

# Middleware - Cloud Computing – Übung

Tobias Distler, Klaus Stengel,  
Timo Hönig, Christopher Eibel

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)

[www4.cs.fau.de](http://www4.cs.fau.de)

Wintersemester 2015/16



## REST & Virtualisierung

### RESTful Web-Services

- Einführung

- Implementierung mittels JAXB

### Virtualisierung

- Einführung

- Aufbau einer virtuellen Maschine

- Erstellen einer virtuellen Maschine

- Zusammenfassung und Ausblick

## Aufgabe 2



## REST & Virtualisierung

### RESTful Web-Services

Einführung

Implementierung mittels JAXB

### Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

### Aufgabe 2



- REST
  - HTTP als Anwendungsprotokoll
    - PUT-Methode zum Anlegen einer Ressource
    - GET-Methode zum Auslesen einer Ressource
    - ...
  - Direkte Adressierung der Ressourcen
- Beispiel: Dienst zur Verwaltung mehrerer Drucker
  - Dienst-URL: `http://localhost:12345/printer-service/`
  - Adressierung eines Druckers über eigene URL, z. B.  
`http://localhost:12345/printer-service/printer0`
  - Client-Methode
- Java Architecture for XML Binding (JAXB)
  - Standardmäßig integriert in Java
  - Erzeugung von Java-Klassen aus einem XML-Schema

```
public String print(String printer, String text);
```



- Definition eigener einfacher Datentypen (simpleType)

```
<xsd:simpleType name="[Name des Datentyps]">  
  [Beschreibung des Datentyps]  
</xsd:simpleType>
```

- Liste

```
<xsd:list itemType="[Datentyp der Listenelemente]" />
```

- Union: Datentyp mit kombiniertem Wertebereich

```
<xsd:union memberTypes="[Aufzaehlung erlaubter Datentypen]" />
```

- Ableitung eines Basisdatentyps mit Einschränkung des Wertebereichs

```
<xsd:restriction base="[Basisdatentyp]">  
  [Einschraenkung des Basisdatentyps]  
</xsd:restriction>
```

- Aufzählung: Festlegung bestimmter zulässiger Werte (enumeration)
- Minimal-/Maximalwerte für Integer (minInclusive, maxInclusive)
- Reguläre Ausdrücke für Zeichenketten (pattern)
- ...



- Definition eigener komplexer Datentypen (complexType)

```
<xsd:complexType name="[Name des Datentyps]">  
  [Beschreibung des Datentyps]  
</xsd:complexType>
```

- Festlegung der Reihenfolge von Subelementen

```
<xsd:sequence> [Subelemente] </xsd:sequence>
```

- Referenzierung von existierenden Datentypen

```
<xsd:element ref="[Name des Datentyps]" />
```

- Spezifizierung eigener Elementnamen und Zuordnung zu Datentypen

```
<xsd:element name="[Elementname]" type="[Name des Datentyps]" />
```

- Definition eigener Attribute (nur einfache Datentypen erlaubt)

```
<xsd:attribute name="[Attributname]" type="[Name des Datentyps]" />
```

- Attribute zur Einschränkung der Anzahl von Elementen

- Festlegung einer Mindest- bzw. Maximalanzahl (`minOccurs`, `maxOccurs`)
- Für optionale Elemente: `minOccurs` auf 0 setzen



- Vordefinierte Datentypen (Beispiele)
  - xsd:boolean, xsd:int, xsd:long, xsd:string
  - xsd:time, xsd:date
- Komplexe Datenstrukturen, z. B. Boolean-Liste

```
<xsd:element name="list" type="xsd:boolean"  
minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
```

- Beispiel (printer.xsd)

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">  
    <!-- Data Types -->  
    <xsd:complexType name="MWText">  
        <xsd:sequence>  
            <xsd:element name="text" type="xsd:string"/>  
        </xsd:sequence>  
    </xsd:complexType>  
  
    <!-- Messages -->  
    <xsd:element name="MWPrinterRequest" type="MWText"/>  
    <xsd:element name="MWPrinterReply" type="MWText"/>  
</xsd:schema>
```



# Erzeugung von Hilfsklassen

- Verwendung des Binding-Compiler xjc
- Beispielaufruf

```
$ xjc -p mw.printer.generated -d src printer.xsd
```

Annahmen: Zu erzeugendes Package ist `mw.printer.generated`, Zielordner für erzeugte Dateien ist `src`

- Erzeugte Klassen

- Eine Klasse für jeden spezifizierten Datentyp

