

BACHELORARBEIT

Serverless / Serverlose Architekturen für
Konventionelle Webanwendungen

Vorgelegt von: Dragoljub Milasinovic
Matrikelnummer: 20140076
am: XX. Monat XXXX

zum
Erlangen des akademischen Grades

BACHELOR OF SCIENCE
(B.Sc.)

Erstbetreuer: Prof. Dr.-Ing. Schafföner
Zweitbetreuer: Jonas Brüstel, M.Sc.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziel	2
1.3	Aufbau der Arbeit	2
2	Grundlagen	3
2.1	Cloud Eigenschaften	3
2.2	SOA	4
3	Klassische Service-Modellen	7
3.1	IaaS	7
3.2	PaaS	7
3.3	SaaS	8
4	FaaS	9
4.1	FaaS	9
4.2	Technische Anforderungen	9
4.3	Ja/Neins	9
5	wie es sich in die Informatik einbettet	11
5.1	Use Cases	11
6	kurzer Überblick über Serverless-Angebote/Architekturen	13
6.1	Architekturen	13
6.2	Serverless	14
6.3	Patterns Allgemein vs Serverless	14
6.4	Guidance	15
7	Fokus auf AWS, Vorstellung der AWS-Serverless-Angebote	17
8	Beispiel(!)-Fall KOMA	19
8.1	Anforderungen Analyse	19
8.2	KOMA	19
9	Entwurfll	21

10 Umsetzung	23
10.1 Komponenten Übersicht	23
10.2 Datenhaltung Analyse und Auswahl	24
10.2.1 Semantic Web	24
10.2.2 Ontologie	26
10.2.3 RDF	30
10.2.4 Sparql	30
10.3 Abtrennung des Monoliths	33
10.4 RESTful API	34
10.5 Single Page Application	35
11 Bewertung	37
12 Ausblick	41

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die von mir eingereichte Masterarbeit selbstständig verfasst, ausschließlich die angegebenen Hilfsmittel benutzt und sowohl wörtliche, als auch sinngemäße entlehnte Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Brandenburg an der Havel, 21. September 2017

Dragoljub Milasinovic

Abstrakt

Pomodoro @Deutsch @English

1 Einleitung

Idee-Ausführung-Markt

Die Faktoren am Anfang einer technologischen Umsetzung einer Idee sind:

- Prof of Concept
- Time-To-Market
- Cost of Human Resources:: Skill-shortage
- Technical technological details
- Profitability

1.1 Motivation

Auf dem Weg zur technologischen Umsetzung einer neuen Idee liegen unbekannte Schwierigkeiten bei der Entscheidungen über deren Umsetzung hinsichtlich auf den Architekturentwurf, die IT Infrastruktur, die Drittanbieter von Software, der Auswahl der Infrastruktur usw. Schwierigkeiten die von spezialisierten Kompetenzen, Fertigkeiten und „Know-How“ bedürfen. Gehören jedoch nicht immer zum Problem des Domäns der Anwendung.

Für dieses Problem wurde Function as a Service, kürz FaaS^{4.1}, als Lösung unter der Rubrik „ Serverless^{6.2}“ von den Hauptanbieter von „Cloud“ Technologien vorgestellt.

Der Begriff Serverless weist darauf hin, dass die Verwaltung der darunter liegende Serverinfrastruktur von Cloudanbieter übernommen wird. Jedoch begrenzt FaaS dessen Bedeutung durch die Definition des Programmiermodells, nämlich eine Funktion, oder auch „ Nano-Microservice“.

Im Rahmen des Cloud-Computing handelt es sich in dieser Arbeit um eine Untersuchung der Serverless Architekturen am Beispiel einer Konventionellen Webanwendung. Dabei wird besonders geachtet ob und wie solche Technologien die Umsetzung erleichtern. Die Entwurfsmuster und die Kernfunktionalität werden mit ausschließlich Serverless Technologien am Beispiel von Kompetenz Matrix (KOMA), kurz KOMA8.2, mit AWS umgesetzt.

1.2 Ziel

Das Ziel ist ein Minimal Viable Product (Mivip), kürz Mivip, in Form von einer Single Page Application (SPA), kürz SPA10.5, mit ausschließlich Serverless Technologien vor zur Verfügung zu stellen.

Nach der Umsetzung werden die Erfahrungen und Ergebnisse ausgewertet, um dem Leser bei dem Entscheidungsprozess bei der Umsetzung einer Webanwendung besser zu Informieren.

Die Webanwendung soll möglichst für zukünftige Änderungen flexibel sein.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zuerst wird den Leser in die Klassischen Service Modellen³ auffrischt. Zunächst werden die technische Anforderungen und die dazugehörige Beispiele des Serverless Ansatzes erläutert. Das nächste Kapitel überblickt die aktuelle Serverless Angebote der größten Cloud Anbietern. Anschließend trifft der Leser den Kern der Arbeit bei der Analyse und Darstellung von Serverless Architekturen⁷ fokussiert auf Amazon Web Services (AWS), kurz AWS. Darin werden die Serverless^{6.2} Architekturen eingeführt, das Programmiermodell vorgestellt und die Entscheidungsprinzipien^{6.2} erläutert. Der praktische Teil mit der Umsetzung und Bewertung von der oben genannte Serverless Webanwendung KOMA8.2. Am Ende wird es darüber diskutiert, welche Trade-offs entstehen und die Zukunftperspektiven von Serverless Technologien.

2 Grundlagen

2.1 Cloud Eigenschaften

Als Software Architekt, Entwickler oder Projektmanager es ist wichtig, die spezifische Eigenschaften von Cloudangeboten zu verstehen. Je nach Anforderungen und Art der technologischen Umsetzung lässt sich richtige Auswahl von ein Meer von Cloud Dienste schwer zu treffen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Serverless Ausschnitt der Cloud Dienste.

Im allgemein heben sich folgende Eigenschaften bei der Betrachtung von Cloud Angebote.

- Probably not in a list. but explained narratively
- on-demand self-service
- broad network access
- measured service (pay-per-use)
- resource pooling and rapid elasticity

Daher können die in der Cloud betreibende Anwendungen folgende Eigenschaften haben:

- Isolated state
- Distribution
- Elasticity
- Automated management
- Loose coupling



SOA model 

Cloud App Props : Isolated state, Distribution, Elasticity, Automated management, Loose coupling

2.2 SOA

Service Orientierte Architektur SOA unterlegt die Annahme dass, ein System aus mehreren kleinen, austauschbaren, wiederverwendbaren und entkoppelten Diensten bestehen kann. Stellt eine Menge von Entwurfsprinzipien und Standards für dessen Entwicklung und Integration [Cha14].

Cloud Computing ist ein Serviceliefermodell in dem Services und Ressourcen von Benutzern Internetweit, wie z.B. bei öffentliche Dienste nach Anfrage, verbraucht werden.

SOA ermöglicht gegenseitiges Datenaustausch zwischen Programmen von unterschiedlichen Anbieter ohne zusätzliche Änderungen an die Services vornehmen zu brauchen. Diese Services sollen unabhängig sein und „standard“ Schnittstellen haben.

Im Cloud wird es daher in Services und Servicekomposition zentriert.

Microservices und Serverless versuchen die Komplexität der SOA anzusprechen. Beide Ansätze zwingen auf Separation of Concerns, häufige Deployments und Heterogene Domain Specific Language (DSL), kürz DSL.

