

Bachelorthesis

Konzeption und Entwicklung eines Auswertungstools für die Log Files des JRockit Garbage Collectors

von

Raffael Schmid

Schule: Hochschule für Technik, Zürich
Betreuer: Mathias Bachmann
Experte: Marco Schaad
Zeitraum: 22. Juni 2011 - 22. Dezember 2011

Abstract

Die vorliegende Bachelorthesis befasst sich mit der Anforderungsanalyse, Konzeption und Implementation einer Software zur Analyse von Garbage Collection Log Dateien der JRocket Virtual Machine.

Inhaltsverzeichnis

I	Projektbeschreibung	7
1	Aufgabenstellung	8
1.1	Ausgangslage	8
1.2	Ziele der Arbeit	8
1.3	Aufgabenstellung	8
1.4	Erwartete Resultate	9
1.5	Geplante Termine	9
II	Umsetzung	10
2	Analyse der Aufgabenstellung	11
2.1	Übersicht	11
2.1.1	Erarbeitung der Grundlagen Bereich der Garbage Collection	11
2.1.2	Stärken- / Schwächen-Analyse der bestehenden Rich Client Frameworks	12
2.1.3	Durchführung einer Anforderungsanalyse für den Software-Prototypen	12
2.1.4	Auswahl der zu verwendenden Frameworks	12
2.1.5	Konzeption und Implementation	12
2.1.6	Bewertung	12
3	Vorgehen Performance Analyse	13
3.1	Motivation	13
3.2	Ablauf	13
3.3	Suche nach dem Dominating Consumer	14
3.3.1	Hohe relative Systemauslastung	14
3.3.2	Hohe CPU- respektive Core-Last	15
3.3.3	Effizienter Objekt-Lebenszyklus	15
3.4	Sammeln von Detaildaten	16
4	Grundlagen Garbage Collection	17
4.1	Funktionsweise	17
4.1.1	Reference counting[2, S. 77]	18

4.1.2	Tracing techniques[2, S. 77]	18
4.2	Ziele der Garbage Collection[6, S. 4]	18
4.3	Eingliederung von Garbage Collection Algorithmen[6, S. 5]	19
4.3.1	Serielle versus Parallele Collection	19
4.3.2	Konkurrierend versus Stop-the-World	19
4.3.3	Kompaktierend, Kopierend	19
4.4	Grundlegende Algorithmen	19
4.4.1	Mark & Sweep Algorithmus[5]	19
4.4.2	Mark & Copy Algorithmus[5]	20
4.4.3	Mark & Compact Algorithmus[4]	20
4.4.4	Tri-Coloring Mark and Sweep	20
4.5	Generational Garbage Collection	21
5	Grundlagen Garbage Collection in der JRockit Virtual Machine	23
5.1	Grundlage	23
5.1.1	Old Collection	23
5.1.2	Intergenerationale Referenzen	24
5.2	Übersicht der Garbage Collection Algorithmen auf der JRockit Virtual Machine	25
5.3	Garbage Collection Log Dateien	27
5.3.1	Aktivierung Log Ausgaben	27
5.3.2	Log Module	30
6	Anforderungsanalyse	31
6.1	Einleitung	31
6.1.1	Zweck	31
6.1.2	Systemumfang	31
6.1.3	Stakeholder	33
6.1.4	Glossar	34
6.1.5	Referenzen	34
6.1.6	Übersicht	34
6.2	Allgemeine Übersicht	34
6.2.1	Architekturbeschreibung	34
6.2.2	Nutzer und Zielgruppen	34
6.2.3	Randbedingungen	35
6.2.4	Annahmen	36
6.3	Use Cases	36
6.3.1	Systemfunktionalität	36
6.3.2	Basissoftware	37
6.4	Funktionale Anforderungen	47
6.5	Qualitätsanforderungen	50
6.5.1	Software	50
6.5.2	Basisframework	51

7	Auswahl Frameworks und Komponenten	52
7.1	Rich Client Frameworks	52
7.1.1	Übersicht	52
7.1.2	Auswertung Rich Client Frameworks	53
7.1.3	Entscheid	54
8	Konzept	55
8.1	Allgemein	55
8.1.1	Zweck	55
8.1.2	Ausgangslage	55
8.1.3	Lizenzierung der Software	55
8.2	Eclipse Rich Client Framework	56
8.2.1	Speicherung des Zustands einer View	56
8.3	Architektur	56
8.3.1	Problemstellung	56
8.3.2	Übersicht	57
8.3.3	Projektstruktur	57
8.3.4	Ablauf Garbage Collection Analyse	59
8.4	Basissoftware	60
8.4.1	Installation (FRQ-01)	60
8.4.2	Update (FRQ-02)	61
8.4.3	Datei importieren (FRQ-03)	61
8.4.4	Datei einlesen (FRQ-04)	62
8.4.5	Profil erstellen (FRQ-07)	62
8.5	JRockit Erweiterung	65
8.5.1	Allgemein	65
8.5.2	Garbage Collection Log Datei parsen (FRQ-05)	67
8.5.3	Standardauswertung anzeigen (FRQ-06)	68
8.6	Nichtfunktionale Anforderungen	69
8.6.1	Testabdeckung (QRQ-S-02)	69
8.6.2	Internationalisierung (QRQ-S-03))	70
8.6.3	Usability (QRQ-S-04))	70
8.6.4	Korrektheit (QRQ-S-05))	71
8.7	Infrastruktur	71
8.7.1	Build-Automation	71
8.7.2	Continous Integration	71
8.7.3	Versionskontrolle	72
8.7.4	Issue Tracker	72
9	Implementation	73
9.1	Funktionale Anforderungen	73
9.1.1	Installation (FRQ-01) und Update (FRQ-02)	73
9.1.2	Datei importieren (FRQ-03)	73
9.1.3	Datei einlesen (FRQ-04)	73
9.1.4	Garbage Collection Log Datei parsen (FRQ-05)	74
9.1.5	Standardauswertung anzeigen (FRQ-06)	74

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	5
9.1.6 Profil erstellen (FRQ-07)	74
9.1.7 Hilfesystem (FRQ-08)	74
10 Review und Ausblick	75
10.1 Was leistet das Tool?	75
10.2 Was leistet das Tool (noch) nicht?	75
Glossar	76
Abkürzungen	78
Listings	81
Abbildungsverzeichnis	82
Tabellenverzeichnis	83
 III Anhang	 84
A Bedienungsanleitung	85
A.1 Installation der Software	85
A.2 Update	86
A.3 Dashboard	86
A.4 Import einer Garbage Collection Log Datei	87
A.5 Profile	88
A.5.1 Profil erstellen	89
A.5.2 Profil exportieren	89
A.5.3 Profil importieren	90
A.6 Garbage Collection Analyse	91
A.6.1 Standardauswertung	91
A.6.2 Benutzerdefinierte Auswertung (Profile)	94
B Informationen	96
B.1 Inhalt Datenträger	96
B.2 Quelltext Repository	96

Einleitung

Bei der Performance-Analyse einer Software kann es notwendig sein, das Verhalten der Garbage Collection genauer zu betrachten. Diese Auswertung kann im laufenden Betrieb via die Software JRockit Mission Control oder aber danach auf der Basis von erstellten Log-Dateien gemacht werden. Im zweiten Fall gibt es allerdings - zumindest für die JRockit Virtual Machine (Release 28) keine Werkzeuge zur Automation dieser Aufgaben. Die vorliegende Bachelorthesis zeigt das Konzept und die Implementation einer Analysesoftware für Garbage Collection Logs der JRockit Virtual Machine (R28). Die Software soll auch als Basis für Log-Dateien anderer Garbage Collection Algorithmen dienen.

Die Bachelorthesis ist in drei Teile gegliedert: Teil eins mit Projektbeschreibung definiert die von der Schulleitung abgenommene Aufgabenstellung. Teil zwei befasst sich mit der Umsetzung und beinhaltet Analyse der Aufgabenstellung, Grundlagen Garbage Collection, Grundlagen Garbage Collection in der JRockit Virtual Machine, Anforderungsanalyse, Auswahl Frameworks und Komponenten titlerefkonzept, Implementation und Review und Ausblick. Im dritten Teil befindet sich der Anhang mit der Bedienungsanleitung und weiteren Informationen.

Teil I

Projektbeschreibung

Kapitel 1

Aufgabenstellung

1.1 Ausgangslage

Für die Ermittlung von Java Performance-Problemen braucht es Wissen über die Funktionsweise der Java Virtual Machine (JVM), deren Ressourcenverwaltung (Speicher, I/O, CPU) und das Betriebssystem. Die Verwendung von Tools zur automatisierten Auswertung der Daten kann in den meisten Fällen sehr hilfreich sein. Die Auswertung von Garbage Collection Metriken kann im laufenden Betrieb durch Profiling (online) gemacht werden, sie ist aber bei allen JVMs auch via Log-Datei (offline) möglich. Die unterschiedlichen Charakteristiken der Garbage Collectors bedingen auch unterschiedliche Auswertungs- und Einstellungsparameter. JRockit ist die Virtual Machine des Weblogic Application Servers und basiert entsprechend auch auf anderen Garbage Collector Algorithmen als die der Sun VM. Aktuell gibt es noch kein Tool, welches die Daten der Logs sammelt und grafisch darstellt.

1.2 Ziele der Arbeit

Ziel der Bachelorthesis ist die Konzeption und Entwicklung eines Prototypen für die Analyse von Garbage Collection Log Dateien der JRockit Virtual Machine. Die Software wird mittels einer Java Rich Client Technologie implementiert. Zur Konzeption werden die theoretischen Grundlagen der Garbage Collection im Allgemeinen und der JRockit Virtual Machine spezifisch erarbeitet und zusammengestellt.

1.3 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Bachelorthesis werden vom Studenten folgende Aufgaben durchgeführt:

1. Studie der Theoretischen Grundlage im Bereich der Garbage Collection (generell und spezifisch JRockit Virtual Machine)
2. Stärken- / Schwächen-Analyse der bestehende Rich Client Frameworks (Eclipse RCP Version 3/4, Netbeans)
3. Durchführung einer Anforderungsanalyse für einen Software-Prototyp.
4. Auswahl der zu verwendenden Frameworks
5. Konzeption und Spezifikation des Software-Prototypen (auf Basis des ausgewählten Rich Client Frameworks), der die ermittelten Anforderungen erfüllt.
6. Implementation der Software
7. Bewertung der Software auf Basis der Anforderungen

1.4 Erwartete Resultate

Die erwarteten Resultate dieser Bachelorthesis sind:

1. Detaillierte Beschreibung der Garbage Collection Algorithmen der Java Virtual Machine im Generellen und spezifisch der JRockit Virtual Machine.
2. Analyse über Stärken und Schwächen der bestehenden (state of the art) Java Rich Client Technologien
3. Anforderungsanalyse des Software Prototyps
4. Dokumentierte Auswahlkriterien und Entscheidungsgrundlagen
5. Konzept und Spezifikation der Software
6. Lauffähige, installierbare Software und Source-Code
7. Dokumentierte Bewertung der Implementation

1.5 Geplante Termine

Kick-Off:	Juni 2011
Design Review:	August 2011
Abschluss-Präsentation:	Ende November 2011

Teil II

Umsetzung

Kapitel 2

Analyse der Aufgabenstellung

2.1 Übersicht

Wie in der Aufgabenstellung definiert, ist das Ziel dieser Arbeit die Konzeption und Implementation einer Analysesoftware für die Garbage Collection Log Dateien der JRockit Virtual Machine. Grundlegendes Ziel einer solchen Software ist es, die anfallende grosse Menge an Daten übersichtlich darzustellen und verschiedene Sichten auf diese Daten zu ermöglichen. Um die Anforderungen an diese Software zu ermitteln, ist ein die Studie der Grundlagen der Garbage Collection und im spezifischen die der JRockit Virtual Machine notwendig. Anschliessend wird eine Stärken-/Schwächen-Analyse der bestehenden Richt-Client Frameworks gemacht, aufgrund welcher nach der Aufnahme der Anforderungen der Entscheid für das zu verwendende Framework getroffen werden kann. Im Anschluss an diese Tätigkeiten folgt die Konzeption und Implementation der Software. Die genauere Untersuchung der einzelnen Teilaufgaben wird in den folgenden Abschnitten gemacht:

2.1.1 Erarbeitung der Grundlagen Bereich der Garbage Collection

Die Erarbeitung der Grundlagen dient als Basis in zwei Bereichen:

- **Anforderungsanalyse:** Aus Sicht des Analysten respektive dem Benutzer dieser Software ist es essentiell, dass er die richtigen Daten der Garbage Collection, die richtige Sicht auf diese Daten und die richtigen Filter-Funktionen vorfindet. Voraussetzung für diese Anforderungen sind die Kenntnisse der verschiedenen Garbage Collection Algorithmen im Generellen und spezifisch die der JRockit Virtual Machine.
- **Konzept:** Die Konzeption des Domänen-Modells und des Einlese-Prozesses

der Log Dateien bedingt eine genaue Kenntnis der verschiedenen Strategien und Formaten der Ausgaben.

2.1.2 Stärken- / Schwächen-Analyse der bestehenden Rich Client Frameworks

Aus unterschiedlichen Gründen ist es sinnvoll, die Applikation als einen Rich Client zu implementieren. Als Basis kommen entweder die Netbeans- oder die Eclipse-Plattform in Frage. Die Stärken- und Schwächen-Analyse soll den Entscheid für die eine dieser Plattform begründen.

2.1.3 Durchführung einer Anforderungsanalyse für den Software-Prototypen

Die Anforderungen werden zusammen mit einem Performance-Analysten ermittelt und nach [9, 4.3.2 Angepasste Standardinhalte] dokumentiert. Laut dem IEEE¹ und [9, 4.5 Qualitätskriterien für das Anforderungsdokument] müssen Anforderungen folgende Kriterien erfüllen:

- Eindeutigkeit und Konsistenz
- Klare Struktur
- Modifizierbarkeit und Erweiterbarkeit
- Vollständigkeit
- Verfolgbarkeit

2.1.4 Auswahl der zu verwendenden Frameworks

Basierend auf der Stärken-/Schwächen-Analyse wird ein Entscheid für das jeweilige Framework gewählt. Nebst der Auswahl der Rich Client Plattform muss auch ein Entscheid hinsichtlich Charting-Bibliothek gefällt werden.

2.1.5 Konzeption und Implementation

Basierend auf den Anforderungen wird das Konzept erstellt und anschliessend die Software implementiert.

2.1.6 Bewertung

Die Bewertung der Software wird auf Basis der Anforderungen gemacht.

¹Institute of Electrical and Electronic Engineers

Kapitel 3

Vorgehen Performance Analyse

3.1 Motivation

Die Performance respektive Leistungsfähigkeit einer Applikation stellt einer der bedeutendsten Qualitätsanforderungen dar. Sie kann bei den Benutzern nicht nur zur Verärgerung, sondern auch zu einer Verlangsamung der Business-Prozesse führen. Die Motivation für eine Performance-Analyse entsteht, wenn die in Service Level Agreement oder Anforderungsanalyse spezifizierten **Qualitätsanforderungen nicht erfüllt** sind. Optimalerweise ist die Überprüfung dieser Anforderungen Bestandteil ein jedes Software Entwicklungszyklus respektive des (automatisierten) Testprozesses.

3.2 Ablauf

Die Performance-Analyse ist grundsätzlich ein iterativer Prozess und so lange bis die Anforderungen und der Kunde zufrieden sind. Sie besteht aus folgenden vier Schritten[10]:

1. Identifikation der neuralgischen Punkte des Systems
2. **Suche nach dem Dominating Consumer¹**
3. **Sammeln von Detaildaten**
4. Lösen des Problems

Punkt zwei und drei sind weiter unten weiter beschrieben.

¹Kirk Pepperdine bezeichnet die Aktivität, welche dominiert wie die CPU gebraucht wird, als Dominating Consumer .

3.3 Suche nach dem Dominating Consumer

Die Suche nach dem Dominating Consumer kann nach folgendem strukturierten Schema gemacht werden:

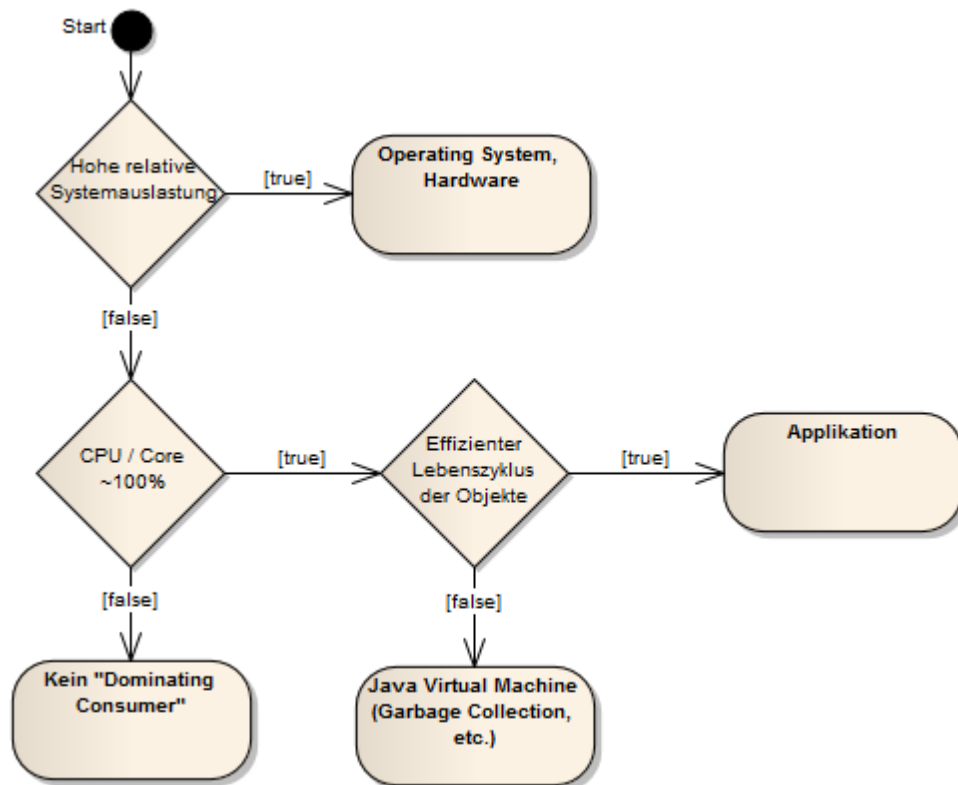


Abbildung 3.1: Suche nach dem Dominating Consumer

3.3.1 Hohe relative Systemauslastung

Die erste Frage, die sich bei der Suche nach dem Dominating Consumer stellt ist, ob die Hohe CPU-Auslastung² durch das System respektive den Kernel verursacht wird. Unter den verschiedenen Betriebssystemen gibt es verschiedene Werkzeuge, um dies herauszufinden:

- **Windows:** Auf der Lasche Performance (Leistung) des Task Managers. Es muss dafür via View / Show Kernel Times allerdings noch die Kernelzeit eingeblendet werden.
- **Linux / Unix:** vmstat zeigt die Ausnutzung der CPU: vmstat 5

²CPU kann auch einer oder ein paar Cores bedeuten.

Hohe Systemauslastung kann unterschiedliche Gründe haben:

- **Exzessive Context-Switch**³: Mehrere Prozesse können sich die gleiche CPU (CPU-Kern) nur teilen, wenn beim Wechsel von Prozess A auf B ein Context-Switch gemacht werden kann, so dass Thread B am selben Ort weiterarbeiten kann wie vorher. Gründe für exzessives Context-Switching können beispielsweise nicht adäquat gewählte Locks sein. Wenn ein Thread aufgrund der Synchronisation angehalten werden muss.⁴
- **Hohe I/O Festplatte**
- **Hohe I/O Netzwerk**

3.3.2 Hohe CPU- respektive Core-Last

Sofern die im Abschnitt Hohe relative Systemauslastung beschriebenen Punkte nicht zutreffen, stellt sich die Frage, ob die Auslastung der CPU überhaupt gross ist. Ist das nämlich nicht der Fall, stehen die Chancen Gut, dass es gar keinen Dominating Consumer gibt. Wenn es keinen Dominating Consumer gibt stellt sich die Frage, was die Threads weg von der CPU halten. Dafür gibt es laut [8] unterschiedliche Gründe:

- **Dead Locks**: Threads schliessen sich gegenseitig aus.
- **Applikation skaliert nicht**: Applikation hat schlechte multi-core Eigenschaften.
- **Langsame Disks / Netzwerke**
- **Zu kleine Connection- und Thread-Pools**
- **Aurufe auf langsame externe Systeme**

3.3.3 Effizienter Objekt-Lebenszyklus

Sofern die relative Systemlast klein ist und die CPU-Auslastung trotzdem gross ist, muss der Lebenszyklus der Objekte angeschaut werden. Dies kann auf unterschiedliche Arten getan werden:

- **Memory Analyse**: Es wird angeschaut, wie alt die Objekte in den verschiedenen Bereiche (Young Collection, Old Collection) sind.
- **Garbage Collection**: Wann und wie oft werden Garbage Collections durchgeführt, wie lange haben sie gedauert, wieviel Speicher haben sie befreit.

³Kontextwechsel

⁴Beispielsweise wenn vmstat berichtet, dass das System nicht im Leerlauf ist, aber die Kernelzeiten (cpu/sy) trotzdem die Zeit des Benutzers (cpu/us) dominiert.

3.4 Sammeln von Detaildaten

Je nachdem welches der Dominating Consumer ist, müssen weitere Daten gesammelt werden oder andere Analysen gemacht werden. Die folgenden beiden Abschnitte gehen tiefer in die Grundlagen der Garbage Collection und zeigen auch die Eigenheiten der JRocket Virtual Machine.

