FFHS
Fernfachhochschule Schweiz
Zürich | Basel | Bern | Brig
Mitglied der SUPSI

Fernfachhochschule Schweiz
Studiengang INF

Performance-Evaluation von Open Source Reporting Engines

Bachelor-Thesis im Studiengang INF

von

Denis E. Bittante Fanacon

Eingereicht bei:
Dr. Oliver Kamin
Departement Informatik
Departementsleiter

Referent:
Heinrich Zimmermann
Prof. Dr.
Fachbereich Enterprise Computing

St. Gallen, 7. März 2018

Zusammenfassung

Diese Arbeit widmet sich der Erforschung der geeigneten Open Source Reporting Engine (OSRE) im Hinblick auf mögliche Performance-Engpässe und deren Einsatz im Umfeld von Platform as a Service (PaaS).
Mittels Prototypen auf einer PaaS wurde die Performance geprüft. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass iText als Open Source Reporting Engine performantes Tool mit gutem API und guter Nutzung der Ressoucen ist. Reine Performance wird mit Apache PDFBox besser erreicht. Ein maximaler Durchsatz konnte mit Apache PDFBox bei 151 Anfragen pro Sekunde verzeichnet werden. JasperReport ist kein Kandidat für die performante Umsetzung von Services. Über alle Tests hinweg hat JasperReport die niedrigste Performance erreicht.
Die Experimente deuten darauf hin, dass die Auswahl eines geeigneten Frameworks eine grosse Bedeutung hat, wenn eine hohe Performance erreicht werden soll.

Abstract

Developing software for a microservice on a Plattform as a Service (PaaS) is a common use case. Finding the fitting library is essential, due to the strict resource policies on PaaS.

This work evaluates reporting engines, which are employed to create PDFs. The candidates for the evaluation where Apache PDFBox, JasperReports and iText. With several prototypes on a PaaS, the libraries behaviour was observed during the performance tests. The resources were used at best by Apache PDFBox with respect to CPU and Memory. JasperReports showed a great need for memory and CPU. The iText library has shown a balanced use of the memory and CPU. Throughput and the average latencies where the most performant with Apache PDFBox followed by iText and JasperReports.

The results showed that out of the three evaluated open source reporting engine, Apache PDFBox and iText were eligible to be used in combination with microservices. We also saw that this results can fluctuate depending on how the tests are defined.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Grundlagen **2**
2.1 Performance . . . 2
2.2 Testumgebung . . . 2
2.3 Metriken . . . 3
2.3.1 Performance-Messungen . . . 3
2.3.2 Ressourcen-Messung . . . 3
2.4 Open Source Reporting Engine . . . 4
2.4.1 JasperReports® . . . 4
2.4.2 iText . . . 4
2.4.3 Apache PDFBox . . . 5
2.4.4 Gegenüberstellung . . . 5
2.5 Abgrenzung der Arbeit . . . 5
2.5.1 Implementation und Layout . . . 5
2.5.2 PaaS . . . 6

3 Prototyp **7**
3.1 Schnittstelle . . . 7
3.1.1 Requests . . . 8
3.1.2 Responses . . . 9
3.2 Implementation . . . 10
3.2.1 Build / Deployment . . . 11
3.2.2 Technische Details . . . 12

4 Evaluation **14**
4.1 Vorbereitung . . . 14
4.1.1 Last-Strategie . . . 14
4.1.2 Ramp-Up . . . 15
4.1.3 Last . . . 16
4.2 Test Durchführung . . . 16
4.2.1 JMeter . . . 16
4.2.2 Test Szenarien . . . 17
4.3 Konsolidierung . . . 20
4.3.1 Log Datei . . . 20

4.3.2 JMeter Testresultate 21

5 Resultate **22**
5.1 Performance 22
5.1.1 Durchsatz nach Anfragen 22
5.1.2 Durchsatz nach Bytes 23
5.1.3 Latenzzeit 24
5.1.4 Verfügbarkeit 25
5.2 Ressourcen 27
5.2.1 Arbeitsspeicher 27
5.2.2 Prozessor Last 28
5.3 Lastveränderung 29
5.3.1 Requestgrösse 29
5.3.2 Virtuelle User 31

6 Diskussion **34**
6.1 Ergebnisse 34
6.2 Ungereimtheiten 35
6.3 Schlussfolgerungen 35

7 Fazit **36**
7.1 Performance 36
7.1.1 Durchsatz 36
7.1.2 Latenzzeit 36
7.1.3 Verfügbarkeit 36
7.2 Ressourcen 36
7.2.1 Arbeitsspeicher 37
7.2.2 Prozessor Last 37
7.3 Wer hat nun die beste Performance? 37
7.3.1 Apache PDFBox 38
7.3.2 iText 38
7.3.3 JasperReports 38
7.4 Ausblick 38

Abbildungsverzeichnis **40**

Tabellenverzeichnis **41**

Literaturverzeichnis **42**

Abkürzungen

CLI command-line interface.

FOSS Free Open Source Software.

GB Garbage Collector.

IaaS Infrastructure as a Service.

OSRE Open Source Reporting Engine.

PaaS Platform as a Service.

PDF Portable Document Format.

REST Representational State Transfer.

SLA Service-Level-Agreement.

SOA Service Oriented Architecture.

VU virtuelle User.

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Evaluation von Open Source Reporting Engine (OSRE). Die Frage nach der leistungsfähigsten OSRE ist von besonderem Interesse, weil immer häufiger Service Oriented Architecture (SOA) im Einsatz sind. Diese Architekturen befassen sich mit verteilten Systemen, die sich gezielt auf eine Aufgabe fokussieren. Dies ist in dieser Arbeit das Generieren von Reports im PDF-Format.

Die Evaluation von OSRE ist von Bedeutung, da sich die reine Evaluation der Performance auf die Infrastruktur auswirkt. Je effizienter und schneller die OSRE die Anforderungen erfüllen, desto schwächer bzw. günstiger kann die Infrastruktur ausfallen, was auch bedeutet, dass diese wirtschaftlich gesehen schneller rentieren werden. Im aktuellen Markt zeigt sich der Trend zu Containern und Platform as a Service (PaaS), welche horizontal skalierbar sind und wo aus Sicht der Hardware keine Grenzen gesetzt sind. Performance-Tests können in diesem Anwendungsfall (Generieren der PDFs) aufzeigen, wie sich ein solcher Webserver verhalten würde. Diese Tests können Ausfälle und Leistungsengpässe einzelner Container oder Dynos vorhersagen. Mit diesen Angaben lassen sich Infrastrukturen planen und administrieren, um diese z.B. in Bezug auf die aktuelle User-Aktivität auszulegen, auch wenn diese auf einer PaaS oder Infrastructure as a Service (IaaS) betrieben werden sollen.

2 Grundlagen

Welche Frameworks in dieser Arbeit mittels welcher Methoden und Metriken analysiert werden.

2.1 Performance

Ian Molyneaux definiert eine gut funktionierende oder performante Anwendung als eine, die es dem Endbenutzer ermöglicht, eine bestimmte Aufgabe ohne übermässige Verzögerung oder Irritation auszuführen [1, Kap. 1]. Die Schlussfolgerung davon ist, dass jeder Performance verschieden empfinden kann, aber auch, dass für jede Aufgabe das geeignetste Mittel gewählt wird, das zu keiner oder nur geringer Verzögerung führt. Eine Verzögerung kann je nach Aufgabe situativ verschieden empfunden werden.

Performance ist dennoch nur ein Qualitätsmerkmal von vielen, das gemessen werden kann. Als nicht funktionale Anforderung werden neben Performanz- auch Speicherplatzanforderungen oder Benutzbarkeitsanforderungen genannt [2, S. 120]. Jede dieser Anforderungen kann mit der geeigneten Methodik erhoben werden. Es können als Beispiel Lasttest und Performance-Messungen auf ein bestehendes System, falls ein solches existiert, durchgeführt werden, um zu erkennen, ob eine Applikation viel oder wenig Speicher verbraucht und somit der Speicherplatzanforderungen gerecht wird. Auch die Benutzbarkeit kann mittels Interaktionstests zwischen dem User und der Applikation evaluiert werden. Dies kann zeigen, ob der User auf Anhieb zurechtkommt oder das Navigationskonzept überdacht werden soll. Um die Performance-Anforderungen zu analysieren, können Prototypen gebaut werden, die mittels Performance-Messungen auf verschiedene Metriken hin analysiert werden. Diese Vorgehensweise wurde für diese Arbeit gewählt.

Das Testen der Performance einer Anwendung muss erarbeitet werden und folgt einer Abfolge verschiedener Aktivitäten, die es zu beachten gilt. Diese beinhalten: die Testumgebung, die Metriken und den Ausführungsplan definieren, die Umgebung aufsetzen, die Testausführung aufzeichnen und die Resultate analysieren [3, vgl. Kap. 1].

2.2 Testumgebung

Da die Umsetzung von performanten Services vor allem auf Platform as a Service (PaaS) eine Herausforderung darstellt, bietet es sich an, diese auch darauf zu testen. Die Performance-Messungen auf einer PaaS auszuführen, bringt verschiedene Vorteile, wie z.B. die Möglichkeit, eine relativ grosse Infrastruktur für eine kurze Zeit günstig zu mieten. Ebenfalls kann diese relativ schnell an die Bedürfnisse angepasst werden, also z.B die Anzahl Instanzen dynamisch

anzupassen und somit auf die Bedürfnisse eines Anwendungsfalls reagieren zu können. Ebenfalls kann von den voreingestellten Konfigurationen profitiert werden, da diese für die meisten Fälle bereits optimal definiert wurden. Während eines Performancetests ist es auch nötig, die Ressourcen zu protokollieren, was auf einer PaaS dank dem Einsatz von Ad-Ons leicht zu erreichen ist. Doch kann eine PaaS auch Nachteile mit sich bringen. Beispielsweise kann diese nicht immer ganz zuverlässig sein, ein Server kann vielleicht nicht wie gewohnt gestartet werden oder bricht abrupt ab. Dies stellt meist keine weiteren Probleme dar, da diese Instanzen leicht wieder gestartet oder gelöscht werden können.[1, Kap. 3]

Heroku, die gewählte PaaS, bietet eine Möglichkeit. In diesem Fall wurde ein sogenannter Dyno Typ 'Standard-2x' angewendet. Dieser Typ von Dyno verfügt über 1024 MB RAM und kann hundertfach horizontal skaliert werden (Scaling out) [4, Kap. 2]. Der Dyno verfällt nicht in den Schlafmodus, was bedeutet, dass die ersten Anfragen ebenfalls nicht länger dauern als die anschliessenden.

2.3 Metriken

Die Performance kann mittels verschiedener Metriken ausgedrückt werden. Folgende zwei Gruppen von Metriken sind für diese Arbeit relevant.

2.3.1 Performance-Messungen

Latenzzeit (clientseitig): Ist die Zeit ab dem Senden der Abfrage bis sie den Zielort erreicht hat und wieder zurück beim Client ist. Sie beinhaltet die Latenzzeit des Servers und des Netzwerkes.
Reaktionszeit (Response Time): Die Antwort-Zeit ist die Zeit, die benötigt wird von der Abfrage, bis alle Antworten am System empfangen werden. Das beinhaltet die Latenzzeit des Netzwerks, des Servers und eine allfällige Latenzzeit des Quellsystems.
Durchsatz (Throughput): Der Durchsatz ist die Anzahl der zu verarbeitenden Abfragen oder Bytes, die in einer definierten Zeiteinheit erledigt wurden. Es werden meist viele Stichproben gemacht, um den Verlauf protokollieren zu können[5, Kap. 4]. Der gesamte Durchsatz wird demzufolge so berechnet:

$$\textbf{Durchsatz} = \frac{\textit{anz. Abfragen}}{\textit{Gesamtzeit}} \tag{2.1}$$

Verfügbarkeit (Availability): Die Verfügbarkeit ist so lange gewährleistet, bis der User des Service die Antwort bekommt. Sobald die Antworten des Servers zu stark verzögert oder korrupt sind, ist der Service nicht mehr verfügbar.

2.3.2 Ressourcen-Messung

Damit die clientseitigen Performance-Messungen nachvollziehbar werden, wurde entschieden, auf der Service-Seite einige Performance-Indikatoren zu protokollieren. Diese sollen dann mit

der guten oder schlechten Performance in Zusammenhang gebracht werden. Dabei sind diese Metriken für diese Arbeit gewählt worden und werden zum Teil vom System vorgegeben.
Memory RSS: Das RSS steht für 'resident set size', was die Grösse der Prozesse bezeichnet, die im Hauptspeicher gehalten werden. Diese Messung wird in MB ausgedrückt und wird jede Minute evaluiert. Das RSS wird über alle Dynos hinweg ausgegeben.
Memory SWAP: Der SWAP wird dann eingesetzt, wenn die Prozesse keinen verfügbaren Speicherplatz im RSS finden. Die Prozesse werden somit auf der Festplatte sistiert. Dabei sind die Einstellungen des unterliegenden Systems ausschlaggebend, wenn dies passiert.
Web-Server - CPU (Dyno Last) Das ist die Anzahl der Prozesse, die auf eine Ausführung warten und sich im Status 'Ready' befinden. Dabei werden die Stichproben über eine und fünf Minuten aufgezeichnet.

2.4 Open Source Reporting Engine

Als Open Source Reporting Engine werden die Libraries definiert, welche als Einsatzgebiet das Rendern und Generieren von Reports haben. Ein Einsatzgebiet kann das Generieren von Flugtickets, das grafische Aufbereiten von Geschäftszahlen oder einfach nur das Darstellen von Fliesstext sein.