Auf einer Seite Microservices können ihren Zustand und Daten halten und werden mithilfe von „Frameworks“ implementiert. Auf der anderen Seite Serverless sind Zustandlos. ConnectWise [Con17], Netflix [Net17] und UNLESS [UNL17] sind Beispiele von Unternehmen die von Serverless Architekturen profitieren.

Die Serverless Technologien können durch Benachrichtigungen gestartet werden. Diese „Event Driven“ Fähigkeit verstärkt die Entkopplung temporäre-weise zwischen Producer/Anfrage und Consumer und ermöglicht eine Asynchrone Verarbeitung, ohne dass Fehler das System zum Absturz bringen.

Es lassen sich folgende Vorteile ersichtlichen:

- Wiederverwendung von Services in unterschiedlichen Anwendungen sinkt die Entwicklungskosten und Time-To-Market.
- Durch die Standarisierung der Services, ein System kann mit eine Rekonfiguration und ohne Wieder-Entwicklung schnell anpassbar auf die Geschäftliche/Externe Bedürfnisse. Agilität.
- Monitoring hilft Fehler zu erkennen und die Leistung zu messen.
- Aggregate von Services können Komplexere und Domän übergreifende Aufgaben ausführen.

Im späteren Kapitel tritt REST als teil der SOA Architekturstil.

@Glossar REST is a stateless architecture that runs over HTTP. It is used for effective interactions between clients and services. Benutzen.

3 Klassische Service-Modellen

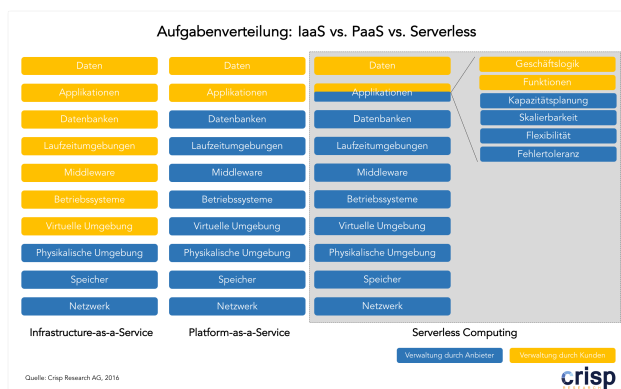
IaaS und PaaS

3.1 IaaS

Infrastructure as a Service (IaaS), kurz IaaS, kann als ein Service beschrieben werden, dass Abstraktionen für Hardware, Servers und Netzwerk Komponenten bereitstellt. Der Serviceanbieter besitzt the Ausrüstung und ist für die Behausung, die Inbetriebnahme und die Wartung verantwortlich [You15]. Der Benutzer bezahlt nicht für das Hardware, dessen Lagerung und den Zugang auf ihn, sondern für die Nutzung des gesamten Servicemodell z.B.: Zahlung nach benutzte Stunden, Ressourcen usw.

3.2 PaaS

Platform as a Service (PaaS), kurz PaaS, kann als ein Service beschrieben werden, dass eine Rechenplattform liefert, z.B. ein Betriebssystem, eine Ausführungsumgebung für Programmiersprachen(siehe ElasticBeanstalk), eine Datenbank oder ein Webserver.



Dieser Dienst übernimmt sowohl die Wartung der Datenbank, Webserver und die Versionen des Laufzeitquellcodes als auch dessen Skalierbarkeit die nun nur Konfiguriert werden bracht [You15].

3.3 SaaS

Software as a Service (SaaS), kurz SaaS, kann als ein Service beschrieben werden, dass OS-Images mit konfigurierbaren Diensten wie Datenbanke, Webanwendungen usw. Der Nutzer muss die Konfiguration und Deployment nicht lernen, um die Dienste in einen größeren „Stack“ einzubinden. Die Gebühren sind generell nach benutzte Stunde.

Das @Glossar „Virtualisieren“ einer ganzen Umgebung oder Stack zerteilt sich in eine Sammlung von kleinen spezialisierten Aufgaben, die durch Drittanbieter implementiert wurden. Dieser Fakt steigerte die wirtschaftlichen Kosten und machte die Skalierungsmöglichkeiten komplexer [You15].

4 FaaS

nichtfunktionalen/technischen Anforderungen zur Entwicklung des Serverless-Ansatzes

4.1 FaaS

FaaS kann als ein Service beschrieben werden, dass als „Unit of Deployment“ eine Funktion ist. Komplexe Probleme wie horizontale und vertikale Skalierbarkeit, Fehlertoleranz, Flexibilität werden von Kunden und Benutzer nur noch nach bedarf Konfiguriert.

4.2 Technische Anforderungen

Gegenüberstellung Skalierbarkeit ok Vendor-lockin Customisation Decentralisation

4.3 Ja/Neins

Die Unterschiede zwischen den [?]

Wann Nicht :

Betriebssystemabhängigkeiten erkennen: Traditionellen Computing wie EC2, wo die Entwickler root zugriffsrechte auf alle Ressourcen hat, in Lambda ist dieser Opaque.

OS Attribute Konfigurationen: Priorisieren CPU, GPU, Networking, or Disk Speicher und Geschwindigkeit. In Lambda skalieren proportional.

Sicherheit: Lambda nicht sichtbar host-based intrusion detection systems cannot be installed, system-level access logs

Dauerhafte Prozesse. Lambda kann bis 300s. Kosten pro Monat 1Gb Lambda = 37 EC2 = 9Dollar. Wenn warten auf Requests, oder auf Callbacks geht nicht.

Wann Ja EventDriven Tasks: Lambda solves the polling problem by creating an on-demand response to particular events.

Cron. Events: EC2 als behälter von Scripts, kostet auch ohne sie auszuführen. Fehlerhafte Scripts nicht einfach zu erkennen. Skalierung auch von Fehler. Permissions zu offen. Mit Lambda: the permissions can be much more narrowly applied, failures are much more easily noticed, deployments can be easily triggered, logs are aggregated in one place, and the underlying server management is handled by AWS.

Heavy Processing: Um autoskalling zu vermeiden wegen z.B.Bildverarbeitung. So entkoppelt sich der Empfänger und der Verarbeiter und können mehr Requests angenommen werden.

Serverless API Gateway vermeidet api servers

Selten verwendete Services. z.B ≤ 5 proZent average CPU t2.micro $< > 3 \times 10^6$ = 9dollar

5 wie es sich in die Informatik einbettet

HTTP, Funktionale Programmierung, Fassaden, ... ?? Funktionale programmierung abstrahiert. auf Infrastruktur. ???

5.1 Use Cases

next [Sba17] Application Backend: z.b Internet of Things IoT: push to S3, push queue to SQS and invoke Lambda.

Data Procesisng and manipulation: pipeline of :collation and aggregation of data; image resizing; and format conversion.

Real time processing and analitics: Ingestion of Data -> Kinesis Streams; if Batch size -> Process, Save, Discard -> Lambda

Legacy Api Proxy: Extra RESTful GateWay with lambda on top legacy api. Easier Usage.

Scheduled Services

Bots and Skills

next [Kin16] Shutdown untagged EC2 instances.

Code Deploy

Process inbound mail: attachment to S3 + link to it spam filter

Detect expiring certificates

6 kurzer Überblick über Serverless-Angebote/Architekturen

6.1 Architekturen

Vergleich und Ergänzung von serverbasierte Archs. mit Serverless Archs.

