

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Christopher M. Schlick †

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank O. Flemisch

Prof. Dr. phil. Dipl.-Ing. Martin Frenz

Prof. Dr.-Ing. Susanne Mütze-Niewöhner

Andreas Petz

Produktivitätsbewertung und simulationsbasierte Gestaltung von wissensintensiven Dienstleistungen

Produktivitätsbewertung und simulationsbasierte Gestaltung von wissensintensiven Dienstleistungen

Service Productivity Assessment and Simulation Based Design of Knowledge Intensive Services

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Andreas Petz

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Susanne Mütze-Niewöhner

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert H. Schmitt

Tag der mündlichen Prüfung: 19.10.2017

Industrial Engineering and Ergonomics

Band 27

Andreas Petz

**Produktivitätsbewertung und simulationsbasierte
Gestaltung von wissensintensiven Dienstleistungen**

Shaker Verlag
Aachen 2018

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2017)

Copyright Shaker Verlag 2018

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5705-8

ISSN 1865-4665

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Das Produktivitätsverständnis auf Unternehmensebene ist auch heute noch sehr stark von der Güterproduktion geprägt. Die traditionellen Instrumente zur Messung und Bewertung der Produktivität beruhen auf veralteten Annahmen, dem sogenannten „Taylorismus in unseren Köpfen“. Solch ein traditionelles Produktivitätsverständnis geht von getrennten Produktions- und Konsumprozessen, von der Unabhängigkeit von Umsatzvolumina, von homogenen Input- und Outputfaktoren sowie von der Tangibilität der Ergebnisse aus und lässt die Kundenbeteiligung an der Leistungserstellung unberücksichtigt. Offenkundig unterliegt die Produktion von Dienstleistungen völlig anderen, zum Teil diametralen Bedingungen, weshalb die Aussagekraft der traditionellen Produktivitätskennzahl als Quotient von Output zu Input als eingeschränkt und ihre isolierte Betrachtung sogar als gefährlich bezeichnet werden muss.

In der Dissertation wird ein integratives Produktivitätsmodell für wissensintensive Dienstleistungen vorgestellt. Mithilfe einer ganzheitlichen Produktivitätslogik werden Unternehmen befähigt, ein spezifisches Kennzahlensystem zur Erfassung und Bewertung aufzustellen. Das Modell definiert entlang der Wertschöpfungskette der Dienstleistungsproduktion Erfolgsmaße der Effizienz und Effektivität für die Leistungsbewertung aus qualitativer und quantitativer Perspektive.

Die Einflussfaktoren auf die Produktivität der Dienstleistungserbringung wurden im Rahmen von 32 semi-strukturierten Interviews mit betrieblichen Experten aus der chemischen Industrie und der Energiewirtschaft identifiziert. Die empirische Überprüfung der im Modell abgebildeten Konstrukte und Wechselwirkungen erfolgte auf Basis einer Online-Querschnittsstudie mit 386 Teilnehmenden und der Strukturgleichungsmodellierung in SmartPLS. Die Mehrheit der postulierten Wirkzusammenhänge konnte bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass für das Produktivitätsmanagement von wissensintensiven Dienstleistungen die identifizierten Erfolgsfaktoren und die vielschichtigen, komplexen Wechselwirkungen in jeder Dimension der Leistungsproduktion dezidiert betrachtet und analysiert werden müssen. Bei Wissensarbeit ist die Analyse, Bewertung und Steuerung der Effektivität wichtiger als die der Effizienz.

Für eine kontinuierliche Gestaltung und Optimierung von wissensintensiven Engineering-Projekten werden zudem eine Modellierungsmethode basierend auf Design Structure Matrizen sowie ein Simulationsalgorithmus vorgestellt. Die strukturelle Validität wird in Simulationsexperimenten sowie anhand eines Fallbeispiels eines Projektes zur Entwicklung einer verfahrenstechnischen Anlage demonstriert. Die stochastische und ereignisdiskrete Simulation unterstützt Planer/-innen und Manager/-innen dabei, die Produktivität einer Dienstleistungsorganisation mit geringem Modellierungsaufwand im Voraus zu untersuchen und zu bewerten. Die „Was wäre, wenn?“-Simulationsstudien können zudem dazu genutzt werden, Chancen zu erkennen und Risiken zu vermeiden.

