HOCHSCHULE HEILBRONN
TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

Fallstudie Entwicklungswerkzeuge (281761)

Docker

Jerome Tagliaferri*

6. Dezember 2016

Eingereicht bei Paul Lajer

*190530, jtagliaf@stud.hs-heilbronn.de

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **iii**

Abbildungsverzeichnis **iv**

Tabellenverzeichnis **v**

1 Einleitung **1**
1.1 Motivation 1
1.2 Ziel der Arbeit 1
1.3 Vorgehensweise 2

2 Docker Grundlagen **3**
2.1 Definition 3
2.2 Konzepte und Entwicklungsgeschichte 3
2.3 Funktionsweise 4
2.4 Aufbau und Beispiel 7
2.5 Vorteile und Nachteile von Docker 10

3 Docker im Produktiveinsatz **11**
3.1 Anwendungsbereiche - Wer nutzt Docker ? 11
3.2 Tools - Kubernetes / Docker Swarm 11
3.3 Alternativen und Unterschiede ? 14
3.4 Wieso gerade Docker ? 14
3.5 Weshalb kommt der Durchbruch erst jetzt ? 14

4 Fazit - Ausblick **15**

Literaturverzeichnis **16**

Abkürzungsverzeichnis

ABK: ABKÜRZUNG

Abbildungsverzeichnis

2.1 VM vs Container 5
2.2 Treiber 6
2.3 Docker-Images 8

3.1 docker-adoption 12
3.2 docker-swarm 13

Tabellenverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Motivation

In einer extrem kompetitiven wirtschaftlichen Umgebung, welche sich durch die Weiterentwicklung von technischen Systemen immer schneller und vor allem grundlegend verändert, ist es notwendig, seine Dienste auf einer flexiblen und skalierbaren Basis zu betreiben.

Auf diesem Hintergrund, sind viele Technologien im Big Data und Cloud Umfeld entstanden und gewachsen. Allen voran die Virtualisierung von Ressourcen und Systemen als Grundlage des Cloud Computing, mit dem Ziel auf individuelle Wünsche und eine stetig schwankende Ressourcenverteilung zu reagieren. So wie diese Technologie ihren Weg in viele weitere Bereiche geebnet hat, findet die Container Virtualisierung eine immer vielseitigere und intensivere Anwendung. Getragen und weiterentwickelt von Branchengrößen wie Google oder IBM ist die Container Virtualisierung momentan eine der sich am schnellsten wachsenden Bereiche der Informatik welche eine noch stärkere Flexibilität und Automatisierung von Systemen und Ressourcen verspricht.

Aus diesem Grund, stellt die Container Virtualisierung ein relevantes Thema für jede Branche dar, welche mit Soft- und Hardwaresystemen in Kontakt kommt um in einem stetig veränderten Markt zu bestehen.

1.2 Ziel der Arbeit

Diese Ausarbeitung soll als Einstieg in den Bereich Container Virtualisierung dienen und dabei Docker als zentrale Komponente behandeln und vorstellen.

Es soll ein umfassender Einblick in die Thematik und deren unterschiedliche Herangehensweisen erörtert werden, wodurch eingeschätzt werden kann, inwieweit sich die Container Virtualisierung für individuelle Einsatzzwecke eignet. Dabei werden Anregungen für weitere Tools und Systeme gegeben welche diese Funktionalitäten erweitern und teilweise automatisieren.

1.3 Vorgehensweise

Um dieses Ziel zu erreichen, werden die Grundlagen in Form der Idee und grundlegenden Historie und deren Konzepte, welche die Basis von Docker darstellen, erläutert. Weiter wird die Umsetzung dieser Konzepte und deren Erweiterungen betrachtet und auf Basis eines einfachen Anwendungsbeispieles erläutert. Anschließend werden die Ergebnisse gebündelt und in Vor- und mögliche Nachteile unterteilt.

Aufbauend auf diesen Grundlagen werden Anwendungsbereiche vorgestellt, in denen Docker in einem produktiven Umfeld eingesetzt wird und welche Tools den massiven und verteilten Einsatz von Containern erleichtern. Mögliche Alternativen und deren Unterschiede, sowie ein Ausblick in die Zukunft der Container Virtualisierung, sollen diese Arbeit abschließen.

2 Docker Grundlagen

2.1 Definition

Die Bezeichnung Docker findet schon lange nicht nur im Cloud spezifischen Umfeld Erwähnung. Der aufmerksame Nutzer stößt immer öfter schon bei der Installation von Anwendungen auf diesen Term.

