



Cloud Computing 2021 /22

TH Rosenheim

Zusammenfassung

Simon Bäumler | Franz Wimmer

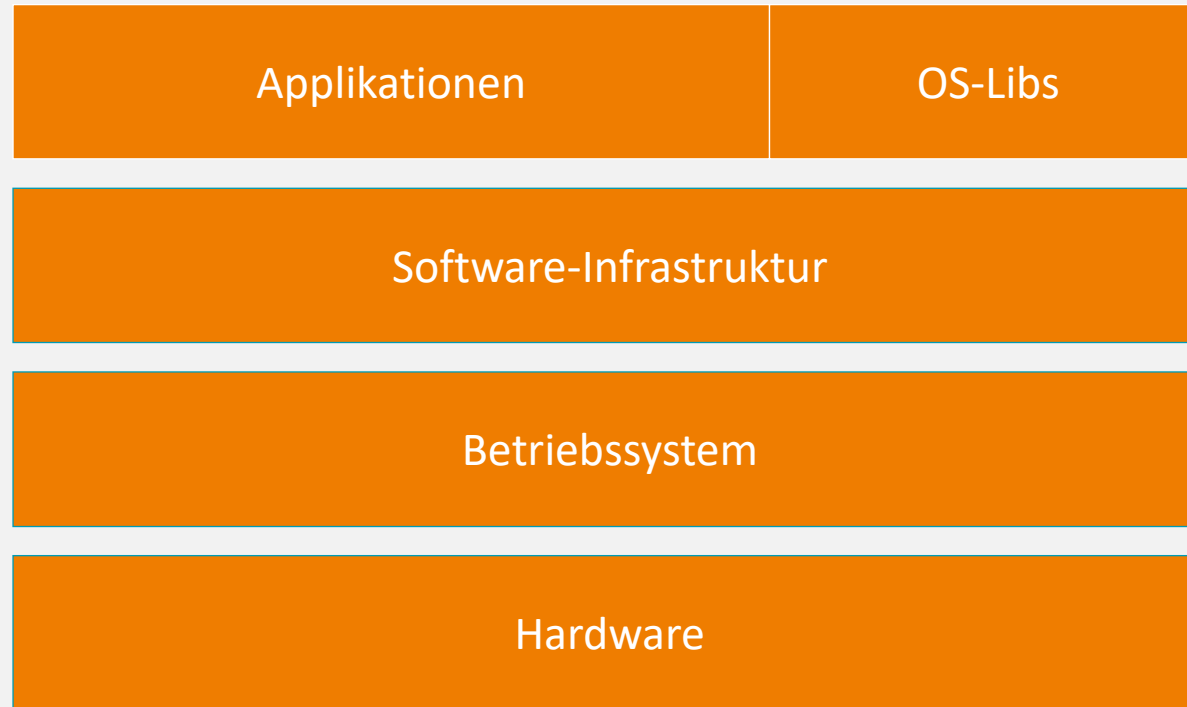
simon.baeumler@qaware.de | franz.wimmer@qaware.de



QA|WARE

Einführung

Beim Cloud Computing geht es im Kern geht es um eine geringere Verbauungstiefe bei der Systementwicklung & dem Betrieb.

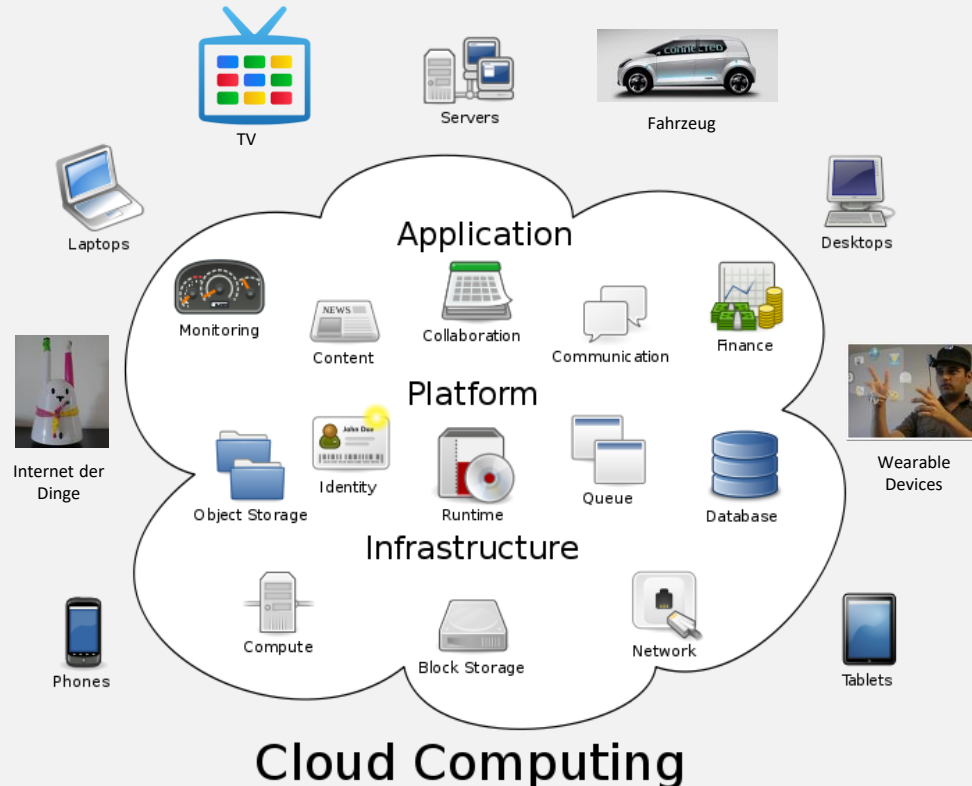


IT-Ressourcen aus der Cloud,
die On-Demand konsumiert
werden können.



“computation may someday be organized as a public utility”, John McCarthy, 1961

Die Cloud ist dynamisch, elastisch und omnipräsent.



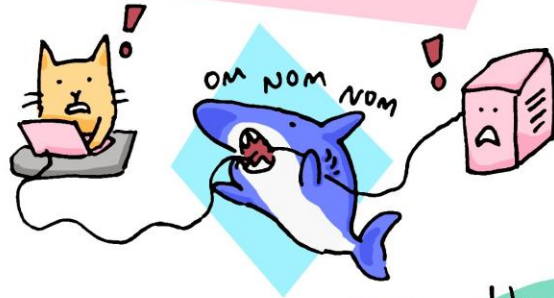
Die wichtigsten Eigenschaften von Cloud Computing:

- **X as a Service:** On-Demand Charakter; Bereitstellung von Rechenkapazitäten, Plattform-Diensten und Applikationen auf Anfrage und in Echtzeit.
- **Ressourcen-Pools:** Verfügbarkeit von scheinbar unbegrenzten Ressourcen, die Anfragen verteilt verarbeiten.
- **Elastizität:** Dynamische Zuweisung von zusätzlichen Ressourcen bei Bedarf (Selbst-Adaption). Keine Kapazitätsplanung aus Sicht des Nutzers mehr nötig.
- **Pay-as-you-go Modell** → Economy of Scale. Die Kosten skalieren mit dem Nutzen.
- **Omnipräsenz:** Zugriff auf die Cloud über das Internet und von verschiedensten Endgeräten aus (über Standard-Protokolle).

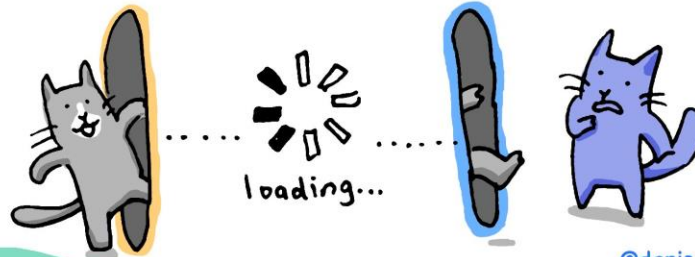
Die 5 Gebote der Cloud.

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.

① The network is reliable



② Latency is ZERO



③ Bandwidth is infinite



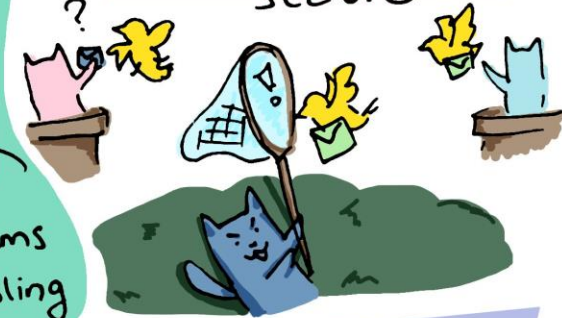
⑧ The network is homogeneous



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

④ The network is secure



⑦ Transport costs \$0



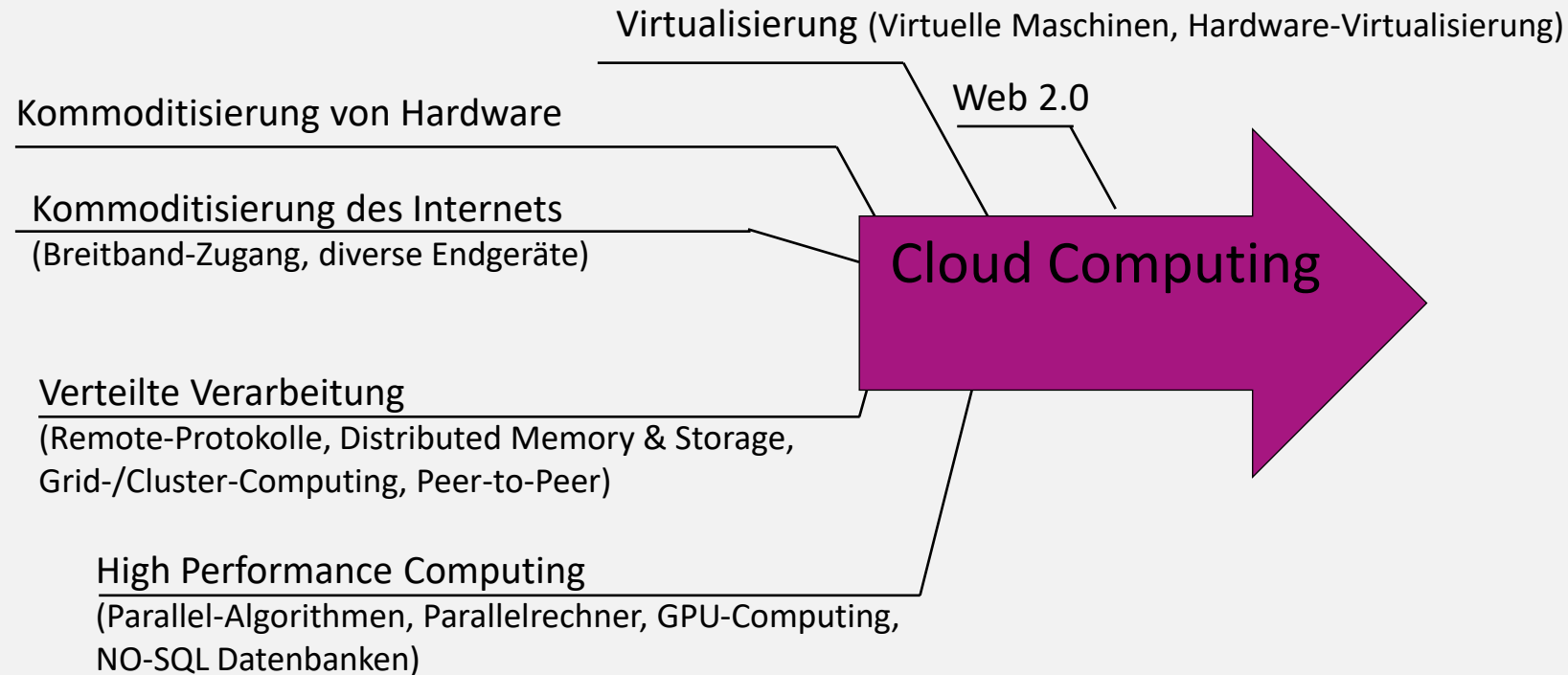
⑥ There is only one administrator



⑤ Topology doesn't change

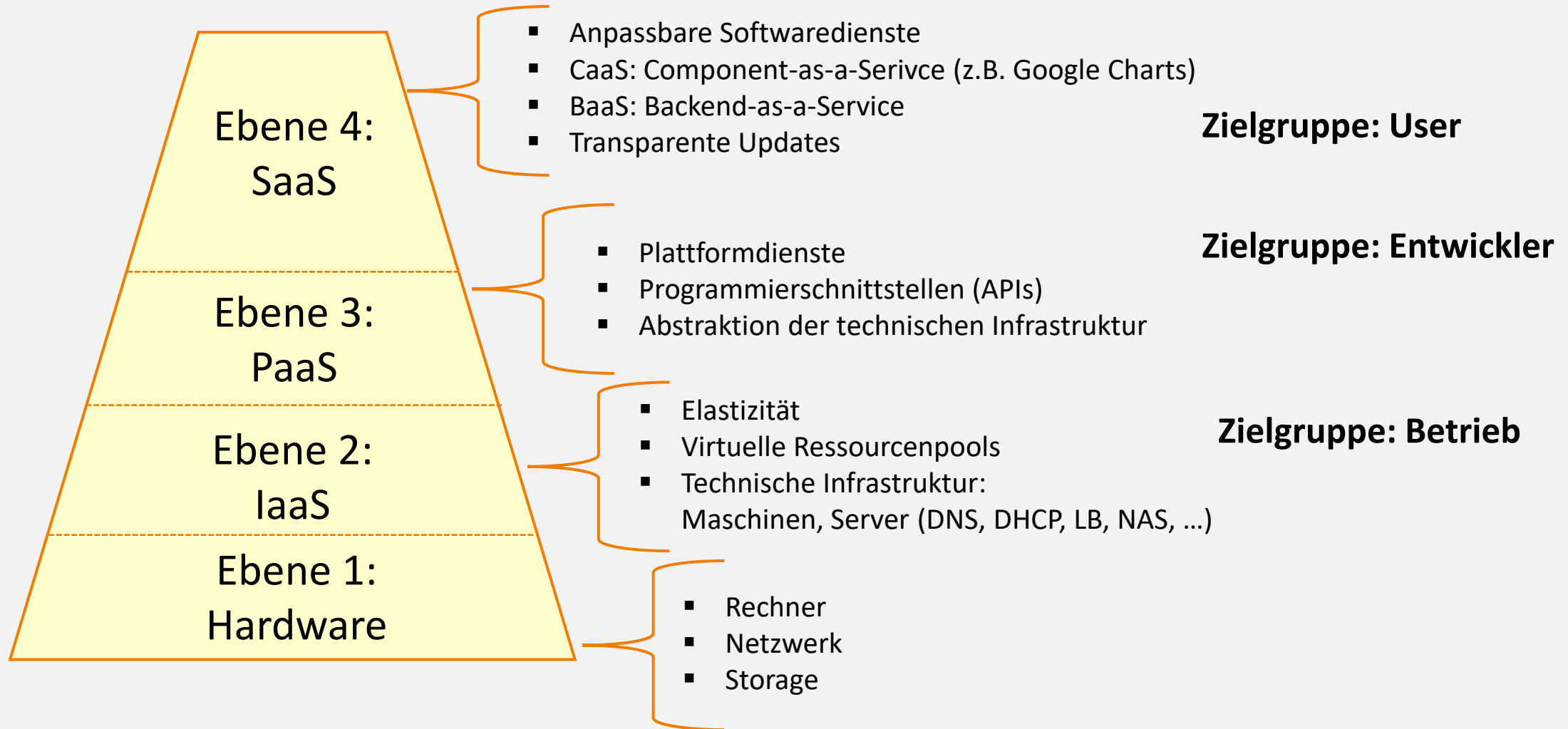


Cloud Computing ist keine Überraschung, sondern auf den Schultern von Giganten entstanden.



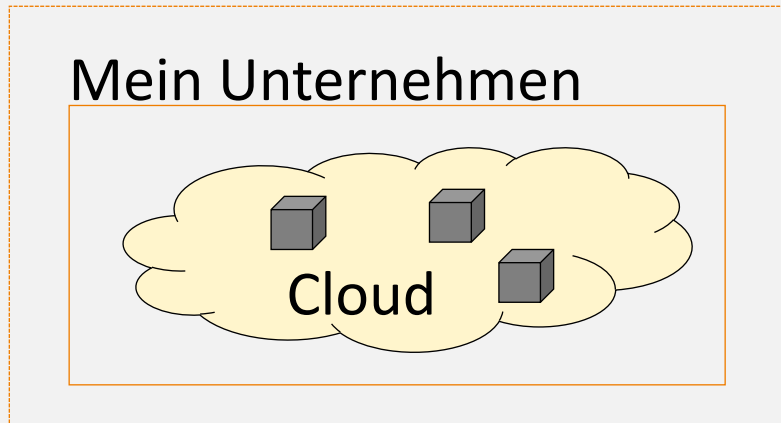
Das Schichtenmodell des Cloud Computing:

Vom Blech zur Anwendung.

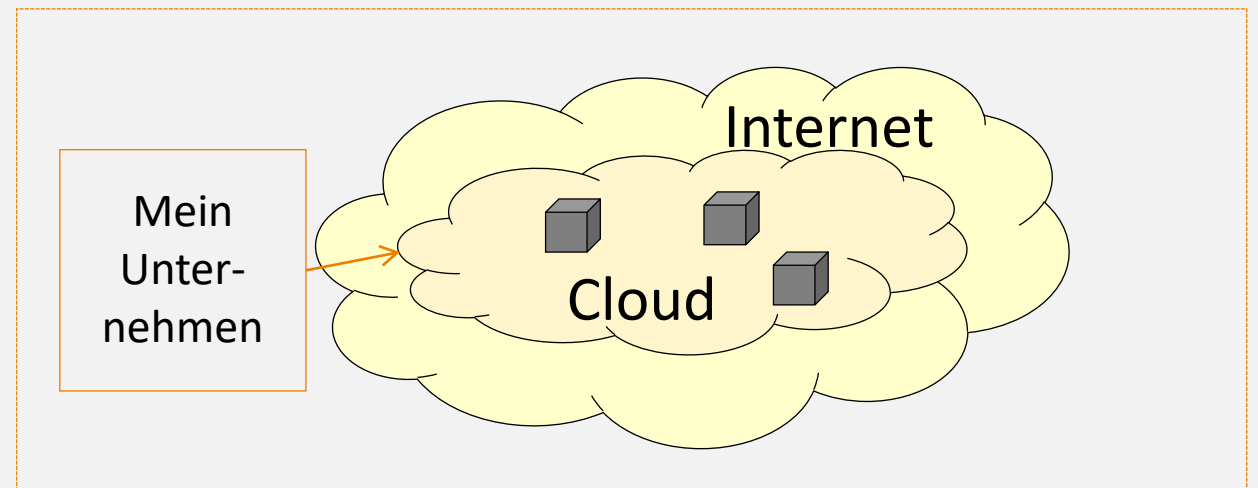


Öffentliche und private Wolken.

Private Cloud:

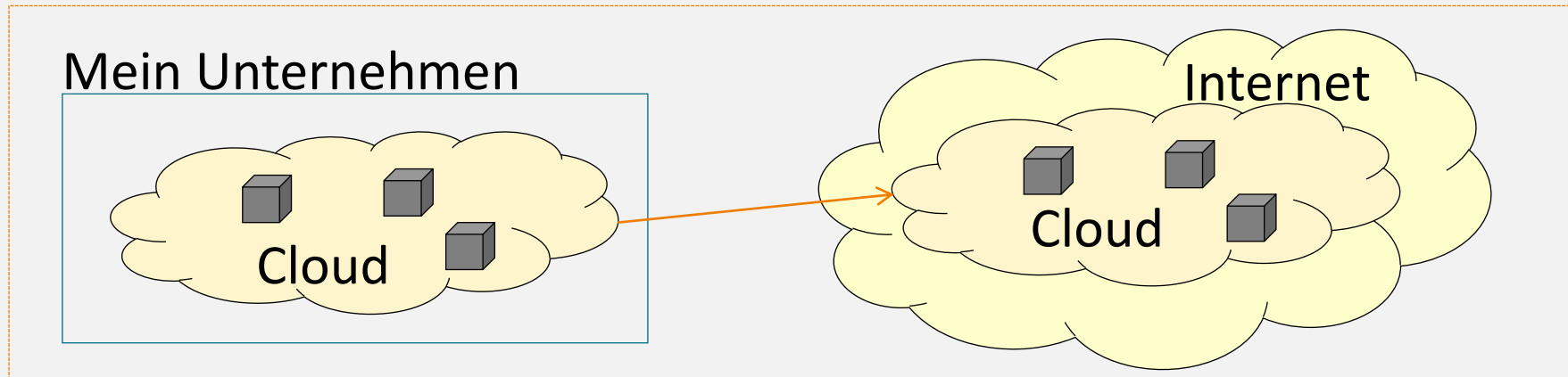


Public Cloud:

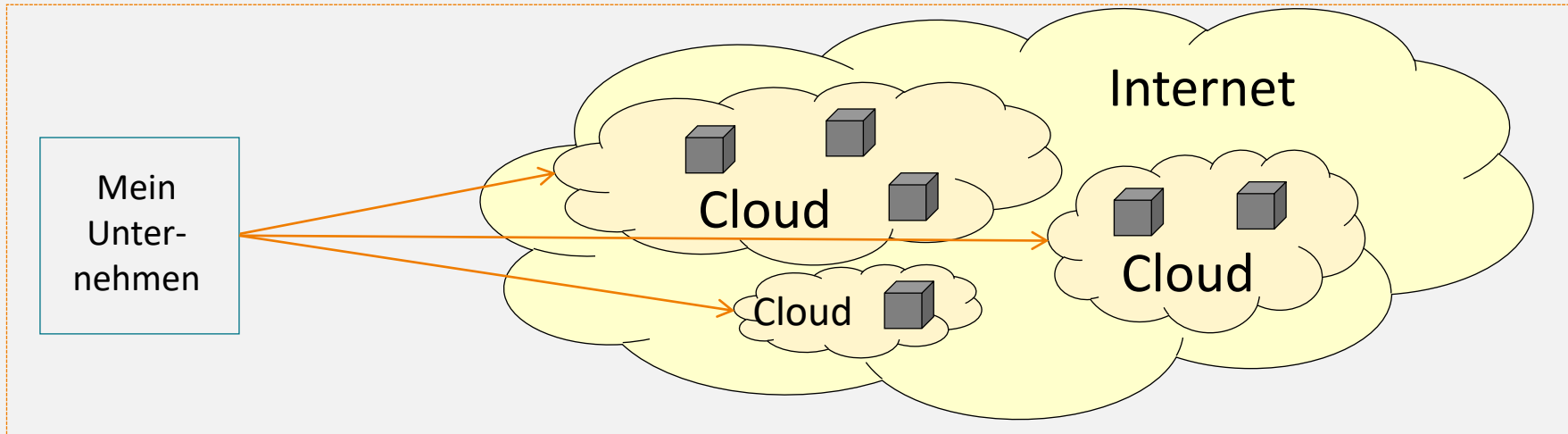


Hybride und multiple Wolken.

Hybrid Cloud:



Multi-Cloud:

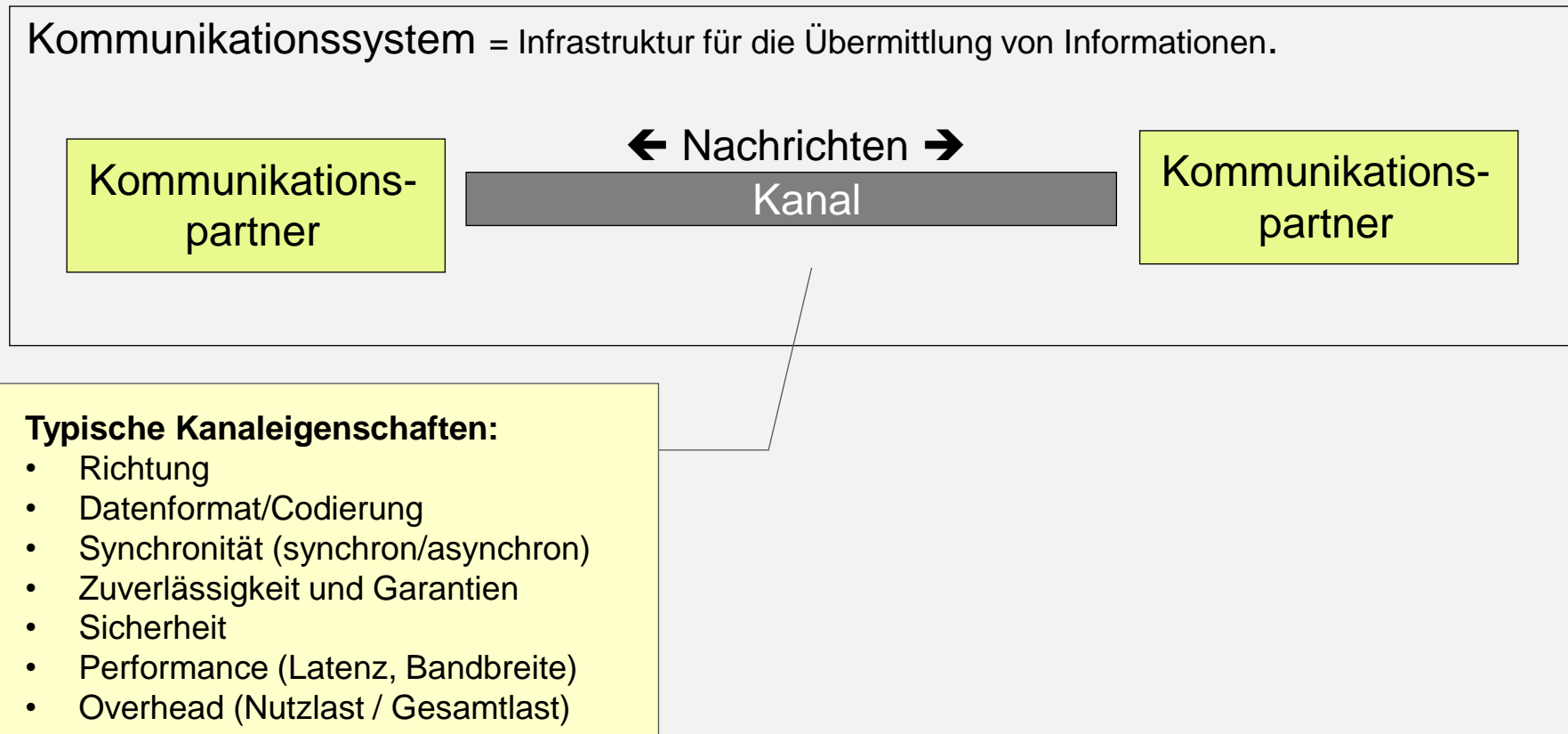




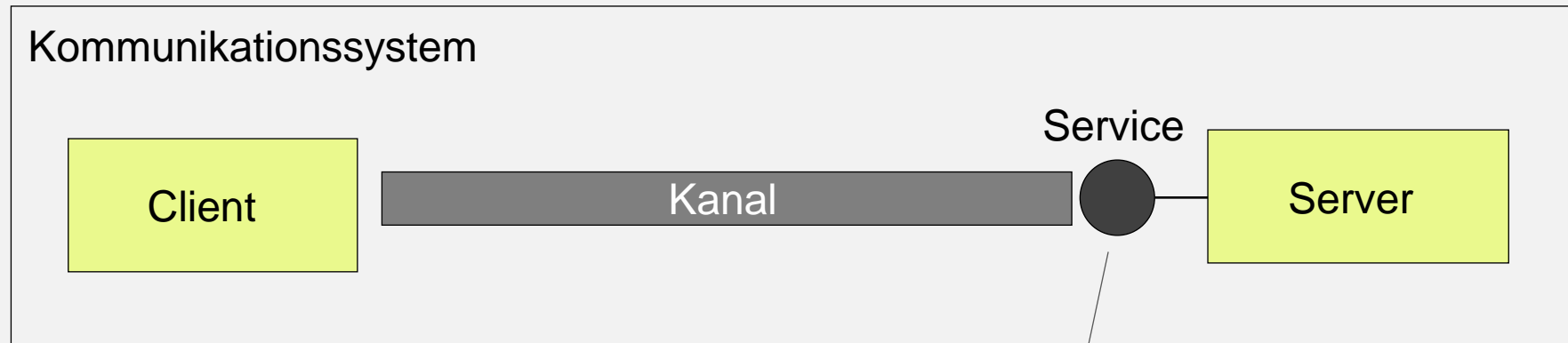
QA|WARE

Kommunikation

Ein allgemeines Kommunikationsmodell im Internet. Angelehnt an das Modell von Shannon/Weaver.



Service-Orientierung in einem Kommunikationssystem: Client-Server-Kommunikation über Services



Ein **Service** ist eine Funktionalität, die über eine definierte Schnittstelle zur Verfügung gestellt wird. Jeder Service ist definiert durch eine **Serviceschnittstelle**.

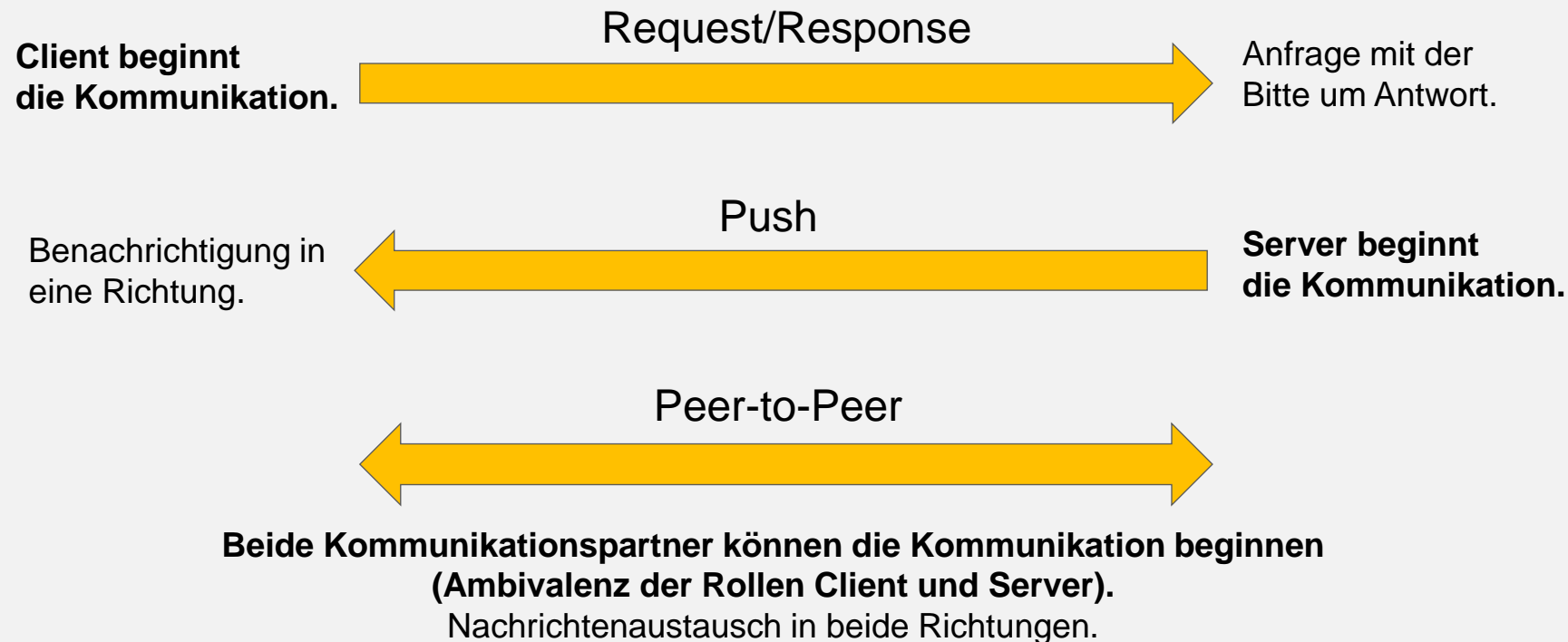
Eine **Serviceschnittstelle** ist ein Vertrag zwischen Nutzer und Anbieter über Syntax und Semantik der Service-Nutzung und enthält optional Zusicherungen in Hinblick auf den **Quality of Service**.

Klassifikation von Kommunikationssystemen:

Kardinalität der Empfänger einer Nachricht.



Klassifikation von Kommunikationssystemen: Wer beginnt mit der Kommunikation?



REST ist ein Paradigma für Anwendungsservices auf Basis des HTTP-Protokolls.

- REST ist eine Paradigma für den Schnittstellenentwurf von Internetanwendungen auf Basis des HTTP-Protokolls (Verben).
- Dissertation von Roy Fielding: „Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures“, 2000, University of California, Irvine.

Grundlegende Eigenschaften:

- **Alles ist eine Ressource:** Eine Ressource ist eindeutig adressierbar über einen URI, hat eine oder mehrere Repräsentationen (XML, JSON, bel. MIME-Typ) und kann per Hyperlink auf andere Ressourcen verweisen. Ressourcen sind, wo immer möglich, hierarchisch navigierbar.
- **Uniforme Schnittstellen:** Services auf Basis der HTTP-Methoden (PUT = erzeugen, POST = aktualisieren oder erzeugen, DELETE = löschen, GET = abfragen). Fehler werden über die HTTP Codes zurückgemeldet. Services haben somit eine standardisierte Semantik und eine stabile Syntax.
- **Zustandslosigkeit:** Die Kommunikation zwischen Server und Client ist zustandslos. Ein Zustand wird im Client nur durch URIs gehalten.
- **Konnektivität:** Basiert auf ausgereifter und allgegenwärtiger Infrastruktur: Der Web-Infrastruktur mit wirkungsvollen Caching- und Sicherheitsmechanismen, leistungsfähigen Servern und z.B. Web-Browser als Clients.

