Web-basierte Systeme – Übung

06: Node.js, MongoDB und Aufgabe 5

Wintersemester 2025

Arne Vogel, Maxim Ritter von Onciul

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Übersicht

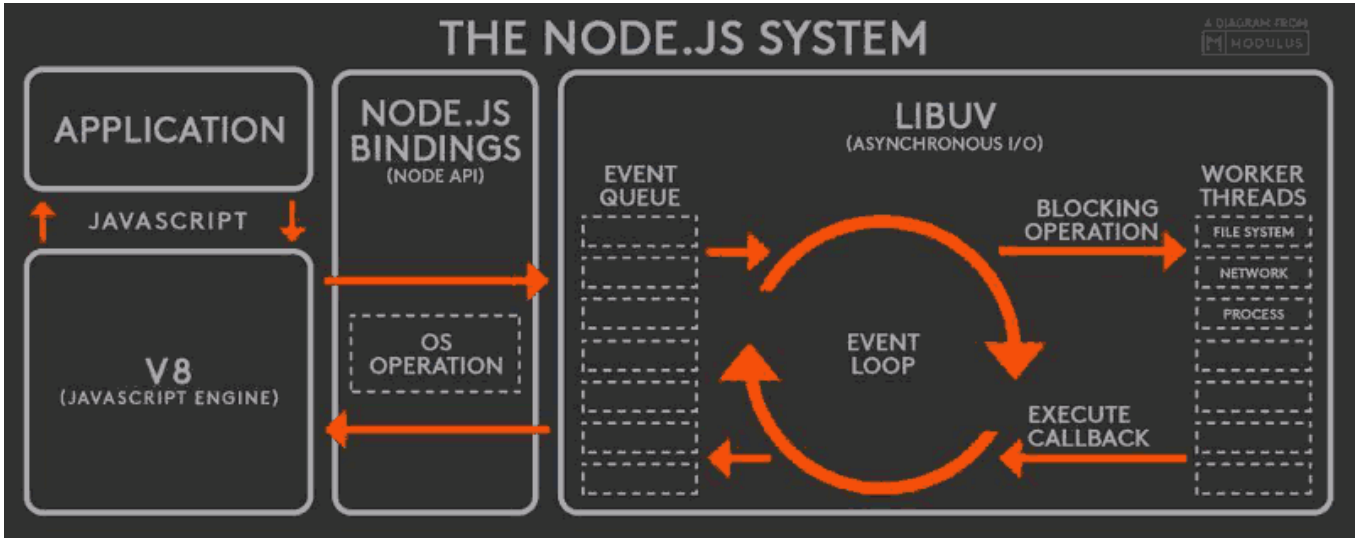
Node.js

Übersicht

Node.js: Überblick

- Node.js ist eine **serverseitige** Laufzeitumgebung für JavaScript
- **Node.js = V8 + Event Loop + Async. I/O API**
- **npm**: Packetmanager für Node.js
- Alle I/O Operationen **non-blocking** möglich

Node.js: Event Loop



- **Ein Thread** führt JS des Entwicklers + Event Loop aus
- Anfragen werden **direkt vom OS** oder von **Worker Threads** bearbeitet

Quelle: `https://www.timcosta.io/the-node-js-event-loop/`

Node.js: non-blocking I/O (Übersicht)

- Alle I/O Operation haben **synchrone** und **asynchrone** Versionen
  - Synchron: Direkter Aufruf mit Argumenten
  - Asynchron: Zusätzliches **Callback** Argument
- Beispiel aus der Node.js API:
  - `fs.readFileSync(path[, options])`
  - `fs.readFile(path[, options], callback)`
- Callback Funktionen
  - Konvention: Error Objekt ist **immer** der erste Parameter
  - Bsp. für `readFile`: `function(err, data) {...}`
  - Je nach API Call mehr/andere Parameter möglich!
- **Promises**-basierte API
  - Gleiche API-Aufrufe, aber Promise wird returnt
  - z.B. `fs.promises`

Node.js: non-blocking I/O (Beispiel)

Synchrones Lesen einer Datei:

```
1  const fs = require('fs');
2  const data = fs.readFileSync('file.md'); // blocks here
3  console.log(data);
4  moreWork(); //will run after console.log
```

Asynchrones Lesen einer Datei:

```
1  const fs = require('fs');
2  fs.readFile('file.md', (err, data) => { // does NOT block here
3    if (err) throw err;
4    console.log(data);
5  });
6  moreWork(); //will run before console.log
7
```

Node.js Module

- Node.js bietet viele **Module**, welche unterschiedliche Funktionen implementieren, Beispiele (built-in):
  - Datei- und Netzwerkzugriff: `fs` und `net`
  - Netzwerkprotokolle: `http`, `dns`, ...
  - Kyptographie: `crypto`, `tls`
  - Kompression: `zlib`
  - ...
- Quasi **Libraries** für Node.js
- Hunderttausende zusätzliche Pakete in **npm**
- Module werden mit dem Schlüsselwort `require` eingebunden

```
1  var net = require('net');
2  var client = new net.Socket();
3  client.connect(1337, '127.0.0.1', function() {
4          client.write('Hello, server! Love, Client.');
5  });
```

