

Cloud Computing

Cloud-Architektur

Evaluation der Lehrveranstaltung (15 min)

<https://evasys.cc.hm.edu/evasys/online.php?pswd=G1SH5>



Walmart Supercentre



Enter

Exit

**Low Price
Guaranteed**

s2



2002

WAL-MART®

Help | Your Account | Cart & Checkout | See All Departments

Electronics Photo Movies Music Books Toys Home Garden & Hardware Sporting Goods Gifts Jewelry & Watches

Search Entire Site for: Find

Roses on Rollback! One Dozen Fresh-Cut, Long-Stem Roses Only \$24.88

Home Page

Electronics

- Computers & Printers
- Internet Service
- TV, DVD & Video
- More...

Photo

- Digital Cameras
- Camcorders
- Photo Center
- More...

Movies 12,000 Movies!

Music 80,000 CDs!

Books 500,000 Titles!

Video Games

- PS2
- Xbox
- More...

Toys

- Outdoor Play
- Bikes & Scooters
- More...

Baby & Baby Registry

- Shop by Age or Stage

Home

- Furniture
- Appliances
- Bed & Bath
- More...

Garden & Hardware

- Patio & Grilling
- Lawn Equipment
- Home Improvement
- More...

Tires

Sporting Goods

- Exercise & Hot Tubs
- Camping & Hiking
- More...

Gifts

Find 300,000 Textbooks
Every Day Low Prices

Find it by ISBN or category.

Business Education Medical Engineering Computer Test Prep

See all textbooks.

Furnish the Dorm

Find the desk that fits your living space and study habits.

See all desks.

Sleep well with our low prices on bedding.

See all college bedding.

Make dorm life easier with refrigerators, dishwashers and more.

See all small appliances.

Stay in Touch

Low prices on notebook PCs and notebooks.

Get online for only \$9.94 a month.

Call anytime for as low as 10 cents per minute.

Back To College

Portable Electronics

Cameras

Shopping Cards

See More

K-12

Clothing

School Supplies

See More

WAL-MART Services

Upload Digital Photos

Find a Gift Registry

Find and Order Tires

Refill Prescriptions

Warenkorb

Registrierung

Kategorien

Artikel

Dienste

2008

Free Shipping with site^{store}

Store Finder ▾ Local Ad ▾ Top Products ▾ Sign In/New ▾ Track Orders ▾

See All Departments

- Apparel & Jewelry ▾
- Baby ▾
- Books, DVDs & MP3s ▾
- Electronics ▾
- For the Home ▾
- Gifts & Registries ▾
- Grocery ETSY ▾
- Health & Beauty ETSY ▾
- Outdoor Living ▾
- Pharmacy ▾
- Photo ▾
- Sports & Fitness ▾
- Toys & Video Games ▾
- In Stores Now ▾
- See All Departments

Savings Add Up

- Clearance
- Rollbacks
- \$4 Prescriptions
- Video Games Under \$20
- Clearance on Baby Items

What's New

- Classifieds etSY
- Halloween
- Elevenmoms
- Better Homes

Search Entire Site ▾ FIND Help Cart

GREAT VALUE, NEW PRODUCTS

Download Flash Player version 7 or later for the ultimate Walmart.com shopping experience.

Get ADOBE FLASH PLAYER

Blu-ray Price Drop

★★★★★ Magnavox from \$258
Sony Samsung

See all: Blu-ray Players

50% Off Top 50 Books

The 50 top sellers are 50% off — get great reads for the whole family, from \$4.
Shop: 50% Off Top 50 Books

ADVERTISEMENT

INTERNET ARCHI WayBack Machine

http://ad.yieldmanager.com/st?ad_type

Save on Top-Brand Electronics



Zusätzliche Dienste

2011

Shop for College 2011

New customer? Sign In | Help

Value of the Day | Local Ad | Store Finder | Registry | Gift Cards

Track My Orders | My Account | My Lists

Search All Departments ▾ Search Go My Cart Choose My Store

Must-Have College Essentials at Can't-Miss Prices COLLEGE 2011

Bedding from \$35	Futons & Sofas from \$99	Storage from \$19	Desks from \$39
Laptops & Netbooks from \$278	Appliances from \$57	TVs from \$149	iPods from \$49

Shop for College 2011

ADVERTISEMENT

Save Big Now

- Amazing Xbox 360 Savings
- Best-Selling Bikes from \$79
- Fragrances from \$5
- Furniture Rollbacks
- Save 10¢ per Gallon on Gas

What's New

- Captain America Is Here
- HP Dandelion Breeze Laptop
- Summer Fun

In the Spotlight

Back to School Essentials

From uniforms to supplies, find everything for school at Every Day Low Prices.

School Supplies

Uniforms

Have Your Fun in the Sun

Enjoy hot summer savings on everything you'll need for some outdoor family fun.

Pools & Waterslides

Swing Sets

Trampolines

NEW

vudu Digital Movies

Watch New Releases Instantly

Zusätzliche Dienste (z.T. personalisiert)

Bad News

CHALLENGE

Four years ago, the Walmart Global eCommerce system was a monolithic application, deployed once every 2 months. This represented an unsustainable rate of innovation given the competitive climate. Walmart recognized the need to fundamentally transform technology delivery to compete in the Digital Economy.

Walmart auf <http://www.oneops.com>

- "... it was unable to scale for 6 million pageviews per minute and was down for most of the day during peak events."
- "This is the multi-million dollar question which the IT Department of Walmart Canada had to address after they were failing to provide to their users on Black Fridays for two years in a row."

<https://blog.risingstack.com/how-enterprises-benefit-from-microservices-architectures>

Lange Zyklen von Dev-to-Prod.

Mangelnde Skalierbarkeit.

Mangelnde Elastizität.

2016

Screenshot of the Walmart website homepage from 2016.

The page features a top navigation bar with links for Account, Registry, Cart, Wish List, Track Order, and Help. A search bar is prominently displayed.

A main banner highlights "Rollbacks on iPad Air" with a \$100 discount on 16GB & 32GB WiFi models. It includes a "Shop Now" button and a note about in-store pickup.

A promotional message encourages users to download the Walmart Browser App.

The "Featured products" section displays several items:

- Laptop: \$1299.00 (Save \$110.00)
- Google Chromecast: \$35.00
- Monitor: \$31.26
- Laptop: \$194.24
- Laptop: \$276.45 (Save \$10.00)

The right side of the page shows a product detail view for a "George Foreman 4-Serving Indoor/Outdoor Grill". It lists the price as \$49.96 (Save \$10.00), includes a "Care-plan (optional)" section, and an "Add to Cart" button.

The bottom sections include a "Customers also viewed these products" grid and a "Find" search bar.

A large speech bubble on the right side of the page contains the text "Zusätzliche Dienste." (Additional services).

2025

How do you want your items? Sacramento, 95829 • Sacramento Supercenter

Search everything at Walmart online and in store

Reorder My Items Sign In Account

Departments Services Pharmacy Delivery New Mother's Day The Beauty Event Fashion Home Patio & Garden Electronics Grocery Registry OnePay Walmart+

Must-have reads Show books SUNRISE ON THE REAPING SUZANNE COLLINS

New & trending for spring

From \$7

Spring bedding from \$10

Up to 60% off

Flash Deals

Get ready for 50¢ off per gallon of gas & more!

We'd love to hear what you think! Give feedback

Pharmacy Delivery New Mother's Day

All Services

Auto Care Services

Auto Care Center Services

Pharmacy

Vision & Optical

Insurance & Benefits

Registry, Lists, & Gifts

Custom Cakes

Photo Services

Financial Services

Protection, Home, & Tech

Subscriptions

Community & Giving

Shopping, simplified

Auto Care Services

Auto Care Center Services

Buy Tires & Schedule Installation

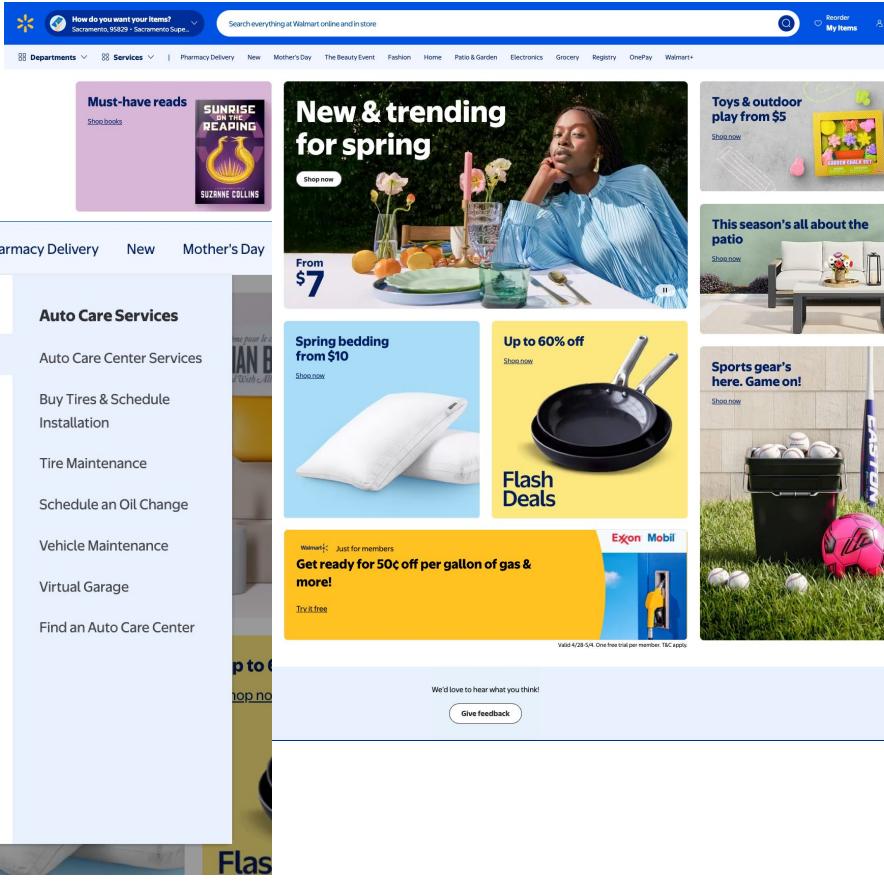
Tire Maintenance

Schedule an Oil Change

Vehicle Maintenance

Virtual Garage

Find an Auto Care Center



9:41

Pharmacy

\$4.00

Pharmacy Vision Center Insurance Services

Welcome to Pharmacy

Offering low cost prescriptions, friendly service, and convenient locations.

