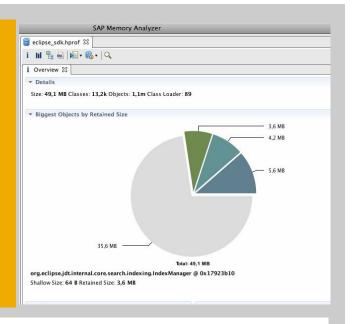
Der Eclipse Memory Analyzer (http://www.eclipse.org/mat/)
JUG Karlsruhe



Markus Kohler, SAP AG, Netweaver Engineering Performance (ma.kohler@sap.com) 07.05.2008



# Agenda



#### 1. Einführung

- 2. Heap Dumps
- 3. Speicherverbrauch messen
- 4. Dominator Tree
- 5. Automatische Heap Dump Auswertung
- 6. Lessons Learned

#### SAP Netweaver



**SAP NetWeaver** ist SAP's integrierte Technology Plattform und ist die technische Grundlage für alle SAP Applikationen seit der SAP Business Suite

- ■Enthält sowohl eine J2EE (Java EE 5) Laufzeitumgebung als auch eine ABAP Laufzeitumgebung
- ■Eclipse basiertes "Netweaver Developer Studio"
- ■Eigene JVM Implementierung
  - Eigener Profiler (https://www.sdn.sap.com/irj/sdn/index)

#### SAP Netweaver Engineering



# ■SAP Netweaver Engineering

- Zentrale Netweaver Performance Abteilung
- ■Service team für Entwicklungsabteilungen
  - –Qualitätssicherung
  - Performance Analyse
  - -Lasttests
  - -Training und Beratung für Werkzeuge zur Performance Analyse und Performance Tests
  - -Entwicklung von Performance Test Tools



# Wir schreiben das Jahr 2006 (MMVI)

- ■Mozart wurde vor 250 Jahren geboren
- ■2006 ist das internationale Jahr der Wüsten
- ■Einige unerschütterliche SAP Java Entwickler versuchen mit JHAT Gigabyte große Heap Dumps zu analysieren



# Wir schreiben das Jahr 2006 (MMVI) Fortsetzung

■ Die Analyse des Speicherverbrauchs mittels HeHeap dump Feature gestaltet sich schwierig

Sun portiert das neue von JDK 6 zurück nach **IDK 1.4** 

- Heap dumps a Die Entwicklung des elingen für d "SAP Memory Analyzer", zusä
- Codename "Digger" wird begonnen ■Gän( enötigen el Speicher ZUVİ
- Mit den gängigen Tools ist es sehr schwierig unter Millionen von Objekten die "Speicherfresser" zu finden



# 2007 (MMVII)

# ■April

Der SAP Memory Analyzer wird kostenlos auf SDN (http://sdn.sap.com) verfügbar gemacht

#### ■Oktober

■SAP kündigt an, daß der SAP Memory Analyzer in das Eclipse open source Projekt "Eclipse Memory Analyzer" (<a href="http://www.eclipse.org/mat/">http://www.eclipse.org/mat/</a>) überführt wird

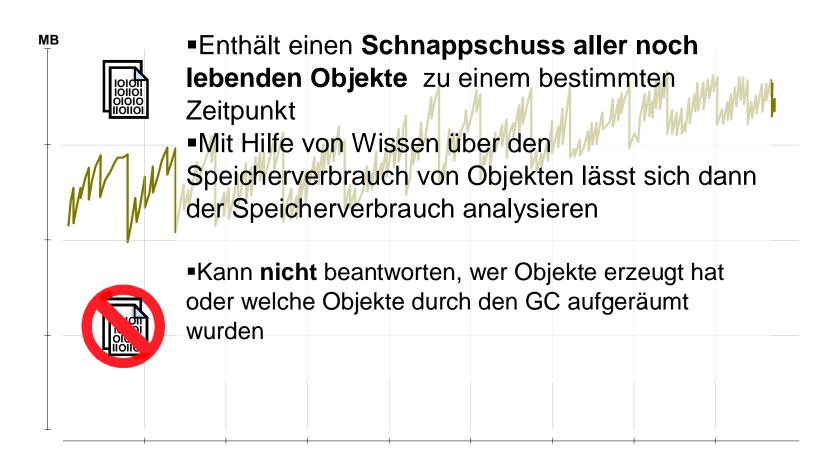
# Agenda



- 1. Einführung
- 2. Heap Dumps
- 3. Speicherverbrauch messen
- 4. Dominator Tree
- 5. Automatische Heap Dump Auswertung
- 6. Lessons Learned