REST-Webservices mit JAX-RS.

<http://www.example.com/hello/Josef?salutation=Servus>



Request Path

```
@Path("/hello/{name}")
public class HelloWorldResource {

    @GET
    @Produces("application/json")
    public ResponseMessage getMessage(
        @DefaultValue("Hallo") @QueryParam("salutation") String salutation,
        @PathParam("name") String name) throws IOException {
        ResponseMessage response = new ResponseMessage(new Date().toString(), salutation + " " + name);
        return response;
    }
}
```

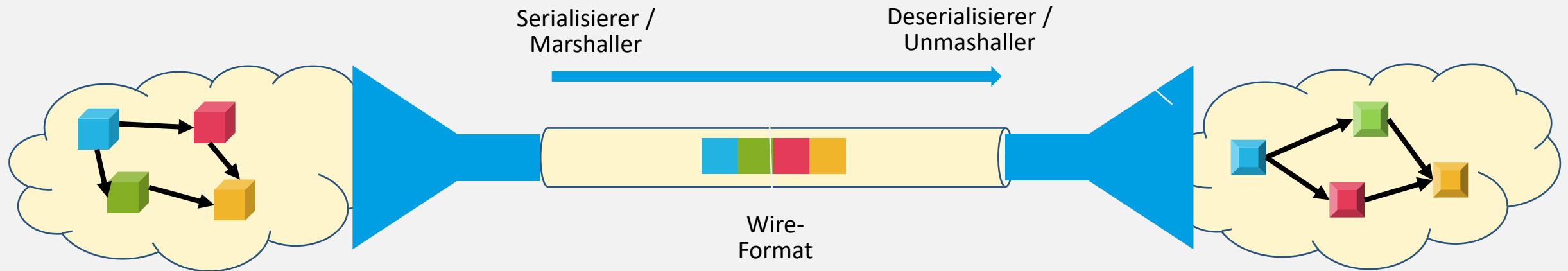
@GET, @POST, @PUT, @DELETE

Analog @Consumes für 1. Parameter

Analog @FormParam bei POST Requests

Für XML und JSON Schnittstellen benötigen wir immer Serialisierung und Deserialisierung.

Die **Serialisierung** ist [...] eine Abbildung von strukturierten Daten auf eine sequenzielle Darstellungsform. Serialisierung wird hauptsächlich für die Persistierung von Objekten in Dateien und für die Übertragung von Objekten über das Netzwerk bei verteilten Softwaresystemen verwendet.



Marshalling (englisch *marshal* ‚aufstellen‘, ‚ordnen‘) ist das Umwandeln von strukturierten oder elementaren Daten in ein Format, das die Übermittlung an andere Prozesse ermöglicht

Die effizienten Alternativen: Binärprotokolle

Binärprotokolle sind eine sinnvolle Alternative zu REST, wenn eine effiziente und programmiersprachennahe Kommunikation erfolgen soll.

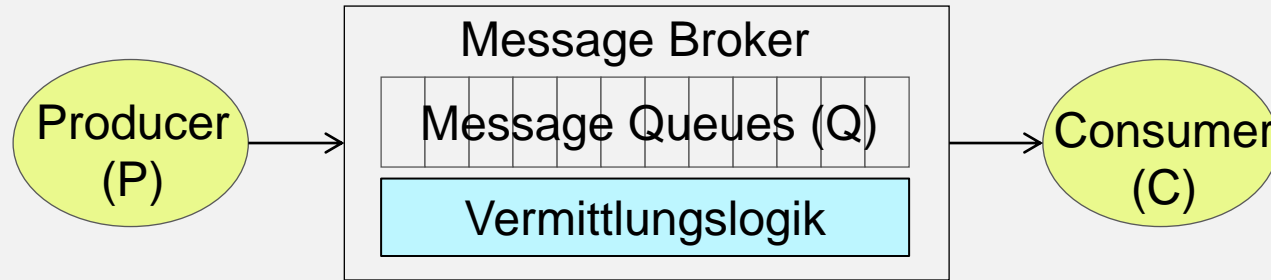
- Encoding der Payload als komprimiertes Binärformat
- Separate Schnittstellenbeschreibungen (IDLs, *Interface Definition Languages*) aus denen dann Client- und Server-Code in mehreren Programmiersprachen generiert werden können

Kandidaten

- gRPC / Protocol Buffers
- Apache Avro
- Apache Thrift
- Hessian

Binärprotokolle können auch mit REST kombiniert werden: Als Content-Type und damit als Payload wird eine Binär-Codierung verwendet. Beispiel: Protocol Buffers over REST.

Messaging ist zuverlässiger, asynchroner Nachrichtenaustausch.



Entkopplung von Producer und Consumer.

Die Serviceschnittstelle ist lediglich das Format der Nachricht. Message Broker machen zum Format keinen Einschränkungen. Sendezeitpunkt und Empfangs-Zeitpunkt können beliebig lange auseinander liegen.

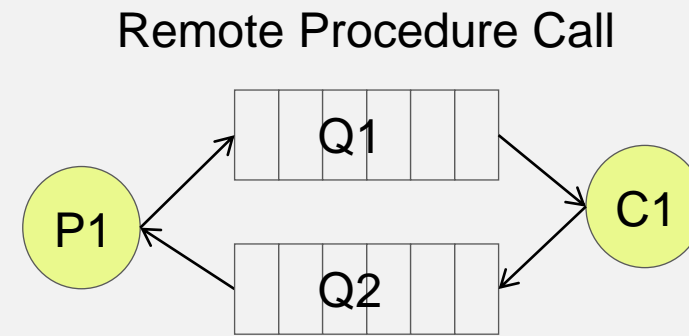
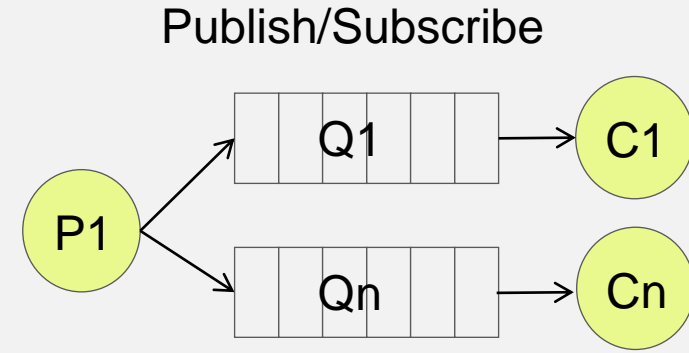
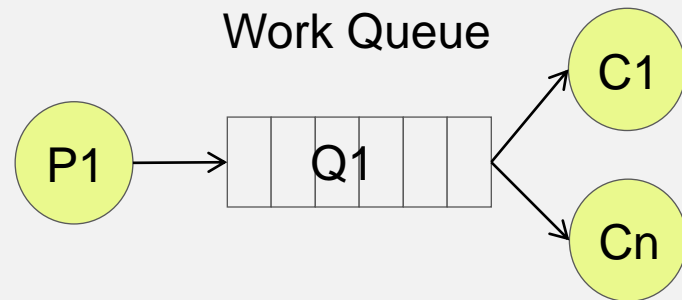
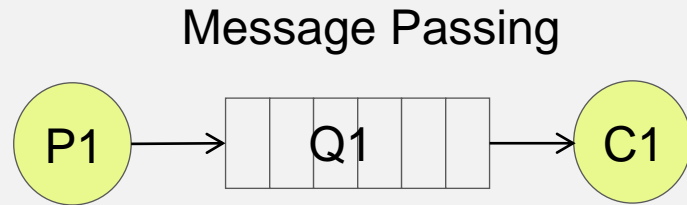
Skalierbarkeit. Die Vermittlungslogik entscheidet zentral ...

- an wie viele Consumer die Nachricht ausgeliefert wird (horizontale Skalierbarkeit),
- an welchen Consumer die Nachricht ausgeliefert wird (Lastverteilung),
- wann eine Nachricht ausgeliefert wird (Pufferung von Lastspitzen),

auf Basis von konfigurierten Anforderungen an die Vermittlung:

- Maximale Zustelldauer bzw. Lebenszeit der Nachricht
- Geforderte Zustellgarantie (mindestens 1 Mal, exakt 1 Mal, an alle) und Transaktionalität
- Priorität der Nachricht
- Notwendige Einhaltung der Zustellreihenfolge

Messaging ist eine flexible Kommunikationsart, mit der sich vielfältige Kommunikationsmuster umsetzen lassen.





QA|WARE

Virtualisierung

Virtualisierungsarten

Virtualisierung ist stellvertretend für mehrere grundsätzlich verschiedene Konzepte und Technologien:

■ Virtualisierung von Hardware-Infrastruktur

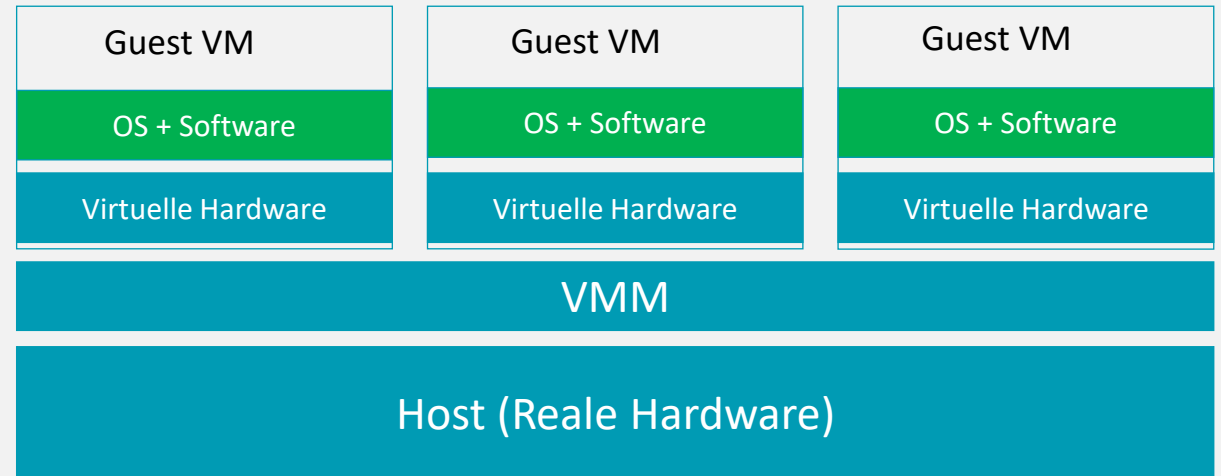
1. Emulation
2. Voll-Virtualisierung (Typ-2 Virtualisierung)
3. Para-Virtualisierung (Typ-1 Virtualisierung)

■ Virtualisierung von Software-Infrastruktur

4. Betriebssystem-Virtualisierung (*Containerization*)
5. Anwendungs-Virtualisierung (*Runtime*)

Hardware-Virtualisierung

- Durch Hardware-Virtualisierung werden die Ressourcen eines Rechnersystems aufgeteilt und von mehreren unabhängigen Betriebssystem-Instanzen genutzt.
- Anforderungen der Betriebssystem-Instanzen werden von der Virtualisierungssoftware (Virtual Machine Monitor, VMM) abgefangen und auf die real vorhandene Hardware umgesetzt.



Host

- Der Rechner, der eine oder mehrere virtuelle Maschinen ausführt und die dafür notwendigen Hardware-Ressourcen zur Verfügung stellt.

Guest

- Eine lauffähige / laufende virtuelle Maschine

VMM (Virtual Machine Monitor)

- Die Steuerungssoftware zur Verwaltung der Guests und der Host-Ressourcen

Hardware-Virtualisierung: Para-Virtualisierung

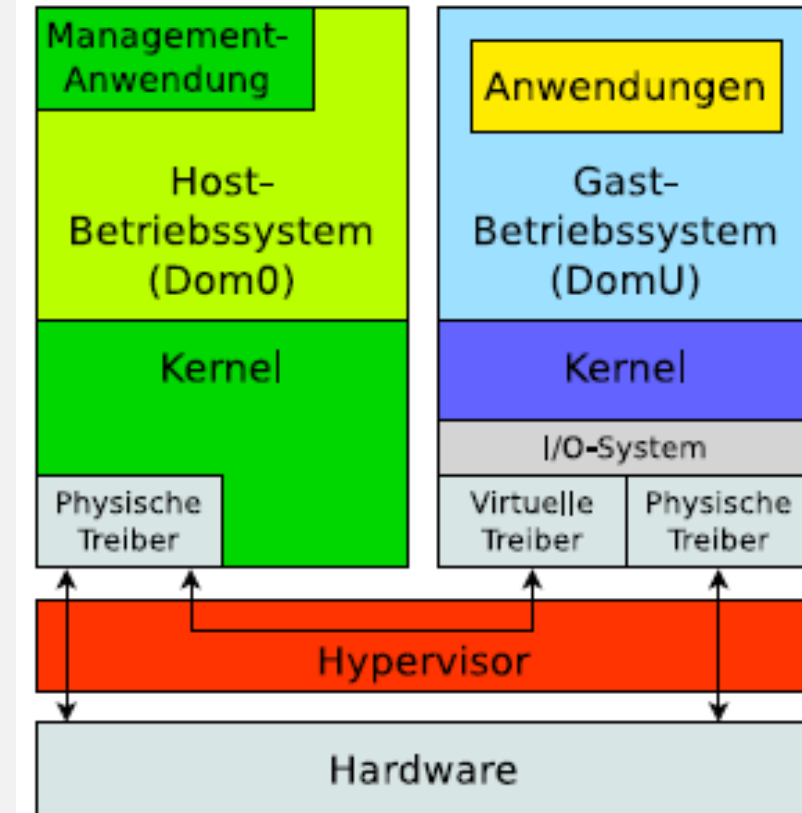
Der Hypervisor läuft direkt auf der verfügbaren Hardware. Er entspricht somit einem Betriebssystem, das ausschließlich auf Virtualisierung ausgerichtet ist.

Das Gast-Betriebssystem muss um virtuelle Treiber ergänzt werden, um mit dem Hypervisor interagieren zu können.

- Dem Gast-Betriebssystem stehen keine direkt low-level virtualisierten Hardware-Ressourcen (CPU, RAM, ...) zur Verfügung sondern eine API zur Nutzung durch die virtuellen Treiber.
- Unterstützte Betriebssysteme und Hardware-Varianten aus Sicht des Gastes eingeschränkt pro Hypervisor-Implementierung.

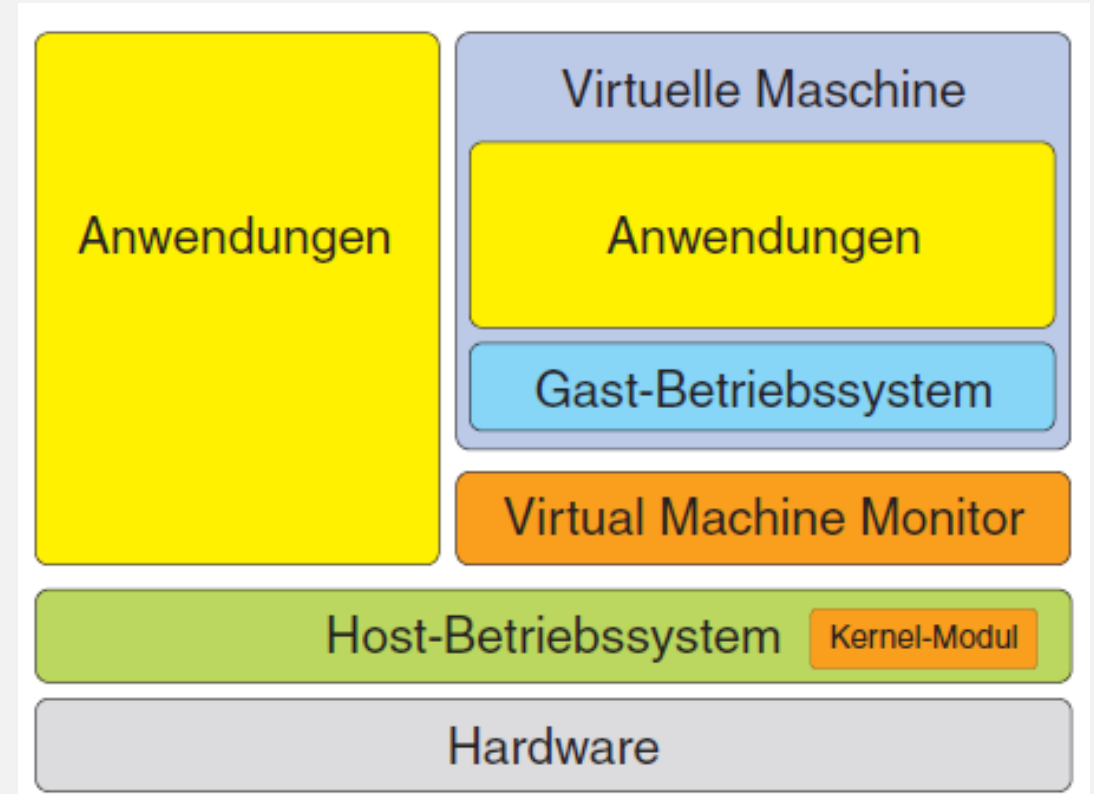
Der Hypervisor nutzt die Treiber eines Host-Betriebssystems, um auf die reale Hardware zuzugreifen. Damit brauchen im Hypervisor nicht aufwändig eigene Treiber implementiert werden.

Leistungsverlust: 2-3%

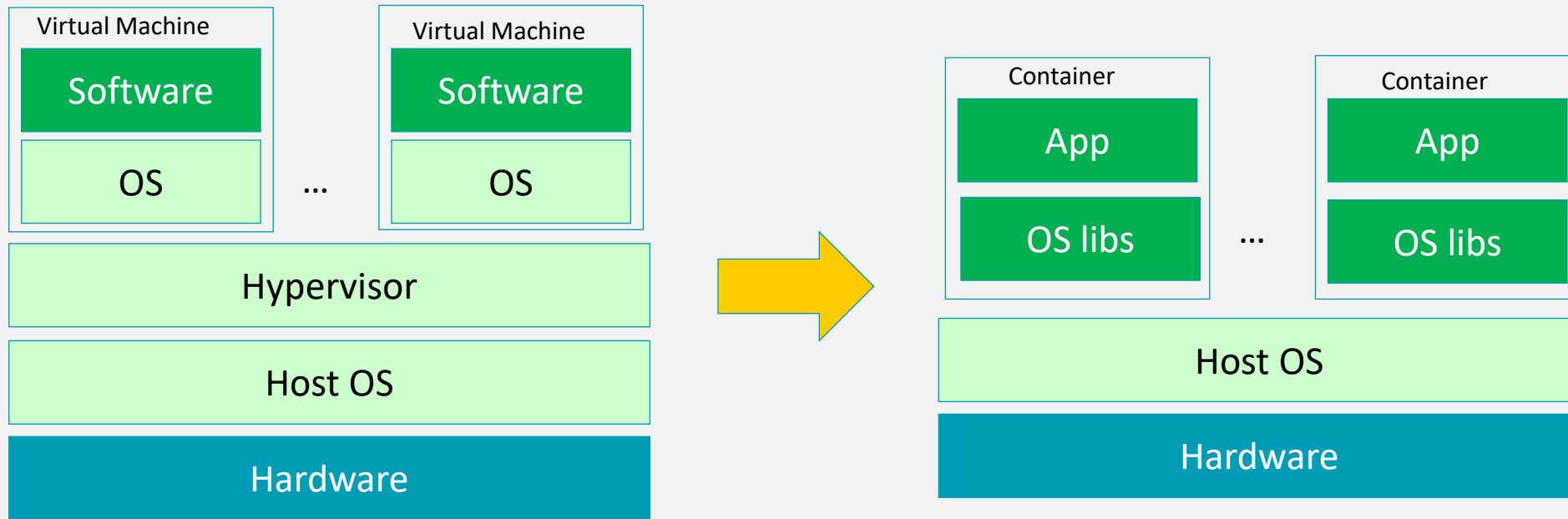


Hardware-Virtualisierung: Voll-Virtualisierung

- Jedem Gastbetriebssystem steht ein eigener virtueller Rechner mit virtuellen Ressourcen wie CPU, Hauptspeicher, Laufwerken, Netzwerkkarten, usw. zur Verfügung
- Der VMM läuft hosted als Anwendung unter dem Host-Betriebssystem (Typ 2 Hypervisor)
- Der VMM verteilt die Hardwareressourcen des Rechners an die VMs
- Teilweise emuliert der VMM Hardware, die nicht für den gleichzeitigen Zugriff mehrerer Betriebssysteme ausgelegt ist (z.B. Netzwerkkarten, Grafikkarten)
- Leistungsverlust: 5-10%.



Betriebssystem-Virtualisierung



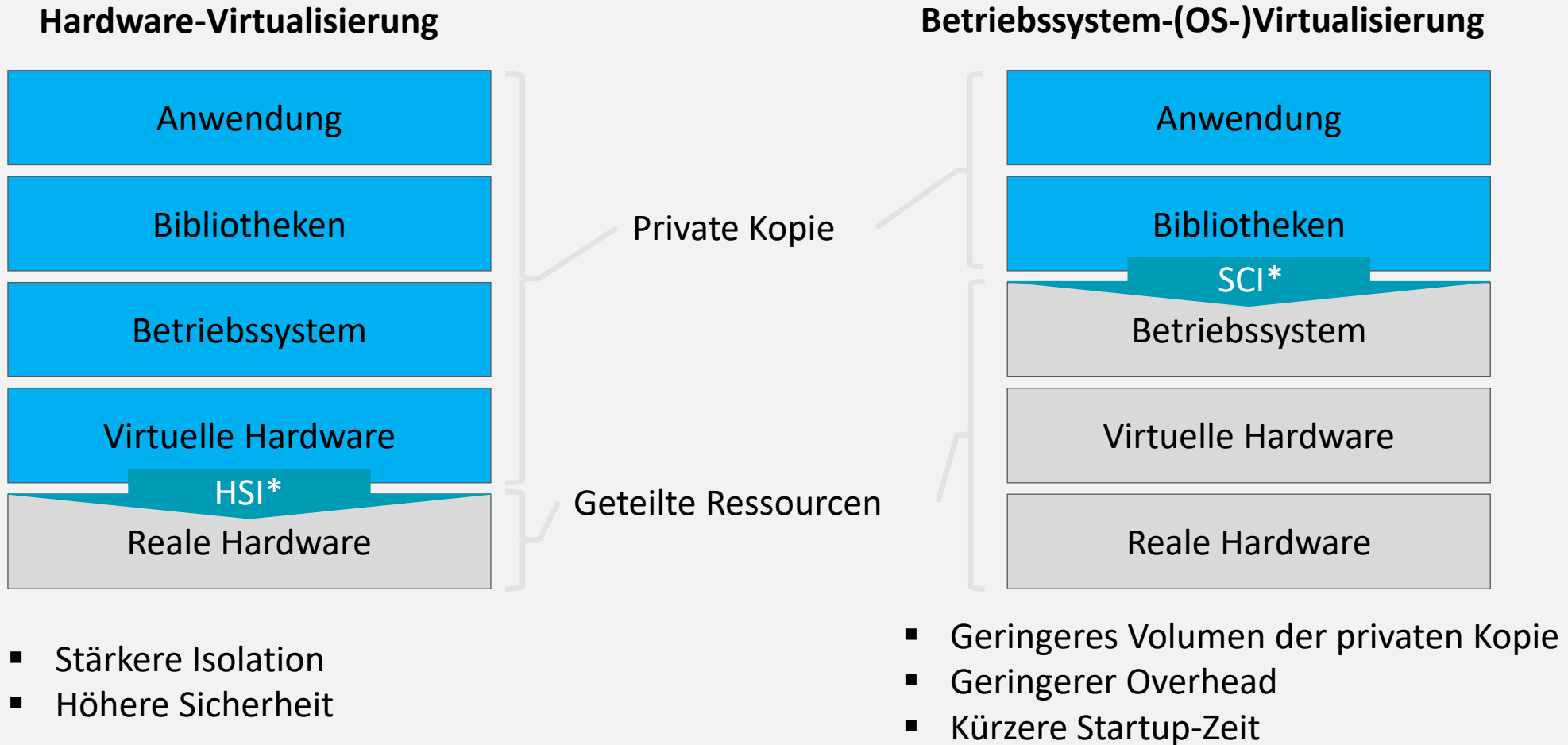
Leichtgewichtiger Virtualisierungsansatz: Es gibt keinen Hypervisor. Jede App läuft direkt als Prozess im Host-Betriebssystem. Dieser ist jedoch maximal durch entsprechende OS-Mechanismen isoliert (z.B. Linux LXC).

- Isolation des Prozesses durch Kernel Namespaces (bzgl. CPU, RAM und Disk I/O) und Containments
- Isoliertes Dateisystem
- Eigene Netzwerk-Schnittstelle

CPU- / RAM-Overhead in der Regel nicht messbar (~ 0%)

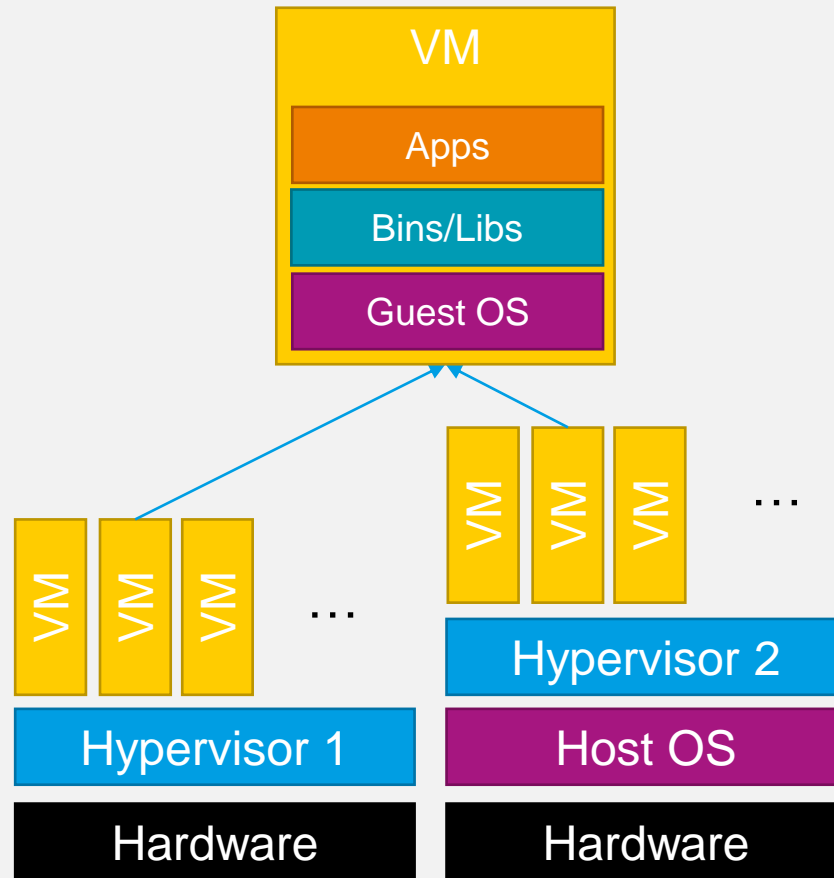
Startup-Zeit = Startdauer für den ersten Prozess

Hardware- vs. Betriebssystem-Virtualisierung

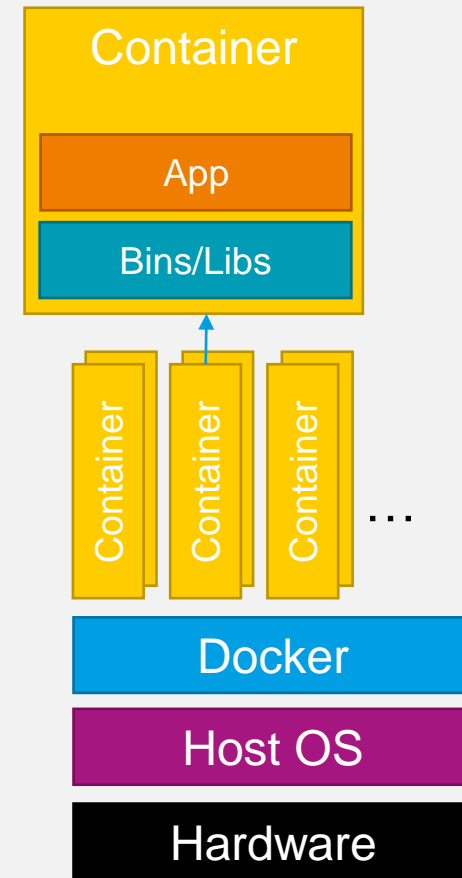


*) HSI = Hardware Software Interface
SCI = System Call Interface

Containerization mit Docker

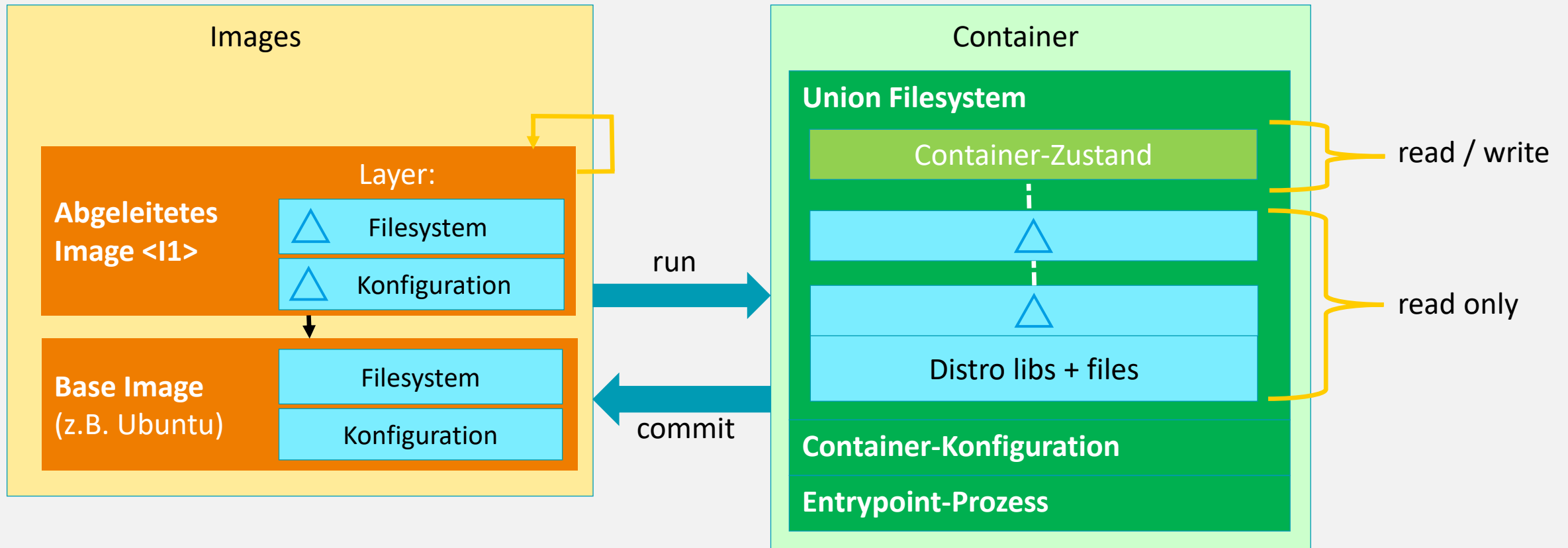


Type 1 / Type 2 Virtualization



Containerization

Im Zentrum von Docker stehen Images und Container.

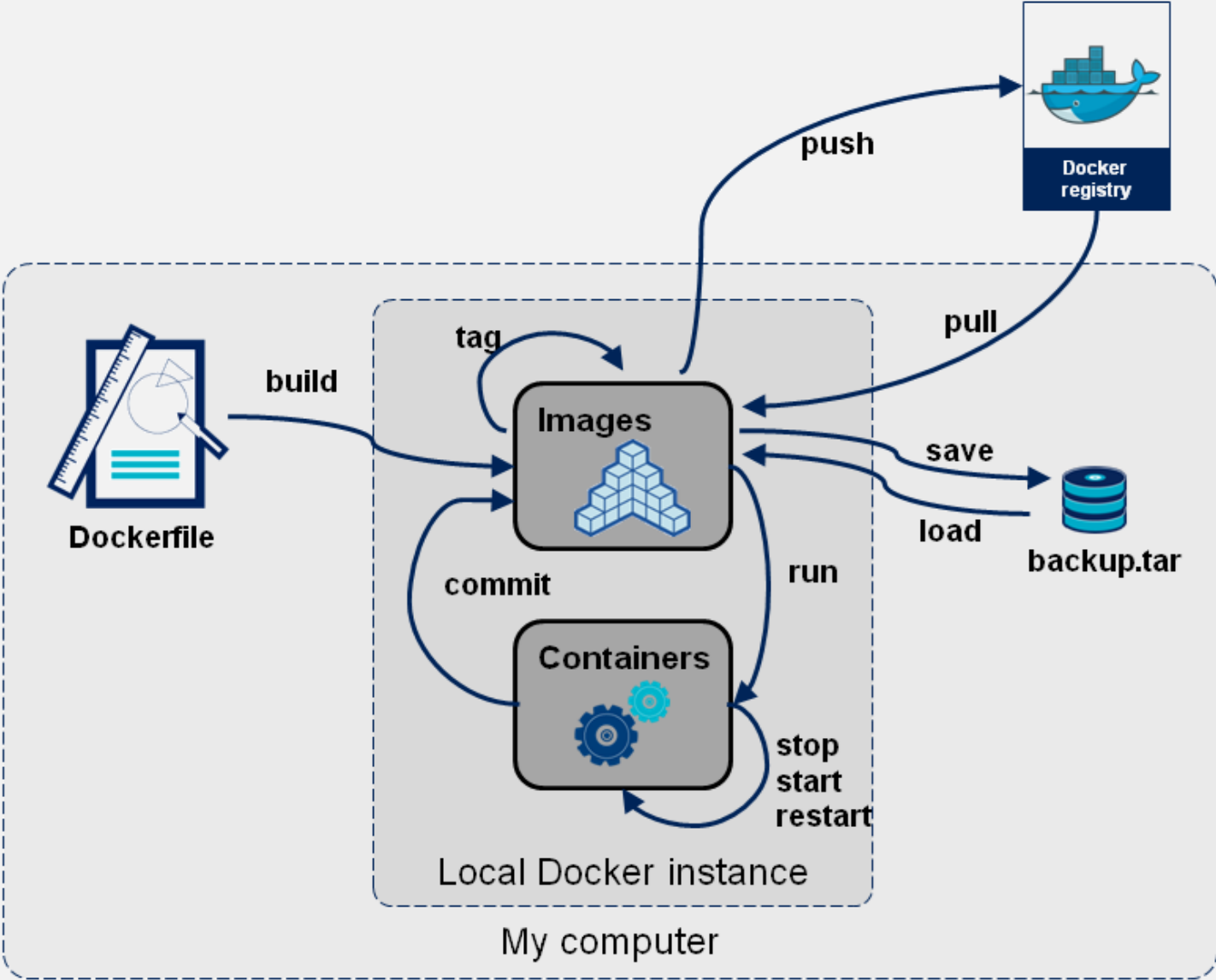


Ruhender und transportierbarer Zustand

Laufender Zustand

Ein Container läuft so lange wie sein Entrypoint-Prozess im Vordergrund läuft. Docker merkt sich den Container-Zustand.

