



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung

Fabian Beck

Geschäftsprozesse auf Applikationsebene

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer
Science
Department of Computer Science*

Fabian Beck

Geschäftsprozesse auf Applikationsebene

Ausarbeitung eingereicht im Rahmen des Hauptseminars

im Studiengang Master of Science Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Eingereicht am: 29. August 2018

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iv
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	2
2.1 Geschäftsprozesse	2
2.1.1 Energiewirtschaft	2
2.1.2 Process Mining	3
2.2 Load Testing	4
2.3 Messen	5
3 Versuchsdurchführung	6
3.1 Aufbau	7
3.2 Messen	7
3.3 Akteure	8
4 Risiken	9
5 Fazit	10
Literaturverzeichnis	11

Abbildungsverzeichnis

3.1 Konzeptübersicht	6
--------------------------------	---

1 Einleitung

Durch die immer größere Verbreitung von Microservices werden Geschäftsprozesse zunehmend in verteilten Anwendungslandschaften ablaufen. Für Microservices wurden laut [Heinrich u. a. \(2017\)](#) noch nicht genug Untersuchungen im Bereich der Performance-Optimierung durchgeführt. Würden die Performance-Zusammenhänge von Microservices besser verstanden, könnten Unternehmen mit den aktuellen Möglichkeiten Geld sparen ([Brunnert u. a., 2015](#)). Dies ist vor allem möglich, wenn Microservices in einer Cloud ausgeführt werden, da in dieser Umgebung die Nutzung von Ressourcen feingranular abgerechnet wird. Interessant ist in diesem Zusammenhang, welchen Einfluss das Design von Geschäftsprozessen auf die Performance von Microservices hat.

Um die Zusammenhänge zwischen dem Design von Geschäftsprozessen und dem Verbrauch von Ressourcen durch den Geschäftsprozess besser verstehen zu können, müssen diese reproduzierbar ausgeführt und währenddessen vermessen werden können. Aktuell werden in der Regel abstrakte Modelle von Geschäftsprozessen simuliert, um sie zu untersuchen. Mit dieser Art der Simulation kann jedoch nur das Zusammenspiel der einzelnen Phasen der Geschäftsprozesse untersucht werden. Die Systeme auf denen die Geschäftsprozesse implementiert sind, werden außer Acht gelassen, so dass keine Messungen auf Applikationsebene vorgenommen werden können.

In dieser Arbeit wird vorgestellt wie Akteure von definierten Geschäftsprozessen simuliert werden können, um für gleiche Prozesse mit unterschiedlichem Design vergleichbare Messungen durchführen zu können. Das Ziel ist es, mithilfe der so erhaltenen Daten, Rückschlüsse auf die Zusammenhänge zwischen dem Design der Geschäftsprozesse und der Performance von Microservices ziehen zu können. Damit kann das Design von Geschäftsprozessen auf Basis der Performance bewertet und optimiert werden.

2 Grundlagen

2.1 Geschäftsprozesse

Geschäftsprozesse sind ein zentraler Bestandteil eines jeden Unternehmens. Mit ihrer Hilfe werden interne Abläufe optimiert, um beispielsweise Anfragen von Kunden schneller und effizienter zu bearbeiten. So optimierte Geschäftsprozesse können einem Unternehmen Geld sparen, indem weniger Mitarbeiter für die gleiche Anzahl an Anfragen benötigt werden. Das Optimieren der Geschäftsprozesse begann laut [Gadatsch \(2017\)](#) in den 90er Jahren mithilfe von Geschäftsprozessmanagement. Die ersten Schritte hin zu Geschäftsprozessen konnten schon ab 1900 mit dem Aufteilen von Arbeit in unterschiedliche Funktionen beobachtet werden ([Gadatsch, 2017](#)).