Die Architekturentwurfsmuster helfen uns zu kommunizieren welches Zweck unsere Software erreichen möchte und bieten generische Lösungen für wiederkehrende Probleme bei der Softwareentwicklung.

list of Separation of concerns Reusable layers Maintenance Koma standalone snapshot
Components: Controller: router, handle in-req build out-res Service: @Transaction
Repository: 1-1 mapping to db

Wenn eine erfolgreiche Codeänderung von andere Änderung abhängt, soll die Architektur überprüft werden.

Für Konventionelle Webanwendung wird hier damit gehalten, als ein System das über Presentation, Data, and Application/Logik Tiers/Stufe verfügt. Jede Stufe kann mehreren Logik-Layers/Lagen enthalten, die für unterschiedlichen Funktionalitäten des Domäns verantwortlich sind. Logging wäre ein beispiel für Cross-Cutting Concern der Layers hinaus ausspannt. Die Komplexität wächst mit der Beschichtung zusammen. Tier = Major Component System eg. Presentation Data Layer = Logical Responsibility or Funtionality Domain

Serverless versucht das System in Funktionen runter zu brechen und auf ihnen das sichere Zugang dem Front-End zu erlauben.

6.2 Serverless

Serverless kann als ein Ansatz, dass die Verwendung von ein Rechen-Service, Dienste von Drittanbieter, von Application Interface (API)s, kurz APIs und die Anwendung von Architekturmustern(wie Mächtige Front-End, dass direkt mit Services kommunizieren anhand eines „Delegation-Tokens“) fördert, beschrieben werden. FaaS ist nur ein Aspekt dessen.

Prinzipien von Serverless Architeturen: [Sba17] Rechen-Dienst dass, nach Anfrage isoliert, unabhängig und granular ausgeführt wird. SRP Single Responsibility Prinzip: Funktionen werden dadurch mehr Testable/Prüfbar. Deren Vernetzung erlaubt komplexe Systeme zu entwerfen, die dank der Stateless Natur der Funktionen schnell zu skalieren sind. Diese Vernetzung kann durch einen Push-Based Event driven Pipe-line. Um die Komplexität des Systems zu reduzieren und die längerfristige Wartbarkeit zu verbessern, wird der Controller und/oder Router im Client und Third Party Dienste hinzugefügt.

In einem beispielhaften konventionellen AdServer, nach einem Click auf eine Werbung wird eine Nachricht über ein Kanal an einen Clickprozessor, derer Laufzeit eine Anwendung ist, geschickt. Im Serverless wird dieser Clickprozessor als Funktion pro Nachricht instantiiert derer Laufzeitumgebung und Messagebroker der Cloudanbieter liefert. @Cite Flower's Blog

6.3 Patterns Allgemein vs Serverless

next [Sba17] Compute as a back end for web and mobile

compute as a glue pipelines built to carry out workflows <-> Async Messag Primer [HSB⁺14]

Pipes and Filters [HSB⁺14] <-> lambda event driven Health endpoint monitoring <-> EC2 certificate Leader election -> TTransaction mngmt S3 Priority Queue Queue Based Load Leveling -> Not appliable for Lambda Computing Model Retry -> Runtime Reconfiguration <-> Api Gateway Zero Downtime on Redploy Scheduler Agent supervisor -> Not needed if Design to Failure. Sharding -> Divide DataStore to



Scale better -> Dynamo db + S3 Static Content Hosting -> Solved by S3 Throttling
-> Scalability of Serverless Solved vs Transaction Vallet key <-> Auht0

Befehlmuster wird bei Fusekiser10.1 als erteiler der Httpanfrage indem die SparQL Abfrage weiterleiten kann. Daher wird ein Pfad haus/hunde und haus/katze zur gleichen Funktion führen. Dieser kann aber offline gehen, also mehreren priorisierten MessagePattern als Queue vor eine oder mehreren Lambdas zu setzen absichert die Stabilität des Systems und entkoppelt Komponenten @RoundRobin?? BSRN. Die Verkettung von Funktionen mittels „Pipes“ erlaubt die mehrfache Filterung von Daten.

6.4 Guidance

Caching -> Lambda Reads Same source and Process Compute partitioning -> Lambda per use. solved Data Consistency -> Embrace Eventual Consistency in Distributed DBs Data partitioning <-> Sharding Instrumentation and Telemetry Guidance -> Errors Handling Service Metering -> understand future use of services

7 Fokus auf AWS, Vorstellung der AWS-Serverless-Angebote

Per Type: The Company API Gateway : AWS Simple Notification Service (SNS) : AWS vs Cloud Pub/Sub : Google Simple Storage Service (S3) : AWS vs Cloud Storage : Google Simple Queue Service (SQS) : AWS Simple Email Service (SES) : AWS Relational Database Service (RDS) : AWS DynamoDb : AWS CloudSearch : AWS CloudFront (CDN) : AWS DNS management (Route 53) : AWS Caching (ElastiCache) : AWS

Elastic Transcoder : AWS Kinesis Streams : AWS

Cognito : AWS AuthO : AuthO Firebase : Google Stack Driver Logging : Google Cloud Machine Learning Engine : Google Cloud DataFlow : Google -> Stream batch pipelines Big Query : Google

8 Beispiel(!)-Fall KOMA

8.1 Anforderungen Analyse

Zu den Anforderungen

- Mit dem EQF vergleichbare Kompetenzeindefinitionen
- Von Browser abrufbar
- Private Datenspeicherung u.d Login
- Zukünftige Erweiterungen berücksichtigen
- Ertrag von großen Nutzlastschwankungen

8.2 KOMA

Beispiel Anwendung

Die heutige Rahmenlehrpläne sind nicht mehr fachlich sondern nach Kompetenzentwicklung orientiert, um Kompetenzprofile für Lerner zu gestalten. @cite aber wenn? Das Modell von KOMA basiert auf dem Grundmodell von @ref „European Qualifications Framework Semantics“ und dem deutschen Qualifikationsrahmen. <– really?

„KOMA“ ist ein Akronym für Kompetenz-Matrix. Die Umsetzung der Anwendung soll die von einem Individuum oder Schüler erworbene und zu erwerbenden Kompetenzen und deren Niveau nachvollziehen. Der Kompetenzstand einer Person ist mit dem EQF-Rahmen @Acro vergleichbar, und daher international anerkennbar.

Wenn diese Anwendung in Bildungsinstitutionen eingesetzt wird, dienen die Rahmenlehrpläne als Leitpfad für die Belegung der einzelnen Kompetenzen und KOMA für die

Organisation der einzelnen Fachrichtungen. Der Kern solcher Org. ist die Zuweisung von Aktivitäten auf vordefinierten Kompetenzen. Aktivitäten lassen sich einzeln oder in einer Sequenz anordnen. Sequenzen werden in LVen zusammengestellt. So können Aktivitäten, Sequenzen und Kompetenzen als gestaltungsmittel für LV benutzt. Das Modell verfügt von eine Figur um die erledigte Aktivitäten auszuwerten, nämlich Evaluation.

Wegen der Kompetenzorientierung, wird Kompetenz als Unit-Of-Work betrachtet für Modellierungszwecke.

Hochschule Beispiel Beispiel:

Schule Beispiel Allgemeines Beispiel:

Use Case Ein Nutzungs-Fall aka. Use-Case: -Als Professor, will ich eine Auflistung der erworbenen Fertigkeiten einer Klassenstufe abrufen können.

-Als Professor, will ich das Kompetenzniveau einer Kompetenz eines Studenten und deren Fertigkeiten abrufen können.