```
public class MWText {  
    protected String text;  
    public String getText() { return text; }  
    public void setText(String value) { this.text = value; }  
}
```

- ObjectFactory zur Instanziierung von Datentypen und Nachrichten

```
public class ObjectFactory {  
    public MWText createMWText() { return new MWText(); }  
    public JAXBELEMENT<MWText>  
        createMWPrinterRequest(MWText value) { [...] }  
    public JAXBELEMENT<MWText>  
        createMWPrinterReply(MWText value) { [...] }  
}
```



## Dienstabstraktion (`javax.xml.ws.Service`)

- Stellvertreterobjekt für entfernten Dienst: `Service`
  - Konfiguration der Verbindungsparameter
    - Dienst- bzw. Ressourcen-Adressierung
    - Kommunikationsprotokoll (**HTTP**, SOAP)
  - Factory für Objekte zum Dienstzugriff (siehe nächste Folie)
- Beispiel

```
public String print(String printer, String text) {  
    // Zusammenstellung der Ressourcen-Adresse  
    String path = "http://localhost:12345/printer-service/" +  
        printer;  
  
    // Konfiguration der Service-Verbindung  
    QName qName = new QName("", ""); // -> kein Endpunktname  
    Service service = Service.create(qName);  
    service.addPort(qName, HTTPBinding.HTTP_BINDING, path);  
  
    [...] // siehe naechste Folien  
}
```



## Dienstzugriff (`javax.xml.ws.Dispatch`)

- Schnittstelle zum Absetzen dynamischer Aufrufe: Dispatch
  - Spezifizierung des Zugriffs auf Nachrichten (`Service.MODE`)
    - MESSAGE: Zugriff auf vollständige Nachrichten
    - PAYLOAD: Zugriff auf Nachrichten-Payloads
  - Festlegung der HTTP-Methode
- Binding-Kontext (`javax.xml.bind.JAXBContext`): Informationen über Art und Zusammensetzung von Datentypen und Nachrichten
- Beispiel

```
// Erzeugung des Binding-Context
String contextPath = "mw.printer.generated";
JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance(contextPath);

// Erzeugung des Dispatch
Dispatch<Object> dispatch = service.createDispatch(qName, jc,
                                                    Service.Mode.PAYLOAD);

// Festlegung der HTTP-Methode
Map<String, Object> rc = dispatch.getRequestContext();
rc.put(MessageContext.HTTP_REQUEST_METHOD, "POST");
```



## Zusammenstellung der Anfrage

- Aufrufparameter
  - Erzeugung per ObjectFactory
  - Setzen der Attributwerte
- Anfragenachricht
  - Erzeugung per ObjectFactory
  - Kein eigener Datentyp, sondern generisches JAXBELEMENT
- Beispiel

```
// Erzeugung der Objekt-Factory
ObjectFactory f = new ObjectFactory();

// Erzeugung des Aufrufparameters
MWText input = f.createMWText();
input.setText(text); // text: zu druckende Zeichenkette

// Erzeugung der Anfrage
JAXBELEMENT<MWText> request = f.createMWPrinterRequest(input);
```



## Dienstauftrag und Auswertung der Antwort

### ■ Aufrufvarianten von Dispatch

- `invoke()`: Synchroner Aufruf mit Antwort (→ *Request-Reply*)
- `invokeAsync()`: Asynchroner Aufruf mit Antwort
- `invokeOneWay()`: Absetzen einer Anfrage (keine Antwort)

### ■ Antwortnachricht

- Gekapselt in JAXBELEMENT (vgl. Anfragenachricht)
- Auspacken des Rückgabewerts

### ■ Beispiel

```
// Senden der Anfrage und Empfang der Antwort
JAXBELEMENT reply = (JAXBELEMENT) dispatch.invoke(request);

// Auswertung der Antwort
MWText status = (MWText) reply.getValue();
return status.getText();
```



## Dienstimplementierung (`javax.xml.ws.Provider`)

- Dienstendpunkt: `Provider`

- `@WebServiceProvider`: Kennzeichnung eines öffentlichen Endpunkts
- Spezifizierung des Zugriffs auf Nachrichten (hier: `PAYLOAD`, vgl. Client)
- Aufruf der `invoke`-Methode für jede eintreffende Anfrage
- Kapselung der Anfrage- und Antwortnachrichten in `Source`-Objekten