Es gibt eine Vielzahl an unterschiedlichen Definitionen für einem Geschäftsprozess ([Schwarz u. a., 2018](#); [Gadatsch, 2017](#)). [Schwarz u. a. \(2018\)](#) fassen verschiedene Definitionen zusammen und leitet daraus Eigenschaften ab, die in den meisten Definitionen vorhanden sind. Die fünf zentralen Eigenschaften, die sie ausgemacht haben, sind:

- Geschäftsprozesse bestehen aus Aktivitäten
- Aktivitäten können parallel und sequenziell ablaufen
- Es sind unterschiedliche Personen beteiligt
- Sie werden mithilfe von verschiedenen Ressourcen durchgeführt
- Ein Geschäftsprozess erzeugt am Ende ein Ergebnis ([Schwarz u. a., 2018](#))

[Gadatsch \(2017\)](#) verfeinert diese Eigenschaften noch indem er hinzufügt, dass bei der Ausführung meist mindestens ein Softwaresystem als unterstützende Ressource verwendet wird.

2.1.1 Energiewirtschaft

Die deutsche Energiewirtschaft hat sich Ende des letzten Jahrhunderts durch den Staat von einem natürlichen Monopol hin zu einem offenen Markt entwickelt ([Bontrup und](#)

Marquardt, 2010). Diese Entwicklung wird auch „Unbundling“ oder Entbündelung der Energiewirtschaft genannt. Das Monopol wurde beseitigt, um den Markt für neue Anbieter zu öffnen und den Wettbewerb zwischen den Anbietern zu fördern. Dies kommt den Kunden in Form von niedrigeren Preisen für Energie zugute. Auf dem so entstandenen Markt gibt es aktuell verschiedene Arten von Akteuren. Die vier zentralen Akteure sind Lieferanten, Netzbetreiber, Energieerzeuger und Messstellenbetreiber (Konstantin, 2017). Durch die Entbündelung wurden viele alte Unternehmen in mehrere Unternehmen gespalten, die jeweils einen Akteur repräsentieren. Durch die gemeinsame Vergangenheit sind die Prozesse der so entstandenen Unternehmen immer noch eng verwoben.

Im Zuge der Entbündelung wurden Geschäftsprozesse durch die Bundesnetzagentur überarbeitet und standardisiert, so dass der Weg für eine automatisierte Kommunikation zwischen den einzelnen Akteuren auf dem Markt bereitet wurde (Bontrup und Marquardt, 2010). Aus diesem Grund gibt es gut dokumentierte und allgemein anerkannte Geschäftsprozesse in der Energiewirtschaft (BNetzA, 2012). Diese werden von allen Akteuren verwendet, da jeder die für ihn relevanten Prozesse implementieren muss, um den reibungslosen Ablauf in der Energiewirtschaft sicherzustellen. Die standardisierten Geschäftsprozesse umfassen größtenteils die Kommunikation mit anderen Marktteilnehmern, weshalb die Abläufe in der Realität noch weit komplexer sind, da beispielsweise Teile wie die Abrechnung nicht von der Bundesnetzagentur berücksichtigt wurden.

2.1.2 Process Mining

Process Mining wird verwendet um aus Event-Daten prozessrelevante Informationen zu extrahieren, mit deren Hilfe beispielsweise Prozessmodelle generiert werden (Santos u. a., 2015). Um die für das Mining nötigen Event-Daten zu erhalten, werden in der Regel Event-Logs verwendet (van der Aalst, 2016). Jeder Eintrag in einem Event-Log enthält eine für den aktuellen Ablauf eindeutige ID, um die aktuelle Aktion zu identifizieren, einen Verweis auf die Person die die Aktion angestoßen hat und einen Zeitstempel (van der Aalst u. a., 2007; van der Aalst, 2016). Um eine genauere Analyse zu ermöglichen, können weitere Informationen in den Logs gespeichert werden. Je mehr Daten in den Logs vorhanden sind, desto besser können verschiedene Aspekte der Prozesse analysiert werden. Für die Durchführung einer Analyse, ist es sinnvoll die Logs zentral zu sammeln um sie als Ganzes auszuwerten.

