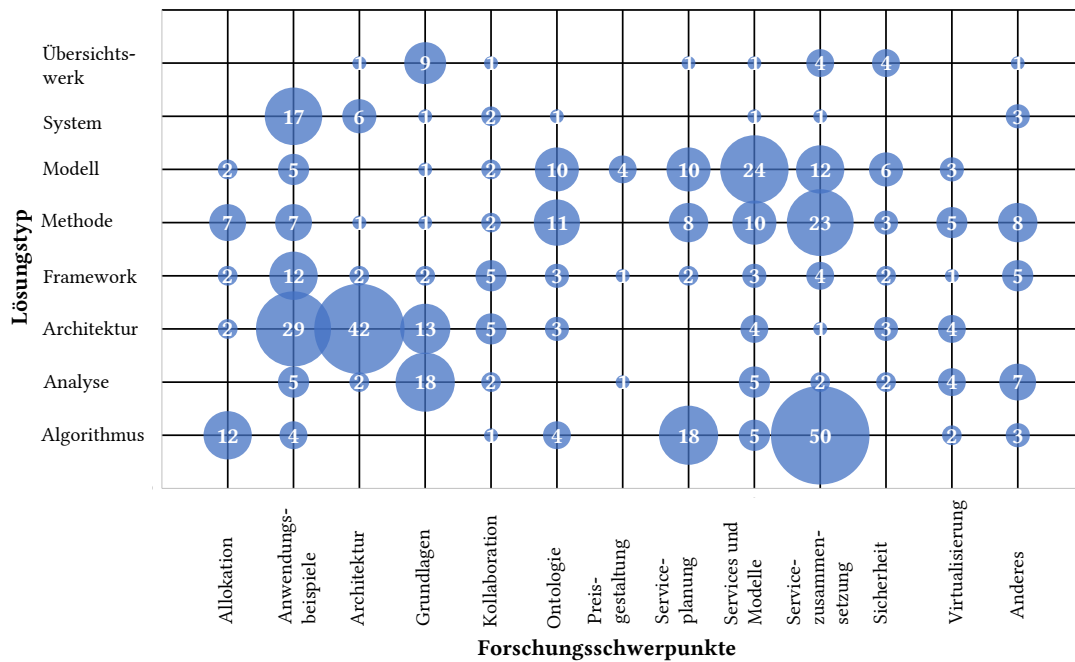


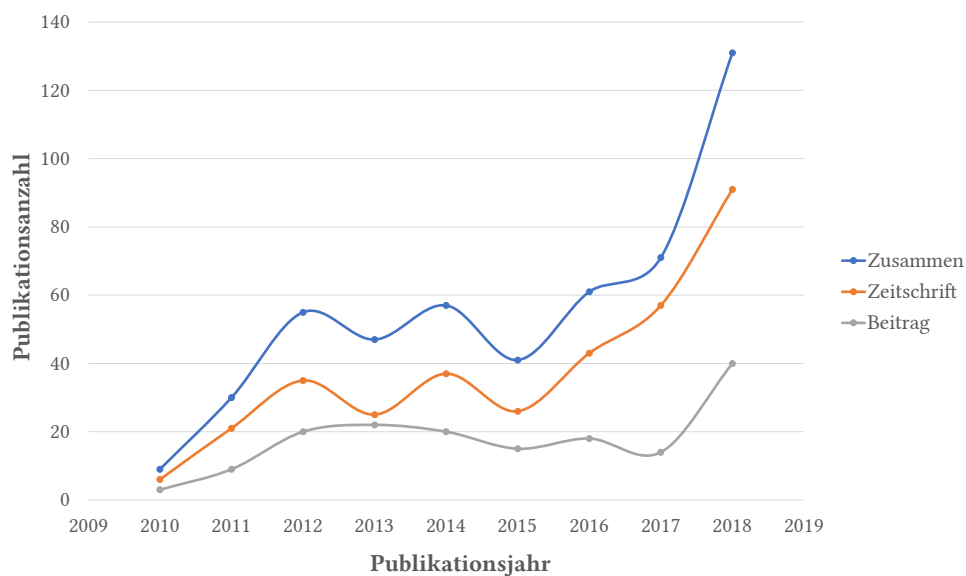
Abbildung 6.3.: Korrelation von Forschungsschwerpunkten und Lösungstypen

Im Kreisdiagramm (vgl. Abbildung 6.6) sind fünf Fachzeitschriften mit der größten Beitragsbeteiligung, unter Ausschluss der Primärliteratur dargestellt. Unter diesen fünf Fachzeitschriften heben sich zwei durch ihre Beitragszahl im Vergleich zu den anderen deutlich hervor. Bei diesen handelt es sich um *CIMS* (15%) und um *IJAMT* (13%). Eine Übersicht zu den in 2018 am häufigsten

Tabelle 6.1.: Übersicht der Publikationen nach Beitragstyp

Publikationstyp	Anzahl der Studien	Prozentualer Anteil
Journale	340	67,9%
Konferenzen	155	30,9%
Workshops	6	1,2%

aufgetretenen Fachzeitschriften bietet Abbildung 6.5. Es ist zu erkennen, dass die Fachzeitschrift *IJAMT* den größten Anteil mit 32% darstellt. Die restlichen hervorgehobenen Fachzeitschriften haben ähnliche Anteile. Diese sind *Internatinal Journal of Computer Integrated Manufacturing (IJCIM)* mit 18%, *Procedia Manufacturing (PM)* und *CIRP* mit jeweils 15%, sowie *International Journal of Production Research (IJPR)* und *Journal of Intelligent Manufacturing (JIM)* mit jeweils 10%. Eine Gesamtübersicht der im Laufe der Durchführung der SMS aufgetretenen Fachzeitschriften und ihrer korrespondierenden Anzahl an Veröffentlichungen sind Tabelle A.4 zu entnehmen. Die Veröffentlichungen sind dabei in den Zeitfenstern von 2010 bis 2017 und 2018 eingeteilt. Entsprechend sind in Tabelle A.5 sämtliche vorkommenden Konferenzen mit ihrer Beitragsanzahl in den selben Zeitfenstern dargestellt.

**Abbildung 6.4.:** Verteilung der Publikationen nach Jahren

6. Ergebnisse

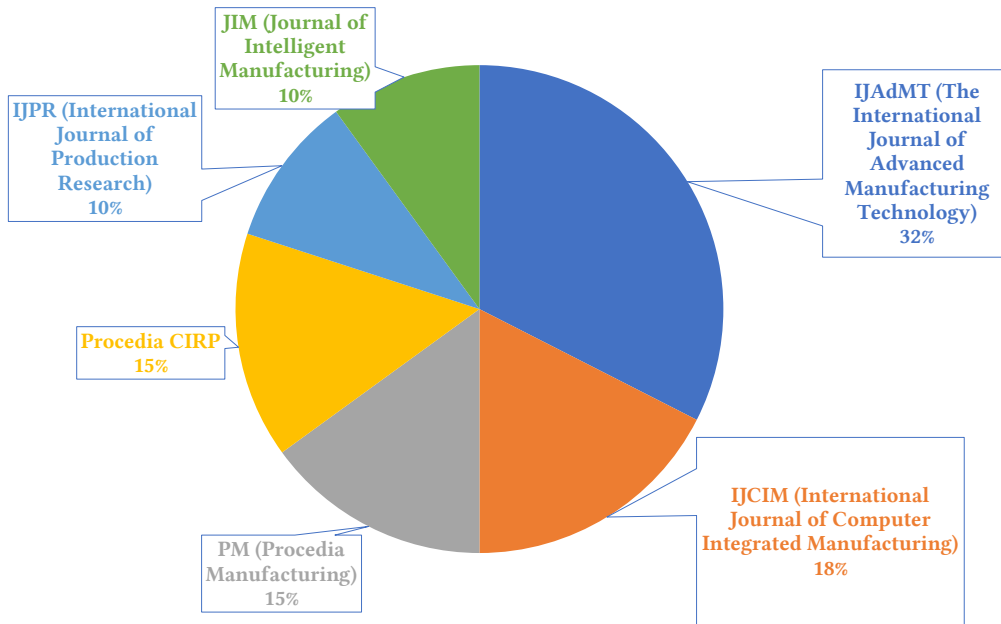


Abbildung 6.5.: Fünf der am häufigsten vorkommenden Fachzeitschriften der Primärliteratur

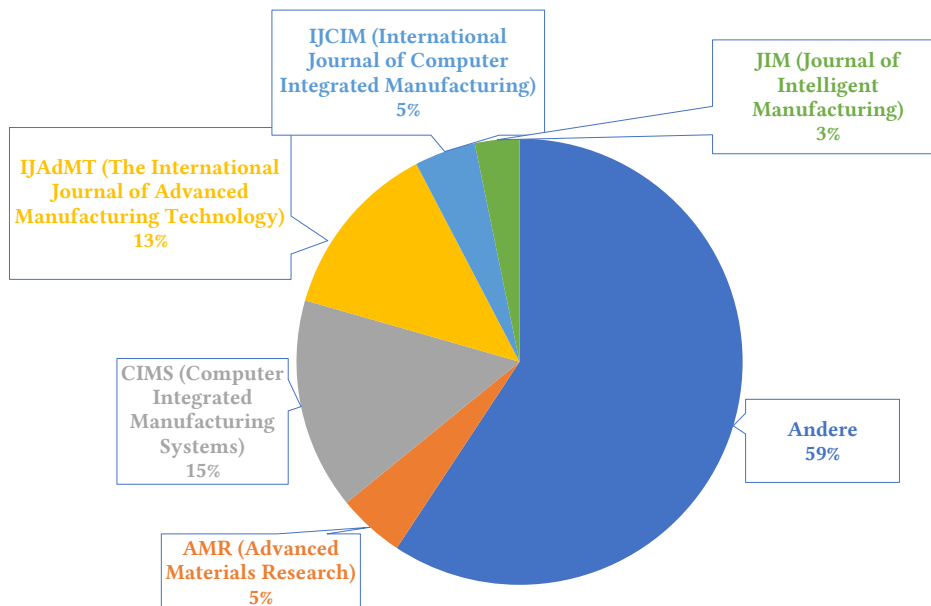


Abbildung 6.6.: Fünf der am häufigsten vorkommenden Fachzeitschriften ohne Primärliteratur

Das Kreisdiagramm (vgl. Abbildung 6.7) zeigt die am häufigsten auftretenden Tagungsbänder für das Jahr 2018 auf. Es wurden Konferenzen berücksichtigt, die mehr als drei Artikel beigetragen haben. Dies führte zu drei Tagungsbänder. Den größten Anteil hat *Conference on Universal Village*

(UV), dessen Beiträge im Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) veröffentlicht werden. Die Kategorie *Andere* besteht aus Konferenzen, welche zu einer oder zwei Publikationen beigetragen haben.

Im Kreisdiagramm (vgl. Abbildung 6.8) sind sechs Tagungsbänder aufgezeigt, welche die höchste Anzahl an Publikationen im Bereich des CM, ohne Berücksichtigung des Jahres 2018, aufweisen. Es ist zu erkennen, dass die Konferenz *IMSE* mit 22% die Mehrheit darstellt. Die restlichen Konferenzen liegen mit 3% und 4% nah zusammen. Die Kategorie *Andere* beinhaltet Konferenzen, die nicht mehr als drei Beiträge zu CM hervorgebracht haben und aus einer großen Masse heterogener Konferenzen bestehen.

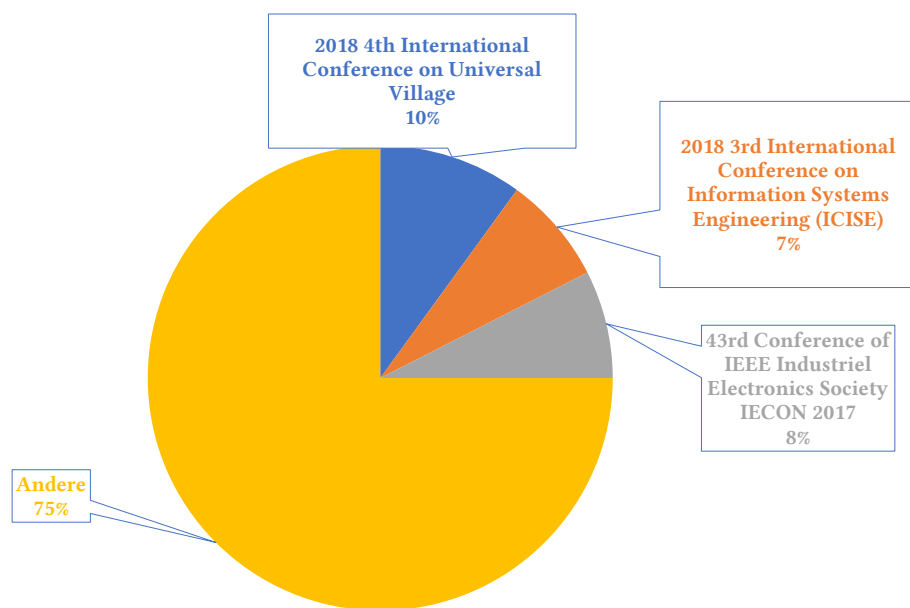


Abbildung 6.7.: Drei der am häufigsten vorkommenden Tagungsbänder in 2018

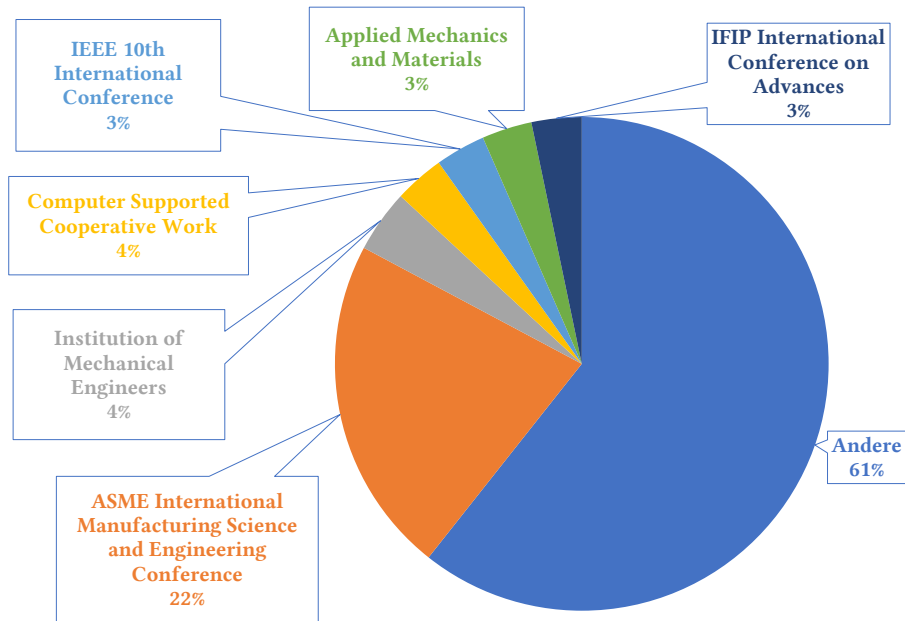


Abbildung 6.8.: Sechs der am häufigsten vorkommenden Tagungsbänder ohne Primärliteratur

Eine Übersicht der zehn größten Verlage, mit der höchsten Anzahl an Publikationen von 2010 bis 2017, ist dem Säulendiagramm (vgl. Abbildung 6.9) zu entnehmen. Es ist darin zu erkennen, dass die größten Anteile Springer mit 21%, IEEE mit 15%, China Academic Journals mit 13%, Elsevier mit 12% und American Society of Mechanical Engineers (ASME) mit 11% in Anspruch nehmen. Für das Jahr 2018 sind im Kuchendiagramm (vgl. Abbildung 6.10) die Verleger mit der höchsten Anzahl an Publikationen ersichtlich. Hier schneidet IEEE mit 25% minimal besser ab als Springer mit 24%, gefolgt von Elsevier mit 17% und Taylor & Francis mit 11%. Die restlichen im Rahmen der SMS erhaltenen Verlage und die Anzahl ihrer Beiträge sind in Tabelle A.6 in den Zeitfenstern 2010 bis 2017 und 2018 einsehbar.

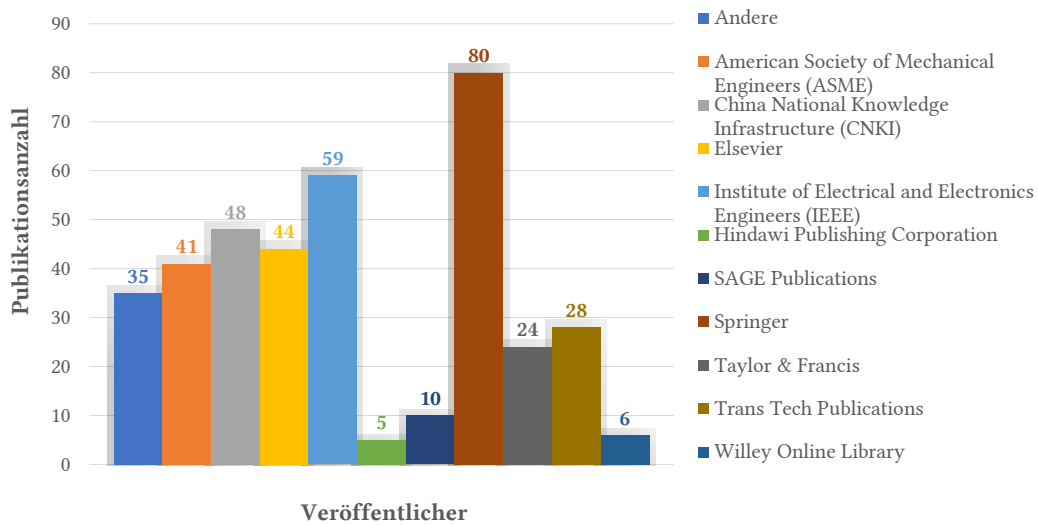


Abbildung 6.9.: Zehn der am häufigsten vorkommenden Verlage ohne Primärliteratur

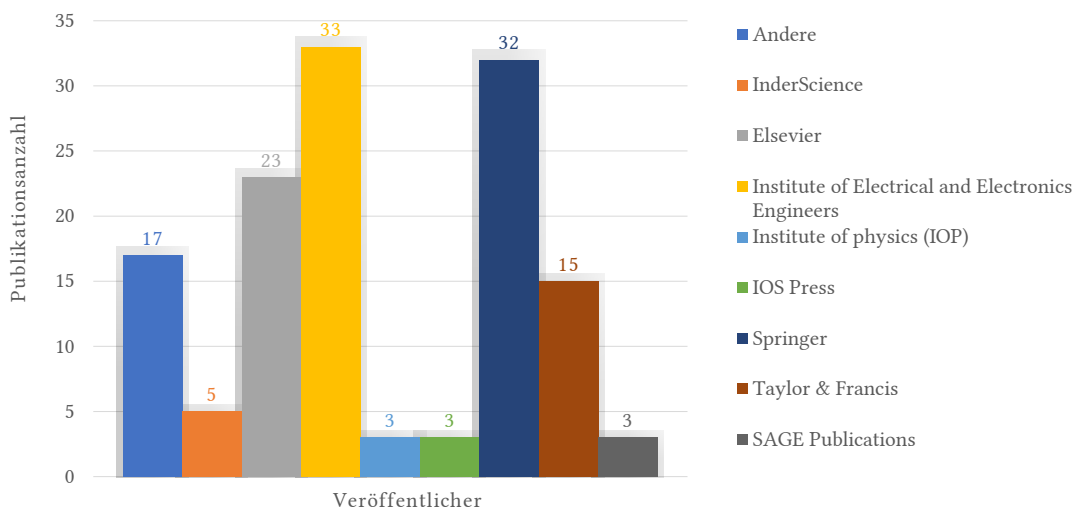


Abbildung 6.10.: Zehn der am häufigsten vorkommenden Verlage in der Primärliteratur

Das Säulendiagramm (vgl. Abbildung 6.11) präsentiert Autoren, welche mehr als zehn Studien im Bereich des CM veröffentlicht haben. Zhang Lin ist mit 15% der Publikationen der relevanteste Autor. Anhand der Beitragszahl weiter hervorzuhebende Autoren sind Tao Fei mit 11%, Ren Lei mit 7%, Xu Xun mit 5% und Wang Lihui mit 4%. Die anderen aufgezeigten Autoren haben eine Beitragsmenge zwischen 3% und 2%. In Tabelle A.7 sind die restlichen Autoren, der

6. Ergebnisse

hier verwendeten Literatur mit der Anzahl ihrer Beiträge aufgelistet, falls sie zu mehr als fünf Veröffentlichungen beigetragen haben. Des Weiteren ist im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.12) ersichtlich, in welchen Forschungsgebieten, die publikationsreichsten Autoren maßgeblich beteiligt waren, dabei bildet die Größe der Kreise die Anzahl der Veröffentlichungen ab. Zhang Lin trug maßgeblich zu Publikationen im Bereich der *Serviceplanung*, *Grundlagen*, *Servicezusammensetzung*, *Services und Modelle* und *Anwendungsbeispiele* bei. Seine ersten Beiträge wurden bereits 2010 in der Anfangsphase des CM veröffentlicht. Tao Fei hat maßgeblich zu den Forschungsgebieten *Grundlagen*, *Servicezusammensetzung* und *Services und Modelle* beigetragen. Auch seine Beitragszeit begann bereits 2010. Ren Lei ist ebenfalls am stärksten in den Forschungsschwerpunkten *Grundlagen* und *Servicezusammensetzung* beteiligt gewesen und veröffentlichte erste Studien zu CM 2010. Xu Xun veröffentlichte zu allen Forschungsschwerpunkten bis auf *Allokation* und *Kollaboration*, ab 2012, eine ähnliche Anzahl an Publikationen. Wang Lihuis stärkste Beitragsbeteiligung befindet sich in den Thematiken *Anwendungsbeispiele* und *Grundlagen* seit 2013. Weitere im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.12) aufgezeigte Autoren, die in einem Forschungsbereich besonders hervorzuheben sind, Laili Yuanjun im Forschungsbereich der *Serviceplanung*, Yao Xifan in der *Servicezusammensetzung* sowie Zhou Longfei ebenfalls im Bereich der *Serviceplanung*.

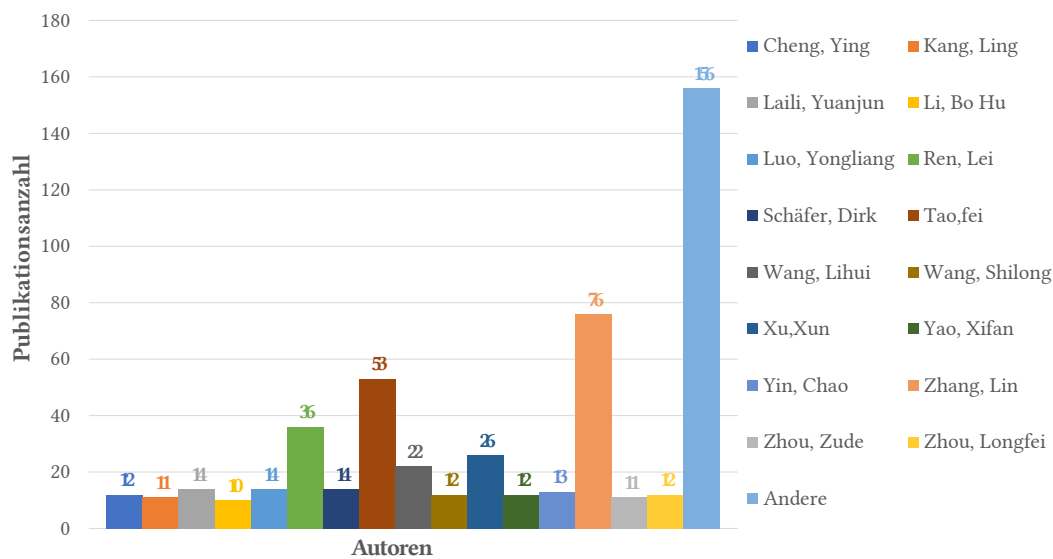


Abbildung 6.11.: Übersicht der Autoren mit den meisten Veröffentlichungen von 2010 bis 2018

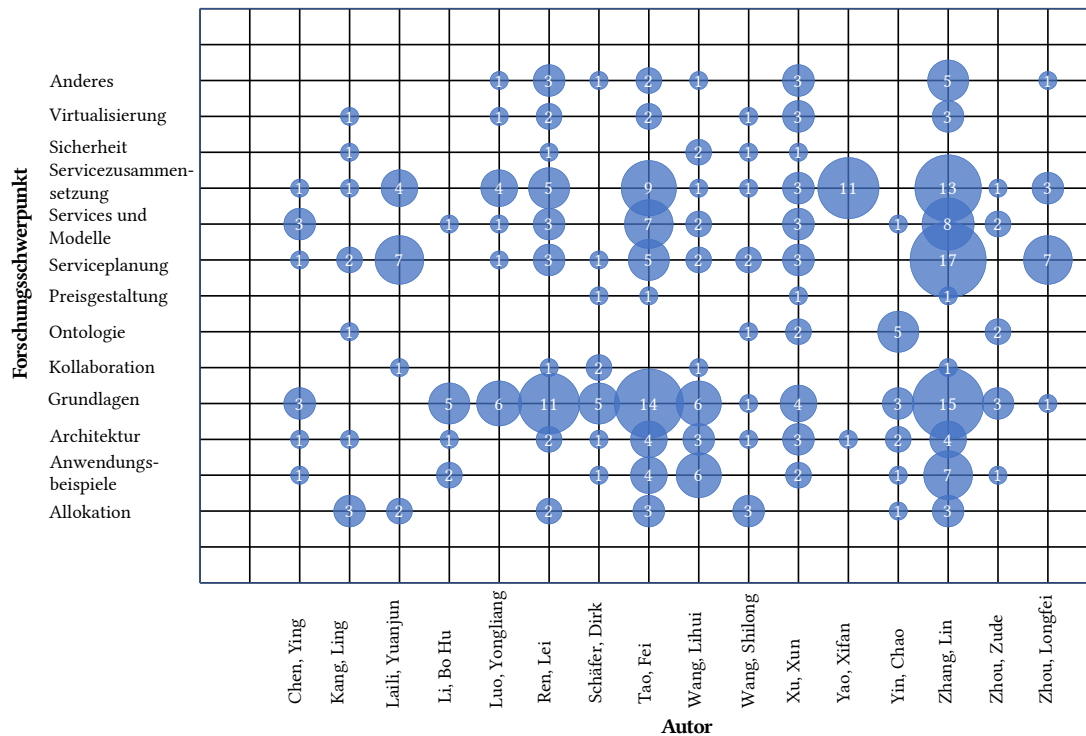


Abbildung 6.12.: Vergleich der Autoren im Bezug auf Ihre Forschungsschwerpunkte

6.1.4. Welche CM Probleme sind in der Literatur bekannt?

Tabelle 6.2 zeigt eine Übersicht von Problemen des CM, die in Studien mehrfach als unzureichend untersucht benannt wurden. Hierzu wurden Publikationen aus dem Lösungstyp *Übersichtswerk* genutzt, da die darin untersuchten Forschungslücken Bezug auf sämtliche Teilbereiche des CM nehmen. Die verwendete Literaturmenge setzt sich aus den in Kapitel 3 vorgestellten Übersichtswerken, sowie weiteren Publikationen zusammen, die im Zeitfenster von 2015 bis 2018 veröffentlicht wurden, um möglichst aktuelle Probleme aufzeigen zu können. Dabei ist in der linken Spalte der Bezeichner für die Problematik angegeben. Die rechte Spalte enthält die korrespondierenden Autoren, welche diese identifiziert haben.