Der Docker Workflow.



Das Dockerfile definiert Aufbau und Inhalt des Image.

FROM qaware/alpine-k8s-ibmjava8:8.0-3.10

LABEL maintainer="QAware GmbH <qaware-oss@qaware.de>"

RUN mkdir -p /app

COPY build/libs/zwitscher-service-1.0.1.jar /app/zwitscher-service.jar

COPY src/main/docker/zwitscher-service.conf /app/

ENV JAVA_OPTS -Xmx256m

EXPOSE 8080

ENTRYPOINT ["java", "-jar", "/app/zwitscher-service.jar"]

Dockerfile Commands

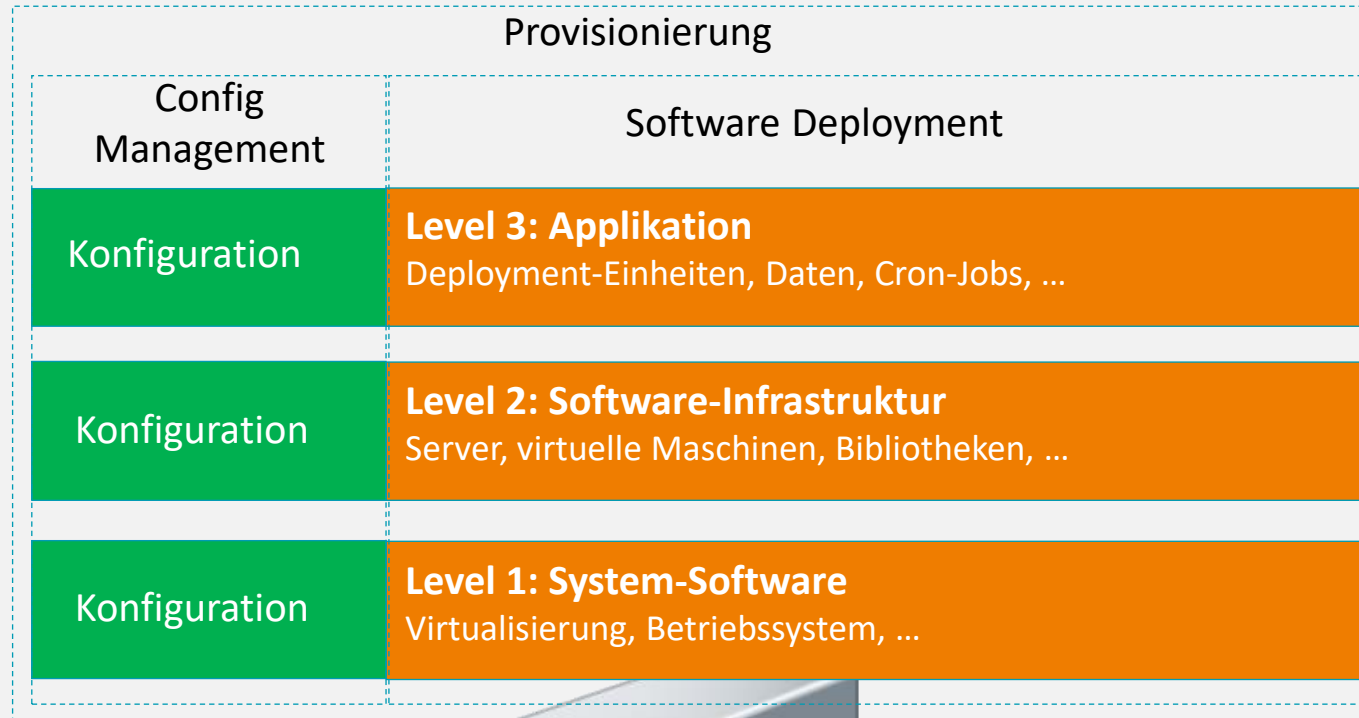
Element	Meaning
FROM <image-name>	Sets to base image (where the new image is derived from)
MAINTAINER <author>	Document author
RUN <command>	Execute a shell command and commit the result as a new image layer (!)
ADD <src> <dest>	Copy a file into the containers. <src> can also be an URL. If <src> refers to a TAR-file, then this file automatically gets un-tared.
VOLUME <container-dir> <host-dir>	Mounts a host directory into the container.
ENV <key> <value>	Sets an environment variable. This environment variable can be overwritten at container start with the <code>-e</code> command line parameter of <code>docker run</code> .
ENTRYPOINT <command>	The process to be started at container startup
CMD <command>	Parameters to the entrypoint process if no parameters are passed with <code>docker run</code>
WORKDIR <dir>	Sets the working dir for all following commands
EXPOSE <port>	Informs Docker that a container listens on a specific port and this port should be exposed to other containers
USER <name>	Sets the user for all container commands



QA|WARE

Provisionierung

Provisierung erfolgt auf drei verschiedenen Ebenen und in vier Stufen.



Hardware

- Rechner
- Speicher
- Netzwerk-Equipment
- ...

Laufende Software!



Application Provisioning



Server Provisioning

Bereitstellung der notwendigen Software-Infrastruktur für die Applikation.



Bootstrapping

Bereitstellung der Betriebsumgebung für die Software-Infrastruktur.



Bare Metal Provisioning

Initialisierung einer physikalischen Hardware für den Betrieb.

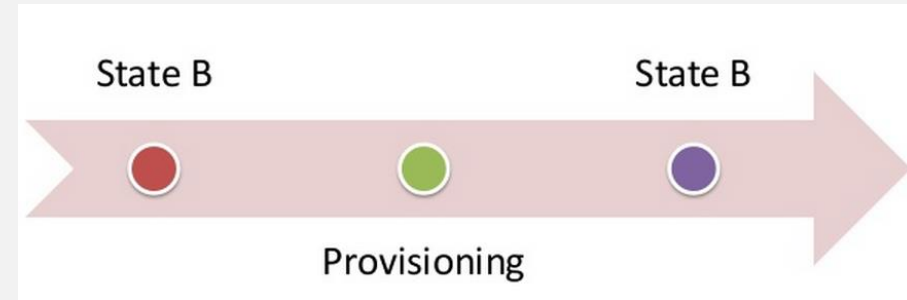
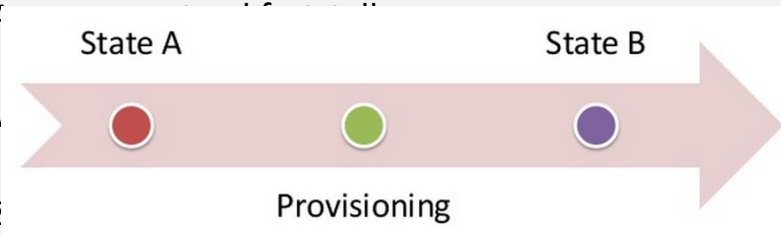
Konzeptionelle Überlegungen zur Provisionierung.

Systemzustand := Gesamtheit der Software, Daten und Konfigurationen auf einem System.

Provisionierung := Überführung von einem System in seinem aktuellen Zustand auf einen Ziel-Zustand.

Was ein Provisionierungsmechanismus leisten muss:

1. A
2. \
3. z
4. Zustandsverändernde Aktionen durchführen
5. Nachbedingungen prüfen und ggf. Zustand zurücksetzen



Zusicherungen

Idempotenz: Die Fähigkeit eine Aktion durchzuführen und sie das selbe Ergebnis erzeugt, egal ob sie einmal oder mehrfach ausgeführt wird.

Konsistenz: Nach Ausführung der Aktionen herrscht ein konsistenter Systemzustand. Egal ob einzelne, mehrere oder alle Aktionen gescheitert sind.

Die neue Leichtigkeit des Seins.

Old Style

Beliebiger
Zustand



1. Ausgangszustand feststellen
2. Vorbedingungen prüfen
3. Zustandsverändernde Aktionen ermitteln
4. Zustandsverändernde Aktionen durchführen
5. Nachbedingungen prüfen und ggF. Zustand zurücksetzen



Ziel-Zustand

New Style

„Immutable Infrastructure / Phoenix Systems“

Basis-Zustand



- ~~1. Ausgangszustand feststellen~~
- ~~2. Vorbedingungen prüfen~~
- ~~3. Zustandsverändernde Aktionen ermitteln~~
4. Zustandsverändernde Aktionen durchführen
5. Nachbedingungen prüfen und ggF. Zustand zurücksetzen



Ziel-Zustand

Provisionierung mit DockerFile und Docker Compose

Deployment-Ebenen

Level 3: Applikation

Deployment-Einheiten, Daten, Cron-Jobs, ...

Level 2: Software-Infrastruktur

Server, virtuelle Maschinen, Bibliotheken, ...

Level 1: System-Software

Virtualisierung, Betriebssystem, ...

Docker-Image-Kette

Applikations-Image

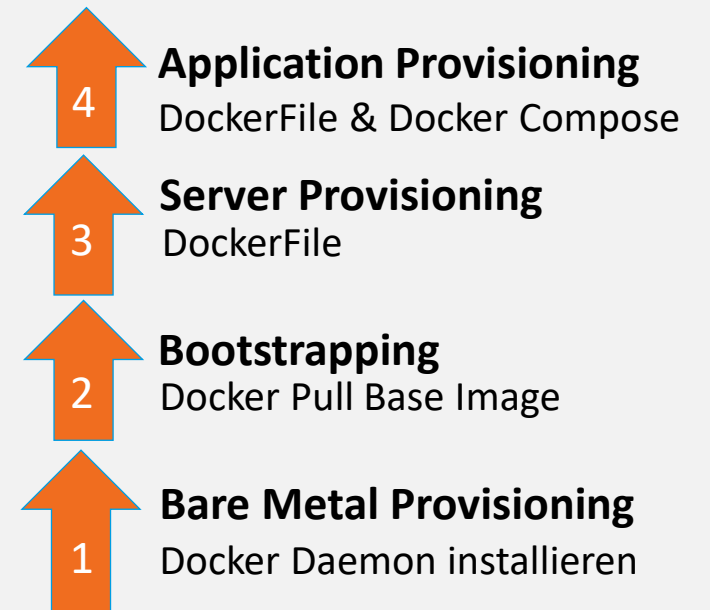
(z.B. www.qaware.de)

Server Image

(z.B. NGINX)

Base Image

(z.B. Ubuntu)



Provisionierung mit Ansible

Deployment-Ebenen

Level 3: Applikation

Deployment-Einheiten, Daten, Cron-Jobs, ...

Level 2: Software-Infrastruktur

Server, virtuelle Maschinen, Bibliotheken, ...

Level 1: System-Software

Virtualisierung, Betriebssystem, ...

Docker-Image- oder VM-Kette

Applikations-Image

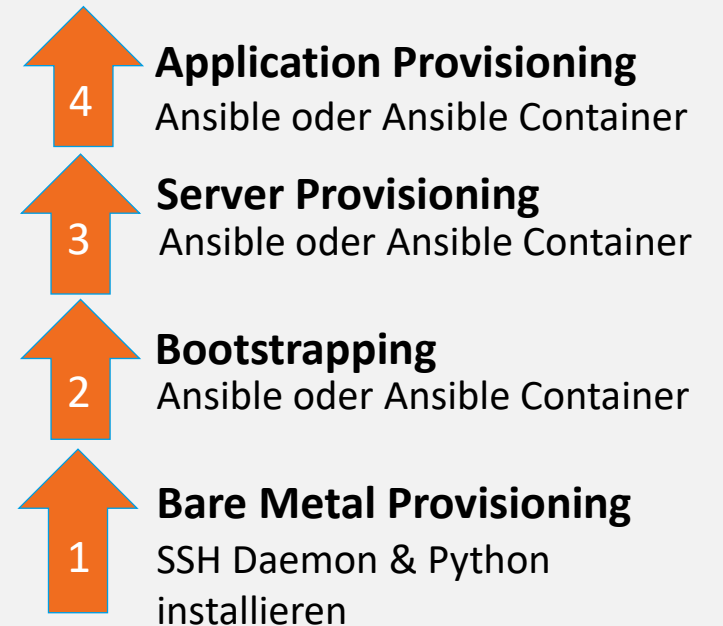
(z.B. www.qaware.de)

Server Image

(z.B. NGINX)

Base Image

(z.B. Ubuntu)



TODO: Ansible – Konzepte & Begriffe

Inventory

Modules

Tasks

Roles

Playbook

```
app1-master ansible_ssh_host=myapp1.example.net httpsports=9090
app2-slave ansible_ssh_host=myapp2.example.net httpsports=9091
```

```
app1-slave ansible_ssh_host=myapp3.example.net httpsports=9090
app2-slave ansible_ssh_host=myapp4.example.net httpsports=9091
```

Beschreibung der
Maschinen über IP,
Shortnames oder URLs

hosts



Gruppen fassen mehrere
Maschinen zusammen

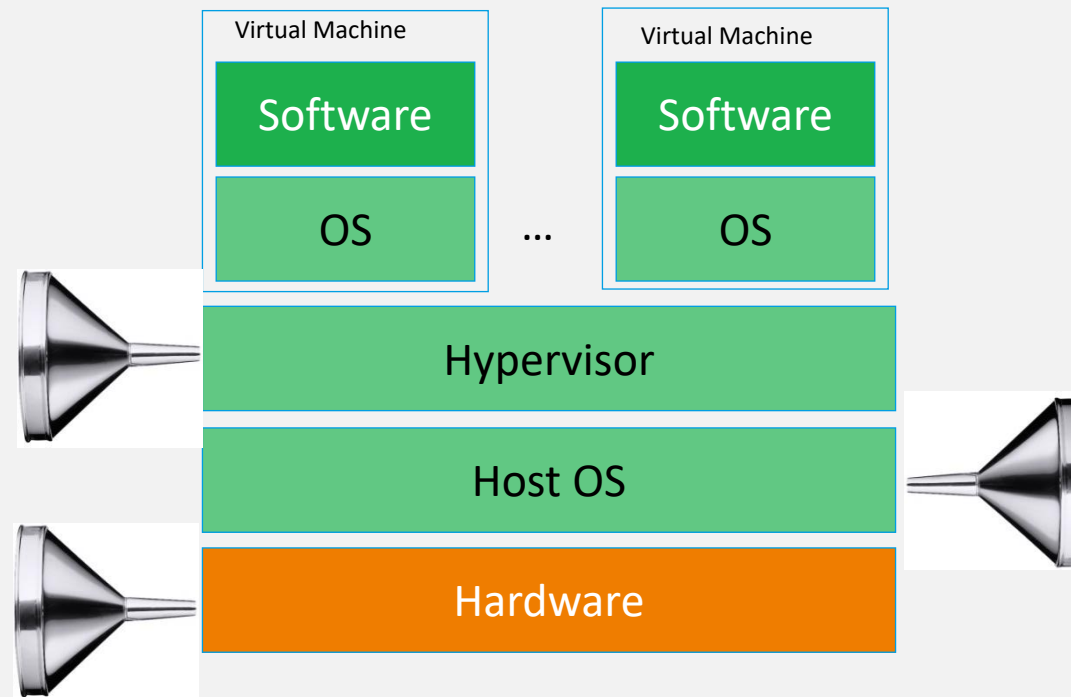
Definition von Variablen
für einzelne Hosts oder
Gruppen



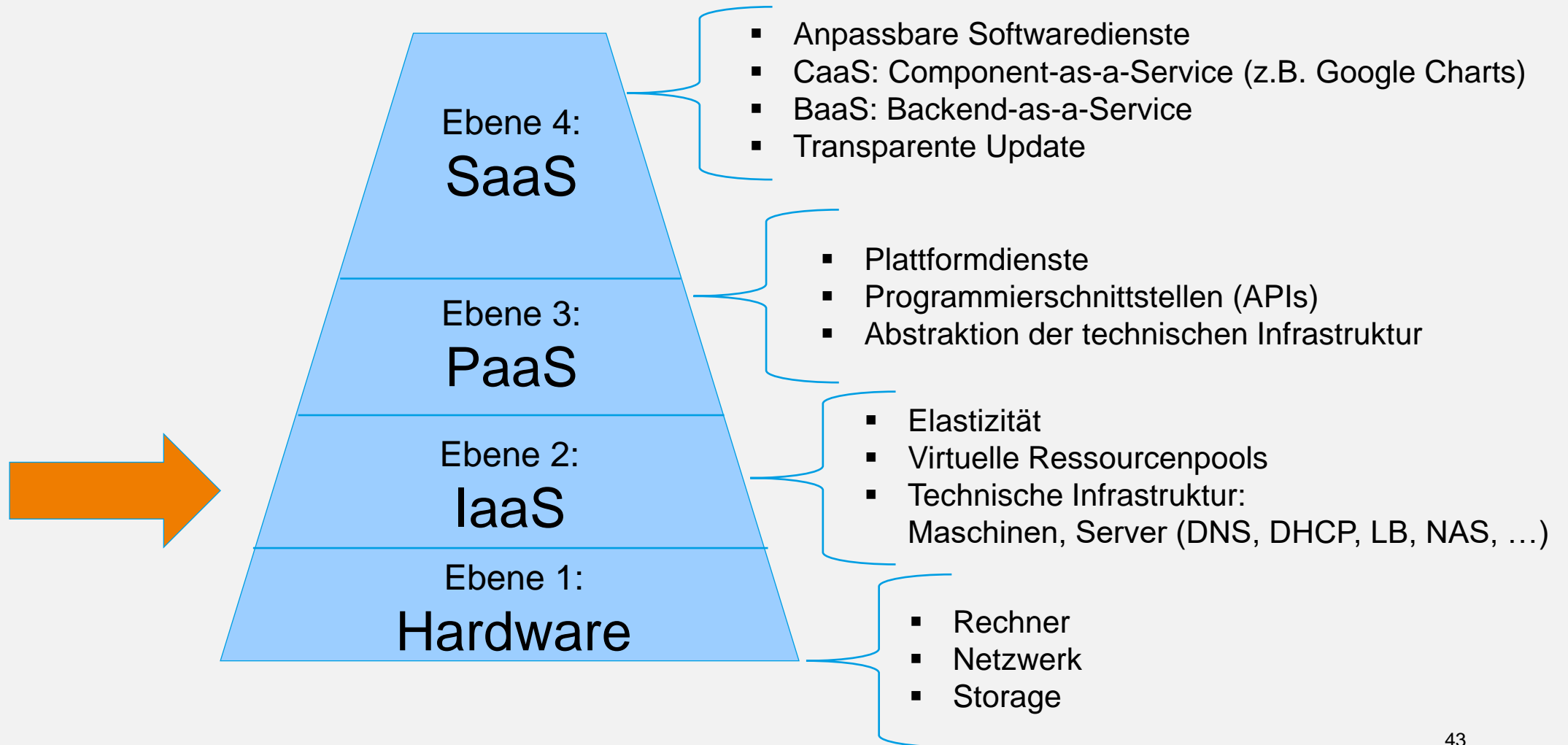
QA|WARE

IaaS

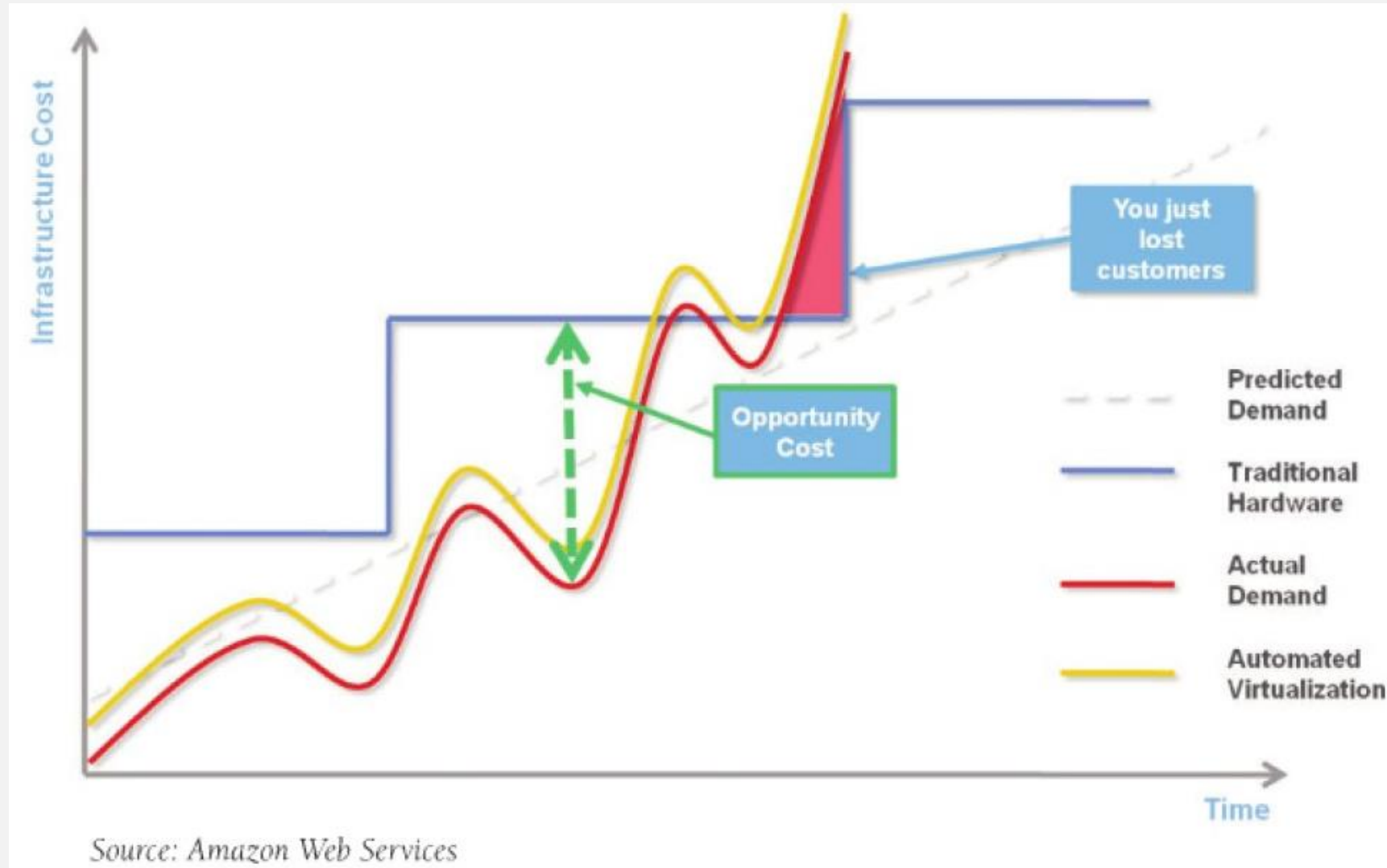
Wie kommt Software an das Blech?



Das Schichtenmodell des Cloud Computing: Vom Blech zur Anwendung.



Klassische Betriebsszenarien werden bei dynamischer Nachfrage teuer. Hohe Opportunitätskosten.



Definition IaaS

Unter *IaaS* versteht man ein Geschäftsmodell, das entgegen dem klassischen Kauf von Rechnerinfrastruktur vorsieht, diese je nach Bedarf anzumieten und freizugeben.

Eigenschaften einer IaaS-Cloud:

- **Ressourcen-Pools:** Verfügbarkeit von scheinbar unbegrenzten Ressourcen, die Anfragen verteilt verarbeiten.
- **Elastizität:** Dynamische Zuweisung von zusätzlichen Ressourcen bei Bedarf.
- **Pay-as-you-go Modell:** Abgerechnet werden nur verbrauchte Ressourcen.

Ressourcen-Typen in einer IaaS-Cloud:

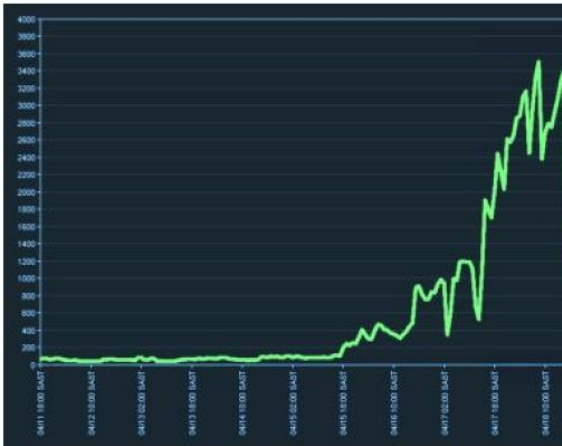
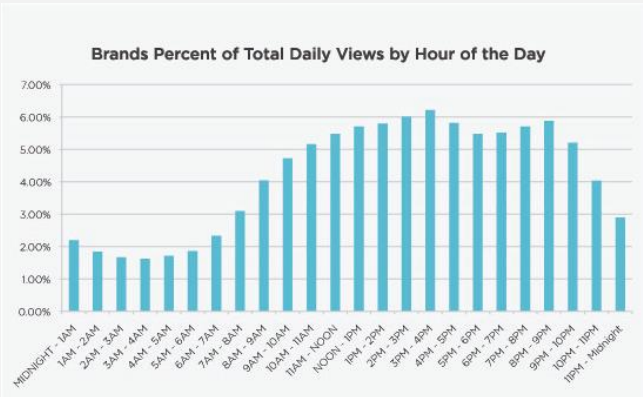
- **Rechenleistung:** Rechner-Knoten mit CPU, RAM und HD-Speicher.
- **Speicher:** Storage-Kapazitäten als Dateisystem-Mounts oder Datenbanken.
- **Netzwerk:** Netzwerk und Netzwerk-Dienste wie DNS, DHCP, VPN, CDN und Load Balancer.

Infrastruktur-Dienste einer IaaS-Cloud:

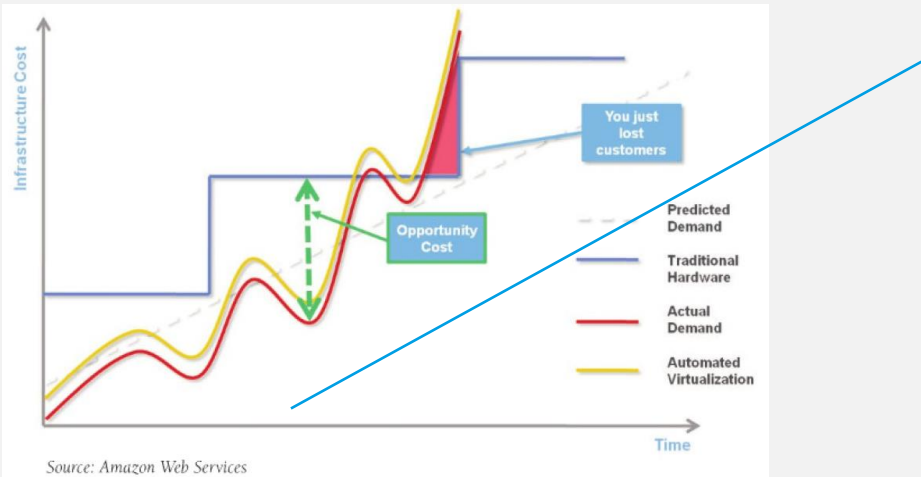
- **Monitoring**
- **Ressourcen-Management**

Skalierbarkeit: Effekte

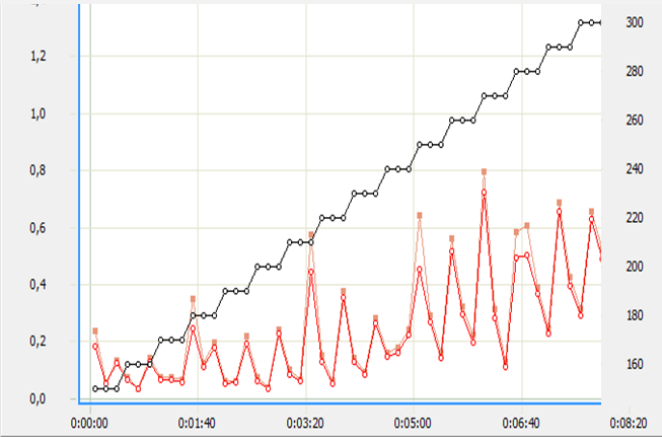
- **Tageszeitliche und saisonale Effekte:** Mittags-Peak, Prime-Time-Peak, Wochenendeffekte, ... (vorhersehbare Belastungsspitzen)
- **Sonderereignisse:** Black Friday, Valentinstag, Muttertag, ... (unvorhersehbare Belastungsspitzen)



■ Kontinuierliches Wachstum



■ Temporäre Plattformen: Projekte, Tests, ...



Elastizitätsarten

Nachfrageelastizität: Die allokierten Ressourcen steigen / sinken mit der Nachfrage.

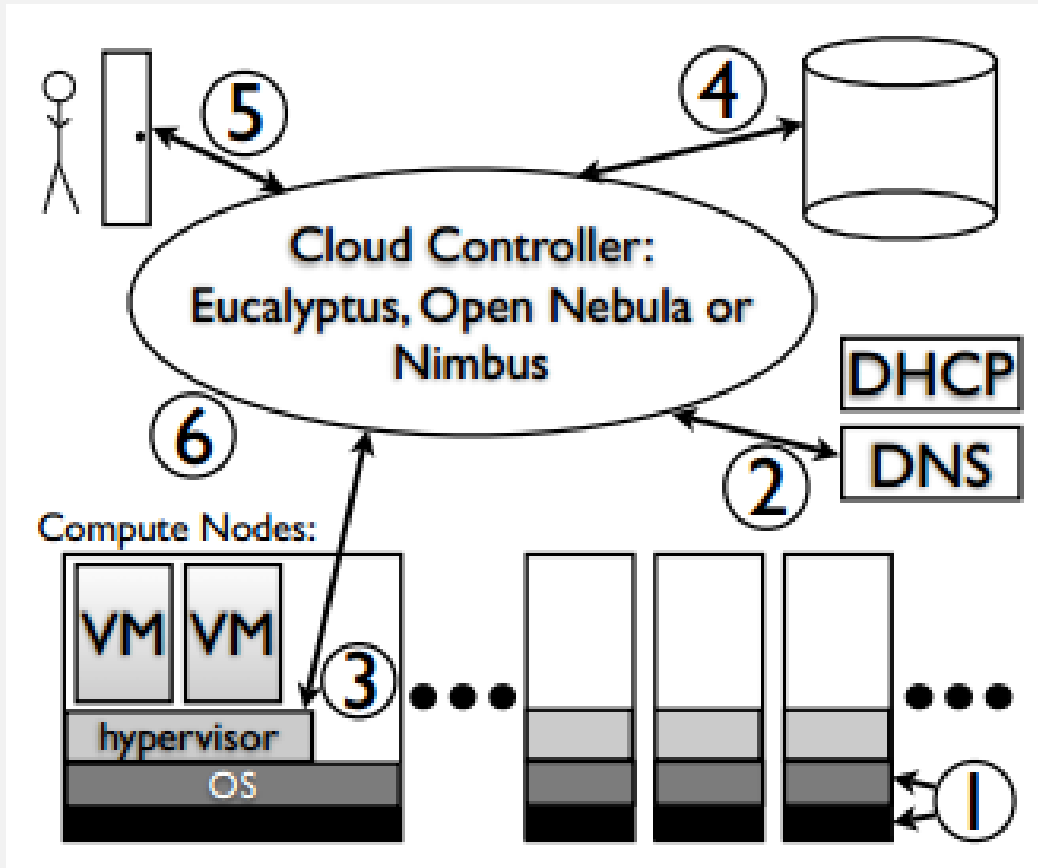
- Pseudo-Elastizität: Schneller Aufbau. Kurze Kündigungsfrist.
- Echtzeit-Elastizität: Allokation und Freigabe von Ressourcen innerhalb von Sekunden. Automatisierter Prozess mit manuellen Triggern oder nach Zeitplan.
- Selbstadaptive Elastizität: Automatische Allokation und Freigabe von Ressourcen in Echtzeit auf Basis von Regeln und Metriken.

Angebotselastizität: Die allokierten Ressourcen steigen / sinken mit dem Angebot.

- Dies ist das typische Verhalten eines Grids: Alle verfügbaren Rechner werden allokiert.
- Es sind auch Varianten verfügbar, bei denen man für freie Ressourcen bieten kann.

Einkommenselastizität: Die allokierten Ressourcen steigen / sinken mit dem Einkommen bzw. dem Budget.