Process Mining kann mit verschiedenen Zielen angewendet werden. Die drei Hauptziele von Process Mining sind „discovery“, „conformance“ und „enhancement“. Beim Entdecken wird der Event-Log ohne weitere Informationen mithilfe eines Algorithmus analysiert, um das Modell eines Geschäftsprozesses oder verschiedene Aspekte eines Geschäftsprozesses zu erfassen. Die eingesetzten Algorithmen können die in einem Event-Log gespeicherten Prozess-Daten ohne weitere Informationen auswerten und in aufbereiteter Form speichern. Ein Beispiel für einen Geschäftsprozess-Aspekt ist die Analyse des sozialen Kontextes der Benutzer. Dieser kann mithilfe der personenbezogenen Daten ermittelt werden und könnte zeigen welche Personen wie eng zusammenarbeiten. Mit dem Einsatz von „conformance“ wird bezweckt, einen schon definierten und modellierten Prozess mit seiner Implementierung abzugleichen und so beispielsweise zu prüfen, ob die Prozesse richtig ausgeführt werden. „Enhancement“ wird eingesetzt, um vorhandene Prozesse zu prüfen und, wenn nötig, weiter zu verbessern. (van der Aalst, 2016)

2.2 Load Testing

Load Testing wird verwendet, um anhand von festgelegten Kriterien Last auf einer Anwendung oder einer Anwendungslandschaft zu generieren (Chen u. a., 2017). Mithilfe dieser Methode kann die Performance der Anwendungen als Quality of Service Attribut dargestellt und gemessen werden, was es möglich macht, ein konstantes Maß an Performance zu bieten (Schulz u. a., 2018; Huaqi und Huarui, 2017). Als Performance Metrik wird beispielsweise die durchschnittliche Antwortzeit auf eine Anfrage verwendet (Hussain, 2013). Die Last für einen Load Test kann auf verschiedenen Wegen generiert werden. Eine Möglichkeit ist beispielsweise die Generierung der Last auf Basis von vorher gemessenen Lastmodellen aus der Produktivumgebung (Schulz u. a., 2018). Für dieses Vorgehen sind aktuell einige Tools vorhanden, mit deren Hilfe Load Tests dieser Art erstellt und ausgeführt werden können. Eine weitere Möglichkeit ist die Generierung der Last durch die Simulation von Nutzern (Barna u. a., 2011; Huaqi und Huarui, 2017).

Load Testing kann auch im wissenschaftlichen Bereich für die Untersuchung von Anwendungslandschaften verwendet werden. So wird es beispielsweise dafür eingesetzt, die Auswirkungen des Verhaltens von Nutzern auf Anwendungen zu untersuchen. So kann vermieden werden, dass für Studien viele reale Personen benötigt werden. Humernbrum u. a. (2017) haben z. B. die Nutzer von „Real-Time Online Interactive Applications“

simuliert, um die Effekte von Designentscheidungen in frühen Phasen der Entwicklung von Systemen zu untersuchen.

2.3 Messen

Um die Entwicklung der Qualität von Software messen zu können, müssen Metriken definiert werden, deren Änderungen im Verlauf der Zeit dargestellt werden können. Metriken können im Verlauf eines Software Projektes an vielen Stellen erfasst werden. So kann der Code, der Deployment Prozess, die Planung der Software oder der Betrieb der Software analysiert werden (Swartout, 2014). Das Messen des Betriebes der Software, auch Application Performance Monitoring genannt, kann auf verschiedenen Ebenen geschehen. So kann die Performance einer Applikation von der Hardwareebene bis zur Businessebene gemessen werden. Auf der Hardwareebene kann beispielsweise die CPU-Last oder der Speicherverbrauch gemessen werden (Heinrich u. a., 2017). Soll die Performance auf der Applikationsebene ermittelt werden, kann dies z. B. über die Messung von Antwortzeiten geschehen. (Heger u. a., 2017)