6.2. Relevanz der Publikationen

Im Folgenden Abschnitt wird, um die Relevanz von Publikationen zu ermitteln, ihre Zitationsanzahl bestimmt und numerisch sortiert. Die Bestimmung der Anzahl an Referenzierungen soll helfen, die Relevanz der im Rahmen dieser SMS betrachtenden Publikationen für die Forschung aufzuzeigen. Darüber hinaus weist sie daraufhin, dass für die Forschung wichtige Beiträge in dieser SMS Beachtung gefunden haben. Darüber hinaus wurde die Zitationsuntersuchung dafür genutzt feststellen zu können, welche Forschungsschwerpunkte und Lösungsbeiträge aus der Sicht von Wissenschaftlern vom besonderen Interesse sind. Um die Zitationsanzahl zu bestimmen, wurden die von Google

Tabelle 6.2.: Übersicht von Forschungsdefiziten in der Literatur

Forschungslücke	Autor
Big Data	Liu et al.,Liu et al.,Tao et al.
Business Modell	Adamson et al.,Henzel und Herzworm
Definition von Cloud Manufacturing	Adamson et al.,Henzel und Herzworm,Liu et al.
Deployment und Adaptionsherausforderung	Adamson et al.,Henzel und Herzworm,Rahman et al.,Tao et al.
Integration von Informationssysteme	He und Xu,Henzel und Herzworm,Siderska und Jadaan
Management und Optimierung von Ressourcen und Diensten	He und Xu,Liu et al.,Guo und Qiu,Liu et al.,Rahman et al.,Tao et al.
Sicherheit	He und Xu,Adamson et al.,Henzel und Herzworm,Liu et al.,Siderska und Jadaan,Esposito et al.,Rahman et al.
Standardisierung	Adamson et al.,Liu et al.,Rahman et al.
Verteilte Herstellungssimulation	Adamson et al.,Tao et al.
Wissens- und Informationsmanagement	Adamson et al.,He und Xu,Henzel und Herzworm,Zhang und Jin

Scholar bereitgestellten Zitationsinformationen genutzt. Des Weiteren wurden ausschließlich Werke von 2010 bis 2017 betrachtet, da davon auszugehen ist, dass neuere Publikationen durch ihre Aktualität keine aussagekräftige Zitationsanzahl besitzen. Tabelle 6.3 zeigt die fünf am häufigsten zitierten Werke auf. Die Zitationsanzahl hier nicht aufgeführter Studien kann der Tabelle A.8 entnommen werden.

Im folgenden werden die Inhalte der meist zitierten Studien kurz beschrieben, um eine Übersicht zu den meist zitierten Thematiken in CM zu erhalten. Xu [Xu12] beschreibt in seiner Publikation, wie CC die Herstellungsindustrie zunehmend verändern wird. Dabei wird hervorgehoben wie die CC Technologie Herstellungsprozesse positiv verändern kann und welchen Vorteil das Pay-as-you-go-Modell und die Virtualisierung verteilter Herstellungsressourcen mit sich bringt. Li et al. [LZW+10] führt den Begriff CM ein. In der Studie wird das Modell CM mit den dazu benötigten Technologien wie CC und IdD vorgestellt. Außerdem wurde ein CMSP-Prototyp entwickelt. Darüber hinaus werden die Unterschiede zu Manufacturing Grid und Applikations-Service-Anbietern herausgearbeitet. Tao et al.[TZV+11] stellt ebenfalls das Konzept des CM vor.

Tabelle 6.3.: Publikationen nach Zitationsanzahl

Anzahl der Zitate	Publikationstitel	Referenz
1295	„From cloud computing to cloud manufacturing“	[Xu12]
743	„Cloud manufacturing:a new service-oriented networked manufacturing model“	[LZW+10]
444	„Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model“	[TZV+11]
394	„CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System“	[TCX+14]
390	„Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art“	[WGRS13b]

Dabei werden auch hier die Schlüsseltechnologien betrachtet und vor allem die Abgrenzung von CC zu CM erläutert. Des Weiteren werden öffentliche, private, community und hybride CMSP vorgestellt. Tao et al.[TCX+14] stellt ebenfalls eine Architektur für eine CMSP vor und untersucht die Beziehungen zwischen CC, IdD und CM , um die vorgeschlagene Architektur umsetzen zu können. Wu et al.[WGRS13b] geben in ihrer Publikation eine Übersicht zum Stand des CM und behandeln diesen aus akademischer und industrieller Sicht. Hierzu werden Paradigmen und Implementierungen vorgestellt.

Das Säulendiagramm (vgl. Abbildung 6.13) zeigt den Zitationsrang der Forschungsschwerpunkte auf. Um diesen zu ermitteln, wurde die durchschnittliche Zitationsanzahl, der in dieser Kategorie fallender Publikationen bestimmt. Es ist zu erkennen, dass *Grundlagen* mit 1342 Zitaten die höchste durchschnittliche Zitationsanzahl besitzt. Mit einigem Abstand folgt die *Servicezusammensetzung* mit 313 Zitaten im Durchschnitt. Die geringste Zitationsanzahl weisen *Anderes*, *Virtualisierung*, *Sicherheit* und die *Preisgestaltung* auf.

Das Säulendiagramm (vgl. Abbildung 6.14) illustriert die durchschnittliche Zitationsanzahl nach den Lösungstypen der Publikationen. *Architekturbeiträge* mit 729 und *Methoden* mit 430 Zitaten besitzen die höchste durchschnittliche Zitationsanzahl im Vergleich zu anderen Lösungstypen. Der geringste zitierte Lösungstyp stellt *Frameworks* mit 78,6 Zitaten dar.

6. Ergebnisse

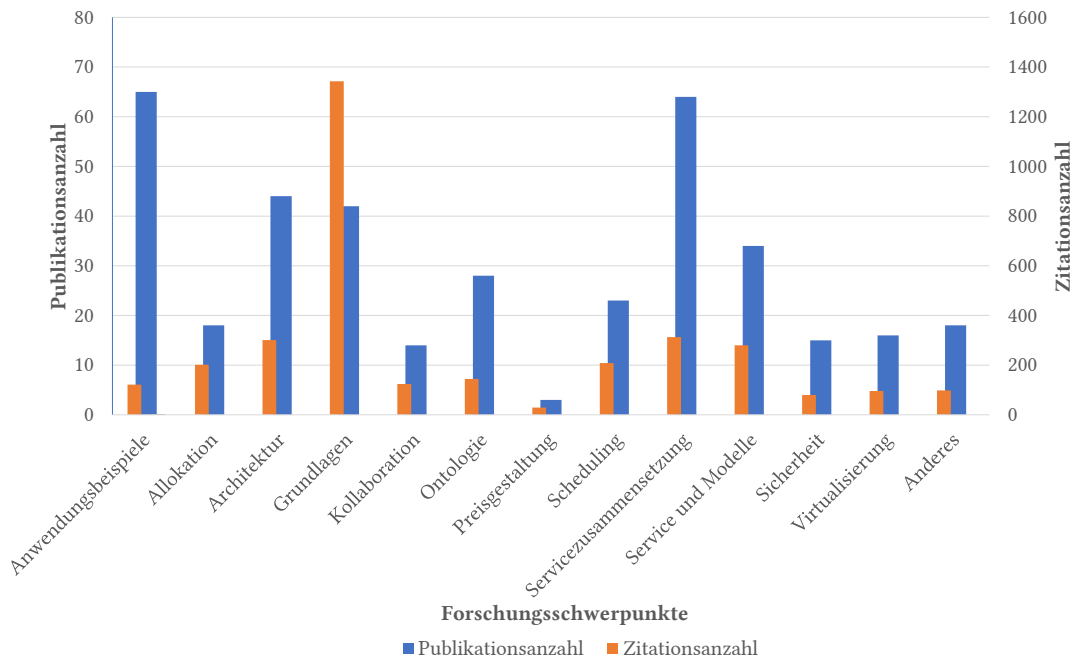


Abbildung 6.13.: Zitationsrang der Forschungsschwerpunkte

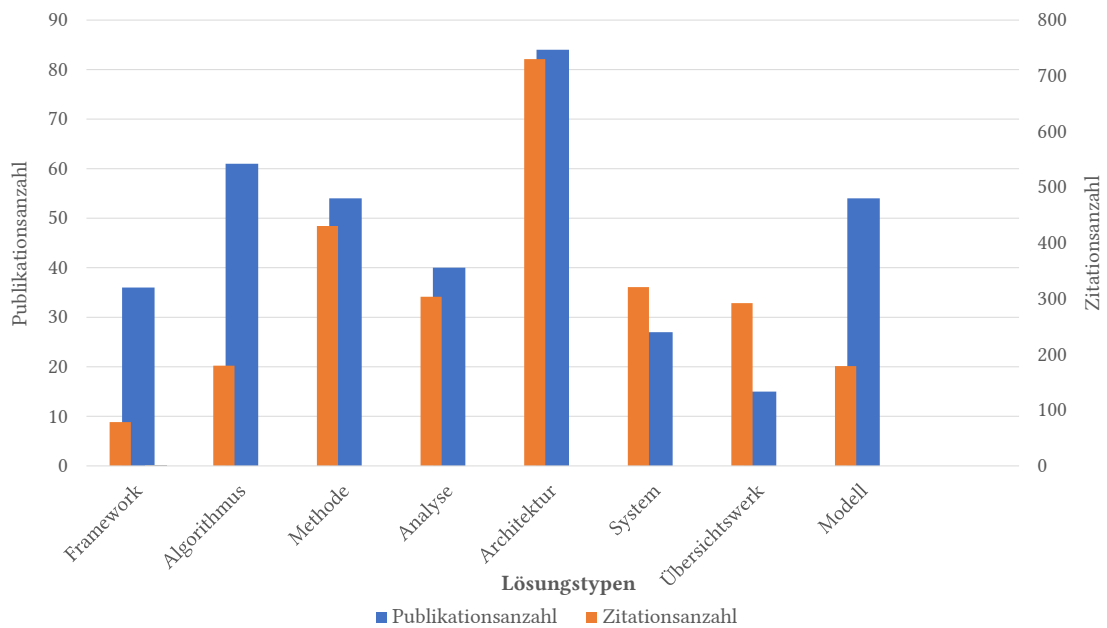


Abbildung 6.14.: Zitationsrang der Lösungstypen

6.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Ergebnisse aus der Analyse der SMS den Forschungsfragen zugeordnet und grafisch aufbereitet. Für F1-*Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?* wurden die Forschungsschwerpunkte in Abhängigkeit zum Veröffentlichungsjahr der Studien aufgezeigt. Für F2-*Welche Lösungstypen werden geleistet?* wurden die Lösungstypen den entsprechenden Forschungsschwerpunkten zugeordnet und aufgezeigt, wie die Lösungstypen im Laufe der Jahre genutzt wurden. F3-*Wie sieht die Publikationsflora aus?* zeigt für die Zeitfenster 2010 bis 2017 und 2018 häufig auftauchende Verlage, Fachzeitschriften, Konferenzen und Autoren mit ihren Forschungsschwerpunkten auf, sowie die Art und Anzahl der Beitragstypen. Für F4-*Welche CM Probleme sind in der Literatur bekannt?* wurden mehrmals genannte CM-Probleme aufgezeigt. Darüber hinaus wurde, um die Relevanz der Publikationen zu ermitteln die Zitationsanzahl in Hinblick auf Forschungsschwerpunkt und Lösungsbeitrag ermittelt.

7. Diskussion

In diesem Abschnitt erfolgt die Evaluation dieser Arbeit. In Abschnitt 7.1 werden die in Kapitel 6 vorgestellten Ergebnisse zusammengefasst und erörtert. In Abschnitt 7.2 werden schließlich mögliche Bedrohungen für die Gültigkeit dieser Arbeit identifiziert und vorgestellt.

7.1. Analyse

In den folgenden Abschnitten wird Bezug auf die in Kapitel 1 definierten Forschungsfragen genommen. Dabei werden wesentliche Erkenntnisse aus den Ergebnissen der Analyse in Kapitel 6 vorgestellt. In Abschnitt 7.1.1 werden die Kernforschungsgebiete identifiziert. Abschnitt 7.1.2 zeigt häufig auftretende Lösungstypen für Forschungsgebiete auf. Abschnitt 7.1.3 gibt eine Übersicht zur aktuellen Publikationsflora und Abschnitt 7.1.4 fasst häufig diskutierte Forschungslücken des CM zusammen. Letztendlich wird unter Betrachtung der Zitationsanzahl Bezug auf relevante Forschungsbereiche und Lösungstypen in Abschnitt 7.1.5 genommen.

7.1.1. Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?

Das Ziel dieser Forschungsfrage war herauszufinden, welche Forschungsschwerpunkte im Bereich des CM in den letzten Jahren stärker als andere Teilforschungsbereiche untersucht wurden und wohin sich die Untersuchungsschwerpunkte verschoben haben. Dazu wurden den Publikationen Forschungsschwerpunkte zugeordnet, welche den Inhalt der Studie widerspiegeln. Auch sollen die Forschungsschwerpunkte dem Verständnis dienen, um ein besseres Gesamtbild der Teilaspekte des CM zu erhalten. Das theoretische Fundament für CM scheint bereits in früheren Jahren gefestigt worden zu sein, da die Ausprägung der *Grundlagen* in 2011 am stärksten ist und in den letzten vier Jahren abgenommen hat, wie aus dem Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.1) ersichtlich wird. Die *Architektur* ist in 2011 am ausgeprägtesten. Das kann daran liegen, dass sie ein Hauptbestandteil der *Grundlagen* darstellt. Durch die zurückgehende Studien im Bereich der *Grundlagen* und der hohen Anzahl an Architekturkonzepten wird von einer Reifung des Konzepts ausgegangen, dass erlaubt CM in der Praxis zu untersuchen. Um CM Konzepte jedoch einsetzen zu können, müssen zunächst CMSP entwickelt und getestet werden. Diesen Sachverhalt spiegelt eine Reihe von Publikationen wider, die sich mit dem Einsatz von CMSP in der Herstellungsindustrie auseinandersetzen, wie im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.1) unter dem Forschungsaspekt *Anwendungsbeispiele* ersichtlich ist. Dieser besitzt in den Jahren 2012 und 2014 die höchste Publikationsanzahl und markiert von 2015 bis 2017 den zweitstärksten untersuchten Forschungsschwerpunkt. Für den Forschungsschwerpunkt *Architektur* kann eine relativ konstante Veröffentlichungsanzahl von Publikationen, mit Ausnahme von 2015, abgelesen werden. Dies zeigt auf, dass seit Jahren verschiedene CMSP entwickelt werden und dementsprechend keine einheitliche Lösung in der Herstellungsindustrie verwendet werden kann. Des Weiteren können durch die Untersuchungen verschiedener CMSP Probleme entdeckt werden,

welche sich erst durch den Einsatz in der Herstellungsindustrie verdeutlichen. Diese Probleme können zukünftige Forschungsrichtungen aufzeigen, wenn noch keine Lösungen in den Problembereichen entwickelt wurden. Zu den bekannten Forschungsrichtungen zählen diverse Teilaspekte des CM, wie das Scheduling und Servicezusammensetzungsalgorithmen, die nach dem Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.1) eine hohe Anzahl an Publikationen aufweisen. Ebenfalls ist unter Abbildung 5.1 zu erkennen, dass service-bezogene Forschungsschwerpunkte eine kontinuierlich wachsende Anzahl an Publikationen vorzuweisen haben. Der Kategorisierung dieser SMS folgend, bestehen servicebezogene Forschungsschwerpunkte aus der *Servicezusammensetzung*, *Serviceplanung* und *Allokation*, die im Folgenden unter dem Begriff Servicemanagement zusammengefasst werden. Sie machen 45% der Publikationen im Jahr 2018 aus. Vor allem die *Servicezusammensetzung* war im Jahr 2018 interessant, da mit Abstand die meisten Publikationen in diesem Forschungsbereich veröffentlicht wurden. Obwohl die *Anwendungsbeispiele* in den letzten Jahren viele Studien vorzuweisen haben, ging die Anzahl im Jahr 2018 zurück, da sich der Schwerpunkt auf die Nutzung der Dienste gelegt hat.

Studien, die sich mit dem Forschungsbereich *Kollaboration* etwas ausführlicher beschäftigen, traten ab 2012 auf. Im Jahr 2018 wurden sechs Studien in dieser SMS im Bezug auf die *Kollaboration* gefunden, wodurch erkennbar wird, dass sich die Forschung damit beschäftigt, wie die kollaborative Natur des CM in traditionellen Herstellungsunternehmen umgesetzt werden kann. Dass herkömmliche Herstellungsunternehmen kein kollaboratives Businessmodell besitzen und dieses erst entwickeln müssen [AWHM15] [HH18] zeigt die Notwendigkeit für Untersuchungen in diesem Forschungsbereich auf. Auch die *Allokation* wurde in den letzten Jahren untersucht und findet im Jahr 2018 immer noch Beachtung, wie Abbildung 6.1 aufzeigt, wenn auch im Vergleich zu anderen Forschungsschwerpunkten eher gering. Ontologische Websprachen werden für die Servicefindung und Beschreibung verwendet [JZLS17] [LZJ14], die Teilbereiche der Servicezusammensetzung und -planung darstellen, daher finden sie bereits seit 2012 stärkere Beachtung. Da im Jahr 2018 ontologische Modelle verwendet wurden und das Servicemanagement im Fokus der Forschung liegt, ist davon auszugehen, dass Lösungen auf dessen Grundlage weiterhin entwickelt werden.

Die *Sicherheit* und die *Virtualisierung* im Bereich des CM sind ebenfalls wichtige Thematiken, jedoch ist die Anzahl der Publikationen im Rahmen dieser SMS eher gering. Die Virtualisierung in CM bezieht sich vor allem auf die Virtualisierung von Ressourcen [SJ18]. Durch die Untersuchung der erhaltenen Studien zur Virtualisierung im Rahmen dieser SMS wird erkenntlich, dass Studien die sich mit den Aufgaben der Virtualisierung von Ressourcen beschäftigen genutzt werden, welche nicht durch die definierten In- und Exklusionskriterien gefunden werden konnten. Beispiele hierfür sind die Publikationen von Shi et al. [SMY+07], Jang et al. [JJK+08] und Vichare et al. [VNKN09]. Somit sollte die Virtualisierung nicht aufgrund der Publikationsanzahl als unzureichend untersucht eingestuft werden.

Das Forschungsfeld *Sicherheit* besteht im CM aus verschiedenen Aspekten die berücksichtigt werden müssen. Einige davon sind CM spezifisch und benötigen daher spezielle Lösungen. Diese können in der Tabelle A.2 eingesehen werden. Andere Sicherheitsprobleme wie der Datenschutz hingegen stellen Sicherheitsprobleme dar, welche ebenfalls im CC auftauchen und dementsprechend entwickelte Lösungen adaptiert werden können. Beispiele hierfür sind Verschlüsselungsmethoden und Leitfäden im Umgang mit Daten [ECMC16]. Dementsprechend können Lösungen zum Sicherheitsaspekt auch in nicht CM spezifischen Studien gefunden werden.

Dies verhält sich ebenso bei der *Preisgestaltung* der Dienste. Nach Peng et al. [PGWL17] existieren unter anderem dynamische, spieltheoretische, auktionsbasierte, autonome und generische Preisgestaltungsmodelle, welche in Cloud Dienst Transaktionen Verwendung finden und auch für cloudbasierte Herstellungsdienste genutzt werden können.

Der Forschungsschwerpunkt *Anderes* beinhaltet Publikationen, die nicht eindeutig eingeordnet werden konnten. Dazu zählen Publikationen, die diverse Forschungsfragen untersuchen, welche sich nicht explizit einem Forschungsschwerpunkt zuordnen lassen, wie beispielsweise die Simulation der Arbeitsbelastung [CW16], die Untersuchung bestimmter Geräte in CMSP [HH17a] oder die Erstellung von Business-Prozess-Modellen [LIK+17]. Durch die Variation der Thematiken kann keine richtungsweisende Aussage getroffen werden.

7.1.2. Welche Lösungstypen werden entwickelt?

Das Ziel dieser Frage war herauszufinden, welche Typen von Lösungsvorschlägen die veröffentlichten Studien in den letzten Jahren entwickelt haben. Dazu wurden den Publikationen sieben Lösungstypen zugeordnet. Aus dem Kurvendiagramm (vgl. Abbildung 6.2) und Tabelle A.3 wird ersichtlich, dass im Jahr 2018 vor allem die Lösungstypen *Algorithmus*, *Methoden* und *Modelle* entwickelt worden sind. Dies geht mit den Ergebnissen von F1-*Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?* (vgl. Tabelle 1.1) einher, welche die Forschungsschwerpunkte *Servicezusammensetzung*, sowie *Services und Modelle* als am meisten vertreten für 2018 hervorhebt und diese Lösungstypen in diesen Bereichen am häufigsten auftauchen. Außerdem wird daraus ersichtlich, dass die Lösungstypen *Algorithmus* und *Methoden* seit 2015 zunehmend entwickelt worden sind, was für ein steigendes Interesse im Bereich des Servicemanagements seit 2014 spricht.

Für den Forschungsbereich *Servicezusammensetzung* werden, wie im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.3) einsehbar hauptsächlich *Algorithmen* entwickelt. Der algorithmische Anteil für die *Servicezusammensetzung* beträgt 51,5%. Darüber hinaus weisen die Forschungsschwerpunkte *Serviceplanung* mit 46,2% und *Allokation* mit 45% die zweit- und dritthöchste Anzahl an algorithmische Lösungen auf. Die drei Forschungsschwerpunkte beschäftigen sich mit dem optimalen Einsatz von Ressourcen und Diensten unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren, wie die Zeitplanung und Lastverteilung. In den Studien wurden häufig bereits bestehende algorithmische Lösungen erweitert oder verbessert, um sie effizienter zu gestalten, was zu einer Vielzahl an algorithmischen Lösungen führt. Ebenfalls wurden Methoden und Modelle entwickelt, um Probleme in diesen Bereichen zu lösen. Dabei waren algorithmische Lösungen als Teilaspekt von einem Prozess oder Modell zu Begreifen. *Methoden* sind hierbei mit 34,4% am stärksten in dem Forschungsaspekt *Ontologie* vertreten. Dies spricht für eine ausgeprägte Entwicklung von Servicefindungs- und Beschreibungsmethoden in der Forschung.

Des Weiteren sind *Methoden* mit 23,7% in der *Servicezusammensetzung* und in *Services und Modelle* mit 18,9% am stärksten ausgeprägt, wobei Studien mit dem Schwerpunkt *Ontologie* ebenfalls anderen Forschungskategorien zugeordnet sein könnten. Der Lösungstyp *Modelle* tritt unter *Services und Modelle* mit 45,3% am häufigsten auf, da dieser Forschungspunkt Lösungsmodelle für verschiedene Teilaspekte des CM enthält, die oft nicht eindeutig den anderen identifizierten Forschungsaspekten zugeordnet werden konnte. 31,3% der *Modelle* basieren auf eine ontologische Grundlage. Die *Serviceplanung* nutzt zu 25,64% *Modelle*, um Zugriffe auf Dienste zu organisieren.

Aus A.3 wird ersichtlich, dass in der Sekundärliteratur von 2010 bis 2017 die Lösungsbeiträge *Architektur* und *Algorithmen* den größten Anteil ausmachen. Dies spiegelt auch das Kurvendiagramm (vgl. Abbildung 6.2) wider, da der Lösungstyp *Architektur* von 2012 bis 2014 das Maximum darstellt und in den darauf folgenden Jahren im Vergleich zu den anderen Lösungsbeiträgen eine hohe Anzahl an Publikationen aufzeigt. Eine mögliche Erklärung ist, dass vor allem in der Anfangsphase des CM Konzepte zur Realisierung einer CMSP entwickelt und evaluiert werden mussten. Außerdem gibt es diverse Anwendungsfälle in der Herstellungsindustrie, die spezifische Architekturen benötigen, da keine universal einsetzbare Lösung existiert. Der Lösungstyp *Architektur* ist zu einem im gleichnamigen Forschungsschwerpunkt *Architektur* beinhaltet, sowie in vielen Studien der Forschungskategorie *Anwendungsbeispiele*.

Abgesehen von Architekturkonzepten ist im Kurvendiagramm (vgl. Abbildung 6.2) zu erkennen, dass die beliebtesten Beiträge in der Anfangsphase des CM *Modelle* und *Analysen* waren. Am wenigsten Veröffentlicht wurden Studien mit dem Lösungstyp *Literaturübersichtswerk*. Das liegt vermutlich daran, dass es sich hierbei um Zusammenfassungen zu Teilaspekten des CM, wie beispielsweise der Servicezusammensetzung und Sicherheit, oder um eine Gesamtübersicht von Konzepten und Lösungen handelt. Ebenfalls weniger stark vertreten sind Studien vom Typ *System*. Hierbei handelt es sich um konkrete Entwicklungen von Plattformen. Das weist daraufhin, dass in der Forschung noch Konzepte durch Prototypen evaluiert werden. Den stärksten Anteil an Systemen besitzen *Anwendungsbeispiele* mit 21,5%. Etwas besser vertreten sind Entwicklungen von *Frameworks*, welche ebenfalls im Forschungsbereich *Anwendungsbeispiele* mit 15,2% am häufigsten auftreten. Der Lösungstyp *Analyse*, der sich mehr damit beschäftigt Sachverhalte aufzuzeigen als Lösungen zu entwickeln, war 2011 am stärksten vertreten. Das ist darauf zurückzuführen, dass in der Anfangsphase des CM die Wissensbasis noch nicht ausgeprägt war und anhand von Analysen erweitert wurde. Dementsprechend sind sie hauptsächlich im Forschungsschwerpunkt *Grundlagen* zu 40% vertreten.

7.1.3. Wie sieht die Publikationsflora aus?

Das Ziel dieser Forschungsfrage war eine Gesamtübersicht zur Publikationsflora des CM zu erhalten. Dazu sollten wichtige Verleger, Fachzeitschriften, Beiträge und Autoren hervorgehoben, sowie Themengebieten in denen diese maßgeblich beteiligt waren aufgezeigt werden.

Wie bereits in Abschnitt 6.1.3 beschrieben geht aus dem Kurvendiagramm (vgl. Abbildung 6.4) hervor, dass sich in den letzten Jahren die Anzahl der Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, mit kleinen Einbrüchen in 2013 und 2015, gehalten haben und ab 2015 konstant gestiegen ist. Die Anzahl an Publikationen in Fachzeitschriften übertrifft in den letzten Jahren die Anzahl der Konferenzbeiträge und hebt sich seit 2015 noch deutlicher von der Anzahl ihrer Publikationen im Vergleich zu Konferenzbeiträgen ab. Der starke Anstieg für 2018 ist mit der Primärsuche für dieses Zeitfenster zu erklären, daher sollte daraus nicht unmittelbar ein signifikanter Anstieg an wissenschaftlichem Interesse geschlossen werden. Jedoch zeugt die hohe Anzahl an Beiträgen im Bereich des CM in den letzten Jahren vom konstanten Interesse in diesem Forschungsbereich. Dem Trend nach zu urteilen, kann davon ausgegangen werden, dass die Anzahl der Publikationen in Fachzeitschriften im Bereich des CM weiterhin hoch bleibt oder steigt. Auch kann davon ausgegangen werden, dass in Konferenzen weiterhin Beiträge zu Forschungspunkten des CM geleistet werden.

Der stetige Anstieg von Publikationen, insbesondere seit 2015, die Umsetzung von Architekturen in verschiedenen Herstellungsbranchen und die Untersuchung von optimierenden Algorithmen im Bereich der *Servicezusammensetzung* und *Serviceplanung*, wie aus der Analyse zu F1-*Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?* und F2-*Welche Lösungstypen werden geleistet?* (vgl. Tabelle 1.1) hervorgeht, spricht für ein stetigen Forschungswachstum im Bereich des CM.