Prescription delivery now available How it works

Your prescription is ready

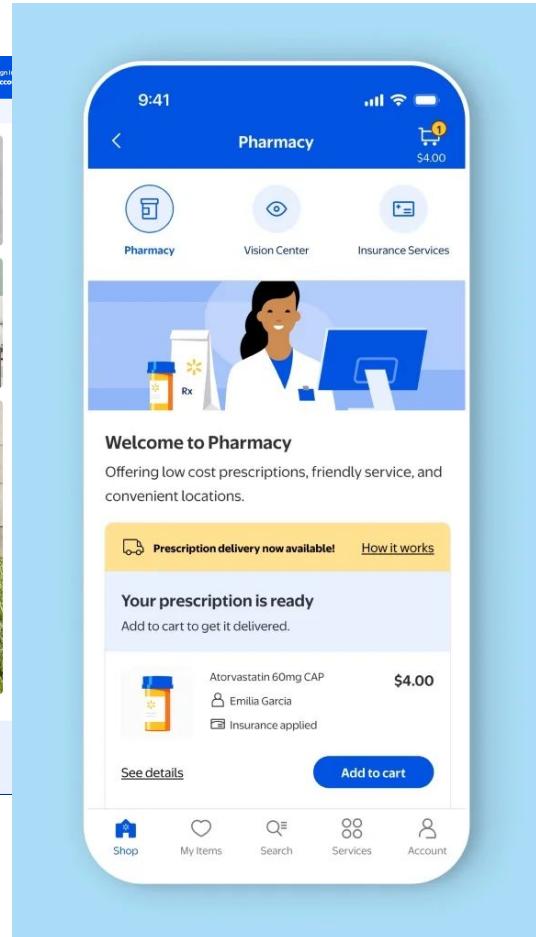
Add to cart to get it delivered.

Atorvastatin 60mg CAP \$4.00

Emilia Garcia Insurance applied

See details Add to cart

Shop My Items Search Services Account



Good News

1000 Deployments pro Tag ...

... durch die Entwickler

~ 100% Verfügbarkeit

Neue Geschäftsmodelle, Anwendungen
und Geräte (IoT, mobile, APIs)

Ressourcen Sparsamkeit

Elastische Skalierbarkeit

RESULTS

Today the Walmart eCommerce platform is hosted in some of the largest OpenStack clouds and is managed exclusively via OneOps. On a typical day there are now over 1,000 deployments, executed on-demand by development teams, each taking only minutes on average to complete.

Walmart auf <http://www.oneops.com>

"They wanted to prepare for the world by 2020, with 4 billion people connected, 25+ million apps available, and 5.200 GB of data for each person on Earth. Walmart replatformed [...] with the intention of achieving close to 100% availability with reasonable costs."
<https://blog.risingstack.com/how-enterprises-benefit-from-microservices-architectures>

- "In fact, the organization reports that some 3,000 engineers [...] drive 30,000 changes per month to Walmart software."
- "Those new applications, which span everything from mobile devices to the Internet of things (IoT), are crucial weapons in a global e-commerce contest that pits Walmart against the likes of Amazon and Alibaba, as well as a host of other rivals that are emerging as the cost of entry into the online retail sector continues to decline in the age of the API economy."

<http://www.baselinemag.com/enterprise-apps/walmart-embraces-microservices-to-get-more-agile.html>

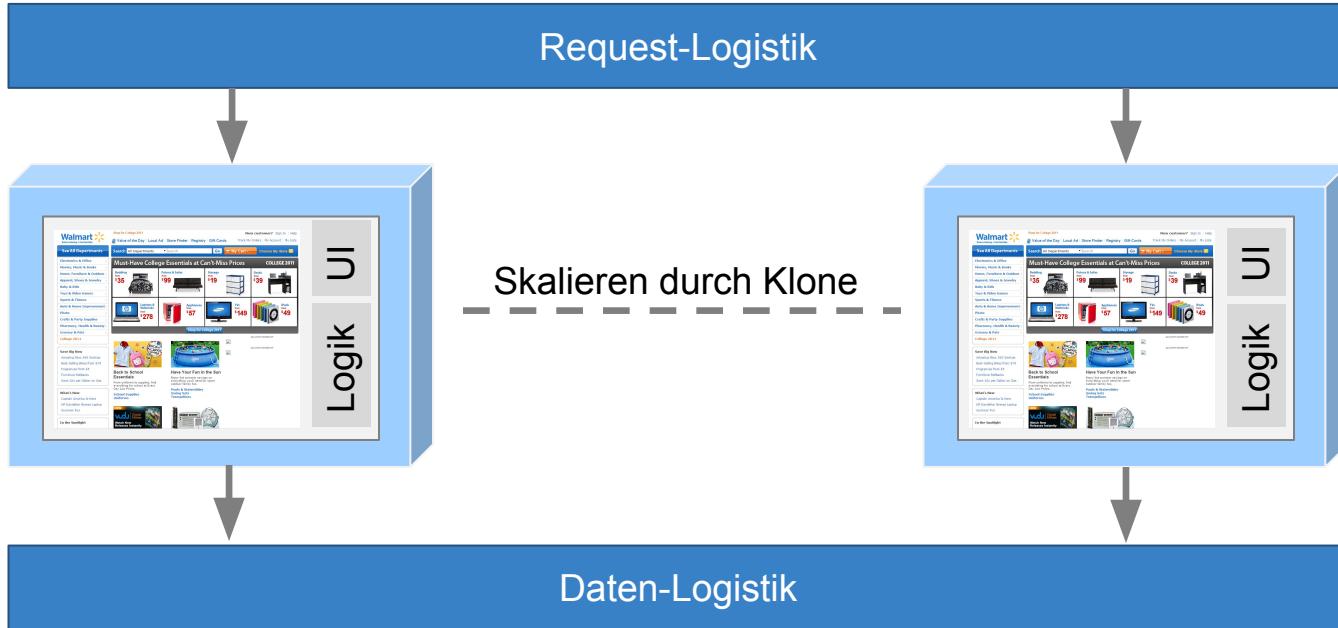
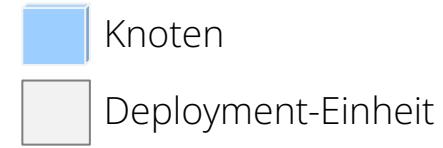
- "The Walmart [...] servers [...] were able to handle all mobile Black Friday traffic with about 10 CPU cores and 28Gb RAM."
- "On Thanksgiving weekend, Walmart servers processed 1.5 billion requests per day, 70 percent of which were delivered through mobile."
<http://techcrunch.com/2014/12/02/walmart-com-reports-biggest-cyber-monday-in-history-mobile-traffic-at-70-over-the-holidays>



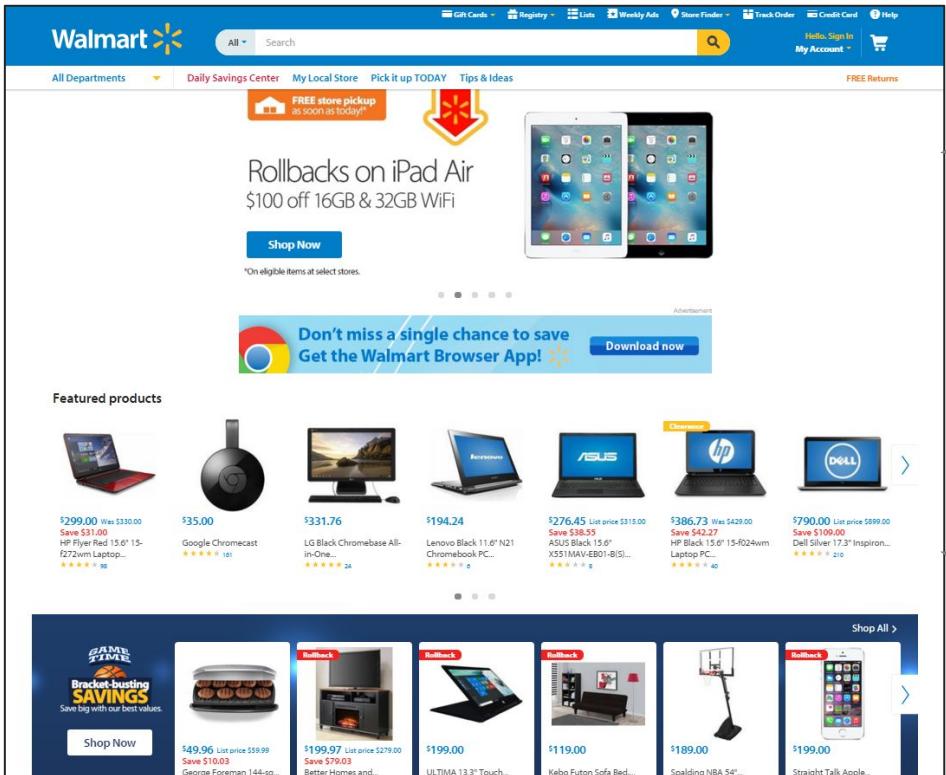
WHAT DID THEY DO?



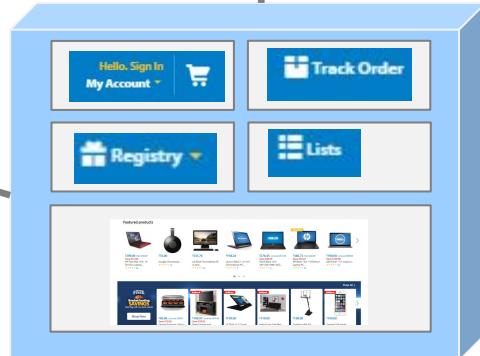
Von Betriebsmonolithen ...