Ein Beispiel hierfür wäre das Test und Entwicklungswerkzeug Jenkins, welches nun an erster Stelle die Option eines Docker Containers, als mögliche Installationsquelle, zur Verfügung stellt. [3] Viele weitere Hersteller, welche Werkzeuge anbieten und auf unterschiedlichste Bibliotheken und Dienste angewiesen sind, greifen immer öfter zu Docker. Hierbei stellt sich jedoch die Frage: „Was ist Docker?“

Auf der Offiziellen Seite wird diese Frage mit folgendem Satz beantwortet :

> [1] „*Docker is the world's leading software containerization platform*"

Da diese Aussage wenig bis keinen Informationsgehalt bietet, macht es Sinn, sich zuerst einmal die grundlegenden Konzepte und historische Entwicklung der Container Virtualisierung anzuschauen.

2.2 Konzepte und Entwicklungsgeschichte

Wie so viele Entwicklungen im technischen Umfeld sind die Konzepte und ersten Umsetzungen der Container Virtualisierung schon weitaus älter.

Hierbei tauchten erste Ansätze, welche später den Grundstein darstellen sollten, schon 1979 auf. Es begann dabei alles mit der Idee Services untereinander und vom eigentlichen Host System isolieren zu können.

Dieses Konzept wurde erstmals unter UNIX in der Form des "chrootümgesetzt. Diese Funktion war in der Lage das Hauptverzeichnis eines Prozesses zu isolieren, indem ihm

[1] Vgl. https://www.docker.com/what-docker

ein neuer Ort zugewiesen wurde. Erst im Jahre 2000 wurde diese Funktionalität unter FreeBSD mit dem Namen Jails erneut aufgenommen und erweitert. Diesmal konnte nicht nur das Dateisystem isoliert werden, sondern auch dazugehörige Benutzer, Netzwerk und die zugehörigen Prozesse. Über die nächsten acht Jahre entstanden somit viele weitere Technologien, welche diese Funktionalitäten integrierten. Darunter unter anderem der Linux VServer, Oracle Solaris Zones, OpenVZ oder auch die von Google entwickelten Process Container. Später wurde dann mit ControlGroups, ein weiterer wichtiger Baustein, Teil des Linux Kernels. Erst 2008 entstand dann, durch die Entwicklung bei IBM, das Linux Containers project (LXC) welches die unterschiedlichen Technologien, im Container Umfeld, zusammen brachte und somit die vollständigste Implementierung eines Linux Container Managements darstellte. Die Besonderheit von LXC bestand darin, dass es seine Ressourcen komplett aus dem Linux Kernel bezog ohne dazu zusätzliche Software zu benötigen und somit den Einsatz enorm erleichterte.

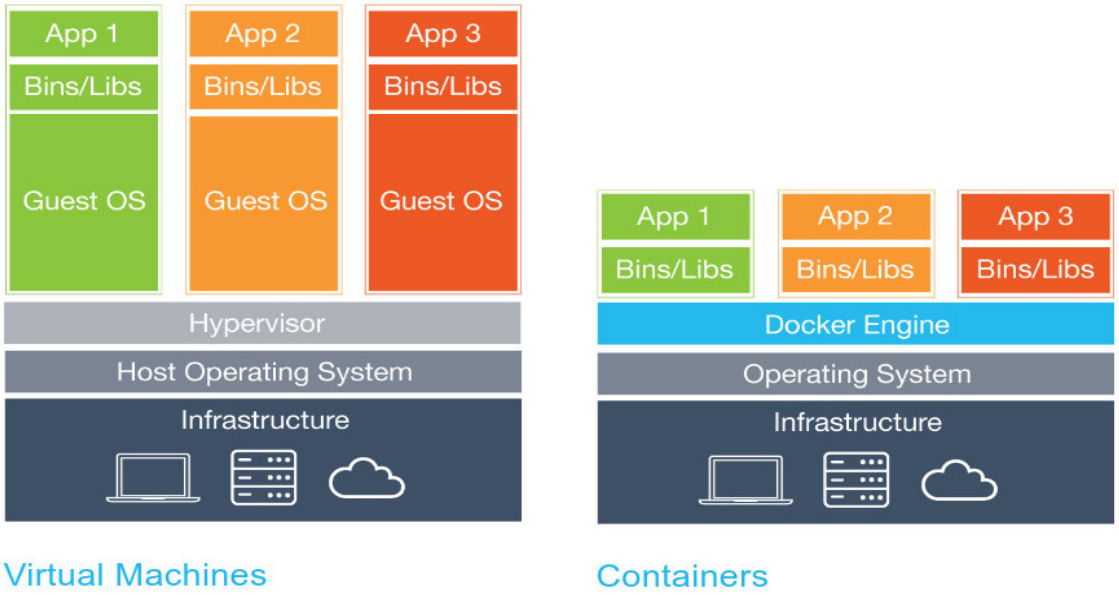
Am 15.03.2013 wurde Docker durch den dotCloud Gründer Solomon Hykes, zum ersten mal der Öffentlichkeit, in einem fünf minütigen Vortrag vorgestellt. Diese Information traf jedoch einen Nerv, wodurch sich diese Ankündigung innerhalb kürzester Zeit weltweit verbreitete. Dies hatte zur Folge, dass große Firmen, allen voran Google, großes Interesse an diesem Projekt verkündeten und es daraufhin auf GitHub offen gelegt wurde.