Summary

Today productivity is still conceptualized from a product-oriented, industrial perspective. Traditional methods for measuring and evaluating productivity are based on outdated assumptions, the "Taylorism in our heads". Such a traditional understanding of productivity is based on assumptions of separate production and consumption processes, independence of turnover, homogeneity of input/output factors as well as tangibility of output and neglects the customer influence on service provision. Obviously, the production of services is subject to completely different, partly diametric conditions. In a one-sided view, the explanatory power of traditional productivity as quotient of output to input is limited if not even dangerous.

The thesis presents an integrative productivity model for knowledge-intensive services. The holistic productivity logic empowers companies to set up a specific key performance indicator system for productivity measurement and evaluation. The model builds on the value chain of service production along the potential, process and outcome dimensions and defines efficiency and effectiveness measures for performance evaluation from a qualitative and quantitative perspective.

Influencing factors on productivity were identified in 32 semi-structured interviews with experts from the chemical and energy service industry. The empirical analysis of the modelled constructs and interactions was performed on the basis of an on-line cross-sectional study with 386 participants by structural equation modeling in SmartPLS. The majority of the causal relationships were confirmed on statistical basis. The results suggest that the identified success factors and specific, complex interactions in every dimension of service rendering must be considered and analyzed in a dedicated manner for a comprehensive productivity management of knowledge-intensive services. With respect to knowledge-intensive work, the analysis, evaluation and control of effectiveness is more important than that of efficiency.

For continuous design and optimization of knowledge-intensive engineering projects, a modeling method based on design structure matrices as well as a simulation algorithm are presented. The structural validity was demonstrated in simulation experiments as well as in a case study of a process plant development project.

The stochastic and event-discrete simulation helps planners and managers to proactively analyze and evaluate the productivity of a service organization with little modeling effort. "What if?" simulation studies can also be used to systematically identify opportunities and avoid risks.

Vorwort

Der harte internationale Wettbewerb und die fortschreitende Digitalisierung unterstreichen die Notwendigkeit des Ausbaus wissensintensiver Dienstleistungen sowie insbesondere die Identifizierung und Nutzung von Produktivitätsreserven in diesem Sektor für die deutsche Wirtschaft. Es fehlt allerdings an praktikablen Methoden und Werkzeugen zur Bewertung und Optimierung der Produktivität von Dienstleistungssystemen. Bis heute ist es nicht gelungen, ein ganzheitliches, alle relevanten Teilaspekte umfassendes Verständnis der Produktivität von wissensintensiven Dienstleistungen zu etablieren. Um die genannten Defizite aufzulösen, wird in der vorliegenden Dissertation ein Produktivitätsmodell präsentiert, welches die komplexen Wirkzusammenhänge und Erfolgsfaktoren der Dienstleistungserbringung abzubilden vermag. Ferner wird das Modell durch einen Simulationsansatz ergänzt, welcher die inhärente Dynamik und Unsicherheit sowie weitere strukturelle aber auch personenbezogene Merkmale eines Dienstleistungssystems berücksichtigt.

Das entwickelte Modell ermöglicht eine integrative und ganzheitliche Bewertung der Produktivität aus Kunden- und Dienstleisterperspektive. Es definiert spezifische Messpunkte entlang der Wertschöpfungskette der Dienstleistungsproduktion in der Potenzial-, Prozess- und Ergebnisdimension. Die postulierten Wirkzusammenhänge und Erfolgsfaktoren werden mithilfe von Expertenbefragungen und einer umfangreichen bundesweiten Studie anhand eines Strukturgleichungsmodells statistisch untersucht. Die Ergebnisse der Analyse bestätigen die Mehrheit der postulierten Hypothesen. Zudem werden Einflussfaktoren benannt, die als Stellhebel zur Produktivitätsverbesserung dienen können. Das Modell dient somit als Schablone zur maßgeschneiderten Kennzahlenentwicklung und hilft, z. B. fehlende Messgrößen zu identifizieren.

Die wesentlichen Merkmale wissensintensiver Dienstleistungsprojekte werden in einen Simulationsalgorithmus überführt und prototypenhaft in MATLAB[®] implementiert. Erstmals werden strukturelle und prozessuale Merkmale, wie Unsicherheit und Komplexität, berücksichtigt und deren Auswirkungen auf die Produktivität quantifiziert. Hervorzuheben ist die Berücksichtigung der Eignung von Arbeitspersonen sowie der Kommunikationsintensität. Die Auswirkungen auf den Aufwand und implizit auf Dauer und Kosten eines Projektes werden veranschaulicht. Die intelligente Kombination der stochastischen und ereignisdiskreten Simulation liefert eine originelle Ergänzung zu dem statischen Produktivitätsmodell und somit einen wichtigen Beitrag zur prozessorientierten, personenzentrierten Simulation von Dienstleistungssystemen.