Es gibt im Markt verschiedene dieser OSREs wie Apache PdfBox, iText, BIRT, JasperReports, um nur einige der Engines zu nennen. Viele dieser OSREs sind auf ein Einsatzgebiet spezialisiert. Meist können diese OSREs nicht nur Reports generieren, sondern diese auch verarbeiten oder verändern [6, Kap. 10]. Als Zielformat wird oft PDF benutzt. Dieses Format ist ideal, um Druckvorlagen zu erstellen oder die Informationen auf verschiedenen Endgeräten darzustellen. Das macht PDF zum robusten und versatilen Dateiformat. Wir wollen im Folgenden, die für die Prototypen genuzten OSREs näher betrachten.

2.4.1 JasperReports®

Das von Teodor Daciu lancierte Reporting Tool wurde aufgrund grosser Nachfrage im November 2001 in der Version 0.1.5 lanciert [7, Kap. 1]. Die Reporte werden als Vorlagen im XML-Format definiert. Diese Vorlagen können für die Verarbeitung vorkompiliert werden. Der Visual Designer iReport macht es möglich, das Layout grafisch zu bearbeiten. Dank diesem Ansatz kann das Layout vom Programmcode getrennt werden. JasperReports nutzt als Framework iText, um einige der Features umzusetzen.

2.4.2 iText

Als die Studenten- und Kursverwaltung einer Universität fertiggestellt wurde, musste eine geeigenete Druckmöglichkeit gefunden werden. HTML und Word wurden als ungeeignetes Mittel angesehen, und man entschied sich, PDF einzusetzen. Da im Jahr 1998 noch keine geeignete FOSS für PDF existierte, wurde eine eigene Library geschrieben, die heute als iText bekannt ist. iText wird heute in verschiedenen Softwares eingesetzt und kann in Tools wie

Eclipse/BIRT und JasperReports gefunden werden. NASA nutzt die Library für ihre Blueprints, und Google Calendar gehört ebenfalls zu den Nutzern dieser Library [8, Kap. 1].

2.4.3 Apache PDFBox

Im Jahr 2002 wurde für das Projekt Apache Lucene eine Library gesucht, um den Inhalt von PDFs zu extrahieren. Das Ziel war, den Inhalt duch Lucene zu indexieren. Diese Library wurde von Ben Litchfield initialisiert. Seit der ersten Version wurden verschiedene Performance-Verbesserungen eingeführt. Lucene wird von Wikipedia und Twitter genutzt. Zu den Features von Apache PDFBox gehört nicht nur das Extrahieren von Inhalten, sondern auch das Erstellen, Teilen, Vereinen und Füllen von PDFs [9].

2.4.4 Gegenüberstellung

Die hier vorgestellten Open Source Frameworks können mehr als nur PDFs erstellen, obwohl einzig diese die Eigenschaft ist, die in dieser Arbeit geprüft wird. Die meisten dieser Frameworks können Inhalte aus bestehenden PDFs entnehmen, PDFs teilen oder vereinen. Wie die Tabelle 2.1 zeigt, sind bei der Ausbaustufe trotzdem Unterschiede festzustellen.

	Apache PDF Box	iText	JasperReport
PDF-Metadaten	X	X	X
PDF generieren	X	X	X
Bilder einfügen	X	X	X
Formen zeichnen	X	X	X
Tabellen einfügen		X	X
Tabellen-Zellen formatieren		X	X
Layout-Vorlage definieren			X

Tabelle 2.1: OSRE PDF-Erstellen Features

2.5 Abgrenzung der Arbeit

Es ist in dieser Arbeit nicht möglich, alle Aspekte von Performance und deren Analyse vorzunehmen. Darum werden die hier erarbeiteten Erkenntnisse nicht als allgemein gültig definiert.

2.5.1 Implementation und Layout

Die generierten PDFs werden anhand des gleichen Inputs generiert, die Verarbeitung dieser Inputs wird jedoch von jeder Reporting Engine verschieden aufbereitet. Aufgrund des Funktionsumfangs der OSRE kann nicht gewährleistet werden, dass die leistungsstärkste Umsetzung gewählt wurde oder die idealen Features genutzt wurden. Da die ORSE verschiedene Strategien besitzen, wie PDFs erstellt werden, und nicht alle APIs gleich ausgereift sind, sind einige

der Layouts nicht vollständig von einer OSRE auf die andere übertragbar. Darum wurde Wert darauf gelegt, dass die Reporte sich schlussendlich ähneln und die Informationen angezeigt werden können.

2.5.2 PaaS

Die verschiedenen Applikationen wurden auf der PaaS Heroku betrieben und getestet. Da die Performance einer Applikation durch verschiedene nicht beinflussbare Ereignisse verändert wird, wie z.B. die Netzwerklatenzzeit oder die Last selbst auf den Providern, ist zu erwarten, dass die Ergebnisse immer unterschiedlich sein werden. Ein Aspekt, der in dieser Arbeit nicht betrachtet wird, der jedoch im Zusammenhang mit Performance-Tests auf einer PaaS sehr relevant ist, ist das Load-Balancing. Einerseits werden die User, die die Anfragen stellen, immer die gleiche IP-Adresse besitzen. Auch werden keine Autoscaling-Dynos gestartet, was bedeutet, dass die Anfragen nicht auf mehrere Dynos aufgeteilt, sondern nur auf einem Server verarbeitet werden. Es ist somit klar, dass diese Test-Umgebung mit einer produktiven Umgebung nicht vergleichbar ist und somit die Ergebnisse nicht absolut übertragbar sind.

3 Prototyp

Um herauszufinden, welche der OSRE am leistungsstärksten ist, wurden drei Prototypen erstellt. Mit diesen soll erforscht werden, wie sich eine Applikation beim Einsatz der verschiedenen ORSE verhält. Es wurde darauf geachtet, dass der Prototyp nur genau die Komponenten besitzt, die für die Aufgabe benötigt werden.

Jeder Prototyp ist zweiteilig. Die Prototypen besitzen die gleiche REST-Schnittstelle, welche die Anfragen entgegennimmt. Die REST-Schnittstelle leitet diese Anfrage an die entsprechenden Implementationen weiter. Dort werden diese Anfragen in konkrete PDFs umgesetzt. Im Folgenden werden die grundlegenden Aspekte der Implementationen näher betrachtet.

Prototyp

Der Prototyp kann unter `https://github.com/denisbittante/DINF-BT-K/tree/master/3_Prototyp/Prototyp` gefunden werden.

3.1 Schnittstelle

Die Schnittstelle wurde so implementiert, dass eine HTTP-POST-Anfrage entgegengenommen werden kann. Der Request-Body wird dem Interface '`PdfEngine`' weitergegeben. Dieses Interface wurde mithilfe der Spring-Annotation @Autowired eingesetzt. Damit besteht eine lose Koppelung der PDF-Implementation und der Schnittstelle gegen aussen. Dank dieser Aufstellung kann nun einfach eine beliebige Implementation aufgerufen werden.

Die REST-Schnittstelle bietet die drei PDF-Szenarien über die Endpunkte `/scenario1`, `/scenario2` und `/scenario3` an.

```
1
2  @RestController("/")
3  public class PdfServiceController {
4
5     @Autowired
6     private PdfEngine engine;
7
8     @RequestMapping(method = RequestMethod.POST, path = "scenario1")
9     public @ResponseBody PdfResponse scenario1(@RequestBody PdfRequestScenario1 req) {
10       return engine.createPdfSzenario1(req);
11    }
12       ...
```

```
13
14      // weitere Endpunkte
15
16  }
```

Listing 3.1: Auszug REST-Implementation

3.1.1 Requests

Die Endpunkte werden mit den folgenden POST-Bodys angesprochen.

Szenario 1

Das JSON für das erste Szenario bildet das Modell für eine Aktivität ab. Diese soll einen Titel und eine Zeitangabe besitzen, wann diese stattfindet. Es wurden verschiedene Informationen hinterlegt, die für eine Freizeitbeschäftigung interessant wären, wie: Wer organisiert und welche Freunde oder Helfer werden eingeladen? Wo soll es stattfinden?

```
1  {"data": [
2       {
3       "title":         "Sommer-Fest",
4       "datumVon":      "12.02.2017 16:00",
5       "datumBis":      "12.02.2017 23:00",
6       "description":   "Bringt Essen und gute Laune mit",
7       "place":         "Musterstrasse 12\n888 Musterstadt\nSchweiz",
8       "incharge":      "Denis Bittante",
9       "helper":        "Lars Hauser, Max Muster",
10      "author":        "Denis Bittante"
11    }, ...
12  ]}
```

Listing 3.2: JSON - Szenario 1

Szenario 2

Szenario 2 ist sozusagen eine Zusammenfassung oder das Programm der interessanten Aktivitäten, die an einem Tag anstehen werden. Die Daten fassen die Eckdaten einer Aktivität zusammen, wie der Organisator und die Zeitangaben. Es gibt keine Details, aber eine Möglichkeit eine Fussnote zu versehen, die nach jedem Tag erscheinen soll.

```
1  {"group": [
2       {
3       "title": "21.2.12 Vortraege fuer diesen Tag",
4       "entries":[ {
5            "time":        "19:00",
6            "title":       "Ein Titel",
7            "person":      "D.Bittante",
```

```
            "isSubtitle": false
        }, ...
    ],
    "footer": "Special Information as Footnote"
  }, ...
    ]}
```

Listing 3.3: JSON - Szenario 2

Szenario 3

Im dritten Szenario wurde entschieden, eine Kontaktliste zu erstellen, damit die Helfer und Freunde auch ausgedruckt werden können. Im Hinblick darauf, wie die Bilder und Tabellen eingefügt werden können, wurde hier entschieden, die Personendaten wie Vorname, Familienname und Adress- und Kontaktdaten zu hinterlegen, aber auch die Information zum Geschlecht. Dabei steht 'm' für männlich (male) und 'f' für female. Die Gender-Information soll dann auf der Kontaktliste als Gender-Symbol dargestellt werden.

```
{"contacts": [
    {
    "gender":    "m",
    "name":      "Mustername",
    "firstname": "Max",
    "address":   "Musterstrasse 12",
    "zip":       "9000",
    "place":     "Ort",
    "tel":       "+41 55555 55 55",
    "mob":       "+41 55555 55 55",
    "birthday":  "2.2.1988",
    "note":      "schlaue Notiz fuer diese Person",
    "email":     "max.muster2000@gmx.ch"
  }, ...
]}
```

Listing 3.4: JSON - Szenario 3

JSON Request

Vollständige Request können unter `https://github.com/denisbittante/DINF-BT-K/tree/master/3_Prototyp/JSON_Request` gefunden werden.

3.1.2 Responses

Die Responses der REST-Schnittstelle wurden einfach gehalten, daher werden die OSRE und das Szenario angegeben und im Feld `Status`, ob die Verarbeitung korrekt abgeschlossen wurde.

Das generierte PDF ist als base64 encodiert und als Feld `file` in der Response zu finden.

```
{
   "name": "ApachePdfBox",
   "description": "Szenario 1",
   "file": "JVBERi0xLjQKJfb ... hyZWYKMTc2NAolJUVPRgo=",
   "status": "ok"
}
```

Listing 3.5: JSON - Antwort

3.2 Implementation

Beim Einsetzen des Interfaces PDFEngine werden je nach Build eine der drei Implementationen instanziert (siehe Abbildung 3.1). Jede dieser Klassen hat alle drei Szenarien zu implementieren.

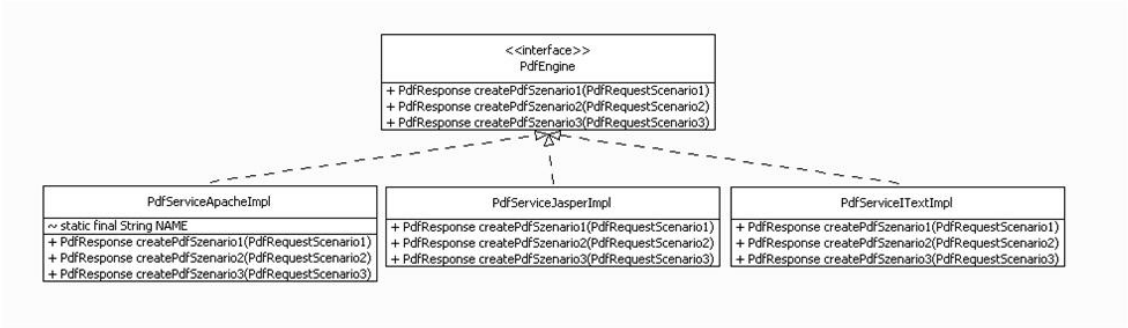


Abbildung 3.1: UML PDFEngine Implementierungen

Die einzelnen Szenarien wurden ebenfalls als Interfaces deklariert, damit jedes dieser Szenarios nicht anders oder nur teilweise implementiert wird. Als Basis-Klasse wurde die `AbstractScenario`-Klasse implementiert. Diese regelt den Aufbau, wie die temporären Files auf dem System abgelegt werden und wie diese wieder abgeräumt werden. Diese abstrakte Klasse übernimmt ebenfalls den Aufbau und das Handling des `PdfRequest` als Modell. Dieses Modell steht jeder Implementation über die Methode `getModel` im `AbstractSzenario` zur Verfügung (siehe Abbildung 3.2.

Die Implementationen sind sehr unterschiedlich aufgebaut denn z.B. muss für Apache PDFBox der Zeilenumbruch für einen langen Text selber entwickelt werden, gleiches gilt für die Seitenumbrüche. Da es an ein High-Level API fehlt, wurden keine Templates erstellt, wie es JasperReports möglich macht. Da diese Layouts immer auf der Basis von spezifischen Daten-Inputs basieren, kann ein Flow-Pattern nicht implementiert werden. Apache PDF bietet sich an, um pixelgenaue Layouts zu erstellen, da die Texte mit Offset-Angaben ausgerichtet werden können.