2.3 Funktionsweise

Abgesehen von der schnellen Verbreitung von Docker war vielen Interessenten die eigentliche Funktionsweise des Frameworks nicht vollständig bewusst. Docker versprach, ein Stück Software in ein komplettes Dateisystem zu verpacken, welches alles beinhaltet was für das Ausführen dieser nötig ist. Konkret bedeutet dies den Quellcode, System Bibliotheken und mögliche zusätzliche Dienste oder Middleware. Die Folge aus diesem vorgehen ist , dass sich die Software immer gleich verhält, egal auf welcher Umgebung sie ausgeführt wird. Hinzu kommt, das Container aufgrund ihrer Größe und Isolation beliebig gestartet oder gestoppt werden können, ohne das Host System zu beeinflussen.

Einige dieser Eigenschaften werden oftmals sehr gerne mit denen virtueller Maschinen verglichen, da es auf den ersten Blick sehr viele Ähnlichkeiten aufweist. Die Entwickler von Docker distanzieren sich jedoch sehr klar von diesem Vergleich und machen dar-

Abbildung 2.1: VM vs Container



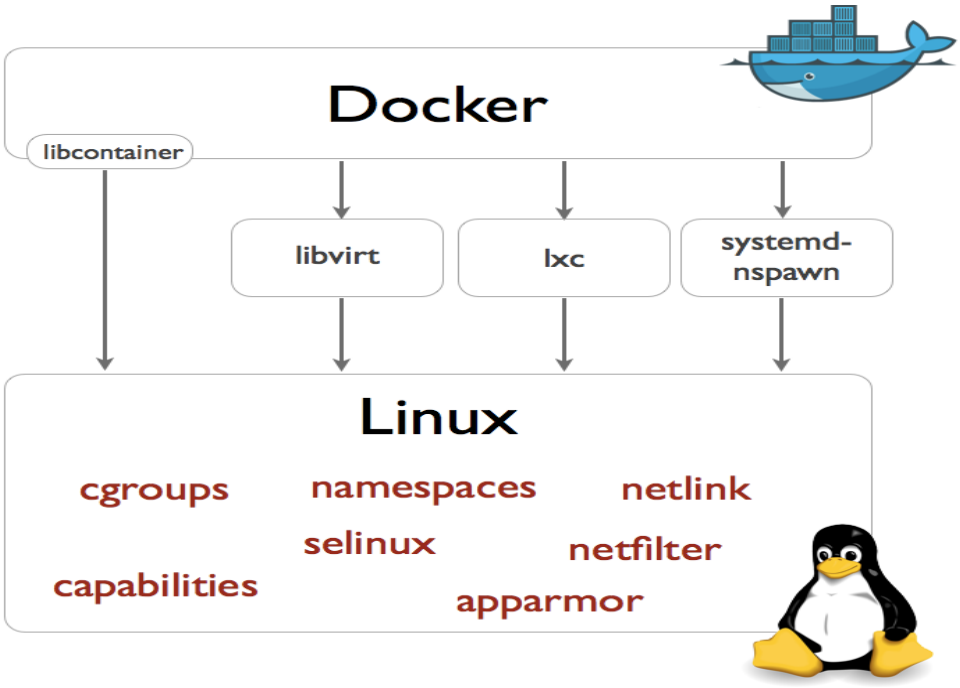
Quelle: www.docker.com/what-docker

auf aufmerksam, dass Docker sehr viel mehr ist. Docker hatte auch nie das bestreben danach, virtuelle Maschinen zu ersetzen, da beide Lösungen teils sehr unterschiedliche Anforderungen erfüllen sollen. Um jedoch die grundlegende Funktionsweise und Unterschiede zu erläutern, macht es Sinn diesen Vergleich zu bemühen.

Wie in der Abbildung 2.1 zu erkennen, liegt ein sehr wesentlicher Unterschied in der Größe der Lösungsansätze, wie auch der Kommunikation zwischen Host-System und Client. Da eine virtuelle Maschine über einen Hypervisor mit dem Host-System kommuniziert, bringt es bei jeder Instanz zusätzlich ein komplettes Gast Betriebssystem mit sich. Dies führt zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch, wodurch nur wenige Instanzen einer Virtuellen Maschine, auf einem Host System ausgeführt werden können. Anwendungsbereiche in welchen eine noch stärkere Isolation aus Sicherheitsgründen notwendig ist, greifen deswegen genau aus diesem Grund auf VMs zurück.