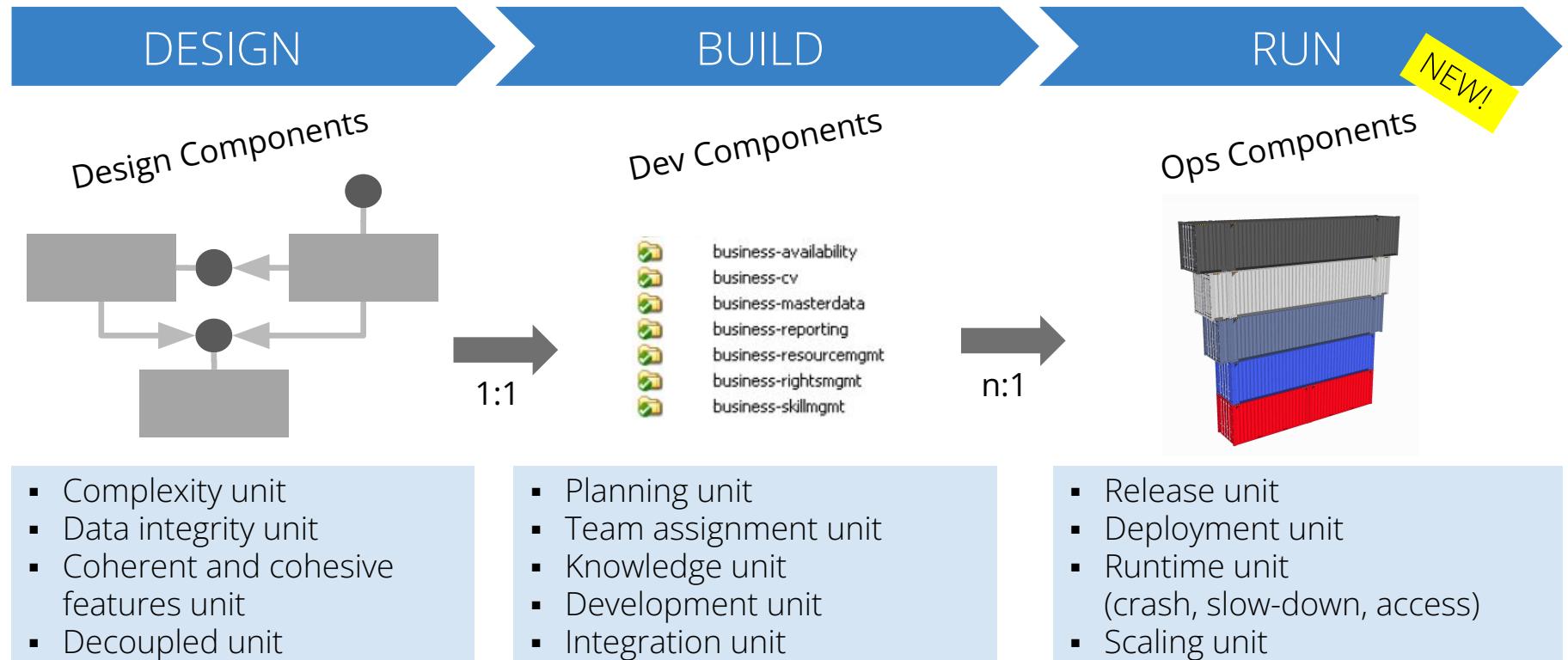
... zu Betriebskomponenten



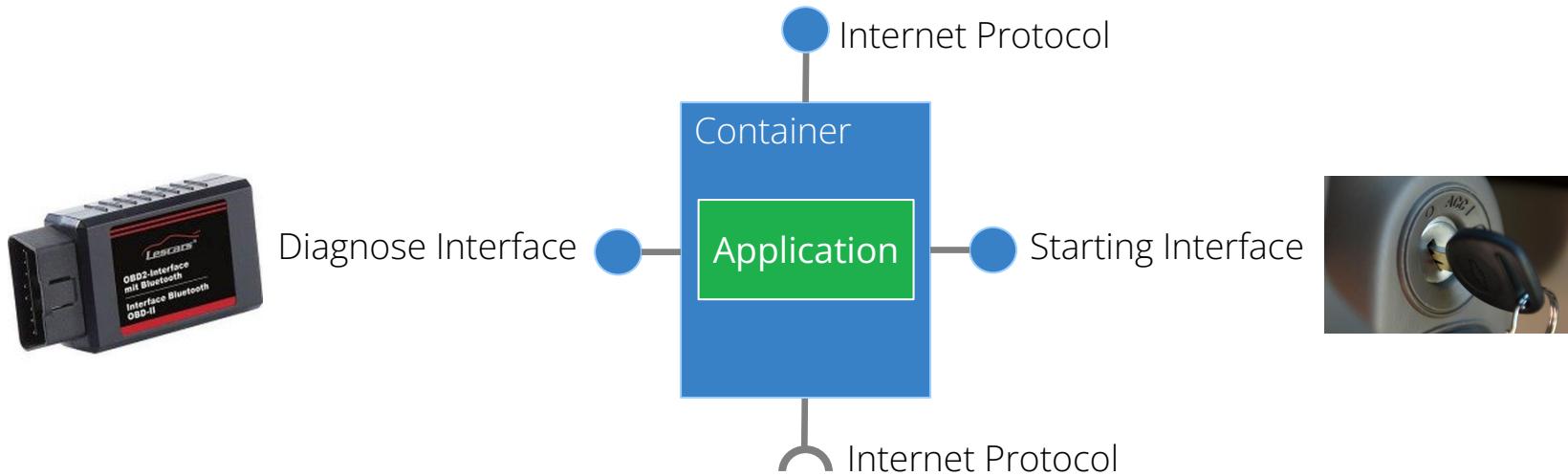
Skalieren durch
Verteilung und Klonen

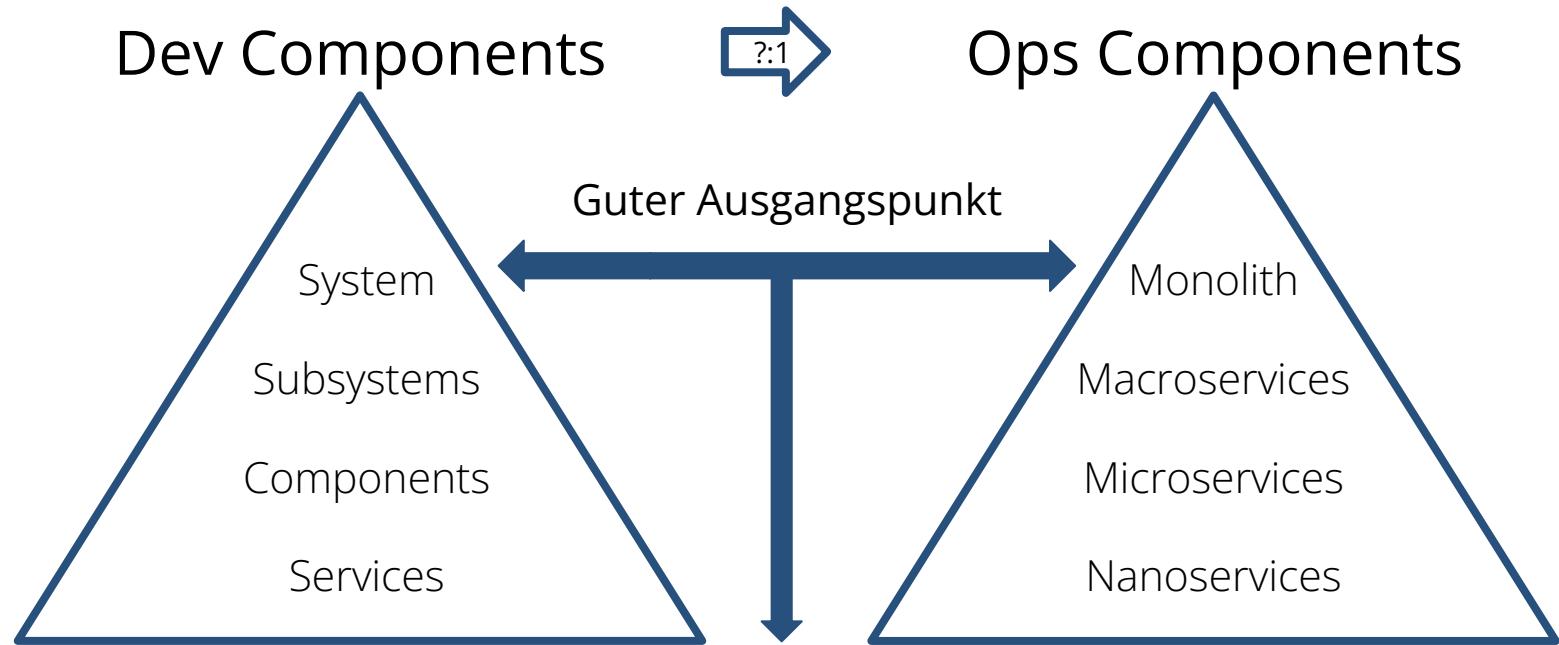


Cloud Native Application Development: Components All Along the Software Lifecycle



Die Anatomie einer Betriebs-Komponente





Decomposition Trade-Offs

- + More flexible to scale
- + Runtime isolation (crash, slow-down, ...)
- + Independent releases, deployments, teams
- + Higher utilization possible
- Distribution debt: Latency
- Increasing infrastructure complexity
- Increasing troubleshooting complexity
- Increasing integration complexity

The background of the slide features a complex, abstract network structure composed of numerous small, semi-transparent white dots connected by thin white lines, forming a web-like pattern across the dark blue background.

Regeln, Gebote, Trugschlüsse

Regeln für den Betrieb in der Cloud

“Everything fails all the time.”

— Werner Vogels, CTO of Amazon



Regeln für den Betrieb in der Cloud

Soll nur der Himmel die Grenze sein, dann funktioniert nur horizontale Skalierung.



VS



Die 5 Gebote der Cloud

1. Everything Fails All The Time.
2. Focus on MTTR and not on MTTF.
3. Respect the Eight Fallacies of Distributed Computing.
4. Scale out, not up.
5. Treat resources as cattle, not pets.



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Zehn_Gebote

http://www.java.net/jag/Fallacies.html

/www ▾ PowerAdmin Sync DB BlackBerry ASCII Converter joyent.com: Home

Distri...

The Eight Fallacies of
Distributed Computing

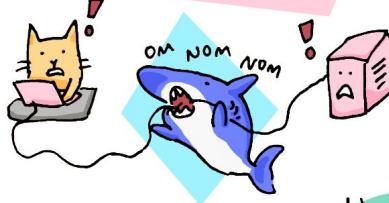
Peter Deutsch

Essentially everyone, when they first build a distributed application, makes the following eight assumptions. All prove to be false in the long run and all cause *big* trouble and *painful* learning experiences.

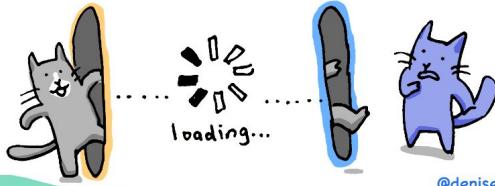
1. The network is reliable
2. Latency is zero
3. Bandwidth is infinite
4. The network is secure
5. Topology doesn't change
6. There is one administrator
7. Transport cost is zero
8. The network is homogeneous

Eight fallacies of distributed computing

① The network is reliable



② Latency is ZERO



③ Bandwidth is infinite



⑧ The network is homogeneous



the 8 Fallacies of Distributed Computing

Originally formulated by L. Peter
Deutsch & colleagues at Sun Microsystems
in 1994; #8 added in 1997 by James Gosling

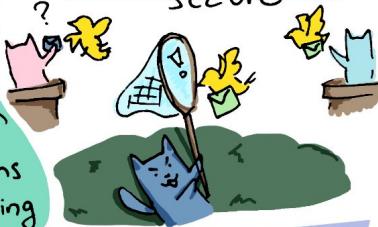
⑦ Transport costs \$0



⑥ There is only
one administrator



④ The network is
Secure



⑤ Topology doesn't
change



Cloud-Architektur aus Sicht der Softwarearchitektur: Design for Failure.