Das API von iTest ist hingegen umfangreicher und klarer, z.B. werden Seiten automatisch

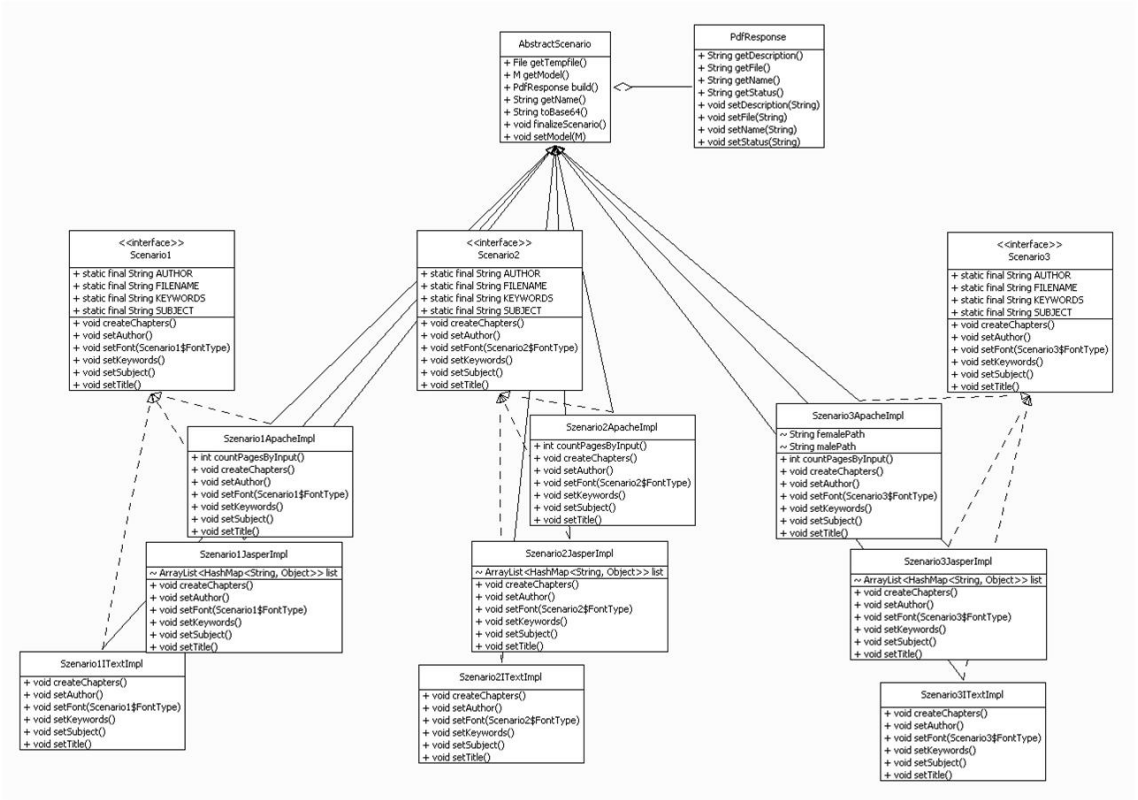


Abbildung 3.2: UML Szenario Implementierungen

neu generiert. Es benötigt keine Seitenangaben wie Rand und Grösse, da Standards diese bereits vorgeben. Die Positionierung einzelner Elemente kann über die Canvas-Funktionen ebenfalls erreicht werden, z.B. beim Definieren von Footer oder Header. iText lässt auch eine dokumentenübergreifende Fonteinstellung definieren.

JasperReport nutzt die Templates, die im Programmcode mitgeliefert werden und kann somit mit wenig Implementation viele Anforderungen erfüllen.

3.2.1 Build / Deployment

Die einzelnen JARs mit den gewünschten Implementationen können mittels Maven gebildet werden. Dazu wurde für jedes Produkt ein Profil eingerichtet. Dafür muss das Projekt vollständig gebildet werden, damit die einzelnen Implementationen als Archiv im Maven Repository erreichbar sind, und anschliessend kann der REST-Service gebildet und gestartet werden.

```
1
2
3 REM Bildet alle Maven Module
4 cd ../dinf/app/
```

```
5  mvn clean install
6
7  REM  Bildet den RestService mit gewuenschter OSRE Implementation
8  cd ../dinf/app/rest-springboot/
9
10 mvn clean install -Pitext
11 REM (oder)
12 mvn clean install -Pjasper
13 REM (oder)
14 mvn clean install -Ppdfbox
```

Listing 3.6: CLI Installationskommandos

Das generierte JAR kann über das heroku-Komamndo ebenfalls über die Konsole deployed werden. Da der Stand des gewünschten Dynos meist nicht bekannt ist, wurde nach dem Deployment auch der Dyno neu gestartet.

```
1
2  REM Deployed hier denn service mit der pdfbox implementation auf den Dyno 'dinf-app'
3  heroku deploy:jar target\rest-service-pdfbox.jar --app dinf-app
4
5  REM Startet den Dyno namens 'dinf-app' erneut
6  heroku restart --app dinf-app
```

Listing 3.7: CLI Deploymentkommandos

3.2.2 Technische Details

Um die Resultate dieses Experiments zu reproduzieren, sind folgende Eckdaten und Versionen nötig.

Der Stand von Heroku war zum Zeitpunkt der Tests wie folgt konfiguriert (siehe Abbildung 3.2).

Software	Version
Java	jdk 1.8.0.112
Spring Boot	1.5.8.RELEASE
iText	7.1.0
Apache PDFBox - Core	2.0.1
Apache PDFBox - fontbox	2.0.0
Apache PDFBox - jempbox	1.8.11
Apache PDFBox - xmpbox	2.0.0
Apache PDFBox - preflight	2.0.0
Apache PDFBox - pdfbox-tools	2.0.0
JasperReport	6.4.3
JasperReport - fonts	4.0.0
Maven	3.3.9

Tabelle 3.1: Prototyp Versionsangaben

Heroku (PaaS)	
Region	USA
Stack	heroku-16
	Ruby: 2.2, 2.3 und 2.4
	OpenJDK: 7, 8, 9
	PHP: 5.6, 7.0, 7.1
	Python: 2.7, 3.5, 3.6
	Go: Alle Versionen
	Node: Alle Versionen
Buildpacks	heroku/jvm
Dyno Type	Standard-2X
RAM	1GB
Anzahl Dyno	1

Tabelle 3.2: Heroku Konfiguration

4 Evaluation

Ob ein Framework oder ein OSRE performant ist, kann kaum der Literatur entnommen werden. Auch Benchmarks stossen dabei an ihre Grenzen, wenn es darum geht, Vergleiche zwischen Frameworks zu machen, die je nach Einsatzgebiet verschiedene Stärken oder Schwächen aufweisen können. Dadurch kann eine objektive Aussage zwar wahr sein, sie ist womöglich aber für das eigene Projekt nicht ausreichend oder sogar falsch. Darum wurde entschieden, einen eigenen Prototypen zu erstellen, den es in dieser Arbeit zu evaluieren gilt.

Für die Evaluation wurde bestimmt, die Prototypen abwechslungsweise auf die PaaS einzusetzen, um diese separat voneinander analysieren zu können. Gegen die eingesetzten Prototypen wurden automatische Performancetests durchgeführt. Da die Performance-Messungen mehrmals zu erheben waren, wurde vorgängig ein Testplan erstellt. Damit konnten die Tests vorgängig konfiguriert und automatisiert durchgeführt werden. Die wichtigsten Performance-Messungen wurden einerseits mit dem Testtool JMeter generiert und andererseits mithilfe der Logdateien auf der PaaS erhoben. Dank der Konsolidierung dieser Dateien, konnten Rückschlüsse auf die Performance gezogen werden.

Die Evaluation gliedert sich in drei Teile (siehe Abbildung 4.1). Diese Teile werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

4.1 Vorbereitung

In der Phase Vorbereitung geht es darum, die Prototypen zu erstellen, sowie den Testplan zu definieren. Im Testplan müssen verschiedene Parameter definiert werden. Wie diese gewählt werden, bestimmt der Anwendungsfall, der hier behandelt wird.

4.1.1 Last-Strategie

Eine Nutzergruppe kann auf ein produktives System verschiedene Last-Muster generieren. Dabei gelingt es den Usern, durch den Ansturm auch grosse Rechenzentren lahmzulegen. Ob alle User gleichzeitig, wie z.B. beim Vorverkauf von Konzertkarten, beim gebotenen Service anmelden oder gestaffelt, ist für ein System durchaus wichtig, denn je nach Service kann dieser sich mit der Anzahl Anfragen den neuen Umständen anpassen und horizontal skalieren, also die Last auf viele verschiedene Server verteilen.

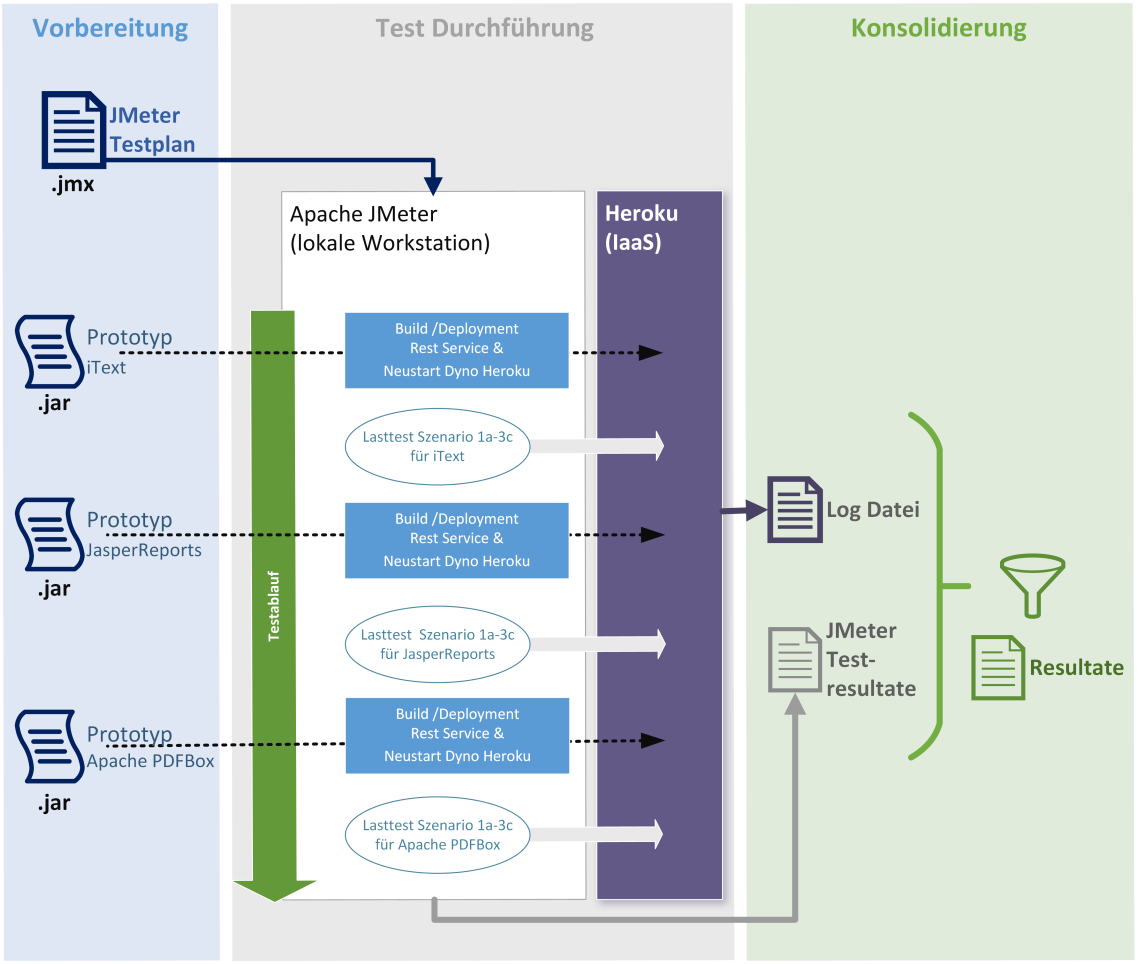


Abbildung 4.1: Evaluationsablauf

4.1.2 Ramp-Up

Bei den durchgeführten Performancetest wurde die Infrastruktur nicht skaliert, dennoch wurde eine Ramp-Up von 10 Sekunden definiert, was bedeutet, dass die gesamte Menge der VU gestaffelt nach 10 Sekunden auf dem System aktiv Last erzeugen. Dieses Szenario wurde gewählt, da in der Praxis fast nie Systeme gleich vollständig ausgelastet werden [5, Kap. 4].

Da es in diesen Experimenten darum geht, verschiedene Anwendungen und deren Frameworks zu evaluieren, wurde eine fixe Anzahl User definiert, die sich über 10 Sekunden hinweg alle zuschalten und 10 Minuten lang auf dem System 'arbeiten'. Somit variieren diese über den Test hinweg nicht mehr. Diese Strategie wurde gewählt, da es einfacher ist, die Messungen zu evaluieren, und die Performance-Messungen zuverlässiger gesammelt werden können.

4.1.3 Last

Ein Service kann auf verschiedene Arten belastet werden. Was öfter vorkommt, ist es das Ansteigen der aktiven User auf dem System. Diese Last wird meist über einen Scale out der Server behoben. Was ebenfalls vorkommt, ist, dass die Last auf dem Service durch grössere Anfragen gefordert wird, d.h. dass Requestgrössen ansteigen. Das kann z.B bei Services, die eine Bestandeslieferung von Einwohnern entgegennehmen die jährlich steigt, der Fall sein. Diese Anfrage nimmt oft jährlich zu, oder es ist auch möglich, dass grössere Kunden mit mehr Volumen dazugezählt werden dürfen.