Susanne Mütze-Niewöhner

Herzlich danken möchte ich insbesondere Frau Prof. Dr.-Ing. Susanne Mütze-Niewöhner für die Übernahme der Betreuung dieser Arbeit und das mir entgegengebrachte Vertrauen. Als Abteilungsleiterin gab sie mir nicht nur die notwendigen Freiräume, sondern – mit dem Ziel, mich zu fordern und zu fördern – auch ihr konstruktives Feedback. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert H. Schmitt danke ich herzlich für den fachlichen Austausch und die Übernahme des Koreferats. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Radermacher danke ich für die Übernahme des Vorsitzes.

Weiterhin danke ich meinen Kolleginnen und Kollegen, insbesondere jenen aus der „Wohnung“, für die stets freundschaftliche, motivierende und intellektuell stimulierende Arbeitsatmosphäre. Hervorheben möchte ich meinen langjährigen Mentor Sönke Duckwitz, von dem ich sowohl fachlich als auch persönlich sehr viel lernen konnte. Zum Gelingen dieser Arbeit trugen ebenfalls meine studentischen Hilfskräfte und Abschlussarbeiter wesentlich bei. Stellvertretend seien hier Olivia Chaillié, Saskia Grohmann, Stephan Meyer, Omar Nahhass, Kim Nguyen-Thai, Malte Pabst und Ines Weidenhaupt genannt. Ihnen allen danke ich für die Unterstützung im Rahmen der Literaturrecherche und der statistischen Analyse sowie bei der Implementierung und Verifizierung des Simulationsalgorithmus.

Ebenso danke ich den Vertretern von Projektpartnern, stellvertretend Christina Schmalz und Peter Lehmacher, die mit ihrer Expertise und den zur Verfügung gestellten Anwendungsfällen die Grundlagen für die Verifizierung und Validierung der entwickelten Methodik lieferten.

Nicht zuletzt möchte ich meinen Eltern danken, die stets an mich geglaubt und mich ermutigt haben, niemals aufzugeben. Mein größter Dank gilt meiner Frau Dalma und meinem Sohn Patrick, die oft auf gemeinsame Aktivitäten verzichten mussten und mich während der letzten Jahre stets entlastet, aufgeheitert und motiviert haben, weiterzumachen.

In besonderer Erinnerung an den unerwarteten und viel zu frühen Tod meines Doktorvaters Christopher M. Schlick widme ich dieses Buch ihm.