Jeff Besos:
API Mandate

1. Jede Komponente läuft eigenständig und isoliert → *Betriebskomponenten*
2. Die Betriebskomponenten kommunizieren untereinander über Internet-Protokolle → *HTTP, UDP, ...*
3. Jede Betriebskomponente kann in mehreren Instanzen laufen und bietet damit Redundanz. Es gibt keinen „Common Point of Failure“ → *Cluster Orchestrator*
4. Jede Betriebskomponente besitzt Diagnoseschnittstellen um ein fehlerhaftes Verhalten erkennen zu können
5. Jeder Microservice kann zu jeder Zeit neu gestartet und auf einem anderen Knoten in Betrieb genommen werden. Er besitzt keinen eigenen Zustand.
6. Die Implementierung hinter einem jeden Microservice kann ausgetauscht werden, ohne dass die Nutzer davon etwas bemerken.

Plattform und Reifegrad

Betriebskomponenten benötigen eine Infrastruktur um sie herum: Eine Micro-Service-Plattform.

Typische Aufgaben:

- Authentifizierung
- Load Shedding
- Load Balancing
- Failover
- Rate Limiting
- Request Monitoring
- Request Validierung
- Caching
- Logging

Edge Server

Service Container

Service

Service Client

Diagnose-stecker

Service Discovery

Configuration & Coordination

Typische Aufgaben:

- HTTP Handling
- Konfiguration
- Diagnoseschnittstelle
- Lebenszyklus steuern
- APIs bereitstellen

Typische Aufgaben:

- Metriken sammeln
- Logs sammeln
- Trace sammeln

Typische Aufgaben:

- Aggregation von Metriken
- Sammlung von Logs
- Sammlung von Traces
- Analyse / Visualisierung
- Alerting

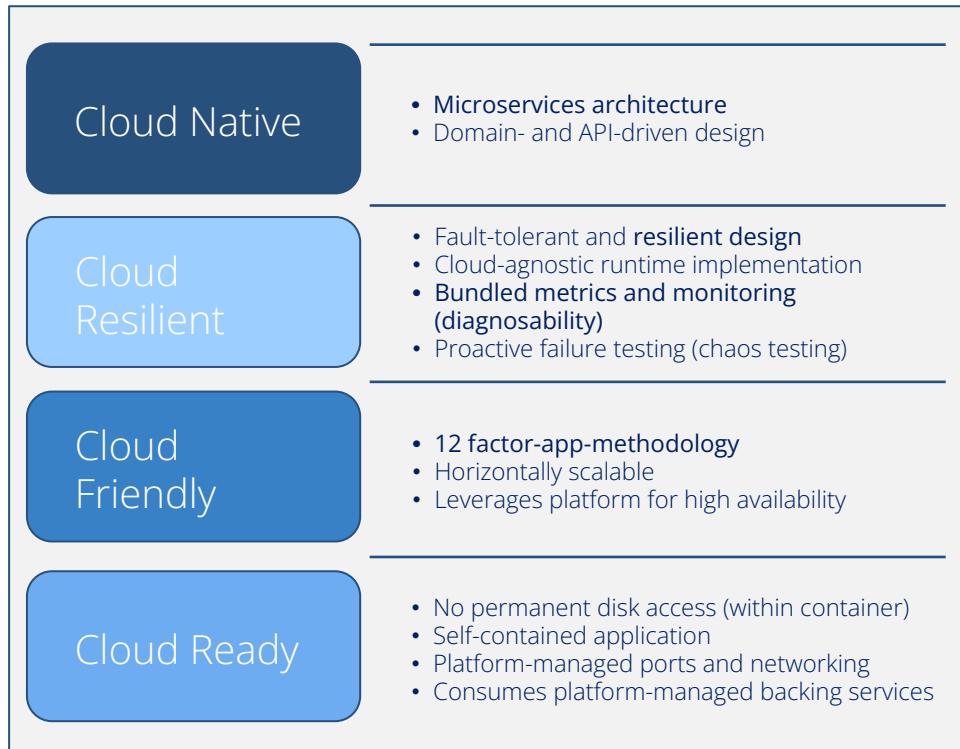
Typische Aufgaben:

- Service Registration
- Service Lookup
- Service Description
- Membership Detection
- Failure Detection

Typische Aufgaben:

- Key-Value-Store (oft in Baumstruktur, teilw. mit Ephemeral Nodes)
- Sync von Konfigurationsdateien
- Watches, Notifications, Hooks, Events
- Koordination mit Locks, Leader Election und Messaging
- Konsens im Cluster herstellen

Das Cloud Native Application Reifegradmodell



Übung 1 (20 min): Twelve Factor Apps

12 Factor App

- | | |
|--|---|
| <p>1 Codebase
One codebase tracked in revision control,
many deploys.</p> | <p>7 Port binding
Export services via port binding.</p> |
| <p>2 Dependencies
Explicitly declare and isolate dependencies.</p> | <p>8 Concurrency
Scale out via the process model.</p> |
| <p>3 Configuration
Store config in the environment.</p> | <p>9 Disposability
Maximize robustness with fast startup and
graceful shutdown.</p> |
| <p>4 Backing Services
Treat backing services as attached resources.</p> | <p>10 Dev/Prod Parity
Keep development, staging, and production
as similar as possible</p> |
| <p>5 Build, release, run
Strictly separate build and run stages.</p> | <p>11 Logs
Treat logs as event streams.</p> |
| <p>6 Processes
Execute the app as one or more stateless
processes.</p> | <p>12 Admin processes
Run admin/management tasks as one-off
processes.</p> |

<https://12factor.net/de/>

<https://www.slideshare.net/Alicanakku1/12-factor-apps>

Resilienz

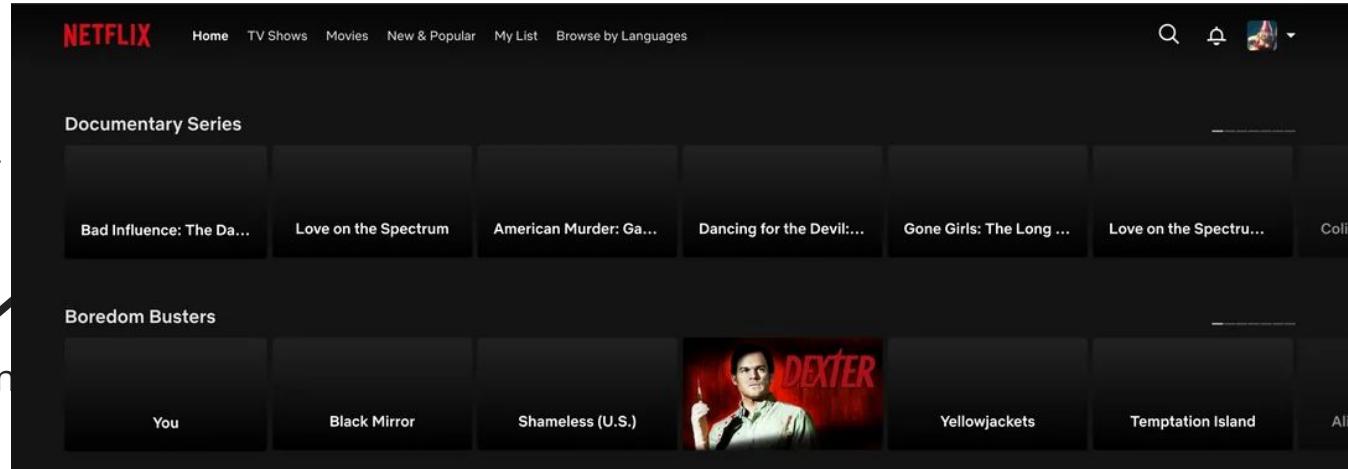


Resilienz

Verfügbarkeit = MTTF



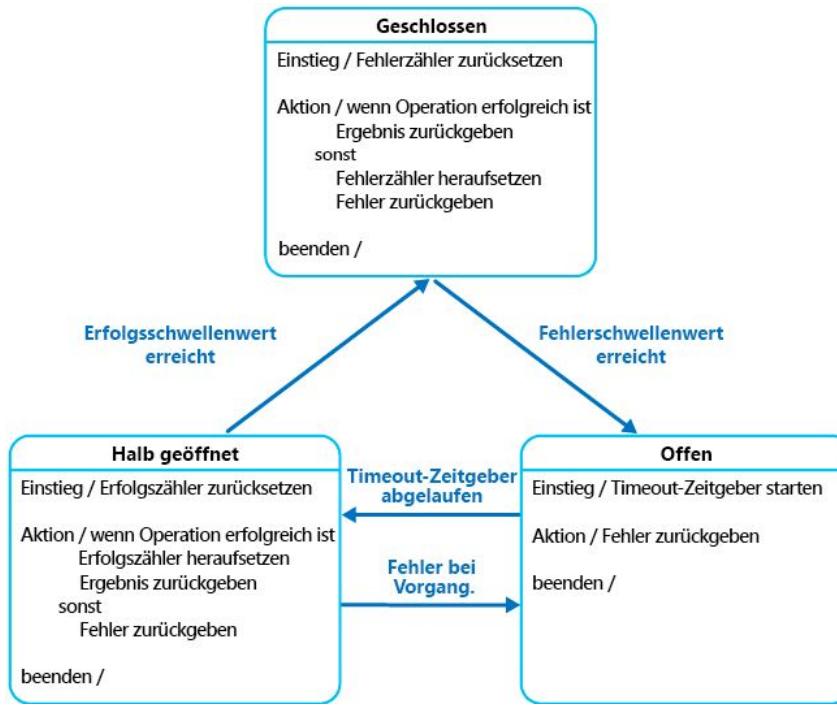
Zuverlässigkeit steigern



Resilienz: Die Fähigkeit eines Systems mit unerwarteten und fehlerhaften Situationen umzugehen