-Als Student, will ich mein Kompetenzprofil für meinen Lebenslauf benutzen.

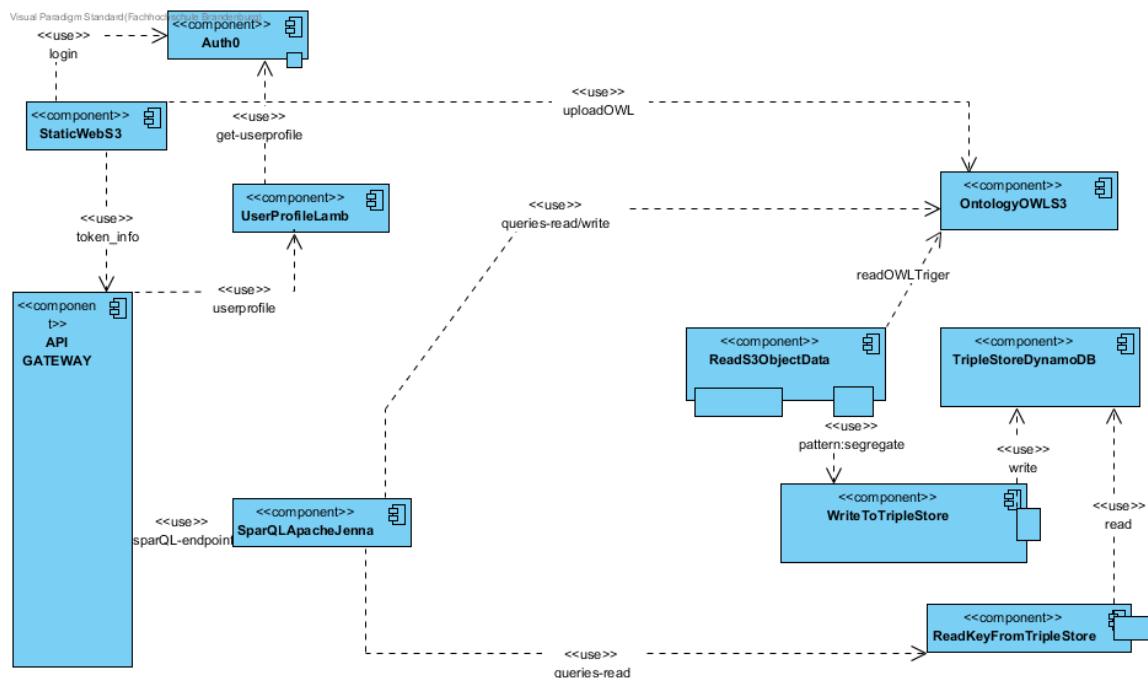
9 EntwurfII

10 Umsetzung

Die grundlegende Vorgehensweise bei der Umsetzung dieses Projekts wird Analyse, Entwurf, Implementierung und Test sein. Der Forscher Charakter dieses Projekts lässt sich nicht Testgetrieben implementieren. Das

10.1 Komponenten Übersicht

Um dem Leser einen Anhaltspunkt zu verleihen, werden hier die Softwarekomponenten beschrieben.



legacy api proxy [Sba17] lambda<convert/invoke> fuseki-server

nice: graphQL= json matcher over multiple DBs

Tabelle 10.1: Vergleich relationalem mit ontologischem 10.2.2 Schema

Eigenschaft	Relational	Ontologisch
Darstellung Welt-Annahme	Existiert nur	Existiert mindestens
Individual	muss Unique	kann ≥ 1
Info	Ableitung = x	ja
Orientierung	Data	Bedeutung

10.2 Datenhaltung Analyse und Auswahl

Die Polymorphe Gestaltung von Kompetenzmodellen und deren zukünftige Weiterentwicklung stellt die Benutzung des traditionellen RDBMS für KOMA in Frage. Im Folgendem werden die Eigenschaften von relationalen mit ontologischen Schemas verglichen.

Es wurden folgende Faktoren für die Entwicklung einer Ontologie erkannt:

- Zirkuläre Abhängigkeiten sind zugelassen
- Äquivalenzklassen zwischen KOMA und andere Ontologie soll die Anerkennung von erworbenen Kompetenzen ermöglichen
- Die Begriffe der Kompetenzen können sich ändern oder die Ontologie soll erweitert werden
- Die Verbindung zu externen Ontologien kann neues Wissen ableiten

6.2.2 [Oro12]Benefits on Interoperability and Linked-Data by Using Ontology Engineering

Es handelt sich daher um eine „Linked Data Driven Web Application“. Dieser Begriff gehört zum „Semantic Web“, der in der Sektion der Ontologie 10.2.2 weiter erläutert wird.

10.2.1 Semantic Web

Referred as 2.0 but really is 1.0: also called network as a platform computing as it provides software, computing, and storage facilities to the user all through the browser [Cha14]. John Markoff of The New York Times it refers to the third generation of Internet-based services that is collectively called the intelligent web <http://www.>

nytimes.com/2006/11/12/business/12web.html?mcubz=1 Web 3.0 will surely be called a read/write/execute web.

The semantic web provides the web user a common framework that could be used to share and reuse the data across various applications, enterprises, and community boundaries The semantic web is a vision of IT that allows the data and information to be readily interpreted by machines, so that the machines are able to take contextual decisions on their own by finding, combining, and acting upon relevant information on the web. The semantic web, as originally envisioned, is a system enabling the machines to understand the context and meaning of complex human requests and respond to them appropriately. Also, the semantic web is considered as an integrator of contents or information across different applications and systems.

Das „Semantic Web“ ist eine Erweiterung des herkömmlichen Web, in der Informationen mit eindeutigen Bedeutungen versehen werden [GOS09]. set of standards and best practices for sharing data and the semantics of that data over the Web for use by applications [Bob13].

Diese Bedeutungen werden für Maschinen durch Ontologien dargestellt. Die Ontologien werden in der OWL2 Spezifikation von W3C¹ beschrieben. Die Hälfte der Linked Datenbasis sind veröffentlicht.

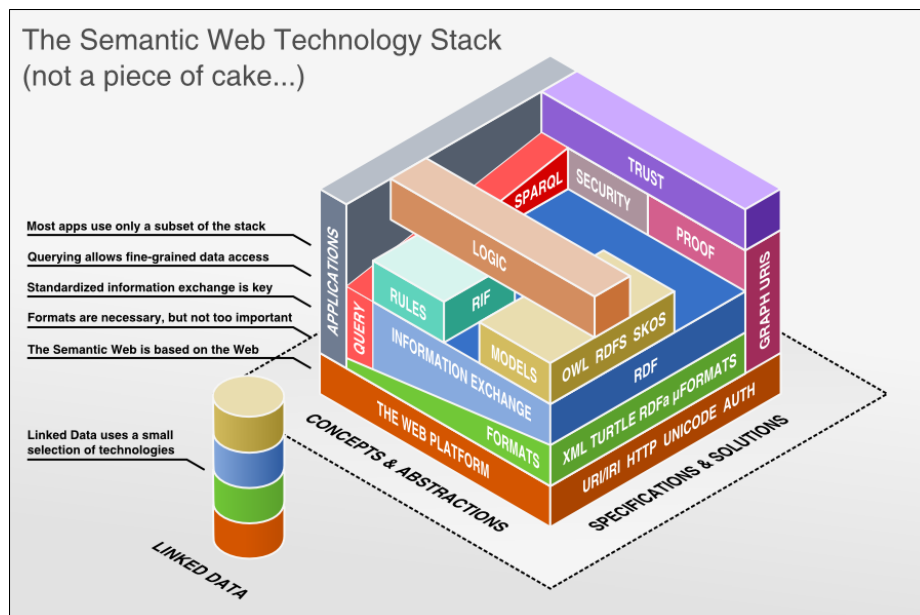


Abbildung 10.1: Überblick von benutzten Technologien

¹WWW Consortium <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>

10.2.2 Ontologie

Konzeptuelle Modellierung

Eine Ontologie ist eine formale Spezifikation über eine Konzeptualisierung [SBF98]. Die Denotation jeweiliger dargestellten Signifikanten lässt sich durch seinen weltweit eindeutigen Präfix identifizieren. Deren Beziehungen können auch zu externen Ontologie-signifikanten verweisen und dadurch ein Consensus über Begrifflichkeiten.