In dieser Arbeit wurden die beiden Lasten im Testplan miteinbezogen. Bei den Tests wurden einerseits die virtuellen User von 20 auf 50 gesetzt, und andererseits wurden die virtuellen User bei 20 belassen, aber die Requestgrösse verdreifacht. D.h. die zu verarbeitenden Datensätze wurden verdreifacht, nicht die Bytegrösse der Anfragen. Diese Tests sollen Aufschluss darüber geben, wie sich die OSREs bei Lasterhöhung verhalten [5, Kap. 5].

Die definierten Parameter und Testpläne wurden als jmx-Datei festgehalten und für die Testdurchführung aufbereitet.

JMeter Testplan

Der Basisplan kann im Anhang gefunden werden oder unter: `https://github.com/denisbittante/DINF-BT-K/blob/master/4_Evaluation/JMeter_Testdefinition/DinfLoadTest.jmx`

4.2 Test Durchführung

Nach der Vorbereitung und Zielsetzung der Performancetest sollen diese auch gegen eine Anwendung eingesetzt werden. Während der Durchführung sollen die Testszenarien angesprochen werden, die im Prototypen umgesetzt sind. Wir wollen nun auf das Werkzeug und die Szenarien eingehen, die während der Durchführung angesprochen werden.

4.2.1 JMeter

Um die definierten Testszenarien durchzuführen, wurde das Open Source Tool Apache JMeter (v.3.3) genutzt. Es gibt eine ganz Reihe von Lasttest- und Performancetest-Software auf dem Markt wie HP LoadRunner, Silk Performer, LoadUI und viele mehr. JMeter wurde ausgewählt, da es ein kostenloses und das am meisten genutzte Last- und Performance-Tool ist [5, Kap. 2]. Das Tool unterstützt eine Reihe verschiedener Protokolle, unter anderem REST, was für dieses Experiment genutzt wurde. Die Testszenarien wurden im "Non-GUI" oder "headless"-Mode durchgeführt. Dieser dient dazu, intensive Testreihen in einer CLI-Umgebung durchzuführen. Um die Tests durchzuführen, wurde für das Speichern der Ergebnisse folgendes Skript erstellt:

[1]

```
@echo off
for /f "tokens=2 delims==" %%a in ('wmic OS Get localdatetime /value') do set "dt=%%a"
set "YY=%dt:~2,2%" & set "YYYY=%dt:~0,4%" & set "MM=%dt:~4,2%" & set "DD=%dt:~6,2%"
set "HH=%dt:~8,2%" & set "Min=%dt:~10,2%" & set "Sec=%dt:~12,2%"

set "datestamp=%YYYY%%MM%%DD%" & set "timestamp=%HH%%Min%%Sec%"
set "fullstamp=%YYYY%-%MM%-%DD%_%HH%-%Min%-%Sec%"

jmeter -n -t C:/sandbox/dinf/dinf/loadtest/jmeter/LoadTest-TIMED.jmx -l
    C:/sandbox/dinf/dinf/loadtest/jmeter/testlog-%fullstamp%.jtl
```

Listing 4.1: CLI Startskript

JMeter

JMeter ist ein Open Source Tool und kann direkt bei Apache heruntergeladen werden.
`http://jmeter.apache.org/`

4.2.2 Test Szenarien

Es wurden verschiedene Szenarien definiert, die einerseits einen möglichen Anwendungsbereich von OSRE abbilden könnten, andererseits sich an den speziellen Implementationen oder Limitierungen der OSRE orientieren. Als Beispiel verfügt Apache PDF Box nicht über eine integrierte Schnittstelle, um Tabellen zu implementieren. Im Folgenden werden diese Szenarien detailliert vorgestellt.

PDF Resultate

Die originalen PDFs können auf GitHub oder im Anhang nachgeschlagen werden: `https://github.com/denisbittante/DINF-BT-K/tree/master/4_Evaluation/PDF_Resultate`

Szenario 1 - Aktivität

Im ersten Szenario (siehe Abbildung 4.2) ging es darum, einen Report wiederzugeben, der in einem Referenzprojekt genutzt wird. Die Anforderung dabei war, einen einfachen Report zu erstellen, der eine Reihe von Aktivitäten oder Terminen abbildet. Dabei wurde darauf geachtet, dass alle OSREs diese Anforderung erfüllen können. Einerseits wurden die Schriftart gewählt und andererseits das Format der Überschriften sowie die Reportgrösse (DIN A4) definiert. Alle Implementationen mussten auch die PDF-Metadaten befüllen, wie die Felder Stichwörter, Autor und Titel. Eine weitere Anforderung für das erste Szenario waren Fussnoten, die es zu implementieren galt.

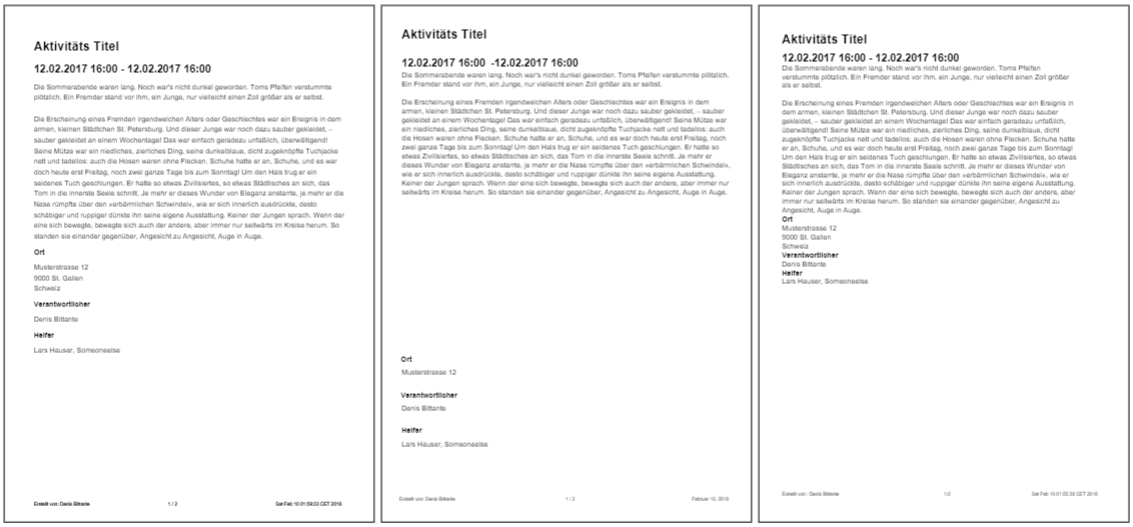


Abbildung 4.2: PDF-Resultate Szenario 1 (v.l.n.r iText, JasperReports, Apache PDFBox)

Die Informationen, die auf den Reports dargestellt werden, spiegeln die Requests wieder. Jeder Eintrag im Request löst dabei eine neue Seite im Report aus, da Apache PDFBox nicht in der Lage war, Floating-Layouts zu erstellen. Somit werden 10 bis 30 Seiten pro Test generiert. Dieser Report soll frei von rechenintensiven Kalkulationen sein, damit gezeigt werden kann, was die OSREs unter optimalen Bedingungen leisten könnten.

Szenario 2- Zeitplan

Im zweiten Szenario wurde ein eher aufwendiges Design erstellt. Der Report bildet einen Zeitplan ab mit verschiedenen Aktivitäten oder Terminen, gruppiert nach Tag. Jeder Tag besitzt dabei ein Datum und einen passenden Titel. Diese Titelzeile galt es farblich hervorzuheben (siehe Abbildung 4.3). Was das Layout anbelangt, wurden verschiedene Anforderungen definiert, um es etwas anspruchsvoller zu gestalten. Die Tagesabschnitte besitzen je eine Tabelle mit den einzelnen Aktivitäten, auf drei Spalten aufgeteilt. Wird im Request das Flag `isSubtitle` als `'true'` gesendet, wird der Untertitel ebenfalls farblich im gelb-orangen Farbton hervorgehoben. Auch Kursiv und Fett im Schriftzug wurde eingesetzt. Das PDF wurde auch hier mit den nötigen Metadaten versehen. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass als Ziel nicht eine perfekte Darstellung der PDF-Reporte im Vordergrund stand, sondern ein möglichst ähnliches und vergleichbares Ergebnis zu erzielen. Auch hier sind Unterschiede festzustellen. Als grober Unterschied ist Apache PDFBox aufzuführen, bei der die Hervorhebung des Untertitels in Farbe zu aufwendig wurde. Da der Hintergrund der Titelzeile als Box gezeichnet wird, mussten die entsprechenden Koordinaten angegeben werden. Um den Hintergrund eines Untertitels anzugeben, hätte man die Berechnung der Koordinaten in Bezug auf die Font-Grösse durchführen müssen, was nicht mehr zielführend war.

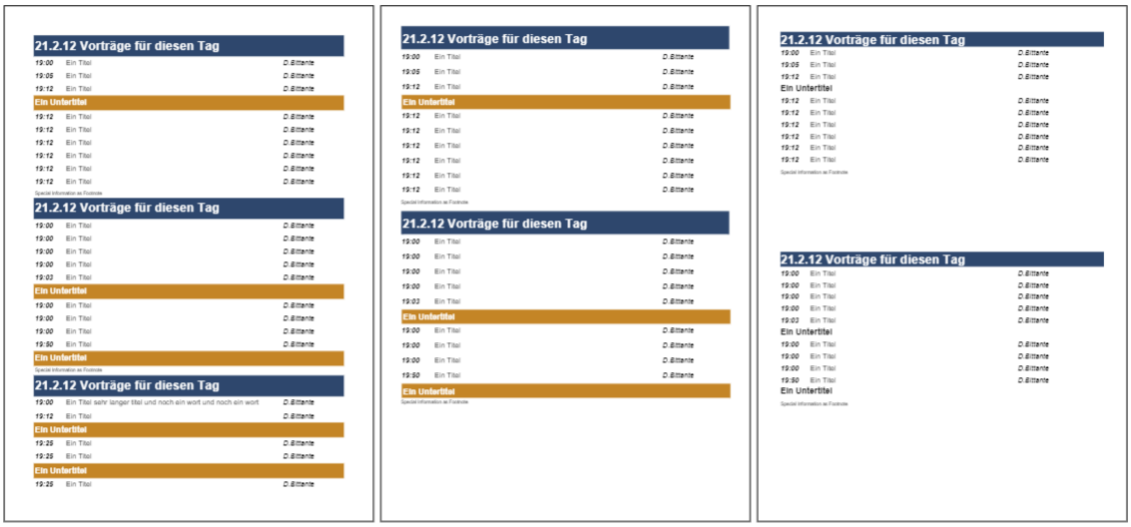


Abbildung 4.3: PDF-Resultate Szenario 2 (v.l.n.r iText, JasperReports, Apache PDFBox)

In diesem Anwendungsfall gilt es zu prüfen, wie eine OSRE mit komplexem Seitenaufbau zurechtkommt und wie sich das auf die Performance auswirkt und vor allem, wie die Ressourcen dabei genutzt werden. Dabei soll der Seitenaufbau komplizierter sein. Die Datenmengen werden im Test zwischen 10 und 30 Datensätzen sein, was zu einer PDF-Länge von vier (iText) bis maximal 15 Seiten führt.

Szenario 3 - Kontaktliste

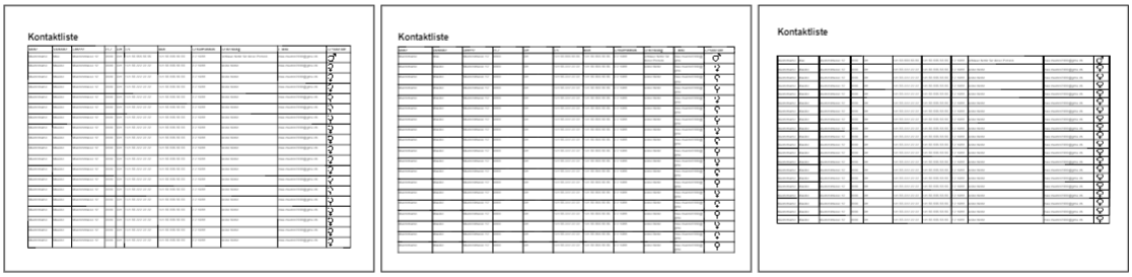


Abbildung 4.4: PDF-Resultate Szenario 3 (v.l.n.r iText, JasperReports, Apache PDFBox)

In diesem Anwendungsfall soll gezeigt werden, welche OSRE am besten geeignet wäre, Bilder in einem Report zu verarbeiten. Dieser Anwendungsfall generiert zwar nur Reports, die ein bis zwei Seiten lang sind, diese müssen aber dennoch möglichst schnell generiert werden. Der definierte Anwendungsfall kann in der Abbildung 4.4 gesehen werden. Das definierte Ziel war eine Übersicht der Kontakte, die z.B. im Zusammenhang mit den Aktivitäten eingeladen hat. Es wurde definiert, dass diese Übersicht erneut die nötigen Metadaten befüllt, auch Fusszeilen

auf den PDFs dürfen nicht fehlen. Das interessante in diesem Anwendungsfall war die Verarbeitung der Bilder. Die Bilder waren in einer hohen Auflösung abgelegt und mussten skaliert und gegebenenfalls komprimiert werden. Des Weiteren wurde definiert, dass sich die Seite im Querformat zu orientieren hat und der Titel nur auf der ersten Seite anzuzeigen ist.

Die zu erzeugenden Tabellen wurden von den OSREs verschieden implementiert, wie in der Einführung bereits angesprochen wurde. In iText lässt die Tabellenfunktion einzelne Zellen erstellen und mit JasperReports konnte die Tabelle als Subreport oder sogar als Datensatz formatiert werden. Apache PDFBox war in dieser Hinsicht etwas primitiv. Die Tabelle wurde in der Grösse berechnet und jedes Feld wurde einzeln auf der Arbeitsfläche hinzugefügt. Anschliessend wurden die Felder mit gezeichneten Strichen umrandet.