Wie dem Kreisdiagramm (vgl. Abbildung 6.5) zu entnehmen, handelt es sich bei den publikationsreichsten Beiträgen zu CM aktuell um die Fachzeitschriften *IJAMT* von Springer Science und Business Media, *IJCIM*, welche von Taylor & Francis herausgebracht wird, *PM* von Elsevier herausgebracht, *CIRP* ebenfalls von Elsevier herausgebracht, *IJPR* von Taylor & Francis und *JIM* von Springer Science. Unter Betrachtung des Kreisdiagramms (vgl. Abbildung 6.6) für Fachzeitschriften unter Berücksichtigung der Jahre 2010 bis 2017 kann *CIMS* ebenfalls als ein starker Vertreter von Veröffentlichungen in diesem Bereich geschlossen werden. Jedoch sind die meisten Beiträge in *CIMS* in chinesischer Sprache verfasst. Dabei handelt es sich um eine Fachzeitschrift aus China National Knowledge Infrastructure (CNKI). Unter Betrachtung der Zeitschriften konnten einige relevante Verlage identifiziert werden. Diese sind die Verlage Springer, Taylor & Francis, sowie Elsevier.

In kleinerer Anzahl sind Publikationen in SAGE Publications, John Wiley & Sons und Hindawi in jeweils diversen Fachzeitschriften veröffentlicht worden. Sie stellen somit ebenfalls Verlage dar, die interessante Publikationen zu CM enthalten.

Die wichtigsten Konferenzen im Jahr 2018 sind die *UV*, die *International Conference of Information Systems Engineering (ICISE)* und die *Conference of the Industrial Electronics Society (IECON)*. Die drei Konferenzen sind IEEE zuzuordnen und heben somit den IEEE Verlag, als eine der wichtigsten Anlaufstellen für neue Forschungsbeiträge im Bereich des CM hervor. Unter Berücksichtigung der von 2010 bis 2017 veröffentlichten Tagungsbänden, bietet die Konferenz *Mechanical Science Engineering Conference (MSEC)*, veröffentlicht von Trans Tech Publications, einen guten Anhaltspunkt für die Suche nach Publikationen an. Die zweitstärkste platzierte Konferenz *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers (IMEchE)* von SAGE weist darauf hin, dass der Verleger interessante Forschungsbeiträge auch in der Zukunft bieten kann.

Wie bereits in 6.1.3 erwähnt sind die Autoren Zhang Lin, Tao Fei, Ren Lei, tätig in der Beihang Universität Beijing China; Xu Xun, angestellt in der Universität Auckland Neuseeland und Wang Lihui vom royalen Institute der Technology in Stockholm, jene mit der höchsten Anzahl an Publikationen. Weitere im Balkendiagramm (Abbildung 6.11) aufgezeigte Autoren stammen mehrheitlich aus China. Dies lässt den Schluss zu, dass das größte Forschungsinteresse aus China kommt und die treibendste Forschungskraft im Bereich des CM ist. In 6.1.3 wurden die Forschungsgebiete der Autoren mit den meisten Veröffentlichungen aufgezeigt, jedoch geht daraus nicht unmittelbar hervor welche Autoren in welchen Forschungsgebieten besonders viele Studien veröffentlicht haben, da nur die am häufigsten aufgetretenen Autoren berücksichtigt wurden. Um diese Lücke zu schließen erfolgt hierzu eine Übersicht. Im Bereich der Kollaboration wurde im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.12) Schäfer Dirk als stärkster Beiträger identifiziert, jedoch zeichnen zwei Publikationen in diesem Bereich ihn nicht als beste Anlaufstelle für eine Recherche aus. Weitere Autoren mit Publikationen zur Kollaboration sind beispielsweise Li et al. [LZW+17] und Li et al. [LZN+15]. Im Bereich der *Ontologie* ist abgesehen von Yin Chao, auch sein Mitveröffentlicher Li Xiaobon [FYL17] [LZY18] [YYLL11] mit einer ähnlichen Anzahl an Publikationen interessant zu nennen. Im Bereich der Preisgestaltung gibt es keine herausstehenden Autoren. Im Bereich der Virtualisierung können

auch die Autoren Liu und Li [LL14] [LLW11] [LLS14] berücksichtigt werden. In den anderen Forschungsbereichen sind, die im Blasendiagramm (vgl. Abbildung 6.12) dargestellten Autoren maßgeblich beteiligt.

7.1.4. Welche Cloud Manufacturing Probleme sind in der Literatur bekannt?

Das Ziel dieser Forschungsfrage war die in Publikationen aufgezeigten Probleme zu CM, welche von diversen Autoren, in den Jahren von 2015 bis 2018 als unzureichend untersucht eingestuft worden sind, zu identifizieren und zusammengefasst wiederzugeben. Aus den in Abschnitt 6.1.4 vorgestellten Forschungslücken geht hervor, dass noch einige Thematiken im Bereich des CM näher untersucht werden müssen, bevor CM effektiv eingesetzt werden kann und die Industrie von den Vorteilen, die das Konzept verspricht profitieren können.

Die Ergebnisse der vorherigen Forschungsfragen liefern bereits erste Indizien auf CM Probleme. So ist in Tabelle A.1 illustriert, welche Forschungsschwerpunkte besondere Beachtung erhalten haben und in welchen ein Mangel an Publikationen herrscht. Die hohe Anzahl an Publikationen im Bereich des Servicemanagements spiegelt ein hohes Interesse in diesem Bereich wider, das schlussfolgern lässt, dass noch viele Probleme in diesem Bereich untersucht werden müssen. Die Thematik der Servicezusammensetzung findet sich in der von Liu et al. [LWW18] und Liu et al. [LWW18] vorgestellten Problematik des Managements und Optimierung der Nutzung von Ressourcen und Services wieder. Die Forschungslücke bezieht sich auf Probleme, die im Bezug auf Ressourcen und Dienste auftauchen. Vor allem wird das Scheduling betont. Um effizientes Scheduling zu ermöglichen sind Teilaufgaben wie die Aufgabenverteilung, Servicefindung, das Matching, die Evaluation von Algorithmen, die Zusammensetzung der Services, sowie die Überwachung und Kontrolle der Dienste betroffen [LWW18].

Am häufigsten wurde, wie aus Tabelle 6.2 ersichtlich, die Thematik Sicherheit angesprochen. He und Xu [HX15], Adamson et al., Henzel und Herzwurm, Liu et al. [LWW18], Siderska und Jadaan [SJ18], Esposito et al. [ECMC16], Rahman et al. [RMO+18] erläutern, dass die CMSP der Gefahr von Angreifern, die sensitive Daten stehlen könnten, ausgesetzt ist und daher Sicherheitsmechanismen entwickelt werden müssen. Methoden wie die Verschlüsselung von Nachrichten, Zertifikatbasierte-Authentifizierung, Sicherheitspolicies und Richtlinien müssen streng eingehalten werden [HH18] [HX15]. Auch nationale Gesetze können zu Konflikten bei der Benutzung der Cloud führen [AWHM15]. Darüber hinaus fallen unter dem Sicherheitsaspekt, Zugangsmechanismen, um den Zugriff auf vertrauliche Daten einzuschränken und das intellektuelle Eigentum zu schützen [LWW18]. Mit fünf Publikationen im Jahr 2018 scheint die Thematik explizit im Bereich des CM unzureichend vertreten zu sein. Jedoch ist davon auszugehen, dass viele anwendbare Sicherheitsmechanismen nicht explizit im Kontext des CM entwickelt werden müssen, wie bereits in Abschnitt 7.1.1 aufgezeigt wurde.

Folgende unzureichend untersuchte Probleme können nicht unmittelbar aus Tabelle A.1 abgeleitet werden, wurden jedoch durch die Analyse der Publikationen ermittelt und sind zusammengefasst in Tabelle 6.2 dargestellt.

Nach Henzel und Herzwurm [HH18], Adamson et al. [AWHM15] und Liu et al. [LWW18] existiert keine einheitliche Definition für die Industrie und Akademie, denn die meisten CM Anwender definieren das Konzept nach der eigenen Sichtweise. Jedoch ist eine einheitliche Definition notwendig, um eine einheitliche Sicht auf CM zu erhalten und somit den Fortschritt besser voran treiben zu können, da dadurch Missverständnisse vermieden werden könnten.

Ein weiteres Defizit stellt die Standardisierung dar. Nach Adamson et al. [AWHM15], Liu et al. [LWW18], Rahman et al. [RMO+18] ist die Standardisierung von essentieller Bedeutung, um CM verwirklichen zu können. Hierzu müssen Definitionen, Kern- und Schlüsseltechnologien, Methoden und Prozeduren für das Managen und Benutzen von CMSP entwickelt werden [AWHM15]. Auch die Standardisierung von Kommunikationsprotokollen zwischen Maschinen ist notwendig [AWHM15].

Ebenfalls muss das Wissens- und Informationsmanagement stärker untersucht werden. Adamson et al. [AWHM15], He und Xu [HX15], Henzel und Herzwurm [HH18] heben hervor, dass durch die dezentrale Entwicklung von Produkten sichergestellt werden muss, dass das dazu benötigte Wissen rechtzeitig und an richtiger Stelle bereitgestellt wird. Durch die Unsicherheiten in der Herstellungsindustrie, ist eine Wissensteilung und Wiederverwendung äußerst wichtig, um die richtigen Entscheidungen treffen zu können [HH18]. Nach Henzel und Herzwurm [HH18] können Big Data Techniken wie Data-Mining unterstützend wirken und sollten daher in zukünftigen Forschungen diesbezüglich untersucht werden. Forschungsgebiete, welche von der Wissensteilung profitieren, sind unter anderem die Verbindung, Virtualisierung, Kapselung von Herstellungsressourcen und Fertigkeiten. Auch Cloud Servicebeschreibungen, das Servicematching, die Servicesuche, die Aggregation, optimale Allokation und die Planung und Kontrolle von Aktivitäten benötigen weitere Untersuchungen in diesem Bereich [AWHM15].

In der Literatur findet sich immer wieder die Thematik des Business Modells. Das liegt daran, dass um die kollaborative Natur des CM verwirklichen zu können, neue Business Modelle entwickelt werden müssen. Hierarchische traditionelle Business Modelle können bei der Massenkollaboration und dem weltweiten Zugang zu Herstellungsressourcen nicht mithalten [AWHM15]. Die Modelle müssen die Wertschöpfung und dynamische Konfigurationen von Herstellungsentitäten unterstützen [AWHM15]. Außerdem müssen Unternehmen erst überzeugt werden CM einzusetzen. Hier könnte eine Kosten-Nutzen-Analyse unter Berücksichtigung von harten und weichen Faktoren für Motivation sorgen [HH18].

Als weitere Forschungslücke wurde die verteilte Herstellungssimulation benannt. Um die Performanz verschiedener Herstellungsszenarien zu evaluieren und damit geeignete Servicekombinationen unter Einsatz verschiedener Metriken, wie die Zykluszeit und den Durchsatz, finden zu können, sind Simulationen notwendig [AWHM15] [TZL+15].

Das Ausbauen von Diensten und Adaptionsherausforderungen stellen nach Adamson et al. [AWHM15], Henzel und Herzwurm [HH18], Rahman et al. [RMO+18], Tao et al. [TZL+15] einen weiteren Forschungsdefizit dar. Damit CM in einem Unternehmen eingesetzt werden kann, muss dieses eine für sich geeignete Cloud-Strategie ausarbeiten. Dazu müssen Business-Anforderungen, interne Prozesse und Gegebenheiten berücksichtigt, sowie die passende Cloud-Lösungen ausgearbeitet werden [HH18]. Die Evaluation im Bezug auf Fertigkeiten und die Reputation von Anbietern ist ebenfalls von Bedeutung [HH18].

Die Integration von Systemen und das Konvertieren von Ressourcen zu Diensten stellt ein weiteres unzureichend untersuchtes Forschungsgebiet dar. Für die Nutzung von CMSP müssen zwangsläufig bestehende Systeme in die Cloud ausgelagert werden, jedoch sind diese Systeme meistens vertikal entwickelt, wodurch eine horizontale Anpassung für die kollaborative Arbeit erfolgen muss [HH18]. Die Integration verschiedener Elemente wie Ressourcen und Fertigkeiten erfordert die Erstellung von Standards für Soft- und Hardware, dazu gehören Protokolle für die Kommunikation, sowie auch ein sicherer Datentransfer [HX15].

Des Weiteren wird als zukünftiges Forschungsthema Big Data bezeichnet. Riesige Datenmengen werden in einer CMSP von Anbietern, Ressourcen, Diensten, Transaktionen, Konsumenten und der Logistik generiert, gespeichert und verarbeitet [TZL+15]. Die Daten sind von großer Bedeutung für die Umsetzung nahezu aller Teilbereiche des CM, wie beispielsweise die Servicezusammensetzung [LWW18] [LWW18].

7.1.5. Relevanz der Publikationen

Nach dem Säulendiagramm (vgl. Abbildung 6.13) besitzt der Forschungsschwerpunkt *Grundlagen* die höchste Zitationsanzahl. Das weist daraufhin, dass eine Anzahl an Publikationen existiert, die das Konzept des CM einführen und daher zur Erläuterung des Konzepts sehr beliebt sind. Zu diesen Studien zählen die in Tabelle 6.3 dargestellten meistzitierten Studien von Xu [Xu12], Li et al. [LZW+10] und Tao et al. [TZV+11]. Sie erläutern das CM Konzept, erklären auf welchen Technologien das Konzept beruht und stellen CMSP-Architekturen vor.

Da die *Servicezusammensetzung* ebenfalls eine hohe durchschnittliche Zitationsanzahl besitzt, untermauert dies die Aussage für F1-*Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden?* (vgl. Tabelle 1.1), dass es sich dabei um einen sehr wichtigen Teilaspekt für das effektive einsetzen von CM handelt.

Damit CM in der Herstellungsindustrie eingesetzt werden kann, müssen brauchbare *Architekturkonzepte* entwickelt und umgesetzt werden. Dementsprechend hoch ist die Anzahl der Studien, die CMSP entwickeln. Die zusätzlich hohe Zitationsanzahl vom Lösungstyp *Architektur* sagt aus, dass diese Studien viel Beachtung finden müssen und weisen somit daraufhin, dass das Interesse CM in der Herstellungsindustrie einzusetzen sehr ausgeprägt ist. Publikationen mit dem Lösungstyp *Methoden* wurden am zweit häufigsten zitiert. Damit CM umgesetzt werden kann, müssen diverse Lösungen für Teilbereiche des CM entwickelt werden, die sich als Einsatzmethoden herausstellen. Diese sind vor allem im Bereich der *Servicezusammensetzung*, *Service und Modelle* und *Ontologie* vertreten.

7.2. Gefährdung der Gültigkeit

Da es sich bei dieser Arbeit, um eine sekundäre Studie handelt, bestehen Gültigkeitsbedrohungen, die einer solche Art von Studie zu Grunde liegen. Dementsprechend wurden Maßnahmen unternommen, um die Risiken der Bedrohungen zu minimieren. Sämtliche Risiken, sowie entsprechende Gegenmaßnahmen, sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

7.2.1. Klassifizierungsgültigkeit

Es besteht die Möglichkeit einer anderen Klassifizierung der Beiträge nach Forschungsschwerpunkten oder Lösungstypen. Um die Wahrscheinlichkeit einer passenden Klassifizierung der Artikel zu erhöhen, wurden Tag-Cloud-Wolken angewendet, welche die Anzahl der meist genutzten Worte anzeigt und somit daraus Schwerpunkte abgeleitet werden konnten.

7.2.2. Inklusions- und Exklusionskriterien

Die genutzten Inklusions- und Exklusionskriterien der SMS haben Einfluss auf die Auswahl der genutzten Forschungsartikel und somit auf die daraus resultierenden Ergebnisse. Um das Risiko unzureichender Kriterien zu mindern, wurden die am häufigsten genutzten Inklusions- und Exklusionskriterien von SMS aus dem Software Engineering Bereich berücksichtigt.

7.2.3. Suchmaschinen

Schlecht gewählte Suchmaschinen können zu einer geringen Menge qualitativer, thematisch passende Literatur führen. Durch mangelnde Einstellungsmöglichkeiten für das Suchwort können zu viele oder zu wenige Studien erhalten werden. Daher wurden hier Suchmaschinen verwendet, die das Festlegen eines Suchraums erleichtern. Dazu gehört beispielsweise die Suche in einem Zeitraum oder nach Fachzeitschriften. Besonders wichtig war in dieser SMS die Möglichkeit das Suchwort auf Titel, Kurzfassungen oder Schlüsselwörter anwenden zu können, um relevante Publikationen zu finden.

7.2.4. Endergebnisse

Unter der Gültigkeit der Endergebnisse versteht sich die Korrektheit der aus der SMS erhaltenen Ergebnissen. Um möglichst sinnvolle Ergebnisse zu erhalten, wurde eine große Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen aus verschiedenen Quellen berücksichtigt.

7.3. Zusammenfassung

Dieses Kapitel erläutert, den aus den Ergebnissen geschlussfolgerten Sachverhalt der Forschungsfragen, der zusammengefasst in Abschnitt 8.1 dargestellt ist. Des Weiteren wurden Gefährdungen für die Gültigkeit der Endergebnisse dieser Arbeit aufgezeigt. Diese Gefährdungen beziehen sich auf eingesetzte Methoden und Hilfsmittel zur Bestimmung der zu untersuchenden Literatur und dem Verfahren Informationen aus der Literatur zu deuten.

8. Schlussbetrachtung

Dieses Kapitel enthält eine kurze Zusammenfassung dieser Arbeit in Abschnitt 8.1. Des Weiteren enthält Abschnitt 8.2 mögliche zukünftige Schritte für die Durchführung einer SMS, um sie effizienter und zuverlässiger zu gestalten.

8.1. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde eine SMS durchgeführt, um den Stand der veröffentlichten Studien im Bereich des CM aufzuzeigen. Hierzu wurden zunächst Forschungsfragen definiert (vgl. Tabelle 1.1), die den Umfang dieser SMS festlegen und im späteren Verlauf als Leitfaden dienen sollten. Für die Durchführung der SMS wurde das Verfahren von Petersen et al. angewendet. Die Literaturrecherche wurde in zwei Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt wurde die Primärliteratur durch Suchmaschinen identifiziert und im zweiten Schritt mittels des Backward-Snowballing-Verfahrens weitere relevante Literatur identifiziert. Die Primärliteratur erstreckt sich auf das Jahr 2018 und besteht aus 118 Publikationen. Das Backward-Snowballing-Verfahren ermöglichte die Ermittlung weiterer 384 Studien. Nach Festlegung der zu analysierenden Literatur konnte, durch die Schlüsselwortsuche der Kurzfassungen, Forschungsschwerpunkte und Lösungstypen identifiziert werden, die zur Klassifizierung der Artikel genutzt worden sind. Die Klassifizierung der Publikationen und die Analyse von Metadaten zu den Studien ermöglichte eine Zusammenfassung der Ergebnisse zu erstellen. Diese wurden grafisch, beispielsweise durch Säulen- und Blasendiagramme, sowie tabellarisch zusammengefasst. Anschließend erfolgte die Beantwortung der Forschungsfragen unter Betrachtung der Ergebnisse.

F1-Gibt es Forschungsgebiete die stärker untersucht werden? kann damit beantwortet werden, dass der aktuelle Forschungsstand zu Bereichen der Servicezusammensetzung und Serviceplanung tendiert. Unter Berücksichtigung früherer Studien lag zuvor der Forschungsschwerpunkt auf die Entwicklung von CM-Plattformen und dem Einsetzen dieser in der Herstellungsindustrie.

Für *F2-Welche Lösungstypen werden geleistet?* wurden als wichtigste Lösungstypen im Bereich des CM Algorithmen und Methoden, welche am häufigsten in den Bereichen des Servicemanagements auftreten, identifiziert. Hierbei werden häufig Versuche unternommen bereits bestehende Lösungen zu optimieren oder zu erweitern. Abgesehen davon werden kontinuierlich neue Architekturbeiträge entwickelt, um die Einsatzfähigkeit des CM in unterschiedlichen Bereichen der Herstellungsindustrie evaluieren und verbessern zu können.

Um *F3-Wie sieht die Publikationsflora aus?* zu beantworten konnten folgende Informationen ermittelt werden. Artikel aus Fachzeitschriften hatten eine höhere Publikationsanzahl im Bereich des CM als Tagungsbeiträge. Die relevantesten Verlage stellen IEEE, Springer, Elsevier und Taylor & Francis dar. Diese publizieren die Fachzeitschriften *IJAMT*, *IJCIM*, *PM*, *CIRP*, *IJPR* und *JIM*,

welche die relevantesten für CM darstellen. Unter den Konferenzen stehen *MSEC*, *IMechE*, *UV*, *ICISE* und *IECON* besonders hervor. Als publikationsreichste Autoren sind Zhang Lin, Tao Fei, Ren Lei, Xu Xun und Wang Lihui zu benennen.

Folgende Thematiken sind für die Beantwortung der F4-*Welche CM Probleme sind in der Literatur bekannt?* identifiziert worden. Als unzureichend behandeltes Problem in der Literatur wird meistens das Fehlen von Standards und einheitlichen Definitionen in CM genannt. Auch gilt der Sicherheitsaspekt als noch unzureichend untersucht. Des Weiteren wurde mehrmals erwähnt, dass die verschiedenen Teilbereiche des Servicemanagements stärker untersucht werden müssen, damit Dienste effektiv in einer CMSP angeboten werden können.

8.2. Ausblick

Obwohl 502 Publikationen für die Literaturanalyse in dieser SMS verwendet wurden, konnte durch die Verwendung des Backward-Snowballing-Verfahrens nur eine Teilmenge an relevanter Literatur identifiziert werden. Durch die Einführung eines Forward-Snowballing-Verfahrens, könnten mehr Studien für eine Analyse berücksichtigt werden. Das liegt daran, dass dieses Verfahren prüft, ob der untersuchte Titel, der während dem Backward-Snowballing ermittelt wurde, in anderen Studien als Referenz genutzt worden ist. Wenn der Fall eintritt wird die Publikation mit der Referenz des gesuchten Titels in die Literaturliste aufgenommen. Dadurch könnte eine höhere Anzahl an relevanten Publikationen identifiziert werden, dass zu einer Erhöhung der Richtigkeit der Ergebnisse und zu einer umfassenderen Übersicht beitragen würde. Darüber hinaus könnte ein Framework entwickelt werden, dass das Snowballing-Verfahren automatisiert umsetzt und die Kurzfassungen der Studien anhand voreingestellter Parameter analysiert. Ein weiterer Schritt zur Fortführung dieser Arbeit könnte darin liegen ein anderes Klassifizierungsverfahren zu erstellen. Das aktuelle genutzte Klassifizierungsverfahren erstreckt sich hauptsächlich auf die Schlüsselwortsuche. Durch die Berücksichtigung weiterer Information zu einer Publikation oder einer Gewichtung der Schlüsselwörter könnte ein Verfahren entwickelt werden, dass konfigurierbar ist und die Sicherheit einer richtigen Klassifizierung erhöht. Des Weiteren könnte zur Erhöhung der Sicherheit einer zuverlässigen Klassifizierung eine zweite Person herangezogen werden. Diese hätte die Aufgabe die verwendete Literatur ebenfalls zu analysieren und einer Kategorie zuzuweisen. Unter Betrachtung von zwei Entscheidungsmöglichkeiten könnte eine Lösung ermittelt werden, die zu eine höhere Genauigkeit erzielt.

Schließlich ist im Verlauf der Studie aufgefallen, dass keine Werkzeuge zum Zeichnen geeigneter Blasendiagramme existieren. Die Entwicklung eines geeigneten Werkzeugs könnte die grafische Aufbereitung für SMS unterstützen.

Literaturverzeichnis

- [AA06] K. Adams, O. Agesen. „A comparison of software and hardware techniques for x86 virtualization“. In: *ACM SIGOPS Operating Systems Review* 40.5 (2006), S. 2–13 (zitiert auf S. 29).
- [ADF18] M. Assari, J. Delaram, O. Fatahi Valilai. „Mutual manufacturing service selection and routing problem considering customer clustering in Cloud manufacturing“. In: *Production & Manufacturing Research* 6.1 (2018), S. 345–363 (zitiert auf S. 121).
- [AH17] H. Akbaripour, M. Houshmand. „An Imperialist Competitive Algorithm for Service Composition and Optimal Selection in Cloud Manufacturing“. In: *Neural Computing and Applications* (2017), S. 1–22 (zitiert auf S. 121).
- [AH18] H. Akbaripour, M. Houshmand. „Service composition and optimal selection in cloud manufacturing: landscape analysis and optimization by a hybrid imperialist competitive and local search algorithm“. In: *Neural Computing and Applications* 20 (2018), S. 1 (zitiert auf S. 121).
- [AHvM18] H. Akbaripour, M. Houshmand, T. van Woensel, N. Mutlu. „Cloud manufacturing service selection optimization and scheduling with transportation considerations: mixed-integer programming models“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 95.1-4 (2018), S. 43–70 (zitiert auf S. 121).
- [AIM10] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito. „The Internet of Things: A survey“. In: 54.15 (2010), S. 2787–2805 (zitiert auf S. 28).
- [AJR17] D. S. Aleksic, D. S. Jankovic, P. Rajkovic. „Product configurators in SME one-of-a-kind production with the dominant variation of the topology in a hybrid manufacturing cloud“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 92.5-8 (2017), S. 2145–2167 (zitiert auf S. 118).
- [AK17] C. Alexakos, A. Kalogeras. „Exposing MES functionalities as enabler for cloud manufacturing“. In: *2017 IEEE 13th International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*. IEEE, 2017, S. 1–4 (zitiert auf S. 119).
- [ALS+18] H. Anrui, J. Linlong, L. Shuangxi, W. Zhen, J. Wang. „Key Issues of Cloud Manufacturing Applied to Agricultural Production“. In: *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2018, S. 4187–4192 (zitiert auf S. 118).
- [ALS17] S. N. Al Sunny, X. F. Liu, M. R. Shahriar. „MTComm: A Semantic Ontology Based Internet Scale Communication Method of Manufacturing Services in a Cyber-Physical Manufacturing Cloud“. In: *IEEE International Congress on Internet of Things (ICIOT)*. IEEE, 2017, S. 121–128 (zitiert auf S. 119).

- [APH16] G. Ahn, Y.-J. Park, S. Hur. „The Dynamic Enterprise Network Composition Algorithm for Efficient Operation in Cloud Manufacturing“. In: *Sustainability* 8.12 (2016), S. 1239 (zitiert auf S. 121).
- [APH17] G. Ahn, Y.-J. Park, S. Hur. „Probabilistic Graphical Framework for Estimating Collaboration Levels in Cloud Manufacturing“. In: *Sustainability* 9.2 (2017), S. 277 (zitiert auf S. 119).
- [AR16] P. Argoneto, P. Renna. „Supporting capacity sharing in the cloud manufacturing environment based on game theory and fuzzy logic“. In: *Enterprise Information Systems* 10.2 (2016), S. 193–210 (zitiert auf S. 121).
- [AWH13] G. Adamson, L. Wang, M. Holm. „The state of the art of cloud manufacturing and future trends“. In: *ASME 2013 international manufacturing science and engineering conference collocated with the 41st North American manufacturing research conference*. Bd. 2. American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A004 (zitiert auf S. 119).
- [AWHM15] G. Adamson, L. Wang, M. Holm, P. Moore. „Cloud manufacturing – a critical review of recent development and future trends“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 1.1 (2015), S. 1–34 (zitiert auf S. 15, 22, 24, 25, 28, 33, 35, 36, 62, 68, 72, 73, 119–121, 136).
- [BB18] N. C. Brintha, S. Benedict. „A survey on cloud-based solutions for cloud manufacturing“. In: *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology* 10.1-2 (2018), S. 126–140 (zitiert auf S. 119).
- [BCK18a] H. Bouzary, F. F. Chen, K. Krishnaiyer. „A modified discrete invasive weed algorithm for optimal service composition in cloud manufacturing systems“. In: *Procedia Manufacturing* 17 (2018), S. 403–410 (zitiert auf S. 121).
- [BCK18b] H. Bouzary, F. F. Chen, K. Krishnaiyer. „Service matching and selection in cloud manufacturing: a state-of-the-art review“. In: *Procedia Manufacturing* 26 (2018), S. 1128–1136 (zitiert auf S. 121).
- [BF18a] H. Bouzary, F. Frank Chen. „A hybrid grey wolf optimizer algorithm with evolutionary operators for optimal QoS-aware service composition and optimal selection in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 26.7 (2018), S. 1441 (zitiert auf S. 121).
- [BF18b] H. Bouzary, F. Frank Chen. „Service optimal selection and composition in cloud manufacturing: a comprehensive survey“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 97.1-4 (2018), S. 795–808 (zitiert auf S. 121).
- [BGT+18] A. V. Barenji, H. Guo, Z. Tian, Z. Li, W. M. Wang, G. Q. Huang. „Blockchain-Based Cloud Manufacturing: Decentralization“. In: *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0* (2018) (zitiert auf S. 119, 121).
- [BHT18] K. Burow, K. Hribernik, K.-D. Thoben. „First Steps for a 5G-Ready Service in Cloud Manufacturing“. In: *Conference proceedings ICE/IEEE ITMC*. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, S. 1–5. ISBN: 978-1-5386-1469-3. DOI: [10.1109/ICE.2018.8436312](https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436312) (zitiert auf S. 120).