```
@WebServiceProvider
@ServiceMode(value=Service.Mode.PAYLOAD)
public class MWPrinterService implements Provider<Source> {
    public Source invoke(Source source) {
        [...] // siehe naechste Folien
    }
}
```

- Erzeugung und Veröffentlichung des Dienstendpunkts

```
Endpoint endpoint = Endpoint.create(HTTPBinding.HTTP_BINDING,
    new MWPrinterService());
endpoint.publish("http://localhost:12345/printer-service/");
```



## Zugriff auf den Anfragenkontext

### ■ Web-Service-Kontext

- Referenz auf die Web-Service-Umgebung
- Initialisierung (Beispiel)
  - Definition einer (zunächst leeren) Referenz `wsContext`

```
@javax.annotation.Resource(type=WebServiceContext.class)  
protected WebServiceContext wsContext;
```

- `wsContext` wird beim Anlegen des Objekts von der Umgebung initialisiert

### ■ Anfragenkontext

- Wird für jeden Aufruf von `invoke()` aktualisiert
- Zugriff auf die HTTP-Header der Anfrage

### ■ Beispiel: Auslesen der HTTP-Methode der Anfrage sowie des Pfads der Ressource (→ Drucker), an die diese Anfrage gestellt wurde

```
MessageContext mc = wsContext.getMessageContext();  
String httpMethod = (String) mc.get(MessageContext.HTTP_REQUEST_METHOD);  
String path = (String) mc.get(MessageContext.PATH_INFO);  
System.out.println(httpMethod + " request, printer " + path);
```



## Auspacken der Aufrufparameter

- Anfragenachricht
  - Bereitstellung eines Unmarshaller durch den Binding-Kontext
  - Repräsentation als JAXBELEMENT
  - Extraktion der Aufrufparameter
- Beispiel

```
// Erzeugung des Binding-Context
String contextPath = "mw.printer.generated";
JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance(contextPath);

// Unmarshalling der Anfrage
Unmarshaller u = jc.createUnmarshaller();
JAXBELEMENT request = (JAXBELEMENT) u.unmarshal(source);

// Auspacken des Aufrufparameters
MWText input = (MWText) request.getValue();
String text = input.getText();

[...] // Bearbeitung der Anfrage
```



## Zusammenstellung der Antwort

- Antwortnachricht
  - Vorgehen analog zur Zusammenstellung der Anfrage auf Client-Seite
  - Antwort als Rückgabewert der `invoke`-Methode
  - Kapselung der Antwort in einem Source-Objekt
- Beispiel

```
// Erzeugung der Objekt-Factory
ObjectFactory f = new ObjectFactory();

// Erzeugung des Rueckgabewerts
MWText status = f.createMWText();
status.setText("OK");

// Erzeugung der Antwort
JAXBElement<MWText> reply = f.createMWPrinterReply(status);