Während der Umsetzung wurde Protege² benutzt. Der Entwurf der Ontologie wurde nach Ontology-Engineering-101 durchgeführt:

Die auf die Entwicklung vorbereitende Aufgaben folgen.

Software Plattform Zunächst es wird die Plattform der zu entwickelnde Software der Anwendung festgelegt. Die Daten können in Produktion mittels einer „Triple-Store“ mit grundsätzlich 4 alternativen gespeichert:

- Monolitische Triple Speicherung
- Property Werte
- Vertikal Partitionierte Tables
- Hexastore

Die für KOMA unterstützende Infrastruktur wird ein Rechner mit Browser wie Firefox oder Chrome und die AWS Dienste wie Lambda, API Gateway und S3. Das Kommunikationsprotokoll auf der Anwendungsebene zwischen Endpunkten ist HTTP v1.1. Eine Ontologie kann mittels Sparql abgefragt werden. Sparql ist eine Abfragesprache für RDF, Spreadsheets, XML und JSON formate [Bob13]. Wir beschreiben die Ontologie mit dem Datenmodel RDF und der TURTLE syntax.

Für die Entwicklung und als MVP eignet sich S3 @Acro für die Speicherung von großen Datenmengen. Der nächste Schritt wird eine Indexierung der URIs jeweiliger Subject, Predicate und Object in DynamoDB.

Die Ausführung von Abfragen auf die Ontologie wird direkt mithilfe von „Jena SPARQL ARQ“Framework realisiert. Deren Quelldateien werden in einer Lambda

²<http://protege.stanford.edu>: "This work was conducted using the Protégé resource, which is supported by grant GM10331601 from the National Institute of General Medical Sciences of the United States National Institutes of Health."

@Acro Funktion ausgeführt.

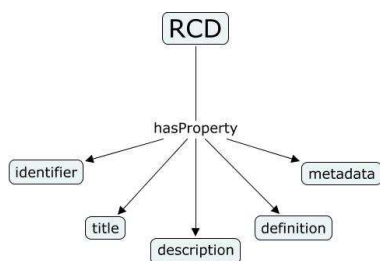
Der Umfang der Ontologie ist die Konkrete Fragestellungen für die pädagogische Diagnostik und Intervention von Fortschritten der Studierenden im Kompetenzrahmen der Lehrpläne.

- Welche stand von Kompetenzen hat eine Klassenstufe?
- Welche Kompetenzrückstände oder Auffälligkeit sind von eine Klassenstufe erkennbar?
- gegeben sei ein Kompetenzstand, welche Leistung kann ich von eine Klassenstufe erwarten?

Um die Neuerfindung des Rades zu vermeiden, die Recherche ergab einen aktuell öffentlichen graphischen ontologischen Entwurf [RMG14] siehe 10.2 der in Moodle mit eine Relationalen Datenbasis und PHP umgesetzt. Nach dessen Ontologien wurde mittels Watson³ und LOD⁴ nichts öffentlich gefunden.

Bei der Analyse lässt der Entwurf und dessen Dokumentation freie Interpretation über Begriffe und deren Zweck, Beispiele davon sind „isComposedOf“, „subsumes“. Ein Standard zur graphischen Darstellung ist zur Zeit?? noch nicht anerkannt. Obwohl Graphische Benutzeroberfläche @Cite research-gate graphol

Andererseits wurde ein „EQF Framework“⁵ für Ontologien beschrieben, aber nicht öffentlich umgesetzt. Es bietet dabei eine europäisch anerkannte Definition von Kompetenz, nämlich RCD [DCAB17]



Daher folgt eine beispielhafte Auflistung der auf unseren Anwendungsfall angepasste und ergänzende Interpretation der dargestellten Terminologie des Entwurfs und der RCD.

Auflistung der Terminologie 10.2 Die zwei Leitmotive sind auf eine Seite Kompetenzanforderungen: sie legen fest, über welche Kompetenzen ein Schüler, eine

³Watson <http://watson.kmi.open.ac.uk/WatsonWUI/>

⁴LOD Cloud <http://lod-cloud.net/>

⁵EQF Beschreibung <https://ec.europa.eu/ploteus/content/descriptors-page>

Schülerin verfügen muss, wenn wichtige Ziele der Schule als erreicht gelten sollen. Systematisch geordnet werden diese Anforderungungen in Kompetenzmodellen, die Aspekte, Abstufungen und Entwicklungsverläufe von Kompetenzen darstellen [Kli03]. Und auf der Anderen nach Kompetenz als die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können [Wei02].

Tabelle 10.2: Terminologie

Darstellung	Begriff	Bedeutung
Competence	Kompetenz	Kontext adäquate Anwendung von Fertigkeiten
CompetenceProfile	Kompetenzprofil	Sammlung von Kompetenzen
Competence	Kompetenz	Kontext adäquate Anwendung von Fertigkeiten
Skill	Fertigkeit	Das systematisch Tun-Können einer Aufgabe
Knowledge	Wissen	Verstehen von Informationen
Other	Andere	Nicht kategorisiert aber zu beachten
ProficiencyLevel	Kompetenzniveau	Bewertung einer Kompetenz
PerformanceIndicator	Kompetenzmaß	Kriterien zur Auswertung
Course LV	Lehrveranstaltung	Sammlung von Sequenzen
Sequenz	Sequenz	Sammlung von Aktivitäten
Activity	Aktivität	Lernaktivität
Action	Aktion	Lerntat
Actor	Täter	Aktiver Agent aka Lerner
Learner	Lerner	Kompetenz erwerbender Agent
CompetencyRecord	Kompetenzaufnahme	–
EvidenceRecord	Kompetenzbeweis	–
EvidenceSource	Kompetenzherkunft	–
todo	todo	todo
todo	todo	todo

Klassenhierarchie Um Wissen abzuleiten und Inkonsistenzen zu identifizieren werden die Klassen und Properties durch Restrictions versehen oder definiert. Folgende Restrictions wurden angewendet.

Tabelle 10.3: Klassendefinition

Klasse	Definition
LV	<i>onlySequenz</i>

@Build : ableitungs Baum von Protege an stelle von Tabelle

Tabelle 10.4: Properties

isComposedOf	$\forall Class \equiv onlyClass$
subsumes	$\exists Class \equiv someClass$

Properties und Attributen von Klassen

10.2.3 RDF

Die bisher erreichte Analyse des Domänenproblems soll nun anhand Protégé in einen RDF format beschrieben werden. Der Menschen lesbarsten RDF Format ist TURTLE. Seine Syntax besteht aus Triples mit „“beendete Zeilen. Ein Triple stellt ein Fakt dar, un besteht aus einem Subjekt, einem Prädikat und einem Objekt. Diese können sich in TURTLE verschachteln wie das folgende Listing10.1 zeigt.