- [BLW18] A. V. Barenji, Z. Li, W. Wang. „Blockchain Cloud Manufacturing: Shop Floor and Machine Level: European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies June 12 to June 13, 2018, Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems (IPMS) Dresden, Germany“. In: *Smart SysTech 2018; European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies*. VDE Verlag GmbH, 2018, S. 1–6 (zitiert auf S. 118).
- [BLZ18] T. Bai, S. Liu, L. Zhang. „A Manufacturing Task Scheduling Method Based on Public Goods Game on Cloud Manufacturing Model“. In: *2018 4th International Conference on Universal Village*. IEEE, 2018, S. 1–6 (zitiert auf S. 120).
- [BQBJ16] B. Baifeng, L. Qiang, Q. Bo, Z. Juanjuan. „Explore on mould coordinated manufacturing based on cloud manufacturing“. In: *ASME 2016 11th International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2016, S. 5811–5814 (zitiert auf S. 118).
- [BRW16] B. Buckholtz, I. Ragai, L. Wang. „Remote equipment security in cloud manufacturing systems“. In: *International Journal of Manufacturing Research* 11.2 (2016), S. 126–143 (zitiert auf S. 121).
- [BRZ+12] Y. Bao, L. Ren, L. Zhang, X. Zhang, Y. Luo, Hrsg. *IEEE 10th International Conference on Industrial Informatics*. IEEE, 2012. ISBN: 1467303119 (zitiert auf S. 120).
- [Cag18] A. Caggiano. „Cloud-based manufacturing process monitoring for smart diagnosis services“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31.7 (2018), S. 612–623 (zitiert auf S. 118, 120).
- [CFPT17] S. Chen, S. Fang, T. Peng, R. Tang. „Operation Mode Study in Cloud Manufacturing Ecosystem“. In: *Procedia CIRP* 61 (2017), S. 347–352 (zitiert auf S. 120).
- [CHBF18] Y. Cao, L. Huang, Y. Bai, Q. Fan. „FDM Rapid Prototyping Technology of Complex-Shaped Mould Based on Big Data Management of Cloud Manufacturing“. In: *Complexity* 2018 (2018) (zitiert auf S. 118).
- [Che14] T. Chen. „Strengthening the Competitiveness and Sustainability of a Semiconductor Manufacturer with Cloud Manufacturing“. In: *Sustainability* 6.1 (2014), S. 251–266 (zitiert auf S. 118).
- [CHL+18] C.-C. Chen, M.-H. Hung, P.-Y. Li, Y.-C. Lin, Y.-Y. Liu, F.-T. Cheng. „A novel automated construction scheme for efficiently developing cloud manufacturing services“. In: *IEEE Robotics and Automation Letters* 3.3 (2018), S. 1378–1385 (zitiert auf S. 120).
- [CL12] S.-W. Cheng, X.-J. Liu. „Activity driven industrial design E-service system in cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1510–1517 (zitiert auf S. 119).
- [CLH+14] C.-C. Chen, Y.-C. Lin, M.-H. Hung, C.-Y. Lin, Y.-J. Tsai, M.-S. Chen, F.-T. Cheng. „Development of Auto-scaling Cloud Manufacturing Framework for machine tool industry“. In: *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 2014*. Piscataway, NJ: IEEE, 2014, S. 893–898. ISBN: 978-1-4799-5283-0. DOI: [10.1109/CoASE.2014.6899431](https://doi.org/10.1109/CoASE.2014.6899431) (zitiert auf S. 118, 122).

- [CLHL15] X. Cai, W. Li, F. He, X. Li. „Customized encryption of computer aided design models for collaboration in cloud manufacturing environment“. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137.4 (2015), S. 040905 (zitiert auf S. 118).
- [CN18] H. Coullon, J. Noyé. „Reconsidering the relationship between cloud computing and cloud manufacturing“. In: *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing*. Springer, 2018, S. 217–228 (zitiert auf S. 119).
- [CRZ16] J. Cui, L. Ren, L. Zhang. „Cloud Manufacturing Service Selection Model Based on Adaptive Variable Evaluation Metrics“. In: *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems*. Springer, 2016, S. 13–19 (zitiert auf S. 121).
- [CRZW15] J. Cui, L. Ren, L. Zhang, Q. Wu. „An optimal allocation method for virtual resource considering variable metrics of cloud manufacturing service“. In: *ASME 2015 International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2015, V002T04A013–V002T04A013 (zitiert auf S. 118).
- [CS18] A. Charro, D. Schaefer. „Cloud Manufacturing as a new type of Product-Service System“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31.10 (2018), S. 1018–1033 (zitiert auf S. 119).
- [CSGP16] H. D. Chinh, S. S. Shetty, M. Gupta, S. K. Panda. „A wireless sensor and actuator network (WSAN) framework for personalized thermal comfort in office buildings“. In: *2016 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)*. 2016, S. 42–47 (zitiert auf S. 28).
- [CST16] A. Caggiano, T. Segreto, R. Teti. „Cloud manufacturing framework for smart monitoring of machining“. In: *Procedia CIRP* 55 (2016), S. 248–253 (zitiert auf S. 118).
- [CTF18] J. E. Correa, R. Toro, P. M. Ferreira. „A new paradigm for organizing networks of computer numerical control manufacturing resources in cloud manufacturing“. In: *Procedia Manufacturing* 26 (2018), S. 1318–1329 (zitiert auf S. 118).
- [CTL+13] Y. Cheng, F. Tao, Y. Liu, D. Zhao, L. Zhang, L. Xu. „Energy-aware resource service scheduling based on utility evaluation in cloud manufacturing system“. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. UK: London, England: SAGE Publications Sage, 2013, S. 1901–1915 (zitiert auf S. 120, 136).
- [CTZX10] Y. Cheng, Tao, F and Zhang, L, X. Zhang, Xi, GH and Zhao, D. „Study on the utility model and utility equilibrium of resource service transaction in cloud manufacturing“. In: *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010 IEEE International Conference on*. IEEE, 2010, S. 2298–2302 (zitiert auf S. 34, 120).
- [CW16] T. Chen, Y.-C. Wang. „Estimating simulation workload in cloud manufacturing using a classifying artificial neural network ensemble approach“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 38 (2016), S. 42–51 (zitiert auf S. 69, 118, 119, 121, 122).

- [CWK+15] Y. Cao, S. Wang, L. Kang, C. Li, L. Guo. „Study on machining service modes and resource selection strategies in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 81.1-4 (2015), S. 597–613 (zitiert auf S. 118, 120).
- [CWKG16] Y. Cao, S. Wang, L. Kang, Y. Gao. „A TQCS-based service selection and scheduling strategy in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 82.1-4 (2016), S. 235–251 (zitiert auf S. 120, 121, 137).
- [CZ11] W.-s. CHENG, M.-n. ZHU. „Cloud Manufacturing—Advanced Manufacturing Informationization [J]“. In: *Journal of System Simulation* 10 (2011), S. 048 (zitiert auf S. 119).
- [CZH+11] Y. Cheng, D. Zhao, A. R. Hu, Y. L. Luo, F. Tao, L. Zhang. „Multi-view models for cost constitution of cloud service in cloud manufacturing system“. In: *Advances in Computer Science and Education Applications*. Springer, 2011, S. 225–233 (zitiert auf S. 34, 119).
- [CZL+12] Y. Cheng, Y. Zhang, L. Lv, J. Liu, F. Tao, L. Zhang. „Analysis of cloud service transaction in cloud manufacturing“. In: *2012 IEEE 10th International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2012)*. Piscataway, NJ: IEEE, 2012, S. 320–325. ISBN: 978-1-4673-0311-8. DOI: [10.1109/INDIN.2012.6301212](https://doi.org/10.1109/INDIN.2012.6301212) (zitiert auf S. 120).
- [CZZW14] Z. Cheng, D. Zhan, X. Zhao, H. Wan. „Multitask Oriented Virtual Resource Integration and Optimal Scheduling in Cloud Manufacturing“. In: *Journal of Applied Mathematics* 2014.7 (2014), S. 1–9 (zitiert auf S. 120).
- [Dey11] Z. Q. Q. De-yu. „Service-Oriented Collaborative Design Platform for Cloud Manufacturing [J]“. In: *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)* 12 (2011), S. 015 (zitiert auf S. 119).
- [DG14] Y.-f. Dong, G. Guo. „Evaluation and selection approach for cloud manufacturing service based on template and global trust degr“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 20.1 (2014), S. 207–214 (zitiert auf S. 121).
- [DGLG13] B. G. Du, S. S. Guo, Y. B. Li, J. Guo. „Order-oriented manufacturing resource services sharing of building material and equipment enterprise in cloud manufacturing“. In: *Advanced Materials Research*. Trans Tech Publ, 2013, S. 565–571 (zitiert auf S. 119).
- [DJBB14] G. Di Orio, J. Jassbi, D. Barata, J. Barata. „The impact of cloud manufacturing on supply chain agility“. In: *Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. Bd. 12. IEEE, 2014 (zitiert auf S. 118).
- [DV16] J. Delaram, O. F. Valilai. „Development of a Novel Solution to Enable Integration and Interoperability for Cloud Manufacturing“. In: *Procedia CIRP* 52 (2016), S. 6–11 (zitiert auf S. 119).
- [DV18] J. Delaram, O. F. Valilai. „A Mathematical Model for Task Scheduling in Cloud Manufacturing Systems focusing on Global Logistics“. In: *Procedia Manufacturing* 17 (2018), S. 387–394 (zitiert auf S. 120).

- [DYLX16] T. Ding, G. Yan, Y. Lei, X. Xu. „Research on Critical Technologies of Manufacturing Execution Based on Cloud-Service“. In: *2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering*. Hrsg. von S. Li, Y. Dai, Y. Cheng, I. C. o. I. S. Engineering, Control. Piscataway, NJ: IEEE, 2016, S. 538–542. ISBN: 978-1-5090-2535-0. DOI: [10.1109/ICISCE.2016.121](https://doi.org/10.1109/ICISCE.2016.121) (zitiert auf S. 119).
- [DYS12] B. Ding, X.-Y. Yu, L.-J. Sun. „A cloud-based collaborative manufacturing resource sharing services“. In: *Information Technology Journal* 11.9 (2012), S. 1258 (zitiert auf S. 119).
- [ECMC16] C. Esposito, A. Castiglione, B. Martini, K.-K. R. Choo. „Cloud Manufacturing: Security, Privacy, and Forensic Concerns“. In: *IEEE Cloud Computing* 3.4 (2016), S. 16–22 (zitiert auf S. 62, 68, 72, 121).
- [ERMS18] C. Ellwein, O. Riedel, O. Meyer, D. Schel. „Rent’n’Produce: A Secure Cloud Manufacturing Platform for Small and Medium Enterprises“. In: *Conference proceedings ICE/IEEE ITMC*. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, S. 1–6. ISBN: 978-1-5386-1469-3. DOI: [10.1109/ICE.2018.8436332](https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436332) (zitiert auf S. 119, 121).
- [FGC12] S. Y. Fu, S. C. Gong, Z. Chen. „Study on the key technologies for clouding manufacturing based on virtualization technology“. In: *Advanced Materials Research* 503 (2012), S. 86–89 (zitiert auf S. 121).
- [FH18a] Y. Feng, B. Huang. „A hierarchical and configurable reputation evaluation model for cloud manufacturing services based on collaborative filtering“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 94.9-12 (2018), S. 3327–3343 (zitiert auf S. 120).
- [FH18b] Y. Feng, B. Huang. „Cloud manufacturing service QoS prediction based on neighbourhood enhanced matrix factorization“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 1.1 (2018), S. 408 (zitiert auf S. 120).
- [FPC+14] L. Ferreira, G. Putnik, M. M. Cruz-Cunha, Z. Putnik, H. Castro, C. Alves, V. Shah. „Dashboard services for pragmatics-based interoperability in cloud and ubiquitous manufacturing“. In: *International Journal of Web Portals (IJWP)* 6.1 (2014), S. 35–49 (zitiert auf S. 34, 120).
- [FSLR18] P. Felli, L. de Silva, B. Logan, S. Ratchev. „Composite Capabilities for Cloud Manufacturing“. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2018, S. 1809–1811 (zitiert auf S. 122).
- [FX11] W.-H. Fan, T.-Y. Xiao. „Integrated architecture of cloud manufacturing based on federation mode“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011), S. 469–476 (zitiert auf S. 119).
- [FYL17] W.-J. Feng, Yin, Chao and Li, Xiao-Bin, L. Li. „A classification matching method for manufacturing resource in cloud manufacturing environment“. In: *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* 8.2 (2017), S. 1750057 (zitiert auf S. 71, 119).
- [GD12] J. Gan, G.-j. Duan. „Method of cloud manufacturing service trust evaluation“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1527–1535 (zitiert auf S. 121).

- [GHC+12] X.-j. GU, S.-Q. Huang, J.-X. Chen, Q.-H. Yang, S.-L. Fang. „Cloud manufacturing service platform driven by mold manufacturing industry demand“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1650–1657 (zitiert auf S. 118).
- [GLL13] L. Gao, Q. Liu, P. Lou. „Computational trust in cloud manufacturing“. In: *Advanced Materials Research* (2013), S. 1908–1913 (zitiert auf S. 121).
- [GM12] M. Giriraj, S. Muthu. „From cloud computing to cloud manufacturing execution assembly system“. In: *Trends in Intelligent Robotics, Automation, and Manufacturing*. Springer, 2012, S. 303–312 (zitiert auf S. 121).
- [GQ18a] L. Guo, J. Qiu. „Combination of cloud manufacturing and 3D printing: research progress and prospect“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 96.5-8 (2018), S. 1929–1942 (zitiert auf S. 118, 119, 121).
- [GQ18b] L. Guo, J. Qiu. „Optimization technology in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 97.1-4 (2018), S. 1181–1193 (zitiert auf S. 62, 121).
- [GSPR16] D. Golightly, S. Sharples, H. Patel, S. Ratchev. „Manufacturing in the cloud: A human factors perspective“. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 55 (2016), S. 12–21 (zitiert auf S. 119, 121).
- [GTZ+10] H. Guo, F. Tao, L. Zhang, S. Su, N. Si. „Correlation-aware web services composition and QoS computation model in virtual enterprise“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 51.5-8 (2010), S. 817–827 (zitiert auf S. 121, 136).
- [Guo16] L. Guo. „A system design method for cloud manufacturing application system“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 275–289 (zitiert auf S. 119).
- [GWK+14] L. Guo, S. Wang, L. Kang, Q. Li, G. Chen, C. Li. „A method of manufacture resource informatization in cloud manufacturing“. In: *Journal of Software Engineering* 8.1 (2014), S. 32–40 (zitiert auf S. 121).
- [GWK+18] B. Gao, S. Wang, L. Kang, X. Shu, X. Yang. „Diagnosis and Handling of Exception in Cloud Manufacturing“. In: *2018 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chongqing)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2018, S. 866–870 (zitiert auf S. 121).
- [GWKC15] L. Guo, S. Wang, L. Kang, Y. Cao. „Agent-based manufacturing service discovery method for cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 81.9-12 (2015), S. 2167–2181 (zitiert auf S. 121).
- [GWS15] D. Golightly, H. Wagner, S. Sharples. „A comparison of user requirements and expectations for cloud manufacturing“. In: *Contemporary Ergonomics and Human Factors 2015: Proceedings of the International Conference on Ergonomics & Human Factors 2015, Daventry, Northamptonshire, UK, 13-16 April 2015*. CRC Press, 2015, S. 321. ISBN: 1315685736 (zitiert auf S. 122).
- [GYL18] X. Gong, C. Yin, X. Li. „A grey correlation based supply–demand matching of machine tools with multiple quality factors in cloud manufacturing environment“. In: *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 54.15 (2018), S. 2787 (zitiert auf S. 120).

- [GZT+10] H. Guo, L. Zhang, F. Tao, L. Ren, Y.L. Luo. „Research on the Measurement Method of Flexibility of Resource Service Composition in Cloud Manufacturing“. In: *Advanced Materials Research* 139-141 (2010), S. 1451–1454 (zitiert auf S. 121).
- [GZT11] H. Guo, L. Zhang, F. Tao. „A Framework for Correlation Relationship Mining of Cloud Service in Cloud Manufacturing System“. In: *Advanced Materials Research* 314-316 (2011), S. 2259–2262 (zitiert auf S. 120, 121).
- [Hai13] L. I. Hai-bo. „Approach to multi-granularity resource composition based on workflow in cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 1 (2013), S. 026 (zitiert auf S. 121).
- [HCW+17] Y. Hu, X. Chang, Y. Wang, Z. Wang, C. Shi, L. Wu. „Cloud manufacturing resources fuzzy classification based on genetic simulated annealing algorithm“. In: *Materials and Manufacturing Processes* 32.10 (2017), S. 1109–1115 (zitiert auf S. 118).
- [HCZG18] S. Huang, Y. Chen, H. Zhou, X. Gu. „Self-organizing evaluation model and algorithm for manufacturing cloud services driven by user behavior“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 95.1-4 (2018), S. 1549–1565 (zitiert auf S. 120, 122).
- [HDS+16] X. Huang, B. Du, L. Sun, F. Chen, W. Dai. „Service requirement conflict resolution based on ant colony optimization in group-enterprises-oriented cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 183–196 (zitiert auf S. 121).
- [HGMW12] M. Holm, M. Givehchi, A. Mohammed, L. Wang. „Web based monitoring and control of distant robotic operations“. In: *ASME 2012 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 40th North American Manufacturing Research Conference and in participation with the International Conference on Tribology Materials and Processing*. American Society of Mechanical Engineers. 2012, S. 605–612 (zitiert auf S. 34).
- [HH14] Y. Hao, P. Helo. „A new paradigm of manufacturing management: Cloud manufacturing“. In: *Proceedings of the International Workshop of Information Technology and Internet Finance Chengdu*. ACM, 2014 (zitiert auf S. 119).
- [HH17a] Y. Hao, P. Helo. „The role of wearable devices in meeting the needs of cloud manufacturing: A case study“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 45 (2017), S. 168–179 (zitiert auf S. 69, 122, 137).
- [HH17b] P. Helo, Y. Hao. „Cloud manufacturing system for sheet metal processing“. In: *Production Planning & Control* 28.6-8 (2017), S. 524–537 (zitiert auf S. 118).
- [HH18] R. Henzel, G. Herzwurm. „Cloud Manufacturing: A state-of-the-art survey of current issues“. In: *Procedia CIRP* 72 (2018), S. 947–952 (zitiert auf S. 15, 37, 38, 62, 68, 72–74).
- [HLT14] B. Huang, C. Li, F. Tao. „A chaos control optimal algorithm for QoS-based service composition selection in cloud manufacturing system“. In: *Enterprise Information Systems* 8.4 (2014), S. 445–463 (zitiert auf S. 121, 135).

- [HLYZ13] B. Huang, C. Li, C. Yin, X. Zhao. „Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 65.9-12 (2013), S. 1261–1272 (zitiert auf S. 24, 26, 27, 33, 119, 120, 134, 136).
- [HPH18] P. Helo, D. Phuong, Y. Hao. „Cloud manufacturing–Scheduling as a service for sheet metal manufacturing“. In: *Computers & Operations Research* (2018) (zitiert auf S. 120).
- [HRM+18] A. Hassanzadeh, S. Razavi, A. Mohaghar, M. Houshmand, H. Safari. „Cloud Manufacturing: From a Concept to a Way for Being Lean“. In: *International Journal of Research in Industrial Engineering* 7.2 (2018), S. 206–223 (zitiert auf S. 119).
- [HSHA14] P. Helo, M. Suorsa, Y. Hao, P. Anussornnitisarn. „Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing“. In: *Computers in Industry* 65.4 (2014), S. 646–656 (zitiert auf S. 119, 135).
- [HT17] C. J. Huang, F. T. Tsai. „Research and development of Cloud manufacturing process system“. In: *Applied system innovation for modern technology*. Hrsg. von T.-H. Meen, I. I. C. o. A. S. Innovation. [Piscataway, NJ]: IEEE, 2017, S. 633–636. ISBN: 978-1-5090-4897-7. DOI: [10.1109/ICASI.2017.7988505](https://doi.org/10.1109/ICASI.2017.7988505) (zitiert auf S. 119).
- [HWW+18] J. U. Hassan, P. Wen, P. Wang, Q. Zhang, F. Saleem, M. U. Nisar. „Dynamic Model for Service Composition and Optimal Selection in Cloud Manufacturing Environment“. In: *Recent Advances in Intelligent Manufacturing*. Springer, 2018, S. 50–60 (zitiert auf S. 121).
- [HX15] W. He, L. Xu. „A state-of-the-art survey of cloud manufacturing“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 28.3 (2015), S. 239–250 (zitiert auf S. 36, 37, 62, 72–74, 119, 134).
- [HXCF12] C. S. Hu, C. D. Xu, X. B. Cao, J. C. Fu. „Study of Classification and Modeling of Virtual Resources in Cloud Manufacturing“. In: *Applied Mechanics and Materials*. Bd. 121-126. Trans Tech Publications, 2012, S. 2274–2280 (zitiert auf S. 121).
- [HYLL18] S. Huang, C. Yin, X. Li, F. Liu. „Rough set based optimization method of machine tools in cloud manufacturing“. In: *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* 9.01 (2018), S. 1750058 (zitiert auf S. 118).
- [HZ18] K. He, D. Zhu. „Quality evaluation of cloud manufacturing service“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 24.1 (2018), S. 53–62 (zitiert auf S. 121).
- [HZTH13] A. Hu, L. Zhang, F. Tao, X. Hu. „Lifecycle management of knowledge in a cloud manufacturing system“. In: *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A005–V002T02A005 (zitiert auf S. 35, 118).
- [hZZ12] Y. I. hao, Y. ZHANG, T. ZHONG. „Optimization model of cloud manufacturing services resource combination for new product development“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 7 (2012), S. 0–3 (zitiert auf S. 121).

- [JFTA12] W. Jia, Y. Feng, J. Tan, X. An. „Fuzzy group programming decision-making for manufacturing cloud and its application on air separation equipment“. In: *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2012 IEEE 16th International Conference on*. IEEE, 2012, S. 757–762 (zitiert auf S. 122).
- [JH12] H. Y. Jeong, B. H. Hong. „The Cloud Manufacturing System in Factory Automation“. In: *Applied Mechanics and Materials* 271-272 (2012), S. 528–532 (zitiert auf S. 118).
- [Jia+12] H. Jiang et al. „Research on key technologies for design services collaboration in cloud manufacturing“. In: *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2012 IEEE 16th International Conference on*. IEEE, 2012, S. 824–829 (zitiert auf S. 121).
- [Jin13] Z. Jin. „Research on solutions of cloud manufacturing in automotive industry“. In: *Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress*. Springer, 2013, S. 225–234 (zitiert auf S. 118).
- [JJK+08] J. Jang, B. Jeong, B. Kulvatunyou, J. Chang, H. Cho. „Discovering and integrating distributed manufacturing services with semantic manufacturing capability profiles“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 21.6 (2008), S. 631–646 (zitiert auf S. 68).
- [JMZX12] W. Jiang, J. Ma, X. Zhang, H. Xie. „Research on Cloud Manufacturing Resource Integrating Service Modeling Based on Cloud-Agent“. In: *IEEE 3rd International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*. IEEE, 2012, S. 395–398 (zitiert auf S. 121).
- [JW12] S. Jalali, C. Wohlin. „Systematic literature studies: database searches vs. backward snowballing“. In: *Proceedings of the 2012 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*. IEEE. 2012, S. 29–38 (zitiert auf S. 39).
- [JW14] C. F. Jian, Y. Wang. „Batch Task Scheduling-Oriented Optimization Modelling and Simulation in Cloud Manufacturing“. In: *International Journal of Simulation Modelling* 13.1 (2014), S. 93–101 (zitiert auf S. 120).
- [JWL12] L. Ji, L.-F. Wang, C.-L. Liao. „Architecture of automotive electronic cloud manufacturing based on AUTOSAR“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1644–1649 (zitiert auf S. 118).
- [JYC17] H. Jin, X. Yao, Y. Chen. „Correlation-aware QoS modeling and manufacturing cloud service composition“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 28.8 (2017), S. 1947–1960 (zitiert auf S. 121, 137).
- [JYH12] H. Ji, Q.-J. Yang, X.-M. Han. „Enterprise product platform services in cloud manufacturing“. In: *Development & Innovation of Machinery & Electrical Products* 3 (2012), S. 016 (zitiert auf S. 119).
- [JZ14] J. Jisuanji, X. Zhizao. „Cloud manufacturing service composition modeling and QoS evaluation based on extended process calculus“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 20.3 (2014), S. 689–700 (zitiert auf S. 121).

- [JZLS17] H. Jiao, J. Zhang, J. H. Li, J. Shi. „Research on cloud manufacturing service discovery based on latent semantic preference about OWL-S“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 30.4-5 (2017), S. 433–441 (zitiert auf S. 68, 119).
- [JZR12] Y. Jiming, G. Zhiping, S. Rongbo. „Perception of Manufacturing Resources in Cloud-Manufacturing System“. In: *Computer Science & Service System (CSSS), 2012 International Conference on*. IEEE, 2012, S. 1993–1996 (zitiert auf S. 34, 119).
- [KEM+15] C.-y. Kim, D. Espaline, E. MacDonald, R. B. Wicker, D.-H. Kim, J.-H. Sung, J.-W. Lee. „A Study on Manufacturing System Integration with a 3D printer based on the Cloud Network“. In: *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers* 14.3 (2015), S. 15–20 (zitiert auf S. 118).
- [KHFT16] S. Kubler, J. Holmström, K. Främling, P. Turkama. „Technological theory of cloud manufacturing“. In: *Service orientation in holonic and multi-agent manufacturing*. Springer, 2016, S. 267–276 (zitiert auf S. 119).
- [Kit] B. Kitchenham. „Procedures for Performing Systematic Reviews“. In: 33 (), S. 1–26 (zitiert auf S. 19).
- [KNAK12] Q. Khan, S. Naseem, F. Ahmad, M. Khan. „Usage & Issues of Cloud Computing Techniques in Small & Medium Business Organizations“. In: *International Journal of Scientific & Engineering Research* 3.59 (2012), S. 1–7 (zitiert auf S. 21, 33).
- [KPBJ13] A. Kang, J. H. Park, L. Barolli, H. Y. Jeong. „CMMI Security Model for Cloud Manufacturing System’s Network“. In: *2013 Eighth International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications*. IEEE, 2013, S. 449–452 (zitiert auf S. 121).
- [KQL+17] K. Kang, T. Qu, H. Luo, S. Xu, C. Li, G. Q. Huang. „Cloud Manufacturing-Enabled Production Logistics Service System in Industrial Park“. In: *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing*. American Society of Mechanical Engineers, 2017, V003T04A035–V003T04A035 (zitiert auf S. 118).
- [KSCT16] A. Kumar, R. Shankar, A. Choudhary, L. S. Thakur. „A big data MapReduce framework for fault diagnosis in cloud-based manufacturing“. In: *International Journal of Production Research* 54.23 (2016), S. 7060–7073 (zitiert auf S. 120).
- [LAS+16] X. F. Liu, S. N. Al Sunny, M. R. Shahriar, M. C. Leu, M. Cheng, L. Hu. „Implementation of MTConnect for Open Source 3D Printers in Cyber Physical Manufacturing Cloud“. In: *ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2016, V01AT02A019–V01AT02A019 (zitiert auf S. 118).
- [LBF+15] Q. Liu, K. Bao, Y. Fang, T. Huang, Z. Li. „Distributed Identical Grating Sensing System Oriented to Equipment Intelligent Sense in Cloud Manufacturing“. In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. Springer, 2015, S. 371–378 (zitiert auf S. 118).