Kapitel 4

Grundlagen Garbage Collection

Schon seit den ersten Programmiersprachen ist das Aufräumen von verwendeten Ressourcen / Speicher ein wichtiges Thema. Im Unterschied zu den ersten Sprachen, bei denen das Memory Management in der Verantwortung des Entwicklers war (explizit), findet allerdings das Recycling von Memory bei Sprachen der dritter Generation automatisch statt und macht Operatoren wie “free” unwichtig. Bei Formen dieser automatischen Speicherverwaltung spricht man von Garbage Collection¹. In den meisten neueren Laufzeitumgebungen spricht man zusätzlich von adaptivem Memory Management was bedeutet, dass Feedback der Laufzeitumgebung zur Anpassung der Garbage Collection Strategie verwendet wird. Probleme die nur beim expliziten Memory Management auftreten sind Dangling References/Pointers² und Space Leaks³. Trotzdem sind Memory Leaks auch bei automatischer Speicherverwaltung noch möglich, nämlich dann wenn Memory noch referenziert wird, auch wenn es schon nicht mehr gebraucht wird. Der folgende Abschnitt beschreibt die Grundlagen der Java Garbage Collection und geht im zweiten Teil auf die spezifischen Eigenheiten der JRockit Virtual Machine ein.

4.1 Funktionsweise

Alle Techniken der Garbage Collection zielen darauf ab, die “lebenden” von den “toten” Objekten im Speicher zu unterscheiden. Sprich, es müssen die Objekte gefunden werden, welche innerhalb der Software oder des Systems nicht mehr referenziert werden. Die aktuellen Strategien lassen sich laut[2, S. 77] in zwei

¹vom englischen Wort “garbage collector” für Müll-, Abfallsammler

²Man spricht von Dangling Pointers oder Dangling References, wenn ein Pointer auf ein Objekt im Memory freigegeben wurde, obwohl es noch gebraucht wird.

³Man spricht von Space Leaks, wenn Memory alloziert und nicht mehr freigegeben wurde, obwohl es nicht mehr gebraucht wird.[6]

unterschiedliche Familien aufteilen: “Reference Counting” und “Tracing techniques”.

4.1.1 Reference counting[2, S. 77]

Beim Reference counting behält die Laufzeitumgebung jederzeit den Überblick, wie viele Referenzen auf jedes Objekt zeigen. Sobald die Anzahl dieser Referenzen auf 0 gesunken ist, wird das Objekt für die Garbage Collection freigegeben. Trotzdem der Algorithmus relativ effizient ist, wird er aufgrund der folgenden Nachteile nicht mehr verwendet:

- Sofern zwei Objekte einander referenzieren (zyklische Referenz), wird die Anzahl Referenzen nie 0.
- Es ist relativ aufwendig, die Anzahl Referenzen immer auf dem aktuellsten Stand zu halten, insbesondere in nebenläufigen Systemen.

4.1.2 Tracing techniques[2, S. 77]

Bei den Tracing Techniken werden von vor jeder Garbage Collection die Objekte gesucht, auf welche aktuell noch eine Referenz zeigt. Die anderen werden zur Garbage Collection freigegeben. Diese Art von Garbage Collection Algorithmen verwenden ein Set von Objekten, bestehend aus den Stacks und Registern der aktuellen Threads und globalen Daten wie “static final” variablen, als Startpunkt für die zu markierenden Objektgraphen.

4.2 Ziele der Garbage Collection[6, S. 4]

Garbage Collectors unterliegen grundsätzlich folgenden zwei Bedingungen:

- **Sicherheit:** Garbage Collectors dürfen nur Speicher/Objekte freigeben, der effektiv nicht mehr gebraucht wird,
- **Umfassend:** Garbage Collectors müssen Speicher/Objekte die nicht mehr gebraucht werden nach wenigen Garbage Collection Zyklen freigeben haben.

Wünschenswert für Garbage Collection Algorithmen sind folgende Punkte:

- **Effizienz:** Die Anwendung soll vom laufenden Garbage Collector möglichst wenig mitkriegen: keine langen Pausen⁴, möglichst wenig verwendete Ressourcen⁵
- **Fragmentierung:** Zwecks schneller Allokation von Speicher sollte der Speicher möglichst wenig

⁴man spricht von Stop-the-World wenn zwecks Garbage Collection die Anwendung gestoppt wird und ihr damit keine Ressourcen zur Verfügung stehen

⁵Ressourcen der CPU sollen der Anwendung zur Verfügung gestellt werden und nicht für Garbage Collection verwendet werden.

4.3 Eingliederung von Garbage Collection Algorithmen[6, S. 5]

Bei der Selektion von Garbage Collection Algorithmen gibt es verschiedene entscheidende Kriterien:

4.3.1 Serielle versus Parallele Collection

Eine Multi-Core Maschine ist eine mit mindestens 2 Prozessorkernen. Sofern ein paralleler Algorithmus verwendet wird, besteht auf diesen auch die Möglichkeit, auch die Garbage Collection zu parallelisieren. Meistens bringt dies zwar einen kleinen Overhead mit sich, wirkt sich aber trotzdem in einer Verkürzung der Garbage Collection Zeit aus.

4.3.2 Konkurrierend versus Stop-the-World

Wenn aufgrund der Garbage Collection der Heap der Laufzeitumgebung blockiert (freeze) werden muss, führt das implizit zum Stopp (Stop-the-World) der Anwendung.

4.3.3 Kompaktierend, Kopierend

Fragmentierung ist ein eigentlich nicht wünschenswertes Resultat der Garbage Collection. Sie tritt dann auf, wenn Algorithmen verwendet werden die den Heap im Anschluss an die Speicherfreigabe weder kompaktieren noch die lebenden Objekte in einen anderen Bereich aneinanderliegend kopieren.

4.4 Grundlegende Algorithmen

Der Prozess der Garbage Collection beginnt bei allen Algorithmen mit der Marking-Phase. Für jedes Objekt des Root Sets⁶ werden rekursiv die transitiv abhängigen Objekte auf dem Heap bestimmt. Das hat zum Ziel, dass man aufgrund des Resultats die nicht mehr referenzierten (löschbaren) Objekte herausfinden kann.

4.4.1 Mark & Sweep Algorithmus[5]

Beim Mark & Sweep Algorithmus wird nach der oben beschriebenen Mark-Phase der Speicher der nicht mehr referenzierten Objekte freigegeben. In den meisten Implementationen bedeutet dies das Einfügen dieses Objekts in eine sogenannte Free-List.

⁶Objekte im Heap die aus den Call-Stacks der aktuellen Threads referenziert werden, globale ("static final" definierte) Variablen mit Referenzen auf den Heap)

Nachteil dieses Algorithmus

Der zwar simple Mark & Sweep Algorithmus hat den Nachteil, dass eine Freigabe dieser Speicherlöcher zu einer Fragmentierung des Speichers führt. Ein fragmentierter Speicher ist deshalb nicht wünschenswert, weil es für den Allokator immer schwieriger wird, die Speicherlöcher zu füllen. In einem solchen Fall kann es bis zu einer `OutOfMemoryException` führen, wenn zwar insgesamt genügend Memory frei ist, allerdings nicht genügend am Stück.

4.4.2 Mark & Copy Algorithmus[5]

Ein alternativer Algorithmus bei dem der Heap nach der Garbage Collection nicht fragmentiert ist, ist der Mark & Copy Algorithmus. Bei diesem wird der Heap in einen “from space” und einen “to space” unterteilt. Objekte die noch immer am Leben sind, werden im Anschluss an die Markierung vom “from space” in den “to space” kopiert. Die Allokation von Speicher ist im Anschluss mit grosser Effizienz möglich, weil der Heap nach der Garbage Collection nicht fragmentiert ist.

4.4.3 Mark & Compact Algorithmus[4]

In gewissen Situationen respektive für die unterschiedliche Lebensdauer der Objekte (siehe Generational Garbage Collection) macht es Sinn, unterschiedliche Algorithmen einzusetzen: Mark & Compact ist ein Algorithmus, bei welchem nach der Markierungs-Phase und der Elimination der “toten” Objekte eine Kompaktierung des Speichers stattfindet. Das hat ebenfalls den Vorteil, dass im Gegensatz zu Mark & Copy nicht der doppelte Speicher benötigt wird, ist allerdings relativ Ressourcen-intensiv.

4.4.4 Tri-Coloring Mark and Sweep

Eine Variante des Mark & Sweep Algorithmus die sich besser parallelisieren lässt ist der Tri-Coloring Mark & Sweep Algorithmus. [2, S. 79]. Im Gegensatz zur normalen Version des Mark & Sweep Algorithmus wird anstelle eines Mark-Flags ein ternärer Wert genommen der den Wert “weiss”, “grau” und “schwarz” annehmen kann. Der Status der Objekte wird in drei Sets nachgeführt. Das Ziel des Algorithmus ist es, alle weissen Objekte zu finden. Schwarze Objekte sind die, die garantiert keine weisse Objekte referenzieren und die Grauen sind die, bei denen noch nicht bekannt ist, was sie referenzieren. Der Algorithmus funktioniert folgendermassen:

1. Als erstes haben alle Objekte das Flag weiss.
2. Die Objekte des Root-Sets werden grau markiert.
3. Solange es graue Objekte hat, werden rekursiv die Nachfolger dieser Objekte grau markiert.

4. Sobald alle Nachfolger des Objekts grau markiert sind, wird das aktuelle Objekt auf den Status schwarz geändert.

Das Prinzip des Tri-Coloring Mark & Sweep Algorithmus ist folgende Invariante: **Kein schwarzes Objekt zeigt jemals direkt auf ein Weisses.** Sobald es keine grauen Objekte mehr gibt - sprich das Set der grauen Objekte leer ist, können die weissen Objekte gelöscht werden.

4.5 Generational Garbage Collection

In der Regel gibt es innerhalb einer Anwendung unterschiedliche Altersgruppen von Objekten und wir können die Objekte in Short Living, Medium Living und Long Living Objekte kategorisieren. Es gibt viele Objekte die nicht lange leben, zum Beispiel Objekte welche die Lebensdauer einer Methode haben, und wenige Objekte die lange Leben, wie zum Beispiel Daten in einem Applikations-Level Cache. Aus diesem Grund ist es oft Sinnvoll, die Garbage Collection an die entsprechende Lebensdauer der Objekte anzupassen.

Je nach Implementation wird der Heap in unterschiedliche Speicherbereiche aufgeteilt. Bei der Oracle HotSpot Virtual Machine sieht dies folgendermassen aus[3]:

- **Young Collection:** Die Young Collection ist nochmals unterteilt in Eden Space (Bereich für neue Objekte) und zwei Survivor Spaces ("from-space als aktiver Bereich, "to-space als der Bereich in den die Objekte nach einer Collection kopiert werden)
- **Old Collection:** In der Old Collection befinden sich die Objekte, die eine gewisse Anzahl an Young-Generation Collections (Minor Collections) überlebt haben und dann in den Bereich der alten Objekte befördert (Promotion) wurden.
- **PermGen:** Der PermGen Bereich ist keine Generation, sondern ein Non-Heap-Bereich, und wird von der VM für eigene Zwecke verwendet. Dieser Bereich ist eine Eigenheit der Oracle HotSpot Virtual Machine. Hier werden beispielsweise Class-Objekte inklusive Bytecode für alle geladenen Klassen und JIT-Informationen⁷. gespeichert.

Die JRockit Virtual Machine unterteilt die Bereiche folgendermassen:

- **Nursery**⁸: Die Nursery entspricht der Young Collection der HotSpot Virtual Machine und ist der Bereich der jungen Objekte. Bei JRockit ist es möglich, eine zusätzliche Keep-Area innerhalb der Nursery zu haben. Diese Keep-Area ist der Platz der Objekte mittlerer Lebensdauer. Ein Objekt wird also zuerst von der Nursery in die Keep-Area promoted - was

⁷Die Just-in-Time (Kompilierung) führt zu einer Veränderung respektive Optimierung des Bytecodes.

⁸Nursery bedeutet im übertragenen Sinn Kindergarten

den Vorteil hat, dass es wenn nicht mehr referenziert immer noch einer Young Collection unterliegt - erst dann gelangt es nach einer nochmaligen Young-Garbage-Collection in die Old Collection.

- **Old Generation:** Die Old Generation beinhaltet wie bei der HotSpot Virtual Machine die Objekte mit langer Lebensdauer.

Für weitere Details zu den JRockit Garbage Collection Eigenheiten siehe Kapitel Grundlagen Garbage Collection in der JRockit Virtual Machine.

Kapitel 5

Grundlagen Garbage Collection in der JRockit Virtual Machine

5.1 Grundlage

Die Grundlage der JRockit Garbage Collection bildet der Tri-Coloring Mark & Sweep Algorithmus (siehe Abschnitt Tri-Coloring Mark and Sweep). Er wurde hinsichtlich besserer Parallelisierbarkeit und der optimalen Verwendung der Anzahl Threads optimiert. Die Garbage Collection der JRockit VM kann mit oder ohne Generationen arbeiten - so gibt es die beiden Algorithmen “Concurrent Mark & Sweep” und “Parallel Mark & Sweep” in beiden Ausführungen Generational und Single:

- Generational Concurrent Mark & Sweep
- Single Concurrent Mark & Sweep
- Generational Parallel Mark & Sweep
- Single Parallel Mark & Sweep

5.1.1 Old Collection

Im Unterschied zum normalen Tri-Coloring Algorithmus verwendet der Algorithmus der JRockit, egal ob parallel oder concurrent, zwei Sets für die Markierung der Objekte. In einem werden die grauen und schwarzen Objekte gespeichert, im anderen die weissen. Die Trennung zwischen Grau und Schwarz wird gemacht indem die grauen Objekte in Thread-Local Queues jedes Garbage Collection Threads gespeichert werden.

Die Verwendung von Thread-lokalem Speicher hat hinsichtlich den folgenden Punkten einen Vorteil:[2, S. 79]:

- Thread-lokaler Speicher führt zu einer besseren Parallelisierbarkeit.
- Thread-lokaler Speicher kann prefetched werden, was die Geschwindigkeit des Algorithmus als Ganzes erhöht.

Bei der Verwendung der Concurrent Algorithmen - bei welcher die Garbage Collection neben der Anwendung statt findet - werden logischerweise auch nebenbei von der Applikation neue Objekte erzeugt. Diese neuen Objekte werden in einem sogenannten Live-Set getrackt.

5.1.2 Intergenerationale Referenzen

Die Idee der Generational Garbage Collection ist, dass zumindest während einer Young Collection nur ein Teilbereich des Heaps aufgeräumt wird. Während der Mark-Phase einer Young Collection werden also Referenzen in die Old Collection nicht verfolgt. Problematisch bei diesem Vorgehen ist, dass es eventuell Referenzen aus der Old Generation in die Young Generation gibt, aufgrund welcher man die Objekte im Young Space nicht löschen darf. Dieses Szenario kann auf zwei unterschiedliche Wege passieren:

- **Ein Objekt wird durch eine Promotion von der Young Generation in die Old Generation verschoben.** Diesen Vorgang merkt sich der Garbage Collector in einem **Remembered Set**.
- **Es findet eine Zuweisung der Referenz durch die Applikation statt.** Diese Problematik wird durch Write Barriers und der Aufteilung des Heaps in sogenannte Cards¹ Bei der Änderung einer Variablen respektive einer Referenz die dann vom Tenured Space auf den Young Space zeigen soll, wird auf der Card in welchem diese Änderung statt findet das "Dirty Bit" gesetzt. Objekte innerhalb von dirty Cards werden nach der Markierungsphase nochmals überprüft.

Concurrent Mark & Sweep

Beim Concurrent Mark & Sweep handelt es sich eigentlich um einen Mostly Concurrent Mark & Sweep Algorithmus. Das heisst er findet nicht in allen Phasen konkurrierend zur Applikation statt. Die Markierung dieses Algorithmus ist in vier Phasen aufgeteilt:

- **Initial Marking (Nicht konkurrierend):** Hier wird das Root Set zusammengestellt.
- **Concurrent Marking (konkurrierend):** Mehrere Threads gehen nun diesen Referenzen nach und markieren Sie als lebende Objekte.
- **Preclean (konkurrierend):** Änderungen im Heap während den vorherigen Schritten werden nachgeführt, markiert.

¹Eine Card ist typischerweise ein ungefähr 512 Byte grosser Bereich auf dem Heap.

- **Final Marking (Nicht konkurrierend):** Änderungen im Heap während der Precleaning Phase werden nachgeführt, markiert.

Die Sweep Phase findet ebenfalls konkurrierend zur Applikation statt. Im Gegensatz zur HotSpot VM findet es in zwei separaten Schritten statt. Als erstes wird die erste Hälfte des Heaps von toten Objekten befreit. Während dieser Phase können Threads Speicher in der zweiten Hälfte des Heaps allozieren. Nach einer kurzen Synchronisationspause findet das Sweeping auf dem zweiten Teil des Heaps statt, wieder gefolgt von einer Synchronisationspause.

Parallel Mark & Sweep

Beim parallelen Mark & Sweep findet die Garbage Collection parallel mit allen verfügbaren Prozessoren statt. Dazu werden aber alle Threads der Applikation während dieser Zeit gestoppt.

Kompaktierung

Aufgrund der im Speicher stattfindenden Fragmentierung wird bei jeder Old Collection eine Kompaktierung des Speichers durchgeführt. Zu Beginn der Sweep-Phase oder während werden dazu Objekte auf dem Heap umher kopiert, so dass danach wieder grössere Speicherbereiche zur Allokation frei stehen.

5.2 Übersicht der Garbage Collection Algorithmen auf der JRockit Virtual Machine

Die Entscheidung der Garbage Collection Strategie hängt von den Anforderungen der Applikation ab. Auf der JRockit VM gibt es drei verschiedene Modi:

- **Durchsatz (throughput):** Optimiert die Garbage Collection hinsichtlich möglichst grossem Durchsatz. Hier handelt es sich um Applikationen wie Batch-Systeme, etc. Um auf der Virtual Machine dieses Ziel zu erreichen, werden Parallele Algorithmen verwendet. Parallele Algorithmen laufen nicht-konkurrierend mit dem System in mehreren parallelen Threads. Das führt zwar zu kurzen Pausenzeiten für die Applikation, allerdings steht in der restlichen Zeit sehr viel Prozessor-Zeit zur Verfügung.
- **Pausenzeit (pause time):** Die Optimierung der Pausenzeit führt dazu, dass der Benutzer der Virtual Maschine keine langen Pausenzeiten bemerkt. Das ist insbesondere für Client-Server Applikationen notwendig. Wenn die JRockit Laufzeitumgebung auf möglichst kurze Pausenzeiten eingestellt ist, wird ein konkurrierender Garbage Collection Algorithmus verwendet, bei welchem es nur sehr wenige Stop-the-World Phasen gibt.
- **Determinismus (deterministic):** Optimiert den Garbage Collector auf sehr kurze und deterministische Garbage Collection Pausen.

Alias	Aktivierung	Beschreibung	Pause	Durchs.	Heap	Mark	Sweep
singlecon, singleconcon		Garbage Collection findet konkurrierend statt. Der Heap besteht nur aus einer Generation.	++	–	single	konk.	konk
gencon, genconcon	-Xgc:gencon -Xgc:genconcon	Neue Objekte kommen in die Nursery. Ist diese voll, werden die Le-benden in die Old Generation ver-schoben. Die Old Collection findet konkurrierend statt.	++	–	gen	konk.	konk.
singlepar, singleparpar		Wenn der Heap voll ist, wird bei ge-stoppter Applikation eine Garbage Collection des gesamten Heaps ge-macht.	–	++	single	parallel	parallel
genpar, genparpar	-Xgc:genpar	Objekte werden in der Nursery an-gelegt. Ist diese voll, wird bei ge-stoppter Applikation parallel eine Young Collection durchgeführt. Bei vollem Heap gibts eine volle Garbage Collection.	–	++	gen	parallel	parallel
genconpar	-Xgc:genconpar		+	+	gen	konk.	parallel
genparcon	-Xgc:genparcon		+	+	gen	parallel	konk.
singleconpar	-Xgc:singleconpar		+	+	single	konk.	parallel
singleparcon	-Xgc:singleparcon		+	+	single	parallel	konk.

Tabelle 5.1: Übersicht der Garbage Collection Algorithmen

Alias	Aktivierung	Beschreibung	Einstellungsmöglichkeiten
throughput	-Xgc:throughput	Der Garbage Collector wird auf maximalen Durchsatz der Applikation eingestellt. Er arbeitet so effektiv wie möglich und erhält entsprechend viele Java-Threads, was zu kurzen Pausen der Applikation führen kann.	
pausetime	-Xgc:pausetime	Der Garbage Collector wird auf möglichst kurze Pausen eingestellt. Das bedeutet, dass ein konkurrierender Algorithmus verwendet wird der insgesamt etwas mehr CPU Ressourcen benötigt.	-XpauseTarget=value (default 200msec)
deterministic	-Xgc:deterministic	Der Garbage Collector wird auf eine möglichst kurze und deterministische Pausenzeit eingestellt.	-XpauseTarget=value (default 30msec)

Tabelle 5.2: Übersicht der Garbage Collection Modi

5.3 Garbage Collection Log Dateien

Die Auswertung der Garbage Collection findet auf Basis der Garbage Collection Log Dateien statt. Das Format dieser Log Dateien hängt mitunter auch von den aktivierten Log-Modulen der JRockit Virtual Machine ab. Der Aufbau der Log Dateien und die in der Analyse verwendeten Daten werden in diesem Abschnitt genauer beleuchtet.