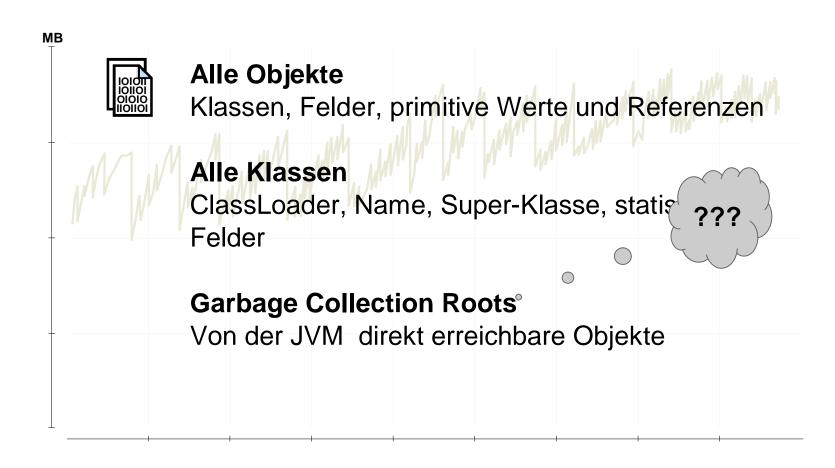
#### Der "neue" HPROF Binary Heap Dump



#### Heap Dump



#### Heap Dump Inhalt im Detail





# Wie funktioniert der Garbage Collector?

- Alle Objekte die nicht von einem GC Root Objekt erreicht werden können, werden vom GC weggeräumt
- GC Root Objekte sind
  - lokale Variablen auf dem Stack
  - Parameter von Funktionen auf dem Stack
  - JNI native Referenzen
  - Alle vom Bootstrap Loader geladenen Klassen

#### Heap Dump erzeugen



#### Verfügbar ab 1.4.2\_12 and 5.0\_7 and 6.0 aufwärts

-XX:+HeapDumpOnOutOfMemoryError

#### "On demand" Alternativen

- -XX:+HeapDumpOnCtrlBreak
- jmap -dump:format=b,file=<filename.hprof> <pid></pi>
- JConsole (JDK 6.0)
- SAP Memory Analyzer
- JVMMON (SAP JVM Tool)
- SAP Management Console

# Agenda



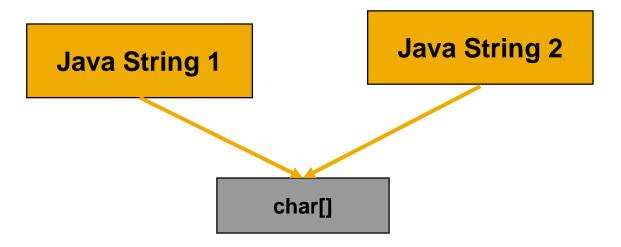
- 1. Einführung
- 2. Heap Dumps
- 3. Speicherverbrauch messen
- 4. Dominator Tree
- 5. Automatische Heap Dump Auswertung
- 6. Lessons Learned

### Speicherverbrauch



#### Speicherverbrauch von Objekten

- "Shallow size"
  - Die shallow size ist die Menge Speicher, die das Objekt selbst braucht
  - == Summe aus Größe des "object header" und der Felder des Objektes



#### Speicherverbrauch



32 bit

# **Shallow Size eines String Objektes**

JDK Quellcode String Klasse:

public final class String {8 Bytes ("object header")

private char value[]; 4 Bytes

private int offset; 4 Bytes

private int count; 4 Bytes

private int hash = 0; 4 Bytes

"Shallow size" eines Strings ==24 Bytes

#### Speicherverbrauch, shallow Size in der Praxis



### Ausschnitt aus einem Speicherverbrauchshistogramm

Class name		Anzahl Objekte	Shallow size in bytes	
char[]	Wie viele S Objekte sir	nd durch	171.641.928	
com.sap	Order Ol Verursa	cht?723 W	ie viele char[] sind durch String Objekte verursacht?	
java.lang	.String	1.652.780	66.111.200	
	NI - II '	a lagrana di a a a Engarana		