- [LBH18] Z. Li, A. V. Barenji, G. Q. Huang. „Toward a blockchain cloud manufacturing system as a peer to peer distributed network platform“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 54 (2018), S. 133–144 (zitiert auf S. 119).
- [LC17] Y.-K. Lin, C. S. Chong. „Fast GA-based project scheduling for computing resources allocation in a cloud manufacturing system“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 28.5 (2017), S. 1189–1201 (zitiert auf S. 118).
- [LCST17] Y. Lu, B. Chen, J. Sun, X. Tan. „Research on 3D reconstruction method of human-computer interaction scene based on support vector machine in cloud manufacturing environment“. In: *Multimedia Tools and Applications* 76.16 (2017), S. 17145–17162 (zitiert auf S. 118).
- [LD18] R. Liu, G. Duan. „An Application of MBD Based Inspection in Cloud Manufacturing“. In: *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2018, S. 4171–4175 (zitiert auf S. 118).
- [LDC+16] S. Li, Y. Dai, Y. Cheng, I. C. o. I. S. Engineering, Control, Hrsg. *2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering: ICISCE 2016 : Beijing, China, 8-10 July 2016 : proceedings*. Piscataway, NJ: IEEE, 2016. ISBN: 978-1-5090-2535-0 (zitiert auf S. 120, 121).
- [LF09] F. Leymann, D. Fritsch. „Cloud computing: The next revolution in IT“. In: *Proceedings of the 52th Photogrammetric Week*. Wichmann Verlag. 2009, S. 3–12 (zitiert auf S. 29).
- [LGL+18] C. Li, J. Guan, T. Liu, N. Ma, J. Zhang. „An autonomy-oriented method for service composition and optimal selection in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 96.5-8 (2018), S. 2583–2604 (zitiert auf S. 121).
- [LGM+17] F. Luís, P. Goran, C.-. C. Maria Manuela, P. Zlata, C. Hélio, A. Catia, S. Vaibhav, V. Leonilde. „A Cloud-Based Architecture with embedded Pragmatics Renderer for Ubiquitous and Cloud Manufacturing“. In: 30.4-5 (2017), S. 483–500 (zitiert auf S. 119).
- [LGY+18] P. Lou, J. Guo, J. Yan, X. Jiang, J. Hu. „Behavior Simulation of Manufacturing Services in a Cloud Manufacturing Environment“. In: *2018 3rd International Conference on Information Systems Engineering (ICISE)*. IEEE, 2018, S. 137–141 (zitiert auf S. 121).
- [LHW11] C. Q. Li, C. Y. Hu, Y. W. Wang. „Research of Resource Virtualization Technology Based on Cloud Manufacturing“. In: *Advanced Materials Research* 201-203 (2011), S. 681–684 (zitiert auf S. 119, 121).
- [LHWZ11] C. Q. Li, C. Y. Hu, Y. W. Wang, P. F. Zhu. „Research of Cloud Manufacturing and Resource Encapsulation Technology“. In: *Applied Mechanics and Materials* 58-60 (2011), S. 562–566 (zitiert auf S. 33, 120, 121).
- [LHWZ18] T. Li, T. He, Z. Wang, Y. Zhang. „An Approach to Iot Service Optimal Composition for Mass Customization on Cloud Manufacturing“. In: *IEEE Access* 6 (2018), S. 50572–50586 (zitiert auf S. 121).

- [LIK+17] M. Ljubicic, N. Ivezic, B. Kulvatunyou, S. Nieman, N. Anicic, Z. Marjanovic. „Business Process Model Life-Cycle Management in Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing*. American Society of Mechanical Engineers, 2017, V003T04A039–V003T04A039 (zitiert auf S. 69, 122).
- [Lin18] X. Lin. „Approach to manufacturing resource description based on metadata in cloud manufacturing“. In: *International Journal of Internet Manufacturing and Services* 5.2-3 (2018), S. 220–231 (zitiert auf S. 121).
- [Liu14] J. Liu. „Study on Model and Platform Architecture of Cloud Manufacturing for Aerospace Conglomerate“. In: *Proceedings of International Conference on Soft Computing Techniques and Engineering Application*. Springer, 2014, S. 467–474 (zitiert auf S. 118, 121, 122).
- [LL12] J. Liu, B. Li. „An ontology-based architecture for service-orientated design knowledge fusion in Group Corporation Cloud Manufacturing“. In: *IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2012*. Hrsg. von L. Gao. Piscataway, NJ: IEEE, 2012, S. 811–816. ISBN: 978-1-4673-1212-7. DOI: [10.1109/CSCWD.2012.6221914](https://doi.org/10.1109/CSCWD.2012.6221914) (zitiert auf S. 119).
- [LL13] N. Liu, X. Li. „A multilevel modeling framework for semantic representation of cloud manufacturing resources“. In: *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2013 IEEE 17th International Conference on*. IEEE, 2013, S. 400–405 (zitiert auf S. 118, 119, 121).
- [LL14] N. Liu, X. Li. „Granulation-based resource classification in Cloud Manufacturing“. In: *Proceedings of International Conference on Soft Computing Techniques and Engineering Application*. Bd. 229. Springer, 2014, S. 1258–1270 (zitiert auf S. 72, 119, 121).
- [LLL18] S. Lin, Y. Laili, Y. Luo. „Integrated optimization of supplier selection and service scheduling in cloud manufacturing environment“. In: *2018 4th International Conference on Universal Village (UV)*. IEEE, 2018, S. 1–6 (zitiert auf S. 120).
- [LLS14] N. Liu, X. Li, W. Shen. „Multi-granularity resource virtualization and sharing strategies in cloud manufacturing“. In: *Journal of Network and Computer Applications* 46 (2014), S. 72–82 (zitiert auf S. 15, 72, 121, 137).
- [LLW11] N. Liu, X. Li, Q. Wang. „A resource & capability virtualization method for cloud manufacturing systems“. In: *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2011*. Piscataway, NJ: IEEE, 9.10.2011 - 12.10.2011, S. 1003–1008. ISBN: 978-1-4577-0653-0. DOI: [10.1109/ICSMC.2011.6083800](https://doi.org/10.1109/ICSMC.2011.6083800) (zitiert auf S. 72, 121).
- [LLW15] X. Liu, Y. Li, L. Wang. „A Cloud Manufacturing Architecture for Complex Parts Machining“. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137.6 (2015) (zitiert auf S. 118).
- [LLWD18] Y. Liu, X. Li, L. Wang, B. Du. „Outsourcing resource combinatorial optimization of complex product in cloud manufacturing“. In: *2018 5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)*. IEEE, 2018, S. 874–878 (zitiert auf S. 119).

- [LNX+12] J. Lartigau, L. Nie, X. Xu, D. Zhan, T. Mou. „Scheduling methodology for production services in cloud manufacturing“. In: *2012 International Joint Conference on Service Sciences*. IEEE, 2012, S. 34–39 (zitiert auf S. 120, 122).
- [LNZ+12] J. Lartigau, L. Nie, D. Zhan, X. Xu, T. Mou. „Business Process Interoperability to support Order Processing in a Cloud Manufacturing Environment“. In: *Enterprise Interoperability V* (2012), S. 367–377 (zitiert auf S. 34).
- [LPSS18] Y. Liao, H. Panetto, P. C. Stadzisz, J. M. Simão. „A notification-oriented solution for data-intensive enterprise information systems—A cloud manufacturing case“. In: *Enterprise Information Systems* 12.8-9 (2018), S. 942–959 (zitiert auf S. 120).
- [LQB11] Q. Li, B. Qin, B. F. Bao. „Exploration on mould coordinated manufacturing based on cloud manufacturing“. In: *Forging Stamping Technology* 3 (2011), S. 140–143 (zitiert auf S. 118, 119).
- [LS18] H. Liang, L. Sun. „Improve cloud manufacturing supply chain note—enterprises optimize combination of the Cuckoo search“. In: *Concurrency and Computation: Practice and Experience* (2018), e4764 (zitiert auf S. 122).
- [LSA+17] X. F. Liu, M. R. Shahriar, S. N. Al Sunny, M. C. Leu, L. Hu. „Cyber-physical manufacturing cloud: Architecture, virtualization, communication, and testbed“. In: *Journal of Manufacturing Systems* 43 (2017), S. 352–364 (zitiert auf S. 119).
- [LTZR11] Y. Laili, F. Tao, L. Zhang, L. Ren. „The optimal allocation model of computing resources in cloud manufacturing system“. In: *2011 Seventh International Conference on Natural Computation*. Bd. 4. IEEE, 2011, S. 2322–2326 (zitiert auf S. 34, 118).
- [LTZS12] Y. Laili, F. Tao, L. Zhang, B. R. Sarker. „A study of optimal allocation of computing resources in cloud manufacturing systems“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 63.5-8 (2012), S. 671–690 (zitiert auf S. 118, 135).
- [Lv12] B. Lv. „A Multi-view Model Study for the Architecture of Cloud Manufacturing“. In: *Third International Conference on Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), 2012*. Piscataway, NJ: IEEE, 2012, S. 93–97. ISBN: 978-1-4673-2217-1. DOI: [10.1109/ICDMA.2012.22](https://doi.org/10.1109/ICDMA.2012.22) (zitiert auf S. 119).
- [LW18] B. Li, S. Wang. „Cutting and nesting system of cloud manufacturing based on SOA“. In: *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 39.1 (2018), e5088 (zitiert auf S. 118, 121).
- [LWC+16] Z. Liu, Y. Wang, L. Cai, Q. Cheng, H. Zhang. „Design and manufacturing model of customized hydrostatic bearing system based on cloud and big data technology“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 261–273 (zitiert auf S. 118–120).
- [LWCC13] Q. Liu, L. Wang, X. D. Chen, X. Chen. „Utilization and access control mechanism of resources in cloud manufacturing service platform“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 19.6 (2013), S. 1414–1422 (zitiert auf S. 121).
- [LWK+14] C. Li, S. Wang, L. Kang, L. Guo, Y. Cao. „Trust evaluation model of cloud manufacturing service platform“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 75.1-4 (2014), S. 489–501 (zitiert auf S. 119, 121).

- [LWW+18] Y. Liu, L. Wang, Y. Wang, X. V. Wang, L. Zhang. „Multi-agent-based scheduling in cloud manufacturing with dynamic task arrivals“. In: *Procedia CIRP* 72.1 (2018), S. 953–960 (zitiert auf S. 120).
- [LWW18] Y. Liu, L. Wang, X. V. Wang. „Cloud manufacturing: latest advancements and future trends“. In: *Procedia Manufacturing* 25 (2018), S. 62–73 (zitiert auf S. 32, 62, 72–74, 120).
- [LWX16] Y. Lu, H. Wang, X. Xu. „ManuService ontology: a product data model for service-oriented business interactions in a cloud manufacturing environment“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 284.5 (2016), S. 34 (zitiert auf S. 119, 120).
- [LX15a] Y. Lu, X. Xu. „Process and production planning in a cloud manufacturing environment“. In: *ASME 2015 International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2015, V002T04A018–V002T04A018 (zitiert auf S. 118).
- [LX15b] Y. Lu, X. Xu. „Protecting intellectual property in a cloud manufacturing environment: Requirements and strategies“. In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. Springer, 2015, S. 404–411 (zitiert auf S. 121).
- [LX16] L. Z. Longfei Zhou, Y. Xu. „Research on the Relationships of Customized Service Attributes in Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2016 11th International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2016, V002T04A008–V002T04A008 (zitiert auf S. 121).
- [LX17a] Y. Liu, X. Xu. „Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis“. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 139.3 (2017), S. 034701 (zitiert auf S. 136).
- [LX17b] Y. Lu, X. Xu. „A semantic web-based framework for service composition in a cloud manufacturing environment“. In: *Journal of Manufacturing Systems* 42 (2017), S. 69–81 (zitiert auf S. 120, 121).
- [LXNZ15] J. Lartigau, X. Xu, L. Nie, D. Zhan. „Cloud manufacturing service composition based on QoS with geo-perspective transportation using an improved Artificial Bee Colony optimisation algorithm“. In: *International Journal of Production Research* 53.14 (2015), S. 4380–4404 (zitiert auf S. 121).
- [LXS13] B. M. Li, S. Q. Xie, Z. Q. Sang. „Step-based data sharing and exchange in one-of-a-kind product collaborative design for cloud manufacturing“. In: *Advances in Mechanical Engineering* 5 (2013), S. 135291 (zitiert auf S. 119, 121).
- [LXWG13] Q. Lin, K. Xia, L. Wang, L. Gao. „Research progress of cloud manufacturing in China: a literature survey“. In: *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A006–V002T02A006 (zitiert auf S. 122).
- [LXX14] Y. Lu, X. Xu, J. Xu. „Development of a Hybrid Manufacturing Cloud“. In: *Journal of Manufacturing Systems* 33.4 (2014), S. 551–566 (zitiert auf S. 119, 135).

- [LXY+16] T. Y. Lin, Y. Xiao, C. Yang, X. Liu, B. H. Li, L. Guo, C. Xing. „Manufacturing Capability Service Modeling, Management and Evaluation for Matching Supply and Demand in Cloud Manufacturing“. In: *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems*. Springer, 2016, S. 35–48 (zitiert auf S. 120).
- [LXZ+17] Y. Liu, X. Xu, L. Zhang, L. Wang, R. Y. Zhong. „Workload-based multi-task scheduling in cloud manufacturing“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 45 (2017), S. 3–20 (zitiert auf S. 121, 136).
- [LYC18] X. Li, S. Yu, J. Chu. „Optimal selection of manufacturing services in cloud manufacturing: A novel hybrid MCDM approach based on rough ANP and rough TOPSIS“. In: *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 34.6 (2018), S. 4041–4056 (zitiert auf S. 121).
- [LYGY12] X.-B. Li, C. Yin, X.-R. Gong, S. Yin. „Cloud manufacturing service platform for machine tool and processing operation“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1604–1612 (zitiert auf S. 118).
- [LYH+18] P. Lou, L. Yuan, J. Hu, J. Yan, J. Fu. „A Comprehensive Assessment Approach to Evaluate the Trustworthiness of Manufacturing Services in Cloud Manufacturing Environment“. In: *IEEE Access* 6 (2018), S. 30819–30828 (zitiert auf S. 120, 121).
- [LYZ+17] T. Y. Lin, C. Yang, C. Zhuang, Y. Xiao, F. Tao, G. Shi, C. Geng. „Multi-centric management and optimized allocation of manufacturing resource and capability in cloud manufacturing system“. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. Bd. 231. UK: London, England: SAGE Publications Sage, 2017, S. 2159–2172 (zitiert auf S. 118).
- [LZH+11] Y. L. Luo, L. Zhang, D. J. He, L. Ren, F. Tao. „Study on Multi-View Model for Cloud Manufacturing“. In: *Advanced Materials Research* 201 (2011), S. 685–688 (zitiert auf S. 35).
- [LZJ14] H. Li, L. Zhang, R. Jiang. „Study of manufacturing cloud service matching algorithm based on OWL-S“. In: *Control and Decision Conference (2014 CCDC), The 26th Chinese*. IEEE, 2014, S. 4155–4160. ISBN: 1479937088 (zitiert auf S. 68, 119, 121).
- [LZL17] F. Li, L. Zhang, Y. Laili. „Multi-Task Scheduling Based on QoS Evaluation in Cloud Manufacturing System“. In: *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing*. American Society of Mechanical Engineers, 2017, V003T04A038–V003T04A038 (zitiert auf S. 120).
- [LZN+15] W. Li, C. Zhu, E. C.-H. Ngai, L. T. Yang, L. Shu, Y. Sheng. „Facilities collaboration in cloud manufacturing based on generalized collaboration network“. In: *2015 11th International Conference on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness (QSHINE)*. IEEE, 2015, S. 298–303 (zitiert auf S. 71, 119).
- [LZR+11] B.-H. Li, L. Zhang, L. Ren, X.-D. Chai, F. Tao, Y.-L. Luo, Y.-Z. Wang, C. Yin, G. Huang, X. Zhao. „Further discussion on cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011), S. 449–457 (zitiert auf S. 134).

- [LZR+12] B.-H. Li, L. Zhang, L. Ren, X.-D. Chai, F. Tao, Y.-Z. Wang, C. Yin, P. Huang, X.-P. Zhao, Z.-D. Zhou. „Typical characteristics, technologies and applications of cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1345–1356 (zitiert auf S. 136).
- [LZS12] B. Li, G.-J. Zhang, S.-X. Shi. „Mould industry cloud manufacturing platform supporting cooperation and its key technologies“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1620–1626 (zitiert auf S. 118–121).
- [LZT+13] Y. Luo, L. Zhang, F. Tao, L. Ren, Y. Liu, Z. Zhang. „A modeling and description method of multidimensional information for manufacturing capability in cloud manufacturing system“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 69.5-8 (2013), S. 961–975 (zitiert auf S. 122, 136).
- [LZT11] Y. Laili, L. Zhang, F. Tao. „Energy adaptive immune genetic algorithm for collaborative design task scheduling in Cloud Manufacturing system“. In: *2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. Hrsg. von I. Staff. [Place of publication not identified]: IEEE, 2011, S. 1912–1916. ISBN: 978-1-4577-0739-1. DOI: [10.1109/IEEM.2011.6118248](https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6118248) (zitiert auf S. 120).
- [LZTW17] Y. Liu, L. Zhang, F. Tao, L. Wang. „Resource service sharing in cloud manufacturing based on the Gale–Shapley algorithm: advantages and challenge“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 30.4-5 (2017), S. 420–432 (zitiert auf S. 120–122).
- [LZW+10] B.-H. Li, L. Zhang, S.-L. Wang, F. Tao, J. Cao, X. Jiang, X. Song, X. Chai. „Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 16.1 (2010), S. 1–7 (zitiert auf S. 23, 62, 63, 74, 134).
- [LZW+17] W. Li, C. Zhu, X. Wei, J. J. Rodrigues, K. Wang. „Characteristics analysis and optimization design of entities collaboration for cloud manufacturing“. In: *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 29.14 (2017), e3948 (zitiert auf S. 71).
- [LZY+17] W. Li, C. Zhu, L. T. Yang, L. Shu, E. C.-H. Ngai, Y. Ma. „Subtask Scheduling for Distributed Robots in Cloud Manufacturing“. In: *IEEE Systems Journal* 11.2 (2017), S. 941–950 (zitiert auf S. 119–121).
- [LZY+18] P. Lou, C. Zhu, J. Yan, X. Zhang, J. Hu. „The Emergence of Cooperative Behaviors under the Incentive Mechanism of Profit Allocation in a Cloud Manufacturing Environment“. In: *2018 3rd International Conference on Information Systems Engineering (ICISE)*. IEEE, 2018, S. 147–151. ISBN: 1538662590 (zitiert auf S. 119).
- [LZY18] X. Li, P. Zhuang, C. Yin. „A metadata based manufacturing resource ontology modeling in cloud manufacturing systems“. In: *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 8.4 (2018), S. 1 (zitiert auf S. 71, 119–121).
- [LZZ+18] P. Lou, C. Zhu, X. Zhang, X. Jiang, Z. Li. „Research on the Cooperative Behavior in Cloud Manufacturing“. In: *Asian Simulation Conference*. Springer, 2018, S. 241–254 (zitiert auf S. 119).

- [LZZL15] H.-F. Li, L. Zhao, B.-H. Zhang, J.-Q. Li. „Service Matching and Composition Considering Correlations among Cloud Services“. In: *Big data analytics for human-centric systems*. Hrsg. von SMC. Piscataway, NJ: IEEE, 2015, S. 509–514. ISBN: 978-1-4799-8697-2. DOI: [10.1109/SMC.2015.100](https://doi.org/10.1109/SMC.2015.100) (zitiert auf S. 121).
- [MBM13] O. Morariu, T. Borangiu, C. Morariu. „From service oriented to cloud powered manufacturing systems“. In: *Proceedings of the 2013 IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing*. IEEE, 2013 (zitiert auf S. 121).
- [MC13] Z. Ming, H. Chunyang. „Research and realization of resource cloud encapsulation in cloud manufacturing“. In: *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)* 10.1 (2013), S. 579 (zitiert auf S. 121).
- [MG11] P. Mell, T. Grance. „The NIST definition of cloud computing“. In: (2011) (zitiert auf S. 21, 22, 33).
- [MH10] A. Mokhtar, M. Houshmand. „Introducing a roadmap to implement the universal manufacturing platform using axiomatic design theory“. In: *International Journal of Manufacturing Research* 5.2 (2010), S. 252–269 (zitiert auf S. 35).
- [MN17] M. Mourad, A. N. S. NEWMAN. „C-MARS-ABM: A Deployment Approach for Cloud Manufacturing“. In: *Advances in Manufacturing Technology XXXI: Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Research*. IOS Press, 2017, S. 213 (zitiert auf S. 118).
- [MNS16] M. Mourad, A. Nassehi, D. Schaefer. „Interoperability as a Key Enabler for Manufacturing in the Cloud“. In: *Procedia CIRP* 52 (2016), S. 30–34 (zitiert auf S. 119).
- [MO15] J. Morgan, G. E. O’Donnell. „The cyber physical implementation of cloud manufacturing monitoring systems“. In: *Procedia CIRP* 33 (2015), S. 29–34 (zitiert auf S. 118).
- [MO17] J. Morgan, G. E. O’Donnell. „Enabling a ubiquitous and cloud manufacturing foundation with field-level service-oriented architecture“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 30.4-5 (2017), S. 442–458 (zitiert auf S. 119).
- [MRT+11] C.-X. Ma, L. Ren, D.-X. Teng, H.-A. Wang, G.-Z. Dai. „Ubiquitous human-computer interaction in cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011), S. 504–510 (zitiert auf S. 122).
- [MS10] M. Meier, Seidelmann, Joachim and Mezgár, István. „ManuCloud: the next-generation manufacturing as a service environment“. In: *ERCIM News* 83 (2010), S. 33–34 (zitiert auf S. 119).
- [MSK+16] N. Mishra, A. Singh, S. Kumari, K. Govindan, S. I. Ali. „Cloud-based multi-agent architecture for effective planning and scheduling of distributed manufacturing“. In: *International Journal of Production Research* 54.23 (2016), S. 7115–7128 (zitiert auf S. 119).
- [MX18] Q. Meng, X. Xu. „Price forecasting using an ACO-based support vector regression ensemble in cloud manufacturing“. In: *Computers & Industrial Engineering* 125 (2018), S. 171–177 (zitiert auf S. 119).

- [MXY+18] K. Mubarak, X. Xu, X. Ye, R. Y. Zhong, Y. Lu. „Manufacturing service reliability assessment in cloud manufacturing“. In: *Procedia CIRP* 72 (2018), S. 940–946 (zitiert auf S. 122).
- [MZTR12] J. Mai, L. Zhang, F. Tao, L. Ren. „Architecture of hybrid cloud for manufacturing enterprise“. In: *System Simulation and Scientific Computing*. Springer, 2012, S. 365–372 (zitiert auf S. 119).
- [MZTR16] J. Mai, L. Zhang, F. Tao, L. Ren. „Customized production based on distributed 3D printing services in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 71–83 (zitiert auf S. 118, 137).
- [NGGB18] D. Ngo, D. A. Guerra-Zubiaga, G. González-Badillo, R. V. Barenji. „Towards a Digital Twin for Cloud Manufacturing: Case Study“. In: *ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. American Society of Mechanical Engineers, 2018, V002T02A072–V002T02A072 (zitiert auf S. 122).
- [NK18] M. R. Namjoo, A. Keramati. „Analysing Causal dependencies of composite service resilience in cloud manufacturing using resource-based theory and DEMATEL method“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31.10 (2018) (zitiert auf S. 121).
- [NKTJ18] M. R. Namjoo, A. Keramati, S. A. Torabi, F. Jolai. „Quantifying the Resilience of Cloud-Based Manufacturing Composite Services“. In: *International Journal of Cloud Applications and Computing (IJCAC)* 8.4 (2018), S. 88–117 (zitiert auf S. 121).
- [NZX13] P. Niu, D. J. Zhou, X. L. Xie. „Trust Model Based on Reputation Propagation Mechanism in Cloud Manufacturing Environment“. In: *Advanced Materials Research*. Bd. 722. Trans Tech Publications, 2013, S. 420–423 (zitiert auf S. 121).
- [NZZ+11] F. Ning, W. Zhou, F. Zhang, Q. Yin, X. Ni. „The Architecture of Cloud Manufacturing and its Key Technologies Research“. In: *Cloud Computing and Intelligence Systems (CCIS), 2011 IEEE International Conference on*. IEEE, 2011, S. 259–263 (zitiert auf S. 119).
- [OF18] E. Ostrosi, A.-J. Fougères. „Intelligent virtual manufacturing cell formation in cloud-based design and manufacturing“. In: *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 76 (2018), S. 80–95 (zitiert auf S. 118).
- [OJM+16] V. Ostasevicius, V. Jurenas, V. Markevicius, R. Gaidys, M. Zilys, M. Cepenas, L. Kizauskiene. „Self-powering wireless devices for cloud manufacturing applications“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 83.9-12 (2016), S. 1937–1950 (zitiert auf S. 122).
- [Pan14] I. Paniti. „Adaptation of Incremental Sheet Forming into cloud manufacturing“. In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 7.3 (2014), S. 185–190 (zitiert auf S. 118).
- [PFMM08] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, M. Mattsson. „Systematic mapping studies in software engineering.“ In: *Ease*. Bd. 8. 2008, S. 68–77 (zitiert auf S. 19, 20, 39, 41, 77).

- [PFT15] T. Peng, S. Fang, R. Tang. „Resource utilization in cloud manufacturing—an energy perspective“. In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. Springer, 2015, S. 379–387 (zitiert auf S. 122).
- [PG09] M. Presser, A. Gluhak. „The Internet of Things“. In: *Connecting the Real World with the Digital World, EURESCOM mess@ ge—The Magazine for Telecom Insiders* 2 (2009) (zitiert auf S. 28).
- [PGWL17] W. Peng, W. Guo, L. Wang, R.-Y. Liang. „Dynamic Pricing in Cloud Manufacturing Systems under Combined Effects of Consumer Structure, Negotiation, and Demand“. In: *Mathematical Problems in Engineering* (2017) (zitiert auf S. 69, 119).
- [PMZ18] X.-y. Pan, J.-z. Ma, D.-z. Zhao. „Study on pricing behaviour and capacity allocation of cloud manufacturing service platform“. In: *Cluster Computing* 16.1 (2018), S. 1 (zitiert auf S. 119).
- [PSSC16] A. Papacharalampopoulos, J. Stavridis, P. Stavropoulos, G. Chryssolouris. „Cloud-based control of thermal based manufacturing processes“. In: *Procedia CIRP* 55 (2016), S. 254–259 (zitiert auf S. 118).
- [QHB11] X. Qu, Z. Hao, L. Bai. „Research of Distributed Software Resource Sharing in Cloud Manufacturing System“. In: *International Journal of Advancements in Computing Technology* 3.10 (2011), S. 99–106 (zitiert auf S. 119).
- [QHJ16] X. Qiu, G. He, X. Ji. „Cloud manufacturing model in polymer material industry“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 239–248 (zitiert auf S. 118).
- [QLC+14] T. Qu, S. Lei, Y. Chen, Z. Wang, Luo, Hao and Huang, George Q. „Internet-of-Things-Enabled Smart Production Logistics Execution System Based and Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2014, V001T04A030–V001T04A030 (zitiert auf S. 118).
- [QLD14] S. Qanbari, F. Li, S. Dustdar. „Toward portable cloud manufacturing services“. In: *IEEE Internet Computing* 6 (2014), S. 77–80 (zitiert auf S. 118, 119).
- [QLW+16] T. Qu, S. Lei, Z. Wang, D. Nie, X. Chen, G. Q. Huang. „IoT-based real-time production logistics synchronization system under smart cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 147–164 (zitiert auf S. 118, 135).
- [QYL17] L. Qiu, C. Yin, X.-b. Li. „Information Composition Analysis and Adaptation Access of CNC Lathes in Cloud Manufacturing Environment“. In: *Challenges and Opportunity with Big Data*. Hrsg. von L. Zhang, L. Ren, F. Kordon. Bd. 10228. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2017, S. 66–76 (zitiert auf S. 119).
- [QYP18] W. Qingming, L. Yafei, G. Peng. „Research on cloud manufacturing order shipping scheme based on distribution center location“. In: *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*. IEEE, 2018 (zitiert auf S. 122).