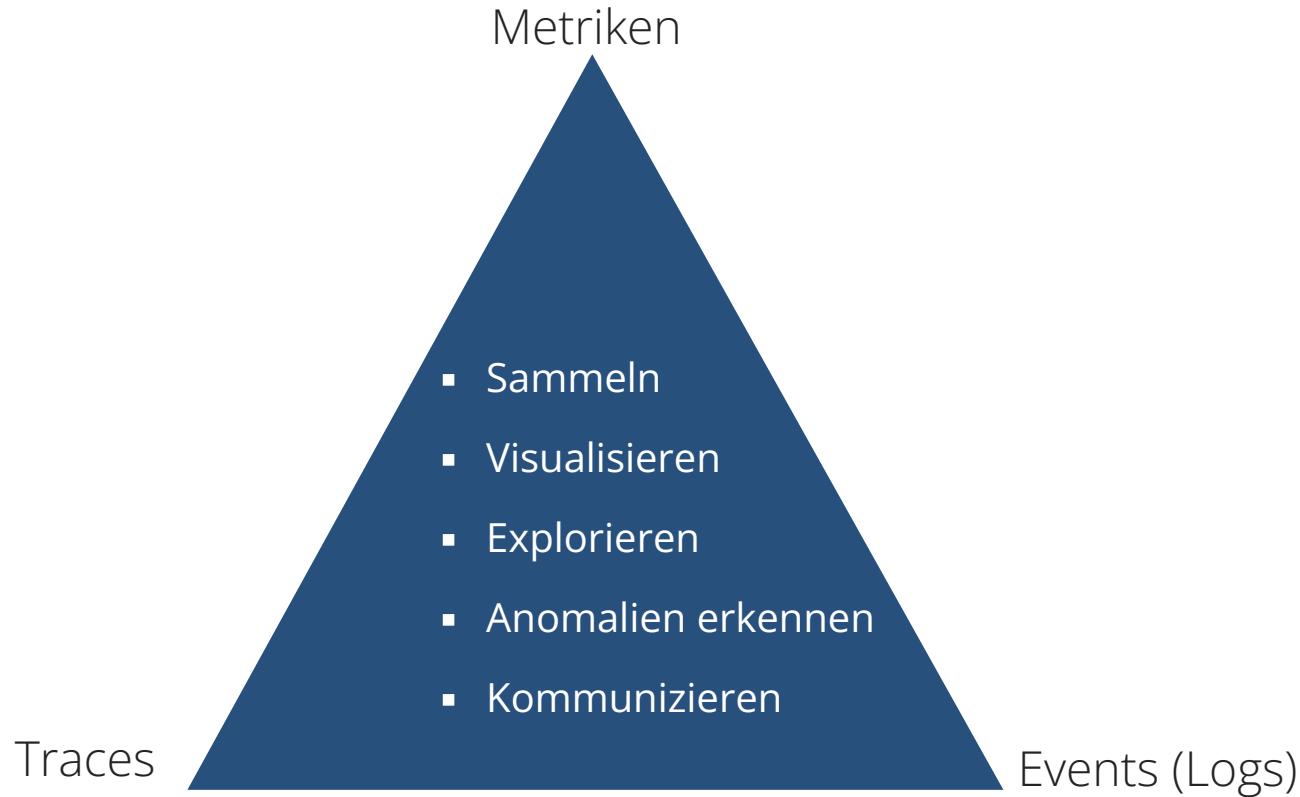
- Ohne dass es der Nutzer merkt (Bestfall)
- Mit einer „graceful degradation“ des Services (schlechtester Fall)

Resilienz-Pattern: Circuit Breaker

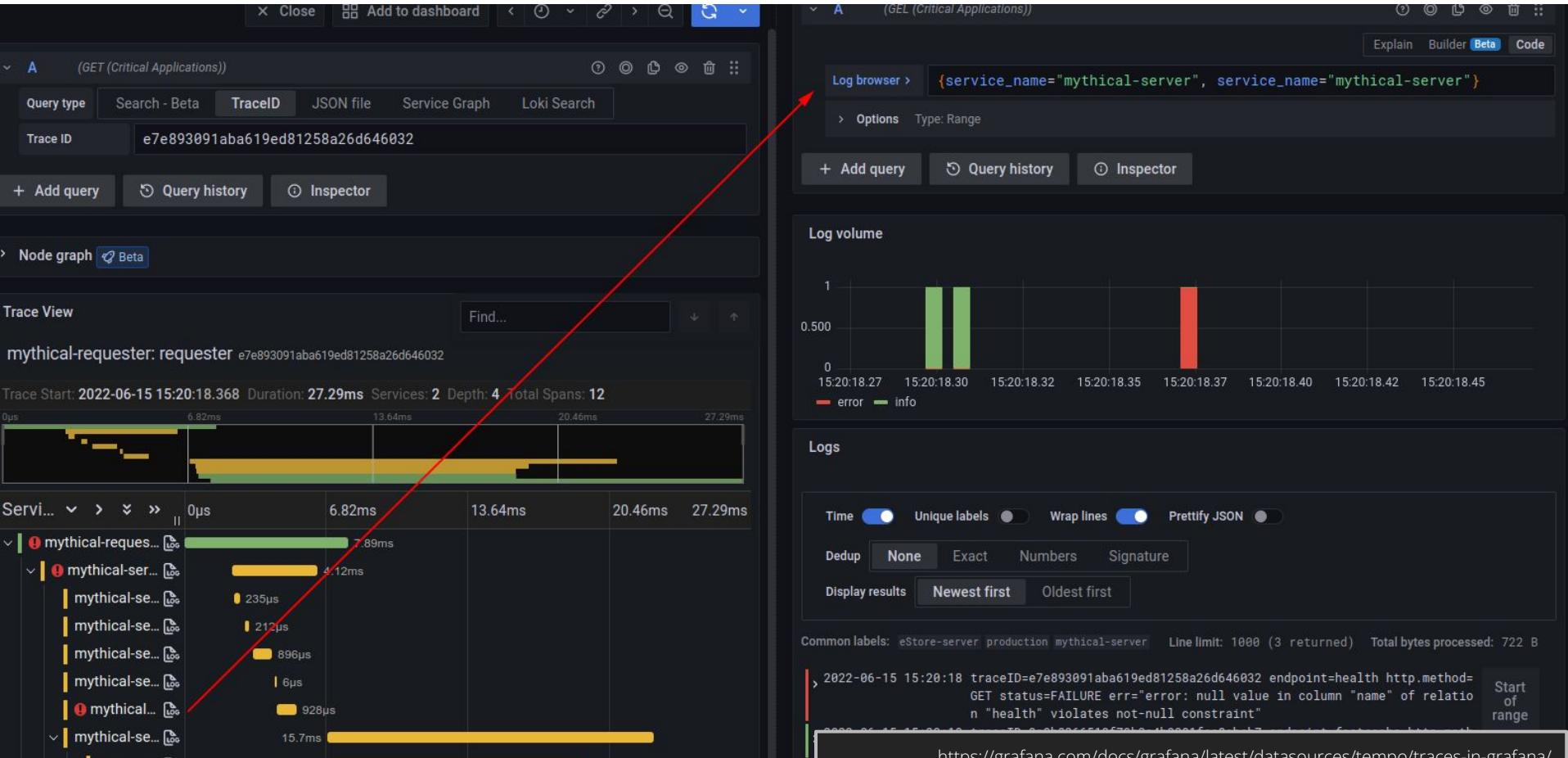


Weitere Patterns: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/architecture/patterns/category/resiliency>