Die Ermittlung von Metriken kann nicht nur auf verschiedene Ebenen durchgeführt werden, sondern auch auf unterschiedlichen Wegen. Diese sind entweder aktiv oder passiv (Heger u. a., 2017). Für das aktive Erheben von Daten kann beispielsweise das Open Source Tool Prometheus verwendet werden (Prometheus, 2018). Mit ihm können zu untersuchende Ziele über HTTP kontinuierlich analysiert werden. Für diese Art von Messung sind Änderungen im Code einer Applikationen nötig. Die durch Prometheus erstellten Metriken enthalten nur eingeschränkte Umgebungsdaten und keine anfragespezifischen Daten wie z. B. Benutzereingaben (Brazil, 2016). Eine Möglichkeit passiv Daten zu erheben ist die Sammlung und Auswertung von Logs. Eine Open Source Lösung mit der dies in verteilten Systemen durchgeführt werden kann, ist der ELK Stack (Elastic, 2018). Dieser bietet verschiedene Applikationen für die Sammlung von Logs oder Metriken, das Anreichern der gesammelten Daten, die Speicherung, die Auswertung und der Darstellung der Ergebnisse. Die gesammelten Logs können für die Ermittlung von Metriken analysiert werden. Es muss jedoch bedacht werden, dass in großen verteilten Systemverbänden die Menge an Log-Einträgen schnell so groß sein kann, dass sie an verschiedene Grenzen wie beispielsweise Speicherplatz aber auch Netzwerkbandbreite stoßen kann (Brazil, 2016).

3 Versuchsdurchführung

Um den Zusammenhang zwischen dem Design von Geschäftsprozessen und der Performance einer Microservice Architektur untersuchen zu können, werden verschiedene Geschäftsprozesse vermessen. Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, sind verschiedene Prozesse der Energiewirtschaft durch die Bundesnetzagentur definiert, so dass ein gewisser Leitfaden gegeben ist. Daher sollen Geschäftsprozesse aus der Energiewirtschaft untersucht werden. Ergibt sich eine Möglichkeit einen in einem Unternehmen definierten und eingesetzten Geschäftsprozess zu analysieren, wird dieser verwendet werden. Falls darüber hinaus reale Applikationen mit den durch sie implementierten Geschäftsprozessen zur Verfügung stehen sollten, auf die Process Mining angewendet werden kann, würden auch für diese Applikationen Metriken erhoben werden. Die so erhobenen Metriken können daraufhin mit den Ergebnissen der Geschäftsprozess-Untersuchung verglichen werden um sie so zu verifizieren.

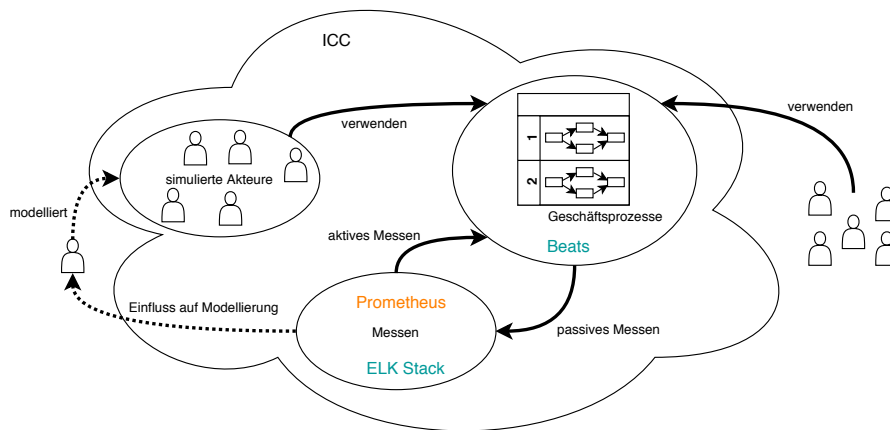


Abbildung 3.1: Konzeptübersicht

Eine Übersicht über das Konzept der Untersuchung für die Untersuchung wird in Abbildung 3.1 gezeigt. Die zu untersuchenden Geschäftsprozesse werden so nachgebildet,

dass die benötigten Metriken aktiv und passiv gemessen werden können. Die so erhaltenen Applikationen werden in einer Umgebung gestartet in der genügend Ressourcen vorhanden sind. Dies wird in Abschnitt 3.1 genauer beschrieben. Auf welchen Wegen die Applikationen vermessen werden, wird in Abschnitt 3.2 aufgezeigt. Um die Last der Geschäftsprozesse zu analysieren, müssen diese verwendet werden. Hierfür werden Akteure simuliert. Auf welcher Grundlage dies geschieht wird in Abschnitt 3.3 dargelegt.