Docker wiederum kann über die Docker Engine direkt die Funktionen des Kernels nutzen und ist dadurch in der Lage mehrere hundert Container gleichzeitig zu betreiben. Gerade hier verliert Docker jedoch an Sicherheit, da alle Applikationen auf denselben Kernel zurück greifen müssen.

Abbildung 2.2: Treiber



Quelle: http://jancorg.github.io/blog/2015/01/03/libcontainer-overview

Damit dies möglich wird, greift Docker auf mehrere Funktionen des Linux Kernels zurück, welche in Abbildung 2.2 dargestellt sind. Folgende zwei Funktionsweisen sind hierbei besonders wichtig:

- **CGroups** : Limitiert und verwaltet die Ressourcen wie CPU , Arbeitsspeicher, Netzwerk und Festplattenzugriff, welche einer Prozessgruppe zugewiesen werden können.
- **Namespace isolation** : Prozessgruppen sind nicht in der Lage die Ressourcen anderer Gruppen zu sehen.

Docker war lange Zeit noch von der LXC-Bibliothek abhängig, entwickelte jedoch parallel dazu eine eigene Lösung namens libcontainer, welche seit Version 0.9 standardmäsig verwendet wird. Diese neue Bibliothek wurde entwickelt um weitere Isolationstechniken zu nutzen und gleichzeitig in der Lage zu sein, alle zentralen Komponenten aus einer Hand liefern zu können. Die Offenlegung dieser Funktion, gab auch Microsoft die Möglichkeit, Docker unter Windows zu unterstützen und öffnete die Tür für weitere Interessenten

eigene Software in diesem Bereich zu entwickeln.

Eine weitere sehr essentielle Komponente stellt UnionFS dar. UnionFS ist ein Dateisystem, welches die Fähigkeit besitzt unterschiedliche Schichten (Standorte) von Dateien zu bündeln und anschließend einem Prozess zur Verfügung zu stellen. Dies nutzt Docker, um nur neue oder veränderte Dateien dem Container Verfügbar zu machen. Hierdurch kann die Geschwindigkeit in der Erstellung und dem Ausführen von Containern erheblich erhöht und beim Einsatz von großen mengen an Containern Speicherplatz gespart werden.

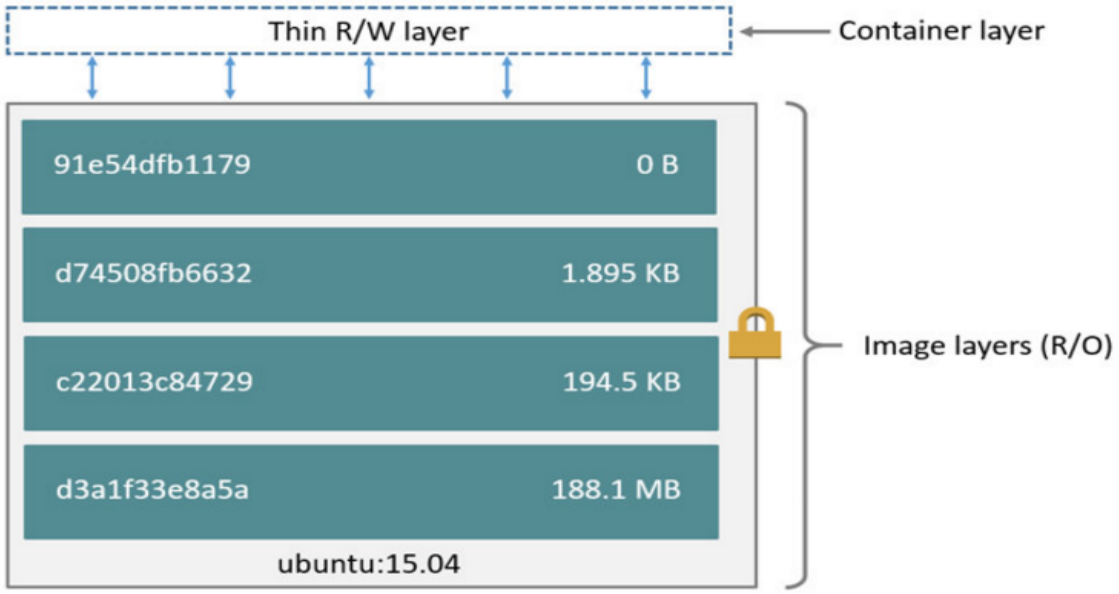
2.4 Aufbau und Beispiel

Aufbauend auf diesen Grundlagen, sollen nun die einzelnen Komponenten vorgestellt und danach an einem praktischen Beispiel angewandt werden. Hierbei liegt der Fokus zuerst auf der Erstellung und Ausführung eines einzelnen Docker Containers.