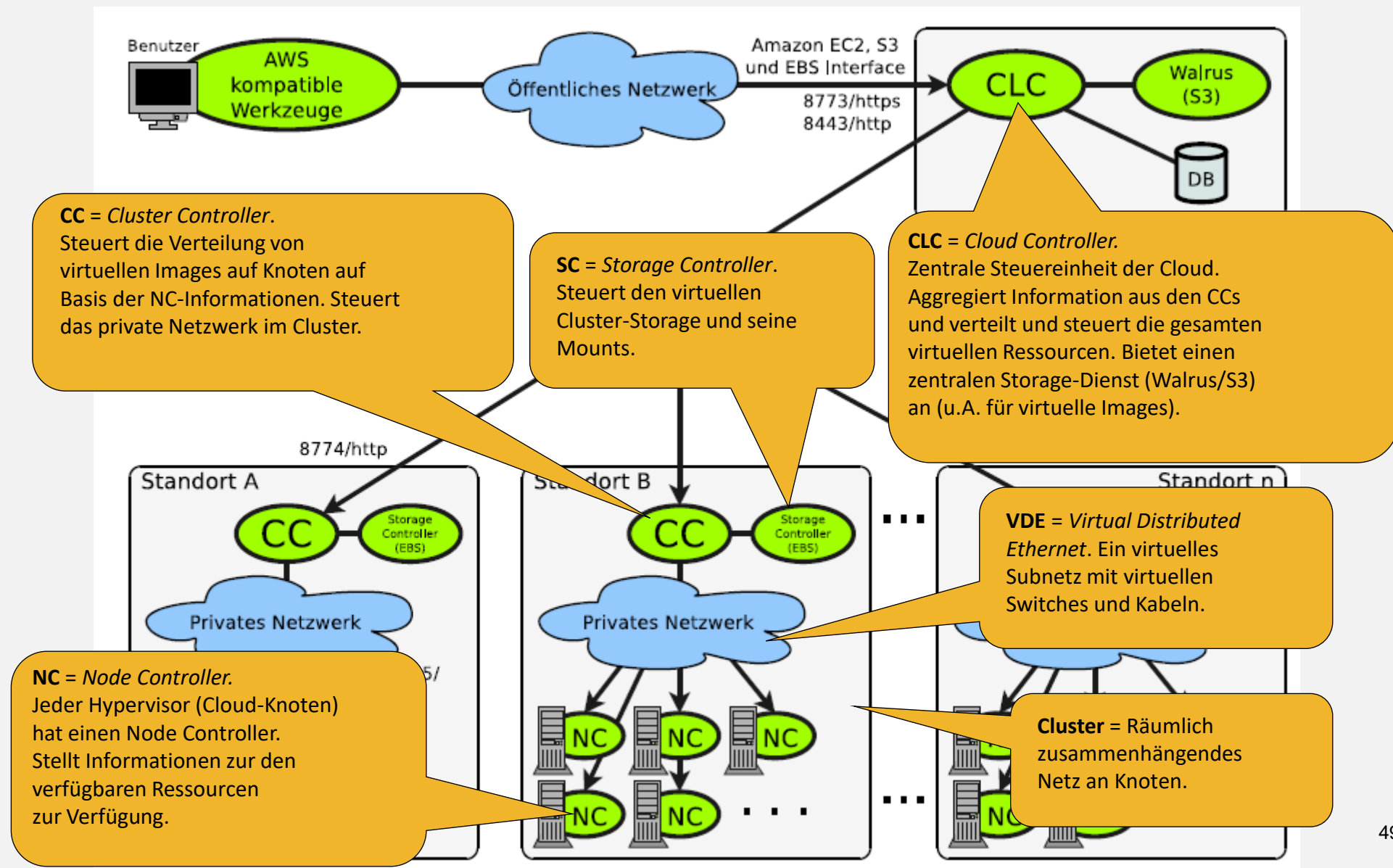
Eine IaaS-Referenzarchitektur.



1. Hardware und Betriebssystem
2. Virtuelles Netzwerk und Netzwerkdienste
3. Virtualisierung
4. Datenspeicher und Image-Verwaltung
5. Managementschnittstelle für Administratoren und Benutzer
6. Cloud Controller für das mandantenspezifische Management der Cloud-Ressourcen

Peter Sempolinski and Douglas Thain,
“A Comparison and Critique of Eucalyptus, OpenNebula and Nimbus”,
IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science, 2010.

Der interne Aufbau einer IaaS-Cloud am Beispiel Eucalyptus.

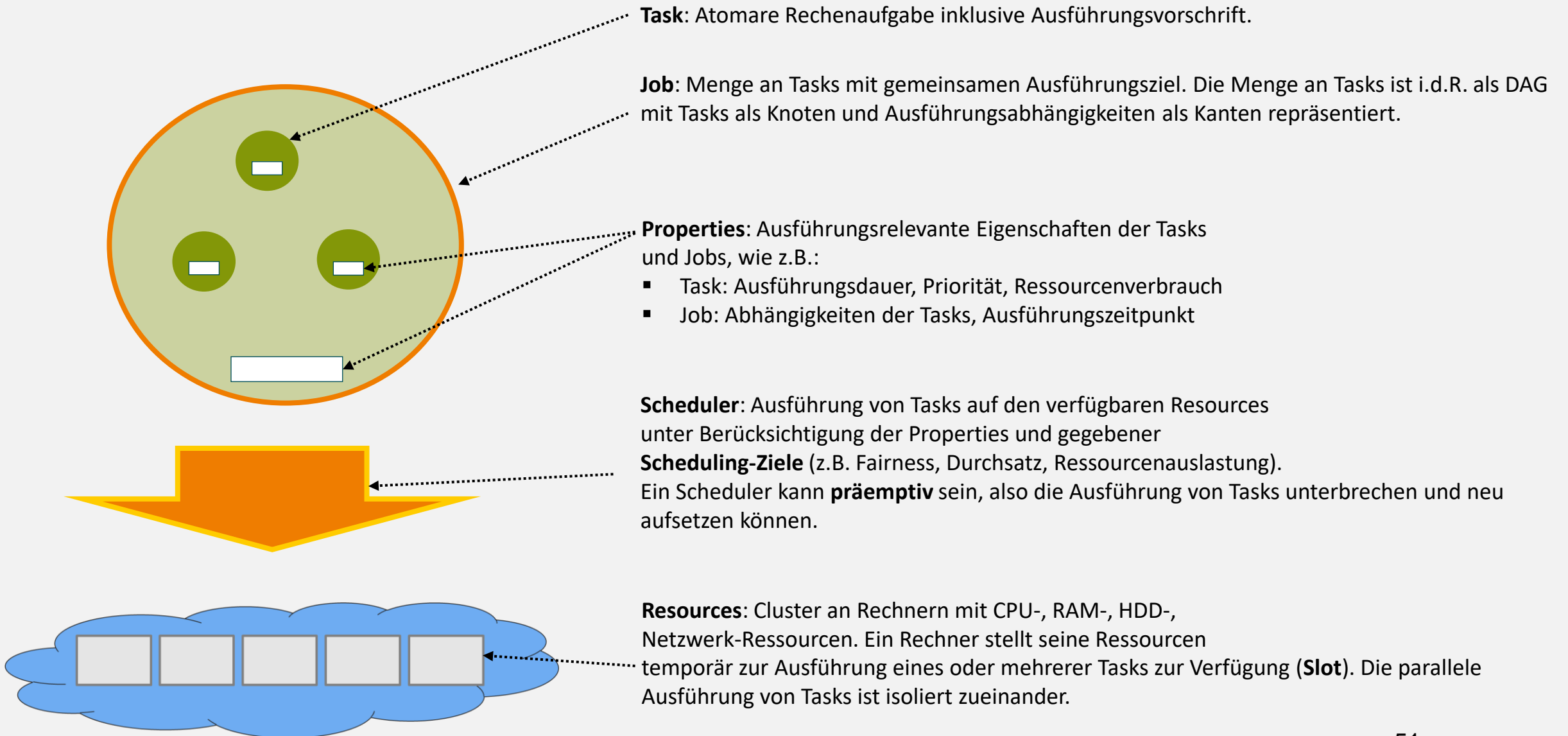




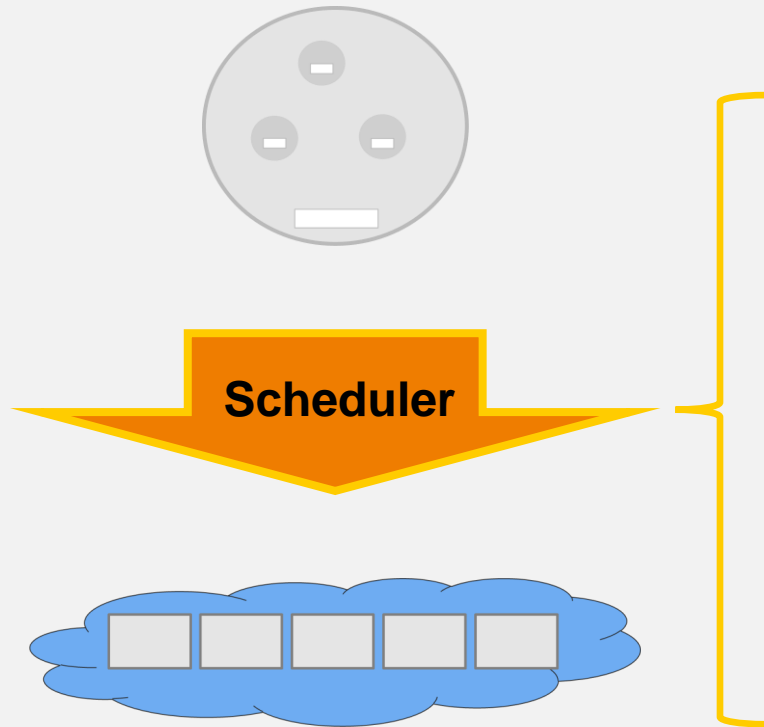
QA|WARE

Cluster Scheduling

Terminologie



Aufgaben eines Cluster-Schedulers:



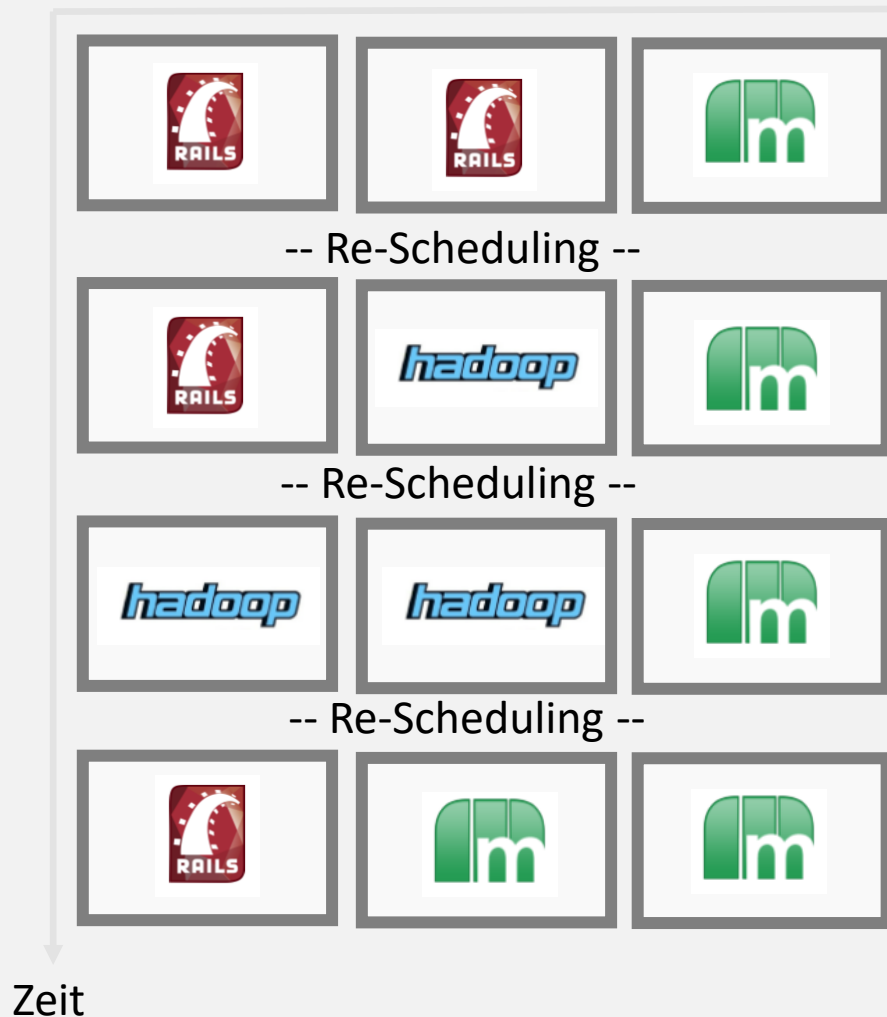
Cluster Awareness: Die aktuell verfügbaren Ressourcen im Cluster kennen (Knoten inkl. verfügbare CPUs, verfügbarer RAM und Festplattenspeicher sowie Netzwerkbandbreite). Dabei auch auf Elastizität reagieren.

Job Allocation: Zur Ausführung eines Services die passende Menge an Ressourcen für einen bestimmten Zeitraum bestimmen und allokalieren.

Job Execution: Einen Service zuverlässig ausführen und dabei isolieren und überwachen.

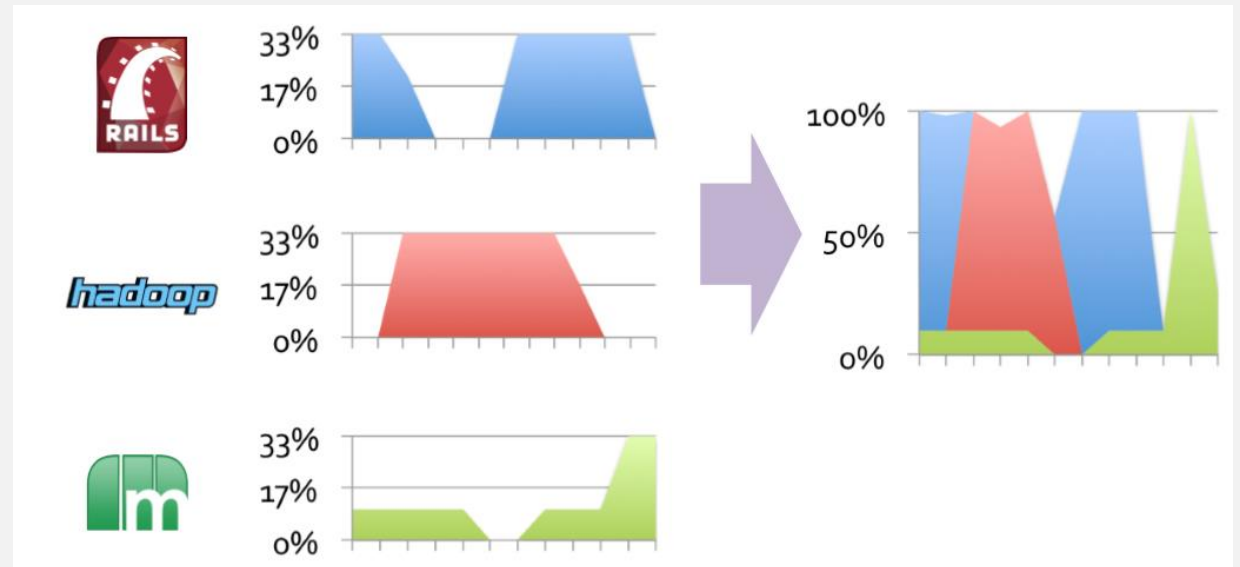
Bestehende Ressourcen einer Cloud können durch dynamische Partitionierung wesentlich effizienter genutzt werden.

Cluster-Zustand



Statische Partitionierung

Dynamische Partitionierung



Vorteile der dynamischen Partitionierung:

- Höhere Auslastung der Ressourcen → weniger Ressourcen notwendig → geringere Betriebskosten
- Potenziell schnellere Ausführung einzelner Tasks, da Ressource opportun genutzt werden können.

Ein Cluster-Scheduler: Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe.

Eingabe eines Cluster-Schedulers ist Wissen über die Jobs und Tasks (Properties) und über die Ressourcen:

- **Resource Awareness:** Welche Ressourcen stehen zur Verfügung und wie ist der entsprechende Bedarf des Tasks?
- **Data Awareness:** Wo sind die Daten, die ein Task benötigt?
- **QoS Awareness:** Welche Ausführungszeiten müssen garantiert werden?
- **Economy Awareness:** Welche Betriebskosten dürfen nicht überschritten werden?
- **Priority Awareness:** Wie ist die Priorität der Task zueinander?
- **Failure Awareness:** Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls? (z.B. da ein Rack oder eine Stromvers.)
- **Experience Awareness:** Wie hat sich ein Tasks in der Vergangenheit verhalten?

Ein Cluster-Scheduler: Eingabe, **Verarbeitung**, Ausgabe.

Verarbeitung im Cluster-Scheduler: **Scheduling-Algorithmen** entsprechend der jeweiligen **Scheduling-Ziele**, wie z.B.:

- **Fairness:** Kein Task sollte unverhältnismäßig lange warten müssen, während ein anderer bevorzugt wird.
- **Maximaler Durchsatz:** So viele Tasks pro Zeiteinheit wie möglich.
- **Minimale Wartezeit:** Möglichst geringe Zeit von der Übermittlung bis zur Ausführung eines Tasks.
- **Ressourcen-Auslastung:** Möglichst hohe Auslastung der verfügbaren Ressourcen.
- **Zuverlässigkeit:** Ein Task wird garantiert ausgeführt.
- **Geringe End-to-End Ausführungszeit** (z.B. durch Daten-Lokalität und geringe Kommunikationskosten, syn. Makespan)

Ein Cluster-Scheduler: Eingabe, Verarbeitung, **Ausgabe.**

Ausgabe eines Cluster-Schedulers:

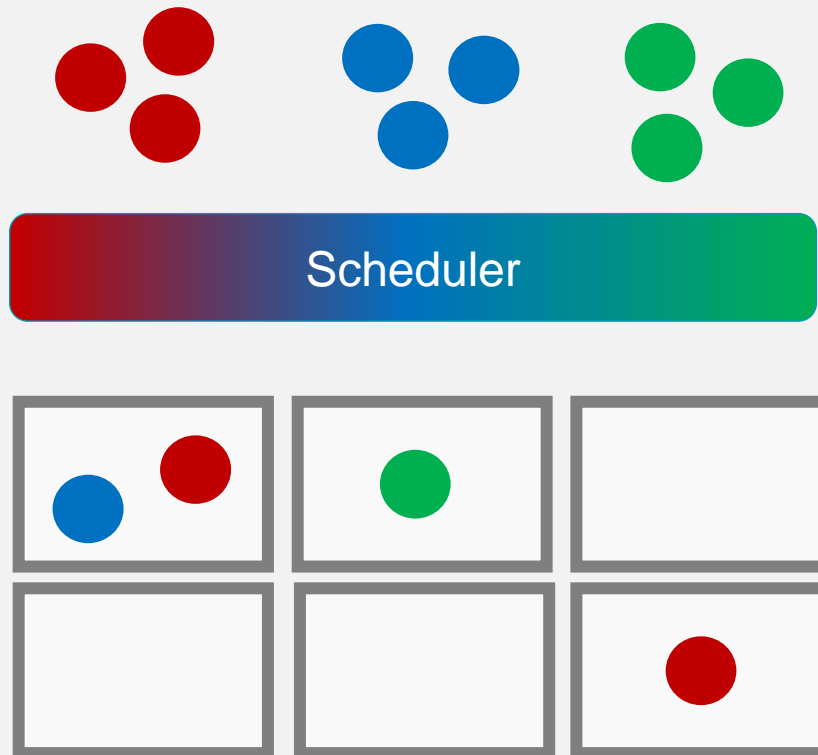
Placement Decision als

- **Slot-Reservierungen**
- **Slot-Stornierungen** (im Fehlerfall, Optimierungsfall, Constraint-Verletzung)

Hauptziel ist es oft, die Ressourcen-Auslastung zu optimieren. Das spart Opportunitätskosten.

Scheduler-Architektur.

Variante 2: Monolithischer Scheduler.



Vorteile:

- Globale Optimierungsstrategien einfach möglich.

Nachteile:

- Heterogenes Scheduling für heterogene Jobs schwierig
 - Komplexe und umfangreiche Implementierung notwendig
 - ... oder homogenes Scheduling von geringerer Effizienz.
- Potenzielles Skalierbarkeits-Bottleneck.

■ **Google Borg**
Large-scale cluster management at Google with
Borg, Verma et al., 2015

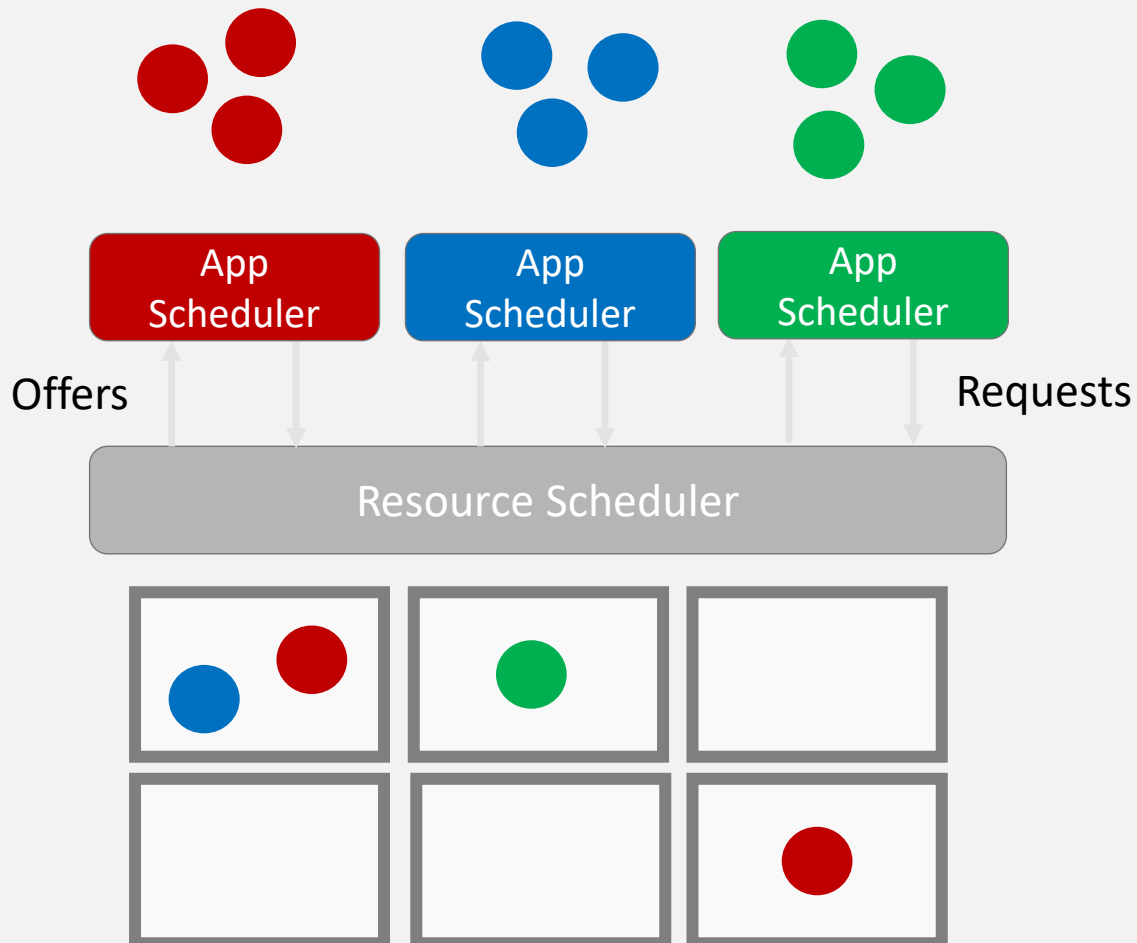
■ **Hadoop YARN**

■ **Kubernetes**

■ **Docker Swarm**

Scheduler-Architektur.

Variante 3: 2-Level-Scheduler.



Auftrennung der Scheduling-Logik in einen Resource Scheduler und einen App Scheduler.

- Der **Resource Scheduler** kennt alle verfügbaren Ressourcen und darf diese allokalieren. Er nimmt Ressourcen-Anfragen (Requests) entgegen und unterbreitet entsprechend einer Scheduling-Policy (definierte Scheduling-Ziele) Ressourcen-Angebote (Offers).
- Der **App Scheduler** nimmt Jobs entgegen und „übersetzt“ diese in Ressourcen-Anfragen und wählt applikationsspezifisch die passenden Ressourcen-Angebote aus.

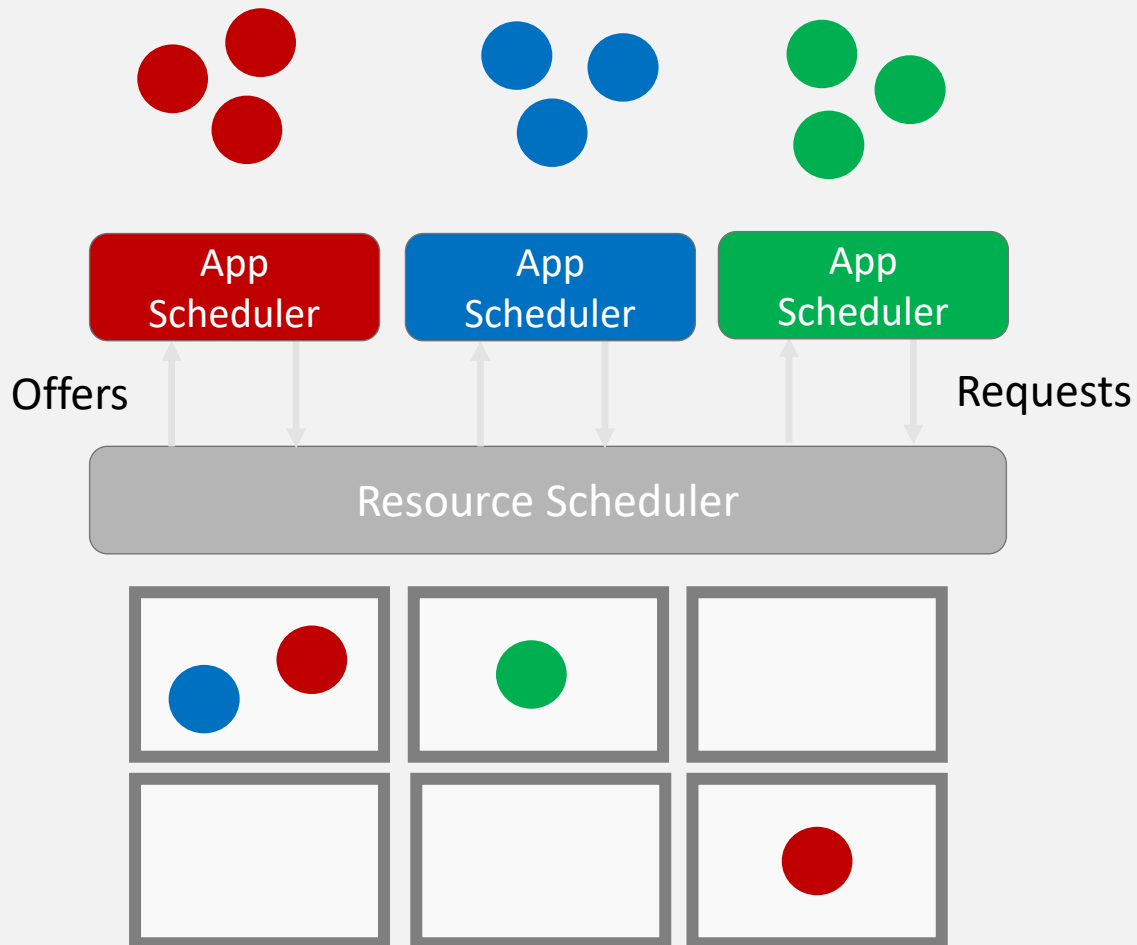
Offers sind eine zeitlich beschränkte Allokation von Ressourcen, die explizit angenommen werden muss.

Grundsätzlich **pessimistische Strategie**: Disjunkte Offers. I.d.R. sind aber auch optimistische Offers verfügbar, bei denen eine gewisse Überschneidung erlaubt ist.

Im Sinne der Fairness kann ein prozentualer Anteil der Ressourcen für einen App Scheduler garantiert werden.

Scheduler-Architektur.

Variante 3: 2-Level-Scheduler.



Apache Mesos
Mesos: A Platform for Fine-Grained Resource Sharing in the Data Center, Hindman et al., 2010

Vorteile:

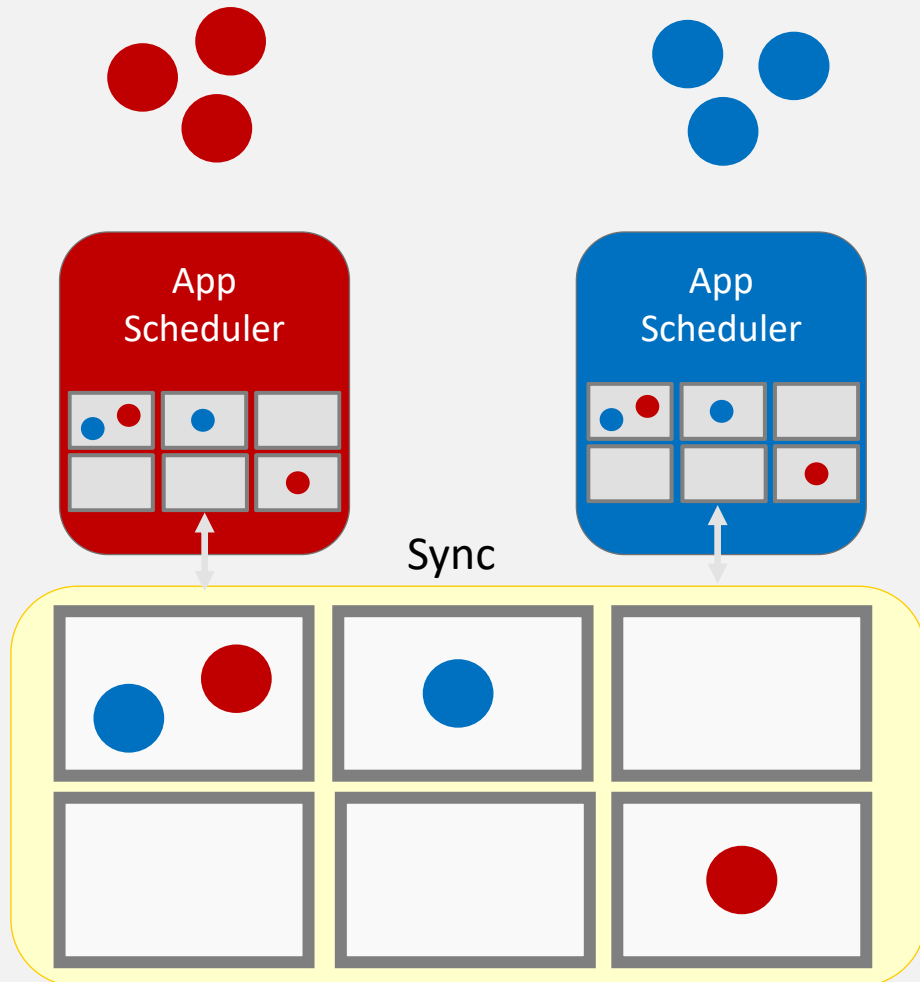
- Nachgewiesene Skalierbarkeit auf tausende von Knoten (z.B. Twitter, Airbnb, Apple Siri).
- Flexible Architektur für heterogene Scheduling-Logiken.

Nachteile:

- App-Scheduler übergreifende Logiken nur schwer zu realisieren (z.B. globaler Ausführungsverzicht oder Gang-Scheduling)

Scheduler-Architektur.

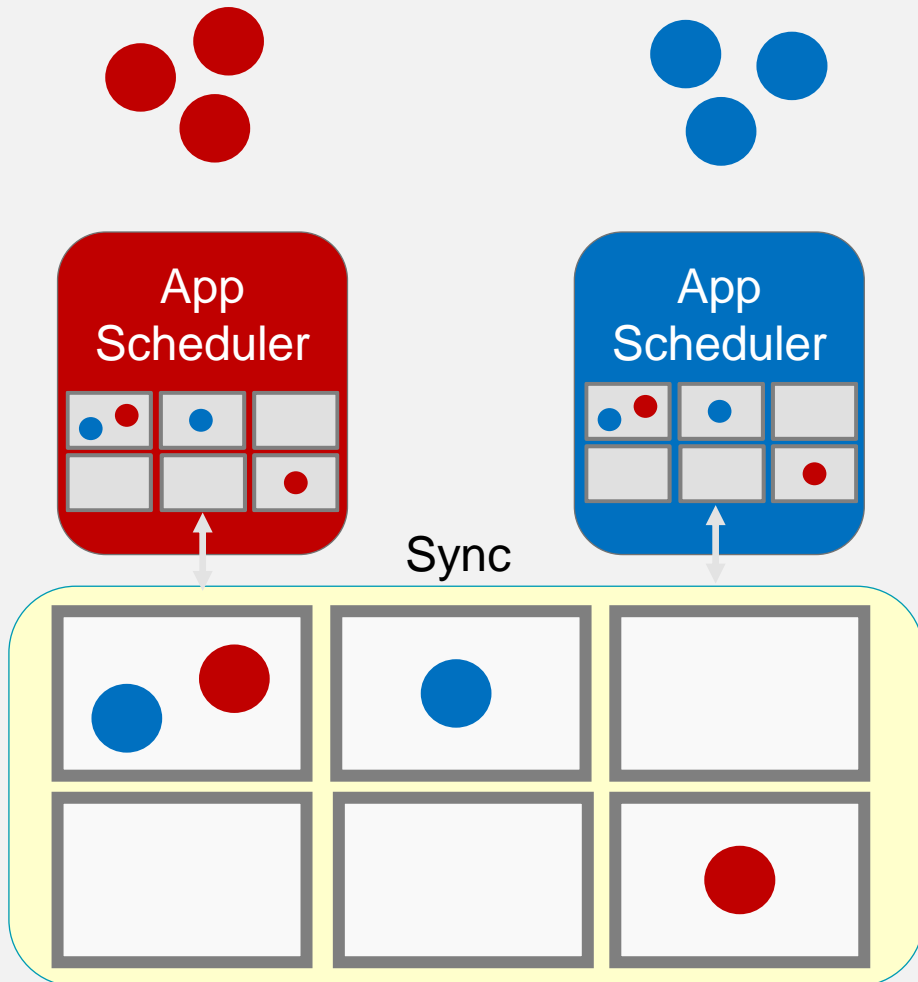
Variante 4: Shared-State-Scheduler.