4.3 Konsolidierung

In diesem Schritt der Evaluation geht es darum, die Daten zu sammeln, vereinheitlichen und zu konsolidieren. Es wurden zum Teil Daten aus Logs oder Protokollen extrahiert um dies in ein Format zu überführen, das für die Analyse besser geeignet ist.

4.3.1 Log Datei

Die Daten, die Heroku niederschreibt, sind unter anderem die eingehenden Requests, der Dyno Load und der Memoryverbrauch. Diese Daten werden als Zeichenketten in die Logdateien geschrieben. Nicht gesteuert von den Aktivitäten auf dem Dyno, sondern aufgrund eines Timers werden diese Daten aus einer Probe des Dynos gelesen und in die Logs persistiert. Um diese Daten auswerten zu können, wurde ein eigener Log Parser geschrieben, mit welchem es möglich ist, diese Logs zu finden und in einer eigenen kommaseparierten Datei zu speichern.

Log Extractor Source Code

Der Log Extractor kann hier gefunden werden: `https://github.com/denisbittante/DINF-BT-K/tree/master/4_Evaluation/Log_Extractor`

Die Logdateien wurden anhand der Startzeiten im JMeter Testlauf gefiltert. Zwischen den Test wurden Pausen von 10 Minuten gemacht, damit es einerseits zu keiner Überschneidung der Test kommt und andererseits die Testresultate mit diesem Verfahren extrahiert werden konnten.

Daten Heroku

Wegen der Grösse der Daten konnten diese nicht online zur Verfügung gestellt werden. Die Daten von Heroku sind auf dem Speichermedium zu finden: `4_Evaluation/Daten_Heroku_Log/heroku-tsv`

Die gelieferten Rohdaten ist ein kleiner Bruchteil aus den Testfällen. Logdateien archivieren und speichern ist mitunter ein heikles Unterfangen im Umfeld von PaaS. Oft wurden Logdateien abgeräumt da diese den Speicherplatz erreicht hatten oder die Ad-Ons unterstützen die Grösse der Logdateien nicht.

Konsolidierte Daten Heroku

Die konsolidierten Daten können hier heruntergeladen werden: `https://github.com/denisbittante/DINF-BT-K/tree/master/4_Evaluation/Daten_Heroku_Konsolidiert`

4.3.2 JMeter Testresultate

Die Ergebnisse von JMeter können wiederum im selben Tool im Gui-Modus gelesen und ausgewertet werden. Dazu bietet JMeter verschiedene Auswertungsmethoden an. Einerseits können Plug-In's weitere Aufbereitungsmethoden zur Verfügung stellen, oder sonst sind mit JMeter bereits ein Dutzend Aggregatoren und grafische Tools mit dabei.

Daten JMeter

Die Daten von JMeter sind ebenfalls zu gross und können ebenfalls auf dem Speichermedium eingesehen werden: `4_Evaluation/Daten_JMeter/jtl/`

5 Resultate

5.1 Performance

Die Tests ergaben eine aufschlussreiche Datenmenge in Hinblick auf die Performance. Dabei sind nicht allein der Durchsatz und die Latenzzeit wichtige Indikatoren. Es gilt ebenfalls zu analysieren, wie die Ressourcen auf der PaaS genutzt wurden. Dabei werden die Daten miteinander verglichen und mögliche Performance-Probleme aufgezeigt.

5.1.1 Durchsatz nach Anfragen

Wie in der Abbildung 5.1 ersichtlich wird, haben alle OSRE verschiedene Durchsatzraten erzeugt.

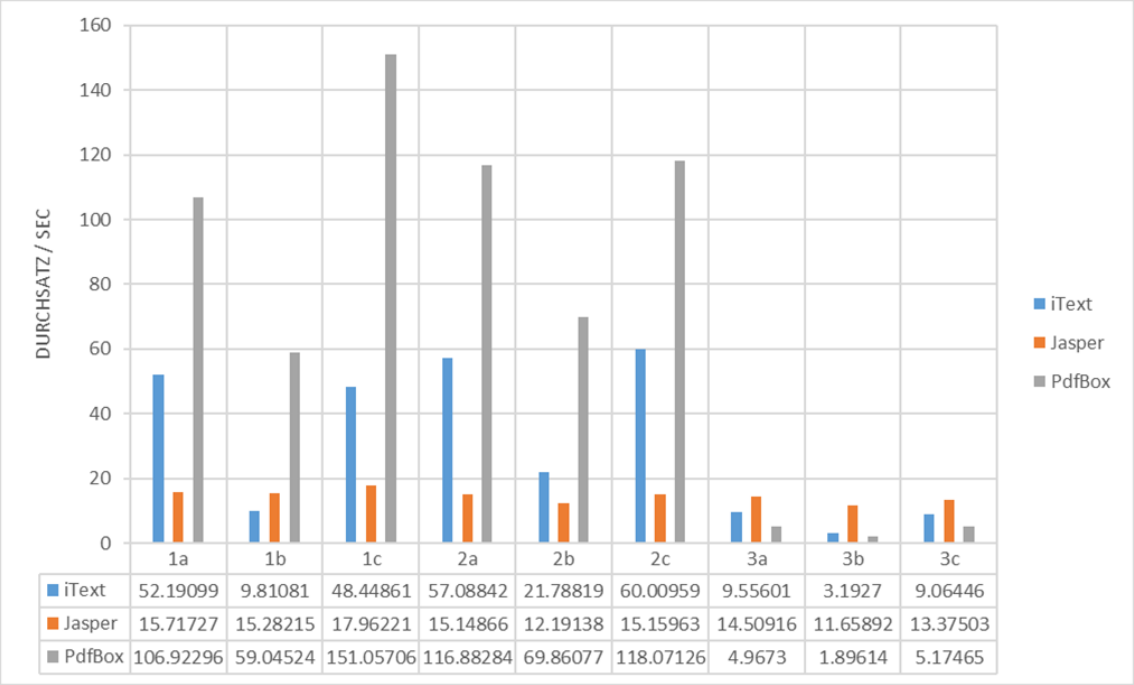
Szenario 1 und 2

Der höchste Durchsatz gelang mit Apache PDFBox. Der maximale Durchsatz in der Testreihe betrug 151 Anfragen pro Sekunde. Dies wurde beim Szenario 1 mit der Rate von 50 virtuellen Usern erreicht. Apache PDFBox hat bei Durchsatz und Verarbeitungsgeschwindigkeit in den ersten beiden Szenarien die höchste Rate im Vergleich zu iText und JasperReports erreicht. Der Durchsatz lag beim ersten und zweiten Szenario mit Apache PDFBox bei über 100 Anfragen pro Sekunde, ausser bei den Szenarien 1b und 2b, bei denen die zu verarbeitenden Daten verdreifacht wurden. iText zeigt ähnliche Ergebnisse, diesmal mit dem Maximal Durchsatz von 60 Anfragen pro Sekunde im Szenario 2 mit ebenfalls 50 virtuellen Usern. Der Durchsatz von iText und Apache PDFBox schwankt stark. Ein Vergleich vom besten Ergebnis (Szenario 1c) zum schwächsten (Szenario 1b) mit Apache PDFBox zeigt eine Verschlechterung des Durchsatzes von bis zu 60.9%. Auch bei iText ist eine Verminderung des Durchsatzes festzustellen, die bis zu 83% betrug. Hingegen blieb der Durchsatz bei JasperReports vergleichsweise konstant. JasperReports zeigt bei allen Szenarien einen Durchsatz zwischen 11 und und 17 Anfragen pro Sekunde und eine robustere, jedoch langsame Implementierung des Services.

Szenario 3

Das dritte Szenario zeigt eine rapide Abnahme der Durchsätze. Alle drei OSREs bringen den Durchsatz nicht über 15 Anfragen pro Sekunde. Das bedeutet, dass im besten Fall das Szenario 3 von JasperReports 52'200 mal in einer Stunde verarbeitet werden kann. iText würde etwa 34'200 PDF in der gleichen Zeit generieren und Apache PDFBox gerade mal 18'360 PDFs

liefern. Apache PDFBox hat in diesem Szenario die langsamste Verarbeitung mit 1.8 Anfragen pro Sekunde, knapp gefolgt von iText mit 3.1 Anfragen pro Sekunde.



	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
iText	52.19099	9.81081	48.44861	57.08842	21.78819	60.00959	9.55601	3.1927	9.06446
Jasper	15.71727	15.28215	17.96221	15.14866	12.19138	15.15963	14.50916	11.65892	13.37503
PdfBox	106.92296	59.04524	151.05706	116.88284	69.86077	118.07126	4.9673	1.89614	5.17465

Abbildung 5.1: Vergleich - Durchsatz nach Szenario

5.1.2 Durchsatz nach Bytes

Die Abbildung 5.2 zeigt, dass der Durchsatz in Bytes über die Testdauer hinweg nicht einbricht. Der Durchsatz nach Bytes scheint nur bei JasperReports tief zu bleiben (siehe Zeitschnitt von 03:30:00 bis 06:30:00). Der Durchsatz nach Bytes scheint auch bei Apache PDFBox und iText beim Szenario 3 zu steigen, wobei der Durchsatz der Antworten nachlässt. Analysiert man die Grösse der Antworten, wird auch klar warum.

JasperReports generiert im Vergleich zu den anderen OSREs weitaus kleinere PDFs. Die Kontaktliste, eine Liste mit Kontaktdaten und einem Gender-Symbol, die im Szenario 3 generiert wird, verarbeitet JasperReports besser als die anderen OSREs. JasperReports definiert die Bilder als Typ XObject nur einmal und referenziert dann auf diesen Stream [6, vgl. Kap. 5]. Dies ist dank der vorkompilierten Templates möglich. Das mit JasperReports generierte PDF ist etwa 46KB gross, das mit Apache PDF-Box generierte PDF ist etwa 730KB gross. Etwas besser ist die Komprimierung bei iText, mit dem das PDF etwa 350 KB gross wird [10, vgl. Kap 13]. Dies bedeutet zwar, dass der Durchsatz nicht vergrössert wurde, doch die generierten Files nutzten dennoch die Bandbreite des verfügbaren Netzwerkes.

Abbildung 5.2: Durchsatz in Bytes

5.1.3 Latenzzeit

Die Latenzzeit, die in der Abbildung 5.3 dargestellt wird, ist die Zeit, die der Service gebraucht hat, um die Anfrage zu bearbeiten, samt Netzwerkzeit.

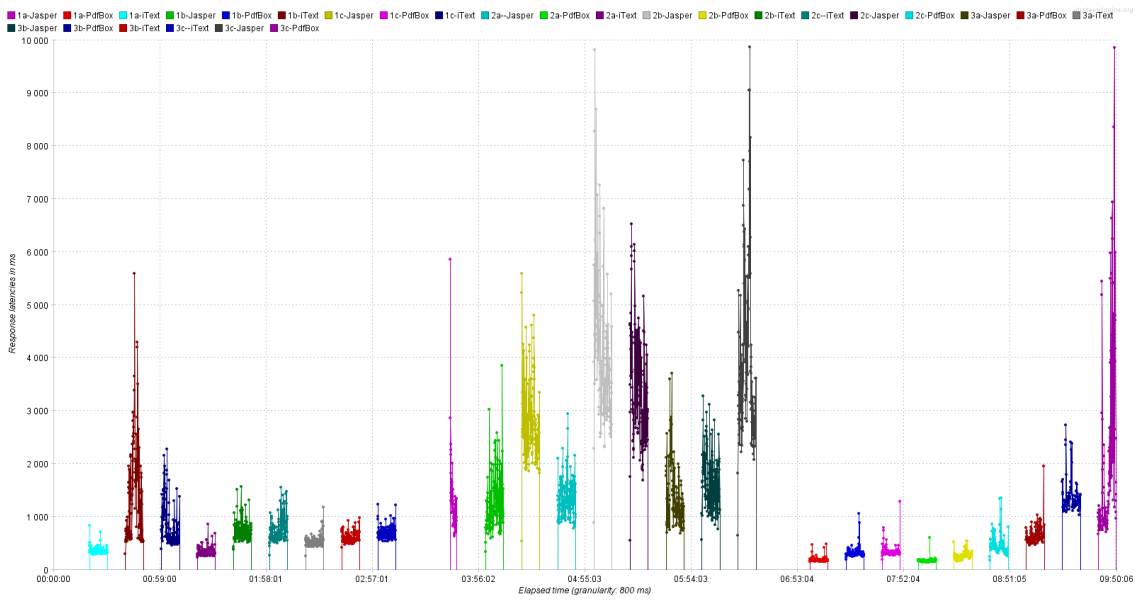
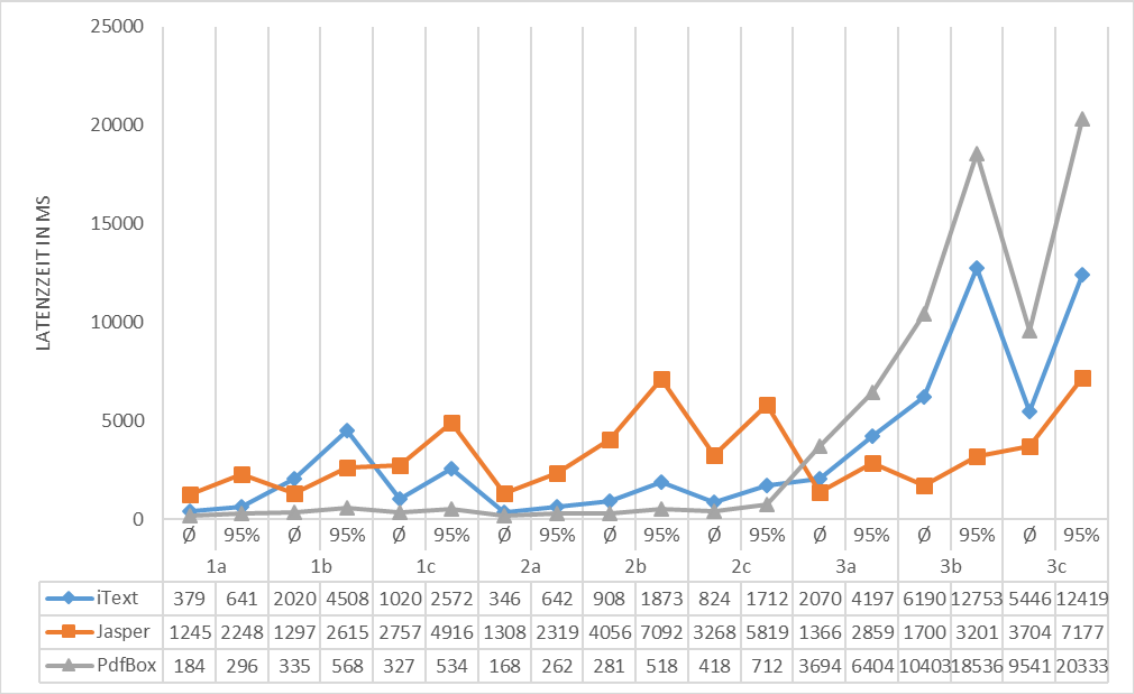


