

# Software Performance in DevOps

Eine Perspektive aus Forschung und Praxis

---

Dr. Andreas Brunnert  
[brunnert@rettit.de](mailto:brunnert@rettit.de)



# „Definitionen“

---

- **Software Performance**
  - Qualitätsattribut von Software, quantifiziert durch die Metriken:
    - Antwortzeit, Durchsatz, Ressourcenauslastung
- **DevOps**
  - Aktueller Trend zur engeren Integration von Software-Entwicklung (Dev) und Betrieb (Ops) um die Releasefrequenz von Softwaresystemen zu erhöhen und damit die Zeit bis zur Verfügbarkeit neuer Features und Fehlerkorrekturen zu reduzieren.

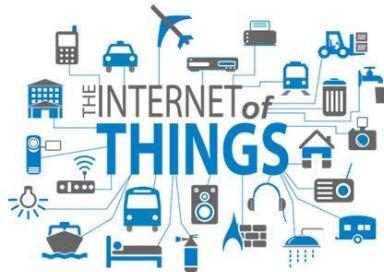
# Software Performance – Wieso ist das wichtig?

---

Alle aktuellen IT-Trends erfordern eine  
schnelle **Antwortzeit** von Software!

# Software Performance – Wieso ist das wichtig?

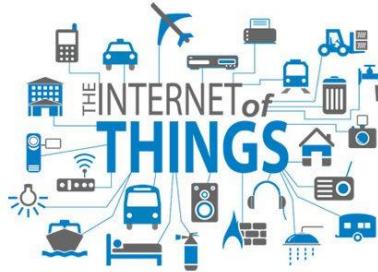
---



- ✓ Autos, Flugzeuge, etc. ...  
sollten direkt reagieren  
können um Unfälle zu  
vermeiden!

Alle aktuellen IT-Trends erfordern eine  
schnelle **Antwortzeit** von Software!

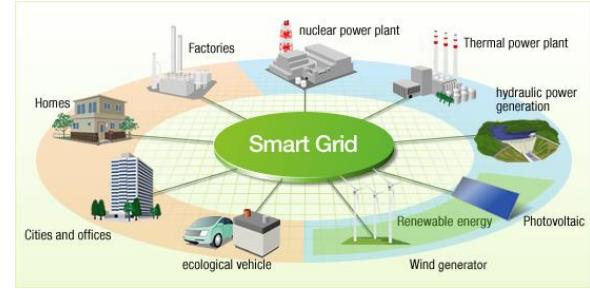
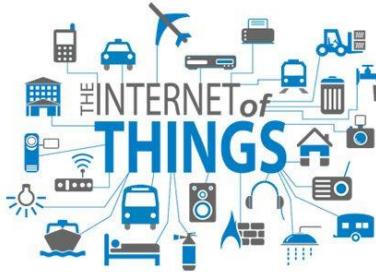
# Software Performance – Wieso ist das wichtig?



- ✓ Autos, Flugzeuge, etc. ... sollten direkt reagieren können um Unfälle zu vermeiden!
- ✓ Was bringen einem viele Daten wenn man diese nicht in angemessener Zeit analysieren kann?

Alle aktuellen IT-Trends erfordern eine schnelle **Antwortzeit** von Software!

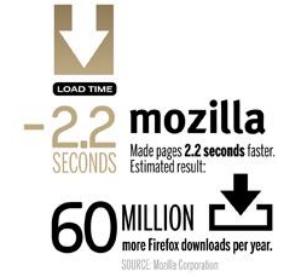
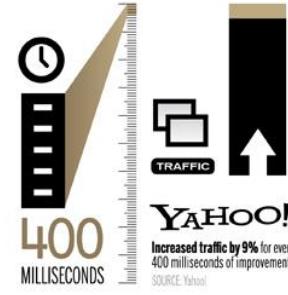
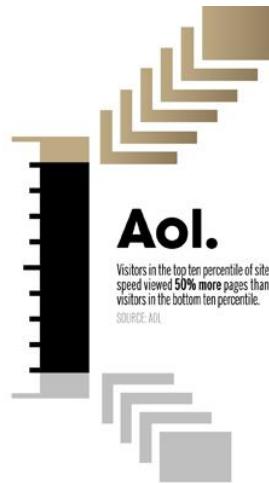
# Software Performance – Wieso ist das wichtig?



- ✓ Autos, Flugzeuge, etc. ... sollten direkt reagieren können um Unfälle zu vermeiden!
- ✓ Was bringen einem viele Daten wenn man diese nicht in angemessener Zeit analysieren kann?
- ✓ Kritische Infrastrukturen müssen in ausreichender Geschwindigkeit auf Umweltschwankungen reagieren.

Alle aktuellen IT-Trends erfordern eine schnelle Antwortzeit von Software!

# Software Performance – Wieso ist das wichtig?



strangeloop

[www.strangeloopnetworks.com](http://www.strangeloopnetworks.com)

## Durchsatz

# Software Performance – Wieso ist das wichtig?



Maiden, North Carolina (Apple)  
46 000 m<sup>2</sup>



San Antonio (Microsoft)  
43 000 m<sup>2</sup>



Prineville, Oregon (Facebook)  
28 000 m<sup>2</sup>

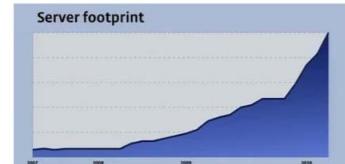


Chicago (Digital Realty)  
100 000 m<sup>2</sup>

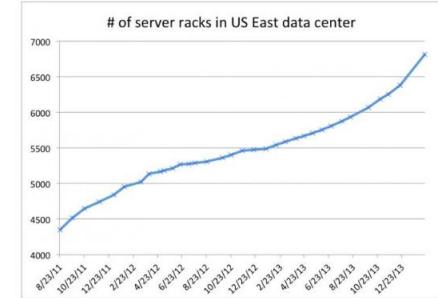


- Google ~ 1 Mil. (2013)
- Microsoft ~ 1 Mil. (2013)
- Facebook ~ 180K (2012)
- OVH ~ 150K (2013)
- Akamai Tech. ~ 127K (2013)
- Rackspace ~ 94K (2013)
- 1&1 Internet ~ 70K (2010)
- eBay ~ 54K (2013)
- HP/EDS ~ 380K (2013)
- ...

Source: <http://www.datacenterknowledge.com>



Facebook Servers

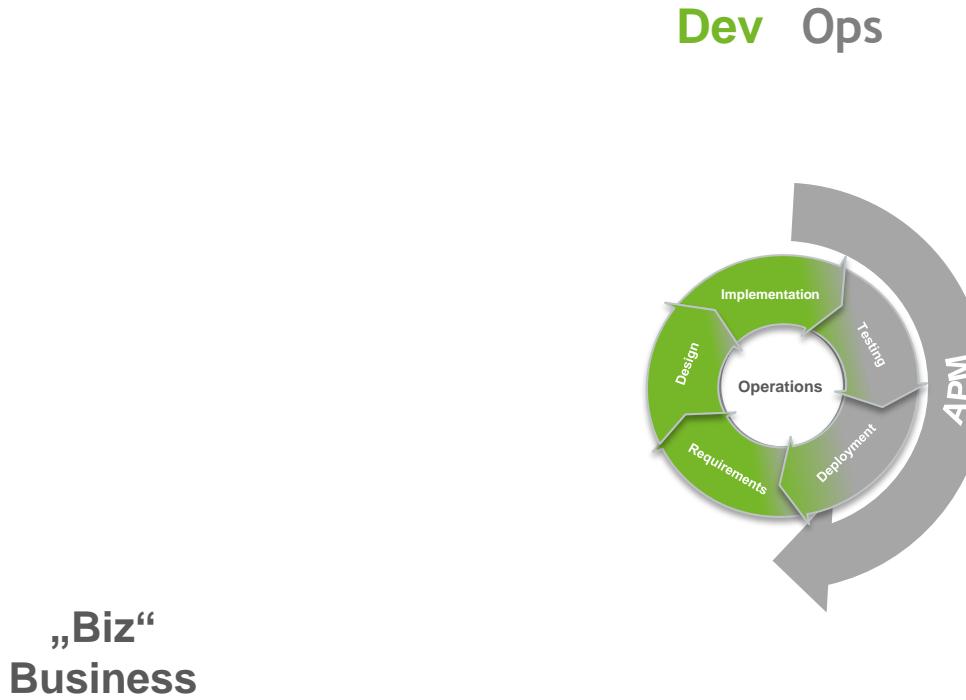


Amazon's Virginia region [Src: Wired.com]

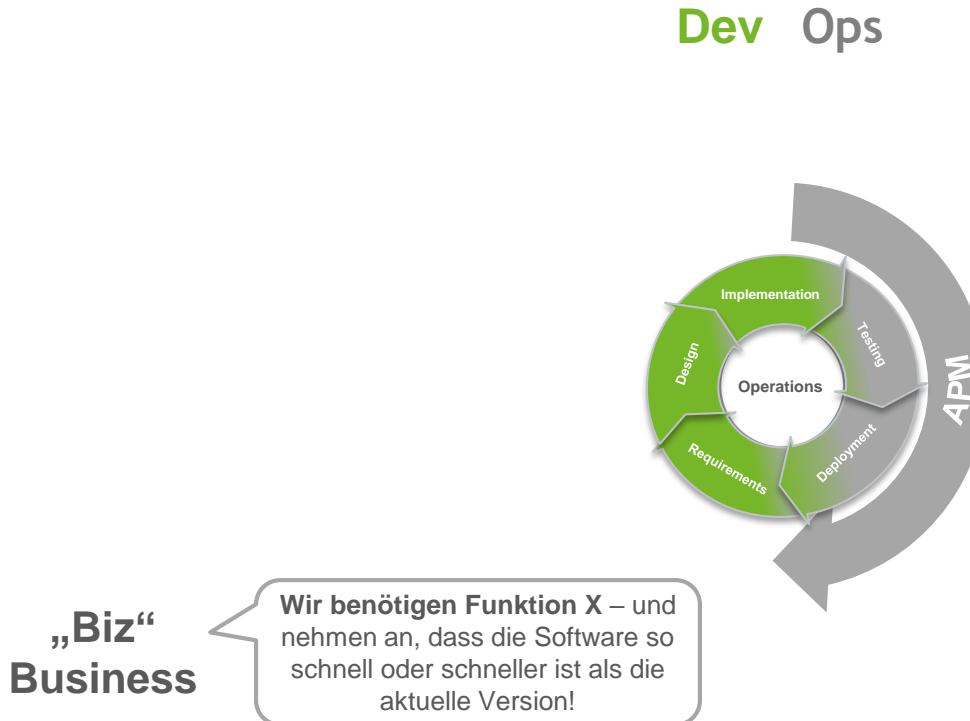
## Ressourcenauslastung Die “Cloud”

# Software Performance in DevOps – Praxis

---



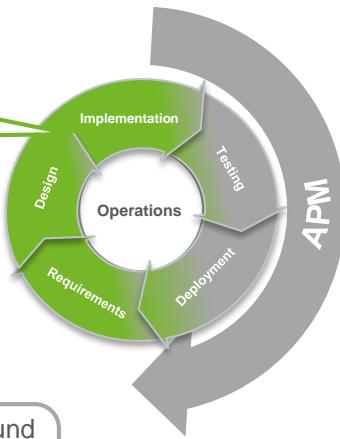
# Software Performance in DevOps – Praxis