Veröffentlichte Teilergebnisse

- Petz, A., Duckwitz, S., Weidenhaupt, I. and Schlick, C. M. (2016) 'Produktivität komplexer Dienstleistungen' in Schlick, C. M., Schenk, M., Spath, D. and Ganz, W., Hrsg., *Produktivitätsmanagement von Dienstleistungen: Modelle, Methoden und Werkzeuge*, Berlin: Springer Vieweg, 29-61.
- Petz, A., Duckwitz, S., Lehmacher, P. and Schlick, C. M. (2016) 'Simulation von komplexen Dienstleistungsprojekten mithilfe von Design Structure Matrizen' in Schlick, C. M., Schenk, M., Spath, D. and Ganz, W., Hrsg., *Produktivitätsmanagement von Dienstleistungen: Modelle, Methoden und Werkzeuge*, Berlin: Springer Vieweg, 422-444.
- Duckwitz, S., Petz, A., Schmalz, C., Jahnel, R., Lehmacher, P. and Schlick, C. M. (2016) 'Dienstleistungsproduktivität aus Unternehmensperspektive - Ergebnisse semistrukturierter Leitfadeninterviews' in Schlick, C. M., Schenk, M., Spath, D. and Ganz, W., Hrsg., *Produktivitätsmanagement von Dienstleistungen: Modelle, Methoden und Werkzeuge*, Berlin: Springer Vieweg, 13-27.
- Petz, A., Terstegen, S., Duckwitz, S. and Schlick, C. M. (2015) 'Modeling and Simulation of Service Systems with Design Structure and Domain Mapping Matrices', *Journal of Modern Project Management*, 3(2), 65-71.
- Petz, A., Duckwitz, S. and Schlick, C. M. (2015) 'Development and Empirical Evaluation of a Comprehensive Service Productivity Model for Knowledge Intensive Services' in Gummesson, E., Mele, C. and Polese, F., Hrsg., *The 2015 Naples Forum on Service: Service Dominant Logic, Network and Systems Theory and Service Science: Integrating three Perspectives for a New Service Agenda* Naples.
- Petz, A., Lehmacher, P., Duckwitz, S. and Schlick, C. (2015) 'Modellierung, Simulation und Risikobewertung von Arbeitsprozessen in Projekten', in (GfA), G. f. A. e. V., Hrsg., *VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft. Bericht zum 61. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 25. - 27. Februar 2015*, Dortmund, GfA-Press, 1-6.
- Duckwitz, S., Petz, A. and Schlick, C. M. (2015) 'Modelling and Simulation of Knowledge-Intensive Service Systems with Design Structure Matrices', *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, 10(1), 49-66.
- Petz, A., Duckwitz, S., Nielsen, A. and Schlick, C. M. (2014) 'Modellierung und Simulation von wissensintensiven Dienstleistungssystemen mit Design Structure Matrizen' in *Dienstleistungsmodellierung 2014* Springer, 33-52.
- Schlick, C. M., Petz, A., Nielsen, A., Mütze-Niewöhner, S. and Duckwitz, S. (2014) 'Qualitätsmanagement von Dienstleistungen' in *Masing Handbuch Qualitätsmanagement* Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 967-980.
- Petz, A., Duckwitz, S., Schmalz, C., Mütze-Niewöhner, S. and Schlick, C. M. (2013) 'Development and Evaluation of a Novel Service Productivity Model' in Meier, H., Hrsg., *Product-Service Integration for Sustainable Solutions* Springer Berlin Heidelberg, 383-394.

- Petz, A., Duckwitz, S., Mütze-Niewöhner, S. and Schlick, C. M. (2013) 'Simulation Based Prospective Productivity Assessment of Complex Services', *I-Business*, 5(3B), 36.
- Petz, A., Duckwitz, S., Schmalz, C., Meyer, S., Mütze-Niewöhner, S. and Schlick, C. M. (2012) 'Development of a Model for the Comprehensive Analysis and Evaluation of Service Productivity', *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 6(10), 2019-2024.
- Petz, A., Duckwitz, S. and Schmalz, C. (2012) 'Productivity of Services: An Explorative Study in the Electrical and Chemical Engineering Sector', *Amfiteatru Economic Journal: Contribution of Services to Economic Development*, 14(6), 635-652.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1 Problemstellung und Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	6
1.3 Gliederung der Arbeit	7
2. Begriffsbestimmung wissensintensive Dienstleistungen und Produktivität.....	9
2.1 Wissensintensive Dienstleistungen	10
2.1.1 Volkswirtschaftliche Betrachtung	10
2.1.2 Betriebswirtschaftliche Betrachtung	12
2.1.3 Zwischenfazit	18
2.2 Produktivität.....	18
2.2.1 Zusammenhang zwischen Produktivität und Dienstleistungserfolg	18
2.2.2 Zusammenhang zwischen Produktivität, Effizienz und Effektivität.....	20
2.2.3 Volkswirtschaftliche Produktivitätskennzahlen	22
2.2.4 Betriebswirtschaftliche Produktivitätskennzahlen.....	23
2.2.5 Zwischenfazit	26
3. Exploration von Einflussfaktoren auf die Produktivität in ausgewählten Unternehmen	29
3.1 Interviewteilnehmer	29
3.2 Methodik der Vorstudie.....	29
3.2.1 Aufbau des Interviewleitfadens.....	31
3.2.2 Durchführung der Interviews.....	32
3.3 Auswertung und Ergebnisdarstellung.....	32
3.3.1 Meilensteine und Phasen der wissensintensiven Dienstleistungsproduktion	34
3.3.2 Dienstleistungsplanung.....	34
3.3.3 Dienstleistungsproduktivität.....	35
3.3.4 Erfolgsfaktoren und Hemmnisse	36
3.4 Ergebnisinterpretation und Implikationen	37
4. Anforderungen an ein integratives Modell der Produktivität von wissensintensiven Dienstleistungen	39
4.1 Allgemeines Modellverständnis	39
4.2 Kriterien zur Evaluierung existierender Produktivitätsmodelle für Dienstleistungen	40
5. Produktivitäts- und Qualitätsmodelle von Dienstleistungen.....	44
5.1 Produktivitätsmodelle von Dienstleistungen.....	44
5.1.1 Das dreistufige Modell von Jones (1988)	46
5.1.2 Das zweistufige Modell von Corsten (1994).....	47
5.1.3 Das Faktorenmodell von Vuorinen, Järvinen und Lehtinen (1998).....	49
5.1.4 Das Einflussmodell von Parasuraman (2002)	51