3.1 Aufbau

Für die Durchführung der Messungen wird eine Umgebung benötigt, in der ohne Probleme hochskalierende Anwendungen ausgeführt werden können. Eine solche Umgebung gibt es in Form der Informatik Computer Cloud (ICC). Die ICC wird durch das AI Labor der HAW Hamburg zur Verfügung gestellt und bietet die Möglichkeit, Applikationen auf Basis von Kubernetes ausführen zu können. Sollten die Ressourcen für die Messungen nicht ausreichen, können mithilfe der Desktop Systeme des AI Labors weitere Ressourcen bereitgestellt werden. Die Services mit denen die Geschäftsprozesse realisiert werden, werden in der ICC ausgeführt. Neben den Services werden auch die von ihnen benötigten Infrastruktur Komponenten wie beispielsweise Datenbanken oder Message Queue Server in der ICC gestartet. So können auch diese Komponenten mit in die Untersuchungen einbezogen werden.

3.2 Messen

Um Geschäftsprozesse vermessen zu können, muss es die Möglichkeit geben, während ihrer Verwendung applikationsspezifische Daten zu erfassen und zu speichern. Daraus können anschließend Metriken berechnet werden. Das Erfassen kann für die gewählte Aufgabe wie in 2.3 beschrieben passiv oder aktiv geschehen. Für die beiden Verfahren werden unterschiedliche Lösungen verwendet. Um gesammelte Daten und berechnete Metriken länger zur Verfügung zu haben, müssen die eingesetzten Lösungen die Daten längerfristig sicher persistieren können. Dies ist notwendig, da die eigentliche Auswertung erst später erfolgen kann oder es nötig ist, zu einem späteren Zeitpunkt eine Änderung an der Berechnung der Metriken vorzunehmen. Wenn alle Daten aus früheren Messungen vorhanden sind, können zudem neue Metriken berechnet werden, falls diese zu neuen Erkenntnissen führen.

Für die aktive Sammlung von Daten wird Prometheus verwendet. Dessen Metriken werden teilweise durch die Applikation, von der sie erhoben werden, berechnet. Dies macht die Änderung von Metriken im Nachhinein nahezu unmöglich, es sei denn die zu ändernde Metrik basiert auf der Kombination von verschiedenen Metriken. Prometheus speichert die gesammelten Metriken für weitere Analysen und bietet verschiedene Möglichkeiten die Daten längerfristig zu sichern. Als passive Lösung wird der ELK Stack verwendet. Für die Sammlung von Daten mithilfe des ELK Stacks müssen keine Änderungen am Code der Applikationen vorgenommen werden, solange diese Logs erstellen, auf die eine der ELK Stack Anwendungen zugreifen kann. Metriken werden aus den gesammelten Logs ermittelt. So können auch im Nachhinein noch neue Metriken aus den Logs errechnet werden. Diese Lösung benötigt jedoch wesentlich mehr Bandbreite und Speicher, da Logs viel umfangreicher sind als einzelne berechnete Metriken. Die Komponenten für beide Lösungen werden, wie die zu untersuchenden Applikationen, in der ICC ausgeführt.

3.3 Akteure

Um die Eingaben der Geschäftsprozesse erstellen zu können, werden die benötigten Akteure simuliert. Die zentrale Komponente eines Akteurs ist sein Verhalten. Verhalten bezeichnet die Folge der Interaktionen mit einem Geschäftsprozess, die ein Akteur wählt. Um diesen Ablauf so realitätsnah wie möglich definieren zu können, werden die zu untersuchenden Geschäftsprozesse vor der Simulation von verschiedenen Personengruppen ausgeführt. Auf diese Weise kann mithilfe von Process Mining ein durchschnittliches Ablaufmodell erstellt werden. Das Modell wird als Grundlage für das Design der simulierten Akteure verwendet.