# Software Performance in DevOps – Praxis

Dev Ops

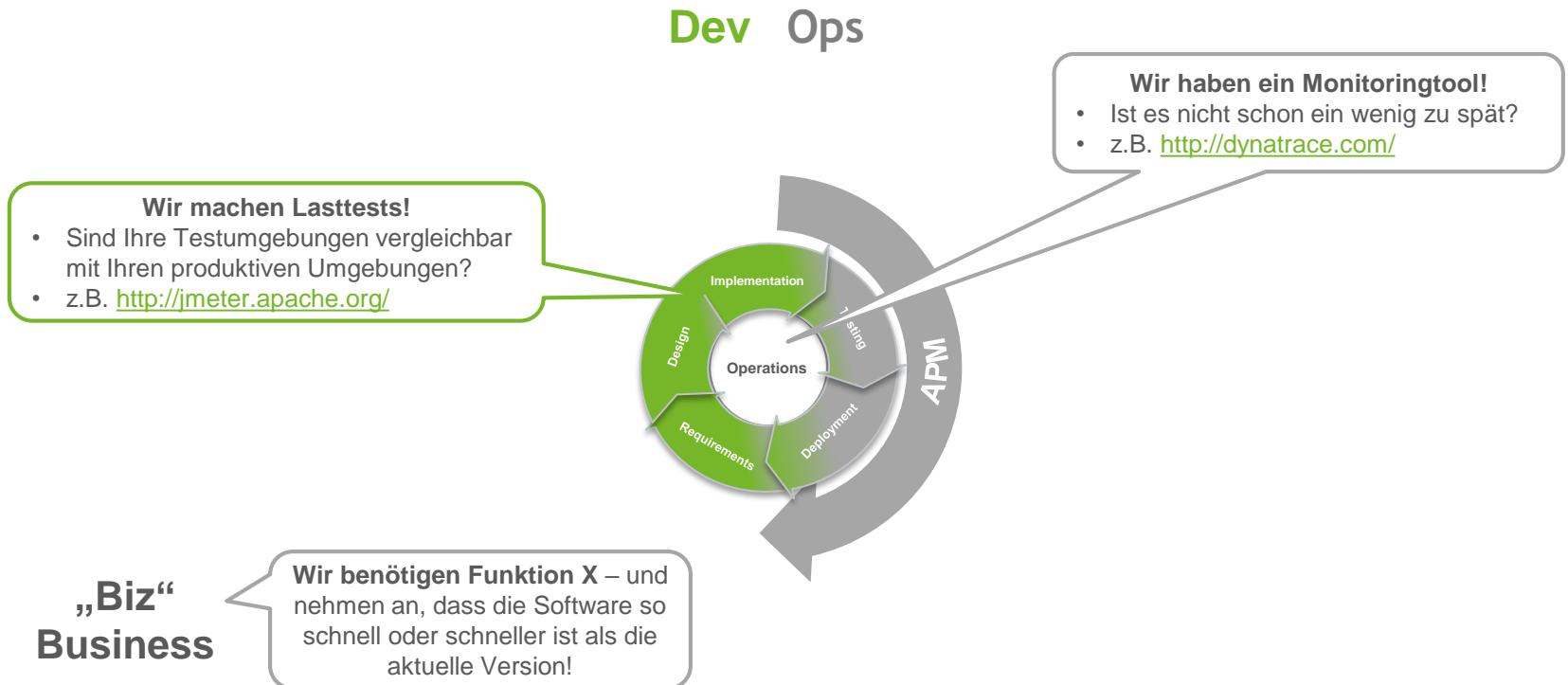
- Wir machen Lasttests!**
- Sind Ihre Testumgebungen vergleichbar mit Ihren produktiven Umgebungen?
  - z.B. <http://jmeter.apache.org/>



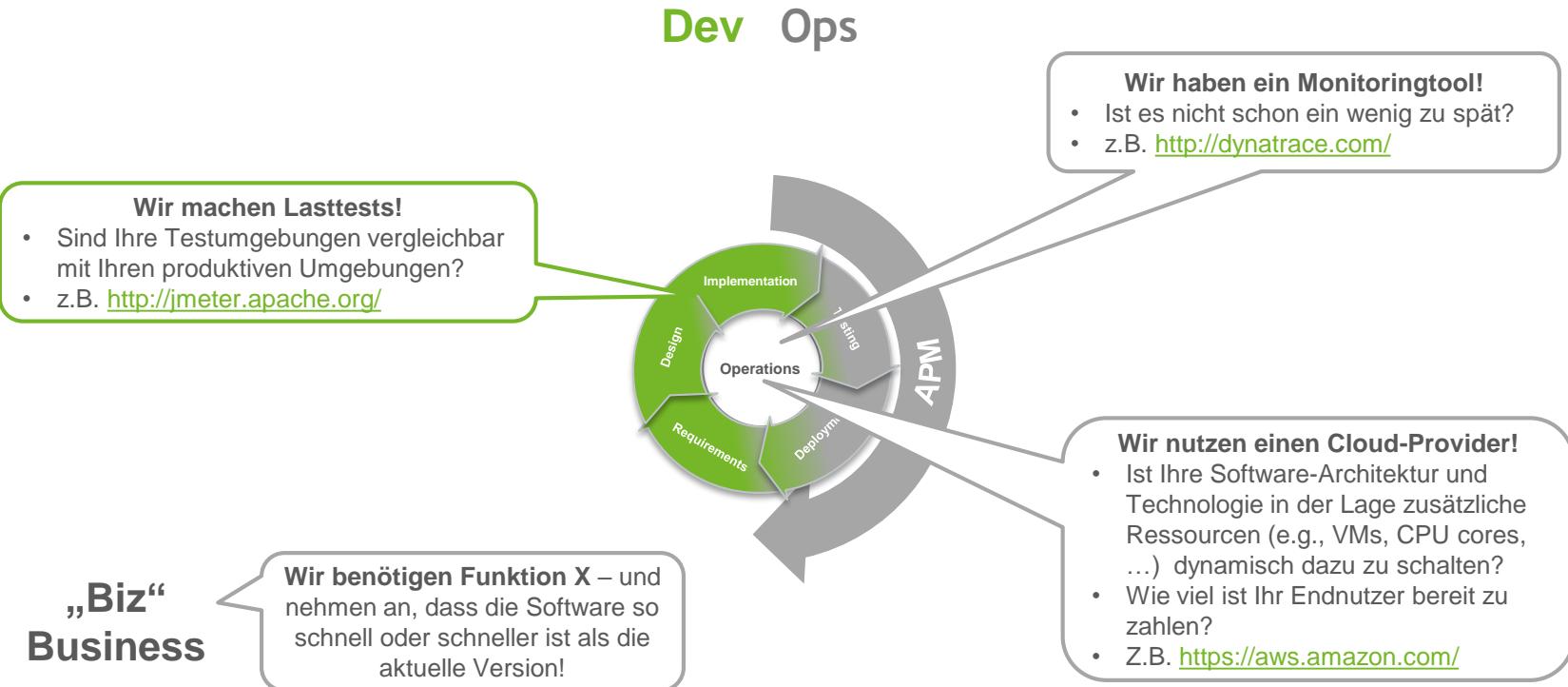
„Biz“  
Business

**Wir benötigen Funktion X – und nehmen an, dass die Software so schnell oder schneller ist als die aktuelle Version!**

# Software Performance in DevOps – Praxis



# Software Performance in DevOps – Praxis



# Software Performance in DevOps – Forschung

---

Dev Ops



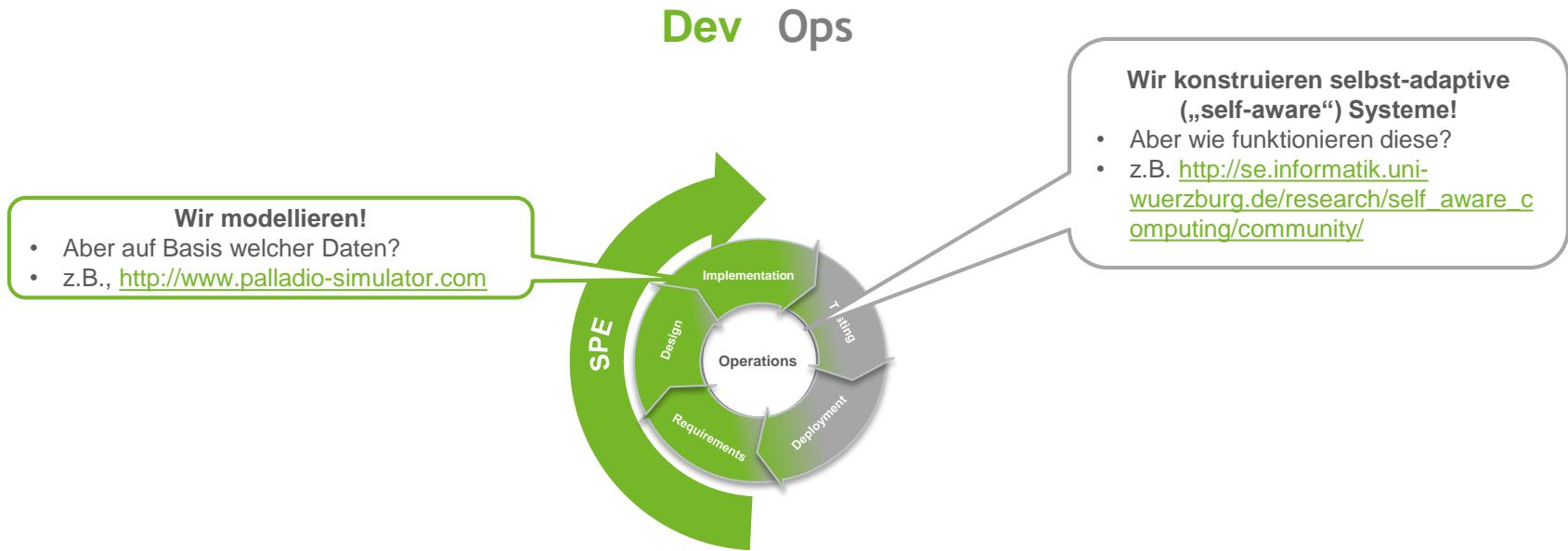
# Software Performance in DevOps – Forschung

Dev Ops

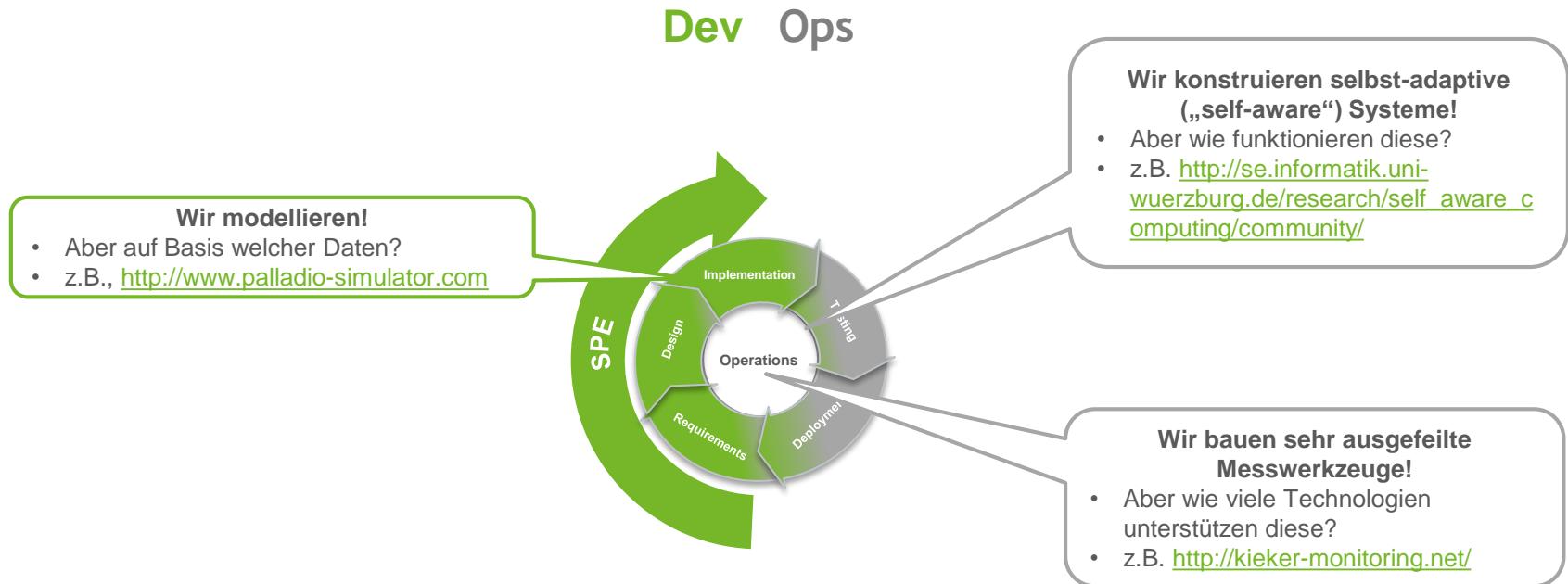
- Wir modellieren!**
- Aber auf Basis welcher Daten?
  - z.B., <http://www.palladio-simulator.com>



# Software Performance in DevOps – Forschung



# Software Performance in DevOps – Forschung



# Software Performance in DevOps

---



**Praxis:**  
“Graben im Vergangenen”

**vs.**



**Forschung:**  
“Vorhersagen von  
Änderungen”

# Software Performance in DevOps

---



Gemeinsamer  
Nenner?