5.1.5	Das duale Modell von Johnston und Jones (2004).....	53
5.1.6	Das Effizienzmodell von Grönroos und Ojasalo (2004).....	55
5.1.7	Das Integrativitätsmodell von Lasshof (2006).....	57
5.1.8	Das Koblenzer Dienstleistungsproduktivitätsmodell von Kutsch et al. (2014).....	60
5.2	Zwischenfazit	61
5.3	Qualitätsmodelle von Dienstleistungen.....	61
5.3.1	Das Drei-Phasen-Modell von Donabedian (1980)	63
5.3.2	Das Diskrepanzmodell von Grönroos (1984).....	65
5.3.3	Das Gap-Modell von Parasuraman, Zeithaml und Berry (1985)	66
5.3.4	Das funktionale Modell von Meyer und Mattmüller (1987)	69
5.3.5	Das dynamisches Prozessmodell von Boulding et al. (1993).....	72
5.3.6	Das Beziehungsqualitätsmodell von Liljander und Strandvik (1995).....	73
5.3.7	Das Service-Profit-Chain Modell von Höck und Ringle (2008).....	75
5.4	Evaluierung ausgewählter Modelle der Produktivität und der Qualität von Dienstleistungen	77
6.	Integratives Modell der Produktivität von wissensintensiven Dienstleistungen.....	80
6.1	Wertschöpfungskreislauf der Dienstleistungserbringung	80
6.2	Produktivitätslogik von wissensintensiven Dienstleistungen	85
6.3	Kennzahlen-Workshops zur Verifizierung des Modells	88
6.3.1	Vorgehen.....	89
6.3.2	Teilnehmende	90
6.3.3	Ergebnisse	90
6.3.4	Diskussion.....	93
7.	Empirische Validierung des integrativen Produktivitätsmodells	95
7.1	Methodik der Hauptstudie	95
7.2	Strukturgleichungsmodell der Produktivität von wissensintensiven Dienstleistungen	99
7.2.1	Partialmodell der Potenzialdimension.....	99
7.2.2	Partialmodell der Prozessdimension	106
7.2.3	Partialmodell der Ergebnisdimension	110
7.3	Fragebogenkonstruktion	114
7.4	Pretest	114
7.5	Durchführung der Online-Befragung, Modellschätzung und -beurteilung	115
7.5.1	Stichprobe Hauptumfrage	116
7.5.2	Gütebeurteilung des Messmodells.....	119
7.5.3	Gütebeurteilung des Strukturmodells	125
7.6	Diskussion und Würdigung der Ergebnisse.....	131
8.	Simulation von wissensintensiven Dienstleistungen.....	139
8.1	Problemformulierung und Herausforderungen bei der Modellierung und Simulation wissensintensiver Dienstleistungssysteme.....	139

8.2 Formale Abbildung eines wissensintensiven Dienstleistungssystems.....	143
8.2.1 Modellierung von wissensintensiven Dienstleistungen mit Design Structure Matrizen	144
8.2.2 Simulationsalgorithmus zur Gestaltung eines wissensintensiven Dienstleistungssystems	148
8.2.3 Dynamische Aufwandsbestimmung	154
8.3 Verifizierung und Validierung des Simulationsalgorithmus	161
8.3.1 Implementierung eines Softwareprototyps für die integrierte Prozess- und Ressourcenplanung von wissensintensiven Projekten	161
8.3.2 Verifizierung des Simulationsalgorithmus.....	164
8.3.3 Validierung des Simulationsalgorithmus anhand einer Fallstudie	177
8.4 Potenziale und Grenzen der simulationsbasierten Gestaltung von wissensintensiven Dienstleistungen	183
9. Zusammenfassung und Ausblick.....	185
9.1 Wissenschaftliche Erkenntnisse	186
9.2 Praxisbezogene Ergebnisse.....	188
9.3 Weiterer Forschungsbedarf	189
I. Tabellenverzeichnis	190
II. Abbildungsverzeichnis	191
III. Anhang	194
IV. Literaturverzeichnis	223

Genderhinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.