Eigene Node.js Module

- Module **exportieren** JavaScript Objekte
- Zum Beispiel Funktionen:

```
1  // bar.js
2  module.exports.bar = function () {
3          console.log('bar!');
4  }
```

- Eigene Module können dann auch mit `require` verwendet werden:

```
1  // app.js
2  var lib = require('./bar.js');
3  lib.bar();
```

Events

- Mit Node.js lassen sich **Event-getriebene** (event-driven) Anwendungen bauen
- **Events** werden von **Emittern** ausgesendet
- **Listener** sind Funktionen, die bei Events ausgeführt werden
- Dazu müssen Listener mit der `.on()` Methode **registriert** werden

```
1  const EventEmitter = require('events');
2  class MyEmitter extends EventEmitter {}
3
4  const myEmitter = new MyEmitter();
5  myEmitter.on('event', () => {
6    console.log('an event occurred!');
7  });
8  myEmitter.emit('event');
9
```

Node.js Events: Beispiel Webserver

- Server hört auf Port 8081
- GET Requests werden mit dem String `Hello World!` beantwortet
- Alle anderen Requests werden ignoriert
- Dokumentation: `https://nodejs.org/api/http.html`

```
1  var http = require('http');
2  var server = http.createServer().listen(8081);
3
4  server.on('request', function (request, response){ //Behandlung des Events 'request'
5          if (request.method==='GET'){
6                  response.writeHead(200, {'Content-Type': 'text/html'});
7                  response.end("Hello World!\n");
8          }
9  });
```

Node.js: Express

- Meistgenutztes Web-Framework für Node.js
- Bereits als Abhängigkeit des Servers vorgegeben
  - Installierbar mit `npm install` (siehe Übungblatt)
- Antworten auf HTTP Requests werden über **Routen** definiert
- Das app-Objekt stellt `.get()`, `.post()`, ... zur Verfügung

```
1  var express = require('express');
2  var app = express();
3
4  // GET method route
5  app.get('/', function (req, res) {
6    res.send('GET request to the homepage')
7  })
8
9  // POST method route
10 app.post('/', function (req, res) {
11   res.send('POST request to the homepage')
12 })
```

Node.js: Express

- Pfade der Route können natürlich angepasst werden

```
1  app.get('/', function (req, res) {
2    res.send('root')
3  })
4
5  app.get('/about', function (req, res) {
6    res.send('about')
7  })
8
9  app.get('/users/:userId/', (req, res) => {
10   res.send(req.params) // /user/vogel => req.params: { "userId": "vogel" }
11 })
```

- Dabei sind auch reguläre Ausdrücke möglich:
  - /ab?cd → acd und abcd
  - /ab+cd → abcd, abbcd, abbbcd, ...
  - /ab*cd → abcd, abxcd, abRANDOMcd, ab123cd, ...
  - ...

Node.js: Express

- Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit können die Definitionen von Routen in externe JavaScript-Dateien **ausgelagert** werden:

```
1  const index = require('./routes/index.js');
2  const service = require('./routes/service.js');
3
4
5  app.use('/', index);
6  app.use('/service', service);
```

Node.js: express-ws

- Das NPM Paket `express-ws` bietet Endpunkte von WebSockets für Express

```
var router = express.Router();

router.ws('/ws', function(ws, req) {
  ws.on('message', function(msg) {
    ws.send("message received!");
  });
});

app.use("/", router);
```

Node.js: Umgebungsvariablen

- Mit **Umgebungsvariablen** kann man einfach Paramter an Node.js Anwendungen weitergeben
- Die Variable wird in der Bash gesetzt:

```
$ TESTVAR="hello" nodejs app.js
```

- Und kann in Node.js ausgelesen werden:

```
const testvar = process.env.TESTVAR;
```

- Auch Standardwerte können definiert werden:

```
const testvar = process.env.TESTVAR || 'default_value';
```

MongoDB

Übersicht

MongoDB

- MongoDB ist eine quelloffene NoSQL-Datenbank
  - Abgeleitet vom engl. humongous, „gigantisch“
  - NoSQL: **nicht** relational!
  - Keine Festlegung auf Tabellenschemata
  - Stattdessen werden Daten als **Dokumente** abgelegt
- Ablage von **JSON-ähnlichen Objekten**
  - Erweiterung von JSON $\rightarrow$ Binary JSON (BSON)
  - Vorteile: geringere Speicherbelegung, schneller zu parsen
- Bekannt für **hohe Skalierbarkeit**
- Oft eingesetzt in Webanwendungen
  - MEAN-Stack: MongoDB, Express, Angular, Node.js
  - MERN-Stack: MongoDB, Express, React, Node.js