- [QZC+18] Y. Que, W. Zhong, H. Chen, X. Chen, X. Ji. „Improved adaptive immune genetic algorithm for optimal QoS-aware service composition selection in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 96.9-12 (2018), S. 4455–4465 (zitiert auf S. 121).
- [RAB+18] S. Răileanu, F. Anton, T. Borangiu, S. Anton, M. Nicolae. „A cloud-based manufacturing control system with data integration from multiple autonomous agents“. In: *Computers in Industry* 102 (2018), S. 50–61 (zitiert auf S. 118).
- [RAB17] S. Răileanu, F. Anton, T. Borangiu. „High Availability Cloud Manufacturing System Integrating Distributed MES Agents“. In: *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing* (2017) (zitiert auf S. 118).
- [RBMI18] S. Raileanu, T. Borangiu, O. Morariu, I. Iacob. „Edge Computing in Industrial IoT Framework for Cloud-based Manufacturing Control“. In: *2018 22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*. IEEE, 10.10.2018 - 12.10.2018, S. 261–266. ISBN: 978-1-5386-4444-7. DOI: [10.1109/ICSTCC.2018.8540725](https://doi.org/10.1109/ICSTCC.2018.8540725) (zitiert auf S. 118).
- [RCL+15] L. Ren, J. Cui, N. Li, Q. Wu, C. Ma, D. Teng, L. Zhang. „Cloud-based intelligent user interface for cloud manufacturing: model, technology, and application“. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137.4 (2015), S. 040910 (zitiert auf S. 118, 119).
- [RCW+16] L. Ren, J. Cui, Y. Wei, Y. Laili, L. Zhang. „Research on the impact of service provider cooperative relationship on cloud manufacturing platform“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 86.5-8 (2016), S. 2279–2290 (zitiert auf S. 119).
- [RMM+11] U. Rauschecker, M. Meier, R. Muckenhirn, A. L. K. Yip, A. P. Jagadeesan, J. Corney. „Cloud-Based Manufacturing-as-a-Service Environment for Customized Products“. In: *IIMC International Information Management Corporation* (2011) (zitiert auf S. 120).
- [RMO+18] M. A. Rahman, B. Medjahed, E. Orady, M. Muhamad, R. Abdullah, A. Jaya. „A Review of Cloud Manufacturing: Issues and Opportunities“. In: *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)* 12.1 (2018), S. 61–76 (zitiert auf S. 62, 72, 73).
- [RS18] U. Rauschecker, M. Stöhr. „Using manufacturing service descriptions for flexible integration of production facilities to manufacturing clouds“. In: *Engineering, Technology and Innovation (ICE), 2012 18th International ICE Conference on*. IEEE, 2018, S. 1–10 (zitiert auf S. 120).
- [RWS+16] L. Ren, S. Wang, Y. Shen, S. Hong, Y. Chen, L. Zhang. „3D Printing in Cloud Manufacturing: Model and Platform Design“. In: *ASME 2016 11th International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2016, V002T04A014–V002T04A014 (zitiert auf S. 118).
- [RZT+15] L. Ren, L. Zhang, F. Tao, C. Zhao, X. Chai, X. Zhao. „Cloud manufacturing: from concept to practice“. In: *Enterprise Information Systems* 9.2 (2015), S. 186–209 (zitiert auf S. 121, 134).
- [RZW+17] L. Ren, L. Zhang, L. Wang, F. Tao, X. Chai. „Cloud manufacturing: key characteristics and applications“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 30.6 (2017), S. 501–515 (zitiert auf S. 21, 27, 28, 119, 134).

- [RZZC13] L. Ren, L. Zhang, C. Zhao, X. Chai. „Cloud manufacturing platform: operating paradigm, functional requirements, and architecture design“. In: *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A009–V002T02A009 (zitiert auf S. 119).
- [SBH+16] S. Schulte, M. Borkowski, C. Hochreiner, M. Klusch, A. Murguzur, O. Skarlat, P. Waibel. „Bringing Cloud-based Rapid Elastic Manufacturing to Reality with CREMA“. In: *Workshop on Intelligent Systems Configuration Services for Flexible Dynamic Global Production Networks (FLEXINET) at the 8th Int. Conf. on Interoperability for Enterprise Systems and Applications (I-ESA 2016)*. Wiley Online Library, 2016 (zitiert auf S. 119).
- [SBK+18] M. M. Strljic, D. Brovkina, T. Korb, O. Riedel, A. Lechler. „Platform architecture concept for the composition of collective cloud manufacturing *“. In: *2018 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)*. IEEE, 20.11.2018 - 22.11.2018, S. 1–6. ISBN: 978-1-5386-7544-1. DOI: [10.1109/M2VIP.2018.8600839](https://doi.org/10.1109/M2VIP.2018.8600839) (zitiert auf S. 119).
- [SBLX12] L. Shijun, Q. Benke, W. Lei, M. Xiangxu. „Self-Organizing Resource Integration Framework and Multi-Dimensional Range Search of Cloud Manufacturing [J]“. In: *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics* 3 (2012) (zitiert auf S. 118).
- [SBS16] O. Skarlat, M. Borkowski, S. Schulte. „Towards a methodology and instrumentation toolset for cloud manufacturing“. In: *2016 1st International Workshop on Cyber-Physical Production Systems (CPPS)*. Vienna, Austria: IEEE, 2016, S. 1–4 (zitiert auf S. 122).
- [SCD+18] A. Simeone, A. Caggiano, B. Deng, Y. Zeng, L. Boun. „Resource Efficiency Optimization Engine in Smart Production Networks via Intelligent Cloud Manufacturing Platforms“. In: *Procedia CIRP* 78 (2018), S. 19–24 (zitiert auf S. 121).
- [Sch14] D. Schaefer, Hrsg. *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM): A Service-Oriented Product Development Paradigm for the 21st Century*. Cham: Springer, 2014. ISBN: 978-3-319-07397-2. DOI: [10.1007/978-3-319-07398-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07398-9) (zitiert auf S. 15).
- [SGZ15] M. Shu, H. Guo, X. Zhao. „Research on a Frame of Cloud Service Composition in Cloud Manufacturing System“. In: *3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering (IC3ME 2015)*. Atlantis Press, 2015 (zitiert auf S. 121).
- [SHH+14] S. Schulte, P. Hoenisch, C. Hochreiner, S. Dustdar, M. Klusch, D. Schuller. „Towards process support for cloud manufacturing“. In: *Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), 2014 IEEE 18th International*. IEEE, 2014, S. 142–149 (zitiert auf S. 119).
- [SHLT16] R. Setchi, R. J. Howlett, Y. Liu, P. Theobald, Hrsg. *Sustainable Design and Manufacturing 2016*. Smart Innovation, Systems and Technologies. [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: Springer, 2016. ISBN: 978-3-319-32096-0. DOI: [10.1007/978-3-319-32098-4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32098-4) (zitiert auf S. 119).

- [SJ18] J. Siderska, K. S. Jadaan. „Cloud manufacturing: a service-oriented manufacturing paradigm. A review paper“. In: *Engineering Management in Production and Services* 10.1 (2018), S. 22–31 (zitiert auf S. 31, 62, 68, 72, 119).
- [SK18] F. Seghir, A. Khababa. „A hybrid approach using genetic and fruit fly optimization algorithms for QoS-aware cloud service composition“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 29.8 (2018), S. 1773–1792 (zitiert auf S. 121).
- [SLL12] L. Sheng, H. Q. Lin, J. H. Liu. „The framework and mode of cloud manufacturing public service platform for regional industry clusters“. In: *Sci Technol Manag Res* 11.206-209 (2012), S. 237 (zitiert auf S. 119).
- [SLS18a] S. M. N. A. Sunny, X. Liu, M. R. Shahriar. „Remote Monitoring and Online Testing of Machine Tools for Fault Diagnosis and Maintenance Using MTComm in a Cyber-Physical Manufacturing Cloud“. In: *2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*. Hrsg. von IEEE. IEEE, 2.07.2018 - 07.07.2018, S. 532–539. ISBN: 978-1-5386-7235-8. DOI: [10.1109/CLOUD.2018.00074](https://doi.org/10.1109/CLOUD.2018.00074) (zitiert auf S. 121).
- [SLS18b] S. N. A. Sunny, X. F. Liu, M. R. Shahriar. „Communication method for manufacturing services in a cyber-physical manufacturing cloud“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31.7 (2018), S. 636–652 (zitiert auf S. 120).
- [SLWZ14] T. Song, H. Liu, C. Wei, C. Zhang. „Common engines of cloud manufacturing service platform for SMEs“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 73.1-4 (2014), S. 557–569 (zitiert auf S. 119).
- [SM18] J. Siderska, K. Mubarak. „Cloud Manufacturing Platform and Architecture Design“. In: *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering* 1.1 (2018), S. 673–680 (zitiert auf S. 119).
- [SMY+07] S. Shi, R. Mo, H.-C. Yang, Z.-Y. Chang, Z.-F. Chen. „An implementation of modelling resource in a manufacturing grid for resource sharing“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 20.2-3 (2007), S. 169–177 (zitiert auf S. 68).
- [SŠ18] A. Sarkar, D. Šormaz. „Multi-agent System for Cloud Manufacturing Process Planning“. In: *Procedia Manufacturing* 17 (2018), S. 435–443 (zitiert auf S. 118).
- [SSL+18] M. R. Shahriar, S. M. N. A. Sunny, X. Liu, M. C. Leu, L. Hu, N.-T. Nguyen. „MT-Comm Based Virtualization and Integration of Physical Machine Operations with Digital-Twins in Cyber-Physical Manufacturing Cloud“. In: *The 5th IEEE International Conference on Cyber Security and Cloud Computing, IEEE CSCloud 2018*; hrsg. von M. Qiu. Los Alamitos, California: IEEE, 2018, S. 46–51. ISBN: 978-1-5386-5850-5. DOI: [10.1109/CSCloud/EdgeCom.2018.00018](https://doi.org/10.1109/CSCloud/EdgeCom.2018.00018) (zitiert auf S. 121).
- [SSRB14] D. Stock, M. Stöhr, U. Rauschecker, T. Bauernhansl. „Cloud-based platform to facilitate access to manufacturing IT“. In: *Procedia CIRP* 25 (2014), S. 320–328 (zitiert auf S. 119).
- [STWW12] D. Schaefer, J. L. Thames, R. D. Wellman, D. Wu. „Distributed Collaborative Design and Manufacture in the Cloud–Motivation, Infrastructure, and Education“. In: *The ASEE Computers in Education (CoED) Journal* (2012) (zitiert auf S. 119).

- [SVBS15] G. Skulj, R. Vrabič, P. Butala, A. Sluga. „Decentralised network architecture for cloud manufacturing“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 5.7 (2015), S. 1–14 (zitiert auf S. 119).
- [SW17] X. Sheng, K. Wang. „Coordination and Optimization of Large Equipment Complete Service in Cloud Based Manufacturing“. In: *International Journal of Intelligent Information Technologies (IJIT)* 13.4 (2017), S. 56–71 (zitiert auf S. 121).
- [SZMZ17] C. Shi, L. Zhang, J. Mai, Z. Zhao. „3D printing process selection model based on triangular intuitionistic fuzzy numbers in cloud manufacturing“. In: *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* 8.2 (2017), S. 1750028 (zitiert auf S. 118).
- [SZY+16] B. Sheng, C. Zhang, X. Yin, Q. Lu, Y. Cheng, T. Xiao, H. Liu. „Common intelligent semantic matching engines of cloud manufacturing service based on OWL-S“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 103–118 (zitiert auf S. 119).
- [TCC+17] F. Tao, J. Cheng, Y. Cheng, S. Gu, T. Zheng, H. Yang. „SDMSim: A manufacturing service supply–demand matching simulator under cloud environment“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 45 (2017), S. 34–46 (zitiert auf S. 118, 135).
- [TCX+14] F. Tao, Y. Cheng, L. D. Xu, L. Zhang, B. H. Li. „CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System“. In: *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10.2 (2014), S. 1435–1442 (zitiert auf S. 15, 22, 63, 119, 120, 134).
- [TFHL17] A. Talhi, V. Fortineau, J.-C. Huet, S. Lamouri. „Ontology for cloud manufacturing based product lifecycle management“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* (2017), S. 1–22 (zitiert auf S. 119).
- [TFZL14] F. Tao, Y. Feng, L. Zhang, T. W. Liao. „CLPS-GA: A case library and Pareto solution-based hybrid genetic algorithm for energy-aware cloud service scheduling“. In: *Applied Soft Computing* 19 (2014), S. 264–279 (zitiert auf S. 135).
- [THCH13] L. J. Tai, R. F. Hu, C. W. Chen, Y. D. Huang. „Manufacturing resources and demand intelligent matching in cloud manufacturing environment“. In: *Advanced Materials Research* 616 (2013), S. 2101–2104 (zitiert auf S. 118).
- [THFL15] A. Talhi, J. C. Huet, V. Fortineau, S. Lamouri. „Towards a cloud manufacturing systems modeling methodology“. In: *IFAC-PapersOnLine* 48.3 (2015), S. 288–293 (zitiert auf S. 119).
- [TLXY13] S. Tian, Q. Liu, W. Xu, J. Yan. „A Discrete Hybrid Bees Algorithm for Service Aggregation Optimal Selection in Cloud Manufacturing“. In: *International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*. Springer, 2013, S. 110–117 (zitiert auf S. 121).
- [TLXZ13] F. Tao, Y. Laili, L. Xu, L. Zhang. „FC-PACO-RM: A Parallel Method for Service Composition Optimal-Selection in Cloud Manufacturing System“. In: *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 9.4 (2013), S. 2023–2033 (zitiert auf S. 121, 134).

- [TLZ12] Y. Tang, J. Li, J.-H. Zhang. „Cloud manufacturing service platform design of closed-loop supply chain oriented to remanufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1554–1562 (zitiert auf S. 118).
- [TS16] L. Thames, D. Schaefer. „Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0“. In: *Procedia CIRP* 52 (2016), S. 12–17 (zitiert auf S. 119, 136).
- [TTM13] E. Tarchinskaya, V. Taratoukhine, M. Matzner. „Cloud-based engineering design and manufacturing: State-of-the-art“. In: *IFAC Proceedings Volumes* 46.9 (2013), S. 335–340 (zitiert auf S. 119).
- [TX12] D. Y. Tai, F. Y. Xu. „Cloud manufacturing based on cooperative concept of SDN“. In: *Advanced Materials Research* 482 (2012), S. 2424–2429 (zitiert auf S. 34, 118).
- [TZDZ14] F. Tao, Y. Zuo, L. Da Xu, L. Zhang. „IoT-based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing“. In: *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10.2 (2014), S. 1547–1557 (zitiert auf S. 118, 134).
- [TZG+11] F. Tao, L. Zhang, H. Guo, Y.-L. Luo, L. Ren. „Typical characteristics of cloud manufacturing and several key issues of cloud service composition“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011), S. 477–486 (zitiert auf S. 119, 135).
- [TZL+15] F. Tao, L. Zhang, Y. Liu, Y. Cheng, L. Wang, X. Xu. „Manufacturing Service Management in Cloud Manufacturing: Overview and Future Research Directions“. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137.4 (2015), S. 040912 (zitiert auf S. 62, 73, 74, 119, 121, 135).
- [TZV+11] F. Tao, L. Zhang, V. C. Venkatesh, Y. Luo, Y. Cheng. „Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model“. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. Bd. 225. SAGE Publications Sage, 2011, S. 1969–1976 (zitiert auf S. 23, 62, 63, 74, 119, 121, 134).
- [UCS14] J. Um, Y.-C. Choi, I. Stroud. „Factory Planning System Considering Energy-efficient Process under Cloud Manufacturing“. In: *Procedia CIRP* 17 (2014), S. 553–558 (zitiert auf S. 118).
- [UM18] T. Uma, R. Murugesan. „Artificial Immune Algorithm for Subtask Industrial Robot Scheduling in Cloud Manufacturing“. In: *Journal of Physics* 1.1 (2018), S. 012096 (zitiert auf S. 120).
- [Van12] R. Van Der Lans. *Data Virtualization for business intelligence systems: revolutionizing data integration for data warehouses*. Elsevier, 2012 (zitiert auf S. 29).
- [VH13] O. F. Valilai, M. Houshmand. „A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 29.1 (2013), S. 110–127 (zitiert auf S. 34, 119, 134).
- [VH14] O. F. Valilai, M. Houshmand. „A manufacturing ontology model to enable data integration services in cloud manufacturing using axiomatic design theory“. In: *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM)* (2014), S. 179–206 (zitiert auf S. 119).

- [VH15] O. F. Valilai, M. Houshmand. „Depicting additive manufacturing from a global perspective; using Cloud manufacturing paradigm for integration and collaboration“. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. Bd. 229. SAGE Publications Sage, 2015, S. 2216–2237 (zitiert auf S. 118).
- [VJXD12] M. Van Sinderen, P. Johnson, X. Xu, G. Doumeingts. „A Resource Virtualization Mechanism for Cloud Manufacturing Systems“. In: *International IFIP Working Conference on Enterprise Interoperability*. Bd. 122. Springer, 2012, S. 46–59 (zitiert auf S. 121).
- [VNKN09] P. Vichare, A. Nassehi, S. Kumar, S. T. Newman. „A Unified Manufacturing Resource Model for representing CNC machining systems“. In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 25.6 (2009), S. 999–1007 (zitiert auf S. 68).
- [VPM+18] M. L. R. Varela, G. D. Putnik, V. K. Manupati, G. Rajyalakshmi, J. Trojanowska, J. Machado. „Collaborative manufacturing based on cloud, and on other I4. 0 oriented principles and technologies: a systematic literature review and reflections“. In: *Management and Production Engineering Review* 9 (2018) (zitiert auf S. 119).
- [VX13] X. Vincent Wang, X. W. Xu. „An interoperable solution for Cloud manufacturing“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 29.4 (2013), S. 232–247 (zitiert auf S. 33, 120, 134).
- [Wan13] L. Wang. „Machine availability monitoring and machining process planning towards Cloud manufacturing“. In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 6.4 (2013), S. 263–273 (zitiert auf S. 119).
- [WBL15] Y. Wang, J. Bo, G. Li. „Research on cloud manufacturing resource allocation in distributed computing environment“. In: *International Journal of Grid and Distributed Computing* 8.3 (2015), S. 245–256 (zitiert auf S. 118, 119).
- [WFW+13] Z. Wei, Y. Feng, X. Wang, Z. Sun, Y. Sun. „Design thinking and cloud manufacturing: A study of cloud model sharing platform based on separated data log“. In: *Advances in Mechanical Engineering* 5 (2013), S. 247695 (zitiert auf S. 120, 122).
- [WGL+18] L. Wang, S. Guo, X. Li, B. Du, W. Xu. „Distributed manufacturing resource selection strategy in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 94.9-12 (2018), S. 3375–3388 (zitiert auf S. 118).
- [WGL14] T. Wang, S. Guo, C.-G. Lee. „Manufacturing task semantic modeling and description in cloud manufacturing system“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 71.9-12 (2014), S. 2017–2031 (zitiert auf S. 137).
- [WGR14] L. Wang, R. Gao, I. Ragai. „An Integrated Cyber-Physical System for Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2014, V001T04A029–V001T04A029 (zitiert auf S. 118).

- [WGRS13a] D. Wu, M. J. Greer, D. W. Rosen, D. Schaefer. „Cloud Manufacturing: Drivers, Current Status, and Future Trends“. In: *Proceedings of the ASME 8th International Manufacturing Science and Engineering Conference - 2013*. New York, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A003. ISBN: 978-0-7918-5546-1. DOI: [10.1115/MSEC2013-1106](https://doi.org/10.1115/MSEC2013-1106) (zitiert auf S. 119, 122, 136).
- [WGRS13b] D. Wu, M. J. Greer, D. W. Rosen, D. Schaefer. „Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art“. In: *Journal of Manufacturing Systems* 32.4 (2013), S. 564–579 (zitiert auf S. 63, 119, 134).
- [WGW17] X. V. Wang, M. Givehchi, L. Wang. „Manufacturing System on the Cloud: A Case Study on Cloud-based Process Planning“. In: *Procedia CIRP* 63 (2017), S. 39–45 (zitiert auf S. 118).
- [WJZ+14] S. Q. Wang, Y. X. Jiang, M. L. Zheng, D. N. Sun, X. L. Cheng. „Research on the selection problem of machine tools in cloud manufacturing environment“. In: *Materials Science Forum* 800 (2014), S. 649–653 (zitiert auf S. 118).
- [WK18] R. Willmann, W. Kastner. „More Deterministic Product Ramp-up in Cloud Manufacturing Scenarios“. In: *Mit Innovationsmanagement zu Industrie 4.0* (2018), S. 125–137 (zitiert auf S. 119).
- [WL12] W. Wang, F. Liu. „The research of cloud manufacturing resource discovery mechanism“. In: *Computer Science & Education (ICCSE), 2012 7th International Conference on*. IEEE, 2012, S. 188–191 (zitiert auf S. 34, 119).
- [WL15] X. Wei, H. Liu. „A Cloud Manufacturing Resource Allocation Model Based on Ant Colony Optimization Algorithm“. In: *International Journal of Grid and Distributed Computing* 8.1 (2015), S. 55–66 (zitiert auf S. 118).
- [WLC+16] X. Wu, R. Li, Y. Cao, Y. Ni, X. Xu, X. Qian. „The value network optimization research based on the Analytic Hierarchy Process method and the dynamic programming of cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 425–433 (zitiert auf S. 122).
- [WLZX18] Y. Wang, Y. Lin, R. Zhong, X. Xu. „IoT-enabled cloud-based additive manufacturing platform to support rapid product development“. In: *International Journal of Production Research* (2018), S. 1–17 (zitiert auf S. 119).
- [WMF11] L. Wang, J. Ma, H.-Y. Feng. „Web-DPP: towards job-shop machining process planning and monitoring“. In: *International Journal of Manufacturing Research* 6.4 (2011), S. 337–353 (zitiert auf S. 34).
- [WPCZ16] Y. Wu, G. Peng, L. Chen, H. Zhang. „Service architecture and evaluation model of distributed 3D printing based on cloud manufacturing“. In: *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. IEEE, 2016, S. 002762–002767 (zitiert auf S. 118).
- [WPG18] J. Wang, K. Pan, Y. Guo. „Collaborative Production Planning with Order Splitting in Cloud Manufacturing Platform“. In: *2018 17th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES)*. IEEE, 19.10.2018 - 23.10.2018, S. 52–55. ISBN: 978-1-5386-7445-1. DOI: [10.1109/DCABES.2018.00023](https://doi.org/10.1109/DCABES.2018.00023) (zitiert auf S. 119).

- [WQP14] X. Wu, F. Qiao, K. Poon. „Cloud manufacturing application in semiconductor industry“. In: *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*. IEEE, 2014, S. 2376–2383 (zitiert auf S. 118).
- [WRS14a] D. Wu, D. W. Rosen, D. Schaefer. „Cloud-Based Design and Manufacturing: Status and Promise“. In: *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM)*. Hrsg. von D. Schaefer. Cham: Springer, 2014, S. 1–24 (zitiert auf S. 119–121).
- [WRS14b] D. Wu, D. W. Rosen, D. Schaefer. „Modeling and analyzing the material flow of crowdsourcing processes in cloud-based manufacturing systems using stochastic petri nets“. In: *Modeling and analyzing the material flow of crowdsourcing processes in cloud-based manufacturing systems using stochastic petri nets*. American Society of Mechanical Engineers, 2014, V001T04A011–V001T04A011 (zitiert auf S. 118).
- [WRWS14] D. Wu, D. W. Rosen, L. Wang, D. Schaefer. „Cloud-based Manufacturing: Old Wine in New Bottles?“ In: *Procedia CIRP* 17 (2014), S. 94–99 (zitiert auf S. 136).
- [WRWS15] D. Wu, D. W. Rosen, L. Wang, D. Schaefer. „Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation“. In: *Computer-Aided Design* 59 (2015), S. 1–14 (zitiert auf S. 119, 120, 134).
- [WSHY12] X.-X. Wu, S.-Y. Shi, J.-J. Hou, H.-C. Yang. „Aerospace cloud manufacturing service application mode“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1595–1603 (zitiert auf S. 118).
- [WSK+12] S.-I. Wang, W.-Y. Song, L. Kang, Q. Li, L. Guo, G.-S. Chen. „Manufacturing resource allocation based on cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1396–1405 (zitiert auf S. 118, 119).
- [WTG15] D. Wu, J. Terpenney, W. Gentsch. „Cloud-Based Design, Engineering Analysis, and Manufacturing: A Cost-Benefit Analysis“. In: *Procedia Manufacturing* 1 (2015), S. 64–76 (zitiert auf S. 119).
- [WTRS12] D. Wu, J. L. Thames, D. W. Rosen, D. Schaefer. „Towards a cloud-based design and manufacturing paradigm: looking backward, looking forward“. In: *Proceedings of the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conference & American Society of Mechanical Engineers (ASME)*, 2012 (zitiert auf S. 33).
- [WTRS13] D. Wu, J. L. Thames, D. W. Rosen, D. Schaefer. „Enhancing the Product Realization Process With Cloud-Based Design and Manufacturing Systems“. In: *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 4 (2013) (zitiert auf S. 135).
- [Wu11] L. Wu. „Resource virtualization model in cloud manufacturing“. In: *Advanced Materials Research* 143 (2011), S. 1250–1253 (zitiert auf S. 34, 121).
- [WVB+18] P. Waibel, S. Videnov, M. Borkowski, C. Hochreiner, S. Schulte, J. Mendling. „Process Simulation for Machine Reservation in Cloud Manufacturing“. In: *2018 IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. IEEE, 2018, S. 270–277 (zitiert auf S. 118).
- [WW14] X. V. Wang, L. Wang. „From cloud manufacturing to cloud remanufacturing: a cloud-based approach for WEEE recovery“. In: *Manufacturing Letters* 2.4 (2014), S. 91–95 (zitiert auf S. 118–121).