- Es gibt ausschließlich applikationsspezifische Scheduler.
- Die App Scheduler synchronisieren kontinuierlich den aktuellen Zustand des Clusters (Cluster-Zustand: Job-Allokationen und verfügbare Ressourcen).
- Jeder App Scheduler entscheidet die Platzierung von Tasks auf Basis seines aktuellen Cluster-Zustands.
- Optimistische Strategie: Ein zentraler Koordinationsdienst erkennt Konflikte im Scheduling und löst diese auf, in dem er Zustands-Änderungen nur für einen der beteiligten App Scheduler erlaubt und für die anderen App Scheduler einen Fehler meldet.

Scheduler-Architektur.

Variante 4: Shared-State-Scheduler.



Vorteile:

- Tendenziell geringerer Kommunikations-Overhead.

Nachteile:

- Komplettes Scheduling muss pro App Scheduler entwickelt werden.
- Keine globalen Scheduling-Ziele (z.B. Fairness) möglich.
- Skalierbarkeit in großen Clustern unklar, da noch nicht in der Praxis erprobt und insbesondere Auswirkung bei hoher Anzahl an Konflikten ungeklärt.

Google Omega
Omega: flexible, scalable schedulers for large
compute clusters, Schwarzkopf et al., 2013



Q|WARE

Orchestrierung

Cluster-Orchestrierung

Eine Anwendung, die in mehrere Betriebskomponenten (Container) aufgeteilt ist, auf mehreren Knoten laufen lassen.

Führt Abstraktionen zur Ausführung von Anwendungen mit ihren Services in einem großen Cluster ein.

Orchestrierung ist keine statische, einmalige Aktivität wie die Provisionierung, sondern eine dynamische, kontinuierliche Aktivität.

Orchestrierung hat den Anspruch, alle Standard-Betriebsprozeduren einer Anwendung zu automatisieren.

Blaupause der Anwendung, die den gewünschten Betriebszustand der Anwendung beschreibt:
Betriebskomponenten (Container), deren Betriebsanforderungen sowie die angebotenen und benötigten Schnittstellen.



Cluster-Orchestrierer



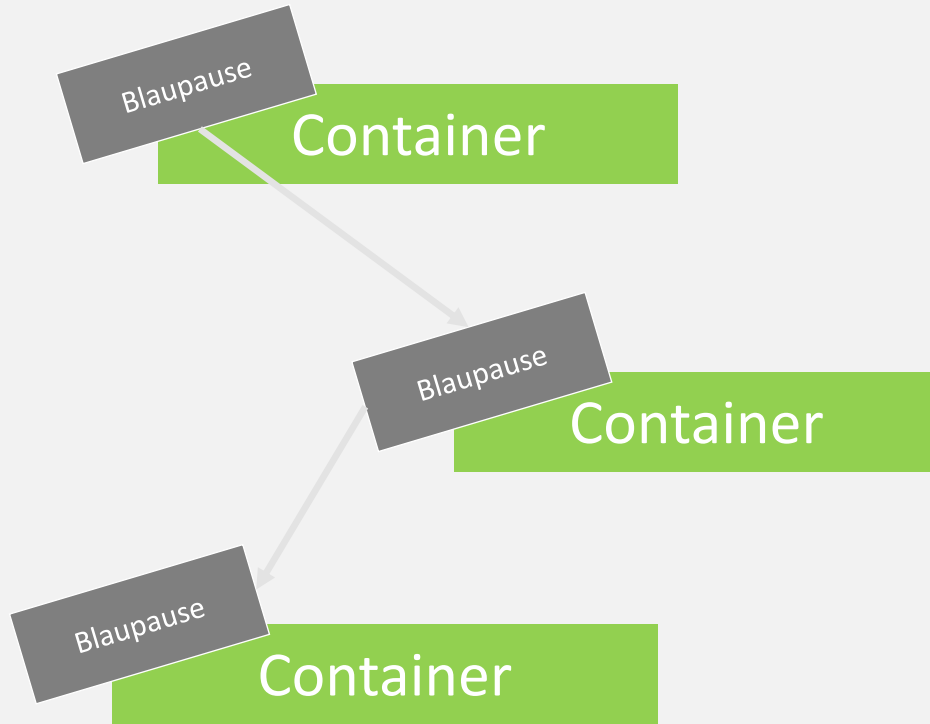
Steuerungsaktivitäten im Cluster:

- Start von Containern auf Knoten (→ Scheduler)
- Verknüpfung von Containern
- ...

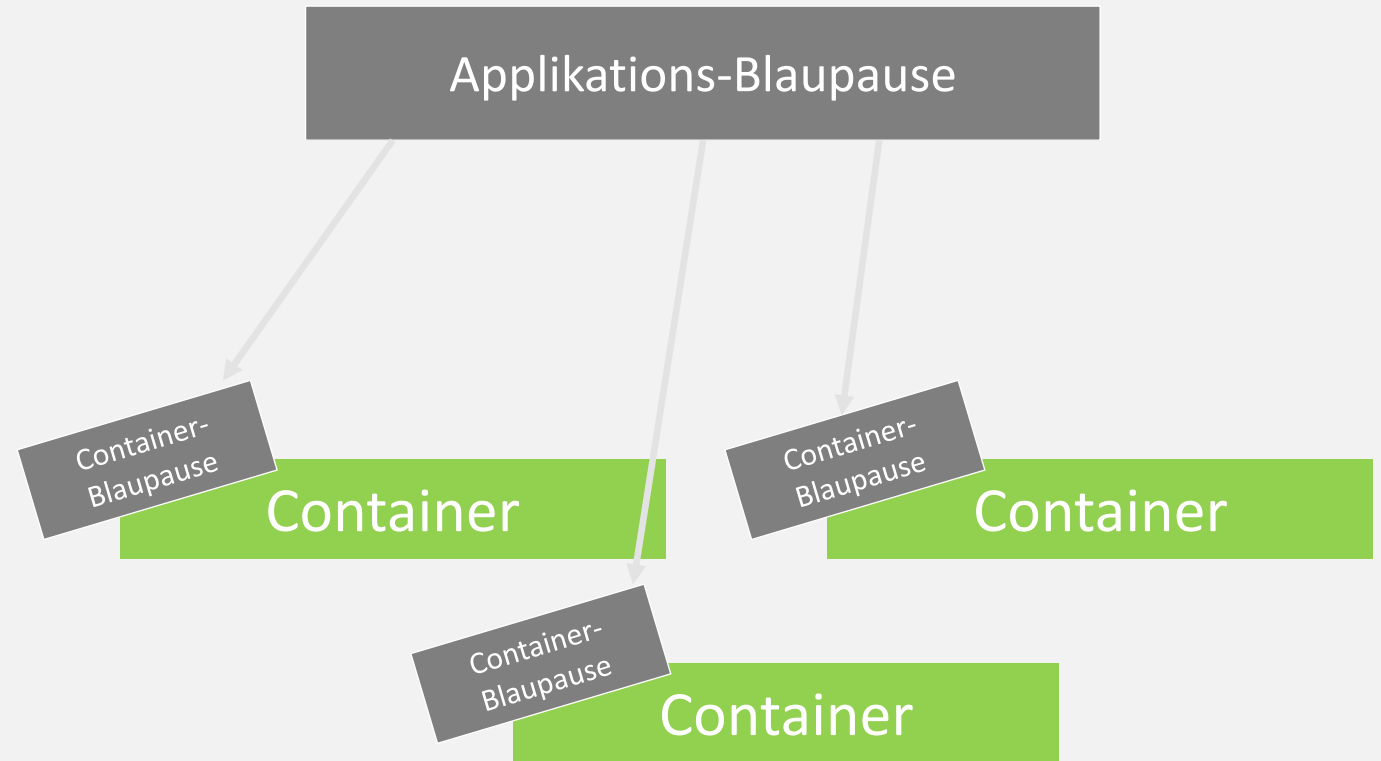
Ein Cluster-Orchestrierer automatisiert vielerlei Betriebsaufgaben für Anwendung auf einem Cluster.

- Scheduling von Containern mit applikationsspezifischen Constraints (z.B. Deployment- und Start-Reihenfolgen, Gruppierung, ...)
- Aufbau von notwendigen Netzwerk-Verbindungen zwischen Containern.
- Bereitstellung von persistenten Speichern für zustandsbehaftete Container.
- (Auto-)Skalierung von Containern.
- Re-Scheduling von Containern im Fehlerfall (Auto-Healing) oder zur Performance-Optimierung.
- Container-Logistik: Verwaltung und Bereitstellung von Containern.
- Package-Management: Verwaltung und Bereitstellung von Applikationen.
- Bereitstellung von Administrationsschnittstellen (Remote-API, Kommandozeile).
- Management von Services: Service Discovery, Naming, Load Balancing.
- Automatismen für Rollout-Workflows wie z.B. Canary Rollout.
- Monitoring und Diagnose von Containern und Services.

1-Level- vs. 2-Level-Orchestrierung



1-Level-Orchestrierung
(Container-Graph)



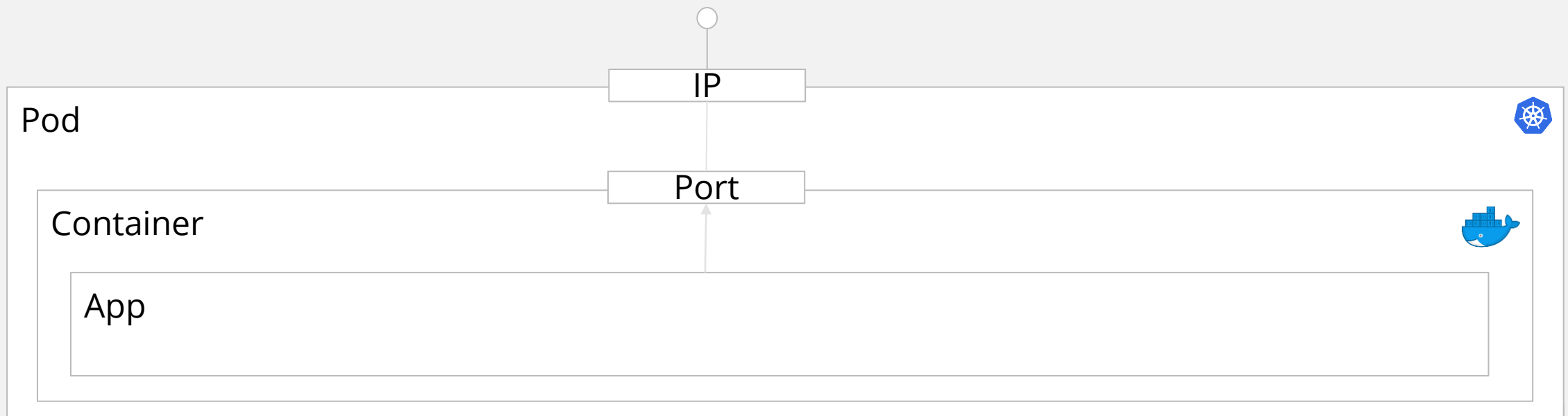
2-Level-Orchestrierung
(Container-Repository mit zentraler Bauanleitung)

Wichtige Kubernetes-Konzepte

Der Grundbaustein ist eure **Anwendung**.

Die **Anwendung** steckt in einem **Container** (siehe Vorlesung “Virtualisierung”). **Container** öffnen **Ports** nach außen.

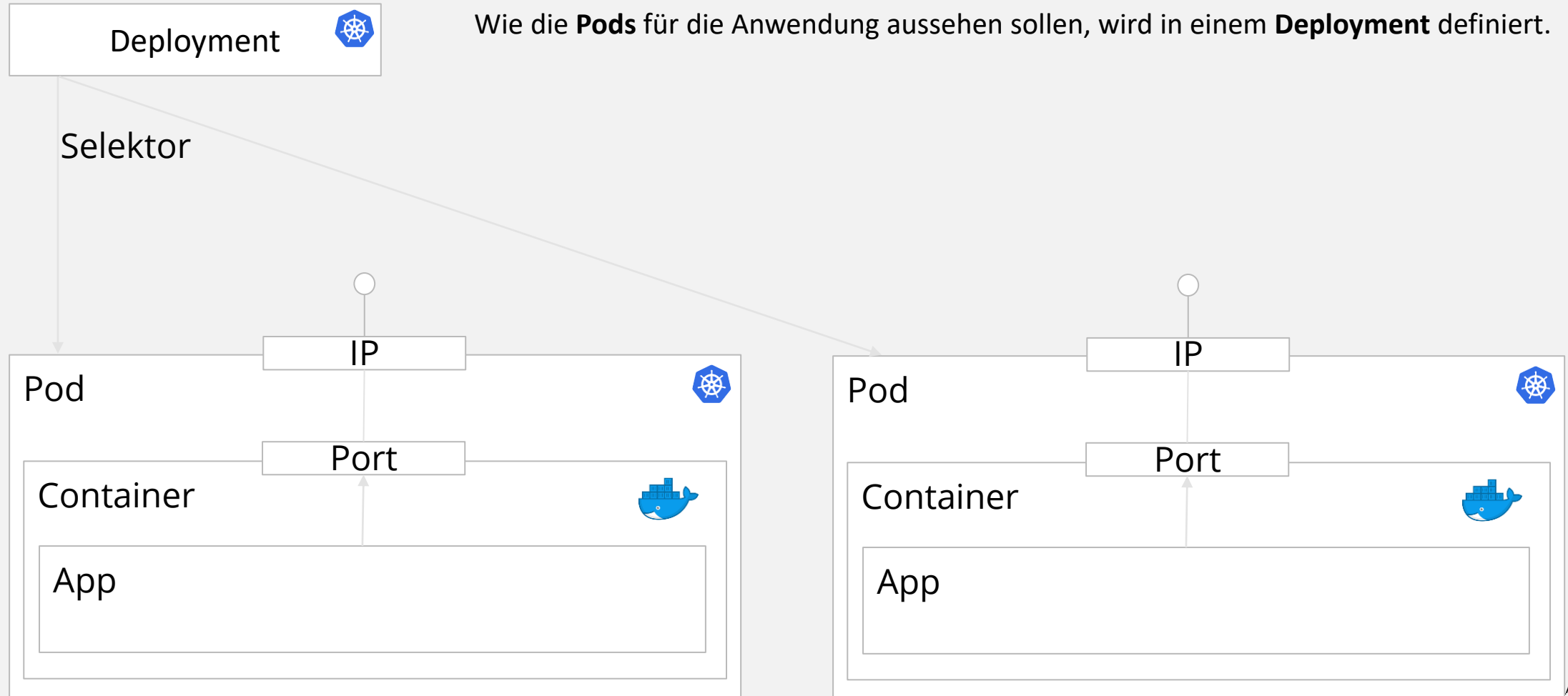
Container werden in Kubernetes zu **Pods** zusammengefasst. **Pods** haben nach außen hin eine **IP-Adresse**.



Wichtige Kubernetes-Konzepte



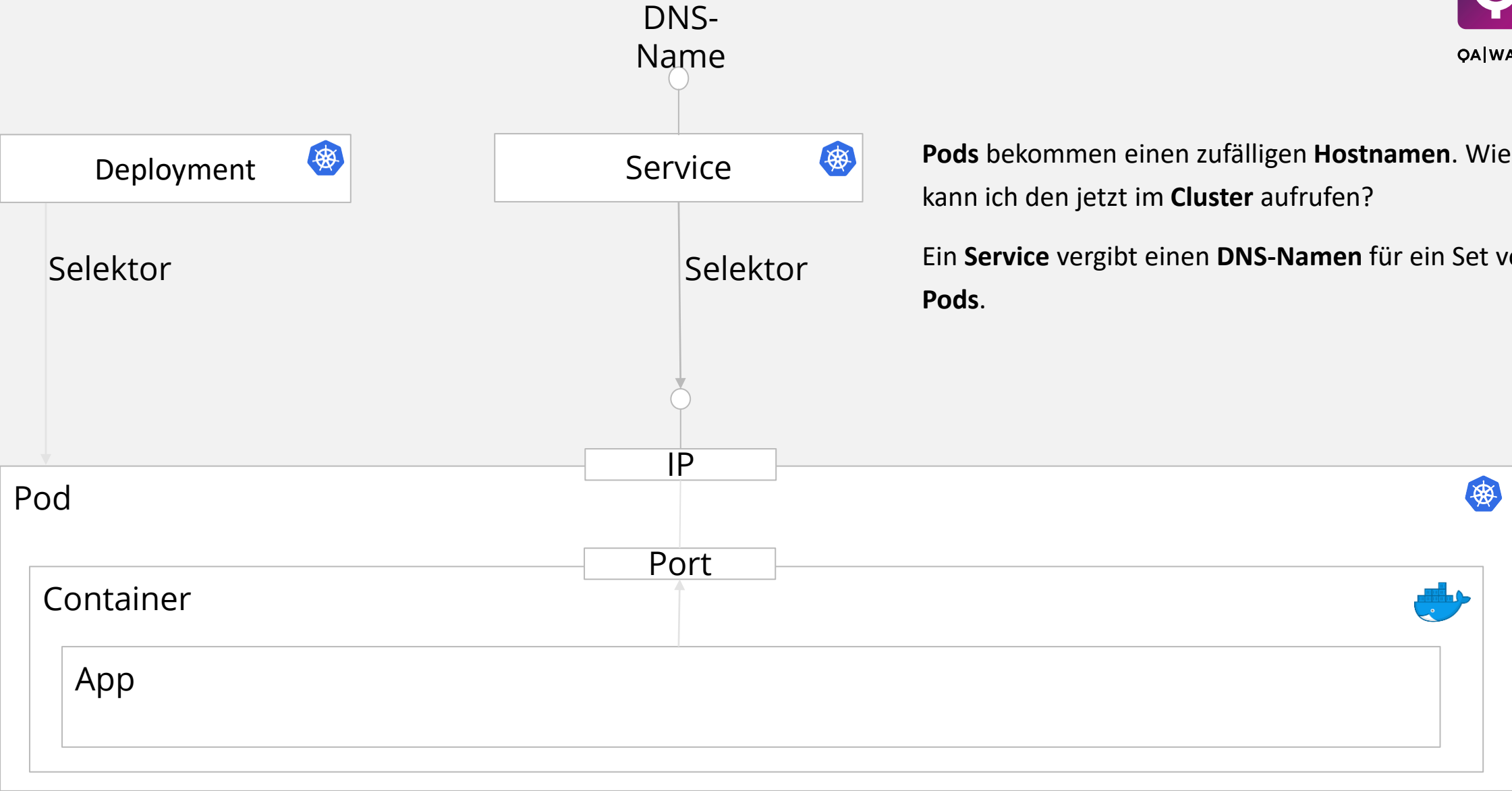
QA|WARE



Deployment: Definition

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: hello-service
spec:
  replicas: 3
  template:
    metadata:
      labels:
        app: helloservice
    spec:
      containers:
        - name: hello-service
          image: "hitchhikersguide/zwitscher-service:1.0.1"
          ports:
            - containerPort: 8080
          env:
            - name:
              value: zwitscher-consul
```

Wichtige Kubernetes Konzepte



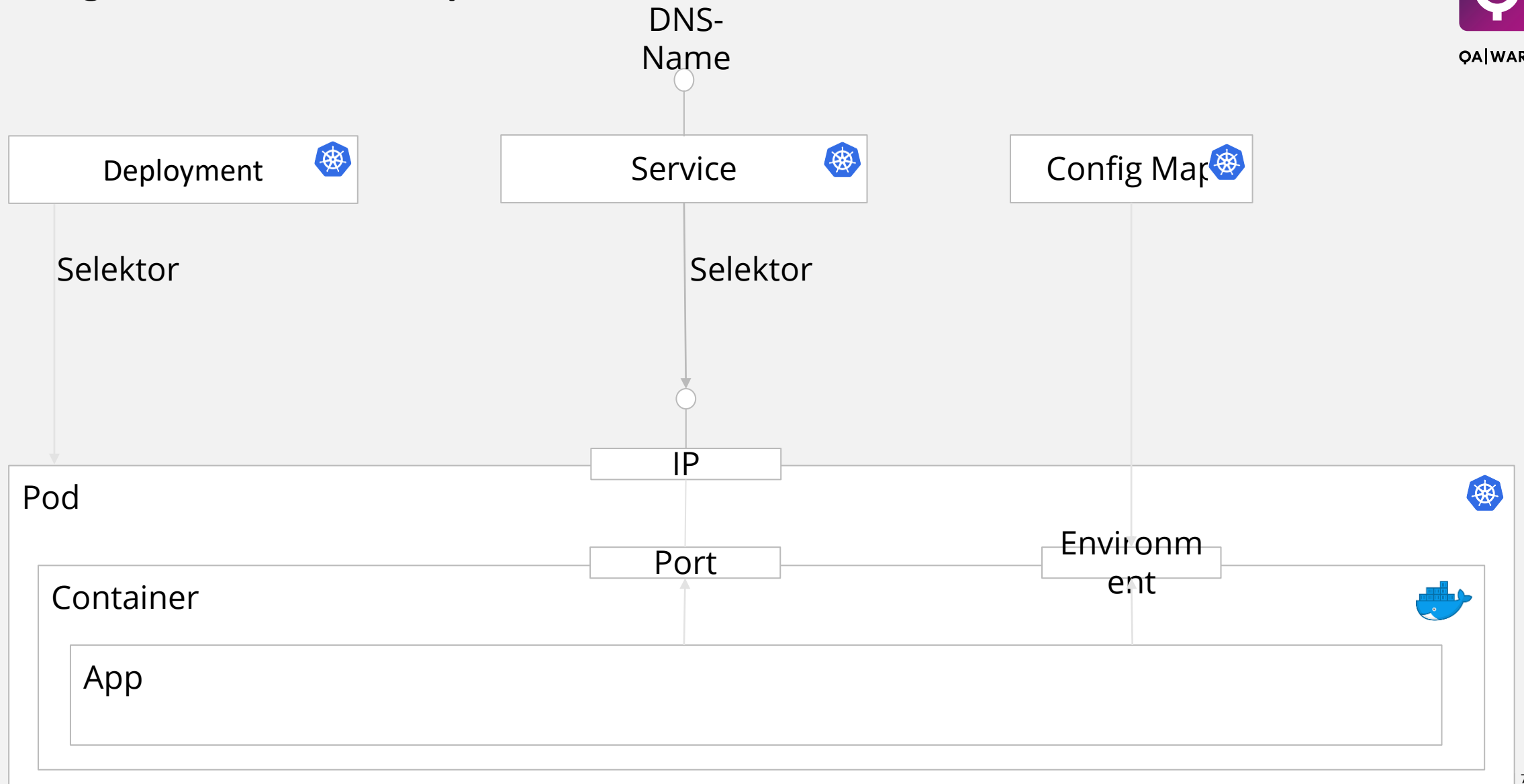
Service: Definition

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: hello-service
  labels:
    app: helloservice
spec:
  # use NodePort here to be able to access the port on each node
  # use LoadBalancer for external load-balanced IP if supported
  type: NodePort
  ports:
    - port: 8080
  selector:
    app: helloservice
```

Wichtige Kubernetes Konzepte



QA|WARE



Configuration: Config Maps (1)

apiVersion: v1

kind: ConfigMap

metadata:

name: game-demo

data:

 # property-like keys; each key maps to a simple value

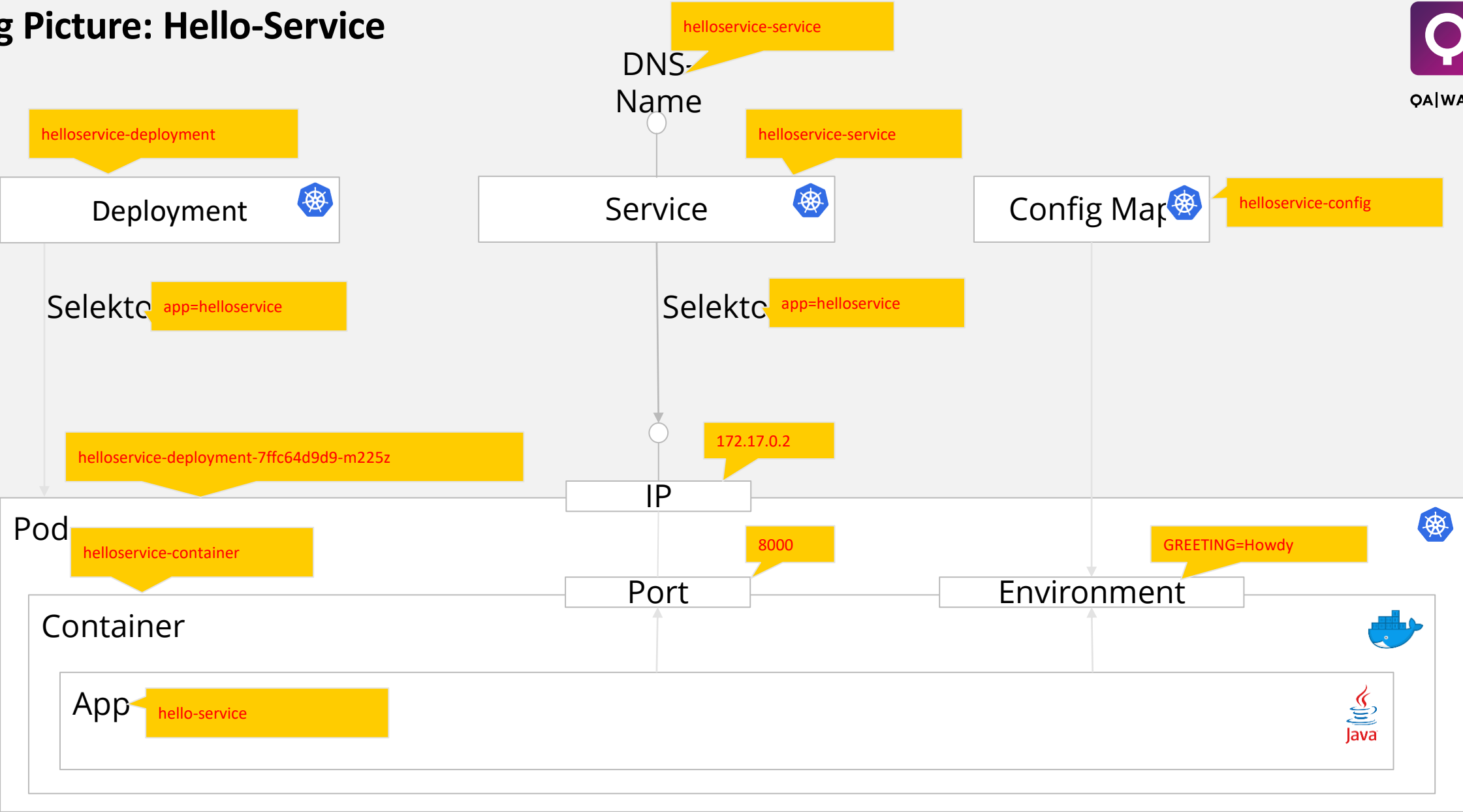
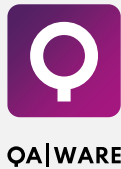
 player_initial_lives: "3"

 ui_properties_file_name: "user-interface.properties"

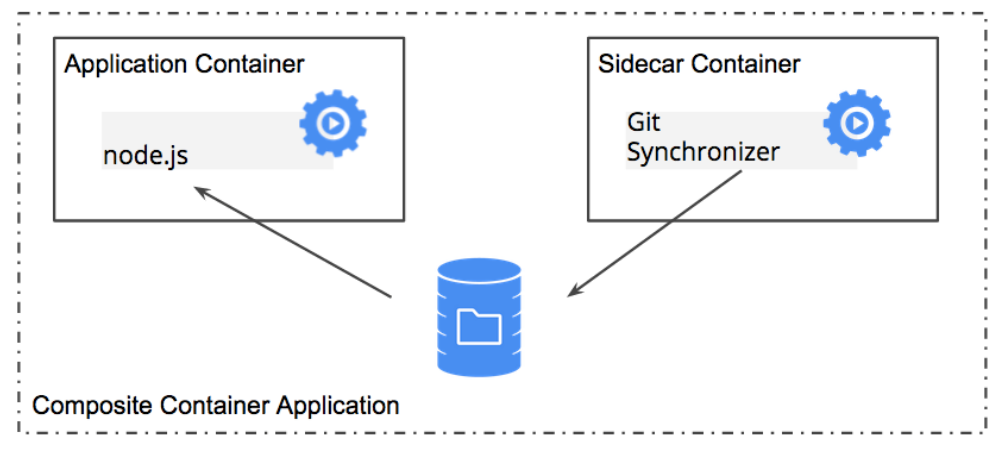
Konfiguration: Config Maps (2)