MongoDB: mongoose ODM

- **Mongoose** ist ein ODM Tool für MongoDB
- ODM: Object Document Mapper
  - Objekt im Code $\rightarrow$ Dokument in Datenbank
- **Schema:** Mapping von Objekten zu MongoDB
- Schemas werden zu **Models** kompiliert
- Models bieten verschiedene Methoden:
  - Neues Dokument erzeugen: `new Model()`
  - Neues Dokument speichern: `Model.save()`
  - Alle Vorkommen finden: `Model.find()`
  - Einzelnen Eintrag löschen; `Model.deleteOne()`
  - Einzeln Eintrag ändern: `Model.updateOne()`

MongoDB: mongoose ODM (Beispiel)

```
1  const mongoose = require('mongoose');
2  mongoose.connect('mongodb://localhost:27017/test', {useNewUrlParser: true});
3
4  //new schema
5  var catSchema = new mongoose.Schema({
6    name: String
7  });
8
9
10 //new model:
11 const Cat = mongoose.model('Cat', catSchema);
12
13 //create new cats
14 const cat1 = new Cat({ name: 'Simon' });
15 const cat2 = new Cat({ name: 'Garfield' });
16
17 //save cats
18 cat1.save();
19 cat2.save().then(function(){
20         console.log("cat2 saved!");
21         Cat.find({}, function(err, cats){ //{} is an empty Conditions Object
22                 console.log(cats)
23                 mongoose.connection.close();
24                 console.log("connection closed");
25         });
26 });
```

Virtualisierung & Docker

Übersicht

Virtualisierung

- **Schaffung virtueller Ressourcen auf Basis von physischen**
  - Analog zu multitasking Betriebssystemen
  - Virtual Machine Monitor (VMM), **Hypervisor**

  $\rightarrow$ Virtuelle Maschine (VM)

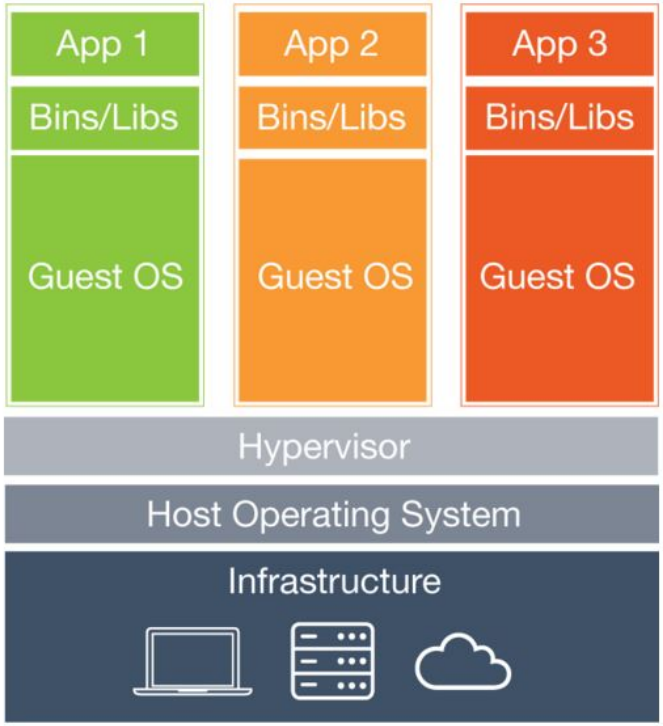
- Ziele von Virtualisierung
  - Bessere Ausnutzung existierender Ressourcen
  - Erhöhung von Verlässlichkeit und Sicherheit
  - Höhere Skalierbarkeit von Systemen
  - Zentralisierung von Systemadministration
  - Betrieb von Altsystemen ohne alte Hardware

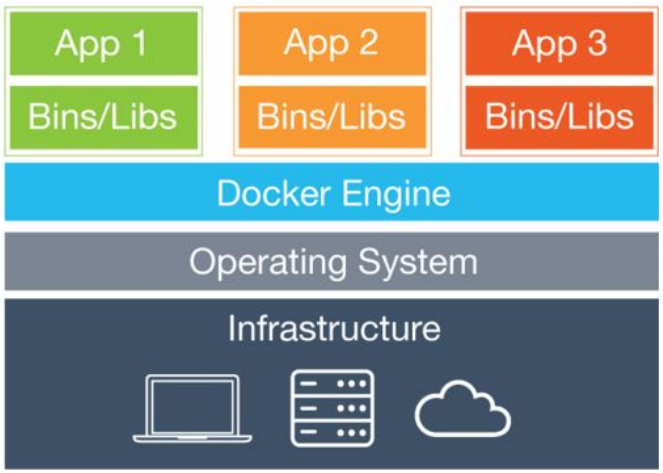
- **Problem:** Hoher Ressourcenbedarf $\rightarrow$ Containervirtualisierung

Containervirtualisierung

- Gleiche Ziele wie normale Virtualisierung
- Es werden **nur einige** Betriebsmittel isoliert
- Bspw. gemeinsame Nutzung des Betriebssystemkerns
- Bekannteste Implementierung: **Docker**
- **Problem:** Schwache Isolation ggü. normaler Virtualisierung