- [WGGV14] L. Wang, X. V. Wang, L. Gao, J. Vancza. „A cloud-based approach for WEEE remanufacturing“. In: *CIRP Annals* 63.1 (2014), S. 409–412 (zitiert auf S. 118, 135).
- [WWI+18] S. Wang, J. Wan, M. Imran, Di Li, C. Zhang. „Cloud-based smart manufacturing for personalized candy packing application“. In: *The Journal of Supercomputing* 74.9 (2018), S. 4339–4357 (zitiert auf S. 118).
- [WWMG17] X. V. Wang, L. Wang, A. Mohammed, M. Givehchi. „Ubiquitous manufacturing system based on Cloud: A robotics application“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 45 (2017), S. 116–125 (zitiert auf S. 119, 121, 136).
- [WWT+12] J. Wang, J. Wang, Y. Tao, H. Li, W. Li, L. Jiang. „The exploration of cloud manufacturing service mode for high power laser optical elements“. In: *6th International Symposium on Advanced Optical Manufacturing and Testing Technologies: Advanced Optical Manufacturing Technologies*. Bd. 8416. International Society for Optics and Photonics (SPIE), 2012, S. 84161V (zitiert auf S. 118).
- [WX13] X. V. Wang, X. W. Xu. „Virtualize manufacturing capabilities in the cloud: requirements and architecture“. In: *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A002–V002T02A002 (zitiert auf S. 121).
- [WY10] L. Wu, C. Yang. „A solution of manufacturing resources sharing in cloud computing environment“. In: *International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering*. Springer, 2010, S. 247–252 (zitiert auf S. 118, 137).
- [WY18] D. Wu, C. Yan. „An Optimization Method for Cutting Stock Problem with Complex Application Requirements in Cloud Manufacturing“. In: *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering)*. Bd. 452. IOP, 2018, S. 042039 (zitiert auf S. 121).
- [WYM15] D. Wang, Y. Yang, Z. Mi. „A genetic-based approach to web service composition in geo-distributed cloud environment“. In: *Computers & Electrical Engineering* 43 (2015), S. 129–141 (zitiert auf S. 119, 121, 137).
- [WZDG17] J. Wang, L. Zhang, L. Duan, R. X. Gao. „A new paradigm of cloud-based predictive maintenance for intelligent manufacturing“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 28.5 (2017), S. 1125–1137 (zitiert auf S. 118).
- [WZJZ18] X. Wang, C. Zhang, Y. Jin, X. Zhao. „CPSP: A Cloud-based Production Service Platform Supporting Co-Manufacturing of Cross-Enterprise“. In: *Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*. Hrsg. von W. Shen. [Piscataway, New Jersey]: IEEE, 2018, S. 455–460. ISBN: 978-1-5386-1482-2. DOI: [10.1109/CSCWD.2018.8465354](https://doi.org/10.1109/CSCWD.2018.8465354) (zitiert auf S. 119, 121, 122).
- [WZK16] S.-l. Wang, Z.-q. Zhu, L. Kang. „Resource allocation model in cloud manufacturing“. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. Bd. 230. SAGE Publications Sage, 2016 (zitiert auf S. 118).

- [WZZL18] J. Wang, L. Zhang, L. Zhou, Y. Laili. „Dynamic Scheduling Algorithm Considering Uncertain Service Time in Cloud Manufacturing Environment“. In: *Proceedings of 2018 Chinese Intelligent Systems Conference*. Springer, 2018, S. 295–307 (zitiert auf S. 120).
- [XCX+17] C. Xie, H. Cai, L. Xu, L. Jiang, F. Bu. „Linked Semantic Model for Information Resource Service Toward Cloud Manufacturing“. In: *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 13.6 (2017), S. 3338–3349 (zitiert auf S. 119).
- [XCZ16] Y. Xu, G. Chen, J. Zheng. „An integrated solution–KAGFM for mass customization in customer-oriented product design under cloud manufacturing environment“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 85–101 (zitiert auf S. 118).
- [XH14] F. Xiang, Y. F. Hu. „Cloud Manufacturing Resource Access System Based on Internet of Things“. In: *Applied Mechanics and Materials*. Bd. 121-126. Trans Tech Publications, 2014, S. 2421–2425 (zitiert auf S. 33, 118).
- [XHTZ12] F. Xiang, Y.-F. Hu, F. Tao, L. Zhang. „Energy consumption evaluation and application of cloud manufacturing resource service“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.9 (2012), S. 2109–2116 (zitiert auf S. 122).
- [XHYW14] F. Xiang, Y. Hu, Y. Yu, H. Wu. „QoS and energy consumption aware service composition and optimal-selection based on Pareto group leader algorithm in cloud manufacturing system“. In: *Central European Journal of Operations Research* 22.4 (2014), S. 663–685 (zitiert auf S. 120, 121, 137).
- [XJXW16] F. Xiang, G. Jiang, L. Xu, N. Wang. „The case-library method for service composition and optimal selection of big manufacturing data in cloud manufacturing system“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 59–70 (zitiert auf S. 121).
- [XLC11] X. L. Xie, L. Liu, Y. Z. Cao. „Trust Model Based on Feedback Evaluation in Cloud Manufacturing Environment“. In: *Advanced Materials Research*. Bd. 308-310. Trans Tech Publications, 2011, S. 1740–1745 (zitiert auf S. 120).
- [XLDL13] X. Xiaofei, N. Lanshun, Z. Dechen, J. Lartigau. „Services for Cloud Manufacturing“. In: *Enterprise Interoperability: I-ESA'12 Proceedings*. Wiley Online Library, 2013, S. 39–45 (zitiert auf S. 120).
- [XQ16] J. Xinjuan, L. Quan. „Research on the On-demand Service mode in cloud manufacturing“. In: *Software Engineering and Service Science (ICSESS), 2016 7th IEEE International Conference on*. IEEE, 2016, S. 285–288 (zitiert auf S. 119, 120).
- [XQH+18] B. Xu, J. Qi, X. Hu, K.-S. Leung, Y. Sun, Y. Xue. „Self-adaptive bat algorithm for large scale cloud manufacturing service composition“. In: *Peer-to-Peer Networking and Applications* 11.5 (2018), S. 1115–1128 (zitiert auf S. 121).
- [XTL+16] W. Xu, S. Tian, Q. Liu, Y. Xie, Z. Zhou, D. T. Pham. „An improved discrete bees algorithm for correlation-aware service aggregation optimization in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 17–28 (zitiert auf S. 120, 121).

- [Xu12] X. Xu. „From cloud computing to cloud manufacturing“. In: *Robotics and computer-integrated manufacturing* 28.1 (2012), S. 75–86 (zitiert auf S. 15, 22, 23, 25–27, 33, 35, 62, 63, 74, 119, 121, 133).
- [Xu13] X. Xu. „Cloud technology for service-oriented manufacturing“. In: *20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Proceedings*. IOS Press, 2013 (zitiert auf S. 119).
- [XYZ+15] W. Xu, J. Yu, Z. Zhou, Y. Xie, D. T. Pham, C. Ji. „Dynamic Modeling of Manufacturing Equipment Capability Using Condition Information in Cloud Manufacturing“. In: *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137.4 (2015), S. 040907 (zitiert auf S. 119).
- [XZLZ17] Y. Xu, L. Zhang, X. Luo, H. Zhang. „A Practical Approach for Test Equipment Perception and Virtualization in Cloud Manufacturing“. In: *Chinese Intelligent Systems Conference*. Springer, 2017, S. 147–155 (zitiert auf S. 121).
- [XZY18] X. Xie, X. Zhou, T. Yuan. „Research on Trust Management Model in Cloud Manufacturing“. In: *International Conference on Cloud Computing and Security*. Springer, 2018, S. 234–244 (zitiert auf S. 121).
- [YCJQ13] A. L. Yip, J. R. Corney, A. P. Jagadeesan, Y. Qin. „A Product Configurator for Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2013, V002T02A010–V002T02A010 (zitiert auf S. 118).
- [YCT16] K. Yan, Y. Cheng, F. Tao. „A trust evaluation model towards cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 133–146 (zitiert auf S. 120).
- [YDCC17] M. Yuan, K. Deng, W. A. Chaovalitwongse, S. Cheng. „Multi-objective optimal scheduling of reconfigurable assembly line for cloud manufacturing“. In: *Optimization Methods and Software* 32.3 (2017), S. 581–593 (zitiert auf S. 119, 120).
- [YDCY18] M. Yuan, K. Deng, W. A. Chaovalitwongse, H. Yu. „Research on technologies and application of data mining for cloud manufacturing resource services“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 99.5-8 (2018), S. 1061–1075 (zitiert auf S. 118, 120).
- [YHL+11] C. Yin, B.-Q. Huang, F. Liu, L.-J. Wen, Z.-K. Wang, X.-D. Li, S.-P. Yang, D. Ye, X.-H. Liu. „Common key technology system of cloud manufacturing service platform for small and medium enterprises“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011) (zitiert auf S. 119, 135).
- [YJL+13] X.-F. Yao, H. Jin, B. Li, J. Zhang, Y. Lin, H.-F. Zhou. „Event-driven service-oriented architecture for cloud manufacturing and its implementation with open source tools“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 19.3 (2013), S. 654–661 (zitiert auf S. 119).
- [YL16] Z. Yan-Wei, Z. Li-Nan. „Service-evaluation-based resource selection for cloud manufacturing“. In: *Concurrent Engineering* (2016) (zitiert auf S. 120, 121).

- [YLC+12] C. Yang, B.-H. Li, X.-D. Chai, F.-G. Zhang, T.-Y. Lin, Y.-B. Zhang. „Cloud manufacturing oriented cloud simulation supporting framework and its application process model“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1444–1452 (zitiert auf S. 118).
- [YLJ18] Y.-p. YU, J.-f. LU, Z.-h. JIANG. „A Simulation Method to Evaluate Manufacturing Service in Cloud Manufacturing“. In: *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering icmsa* (2018) (zitiert auf S. 120).
- [YLS+17] C. Yang, S. Lan, W. Shen, G. Q. Huang, X. Wang, T. Lin. „Towards product customization and personalization in IoT-enabled cloud manufacturing“. In: *Cluster Computing* 20.2 (2017), S. 1717–1730 (zitiert auf S. 121).
- [Y LX+15] J. Yan, Q. Liu, W. Xu, D. T. Pham, C. Ji. „Servitisation of fault diagnosis for mechanical equipment in cloud manufacturing“. In: *Proceedings, 2015 IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. Piscataway, NJ: IEEE, 2015, S. 586–590. ISBN: 978-1-4799-6649-3. DOI: [10.1109/INDIN.2015.7281799](https://doi.org/10.1109/INDIN.2015.7281799) (zitiert auf S. 118).
- [Yon18] P. Yongdong. „Bi-level programming optimization method for cloud manufacturing service composition based on harmony search“. In: *Journal of computational science* 27 (2018), S. 462–468 (zitiert auf S. 121, 136).
- [YSLW16] C. Yang, W. Shen, T. Lin, X. Wang. „IoT-enabled dynamic service selection across multiple manufacturing clouds“. In: *Manufacturing Letters* 7 (2016), S. 22–25 (zitiert auf S. 121).
- [YSM16] Y. Yadekar, E. Shehab, J. Mehnen. „Taxonomy and uncertainties of cloud manufacturing“. In: *International Journal of Agile Systems and Management* 9.1 (2016), S. 48–66 (zitiert auf S. 119, 121).
- [YSM17] Y. Yu, L. Sun, Y. Ma. „Access control model for attribute-based cloud manufacturing collaboration platform“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 23.1 (2017), S. 196–202 (zitiert auf S. 121).
- [YSZ14] X. Yang, G. Shi, Z. Zhang. „Collaboration of large equipment complete service under cloud manufacturing mode“. In: *International Journal of Production Research* 52.2 (2014), S. 326–336 (zitiert auf S. 119).
- [YTG+15] S. Yi, M. Tan, Z. Guo, P. Wen, J. Zhou. „Manufacturing task decomposition optimization in cloud manufacturing service platform“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 16.1 (2015), S. 1–7 (zitiert auf S. 121).
- [YW13] C. Yang, Z. J. Wang. „Research on the cloud manufacturing service discovery for industry manufacturing system based on ontology“. In: *Advanced Materials Research* 712 (2013), S. 2639–2643 (zitiert auf S. 119).
- [YX15] S. Yu, X. Xu. „Development of a product configuration system for cloud manufacturing“. In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. Springer, 2015 (zitiert auf S. 119).

- [YXAL15] L. Yongkui, X. Xun, S. Ananth, Z. Lin. „Enterprises in Cloud Manufacturing: A Preliminary Exploration“. In: *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing*. Bd. 3. American Society of Mechanical Engineers, 2015, V003T04A042 (zitiert auf S. 122).
- [YXL12] C. Yin, Q. Xia, Z.-W. Li. „Semantic matching technique of cloud manufacturing service based on OWL-S“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.7 (2012), S. 1494–1502 (zitiert auf S. 119).
- [YYLL11] S. Yin, C. Yin, F. Liu, X.-B. Li. „Outsourcing resources integration service mode and semantic description in cloud manufacturing environment“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011), S. 525–532 (zitiert auf S. 71, 119, 136).
- [YZX+18] C. Yu, W. Zhang, X. Xu, Y. Ji, S. Yu. „Data mining based multi-level aggregate service planning for cloud manufacturing“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 29.6 (2018), S. 1351–1361 (zitiert auf S. 120, 121).
- [ZYZX17] S. Yu, P. Zheng, C. Yu, X. Xu. „Product-Service Family enabled Product Configuration System for Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing*. American Society of Mechanical Engineers, 2017, V003T04A043–V003T04A043 (zitiert auf S. 122).
- [Zen12] Y. B. Zeng. „Semantic business process integration in cloud manufacturing paradigm“. In: *Applied Mechanics and Materials*. Bd. 235. Trans Tech Publications, 2012, S. 379–383 (zitiert auf S. 122).
- [ZFT16] H. Zheng, Y. Feng, J. Tan. „A fuzzy QoS-aware resource service selection considering design preference in cloud manufacturing system“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 371–379 (zitiert auf S. 121).
- [ZFT17] H. Zheng, Y. Feng, J. Tan. „A Hybrid Energy-Aware Resource Allocation Approach in Cloud Manufacturing Environment“. In: *IEEE Access* 5 (2017), S. 12648–12656 (zitiert auf S. 118).
- [ZFXJ13] Z. Zhou, J. Fuh, S. Xie, Z. Jiang. „Digital manufacturing and cloud manufacturing“. In: *Advances in Mechanical Engineering* (2013) (zitiert auf S. 119).
- [ZGT+10] L. Zhang, H. Guo, F. Tao, Y. L. Luo, N. Si. „Flexible management of resource service composition in cloud manufacturing“. In: *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010*. Piscataway, NJ: IEEE, 2010, S. 2278–2282. ISBN: 978-1-4244-8501-7. DOI: [10.1109/IEEM.2010.5674175](https://doi.org/10.1109/IEEM.2010.5674175) (zitiert auf S. 119, 121, 135).
- [ZGW12] B. Zheng, Y. C. Gao, Y. Wang. „The Product-Mix Optimization with Outside Processing Based on Theory of Constraints Oriented Cloud Manufacturing“. In: *Applied Mechanics and Materials* 121 (2012), S. 1306–1310 (zitiert auf S. 120).
- [Zha18] Z. Zhang. „Resource selection method based on service capability in cloud manufacturing“. In: *International Journal of Internet Manufacturing and Services* 5.2-3 (2018), S. 169–183 (zitiert auf S. 118).

- [Zhi14] C. Zhigao. „Study on Ant Colony Algorithm about resource search and Optimization in Cloud Manufacturing“. In: *Applied Mechanics and Materials* (2014) (zitiert auf S. 118).
- [ZJ12] Y. Zhang, Y. Jin. „Research on Knowledge Management for Group Enterprise in Cloud Manufacturing“. In: *Computer Science & Service System (CSSS), 2012 International Conference on*. IEEE, 2012, S. 1946–1950 (zitiert auf S. 35, 62).
- [ZL15] S. Zhang, H. B. Li. „Resource selection method based on workflow in cloud manufacturing“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 21.3 (2015), S. 831–839 (zitiert auf S. 121).
- [ZLF+11] L. Zhang, Y. Luo, W. Fan, F. Tao, L. Ren. „Analyses of cloud manufacturing and related advanced manufacturing models“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.03 (2011) (zitiert auf S. 136).
- [ZLSL18] M. Zhang, C. Li, Y. Shang, C. Li. „Research on resource service matching in cloud manufacturing“. In: *Manufacturing Letters* 15 (2018), S. 50–54 (zitiert auf S. 121).
- [ZLT+10] L. Zhang, Y.-L. Luo, F. Tao, L. Ren, H. Guo. „Key technologies for the construction of manufacturing cloud“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 16.11 (2010), S. 2510–2520 (zitiert auf S. 33, 35, 134).
- [ZLT+14] L. Zhang, Y. Luo, F. Tao, B. H. Li, L. Ren, X. Zhang, H. Guo, Y. Cheng, A. Hu, Y. Liu. „Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm“. In: *Enterprise Information Systems* 8.2 (2014), S. 167–187 (zitiert auf S. 22, 23, 33, 119).
- [ZLX+16] R. Y. Zhong, S. Lan, C. Xu, Q. Dai, G. Q. Huang. „Visualization of RFID-enabled shopfloor logistics Big Data in Cloud Manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 5–16 (zitiert auf S. 118, 135).
- [ZLX+17] Y. Zhao, Q. Liu, W. Xu, X. Wu, X. Jiang, Z. Zhou, D. T. Pham. „Dynamic and unified modelling of sustainable manufacturing capability for industrial robots in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 93.5-8 (2017), S. 2753–2771 (zitiert auf S. 118, 119).
- [ZLXG13] Y. Y. Zhao, Q. Liu, W. J. Xu, L. Gao. „Modeling of Resources Capability for Manufacturing Equipments in Cloud Manufacturing“. In: *Applied Mechanics and Materials* 271 (2013), 447–451 (zitiert auf S. 119).
- [ZLY+18] L.-N. Zhu, P.-H. Li, X. Yang, G.-J. Shen, Y.-W. Zhao. „EE-RJMFTN: A novel manufacturing risk evaluation method for alternative resource selection in cloud manufacturing“. In: *Concurrent Engineering* (2018), S. 1063293X18795210 (zitiert auf S. 118).
- [ZML+14] L. Zhang, J. Mai, B. H. Li, F. Tao, C. Zhao, L. Ren, R. C. Huntsinger. „Future manufacturing industry with cloud manufacturing“. In: *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM)* (2014), S. 127–152 (zitiert auf S. 137).
- [ZRK17] L. Zhang, L. Ren, F. Kordon, Hrsg. *Challenges and Opportunity with Big Data: 19th Monterey Workshop 2016, Beijing, China, October 8-11, 2016, Revised Selected Papers*. Bd. 10228. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2017. ISBN: 978-3-319-61993-4. DOI: [10.1007/978-3-319-61994-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61994-1) (zitiert auf S. 120).

- [ZSY+17] C. Zhang, B. Sheng, X. Yin, F. Zhao, Y. Shu. „Research and development of off-line services for the 3D automatic printing machine based on cloud manufacturing“. In: *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 13.1 (2017), S. 125 (zitiert auf S. 118, 120).
- [ZW14] J. Zhou, M. Wang. „Cloud Manufacturing Service Paradigm for Group Manufacturing Companies“. In: *Advances in Mechanical Engineering* 6.3 (2014), S. 740725 (zitiert auf S. 119).
- [ZWX17] R. Y. Zhong, L. Wang, X. Xu. „An IoT-enabled Real-time Machine Status Monitoring Approach for Cloud Manufacturing“. In: *Procedia CIRP* 63 (2017), S. 709–714 (zitiert auf S. 118).
- [ZX12] F. Zhang, H. F. Xue. „Cloud Manufacturing-based Enterprise Platform Architecture and Implementation“. In: *Applied Mechanics and Materials* 190 (2012), S. 60–63 (zitiert auf S. 119).
- [ZXLS16] Y. Zhang, D. Xi, R. Li, S. Sun. „Task-driven manufacturing cloud service proactive discovery and optimal configuration method“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84.1-4 (2016), S. 29–45 (zitiert auf S. 121).
- [ZY17a] J. Zhou, X. Yao. „A hybrid approach combining modified artificial bee colony and cuckoo search algorithms for multi-objective cloud manufacturing service composition“. In: *International Journal of Production Research* 55.16 (2017), S. 4765–4784 (zitiert auf S. 121).
- [ZY17b] J. Zhou, X. Yao. „DE-caABC: differential evolution enhanced context-aware artificial bee colony algorithm for service composition and optimal selection in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 90.1-4 (2017), S. 1085–1103 (zitiert auf S. 121).
- [ZY17c] J. Zhou, X. Yao. „Hybrid teaching–learning-based optimization of correlation-aware service composition in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 91.9-12 (2017), S. 3515–3533 (zitiert auf S. 121).
- [ZY17d] J. Zhou, X. Yao. „Multi-objective hybrid artificial bee colony algorithm enhanced with Lévy flight and self-adaption for cloud manufacturing service composition“. In: *Applied Intelligence* 47.3 (2017), S. 721–742 (zitiert auf S. 121).
- [ZY17e] J. Zhou, X. Yao. „Multi-population parallel self-adaptive differential artificial bee colony algorithm with application in large-scale service composition for cloud manufacturing“. In: *Applied Soft Computing* 56 (2017), S. 379–397 (zitiert auf S. 121).
- [ZYZ+16] W. Zhang, Y. Yang, S. Zhang, D. Yu, Y. Xu. „A New Manufacturing Service Selection and Composition Method Using Improved Flower Pollination Algorithm“. In: *Mathematical Problems in Engineering* 2016.1 (2016), S. 1–12 (zitiert auf S. 121).
- [ZZ12] Z. N. Zhang, P. S. Zhong. „Key issues for cloud manufacturing platform“. In: *Advanced Materials Research* 472 (2012), S. 2621–2625 (zitiert auf S. 119–121).

- [ZZ16] L. Zhou, L. Zhang. „A Dynamic Task Scheduling Method Based on Simulation in Cloud Manufacturing“. In: *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems* (2016), S. 20–24 (zitiert auf S. 120).
- [ZZ18] J. Zhao, Y. Zhou. „Bi-Level Programming Model of Cloud Manufacturing Services Based on Extension Theory“. In: *Mathematical Problems in Engineering* (2018) (zitiert auf S. 120).
- [ZZL+17] C. Zhao, L. Zhang, Y. Liu, Z. Zhang, G. Yang, B. H. Li. „Agent-based simulation platform for cloud manufacturing“. In: *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* 8.3 (2017), S. 1742001 (zitiert auf S. 118).
- [ZZL+18a] Z. Zhang, Y. Zhang, J. Lu, X. Xu, F. Gao, G. Xiao. „CMfgIA: a cloud manufacturing application mode for industry alliance“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 98.9-12 (2018), S. 2967–2985 (zitiert auf S. 118).
- [ZZL+18b] L. Zhou, L. Zhang, Y. Laili, C. Zhao, Y. Xiao. „Multi-task scheduling of distributed 3D printing services in cloud manufacturing“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 96.9-12 (2018), S. 3003–3017 (zitiert auf S. 119–122).
- [ZZLD17] Y. Zhang, G. Zhang, Y. Liu, Di Hu. „Research on services encapsulation and virtualization access model of machine for cloud manufacturing“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 28.5 (2017), S. 1109–1123 (zitiert auf S. 121, 137).
- [ZZR17] L. Zhou, L. Zhang, L. Ren. „An Individual Requirements-Oriented Service Scheduling Method in Cloud Manufacturing“. In: *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing*. American Society of Mechanical Engineers, 2017, V003T04A036–V003T04A036 (zitiert auf S. 120).
- [ZZR18a] L. Zhou, L. Zhang, L. Ren. „Modelling and simulation of logistics service selection in cloud manufacturing“. In: *Procedia CIRP* 72 (2018), S. 916–921 (zitiert auf S. 120, 121).
- [ZZR18b] L. Zhou, L. Zhang, L. Ren. „Simulation model of dynamic service scheduling in cloud manufacturing“. In: *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. Bd. 96. IEEE, 2018, S. 4199–4204 (zitiert auf S. 120).
- [ZZRL17] L. Zhou, L. Zhang, L. Ren, Y. Laili. „Matching and selection of distributed 3D printing services in cloud manufacturing“. In: *Proceedings IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. Hrsg. von IECON. Piscataway, NJ: IEEE, 2017, S. 4728–4733. ISBN: 978-1-5386-1127-2. DOI: [10.1109/IECON.2017.8216815](https://doi.org/10.1109/IECON.2017.8216815) (zitiert auf S. 121).
- [ZZS+18] L. Zhou, L. Zhang, B. R. Sarker, Y. Laili, L. Ren. „An event-triggered dynamic scheduling method for randomly arriving tasks in cloud manufacturing“. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31.3 (2018), S. 318–333 (zitiert auf S. 120).
- [ZZW+11] D.-C. Zhan, X.-B. Zhao, S.-Q. Wang, Z. Cheng, X.-Q. Zhou, L.-S. Nie, X.-F. Xu. „Cloud manufacturing service platform for group enterprises oriented to manufacturing and management“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 17.3 (2011), S. 487–494 (zitiert auf S. 119).

- [ZZW12] L.-n. ZHU, Y.-w. ZHAO, W.-l. WANG. „Model of resource package, publication and discovery based on RVCS in cloud manufacturing[J]“. In: *Computer Integrated Manufacturing Systems* 18.8 (2012), S. 0 (zitiert auf S. 118).
- [ZZW13] L. Zhu, Y. Zhao, W. Wang. „A Bilayer Resource Model for Cloud Manufacturing Services“. In: *Mathematical Problems in Engineering* 2013.1 (2013), S. 1–10 (zitiert auf S. 120).
- [ZZXZ18] G. Zhang, Y. Zhang, X. Xu, R. Y. Zhong. „An augmented Lagrangian coordination method for optimal allocation of cloud manufacturing services“. In: *Journal of Manufacturing Systems* 48 (2018), S. 122–133 (zitiert auf S. 121, 122).
- [ZZZS18] L.-N. Zhu, Y.-W. Zhao, C. Zhao, G.-J. Shen. „A multidimensional extension–based method for resource performance matching in cloud manufacturing“. In: *Concurrent Engineering* 26.3 (2018), S. 276–286 (zitiert auf S. 118).

Alle URLs wurden zuletzt am 21. 11. 2018 geprüft.