Shallow size kann diese Fragen nicht beantworten, und ist daher in der Praxis oft nicht sehr nützlich zur Analyse des Speicherverbrauchs

64 bit

#### Speicherverbrauch, retained set



# Wie kann man "besser" den Speicherverbrauch messen?

#### Retained set

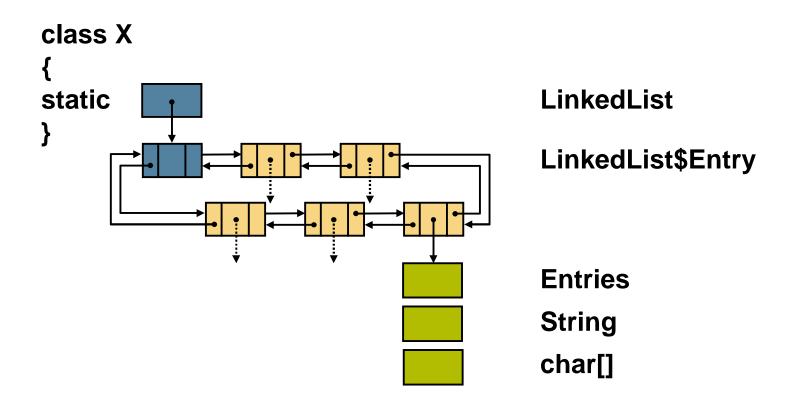
 Die Menge aller Objekte die freigegeben würde, wenn man ein Objekt X aus dem Speicher entfernt.

#### Retained size

 Die Retained size eines Objektes X ist gleich der shallow size des "Retained sets" von X

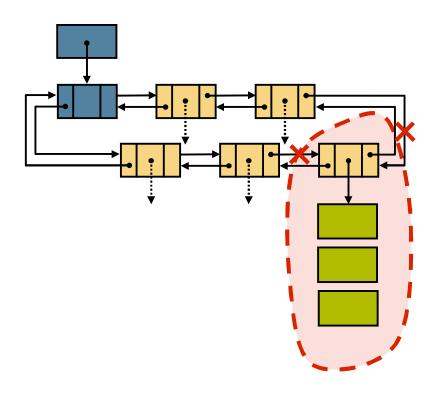
#### Retained set





# Retained Size via GC Simulation





- 1. Entferne X aus dem Speicher
- 2. Markiere alle Objekte die noch von GC Roots erreichbar sind
- 3. Das "retained Set" von X ist die Menge der noch nicht marktierten Objekte