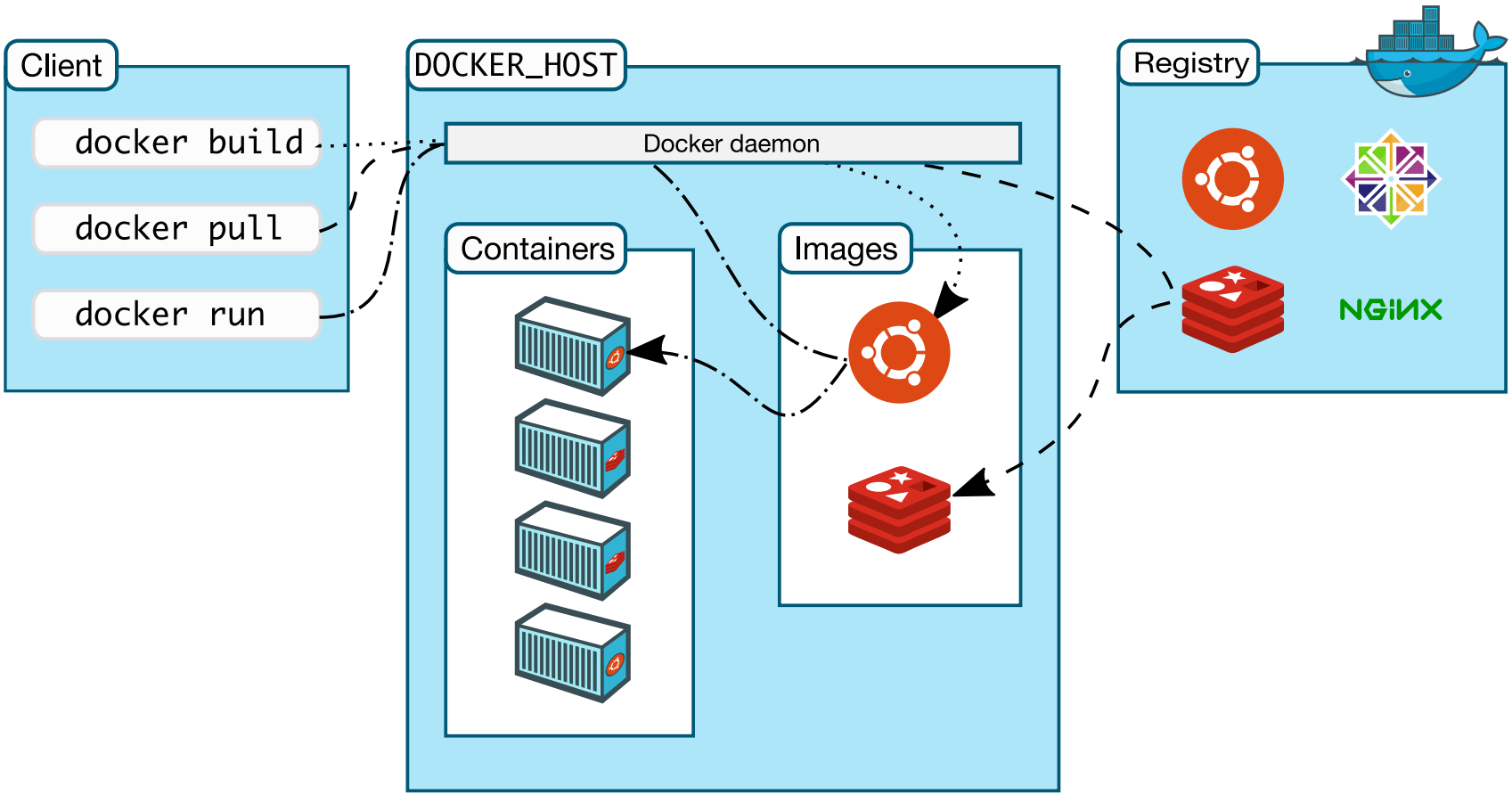
Virtualisierung vs. Docker





Quelle: `https://www.stratoscale.com/blog/compute/linux-containers-benefits-and-market-trends/`

Docker: Interface



Quelle: https://docs.docker.com/engine/docker-overview/

Docker als Deployment Tool

- Durch die **Kapselung** von Anwendung und Bibliotheken eignet sich Docker sehr gut als **Deployment Tool**
- Anwendungen können mit allen Abhängigkeiten gebündelt als Dockercontainer vertrieben werden
- Anwendungen mit **mehreren Kompententen** beinhalten dann mehrere Dockercontainer
- Die Kommunikation zwischen diesen kann mit `docker-compose` konfiguriert werden

Docker: `docker-compose`

- Mit `docker-compose` können Anwendungen bestehend aus **mehreren Docker Containern** definiert und ausgeführt werden
- Konfiguration über YAML-Datei `docker-compose.yml`:

```yaml
services:
  mongodb:
    restart: always
    image: mongo:latest
    ports:
      - "27017:27017" # this is dangerous! Dont do this in a production system

  node:
    restart: always
    build: ./chat_server
    environment:
      - DB_URL= mongodb://mongodb/chatDB
    links:
      - mongodb
    command: npm start
```