# Software Performance in DevOps

---

Dev Ops

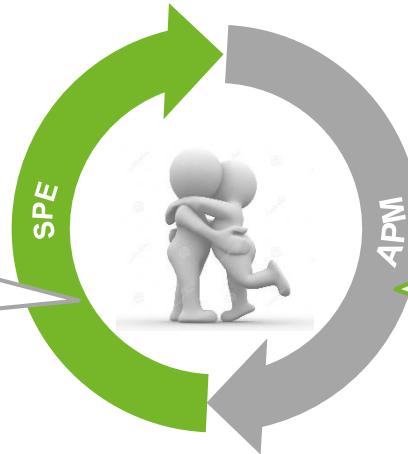


# Software Performance in DevOps



# Software Performance in DevOps

Dev Ops



Nutzung von Messdaten aus der Produktion um Performance-Modelle zu erstellen und Wissen zu teilen.

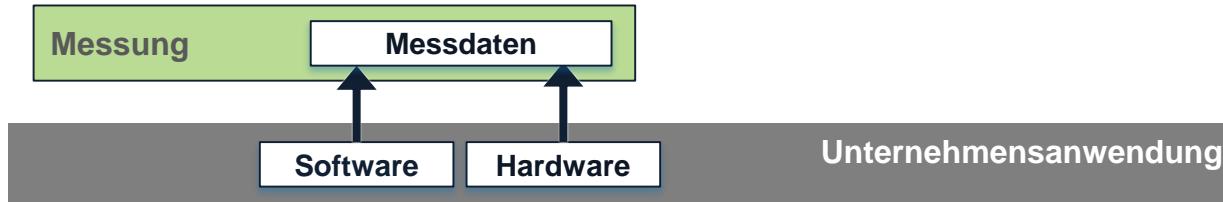
Nutzung von Performance-Modellen die in der Entwicklung erstellt wurden.

# Performance-Modellierung – Wieso?

---

Performance-Messdaten erlauben es...

- ... die aktuelle Anwendungs-Performance zu evaluieren.
- ... historische Performance-Daten zu analysieren.

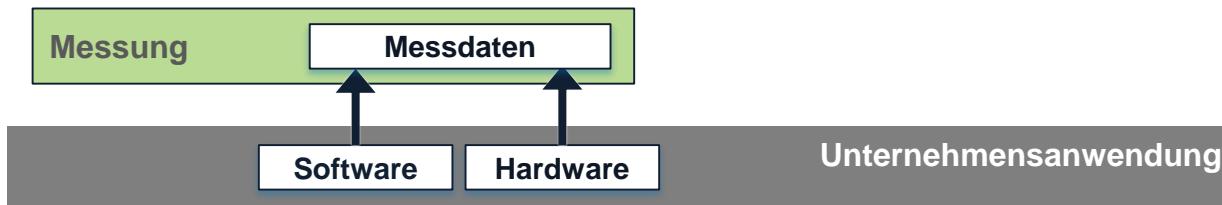


# Performance-Modellierung – Wieso?

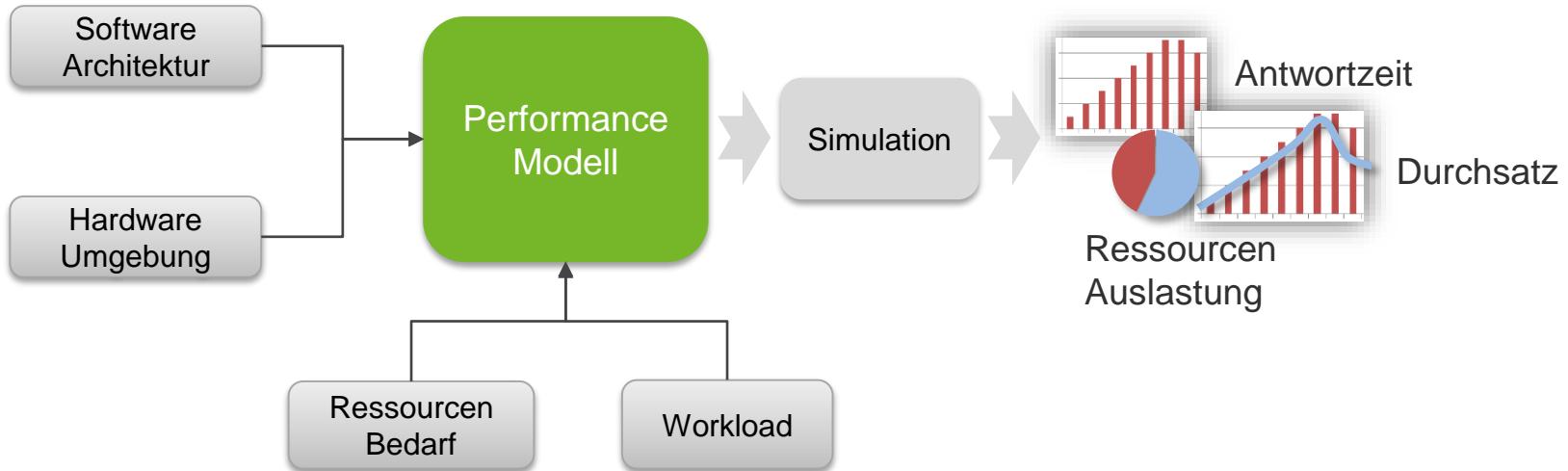


Was passiert wenn...

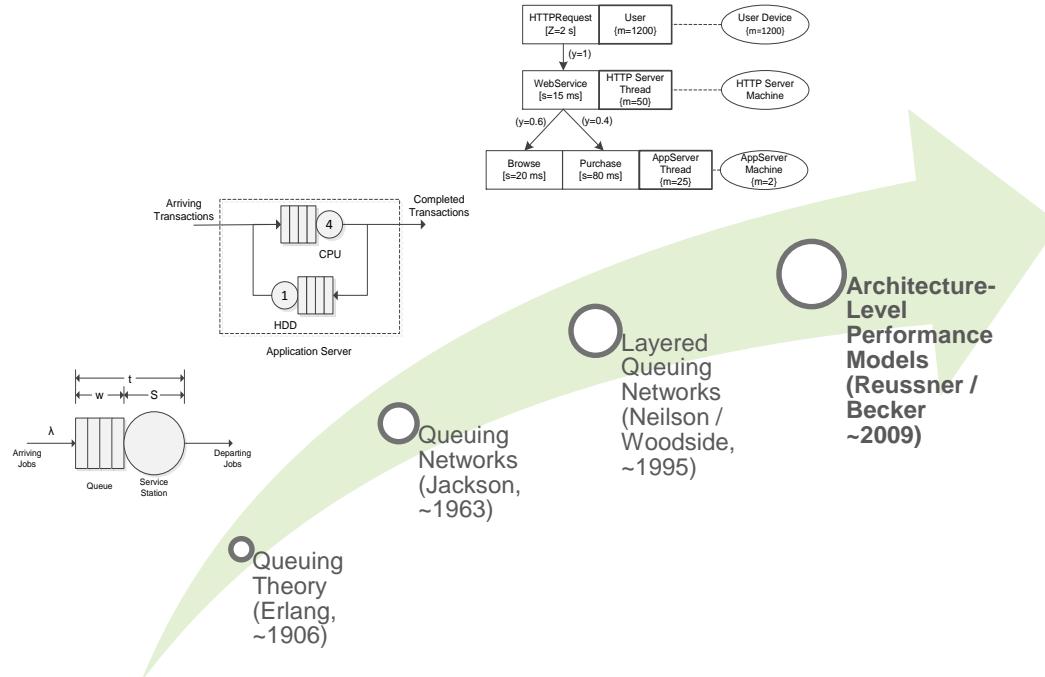
- ... die Deployment-Topology geändert wird?
- ... sich das Betriebsmodell ändert (z.B. SaaS vs. On-Premise)?
- ... der Workload sich ändert?
- ... die Anzahl der CPU Kerne reduziert wird?



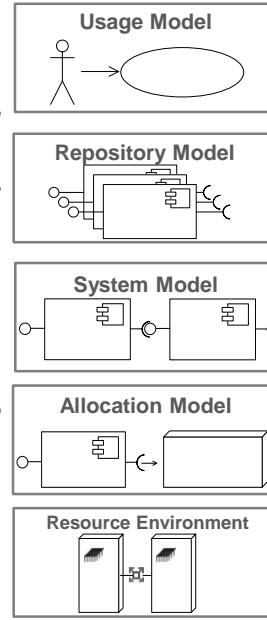
# Performance-Modellierung



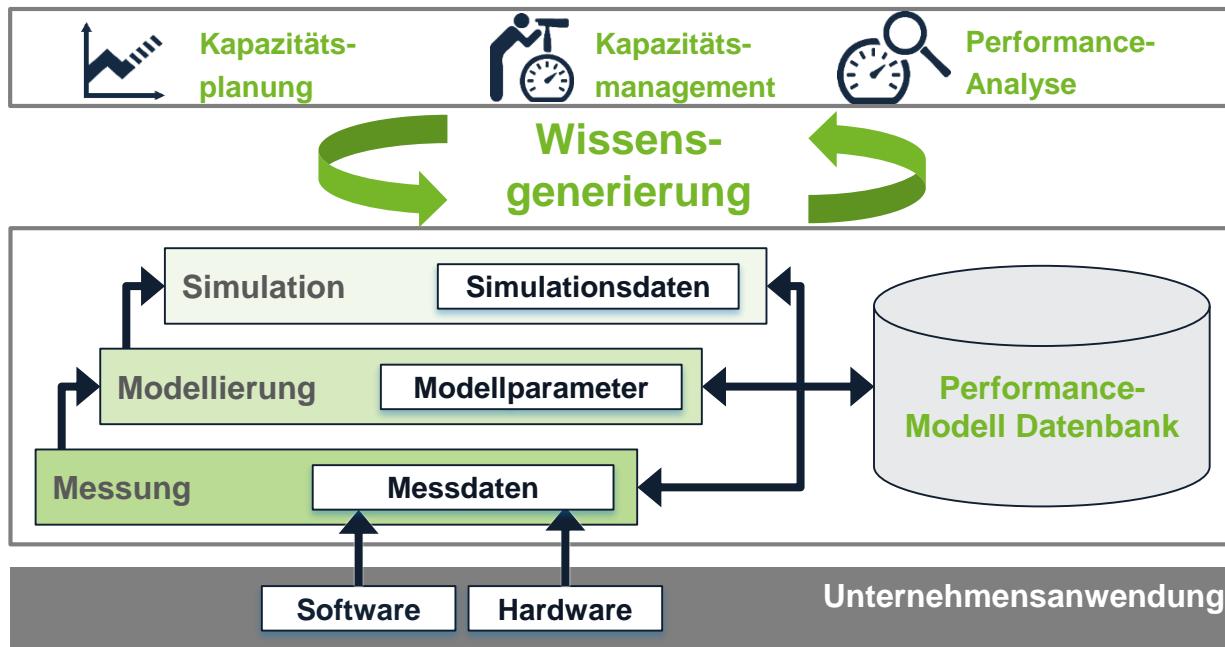
# Performance-Modellierung – Historie



Palladio Component Model (PCM)



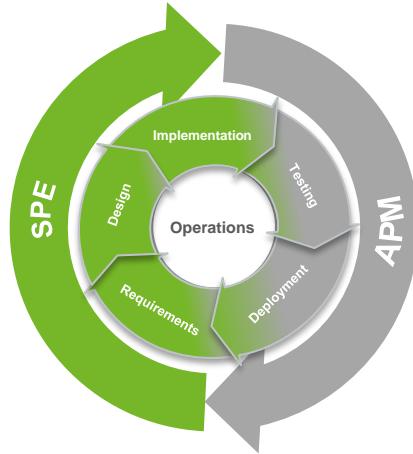
# Wie?