#### SAP Memory Analyzer

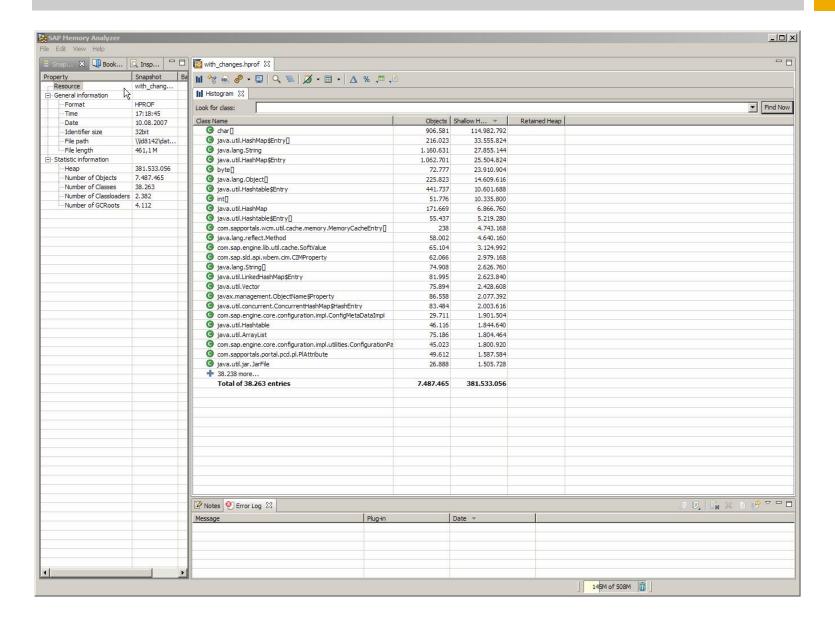


#### **Features**

- Schnelle Retained Set Berechnung (Multicore optimiert!)
- Intuitives UI auf Eclipse RCP Basis
- Unterstützt Heap dumps von allen SUN/SAP JDK's ab 1.4.2\_12
- Parsen von großen Heap dumps (bis ungefähr 1Gbyte) auch auf 32 bit Maschinen
- Indizes beschleunigen die wichtige Operationen stark
  - 2. Öffnen des Heap dumps benötigt nur Sekunden
- API zur Automatisierung verfügbar
- Open Source ! (http://www.eclipse.org/mat/)

#### DEMO SAP Memory Analyzer Retained Set





# Agenda



- 1. Einführung
- 2. Heap Dumps
- 3. Speicherverbrauch messen
- 4. Dominator Tree
- 5. Automatische Heap Dump Auswertung
- 6. Lessons Learned

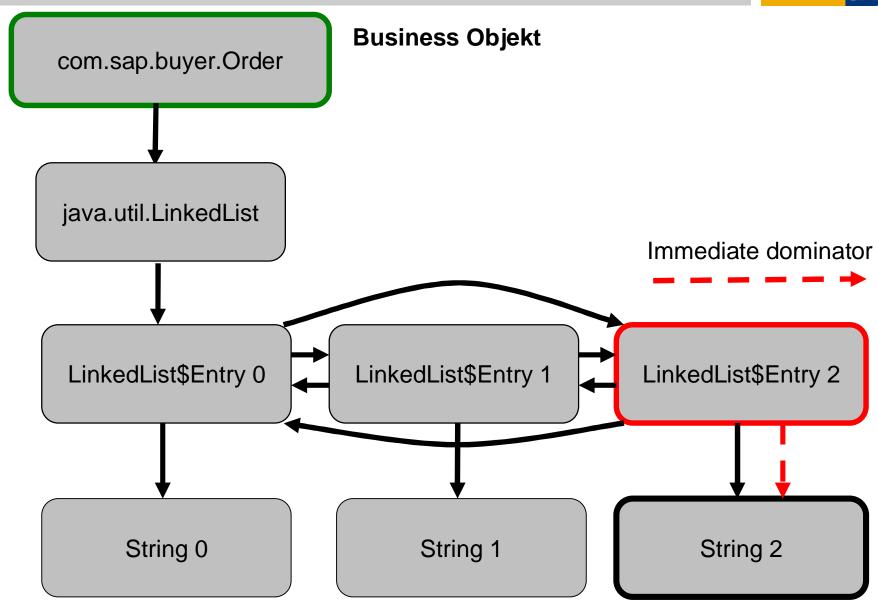
#### Sap Memory Analyzer für Fortgeschrittene