Listing 10.1: Darstellung von Triples in TURTLE

```
1 :EvidenceRecord rdf:type owl:Class .
2
3 :actionPerformed rdf:type owl:ObjectProperty ;
4 rdfs:domain :EvidenceSource ;
5 rdfs:range :Action .
```

10.2.4 Sparql

Um aus Ontologien Informationen zu entnehmen, wird die Abfragesprache „SPARQL“ verwendet. Diese ist ähnlich zu SQL. Mit dem Programm „Protégé“ können SPARQL Abfragen lokal ausgeführt werden. Sparql ist auch ein Protokol. Als solches, kann das entsprechende sparql endpoint HTTP Responses des „Content-Type:

application/sparql-results+xml; charset=UTF-8“wie es bei der dbpedia⁶ sparql endpoint, der mit Virtuoso server in HTML formatierte Ergebnisslisten zurückliefert.

```
1 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2 PREFIX dbo: <http://dbpedia.org/ontology/>
3
4 select ?author where {
5
6 ?author rdf:type dbo:Writer .
7 ?author dbo:notableWork ?work .
8
9 } LIMIT 20
```

Die Terminologie von KOMA wird von außen als Vokabular gesehen. Dessen DOM elementen können annotiert werden, so dass maschine unterschiedliche Vokabuläre verstehen können, siehe HTML5 Microdata⁷

```
1 <table class="sparql" border="1">
2 <tr>
3 <th>author</th>
4 </tr>
5 <tr>
6 <td><a href="http://dbpedia.org/resource/Abbie_Hoffman">http://dbpedia.org/resource/
  Abbie_Hoffman</a></td>
7 </tr>
8 ...
```

Die einfachste Abfrage in Sparql wählt alle Triples vom Datenmodell.

```
1 SELECT * WHERE { ?s ?p ?o . }
```

Am Beispiel von KOMA, konkatenieren die Ergebnisse mit Zwei Abfragetriples dank eine Hilfsvariable. Die folgende Abfrage ließe sich „Wähle alle Properties des Graphes und wähle alle dessen Subjekten mit Alice als Objekt“

```
1 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
2 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX koma: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/ontology.thb.de/koma-complex.owl#>
5 SELECT ?x WHERE {
6 ?y rdf:type owl:ObjectProperty .
7 ?x ?y koma:Alice .
8 }
```

⁶Dbpedia dbpedia.org/sparql/

⁷Microdata schema.org

Nach der Modellierung in Protégé wird die OWL Datei in einem S3 Bucket verpackt und dadurch deren Zugriffsrechte konfiguriert, so dass in Produktion nur eine berechtigte Anfrage z.B. von eine Lambda Funktion oder DynamoDB angenommen wird.

```

1 {
2   "Version": "2012-10-17",
3   "Statement": [
4     {
5       "Effect": "Allow",
6       "Action": "s3:*",
7       "Resource": "*"
8     }
9   ]
10 }

```

So dass auch die Benutzer von KOMA solche Abfragen stellen können wird ein „Sparql-endpoint“ mit Hilfe von Apache Jena ARQ, ein Sparql-Engine, zur Verfügung gestellt. Dieser Sparql-Endpoint entspricht der Repositoryschicht der Anwendung und wird nach Anfrage von der Ontologie in S3 mittels Sparql JSON Objekte zurückliefern. Eine Lambdafunktion arbeitet als Schnittstelle 10.2 zwischen die ARQ Bibliothek, den Client und die darunterliegende Infrastruktur.

Listing 10.2: Schnittstele Lambda

```

1 public class Handler implements RequestHandler<RequestClass, String> {
2
3   @Override
4   public String handleRequest(RequestClass input, Context context) {
5     return new Controller(System.getenv(ENV_BUCKET)
6       , Regions.US_WEST_2.getName())
7       .executeQuery(request.getQuery())
8       , request.getBucketKey());
9   }
10
11 }

```

Um sich von die durch Lambda entstandene Abhängigkeit möglichst entkoppelt [ref99] zu halten, wird das Modul von Jena-ARQ nur als externe Abhängigkeit des Lambdaprojektes zugewiesen. Die AWS Lambda stellt eine Interface zur Verfügung und der Nutzer die zu benutzende Bibliotheken zusammen in eine JAR Datei verpackt. Dem entsprechend wird der Buildscript von Gradle [Mus14] angepasst 10.3.

Listing 10.3: Abhängigkeitenverwaltung für Lambda in Java

```

1 plugins {
2   id 'com.github.johnrengelman.shadow' version '2.0.1'

```



```

3 id 'java'
4 }
5 shadowJar {
6 mergeServiceFiles()
7 }
8 ...
9 $ gradle clean build shadowJar

```

Die AWS Console lässt die Funktionen hochladen und konfigurieren, ohne nötige Kenntnisse von der AWS-CLI. Zusätzlich muss der RESTful Pfad auf die verantwortliche Funktion in API Gateway zugewiesen werden.

Um den Datenmodell möglichst simpel programmatisch abzufragen wird zunächst dessen Schnittstelle10.4 definiert.

10.3 Abtrennung des Monoliths

Im Folgendem es wird beispielhaft eine abtrennung einer JEE Anwendung.

JEE.war „And“Test vs SRP Identifizieren der Concerns und ihre Trennung:

Einloggen Login beispiel: user + password + userData -> user + password -> uuID
-> userData refactor and share common code

Autorisierung und Authentifizierung. Einleitung

Auth0 bietet Authentifizierung as a Service an. Der Benutzer erhält einen JSON Web Token JWT und schickt ihn Encoded JSON Web Signature JWS oder JSON Web Encryption zur Anwendung mit.

Einloggen: OAuth Google gibt token, der wird in Lambda überprüft, Session in oauth.com verwaltet

Dynamo DB Funktion: Read + Write + updateS3 zu Split S3, Split R/W

Datenspeicherung Architektur: DynamoDB: speichert :individual als Schlüssel und seine relative URL S3: speichert die .owl Dateien.

Lambda Funktion: Maps zwischen S3 und DynamoDB.

10.4 RESTful API

Designing a friendly Hypertext Transfer Protocol (HTTP) API means abstracting the intricate business logic and data your service uses into the four basic CRUD operations (create, read, update, delete).

Die Komplexität des darunterliegenden Datenmodells erlaubt eine RESTful [H⁺17] Schnittstelle nur einfache abfragen zu formulieren. Daher zusätzlich ein Endpunkt 10.5 für Komplexe Sparql Abfragen, die im Body des HTTP Requests in JSON geschickt wird.

Tabelle 10.5: RESTful API

Methode	URL	Rückgabe
GET	/ontology	Information über KOMA
GET	/ontology/{individual}	RDF von Individual
GET	/page	Auflistung von Entitäten
GET	/page/{individual}	Information über diesen Fakt
POST	/sparql	Abfragenergebnis

AWS API Gateway ermöglicht die Definition, Konfiguration und das Importieren von Schnittstellen. Beispielsweise kann die Abfrage GET `https://<host>/page/{individual}`

Listing 10.4: Mapping Template

```

1 GET https://<host>/page/{individual}
2 ...
3 {
4   "individual" : "$input.params('individual')"
5 }
```

Damit wurde die zu erwartende Eingabe für den Sparql-Endpoint definiert. Der Zugang auf die Schnittstelle wird durch CORS konfiguriert um deren Ausnutzung zu vermeiden.