# Software Performance in DevOps

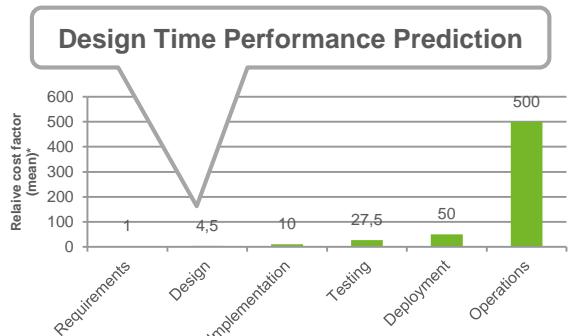
---

Dev Ops



# Software Performance in DevOps

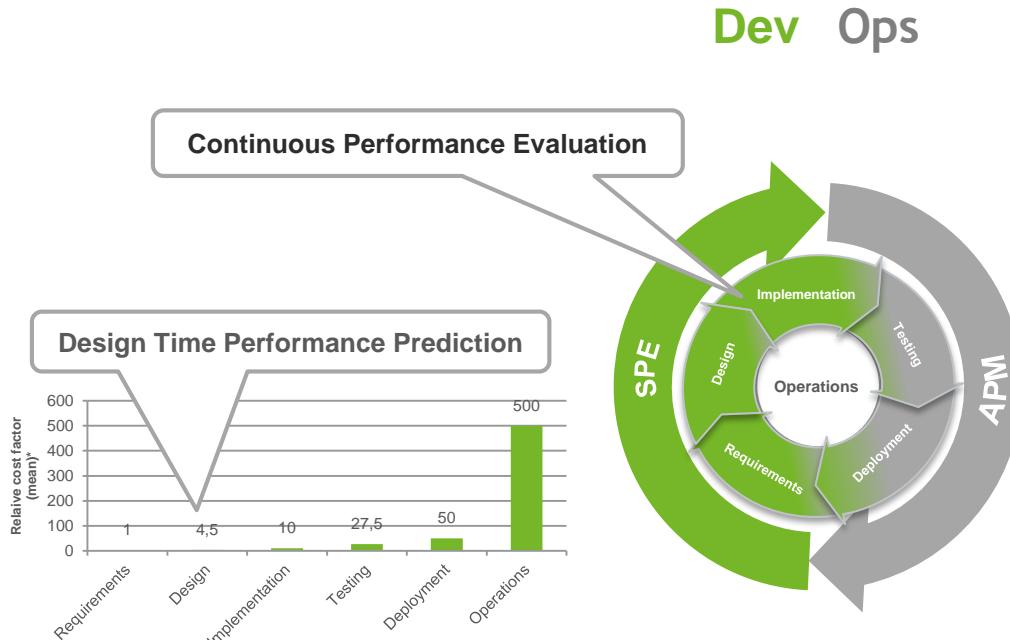
Dev Ops



Source: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100036670.pdf>  
\*The cost factor for fixing a performance-related problem is normalized in the different phases relative to the cost of fixing a defect in the requirements phase.



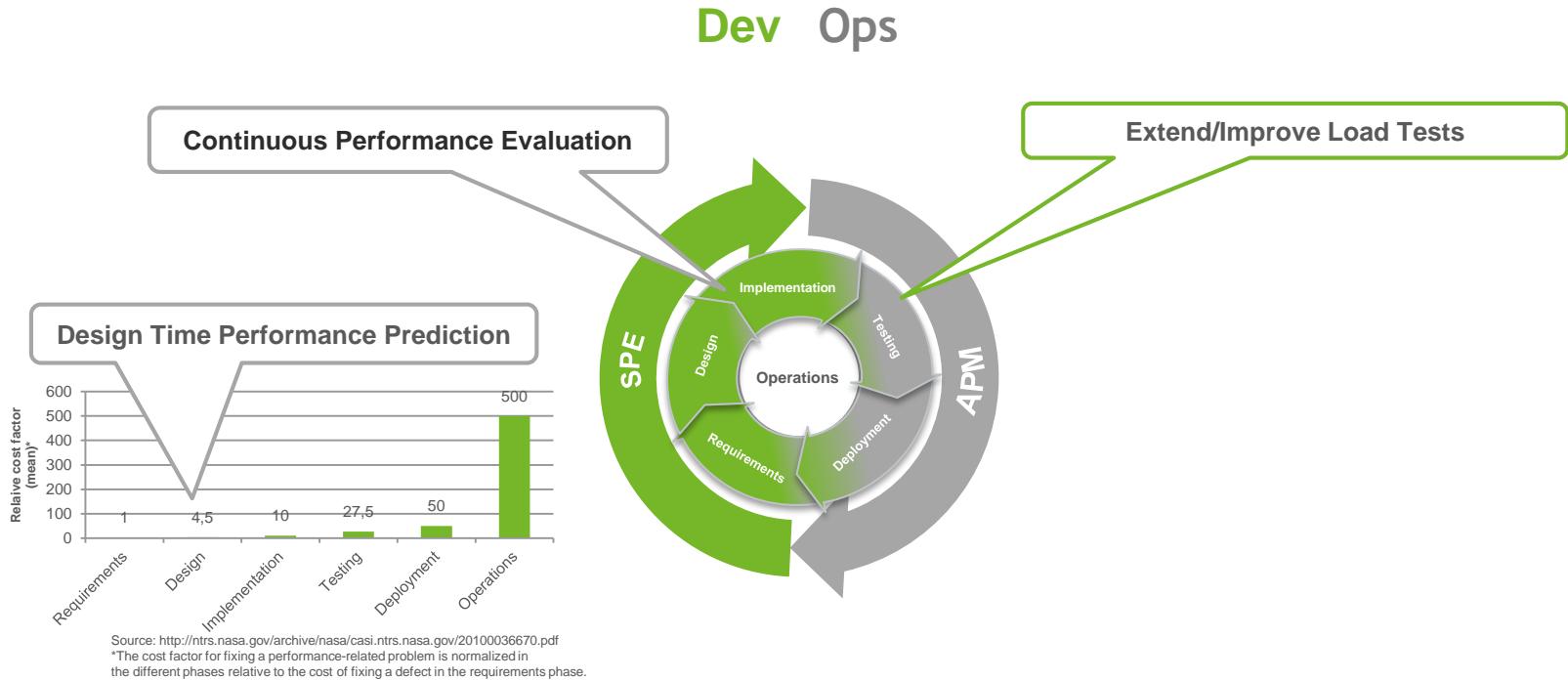
# Software Performance in DevOps



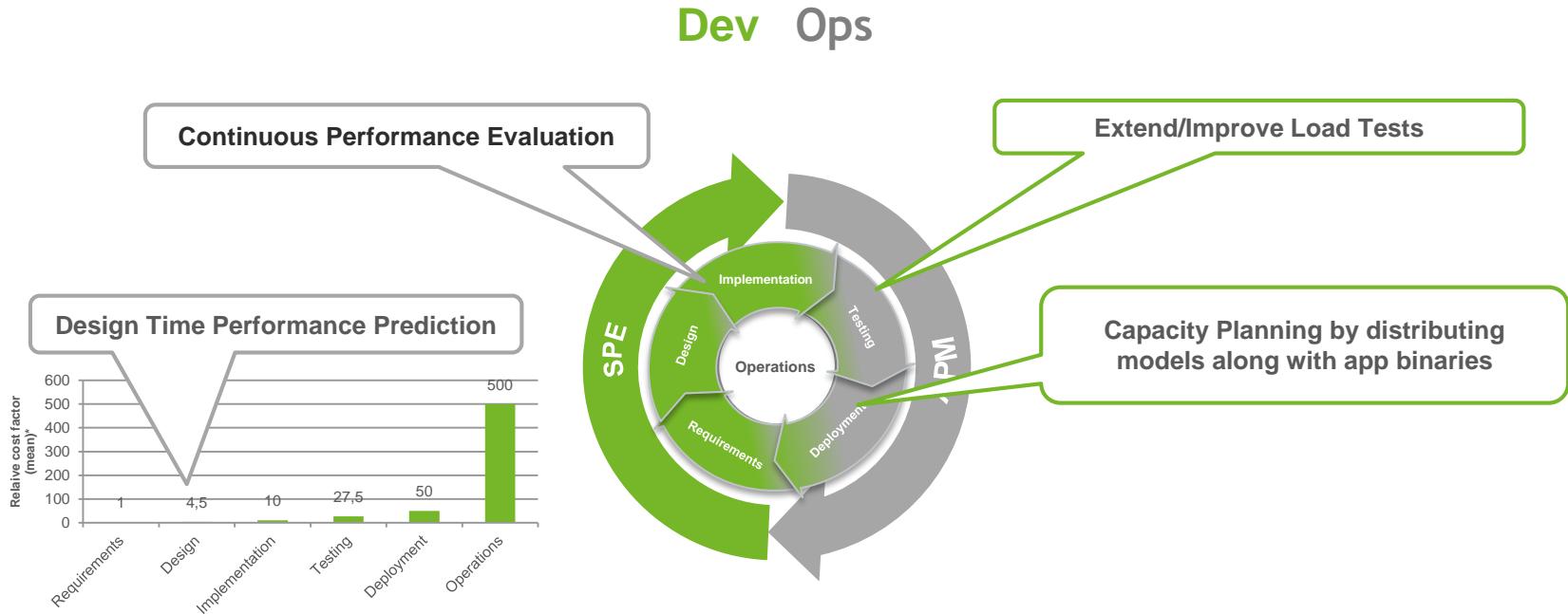
Source: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100036670.pdf>

\*The cost factor for fixing a performance-related problem is normalized in the different phases relative to the cost of fixing a defect in the requirements phase.