Diagnostizierbarkeit



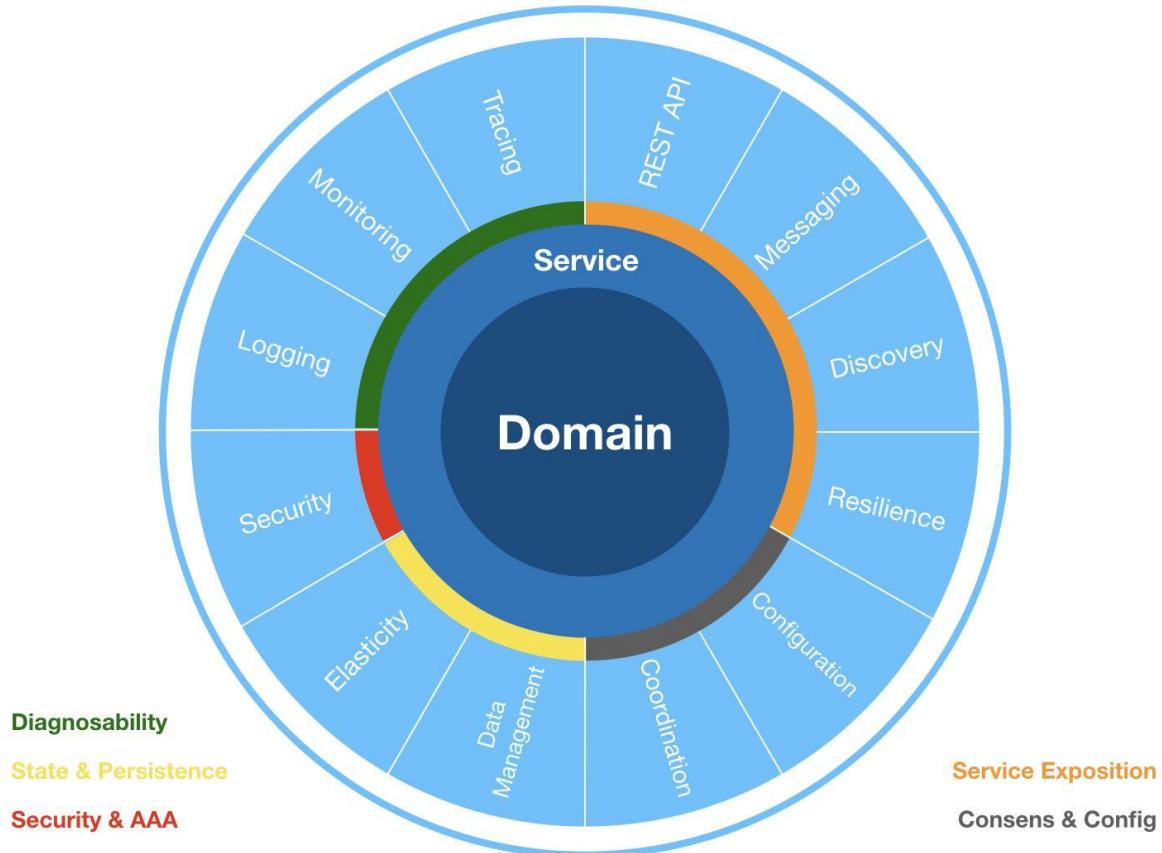
Diagnostizierbarkeit



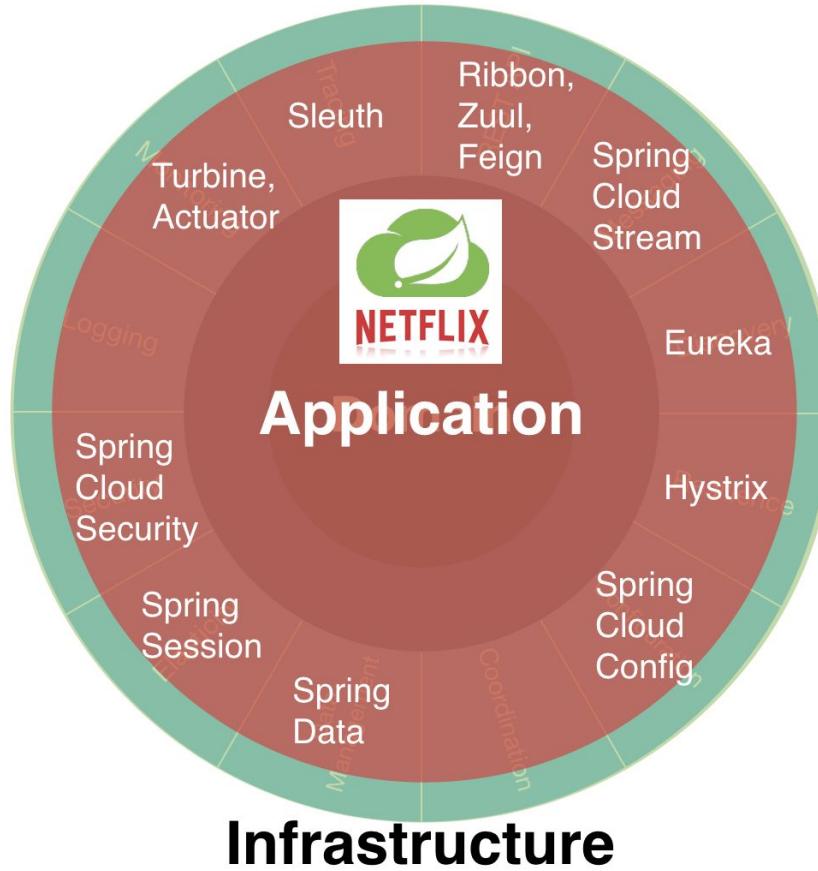
Technische Aspekte von Microservices



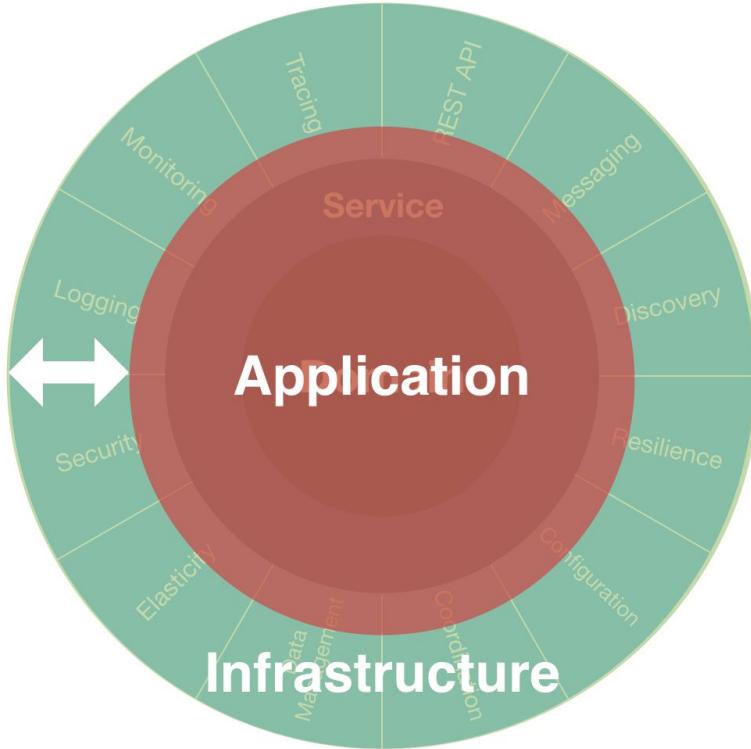
Technische Aspekte von Microservices



Technische Aspekte von Microservices: Library Lösung

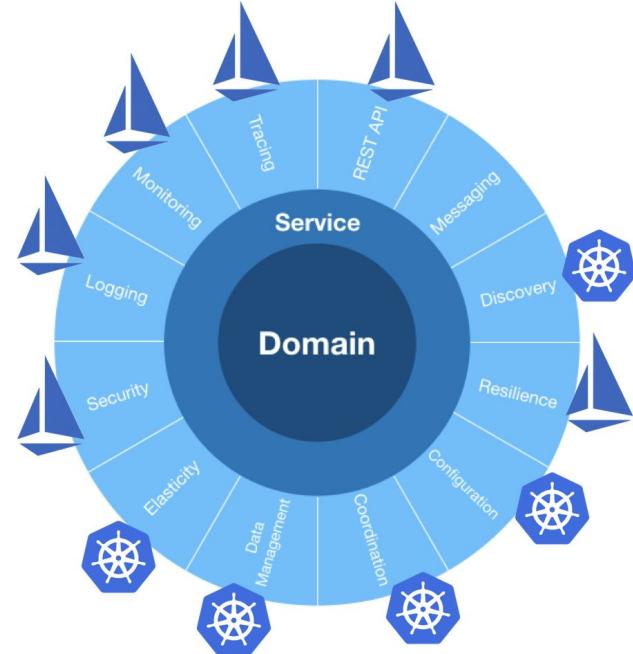
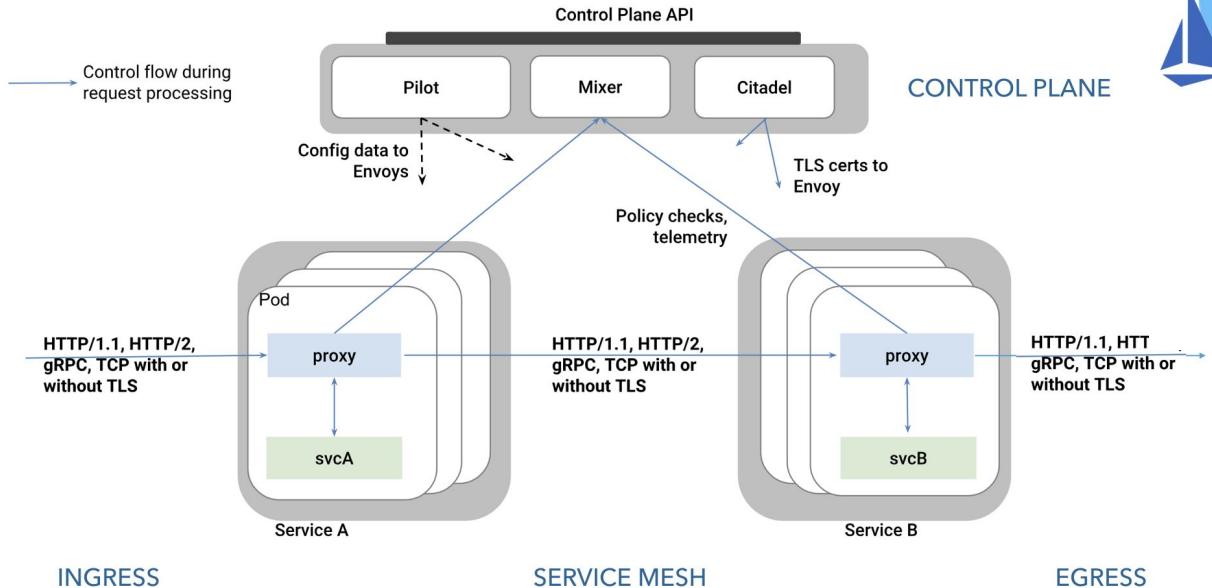


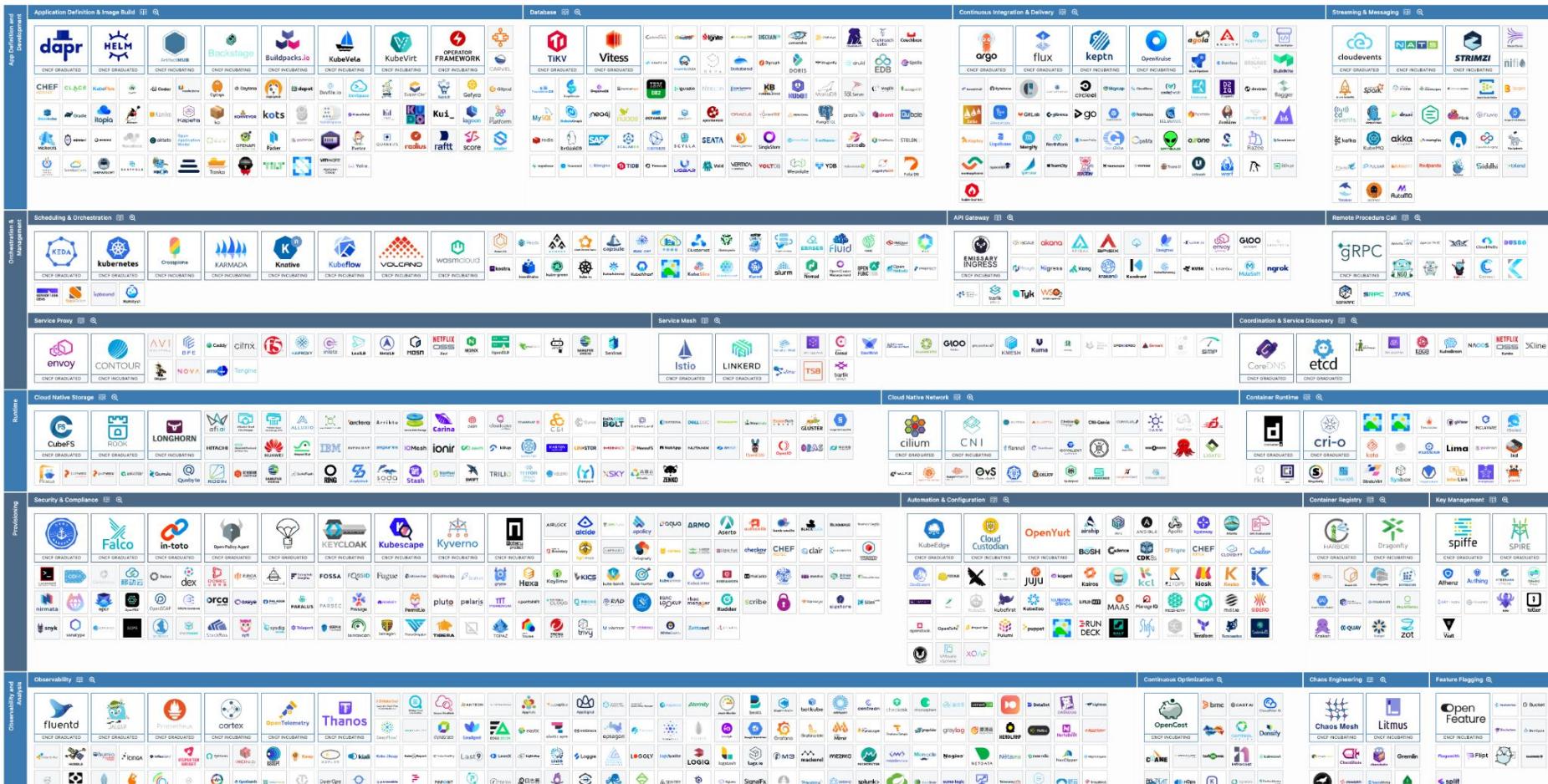
Technische Aspekte von Microservices: Infrastruktur Lösung



