CLOUD-NATIVE PROGRAMMIERUNG

Unit 04:

Standardisierung von Deployment Units

Stand: 09.10.2020

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

1

INHALTSVERZEICHNIS

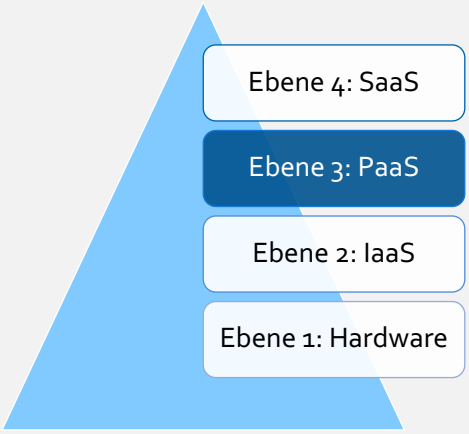
Überblick über Units und Themen dieses Moduls

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

2

DAS SCHICHTENMODELL DES CLOUD COMPUTINGS

Wo sind wir?



Kunden, Endnutzer
- Anpassbare Software-Dienste
- XaaS (Everything as a Service)
- Transparente Updates

Entwickler
- **Programmierschnittstellen (APIs)**
- **Plattformdienste**
- **Abstraktion der technischen Infrastruktur**

Administratoren
- Elastizität
- Virtuelle Ressourcenpools
- Technische Infrastruktur (VM, Storage, Network)

Rechenzentrum
- Rechner
- Netzwerk
- Storage

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

3

INHALTE

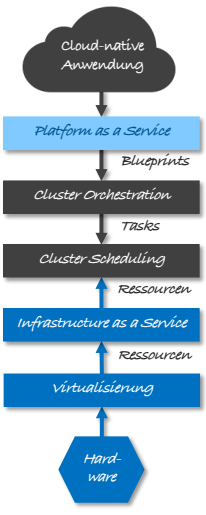
Hintergrund
- Platform as a Service
- Das PaaS-Problem
- Das CaaS-Versprechen

Betriebssystem-Virtualisierung
- OS-Virtualisierung
- Linux-basierte Techniken zur OS-Virtualisierung
- Standardisierung von Deployment-Einheiten => Container

Automationsumgebungen für Container
- Container Laufzeitumgebungen und Standards
- Docker
- Image Building und Registries

Container-Pattern
- Container (Anti-)Pattern
- 12-Factor Apps

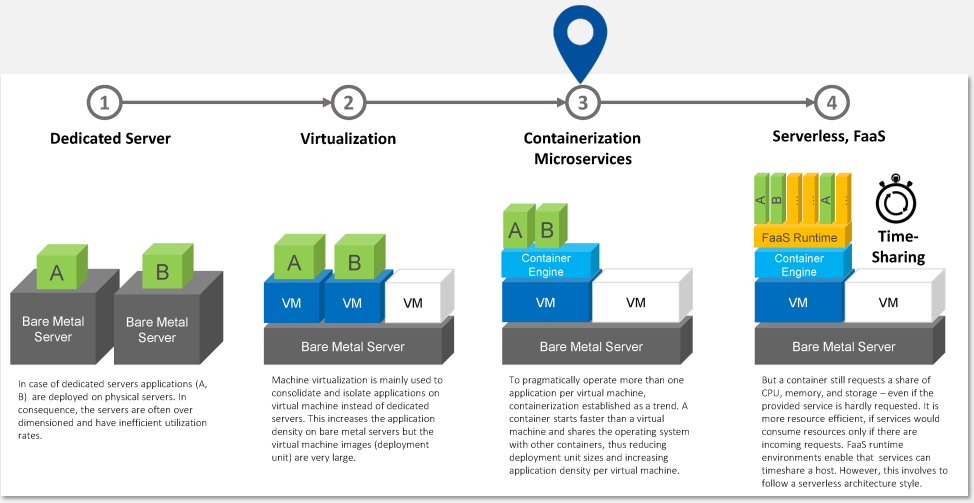
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK



4

EINE KURZE GESCHICHTE DER CLOUD

Wo sind wir?



TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

ENTWICKLUNG

Von Platform as a Service zu Container as a Service

- Mittels IaaS und Provisionierungsansätzen lassen sich vordefinierte Depoyment-Einheiten (VM-Images) erzeugen und auf Hypervisoren als Virtuelle Maschinen ausbringen.
- Das Problem ist, diese Deployment-Einheiten (VM-Images) sind im allgemeinen sehr groß (>> 100MB bis zu mehreren GB) und die Start-Up-Zeiten dieser Maschinen sind recht lang (bis zu mehreren Minuten).
- Ferner wollen sich Entwickler häufig nicht mit den Details der Infrastruktur „herumschlagen" sondern einfach nur ihren Code ausbringen und laufen lassen.
- Aus dieser Motivationslage sind sogenannte Platform-as-a-Service PaaS-Angebote entstanden.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

PAAS

Was ist das?

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Als **Platform as a Service (PaaS)** bezeichnet man eine Dienstleistung, die als Cloud Service eine Plattform für Entwickler von Anwendungen zur Verfügung stellt. Dabei kann es sich sowohl um Laufzeitumgebungen (häufig für Webanwendungen), aber auch um Entwicklungsumgebungen handeln, die mit geringem administrativem Aufwand und ohne Anschaffung der darunterliegenden Hardware und Software genutzt werden können. Sie unterstützen wesentliche Teile des Software-Lebenszyklus von der Entwicklung, den Test, die Auslieferung bis hin zum Betrieb der Anwendungen über das Internet.

Cloud Anwendungen
Software as a Service (SaaS)

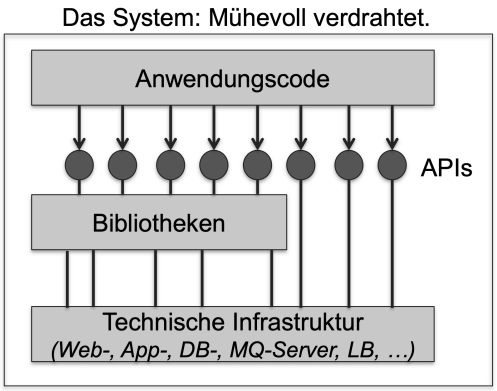
Cloud Plattformen
Platform as a Service (PaaS)

Cloud Infrastruktur
Infrastructure as a Service (IaaS)

DAS PROBLEM: STOVEPIPE ARCHITEKTUREN

Anwendungen aufwändig „von Hand" verdrahtet

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK



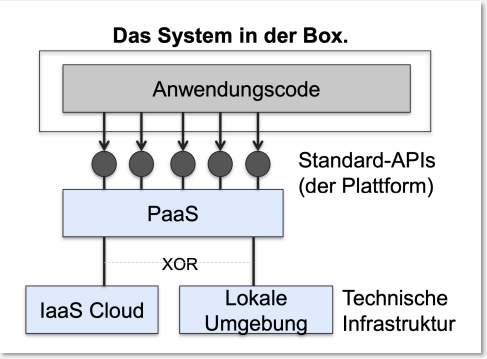
Mund-geblasenes mag ja schön sein, aber es ist teuer und vor allem kaum 1:1 wiederholbar!

Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

DIE. LÖSUNG: PLATFORM AS A SERVICE

PaaS bietet eine ad-hoc Entwicklungs- und Betriebsplattform

- Die Anwendung wird per Applikationspaket oder als Quellcode deployed. Es ist kein Image mit technische Infrastruktur notwendig.
- Die Anwendung sieht nur Programmier- oder Zugriffsschnittstellen seiner Laufzeitumgebung.
- Es erfolgt eine automatische Skalierung der Anwendung.
- Entwicklungswerkzeuge (IDEs, Build-Systeme, Testumgebung) stehen zur Verfügung („Deploy to cloud").
- Die Plattform bietet eine Schnittstelle zur Administration und zum Monitoring.



Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

PAAS

Definitionen

NIST Definition of Cloud Computing

The capability provided to the consumer is to **deploy onto the cloud infrastructure** consumer-created or acquired applications created using programming **languages, libraries, services, and tools supported by the provider**. The **consumer does not manage or control the underlying cloud infrastructure** including network, servers, operating systems, or storage, but has **control over the deployed applications** and possibly configuration settings for the application-hosting environment.

Forrester

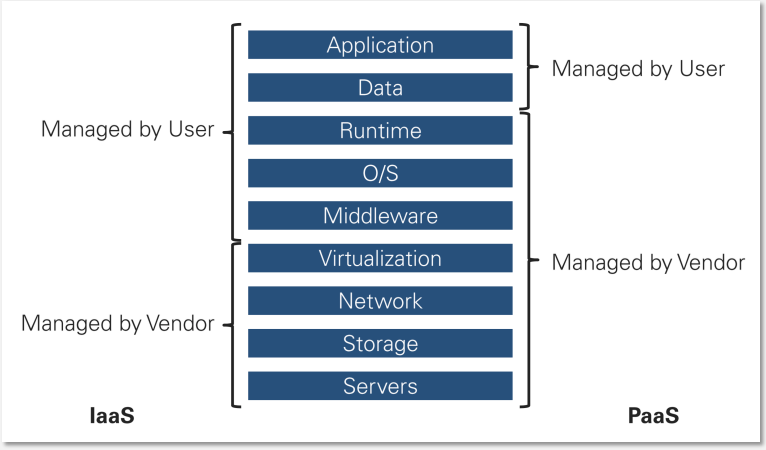
A **complete application platform** for **multitenant** cloud environments that includes **development tools, runtime, and administration** and management tools.

PaaS combines an **application platform with managed cloud infrastructure** services.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

IAAS VS. PAAS

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

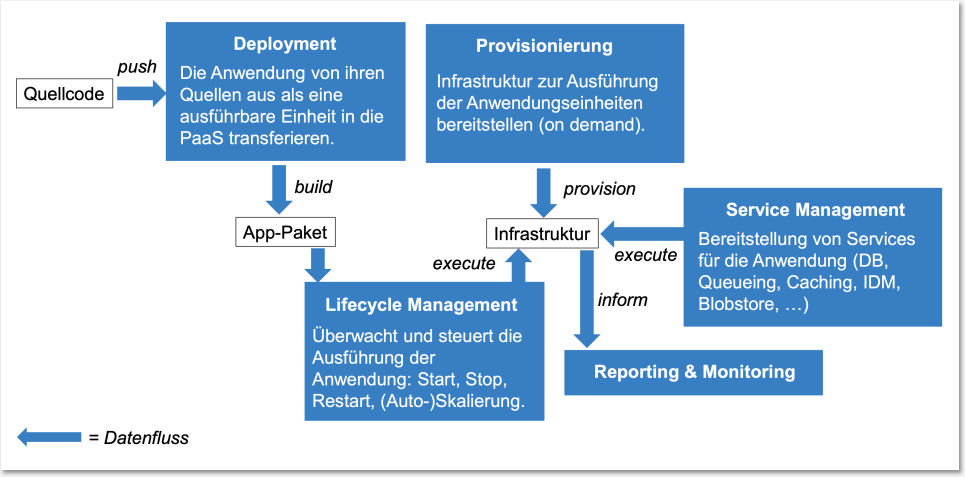


Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

PAAS CLOUD

Die funktionalen Bausteine einer PaaS Cloud

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

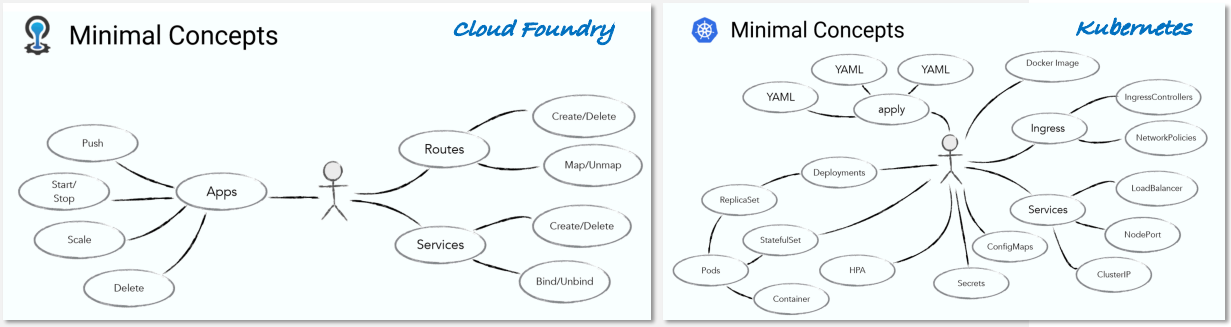


Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

DER PAAS EFFEKT

PaaS verbergen Komplexität vor dem Entwickler

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

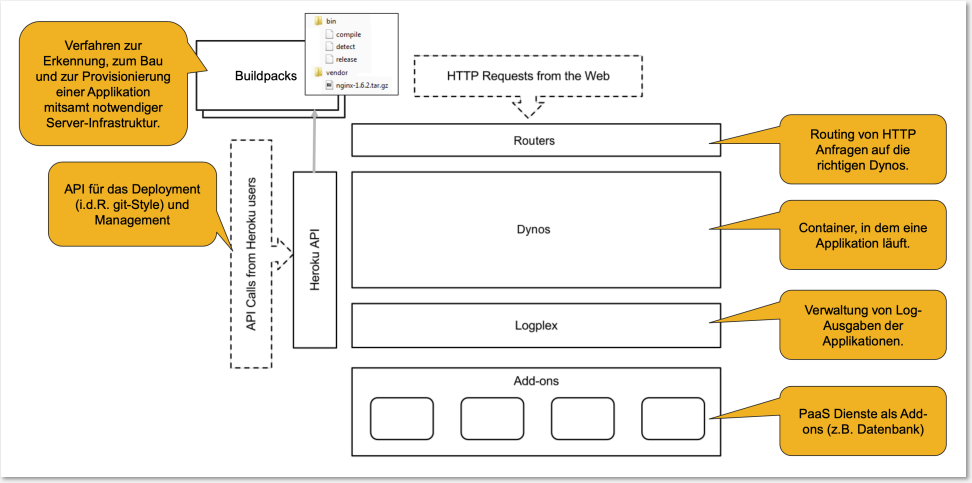


Quelle: Matthias Haeussler, Novatec Consulting GmbH
https://www.slideshare.net/QAware/cloud-platforms-demystified

PAAS HIGH-LEVEL ARCHITEKTUR

Am Beispiel von Heroku

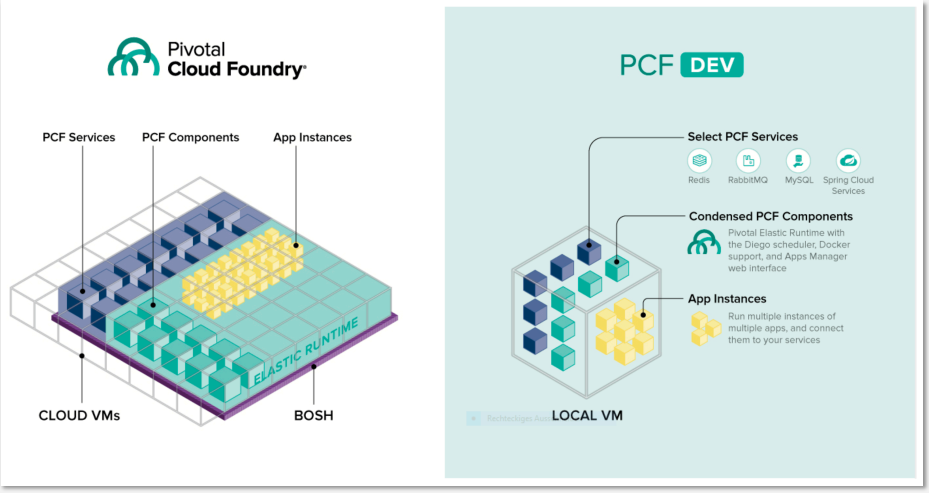
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK



Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

PRIVATE PAAS CLOUDS

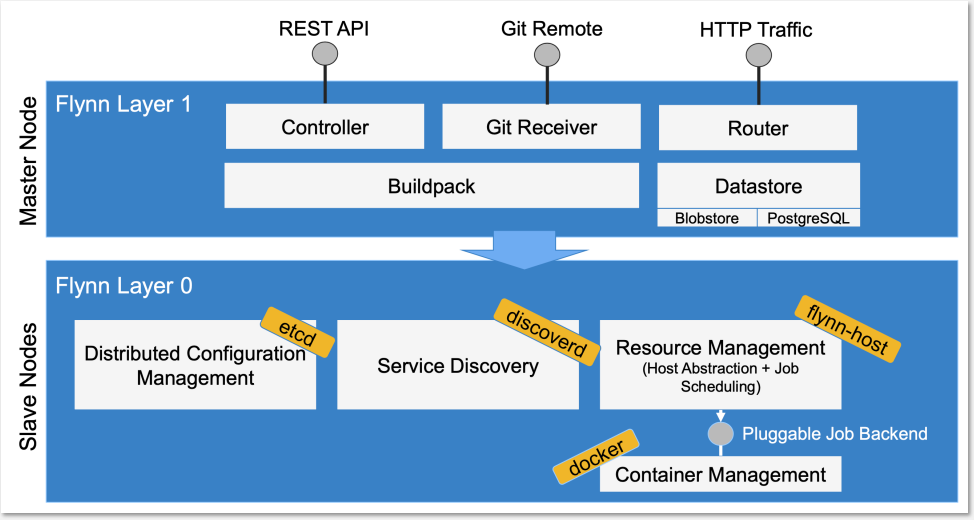
Beispiel: Cloud Foundry



TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

PRIVATE PAAS CLOUDS

Beispiel: Flynn



TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

PRIVATE PAAS CLOUDS

Alternative Private PaaS Clouds

Name	Link	Anmerkung
DEIS	https://deis.io	Vglb. Zu Flynn (Docker-basiert)
OpenShift	https://openshift.com	PaaS mit Schwerpunkt JEE von RedHat
CloudFoundry	https://cloudfoundry.org	PaaS von Pivotal mit breiter Unterstützung aus der Industrie
Stackato	https://activestate.com/stackato	Private PaaS (kommerziell)
PaaSTO	https://github.com/yelp/paasta	Open-Source private PaaS auf Basis von Mesos+Marathon
VAMP	https://vamp.io	Leichtgewichtiges Open-Source PaaS ausgelegt auf Microservices (Kuberntes oder Mesos)
Apollo	https.//github.com/capgemini/apollo	Open-Source private PaaS auf Basis von Mesos von Capgemini
Mantl	https://mantl.io	Open-Source private PaaS auf Basis von Mesos von Cisco

Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

PUBLIC PAAS CLOUDS

Am Beispiel der Google App Engine

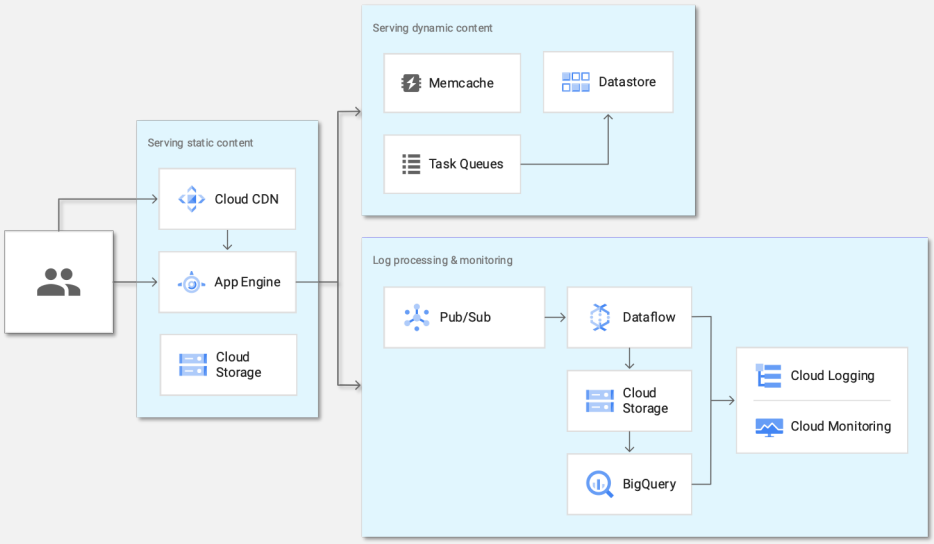
- Die Google App Engine (GAE) ist das PaaS Angebot von Google.
- Anwendungen laufen innerhalb der Google Infrastruktur.
- Der Betrieb der Anwendungen ist innerhalb bestimmter Quoten kostenfrei.
- Unterstützte Sprachen: u.a. JS, Ruby, Go .NET, Java, Python, PHP
- Integrationen in alle gängigen IDEs stehen zur Verfügung

App Engine

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

GOOGLE APP ENGINE

Referenzarchitektur



Quelle: Google
https://cloud.google.com/appengine

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

GOOGLE APP ENGINE

Sandbox-bedingte Einschränkungen

Eine GAE-Applikation läuft in einer Sandbox, die das Verhalten der Applikation mit dem Ziel einschränkt, die Verarbeitung effizient zu halten und die Infrastruktur im Auto-Scaling zu schützen.

Es dürfen daher nicht alle Klassen von Standardbibliotheken genutzt werden:

- Keine eigenen Threads öffen
- Kein Zugriff auf die Laufzeitumgebung (z.B. Classloader)

Kommunikation mit anderen Web-Anwendungen nur über URL Fetch, XMPP oder Email

- Anfragen und Antworten dürfen maximal 1MB groß sein
- Web-Hooks als allgemeines Architekturmittel für eingehende Kommunikation. Angestoßen bei Ereignissen (Warmup, Messages, Cron-Jobs)

Alle Requests an eine GAE Anwendung werden nach 60 Sekunden beendet. Es gibt weitere diverse Einschränkungen zu Datenvolumina und Anzahl von Service Aufrufen.

Einschränkungen dieser Art finden Se natürlich auch bei anderen Anbietern.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

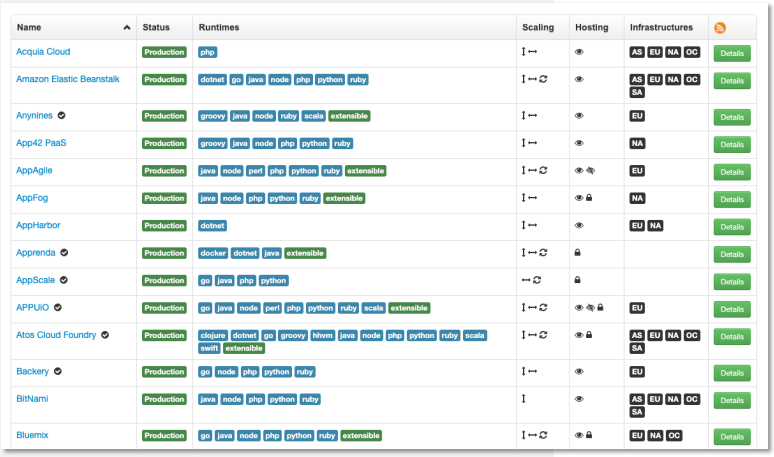
PAAS

Das PaaS - Problem

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Allein zwischen Oktober 2009 und Oktober 2010 sollen mehr als 100 PaaS-Anbieter den Markt betreten haben.

Alle mit dem Ziel Kunden möglichst viele administrative Aufgaben abzunehmen, **Skalierbarkeit** und **Hochverfügbarkeit** zu ermöglichen, Fixkosten und **Gesamtkosten zu senken**, die Anwender **flexibler** zu machen und um eine schnelle Anwendungsentwicklung und einen baldigen Markteintritt **(Time-to-Market)** zu ermöglichen.



Name	Status	Runtimes	Scaling	Hosting	Infrastructures	
Acquia Cloud	Production	php	1↔		AS EU NA OC	Details
Amazon Elastic Beanstalk	Production	dotnet go java node php python ruby	1↔		AS EU NA OC SA	Details
Anynines	Production	groovy java node ruby scala extensible	1↔		EU	Details
App42 PaaS	Production	groovy java node php python ruby	1↔		NA	Details
AppAgile	Production	java node perl php python ruby extensible	1↔		EU	Details
AppFog	Production	java node php python ruby extensible	1↔		NA	Details
AppHarbor	Production	dotnet	1↔		EU NA	Details
Apprenda	Production	docker dotnet java extensible	1↔			Details
AppScale	Production	go java php python	↔			Details
APPUiO	Production	go java node perl php python ruby scala extensible	1↔		EU	Details
Atos Cloud Foundry	Production	clojure dotnet go groovy hhvm java node php python ruby scala swift extensible	1↔		AS EU NA OC SA	Details
Backery	Production	go node php python ruby	1↔		EU	Details
BitNami	Production	java node php python ruby	1		AS EU NA OC SA	Details
Bluemix	Production	go java node php python ruby extensible	1↔		EU NA OC	Details

Quelle: https://paasfinder.org

DAS PAAS-PROBLEM

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

„In recent years, the cloud hype has led to a multitude of different offerings across the entire cloud market, from Infrastructure as a Service (IaaS) to Platform as a Service (PaaS) to Software as a Service (SaaS). Despite the high popularity, there are still several problems and deficiencies.
Especially for PaaS, the heterogeneous provider landscape is an obstacle for the assessment and feasibility of application portability.“

Kolb, Stefan. (2018). On the Portability of Applications in Platform as a Service. 10.20378/irbo-54102.

DAS PAAS-PROBLEM

Am Beispiel zweier Java Getting-Started-Tutorials von Heroku und Google App Engine

heroku

```java
import com.heroku.api;
// Further imports skipped for clarity

@Controller
@SpringBootApplication
public class HerokuApplication {

  @Value("${spring.datasource.url}")
  private String dbUrl;

  @Autowired
  private DataSource dataSource;

  public static void main(String[] args) throws Exception {
    SpringApplication.run(HerokuApplication.class, args);
  }

  // Further methods skipped for clarity
}
```

git clone https://github.com/heroku/gradle-gettingstarted.git

App Engine

```java
import com.google.appengine.api.utils.SystemProperty;
// Further imports skipped for clarity

@WebServlet(name = "HelloAppEngine", value = "/hello")
public class HelloAppEngine extends HttpServlet {

  @Override
  public void doGet(
      HttpServletRequest request,
      HttpServletResponse response
  ) throws IOException {
    Properties properties = System.getProperties();
    response.setContentType("text/plain");
    response.getWriter().println("Hello App Engine");
  }

  // Further methods skipped for clarity
}
```

git clone https://github.com/GoogleCloudPlatform/getting-started-java.git

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Wesentliche Probleme bei PaaS sind u.a. folgende fehlende Standards:

- *Deployment-Format* der zu hostenden Anwendungen
- *PaaS-Runtime-Schnittstelle*

Challenge: Versuchen Sie mal das Heroku Getting-Started auf Google App Engine zum Laufen zu bringen (und anders herum)

PAAS

Erkennbarer Trend in PaaS Plattformen

Name	Status	Runtimes	Scaling	Hosting	Infrastructures	
Acquia Cloud	Production	php			AS EU NA OC	Details
Amazon Elastic Beanstalk	Production	dotnet go java node php python ruby			AS EU NA OC SA	Details
Anynines	Production	groovy java node ruby scala extensible			EU	Details
App42 PaaS	Production	groovy java node php python ruby			NA	Details
AppAgile	Production	java node perl php python rub extensible			EU	Details
AppFog	Production	java node php python rub extensible			NA	Details
AppHarbor	Production	dotnet			EU NA	Details
Apprenda	Production	docker dotnet jav extensible				Details
AppScale	Production	go java php python				Details
APPUiO	Production	go java node perl php python ruby scal extensible			EU	Details
Atos Cloud Foundry	Production	hhvm java node php python ruby scala extensible			AS EU NA OC SA	Details
Backery	Production	go node php python ruby			EU	Details
BitNami	Production	java node php python ruby			AS EU NA OC SA	Details
Bluemix	Production	go java node php python extensible			EU NA OC	Details

Quelle: https://paasfinder.org

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Laufzeitumgebungen können durch den Kunden erweitert werden.

Das basiert dabei technisch häufig auf Docker bzw. kompatiblen Container-Ansätzen.

INHALTE

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Hintergrund
- Platform as a Service
- Das PaaS-Problem
- Das CaaS-Versprechen

Betriebssystem-Virtualisierung
- OS-Virtualisierung
- Linux-basierte Techniken zur OS-Virtualisierung
- Standardisierung von Deployment-Einheiten => Container

Automationsumgebungen für Container
- Container Laufzeitumgebungen und Standards
- Docker
- Image Building und Registries

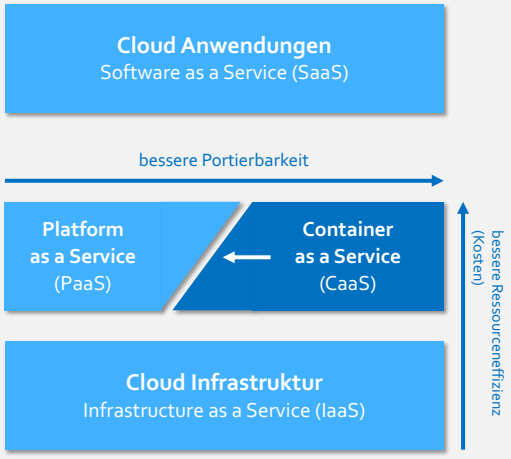
Container-Pattern
- Container (Anti-)Pattern
- 12-Factor Apps

VON PAAS ZU CAAS

Container as a Service

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Bei CaaS handelt sich um ein Cloud-Computing-Modell, mit dem sich Container-basierte Virtualisierung als Service aus der Cloud nutzen lässt. Anwender von CaaS benötigen keine eigene Infrastruktur für die Container-Virtualisierung und müssen keine eigene Container-Plattform betreiben und managen. Sämtliche Ressourcen für die Virtualisierung wie Rechenleistung, Speicherplatz, Container-Engine und Orchestrierungssoftware stellt der Cloud-Service-Provider zur Verfügung. Es ist möglich, CaaS als Service aus einer Public Cloud oder aus einer Private Cloud zu beziehen.
Container as a Service liegt konzeptionell zwar zwischen den Modellen Infrastructure as a Service (IaaS) und Platform as a Service (PaaS) verdrängt aber im Cloud-native Umfeld allmählich aufgrund besserer Portierbarkeit und besserer Standardisierung das PaaS Modell.

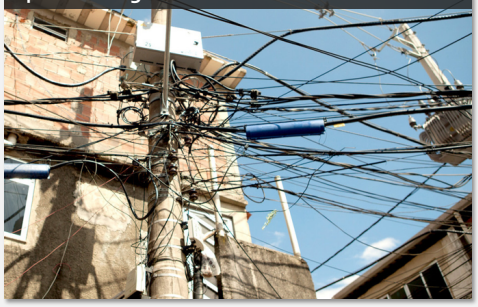


PROF. DR. NANE KRATZKE 26

CONTAINER

Die grundsätzliche Idee

Anstatt „mundgeblasener" Speziallösungen



Standardisiert ausbringbare und ausführbare Einheiten

- **Container** = Verpackung für Ops Components
- **Standard-Schnittstellen** für Standard-Betriebsprozeduren
- **Einfach zu transportieren**
- **Schnell zu starten**
- **Wenig Performance-Overhead**

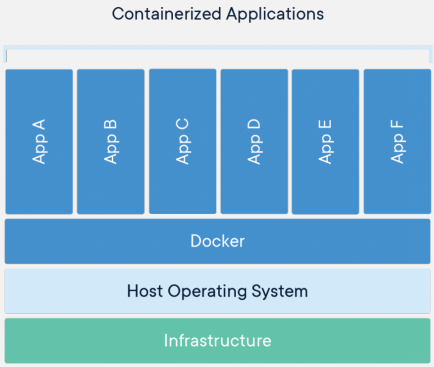
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

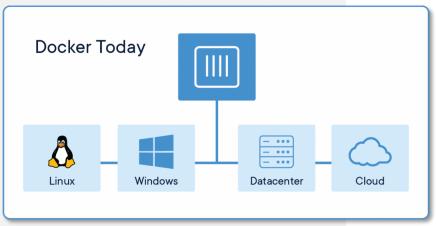
Bei einem Container ist egal was er beinhaltet.

Er kann standardisiert auf Schiffen, Zügen oder Lastern transportiert und verladen werden.

WHAT IS A CONTAINER?

A standardized unit of software .





TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

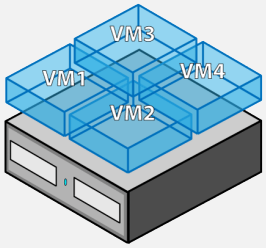
VIRTUALISIERUNGSARTEN

Wiederholung

Unter Virtualisierung werden grundsätzlich verschiedene Konzepte und Technologien verstanden.

Virtualisierung von Hardware-Infrastruktur

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



Virtualisierung von Software-Infrastruktur

- Betriebssystem-Virtualisierung (Containerization)
- Anwendendungs-Virtualisierung (Runtime, z.B. die Java Virtual Machine)

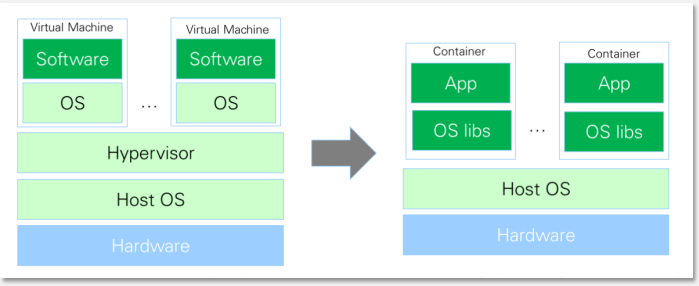
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

BETRIEBSSYSTEM-VIRTUALISIERUNG

Wiederholung

Es gibt keinen Hypervisor. Jede Applikation läuft direkt als Prozess im Host-Betriebssystem.

Dieser Prozess ist jedoch mittels OS-Mechanismen isoliert.

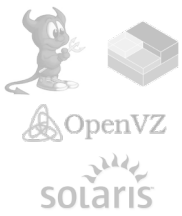


- Free BSD Jails (2000)
- Solaris Zones (2005)
- Linux OpenVZ (2005)
- Linux LXC (2008)
- und mehr …

Docker V0.0.1 release: 2013

- Isolation des Prozesses durch Namespaces (bzgl. CPU, RAM, Disk I/O) und Containments
- Isoliertes Dateisystem
- Eigene Netzwerkschnittstelle
- Startup-Zeit = Startdauer für den ersten Prozess (kein Boot des OS erforderlich!)

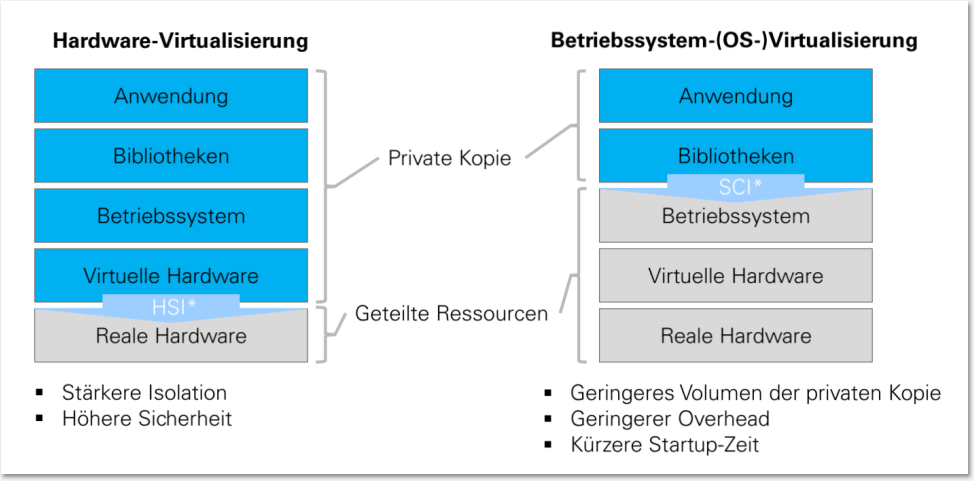
Leistungsverlust: CPU-/RAM-Overhead in der Regel nicht messbar (~0%)



TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

HARDWARE- VS. OS-VIRTUALISIERUNG

Wiederholung



HSI = Hardware Software Interface

SCI = System Call Interface

OS-VIRTUALISIERUNG

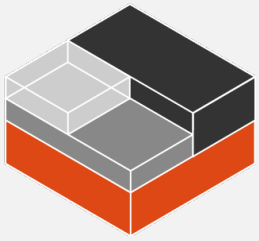
Aus dem Blickwinkel des Linux-Kernels

Control Groups
Gruppieren von Prozessen (z.B. alle Prozesse einer App, eines Dienstes, etc.) in Gruppen

Kernel Namespaces
Bereitstellung globaler Systemressourcen (z.B. Netzwerk, Volume mounts) als eigene isoliert erscheinende Ressource für alle Prozesse in einem Namespace.

Process Capabilities
Capabilities spezielle Attribute im Linux-Kernel, die Prozessen und ausführbaren Binärdateien bestimmte Berechtigungen gewähren, die normalerweise nur Prozessen des Root-Users vorbehalten sind.

Union File System (inkl. Copy on Write)
Union-Dateisysteme gruppieren Verzeichnisse und Dateien des globalen Dateisystems in Layern. Tiefere Layer werden dabei mit höheren Layern vereinigt (daher Union, engl. Vereinigung).

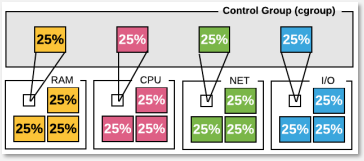


OS-VIRTUALISIERUNG

Linux Control Groups (Isolation durch Grenzen)

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Control Groups sind eine Methode des Linux Kernels (maßgeblich von Google entwickelt), um Prozesse in Gruppen einzuteilen und Ressourcen-Limits durchzusetzen. Prozessgruppen können geschachtelt (weitere Prozessgruppen enthalten) sein.



- **Ressourcenbeschränkung:** Prozessgruppen können so eingestellt werden, dass sie ein konfiguriertes Speicherlimit nicht überschreiten können.
- **Priorisierung:** Gruppen können einen festgelegten Anteil an der CPU-Auslastung oder dem I/O-Durchsatz zugewiesen werden.
- **Beobachtung:** Der Kernel misst wie viel Ressourcen bestimmte Gruppen verbrauchen. Dies kann beispielsweise für Abrechnungszwecke oder einfach nur Reporting oder Monitoring verwendet werden.
- **Kontrolle:** Der Kernel kann Prozessgruppen bei Überschreiten definierter Grenzen einfrieren (inkl. Checkpointing) und Neustarts von Prozessgruppen veranlassen.

OS-VIRTUALISIERUNG

Linux Kernel Namespaces (Isolation durch Sichtbarkeit)

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Ein Namespace umschließt eine globale Systemressource mit einer Abstraktion, die den Prozessen im Namespace den Eindruck vermittelt, dass sie über eine eigene isolierte Instanz der globalen Ressource verfügen. Änderungen an der globalen Ressource sind nur für die Prozesse sichtbar, die Mitglieder des Namespace sind, für andere Prozesse jedoch nicht.

Eine Verwendung von Namespaces besteht darin, Container zu implementieren und diese voneinander zu isolieren.

Namespace	Isolierung
Cgroup	Cgroup root directory
IPC	System V IPC (Inter Process Communication), POSIX message queues
Network	Network devices, stacks, ports, etc.
Mount	Mount points
PID	Process IDs
Time	Boot and monotonic clocks
User	User and group IDs
UTS	Hostname and domain name

OS-VIRTUALISIERUNG

Linux Process Capabilities

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Bei der Durchführung von Berechtigungsprüfungen unterscheiden herkömmliche UNIX-Implementierungen zwei Kategorien von Prozessen: privilegierte Prozesse (Superuser oder Root) und nicht privilegierte Prozesse (alle anderen Benutzer). Privilegierte Prozesse umgehen alle Kernel-Berechtigungsprüfungen, während nicht privilegierte Prozesse einer vollständigen Berechtigungsprüfung auf der Grundlage der Anmeldeinformationen des Prozesses unterliegen.

Ab Kernel 2.2 unterteilt Linux die traditionell mit Superuser verbundenen Berechtigungen in verschiedene etwa 40 Einheiten, die als Capabilities bezeichnet werden und pro Thread unabhängig voneinander aktiviert und deaktiviert werden können.

Jeder Linux Prozess hat hierzu vier sogenannte Capability-Sätze, die es ermöglichen Prozessen „Root-Teilrechte" zuzuweisen (z.B. Netzwerkmanagement):

- **Effective** (E): Aktivitierte Capabilities definieren, zu welche Berechtigungen der Prozess tatsächlich hat.
- **Permitted** (P): Erlaubte, aber aktuell nicht genutzte Capabilitees. Dies ermöglicht es Prozessen Capabilities an- und abzuschalten (bzw. zu entziehen).
- **Inheritable** (I): Welche Capabilitees dürfen an Threads und Childprozesse weitergegeben werden.
- **Bset**: Nicht erlaubte Capabilities.

OS-VIRTUALISIERUNG

Union Filesystems

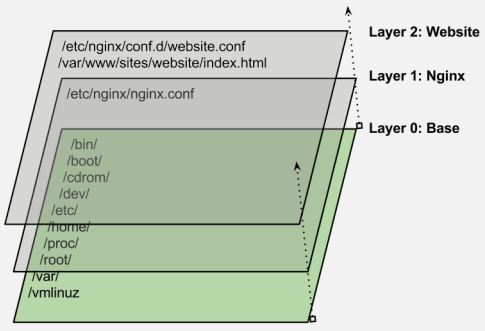
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Union Filesystems werden in Betriebssystemen dazu verwendet, Prozessen eigene Namensräume innerhalb von Dateisystemen zuzuweisen.

Dadurch können die Dateien verschiedener Dateisysteme zu einem einzigen logischen Dateisystem vereinigt werden.

Dateien, die zwar in getrennten Dateisystemen aber im gleichen Verzeichnis liegen, werden dadurch im selben Verzeichnis angezeigt.

Dabei werden den einzelnen beteiligten Layern Prioritäten zugeordnet, so dass eine eindeutige Zuordnung auch im Falle gleicher Dateinamen gewährleistet ist (höherer Layer überschreibt tieferen Layer).



Isolation durch Copy-on-Write:

Jeder Container blendet mit Start erforderliche Dateien der Basis als In-Memory-Kopien ein und isoliert so sein Dateisystem vom (persistenten) Host-Dateisystem. Werden diese Dateien durch den Container geändert, erfolgt dies nur In-Memory (nicht auf dem persistenten Storage). Auf diese Weise kann ein Container nicht das Dateisystems des Hosts ändern. Er ist „stateless" („vergisst" geschriebene Dateien nach einem Neustart) und isoliert sich so vom Dateisystem des Hosts.

INHALTE

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Hintergrund
- Platform as a Service
- Das PaaS-Problem
- Das CaaS-Versprechen

Betriebssystem-Virtualisierung
- OS-Virtualisierung
- Linux-basierte Techniken zur OS-Virtualisierung
- Standardisierung von Deployment-Einheiten => Container

Automationsumgebungen für Container
- Container Laufzeitumgebungen und Standards
- Docker
- Image Building und Registries

Container-Pattern
- Container (Anti-)Pattern
- 12-Factor Apps

CONTAINER RUNTIME ENVIRONMENTS

Definition und Entstehungsgeschichte

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Container sind keine First-Class Objekte im Linux-Kernel. Container bestehen im Wesentlichen aus mehreren zugrunde liegenden Kernel-Grundelementen: Namespaces, Control Groups und LSMs (Linux Security Modules). Zusammen ermöglichen diese Kernel-Grundelemente, sichere, isolierte und überwachte Ausführungsumgebungen für Prozesse einzurichten.

Aber all dies jedes Mal manuell zu tun, wenn ein neuer isolierter Prozess erstellt werden soll, wäre sehr mühsam. Aus diesem Grund sind sogenannte

- Low-Level (Host-fokussiert) und
- High-Level (Cloud-fokussiert)

Container Runtime Environments entstanden.

Eine **Container-Runtime** ist eine Software, die die zum Ausführen von Containern erforderlichen Komponenten ausführt und verwaltet. Diese Tools erleichtern die sichere Ausführung und effiziente Bereitstellung von Containern unter Verwendung der genannten Kernel-Techniken.

U.a. Docker begann mit Bau von Tools rund um LXC, um Container entwickler- und benutzerfreundlicher zu gestalten. Docker gründete u.a. die **"Open Container Initiative (OCI)"**, um Containerstandards festzulegen, und eröffnete einige ihrer Containerkomponenten als **libcontainer**-Projekt.

Docker mag die bekannteste und meist genutzte Container-Runtime Enviroment sein, aber sie ist nicht die einzige!

CONTAINER RUNTIME ENVIRONMENTS

Überblick über Low-Level OCI-Runtimes

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Zusätzlich zu nativen Laufzeiten, die den containerisierten Prozess auf demselben Host-Kernel ausführen, gibt es einige Sandbox- und virtualisierte Implementierer der OCI-Spezifikation

Native Container Runtimes:

runC (go) ist das Ergebnis aller Arbeiten von Docker an libcontainer und OCI. Dies ist die De-facto-Standardlaufzeit für Low-Level-Container.

Railcar (Rust) war eine von Oracle entwickelte OCI Runtime-Implementierung und wurde in Rust geschrieben. Railcar wurde mittlerweile aufgegeben.

crun (C) ist eine von Redhat geleitete OCI-Implementierung. Es war eine der ersten Runtimes, die cgroups v2 unterstützten.

rkt ist eine teilweise OCI-kompatible Runtime-Implementierung. Es unterstützt das Ausführen von Docker- und OCI-Images ist jedoch nicht mit allen OCI-Schnittstellen kompatibel.

Sandboxed/Virtualized Runtimes:

gVisor und **Nabla** sind Beispiele für Sandbox-Laufzeiten, die eine weitere Isolierung des Hosts vom containerisierten Prozess ermöglichen. Der containerisierte Prozess wird auf einer Unikernel- oder Kernel-Proxy-Schicht ausgeführt, die dann im Namen des Containers mit dem Host-Kernel interagiert. Daher haben diese Runtimes eine reduzierte Angriffsfläche und schützen si den Host.

runV, **clearcontainers** und **kata-containers** sind Beispiele für virtualisierte Laufzeiten. Dies sind Implementierungen der OCI Runtime-Spezifikation, die von einer Schnittstelle der virtuellen Maschine unterstützt werden. Sie starten eine virtuelle Maschine mit einem Standard-Linux-Kernel-Image und führen den "containerisierten" Prozess in dieser VM aus.

Low-Level OCI Runtimes fokussieren die Erstellung und Ausführung von Containern auf einem Host.

CONTAINER RUNTIME INTERFACE (CRI)

Erweiterte Anforderungen durch Container Plattformen, High-Level Container Runtimes

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Bei der Einführung des Kubernetes-Container-Orchestrators war die Docker-Runtime noch fest integriert. Als Kubernetes jedoch schnell populär wurde, brauchte die Community alternative Laufzeitunterstützung.

Im Gegensatz zu OCI-Laufzeiten, die das Erstellen von Containern auf einem Host fokussieren, verfügt ein CRI über die erforderliche Funktionalität, um Container in dynamischen Cloud-Umgebungen auszubringen. Darüber hinaus delegieren CRIs normalerweise die eigentliche Containerausführung an eine OCI-Runtime. Durch die Einführung des CRI können Container-Plattformen von der zugrunde liegenden Container-Laufzeit-Umgebung entkoppelt werden.

containerd ist Dockers High-Level-Runtime. Standardmäßig wird **runC** unter der Haube verwendet. Wie die übrigen Container-Tools, die von Docker stammen, handelt es sich um den aktuellen De-facto-Standard-CRI. Containerd verfügt über ein Plugin-Design um Low-Level-Runtimes wie Kata mittels containerd steuern zu können.

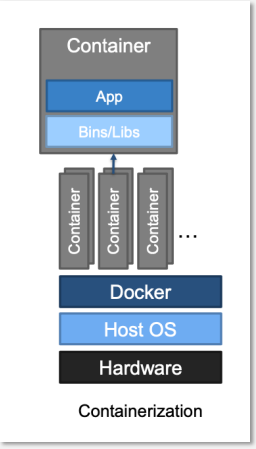
cri-o (Redhat) ist eine leichtgewichtige CRI-Implementierung, die speziell für Kubernetes entwickelt wurde. Es soll als leichte Brücke zwischen dem CRI und einer unterstützenden OCI-Laufzeit dienen. Standardmäßig verwendet cri-o **runC** als OCI-Runtime. Da es vollständig OCI-kompatibel ist, funktioniert cri-o aber mit OCI-konformen Low-Level Laufzeiten wie **Kata** oder **crun**.

High-Level CRI Runtimes fokussieren die Erstellung und Ausführung von Containern in geclusterten Container-Plattformen (z.B. Kubernetes).

CONTAINERIZATION MIT DOCKER

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

- Docker ist eine komplette Automationsumgebung für (Linux-basierte) Betriebssystem-Virtualisierung.
- Docker ist als Werkzeug eines Cloud-Anbieters (dotCloud) entstanden und mittlerweile eines der sichtbarsten und aktivsten Open-Source-Ökosysteme.
- Docker unterstützt Linux, Windows und Mac OS (als virtualisierte OCI-Runtime).
- Docker hat das Container Ökosystem maßgeblich geprägt.
- Docker kann als De-Facto-Standard im Bereich der Containerisierung angesehen werden.

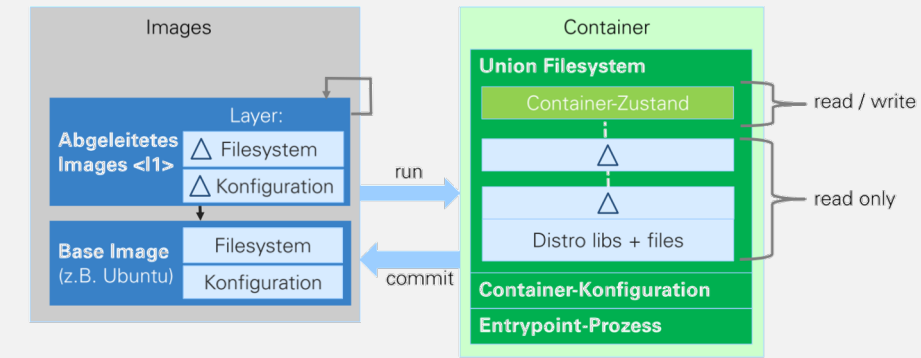


Containerization

DOCKER

Images und Container

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

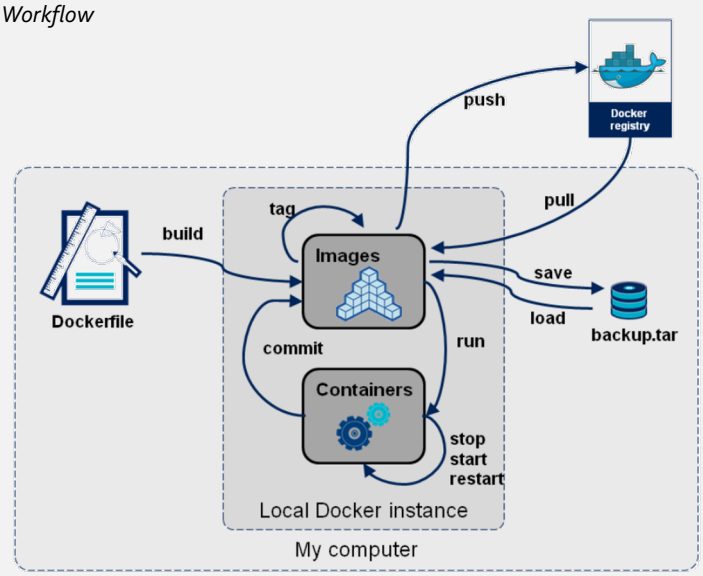


Ruhender und transportierbarer Zustand

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

DOCKER

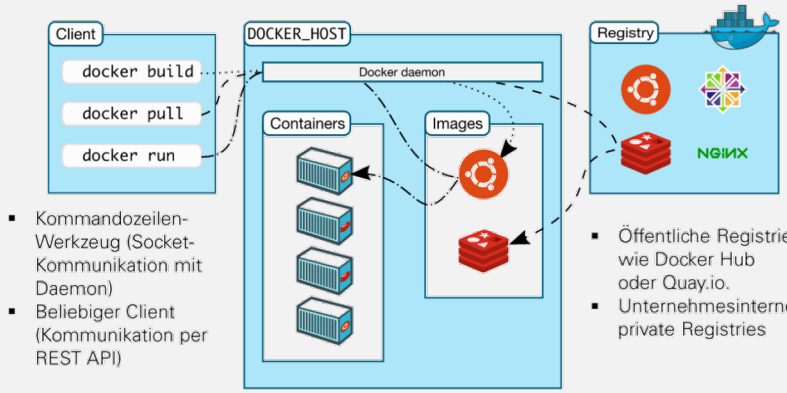
Workflow



TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

DOCKER

Architektur



- Kommandozeilen-Werkzeug (Socket-Kommunikation mit Daemon)
- Beliebiger Client (Kommunikation per REST API)

- Öffentliche Registries wie Docker Hub oder Quay.io.
- Unternehmesinterne / private Registries

Der Docker Daemon ist die zentrale Steuerungseinheit und läuft direkt als Prozess im Host-Betriebssystem. Er verwaltet alle lokalen Container und Images auf dem Host.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

DOCKER

Dockerfile

Projekt (Namespace der Registry) + Container + Tag = Basis-Image von dem abgeleitet wird

```
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"]
```

Metainformationen

Führt ein Command im Container aus (wie in Shell)

Kopiert Dateien vom Host in den Container

Setzt Umgebungsvariablen im Container

Exponiert einen Port zum Host

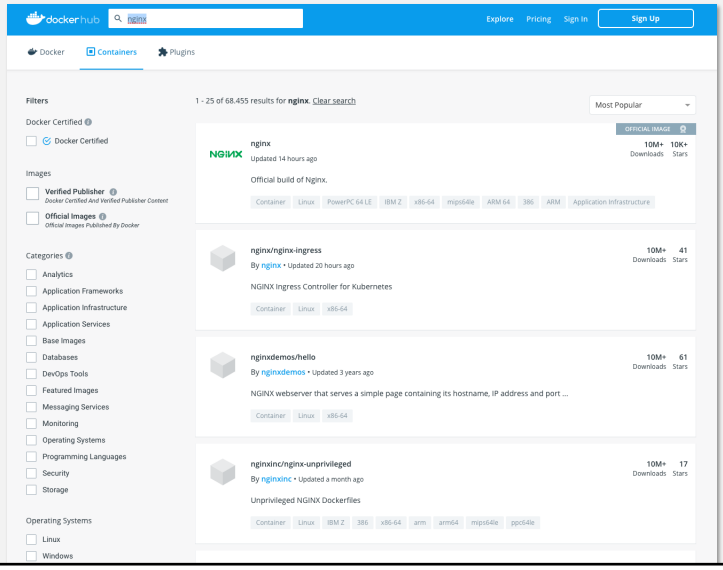
Command, das ausgeführt wenn Container gestartet wird

Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

HUB.DOCKER.COM

Die öffentliche Standardregistry für Docker Images



Aber es gibt weitere Registries, z.B.:

- **quay.io**
  (https://quay.io/search)
- **gcr.io**
  Google Container Registry
- **Treescale**
  (https://treescale.com)
- …

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

DOCKER

Typische Kommandos eines Workflows

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Command	Action
`docker build -t <image> .`	Build Docker image with given tag in current directory
`docker images`	Prints all local images

`docker run`
`-d`
`-v <volume mounts>`
`-p <host-port>:<container-port>`
`<image> <entrypoint process>`
	Run a Docker image: Creates and runs a container.
	▪ in background
	▪ with host directory mounted into the container
	▪ with port forwarding from host to container
	▪ image name (and optional entrypoint process)

`docker run`
`-ti`
`<image> /bin/sh`
	Run a Docker image and open a shell within the container
	▪ … with forwarding of local terminal
	▪ Image name and shell (or „`/bin/bash`“)

`docker ps -a`	Prints all containers (without –a = only running containers)
`docker commit <container> qaware/foo`	Store container as local image
`docker kill <container>` `docker rm <container>`	Terminate container (send SIGKILL to entrypoint process) Remove container
`docker rmi -f <image>`	Remove local image

DOCKER

Hilfreiche Kommandos für Container Troubleshooting

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Command	Action
`docker inspect <container>`	Shows container metadata (e.g. IP)
`docker logs <container>`	Prints container syslog
`docker top <container>`	Prints all running processes within a container (like `ps -a` within the container)
`docker exec -ti <container> /bin/sh`	Connect terminal to running container
`docker stats <container>`	Shows container runtime statistics (e.g. CPU usage, IO intensity, …)

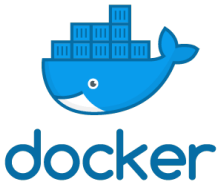
DOCKER

Nur Versuch macht kluch …

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Klonen Sie dieses Repository:

```
git clone https://git.mylab.th-luebeck.de/cloud-native/lab-containerization.git
```



- NGINX Container
- Image Shrinking
- Images in Registries bereitstellen
- Deployment Pipeline zum Bau von Images

INHALTE

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Hintergrund
- Platform as a Service
- Das PaaS-Problem
- Das CaaS-Versprechen

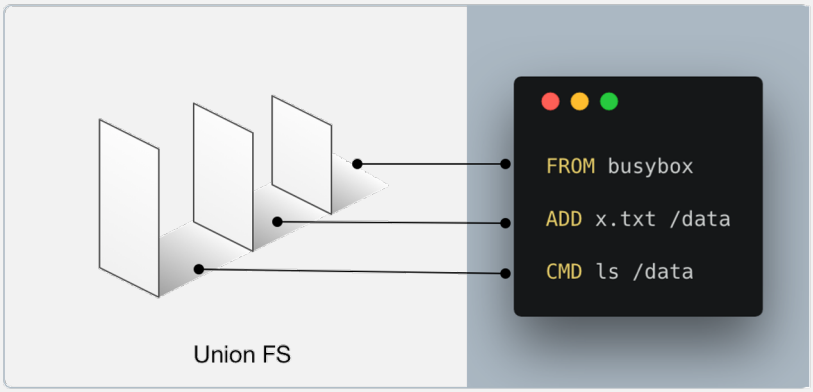
Betriebssystem-Virtualisierung
- OS-Virtualisierung
- Linux-basierte Techniken zur OS-Virtualisierung
- Standardisierung von Deployment-Einheiten => Container

Automationsumgebungen für Container
- Container Laufzeitumgebungen und Standards
- Docker
- Image Building und Registries

Container-Pattern
- Container (Anti-)Pattern
- 12-Factor Apps

DOCKER (ANTI-)PATTERNS

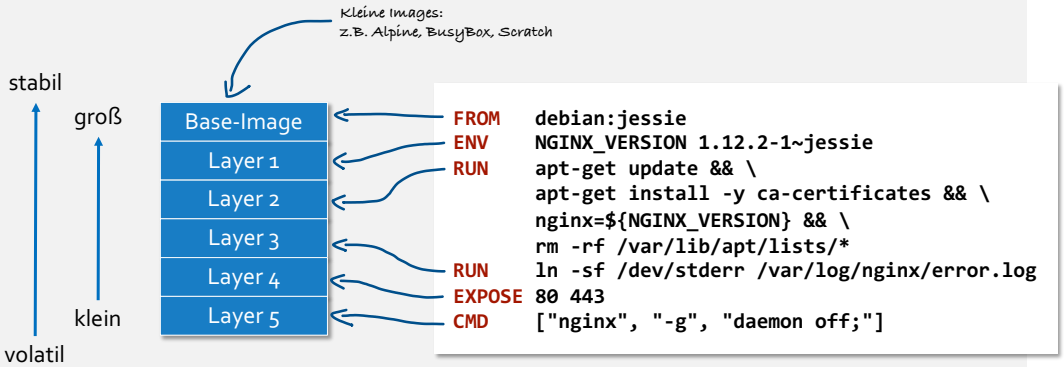
Achtung: Jede Zeile im Dockerfile erzeugt einen neuen Image Layer



TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

DOCKER PATTERN

Image-Shrinking



Diese Abfolge ermöglicht Images, die gut cachebar sind.

1. Abhängigkeiten
2. Applikation
3. Konfiguration
4. Schnittstelle

Häufige Änderungen nur an den Stellen die kleinen Beitrag zur Imagegröße haben.

RUN-Chaining:

```
RUN apk add --update wget git && rm -rf
/var/cache/apk/*
```

Layer verschmelzen (nur bei Basis-Images)

```
docker export + docker import
```

Platzschonende Installation von Paketen

```
RUN apt-get update && \
    apt-get install -y --no-install-recommends apache2 wget && \
    apt-get clean && \
    rm -rf /var/lib/apt/lists/*
```

Quelle: QAware GmbH https://github.com/qaware/cloudcomputing

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

DOCKER PATTERN

Container Unit Testing

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

nginx-container-test.rb

```
describe package('nginx') do
  it { should be_installed }
end

describe port(80) do
  it { should be_listening }
end
```

```
$ inspec exec nginx-container-test.rb -t docker://f80443273223

Profile: tests from nginx-container-test.rb (tests from nginx-container-test.rb)
Version: (not specified)
Target:  docker://f80443273223

  System Package nginx
    ✔  should be installed
  Port 80
    ×  should be listening
    expected `Port 80.listening?` to return true, got false

Test Summary: 1 successful, 1 failure, 0 skipped
```

INSPEC
https://www.inspec.io

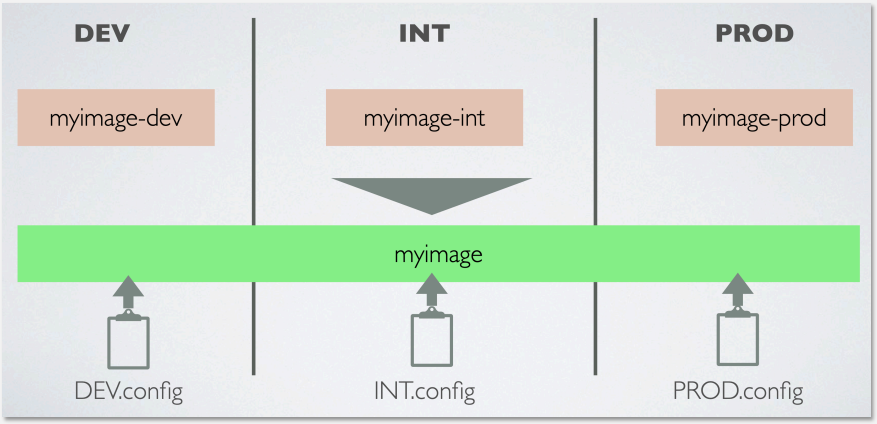
Alternativen: goss+dgoss, ServerSpec, Bats, Testinfra

Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

DOCKER ANTI-PATTERN

Image Metamorphosis

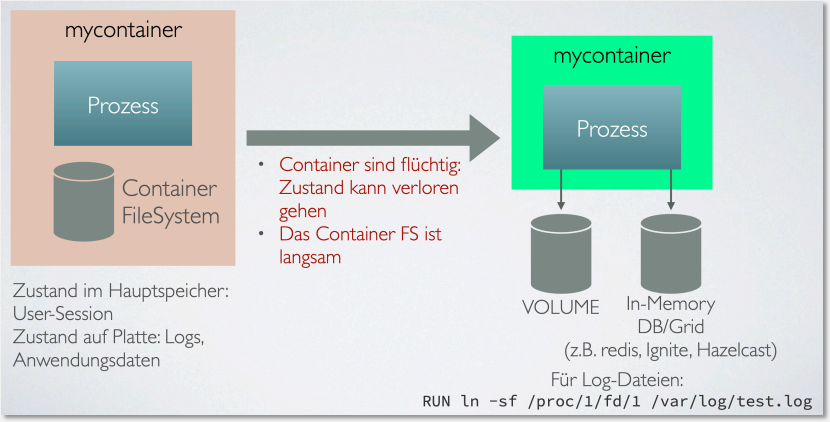
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK



Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

DOCKER ANTI-PATTERN

Stateful Container



Quelle: QAware GmbH
https://github.com/qaware/cloudcomputing

12 FAKTOREN METHODE

I. Codebase

Eine im Versionsmanagementsystem verwaltete Codebase, viele Deployments

II. Abhängigkeiten

Abhängigkeiten explizit deklarieren und isolieren

III. Konfiguration

Die Konfiguration in Umgebungsvariablen ablegen

IV. Unterstützende Dienste

Unterstützende Dienste als angehängte Ressourcen behandeln

V. Build, release, run

Build- und Run-Phase strikt trennen

VI. Prozesse

Die App als einen oder mehrere Prozesse ausführen

VII. Bindung an Ports

Dienste durch das Binden von Ports exportieren

VIII. Nebenläufigkeit

Mit dem Prozess-Modell skalieren

IX. Einweggebrauch

Robuster mit schnellem Start und problemlosen Stopp

X. Dev-Prod-Vergleichbarkeit

Entwicklung, Staging und Produktion so ähnlich wie möglich halten

XI. Logs

Logs als Strom von Ereignissen behandeln

XII. Admin-Prozesse

Admin/Management-Aufgaben als einmalige Vorgänge behandeln

https://12factor.net

12 FAKTOREN METHODE

I. Codebase

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Eine Zwölf-Faktor-App wird **immer** in einem Versionsmanagementsystem als **Repository** (Codebase) verwaltet (z.B. git).

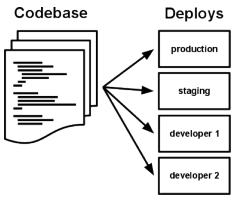
Jede App hat dabei genau eine Codebase:

- Wenn es mehrere Codebases gibt, ist es keine App – sondern ein verteiltes System. Jede Komponente in einem verteilten System ist eine App, und Jede kann für sich den zwölf Faktoren entsprechen.
- Wenn mehrere Apps denselben Code teilen, verletzt dies die zwölf Faktoren.
- Dies lässt sich durch Codeauslagerungen in Bibliotheken und Abhängigkeitsverwaltung lösen.

Als Deploy wird eine laufende Instanz der App bezeichnet. Es gibt zwar nur eine Codebase pro App aber viele mögliche Deploys der App. Meist gibt es Produktionssysteme, Staging-Systeme sowie lokale Entwicklungssysteme von Entwicklern für Deploys.

Die Codebase ist über alle diese Deploys hinweg dieselbe, auch wenn bei jedem Deploy unterschiedliche Versionen (Branches) aktiv sind.

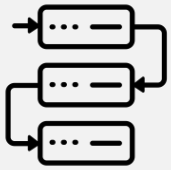
- So sind in Staging meist mehr Commits als in den Produktion Deploys.
- Aber alle teilen dieselbe Codebase, was sie als verschiedene Deploys derselben App auszeichnet.



12 FAKTOREN METHODE

II. Abhängigkeiten

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK



Abhängigkeiten explizit deklarieren und isolieren

Die meisten Programmiersprachen bieten Dependency Management Systeme an, um unterstützende Bibliotheken zu verbreiten (Rubygems für Ruby, pip für Python, pub für Dart, usw.).

Eine Zwölf-Faktor-App verlässt sich nie auf die Existenz von systemweiten Paketen. Sie deklariert alle Abhängigkeiten vollständig und korrekt über eine Abhängigkeitsdeklaration.

Die **vollständige und explizite Spezifikation der Abhängigkeiten** wird gleichermaßen in Produktion und Entwicklung angewandt.

Zwölf-Faktor-Apps verlassen sich **nicht** auf die **implizite Existenz irgendwelcher Systemwerkzeuge**.

- Beispiele dafür sind Shell-Aufrufe von ImageMagick oder curl.
- Es gibt nämlich keine Garantie, dass diese auf allen Systemen in einer kompabiblen Version vorhanden sind.
- Wenn die App per Shell auf ein Systemwerkzeug zugreift, muss die App das Werkzeug mitliefern (oder lauffähig installieren).

12 FAKTOREN METHODE

III. Konfiguration

Konfiguration in Umgebungsvariablen ablegen (kurz auch env vars oder env), um eine strikte Trennung der Konfiguration vom Code zu erzielen.

- Umgebungsvariablen von Deploy zu Deploy zu ändern ist einfach.
- Im Gegensatz zu Konfigurationsdateien ist es unwahrscheinlich, dass sie versehentlich ins Code Repository eingecheckt werden.
- Im Gegensatz zu speziellen Konfigurationsdateien oder anderen Konfigurationsmechanismen wie den Java Properties sind sie Sprach- und Betriebssystemunabhängig.

Die Konfiguration einer App ist alles, was sich zwischen den Deploys ändert

(Staging, Produktion, Entwicklungsumgebungen, usw.). Dies umfasst:

- Resource-Handles für Datenbanken, Memcached und andere unterstützende Dienste
- Credentials für externe Dienste wie Amazon S3 oder Twitter
- Direkt vom Deploy abhängige Werte wie der kanonische Hostname für den Deploy

Niemals die Konfiguration als Konstanten im Code speichern!

Die Konfiguration ändert sich deutlich von Deploy zu Deploy, ganz im Gegensatz zu Code.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

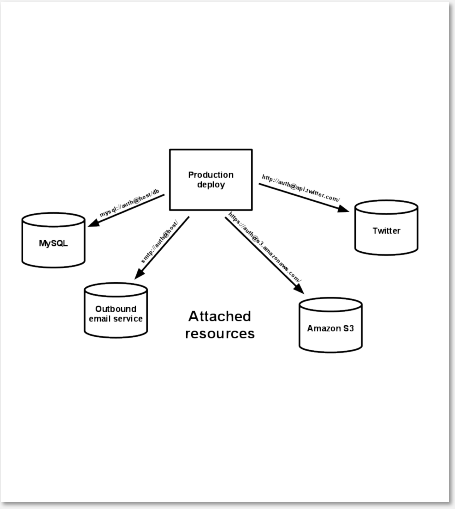
Hinweis:

*Definition von "Konfiguration" umfasst **nicht** die interne Anwendungs-konfiguration, wie bspw. config/routes.rb in Rails.*

Diese Art von Konfiguration ändert sich nämlich nicht von Deploy zu Deploy und gehört daher zum Code!

12 FAKTOREN METHODE

IV. Unterstützende Dienste



Ein unterstützender Dienst ist jeder Dienst, den die App über das Netzwerk im Rahmen ihrer normalen Arbeit konsumiert (z.B.MySQL, CouchDB, RabbitMQ, usw.).

Unterstützende Dienste können selbstverwaltet (z.B. selbst gehostete MySQL-Datenbank) oder auch von Dritten verwaltete Dienste sein (z.B. DB-Dienste wie AWS RDS oder auch über eine API zugängliche Dienste (wie Twitter, Google Maps, etc.) und viele mehr.

Der Code einer Zwölf-Faktor-App macht keinen Unterschied zwischen lokalen Diensten und solchen von Dritten.

Für die App sind sie beide unterstützende Dienste, zugreifbar über eine URL oder andere Lokatoren/Credentials, die in der Konfiguration gespeichert sind.

Ressourcen können beliebig an Deploys an- und abgehängt werden. Wenn zum Beispiel die Datenbank einer App aufgrund von Hardwareproblemen aus der Rolle fällt, könnte der App-Administrator eine neue Datenbank aus einem Backup aufsetzen. Die aktuelle Produktionsdatenbank könnte abgehängt und die neue Datenbank angehängt werden – ganz ohne Codeänderung.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

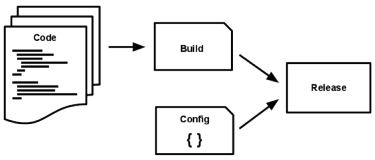
Merke:

Jeder einzelne Dienst ist als unterstützende aber austauschbare Ressource zu behandeln.

Ihr Zugriff sollte daher in einer Konfiguration (Lokatoren + Credentials) gespeichert werden können.

12 FAKTOREN METHODE

V. Build, release, run



Jedes Release sollte eine eindeutige Release-ID haben, wie zum Beispiel einen Zeitstempel des Releases (2011-04-06-20:32:17) oder eine laufende Nummer (v100). Releases werden nie gelöscht und ein Release kann nicht verändert werden, wenn es einmal angelegt ist. Jede Änderung erzeugt einen neuen Release.

Mit rollback Kommandos eines Releasemanagement Werkzeugs kann dann einfach und schnell auf einen früheren Release zurückgesetzt werden.

Eine Codebase wird durch drei Phasen in einen (Nicht-Entwicklungs)-Deploy transformiert:

- Die **Build-Phase** ist eine Transformation, die ein Code-Repository in ein ausführbarers Code-Bündel übersetzt, das man auch Build nennt. Ausgehend von einer Code-Version eines Commits werden Binaries und Assets erzeugt.
- Die **Release-Phase** übernimmt den Build von der Build-Phase und kombiniert ihn mit der zum Deploy passenden Konfiguration. Der so erzeugte Release enthält sowohl den Build, als auch die Konfiguration und kann in einer Ausführungsumgebung ausgeführt werden.
- Die **Run-Phase** (auch "Laufzeit" genannt) führt die App in einer Ausführungsumgebung aus, indem sie eine Menge der Prozesse der App in einem Release ausführt.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

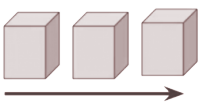
Hinweise:

Die Zwölf-Faktor-App trennt strikt zwischen Build-, Release- und Run-Phase.

Es ist nicht möglich, Code-Änderungen zur Laufzeit zu machen, weil es keinen Weg gibt, diese Änderungen zurück in die Build-Phase zu schicken.

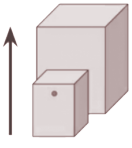
12 FAKTOREN METHODE

VI. Prozesse



Horizontal scaling

Horizontale Skalierung erfordert über mehrere Requests den Prozessraum zu verlassen.



Vertical scaling

Vertikale Skalierung ermöglicht über mehrere Requests in einem Prozessraum bleiben zu können.

Die App wird als ein oder mehrere Prozesse ausgeführt

Muss die App mehr Last verarbeiten, werden einfach mehr Prozesse gestartet **(horizontale Skalierung)**. Auf schwer zu beherrschende In-App Parallelisierung (bspw. mittels Threads) sollte wenn möglich verzichtet werden.

Zwölf-Faktor-Apps sind zustandslos und Shared Nothing

Alle Daten werden in unterstützenden Diensten gespeichert, häufig in einer Datenbank.

Der RAM oder das Dateisystem des Prozesses kann zwar als kurzfristiger Cache für die Dauer einer Transaktion verwendet werden.

Zum Beispiel kann ein Prozess eine Datei herunterladen, sie verarbeiten und die Ergebnisse in einer Datenbank speichern. Die Zwölf-Faktor-App geht aber nie davon aus, dass irgendetwas aus dem RAM oder im Dateisystem zwischengespeichertes für einen künftigen Request oder Job verfügbar sein wird.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Merke:
12 Factor Apps werden für horizontale Skalierbarkeit entworfen.

Hinweise:
Manche Web-Systeme verlassen sich auf "Sticky Sessions" – sie cachen Benutzer-Session-Daten und erwarten, dass künftige Requests desselben Benutzers zum selben Prozess geschickt werden.

Sticky Sessions sind eine Verletzung der zwölf Faktoren. Solches Cachen kann mit Prozess-externen Caching-Lösungen wie bspw. Memcached oder Redis gelöst werden.

12 FAKTOREN METHODE

VII. Bindung an Ports

Dienste über Ports exportieren

Öffentliche Requests an exportierte Ports routen

Dienste durch Port Binding exportieren

Zwölf-Faktor-Apps sind vollständig eigenständig (self-contained). Web-Apps exportieren bspw. HTTP als Dienst, indem sie sich an einen Port binden und warten an diesem Port auf HTTP-Requests.

Üblicherweise wird dies mittels Abhängigkeitsdeklaration implementiert. Zu der App fügt man eine Webserver-Bibliothek hinzu wie Tornado für Python, Thin für Ruby oder Jetty für Java und andere JVM-basierenden Sprachen. Dies findet vollständig im User Space statt, also im Code der App. Der Vertrag mit der Laufzeitumgebung ist das Binden an einen Port, um Requests zu bedienen.

In einer lokalen Entwicklungsumgebung kann ein Entwickler so über Dienst-URL wie bspw. http://localhost:5000/ auf den Dienst der App zuzugreifen. Beim Deployment sorgt eine Routing-Schicht dafür, dass Requests von einem öffentlich sichtbaren Hostnamen zu den an die Ports gebundenen Prozessen kommen (ggf. inklusive TLS Termination).

Für andere Protokolle wird analog verfahren.

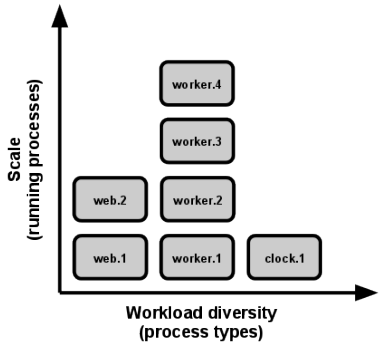
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Hinweise:

Durch Port Binding kann eine App ein unterstützender Dienst (siehe Faktor IV) für eine andere App werden, indem die URL der unterstützenden App der konsumierenden App als Resource-Handle zur Verfügung gestellt wird.

12 FAKTOREN METHODE

VIII. Nebenläufigkeit



Mit dem Prozess skalieren

Die Prozesse der Zwölf-Faktor-App orientieren sich am Unix-Prozess-Modell für Service Daemons. Mit diesem Model können Entwickler ihre App für die Bearbeitung verschiedenster Aufgaben konzipieren, in dem sie jeder Aufgabe einen Prozesstyp zuweisen. Zum Beispiel können HTTP-Requests durch einen Web-Prozess bedient werden und langlaufende Hintergrundarbeiten durch einen Worker-Prozess.

Die Share-Nothing, horizontal teilbare Art und Weise der Prozesse der Zwölf-Faktor-App hat zur Folge, dass weitere Nebenläufigkeit einfach und zuverlässig durch Starten neuer Prozesse hinzugefügt werden kann.

Die Prozesse einer Zwölf-Faktor-App sollten nie als Daemons laufen oder PID-Dateien schreiben. Stattdessen sollen sie sich auf den Prozessmanager des Betriebssystems verlassen (wie systemd, den verteilten Prozessmanager einer Cloud-Plattform, Kubernetes o. ähnl.) um Output-Streams zu verwalten, auf abgestürzte Prozesse zu reagieren und mit von Benutzern angestoßenen Restarts und Shutdowns umzugehen.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Hinweise:

Dieser Faktor verbietet nicht, dass Prozesse ihr internes Multiplexing realisieren. Z.B. mittels Threads in der Laufzeit-VM oder mit dem Async/Event-Modell von Werkzeugen wie EventMachine, Twisted oder Node.js.

Aber eine 12 Faktor App sollte in der Lage sein, dass mehrere Prozesse auf mehreren physikalischen oder virtualisierten Maschinen oder in Containern gestartet werden können (diese können intern multiplexen).

12 FAKTOREN METHODE

IX. Einweggebrauch

Die Prozesse einer Zwölf-Faktor-App können „weggeworfen" werden, weil sie schnell gestartet und gestoppt werden können.

Prozesse sollten möglichst geringe Startup-Zeiten haben

Idealerweise braucht ein Prozess wenige Sekunden vom Startkommando bis der Prozess läuft und Requests oder Jobs entgegennehmen kann. Kurze Startup-Zeiten geben dem Release-Prozess und der Skalierung mehr Agilität und optimieren die Robustheit, weil ein Prozessmanager bei Bedarf einfacher Prozesse auf neue physikalische Maschinen verschieben kann.

Mit SIGTERM Prozesse herunterfahren

Für einen Web-Prozess kann ein problemloses Herunterfahren erreicht werden, indem er aufhört an seinem Service-Port zu lauschen (und damit alle neuen Requests ablehnt), die laufenden Requests zuende bearbeitet und sich dann beendet. Für einen Worker-Prozess wird ein problemloser Stopp erreicht, indem er seinen laufenden Job an die Workqueue zurück gibt.

Prozesse sollten robust gegen plötzlichen Tod (SIGKILL) sein

Prozesse sollten zwar nicht mit SIGKILL beendet werden, aber die zugrundeliegende Hardware kann versagen. Auch wenn dies viel seltener ist als ein reguläres Herunterfahren mit SIGTERM, so kommt es dennoch vor.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Hinweise:
Schnelle Starts und problemlose Stopps optimieren die Robustheit.

Dieser Faktor erleichtert schnelles elastisches Skalieren, schnelles Deployment von Code oder Konfigurations-änderungen und macht Produktionsdeployments robuster.

MERKE:
Anything fails all the time!

12 FAKTOREN METHODE

X. Dev-Prod-Vergleichbarkeit

Entwicklung, Staging und Produktion so ähnlich wie möglich halten, um folgende Lücken zu schließen:

- Die **Zeit-Lücke** Ein Entwickler arbeitet an Code der Tage, Wochen oder sogar Monate braucht um in Produktion zu gehen.
- Die **Personal-Lücke**: Entwickler schreiben Code, Operatoren deployen ihn.
- Die **Werkzeug-Lücke**: Entwickler nutzen vielleicht einen Stack wie Nginx, SQLite und OS X - die Produktion nutzt Apache, MySQL und Linux.

Zwölf-Faktor-Apps sind auf Continuous Deployment und Minimierung der Lücken ausgelegt

- Die Zeit-Lücke klein halten: Ein Entwickler kann Code schreiben, der Stunden oder sogar Minuten später deployed wird.
- Die Personal-Lücke klein halten: Entwickler die Code schreiben sind intensiv am Deployment und der Überwachung des Verhaltens auf Produktion beteiligt.
- Die Werkzeug-Lücke klein halten: Entwicklung und Produktion so ähnlich wie möglich halten.

Unterstützende Dienste

Im Bereich der unterstützenden Dienste wie der Datenbank der App, dem Queue-System oder dem Cache ist die Dev-Prod-Vergleichbarkeit wichtig. Viele Sprachen bieten zwar Bibliotheken, die den Zugriff auf die unterstützenden Dienste vereinfachen und ebenso Adapter für unterschiedliche Arten von Diensten.

Kleinste Inkompatiblitäten zwischen den unterstützenden Diensten können bereits Probleme verursachen. Code, der in Entwicklung oder Staging funktioniert und Tests besteht, scheitert dann ggf. in Produktion.

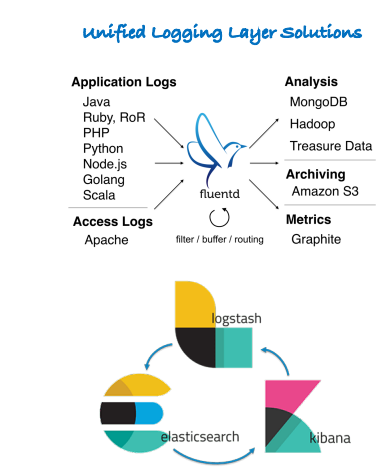
TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Merke:
Die Zwölf-Faktor-Entwicklung widersteht dem Drang, verschiedene unterstützende Dienste in Entwicklung und Produktion zu verwenden

Diese Reibungskosten und die Störungen im Continuous Deployment sind sehr hoch, wenn man sie über die Lebensdauer einer App aggregiert.

12 FAKTOREN METHODE

XI. Logs



Logs als Strom von Ereignissen behandeln

Logs sind der Stream von aggregierten, nach Zeit sortierten Ereignissen und zusammengefasst aus den Output Streams aller laufenden Prozesse und unterstützenden Dienste. Logs in ihrer rohen Form sind üblicherweise ein Textformat mit einem Ereignis pro Zeile.

Eine Zwölf-Faktor-App kümmert sich nie um das Routing oder die Speicherung ihres Output Streams

12 Faktor Apps schreiben den Stream von Ereignissen ungepuffert auf stdout. Bei einem lokalen Deployment sichtet ein Entwickler diesen Stream im Vordergrund seines Terminals, um das Verhalten der App zu beobachten.

Auf Staging- oder Produktionsdeploys werden die Streams aller Prozesse von der Laufzeitumgebung erfasst, mit allen anderen Streams der App zusammengefasst und zu einem oder mehreren Zielen (z.B. mittels fluentd) geleitet, zur Ansicht oder Archivierung.

Diese Archivierungsziele sind für die App weder sichtbar noch konfigurierbar - sie werden vollständig von der Laufzeitumgebung aus verwaltet.

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

Merke:
Logs werden in Server-basierten Umgebungen üblicherweise in eine Datei auf der Platte geschrieben (eine Logdatei) - das ist aber nur ein Ausgabeformat und man ist nach daran gebunden.

12-Faktor-Apps schreiben den Stream von Ereignissen ungepuffert auf stdout damit Logs einer Logkonsolidierung möglichst unkompliziert unterworfen werden können.

12 FAKTOREN METHODE

XII. Admin Prozesse

Einmalige / seltene Wartungsaufgaben

Neben Prozessen zur Erledigung der üblichen Aufgaben einer App (wie die Abarbeitung von Web-Requests) müssen jedoch auch einmalige Administrativ- oder Wartungsaufgaben an der App erledigt werden, wie bspw.:

- Datenbank-Migrationen
- Konsole starten
- Einmalig auszuführende Skripte starten (z.B. `fix_bad_records.py`)

Identische Umgebung

Einmalige Administrationsprozesse sollten in einer Umgebung laufen, die identisch ist zu der Umgebung der üblichen langlaufenden Prozesse.

- Sie laufen gegen einen Release und benutzen dieselbe Codebase und Konfiguration wie jeder Prozess, der gegen einen Release läuft.
- Administrationscode wird mit dem App-Code ausgeliefert, um Synchronisationsprobleme zu vermeiden.
- Der Administrationscode sollte dieselbe Dependency Management Lösung verwenden, wie auch die App (siehe Faktor II)

TECHNISCHE HOCHSCHULE LÜBECK

KONTAKT

Disclaimer

Nane Kratzke +49 451 300-5549
nane.kratzke@th-luebeck.de
kratzke.mylab.th-luebeck.de