Für die Simulation der Akteure ist vorgesehen, die Multi-Agenten-Simulationsplattform MARS einzusetzen. In einer Agenten-Simulation wird jeder Agent einem Akteur in einem Geschäftsprozess entsprechen. Hierbei kann es verschiedene Gruppen von Agenten geben. Dies ist der Fall, wenn an einem Geschäftsprozess unterschiedliche Arten von Akteuren, wie z. B. Kunden und Sachbearbeiter, beteiligt sind. Durch die Simulation der Akteure als Agenten ist gewährleistet, dass jeder Akteur über die komplette Simulationsdauer die gleichen Daten als Grundlage verwendet. So kommt in den Applikationen der Geschäftsprozesse für jeden Akteur ein Strom von logisch zusammenhängenden Daten an und nicht eine aus dem Zusammenhang gerissene, gespeicherte Last.

4 Risiken

Es wurden verschiedene Risiken des Konzeptes identifiziert. Die technischen Risiken sollen in dieser Arbeit nicht weiter beleuchtet werden. Daneben konnten zwei zentrale Risiken ausgemacht werden. So kann es sein, dass die Geschäftsprozesse nicht realitätsnah genug sind oder dass das Verhalten der simulierten Akteure nicht dem Verhalten der Akteure in der Realität entspricht. Trifft einer der beiden Fälle zu, würde dies ein Hindernis bei der Übertragung der Ergebnisse auf die Realität darstellen.

Um das Risiko zu minimieren, dass die Geschäftsprozesse nicht der Realität entsprechend ausgewählt und modelliert wurden, gibt es verschiedene Strategien, wie z. B. die Verwendung von definierten Geschäftsprozess-Vorlagen. Aus diesem Grund werden Prozesse aus der Energiewirtschaft untersucht. Neben den Vorlagen kann für die Prozesse der Energiewirtschaft auf bereits implementierte Prozesse zurückgegriffen werden, die als noch feingranularere Vorlagen verwendet werden können. Neben den so durchgeführten Untersuchungen, wird derzeit das Ziel verfolgt, einen Geschäftsprozess mit einem Unternehmen zu definieren, wodurch ein realer Prozess als Grundlage verwendet werden könnte. Zudem ist angedacht verschiedene an der HAW Hamburg entwickelte Applikationen zu untersuchen, da diese teilweise reale Einsatzszenarien haben und darüber hinaus die Möglichkeit besteht, die Daten der Applikationen abgreifen zu können.

Für die Minimierung des Akteur-Risikos werden erst die zu untersuchenden Geschäftsprozesse, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, von realen Personen ausgeführt, so dass mithilfe von Process Mining ein Verhalten für Akteure ermittelt werden kann. Um dieses Verhalten möglichst realitätsnah zu halten, sollten die ausführenden Personen verschiedene Kenntnisstände im Umgang mit dem System aufweisen. Die Verteilung der Kenntnisstände sollten nach Möglichkeit der realen Verteilung entsprechen. Falls die Möglichkeit besteht, einen Geschäftsprozess in Kooperation mit einem Unternehmen zu erarbeiten, können eventuell Erfahrungen mit Benutzern in das Design der Akteure einfließen.

5 Fazit

In dieser Arbeit wurde ein Konzept zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Design von Geschäftsprozessen und der Performance von Microservice vorgestellt. Hierfür wurde dargelegt, welche Geschäftsprozesse für eine erste Untersuchung in Frage kommen und welche Lösungen für die Sammlung von applikationsspezifischen Daten verwendet werden. Abschließend wurde eine Grundlage für die Simulation von Geschäftsprozess-Akteuren beschrieben, die verwendet werden kann, um reproduzierbar Geschäftsprozesse auszuführen. Neben dem Konzept wurden auch die wichtigsten Risiken aufgezeigt. Zu diesen wurden verschiedene Gegenmaßnahmen präsentiert, so dass eine exemplarische Untersuchung mithilfe des Konzepts eine Relevanz in der Realität haben sollte.