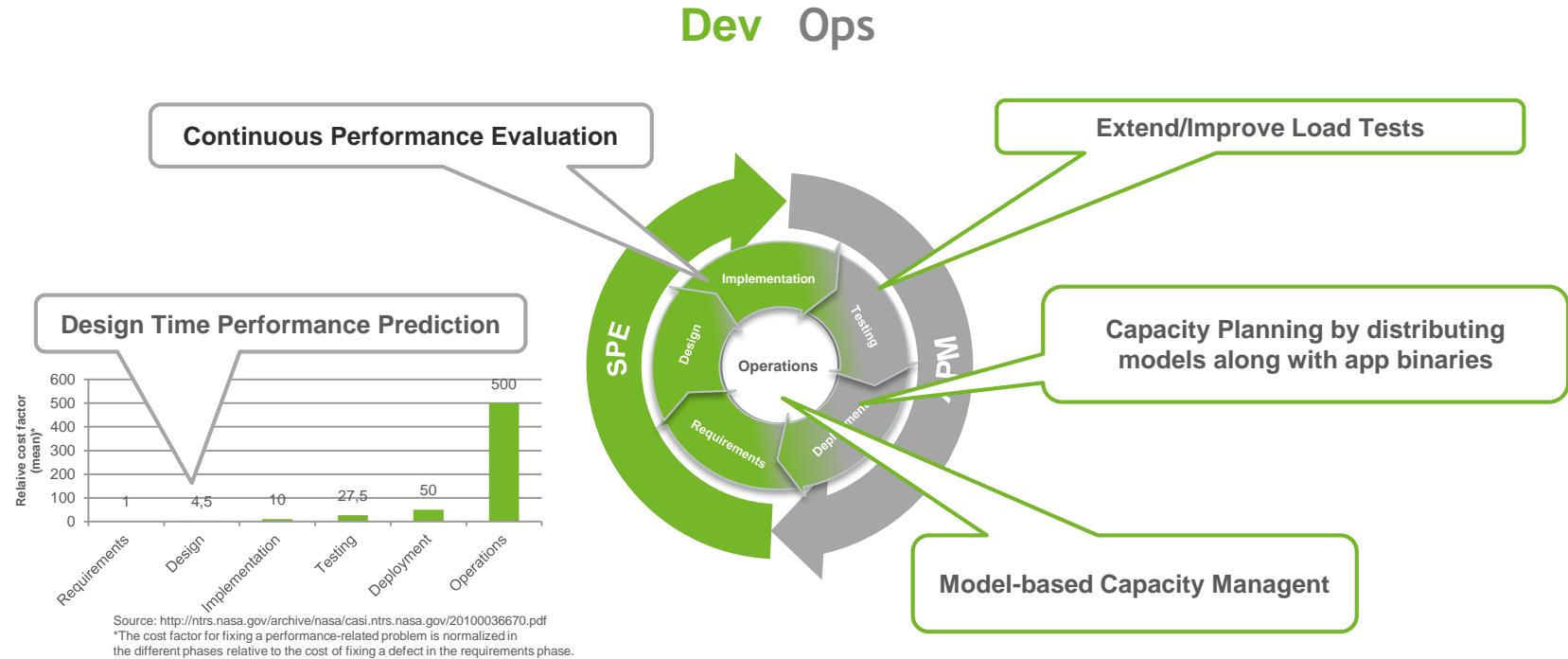
# Software Performance in DevOps



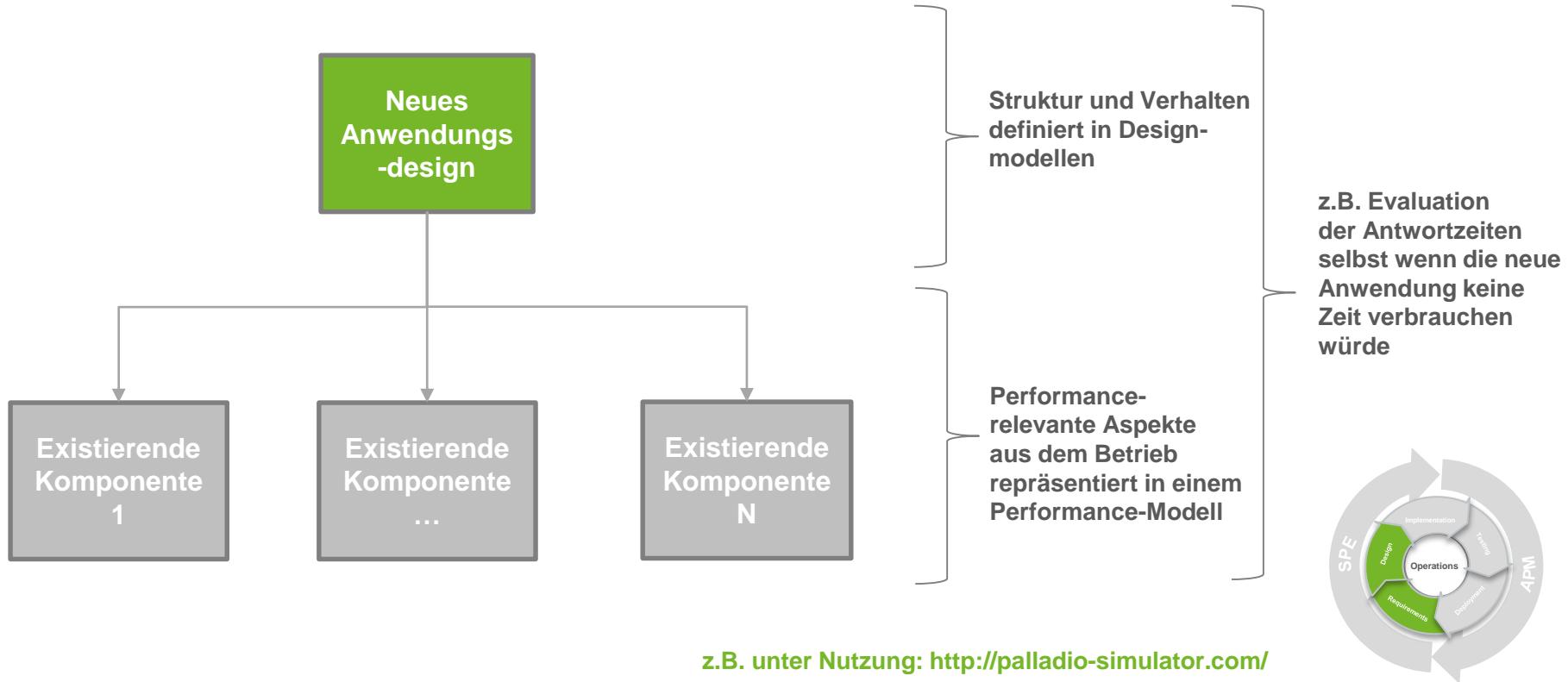
# Software Performance in DevOps



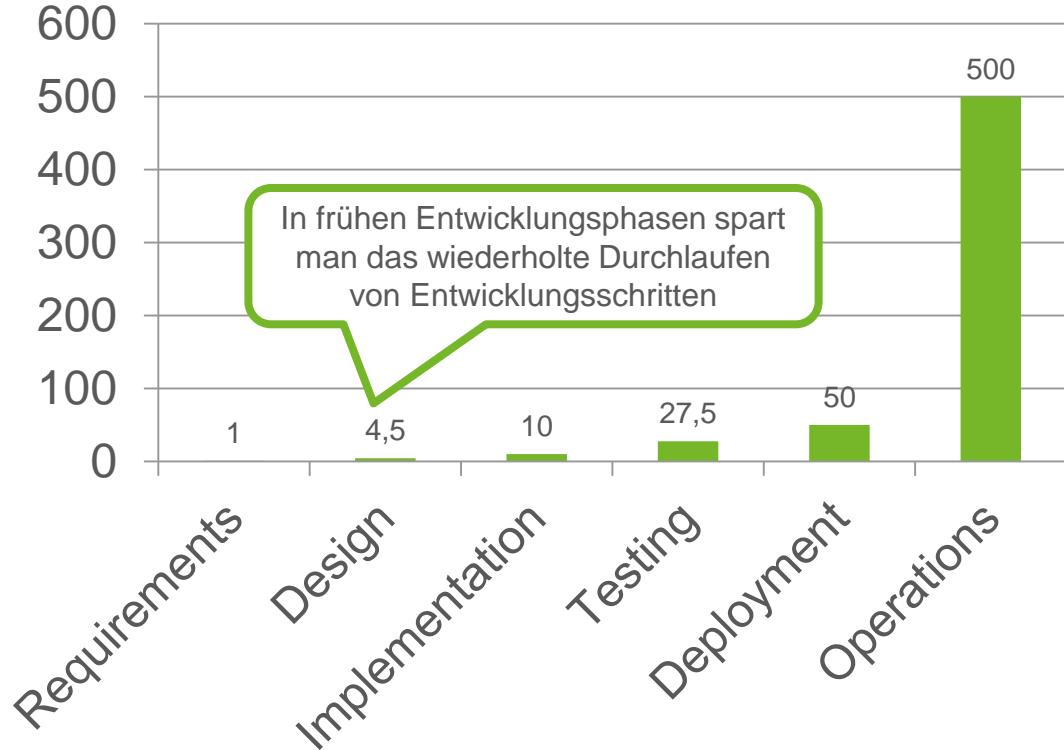
# Software Performance in DevOps



# Einsatzfelder – Design Time Performance Prediction



# Einsatzfelder – Design Time Performance Prediction



- Relative Kosten um Performance Probleme zu beheben



Source: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100036670.pdf>

# Einsatzbeispiel - Design Time Predictions

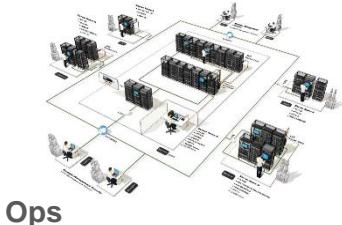


- **Service-Konsumenten:**
  - Prozessorientierte User Interfaces
  - Orchestriert mit einer BPM Engine

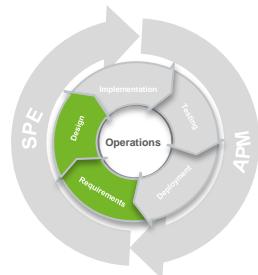


Enterprise Service Bus (ESB)

- **Service-Anbieter:**
  - Datenquellen und Anwendungsdienste



A. Brunnert; A. Danciu; C. Vögele; D. Tertilt; H. Krcmar: "Integrating the Palladio-Bench into the Software Development Process of a SOA Project." In: Symposium on Software Performance Joint Kieker/Palladio Days 2013, Karlsruhe, Germany, p. 30-38.



# Einsatzbeispiel - Design Time Predictions

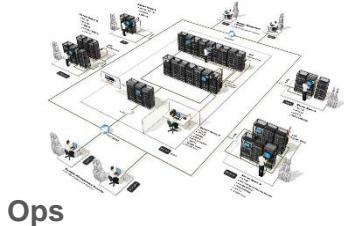


- **Service-Konsumenten:**
  - Prozessorientierte User Interfaces
  - Orchestriert mit einer BPM Engine

- Was passiert wenn wir einen neuen Business Prozess einführen oder optimieren?
- Können erforderliche KPIs des Business Prozesses eingehalten werden?
- Was kostet es, die Systemperformance zu steigern um die KPIs des Businessprozesses zu gewährleisten?



Dev



- **Service-Anbieter:**
  - Datenquellen und Anwendungsdienste



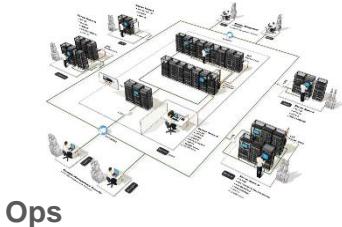
# Einsatzbeispiel - Design Time Predictions



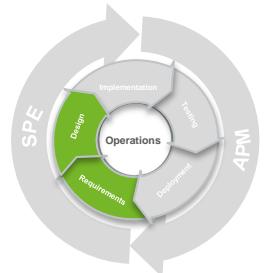
- **Service-Konsumenten:**
  - Prozessorientierte User Interfaces
  - Orchestriert mit einer BPM Engine



- Können wir die gewünschte Performance erreichen und die KPIs mit den bestehenden SLAs gewährleisten?
- Welche Services müssen zunächst optimiert werden um die Ziele des Businesses zu erreichen?
- Müssen wir die SLAs mit mehreren Service-Anbietern anpassen oder sollen wir die SLAs mit wenigen Anbietern verschärfen?



- **Service-Anbieter:**
  - Datenquellen und Anwendungsdienste

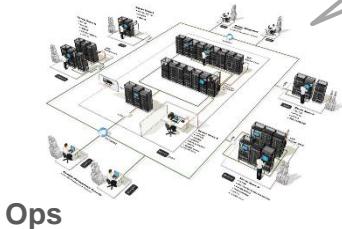


# Einsatzbeispiel - Design Time Predictions

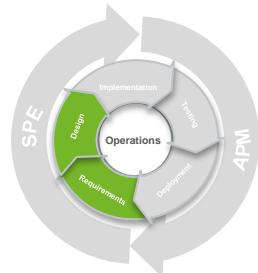


- **Service-Konsumenten:**
  - Prozessorientierte User Interfaces
  - Orchestriert mit einer BPM Engine

- Wieviel Last wird ein neuer oder zusätzlicher Business Prozess erzeugen?
- Werden die bestehenden Systeme in der Lage sein, die Last zu bewältigen?
- Müssen wir unsere Kapazitäten erhöhen?
- Wer bezahlt die zusätzlichen Kapazitäten?



- **Service-Anbieter:**
  - Datenquellen und Anwendungsdienste



# Einsatzbeispiel - Design Time Predictions



- **Service-Konsumenten:**
  - Prozessorientierte User Interfaces
  - Orchestriert mit einer BPM Engine

Business  
Prozess  
Beschreibung

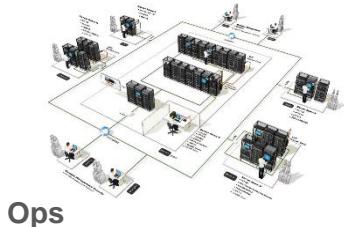
APM Data



Software  
Designs für  
neue Prozesse



Dev



- **Service-Anbieter:**
  - Datenquellen und Anwendungsdienste



# Einsatzbeispiel - Design Time Predictions



- **Service-Konsumenten:**
  - Prozessorientierte User Interfaces
  - Orchestriert mit einer BPM Engine

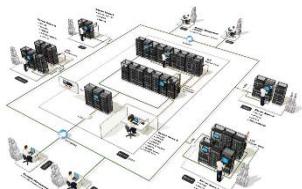
• Die KPIs des Business Prozesses können erreicht werden. Die Kosten dafür sind ...!

- Die Systemlast wird um X% steigen!
- Es müssen X neue Server angeschafft werden.

- **Service-Anbieter:**
  - Datenquellen und Anwendungsdienste



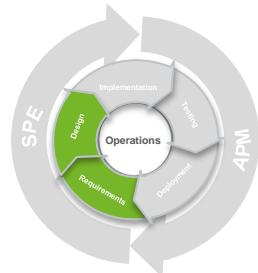
- Wir müssen mit Provider XYZ sprechen!