Dieser Endpunkt unterstützt nicht nur GET-Abrufe, sondern auch POST-Anforderungen mit einer Nutzlast. Unter der verfügbaren SparQL endpoints Implementierungen

10.5 Single Page Application

Da KOMA ohne Vorkenntnisse gebrauchsfertig sein soll, mit dem Fakt dass Milliarden von Desktop Geräte die Web mit einem Browser erkundigen können, lässt sich die Entscheidung über die Art der Benutzeroberfläche leicht Treffen.

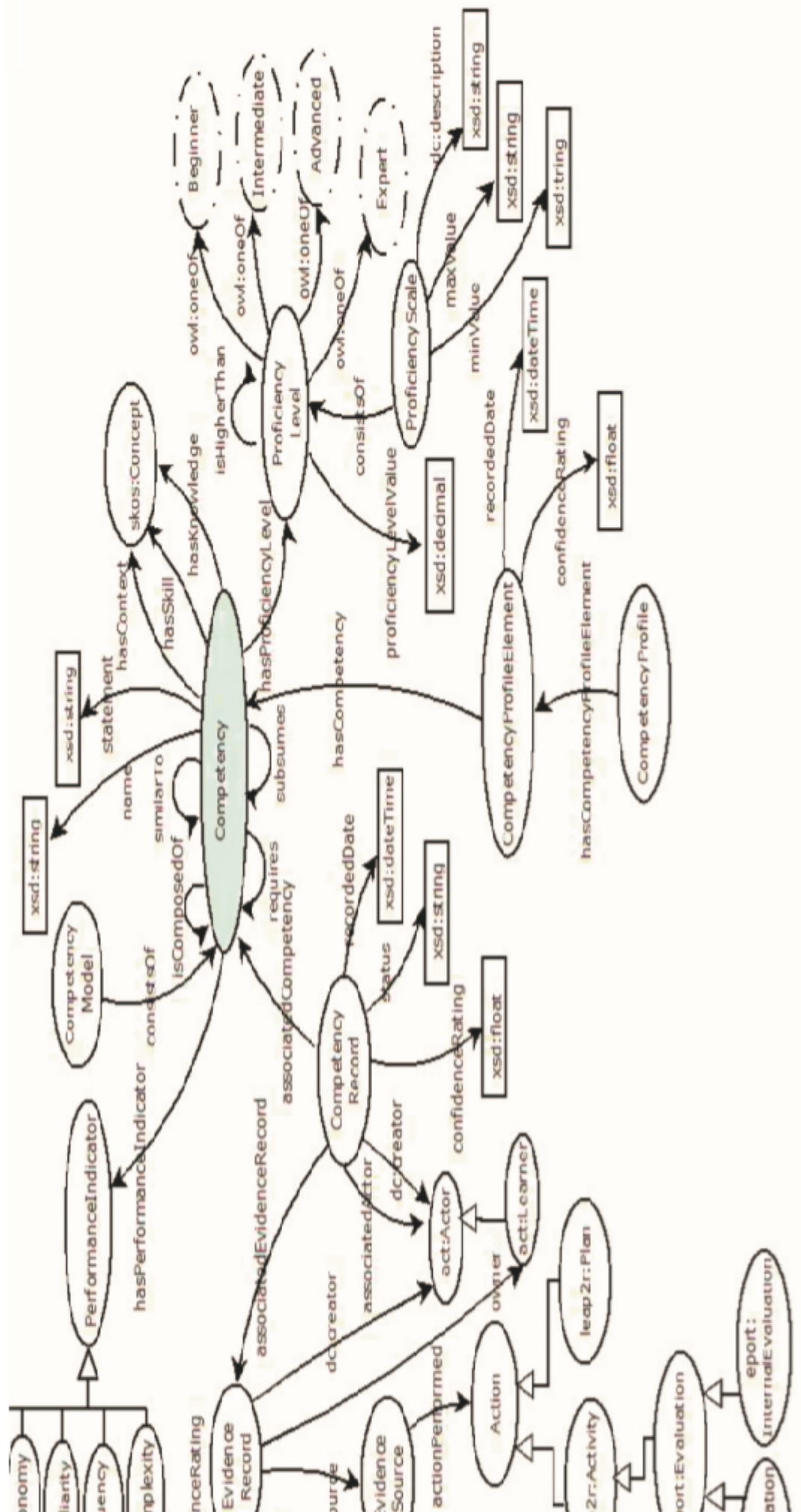
Die Web Anwendung ist für alle Rechenaufgaben verantwortlich die im Browser aus dem Sicherheitssichtpunkt kein Gefahr darstellen, um den Backend oder Servers möglichst wenig auszulasten. Deswegen bietet sich eine Single Page Application an. Die SPA besteht aus ein einziges HTML Dokument. Dies vereinfacht man die Konfiguration der Authentifizierung und unterbricht den Fluss der UI-Darstellung zwischen Seiten.

Ein konfiguriertes Anfangsprojekt/Quickstart kann mithilfe von Initializr [Ini17] oder JHipster [Jhi17]. Für die lokale Entwicklung der Webseite werden anhand von NodeJS und NPM folgende Bibliotheken als Abhängigkeiten verwaltet: Bootstrap als Stylesheet und jQuery als Javascript-Bibliothek. Die Webseite wird Statisch mittels S3 geliefert. Dies geschieht mit einem Befehl:

Listing 10.5: Webseite veröffentlichen

```
1 $ aws --region us-west-2 s3 website --index-document index.html --error-document error.html 's3://koma.thb.de'
```

Da der Zugriff auf die Datenspeicherung gesichert werden soll, wird die Login-Funktionalität hinzugefügt.



11 Bewertung

Zur Skalabilität Skalabilität in Datenhaltung -> Entwerfe für Distribution + Vorteile von Lokalität. Read replikas -> evtl. Konsistent. Viele Perspektiven von Daten -> Lebenszyklus von Daten. — Bounded Context — Service ist nicht nur Funktion oder nur DB. Entkopplung fordert enkapsulation und Cohesion.

Event als Bussinesmanager -> Coordinator / Orchestrator -> Lambda Als Finite State Machine oder WorkFlow

Anwendung Latenz Die entstandene Webanwendung befindet sich in US-WEST-2, Oregon, in den USA. Da keine Cache oder CDN Funktionalität weder Implementiert noch konfiguriert ist, ist die Latenz direkt proportional zur Ausführungsdauer der Lambda Funktion. @Benchmark testing curl @Lambda Monitoring

In Zeiten des Cloud computings

Frameworks und FaaS Frameworks helfen aber sind platform abhängig. Entweder JEE und JVM oder PHP. Es kann auf die Layer of Abstraction in FW verzichtet werden. Die Ersetzbarkeit des FaaS entkoppelt die Anwendung und den Entickler von der darunterliegende Technologie.