Die wichtigsten Komponenten sind :

- **Docker daemon**: Docker nutzt eine Client-Server Architektur wobei der Daemon einen serverseitigen Prozess darstellt, welcher die Aufgabe hat Container zu erstellen, auszuführen und zu verteilen.
- **Docker CLI**: Der Docker Client hat die Möglichkeit über eine REST API mit dem Docker daemon zu kommunizieren und Befehle zu übermitteln.
- **Docker Image Index**: Ein öffentliches oder Privates Verzeichnis über alle Docker Images welche vorhanden sind. Möchte man ein Image ausführen, wird meist zuerst lokal nach solchem gesucht, sollte der Prozess nicht fündig geworden sein, wird im Docker eigenen Repository DockerHub weiter gesucht.
- **Docker Images**: Stellt ein Dateisystem mit verschiedenen Parametern dar welches nur gelesen aber nicht beschrieben werden kann.
- **Dockerfiles**: Skripte welche den Bau eines Images vereinfachen und automatisieren.
- **Docker Containers**: Ein Container, welcher sich meist aus mehreren Images zusammen stellt. Diese enthalten alle nötigen Bibliotheken, Quellcode und Dienste

Abbildung 2.3: Docker-Images



Quelle: https://docs.docker.com/engine/userguide/storagedriver/imagesandcontainers/

um die Applikation auszuführen. Wenn ein solcher Container angelegt wird, wird wie in Abbildung 2.3 zu sehen ein neuer Layer angelegt, welcher Veränderungen aufnimmt und speichert.

Das zusammenspiel dieser Komponenten sorgt dafür, dass die Erstellung , Ausführung und Administration von Docker Containern sehr schnell und einfach funktioniert.

Dies soll nun anhand einer Webapplikation verdeutlicht werden. Hierführ gehen wir davon aus, dass Docker bereits installiert und wir eine simple "Hello World !"Django Applikation erstellt haben. Diese nutzt folgende Bibliotheken: Python 3, Django und Gunicorn als Web Server.

1. Um die Erstellung des Containers zu erleichtern, wird im Hauptverzeichnis der Applikation eine requirements.txt angelegt welche unsere Bedingungen enthält.
   In diesem Fall :

   Django==1.9.4
   gunicorn==19.6.0

2. Nun soll ein script erstellt werden, welches später die richtige Ausführung des Web Servers übernehmen soll. Hierzu wird eine start.sh Datei erstellt welche folgenden Inhalt besitzt :

#!/bin/bash
*exec gunicorn helloworld.wsgi:application *
*–bind 0.0.0.0:8000 *
–workers 3

Über den exec Befehl wird hierbei Gunicorn mit unserer helloworld applikation gestartet, welche wir über die lokale Adresse 0.0.0.0 und den Port 8000 ansprechen wollen. Zur Sicherheit und verbesserten Bearbeitung von anfragen werden zusätzlich drei Ärbeiterërstellt.

3. Es kann damit begonnen werden eine Dockerfile im Hauptverzeichnis zu erstellen welche unterschiedliche Befehle beinhalten kann, um die Umgebung anzupassen.

   FROM python:3-onbuild
   COPY . /usr/src
   EXPOSE 8000
   CMD [üsr/src/start.sh"]

4. Das Image muss nun über folgenden Befehl gebaut werden :

   sudo docker build -t helloworld .

   Dies führt docker mit root rechten aus um innerhalb des momentanen Verzeichnisses die Dockerfile abzuarbeiten und einen Container mit dem namen helloworld zu erstellen.

5. Als letzter Schritt muss der Container über das Terminal gestartet werden :

   sudo docker run -it -p 8000:8000 helloworld

   Dies führt den Docker Container helloworld aus und verbindet sich über den Port 8000 mit dem Web Server.

Werden nun Änderungen an der Applikation vorgenommen müssen nur noch die letzten zwei Schritte ausgeführt werden. Hierdurch können Neuerungen an Software Systemen sehr schnell umgesetzt und in Betrieb genommen werden ohne mit Komplikationen konfrontiert zu werden. Dieses kleine Beispiel kann nicht alle Funktionalitäten von Docker umfassen, gibt aber einen ersten Einblick in die Arbeit mit Containern. Ansatzpunkte welche das dargestellte Beispiel erweitern , sind die Verlinkung von Containern (sollte z.b. eine Datenbank hinzukommen) oder auch das erstellen von eigenen Basis Images welche dann veröffentlicht und verteilt werden können.

2.5 Vorteile und Nachteile von Docker

Um die im Kapitel Grundlagen zusammen getragenen Informationen zu bündeln wird nun auf die allgemeinen Vor- und Nachteile der Docker Container eingegangen.