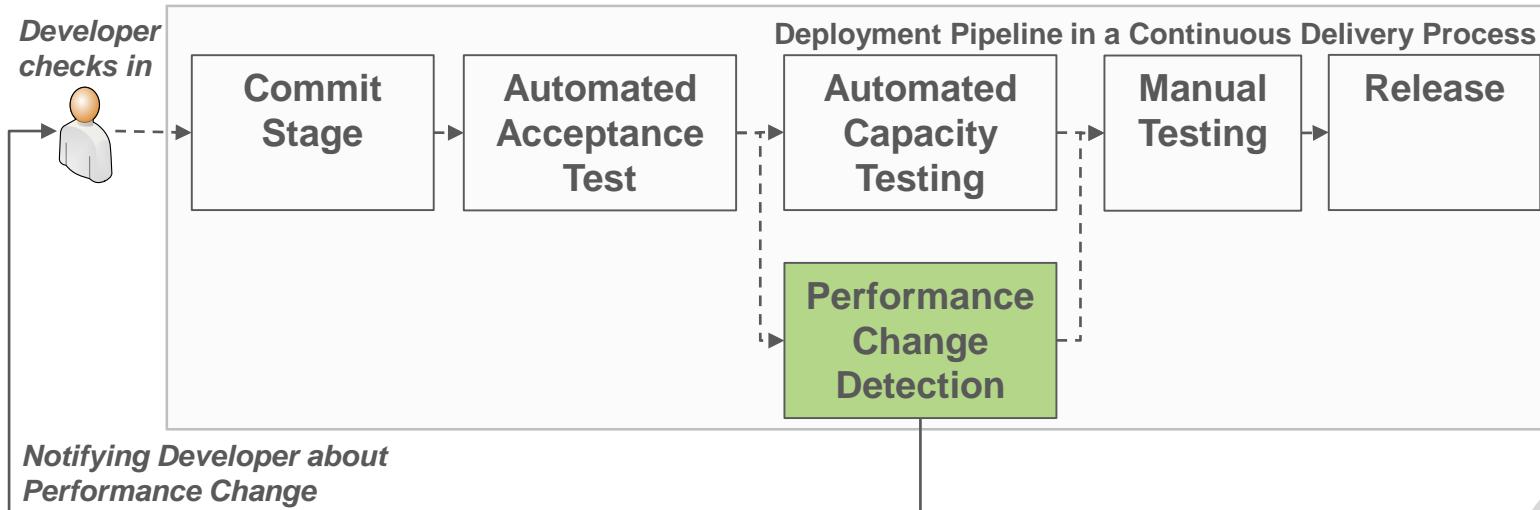
Ops



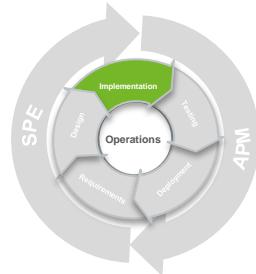
Dev



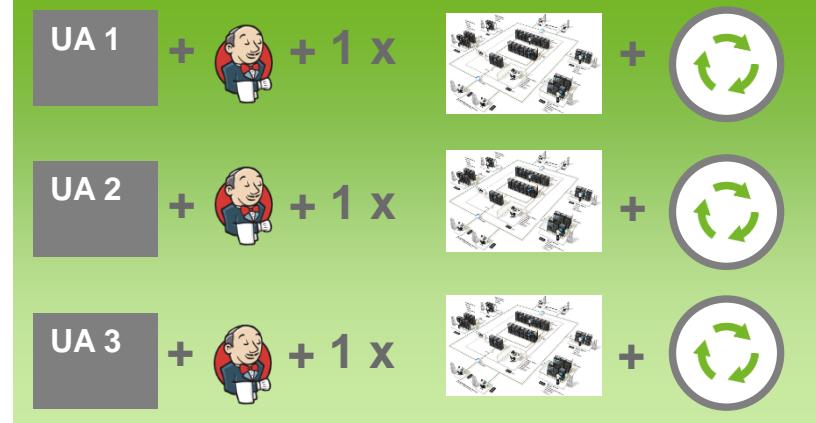
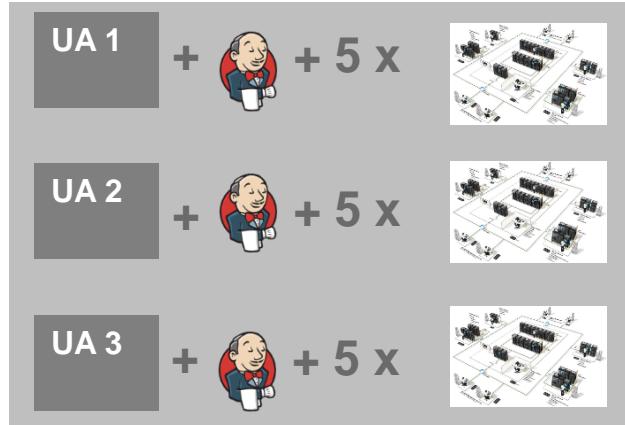
# Einsatzfelder - Continuous Performance Evaluation



A. Brunnert, H. Krcmar (2015): „Continuous Performance Evaluation and Capacity Planning Using Resource Profiles for Enterprise Applications“ Journal of Systems and Software, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2015.08.030>.



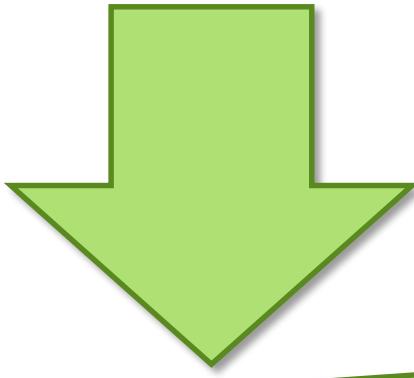
# Einsatzbeispiel - Continuous Performance Eval.



- Kunde hat 3 geschäftskritische Unternehmensanwendungen(UA)
- 5 unterschiedliche Last- und Hardware Szenarien je UA

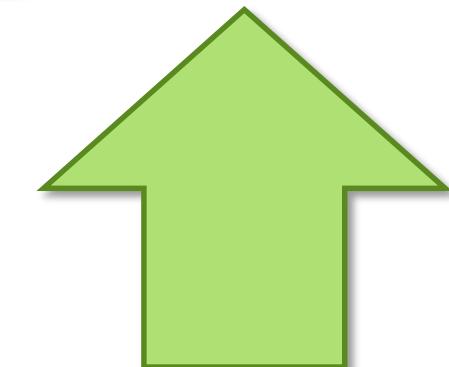


# Einsatzfelder – Erweiterung L&P-Tests



## Repräsentativität

- Testabdeckung
- Aufdeckung von Bottlenecks

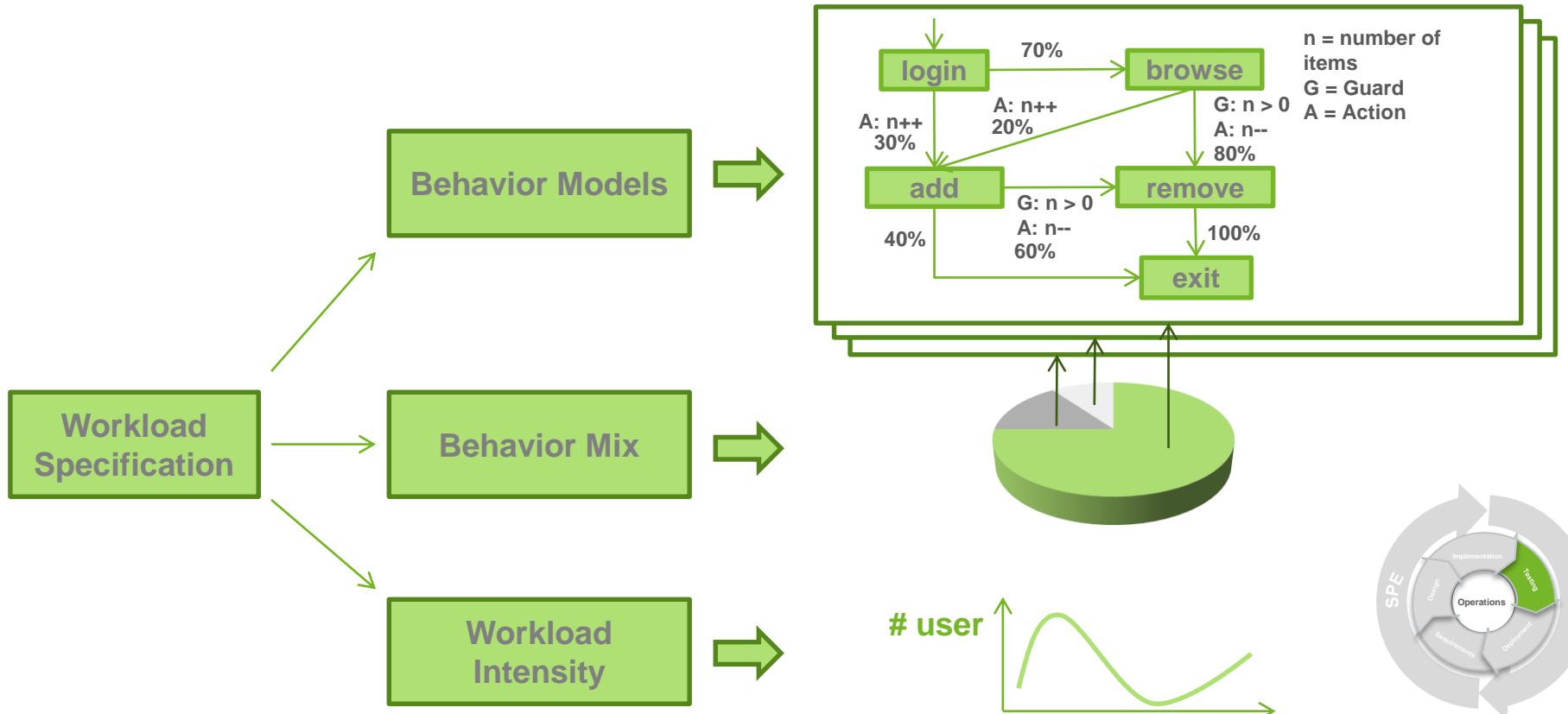


## Testaufwand

- Spezifikation/Wartung/Ausführung von Testskripten
- Identifikation und Erstellung von Testdaten
- Begrenzte Zeit und (HW-/SW-)Ressourcen

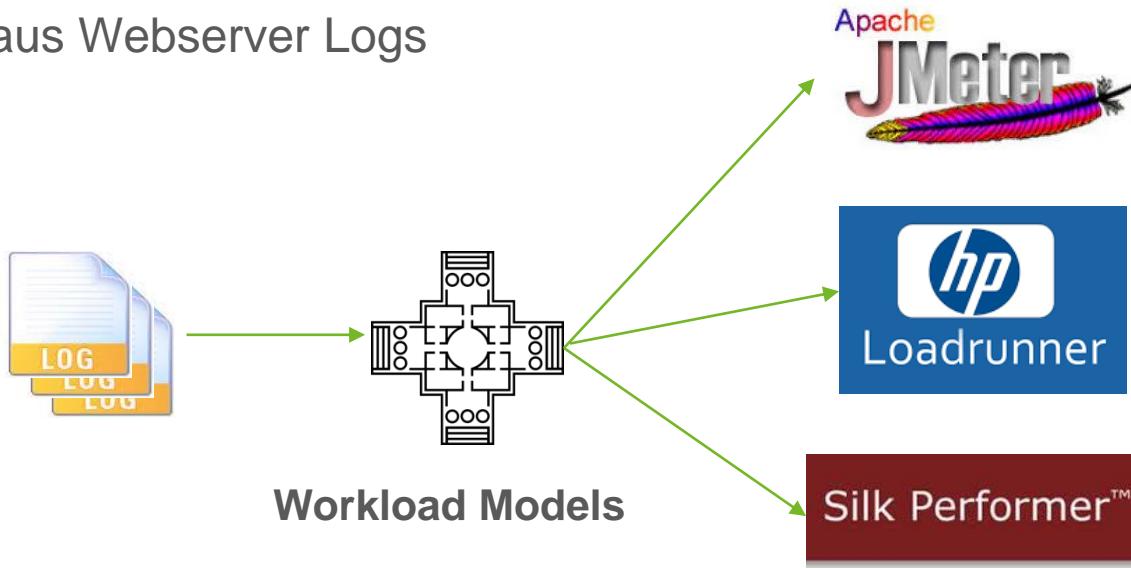


# Einsatzfelder – Erweiterung L&P-Tests



# Einsatzfelder – Was soll man eigentlich testen?

- Extraktion von Behavior Models und Mix aus Webserver Logs



• C. Vögele; A. Brunnert; A. Danciu; D. Tertilt; H. Krcmar: "Using Performance Models to Support Load Testing in a Large SOA Environment." In: Proceedings of the International Workshop on Large-Scale Testing (LT) Co-Located with the International Conference on Performance Engineering, ICPE '14, Dublin