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: configmap-demo-pod
spec:
  containers:
    - name: demo
      image: alpine
      command: ["sleep", "3600"]
      env:
        # Define the environment variable
        - name: PLAYER_INITIAL_LIVES # Notice that the case is different here
                                     # from the key name in the ConfigMap.
          valueFrom:
            configMapKeyRef:
              name: game-demo # The ConfigMap this value comes from.
              key: player_initial_lives # The key to fetch.
        - name: UI_PROPERTIES_FILE_NAME
          valueFrom:
            configMapKeyRef:
              name: game-demo
              key: ui_properties_file_name
```

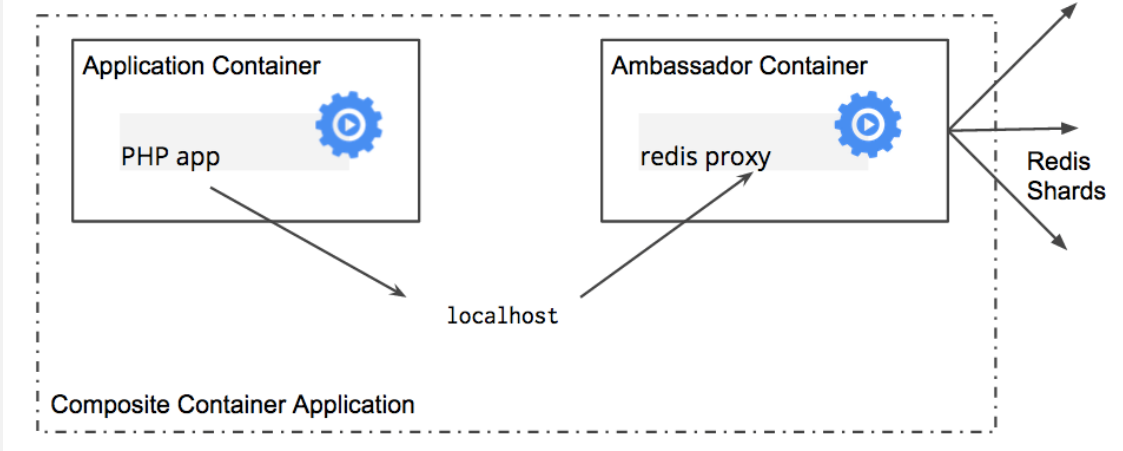
Big Picture: Hello-Service



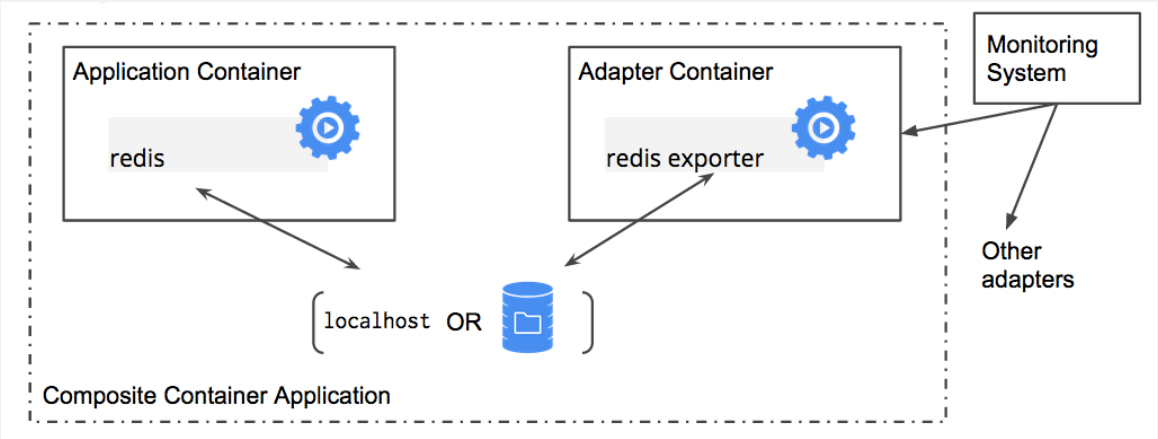
Orchestrierungsmuster – Separation of Concerns mit modularen Containern



Sidecar Container



Ambassador Container



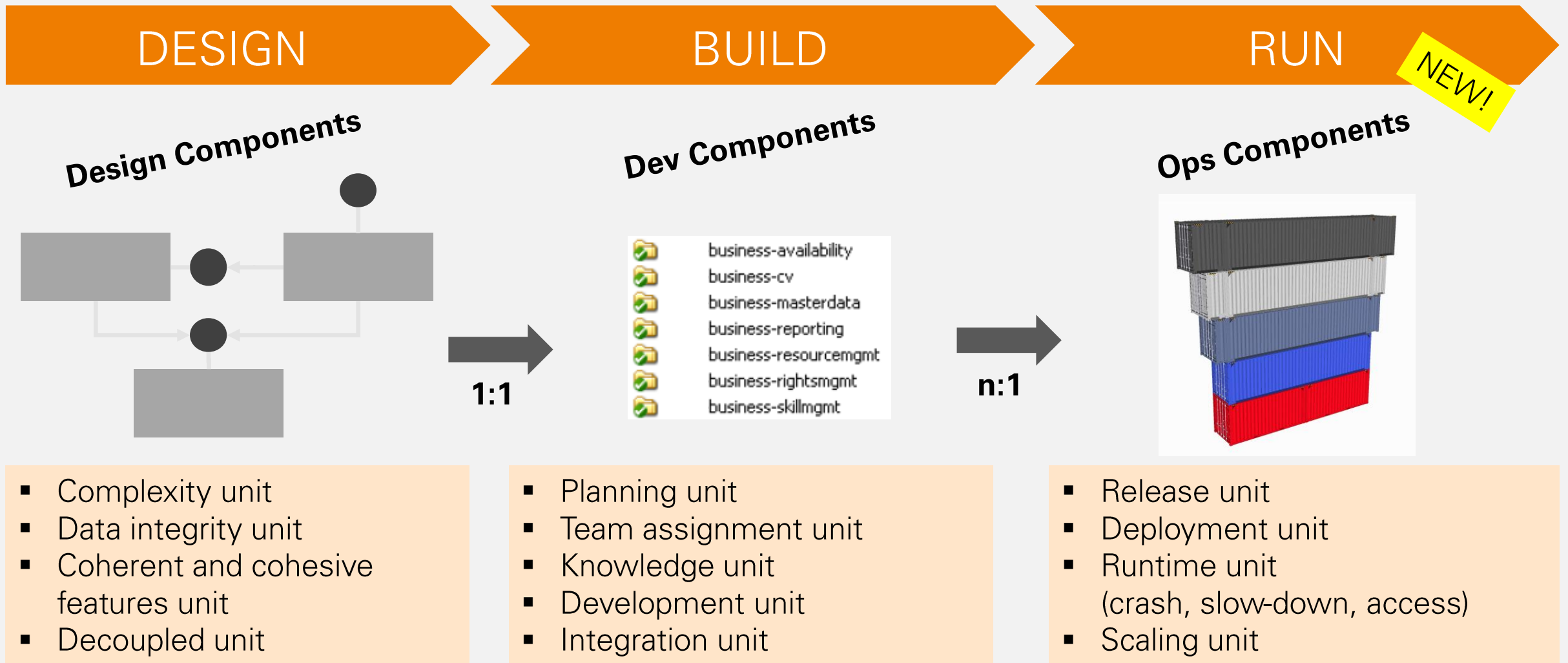
Adapter Container



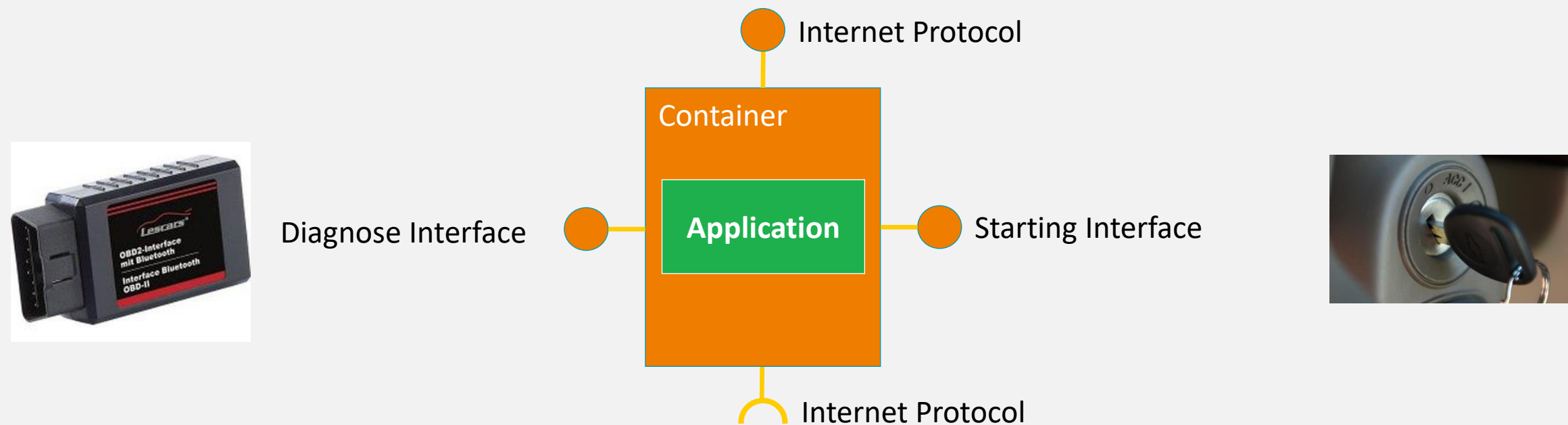
QA|WARE

Cloud-Architektur

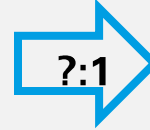
Cloud Native Application Development: Components All Along the Software Lifecycle.



Die Anatomie einer Betriebs-Komponente.



Dev Components



Ops Components

Guter Ausgangspunkt

System

Subsystems

Components

Services

Monolith

Microservices

Microservices

Nanoservices

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

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

Typische Aufgaben:

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

Typische Aufgaben:

- Metriken sammeln
- Logs sammeln
- Trace sammeln

Typische Aufgaben:

- Service Discovery
- Load Balancing
- Circuit Breaker
- Request Monitoring

Typische Aufgaben:

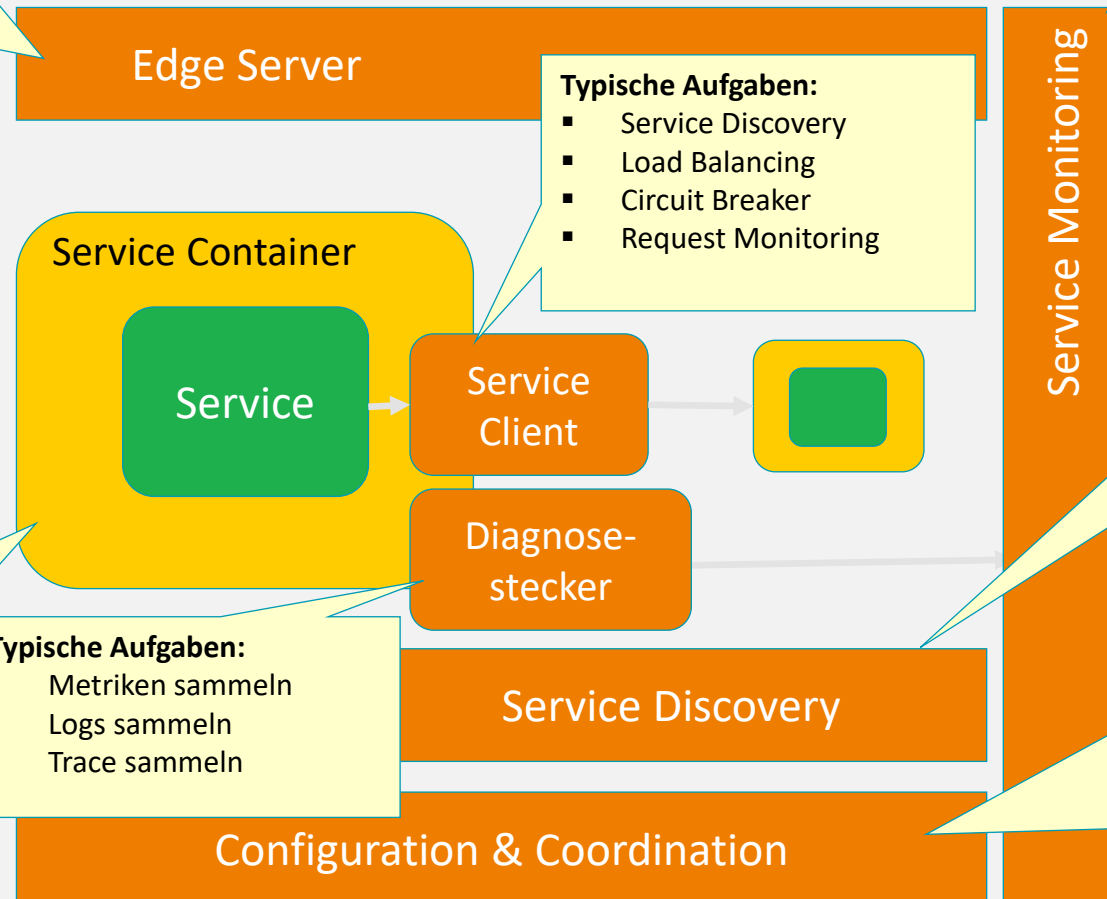
- Aggregation von Metriken
- Sammlung von Logs
- Sammlung von Traces
- Analyse / Visualisierung
- Alerting

Typische Aufgaben:

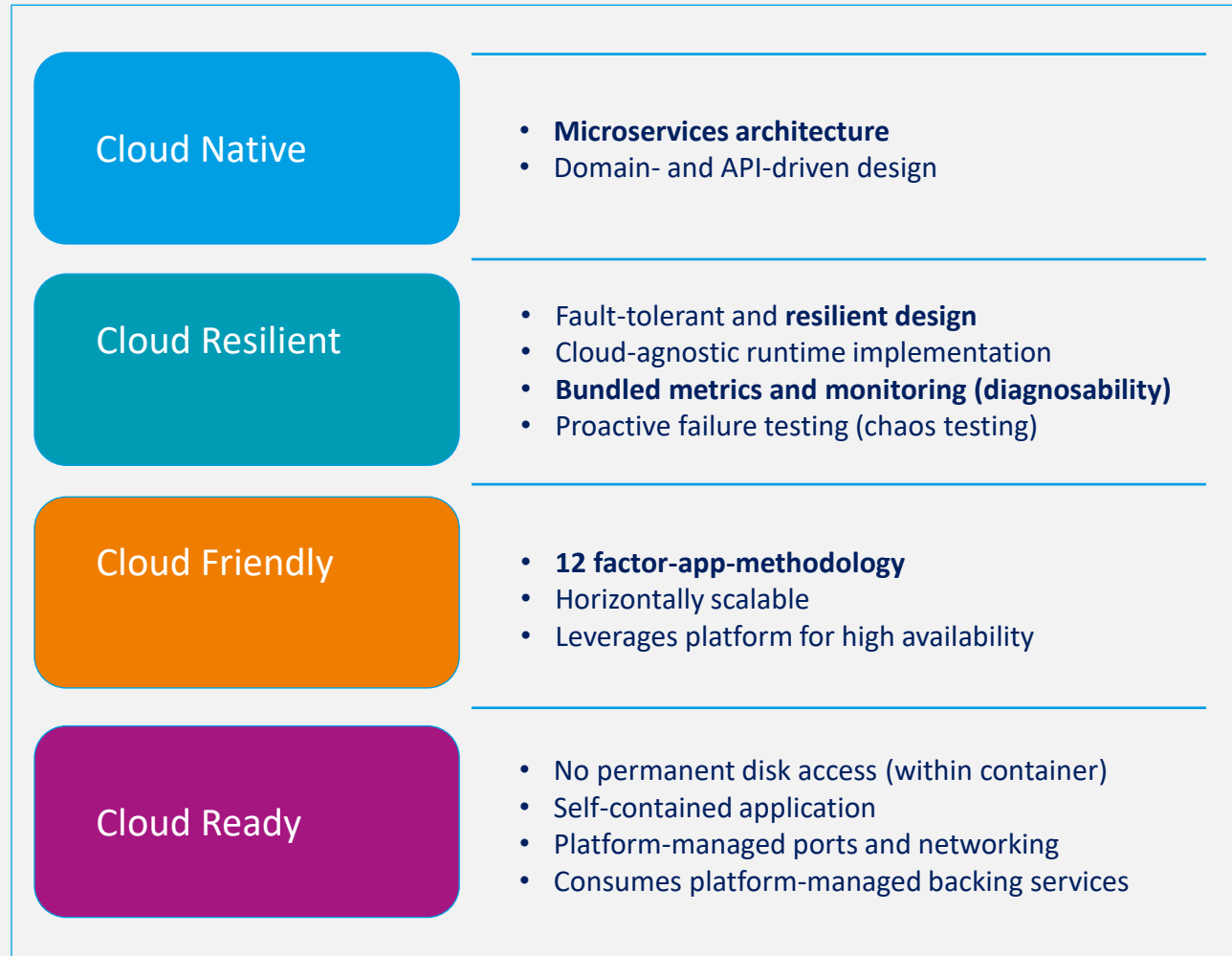
- Service Registration
- Service Lookup
- Service Description
- Membership Detection
- Failure Detection

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



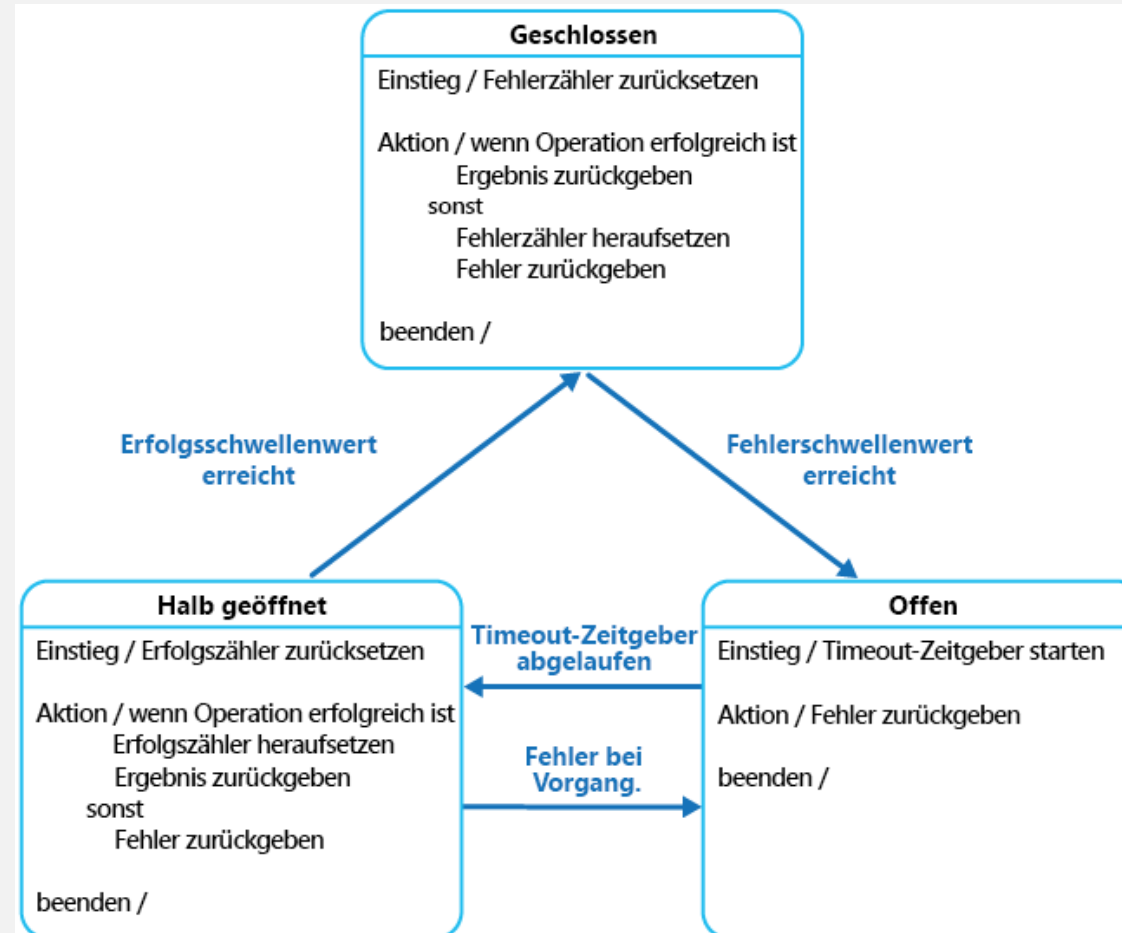
12 Factor App

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

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

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

Resilienz-Pattern: Circuit Breaker



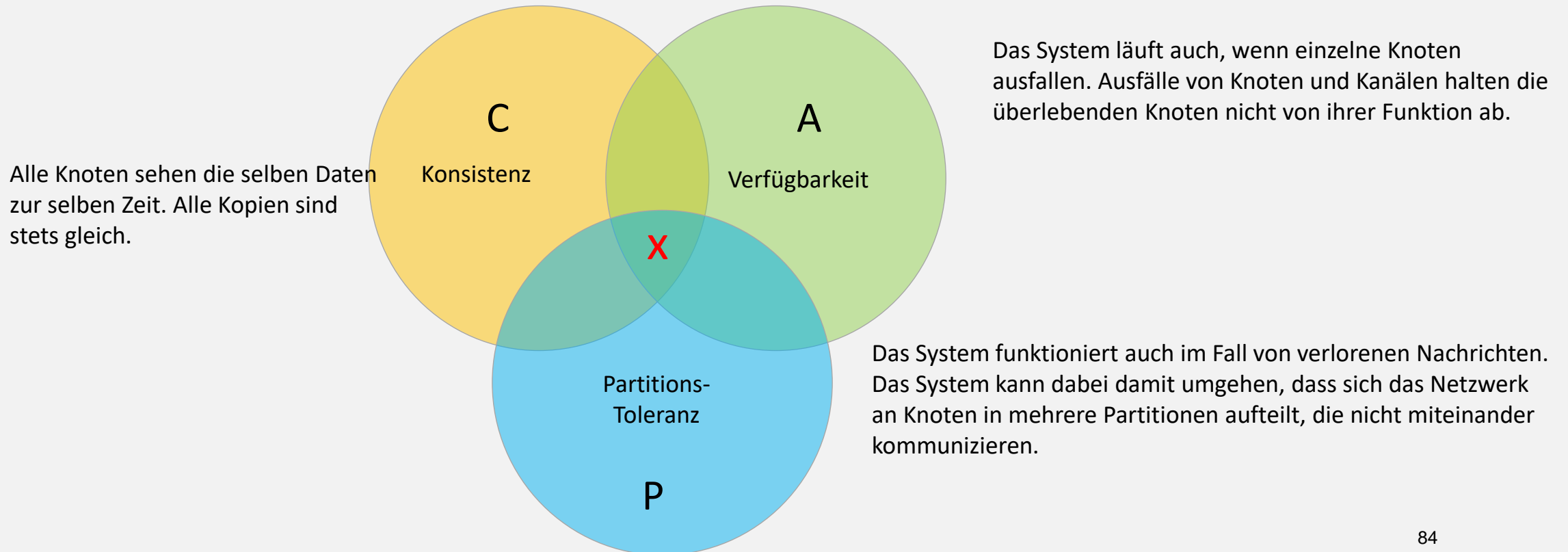
Weitere Patterns: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/architecture/patterns/category/resiliency>

Das CAP Theorem.

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

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

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



Gossip Protokolle: Inspiriert von der Verbreitung von Tratsch in sozialen Netzwerken.

Grundlage: Ein Netzwerk an Agenten mit eigenem Zustand

Agenten verteilen einen Gossip-Strom

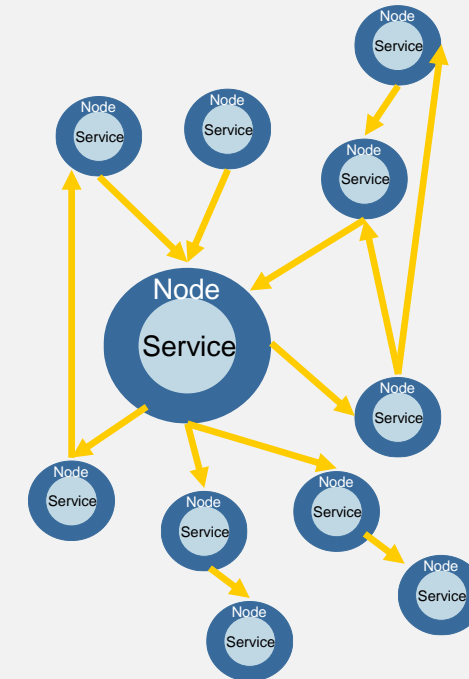
- Nachricht: Quelle, Inhalt / Zustand, Zeitstempel
- Nachrichten werden in einem festen Takt periodisch versendet an eine bestimmte Anzahl anderer Knoten (Fanout)

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

- Die gleiche Nachricht wurde von mehreren Seiten gehört
- Die Nachricht stammt von Knoten, denen der Agent vertraut
- Es ist keine aktuellere Nachricht vorhanden



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.

Protokolle für verteilten Konsens sind 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.

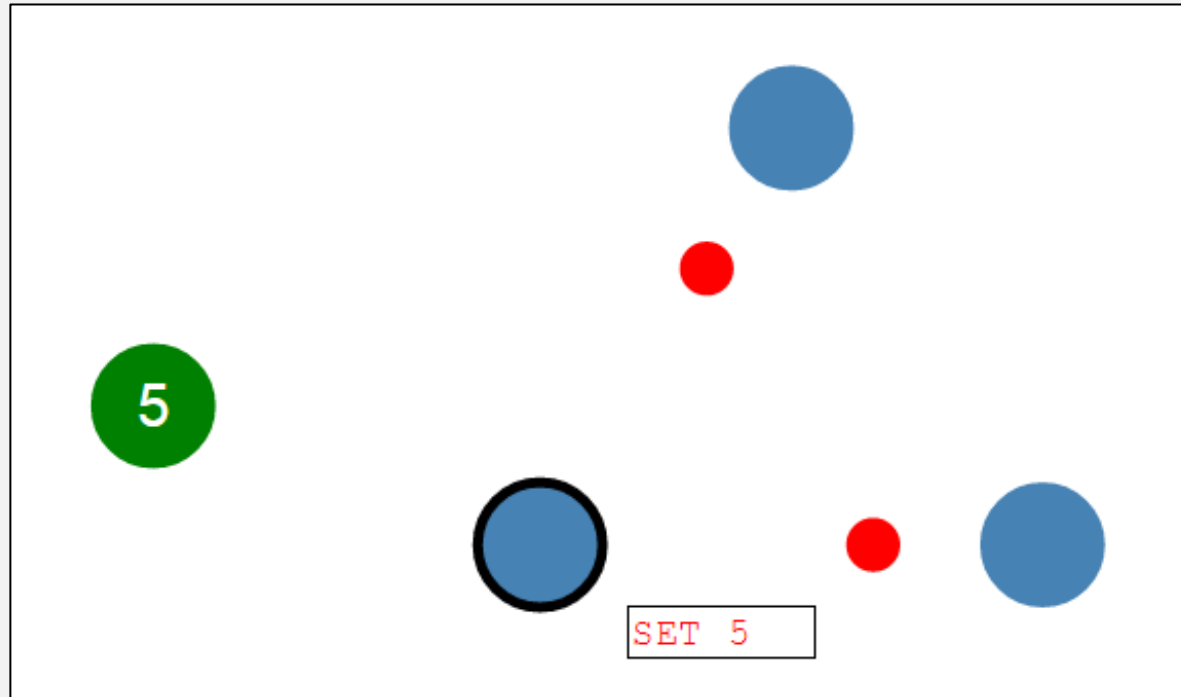
Nachteile:

- 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".

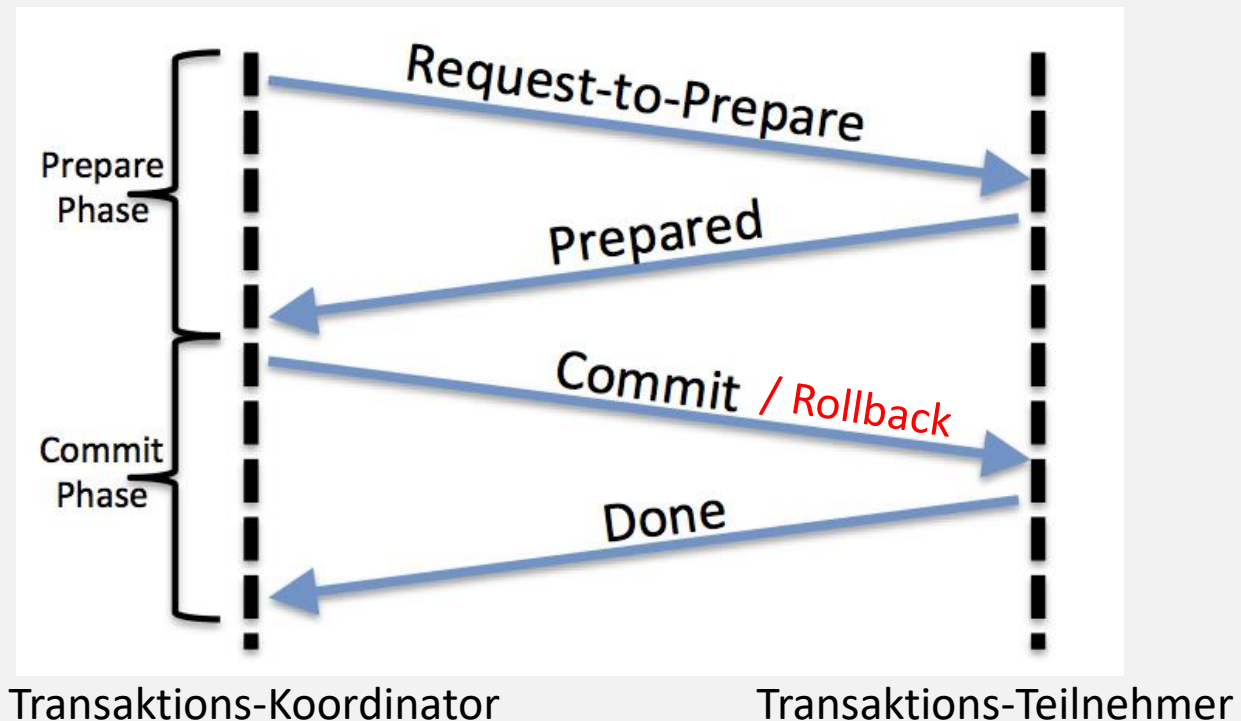


<http://thesecretlivesofdata.com/raft>

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

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.



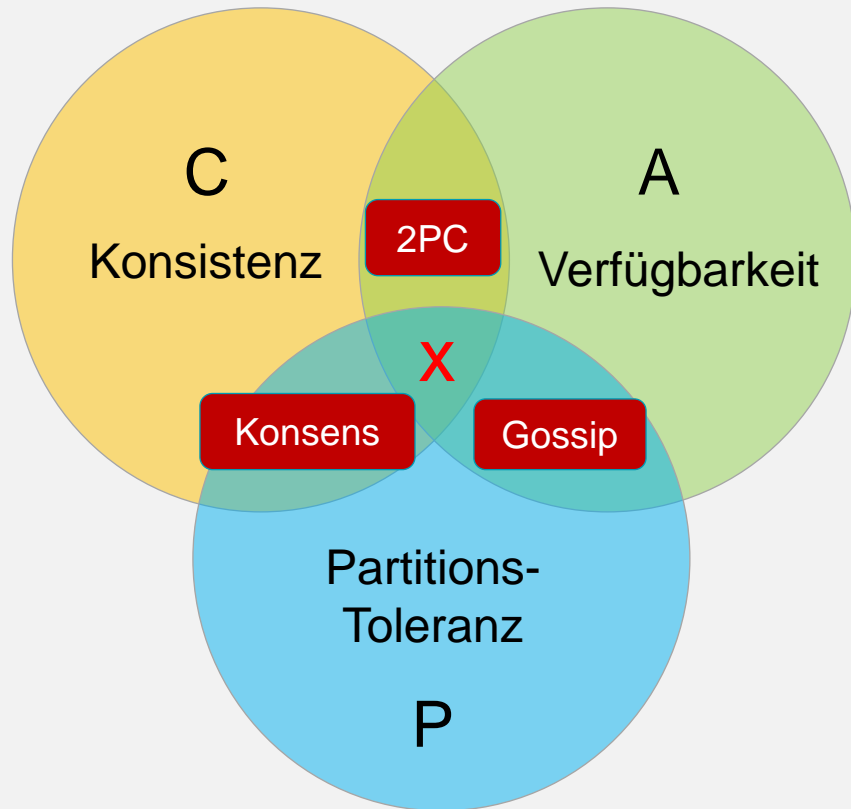
Vorteil:

- Alle Knoten sind konsistent zueinander.

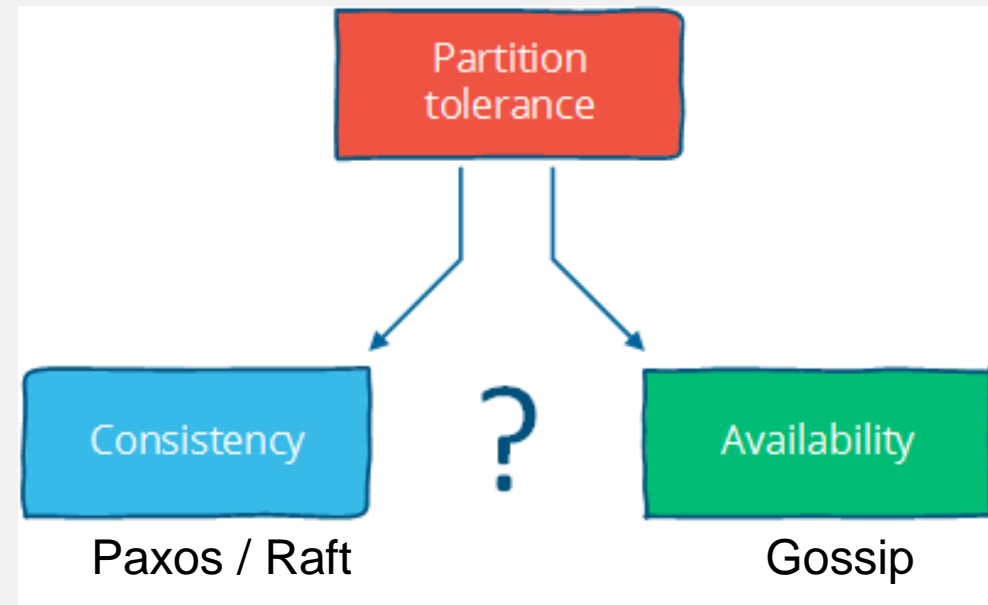
Nachteile:

- 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.

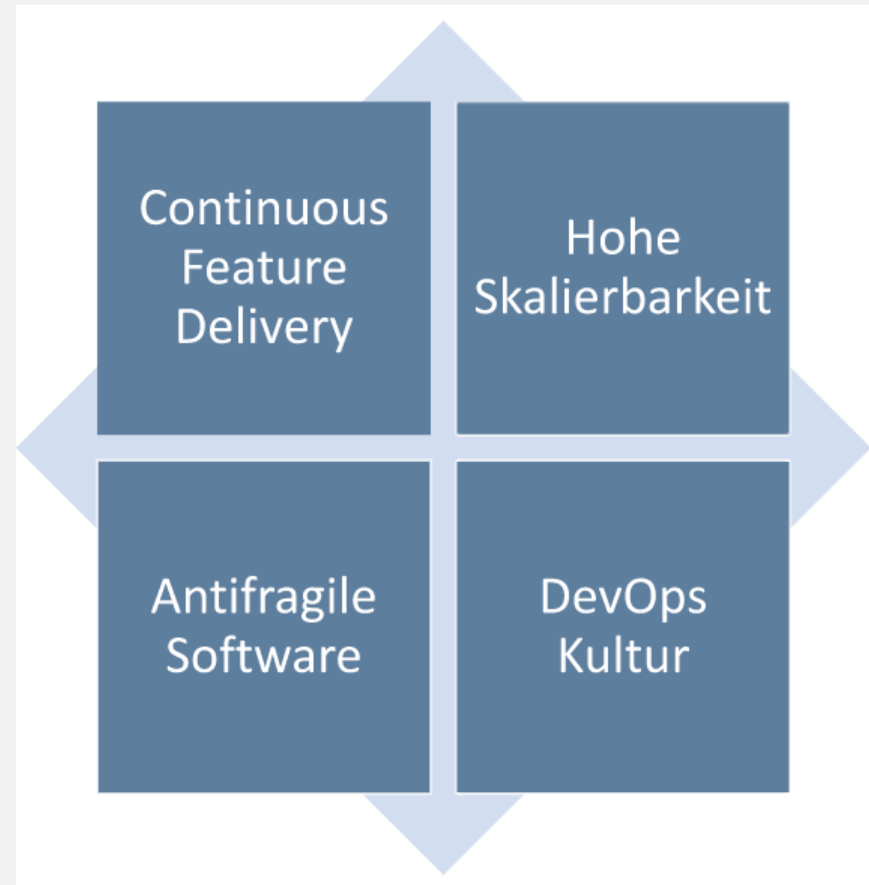




QA|WARE

Continuous Delivery Serverless Computing

Treiber für Cloud-native Anwendungen



Continuous Delivery - Definition

ContinuousDelivery



Martin Fowler

30 May 2013

Continuous Delivery is a software development discipline where you build software in such a way that the software can be released to production at any time.

martinfowler.com

Continuous delivery

From Wikipedia, the free encyclopedia

Continuous delivery (CD) is a [software engineering](#) approach in which teams produce software in short cycles, ensuring that the software can be reliably released at any time.^[1] It aims at building, testing, and releasing software faster and more frequently. The approach helps reduce the cost, time, and risk of delivering changes by allowing for more incremental updates to applications in production. A straightforward and repeatable deployment process is important for continuous delivery.

Abgrenzung zu Continuous X

Continuous Integration (CI)

- Alle Änderungen werden sofort in den aktuellen Entwicklungsstand integriert und getestet.
- Dadurch wird kontinuierlich getestet, ob eine Änderung inkompatibel mit anderen Änderungen ist.

Continuous Delivery (CD)

- Der Code *kann* zu jeder Zeit deployed werden.
- Er muss aber nicht immer deployed werden.
- D.h. der Code muss (möglichst) zu jedem Zeitpunkt bauen, getestet und ge-debugged sein.

Continuous Deployment

- Jede Änderung wird in Produktion deployed.
- Ein Teil der Qualitätstests finden dadurch in Produktion statt.
 - → Möglichkeit damit Umzugehen muss vorhanden sein (z.B. Canary Release, siehe später)

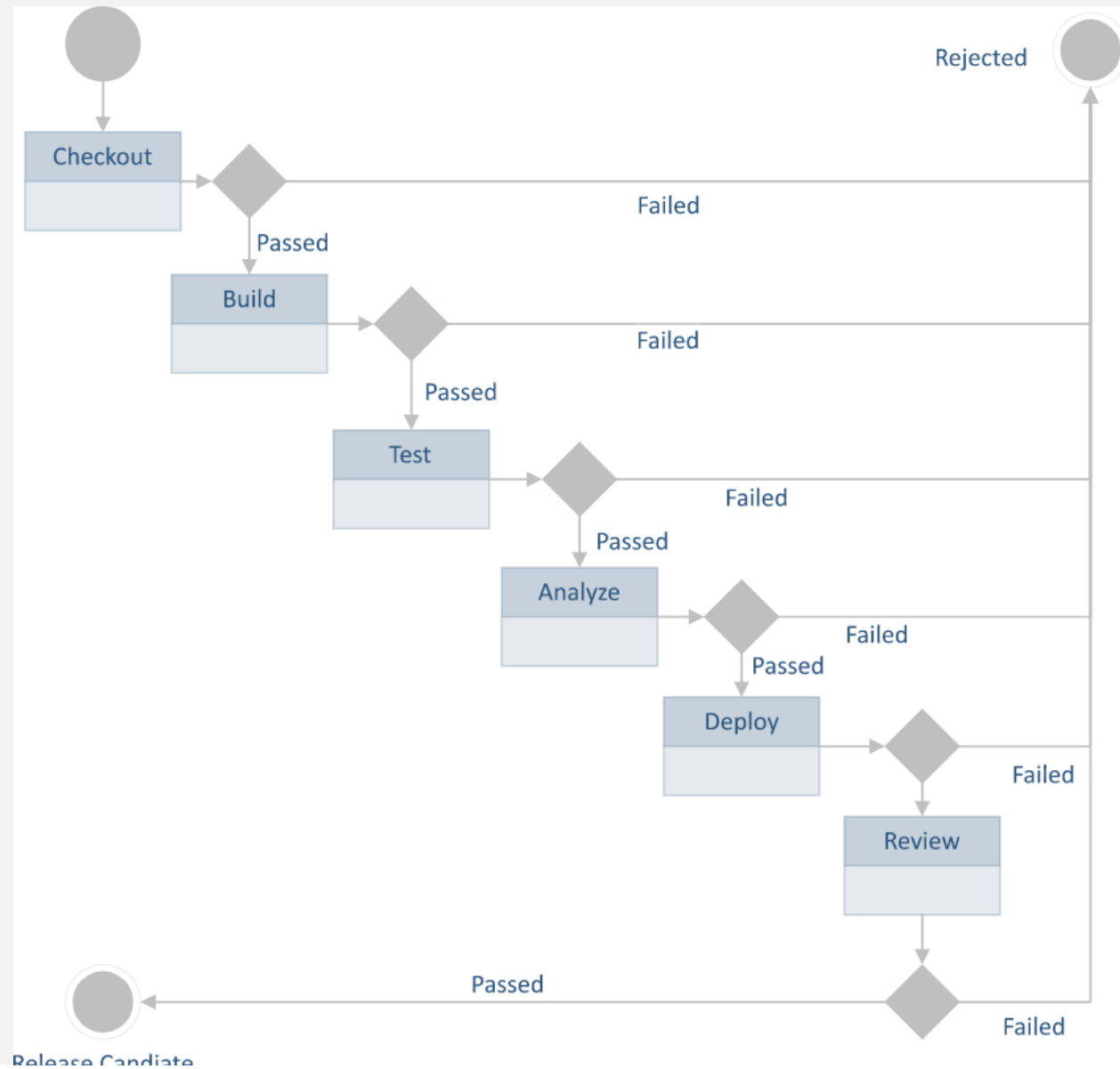
Kriterien für Continuous Delivery

“You’re doing continuous delivery when:

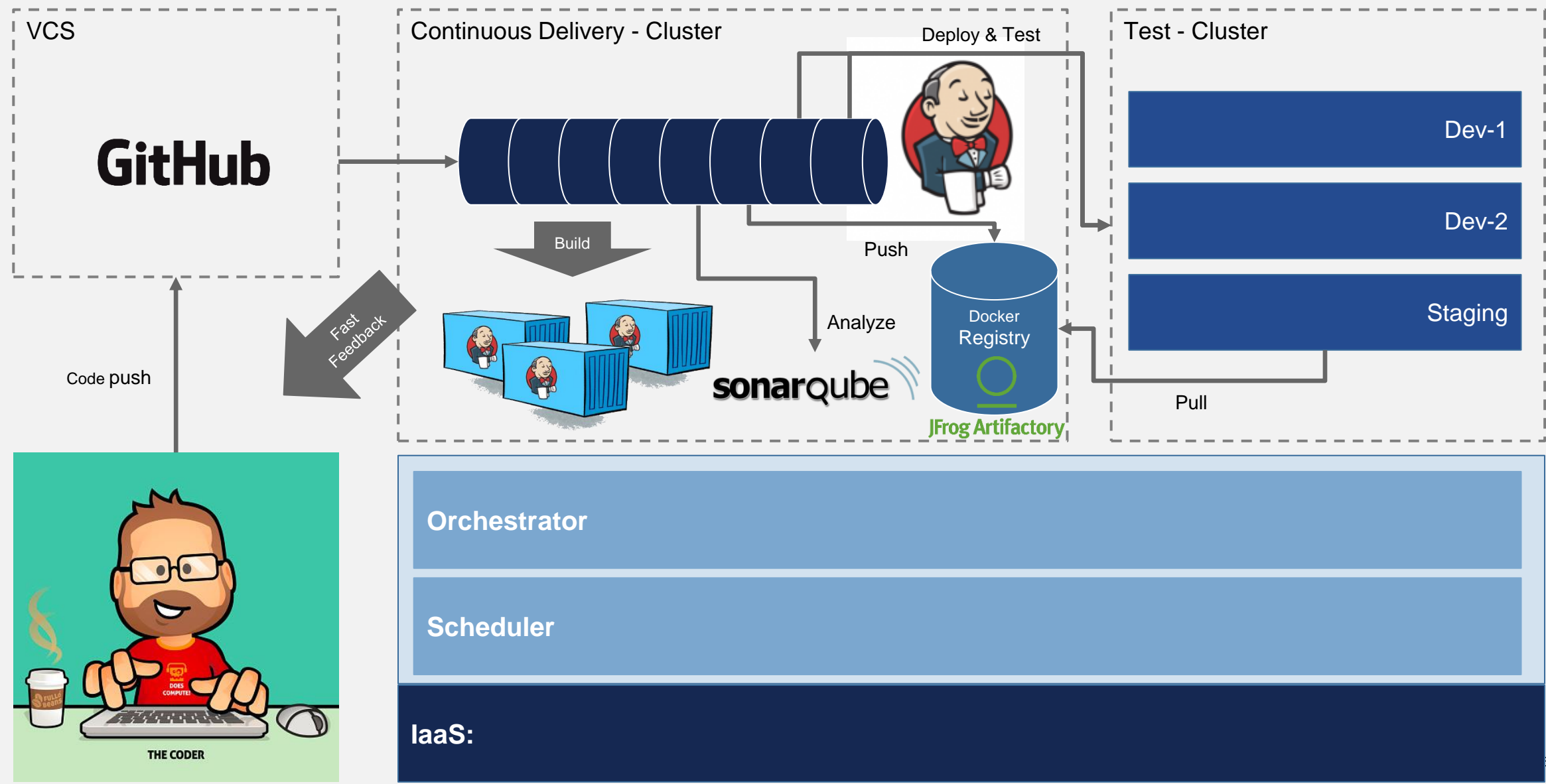
- Your software is deployable throughout its lifecycle
- Your team prioritizes keeping the software deployable over working on new features
- Anybody can get fast, automated feedback on the production readiness of their systems any time somebody makes a change to them
- You can perform push-button deployments of any version of the software to any environment on demand”

nach M. Fowler / Continuous Delivery working group at ThoughtWorks

Die Continuous Delivery Pipeline



Beispiel einer Continuous Delivery Pipeline

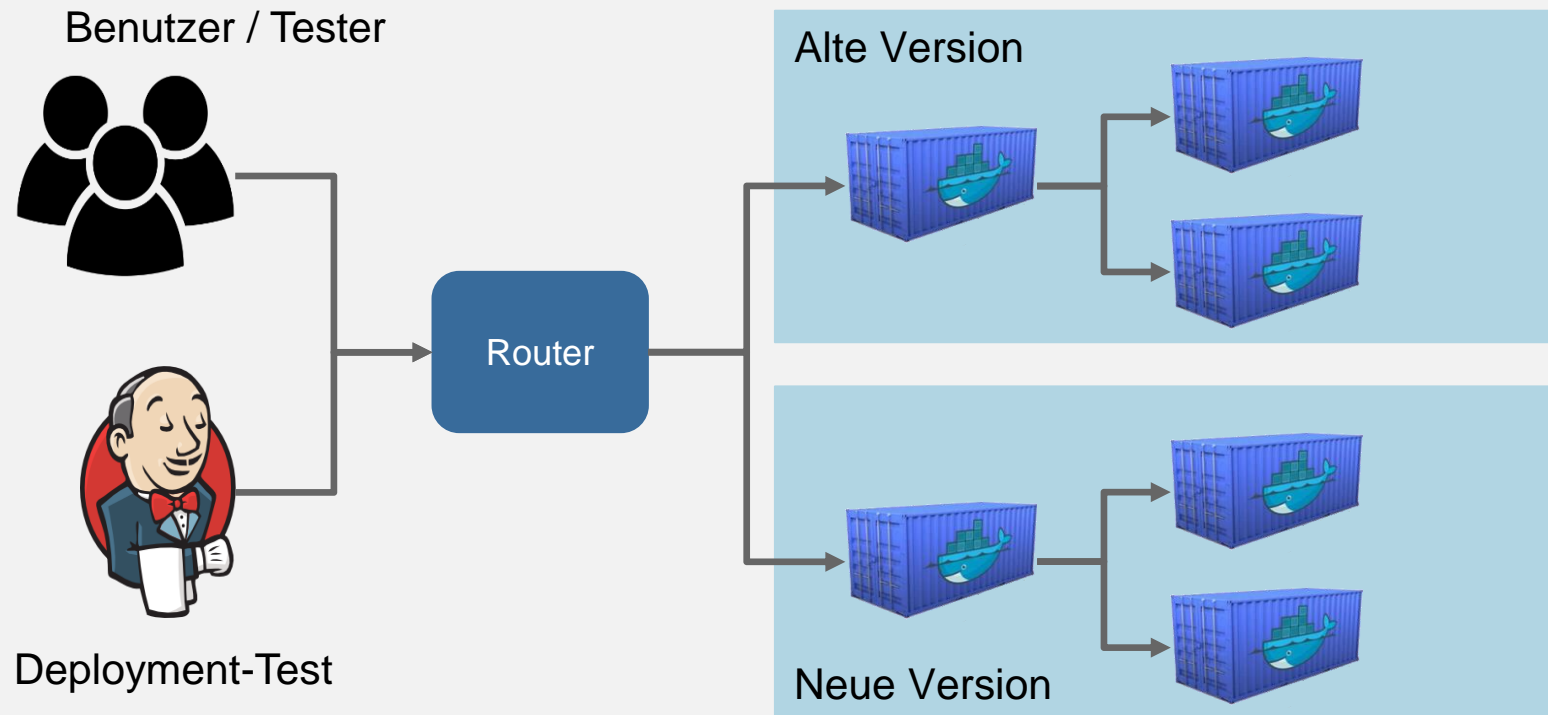


Alles was die CD-Umgebung mit Leben befüllt kommt aus dem VCS.

- Build-as-Code
 - Maven, Gradle, ...
 - Beschreibt wie die Anwendung gebaut wird
- Test-as-Code
 - Unit-, Component-, Integration-, API-, UI-, Performance-, Security-Tests
 - Beschreibt wie das Projekt getestet wird
- Infrastructure-as-Code
 - Docker, Terraform, Vagrant, Ansible, Kubernetes-Deployments, ...
 - Beschreibt wie die Laufzeitumgebungen aufgebaut wird
- Pipeline-as-Code
 - Build-Pipeline per Jenkinsfile
 - Buildklammer: Beschreibt alle Schritte bis zur Lauffähigen Installation

Wie kommen die Microservices in die Testumgebung?

- Canary-Release mit Vamp (Very Awesome Microservices Platform)



1. Nur der Post-Deployment Test aus der Pipeline heraus wird auf die neue Version geleitet.
2. Erst danach wird die erste Teilgruppe der Benutzer / Tester auf umgeleitet.
3. Wenn keine Fehler auftreten, werden alle Benutzer umgeleitet
4. Die alte Version wird offline genommen

Serverless Computing - Definition

Serverless computing is a [cloud computing execution model](#) in which the cloud provider dynamically manages the allocation of machine resources. Pricing is based on the actual amount of resources consumed by an application, rather than on pre-purchased units of capacity.^[1] It is a form of [utility computing](#).

Serverless computing still requires servers, hence it's a [misnomer](#).^[1] The name "serverless computing" is used because the server management and capacity planning decisions are completely hidden from the developer or operator. Serverless code can be used in conjunction with code deployed in traditional styles, such as [microservices](#). Alternatively, applications can be written to be purely serverless and use no provisioned services at all.^[2]

wikipedia.org

Serverless computing allows you to build and run applications and services without thinking about servers. Serverless applications don't require you to provision, scale, and manage any servers. You can build them for [nearly any type of application](#) or backend service, and everything required to run and scale your application with high availability is handled for you.

amazon.com

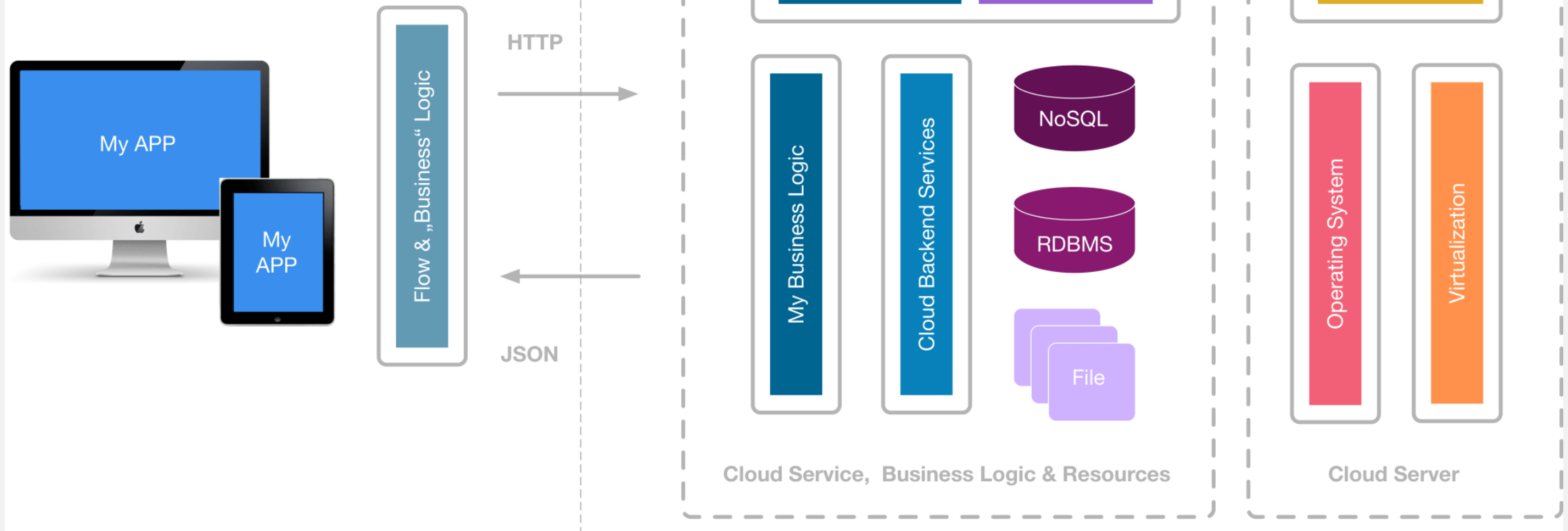
Serverless Computing – Überblick & Vergleich mit PaaS

- Serverless Computing wird häufig auch als Function as a Service (**FaaS**) bezeichnet
- FaaS ist eine Spezialform von PaaS
- Deployment und Betrieb wird vom Cloud Betreiber durchgeführt. Hier ähnelt eine FaaS Plattform PaaS
- Ein Unterschied zu ‚klassischen‘ PaaS Plattformen:
 - Der Betreiber garantiert nicht, dass eine einzelne Funktion ständig deployed ist. Häufig wird diese bei Bedarf erst geladen / deployed.
 - Es entfällt die feingranulare Administration einer PaaS.
 - Entwickler müssen sich nicht um die Laufzeitumgebung (bau des Containers, o.ä.) kümmern
- Der primäre Architekturstil von FaaS ist Ereignisgetriebene Architektur (Event-driven Architecture / EDA)
- Die größten Anbieter sind Google mit Amazon mit AWS Lambda, Microsoft mit Azure Functions und Google App Engine :



Serverless Anwendungsarchitektur

Run Code, not Servers!



Serverless Computing – Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Kosten: Da einzelne Funktionen nur bei Benutzung deployed werden ist dies oft kosteneffektiver, als Server ständig zu betreiben
- Produktivität: Einzelne Funktionen können sehr schnell geschrieben, deployed und aktualisiert werden.
- Performance: Einzelne Funktionen können sehr feingranular skaliert werden.

Nachteile:

- Performance: Da einzelne Funktionen evtl. erst bei Bedarf geladen werden, können starke Schwankungen bei der Ausführung auftreten.
- Debugging: Außer Fehlermeldungen und Log-Output, hat man weniger Möglichkeiten zur Diagnose. Dies erschwert das Debugging / Profiling der Anwendung.



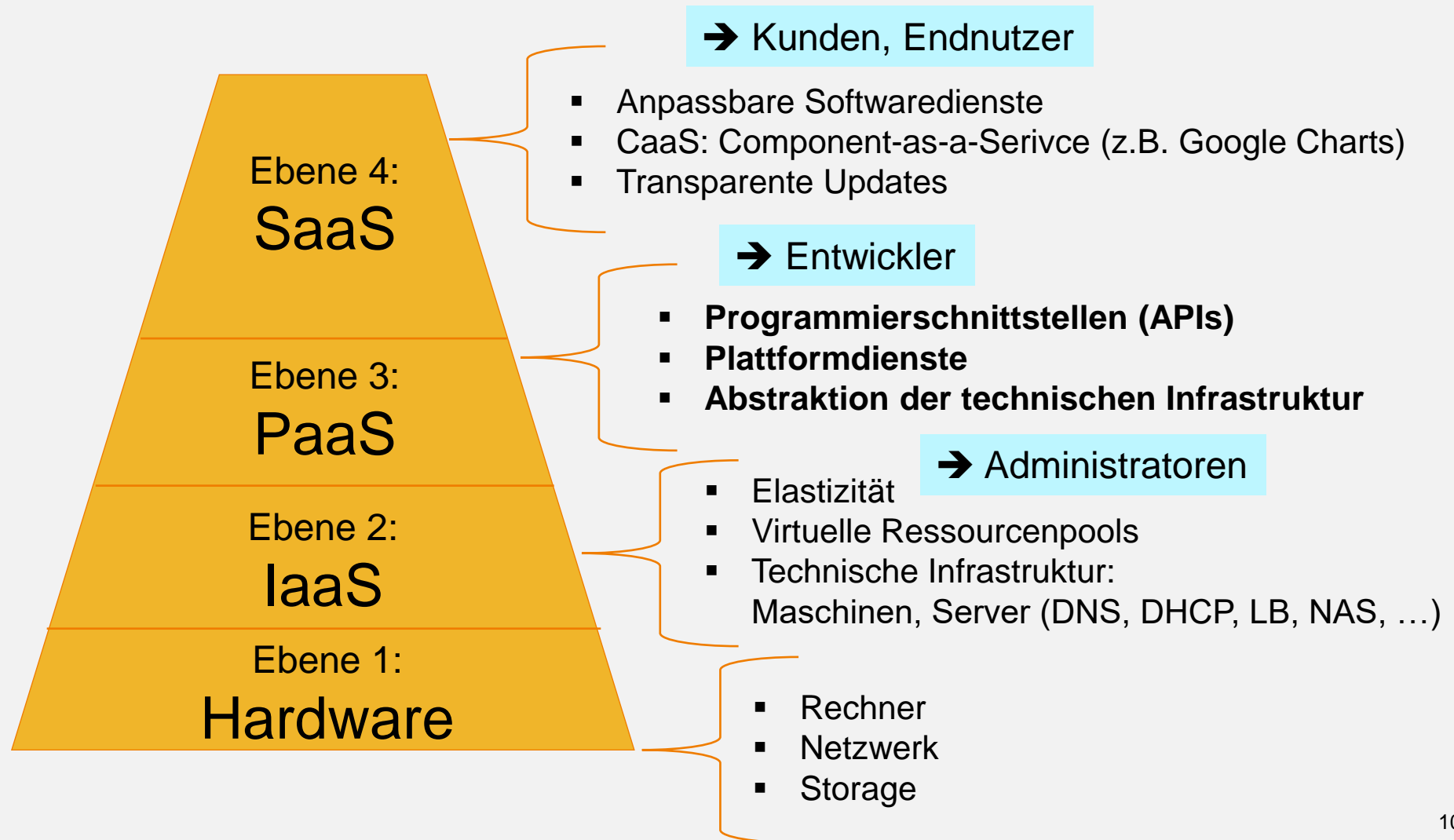
QA|WARE

PaaS

Das Schichtenmodell des Cloud Computing: Vom Blech zur Anwendung.



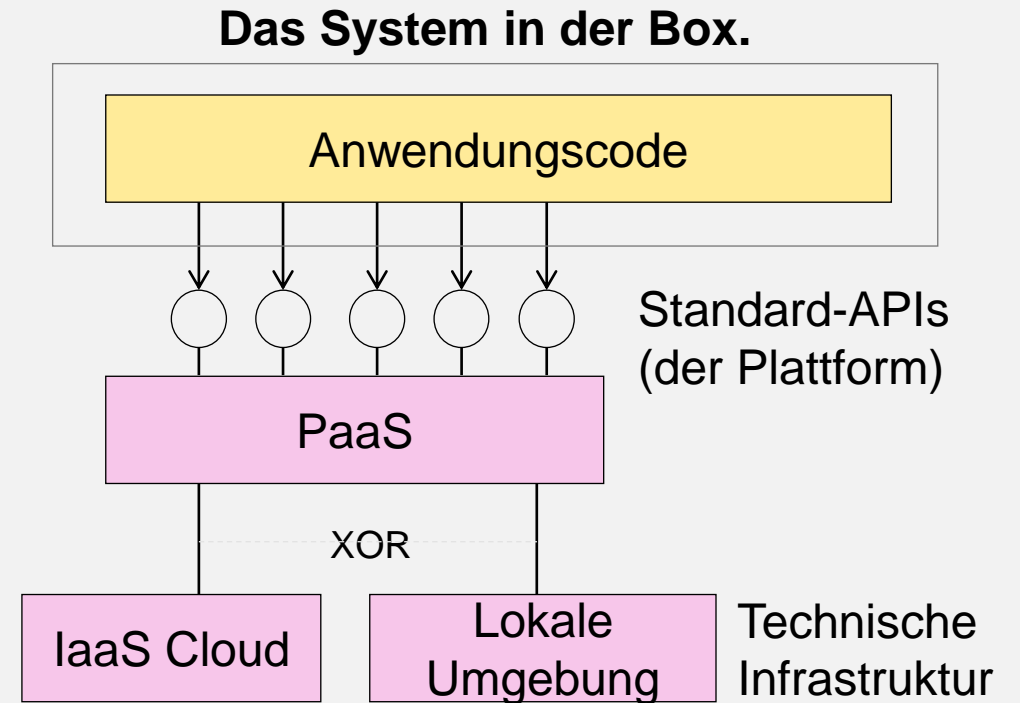
QA|WARE



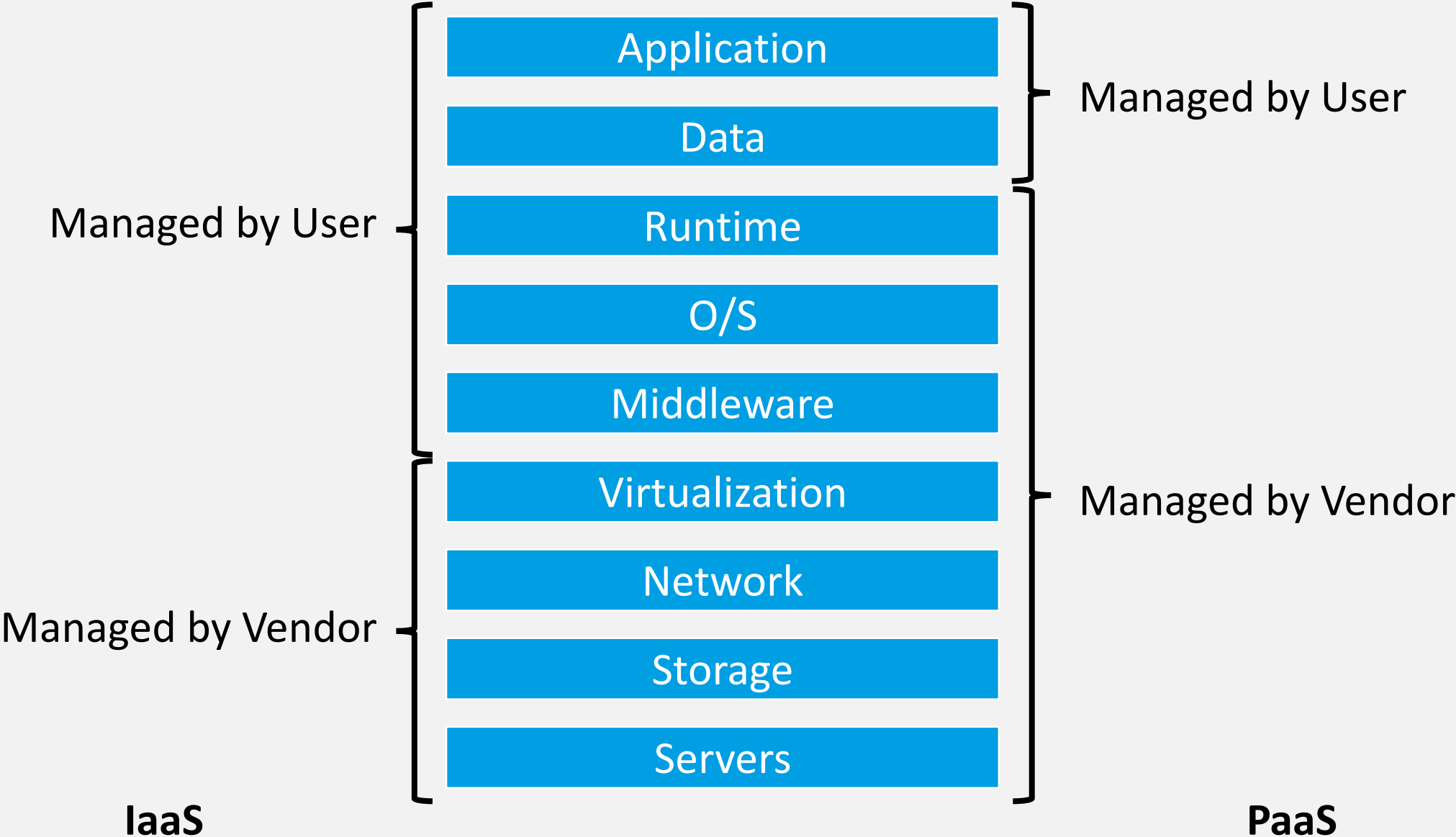
Die Lösung: Plattform-as-a-Service bietet eine ad-hoc Entwicklungs- und Betriebsplattform.

Entwicklungswerkzeuge (insb. Plugins für IDEs und Buildsysteme sowie eine lokale Testumgebung) stehen zur Verfügung: „deploy to cloud“.

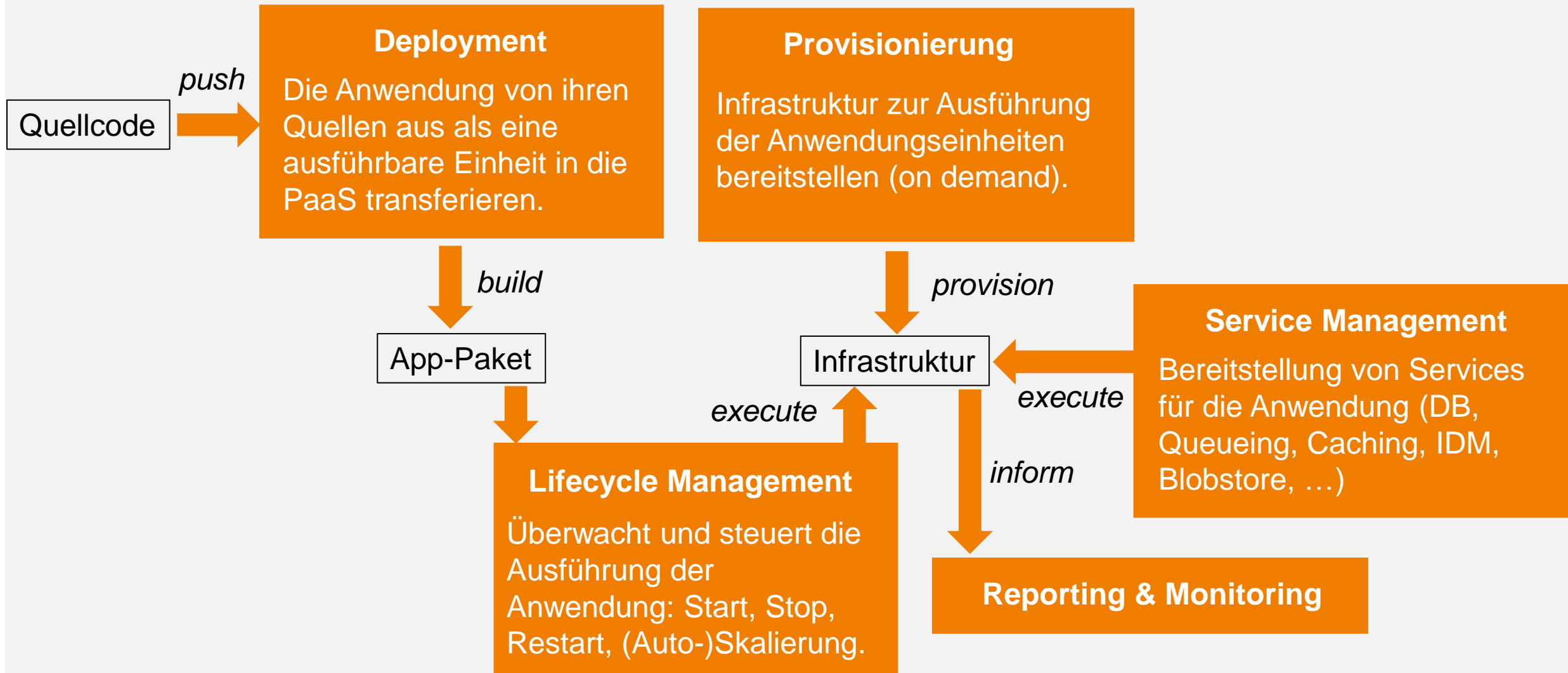
Die Plattform bietet eine Schnittstelle zur Administration und zum Monitoring der Anwendungen.



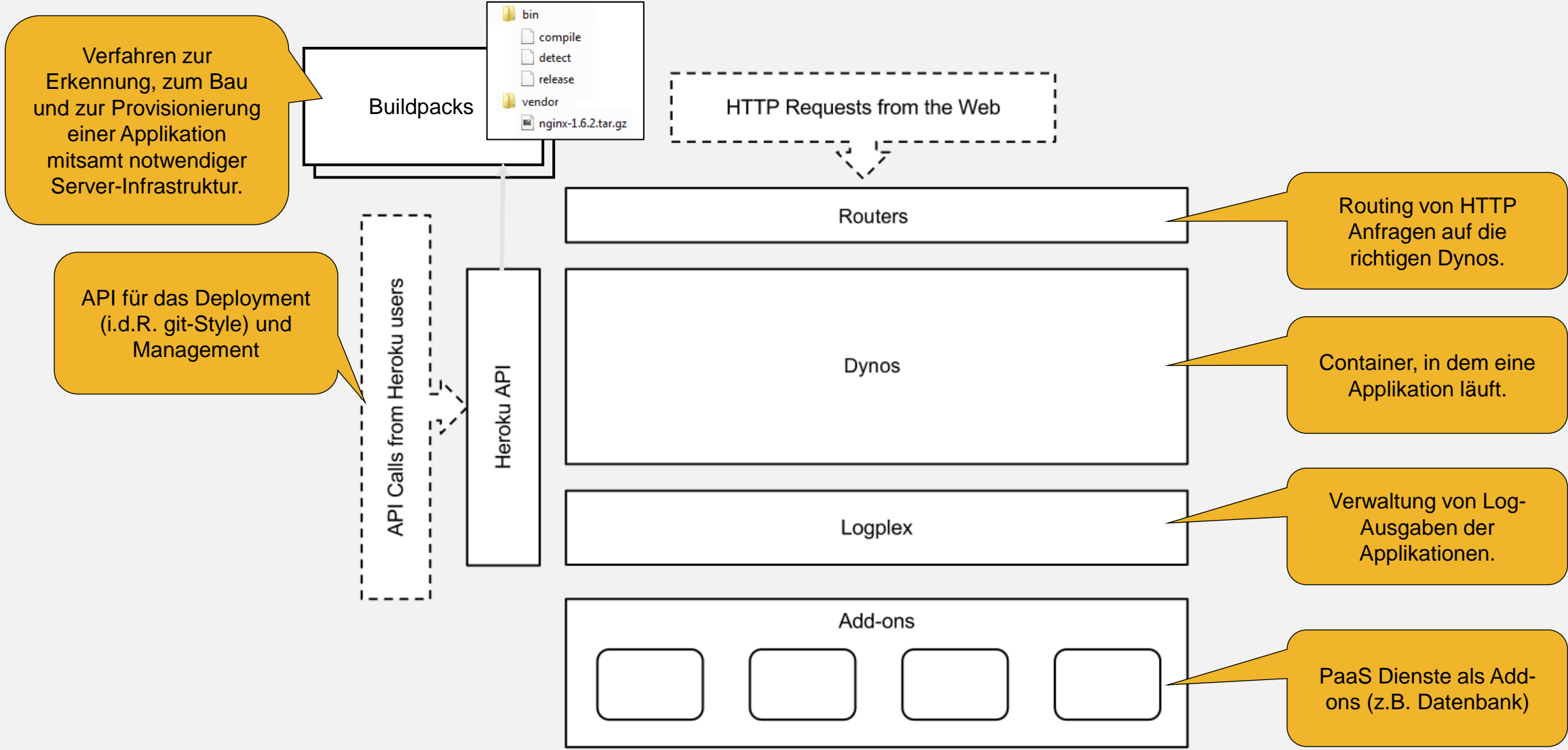
IaaS vs. PaaS



Die funktionalen Bausteine einer PaaS Cloud.



High-Level Architektur einer PaaS am Beispiel Heroku.





QA|WARE

Big Data

Big Data – was ist das überhaupt?

Charakteristische Eigenschaften:

- Die Größe des Datensatzes
- Die Komplexität des Datensatzes
- Die Technologien, die Verwendet werden, um den Datensatz zu verarbeiten

“Big data is a term describing the storage and analysis of large and or complex data sets using a series of techniques including, but not limited to: NoSQL, MapReduce and machine learning”

Quelle: . S. Ward und A. Barker. Undefined by data: a survey of big data definitions. arXiv preprint arXiv:1309.5821, 2013.

Große Datenmengen können effizient nur von parallelen Algorithmen verarbeitet werden.

Ein Algorithmus ist genau dann parallelisierbar, wenn er in einzelne Teile zerlegt werden kann, die keine Seiteneffekte zueinander haben.

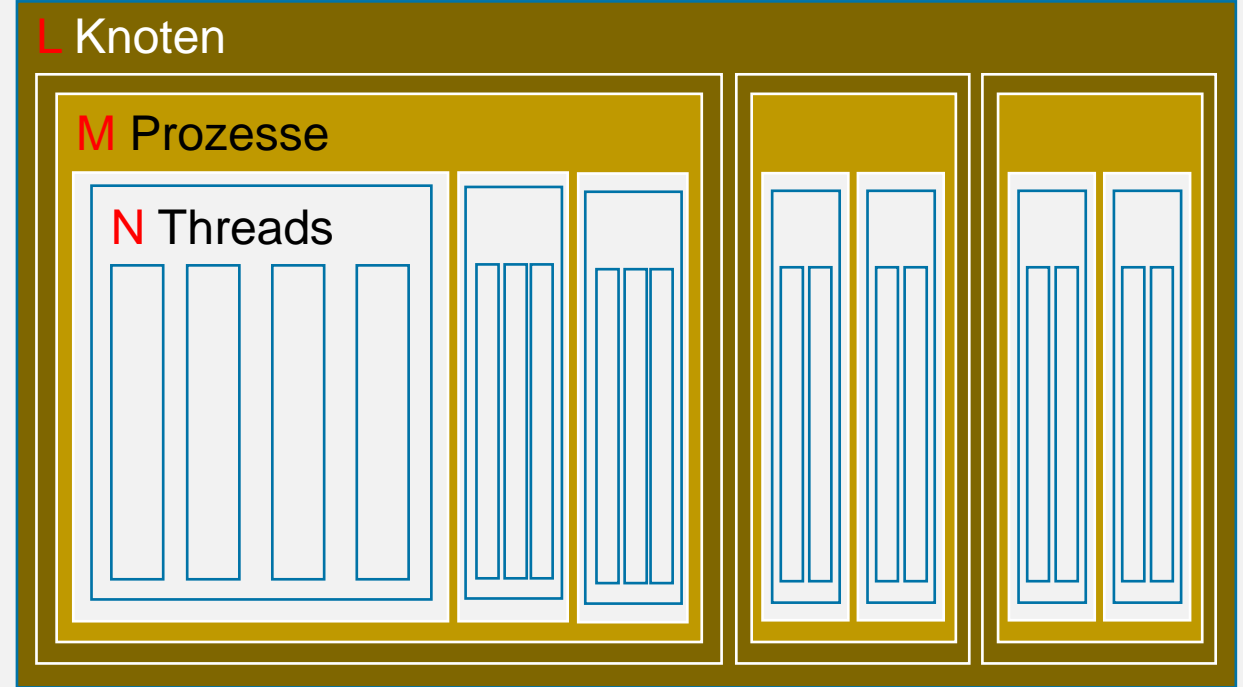
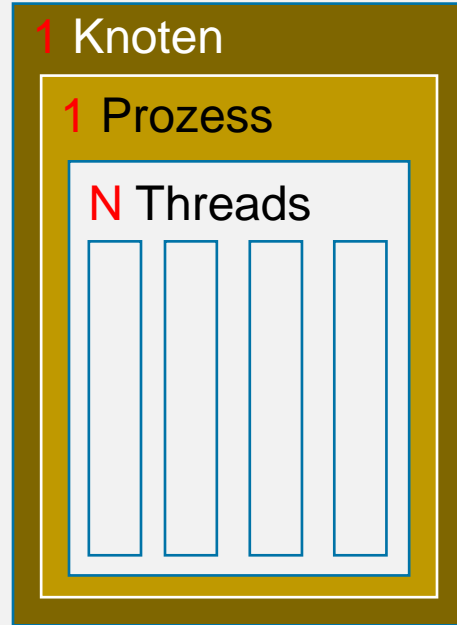
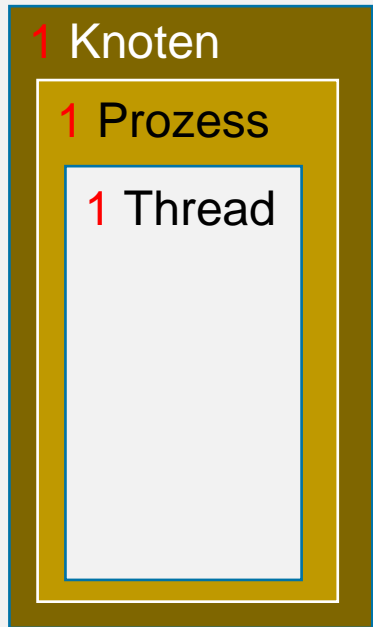
- Funktioniert gut: Quicksort. Aufwand: $O(n \log n) \rightarrow n \times O(\log n)$