- `docker-compose` bereits auf VMs vorinstalliert

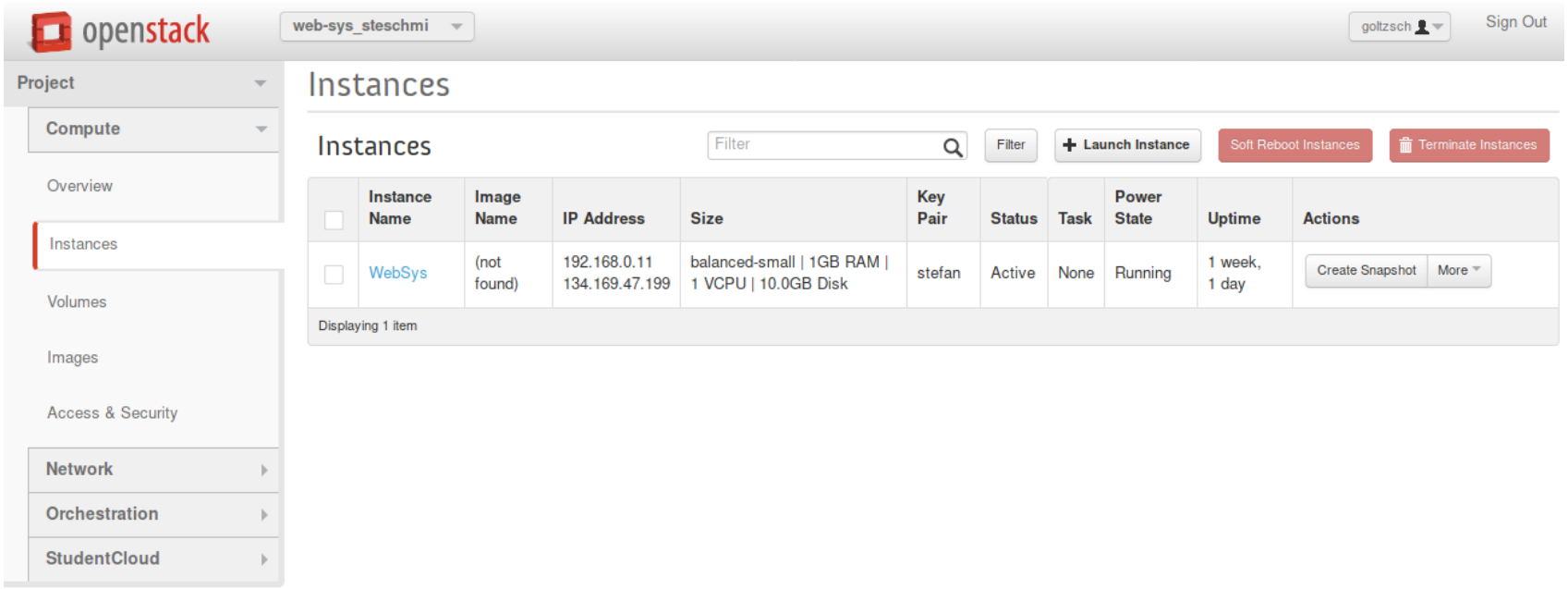
`docker-compose`: Wichtige Befehle

- `docker-compose up -d` Initial, um die Container zu instantiieren.
- `docker-compose start` Pausierte Container wieder starten
- `docker-compose stop` Laufende Container pausieren
- `docker-compose down` Bestehende Container herunterfahren und löschen(!)
- `docker-compose kill` Bestehende Container gewaltsam herunterfahren und löschen(!)