Aktuell ist ein Framework auf Basis von MARS vorhanden, mit dem Akteure simuliert werden können. Die so realisierten Akteure greifen während der Simulation auf die in der ICC laufenden Services zu, um beispielhafte Geschäftsprozesse zu verwenden. Während der Ausführung werden Daten mithilfe der beiden in Abschnitt 3.2 vorgestellten Lösungen gesammelt. Im nächsten Schritt werden realitätsnähere Geschäftsprozesse umgesetzt, die zu Beginn durch reale Personen ausgeführt werden. So kann damit begonnen werden Modelle für Agenten auf Basis der erhobenen Daten zu erstellen, um reproduzierbare Messungen ausführen zu können und so Vergleiche zu ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- [van der Aalst u. a. 2007] AALST, W. M. van der ; REIJERS, H. A. ; WEIJTERS, A. J. ; DONGEN, B. F. van ; ALVES DE MEDEIROS, A. K. ; SONG, M. ; VERBEEK, H. M.: Business process mining: An industrial application. In: *Information Systems* 32 (2007), jul, Nr. 5, S. 713–732. – URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437906000305>. – ISBN 0306-4379
- [van der Aalst 2016] AALST, Wil van der: *Process Mining: Data Science in Action*. Second edi. Heidelberg : Springer, 2016. – 1–476 S. – URL <https://kataloge.uni-hamburg.de/DB=2/SET=4/TTL=3/SHW?FRST=4citeulike-article-id:14087620{%}5Cnhttp://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4>. – ISBN 978-3-662-49851-4
- [Barna u. a. 2011] BARNA, Cornel ; LITOIU, Marin ; GHANBARI, Hamoun: Autonomic load-testing framework. In: *Proceedings of the 8th ACM international conference on Autonomic computing - ICAC '11*. New York, New York, USA : ACM Press, 2011, S. 91. – URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1998582.1998598>. – ISBN 9781450306072
- [BNetzA 2012] BNETZA: *Anlage zum Beschluss BK6-06-009. Darstellung der Geschäftsprozesse zur Anbahnung und Abwicklung der Netznutzung bei der Belieferung von Kunden mit Elektrizität (Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität , GPKE)*. 2012. – URL <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1BK-Geschaeftszeichen-Datenbank/BK6-GZ/2016/2016{%}0001bis0999/BK6-16-200/BK6{%}16{%}200{%}Anlage{%}1{%}GPKE{%}mit{%}Fehlerkorrektur.pdf?{%}blob=publicationFile{%}&v=2https://www.bdew.de/internet.nsf/id>. – Zugriffsdatum: 2018-08-05

- [Bontrup und Marquardt 2010] BONTRUP, Heinz-Josef. ; MARQUARDT, Ralf-Michael.: *Kritisches Handbuch der deutschen Elektrizitätswirtschaft*. 1. Aufl. Berlin : Ed. sigma, 2010 (Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung / Hans-Böckler-Stiftung). – 475 S. – ISBN 9783836087124
- [Brazil 2016] BRAZIL, Brian: *Logs and Metrics and Graphs, Oh My! / Grafana Labs Blog*. 2016. – URL <https://grafana.com/blog/2016/01/05/logs-and-metrics-and-graphs-oh-my/>. – Zugriffsdatum: 2018-08-03
- [Brunnert u. a. 2015] BRUNNERT, Andreas ; HOORN, Andre van ; WILLNECKER, Felix ; DANCIU, Alexandru ; HASSELBRING, Wilhelm ; HEGER, Christoph ; HERBST, Nikolas ; JAMSHIDI, Pooyan ; JUNG, Reiner ; KISTOWSKI, Joakim von ; KOZIOLEK, Anne ; KROSS, Johannes ; SPINNER, Simon ; VÖGELE, Christian ; WALTER, Jürgen ; WERT, Alexander: *Performance-oriented DevOps: A Research Agenda*. (2015). – URL www.spec.orghttp://arxiv.org/abs/1508.04752
- [Chen u. a. 2017] CHEN, Tse-Hsun ; SYER, Mark D. ; SHANG, Weiyi ; JIANG, Zhen M. ; HASSAN, Ahmed E. ; NASSER, Mohamed ; FLORA, Parminder: *Analytics-Driven Load Testing: An Industrial Experience Report on Load Testing of Large-Scale Systems*. In: *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice Track (ICSE-SEIP)*, IEEE, may 2017, S. 243–252. – URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/7965448/>. – ISBN 978-1-5386-2717-4
- [Elastic 2018] ELASTIC: *Elastic Stack and product documentation*. 2018. – URL <https://www.elastic.co/guide/index.html>
- [Gadatsch 2017] GADATSCH, Andreas: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. – URL <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-17179-7>. – ISBN 978-3-658-17178-0
- [Heger u. a. 2017] HEGER, Christoph ; HOORN, André van ; MANN, Mario ; OKANOVIĆ, Dušan: *Application Performance Management*. In: *Proceedings of the 8th ACM/SPEC on International Conference on Performance Engineering - ICPE '17*. New York, New York, USA : ACM Press, 2017, S. 429–432. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3030207.3053674>. – ISBN 9781450344043
- [Heinrich u. a. 2017] HEINRICH, Robert ; HOORN, André van ; KNOCHE, Holger ; LI, Fei ; LWAKATARE, Lucy E. ; PAHL, Claus ; SCHULTE, Stefan ; WETTINGER, Johannes:

- Performance Engineering for Microservices. In: *Proceedings of the 8th ACM/SPEC on International Conference on Performance Engineering Companion - ICPE '17 Companion*. New York, New York, USA : ACM Press, 2017, S. 223–226. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3053600.3053653>. – ISBN 9781450348997
- [Huaaji und Huarui 2017] HUAJI, Zhu ; HUARUI, Wu: Research on web application load testing model. In: *2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)* (2017), S. 1175–1178. – URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/8284961/>. ISBN 978-1-5090-6414-4
- [Humernbrum u. a. 2017] HUMERNBRUM, Tim ; AHLBRAND, Christian ; GORLATCH, Sergei: Towards Simulating the Communication Behavior of Real-Time Interactive Applications. In: *Proceedings of the 2017 ACM SIGSIM Conference on Principles of Advanced Discrete Simulation - SIGSIM-PADS '17*. New York, New York, USA : ACM Press, 2017, S. 145–148. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3064911.3064931>. – ISBN 9781450344890
- [Hussain 2013] HUSSAIN, Tahani: An Approach to Evaluate the Performance of Web Application Systems. In: *Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services - IIWAS '13* (2013), S. 692–696. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2539150.2539264><http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2539150.2539264>. ISBN 9781450321136
- [Konstantin 2017] KONSTANTIN, Panos: *Praxisbuch Energiewirtschaft*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2017. – URL <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-49823-1>. – ISBN 978-3-662-49822-4
- [Prometheus 2018] PROMETHEUS: *Prometheus - Monitoring system & time series database*. 2018. – URL <https://prometheus.io/>. – Zugriffsdatum: 2018-08-03
- [Santos u. a. 2015] SANTOS, R ; OLIVEIRA, TCc ; ABREU, Fernando B.: Mining software development process variations. In: *Proceedings of the 30th Annual ACM ...*. New York, New York, USA : ACM Press, 2015, S. 1657–1660. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2695664.2696046><http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2696046>. – ISBN 9781450331968
- [Schulz u. a. 2018] SCHULZ, Henning ; ANGERSTEIN, Tobias ; HOORN, André van: Towards Automating Representative Load Testing in Continuous Software

Engineering. In: *Companion of the 2018 ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering*. New York, New York, USA : ACM Press, 2018, S. 123–126. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3185768.3186288><http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3185768.3186288><http://doi.acm.org/10.1145/3185768.3186288>. – ISBN 978-1-4503-5629-9

[Schwarz u. a. 2018] SCHWARZ, Lothar ; NEUMANN, Tim ; TEICH, Tobias: *Geschäftsprozesse praxisorientiert modellieren*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2018. – URL <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-54212-5>. – ISBN 978-3-662-54211-8

[Swartout 2014] SWARTOUT, Paul.: *Continuous delivery and DevOps, a quickstart guide : deliver quality software regularly and painlessly by adopting CD and DevOps*. Packt Publishing, 2014. – 183 S. – ISBN 9781784399313