Vorteile :

- Container sind extrem klein und skalierbar wodurch sie innerhalb kürzerster Zeit erzeugt und ausgeführt werden können um veränderten Anforderungen gerecht zu werden. - Sie verhalten sich auf jeder Umgebung immer gleich und man kann dadurch sicher sein bei einem lauffähigen Container auf keine Probleme zu stoßen. - Beinhalten im Vergleich zu VMs keinen Overhead im Bezug auf das Betriebssystem - Prozessen können gezielt Ressourcen zugewiesen werden - Viele vorgefertigte Applikationen z.B. Jenkins, PostgreSQL, Ubuntu, Wordpress stehen über DockerHub zur Verfügung und sind innerhalb weniger Sekunden einsatzbereit. - Durch den Einsatz von Containern, können Entwickler Software schneller entwickeln und sie in einer Produktivumgebung testen. - Verringert die Komplexität der Entwicklung, da jeder mit der exakt selben Umgebung arbeitet. - Sind durch ihre Größe und Isolation sehr gut für Microservices geeignet - Umgebungen werden automatisiert erstellt wodurch Zeit eingespart wird

Nachteile :

- Leichtsinnigkeit kann zu Sicherheitsproblemen führen, da alle Container auf denselben Kernel zugreifen - Da Docker Images nur lesbar sind müssen Daten extern über Volumes zur Verfügung gestellt werden - Docker kann auf Windows und MacOSX ausgeführt werden, verliert jedoch auf diesen Plattformen an Geschwindigkeit

Es sei jedoch gesagt, dass Docker einer wahnsinnig schnellen Entwicklung unterliegt und einige der genannten Negativ Aspekte bereits bearbeitet werden. Man kann davon ausgehen, dass auch im bereich Monitoring und Usability noch viel geschehen wird.

3 Docker im Produktiveinsatz

3.1 Anwendungsbereiche - Wer nutzt Docker ?

Es ist nicht verwunderlich, dass Docker von einer Firma wie dotCloud entwickelt wurde. Im Bereich von PAAS war der Druck wie auch der Wunsch, auf Veränderungen im Anforderungsverhalten der Nutzer, schnell und automatisiert reagieren zu können, am stärksten spürbar. Ein Blick auf die Unternehmen, welche Docker am stärksten Unterstützen bestätigt diese Behauptung : Cisco - Google - Huawei - IBM - Microsoft - Red Hat Solch ein Unterstützer Stamm, zeigt deutlich wie wichtig diese Technology in Zukunft sein wird.

Betrachtet man Abbildung 3.1 wird deutlich, dass gerade im Webservice Bereich in Verbindung mit BigData Anwendungen, Docker am stärksten eingesetzt wird. Um jedoch eine Vorstellung des Umfangs zu bekommen in wieweit Container eingesetzt werden, hilft ein Zitat von Joe Beda, Software Entwickler bei Google, welcher im Jahre 2014 folgendes verkündete.

> [1] „*Everything at Google runs in a Container*"
> „*We start over 2 billion containers per week.*"

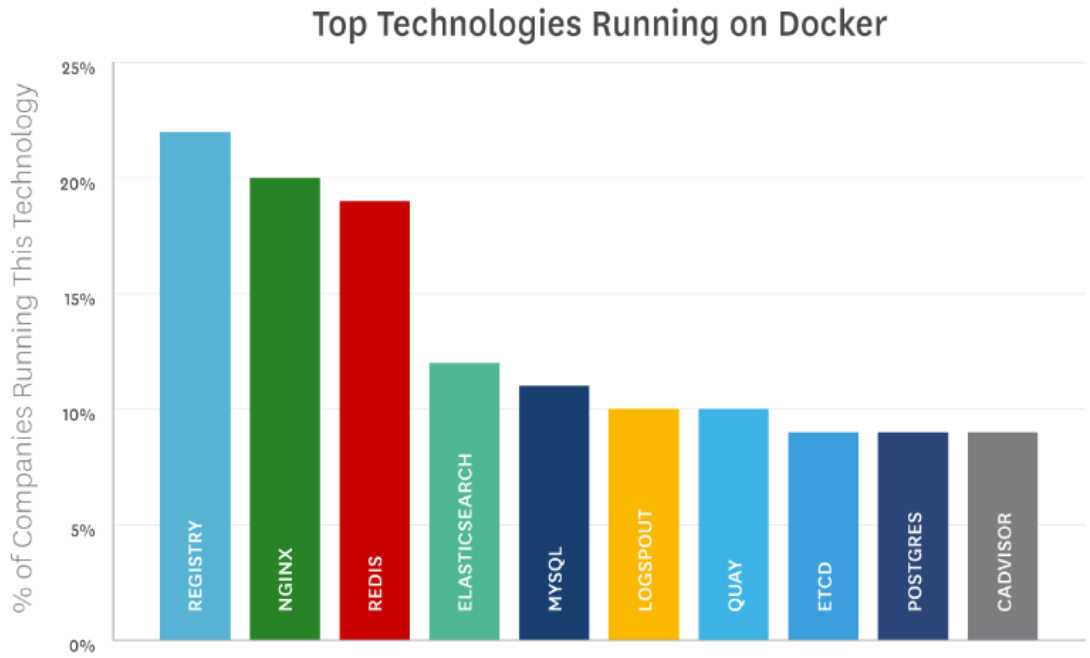
Anwendungsbereiche, welche Docker bereits im Produktiveinsatz nutzen, beschränken sich jedoch nicht nur auf große Cloud Dienstleister. Gerade im Bereich der Software Entwicklung beginnen viele Teams Docker für sich zu entdecken um Probleme und barrieren bei DevOps zu überwinden. Der Grund hierbei liegt in der einfachen Art und Weise unterschiedlichste Umgebungen und Tools zur Verfügung zu stellen. Diese unterstützen den Entwickler nicht nur , sondern geben ihm die Möglichkeit Software in einer Produktivumgebunge zu entwickeln und testen.