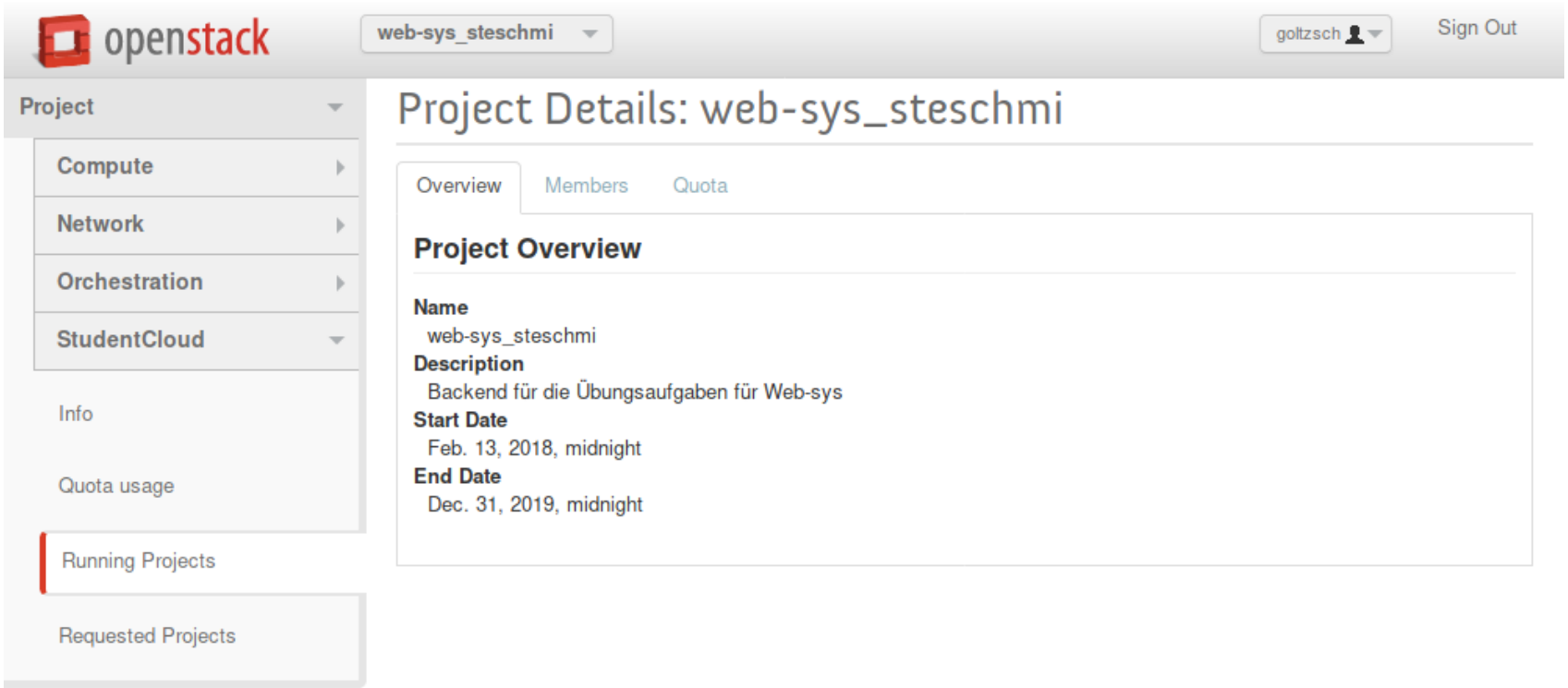
OpenStack

- **OpenStack** ist eine quelloffene Software, die eine Architektur für das sogenannte Cloud-Computing zur Verfügung stellt
- U.a. schnelles erstellen von **virtuellen Maschinen** (VMs)
- Das i4 betreibt eine angepasste Version unter `https://i4cloud1.cs.fau.de/`
- Ablauf für Aufgabe 5:
  - Start einer VM über das Webinterface
  - Zugriff per `ssh`
  - Kopieren von Dateien mit `scp` oder `rsync`