Abbildung 5.3: Latenzzeit im Testzyklus

Auch hier kommen iText und Apache PDFBox bei den meisten Szenarien mit weniger als einer Sekunde aus. Doch es sind auch Ausnahmen festzustellen, wie beim Szenario 1b bei iText und im Szenario 3 bei Apache PDFBox. iText übersteigt im Szenario 1b dabei 4 Sekunden als die Last anstieg. Apache PDFBox zeigt sich über die ersten zwei Szenarien hinweg als schnellstes OSRE. Das Szenario 3 zeigt bei allen OSREs eine Anstieg der Latenzzeit. Apache PDFBox hat im Szenario 3a im Durchschnitt noch 3.7 Sekunden und bei Last eine Spitze von etwa 20 Sekunden erreicht. Auch iText zeigt eine rasante Zunahme als das Szenario 3 durchgeführt wurde. Die Spitzen liegen zwischen 12 und 13 Sekunden. JasperReports zeigt eine gewisse Konstanz was die Latenzzeit anbelangt und kann im Szenario 3 noch eine Latenzzeit unter 8 Sekunden halten.

Diese Latenzzeiten sind keine Aussage zur Netzwerklatenz, die reine Zeit, die verbraucht wird, bis eine Nachricht vom Sender zum Empfänger übermittelt wurde. Diese Zeit gibt die reine Antwortzeit des Service wieder. Auch bei Abbildung 5.4 vergrössert sich die Latenz wegen der Verarbeitungszeit während des Szenarios 3. JasperReports zeigt dabei eine überdurchschnittliche Latenzzeit während der ersten beiden Szenarien.



	1a		1b		1c		2a		2b		2c		3a		3b		3c	
	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%	Ø	95%
iText	379	641	2020	4508	1020	2572	346	642	908	1873	824	1712	2070	4197	6190	12753	5446	12419
Jasper	1245	2248	1297	2615	2757	4916	1308	2319	4056	7092	3268	5819	1366	2859	1700	3201	3704	7177
PdfBox	184	296	335	568	327	534	168	262	281	518	418	712	3694	6404	10403	18536	9541	20333

Abbildung 5.4: Latenzzeit nach Szenario und OSRE

5.1.4 Verfügbarkeit

Der Service soll auch über die Zeit hinweg möglichst verfügbar bleiben. Dies ist ebenfalls ein wichtiger Performance-Indikator. Während der Tests hat keiner der Services über den Testlauf

von rund drei Stunden einen Absturz gehabt oder ist unerreichbar gewesen. Die Prototypen waren im Verlauf der Tests meist aktiv geblieben, was aber nicht heisst, dass ein User diese auch als verfügbar empfunden hätte. Hätte man diese Prototypen in einer Produktionsumgebung eingesetzt, wäre der User wohl des Öfteren mit längeren Wartezeiten konfrontiert gewesen. Die Latenzzeiten, die im vorhergehenden Kapitel erwähnt wurden, wären auch hier ein Thema. In der Abbildung 5.5 wird ersichtlich, wie viel Prozent der Anfragen an die entsprechenden Services länger gedauert hätten als 2 Sekunden.

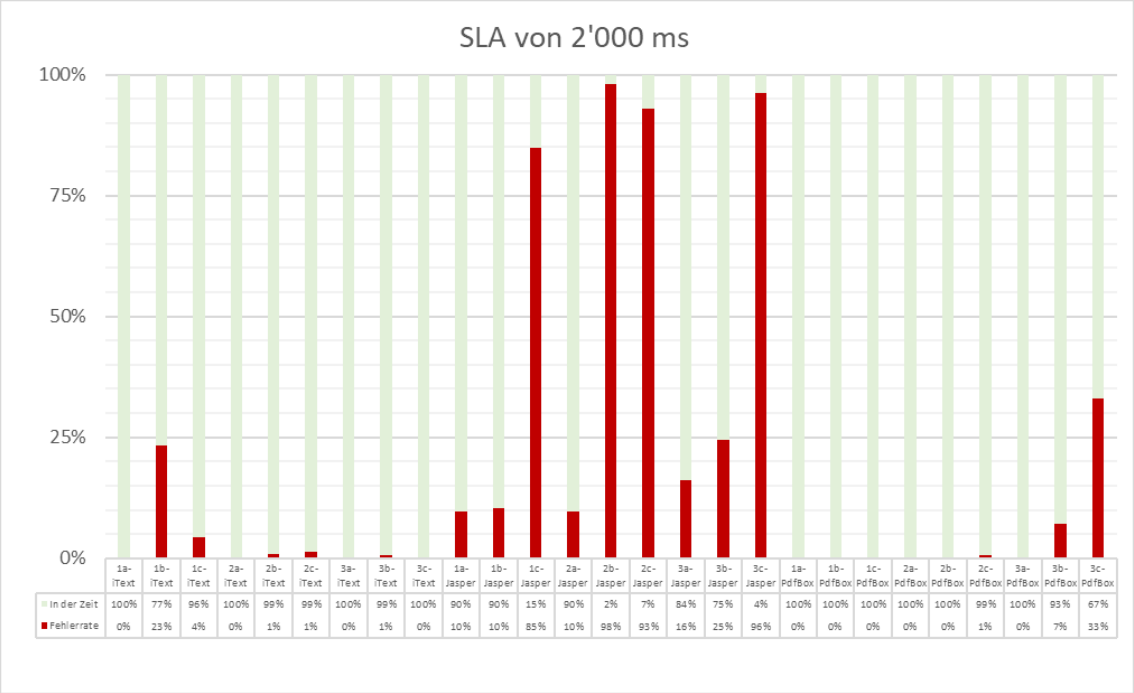


Abbildung 5.5: Fehlerrate nach Latenzzeit über 2000ms

Nach Miller [11, Seite 270] sind Verzögerungen erst dann ein Problem, wenn diese mit dem Fluss der spezifischen Arbeit zusammenkommen. Ein Betriebssystem muss immer in weniger als 0.1 Sekunden antworten, damit es den Arbeitsfluss nicht behindert. Auch hat ein Schreibprogramm in weniger als einer Sekunde zu reagieren, auch wenn Graphiken verarbeitet werden, damit der User in seinem kreativen Prozess nicht behindert wird. Weiter sind die Zeitspannen von 2 bis 4 Sekunden ebenfalls eine wichtige Grösse. Bei komplexen Arbeiten, bei denen der User sich Informationen merken muss, ist es wichtig, diese Antwortzeit so gering wie möglich zu halten.

In der Abbildung 5.5 wird gezeigt, dass sich besonders JasperReports für eine Online-Applikation nicht wirklich eignete. Vier von neun Szenarien benötigen meist mehr als 2 Sekunden, um eine initiale Antwort zu senden. Die Latenzzeit beträgt bei mehr als 85% der Antworten mehr als 2 Sekunden. Dies wäre für den Online-Benutzer zu lange, wenn diese

Daten für seinen Arbeitsprozess nötig wären.

JasperReports liefert 99% der Antworten innerhalb von 10 Sekunden, was für eine Batchverarbeitung akzeptabel wäre. Dennoch haben auch iText und Apache PDFBox bei einer SLA von zwei Sekunden in einigen Fällen Schwierigkeiten. iText hat bei der Verarbeitung des Szenarios 1b eine Verfügbarkeit von 77% erreicht, was zu tief ist für eine Online-Verarbeitung. Bei den übrigen Szenarien, mit der kleinen Ausnahme des Szenarios 1c, das bei 96% angelangt ist, konnte bei 99% eine Antwortzeit von unter zwei Sekunden erreicht werden.

Apache PDFBox zeigt hingegen wieder, dass die Verarbeitung der Reports im Szenario 3b und 3c oft eine Geschwindigkeit erreicht, die der User nicht mehr als angenehm oder akzeptabel empfinden würde.

5.2 Ressourcen

Wie bereits erwähnt ist auch wichtig, wie sich der Server während den Test verhält. Welche Auswirkung die Test auf dem Webservern in Bezug auf Memory und CPU haben, wird in dem folgenden Kapitel behandelt.

5.2.1 Arbeitsspeicher

Aus den Performance-Messungen konnte der Verbrauch auf der PaaS geloggt werden und ist in der Abbildung 5.6 zu sehen. Die Memory-Auslastung steigt bei der Ausführung der Performancetests und sinkt bei der Ausführung des GB oder einem Neustart des Webservers (Dynos). Die Dynos sind als Standard-X2 definiert, was bedeutet, dass die maximale Auslastung auf den Memory RSS auf 1024MB beschränkt ist [12, vgl. Kap 7.7]. Dies bedeutet, dass die Auslastung auf dem Memory begrenzt ist und jede weitere Verarbeitung auf den SWAP ausgelagert wird. Die Abbildung 5.6 zeigt diese Phänomene. iText nutzte nur wenig SWAP und konnte in den Performancetests mit RSS Memory meist alle Anfragen bearbeiten. Ein Teil der Anfragen wurde dennoch im Szenario 3 im SWAP ausgelagert. Nach einem Restart des Webservices wurde JasperReports genutzt. Diese ORSE nutzte bereits das verfügbare Memory im ersten Szenario. Das Memory auf dem SWAP konnte über alle Szenarien hinweg nicht freigegeben werden, was zu einem Aufblasen des Memory-Verbrauchs führte. JasperReports erreichte im Testlauf einen totalen Memory-Verbrauch von 1389.32MB. Apache PDFBox erreichte im Testlauf die Memory-Quota kaum.

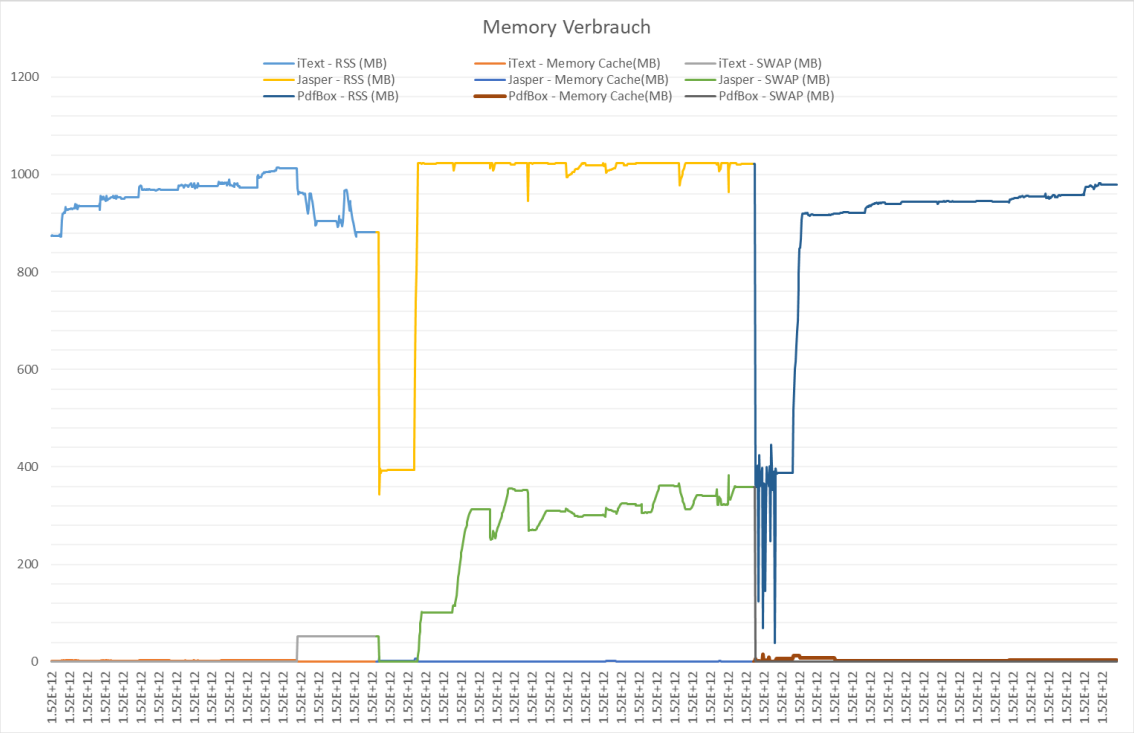


Abbildung 5.6: Memory-Verbrauch Testlauf

5.2.2 Prozessor Last

Der Verbrauch des CPU ist eine etwas schwierige Messgrösse. Die PaaS hat diese Daten mit der Stichprobengrösse von einer Minute in die Logdateien geschrieben.