// Return aus der invoke()-Methode
Source replySource = new JAXBSource(jc, reply);
return replySource;
```



## REST & Virtualisierung

### RESTful Web-Services

Einführung

Implementierung mittels JAXB

### Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

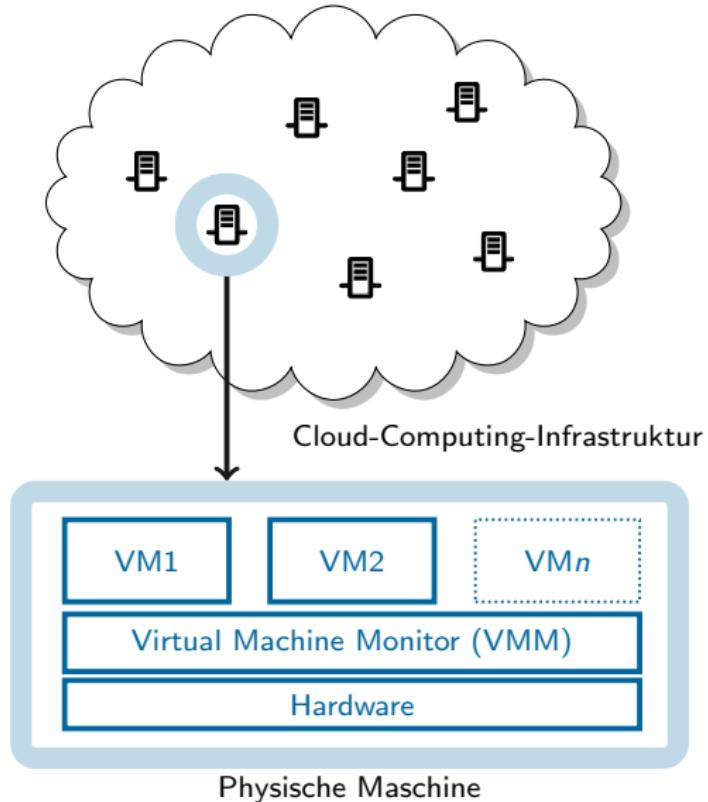
Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

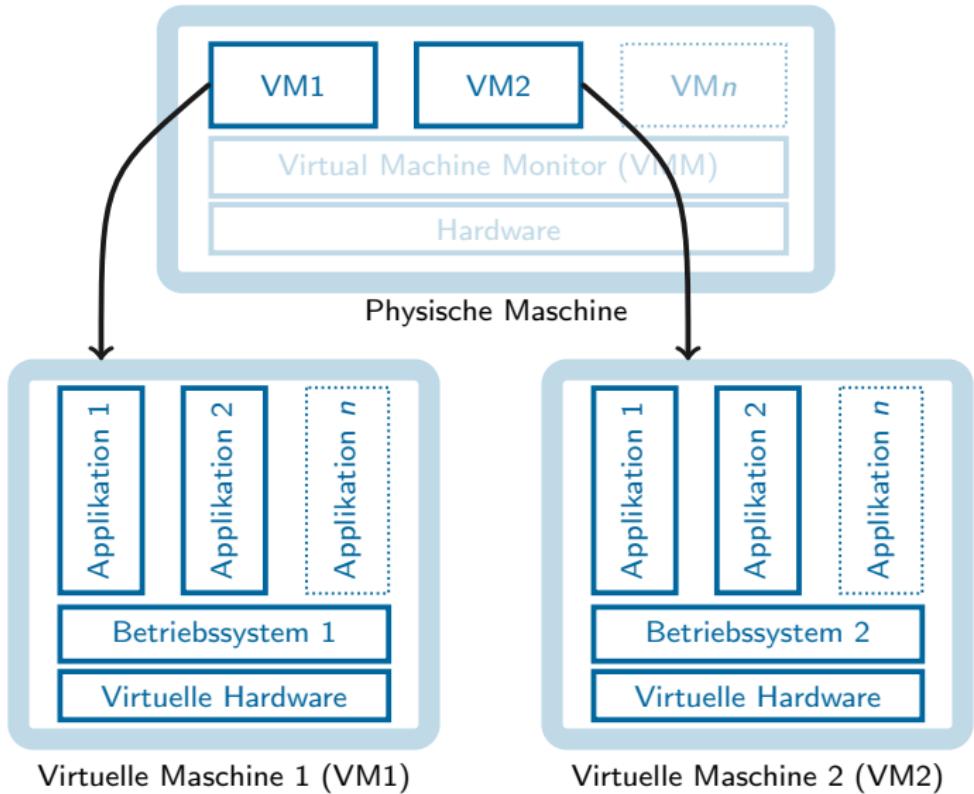
## Aufgabe 2



# Virtualisierung als Grundlage für Cloud Computing



# Aufbau einer virtuellen Maschine



- Notwendige Betriebsmittel
  - Physische Maschine und Gastgeberbetriebssystem („Host“)
  - Virtualisierungssoftware, die den Virtual Machine Monitor bereitstellt
  - **Abbild der zu betreibenden virtuellen Maschine**
- Aufbau des Abbilds einer virtuellen Maschine
  - Meta-Informationen (spezifisch, je nach Virtualisierungssoftware)
  - **Dateisystem**, beinhaltet für gewöhnlich:
    - Kern des zu virtualisierenden Gastbetriebssystems („Guest“)
    - User-Space-Komponenten des Gastbetriebssystems
    - Daten
- Analogie zur Objektorientierung
  - Das statische Abbild einer virtuellen Maschine entspricht einer **Klasse**
  - Eine im Betrieb befindliche virtuelle Maschine ist die **Instanz** eines solchen Abbilds



**Hinweis:** Im Folgenden grau unterlegte (Code-)Beispiele dienen als zusätzliche Information und sind für das Lösen der Übungsaufgabe nicht vonnöten.

- Gebräuchliche Abbild-Typen für virtuelle Maschinen (VM)
  - Kopie eines Datenträgers (z. B. ISO-Image einer CD oder DVD):