Istio Service Mesh

- Open-Source-Projekt von Google, IBM, Lyft, RedHat u.A.
- Aufsatz auf Kubernetes, der wichtige technische Aspekte auf Infrastruktur-Seite ergänzt



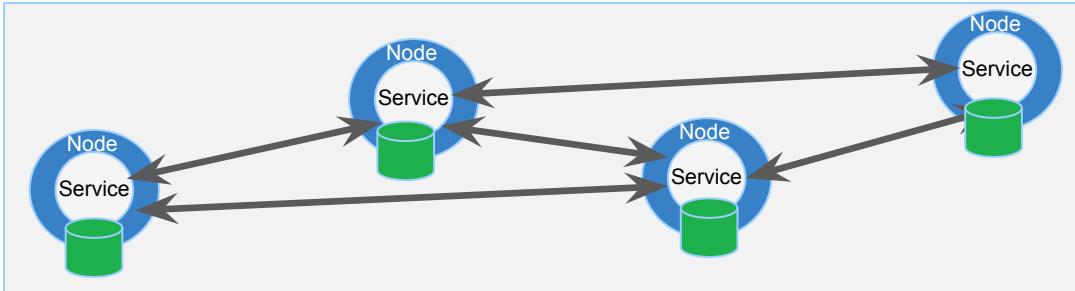


<https://landscape.cncf.io/>

<https://github.com/cncf/landscape>

Konfiguration & Koordination: Verteilter Zustand und Konsens

Ein verteilter Konfigurationsspeicher



Wie wird der Zustand des Konfigurationsspeichers im Cluster synchronisiert?

Das CAP-Theorem

Theorem von Brewer für Eigenschaften von zustandsbehafteten verteilten Systemen – mittlerweile auch formal bewiesen. *

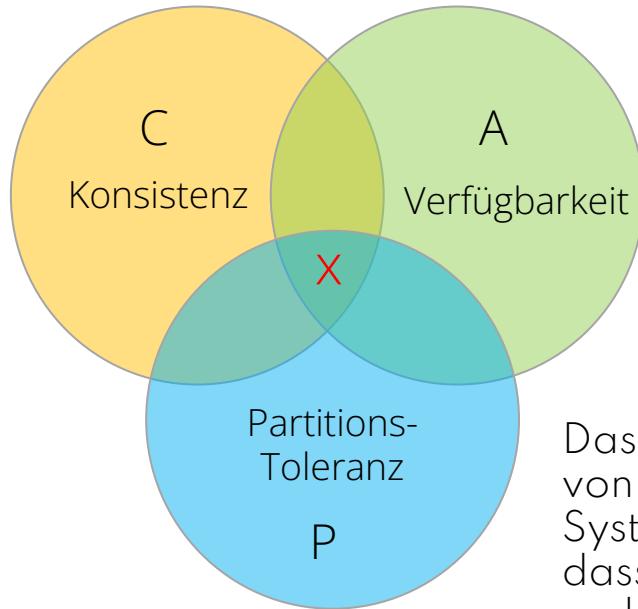
Es gibt drei wesentliche Eigenschaften, von denen ein verteiltes System nur zwei gleichzeitig haben kann:

- Konsistenz (C)
- Verfügbarkeit (A)
- Partitionstoleranz (P)

* Brewer, Eric A. "Towards robust distributed systems." PODC. 2000.

Das CAP-Theorem

Alle Knoten sehen dieselben Daten zur selben Zeit. Alle Kopien sind stets gleich.



Im Falle einer Netzwerk-Partition muss man sich zwischen Konsistenz und Verfügbarkeit entscheiden, beides geht nicht.

Jede Anfrage erhält eine Antwort (keinen Fehler) in akzeptabler Zeit. Ausfälle von Knoten und Kanälen halten die überlebenden Knoten nicht von ihrer Funktion ab.

Das System funktioniert auch im Fall von verlorenen Nachrichten. Das System kann dabei damit umgehen, dass sich das Netzwerk an Knoten in mehrere Partitionen aufteilt, die nicht miteinander kommunizieren.

Gossip Protokolle für Hoch-Verfügbarkeit

Grundlage: Ein Netzwerk an Agenten mit eigenem Zustand Agenten verteilen einen Gossip-Strom

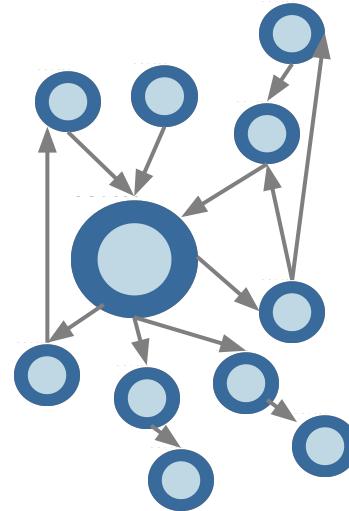
- Nachricht: Quelle, Inhalt / Zustand, Zeitstempel
- Nachrichten werden in einem festen Takt periodisch versendet an eine bestimmte Anzahl anderer Knoten (Fanout)

Virale Verbreitung des Gossip-Stroms

- Knoten, die mit mir in einer Gruppe sind, bekommen auf jeden Fall eine Nachricht
- Die Top x% an Knoten, die mir Nachrichten schicken bekommen eine Nachricht

Nachrichten, denen vertraut wird, werden in den lokalen Zustand übernommen, wenn

- die gleiche Nachricht von mehreren Seiten gehört wurde
- die Nachricht von Knoten stammt, denen der Agent vertraut
- keine aktuellere Nachricht vorhanden sind



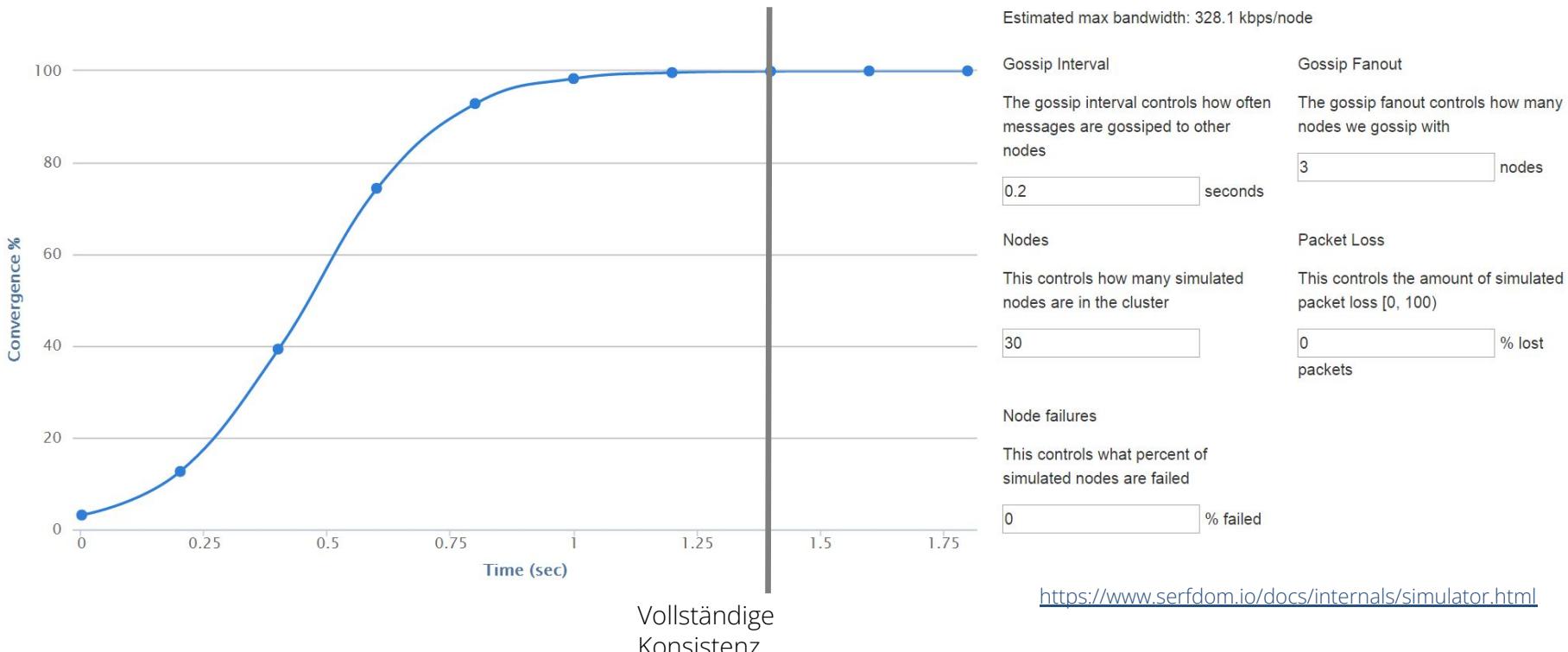
Vorteile:

- Keine zentralen Einheiten notwendig.
- Fehlerhafte Partitionen im Netzwerk werden umschifft. Die Kommunikation muss nicht verlässlich sein.

Nachteile:

- Der Zustand ist potenziell inkonsistent verteilt (konvergiert aber mit der Zeit)
- Overhead durch redundante Nachrichten.

Die Konvergenz der Daten und damit der Zeitpunkt der vollständigen Konsistenz ist berechenbar



Protokolle für verteilten Konsens: im Gegensatz zu Gossip-Protokollen konsistent, aber nicht hoch-verfügbar

Grundlage: Netzwerk an Agenten

Prinzip: Es reicht, wenn der Zustand auf einer einfachen Mehrheit der Knoten konsistent ist und die restlichen Knoten ihre Inkonsistenz erkennen.

Verfahren:

- Das Netzwerk einigt sich per einfacher Mehrheit auf einen Leader-Agenten – initial und falls der Leader-Agent nicht erreichbar ist. Eine Partition in der Minderheit kann keinen Leader-Agenten wählen.
- Alle Änderungen laufen über den Leader-Agenten. Dieser verteilt per Multicast Änderungsnachrichten periodisch im festen Takt an alle weiteren Agenten.
- Quittiert die einfache Mehrheit an Agenten die Änderungsnachricht, so wird die Änderung im Leader und (per Nachricht) auch in den Agenten aktiv, die quittiert haben. Ansonsten wird der Zustand als inkonsistent angenommen.

Konkrete Konsens-Protokolle: Raft, Paxos

Vorteile:

- Fehlerhafte Partitionen im Netzwerk werden toleriert und nach Behebung des Fehlers wieder automatisch konsistent.
- Streng konsistente Daten.