Dabei ist natürlich zu erkennen, dass sich im Testzyklus von iText die Auslastung je nach Szenario sehr stark unterscheidet. Z.B. sind während des zweiten Szenarios durchschnittlich zwischen vier und sieben Prozesse im Status 'Ready' pendent gewesen. Hingegen sind im dritten Szenario fast immer alle Prozesse in Ausführung gewesen, das bedeutet eine fast optimale Auslastung des CPUs mit wenigen wartenden Prozesse. Diese sind wohl so entstanden, da die Prozesse im dritten Szenario langläufiger waren und somit wenig neue Anfragen verarbeitet wurden.

JasperReports hat den CPU eher gefordert und hat über den ganzen Zeitraum viele Prozesse gebraucht. Wie intensiv die Verarbeitung von JasperReports im Vergleich zu den anderen OSREs ist, wird hier klar hervorgehoben. Apache PDFBox ist hier als sehr sparsam zu erkennen. Es wurden maximal etwa fünf Prozesse ausgelagert.

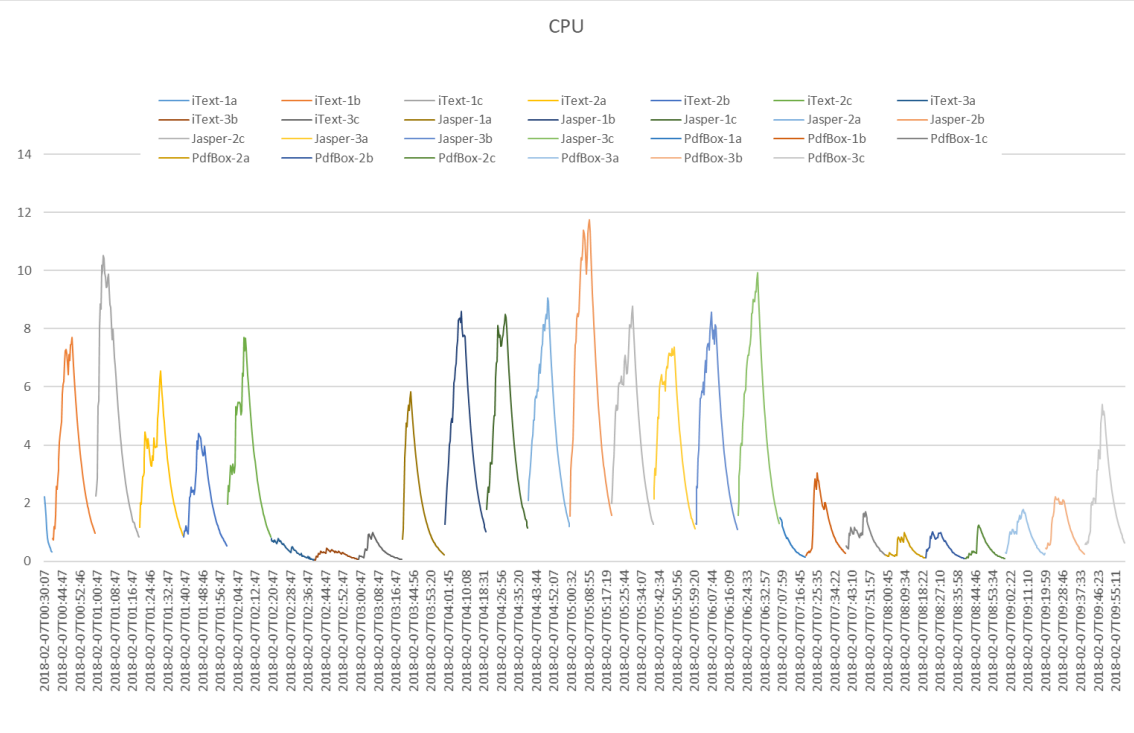


Abbildung 5.7: Vergleich - CPU-Last nach Szenario

5.3 Lastveränderung

Die OSREs haben sich während des Tests in Bezug auf die Lastveränderung verschieden verhalten. In diesem Kapitel sollen die Veränderungen von Requestgrössen und die Zunahme von virtuellen Usern (VU) weiter aufgezeigt werden.

5.3.1 Requestgrösse

Im Vergleich zu den Szenarien 1a, 2a und 3a wurden bei den Szenarien 1b, 2b und 3b die Datensätze für die Verarbeitung verdreifacht. Wie den Abbildungen 5.8 entnommen werden kann, hat dies dazu geführt, dass sich alle Antwortzeiten und Durchsätze verschlechtert haben.

Abbildung 5.8: Vergleich Baseline mit grösserer Datenmengen

Der Durchsatz von Apache PDFBox verschlechtert sich im ersten Szenario von 106.92 auf 59.04 was ein Rückgang von 44% bedeutet und etwa gleich sieht es auch im zweiten Szenario aus. Bei diesem ging der Durchsatz ebenfalls um 40% zurück. Im Szenario 3 sind die Durchsätze ebenfalls zurück. Zwar waren diese bereits sehr tief, doch gingen ebenfalls von 4.97 auf etwa 1.9 Anfragen pro Sekunde zurück, was etwa 62% Rückgang bedeutet.

iText verzeichnet hier ebenfalls Durchsatzeinbrüche, wie es in den ersten zwei Szenarien zu sehen ist. Bei beiden Szenarien fällt der Durchsatz je von 52 auf 9.8 und von 57 auf 21 Anfragen pro Sekunde. Was bedeutet, dass der Durchsatz bei iText um 81% beim ersten und 63% beim zweiten Szenario fällt. Auch im dritten Szenario fällt der Durchsatz. Es sind ebenfalls zwei drittel weniger Anfragen pro Sekunde möglich.

JasperReports hat sich etwas stabiler verhalten. Der Durchsatz ist in allen drei Szenarien gesunken, doch zum Teil nur minim. Der erste Szenario hat knapp 0.44 Anfrage pro Sekunde weniger verarbeitet verglichen mit dem Szenario 1a. Das ist eine Verschlechterung des Durchsatzes von 2.8%. Der zweite und dritte Szenario sanken um je 19.5%.

Hier sei noch einmal hervorgehoben, dass diese Daten aufgrund eines Testlaufs ermittelt wurden. Es kann in jedem Testlauf das gleiche Phänomen beobachtet werden, dennoch sind diese Daten nicht stellvertretend oder absolut zu betrachten. Grössere Ausreisser wurden in anderen Testläufen ebenfalls aufgezeichnet.

Die Latenzzeiten sind bei allen gestiegen. Wir vergleichen hier mittels dem 95% Perzentil, was bedeutet, wir vergleichen, welche Zeiten 95% der User gespürt hätten. Dabei hätten 5% längere Antwortzeiten gehabt und die restlichen 95% die angegebene Zeit oder weniger.

Apache PDFBox hat bei den beiden ersten Szenarien eine Latenzzeit von 296 und 262. Beim Steigen der Last sind diese dann auf 568 und 518 gestiegen. Die meisten Users hätten diese Verzögerung nur leicht gemerkt. Beim Szenario 3 sind diese Zeiten von bereits 4.9 Sekunden auf 18.9 Sekunden gestiegen. 5% der User hätten dabei noch länger warten müssen, um eine Antwort zu erhalten.

iText hat bei diesen Requestgrössen gleich sieben Mal länger gebraucht, um eine Antwort zu liefern. Die Latenzzeit stieg beim 95-Perzentil von 641 auf 4508. Ähnlich, aber nicht ganz so schlimm ist im Szenario 2 zu sehen, da steigt die Latenzzeit von 642 auf 1873, was drei Mal länger dauerte. Das erste Szenario stösst dabei an die Geduldsgrenze der meisten User. Szenario 2 liegt dabei mit 1.8 Sekunden noch im Rahmen, um den Arbeitsfluss eines Users nicht zu unterbrechen. Im dritten Szenario ist wie bei Apache PDFBox eine deutliche Abnahme der Reaktionszeit zu sehen. Die Latenzzeit steig dabei von 4.1 auf 12.8 Sekunden.

Die Latenzzeit von JasperReports bleibt bei dem ersten und dem dritten Szenario zwischen 2 und 3 Sekunden. Das Szenario 2 ist hat dabei einen Anstieg von 2.3 auf 7 Sekunden. Dieser Anstieg ist auch in der Abbildung 5.7 zu sehen. Die CPU-Last steigt auch dort höher als bei den anderen Szenarien.

5.3.2 Virtuelle User

Die Prototypen wurden während den Test von den initialen 20 VU im Szenario 'a' weiter gefordert, als 30 weitere VUs hinzugefügt wurden, um eine erhöhte Nutzerinteraktion zu simulieren.

Wie die OSRE dabei reagiert haben, kann in der Abbildungen 5.9 gesehen werden. In den Abbildungen werden die Veränderungen des Durchsatzes mit dem 95-Perzentil der Antwortzeit verglichen.

Einige der Erkenntnisse in diesem Zusammenhang können bei Apache PDF-Box gesehen werden. Als die Nutzerlast stieg, stieg auch der Durchsatz im Szenario 1 von 106 auf 151 Anfragen pro Sekunde. Die Antwortzeit verdoppelte sich dabei. Ähnliches ist auch im zweiten Szenario zu beobachten. Apache PDFBox hat Mühe mit dem Szenario 3. Die Antwortzeit verdreifacht sich dabei, wobei der Durchsatz gleich bleibt.

iText scheint in der Implementation der ersten zwei Szenarien ein ähnliches Verhalten unter Last zu erzeugen. Die Antwortzeit wird im ersten Szenario viermal langsamer, im Szenario 2 dreimal langsamer. Auch iText schafft es, seinen Durchsatz zu verbessern, und zwar werden drei Antworten mehr pro Sekunde verarbeitet. Szenario 3 hat ähnliche Probleme wie Apache PDFBox. Die Antwortzeiten verdreifachen sich und der Durchsatz bleibt auch bei iText etwa konstant.

JasperReports verschlechtert sich in allen Antwortzeiten, aber nicht ganz so extrem wie iText und Apache PDFBox. In allen Szenarien verschlechtern sich die Antwortzeiten. Bei allen Szenarien wurde JasperReports etwa doppelt so langsam. Was den Durchsatz anbelangt, blieb dieser fast konstant. Im Szenario 1 wurde dieser ebenfalls etwas höher (2 Anfragen pro Sekunde mehr).

Abbildung 5.9: Vergleich Baseline mit mehr VU

6 Diskussion

Welche Open Source Reporting Engine bietet die beste Leistung, um performante Services für skalierbare Webanwendungen zu implementieren? Welche bietet den höchsten Durchsatz pro Sekunde? Welche benötigt die wenigsten Ressourcen?

Zu diesen Fragen wurde in dieser Arbeit eine oder mehrere Antworten gesucht. Es konnten zum Teil Hinweise gefunden werden, aber nur wenn einzelne Test-Szenarien selektiv betrachtet werden. Je nach Anwendungsfall haben sich die OSREs anders verhalten. Auch konnten keine perfekten oder vollständige Layouts mit allen Prototypen umgesetzt werden. Dadurch entstanden viele kleine Diskrepanzen zwischen den OSREs, was sie nicht ganz vergleichbar werden lies. Trotzdem konnten Rückschlüsse auf die verschiedenen Verhalten gezogen werden.

Wie in der Einführung erwähnt, sind heutzutage viele Service Oriented Architecture (SOA) Applikationen auf dem Markt und angesichts der Resultate kann gesagt werden, dass sich eine Performance-Evaluation für alle Services lohnt. Eine Aufgabe wie PDFs erstellen, kann wie gezeigt, sehr unterschiedliche Resultate hervorbringen von einem langsamen bis schnellem Service oder von einem robusten zu einem Last empfindlichem Service. Natürlich wird in der Praxis aus Kosten oder Zeitgründen solche Test sehr oft nicht durchgeführt, doch viele Beispiele zeigen, dass sich dieser Aufwand lohnen würde [3, vgl. Kap.1]. Auch wenn es bedeutet in Personal und Infrastruktur zu investieren.

6.1 Ergebnisse

Die Test haben eine Reihe eher eindeutiger Ergebnisse geliefert. Wie z.B., dass Latenzzeit und Durchsatz sinkt, sobald die Last wie Requestgrösse oder Anzahl virtuelle User steigen. Ebenfalls ist die Interpretation von Memory-Verbrauch und Antwortzeiten in Einklang zu bringen. Die Performance von JasperReports zeigt auf, wie eine RAM-intensive Applikation auf einer Platform as a Service aussehen kann. Ein weiteres Ergebnis, dass sich aus den Memory-Aufzeichenen erschliesst, sind Memory-Blasen, die auch im Zusammenhang mit JasperReports aufgezeichnet wurden. Das langsame Abbauen der Prozessen im Memory oder das Festhalten an Ressourcen, kann einen Webserver über eine längere Zeit zum Absturz bringen oder die Antwortszeit so sehr verlangsamen, dass die User schlecht auf dem System weiter arbeiten können. Diese Ergebnisse schneiden sich mit den Ergebnissen aus der Praxis. Ebenfalls zeigten diese Resultate auf, wie ein nicht reagierender Service nicht gleich abgestürzter Service bedeutet. Aus den Verfügbarkeits-Analysen hätten viele User die Services von JasperReports als nicht reagierend eingestuft.