```
$ dd if=/dev/sdb of=./cd-image.iso
$ file -b ./cd-image.iso
ISO 9660 CD-ROM filesystem data (bootable)
```

- Erzeugen einer leeren Abbild-Datei:

```
$ truncate -s 100M image.raw
$ ls -lh image.raw
-rw-r--r-- 1 thoenig users 100M 4. Nov 12:11 image.raw
$ du image.raw
0
$ file -b image.raw
data
```

- Alternativ ist es möglich, einen physischen Datenträger als Basis für eine virtuelle Maschine zu verwenden



- Die Erstellung und Aufbereitung des Abbilds der virtuellen Maschine benötigt erweiterte Privilegien (Root-Rechte)
- Die Aufbereitung des Abbilds geschieht daher isoliert in der Betriebsumgebung einer virtuellen Maschine („Live-System“)
  - In der Übung: Linux-Live-System Grml (<http://grml.org>)
- Varianten, dieses Live-System zu verwenden

- Mit Emulator qemu:

```
$ qemu -drive file=grml.iso,index=0,media=cdrom \
      -drive file=image.raw,index=1,media=disk
```

[root-Dateisystem (Teil von grml.iso, Gerätepfad /dev/sr0) wird automatisch eingehängt, nicht jedoch das leere Abbild (image.raw, Gerätepfad /dev/sda)]

- **In der Übung:** Instanz eines Grml-Abbilds direkt in der Cloud starten  
(→ siehe OpenStack-Rechnerübung am 5.11.)

- Nachfolgende Schritte sind innerhalb des Live-Systems durchzuführen!



- Um als Basis für eine virtuelle Maschine zu dienen, muss die Abbild-Datei (z. B. `image.raw`) ein Dateisystem beinhalten
- Das Kommando `mkfs` (**make filesystem**) erzeugt Dateisysteme, der Parameter `-t` spezifiziert dabei den Dateisystemtyp
- Erstellen eines `ext4`-Dateisystems mit der Bezeichnung „VM-Abbildung“ auf dem blockorientierten Gerät (block device) `/dev/vdb`:

```
$ mkfs -t ext4 -L "VM-Abbildung" /dev/vdb
mke2fs 1.42.12 (29-Aug-2014)
Creating filesystem with 524288 4k blocks and 131072 inodes
Filesystem UUID: 6ae97931-ce3b-45be-8ed7-a4d6bb81feb5
Superblock backups stored on blocks:
            32768, 98304, 163840, 229376, 294912

Allocating group tables: done
Writing inode tables: done
Creating journal (16384 blocks): done
Writing superblocks and filesystem accounting information: done
```



## Einhängen, Bootstrapping

- Installation der User-Space-Komponenten des zukünftigen Gastbetriebssystems in das neu erzeugte, leere Dateisystem:

1. Einhängen des zuvor erstellten Dateisystems mit `mount`:

```
$ mount /dev/vdb /mnt
```

Kontrolle:

```
$ mount | grep vdb
```

2. Erstellung der User-Space-Komponenten des Zielsystems mit `debootstrap`:

```
$ debootstrap jessie /mnt/ 'http://ftp.fau.de/debian'
```

Kontrolle:

```
$ ls -alR /mnt | more
```

3. Externe Daten mittels `scp` in das Abbild (`/mnt`) kopieren

```
$ scp <login>@<cip_pool_host>:/path/to/file(s) /mnt
```



### Exkurs: Wechsel des Wurzelverzeichnisses

- Jeder Linux-Prozess besitzt ein Wurzelverzeichnis (/)
  - Zugriff auf Daten außerhalb des Wurzelverzeichnisses ist **nicht** möglich
  - Kindprozesse erben das Wurzelverzeichnis ihres Elternprozesses (fork(2))
- Beispiel-Code jail.c:

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    /* Starte Kindprozess (/bin/bash) nach erfolgreichem
       Wechsel des Wurzelverzeichnisses */
    if (chroot("/mnt/") == 0) {
        execl("/bin/bash", NULL);
    }

    return 0;
}
```