```
private void QuicksortParallel<T>(T[] arr, int left, int right)
where T : IComparable<T>
{
    if (right > left)
    {
        int pivot = Partition(arr, left, right);
        Parallel.Do(
            () => QuicksortParallel(arr, left, pivot - 1),
            () => QuicksortParallel(arr, pivot + 1, right));
    }
}
```

- Funktioniert nicht: Berechnung der Fibonacci-Folge ($F_{k+2} = F_k + F_{k+1}$). Berechnung ist nicht parallelisierbar.

Ein paralleler Algorithmus (**Job**) ist aufgeteilt in sequenzielle Berechnungsschritte (**Tasks**), die parallel zueinander abgearbeitet werden können. Der Entwurf von parallelen Algorithmen folgt oft dem Teile-und-Herrsche Prinzip.

Parallele Programmierung kann sowohl im Kleinen als auch im Großen betrieben werden.



**Keine
Parallelität**



Parallelität im Kleinen

Vorteile im Vergleich:

- Höherer Durchsatz
- Bessere Auslastung der Hardware
- Vertikale Skalierung möglich



Parallelität im Großen

Vorteile im Vergleich:

- Höherer Durchsatz
- Horizontale Skalierung möglich (Scale Out).
- Keine hardwarebedingte Limitierung des Datenvolumens (→ Big Data ready).

Big Data erfordert Parallelität im Großen.

Die vier Paradigmen der Parallelität im Großen:



Folgt aus Datenmenge
im Vergleich zur Programmgröße

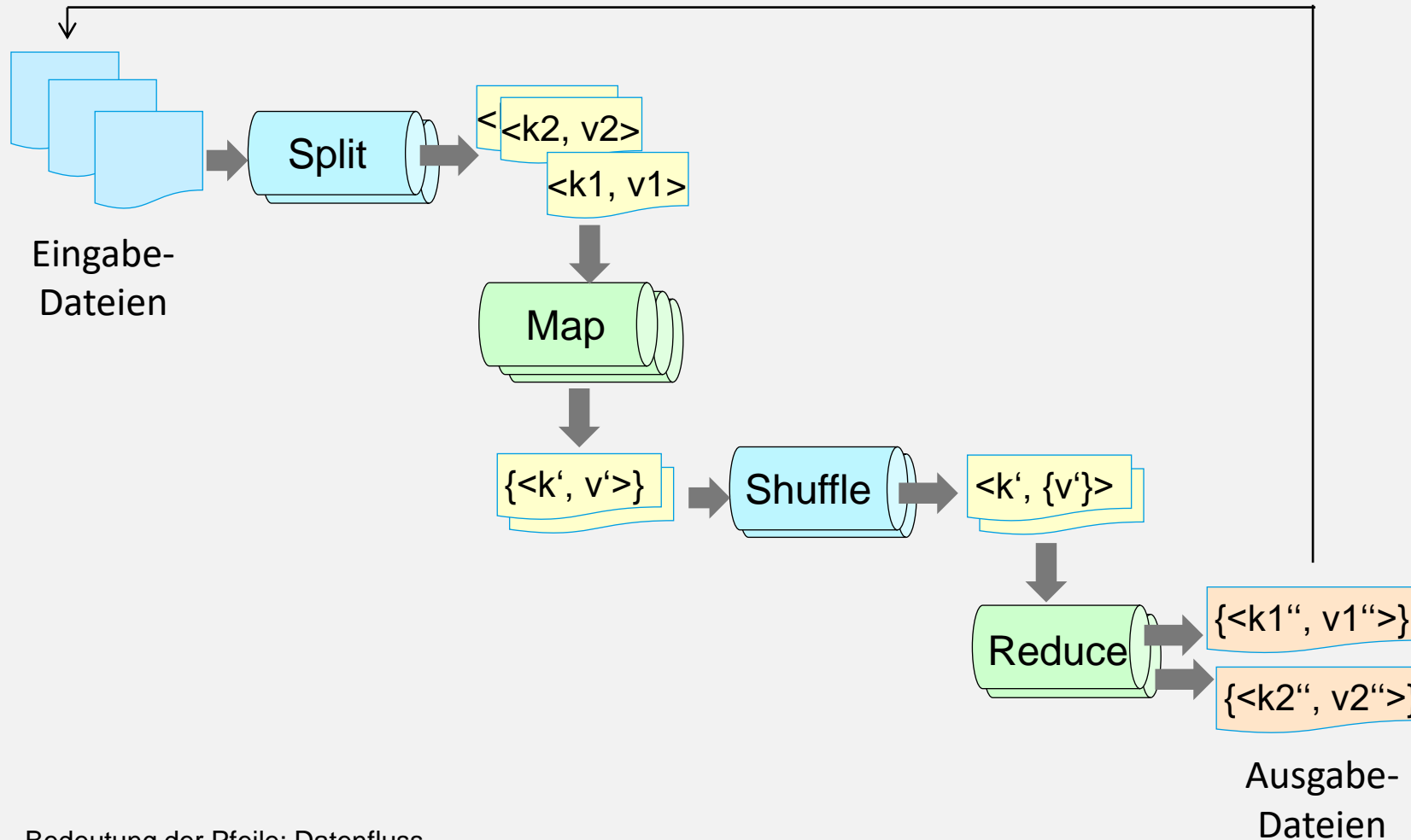
Das Grundprinzip von paralleler
Verarbeitung.

Folgt aus Praxisanforderung:
Viele Knoten bedeutet
viele Ausfallmöglichkeiten

Folgt aus potenziell großer
Datenmenge und
Verarbeitungs-
geschwindigkeit

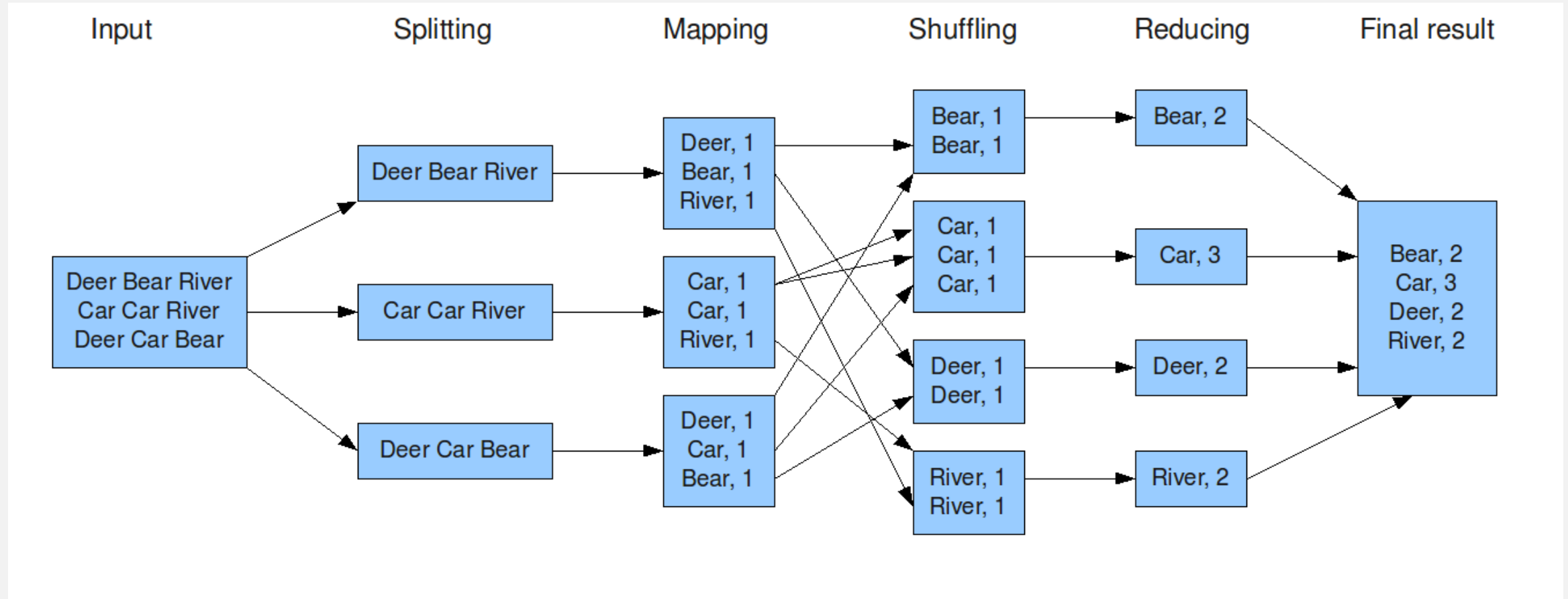
1. Die Logik folgt den Daten.
2. Falls Datentransfer notwendig, dann so schnell wie möglich: In-Memory vor lokaler Festplatte vor Remote-Transfer.
3. Parallelisierung über *Tasks* (seiteneffektfreie Funktionen) und *Jobs* (Ausführungsvorschrift für Tasks) sowie entsprechend partitionierter Daten (*Shards*).
4. Design for Failure: Ausführungsfehler als Standardfall ansehen und verzeihend und kompensierend sein.

Programme werden in (mehrere) Map-Reduce-Zyklen aufgeteilt. Das Framework übernimmt die Parallelisierung.



Bedeutung der Pfeile: Datenfluss

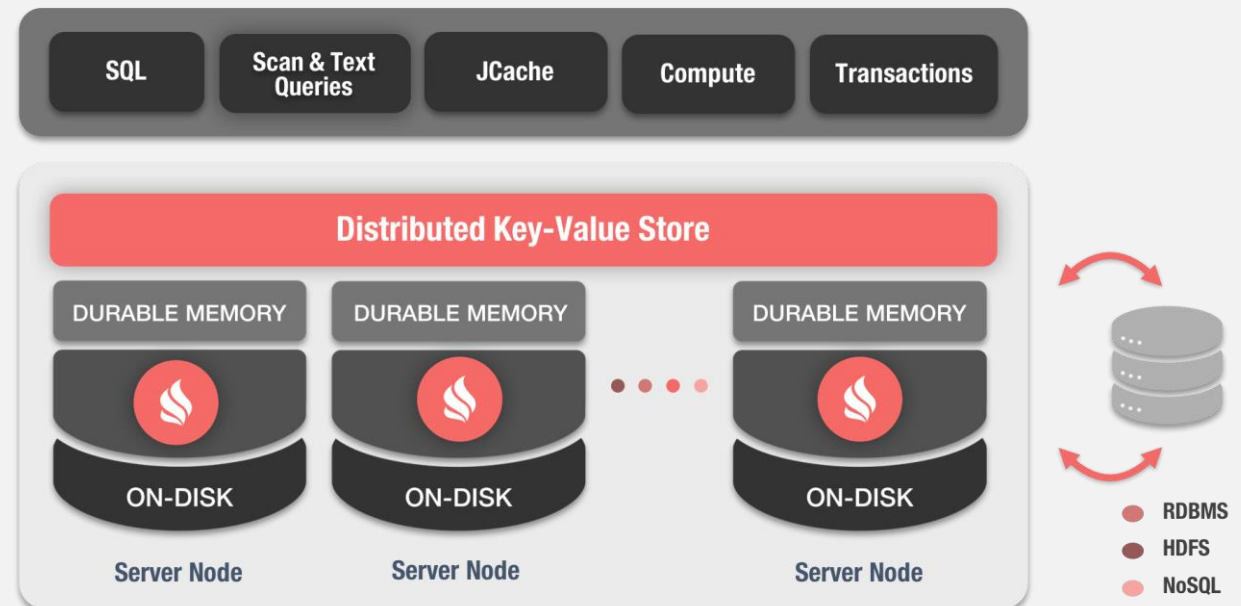
Übersicht über alle Phasen



<http://blog.jteam.nl/2009/08/04/introduction-to-hadoop>

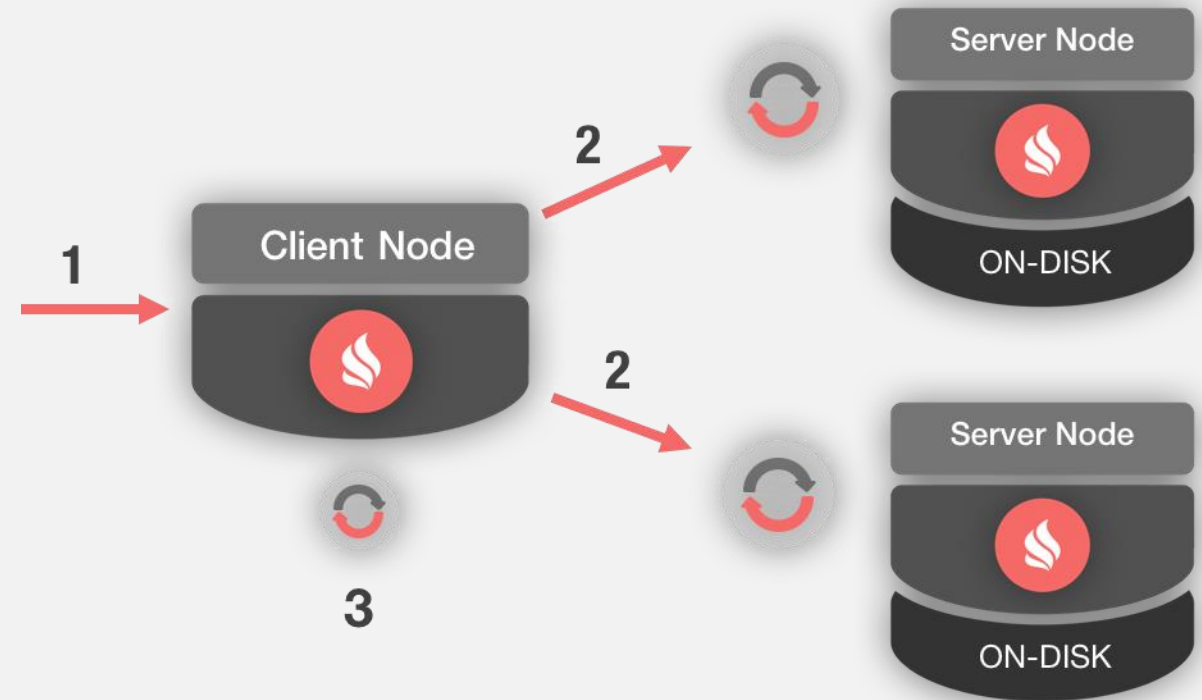
Ignite Data Grid

- In-Memory Key Value Store
- Implementiert die JCache-Spezifikation [**get()**, **put()**, **containsKey()**]
- Native Persistenz (=> Filesystem) vorhanden
- Eigene Storage-Provider möglich (z.B. SQL, MongoDB, ...)



Ignite Compute

- Verteilte Verarbeitung von Daten
- Code wird zu den Daten gebracht (Performance!)
- Ähnliche Projekte:
 - Hadoop MapReduce
 - Apache Spark



1. Initial Request
2. Co-located processing with data
3. Reduce multiple results in one

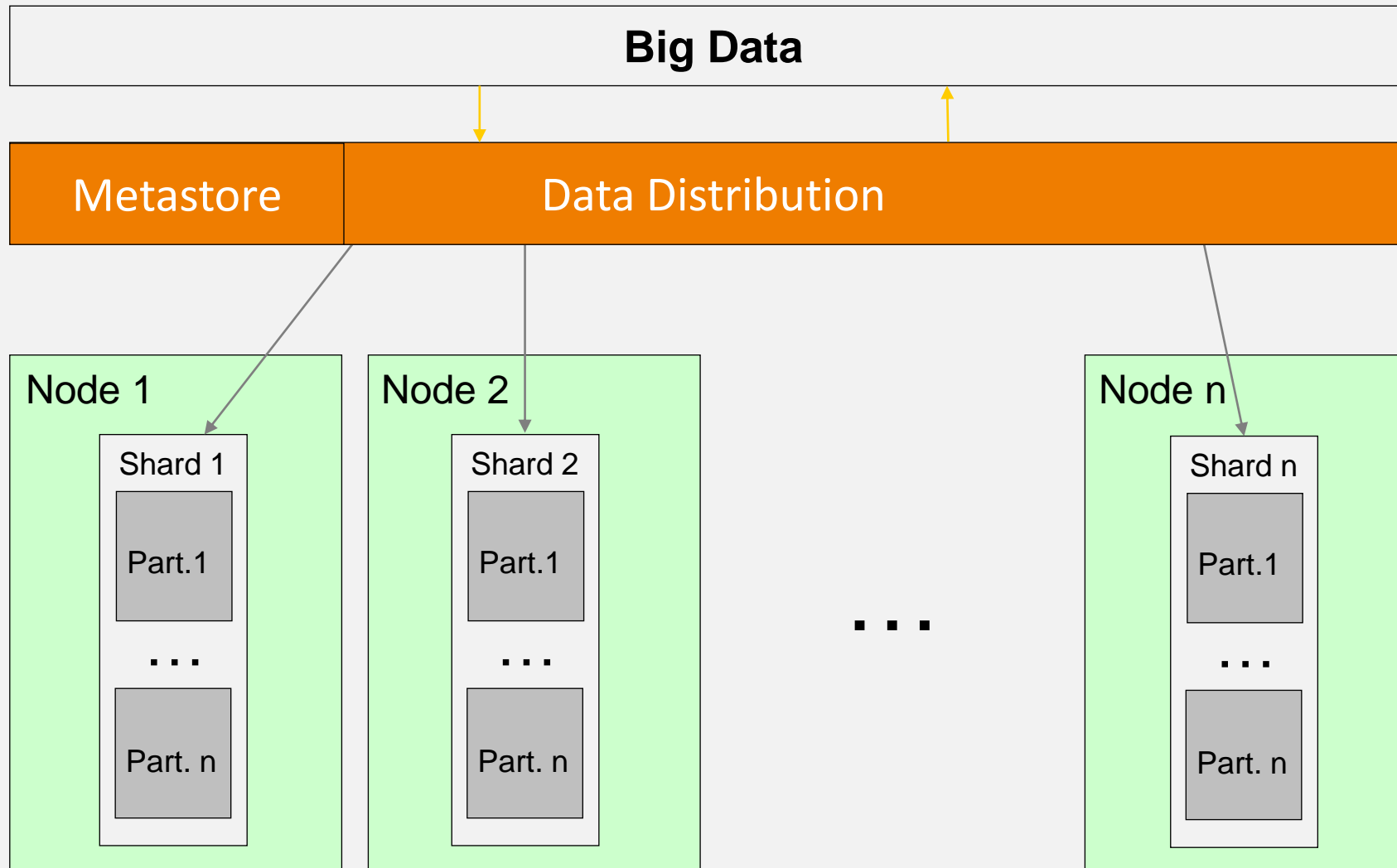
Apache Ignite

Streaming

- Manchmal ist der Datensatz so groß, dass er nicht im Ignite-Cluster Platz hat.
- Die Lösung: Streaming und Verarbeitung on the Fly!
 - “With Apache Ignite you can load and stream large finite — or never-ending — volumes of data in a scalable and fault-tolerant way into the cluster.”
- Beispiele:
 - Data Loading
 - Real-Time Data Streaming

Quelle: <https://ignite.apache.org/features/streaming.html>

Sharding and Partitioning: Verteilung und Stückelung von großen Datenmengen.



(Re-) Sharding- und Partitioning-Funktion:
 $f(\text{Daten}) \rightarrow \text{Shard}$
 $f(\text{Daten}) \rightarrow \text{Partition.}$
+ Replikationsstrategie.
+ Konsistenzstrategie.



QA|WARE

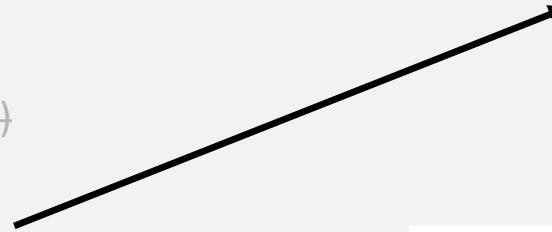
Provisionierung – Teil 2

Terraform

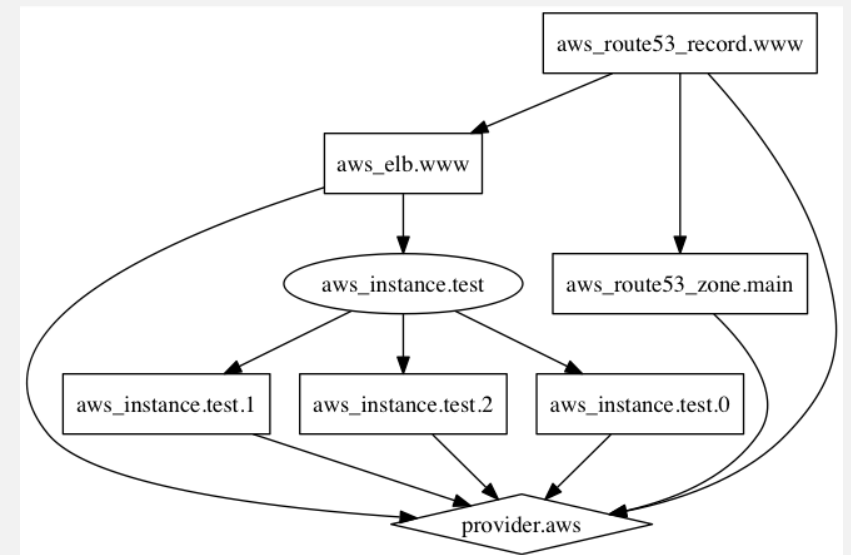


QA|WARE

- Entwickelt von HashiCorp
- Open Source, in Go geschrieben
- Kommandozeilenwerkzeug
- Gedacht um eine Cloud-Infrastruktur zu provisionieren (VMs, VPN, Loadbalancer, Cloud-Storage, etc)
- Nicht zur Installation der Software auf den einzelnen VMs
- Direkte Anbindung vieler Cloud Provider (AWS, Azure, OTC, ...)
- Deklarative Programmierung
 - **Write:** Beschreibung Zielzustand über eine domänenspezifische Sprache HCL (~~HashiCorp Configuration Language~~)
 - **Plan** (`terraform plan`): Ist-Zustand ermitteln. Notwendige Änderungen planen (entsprechend Abhängigkeiten geordnet und parallelisiert, Unterbrechungen möglichst minimal)
 - **Apply** (`terraform apply`): Idempotente Herstellung des Zielzustands. Der Zustand (~~.tfstate Datei~~) wird dabei lokal oder in einem Remote ~~Store~~ (S3, HTTP, ...) gespeichert



```
terraform/  
├─ main.tf  
└─ terraform.tfvars
```

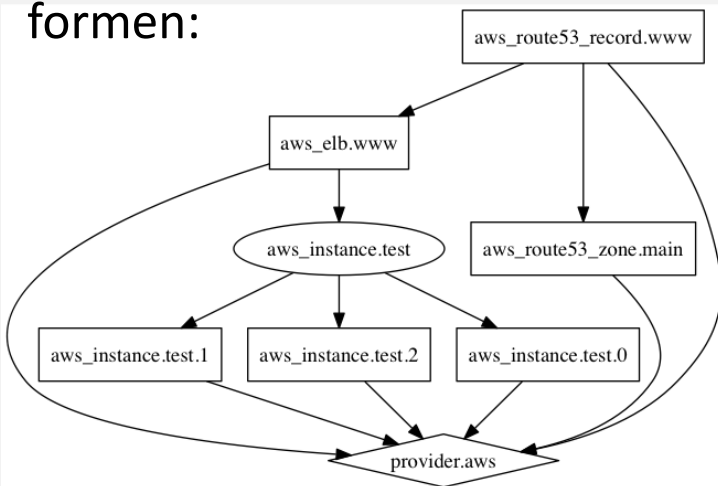


Die Kern-Entitäten eines Terraform-Skripts

Ressource: Provisionierte Komponente der Infrastruktur

```
resource "aws_instance" "web" {  
  ami          = "ami-408c7f28"  
  instance_type = "t1.micro"  
}
```

... haben Abhängigkeiten zueinander, die einen DAG formen:



Provider: Integration der zu provisionierenden Infrastruktur

```
provider "aws" {  
  access_key = "${var.aws_access_key}"  
  secret_key = "${var.aws_secret_key}"  
  region     = "us-east-1"  
}
```

Alicloud	Archive	AWS
Azure	Bitbucket	CenturyLinkCloud
Chef	Circonus	Cloudflare
CloudScale.ch	CloudStack	Cobbler
Consul	Datadog	DigitalOcean
DNS	DNSMadeEasy	DNSimple
Docker	Dyn	External
Fastly	GitHub	Gitlab
OpsGenie	Oracle Public Cloud	Oracle Cloud Platform
OVH	Packet	PagerDuty
Palo Alto Networks	PostgreSQL	PowerDNS
ProfitBricks	RabbitMQ	Rancher
Random	Rundeck	Scaleway
SoftLayer	StatusCake	Spotinst
Template	Terraform	Terraform Enterprise
TLS	Triton	UltraDNS
Vault	VMware vCloud Director	VMware NSX-T

Provisioner: Ausführung von Änderungen auf Ressourcen.

```
resource "aws_instance" "web" {  
  # ...  
  provisioner "local-exec" {  
    command = "echo ${self.private_ip} > file.txt"  
  }  
}
```

Beispiel: Output



QA|WARE

main.tf

```
resource "aws_instance" "an_ec2_instance" {  
    count          = "1"  
    ami           = "${data.aws_ami.aws_linux_ami.id}"  
    instance_type = "t2.micro"  
}  
  
output "instance_ids" {  
    value = "${aws_instance.ec2.id}"  
}
```




QA|WARE

Q & A

qaware.de



QA|WARE
SOFTWARE ENGINEERING

QAware GmbH

Aschauer Straße 32

81549 München

Tel. +49 89 232315-0

info@qaware.de



twitter.com/qaware



linkedin.com/company/qaware-gmbh



xing.com/companies/qawaregmbh



github.com/qaware



slideshare.net/qaware