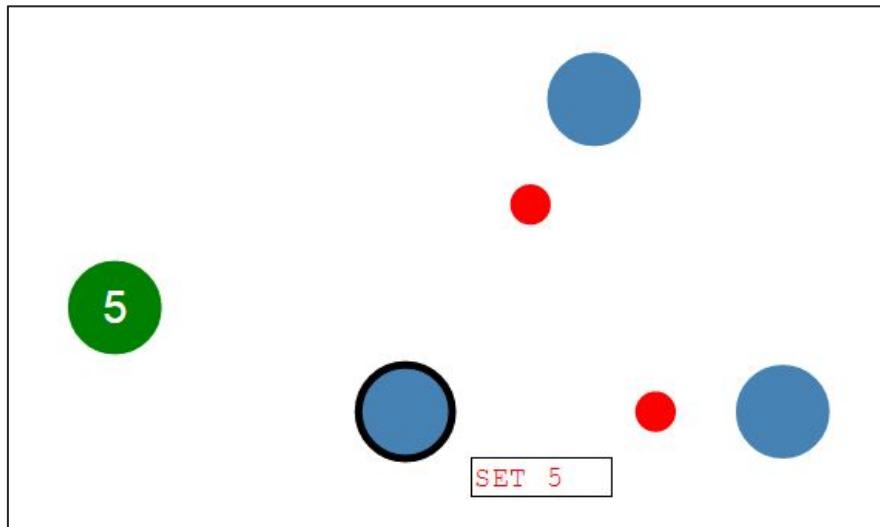
Nachteile:

- Der zentrale Leader-Agent limitiert den Durchsatz an Änderungen.
- Nicht hoch-verfügbar: Bei einer Netzwerk-Partition kann die kleinere Partition nicht weiterarbeiten. Ist die Mehrheit in keiner Partition, so kann insgesamt nicht weiter gearbeitet werden.

Das Raft Konsens-Protokoll

Ongaro, Diego; Ousterhout, John (2013).

"In Search of an Understandable Consensus Algorithm".



<http://thesecretlivesofdata.com/raft>

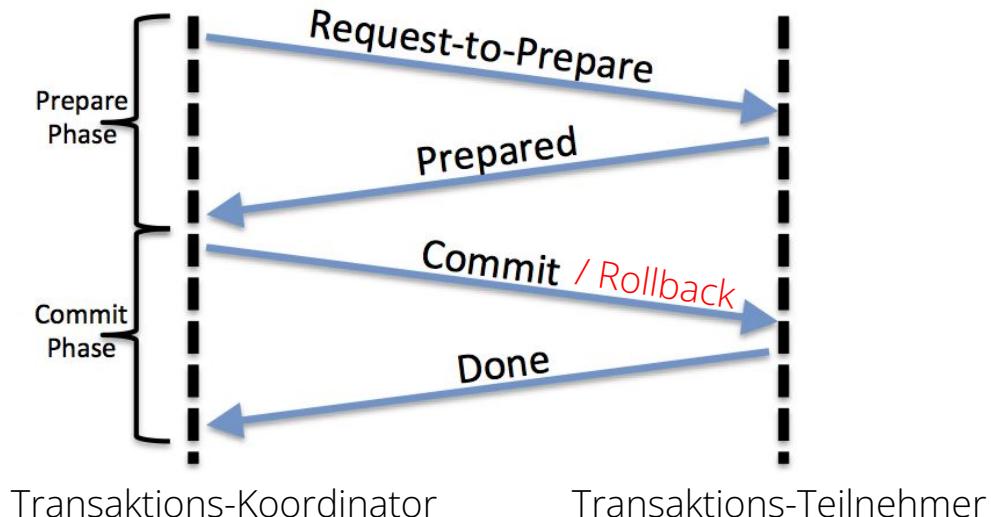
<https://raft.github.io/>

The background of the slide features a complex, abstract network graph composed of numerous small, semi-transparent white dots connected by thin white lines, creating a sense of a large, interconnected system.

Übung 2 & 3 (30 min):
Raft Konsens Protokoll
etcd

Ist strenge Konsistenz über alle Knoten notwendig, so verbleibt das 2-Phase-Commit Protokoll (2PC)

Ein Transaktionskoordinator verteilt die Änderungen und aktiviert diese erst bei Zustimmung aller. Ansonsten werden die Änderungen rückgängig gemacht.



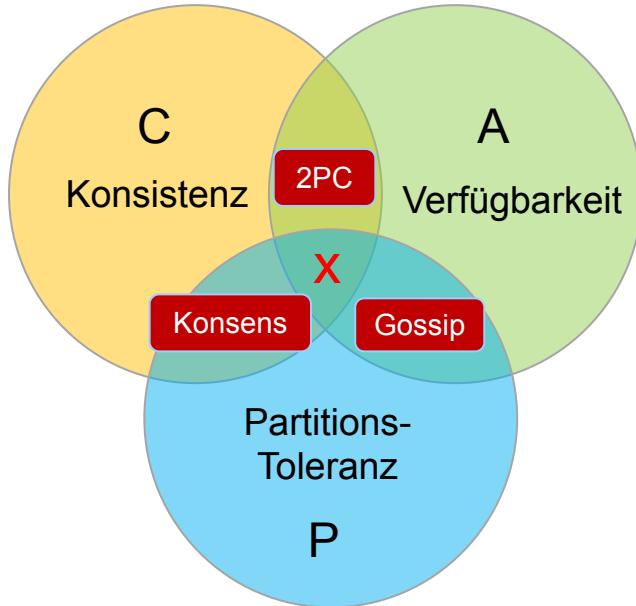
Vorteil:

- Alle Knoten sind konsistent zueinander.

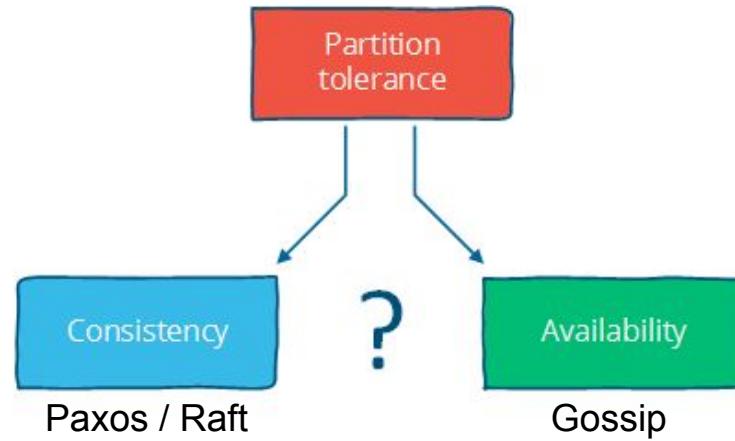
Nachteile:

- Zeitintensiv, da stets alle Knoten zustimmen müssen.
- Das System funktioniert nicht mehr, sobald das Netzwerk partitioniert ist.

Die vorgestellten Protokolle und das CAP Theorem



In der Cloud müssen Partitionen angenommen werden. Damit ist die Entscheidung binär zwischen Konsistenz und Verfügbarkeit.



Service Configuration
Management

Service Directory

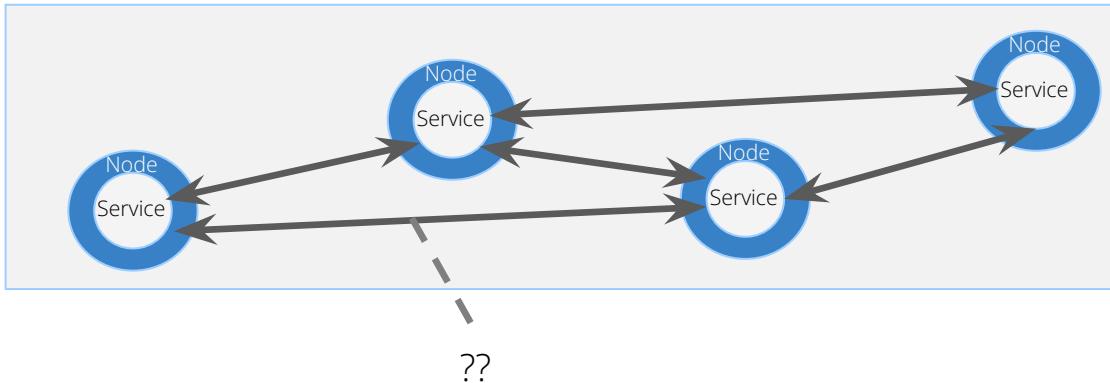
Service Discovery

Flexibler Zugriff auf Services

```
+ getService(String name) : Address  
+ registerService(String name,  
      Address ipAndPort)  
+ isAlive(Address ipAndPort)
```

Service Discovery

Die Probleme einer klassischen Verknüpfung von Services in der Cloud



Probleme:

- Mangelnde Redundanz: Jeder Service wird direkt genutzt. Er kann nicht unmittelbar in mehreren Instanzen laufen, die Redundanz schaffen.
- Mangelnde Flexibilität: Die Services können nicht ohne Seiteneffekt neu gestartet oder auf einem anderen Knoten in Betrieb genommen werden – oder sogar durch eine andere Service-Implementierung ausgetauscht werden.

Lösungen:

- Dynamischer DNS
- Ambassador
- Dynamischer Konfigurationsdateien und Umgebungsvariablen

Das Ambassador Pattern

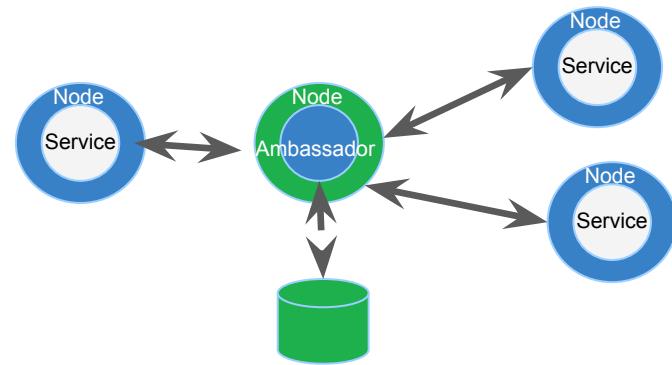
Ein Ambassador-Knoten für jede Knoten-Art (z.B. Webserver)

- **Service Registration:**
 - Beobachtet das Cluster und erkennt neue und kranke/tote Knoten in seiner Gruppe.
 - Hinterlegt die aktuell aktiven Knoten im Konfigurationsspeicher.
- **Service Discovery:** Der Client kommuniziert mit dem Ambassador-Knoten, der die Anfragen aber möglichst effizient an einen Knoten der Gruppe weiterreicht.

Der Ambassador-Knoten kann dabei eine Reihe an Zusatzdienste erweisen bei der Verbindung zum Service

(**Service Binding**):

- Load Balancing inklusive Failover
- Service Monitoring
- Circuit Breaker Pattern
- Throttling



Übung 4: Consul & Traefik