- Beispiel-Code jail.c:
- Die Datei /mnt/bin/bash des Live-Systems entspricht der Datei /bin/bash des Kindprozesses nach Aufruf von chroot(2)



# Entwicklung eines VM-Abbilds

## Systemkonfiguration

- Wechsel in das von debootstrap erstellte System mittels chroot (8)

```
$ chroot /mnt /bin/bash
```

→ **Hinweis:** Sämtliche **Änderungen** an dem von debootstrap erstellten System in der chroot-Umgebung sind **persistent**

- Einhängen von /proc (manchmal notwendig, z. B. für java)

```
$ mount none -t proc /proc
```

- Das Skript post-debootstrap.sh (siehe Aufgabenstellung) beinhaltet essentielle Anpassungen für die VM-Abbild-Konfiguration
- Aufruf des post-debootstrap.sh-Skriptes in der chroot-Umgebung und Setzen des Passworts für User cloud

```
$ sh post-debootstrap.sh
Setting up /etc/apt/sources.list
(...)
Please set a password for user 'cloud'.
$ passwd cloud
```



### Software-Installation

- Ergänzen der Software des Grundsystems mittels apt-get
- Aktualisieren der Paketquellen (update) und anschließendes Einspielen potentieller Updates (upgrade)

```
$ apt-get update  
$ apt-get upgrade
```

- Das Kommando apt-get install löst Abhängigkeiten auf und installiert die entsprechenden Pakete, apt-get clean löscht Caches

```
$ apt-get install <paket1> <paket2> ... <paketcn>  
$ apt-get clean
```

- Für die Übung sind noch folgende Pakete nötig oder nützlich:

```
openssh-server linux-image-amd64 openjdk-7-jdk  
screen mc vim-nox
```



# SSH-Authentifizierung mit Schlüsseln

- SSH-Authentifizierung mit einem Schlüsselpaar **ohne** Passwort
  1. Privaten und öffentlichen Schlüssel mit `ssh-keygen` **auf einem CIP-Pool-Rechner** erzeugen

```
$ ssh-keygen -f ~/<gruppen_name> -N ""  
Generating public/private rsa key pair.  
Your identification has been saved in <gruppen_name>.  
Your public key has been saved in <gruppen_name>.pub.  
(...)
```

2. Hinterlegen des **öffentlichen** Schlüssels **in chroot-Umgebung**

```
$ su - cloud  
$ mkdir .ssh  
$ scp <user>@<cip_pool_host>:~/<gruppen_name>.pub \  
/home/cloud/.ssh/authorized_keys
```

3. (Späterer Zugriff auf virtuelle Maschine mittels des **privaten** Schlüssels)

```
$ ssh -i ~/<gruppen_name> <vm_addr>
```



- Kopien der Abbilder von Kernel und RAM-Disk mittels scp ziehen

```
$ scp /boot/<initrd> /boot/<vmlinuz> <login>@<cip_pool_host>:<dst_dir>
```

- Shell beenden (2x ausführen)

```
$ exit
```

- Rückkehr von Benutzerwechsel (`su - cloud`)
- Verlassen der `chroot`-Umgebung

- Grml-Live-Umgebung herunterfahren

```
$ halt
```

- Eingehängte Dateisysteme werden automatisch ausgehängt
- Stellt sicher, dass alle Änderungen geschrieben wurden



# Erstellen und Starten eines OpenStack-Abbilds

- Nachfolgende Befehle benötigen vorherige Authentifizierung
  - 1) Download der RC-Datei (<user>-openrc.sh) über OpenStack-Weboberfläche:  
→ „Access & Security“ → „API Access“ → „Download OpenStack RC File“
  - 2) RC-Datei einlesen und ausführen `$ source /path/to/<user>-openrc.sh`
- Abbilder von Kernel (vmlinuz) und RAM-Disk (initrd) hochladen

```
$ glance image-create --name jessie-kernel --disk-format aki \
--container-format aki --file <vmlinuz> --progress
$ glance image-create --name jessie-ramdisk --disk-format ari \
--container-format ari --file <initrd> --progress
```

- Möglichkeiten, ein Abbild zu erzeugen

- a) Datei als Abbild hochladen

```
$ glance image-create --name <image_name> --disk-format ami \
--container-format ami --file <image_file (e.g., image.raw)>
```

- b) Abbild aus Volume erzeugen (z.B. bei Volume-Erstellung über Weboberfläche)

```
$ cinder upload-to-image <volume_id> <image_name>
```