6.2 Ungereimtheiten

Es gab auch Ungereimtheiten, die aus den Test hervor kamen, wie das Szenario drei. Die Performance von iText und JasperReports haben in den ersten Szenarien gute Antwortzeiten und Durchsatz sowie eine gute Handhabung der Ressourcen gezeigt. Selten haben diese den Webserver gefordert, ausser beim letzten Szenario. Mit JasperReports hingegen, haben sich keine grössere Ausreisser manifestiert. Es hat im gleichen Rhythmus die PDFs generiert. Einzig die Verarbeitung von Bildern war im letztem Szenario hinzugekommen und hob sich von den vorgehenden Szenarien ab. Diese Anforderung hat zwar gezeigt, dass einerseits die PDFs unter Berücksichtigung der Grösse sich untereinander stark unterscheiden, andererseits genau das die tiefe Performanz von JasperReports erklären würde. Die Ungereimtheit besteht hierbei, dass der Memory-Verbrauch bei iText zwar steigt, aber die Auslastung des CPU auf unter zwei Prozessen sinkt. iText erreicht diese Tiefe in keinem anderen Szenario. Apache PDFBox erreicht dabei einen sehr hohen Durchsatz in Bytes und scheint, als ob das generieren keine Mühe machen würde. Das Memory ist nicht an die RSS-Memory-Quota angekommen, sowie die CPU-Last ist nur gering höher, als in den vorgehenden Szenarien. Das Ergebnis wird wie folgt beurteilt. Es wird wohl der Zugriff auf die Bilder, also das I/O ein Bottleneck darstellen und damit den Durchsatz herabsetzen. Diese Annahme würde auch die tiefe Performance von JasperReports über alle Szenarien hinweg erklären.

6.3 Schlussfolgerungen

Als wichtige Schlussfolgerungen aus dieser Arbeit ist folgendes einzubeziehen. Das Testen der Performance, egal welcher Service, ist im Bereich Microservices oder SOA eine wichtige Qualitätsprüfung, die Kosten und Zeit sparen kann. Die Performance von OSREs hängt stark von den Anwendungsfall ab. Es lassen sich pauschal nur Hinweise zur Performance geben. Die Last kann einen Service stark beinflussen. Dabei spielen alle Messgrössen zusammen und können nur gemeinsam eine Antwort zur Performance geben.

7 Fazit

Aus den erstellten Prototypen und der Evaluation sind Erkenntnisse zusammengekommen, die hier noch zusammengefasst werden.

7.1 Performance

Aus den Messungen der Performance mittels JMeter haben sich einige Resultate bezüglich Durchsatz, Latenzzeit und Verfügbarkeit ergeben.

7.1.1 Durchsatz

Der höchste Durchsatz wurde mit Apache PDFBox erreicht, gefolgt von iText und dann JasperReports. Die Analyse des Durchsatzes nach Bytes hat jedoch ergeben, dass dieser fast konstant blieb.

7.1.2 Latenzzeit

Auch bei der 'Latency by Request' ist Apache PDFBox am schnellsten. Die Verarbeitung kann bei den ersten zwei Szenarien unterhalb einer Sekunde durchgeführt werden, was bei JasperReports nicht der Fall ist. iText wiederum hat nur leicht längere Latenzzeiten.

7.1.3 Verfügbarkeit

Keiner der Tests ist jemals ausgefallen. Es haben sich auch keine Fehler ereignet, die von JMeter als solche identifiziert wurden. Die meisten Tests haben sich über die Zeitspanne von 10 Stunden erstreckt. Dabei haben die Logs ebenfalls keine Ausfälle nachgewiesen.

Dennoch hat JasperReports sehr lange Antwortzeiten, die ebenfalls zu Timeouts führen könnten, was somit die Verfügbarkeit einschränkt.

7.2 Ressourcen

Die Log-Daten auf dem PaaS zeichneten den Verbauch von Memory und CPU-Last auf. JasperReport wird als einen starken Ressourcen-Nutzer beurteilt.

7.2.1 Arbeitsspeicher

Der Verbrauch von RSS-Memory ist sowohl bei iText als auch bei Apache PDFBox meist unterhalb der Memory-Quota. Der SWAP wird einzig von JasperReports genutzt und erklärt wohl die lange Verarbeitungszeit. Der SWAP wird nicht wieder freigegeben, was zu einer Memory-Blase führen kann.

7.2.2 Prozessor Last

Die CPU Last hat nur bei JasperReports durchgängige Spitzen angezeigt. Apache PDFBox hat hier ressourcenschonend gearbeitet. iText hat eine nicht erklärbare tiefe CPU Last im Szenario 3.

7.3 Wer hat nun die beste Performance?

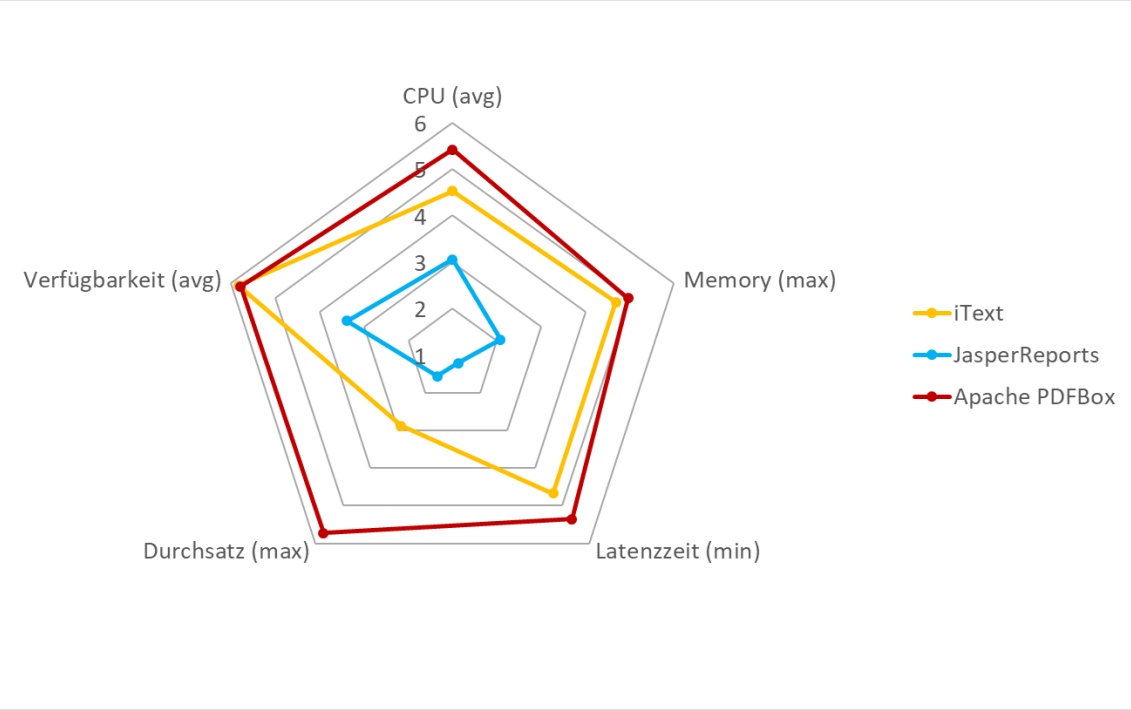


Abbildung 7.1: Netzdiagramm nach Metrik

Würde man für diese Frage einzig und alleine die Daten des Durchsatzes nehmen, müsste man sagen, es sei im Durchschnitt Apache PDFBox. Dies ist aber nur ein Hinweis. Trotz des Szenarios 3 erreicht dieser immer noch durchschnittlich 70 Anfragen pro Sekunde, gefolgt von iText mit 30 Anfragen pro Sekunde und dann JasperReports mit 14.5 Anfragen pro Sekunde.

Die Latenzzeit hat wiederum gezeigt, dass JasperReports der schnellste ist und das nur, weil das Szenario 3 die Antwortzeiten in die Höhe getrieben hat.

Als Hinweis lässt sich sagen, dass sich im besten Fall mit Apache PDFBox die höchste Performanz und beste Ressourcennutzung sowie Antwortzeiten erreichen lassen. Dennoch haben auch die anderen OSREs gute Seiten, die in verschiedenen Anwendungsfällen besser einzusetzen sind. In der Abbildung 7.1 lassen sich die Tendenzen der jeweiligen OSRE erkennen.

7.3.1 Apache PDFBox

Diese hat klare Stärken, was die technische Performance angeht. Die Umsetzung ist klar auch historisch geprägt. Es ist ein Tool primär zur Extraktion von Daten und nicht für die Erstellung von Reports gedacht, was es auch so performant macht. Das geeignete Einsatzgebiet im Umfeld von Reporterstellung liegt auf dem Gebiet von statischen Layouts wie Flugtickets oder Konzertkarten. Für dynamische oder kunstvolle Dokumenten-Layouts ist diese Library eher nicht geeignet.

7.3.2 iText

iText wurde genau dafür kreiert, um Reports zu generieren. Dies ist klar erkennbar an dem versatillen und umfangreichen API. Es beherrscht auch den komplexeren PDF-Aufbau ohne Performance-Verlust. Für einen Online-Einsatz wird es als brauchbar gewertet. Das API ist gut genug, um Reports leicht verständlich zu codieren und bleibt darum wartbar. Der Verbrauch von Ressourcen und die gelieferten Antwortzeiten sind gut.

7.3.3 JasperReports

Es gibt klare Vorteile bei visuell aufbereiteten Reports. Leider hat aber dieser Vorteil keine nutzbare Performance für eine Online-Verarbeitung gezeigt. Dies bedeutet: JasperReports ist für einen Einsatz in einem Microservice nur sehr bedingt geeignet. Ein geeignetes Einsatzgebiet wären zeitlich klar definierte Reportgenerierungen. Oder auch wenn komplexe Reports womöglich von Nicht-Entwicklern definiert werden sollen, ist iReport dafür ein geeignetes Hilfsmittel. JasperReports kann möglicherweise auf eine bessere Performance getrimmt werden und kann sicherlich in der Anwendung verbessert werden.

7.4 Ausblick

Aus den Performance-Messungen entstanden einige Fragen im Zusammenhang mit der Implementation, die noch zu adressieren sind, wie z.B.:

- Sind Engpässe in Applikation oder I/O Ursachen für die schlechte Performance?
- Sind Fehler in der Applikation, die einen unnötigen Programmcode ausführen?

- Sind Einstellungen möglich, um Zugriffe auf Dateien, wie Bilder zu verbessern?

Und in dieser Arbeit nicht addressierbare Fragen bezüglich Skalierbarkeit der PaaS.

- Mit welcher Anzahl Server können X Anzahl User performant bedient werden?
- Wie verhält sich das Auto-Scaling?
- Wie gut funktioniert das Load Balancing ?

Diese Fragen könnten in einer weiteren Arbeit vertieft werden.

Abbildungsverzeichnis

3.1 UML PDFEngine Implementierungen 10
3.2 UML Szenario Implementierungen 11

4.1 Evaluationsablauf 15
4.2 PDF-Resultate Szenario 1 (v.l.n.r iText, JasperReports, Apache PDFBox) . . . 18
4.3 PDF-Resultate Szenario 2 (v.l.n.r iText, JasperReports, Apache PDFBox) . . . 19
4.4 PDF-Resultate Szenario 3 (v.l.n.r iText, JasperReports, Apache PDFBox) . . . 19

5.1 Vergleich - Durchsatz nach Szenario 23
5.2 Durchsatz in Bytes 24
5.3 Latenzzeit im Testzyklus 24
5.4 Latenzzeit nach Szenario und OSRE 25
5.5 Fehlerrate nach Latenzzeit über 2000ms 26
5.6 Memory-Verbrauch Testlauf 28
5.7 Vergleich - CPU-Last nach Szenario 29
5.8 Vergleich Baseline mit grösserer Datenmengen 30
5.9 Vergleich Baseline mit mehr VU 33

7.1 Netzdiagramm nach Metrik 37

Tabellenverzeichnis

2.1 OSRE PDF-Erstellen Features 5

3.1 Prototyp Versionsangaben 13
3.2 Heroku Konfiguration 13

Literaturverzeichnis

[1] I. Molyneaux, The Art of Application Performance Testing: From Strategy to Tools, ser. Theory in practice. O'Reilly Media, Incorporated, 2014. [Online]. Available: https://books.google.ch/books?id=lKXboAEACAAJ

[2] I. Sommerville, Software engineering. Pearson, 2012.

[3] B. Erinle, Performance Testing With JMeter 2.9. Packt Publishing, 2013.

[4] N. Middleton, Heroku: up and running. OReilly, 2014.

[5] E. Halili, Apache JMeter. Packt Publishing, 2008.

[6] J. Whitington, PDF explained. OReilly, 2012.

[7] D. R. Heffelfinger, JasperReports 3.5 for Java developers: create, design, format and export reports with the worlds most popular Java reporting library. Packt Publ., 2009.

[8] B. Lowagie, iText in action: creating and manipulating PDF. Manning, 2010.

[9] "Apache pdfbox and fontbox 1.0.0 released," Feb 2010. [Online]. Available: http://www.h-online.com/open/news/item/Apache-PDFBox-and-FontBox-1-0-0-released-932436.html

[10] B. Lowagie, iText in Action, Second Edition. Manning Publications, 2010.

[11] R. B. Miller, "Response time in man-computer conversational transactions," Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I on - AFIPS 68 (Fall, part I), vol. 33, p. 267–276, 1968.

[12] A. Hanjura, Heroku Cloud Application Development. Packt Publishing, 2014.

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Thesis selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche kenntlich gemacht. Ich versichere zudem, dass ich bisher noch keine wissenschaftliche Arbeit mit gleichem oder ähnlichem Inhalt an der Fernfachhochschule Schweiz oder an einer anderen Hochschule eingereicht habe. Mir ist bekannt, dass andernfalls die Fernfachhochschule Schweiz zum Entzug des aufgrund dieser Thesis verliehenen Titels berechtigt ist.

Ort, Datum, Unterschrift