5.3.1 Aktivierung Log Ausgaben

Defaultmässig macht die JRockit keine Angaben darüber, wie sie die Garbage Collection durchführt. Um an diese Informationen zu gelangen, muss das entsprechende Log-Module beim Start der Applikation aktiviert werden. Die Ausgaben werden dann auf die Standard Ausgabe geschrieben - können aber optional mit dem Argument `-Xverbose:logdatei.log` in eine Datei umgeleitet werden. Das Format für die Kommandozeile sieht folgendermassen aus:

```
1 -Xverbose:<modul>[=log_level]
```

Listing 5.1: Format Aktivierung Log Modul

Um das Memory Log Modul (gibt Informationen über die Garbage Collection aus) zu aktivieren:

```
1 -Xverbose:memory
```

Listing 5.2: Garbage Collection Log (Info)

Die Umleitung der Ausgaben in eine separate Log-Datei kann mit dem Flag `-Xverboselog:;Datei-Namen;` eingestellt werden:

```
1 -Xverbose:memory -Xverboselog:gc.log
```

Listing 5.3: Garbage Collection Log (Info) - Umleitung in gc.log

Zusätzlich können mit der Angabe des Log-Levels die Ausgaben verfeinert werden:

```
1 -Xverbose:memory=debug -Xverboselog:gc.log
```

Listing 5.4: Garbage Collection Log (Debug) - Umleitung in gc.log

Die ersten paar Zeilen der Ausgaben des Memory Moduls im Log Level “info” ohne explizite Angabe der Garbage Collection Strategie² sehen folgendermassen aus:

```

1 [INFO ][memory ] GC mode: Garbage collection optimized for throughput, strategy: Generational Parallel Mark
  & Sweep.
2 [INFO ][memory ] Heap size: 65536KB, maximal heap size: 1048576KB, nursery size: 32768KB.
3 [INFO ][memory ] <start>-<end>: <type> <before>KB-><after>KB (<heap>KB), <time> ms, sum of pauses <pause>
  ms.
4 [INFO ][memory ] <start> - start time of collection (seconds since jvm start).
5 [INFO ][memory ] <type> - OC (old collection) or YC (young collection).
6 [INFO ][memory ] <end> - end time of collection (seconds since jvm start).
7 [INFO ][memory ] <before> - memory used by objects before collection (KB).
8 [INFO ][memory ] <after> - memory used by objects after collection (KB).
9 [INFO ][memory ] <heap> - size of heap after collection (KB).
10 [INFO ][memory ] <time> - total time of collection (milliseconds).
11 [INFO ][memory ] <pause> - total sum of pauses during collection (milliseconds).
12 [INFO ][memory ] Run with -Xverbose:gcpause to see individual phases.
13 [INFO ][memory ] [OC#1] 0.843-0.845: OC 428KB->78423KB (117108KB), 0.003 s, sum of pauses 1.614 ms, longest
  pause 1.614 ms.
14 [INFO ][memory ] [OC#2] 1.393-1.442: OC 78449KB->156488KB (233624KB), 0.049 s, sum of pauses 47.104 ms,
  longest pause 47.104 ms.
15 [INFO ][memory ] [YC#1] 1.494-1.496: YC 156524KB->156628KB (233624KB), 0.002 s, sum of pauses 1.670 ms,
  longest pause 1.670 ms.
16 [INFO ][memory ] [YC#2] 1.496-1.496: YC 156652KB->156755KB (233624KB), 0.001 s, sum of pauses 0.605 ms,
  longest pause 0.605 ms.
17 [INFO ][memory ] [YC#3] 1.497-1.497: YC 156780KB->156884KB (233624KB), 0.001 s, sum of pauses 0.602 ms,
  longest pause 0.602 ms.
18 [INFO ][memory ] [YC#4] 1.497-1.498: YC 156908KB->157011KB (233624KB), 0.001 s, sum of pauses 0.592 ms,
  longest pause 0.592 ms.

```

Listing 5.5: Garbage Collection Log (Debug) - Umleitung in gc.log

²JRockit Virtual Machine verwendet damit die Default-Einstellung: Optimierung auf maximalen Durchsatz

5.3.2 Log Module

Die folgende Tabelle beschreibt die für die Auswertung der Garbage Collection relevanten Module alphabetisch sortiert.

Modul	Beschreibung	Relevanz
alloc	Informationen betreffend Speicher Allokation und “Out-of-Memory”	niedrig
compaction	zeigt abhängig vom Garbage Collection Algorithmus Informationen zur Kompaktierung	niedrig
gcheuristic	zeigt Informationen und Entscheidungen zur Garbage Collection Heuristik	mittel
gcpause	zeigt aktuell welche Pausen durch die Garbage Collection entstanden sind und wie lange sie gedauert haben.	mittel
gcreport	zeigt verschiedene Auswertungen (Anzahl Collections, Anzahl promotete Objekte, maximal promotete Objekte per Zyklus, totale Zeit, Durchschnittszeit, Maximale Zeit) der Garbage Collection zum aktuellen Lauf	niedrig
memory	zeigt Informationen zum Memory Management System wie Start-, Endzeitpunkt der Collection, Speicher bevor, nach Collection, Grösse des Heaps, etc.	hoch
memdbg	zeit Informationen die für das Debugging von Themen im Bereich des Arbeitsspeichers relevant sein können	hoch
systemgc	zeigt Garbage Collections die durch System.gc() gestartet wurden.	niedrig

Tabelle 5.3: Beschreibung der verschiedenen relevanten Log Modulen

Die folgenden Log Level können aktiviert werden: quiet, error, warn, info, debug, trace. Für mehr Informationen siehe [7].

Kapitel 6

Anforderungsanalyse

6.1 Einleitung

6.1.1 Zweck

Die Anforderungsanalyse dient als Basis für die folgenden Abschnitte:

- **Architektur und Konzept:** Die dokumentierten Anforderungen dienen als Grundlage für die Architektur des Systems und das Konzept.
- **Implementation:** Die Implementation der Anwendung richtet sich nach den ermittelten Anforderungen.
- **Verifikation:** Der implementierte Software-Prototyp wird anhand der in diesem Abschnitt ermittelten Anforderungen bewertet.

6.1.2 Systemumfang

Der folgende Abschnitt beschreibt die wesentlichen Teile innerhalb des Systems und des Systemkontexts.

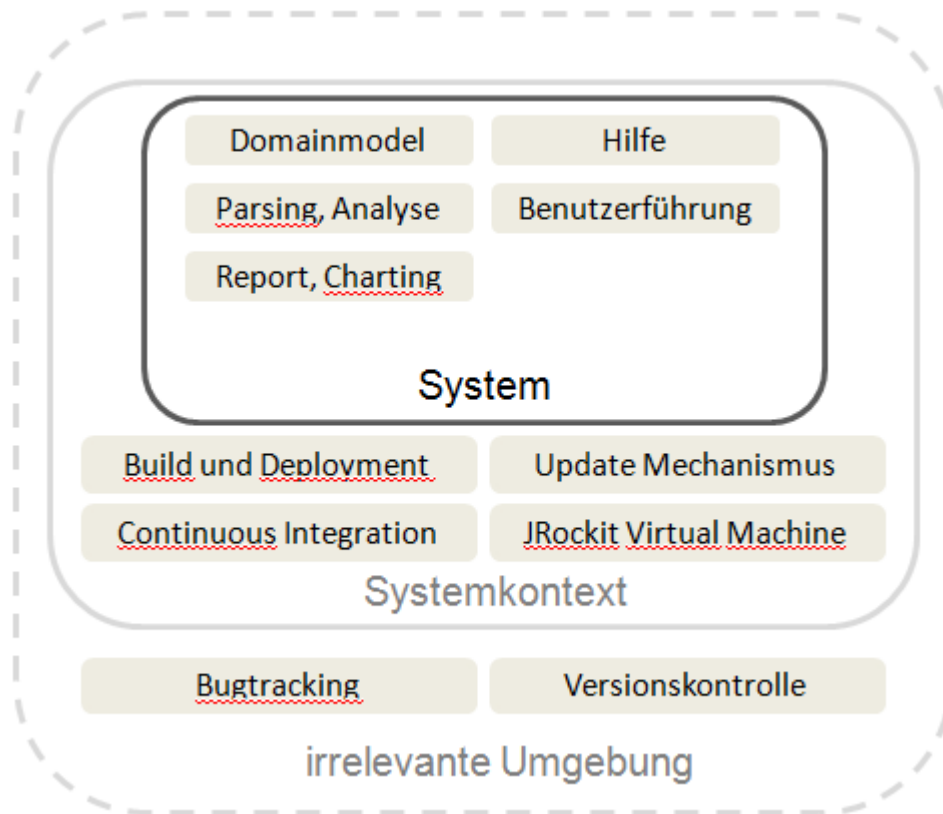


Abbildung 6.1: System und Systemkontext

System

Das System besteht aus den Teilen Datenmodell, Domäne, Log Parsing, Garbage Collection Analyse, Report, Charting, Hilfesystem¹, Benutzerführung.

Systemkontext

Zum Systemkontext gehören folgende nicht veränderbare Komponenten:

- **Build und Deployment, Continuous Integration:** Der Build der Software für neue Updates oder Releases wird zentral auf einem Server durchgeführt. Der Source-Code wird aus der Versionskontrolle ausgecheckt, die binären Pakete werden gebildet, es wird ein für den jeweiligen Update-Mechanismus notwendiges Packet erstellt und auf den Update-Server gestellt.

¹Dem Benutzer wird sowohl eine generelle wie auch eine kontextbezogene Hilfe angeboten.

- **Update Mechanismus:** Die Software wird in der Version 1.0 released. Anschliessend können Updates (Minor-, Major-Versionen) direkt - ohne den manuellen Download der Software - durchgeführt werden.
- **JRockit Virtual Machine:** Die Schnittstelle zur JRockit Virtual Machine findet über deren Log-Dateien statt. Die genauere Beschreibung befindet sich unter Garbage Collection Log Dateien.

Irrelevante Umgebung

- **Bugtracking:** Sobald die Software stabil läuft und an Tester herausgegeben wird, wird für die Verwaltung der Fehler (Bugs) ein Bugtracker verwendet.
- **Versionskontrolle:** Der Source-Code der Applikation wird in einer Source-Code-Verwaltung abgelegt. Diese dient als Backup und zur Versionierung der einzelnen Artefakte. Die beiden Werkzeuge (Bugtracker, Versionskontrolle) arbeiten normalerweise eng zusammen, so dass Bug Fixes mit der eingetragenen Version in Verbindung bleiben.

6.1.3 Stakeholder

Für die Anforderungsanalyse sind nur die mit Asteriks gekennzeichneten Stakeholder-Rollen relevant. Die anderen Rollen können erst dann berücksichtigt werden, wenn die Software eine weitere Verbreitung wahrnehmen kann. Verschiedene Rollen können auch von einer Person wahrgenommen werden.

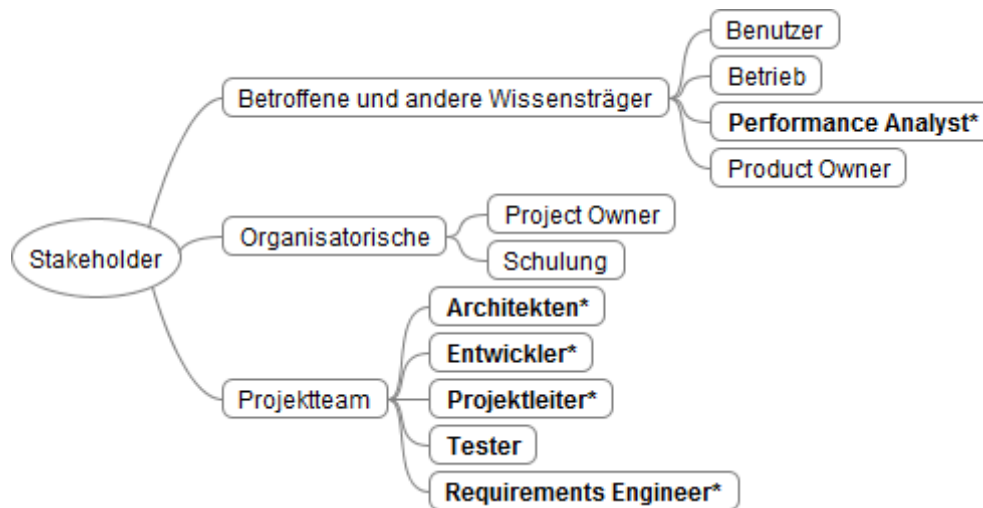


Abbildung 6.2: Übersicht der Stakeholder

6.1.4 Glossar

Das Glossar befindet sich auf Seite 76.

6.1.5 Referenzen

Die Referenzen innerhalb des Abschnitts Anforderungsanalyse befinden sich im Abschnitt Literaturverzeichnis.

6.1.6 Übersicht

Die Anforderungsanalyse ist folgendermassen aufgebaut: Beginnen tut sie mit der Allgemeinen Übersicht. Hier sind Architektur, Nutzer- und Zielgruppen, Randbedingungen und Annahmen dokumentiert. Danach sind die Use Cases der Software beschrieben. Aus diesen leiten sich dann die funktionalen Anforderungen und schliesslich die Qualitätsanforderungen ab.

6.2 Allgemeine Übersicht

6.2.1 Architekturbeschreibung

Die Software wird als Plugin programmiert. Der Entwickler kann sich die Software als Erweiterung in seiner Entwicklungsumgebung installieren. Sobald die Software installiert ist, wird für die Arbeit keine Verbindung ins Internet mehr benötigt. Die Applikation ist auf allen gängigen Betriebssystemen (Linux, Mac OSX, Windows) lauffähig.

6.2.2 Nutzer und Zielgruppen

Performance Engineers

Normalerweise Software Entwickler die viel Erfahrung, Wissen, Fähigkeiten haben und über die entsprechenden Werkzeuge verfügen, um die Ursachen für Performance-Probleme zu finden. Dabei handelt es sich nicht nur um Wissen im Bereich der Softwareentwicklung, sondern auch im Bereich des Servers (Speicher Management, etc.), und des Betriebssystems (I/O², etc.). Durch ihr breites Wissen sind sie mit der Unterstützung von Charts, Statistiken und Reports oft sehr schnell in der Lage, Ursache eines Performance Engpasses zu finden.

Java Entwickler

Im Gegensatz zu Performance Engineers beschäftigen sich Java Entwickler vor allem mit der Entwicklung von Anwendungen und verfügen nicht direkt über Knowhow im Bereich der Performance Analyse. Als gut ausgebildete Ingenieure sind sie aber mit Hilfe von Werkzeugen und Dokumentation in der Lage, Performance Problemen innert nützlicher First auf den Grund zu gehen.

²IO steht für Input/Output und betrifft Netzwerk wie auch Harddisk

6.2.3 Randbedingungen

Das Log-Format der JRockit Virtual Machine hat sich im Bereich des Memory Managements von der Version R27 auf die Version R28 geändert. Die Kompatibilität mit Versionen älter als R28 wird vorerst nicht gegeben sein.

6.2.4 Annahmen

6.3 Use Cases

6.3.1 Systemfunktionalität

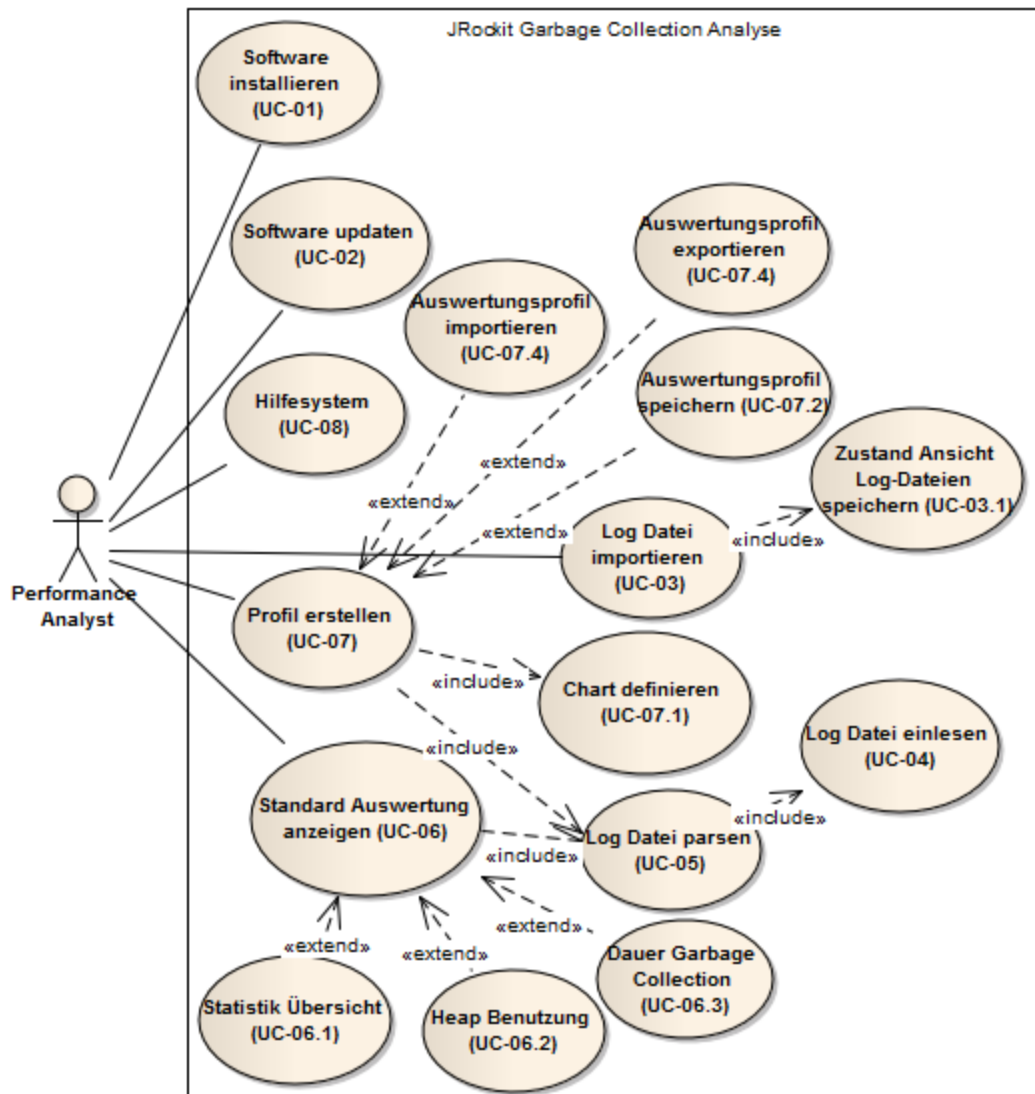


Abbildung 6.3: Systemfunktionalität als Use-Case-Diagramm

Die ersten beiden Teile dieses Abschnitts definieren die Use Cases des Systems nach Rolle sortiert. Als Basis dient die Schablone zur Use-Case-Spezifikation in [9, S. 78-79].

6.3.2 Basissoftware

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-01
Name	Software installieren
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: mittel
Kritikalität	gross
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Der Benutzer kann die Software in seiner Entwicklungsumgebung installieren.
Akteure	Anwender, Entwicklungsumgebung
Auslösendes Ereignis	Anwender möchte eine Garbage Collection Log Datei analysieren.
Vorbedingung	Richtige Entwicklungsumgebung ist bereits ohne Analysesoftware installiert.
Nachbedingung	Es sind keine Fehler aufgetreten.
Ergebnis	Entwicklungsumgebung ist bereit für Garbage Collection Auswertungen.
Hauptszenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anwender Startet Entwicklungsumgebung 2. Anwender gibt Update-Seite an 3. Anwender selektiert zu installierendes Softwarepaket 4. Softwarepaket wird installiert
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	-

Tabelle 6.1: Use-Case: Software installieren

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-02
Name	Software updaten
Autoren	Raffael Schmid

Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: mittel
Kritikalität	Mittel
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Der Benutzer kann die Software updaten.
Akteure	Anwender, Update-Server
Auslösendes Ereignis	Anwender hat die Software bereits zu einem früheren Zeitpunkt installiert. Sofern ein neues Update vorhanden ist, möchte er dieses installieren.
Vorbedingung	Richtige Entwicklungsumgebung und Software wurden bereits in einer früheren Version installiert.
Nachbedingung	Es sind keine Fehler aufgetreten.
Ergebnis	Entwicklungsumgebung und Analysesoftware sind auf dem neusten Stand für Garbage Collection Auswertungen.
Hauptszenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anwender Startet Entwicklungsumgebung 2. Anwender sucht und findet Updates für die Analysesoftware 3. Anwender selektiert eines oder mehrere dieser Softwarepakete 4. Software wird aktualisiert
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	-

Tabelle 6.2: Use-Case: Software updaten

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-03
Name	Garbage Collection Log Datei importieren
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gering
Kritikalität	gross
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Der Benutzer importiert die sich auf dem Dateisystem befindende Log-Datei.
Akteure	Anwender, Log Datei Importer
Auslösendes Ereignis	Anwender startet Garbage Collection Log Analyse

Vorbedingung	Log Datei befindet sich auf dem Rechner und ist in einem der unterstützten Formate. Die Software ist vollständig installiert und gestartet.
Nachbedingung	Es sind keine Fehler aufgetreten.
Ergebnis	Die Log-Datei ist in der Ansicht “Log-Dateien” ersichtlich und kann von da im Analysefenster geöffnet werden.
Hauptszenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anwender öffnet Import-Dialog 2. Anwender navigiert zum Ordner 3. Anwender selektiert Datei(en) und importiert diese
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	-
Erweiterungen	UC-03.1

Tabelle 6.3: Use-Case: Garbage Collection Log Datei importieren

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-03.1
Name	Zustand Ansicht Log-Dateien speichern
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gering
Kritikalität	gering
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	In der Ansicht “Log-Dateien” befinden sich die importierten Log-Dateien, der Zustand dieser Ansicht (welche Log-Dateien importiert wurden) wird gespeichert und bleibt über die Zeit einer Benutzersession bestehen.
Akteure	Entwicklungsumgebung
Auslösendes Ereignis	Entwickler schliesst Entwicklungsumgebung
Vorbedingung	Eine oder mehrere Log-Dateien wurden importiert.
Nachbedingung	Importierte Log-Dateien sind gespeichert.
Ergebnis	Bei einem Neustart der Entwicklungsumgebung bleiben die zuvor installierten Dateien erhalten.
Hauptszenario	Die Information, welche Dateien importiert wurde, wird gespeichert. Beim Neustart der Software wird sie genommen um die Liste der Importierten Dateien zu initialisieren.
Alternativszenarien	-

Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	-

Tabelle 6.4: Use-Case: Zustand Ansicht Log-Dateien speichern.