# Erstellen und Starten eines OpenStack-Abbilds

- Zugehörigen Kernel und RAM-Disk für Abbild festlegen

```
$ glance image-update --container-format ami --disk-format ami \
  --property kernel_id=<kernel-id> --property ramdisk_id=<ramdisk-id> \
  <image-id>
```

**Hinweis:** IDs aus Ausgaben von vorherigen Uploads

- Auflisten der

- Abbilder 

```
$ nova image-list
```

- Volumes 

```
$ nova volume-list
```

- Netzwerke 

```
$ nova network-list
```

- Eine Instanz eines Abbilds vom Typ i4.tiny starten

```
$ nova boot --flavor i4.tiny --nic net-id=<internal_id> \
  --image <image_name> <vm_name>
```



- Ziel: Verlagerung der Übung in eine virtuelle Maschine
- Entwicklung des Abbilds einer virtuellen Maschine
  1. Erstellen des Containers (Volumes) für eine virtuelle Festplatte
  2. Erzeugen eines Dateisystems in diesem Container
  3. Verwendung eines Live-Systems für den Bootstrap-Prozess
  4. Anpassung der Konfiguration; Installation zusätzlicher Softwarepakete
  5. Hinterlegen des öffentlichen Schlüssels für die spätere Authentifizierung ohne Passwort
- Nächste Schritte
  - Verlagerung der Übungsaufgabe in eine virtuelle Maschine
  - I4-Private-Cloud-Infrastruktur des Lehrstuhls (OpenStack)



## REST & Virtualisierung

### RESTful Web-Services

Einführung

Implementierung mittels JAXB

### Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Erstellen einer virtuellen Maschine

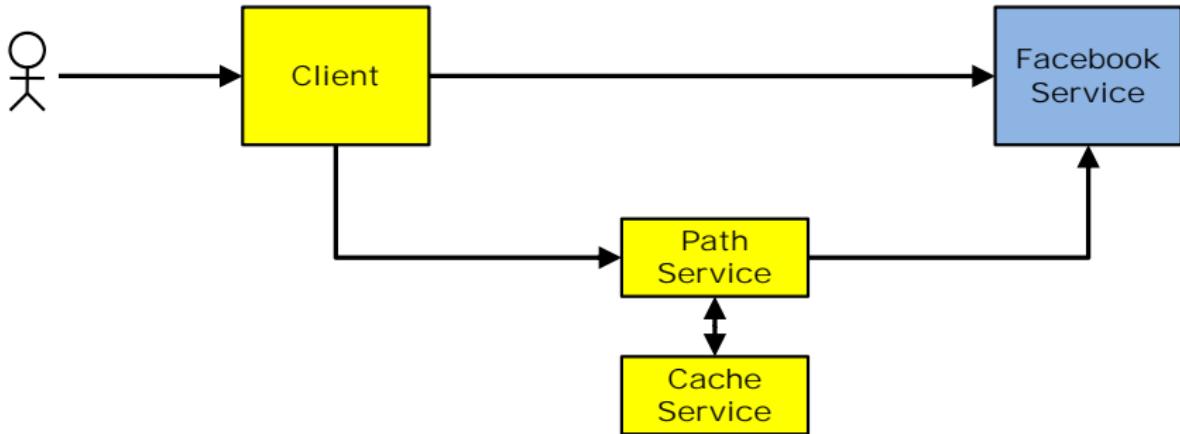
Zusammenfassung und Ausblick

## Aufgabe 2



## Aufgabe 2

- Implementierung eines Cache-Diensts
  - Verwaltung von Schlüssel-Wert-Paaren (*Objekte*)
  - Zugriff auf mehrere Objekte über einen gemeinsamen Schlüssel (*Buckets*)
- Erweiterung des Pfad-Diensts
  - Steigerung der Effizienz durch Nutzung des Cache-Diensts
  - Speicherung von Pfadberechnungen und Freundschaftsbeziehungen



## Aufgabe 2

- Erzeugung und Konfiguration eines eigenen VM-Abbilds
  - Installation des Grundsystems
  - Installation von Pfad- und Cache-Dienst
- Betrieb der Dienste in der privaten Cloud des Lehrstuhls
  - Hochladen des Abbilds und Starten der virtuellen Maschine
  - OpenStack-Rechnerübung: Do., 5.11., 12:15–13:45 + X Uhr