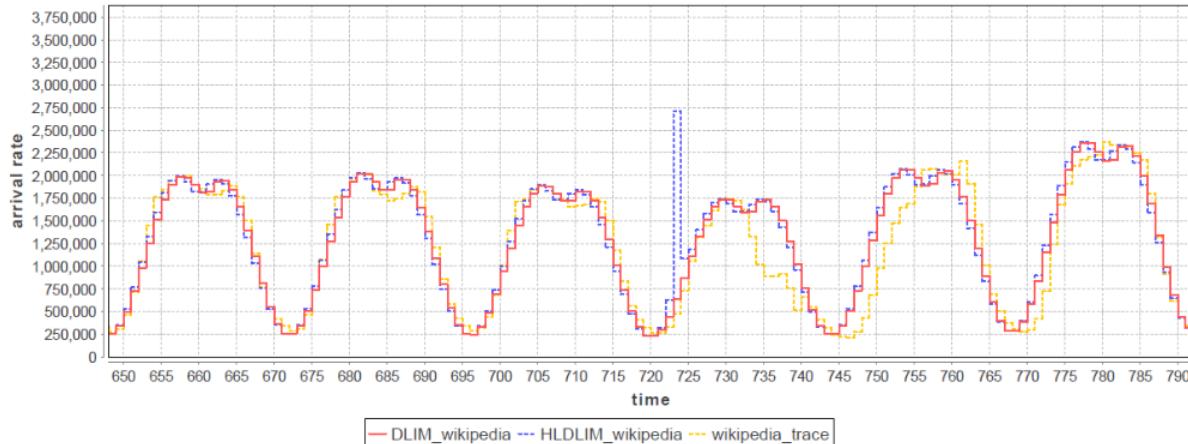
<https://github.com/Wessbas/>

<https://www.se.informatik.uni-kiel.de/en/research/projects/markov4jmeter>



# Einsatzfelder – Extraktion von Lastprofilen

- Extraktion von Workload Intensity aus Webserver Logs
- Nutzung in JMeter für Lasttests
- Nutzung des Behaviour Mix als Markov-Modell

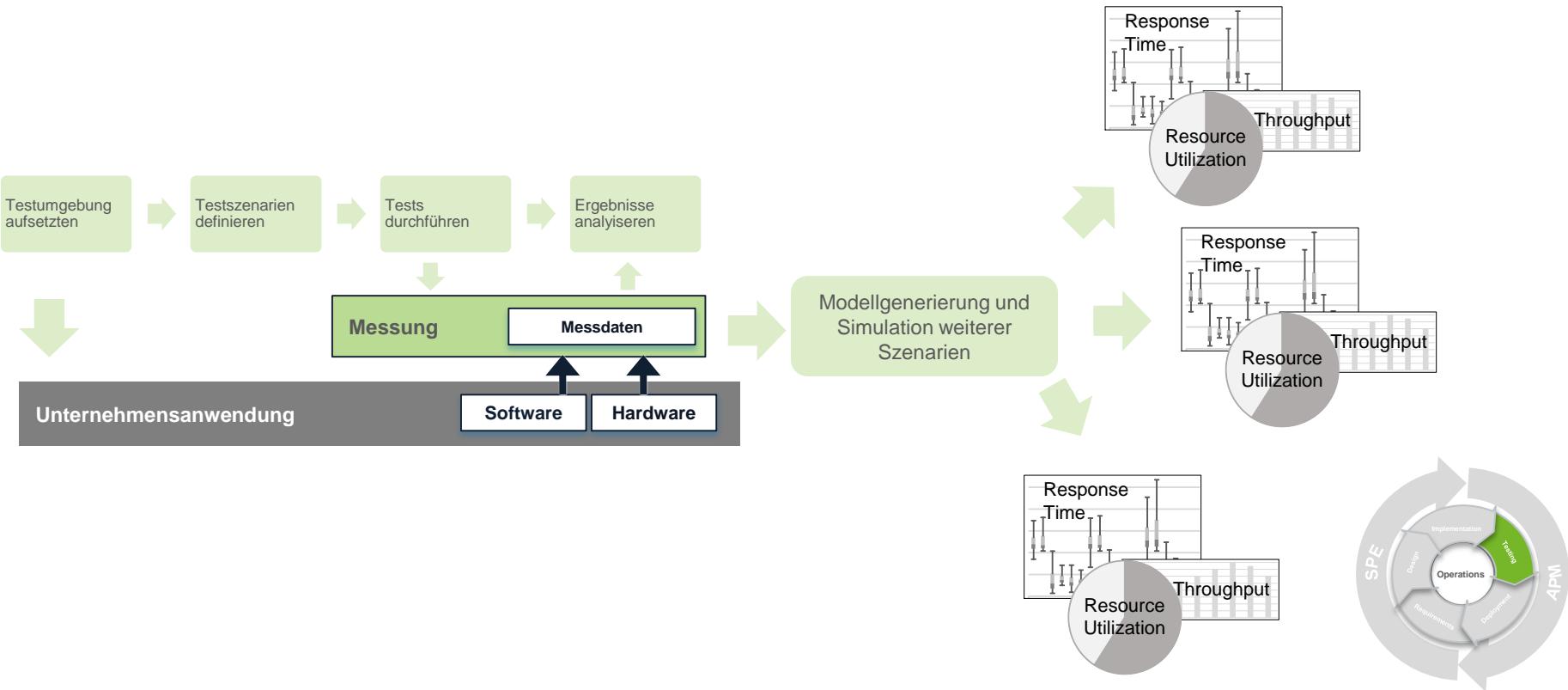


<http://se.informatik.uni-wuerzburg.de/tools/limbo/>

<https://github.com/andreaswe/JMeterTimestampTimer>

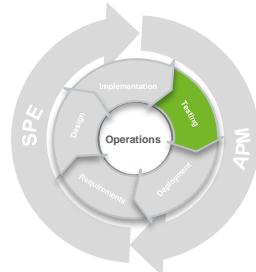
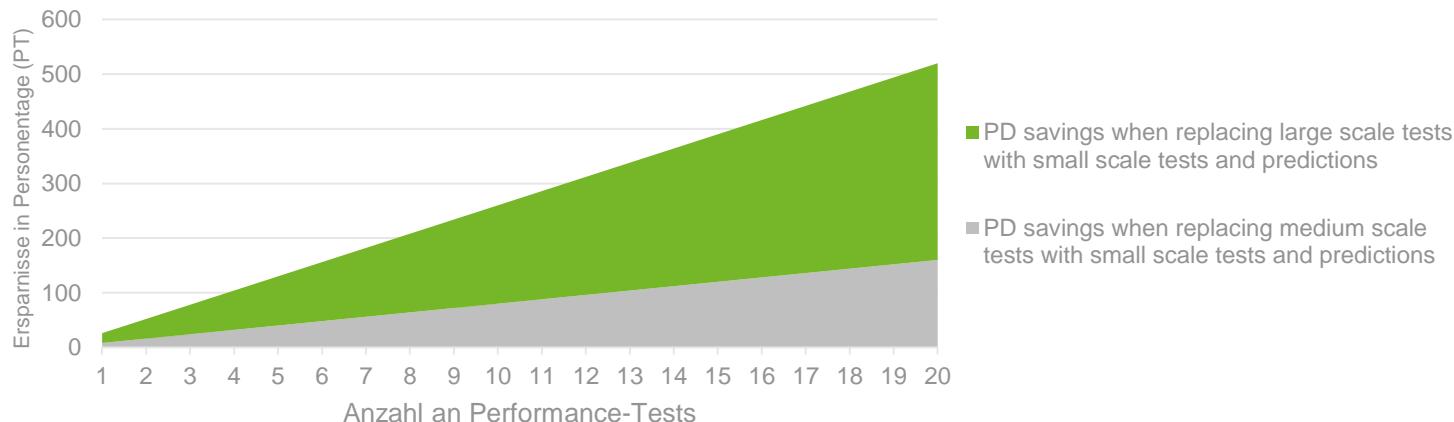


# Einsatzfelder – Integration Lasttests / Simulationen

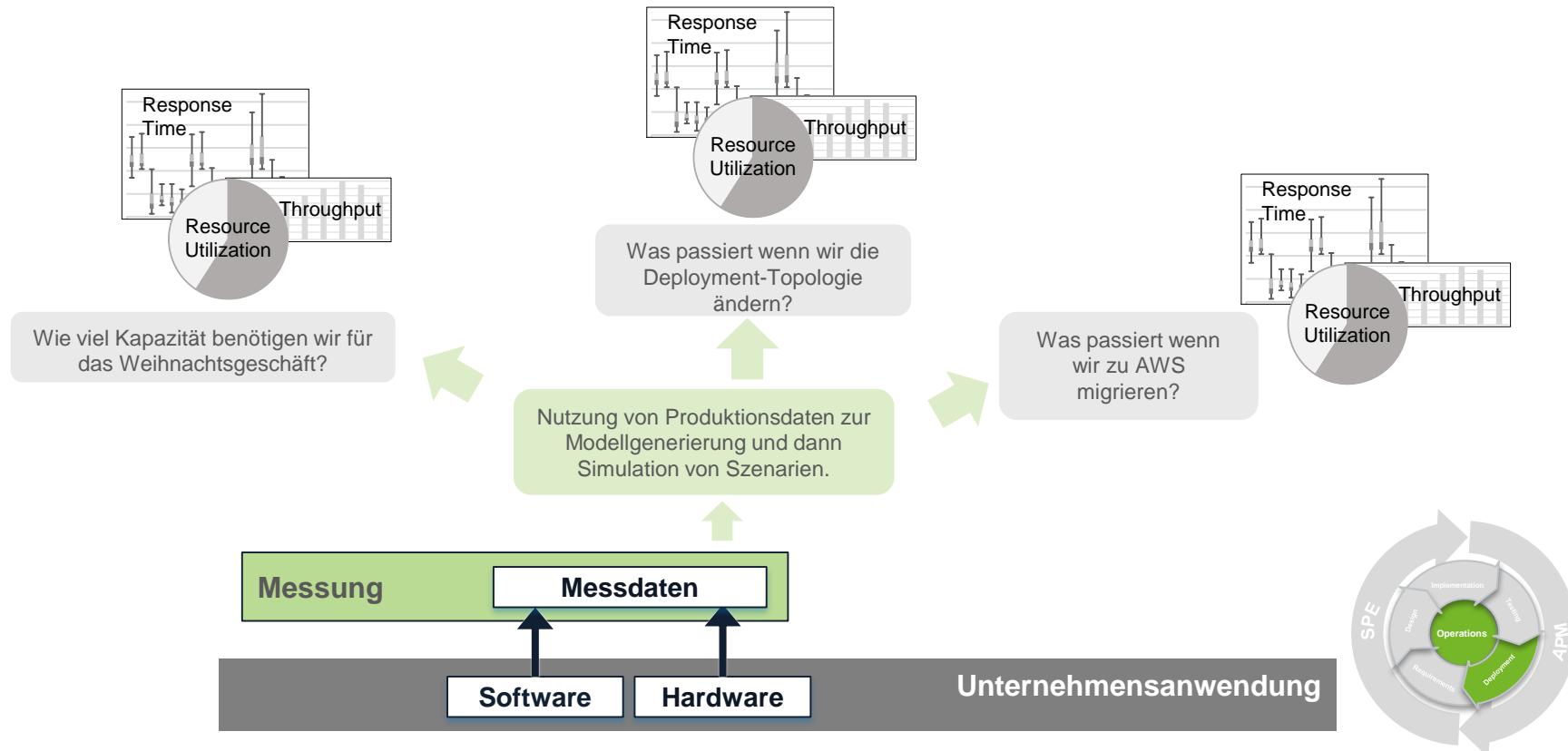


# Einsatzbeispiel – Integration Lasttests / Sim.

- Kundenbeispiel für Aufwandsreduktion (Bank)
  - Lasttestaufwand (Skripterstellung, Testsetup, -ausführung und -analyse):
    - Klein: 13 Personentage (PT), Mittel: 23 PT, Groß: 41 PT
  - Ersetzen eines mittleren oder großen Tests durch Performance-Simulationen spart zwischen 8 und 26 PT (Annahme: 2 PT für Modellierung und Simulation)