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-04
Name	Garbage Collection Log Datei einlesen
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gross
Kritikalität	gross
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Der Benutzer kann eine sich auf seinem Rechner befindende Garbage Collection Log Datei einlesen. Die Daten befinden sich anschliessend noch im unstrukturierten Zustand, erst der Parseprozess für das jeweilige Log-Format bringt es in eine strukturierte Form.
Akteure	Anwender, Log Datei Importer
Auslösendes Ereignis	Anwender startet Auswertung
Vorbedingung	Log Datei wurde bereits importiert.
Nachbedingung	Es sind keine Fehler aufgetreten.
Ergebnis	Die Log Datei befindet sich im Memory und steht für das Parsen durch die spezifische Erweiterung (JRockit) zur Verfügung.
Hauptszenario	Anwender öffnet Log Datei im Analysefenster. Die Log Datei wird eingelesen und befindet sich für die weitere Verarbeitung durch den Parser im Arbeitsspeicher.
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	Usability (QRQ-S-04)

Tabelle 6.5: Use-Case: Garbage Collection Log Datei einlesen

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-05
Name	Garbage Collection Log Datei parsen
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gross
Kritikalität	gross
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid

Kurzbeschreibung	Die sich im Arbeitsspeicher befindenden unstrukturierten Daten werden durch den Parse-Vorgang in eine strukturierte Form gebracht (Domänenmodell).
Akteure	JRockit Garbage Collection Log Parser
Auslösendes Ereignis	Datei wurde fertig eingelesen.
Vorbedingung	Datei befindet sich im Arbeitsspeicher.
Nachbedingung	Kein Fehler ist aufgetreten.
Ergebnis	Domänenmodell ist fertig abgefüllt.
Hauptszenario	Jede einzelne Zeile in der Log-Datei wird analysiert und wenn nötig werden die wichtigen Daten extrahiert. Die Daten werden in das für diese Log Datei angelegte Domänenmodell geschrieben.
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	Usability (QRQ-S-04), Korrektheit (QRQ-F-05)

Tabelle 6.6: Use-Case: Garbage Collection Log Datei importieren

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-06
Name	Standardauswertung anzeigen
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gross
Kritikalität	gross
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Für eine schnelle Übersicht steht eine Standard-Auswertung zur Verfügung. Dieser soll eine kurze Übersicht über die Garbage Collection geben und beinhaltet zwei Charts (Heap Benutzung, Dauer Garbage Collection).
Akteure	Anwender, Log Datei Analyzer, Report Engine
Auslösendes Ereignis	Die Applikation hat die Datei fertig eingelesen und geparkt.
Vorbedingung	Die Log Datei wurde ohne Fehler eingelesen und befindet sich im strukturierten Format im Arbeitsspeicher.
Nachbedingung	-
Ergebnis	Dem Benutzer wird ein Analyse-Screen angezeigt.
Hauptszenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Applikation hat die Log-Datei fertig importiert. 2. Dem Benutzer wird ein Screen mit verschiedenen Tabs angezeigt. Auf jedem Tab wird dem Benutzer eine unterschiedliche Sicht auf die Daten gezeigt.

Alternativszenarien	Benutzerdefinierte Auswertung
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	Korrektheit (QRQ-F-05)
Erweiterungen	UC-06.1, UC-06.2, UC-06.3, UC-06.4

Tabelle 6.7: Use-Case: Standardauswertung anzeigen

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-06.1
Name	Anzeige Statistik Übersicht
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gross
Kritikalität	gross
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	<p>Der Analyse-Screen wurde geöffnet, dem Benutzer zeigen sich unterschiedliche Tabs. Auf dem ersten befinden sich verschiedene statistische Auswertungen der Log Datei:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht und Grösse der verschiedenen Bereiche auf dem Heap: Initiale Grösse, endgültige Grösse • Aktivitäten des Garbage Collectors: Anzahl Young Collections, Anzahl Old Collections • Anzahl Garbage Collector Events (Bsp: Change Garbage Collector Strategy, etc.) • Garbage Collection Zeiten (Total, Durchschnittliche, Zeit in Old Generation Garbage Collection, Prozentuale Zeit in Old Generation Garbage Collection)
Qualitäten	Korrektheit (QRQ-F-05)

Tabelle 6.8: Use-Case: Anzeige Statistik Übersicht

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-06.2
Name	Anzeige Heap Benutzung
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: gross Technologisches Risiko: gross
Kritikalität	gross

Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Die Heap Usage (Heap Benutzung) zeigt dem Benutzer anhand einer Grafik, zu welchem Zeitpunkt wieviel Speicher des Heaps verwendet wurde. Zusätzlich werden die Zeitpunkte inklusive entsprechendem Typ (Old- / Young-Collection) der Garbage Collection angezeigt.
Qualitäten	Korrektheit (QRQ-F-05)

Tabelle 6.9: Use-Case: Anzeige Heap Benutzung

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-06.3
Name	Anzeige Dauer Garbage Collection
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: mittel Technologisches Risiko: mittel
Kritikalität	Mittel
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Für jede Garbage Collection ist innerhalb der Log Datei einen Eintrag mit den Informationen, wie viel Speicher von toten Objekten befreit wurde und wie lange die Collection gedauert hat. In diesem Report geht es um die Darstellung dieser Daten.
Qualitäten	Korrektheit (QRQ-F-05)

Tabelle 6.10: Use-Case: Anzeige Dauer Garbage Collection

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-07
Name	Profil (benutzerdefinierte Auswertung) erstellen
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: niedrig Technologisches Risiko: niedrig
Kritikalität	Niedrig
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Der Benutzer kann ein eigenes Profil erstellen. Das Profil dient dazu, um darauf eigene Charts hinzuzufügen. siehe UC-07.1.
Akteure	Anwender, Log Datei Analyzer, Report Engine
Auslösendes Ereignis	Die Applikation hat die Datei fertig eingelesen und geparkt.
Vorbedingung	Die Log Datei wurde ohne Fehler eingelesen und befindet sich im strukturierten Format im Arbeitsspeicher.

Nachbedingung	-
Ergebnis	Dem Benutzer wird ein Analyse-Screen angezeigt.
Hauptszenario	Unabhängig vom Zyklus der Garbage Collection Analyse kann der Benutzer ein eigenes Profil erstellen. Ein Profil besteht initial aus einem Übersichtsfenster der Garbage Collection und kann um eine Vielzahl an Charts erweitert werden.
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	Korrektheit (QRQ-F-05)
Erweiterungen	UC-07.1, UC-07.2, UC-07.3

Tabelle 6.11: Use-Case: Profil (benutzerdefinierte Auswertung) erstellen

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-07.1
Name	Chart definieren
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: niedrig Technologisches Risiko: niedrig
Kritikalität	Niedrig
Quelle	Adrian Hummel (Performance Engineer)
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Der Benutzer erstellt auf dem Profil ein neues Chart und die sich darauf befindenden Serien ³ .
Qualitäten	-

Tabelle 6.12: Use-Case: Chart definieren

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-07.2
Name	Auswertungsprofil speichern
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: niedrig Technologisches Risiko: niedrig
Kritikalität	Niedrig
Quelle	Adrian Hummel (Performance Engineer)
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Profile können gespeichert werden und bleiben über einzelne Sitzungen bestehen, ausser der Benutzer löscht es explizit.
Qualitäten	-

Tabelle 6.13: Use-Case: Profil speichern, löschen

³Eine Serie definiert welche Daten auf der X- respektive Y-Achse angezeigt werden sollen.

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-07.3
Name	Auswertungsprofil exportieren
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: niedrig Technologisches Risiko: niedrig
Kritikalität	Niedrig
Quelle	Adrian Hummel (Performance Engineer)
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Die vom Anwender definierten Profile können in eine Datei exportiert werden.
Qualitäten	-

Tabelle 6.14: Use-Case: Auswertungsprofil exportieren

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-07.4
Name	Auswertungsprofil importieren
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: niedrig Technologisches Risiko: niedrig
Kritikalität	Niedrig
Quelle	Adrian Hummel (Performance Engineer)
Verantwortlicher	Raffael Schmid
Kurzbeschreibung	Exportierte Profile können via ein Kanal ausgetauscht und in der anderen Entwicklungsumgebung importiert werden.
Qualitäten	-

Tabelle 6.15: Use-Case: Auswertungsprofil importieren

Abschnitt	Inhalt / Erläuterung
Bezeichner	UC-8
Name	Hilfesystem
Autoren	Raffael Schmid
Priorität	Wichtigkeit für Systemerfolg: niedrig Technologisches Risiko: mittel
Kritikalität	Mittel
Quelle	Raffael Schmid
Verantwortlicher	Raffael Schmid

Kurzbeschreibung	Dem Benutzer steht eine indexbasierte ⁴ und eine kontextsensitive ⁵ Hilfe zur Verfügung.
Akteure	Anwender
Auslösendes Ereignis	Anwender hat Plugin installiert, weiss nicht wie eine Analyse gestartet werden kann.
Vorbedingung	Richtige Entwicklungsumgebung und Garbage Collection Log Analysis Plugin ist bereits in einer früheren Version installiert.
Nachbedingung	-
Ergebnis	Anwender kennt Software
Hauptszenario	<ul style="list-style-type: none"> • Indexbasierte Hilfe: Der Benutzer kennt sich im Thema Garbage Collection und auf der Analyse-Software noch nicht aus. Er holt sich Hilfe über die indexbasierte Hilfe. • Kontextsensitive Hilfe: Der Benutzer befindet sich in einem Fenster oder möchte eine Aktion ausführen (Context), das Hilfesystem zeigt ihm dazu die notwendigen Informationen.
Alternativszenarien	-
Ausnahmeszenarien	-
Qualitäten	QRQ-S-03 (Internationalisierung)

Tabelle 6.16: Use-Case: Hilfesystem

⁴Generelle Hilfe mit Informationen zur Garbage Collection, Vorgehensweise bei Performance Problemen, alternative Werkzeuge, etc.

⁵Hilfe zur aktuellen View oder Aktion des Benutzers

6.4 Funktionale Anforderungen

Aus den im Abschnitt Use Cases definierten Anforderungen ergibt sich die abschliessende Liste der funktionalen Anforderungen:

Identifik.	Vers.	Titel	Beschreibung	Use Case	Abnahmekriter.	Prio.
FRQ-01	1.0	Installation	Software muss als Erweiterung in der Entwicklungsumgebung ⁶ installiert werden können.	UC-01	Entwickler mit durchschnittlichen Kenntnissen benötigen für die Installation in eine bestehende Entwicklungsumgebung dauert weniger als 5 Minuten.	gross
FRQ-02	1.0	Updaten	Die Software kann mit geringem Aufwand aktualisiert werden.	UC-02	Entwickler mit durchschnittlichen Kenntnissen für den Update weniger als 3 Minuten.	mittel
FRQ-03	1.0	Garbage Collection Log Dateien importieren	Log Dateien können importiert werden und werden anschliessend in einem Fenster dargestellt.	UC-03	-	gross
FRQ-03.1	1.0	Importierte Dateien speichern	Informationen über importierte Log-Dateien werden gespeichert und bleiben über die Zeit der Benutzersession bestehen.	UC-03.1	-	gross

⁶Die Wahl der Entwicklungsumgebung respektive des Frameworks befindet sich im Abschnitt Auswahl Frameworks und Komponenten.

FRQ-04	1.0	Garbage Collection Log Datei einlesen	Geöffnete Garbage Collection Log Dateien werden ins Memory gelesen.	UC-04	Der Einleseprozess bei einer Datei mit 100000 Zeilen dauert weniger als 2 Sekunden.	gross
FRQ-05	1.0	Garbage Collection Log Datei parsen	Die eingelesenen JRockit Garbage Collection Log Datei wird geparkt. Aus den Daten wird ein Domänenmodell aufgebaut.	UC-05	Das Parsen einer Log Datei mit 100000 Zeilen dauert nicht länger als 8 Sekunden.	gross
FRQ-06	1.0	Standardauswertung anzeigen	Der Benutzer kann eine vordefinierte Anzeige öffnen.	UC-06	-	gross
FRQ-06.1	1.0	Anzeige Übersicht Garbage Collection	Der erste Tab des Analysefensters zeigt die aggregierten Daten der Garbage Collection.	UC-06.1	Die Genauigkeit der berechneten und angezeigten Werte ist mindestens ein Zehntel (0.1).	gross
FRQ-06.2	1.0	Anzeige Heap Benutzung	Der zweite Tab des Analysefensters zeigt den Speicherbedarf über die Zeit.	UC-06.2	Die Genauigkeit der berechneten und angezeigten Werte ist mindestens ein Zehntel (0.1).	gross
FRQ-06.3	1.0	Anzeige Dauer Garbage Collection	Der dritte Tab des Analysefensters zeigt die Dauer der einzelnen Garbage Collections über die Zeit.	UC-06.3	Die Genauigkeit der berechneten und angezeigten Werte ist mindestens ein Zehntel (0.1).	mittel
FRQ-07	1.0	Profil (Benutzerdefinierte Auswertung) erstellen	Benutzer kann Profil erstellen, um anschliessend darin benutzerdefinierte Charts zu erstellen.	UC-B07	-	klein

FRQ-07.1	1.0	Chart definieren für Profil	Für ein erstelltes Profil kann der Benutzer aus den Log-Daten ein eigenes Chart definieren.	UC-B07.1	-	klein
FRQ-07.2	1.0	Profil speichern	Definiertes Profil wird automatisch gespeichert und bleibt über die Dauer der Sitzung bestehen.	UC-07.2	-	klein
FRQ-07.3	1.0	Profil exportieren	Profil kann in Textdatei exportiert werden.	UC-07.3	-	klein
FRQ-07.4	1.0	Profil importieren	Profil kann aus Textdatei importiert werden.	UC-07.4	-	klein
FRQ-08	1.0	Hilfesystem	Dem Benutzer werden eine indexbasierte und eine kontextsensitiv Hilfe zur Verfügung gestellt.	UC-08	Die Hilfe ist in Deutsch und Englisch verfügbar.	klein

Tabelle 6.17: Funktionale Anforderungen

6.5 Qualitätsanforderungen

6.5.1 Software

Identifik.	Vers.	Titel	Beschreibung	Abnahmekriter.	Prio.
QRQ-S-01	1.0	Erweiterbarkeit	Nebst der Analyse von Garbage Collection Logs der JRockit Virtual Machine sollen später auch andere Formate unterstützt sein.	Erweiterung um ein weiteres Log-Format soll den Aufwand von 5 PT ⁷ nicht überschreiten.	mittel
QRQ-S-02	1.0	Testabdeckung	Um den langfristigen Erfolg dieser Software zu gewährleisten muss eine entsprechende Testabdeckung vorhanden sein - dies um insbesondere die Regression zu vermeiden.	Angestrebte Test-Coverage: 80%	klein
QRQ-S-03	1.0	Internationalisierung	Die Sprachelemente der Software (Labels, Titel, Texte) werden als Ressourcen definiert, was die spätere Erweiterung ermöglicht.	-	klein
QRQ-S-04	1.0	Usability	Schnelles Einlesen von grossen Dateien, Benutzerfeedback über ein Progressbar (Monitor).	Der Import einer Log-Datei von 100000 Zeilen dauert kürzer als 10 Sekunden. Dem Benutzer wird ein Monitor bereitgestellt.	mittel
QRQ -F-05	1.0	Korrektheit (angezeigten Werte)	Die berechneten und angezeigten Werte sind exakt.	berechnete und angezeigte Werte haben eine Genauigkeit auf mindestens einem Zehntel (0.1).	gross

⁷Personentage

6.5.2 Basisframework

Identifik.	Vers.	Titel	Beschreibung	Abnahmekriter.	Prio.
QRQ-F-01	1.0	Verbreitung	Die Software wird als Erweiterung für eine Entwicklungsumgebung bereitgestellt. Auch weil die Entwickler-Community auf diesen Plattformen am grössten ist, spielt die Verbreitung des verwendeten Frameworks eine grosse Rolle.	-	gross
QRQ-F-02	1.0	Plattform-unabhängig	Die Software soll auf den gängigsten Betriebssystemen Windows und Apple OSX laufen.	Das Framework läuft auf den Plattformen Windows und Mac OSX.	gross
QRQ-F-03	1.0	Lokalisation	Framework muss Unterstützung für Lokalisation bereitstellen.	Das Framework bietet Unterstützung für die Mehrsprachigkeit.	klein
QRQ-F-04	1.0	Modularisierung	Das Framework muss Unterstützung für Modularisierung bieten, damit die Software in unterschiedliche Komponenten aufgeteilt werden kann (siehe Erweiterbarkeit QRQ-S-01).	Framework bietet Unterstützung für Modularisierung.	mittel
FRQ-F-05	1.0	Offline Betriebsmodus	Der Anwender soll die Software auch im Offline-Modus ⁸ benutzen können.	Eigenständige Software, keine Web Applikation	gross
FRQ-F-06	1.0	Installation als Erweiterung	Die Software wird als Erweiterung in einer Entwicklungsumgebung installiert.	-	gross

Tabelle 6.19: Qualitätsanforderungen Basisframework

⁸Auf einem Computer der sich nicht am Netz befindet.

Kapitel 7

Auswahl Frameworks und Komponenten

7.1 Rich Client Frameworks

Grundsätzlich käme für die Entwicklung der Analyse-Software auch die Java GUI-Bibliothek Swing in Frage. Viele Anforderungen die im Zusammenhang mit Desktop-Applikationen entstehen (Deployment, Installation, Update, Modularisierung, Internationalisierung, etc.), müssen dann allerdings von neuem entwickelt werden. Es macht deshalb Sinn bei der Evaluation der Bibliothek nur Rich Client Frameworks zu berücksichtigen. Von denen kommen aufgrund der funktionalen Anforderung FRQ-F-05 (Offline Betriebsmodus) und FRQ-F-06 (Installation als Erweiterung) Eclipse RCP und Netbeans RCP in Frage. Während Eclipse RCP insbesondere als Entwicklungsumgebung ein weit verbreitetes Framework ist und die Entwicklung aktuell in zwei verschiedenen Versionen (3.x / 4.x) vorangetrieben wird, findet man Netbeans und deren Rich Client Plattform eher seltener. In der Folge werden die einzelnen Frameworks kurz beschrieben und dann anhand der Anforderungen verglichen.

7.1.1 Übersicht

Eclipse RCP

Bis zur Version 2.1 war Eclipse bekannt als eine Open Source Entwicklungsumgebung für Programmierer. Der Vorgänger hiess Visual Age vor Java und wurde von IBM entwickelt.

Auf die Version 3.0 wurde die Architektur von Eclipse relativ stark umgestellt und modularisiert. Nun handelt es sich um einen relativ kleinen Kern der Applikation, der die eigentliche Funktionalität der Applikation als Plugins lädt. Diese Funktionalität basiert auf Eclipse Equinox, einer Implementation der OSGi Spezifikation. Die grafischen Benutzeroberflächen sind in SWT implementiert. Eclipse ist für 14 verschiedene Systeme und Architekturen bereitgestellt

und gilt somit als plattformunabhängig [13].

Die Plattform kann nun auch als Framework zur Entwicklung von Desktop Applikationen oder Plugins für die Entwicklungsumgebung entwickeln verwendet werden. Bei eigenen Desktop-Anwendungen spricht man auch von Eclipse-RCP Anwendungen.

Netbeans RCP

Wie bei Eclipse RCP handelt es sich bei Netbeans RCP ebenfalls um ein Framework zur Entwicklung von Desktop Anwendungen. Dem Entwickler wird ein API für typische Anforderungen in diesem Bereich zur Verfügung gestellt. Der Kern der Netbeans Plattform besteht ebenfalls aus einem Modul-Loader und im Bereich der grafischen Benutzeroberfläche wird Swing verwendet.

7.1.2 Auswertung Rich Client Frameworks

Die erste und zweite Spalte zeigen die Anforderungen aus Abschnitt Basisframework mit der jeweiligen Gewichtung. Die weiteren Spalten zeigen die erreichte Punktzahl zusammen mit dem aus Punktzahl und Gewicht errechnete Produkt.

Anforderung	Nummer	Gewicht.	Eclipse 3.x	Eclipse 4.x	Netbeans 3.x
Verbreitung	(QRQ-F-01)	4	5 (20)	1 (4)	2 (8)
Unterstützung Plattformunabhängigkeit	(QRQ-F-02)	4	5 (20)	5 (20)	5 (20)
Unterstützung Lokalisation Support	(QRQ-F-03)	2	5 (10)	5 (10)	5 (10)
Unterstützung Modularisierung	(QRQ-F-04)	3	5 (15)	5 (15)	5 (15)
Total	-	-	65	49	53

Tabelle 7.1: Auswertung Rich Client Frameworks

Bewertung

Die Bewertung der einzelnen Anforderungen wurde geschätzt und wird mittels folgender Tabelle in eine Zahl umgewandelt:

Bewertung	sehr schlecht	schlecht	mittel	gross	sehr gross
Punktzahl	1	2	3	4	5

Tabelle 7.2: Schema Vergabe der Punkte

Gewichtung

Die Gewichtung wird aus der Priorität der einzelnen Anforderung sowie der nachfolgenden Tabelle in eine Zahl umgewandelt:

Priorität	sehr klein	klein	mittel	gross	sehr gross
Gewicht	1	2	3	4	5

Tabelle 7.3: Schema Gewichtung der Prioritäten

7.1.3 Entscheid

Ausschlaggebend für die Wahl der Rich Client Plattform ist die Verbreitung. Trotzdem dass die Technologie und die Architektur der drei Frameworks teilweise grosse Unterschiede aufweisen, unterscheiden sie sich im Funktionsumfang nur unwesentlich.

Kapitel 8

Konzept

8.1 Allgemein

8.1.1 Zweck

8.1.2 Ausgangslage

Als Rich Client Framework wird Eclipse 3.x¹ genommen. Siehe Abschnitt Auswahl Frameworks und Komponenten. In der Folge werden die für die Eclipse Plattform gebräuchlichen Begrifflichkeiten verwendet.

8.1.3 Lizenzierung der Software

Die Software wird lizenziert unter der Eclipse Public License² in der Version 1.0. Dies ist eine freie Software-Lizenz und gewährt das Recht zur freien Nutzung, Weiterverbreitung und Veränderung der Software. Die Benutzung einer Open-Source Lizenz hat insbesondere folgende Vorteile:

- An der Entwicklung von Open-Source Software können sich eine beliebige Anzahl an Entwicklern beteiligen. Der Entwicklungsaufwand kann skaliert werden.
- Jedermann kann Erweiterungen entwickeln oder Fehler beheben.

Bei der Wahl der Lizenz muss gleichzeitig in Betracht gezogen werden, dass die Lizenzen der verwendeten Bibliotheken ebenfalls eingehalten werden. Übersicht der verwendeten Bibliotheken:

Tabelle 8.1: Verwendete Bibliotheken und deren Lizenzen

Bibliothek	Beschreibung	Lizenz
------------	--------------	--------

¹die aktuelle Version ist 3.7 (stand: 31.8.2011)

²<http://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html>

Eclipse Framework	Framework zur Erstellung von Desktop-Anwendungen.	Eclipse Public License
JFreeChart	Wird für im Bereich des Reportings verwendet um Graphiken und Charts anzuzeigen.	Lesser General Public License ³

8.2 Eclipse Rich Client Framework

8.2.1 Speicherung des Zustands einer View

Die Speicherung des Zustands einer View kann implementiert werden, indem die Methode *saveState(memento:IMemento)* überschrieben wird. *IMemento* ist eine Eclipse-Klasse und gleichzeitig die Abstraktion eines Mementos. Memento ist ein Design Pattern und wurde durch die Gang of Four⁴ in [1, S. 283] zum ersten Mal definiert. Mementos dienen zur Serialisierung von Objekten und haben den Vorteil, dass auch Klassen aus einem Memento einer anderen Version deserialisiert werden können. Das Eclipse-Framework persistiert die Zustände von Views mittels eines XMLMemento entsprechend im XML-Format ab. Die Deserialisierung erreicht man mit dem Überschreiben der Methode *init(site:IViewSite, memento:IMemento)*.

8.3 Architektur

8.3.1 Problemstellung

Aufgrund der Anforderung QRQ-S-01 (Erweiterbarkeit) muss die Analyse-Software auch hinsichtlich anderer Log-Formate erweiterbar sein. Die Applikation wird also nicht zwingendermassen mit der Erweiterung für JRockit Log Dateien verwendet. Es könnte zu einem späteren Zeitpunkt sein, dass man damit Garbage Collection Logs der HotSpot Virtual Machine auswertet. Dies hat hinsichtlich Architektur einige Konsequenzen:

- Die Applikation soll in zwei Komponenten aufgeteilt werden:
 - Basissoftware
 - Erweiterung JRockit

Die Basissoftware kann unabhängig von den Erweiterungen installiert werden, für die Auswertung einer Log-Datei ist allerdings die entsprechende Erweiterung zu installieren. Eine Erweiterung kann ohne Basissoftware nicht gebraucht werden.

³<http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>

⁴Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides

- Die Architektur der Applikation muss es zulassen, dass zu einem späteren Zeitpunkt andere Log-Formate als zusätzliche Erweiterungen hinzugefügt werden.
- Die Basissoftware stellt Extension-Points⁵ bereit, über welche sich die Erweiterungen registrieren.

8.3.2 Übersicht

Die im Abschnitt Problemstellung beschriebenen Konsequenzen führen dazu, dass die Applikation - obwohl es momentan erst die Erweiterung für die JRokit Garbage Collection Logs gibt - in zwei verschiedene Features aufgeteilt wird. Die beschriebenen Anforderungen können grob folgendermassen zugewiesen werden:

- Basissoftware (Core Feature)
 - Update der Software
 - Garbage Collection Log importieren
 - Garbage Collection Log einlesen
 - Profil erstellen, speichern, exportieren, importieren
 - Hilfesystem
- JRokit Extension (JRokit Extension Feature)
 - Garbage Collection Log parsen
 - Standardauswertung: Heap, Dauer Garbage Collection
 - Benutzerdefinierte Auswertung (Administration der Charts)

8.3.3 Projektstruktur

Wie im Abschnitt Installation (FRQ-01) erläutert, besteht die Software aus zwei getrennten Features. Das Core-Feature ist die Basis und verantwortlich für den gesamten Import-Prozess (Import-Wizard, Leseprozess der Log-Datei, Anzeige der Menus, Profil-Verwaltung, etc.). Die JRokit Extension ist eine für die Garbage Collection Logs der JRokit geschriebene Erweiterung. Sie ist für das Parsing der Log-Dateien, die Aufbereitung der Daten und die Anzeige der Charts zuständig. Beinhaltet aber keine Core-Funktionalität.

⁵Ein Extension-Point ist ein Mechanismus der von Eclipse zur Verfügung gestellt wird, damit eine Komponente (Plugin) sich bei einer anderen registrieren kann.

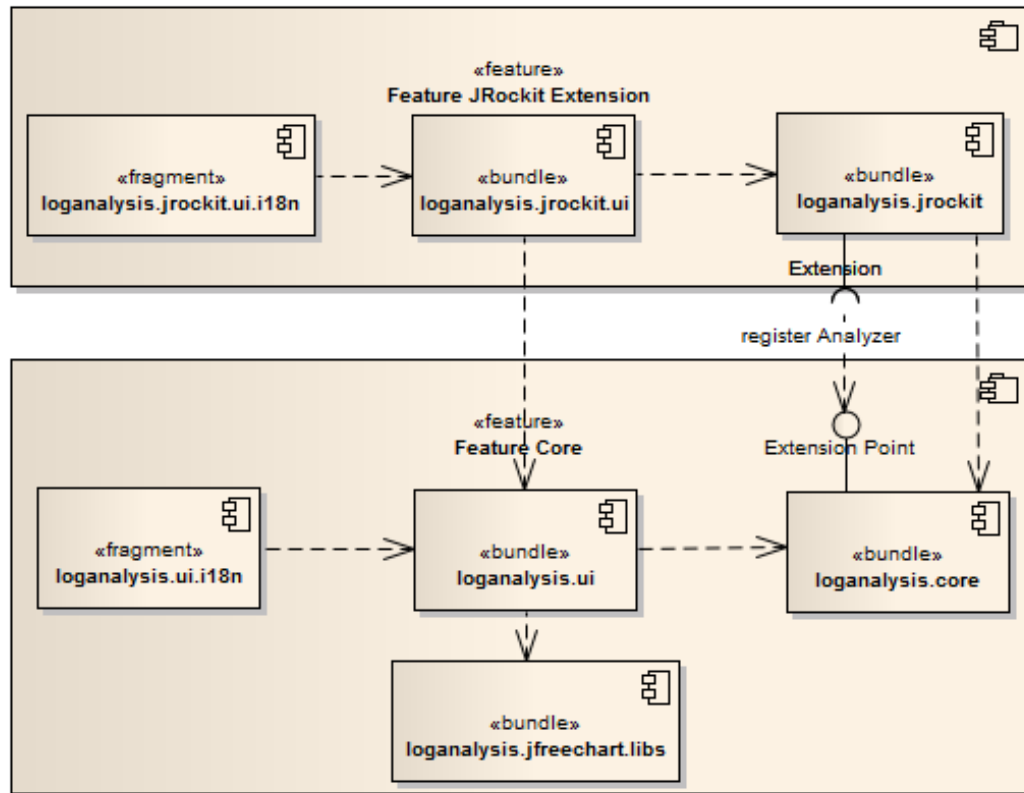


Abbildung 8.1: Architektur: Komponentendiagramm

Das Core Feature besteht aus dem Modul User Interface (“loganalysis.core.ui”) und einem von JFace und SWT⁶ unabhängigen Teil (“loganalysis.core”). Öffnet der Benutzer eine Garbage Collection Log Datei, wird diese durch das Core Feature eingelesen und an alle verfügbaren Extensions weitergeleitet. Die erste Extension welche den Inhalt der Datei versteht, öffnet seine dafür vorgesehenen Reports und Charts. Jede Extension hat ein basierend auf dem Log-Format eigenes Domänen-Modell.

Weitere Projekte

Einige Plugins wurden im vorherigen Abschnitt nicht erwähnt:

- Test-Projekte⁷.

– core.test

⁶ JFace und SWT wird in Eclipse als Library für den Presentation Layer verwendet

⁷ Der Test-Code befindet sich in eigenen Projekten. Siehe Abschnit 8.6.1 Testabdeckung (QRQ-S-02)

- `core.ui.test`
 - `jrockit.test`
 - `jrockit.ui.test`
- Features⁸
 - `loganalysis.feature`
 - `loganalysis.jrockit.feature`
- Thirdparty Bibliotheken⁹
 - `loganalysis.jfreechart.libs` (JFreeChart Library)
- Targetplattform¹⁰
 - `loganalysis.targetplatform` (beinhaltet die Target-Plattform)
- Update-Seite¹¹
 - `loganalysis.update-site` (definiert und generiert die Update-Seite)

8.3.4 Ablauf Garbage Collection Analyse

Als Abstraktion für eine Log-Datei wird die Klasse `IFileDescriptor` verwendet. Beim öffnen einer Analyse wird via den Context die Extension gesucht¹², welche den Inhalt¹³ der Datei versteht. Sobald die entsprechende Extension gefunden wurde, wird der Inhalt geparkt und das Domänenmodell instanziiert. Danach wird der Analyse-Editor mit dem entsprechenden Modellobjekt geöffnet. Der Editor ist ebenfalls sehr proprietär für jedes Log-Format und befindet sich in der jeweiligen Erweiterung (Beispiel `JRockitAnalysisEditor`).

⁸Feature-Projekte definieren im Eclipse-Umfeld ein in sich lauffähiges Software-Paket. Via einen Xml-Deskriptor werden die abhängigen Plugin-Projekte definiert und in das Feature gepackt.

⁹Thirdparty Bibliotheken werden ebenfalls in ein Plugin gepackt, da innerhalb der Eclipse-Runntime nur Plugins installiert werden können. Die "Plugin-Hülle" definiert die exportierten und importierten Pakete und die Abhängigkeiten.

¹⁰Die Targetplattform ist eine Konfiguration welche definiert, gegen welche Plattform die Anwendung entwickelt wird.

¹¹Die Konfiguration innerhalb eines Projekts zur Erstellung einer Update-Seite definiert die auf der Seite publizierten Features.

¹²Extensions registrieren sich via das `plugins.xml` an einem Extension-Point.

¹³Der Inhalt der Datei wird lazy via die Methode `getContent` und einem `ContentReader` geladen.

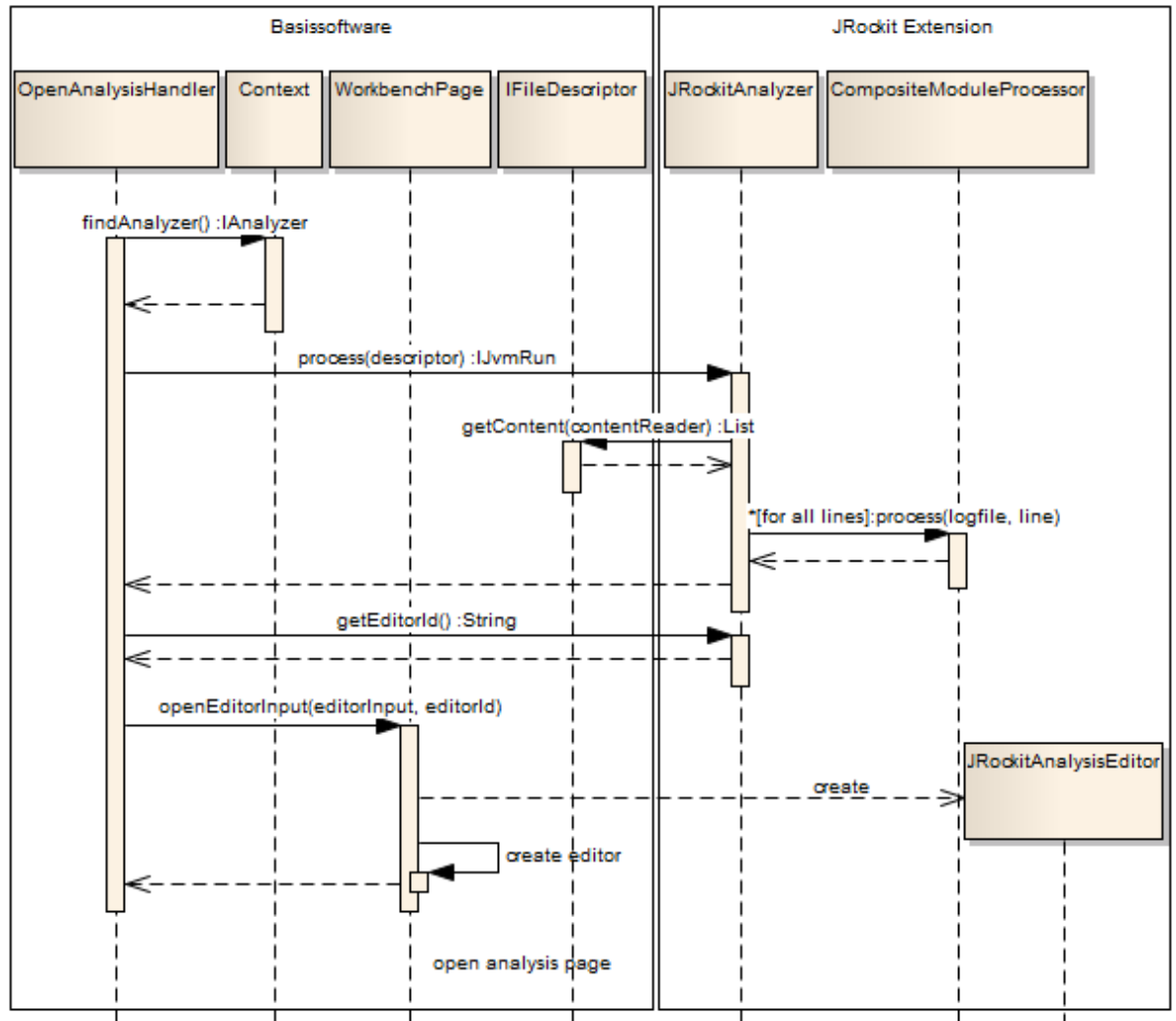


Abbildung 8.2: Sequenz-Diagramm Öffnen der Analyse

8.4 Basissoftware

8.4.1 Installation (FRQ-01)

Zur Installation der Software benötigt man die Eclipse-Entwicklungsumgebung in der Version 3.7. Darin integriert befindet sich ein Update-Manager, der Software-Komponenten von Lokal oder dem Netzwerk installieren kann. Auch Updates werden über diesen Mechanismus installiert. Die Analyse-Software wird via eine Update-Seite bereitgestellt. Der Software-Build durch das Continuous Integra-

tion System publiziert die Artefakte (Features, Plugins) auf einen via Internet zugänglichen Rechner, von welchem der Update-Manager die Software herunterlädt um anschliessend zu importieren. Update-Seiten im Eclipse-Umfeld bestehen aus Features (Eclipse Feature-Projekt). Features bestehen aus unterschiedlichen Plugins (Eclipse Plugin-Projekt). Eclipse¹⁴ ist in der Lage, Plugins zur Laufzeit zu installieren, starten, deinstallieren.

Die Update-Seite für diese Software wird folgendermassen aufgebaut:

- **Basissoftware:** Umfasst alle Plugins, die für die Basissoftware notwendig sind. Siehe Abschnitt Projektstruktur.
- **JRockit Erweiterung:** Umfasst alle Plugins zur JRockit Erweiterung und hat zugleich die **Abhängigkeit auf das Basissoftware-Feature**.

8.4.2 Update (FRQ-02)

Der Update eines Features auf der Update-Seite ist erkennbar durch eine Änderung der Major respektive Minor Version oder aber durch Änderung des an die Feature-Datei angehängten Zeitstempels¹⁵. Beim Starten der Software wird überprüft, ob ein sich auf dem Server befindendes Feature aktualisiert wurde. Der Benutzer kann diese im laufenden Betrieb der Applikation installieren. Danach ist allerdings ein Neustart der Applikation nötig.

8.4.3 Datei importieren (FRQ-03)

Der Import einer Log-Datei findet über einen Eclipse-Import-Wizard statt. Der Ablauf zum Import einer oder mehrerer Dateien ist folgendermassen:

1. Import-Wizard öffnen
2. Auswahl des Ordners
3. Selektion einer oder mehrerer Log-Dateien
4. Bestätigung der Eingaben
5. Anschliessend wird die Log-Datei als Instanz von `IFileDescriptor` in der Ansicht Log-Dateien angezeigt.

Importierte Dateien speichern

Der oben beschriebene Mechanismus wird verwendet, damit nach einem Neustart der Entwicklungsumgebung die importierten Log-Dateien nicht verloren gehen.

¹⁴in der Basis ist es Equinox, die Implementation des OSGi Standards

¹⁵Mittels der Versionsnummer `x.x.qualifier` erreicht man, dass der Zeitstempel an das Dateieinde gehängt wird.

8.4.4 Datei einlesen (FRQ-04)

Nach dem Import einer Datei befindet sich zumindest ein Objekt vom Typ *FileDescriptor* in der Log-Dateien Ansicht. Durch das Öffnen einer dieser Dateien wird der Inhalt der Datei zur weiteren Verarbeitung in eine Liste geladen. Die Daten sind allerdings noch immer unstrukturiert und werden erst beim Parsen in eine strukturierte Form gebracht.

Domänenmodell

IFileDescriptor wird für die Abstraktion der Garbage Collection Log Datei verwendet. Darin enthalten sind Metadaten wie Dateiname und Pfad sowie - wenn bereits geladen - der Inhalt der Datei. Die Abstraktion einer Garbage Collection Log Datei heisst *AbstractJvmRun* und wird erst von der jeweiligen Erweiterung realisiert.

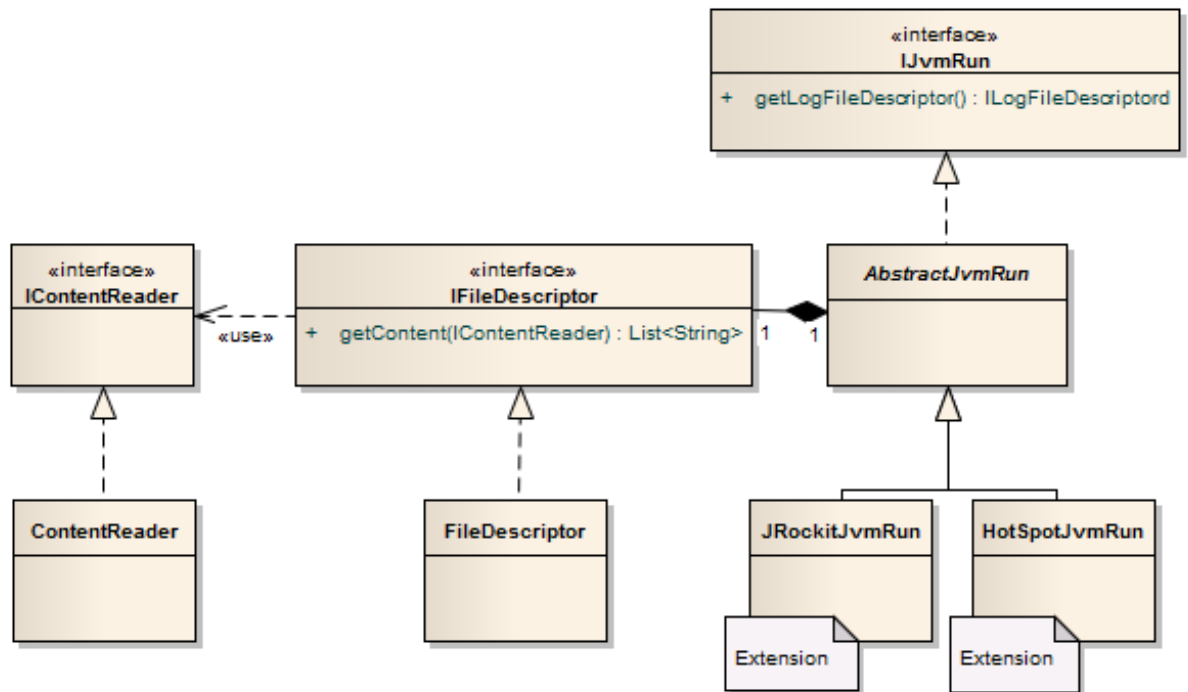


Abbildung 8.3: Domänenmodell: Top-Down Ansicht

8.4.5 Profil erstellen (FRQ-07)

Die Ansicht Profile zeigt die vom Benutzer erstellten Profile, initial mit dem Standard Profil. Die Beschreibung des Analysefensters wird durch Profile gemacht und es gibt zwei verschiedene Arten von Profilen:

- **Unveränderlich Profil:** Aktuell gibt es nur das Standard-Profil welches unveränderlich ist. Dieses Analysefenster kann der Benutzer nicht beeinflussen, es dient dem Zweck einer ersten kurzen Übersicht über den Inhalt der Daten.
- **Veränderlich Profil:** Ein veränderliches Profil wird zur Speicherung des vom Benutzer erstellten Analysefensters verwendet. Alle Änderungen die der Benutzer am Analysefenster macht (Chart hinzufügen, Chart konfigurieren), werden via ein Data-Binding (siehe Abschnitt ??) an das Profil propagiert. Durch das Speichern des Profils hat der Benutzer die Möglichkeit, die selbe Analyse auch zu einem späteren Zeitpunkt nochmals oder aber an einer anderen Log-Datei auszuführen.