3.2 Tools - Kubernetes / Docker Swarm

Der Einsatz von großen Mengen an Containern erzeugt ganz natürlich einen enormen Verwaltungs und Konfigurationsaufwand. Aus diesem Grund entstanden sehr schnell unterschiedliche Lösungsansätze um große Teile davon zu automatisieren. Selbst kleine Web

[1] Vgl. https://speakerdeck.com/jbeda/containers-at-scale

Abbildung 3.1: docker-adoption



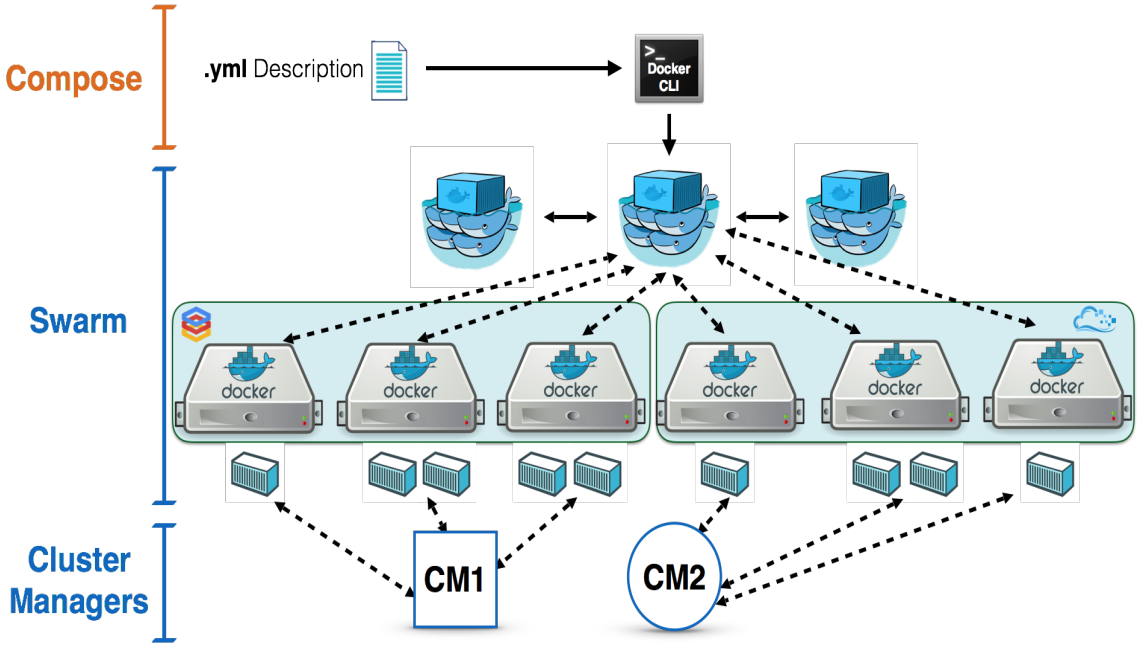
Quelle: https://www.datadoghq.com/docker-adoption/

Projekte bestehen aus unterschiedlichen Services welche zusammen arbeiten müssen um eine lauffähige Applikation zu kreiren. Hierzu gehören Datenbanken, Authentifzierungsservices, Web Server und Load Balancer um nur wenige zu nennen. Um den Betrieb der Hauptapplikation im falle von Problemen oder Änderungen nicht vollständig zu gefärden, empfiehlt es sich für jeden Service eine isolierte Umgebung zu schaffen. Dies führt jedoch in der Praxis sehr schnell zu verwirrung und aufwändiger Dokumentation, welchem meist unnötige Konflikte folgen. Ein Tool welches diese Problematik lösen soll ist Docker Compose. Hierbei wird die gesammte Applikationsumgebung in einer Konfigurationsdatei genau definiert und kann dann mit nur einem Befehl in Betrieb genomen werden. Um den Pool an Containern von möglichen weiteren abzugrenzen, wird diesem ein Projekt Name zugewiesen, über welchen die einzelnen Services ansprechbar sind.