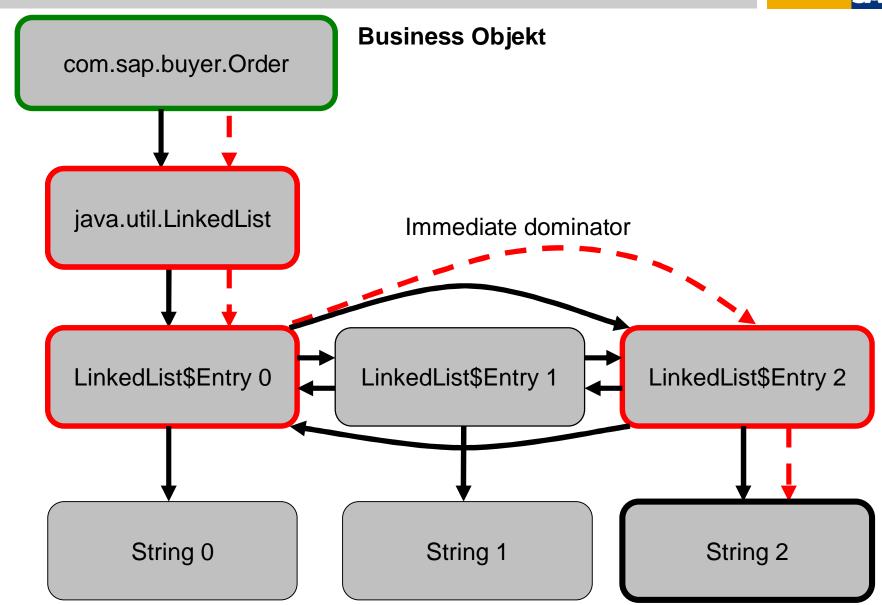
#### **Dominator Tree**

- Sehr mächtiges Feature des Sap Memory Analyzer
- Erlaubt
  - aus allen Objekten diejeningen mit der größten retained
     Size zu finden
  - sehr schnelle Berechnung einer guten unteren Grenze für die "retained Size"
- X dominiert Y, wenn alle Pfade von einem GC Root nach Y durch X gehen. Man sagt dann "X ist ein Dominator von Y"
- Der Dominator, der einem Objekt Y am nächsten liegt nennt man "immediate Dominator"