A. Anhang

A.1. Anzahl der Publikationen nach Forschungsschwerpunkt

Tabelle A.1.: Übersicht der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten von 2010 bis 2018

Forschungsgebiet	Anzahl 2010-2017	Anzahl 2018
Allokation	18	7
Anwendungsbeispiele	65	15
Architektur	44	11
Grundlagen	42	3
Kollaboration	14	7
Ontologie	28	4
Preisgestaltung	3	3
Serviceplanung	24	14
Services und Modelle	30	17
Servicezusammensetzung	64	32
Sicherheit	15	5
Virtualisierung	19	3
Anderes	18	12

A.2. Zuordnung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten

Tabelle A.2.: Übersicht der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten

Forschungsschwerpunkt	Publikationen in Fachzeitschriften	Publikationen aus Tagungsbänden
Allokation	Cao et al., Hu et al., Huang et al., Laili et al., Lin und Chong, Tai et al., Wang et al., Wang et al., Wang et al., Wang et al., Wei und Liu, Yuan et al., Zhang et al., Zhang, Zheng et al., Zhigao, Zhu et al., Zhu et al.	Cui et al., Laili et al., Lin et al., Liu und Li, Wang et al., Wu und Yang, Xiang und Hu, Yan et al.
Anwendungsbeispiele	Aleksic et al., Caggiano, Caggiano et al., Cai et al., Cao et al., Chen und Wang, Chen, Correa et al., GU et al., Guo und Qiu, Helo und Hao, Jeong und Hong, Ji et al., Kim et al., Li und Wang, Li et al., Li et al., Li et al., Liu et al., Liu et al., Lu et al., Mai et al., Morgan und O'Donnell, Ostrosi und Fougères, Paniti, Papacharalampopoulos et al., Qanbari et al., Qiu et al., Qu et al., Răileanu et al., Răileanu et al., Ren et al., Sarkar und Šormaz, Shi et al., Shijun et al., Tai und Xu, Tang et al., Tao et al., Tao et al., Um et al., Wang et al., Wang et al., Wang et al., Wang et al., Wang und Wang, Wu et al., Xu et al., Yang et al., Zhang et al., Zhao et al., Zhao et al., Zhong et al., Zhong et al., ZHU et al.	Baifeng et al., Barenji et al., Chen et al., Di Orio et al., Anrui et al., Hu et al., Jin, Kang et al., Liu, Liu et al., Liu et al., Lu und Xu, Mourad und NEWMAN, Qu et al., Raileanu et al., Ren et al., Liu und Duan, Valilai und Houshmand, Waibel et al., Wang et al., Wang et al., Wu et al., Wu et al., Wu et al., Yip et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

A.2. Zuordnung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten

Tabelle A.2 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Publikationen in Fachzeitschriften	Publikationen aus Tagungsbänden
Architektur	Barenji et al., Brintha und Benedict, Cheng und Liu, Delaram und Valilai, De-yu, Ding et al., Fan und Xiao, Luís et al., Ferreira.2013, Guo, Huang et al., Ji et al., Li et al., Liu et al., Lu et al., Meier und Seidelmann, Joachim and Mezgár, István, Mishra et al., Morgan und O'Donnell, Ren et al., Sheng et al., Siderska und Mubarak, Skulj et al., Song et al., Stock et al., Tao et al., Thames und Schaefer, Valilai und Houshmand, Wang et al., Wang et al., Wang et al., Qu et al., Yao et al., Yin et al., Zhan et al., Zhang und Xue, Zhang und Zhong	Alexakos und Kalogeras, Wang et al., Wang et al., Strljic et al., Setchi et al., Schulte et al., Qanbari et al., Ning et al., Mai et al., Lv, Liu und Li, Liu et al., Liu und Li, Huang und Tsai, Ellwein et al., Barenji et al., Xu, Zhou et al.
Grundlagen	Adamson et al., Zhou und Wang, Zhang et al., Zhang et al., Wang et al., Yadekar et al., Xu, Wu et al., Wu et al., Wu et al., Wu et al., Wang, Tao et al., Tao et al., Siderska und Jadaan, Ren et al., Ren et al., Ren et al., Li et al., Tao et al., Li et al., Li et al., Helo et al., He und Xu, Hassanzadeh et al., Golightly et al., CHENG und ZHU, Zhan et al., Zhou et al.	Adamson et al., Coullon und Noyé, Hao und Helo, Jiming et al., Kubler et al., Li et al., Liu und Li, Ren et al., Schulte et al., Tao et al., Tarchinskaya et al., Wang et al., Wu et al.
Kollaboration	Ahn et al., Fatahi Valilai.2014, Li et al., Li et al., Mourad et al., Ren et al., Schaefer et al., Valilai und Houshmand, Varela et al., Wang et al., Yang et al., Zhou und Wang	Du et al., Li et al., Lou et al., Lou et al., Wang et al. Yu Haidong and Tian Qihua.2018
Ontologie Modelle	Chen und Wang, Zhang und Zhong, Yuan et al., Yin et al., Yin et al., Yang und Wang, Xu et al., Xie et al., Willmann und Kastner, Wang und Wang, Wang et al., Valilai und Houshmand, Talhi et al., Talhi et al., Sheng et al., Lu et al., Li et al., Jiao et al., Guo und Qiu, Feng et al., Zhao et al., Zhao et al.	Al Sunny et al., Ding et al., Xinjuan und Quan, Li et al., Liu und Li, Liu und Li, Liu et al., Qiu et al., Wang und Liu, Yu und Xu
Preisgestaltung	Charro und Schaefer, Meng und Xu, Pan et al., Peng et al., Wu et al.	Cheng et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.2 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Publikationen in Fachzeitschriften	Publikationen aus Tagungsbänden
Serviceplanung	Cao et al., Zhou et al., Zhou und Zhang, Zhang et al., Zhang et al., Yuan et al., Xiang et al., Wu et al., Wang und Wang, Uma und Murugesan, Tao et al., Lu und Xu, Liu et al., Liu et al., Liu et al., Liu et al., Li et al., Li et al., Li et al., Li et al., Jian und Wang, Huang et al., Helo et al., Delaram und Valilai, Cheng et al., Chen et al., Zhou et al., Zhou et al.	Bai et al., Cheng et al., Laili et al., Lartigau et al., Li et al., Lin et al., Wang et al., Zhou et al., Zhou et al.
Services und Modelle	Caggiano, Zhao und Zhou, Zhang et al., Yuan et al., Yu et al., YU et al., Yan et al., Vincent Wang und Xu, Sunny et al., Rauschecker et al., Lu et al., Zheng et al., Lou et al., Liu et al., Liao et al., Li et al., Kumar et al., Huang et al., Guo et al., Gong et al., Ferreira et al., Feng und Huang, Feng und Huang, Chen et al., Cao et al., Liu et al., Zhu et al.	Adamson et al., Xu et al., Xie et al., Xiaofei et al., Wu et al., Wei et al., Rauschecker und Stöhr, Liu et al., Lin et al., Li et al., Xinjuan und Quan, Cheng et al., Cheng et al., Chen et al., Burow et al., Bao et al., Zhang und Zhong, Yan-Wei und Li-Nan

Auf nächster Seite fortgeführt

A.2. Zuordnung der Publikationen nach Forschungsschwerpunkten

Tabelle A.2 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Publikationen in Fachzeitschriften	Publikationen aus Tagungs- bänden
Servicezusammensetzung	Ahn et al., Xiang et al., Xiang et al., Wu et al., Wang et al., Wang et al., Wang et al., Tao et al., Tao et al., Tao et al., Simeone et al., Sheng und Wang, Seghir und Khababa, Que et al., Namjoo und Keramati, Namjoo et al., Xu et al., Namjoo et al., Xu et al., Yang et al., Zhou und Yao, Zhou und Yao, Zhou et al., Zhou und Yao, Zhou und Yao, Zhou und Yao, Zheng et al., Lu und Xu, Yan-Wei und Li-Nan, Zhang et al., Zhang und Li, Zhang et al., Zhang et al., Yongdong, Yi et al., Yang et al., Zhang et al., Liu et al., Liu und Li, Liu et al., Guo und Qiu, Guo et al., Guo et al., Guo und Qiu, Dong und Guo, Chen und Wang, Cao et al., Guo et al., Bouzary et al., Bouzary und Frank Chen, Bouzary und Frank Chen, Assari et al., Argoneto und Renna, Akbaripour und Houshmand, Akbaripour et al., Akbaripour und Houshmand, Bouzary et al., Zhou et al., Hai-bo, He und Zhu, Liu, Liu et al., Li et al., Li et al., Li et al., Li et al., hao et al., Li et al., Li und Wang, Li et al., Lartigau et al., Jisuanji und Zhizao, Jin et al., Huang et al., Huang et al., Li et al., Zhou et al.	Cui et al., Zhang et al., Wu und Yan, Wang et al., Tian et al., Shu et al., Lou et al., Lou et al., Zhou und Yao, Li et al., Li et al., Li et al., Jiang et al., Hassan et al., Guo et al., Giriraj und Muthu, Gao et al., Li et al., Longfei Zhou und Xu
Sicherheit	Adamson et al., Buckholtz et al., Esposito et al., Gan und Duan, Gao et al., Golightly et al., Liu und Li, Liu, Yadekar et al., Yu et al., Zhang und Zhong	Barenji et al., Ellwein et al., Gao et al., Kang et al., Lu und Xu, Niu et al., Sunny et al., Wang und Wang, Xie et al.
Virtualisierung	Fu et al., Guo et al., Li et al., Li et al., Lin, Liu et al., Ming und Chunyang, Ren et al., Wu, Xu, Yu et al., Zhang et al.	Hu et al., Jiang et al., Liu und Li, Liu et al., Morariu et al., Shahriar et al., Van Sinderen et al., Wang und Xu, Xu et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.2 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Forschungsschwerpunkt	Publikationen in Fachzeitschriften	Publikationen aus Tagungsbänden
Anderes	Chen und Wang,Hao und He-lo,Lartigau et al.,Liang und Sun,Liu et al.,Luo et al.,Ma et al.,Mubarak et al.,Ostasevicius et al.,Wei et al.,Wu et al.,Xiang et al.,Zhang et al.,Chen et al.,Zeng,Yu et al.,Wu et al.,Wang et al.,Skarlat et al.,Qingming et al.,Peng et al.,Ngo et al.,Yongkui et al.,Liu,Lin et al.,Jia et al.,Huang et al.,Golightly et al.,Felli et al.,Ljubicic et al.,Zhou et al.	

A.3. Anzahl der Publikationen nach Lösungstyp

Tabelle A.3.: Anzahl der Publikationen nach Lösungstyp

Beitragstyp	2010-2017	2018	Insgesamt
Algorithmus	61	34	95
Analyse	40	7	47
Architektur	84	12	96
Framework	36	6	42
Methode	54	32	86
Modelle	54	23	77
Sytem	27	6	33
Übersichtswerk	15	11	26

A.4. Übersicht der Fachzeitschriften

Tabelle A.4.: Übersicht der Fachzeitschriften

Fachzeitschrift	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
AI (Applied Intelligence)	1	0

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.4 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Fachzeitschrift	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
AME (Advances in Mechanical Engineering)	4	1
AMM (Applied Mechanics and Materials)	7	0
AMR (Advanced Materials Research)	12	0
ASC (Applied Soft Computing)	2	0
ASL (Advanced Science Letters)	1	0
CAD (Computer-Aided Design)	1	0
CBDM (Cloud-Based Design and Manufacturing)	2	0
CC (Cluster Computing)	1	1
CCPE (Concurrency and Computation: Practice and Experience)	1	2
CE (Concurrent Engineering)	1	2
CEE (Computers & Electrical Engineering)	1	0
Cent Eur J Oper Res (Central European Journal of Operations Research)	1	0
CI (Computers in Industry)	1	1
CIE (Computers & Industrial Engineering)	1	2
CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems)	38	1
CIRP Annals	1	0
CIRP JMST (CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology)	2	0
CME (China Mechanical Engineering)	1	0
Complexity	0	1
COR (Computers & Operations Research)	0	1
DEStech TCSE (DEStech Transactions on Computer Science and Engineering)	0	1
DIMEP (Development & Innovation of Machinery & Electrical Products)	1	0
EAAI (Engineering Applications of Artificial Intelligence)	0	1
EI (Enterprise Interoperability V)	1	0
EIS (Enterprise Information Systems)	4	2
EMPS (Engineering Management in Production and Services)		1
ERCIM News	1	0
FST (Forging Stamping Technology)	1	0
ICADCG (Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics)	1	0
IEEE Access	1	2
IEEE CC (IEEE Cloud Computing)	1	0

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.4 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Fachzeitschrift	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
IEEE IC (IEEE Internet Computing)	1	0
IEEE RAL (IEEE Robotics and Automation Letters)	0	1
IEEE SJ (IEEE Systems Journal)	1	0
IEEE TII (IEEE Transactions on Industrial Informatics)	5	0
IEEE TSC (IEEE Transactions on Services Computing)	0	1
IEEE TSMCS (IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems)	0	1
IFAC-PapersOnLine	1	0
IIMC (International Information Management Corporation)	1	0
IJAC (International Journal of Cloud Applications and Computing)	0	1
IJACT (International Journal of Advancements in Computing Technology)	1	0
IJAMT (The International Journal of Advanced Manufacturing Technology)	35	13
IJASM (International Journal of Agile Systems and Management)	1	0
IJCAET (International Journal of Computer Aided Engineering and Technology)	0	1
IJCIM (International Journal of Computer Integrated Manufacturing)	11	7
IJCSI (International Journal of Computer Science Issues)	1	0
IJGDC (International Journal of Grid and Distributed Computing)	2	0
IJIE (International Journal of Industrial Ergonomics)	1	0
IJIIT (International Journal of Intelligent Information Technologies)	1	0
IJIMS (International Journal of Internet Manufacturing and Services)	0	3
IJIS (International Journal of Intelligent Systems)	3	0
IJMR (International Journal of Manufacturing Research)	1	0
IJMSSC (International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing)	3	1
IJPR (International Journal of Production Research)	5	4
IJRIE (International Journal of Research in Industrial Engineering)	0	1
IJSM (International Journal of Simulation Modelling)	1	0
IJWMC (International Journal of Wireless and Mobile Computing)	0	1

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.4 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Fachzeitschrift	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
IJWP (International Journal of Web Portals)	1	0
IS (Information Sciences)	0	1
ITJ (Information Technology Journal)	1	0
J Ambient Intell Human Comput (Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing)	2	2
J Mech Sci Technol (Journal of Mechanical Science and Technology)	1	0
JAM (Journal of Applied Mathematics)	1	0
JAMT (Journal of Advanced Manufacturing Technology)	0	1
JCISE (Journal of Computing and Information Science in Engineering)	2	0
JCP (Journal of Cleaner Production)	1	0
JCS (Journal of computational science)	0	1
JDCTA (International Journal of Digital Content Technology and its Applications)	1	0
JHSEM (Journal of Homeland Security and Emergency Management)	1	0
JIFS (Journal of Intelligent & Fuzzy Systems)	0	1
JIM (Journal of Intelligent Manufacturing)	8	4
JKSMPE (Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers)	1	
JME (Journal of Mechanical Engineering)	1	0
JMS (Journal of Manufacturing Systems)	4	1
JMSE (Journal of Manufacturing Science and Engineering)	7	0
JNCA (Journal of Network and Computer Applications)	1	0
JP (Journal of Physics)	0	2
JS (The Journal of Supercomputing)	0	1
JSCUT (Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition))	1	0
JSE (Journal of Software Engineering)	1	0
JSEE (Journal of Systems Engineering and Electronics)	0	1
JSS (Journal of System Simulation)	1	0
Manufacturing Letters	3	1
MAPE (Multidisciplinary Aspects of Production Engineering)	0	1
MGS (Multiagent and Grid Systems)	1	0
Microelectronic Computing	1	0
Mit Innovationsmanagement zu Industrie 4.0	0	1

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.4 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Fachzeitschrift	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
MMP (Materials and Manufacturing Processes)	1	0
MMTAMT (Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique)	2	0
MPE (Mathematical Problems in Engineering)	4	1
MPER (Management and Production Engineering Review)	0	1
MSF (Materials Science Forum)	1	0
MTA (Multimedia Tools and Applications)	1	0
NCA (Neural Computing and Applications)	1	1
OMS (Optimization Methods and Software)	1	0
Peer-to-Peer Netw. Appl. (Peer-to-Peer Networking and Applications)	0	1
PM (Procedia Manufacturing)	1	6
PMR (Production & Manufacturing Research)	0	1
PPC (Production Planning & Control)	1	
Procedia CIRP	13	6
RCIM (Robotics and computer-integrated manufacturing)	8	1
SOHMAM (Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing)	1	0
STM (Sci Technol Manag Res)	1	0
Sustainability	3	0
TASM (Technology Analysis & Strategic Management)	0	1
TCSME (Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering)	1	0
TEMSII (Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0)	0	1
The ASEE Computers in Education (CoED) Journal	1	0
TMTAMSCS (Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems)	1	0

A.5. Übersicht der Konferenzen

Tabelle A.5.: Übersicht der Konferenzen

Konferenz	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen für 2018
17th International Conference on Autonomous 2018	0	1
19th International Conference on Engineering Design (ICED13)	1	0
2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	1	0
2011 Seventh International Conference on Natural Computation	1	0
2012 IEEE 10th International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2012)	1	0
2012 International Joint Conference on Service Sciences	1	0
2013 Eighth International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications	1	0
2013 IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing	1	0
2013 International Conference on Service Sciences (ICSS)	1	0
2014 Winter Simulation Conference	1	0
2015 11th International Conference on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness (QSHINE)	1	0
2015 Chinese Intelligent Systems Conference	1	0
2015 IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)	1	0
2016 1st International Workshop on Cyber-Physical Production Systems (CPPS)	1	0
2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering	1	0
2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	1	0
2017 IEEE 13th International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)	1	0
2018 17th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES)	0	1

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.5 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Konferenz	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen für 2018
2018 22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)	0	1
2018 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)	0	1
2018 3rd International Conference on Information Systems Engineering (ICISE)	0	3
2018 4th International Conference on Universal Village	0	4
2018 5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)	0	1
2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)	0	1
2018 Chinese Intelligent Systems Conference	0	1
2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)	0	1
2018 IEEE 15th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)	0	1
2018 IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)	0	1
2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)	0	1
2018 IEEE International Conference of Safety Produce Informatization (IICSPI)	0	1
2018 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chongqing)	0	1
20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Proceedings	1	0
26th Chinese Control and Decision Conference (2014 CCDC)	1	0
2nd International Conference on Artificial Intelligence: Technologies and Applications (ICAITA 2018)	0	1
3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering (IC3ME 2015)	1	0
5th IEEE International Conference on Cyber Security and Cloud Computing, IEEE CSCloud 2018	0	1
6th International Symposium on Advanced Optical Manufacturing and Testing Technologies: Advanced Optical Manufacturing Technologies	1	0
7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control	1	0

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.5 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Konferenz	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen für 2018
A Decentralized and Remote Controlled Webinar Approach, Utilizing Client-side Capabilities	0	1
Advanced Materials Research	3	0
Advances in Computer Science and Education Applications	1	0
Advances in Manufacturing Technology XXXI: Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Research	1	0
Applied Mechanics and Materials	4	0
Applied system innovation for modern technology	1	0
Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems	0	1
Asian Simulation Conference 2018	0	1
ASME 2012 International Design Engineering Technical Conference	1	0
ASME International Manufacturing Science and Engineering Conference	27	1
ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress and Exposition	0	1
Big data analytics for human-centric 2015	1	0
Challenges and Opportunity with Big 2017	1	0
Chinese Intelligent Systems Conference 2017	1	1
Cloud Computing and Intelligence Systems 2011	1	0
Cloud-Based Design and Manufacturing CBDM	2	0
Computer Science & Education ICCSE 2012	1	0
Computer Science & Service System	2	0
Computer Supported Cooperative Work	4	0
Conference on Industrial Informatics INDIN 2014	1	0
Conference proceedings ICE/IEEE ITMC 2018	0	2
Contemporary Ergonomics and Human Factors 2015	1	0
Control and Decision Conference	2	0
Engineering 2018	0	1
Enterprise Distributed Object Computing Conference 2014	1	0
Enterprise Interoperability 2013	1	0
FISITA 2012 World Automotive Congress 2013	1	0
IECON 2017	1	3
IEEE 10th International Conference	4	0
IEEE International Conference on Automation 2014	1	0

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.5 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Konferenz	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen für 2018
IEEE International Conference on Big 2014	1	0
IEEE International Conference on Industrial 2010	1	0
IEEE International Conference on Systems	1	0
IEEE International Congress on Internet 2017	1	0
IFIP International Conference on Advances	4	0
Industrial Engineering and Engineering Management	2	0
Institution of Mechanical Engineers	5	0
International Conference of Pioneering Computer 2018	1	0
International Conference on Cloud Computing 2018	1	0
International Conference on Cooperative Design 2010	1	0
International Conference on Intelligent Data 2013	1	0
International Conference on Soft Computing	3	0
International IFIP Working Conference 2012	1	0
International Workshop of Information Technology 2014	1	0
IOP Conf. Ser. 2018	0	2
Key Engineering Materials 2011	1	0
Modeling and analyzing the material 2014	1	0
Monterey Workshop 2016	1	0
Recent Advances in Intelligent Manufacturing 2018	0	2
Service orientation in holonic 2016	1	1
Smart SysTech 2018	0	1
Software Engineering and Service Science 2016	1	0
Software Engineering WCSE 2012	1	0
Sustainable Design and Manufacturing 2016	1	0
System Simulation and Scientific Computing 2012	1	0
Theory, Methodology	2	0
Third International Conference on Digital 2012	1	0
Trends in Intelligent Robotics 2012	1	0
Workshop on Intelligent Systems Configuration 2016	1	0

A.6. Übersicht der Verlage

Tabelle A.6.: Übersicht der Verlage

Verlag	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
Academic Journals (AJ)	1	0
Advanced Institute of Convergence IT Technology (AICT)	1	0
American Scientific Publishers (ASP)	1	0
American Society for Engineering Education (ASEE)	1	0
American Society of Mechanical Engineers (ASME)	41	1
Asian Network for Scientific Information (ANSINET)	1	0
Association for Computing Machinery (ACM)	1	0
Atlantis Press	1	1
Canadian Science Publishing (CSP)	1	0
Chemical Rubber Company (CRC Press)	1	0
China Academic Journals (cnki)	48	1
Convergence Information Society(CIS)	1	0
DAAAM International Vienna	1	0
DE Gruyter Open	1	1
Design Society (DS)	1	0
Dpi Proceedings	0	1
Elsevier	44	23
European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM)	1	0
Hindawi Publishing Corporation	5	2
IGI Global	2	1
InderScience	2	5
Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)	59	33
Institute of physics (IOP)	0	3
International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems (IFAAMAS)	0	1
International Information Management Corporation (IIMC)	1	0
International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)	1	0
International Journal of Research in Industrial Engineering (IJRIE)	0	1
International Organization of Scientific Research (IOSR)	1	0
International Society for Optics and Photonics (SPIE)	1	0
IOS Press	3	3

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.6 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Verlag	Anzahl der Publikationen von 2010 bis 2017	Anzahl der Publikationen in 2018
Management and Production Engineering Review (mper)	0	1
Multidisciplinary Digital Publishing Institute (mdpi)	3	0
SAGE Publications	10	3
Science & Engineering Research Support Society (SERSC)	2	0
Science and Technology Publications (SCITEPRESS)	0	1
Sciendo	0	1
Springer	80	32
Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering (sv-jme)	1	0
Taylor & Francis	24	15
The Korean Society of Manufacturing Process Engineers (KSMPE)	1	0
Trans Tech Publications	28	0
VDE Verlag GmbH	0	1
Wiley Online Library	6	2
World Scientific	3	1

A.7. Übersicht der Autoren mit der Anzahl ihrer Veröffentlichungen

Tabelle A.7.: Übersicht der Autoren mit der Anzahl ihrer Veröffentlichungen

Autor	Anzahl der Veröffentlichungen
Chai, Xudong	8
Cheng, Ying	12
Guo, Hua	9
Guo, Liang	9
Hao, Yuqiuge	6
Helo, Petri	6
Houshmand, Mahmoud	8
Hu, Yefa	6
Huang, Biqing	6
Huang, George	6
Kang, Ling	11
Laili, Yuanjun	14
Li, Bo Hu	10

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.7 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Autor	Anzahl der Veröffentlichungen
Li, Xiaobin	7
Lin, Tingyu	7
Liu, Quan	8
Liu, Xiaoqing	7
Lou, Ping	6
Luo, Yongliang	14
Ren, Lei	36
Rosen, David W.	9
Schäfer, Dirk	14
Shahriar, Md Rakib	7
Tao, Fei	53
Wang, Lihui	22
Wang, Shilong	12
Wang, Xi Vincent	9
Xu, Lida	7
Xu, Wenjun	6
Xu, Xun	26
Yan, Junwei	6
yang, Chen	7
yao, xifan	12
Yin, Chao	13
Zhao, Chun	9
Zhang, Yingfeng	6
Zhang, Lin	76
Zhong Ray Y.	7
Zhou, Zude	11
Zhou, Longfei	12
Zhou, Jiajun	7

A.8. Anzahl der Zitate der Publikationen von 2010 bis 2017

Tabelle A.8.: Übersicht der Zitationsanzahl von 2010 bis 2017

Anzahl der Zitate	Publikationstitel	Referenz
1290	„From cloud computing to cloud manufacturing“	Xu

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.8 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Anzahl der Zitate	Publikationstitel	Referenz
743	„Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model“	Li et al.
444	„Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model“	Tao et al.
394	„CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System“	Tao et al.
390	„Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art“	Wu et al.
347	„IoT-based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing“	Tao et al.
336	„Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation“	Wu et al.
277	„FC-PACO-RM: A Parallel Method for Service Composition Optimal-Selection in Cloud Manufacturing System“	Tao et al.
239	„An interoperable solution for Cloud manufacturing“	Vincent Wang und Xu
197	„Further discussion on cloud manufacturing“	Li et al.
192	„Key technologies for the construction of manufacturing cloud“	Zhang et al.
185	„An interoperable solution for Cloud manufacturing“	Vincent Wang und Xu
181	„A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm“	Valilai und Houshmand
146	„Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises“	Huang et al.
146	„Cloud manufacturing: from concept to practice“	Ren et al.
142	„A state-of-the-art survey of cloud manufacturing“	He und Xu
142	„Cloud manufacturing: key characteristics and applications“	Ren et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.8 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Anzahl der Zitate	Publikationstitel	Referenz
137	„Development of a Hybrid Manufacturing Cloud“	Lu et al.
132	„Typical characteristics of cloud manufacturing and several key issues of cloud service composition“	Tao et al.
119	„Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing“	Helo et al.
117	„A study of optimal allocation of computing resources in cloud manufacturing systems“	Laili et al.
113	„Manufacturing Service Management in Cloud Manufacturing: Overview and Future Research Directions“	Tao et al.
109	„CLPS-GA: A case library and Pareto solution-based hybrid genetic algorithm for energy-aware cloud service scheduling“	Tao et al.
106	„IoT-based real-time production logistics synchronization system under smart cloud manufacturing“	Qu et al.
105	„Enhancing the Product Realization Process With Cloud-Based Design and Manufacturing Systems“	Wu et al.
98	„Common key technology system of cloud manufacturing service platform for small and medium enterprises“	Yin et al.
93	„SDMSim: A manufacturing service supply–demand matching simulator under cloud environment“	Tao et al.
89	„Visualization of RFID-enabled shop-floor logistics Big Data in Cloud Manufacturing“	Zhong et al.
87	„A cloud-based approach for WEEE remanufacturing“	Wang et al.
86	„Flexible management of resource service composition in cloud manufacturing“	Zhang et al.
84	„A chaos control optimal algorithm for QoS-based service composition selection in cloud manufacturing system“	Huang et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.8 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Anzahl der Zitate	Publikationstitel	Referenz
83	„Analyses of cloud manufacturing and related advanced manufacturing models“	Zhang et al.
81	„Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis“	Liu und Xu
79	„Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0“	Thames und Schaefer
77	„Bi-level programming optimization method for cloud manufacturing service composition based on harmony search“	Yongdong
76	„Correlation-aware web services composition and QoS computation model in virtual enterprise“	Guo et al.
75	„Outsourcing resources integration service mode and semantic description in cloud manufacturing environment“	Yin et al.
74	„Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises“	Huang et al.
74	„Typical characteristics, technologies and applications of cloud manufacturing“	Li et al.
72	„Cloud-based Manufacturing: Old Wine in New Bottles?“	Wu et al.
70	„Cloud Manufacturing: Drivers, Current Status, and Future Trends“	Wu et al.
66	„Workload-based multi-task scheduling in cloud manufacturing“	Liu et al.
65	„A modeling and description method of multidimensional information for manufacturing capability in cloud manufacturing system“	Luo et al.
64	„Cloud manufacturing – a critical review of recent development and future trends“	Adamson et al.
63	„Ubiquitous manufacturing system based on Cloud: A robotics application“	Wang et al.
61	„Energy-aware resource service scheduling based on utility evaluation in cloud manufacturing system“	Cheng et al.

Auf nächster Seite fortgeführt

Tabelle A.8 – Fortsetzung der Tabelle vorheriger Seite

Anzahl der Zitate	Publikationstitel	Referenz
61	„Research on services encapsulation and virtualization access model of machine for cloud manufacturing“	Zhang et al.
60	„A genetic-based approach to web service composition in geo-distributed cloud environment“	Wang et al.
56	„A solution of manufacturing resources sharing in cloud computing environment“	Wu und Yang
56	„A TQCS-based service selection and scheduling strategy in cloud manufacturing“	Cao et al.
55	„Correlation-aware QoS modeling and manufacturing cloud service composition“, „Manufacturing task semantic modeling and description in cloud manufacturing system“, „QoS and energy consumption aware service composition and optimal-selection based on Pareto group leader algorithm in cloud manufacturing system“	Jin et al., Wang et al., Xiang et al.
52	„The role of wearable devices in meeting the needs of cloud manufacturing: A case study“	Hao und Helo
51	„Customized production based on distributed 3D printing services in cloud manufacturing“	Mai et al.
51	„Multi-granularity resource virtualization and sharing strategies in cloud manufacturing“	Liu et al.
50	„Future manufacturing industry with cloud manufacturing“	Zhang et al.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift