

# Cloud Computing Virtualisierung

# Cloud Computing lebt von der Skalierung

- Erinnerung NIST-Definition: “**Resource Pooling**”
- Tendenz seit ca. 20 Jahren: Einzelne Server werden immer leistungstärker.



Bildquelle: proshop.no

Server in **kube07**: HPE ProLiant DL385 Gen10  
2x AMD EPYC 7402 à 24 Kerne, 48 Threads, 180 Watt, 2.8-3.3GHz  
⇒ 48 Kerne, 96 Threads

512 GB RAM  
2x10GbE Netzwerk  
2x1TB SSD via SATA

**Nettopreis 2020: 8670€**

**Stromverbrauch: 200W - 600W(?), 40-120€/Monat**

Server auf AWS (via <https://instances.vantage.sh/>)  
r6a.12xlarge

48 vCPUs, 384 GB RAM, 18 Gbit Networking

**On-Demand: 2210€/Monat (oder: 5 ct/Minute)**

**Reserviert: 1461€/Monat**

**Spot Instance: 723€/Monat**



?

## Lifecycle Management



# Cloud Computing lebt von der Skalierung

- Typischer Use-Case: Datenbank für Wordpress / kleine und mittlere Websites
  - Datenbankgröße: ~100-500MB
  - CPU-Nutzung: ~0.2 CPU
- Dazu Web-Server Apache oder Nginx
  - CPU-Nutzung: ~0.1 CPU
- Redundanz durch Einsatz mehrerer Server?



?



# Cloud Computing lebt von der Skalierung

- Erinnerung: NIST-Definition - “Resource Pooling”
- Organisation der Ressourcen in einem Rechenzentrum:
  - **Effiziente** Nutzung der gegebenen Ressourcen zur Minimierung der Kosten
  - **Isolation** der Ressourcen. Kunden sollen andere nicht sehen und auch nicht von ihnen beeinflusst werden. Seiteneffekte sollten vermieden werden, Security ist Ziel.
  - **Entkopplung von der Hardware** für mehr Flexibilität im Betrieb und Robustheit bei Ausfällen
  - Ressourcen sollen **flexibel** vergeben werden. Steuerung mittels “software defined resources”
- **Virtualisierung** löst diese Anforderungen und macht Cloud Computing erst möglich.

# Effiziente Ressourcen Nutzung aus Kundensicht

- Überprovisionierung:
  - Bestellte Instanzen/Ressourcen liegen ungenutzt herum. (28-32% ungenutzt<sup>1</sup>)
  - Erinnerung: "Treat cloud infrastructure as cattles, not as pets".
  - Erinnerung: Die Erinnerung die New York Times Pipeline aus der ersten Vorlesung.
- Zuverlässigkeit vs. Kosten!
  - Ist ein eigenes riesiges Thema und wäre eine eigene Vorlesung Wert.
- Ein Cloud Ingenieur muss immer die richtige Balance aus Kosten, Sicherheit und Effizienz finden.
- Ein gutes Verständnis wie Virtualisierung funktioniert kann helfen die Cloud effizient zu nutzen.

# Virtualisierungsarten

Virtualisierung ist stellvertretend für mehrere grundsätzlich verschiedene Konzepte und Technologien:

- Virtualisierung von Hardware-Infrastruktur
  - Emulation
  - Voll-Virtualisierung
  - Para-Virtualisierung
- Virtualisierung von Software-Infrastruktur
  - Betriebssystem-Virtualisierung (*Containerization*)
  - Anwendungs-Virtualisierung (*Runtime*)



# Virtualisierungsarten: Hardwarevirtualisierung



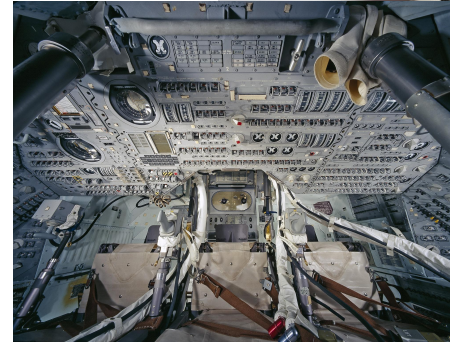
# Was wird virtualisiert?

Hardwarevirtualisierung arbeitet auf Ebene der Rechnerarchitektur.

- **Prozessor**
  - Der State des Prozessors. Im wesentlichen Prozessorregister.
  - Maschinencode
  - Memory Management Unit
- **Hauptspeicher**
  - Linear adressierter physikalischer Speicher
- **Netzwerk**
  - z. B. Input-Output Stream von Ethernet Frames
- **Storage**
  - Blockspeicher (linear adressiert. Lesen und Speichern von Blöcken)
- **Grafikkarte**
  - z. B. Framebuffer (2D-Array mit Pixeldaten)
  - 3D Funktionalität (DirectX, OpenGL), siehe [https://en.wikipedia.org/wiki/GPU\\_virtualization](https://en.wikipedia.org/wiki/GPU_virtualization)
  - Computing (KI, Simulationen) (Zunehmend wichtig für die Cloud)
- Evtl. Peripherie wie USB, Maus, Keyboard
- Timer, Interrupt Controller

# Was ist Emulation?

- Emulation: Bildet die Hardware eines nicht vorhandenen oder nicht kompatiblen Rechnersystems oder Teile eines entsprechenden Rechnersystems nach
- Emulationen sind der Regel sehr langsam und nicht parallelisierbar
- Anwendungen
  - Alte Software konservieren. Zum Beispiel alte Spielkonsolen oder Apollo Guidance Computer: <https://svtsim.com/moonjs/agc.html>
  - Embedded Entwicklung ohne echte Hardware
  - Reine CPU Emulation
    - Rosetta2 von Apple. CPU Instruktionsübersetzung von x86 zu ARM.  
<https://dougallj.wordpress.com/2022/11/09/why-is-rosetta-2-fast/>
    - Windows on ARM:  
<https://learn.microsoft.com/en-us/windows/arm/apps-on-arm-x86-emulation>
  - QEMU User Mode Emulation
- Voll-Virtualisierer (Hardware und spezielle Instruktionen der CPU)
- QEMU und Bochs können Windows und Linux praktisch überall starten.

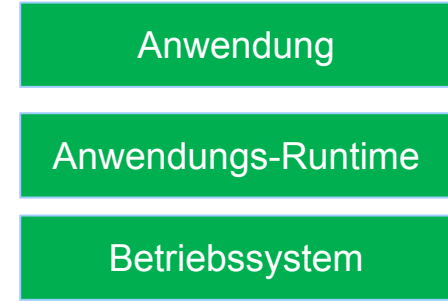


Windows 95 auf der Apple Watch

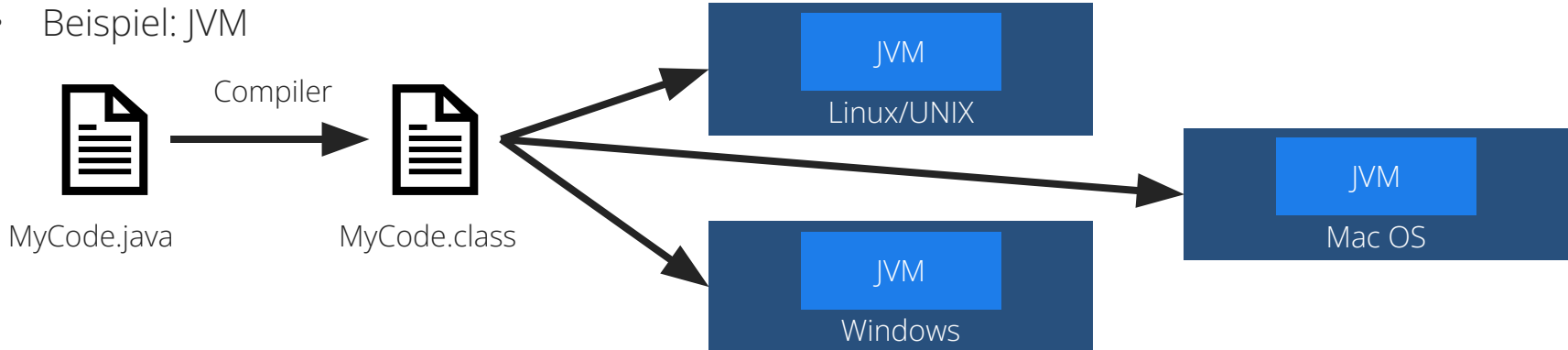


# Zur Vollständigkeit: Was ist Anwendungs-Virtualisierung?

- Anwendungs-Virtualisierung: Stellt Anwendungen eine Programmierschnittstelle und eine Laufzeitumgebung (Runtime) zur Verfügung, die komplett vom darunter-liegenden Betriebssystem entkoppelt.  
Zweck u.A.: Portable Anwendungen.



- Beispiel: JVM



# Virtualisierung, aber performant

- Emulationen erfüllen zwar viele Voraussetzungen für das Cloud Computing wie Isolation und Entkopplung, sind aber bei der Nachbildung einer ganzen Rechnerarchitektur sehr langsam und daher ungeeignet für den massenhaften produktiven Einsatz.
  - Hauptverantwortlicher dabei ist die CPU.
- Kann man die selben Ziele mit minimalem zusätzlichem Ressourcenaufwand erreichen?
  - Antwort Ja, aber nur wenn die Gast-Rechnerarchitektur des virtualisierten Systems die gleiche ist wie die Host-Rechnerarchitektur.
    - x86 Host → x86 Guest

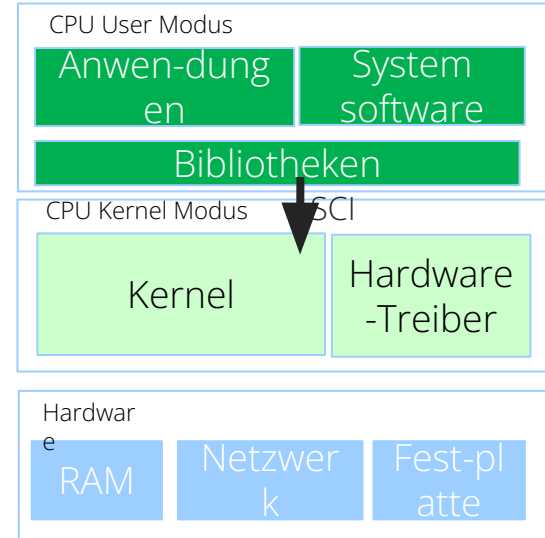
# Klassischer Aufbau eines Betriebssystems mit Unterstützung der Rechnerarchitektur

## CPU User Mode

- Niedrigste Berechtigungsstufe
- Keine direkten Hardwarezugriffe
- Speicherschutz über die Memory Management Unit

## CPU Kernel Mode

- User Mode ruft Kernel über das System Call Interface (SCI) auf. Aktuell besteht das SCI bei Linux aus ca. 380 System Calls.
- Höchste Berechtigungsstufe
  - Privileged CPU Instruktionen
  - Zugriff auf Hardware mittels Treiber
- Übernimmt z. B. Dateisystemverwaltung und Scheduling der Anwendungen

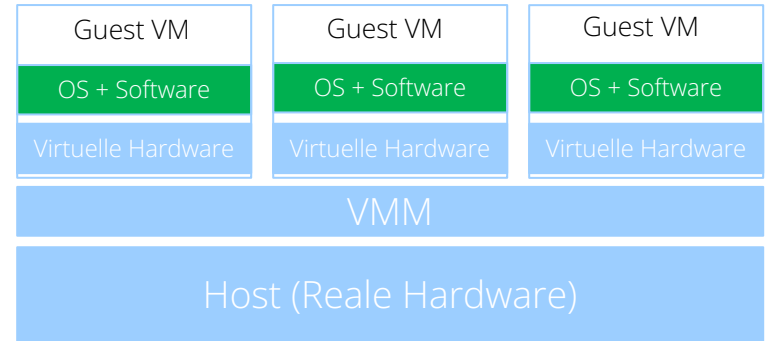


# Unterstützung durch die Hardware

- Software based virtualization
  - In dem klassischen Betriebsmodell hat nur der Usermodus die notwendigen Isolationseigenschaften. Der Kernelmodus kann hier emuliert werden. z. B. mittels "trap-and-emulate". mit wenigstens 10% Performanceverlust.
- Hardware assisted virtualization
  - Oftmals wurden daher CPU Extensions entwickelt wie Intel-VT und AMD-V. Diese fügen einen neuen Prozessormodus (z. B. virtual execution mode) hinzu, bei dem sich das Gastbetriebssystem als mit vollen Privilegien arbeitend wahrnimmt, das Hostbetriebssystem jedoch geschützt bleibt
  - Virtuelle Hauptspeicher-Partition im echten physikalischen Speicher. (Die Null verschiebt sich). Management der realen Repräsentation mittels der Management Memory Unit (MMU).
  - Für die Durchreichung (Pass-Through) der Schnittstellen von echten Hardwaregeräten muss die Verschiebung der Null durch eine IOMMU (I/O Memory Management Unit) ausgeglichen werden.

# Hardware-Virtualisierung: Begrifflichkeiten

- Durch Hardware-Virtualisierung werden die Ressourcen eines Rechnersystems aufgeteilt und von mehreren unabhängigen Betriebssystem-Instanzen genutzt.
- Anforderungen der Gastinstanzen werden von der Virtualisierungssoftware (Virtual Machine Monitor, VMM) abgefangen und auf die real vorhandene Hardware umgesetzt.
- Der VMM (oder Hypervisor) verteilt die Hardwareressourcen des Rechners an die VMs
- Es werden aber 2 Virtualisierungsmodi und 2 Arten von Hypervisor unterschieden



## Host

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

## Guest

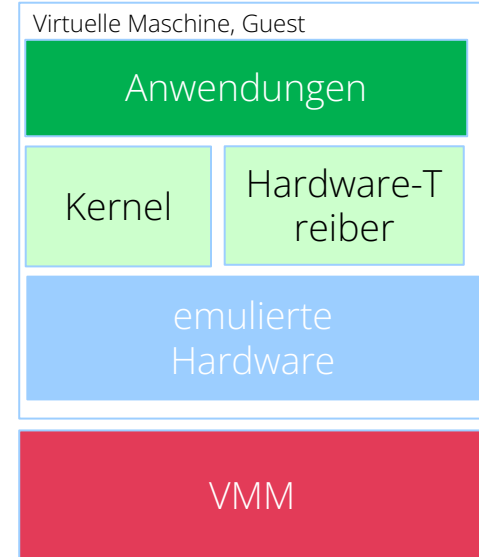
- Eine lauffähige / laufende virtuelle Maschine

## VMM (Virtual Machine Monitor, auch Hypervisor genannt)

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

# Voll-Virtualisierung

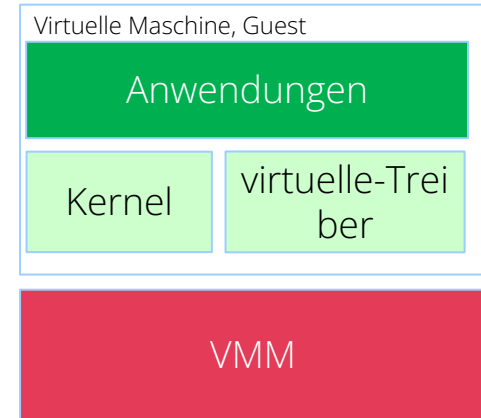
- Jedem Gastbetriebssystem steht ein eigener virtueller Rechner mit virtuellen Ressourcen wie CPU, Hauptspeicher, Laufwerken, Netzwerkkarten, usw. zur Verfügung.
- Das Gastbetriebssystem muss also nicht angepasst werden. Zum Zeitpunkt des Starts muss das Gastbetriebssystem nicht bekannt sein.
- Die VMM emuliert auch weiterhin echte Hardware wie Storage (SATA) und Netzwerk (Ethernet).
- Die VMM kann aber zur Beschleunigung oder zur besseren Nutzung (Grafik, Mouse) spezielle virtuelle Hardware zur Verfügung stellen.
  - z. B. Einfacher Pass-Through von USB
  - Fließender Übergang zur Paravirtualisierung
- Leistungsverlust: 1 - 5%





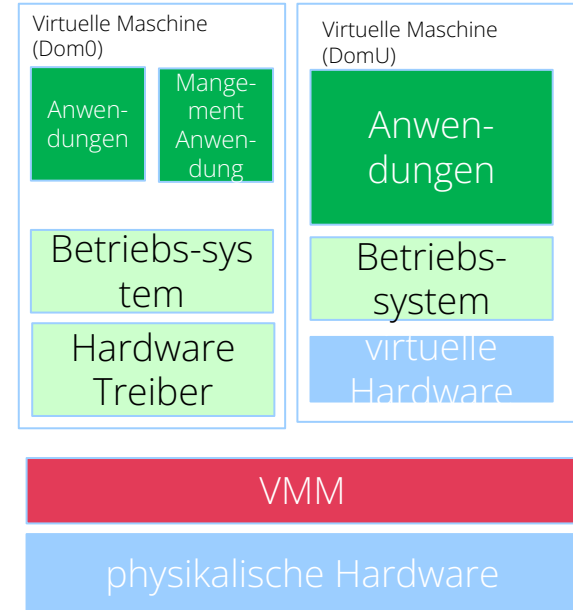
# Para-Virtualisierung

- Dem Gast-Betriebssystem stehen keine direkten low-level virtualisierten Hardware-Ressourcen zur Verfügung sondern eine API.
  - Vereinfacht den Aufbau der VM
- Das Gast-Betriebssystem muss portiert werden.
  - Low Level Prozessorinstruktionen werden erst gar nicht ausgeführt oder durch API Aufrufe abgebildet
  - Virtuelle Treiber (z. B. virtio).
    - Vermeidung von Umformungen und Kopieraktionen durch Verwendung spezieller Treiber
    - Übertragung von IP Paketen und nicht von Ethernet Frames.
- Unterstützte Betriebssysteme und Hardware-Varianten aus Sicht des Gastes eingeschränkt pro Hypervisor-Implementierung.
- Leistungsverlust: 0 - 2%



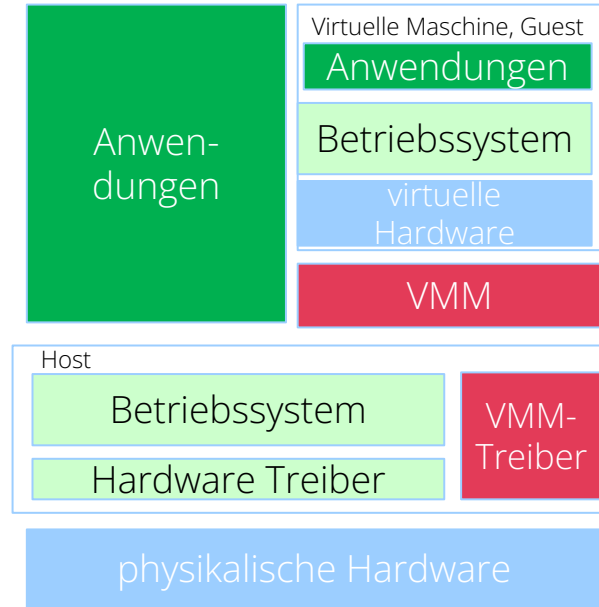
# Typ 1: Bare-Metal Virtualisierung

- Der Hypervisor läuft direkt auf der verfügbaren Hardware. Er entspricht somit einem Betriebssystem, das ausschließlich auf Virtualisierung ausgerichtet ist.
- Der Hypervisor nutzt üblicherweise die Treiber eines Host-Betriebssystems, um auf die reale Hardware zuzugreifen. Damit brauchen im Hypervisor nicht aufwändig eigene Treiber implementiert werden.
- Vornehmlich mit Paravirtualisierung, da hier ebenfalls die Emulation der Hardware entfällt
- Ermöglicht einfacheren Pass-Through von echter Hardware. z. B. GPUs an einen Gast
- Beispiele: VMWare ESXi, Microsoft Hyper-V, XEN



# Typ 2: Host Virtualisierung

- Der VMM läuft hosted als Anwendung unter dem Host-Betriebssystem
- Vornehmlich bei Voll-Virtualisierung verwendet
- Geringere Skalierbarkeit wegen Abhängigkeit zum Host System
- Mehr Overhead als Typ 1
- Beispiele:
  - Virtualbox
  - VMWare Workstation Player
  - Parallels
  - Achtung: Die Unterscheidung zwischen Typ 1 und Typ 2 ist in vielen Fällen nicht immer klar.



# Virtualisierung im Enterprise Umfeld

Neben den bisher genannten Vorteilen bieten heutige VM Lösungen noch viele weitere Features

- Ressourcenverwaltung im laufenden Betrieb
  - Memory Ballooning – ungenutzten Hauptspeicher aus VMs dynamisch “wiedergewinnen”
  - Änderung der Anzahl an virtuellen Rechenkernen
  - Änderung der Festplattengröße mit virtuellen SANs (Storage Area Networks)
- Live Migration
  - Verschieben der laufenden physikalischen Maschine auf eine andere Hardware innerhalb von Millisekunden
    - CPU State
    - Speicher
    - Storage
    - Netzwerk
- (Echten) Zufall zu erzeugen ist in einer VM noch schwieriger als mit realer Hardware (z. B. mittels Maus und Tastatureingaben). Hier bieten die Hypervisors Schnittstellen an um zusätzlichen Zufall zu erhalten.



# Hardware-Virtualisierung mit Vagrant und VirtualBox

# Hardware-Virtualisierung: Vagrant und VirtualBox



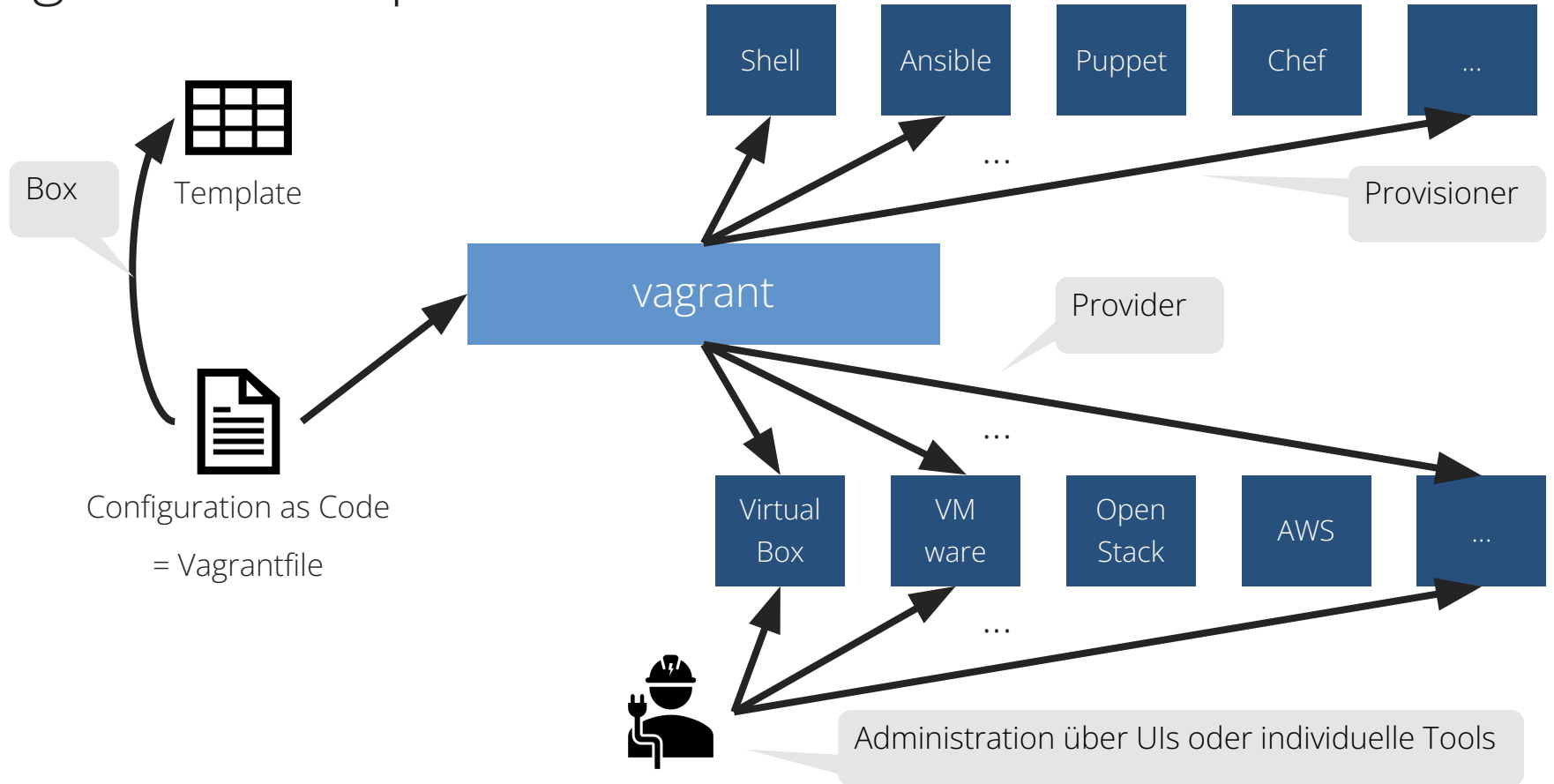
+



Open Source Typ 2 Virtualisierungs-Software (Voll-Virtualisierung) für Windows, Linux, MacOS und Solaris.

Automationssoftware für virtuelle Umgebungen auf einem Rechner. Virtuelle Maschinen per Kommandozeile erstellen und steuern.

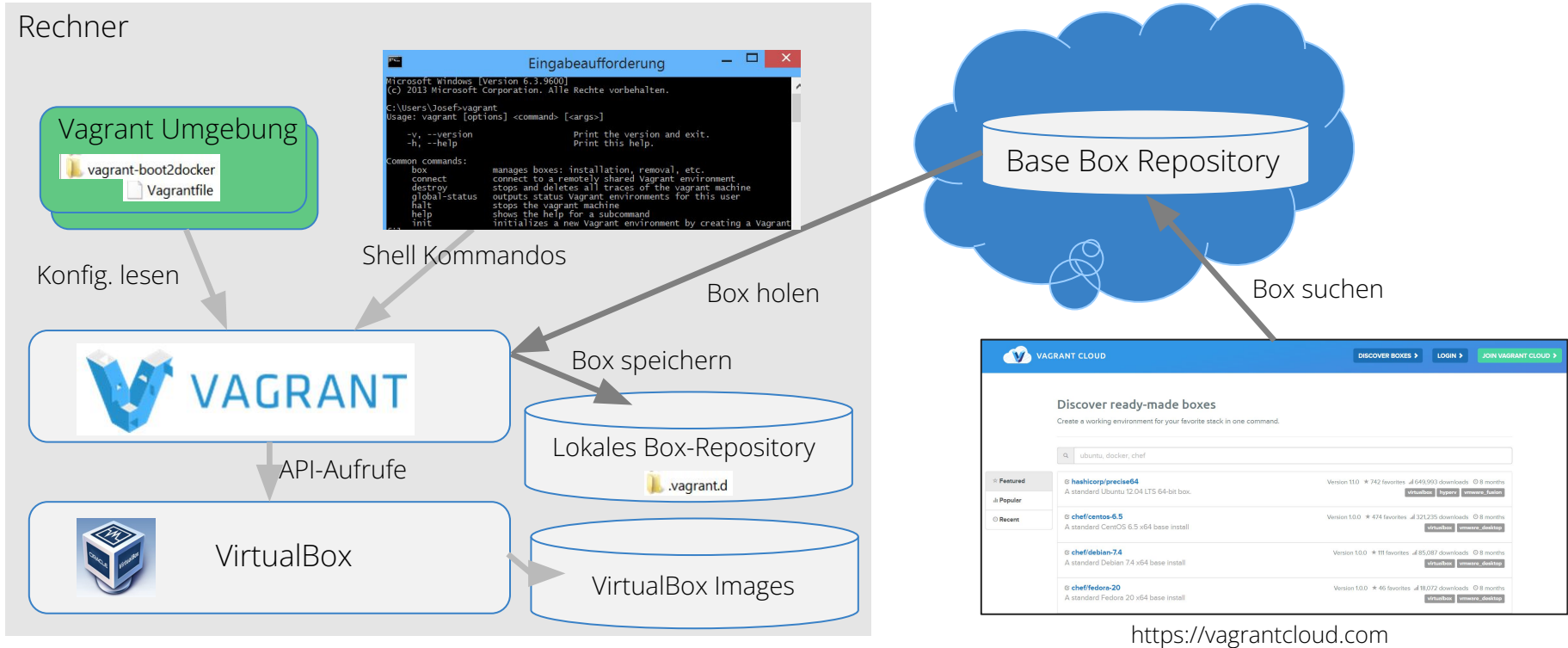
# Vagrant: Konzepte



# Demo



# Vagrant: Eine schematische Übersicht.



# Das Vagrantfile beschreibt die zu erstellende virtuelle Maschine.

```
# -*- mode: ruby -*-  
# vi: set ft=ruby :
```

Vagrantfiles werden in Ruby geschrieben

```
# Vagrantfile API/syntax version. Don't touch unless you know what you're doing!  
VAGRANTFILE_API_VERSION = "2"
```

```
Vagrant.configure(VAGRANTFILE_API_VERSION) do |config|
```

```
  # My base box
```

```
  config.vm.box = "chef/ubuntu-14.04"
```

Definition der Basis-Box

```
  # Define shell provisioning
```

```
  config.vm.provision :shell, path: "bootstrap.sh"
```

Konfiguration der Provisionierung

```
  # Define docker provisioning
```

```
  config.vm.provision "docker" do |d|
```

```
    d.run "nginx1", image: "dockerfile/nginx", args: "-p 8080:80", daemonize: true
```

```
    d.run "nginx2", image: "dockerfile/nginx", args: "-p 9080:80", daemonize: true
```

```
    d.run "haproxy", image: "dockerfile/haproxy", args: "-p 80:80 --link nginx1:nginx1 --link nginx2:nginx2 -v /vagrant:/haproxy-override"
```

```
  end
```

```
  # Configure VirtualBox
```

```
  config.vm.provider "virtualbox" do |v|
```

```
    v.memory = 1024
```

```
    v.cpus = 4
```

Konfiguration des Virtualisierungs-Providers

```
  end
```

```
  # Forward ports
```

```
  config.vm.network :forwarded_port, host: 80, guest: 80
```

```
  config.vm.network :forwarded_port, host: 8080, guest: 8080
```

```
  config.vm.network :forwarded_port, host: 9080, guest: 9080
```

Konfiguration des Netzwerks

```
end
```



# Virtualisierungsarten: Betriebssystemvirtualisierung

# Hardwarevirtualisierer sind Schwergewichte

- Jede VM inkludiert eine virtuelle Kopie eines kompletten Betriebssystems und benötigt signifikante RAM und CPU Ressourcen, die nur schwer dynamisch geändert werden können
- Softwareentwicklung mit VMs ist träger und komplexer
- Aufgrund der Größe der Images ist die Portabilität ein Problem.
- Kompatibilität mit anderen VM Lösungen nicht vorhanden. Wechsel zwischen Rechenzentren nicht einfach möglich.

# Demo

# Der Urgroßvater: chroot (Jahr 1982)

- chroot gilt als Urgroßvater der Betriebssystemvirtualisierung (Jahr 1982)
- chroot setzt aus Sicht der laufenden Applikation das root Filesystem neu
  - Ermöglicht die Isolation des Filesystems
- Kein Overhead. Implementiert in 2 dutzend Zeilen C-Code im Kernel
- Benötigt root-Rechte
- Keine Netzwerk-Isolation, keine Prozess-Isolation, keine Disk Quotas, keine CPU Quotas, keine I/O Limitierung
- chroot Prozess sieht weiterhin fast alles vom System

# Linux Kernel Namespaces (Jahr 2002)

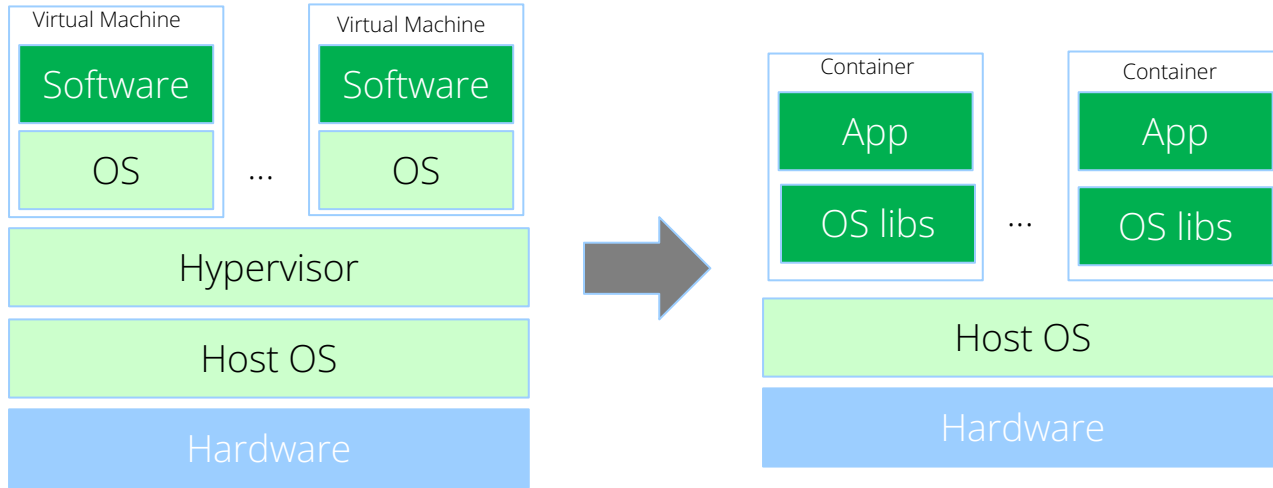
- Isolation durch Sichtbarkeit
- Ein Feature des Linux-Kernels, das die Sicht und den Zugriff auf das System einschränkt:
  - Prozessraum / Prozess-Ids
  - Netzwerk-Schnittstellen
  - Host-Name
  - Dateisystem-Mounts
  - IPC (Inter-Prozess-Kommunikation)
  - Benutzerkonten
  - Zeit
- Die Einschränkungen sind dabei für den isolierten Prozess transparent.
- Namespaces können geschachtelt sein.
- siehe [https://success.docker.com/KBase/Introduction to User Namespaces in Docker Engine](https://success.docker.com/KBase/Introduction%20to%20User%20Namespaces%20in%20Docker%20Engine)

# Linux cgroups (Jahr 2007)

- Isolation durch Grenzen
- Ein Feature des Linux-Kernels, das maßgeblich durch Google entwickelt wurde
- Gruppiert Prozesse zu Gemeinschaften mit definiertem und beschränktem Ressourcen-Zugriff auf:
  - Prozessor
  - Hauptspeicher
  - I/O (insb. Netzwerk)
  - Disk
- Die Prozess-Gruppen können geschachtelt sein.
- cgroups stellen dabei für die Prozessgruppen sicher, dass
  - die Ressourcen limitiert sind und die definierten Grenzen nicht überschritten werden
  - die aktuell verbrauchten Ressourcen kontinuierlich gemessen und protokolliert werden
  - dass bei Überschreitung der definierten Grenzen die Prozess-Gruppen eingefroren und neu gestartet werden
- Siehe <https://docs.docker.com/engine/docker-overview/>



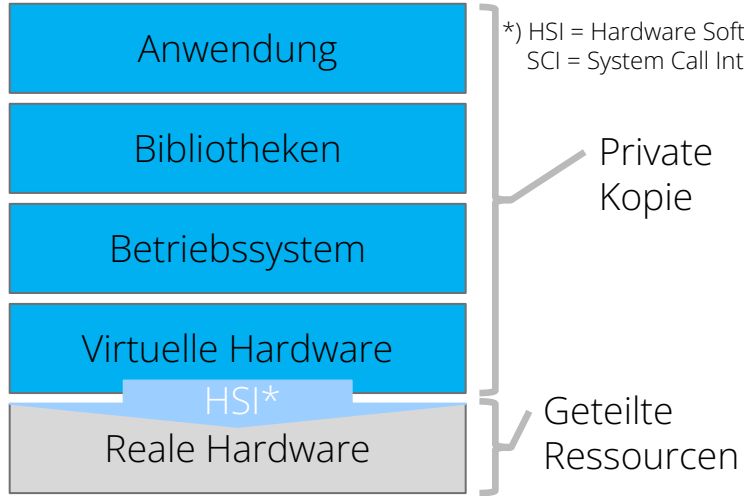
# Betriebssystem-Virtualisierung



- 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

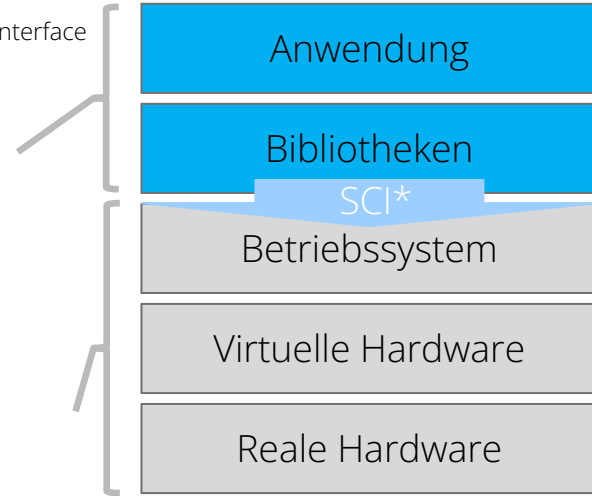
# Hardware- vs. Betriebssystem-Virtualisierung

## Hardware-Virtualisierung



- Benötigt Hardwareunterstützung
- Höhere Sicherheit. Die HSIs sind einfach.
- Stärkere Isolation.
- Hohes Volumen, Hohe Startzeit
- Unterschiedliche Betriebssysteme

## Betriebssystem-(OS-)Virtualisierung



- Ist eine reine Softwarelösung
- Geringere Sicherheit: System Call Interface ist sehr mächtig und komplex
- Geringeres Volumen, Geringerer Overhead, Kürzere Startup-Zeit
- Betriebssystem fest

# Containerisierung ist angekommen!

## Google Runs All Software In Containers

May 28, 2014 by Timothy Prickett Morgan



The overhead of full-on server virtualization is too much for a lot of hyperscale datacenter operators as well as their peers (some might say rivals) in the supercomputing arena. But the ease of management and resource allocation control that comes from virtualization are hard to resist and this has fomented a third option between bare metal and server virtualization. It is called containerization and Google recently gave a glimpse into how it is using containers at scale on its internal infrastructure as well as on its public cloud.

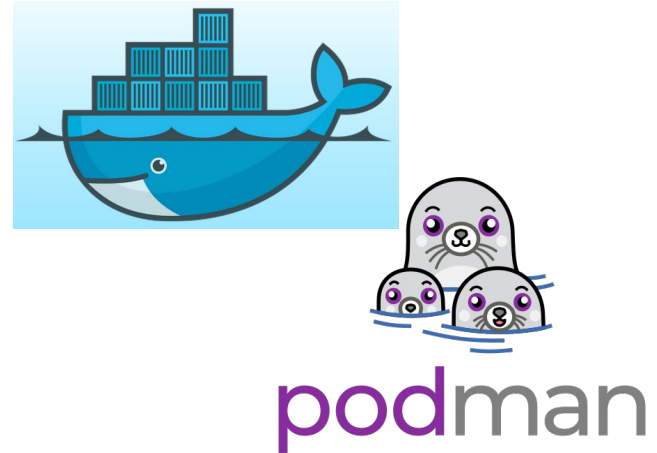
We are talking about billions of containers being fired up a week here, just so you get a sense of the scale.

# Beispielhafte Technologien

Hardware-Virtualisierung:  
Vagrant und VirtualBox



Betriebssystem-Virtualisierung:  
Docker, Podman



# Betriebssystem-Virtualisierung mit Docker

# Containerization mit Docker: Standardisierung



<http://www.srf.ch/kultur/im-fokus/brasilien/favelas-im-wandel-die-armen-muessen-weichen>



Standard format for operations: start, stop, configure, wire, debug + software logistics.

# Docker

- Docker ist eine Automationsumgebung für Betriebssystem-Virtualisierung.
- Aktuell unterstützt Docker Linux als Host-Betriebssystem.
  - Seit 2016 steht eine Windows-Variante zur Verfügung, die mit Hyper-V (Typ 1) virtualisierung läuft.
  - Seit 2020 steht mit WSL2 (Windows Subsystem for Linux) auch eine parallel laufende Linux-Kernel zur Verfügung auf dem Docker ausgeführt werden kann.
- Docker ist als Werkzeug eines Cloud-Anbieters entstanden und ist mittlerweile eines der sichtbarsten und aktivsten Open-Source-Ökosysteme. Leider ist Docker (die Firma) inzwischen dazu übergegangen, die freie Nutzung des Dockerhubs einzuschränken - daher kann es Sinn machen, eine eigene Registry zu verwenden.

## In a Nutshell, docker...

... has had 264,189 commits made by 7,609 contributors  
representing 11,245,486 lines of code

... is mostly written in Go  
with an average number of source code comments

... has a well established, mature codebase  
maintained by a very large development team  
with stable Y-O-Y commits

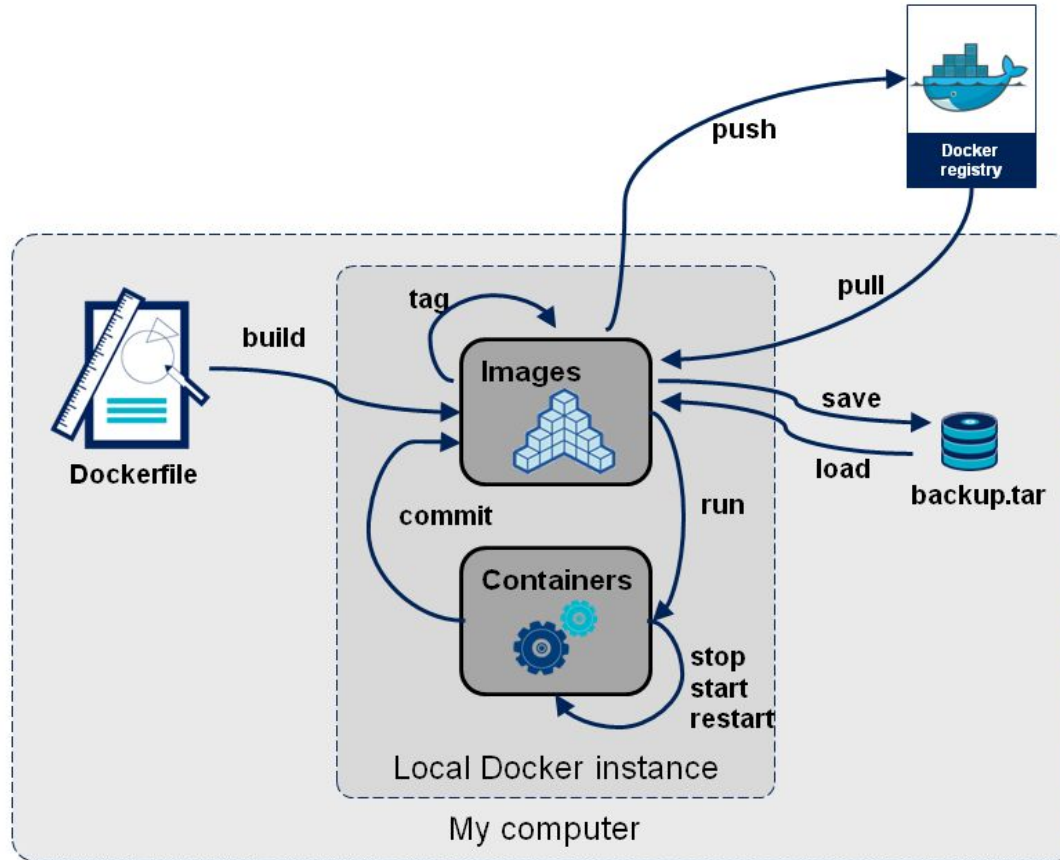
... took an estimated 3,569 years of effort (COCOMO model)  
starting with its first commit in January, 2012  
ending with its most recent commit about 2 months ago

<https://www.openhub.net/p/docker>

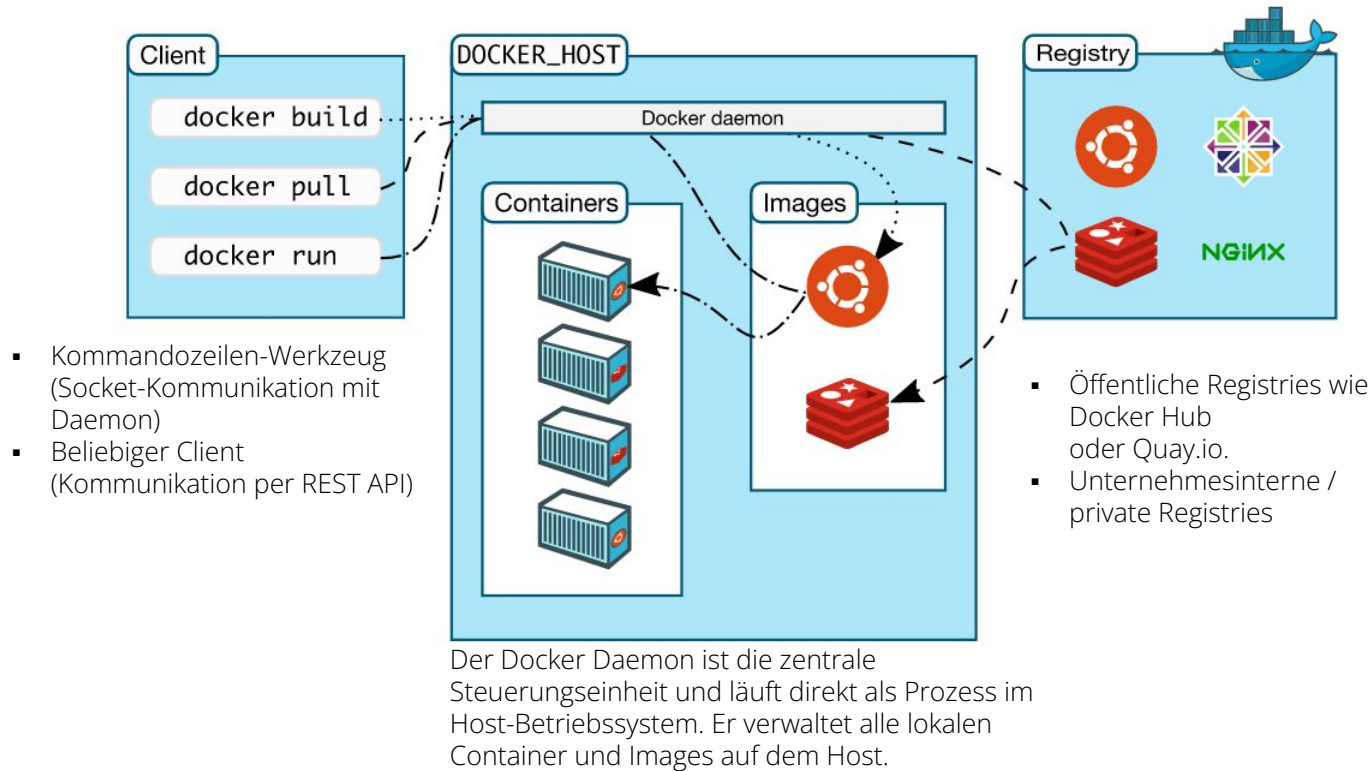
# Demo



# Der Docker Workflow.



# Die Docker Architektur.



# hub.docker.com ist die öffentliche Standard-Registry für Docker Images.

The screenshot shows the Docker Hub interface. At the top is a blue header with the Docker Hub logo, a search bar, and navigation links like 'Sign in' and 'Sign up'. Below the header, the main content area displays a list of Docker images. On the left, there are filters for 'Products', 'Trusted content', 'Categories', 'Operating Systems', and 'Architectures'. The main list shows five images: memcached, nginx, busybox, alpine, and redis. Each image entry includes its icon, name, update status, description, category tags, and pull statistics. A line graph shows the pull trend over time for each image.

**Filter by (1)** [Clear All](#)

**Products**

- ☐ Images
- ☐ Extensions
- ☐ Plugins

**Trusted content**

- ☒ Docker Official Image
- ☐ Verified Publisher
- ☐ Sponsored OSS

**Categories**

- ☐ API Management
- ☐ Content Management System
- ☐ Data Science
- ☐ Databases & Storage
- ☐ Languages & Frameworks

+ More categories

**Operating Systems**

- ☐ Linux
- ☐ Windows

**Architectures**

- ☐ x86-64
- ☐ ARM 64
- ☐ ...

1 - 25 of 178 available results.

Docker Official Image x

**memcached** Updated a day ago  
Free & open source, high-performance, distributed memory object caching system.  
DATABASES & STORAGE  
±1B+ · ☆2.3K  
Pulls: 7,360,397  
Last week  
[Learn more](#)

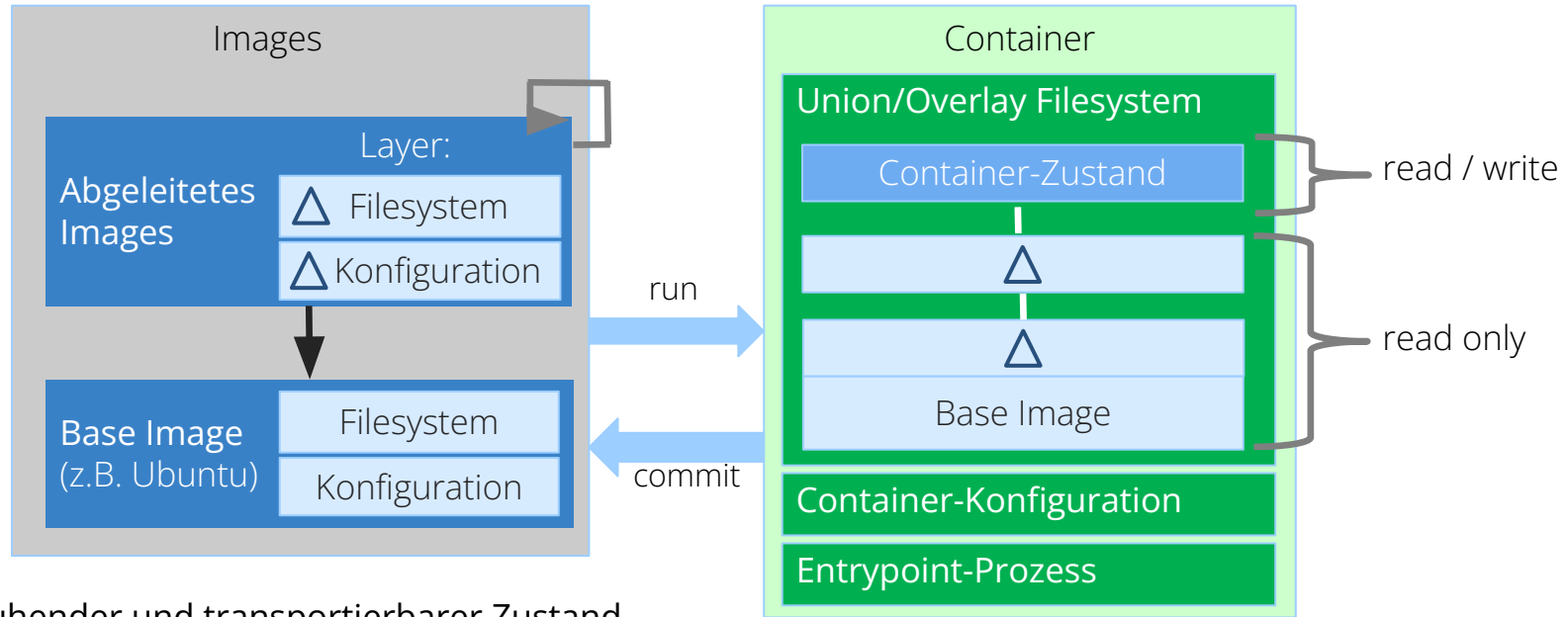
**nginx** Updated 15 days ago  
Official build of Nginx.  
WEB SERVERS  
±1B+ · ☆10K+  
Pulls: 9,092,828  
Last week  
[Learn more](#)

**busybox** Updated 15 days ago  
Busybox base image.  
OPERATING SYSTEMS  
±1B+ · ☆3.4K  
Pulls: 11,713,966  
Last week  
[Learn more](#)

**alpine** Updated 2 months ago  
A minimal Docker image based on Alpine Linux with a complete package index and only 5 MB in size!  
OPERATING SYSTEMS  
±1B+ · ☆10K+  
Pulls: 15,169,808  
Last week  
[Learn more](#)

**redis** Updated 14 days ago  
Redis is the world's fastest data platform for caching, vector search, and NoSQL databases.  
DATABASES & STORAGE  
±1B+ · ☆10K+  
Pulls: 12,289,400  
Last week  
[Learn more](#)

# Im Zentrum von Docker stehen Images und Container.



## Ruhender und transportierbarer Zustand

- Ein Image basiert i.d.R. auf einem anderen Image und speichert nur das Delta  $\Delta$  zu diesem Image.
- Ausnahme: Das Base-Image

## Laufender Zustand

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

# Provisionierung von Images mit dem Dockerfile

Ein Dockerfile erzeugt auf Basis eines anderen Images ein neues Images. Dabei werden die folgenden Aktionen automatisiert:

- Konfiguration des Images und der daraus resultierenden Container
- Ausführung von Provisionierungs-Aktionen

Ein Dockerfile ist somit eine Image-Repräsentation alternativ zu einem physischen Image (Bauanteilung vs. Bauteil).

- Wiederholbarkeit beim Bau von Containern
- Automatisierte Erzeugung von Images ohne diese verteilen zu müssen
- Flexibilität bei der Konfiguration und bei den benutzten Software-Versionen
- Einfache Syntax und damit einfach einsetzbar

Befehl: `docker build -t <ziel_image_name> <Dockerfile>`

# Das Dockerfile definiert Aufbau und Inhalt des Image.

## My Image

Layer 8

Layer 7

Layer 6

Layer 5

Layer 4

Layer 3

Layer 2

Layer 1

Niemals „latest“ verwenden. Antipattern

**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 Kommandos

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 <b>docker run</b> .
ENTRYPOINT <command>	The process to be started at container startup
CMD <command>	Parameters to the entrypoint process if no parameters are passed with <b>docker run</b>
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

# Typische Kommandos eines Docker Workflows

Command	Action
<code>docker build -t &lt;image&gt; .</code>	Build Docker image from „Dockerfile“ with given tag in current directory
<code>docker images</code>	Prints all local images
<code>docker run</code> <code>  -d</code> <code>  -v &lt;volume mounts&gt;</code> <code>  -p &lt;host-port&gt;:&lt;container-port&gt;</code> <code>  &lt;image&gt; &lt;entrypoint process&gt;</code>	Run a Docker image: Creates and runs a container. <ul style="list-style-type: none"><li>▪ in background</li><li>▪ with host directory mounted into the container</li><li>▪ with port forwarding from host to container</li><li>▪ image name (and optional entrypoint process)</li></ul>
<code>docker run</code> <code>  -ti</code> <code>  &lt;image&gt; /bin/sh</code>	Run a Docker image and open a shell within the container <ul style="list-style-type: none"><li>▪ ... with forwarding of local terminal</li><li>▪ Image name and shell (or „/bin/bash“)</li></ul>
<code>docker ps -a</code>	Prints all containers (without -a = only running containers)
<code>docker commit &lt;container&gt; qaware/foo</code>	Store container as local image
<code>docker kill &lt;container&gt;</code> <code>docker rm &lt;container&gt;</code>	Terminate container (send SIGKILL to entrypoint process) Remove container
<code>docker rmi -f &lt;image&gt;</code>	Remove local image

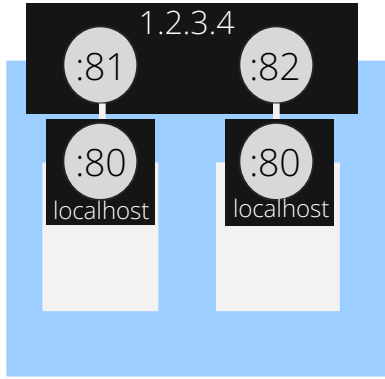


# Hilfreiche Kommandos für Container Troubleshooting

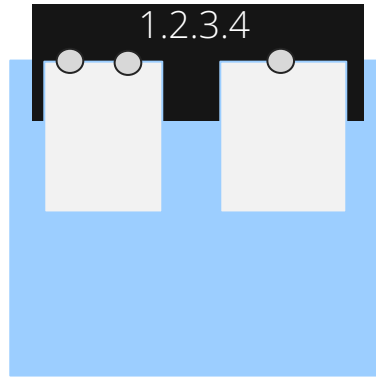
Command	Action
<code>docker inspect &lt;container&gt;</code>	Shows container metadata (e.g. IP)
<code>docker logs &lt;container&gt;</code>	Prints container syslog
<code>docker top &lt;container&gt;</code>	Prints all running processes within a container (like <code>ps -a</code> within the container)
<code>docker exec -ti &lt;container&gt; /bin/sh</code>	Connect terminal to running container
<code>docker stats &lt;container&gt;</code>	Shows container runtime statistics (e.g. CPU usage, IO intensity, ...)
<code>docker system prune</code>	Removes all stopped containers, all unused images and all unused volumes
<code>docker history &lt;image&gt;</code>	Show the Dockerfile commands for each image layer

# Die Docker Networking Modes.

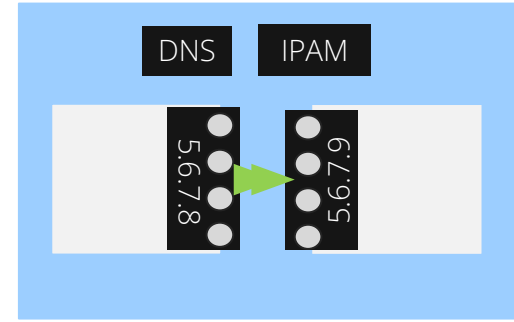
- Docker erlaubt ein getrenntes Netzwerk zwischen docker containern aufzubauen.



Bridge



Host



Overlay Network

```
docker network ls
```

```
docker network inspect bridge
```

```
docker network create --driver overlay multi-host-network
```

```
docker network connect multi-host-network container1
```

○ Bound port

■ Network interface

□ Guest

■ Host

# https://github.com/veggemonk/awesome-docker

This repository

Search

Pull requests

Issues

Gist

veggemonk/awesome-docker

Watch

406

Star

4,796

Fork

536

Code

Issues

Pull requests

Projects

Wiki

Pulse

Graphs

A curated list of Docker resources and projects

http://veggemonk.github.io/awesome-docker/

801 commits

4 branches

1 release

138 contributors

Create new file

Upload files

Find file

Clone or download

Branch master

New pull request

gveggemonk committed on GitHub Merge pull Latest commit Bff5333 a day ago

travis: fix from travis@p40h-2 - u

o.ottoone

ottoone

10 months ago

o.travis

Update travis.yml

28 days ago

o.CONTRIBUTING...

fix contributing link

6 months ago

o.LICENSE.md

Change License.md

a year ago

o.README.md

Added 'Where to start - on Windows' section

3 days ago

o.README.md

Awesome Docker

Linux

Windows

Mac

A curated list of Docker resources and projects inspired by @brendanruff/awesome and improved by these amazing contributors.

It's now a GitHub project because it's considerably easier for other people to edit, fix and expand on Docker using GitHub. Just click README.md to submit a pull request. If this list is not complete, you can contribute to make it so.

Please, help organize these resources so that they are easy to find and understood for new comers. See how to Contribute for tips!

If you see a link here that is not (any longer) a good fit, you can fix it by submitting a pull request to improve this file. Thank you!

The creators and maintainers of this list do not receive and should not receive any form of payment to accept a change made by any contributor. The goal of this repo is to index articles, learning materials and projects, not to advertise for profit. All pull requests are merged by default and removed if inappropriate or unavailable, or fixed when necessary.

All links are monitored and tested with awesome\_bot made by @dhamaming

What is Docker ?

Docker is an open platform for developers and sysadmins to build, ship, and run distributed applications. Consisting of Docker Engine, a portable, lightweight runtime and packaging tool, and Docker Hub, a cloud service for sharing applications and automating workflows, Docker enables apps to be quickly assembled from components and eliminates the friction between development, QA, and production environments. As a result, IT can ship faster and run the same app, unchanged, on laptops, data center VMs, and any cloud.

Source: What is Docker

Where to start ?

10-minute Interactive Tutorial

Docker Training

Read this complete article: Basics - Docker, Containers, Hypervisors, CephFS

Watch the video: Docker for Developers (54:26) by @lpetazzo

Docker Jumpstart: a quick introduction

Docker Curriculum: A comprehensive tutorial for getting started with Docker. Teaches how to use Docker and deploy dockerized apps on AWS with Elastic Beanstalk and Elastic Container Service.

Install Docker on your machine and play with a few Useful Images

Try Panamax: Docker Management for Humans It will install a CoreOS VM with VirtualBox and has nice front end

Install Docker Toolbox Docker: Toolbox is an installer to quickly and easily

- Docker Containers on the desktop by @frazzle! The funniest way to learn about docker! (Tips: checkout her profiles and her dockerfiles)
  - Container Images and Full Images by @frazzle @ DockerCon 2015 MUST WATCH VIDEO (38:50)
  - Learn Docker Full environment set up, screenshots, step-by-step tutorial and more resources (video, articles, cheat sheets) by @dnyr!
  - Docker Caveats: What You Should Know About Running Docker in Production (written 11 APRIL 2016) MUST SEE
  - How to Whole Learn Docker in your web browser, no setup or installation required.
  - Docker for all - Developers, Testers, DevOps, Product Owners - Videos Docker Training Videos for all
- Where to start - on Windows ?
- Windows Containers Quick Start Overview of Windows containers, drilling down to Quick Starts for Windows 10 and Windows Server 2016
  - Build And Run Your First Docker Windows Server Container Walkthrough installing Docker on Windows 10, building a Docker image and running a Windows container
  - Video: Windows Containers and Docker: The 101 A 20-minute overview, using Docker to run PowerShell, ASP.NET Core and ASP.NET apps
  - A Comparative Study of Docker Engine on Windows Server vs Linux
  - Comparing the feature sets and implementations of Docker on Windows and Linux
  - Docker with Microsoft SQL 2016 + ASP.NET Demonstration running ASP.NET and SQL Server workflows in Docker
  - Running a Legacy ASP.NET App in a Windows Container: Steps for Dockerizing a legacy ASP.NET app and running as a Windows container
  - Exploring ASP.NET Core with Docker in both Linux and Windows Containers Running ASP.NET Core apps in Linux and Windows containers, using Docker for Windows

- MENU
- What is Docker ?
  - Where to start ?
  - MENU
  - Useful Articles
    - Main Resources
    - General Articles
    - Deep Dive
    - Networking
    - Metal
    - Multi-Server
    - Cloud Infrastructure
    - Good Tips
    - Newsletter
    - Continuous Integration
    - Optimizing Images
    - Service Discovery
    - Security
    - Performances
    - Raspberry Pi & ARM
  - Books
    - In English
    - Chinese
    - German
    - Portuguese
  - Tools
    - Terminal User Interface
    - Dev Tools
    - Continuous Integration / Continuous Delivery
    - Deployment
    - Hosting for repositories (registries)

- Reverse Proxy
  - Web Interface
  - Local Container Manager
  - Volume management and plugins
  - Useful Images
  - Dockerfile
  - Docker Compose file
  - Storing Images and Registries
  - Monitoring
  - Networking
  - Logging
  - Deployment and Infrastructure
  - Pa6s
  - Remote Container Manager / Orchestration
  - Security
  - Service Discovery
  - Metadata
  - Sides
  - Videos
    - Main Account
    - Useful videos
  - Interactive Learning Environments
  - Interesting Twitter Accounts
  - People
  - Communities and Meetups
- Useful Articles
- Main Resources
- Docker Weekly Huge resource
  - Docker Cheat Sheet by @swargent MUST SEE
  - Docker Printable Refcard by @dmonmond
  - CenturyLink Labs
  - Valuable Docker Links Very complete
  - Docker Ecosystem (Mind Map) MUST SEE
  - Docker Ecosystem (PDF) MUST SEE find it on blog by Bryngolar Peter.
  - Blog of @frazzlezacell
  - Blog of @lpetazzo
  - Blog of @pgrum
  - Blog of @jwilder
  - Blog of @crosbymichael
  - Blog of @delfraba
  - Blog of @bebgas
  - Blog of @dcodeio
  - Digital Ocean Community
  - Container42
  - Container solutions
  - DockerOne Docker Community (in Chinese) by @LYingJie
  - Project Web Dev : Article series: How to create your own website based on Docker
  - Docker vs. VMlet Combining Both for Cloud Portability Nirvana
  - Docker Containers on the desktop by @frazzle! The funniest way to learn about docker! (Tips: checkout her profiles and her dockerfiles!)
  - Awesome Linux Container more general about container than this repo, by @Friz-zy.
- General Articles
- Getting Started with Docker by @fideloper -- Servers For Hackers is valuable resource. At some point, every programmer finds themselves needing to know their way around a server.
  - What is Docker and how do you monitor it?
  - How to Use Docker on OS X: The Missing Guide
  - Docker for Java Developers

- Deploying NGINX with Docker
  - Eight Docker Development Patterns
  - Rails Development Environment for OS X using Docker
  - Logging on Docker: What You Need to Know - see the video (~50min)
  - Comparing Five Monitoring Options for Docker
  - Minimalistic data-only container for Docker Compose (Written Mar 1, 2015)
  - Running Docker Containers with Systemd
  - Dockerizing Flask With Compose and Machine - From Localhost to the Cloud -- GitHub Learn how to deploy an application using Docker Compose and Docker Machine (written 17 April 2015)
  - Why and How to use Docker for Development (written 28 APR 2015)
  - Automating Docker Logging: ElasticSearch, Logstash, Kibana, and Logspout (written 27 APR 2015)
  - Docker Host Volume Synchronization (written 1 JUN 2015)
  - From Local Deployment to Remote Deployment with Docker Machine and Compose (written 2 JUL 2015)
  - Docker Build, Ship and Run Any App, Anywhere by Martin Deans, Wiebe van Gestel, Ma Nijssen, and Rick Wieman from Delft University of Technology (written 2 JUL 2015)
  - Joining the Docker Ship Learn how to contribute to docker (written 9 JUL 2015)
  - Continuous Deployment with Gradle and Docker: Describes a complete pipeline from source to production deploy (includes a complete Spring Boot example project) by @sigalix
  - Containerization and the PaaS Cloud -- This article discusses the requirements that arise from having to facilitate applications through distributed multcloud platforms.
  - Docker for Development: Common Problems and Solutions by @druichas
  - Docker Adoption Data A study by Datadog on the real world Docker usage statistics and deployment patterns.
  - How to monitor Docker (4-part series)
  - Using Ansible with Docker Machine to Bootstrap Host Nodes by @mathiasdolezal
  - Swarn S. Fleet v. Kubernetes v. Mesos Comparing different orchestration tools. (written OCT 2015)
  - The Shortlist of Docker Hosting: There are so many specialized and optimized Docker hosting services available, it's high time for a review to see what's on offer (by Chris Ward).
- Portuguese Articles
- Uma rápida introdução ao Docker e instalação no Ubuntu
  - O que é uma imagem e o que é um container Docker?
  - Criando uma imagem Docker personalizada
  - Comandos mais utilizados no Docker
- Deep Dive
- Creating containers - Part 1 This is part one of a series of blog posts detailing how docker creates containers. by @crosbymichael
  - Data-only container madness
- Networking
- How to Docker Traffic with Weave 0.10 (written 22 APR 2015)
  - How to Route Traffic through a Tor Docker container by @frazzle (written 20 JUN 2015)
  - Demystifying Docker overlay networking. By @nigelboulton
- Metal
- How to use Docker on Full Metal
  - GangCICD A bare essential OS for running the Docker Engine on bare metal or Cloud.
- Multi-Server
- A Docker based mini-PaaS by @plogistic
  - A multi-host scalable web services demo using Docker swarm, Docker compose, NGINX, and Blockbridge

- Cloud infrastructure
- Cloud Infrastructure Automation for Docker Nodes
- Good Tips
- 24 random docker tips by @csabapalfi
  - GUI Apps with Docker by @frghm
  - Automated Nginx Reverse Proxy for Docker by @jwilder
  - Using Nginx with Docker
  - A Simple Way to Dockerize Applications by @jwilder
  - Building good docker images by @lbergknoff
  - 10 Things Not To Forget Before Deploying Docker in Production
  - Docker CIFS - How to Mount CIFS as a Docker Volume
  - Nginx Proxy for Docker (written 9 JUL 2015)
  - Dealing with linked containers dependency in docker-compose by @crotchtrino
  - Docker Tips by @jwilder
  - Docker on Windows behind a Firewall by @kaltioeider
  - Pulling Git into a Docker image without leaving SSH keys behind by @khaah
  - 6 Million Ways To Log In Docker by @raychaser
  - Dockerfile Generator (ruby script)
  - Running Production Hadoop Clusters in Docker Containers
  - 10 practical docker tips (Dec 2015) by @jrodsidem
  - Kubernetes Cheatsheet - A great resource for managing your Kubernetes installation
  - Container Best Practices - Red Hat's Project Atomic created a Container Best Practices guide which applies to everything and is updated regularly.
  - Production Meteor and Node Using Docker, Part 1 by @projektraycast
  - Resource Management in Docker by @managelodgman
- Newslitter
- Docker Team
  - CenturyLink Labs
  - Tatum
  - Shipable
  - WebOps weekly
- Continuous Integration
- Docker and Phoenix: How to Make Your Continuous Integration Merge Awesome
  - Jenkins 2.0 - Sonarcast Series by Virendra Bhalothia
  - Pushing to ECR Using Jenkins Pipeline Plugin by @mikesr87
- Optimizing Images
- Create the smallest possible Docker container
  - Creating a Docker image from your code
  - Optimizing Docker Images
  - How to Optimize Your Dockerfile by @tutumcloud
  - Building Docker Images for Static Go Binaries by @kalishtightower
  - Squashing Docker Images by @jwilder
  - Dockerfile Golf (or optimizing the Docker build process)
  - DockerSlim shrinks fat Docker images creating the smallest possible images.
  - Skinnywhale Skinnywhale helps you make smaller (as in megabytes) Docker containers.
  - MicroBadger - Analyze the contents of images and add metadata labels
- Service Discovery
- @pgrum Service Discovery articles series:
    - Consul Service Discovery with Docker
    - Understanding Modern Service Discovery with Docker
    - Automatic Docker Service Announcement with Registrar