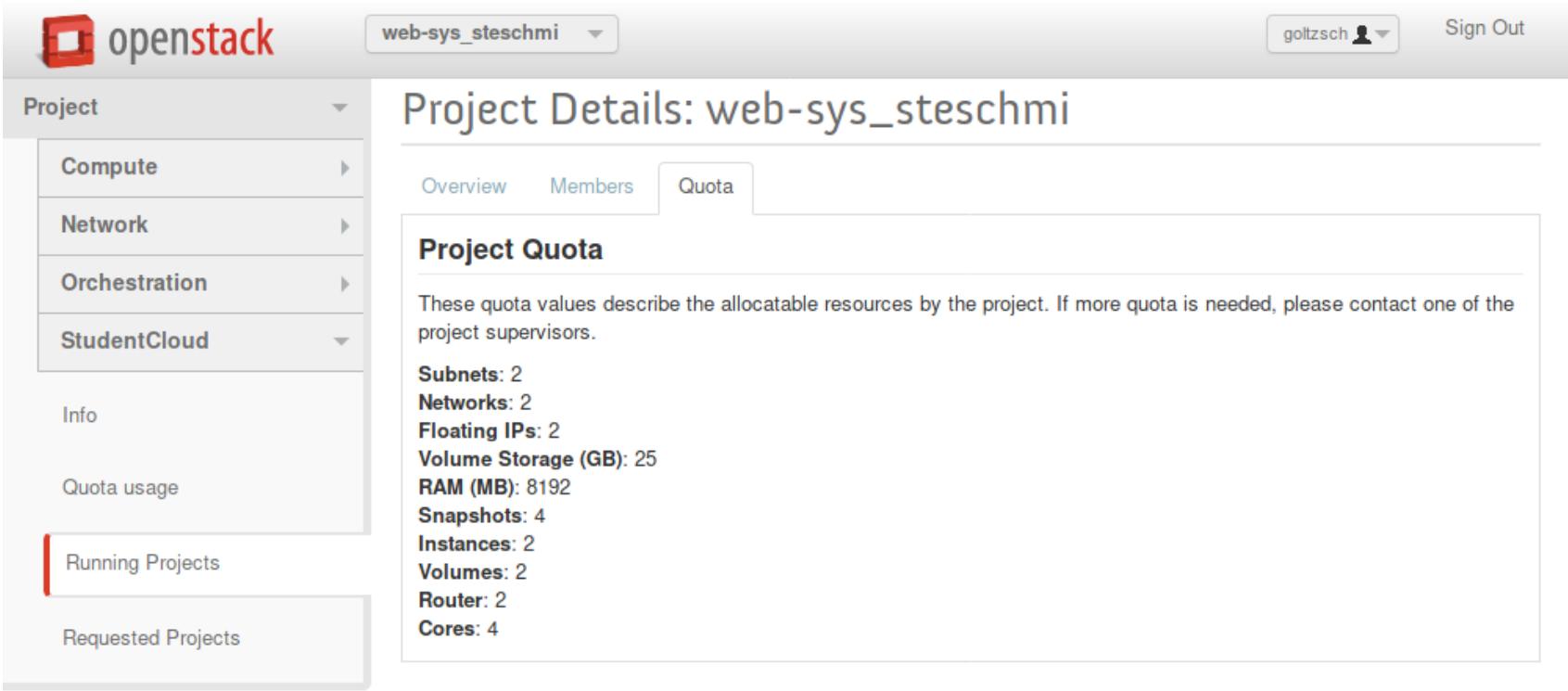
OpenStack: Webinterface



OpenStack: Webinterface



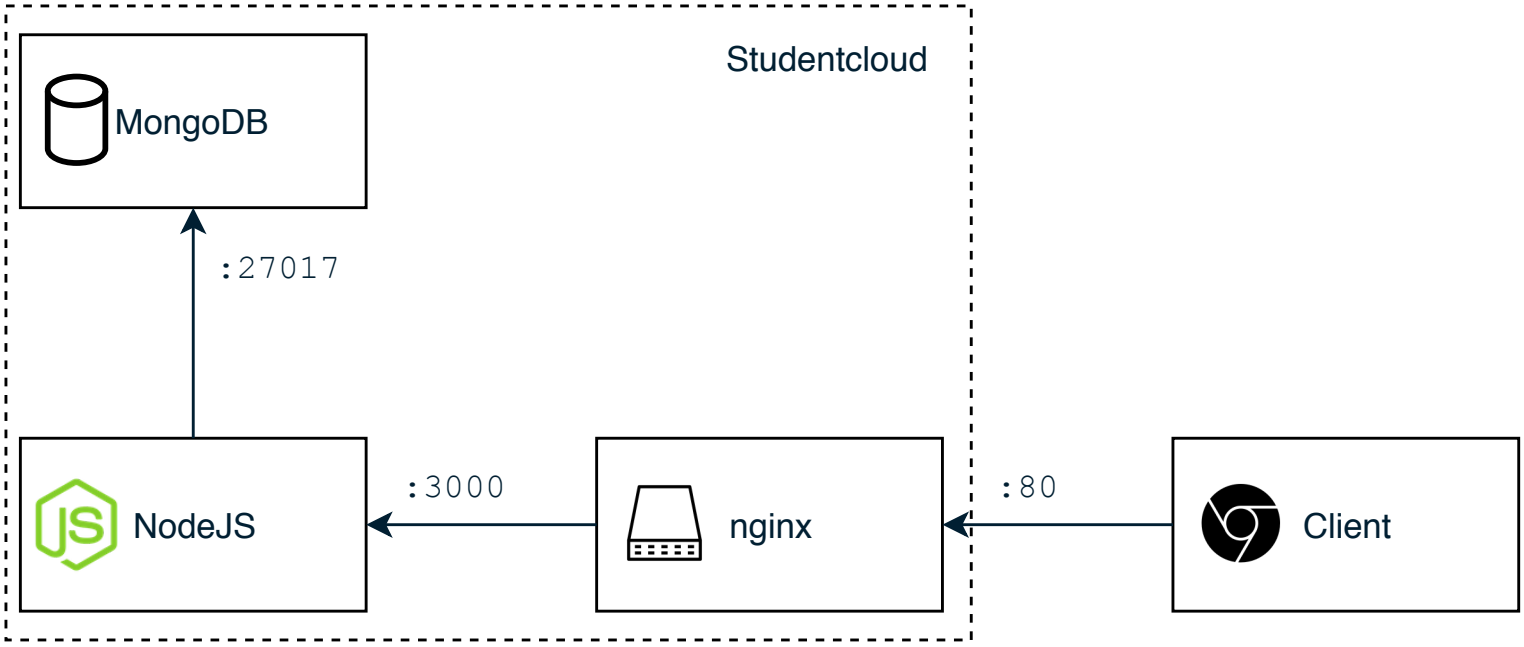
OpenStack: Webinterface



Aufgabe 5

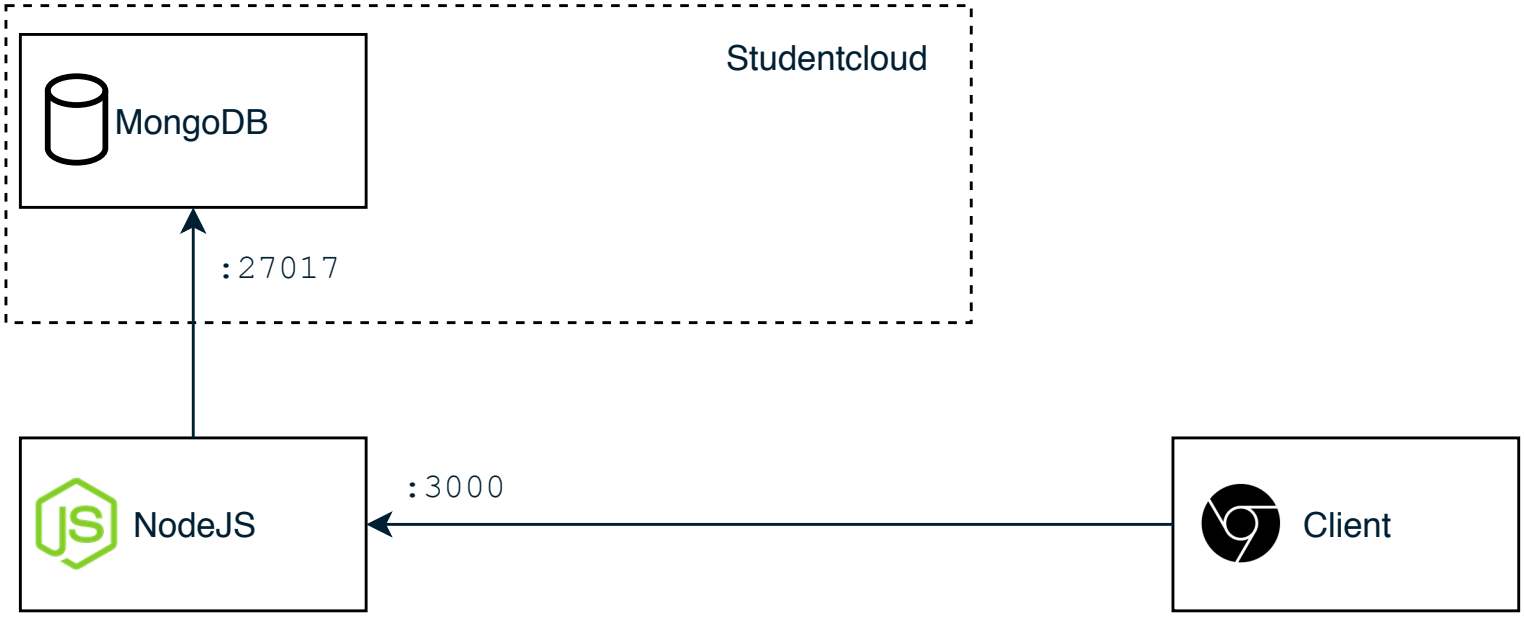
Übersicht

Aufgabe 5: Endgültiges Deployment



- `ssh -L 80:localhost:80 <user>@<ip>`
  - `http://localhost:80` im Browser
- Implementierung des Chatservers, der bisher vorgegeben war
- Komponenten: Node.js (mit Express), nginx, MongoDB
- Jede Komponente läuft in **Docker Container**
- Docker Container laufen auf **Virtueller Maschine** (VM)
- Eine VM pro Team in der **OpenStack**

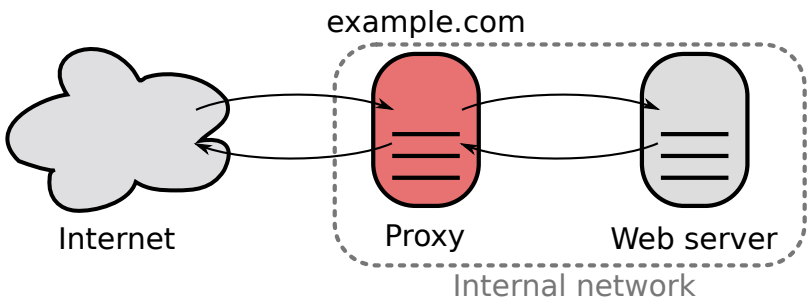
Aufgabe 5: Deployment während Entwicklung



- `ssh -L 27017:localhost:27017 <user>@<ip>`
  - `mongodb://localhost:27017` für die Verbindung zur MongoDB
- Während der Entwicklung muss Servercode laufend angepasst werden
- Nur die MongoDB soll in der OpenStack ausgeführt werden

nginx

- nginx ist eine bekannte offene Webserver-Implementierung
- Hier: Einsatz als **Reverse Proxy**
- Gründe für einen Reverse Proxy:
  - Verstecken der Existenz/Charakteristik des eigentlichen Servers
  - Einsatz von Caching zur Entlastung der eigentlichen Server
  - Lastverteilung auf mehrere Server ohne Konfiguration des Clients
  - Hinzufügen von TLS Verschlüsselung
  - HTTP Authentifizierung
  - ...



Quelle: `https://de.wikipedia.org/wiki/Reverse_Proxy`

Quellen

- http://expressjs.com/en/guide/routing.html
- https://www.npmjs.com/package/express-ws
- https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Proxy_servers_and_tunneling

Promise

```
const myPromise = new Promise((resolve, reject) => {
  setTimeout(() => {
    resolve('foo');
  }, 300);
});
myPromise
  .then(handleResolvedA)
  .then(handleResolvedB)
  .then(handleResolvedC)
  .catch(handleRejectedAny);
```