DevOps Frameworks Die benötigte Fertigkeiten für die Umsetzung einer Serverless Anwendung werden mithilfe von Deploymentframeworks gemindert. Die Aufnahme von 3.Anbieter ist deswegen notwendig. Es existieren bereits solche Hilfe wie z.B Serverlessframework@Ref

Risiko: Entickler brauchen einen guten Testplan und eine gute DevOps Strategie.<- skills shortage

Transaktionen Transaktionen können nicht parallel ausgeführt werden. Sequenziell aka Messaging Pattern. Zusammenspiel Arch. interfaces prog.modell und FW Arch
1st -> def interfaces and interactions. to program to a interface

Eventual consistency -> event driven + ontology quality Consistency -> kommandostandalone <- transaction mngt

Vorteile Automatische Skalierung <!-- große und kleine Apps -> und Fehlertoleranz
Automatisches Kapazitätsmanagement Flexible Ressourcenverwaltung Schnelle Bereitstellung der Ressourcen Exakte nutzungsabhängige Abrechnung der Ressourcen
Konzentration auf den Kern des Source-Codes

Nachteile SLA Service Level Agreement: Latency, Bank:High volume Transactions,
Decentralisation of Services = Challenge = Overhead, time, energy <- orchestration of events. Decentralisation vs monolithik != -komplexity Kontrollverlust Erhöhtes Lock-in Risiko

kurzlebige konfigurationen herausfinden ?? tracking? viel Konfiguration, kaum Konvention -> .json 4 everything local testing braucht event-simulation.json

Zur Entwicklung Die Starke Komponentisierung und Dezentralisierung von Software, die Variabilität von Programmiermodellen, Frameworks, Tools, -Sprachen und dessen Entwicklungsumgebung erhöht die Komplexität des Entwicklungszyklus und hervorhebt die Bedürfnis von Tools zur Automatisierung von Tests, Deployment und Konfiguration. Also ein wohldefiniertes Handlungsplan bei der Softwareentwicklung dass von der nicht zu bearbeitende Details abstrahiert. Die DevOps Kultur spricht solche Probleme an. Neben dem Entwurf der Softwarearchitektur muss, um deren Umsetzung Zeitgemäß zu gewährleisten, eine zum Projekt passende DevOps Strategie. Um Vorteil von der neuen Technologien zu nehmen, ist die Recherche nach schon existierenden DevOps Frameworks besonders wichtig. Dessen Integration in der DevOps Strategie diene für eine Agile Entwicklung.

Zum Datenmodell Aus der Anforderungsanalyse einer Informations Technologie Web Anwendung sind die Builder, Texte und dessen Darstellung das ergebniss, dass



ohne Daten inhaltlos wäre. Auf einer Seite Das Relationale Datenschema stellt keine Semantik für sich dar, sondern durch von der Software entstandene Verknüpfung zwischen dem Endergebnis und dem Datenschema. Auf der anderen Seite die RDF Daten einer Ontologie *is* das Modell.

Zum API Gateway Bei Frameworks wie JEE werden Schnittstellen zwischen Layers und Tiers bereitgestellt und diese am Laufzeit entdeckt aka Service Discovery. Im Fall der API Gateway wird die Kopplung bei derer Konfiguration festgelegt wo derer Rekonfiguration ein neues Deployment ohne Downtime bedeutet. Die Der Quellcode der Dienste bleiben unberührt und kein Load Balancer muss rekonfiguriert werden.

Zum Serverless In dieser Arbeit wurde eine "nach buch"weise die Architektur gestaltet. Die unterschiedliche Interpretationen des Begriffs Serverless kann auch zu kreativen Ansätzen führen. Adam Bien JEE Es kann daher auch als Serverless betrachtet wenn neue Quelldaten eine Docker Instance neu Erzeugen oder nur Updaten, dessen LoadBalancing auch als Serverless Quellcode verpackt werden kann.

12 Ausblick

RESTful UI RESTful Anfragen für bestimmte UI formate.

Listings

10.1 Darstellung von Triples in TURTLE	30
10.2 Schnittstele Lambda	32
10.3 Abhängigkeitenverwaltung für Lambda in Java	32
10.4 Mapping Template	34
10.5 Webseite veröffentlichen	35

Abbildungsverzeichnis

10.1 Überblick von benutzten Technologien	25
10.2 Kompetenzontologie	36

Tabellenverzeichnis

10.1 Vergleich relationalem mit ontologischem 10.2.2 Schema	24
10.2 Terminologie	29
10.3 Klassendefinition	30
10.4 Properties	30
10.5 RESTful API	34

Glossar

Abkürzungen

da Dragoljub Milasinovic „dddd“

Dragoljub Milasinovic (da) some info

GC Garbage Collection

„Garbage Collection“ bezeichnet die automatische Speicherwaltung zur Minimierung des Speicherbedarfes eines Programmes. Garbage Collection (GC) wird zur Laufzeit durch Identifikation von nicht mehr benötigten Speicherbereichen ausgeführt. Im Vergleich zur manuellen Speicherverwaltung benötigt GC mehr Ressourcen.

Literaturverzeichnis

- [Bob13] DuCharme Bob. Learning sparql. sl, 2013.
- [Cha14] K Chandrasekaran. *Essentials of cloud computing*. CRC Press, 2014.
- [Con17] ConnectWise. Connectwise, 2017.
- [DCAB17] Diego Duran, Gabriel Chanchí, Jose Luis Arciniegas, and Sandra Baldassarri. A semantic recommender system for idtv based on educational competencies. In *Applications and Usability of Interactive TV*. Springer, January 2017.
- [GOS09] Nicola Guarino, Daniel Oberle, and Steffen Staab. What is an ontology? In *Handbook on ontologies*, pages 1–17. Springer, 2009.
- [H⁺17] II Hunter et al. Advanced microservices: A hands-on approach to microservice infrastructure and tooling. 2017.
- [HSB⁺14] A. Homer, J. Sharp, L. Brader, M. Narumoto, and T. Swanson. *Cloud Design Patterns: Prescriptive Architecture Guidance for Cloud Applications*. Patterns & practices. Microsoft Developer Guidance, 2014.
- [Ini17] Initializr. Initializr, 2017.
- [Jhi17] Jhipster. Jhipster, 2017.
- [Kin16] W. King. *AWS Lambda: The Complete Guide to Serverless Microservices - Learn Everything You Need to Know about AWS Lambda!* AWS Lambda for Beginners, Serverless Microservices Series. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.
- [Kli03] Eckhard Klieme. ua: Zur entwicklung nationaler bildungsstandards–eine expertise. *Berlin 2003*, 2003.
- [Mus14] Benjamin Muschko. *Gradle in action*. Manning Publications Co., 2014.

- [Net17] Netflix, 2017.
- [Oro12] J. Martín Serrano Orozco. Ontologies for cloud service and network management operations. In *Applied Ontology Engineering in Cloud Services, Networks and Management Systems*. Springer, January 2012.
- [ref99] *Refactoring: Improving the Design of Existing Code*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1999.
- [RMG14] Kalthoum Rezgui, Hédia Mhiri, and Khaled Ghédira. Extending moodle functionalities with ontology-based competency management. *Procedia Computer Science*, 35:570–579, 2014.
- [Sba17] P. Sbarski. *Serverless Architectures on AWS: With Examples Using AWS Lambda*. Manning Publications Company, 2017.
- [SBF98] Rudi Studer, V Richard Benjamins, and Dieter Fensel. Knowledge engineering: principles and methods. *Data & knowledge engineering*, 25(1-2):161–197, 1998.
- [UNL17] UNLESS, 2017.
- [Wei02] F.E. Weinert. *Leistungsmessungen in Schulen*. Beltz Pädagogik. Beltz, 2002.
- [You15] Marcus Young. *Implementing Cloud Design Patterns for AWS*. Packt Publishing Ltd, 2015.