Domänenmodell

IConfiguration die zur Gruppierung der Profile. Pro Extension wird eine Konfiguration mit einer unbestimmten Anzahl an Profilen gespeichert. Innerhalb eines Profils können unterschiedliche Diagramme (*IChart*) angelegt werden, welche wiederum durch Achsen (*IAxis*) und deren Daten. Die Abfrage der Daten findet über sogenannte *IValueProvider* statt. Diese definieren den Weg, wie die Daten für eine Achse aus dem Domänen-Modell gelesen werden.

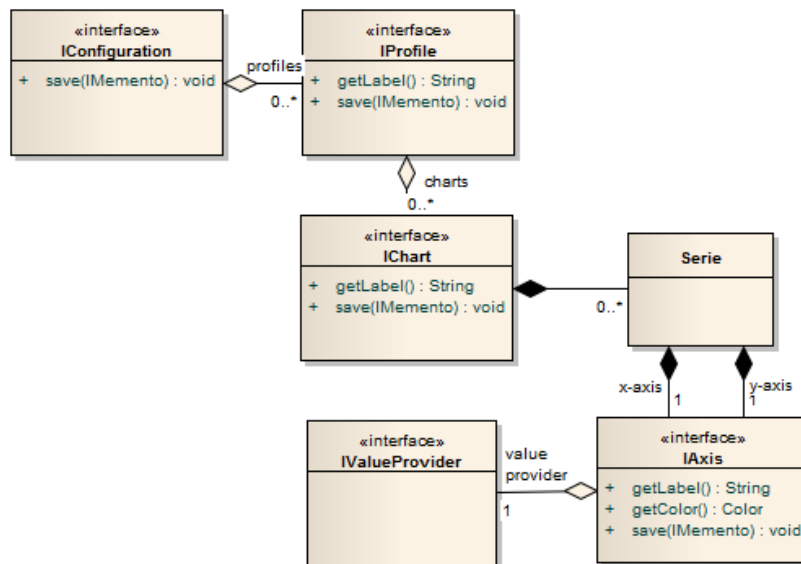


Abbildung 8.4: Domänenmodell: Profile

Charts definieren (FRQ-07.1)

Bei der Benutzung eines veränderlichen Profils hat der Benutzer die Möglichkeit, dem Analysefenster weitere Charts respektive Diagramme hinzuzufügen oder aber bereits existierende Diagramme zu manipulieren (weitere Serien hinzufügen, Serien entfernen, etc.). Die Manipulationen des Benutzers finden auf den Chart-Objekten statt und werden durch das Data-Binding und dessen registrierte Listener an das Diagramm propagiert, so dass dieses bei jeder Änderung aktualisiert wird. Die Administrationsoberfläche für einen Chart umfasst initial zwei Abschnitte:

- Serie erstellen, definieren und hinzufügen
- Serie löschen

Profil speichern (FRQ-07.2)

Mittels des Memento-(siehe Abschnitt Speicherung des Zustands einer View) und Visitor-Patterns[1, S. 331] wird das Profil in ein Memento serialisiert. Dieses Memento wird von der Eclipse-Umgebung beim Beenden einer Sitzung auf die Harddisk serialisiert und beim Starten wieder deserialisiert in die Objekte.

Profil exportieren, importieren (FRQ-07.3/4)

Die Analysesoftware stellt zum Sichern und Verteilen von Profilen einen Import- / Export-Mechanismus zur Verfügung. Beide sind über die Import- / Export-Wizards zugänglich oder können via rechter Mouseklick in der Ansicht Profile geöffnet werden. Der Profile-Export und -Import basiert wie das Speichern auf dem im Abschnitt Speicherung des Zustands einer View beschriebenen Memento-Pattern. Zur Serialisierung in eine Datei wird das XMLMemento verwendet.

Hilfesystem (FRQ-08)

Das Hilfesystem der Eclipse Entwicklungsumgebung ist als Client-Server-Lösung implementiert. Beim Start der Entwicklungsumgebung wird zusätzlich ein Jetty-Server gestartet, der die Hilfeseiten und Dienste wie die Suche und Indizierung bereitstellt. Die Hilfeseiten werden in zwei unterschiedliche Arten unterteilt:

- **Indexbasierte Hilfen:** Für die generellen Informationen und Hilfen werden verschiedene Hilfeseiten basierend auf einem Index bereitgestellt. Die Inhalte sind nicht an ein Fenster oder eine Aktion des Benutzers gebunden.
- **Kontextsensitive Hilfen:** Tipps die im Zusammenhang mit einer Aktion oder eines Fensters eines Benutzers stehen werden mit den Kontextsensitiven Hilfen implementiert. Bei diesen Hilfen besteht eine Verbindung zwischen Fenstern, Aktionen auf der einen Seite und den Hilfeseiten auf der Anderen.

8.5 JRockit Erweiterung

8.5.1 Allgemein

Domänenmodell JRockit Garbage Collection

Der Parse-Prozess wandelt die unstrukturierten Daten in ein strukturiertes Domänenmodell um. Dieses wurde wie folgt erarbeitet:

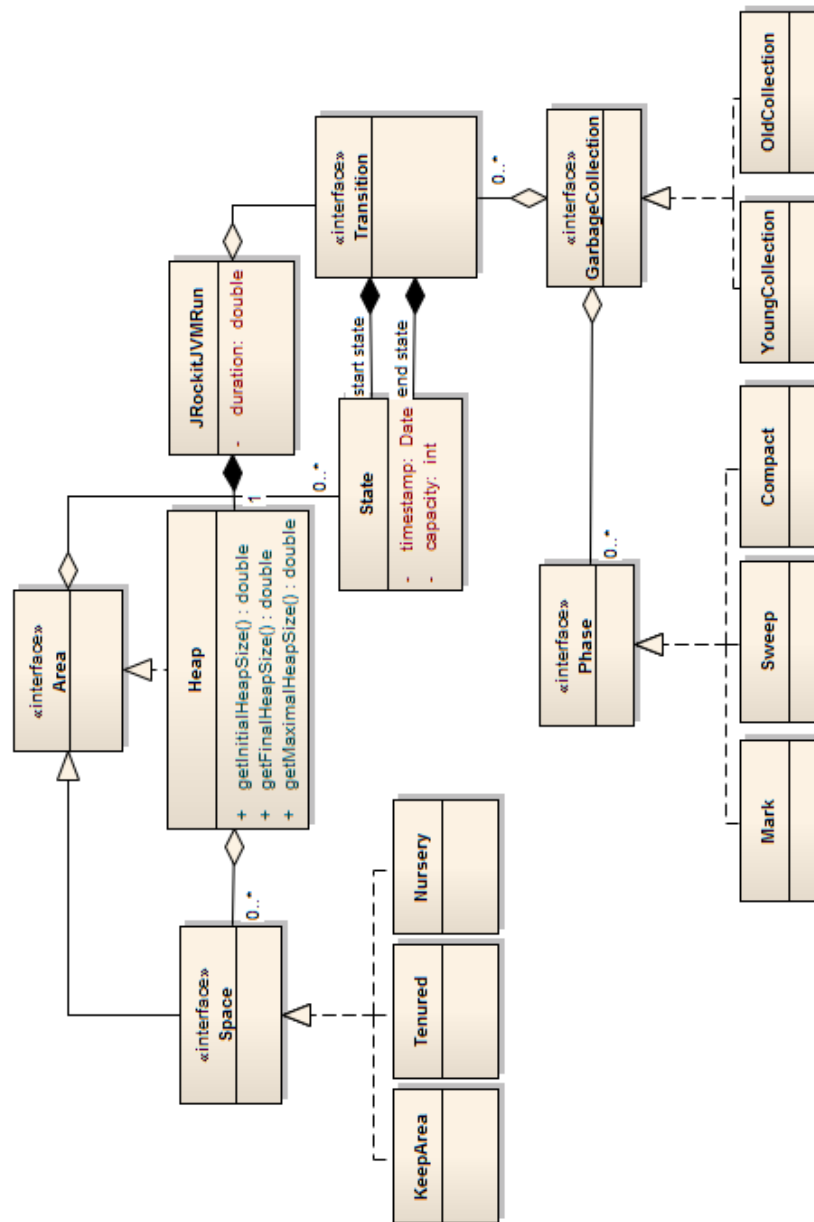


Abbildung 8.5: Domänenmodell: Garbage Collection (JRockit Implementation)

Die Daten der Log-Datei repräsentieren einen Lauf einer JVM (*JRockitJVM-Run*) bestehend aus einem Heap und den darin enthaltenen Bereichen Keep-Area, Nursery und Tenured Space. Jeder dieser Bereiche hat unterschiedliche Zustände in welchen die verschiedenen Messgrößen gemessen und gespeichert werden. Zustandsübergänge finden durch Transitionen respektive durch eine Garbage Collection statt, es kann sich dabei um Young oder Old Collections handeln. Das starten einer Transition wird durch einen Event ausgelöst (hier im Diagramm nicht ersichtlich), Events werden aufgrund von heuristischen Daten der Laufzeitumgebung geworfen - zum Beispiel wenn die Nursery oder die Old Collection an ihre Speichergrenze gelangen. Der Vollständigkeit halber sind im Diagramm zusätzlich noch die einzelnen Phasen der Garbage Collection definiert, die bei einer Garbage Collection durchlaufen werden. Je nach Algorithmus folgt die Sweep-Phase oder Kopaktierung auf eine Markierungs-Phase.

8.5.2 Garbage Collection Log Datei parsen (FRQ-05)

Die Garbage Collection Logs der JRockit Virtual Machine bestehen aus Einträgen unterschiedlicher Log Module. Genauer genommen können die Ausgaben betreffend Garbage Collection und Memory Allokation per Kommandozeile eingeschaltet werden (siehe Abschnitt 5.3.2 Log Module). Für die Garbage Collection Analyse sind nur ein Teil dieser Einträge interessant - es werden also niemals alle dieser Einträge von der Analyse-Software verstanden. Für die Analyse der Einträge ist der *JRockitAnalyzer* zuständig. Die Einträge werden durch einen Prozessor, der nach dem Chain-of-Responsibility Pattern[12] aufgebaut ist, prozessiert. Die wichtigsten Einträge des Garbage Collection Logs sind die des Memory Modules und werden vom *MemoryModuleProzessor* geparkt. Die gelesenen Daten werden interpretiert und innerhalb des Domänenmodells abgelegt. Das Chain-of-Responsibility Pattern ermöglicht es an dieser Stelle, neue Funktionalität in Form von neuen oder erweiterten Prozessoren zu definieren.

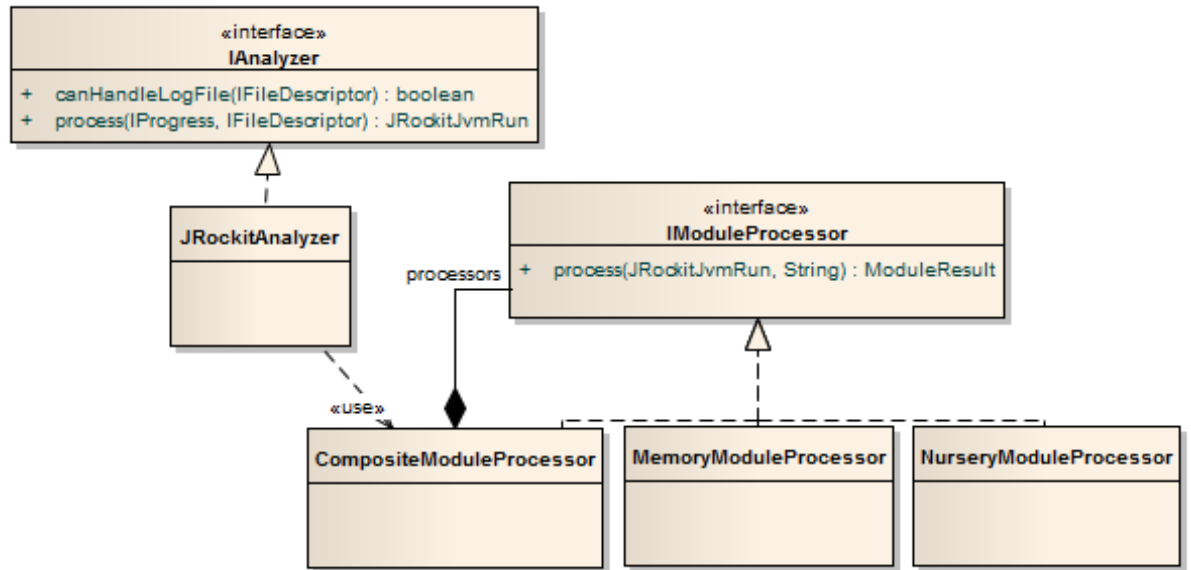


Abbildung 8.6: JRockit Analyseprozess

8.5.3 Standardauswertung anzeigen (FRQ-06)

Anzeige Übersicht Garbage Collection (FRQ-06.1)

Der initiale Tab der Analyseseite zeigt verschiedene zusammenfassende Daten des Garbage Collection Logs. Diese werden folgendermassen tabellarisch dargestellt:

- Heap Kapazität
 - Initiale Kapazität (Nursery, Tenured, Heap)
 - Maximale Kapazität (Heap)
 - Speicherbedarf Peak (Heap)
 - Kapazität Durchschnittlich (Heap)
 - Speicherbedarf Durchschnittlich (Heap)
- Garbage Collection Aktivität (Young und Old Collection)
 - Letzter Zyklus
 - Anzahl Zyklen
 - Durchschnittlicher Interval in Sekunden
 - Durchschnittliche Dauer in Sekunden
- Gesamtstatistik

- Dauer der Messung in Sekunden
- Anzahl Garbage Collection Zyklen
- Total Zeit der Garbage Collection
- Prozentuale Zeit der Garbage Collection
- Totale Zeit der Old Garbage Collection Zyklen
- Prozentuale Zeit der Old Garbage Collection Zyklen

Chart Anzeige Heap Benutzung (FRQ-06.2)

Die Heap-Analyse zeichnet den Verlauf des benutzten Speichers im Heap über die Zeit auf. Die einzelnen Garbage Collection Zyklen inklusive der Farbe als Kennzeichnung Young, Old Collection werden als Punkte im Chart markiert.

Chart Anzeige Dauer Garbage Collection (FRQ-06.3)

Die Dauer der einzelnen Garbage Collection Zyklen wird gegenüber der verstrichenen Laufzeit dargestellt. Die einzelnen Garbage Collection Zyklen inklusive der Farbe als Kennzeichnung Young, Old Collection werden werden als Punkte im Chart markiert.

8.6 Nichtfunktionale Anforderungen

8.6.1 Testabdeckung (QRQ-S-02)

In Nicht-Plugin-Projekten legt man den Test-Code in einem zusätzlichen Quelltext-Ordner an (Beispielsweise `src/main/java` und `src/main/test`). Damit ist der Zugriff auf `package-private`¹⁶ Felder und Methoden ebenfalls möglich, zusätzlich bleibt der Test-Code von der Implementation getrennt. Dieses vorgehen wird auch vom Build-Werkzeug Maven Tycho unterstützt. Wenn man das entsprechende Test-Plugin als Eclipse-Test-Plugin konfiguriert¹⁷, können die Tests auch während dem Build automatisiert durchgeführt werden.

Bei Eclipse-Plugin-Projekten erstellt man für den Test-Code ein separates Projekt. In das zu verteilende Softwarepaket (Feature) werden nur die Nicht-Test-Plugins getan. Der Zugriff vom Test-Projekt auf die Implementationen ist per se nicht möglich¹⁸, zu diesem Zweck wird das Test-Projekt als Fragment definiert.

¹⁶Felder und Methoden ohne Deklaration der Sichtbarkeit (`private`, `protected`, `public`) sind in Java implizit `package-private` - sie sind also für alle Subklassen und innerhalb des selben Ordners (Package) sichtbar.

¹⁷Dies kann innerhalb der Maven-Konfigurationsdatei `pom.xml` mit dem Element `packaging` gemacht werden.

¹⁸Jedes Plugin muss definieren, welche Packages für die anderen Plugins sichtbar sind.

8.6.2 Internationalisierung (QRQ-S-03))

Die Analysesoftware kann in den Sprachen Deutsch und Englisch gestartet werden. Die gewählte Sprache wird von der Entwicklungsumgebung übernommen¹⁹ und kann nicht via ein Menu geändert werden. Basierend auf der *Locale*-Klasse der Java Laufzeitumgebung können sprachabhängige Ressourcen geladen werden. Sprachabhängig sind folgende Bereiche:

- **Texte, Labels im Code:** Eclipse stellt zur Externalisierung von Strings einen Wizard zur Verfügung. Die Texte werden in Properties-Dateien extrahiert und beim Starten der Applikation geladen.
- **Texte, Labels in Deskriptoren:** Die sich in den Eclipse-Deskriptoren (plugin.xml und Manifest.MF) befindenden sprachabhängigen Texte wie Organisation, Plugin-Name und -Beschreibung werden ebenfalls in Properties-Dateien extrahiert. Der Ort und Name dieser Dateien ist per Konvention `\${plugin}\OSGI-INF\I10n\bundle-${lang}.properties`. Der Inhalt wird vom Eclipse-Framework geladen.
- **Hilfesystem:** Eclipse startet zur Anzeige des auf HTML basierenden Hilfesystems einen Webserver. Die Hilfeseiten können ebenfalls in unterschiedlichen Sprachen definiert werden und werden auf der Basis der gewählten Locale angezeigt.

8.6.3 Usability (QRQ-S-04))

Einige der Funktionalitäten der Analysesoftware haben lange dauernde Operationen wie das einlesen und parsen der Log Dateien zur Folge. Operationen dieser Art werden mittels des Eclipse *IProgressService* gestartet. Dies hat für die Applikation und den Benutzer folgende Vorteile:

- **Nebenläufigkeit:** Die Applikation startet die Arbeit in einem eigenen nicht-UI Thread²⁰, sodass es nicht zu Nebeneffekten wie einem eingefrorenen Bildschirm kommt. Der Benutzer kann die Fortschrittsanzeige minimieren und mit der Applikation weiter arbeiten.
- **Fortschrittsanzeige:** Die Applikation teilt dem Benutzer über eine Anzeige mit, bei welcher Position sich der Prozess befindet und wie viel Arbeit prozentual bereits gemacht wurde.
- **Unterbrechbarkeit:** Der Prozess erkundigt sich periodisch bei der Monitoring-Komponente ob er durch den Benutzer abgebrochen wurde. Sobald dies der Fall wäre, würde er die Arbeit beenden und das bereits Erledigte aufräumen.

¹⁹Die Entwicklungsumgebung übernimmt die Sprache der Java Laufzeitumgebung: Voreinstellung oder Auswahl über Kommandozeile (-nl de).

²⁰Einem Thread der nicht für das Zeichnen des Benutzerinterfaces verwendet wird.

8.6.4 Korrektheit (QRQ-S-05))

8.7 Infrastruktur

8.7.1 Build-Automation

Die Automatisierung des Software-Builds ist hinsichtlich der Integration in ein Continuous Integration System Voraussetzung. Es hat zusätzlich aber andere Vorteile:

- Tasks wie das Kompilieren, die Paketierung und das Deployment der Software müssen nicht mehr manuell gemacht werden.
- Zur Verhinderung von Regression und entsprechend zur Gewährleistung der Qualität können vor jedem Release automatisch die Tests durchgeführt werden.

Als Werkzeug zum automatisierten Build der Software wird Maven Tycho²¹ verwendet. Um Tycho führt mittlerweile kein Weg drum herum, es hat im Vergleich zum PDE Build einige Vorteile:

- Maven Builds lassen sich ohne grossen Aufwand in Continuous Integration Systeme integrieren.
- Maven hat eine gute Integration in alle gängigen Entwicklungsumgebungen²² und ist sehr verbreitet

8.7.2 Continuous Integration

Als Continuous Integration Server wird Jenkins²³ verwendet. Jenkins bringt nebst seiner Benutzerfreundlichkeit als Build Server einige zum Projekt nötigen Voraussetzungen mit:

- Jenkins ist für alle denkbaren Betriebssysteme vorhanden.
- Jenkins ist kompatibel mit allen gängigen Systemen zur Versionskontrolle: Git, Subversion, CVS, etc.
- Maven-Projekte lassen sich ohne grossen Aufwand als Build-Projekte konfigurieren.

²¹Im Bereich der Eclipse Rich Client Entwicklung kann entweder PDE Build, ein auf Apache Ant basiertes Build-System für Eclipse RCP Applikationen[11] oder die Maven-Integration Tycho (<http://tycho.sonatype.org>) verwendet werden.

²²Projekt-Dateien müssen nicht mehr in die Versionskontrolle eingecheckt werden.

²³<http://jenkins-ci.org> - Jenkins ist der ehemalige Hudson CI Server, welcher nach dem Kauf von Sun durch Oracle als Branch entstanden ist.

8.7.3 Versionskontrolle

Zur Versionskontrolle kommen mehrere Werkzeuge in Frage. Git²⁴ ist ein verteiltes Sourcecode Management System und ist konzeptionell und hinsichtlich Benutzerfreundlichkeit besser als Subversion und CVS²⁵. Auf der Plattform Github²⁶ kann man öffentliche Projekte gratis “hosten”.

8.7.4 Issue Tracker

Als Issue Tracker wird Jira verwendet. Es handelt sich dabei um eine kostenpflichtige aber relativ günstige Software für das Issue-Tracking.

²⁴<http://git-scm.com>

²⁵Git kann offline verwendet werden, das Verschieben von Verzeichnissen führt nicht zu Problemen, etc.

²⁶<http://github.com>

Kapitel 9

Implementation

Obwohl die Implementation der Software im Rahmen der Bachelorthesis nur einen untergeordneten Stellenwert hat, konnte das erarbeitete Konzept in allen Punkten - zumindest im Sinne eines Proof of Concept - umgesetzt werden. Einige davon mussten auch bereits in der Konzeptphase auf am Prototypen überprüft werden.

Der Proof of Concept beinhaltet folgende Punkte¹:

9.1 Funktionale Anforderungen

9.1.1 Installation (FRQ-01) und Update (FRQ-02)

Installation und Update der beiden Features Core und JRockit Extension können über die Update-Seite gemacht werden. Beide Funktionalitäten sind Bestandteil des Eclipse-Frameworks und werden via ein Update-Site-Plugin und die beiden Feature-Plugins bereitgestellt.

9.1.2 Datei importieren (FRQ-03)

Die Dateien werden in eine eigens dafür registrierte View importiert. Das Speichern und Wiederherstellen des Zustands dieser View findet über das von Eclipse implementierte Memento-Pattern (siehe Abschnitt Speicherung des Zustands einer View) statt.

9.1.3 Datei einlesen (FRQ-04)

Die eingelesene Datei wird in Form des im Konzept beschriebenen Domänenmodells ins Memory geladen.

¹Kann auch im Abschnitt Bedienungsanleitung oder an der laufenden Software überprüft werden.

9.1.4 Garbage Collection Log Datei parsen (FRQ-05)

Die Log-Ausgaben des Memory-Moduls (Debug-Level: info) werden mittels Regulären Ausdrücken geparkt in strukturierter Form gespeichert. Strukturiert meint eine objektorientierte Form der Daten (siehe Abschnitt Domänenmodell JRokit Garbage Collection).

9.1.5 Standardauswertung anzeigen (FRQ-06)

Für die importierten Dateien besteht die Möglichkeit, sie in der Standardauswertung darzustellen. Die Standardauswertung zeigt die im Konzept definierten Tabs (siehe Abschnitt Anzeige Übersicht Garbage Collection (FRQ-06.1) auf Seite 68).

9.1.6 Profil erstellen (FRQ-07)

Profile können durch den Benutzer erstellt und an seine Bedürfnisse angepasst werden. Das Anpassen beinhaltet die Definition von eigenen Charts und deren Datenserien. Das Speichern, Exportieren und Importieren wird über das von Eclipse implementierte Memento-Pattern (siehe Abschnitt Speicherung des Zustands einer View) gemacht.

9.1.7 Hilfesystem (FRQ-08)

Es wurde die Basis für die kontextsensitive und indexbasierte Hilfe gelegt. Einige wenige Seiten sind bereits vorhanden und warten darauf erweitert zu werden. Es wurde je eine Hilfe im Core-Feature und in der JRokit Extension angelegt. Die Verbindung der beiden Hilfesysteme wird mittels Content Extensions, einer Eclipse Funktionalität, gemacht. Sie ermöglicht das Einfügen von Inhalt an Ankern eines anderen Plugins.

Kapitel 10

Review und Ausblick

10.1 Was leistet das Tool?

10.2 Was leistet das Tool (noch) nicht?

Glossar

Wort	Beschreibung	Herkunft
Continuous Integration		
Bundle (Eclipse)	siehe Plugin	siehe Plugin
Category (Eclipse)	Auf einer Eclipse Update-Seite werden Features zur Verfügung gestellt. Diese können logisch noch einmal in Kategorien unterteilt werden.	Eclipse
Feature (Eclipse)	Als Feature verpackt man im Eclipse-Umfeld eine logische Einheit an Funktionalität.	Eclipse
Fragment	Manchmal macht es im Eclipse-Umfeld Sinn, gewisse Teile der Applikation optional zu definieren. In diesem Fall verwendet man Fragmente. Sie erlauben die Erweiterung eines bestehenden Bundles (Host-Bundle) und haben Zugriff auf alle auch nicht exportierten Pakete. Test-Projekte werden oft auch als Fragmente definiert, da ihnen der volle Zugriff auf das Host-Bundle gewährleistet wird.	Eclipse
Garbage Collection		
Garbage Collection Algorithmus, Strategie		
Plugin (Eclipse)	Ein Plugin ist eine technische Trennung von gewissen logischen Softwareteilen. Dabei definiert man die Schnittstelle zu anderen Plugins mittels einer Manifest.mf respektive einer plugin.xml Datei. Diese definiert die Abhängigkeiten (Import, Required Bundles inklusive den jeweiligen Versionen), die Exportierten Klassen und die Extension Points	Eclipse

Update Site	Eine Update Site ist eine per Eclipse-Konvention aufgebaute Webseite die via das Http-Protokoll zugänglich ist und Software-Features enthält.	Eclipse
Virtual Machine (JRockit, HotSpot)		

Tabelle 10.1: Glossar

Abkürzungen

Abkürzung	Begriff	Beschreibung
GC	Garbage Collection	
GUI	Graphical User Interface	
I/O	Input / Output	
Lap	Log Analysis Profile	
RCP	Rich Client Plattform	
Unit under Test	Unit under Test	Von Unit under Test spricht man bei der zu testenden Klasse.
UI	User Interface	siehe GUI

Tabelle 10.2: Glossar

Literaturverzeichnis

- [1] E. Gamma. Design patterns: elements of reusable object-oriented software. Addison-Wesley professional computing series. Addison-Wesley, 1995.
- [2] M. Lagergren, M. und Hirt. Oracle Jrookit: The Definitive Guide. Packt Publishing, Limited, 2010.
- [3] K. Langer, A. und Kreft. Generational garbage collection. Java Magazin, 3:26–30, 2010.
- [4] K. Langer, A. und Kreft. Mark-and-compact. Java Magazin, 7:20–24, 2010.
- [5] K. Langer, A. und Kreft. Young generation garbage collection. Java Magazin, 5:24–30, 2010.
- [6] Sun Microsystems. Memory management in the hotspot virtual machine. http://java.sun.com/j2se/reference/whitepapers/memorymanagement_whitepaper.pdf, 2006.
- [7] Oracle. Oracle jrookit command-line reference. http://download.oracle.com/docs/cd/E15289_01/doc.40/e15062.pdf, 2011.
- [8] Kirk Pepperdine. Concurrent and performance reloaded. <http://www.jfokus.se/jfokus/page.jsp?id=recordings#page=page-1>, 2011.
- [9] C. Pohl, K. und Rupp. Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum Certified Professional for Requirements Engineering– Foundation Level. Dpunkt.Verlag GmbH, 2010.
- [10] A. Hummel und M. Beer. Java performance analysis. http://blog.trivadis.com/cfs-file.ashx/_key/communityserver-blogs-components-weblogfiles/00-00-00-00-80-slides/7343.Trivadis_5F00_JavaLounge_5F00_JavaPerformanceAnalysis.pdf, 2011.
- [11] D. Vogel, L. und Zapf. Eclipse pde build - tutorial. <http://www.vogella.de/articles/EclipsePDEBuild/article.html#overview>, 2008.

- [12] Wikipedia. Chain-of-responsibility pattern — wikipedia, the free encyclopedia, 2011. [Online; accessed 11-September-2011].
- [13] Wikipedia. Eclipse (ide) — wikipedia, die freie enzyklopädie. [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Eclipse_\(IDE\)&oldid=92563983](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Eclipse_(IDE)&oldid=92563983), 2011. [Online; Stand 29. August 2011].

Listings

5.1	Format Aktivierung Log Modul	27
5.2	Garbage Collection Log (Info)	28
5.3	Garbage Collection Log (Info) - Umleitung in gc.log	28
5.4	Garbage Collection Log (Debug) - Umleitung in gc.log	28
5.5	Garbage Collection Log (Debug) - Umleitung in gc.log	29
B.1	Checkout Quelltext Repository	96

Abbildungsverzeichnis

3.1	Suche nach dem Dominating Consumer	14
6.1	System und Systemkontext	32
6.2	Übersicht der Stakeholder	33
6.3	Systemfunktionalität als Use-Case-Diagramm	36
8.1	Architektur: Komponentendiagramm	58
8.2	Sequenz-Diagramm Öffnen der Analyse	60
8.3	Domänenmodell: Top-Down Ansicht	62
8.4	Domänenmodell: Profile	63
8.5	Domänenmodell: Garbage Collection (JRockit Implementation)	66
8.6	JRockit Analyseprozess	68
A.1	Installation Garbage Collection Log Analyse	85
A.2	Update Garbage Collection Log Analyse	86
A.3	Dashboard	87
A.4	Import Wizard	88
A.5	Profil erstellen	89
A.6	Profil exportieren	90
A.7	Profil importieren	91
A.8	Standardauswertung: Zusammenfassung	92
A.9	Standardauswertung: Heap Analyse	93
A.10	Standardauswertung: Dauer Garbage Collection	94
A.11	Standardauswertung: Zusammenfassung	95

Tabellenverzeichnis

5.1	Übersicht der Garbage Collection Algorithmen	26
5.2	Übersicht der Garbage Collection Modi	27
5.3	Beschreibung der verschiedenen relevanten Log Modulen	30
6.1	Use-Case: Software installieren	37
6.2	Use-Case: Software updaten	38
6.3	Use-Case: Garbage Collection Log Datei importieren	39
6.4	Use-Case: Zustand Ansicht Log-Dateien speichern.	40
6.5	Use-Case: Garbage Collection Log Datei einlesen	40
6.6	Use-Case: Garbage Collection Log Datei importieren	41
6.7	Use-Case: Standardauswertung anzeigen	42
6.8	Use-Case: Anzeige Statistik Übersicht	42
6.9	Use-Case: Anzeige Heap Benutzung	43
6.10	Use-Case: Anzeige Dauer Garbage Collection	43
6.11	Use-Case: Profil (benutzerdefinierte Auswertung) erstellen	44
6.12	Use-Case: Chart definieren	44
6.13	Use-Case: Profil speichern, löschen	44
6.14	Use-Case: Auswertungsprofil exportieren	45
6.15	Use-Case: Auswertungsprofil importieren	45
6.16	Use-Case: Hilfesystem	46
6.17	Funktionale Anforderungen	49
6.19	Qualitätsanforderungen Basisframework	51
7.1	Auswertung Rich Client Frameworks	53
7.2	Schema Vergabe der Punkte	53
7.3	Schema Gewichtung der Prioritäten	54
8.1	Verwendete Bibliotheken und deren Lizenzen	55
10.1	Glossar	77
10.2	Glossar	78
B.1	Inhalt Datenträger	96

Teil III

Anhang

Anhang A

Bedienungsanleitung

A.1 Installation der Software

Eclipse Installationsdialog öffnen: Menu Help / Install New Software

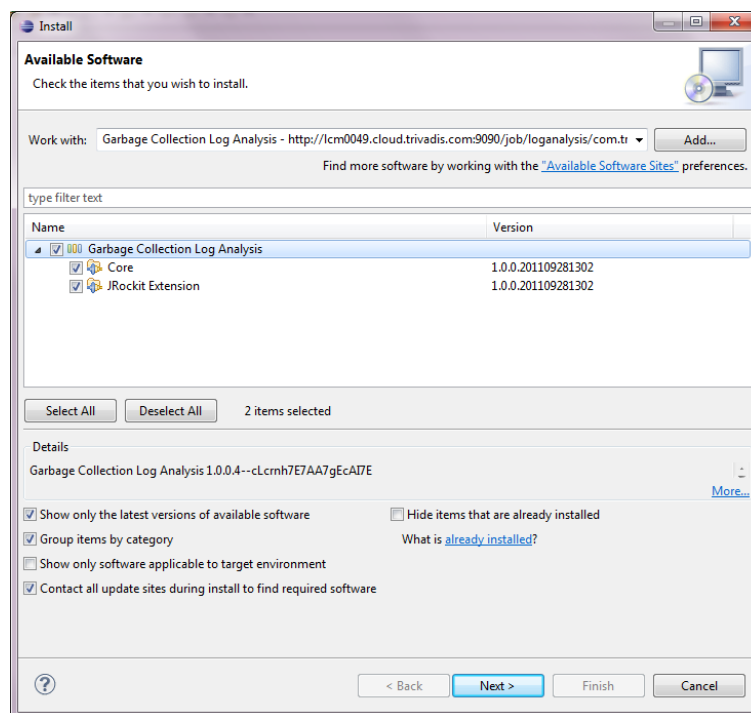


Abbildung A.1: Installation Garbage Collection Log Analyse

Unter Angabe der Software Update-Seite beide Features auswählen und mit

zweimaligem Klick auf Next und Bestätigen der Lizenzbestimmungen installieren. Anschliessend muss die Entwicklungsumgebung neu gestartet werden.

A.2 Update

Sobald ein Update der Software via Update-Seite verfügbar ist, kann via Help / Check for Updates das Update-Fenster geöffnet werden. Die neuen updates können hier heruntergeladen und installiert werden.

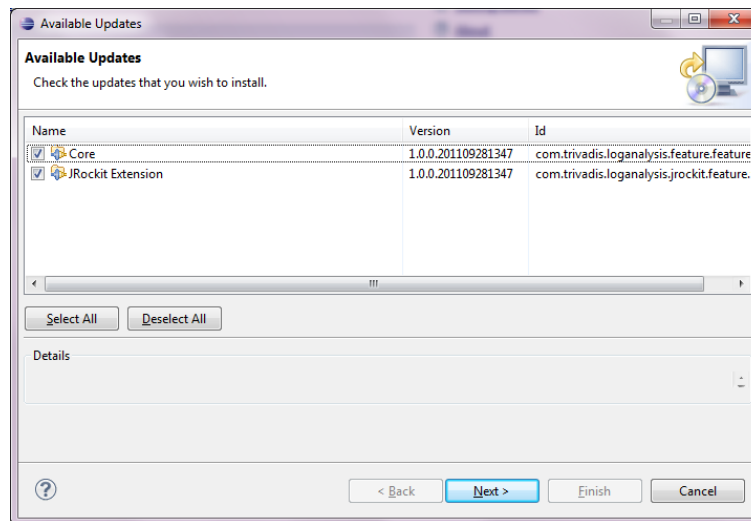


Abbildung A.2: Update Garbage Collection Log Analyse

A.3 Dashboard

Sobald die Software installiert ist, kann über die Toolbar und über den Knopf GC Log Analysis Dashboard das Dashboard geöffnet werden.

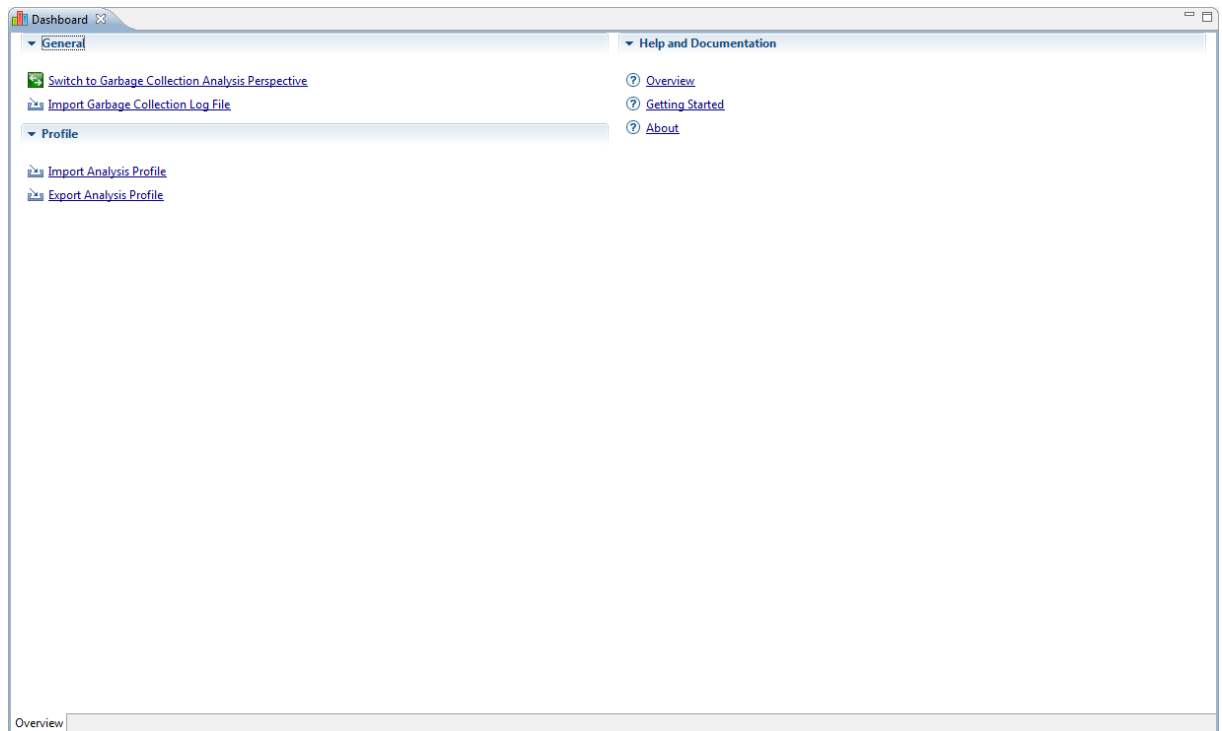


Abbildung A.3: Dashboard

Auf dem Dashboard befinden sich verschiedene Sektionen mit unterschiedlichen Funktionen:

- Sektion General
 - Wechsel in die Garbage Collection Perspektive
 - Import einer Garbage Collection Log Datei
- Sektion Profile
 - Import eines Analyseprofils
 - Export eines Analyseprofils
- Sektion Help and Documentation
 - Beinhaltet Links auf verschiedene Inhalte der Hilfe

A.4 Import einer Garbage Collection Log Datei

Der Import-Dialog kann auf verschiedene Arten geöffnet werden:

- Über die View Log Dateien mit Rechtsklick / Import Garbage Collection Log File.
- Über File / Import / Import Garbage Collection File (Kategorie: Garbage Collection)
- Im Dashboard über Import Garbage Collection Log File

Über den Browse Button muss der Ordner angegeben werden, der die Log-Dateien beinhaltet, anschliessend kann die Log-Datei im darunterliegenden Fenster selektiert werden. Mit Klick auf Finish wird die Datei importiert.

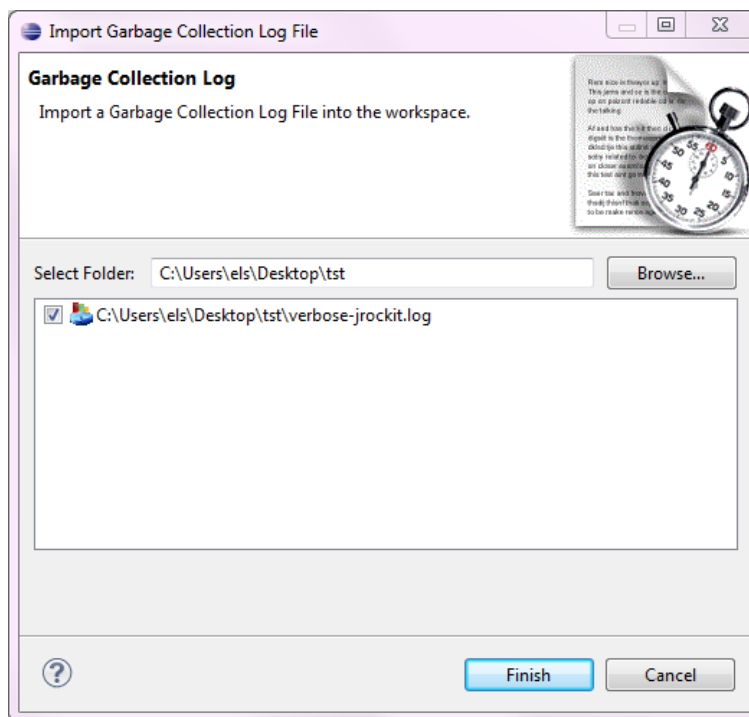


Abbildung A.4: Import Wizard

A.5 Profile

Zur Verwaltung der verschiedenen Analyseprofile gibt es die View Profiles. In ihr können Profile erstellt, exportiert und importiert werden. Wenn eine Log-Datei mit einem bestimmten Analyseprofil geöffnet werden soll, muss das entsprechende Profil darüber aktiviert / selektiert werden.

A.5.1 Profil erstellen

Mit Rechtsklick auf die Profiles View / Create Profile oder File / New / Other... / Analysis Profile (Kategorie Garbage Collection) kann der Dialog zum erstellen eines neuen Profils geöffnet werden.

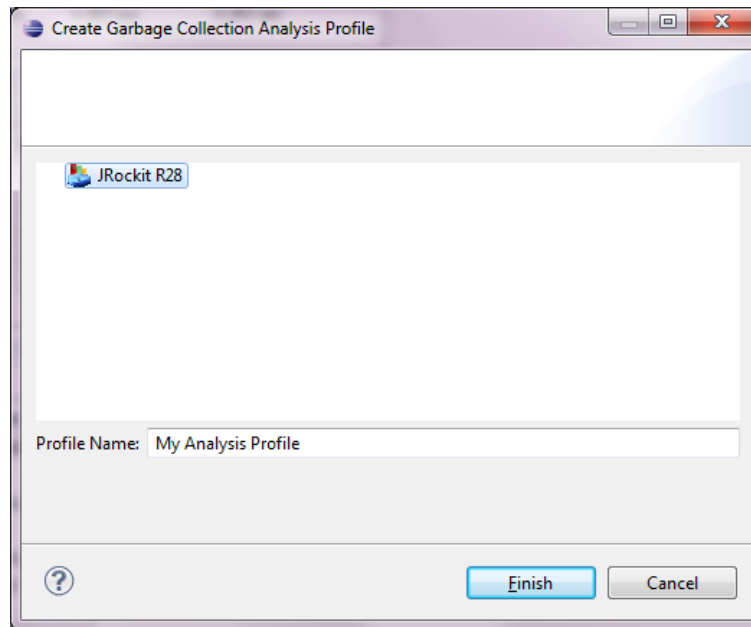


Abbildung A.5: Profil erstellen

Mit der Bedingung, dass ein Log-Format selektiert wurde (im Beispiel JRockit R28) und ein Namen vergeben wurde, wird ein neues Profil in der Profiles View erstellt.

A.5.2 Profil exportieren

Mit Rechtsklick auf die Profiles View / Export Profile können die Profile in eine Lap¹-Datei exportiert werden.

¹Lap steht für Log Analysis Profile

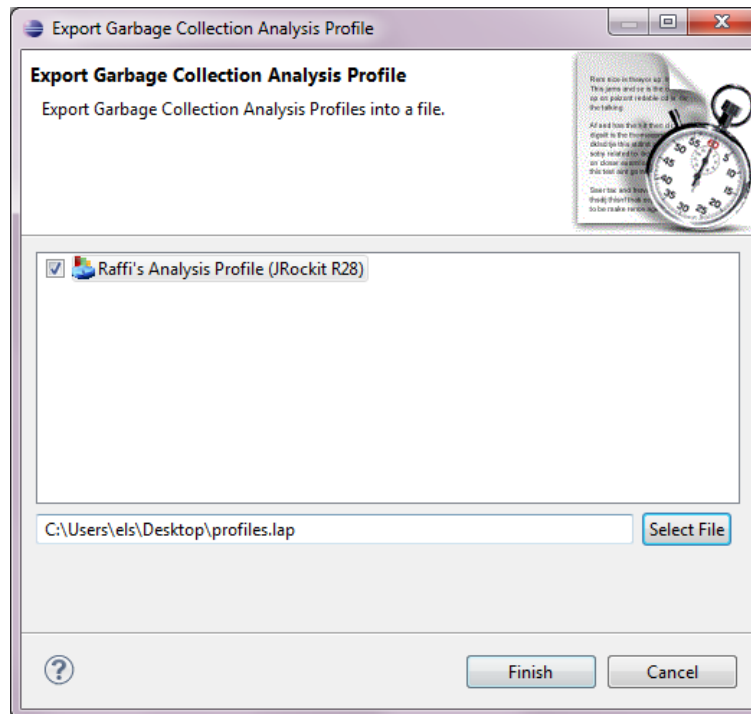


Abbildung A.6: Profil exportieren

A.5.3 Profil importieren

Mit Rechtsklick auf die Profiles View / Import Profile können die Profile aus einer Lap-Datei importiert werden.

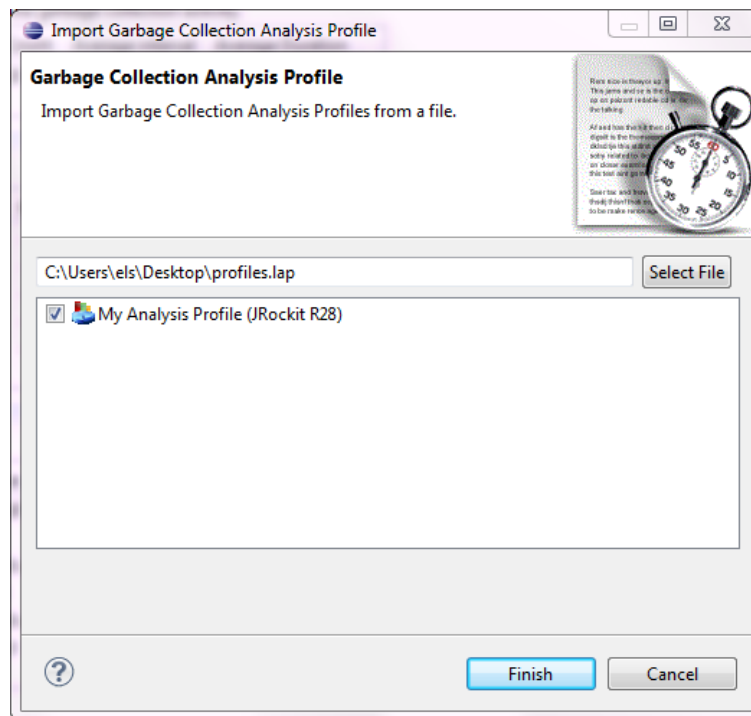


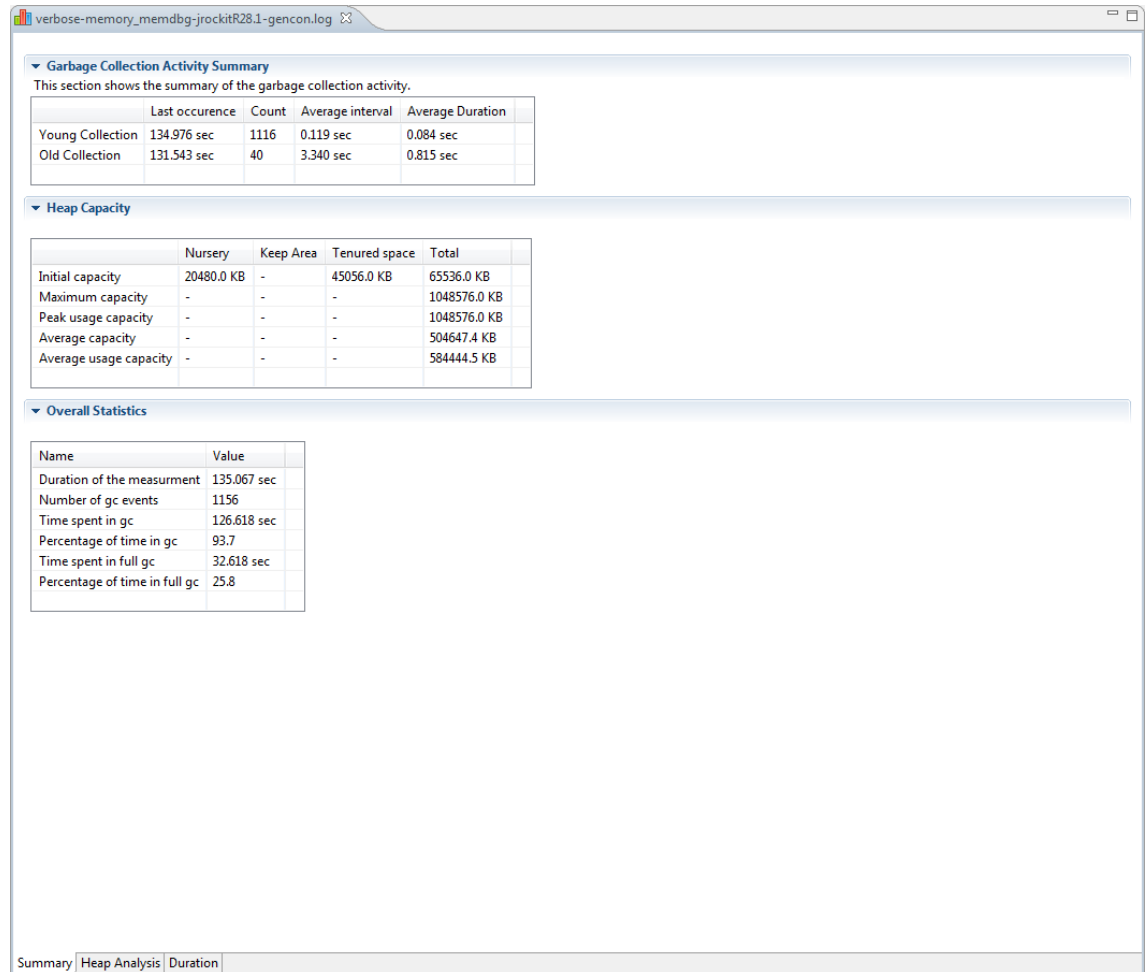
Abbildung A.7: Profil importieren

A.6 Garbage Collection Analyse

A.6.1 Standardauswertung

Sofern in der Profiles Ansicht kein Profil oder das Standard Profil selektiert ist, wird mit Doppelklick auf die importierte Log Datei in der Log Files Ansicht die Standardauswertung geöffnet. Die Standardauswertung besteht aus drei unterschiedlichen Tabs. Der erste Tab zeigt eine Zusammenfassung der Garbage Collection, der zweite Tab den Verlauf des benötigten Speichers auf dem Heap, und der dritte Tab die Dauer der einzelnen Garbage Collection Zyklen.

Zusammenfassung



Garbage Collection Activity Summary
This section shows the summary of the garbage collection activity.

	Last occurrence	Count	Average interval	Average Duration
Young Collection	134.976 sec	1116	0.119 sec	0.084 sec
Old Collection	131.543 sec	40	3.340 sec	0.815 sec

Heap Capacity

	Nursery	Keep Area	Tenured space	Total
Initial capacity	20480.0 KB	-	45056.0 KB	65536.0 KB
Maximum capacity	-	-	-	1048576.0 KB
Peak usage capacity	-	-	-	1048576.0 KB
Average capacity	-	-	-	504647.4 KB
Average usage capacity	-	-	-	584444.5 KB

Overall Statistics

Name	Value
Duration of the measurment	135.067 sec
Number of gc events	1156
Time spent in gc	126.618 sec
Percentage of time in gc	93.7
Time spent in full gc	32.618 sec
Percentage of time in full gc	25.8

Summary | Heap Analysis | Duration

Abbildung A.8: Standardauswertung: Zusammenfassung

Heap Analyse

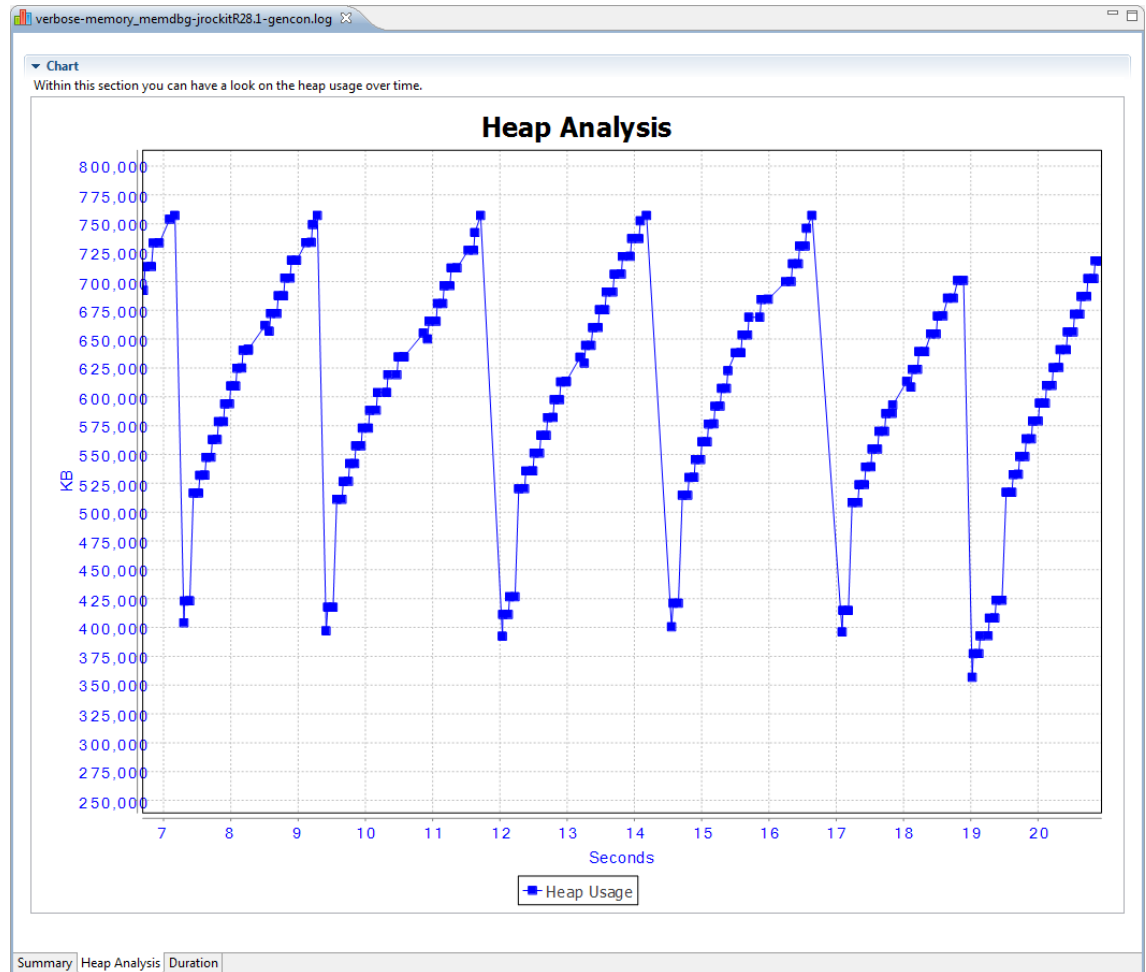


Abbildung A.9: Standardauswertung: Heap Analyse

Dauer Garbage Collection

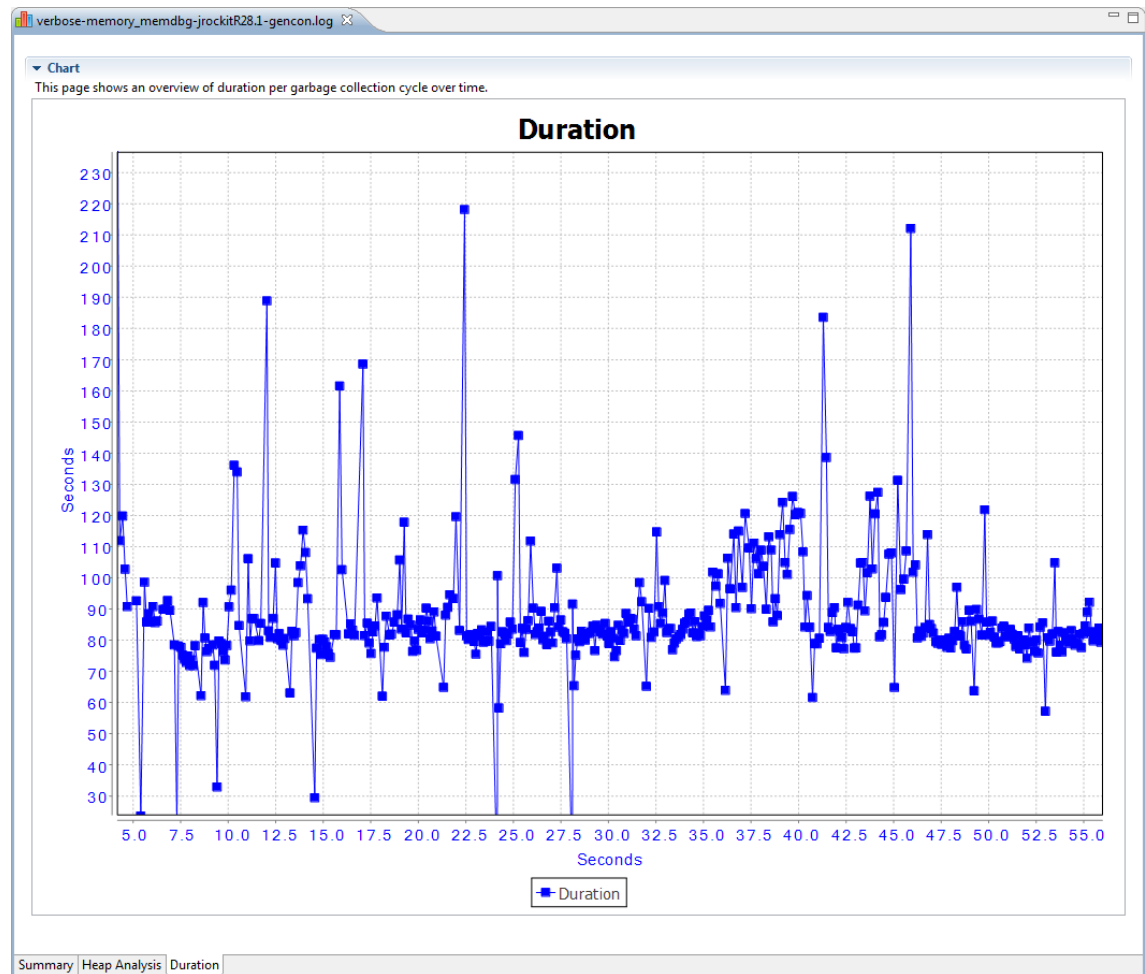


Abbildung A.10: Standardauswertung: Dauer Garbage Collection

A.6.2 Benutzerdefinierte Auswertung (Profile)

Die benutzerdefinierte Auswertung wird geöffnet, indem man vor dem öffnen einer Datei ein zuvor erstelltes Profil selektiert.

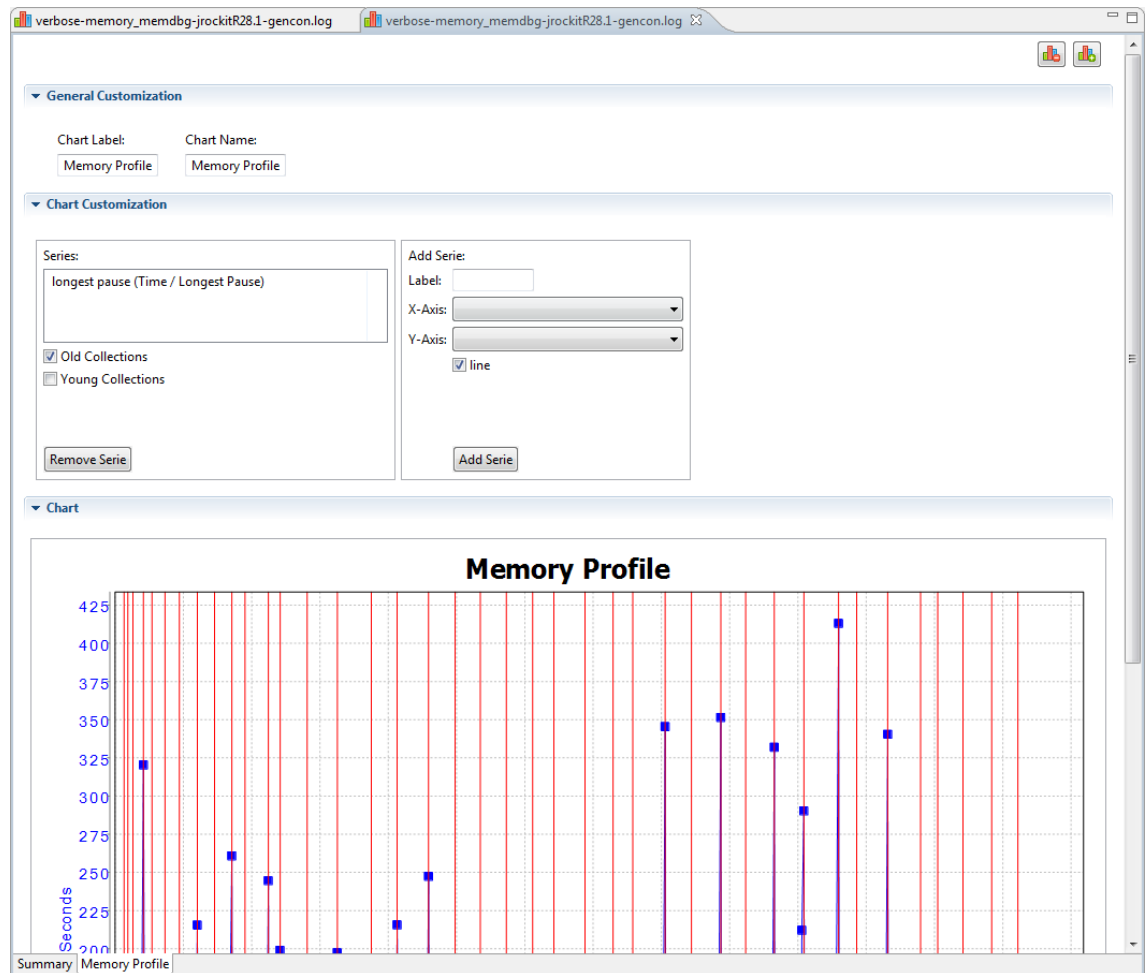


Abbildung A.11: Standardauswertung: Zusammenfassung

Im Abschnitt General Customization können die Namen des Tabas und des Charts definiert werden. Im Abschnitt Chart Customization können neue Serien auf das Chart hinzugefügt werden. Dabei können pro Serie die Werte für die X-, Y-Achse angegeben werden, der Name der Serie definiert und angegeben werden, ob die Punkte der Serie mit einer Linie verbunden werden sollen. Die Ende der Garbage Collection können als vertikale Linien in rot (Old Collections) oder blau (Young Collections) angezeigt werden.

Anhang B

Informationen

B.1 Inhalt Datenträger

Pfad	Inhalt
Dokumentation	Beinhaltet alle Dokumente, die im Zusammenhang mit der Bachelorthesis entstanden sind.
Ressourcen	Beinhaltet Dokumente die im Zusammenhang mit der Bachelorthesis hilfreich waren.
Software/development/data	Beinhaltet alle Plugin-Projekte aus welcher die Garbage Collection Analysesoftware besteht.
Software/sampling/data	Das sich darin befindende Projekt beinhaltet Garbage Collection Logs die mittels unterschiedlichen Einstellungen und den ebenfalls enthaltenen Klassen entstanden sind.

Tabelle B.1: Inhalt Datenträger

B.2 Quelltext Repository

Der Quelltext und die Dokumentation befinden sich zusätzlich auf Github in einem öffentlich verfügbaren Git-Repository. Mittels folgendem Kommando¹ kann der Quelltext aus dem Repository ausgecheckt werden.

```
1 git clone git://github.com/schmidic/bachelorthesis.git
```

Listing B.1: Checkout Quelltext Repository

¹Dafür ist die Installation der Software Git erforderlich.