Vorteile beim Einsatz von Compose sind z.B.:

- Mehrere Webapplikation welche aus verschiedenen Containern bestehen, können parrallel ausgeführt werden ohne miteinander in Konflikt zu geraten. Dies ist gerade im Bezug auf Entwicklungsumgebungen von Vorteil. - Die Konfigurationsdatei dient zusätzlich als Dokumentation - Durch die schnelle Inbetriebnahme werden automatisierte Tests stark vereinfacht.

Abbildung 3.2: docker-swarm



Quelle: https://blog.docker.com/2015/11/deploy-manage-cluster-docker-swarm/

Compose funktionisert jedoch nur auf einem Host und ist deshalb nicht für große und verteilte Applikationen einsetzbar. Auch hier entstand im laufe der Entwicklung des Docker Frameworks eine Native Cluster Lösung. Bekannt unter dem Namen Docker Swarm sorgt dieses Tool dafür (siehe Abbildung 3.2), unterschiedliche Host Systeme zu einem virtuellen Docker Host zu bündeln.

Es bringt zusätzlich funktionalitäten wie hohe Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit mit sich. Dabei ist die Inbetriebnahme nicht weiter Komplex und auch durch drittanbieter Tools umsetzbar. Dies wird durch den kompletten Support der Docker API möglich und folgt auch hier folgendem Leitsatz :

[1] „*"batteries included but removable"*

Seit Version 1.12.0 ist Swarm nun ein fester Bestandteil der Docker Engine. https://docs.docker.com/engine/swarm/

Bevor Docker überhaupt veröffentlicht wurde, experimentierte Google schon seit langem mit LXC Containern und entwarf hierfür eine Cluster Lösung. Mit der steigenden Beliebtheit von Docker stellte Google schließlich sein System Kubernetes als Open Source

[1] Vgl. https://docs.docker.com/v1.6/swarm/

Lösung zur Verfügung. Die Idee der Bündelung von Containern unterscheidet sich kaum zwischen Docker Swarm und Kubernetes. Jedoch kann Kubernetes auf einen Erfahrungsschatz von über 15 Jahren im produktiven Umfeld zurück greifen. Einige Funktionen sind z.B. :

- Einem Container Bündel (auch Pod genannt) können klare CPU und RAM vorgaben erteilt werden, wodurch automatisiert der optimale Knoten ausgewählt werden kann. - Kubernetes entscheidet automatisiert wieviele Pods gerade aktiv sein müssen. - Es ist möglich einen Rollout im laufenden Betrieb durchzuführen ohne den Betrieb hierfür zu unterbrechen. Sollte dabei ein Problem auftauchen, wird automatisch ein Rollback durchgeführt. - Support für unterschiedlichste Speichermöglichkeiten. Egal ob Lokal oder von einem Cloud Dienstleister. - Automatisierte Bereinigung von abgestürzten Containern und Knotenpunkten

Obwohl Docker Swarm und Kubernetes versuchen diesselben Probleme zu lösen, so sind die Lösungsansätze doch sehr verschieden und können je nach Anwendungsfall besser oder aber auch schlechter sein.

3.3 Alternativen und Unterschiede ?

Wie anfangs betont ist die Geschichte der Container Virtualisierung weitaus älter und umfangreicher als man dies vermuten möchte. Deshalb stellt sich auch die Frage, welche Alternativen es zu Docker gibt. Aus diesem Grund, soll hier eine Auflistung einiger Alternativen und derere Unterschiede entstehen.

3.4 Wieso gerade Docker ?

3.5 Weshalb kommt der Durchbruch erst jetzt ?

4 Fazit - Ausblick

Im Schlusswort / Fazit („Was ich gesagt habe und was daraus folgt“) kann ein kurzer Rückblick auf das Thema erfolgen. Wenn das Thema dies zulässt, können auch Zukunftsperspektiven aufgezeigt und höchst subjektive Bewertungen des Verfassers eingebracht werden. - Wie soll es weiter mit Docker gehen, was sagt der momentane Plan ? (Roadmap)

Literaturverzeichnis

[1] Manuel René Theisen: *Wissenschaftliches Arbeiten: Technik – Methodik – Form*; 15. Auflage; Vahlen; München 2011; ISBN 978-3-8006-3830-7

[2] *Hochschule Heilbronn*; http://www.hs-heilbronn.de/; abgerufen am 14.08.2010

[3] *Jenkins*; https://jenkins.io/; abgerufen am 02.12.2016

[4] *Docker*; https://www.docker.com/what-docker; abgerufen am 02.12.2016