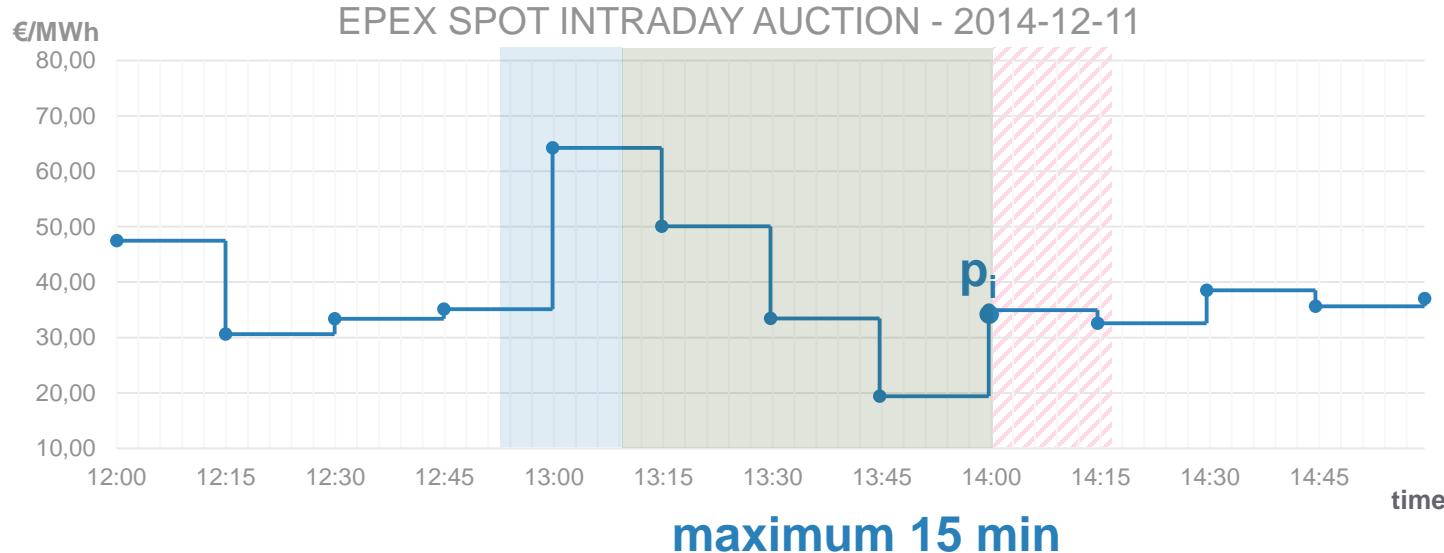


# Einsatzfelder – Kapazitätsplanung

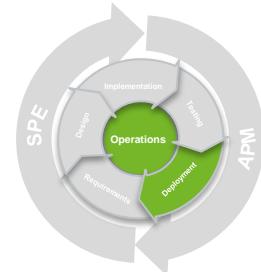


# Einsatzbeispiel – Model-basiertes Kap.Mgmt.

- ✓ Kapazitätsplanung für Smart Grid Kontrollsysteem von Millionen Haushalten



J. Kroß; A. Brunnert; C. Prehofer; T. Runkler; H. Krcmar: „Model-based Performance Evaluation of Large-Scale Smart Metering Architectures.“ In Proceedings of the International Workshop on Large-Scale Testing (LT) Co-Located with the International Conference on Performance Engineering (ICPE), February 1, 2015, Austin, TX, USA



# Zusammenfassung

---

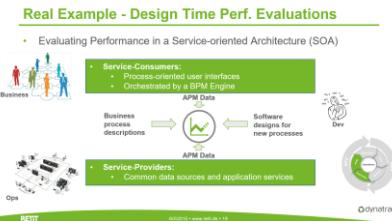
- Was haben wir heute gelernt?
  - Die Integration von mess- und modellbasierten Performance-Evaluationsansätzen aus Forschung und Praxis...

# Zusammenfassung

---

- Was haben wir heute gelernt?
  - Die Integration von mess- und modellbasierten Performance-Evaluationsansätzen aus Forschung und Praxis...

✓ Verbessert die Zusammenarbeit



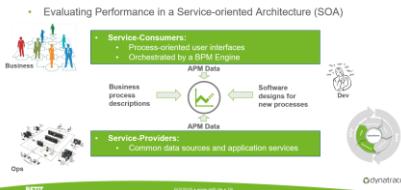
...durch die Integration mehrerer Datenquellen.

# Zusammenfassung

- Was haben wir heute gelernt?
  - Die Integration von mess- und modellbasierten Performance-Evaluationsansätzen aus Forschung und Praxis...

✓ Verbessert die Zusammenarbeit

## Real Example - Design Time Perf. Evaluations



...durch die Integration mehrerer Datenquellen.

✓ Erhöht die Performance-Awareness

## Use Cases – Model-based Evaluations in CD

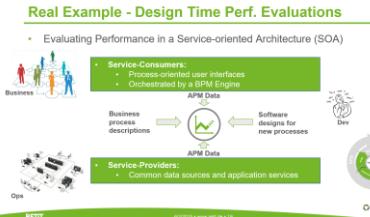


... durch das direkte Feedback während der Entwicklung.

# Zusammenfassung

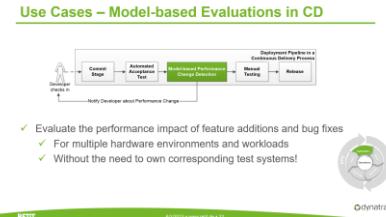
- Was haben wir heute gelernt?
  - Die Integration von mess- und modellbasierten Performance-Evaluationsansätzen aus Forschung und Praxis...

✓ Verbessert die Zusammenarbeit



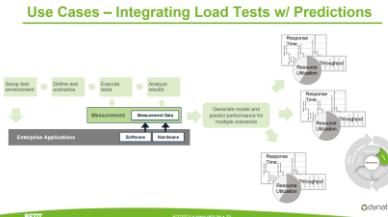
...durch die Integration mehrerer Datenquellen.

✓ Erhöht die Performance-Awareness



... durch das direkte Feedback während der Entwicklung.

✓ Erhöht die Testabdeckung

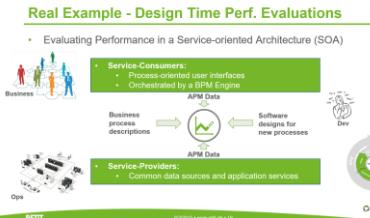


... da mehr Workloadszenarien und Hardwareumgebungen getestet werden können..

# Zusammenfassung

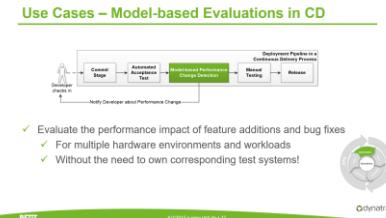
- Was haben wir heute gelernt?
  - Die Integration von mess- und modellbasierten Performance-Evaluationsansätzen aus Forschung und Praxis...

## ✓ Verbessert die Zusammenarbeit



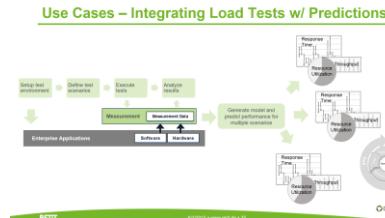
...durch die Integration mehrerer Datenquellen.

## ✓ Erhöht die Performance-Awareness



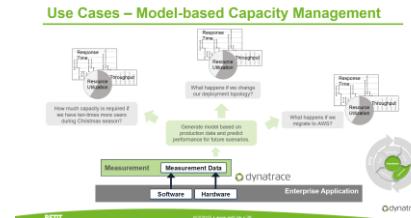
... durch das direkte Feedback während der Entwicklung.

## ✓ Erhöht die Testabdeckung



... da mehr Workloadszenarien und Hardwareumgebungen getestet werden können..

## ✓ Spart Kosten



... da bei der Kapazitätsplanung nicht mehr geschätzt werden muss.

# Referenzen

---

- A. Brunnert; A. van Hoorn; F. Willnecker; A. Danciu; W. Hasselbring; C. Heger; N. Herbst; P. Jamshidi; R. Jung; J. von Kistowski; A. Koziol; J. Kroß; S. Spinner; C. Vögele; J. Walter; A. Wert (2015): „Performance-oriented DevOps: A Research Agenda“ Technical Report SPEC-RG-2015-01, SPEC Research Group – DevOps Performance Working Group, Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC), August, 2015.
- J. Kroß; A. Brunnert; C. Prehofer; T. Runkler; H. Krcmar: „Model-based Performance Evaluation of Large-Scale Smart Metering Architectures.“ In Proceedings of the International Workshop on Large-Scale Testing (LT) Co-Located with the International Conference on Performance Engineering (ICPE), February 1, 2015, Austin, TX, USA
- F. Willnecker, A. Brunnert, W. Gottesheim, H. Krcmar: Using Dynatrace Monitoring Data for Generating Performance Models of Java EE Applications, in: Proceedings of the 6th ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering, ICPE '15, ACM, New York, NY, USA, 2015, pp. 103–104 (Received the best demonstation award).
- A. Brunnert, H. Krcmar (2015): „Continuous Performance Evaluation and Capacity Planning Using Resource Profiles for Enterprise Applications“ Journal of Systems and Software, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2015.08.030>.
- Steffen Becker, Heiko Koziol, and Ralf Reussner. The Palladio component model for model-driven performance prediction. Journal of Systems and Software, 82:3-22, 2009.
- A. Brunnert; A. Danciu; C. Vögele; D. Tertilt; H. Krcmar: “Integrating the Palladio-Bench into the Software Development Process of a SOA Project.” In: Symposium on Software Performance Joint Kieker/Palladio Days 2013, Karlsruhe, Germany, p. 30-38.
- A. Brunnert; C. Vögele; A. Danicu; M. Pfaff; M. Mayer; H. Krcmar: „Performance Management Work“ In: Business & Information Systems Engineering (03/2014)
- A. Brunnert; A. Danciu; C. Vögele; D. Tertilt; H. Krcmar: „Integrating the Palladio-Bench into the Software Development Process of a SOA Project.“ In: Symposium on Software Performance Joint Kieker/Palladio Days 2013, Karlsruhe, Germany, p. 30-38.
- More <https://www.retit.de/company>

# Mehr Performance?

<http://www.performance-symposium.org/>

The screenshot shows the homepage of the Symposium on Software Performance. At the top, there is a logo consisting of a stylized 'S' and 'D' intertwined with a globe. To the right of the logo, the text "Symposium on Software Performance" is displayed. Below the logo, there is a search bar with the placeholder "Enter search word..." and a date "Saturday, 2016-05-28". On the left side, there is a sidebar with a navigation menu for "2016" (Important Dates, Program, Proceedings, Submission, Venue, Registration, Organization) and "2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010". Below the sidebar, there is a section titled "Supporters" featuring logos for "NOVATEC" and "Fachgruppe Softwaretechnik". Further down, there is a section titled "News" with a logo for "DiWiSH". The main content area features a large aerial photograph of Kiel, Germany, showing the city's layout and a prominent lake. To the right of the photograph, several logos of supporting institutions are listed: "c | a | u" (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel), "KoSSE", "TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ", "KIT" (Karlsruhe Institute of Technology), "FZI", "University of Stuttgart Germany", and "UNIVERSITÄT WÜRZBURG". At the bottom of the page, the text "We are celebrating ten years of Kieker!" is displayed.

Vielen Dank!

Dr. Andreas Brunnert  
[brunnert@retit.de](mailto:brunnert@retit.de)



*Resource Efficient Technologies & IT Systems*