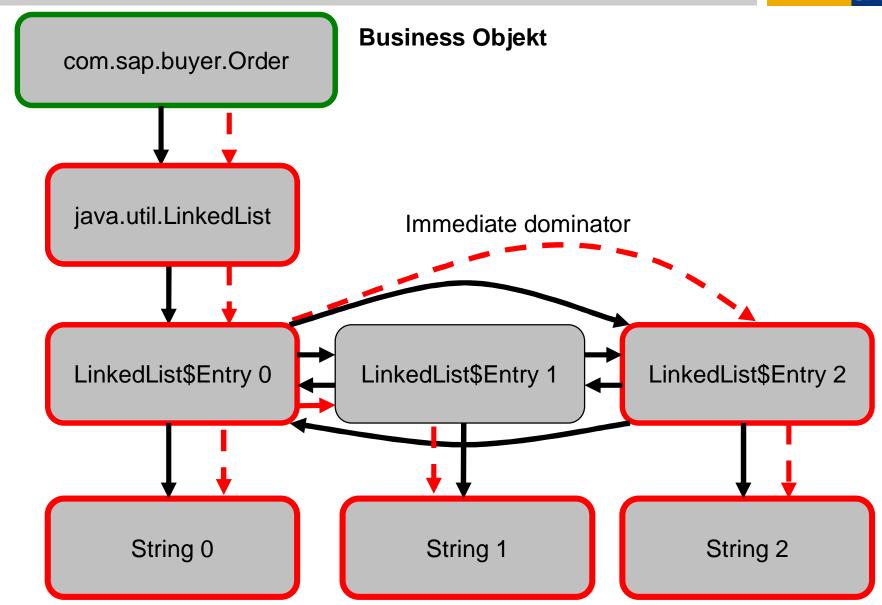




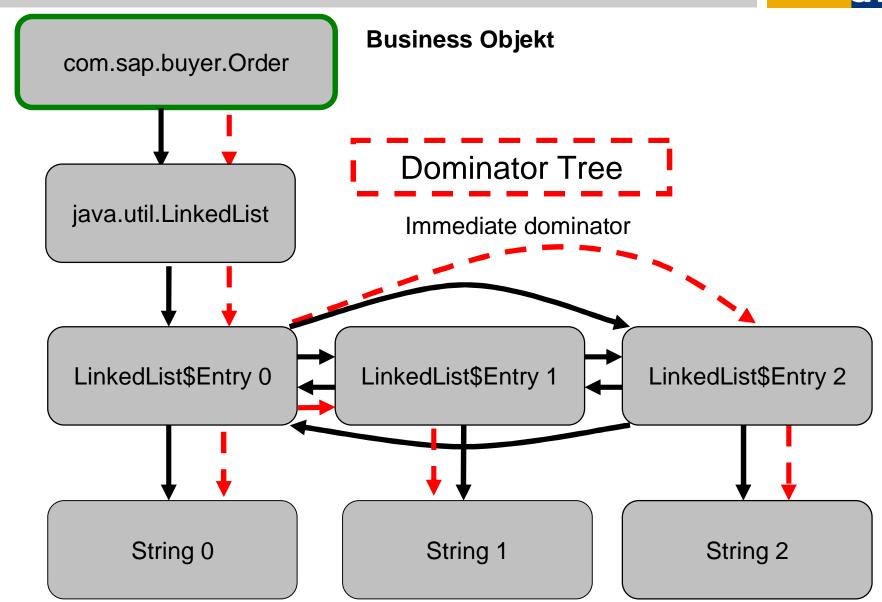






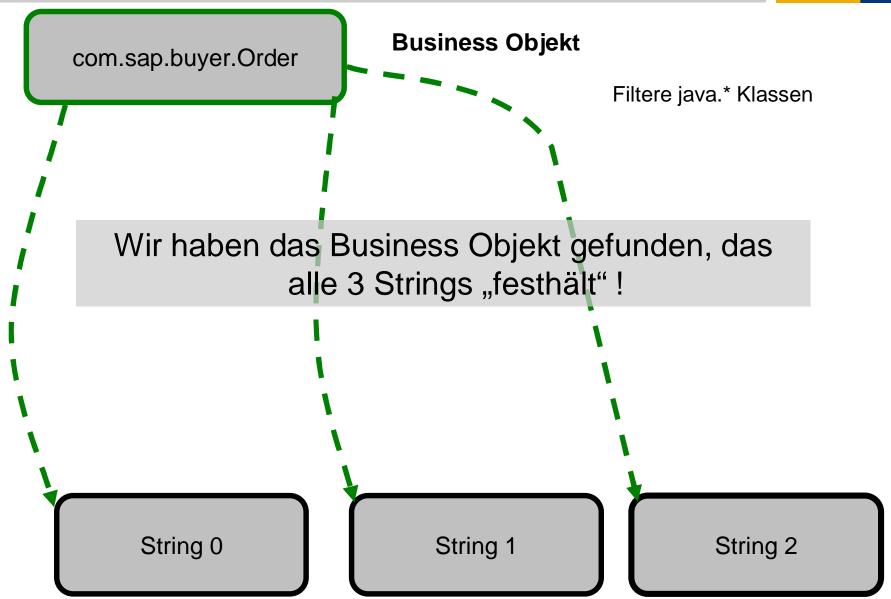






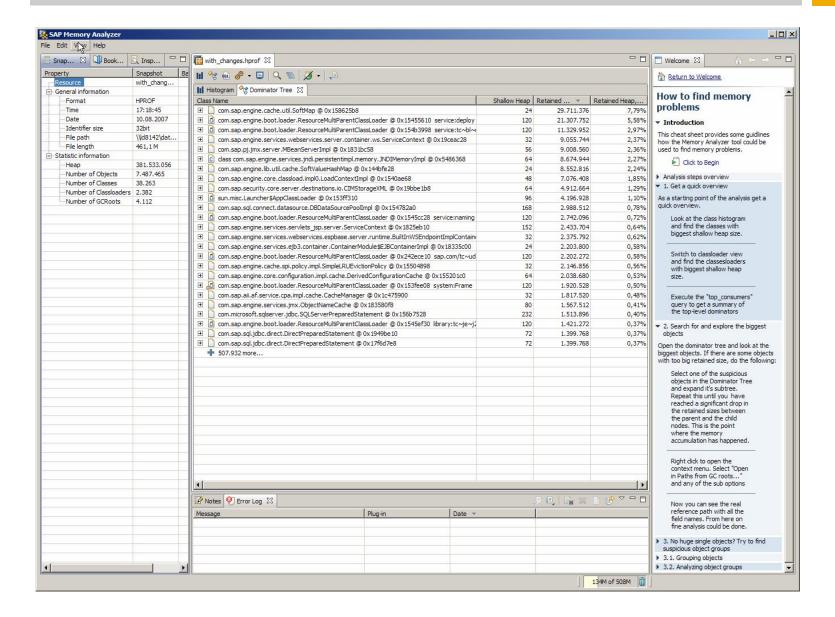
# Dominator Tree Immediate Dominator gefiltert





# DEMO SAP Memory Analyzer Dominator Tree





# Agenda



- 1. Einführung
- 2. Heap Dumps
- 3. Speicherverbrauch messen
- 4. Dominator Tree
- 5. Automatische Heap Dump Auswertung
- 6. Lessons Learned

# Sap Memory Analyzer (Semi-)Automatische Auswertung



#### **Automatische Auswertung**

#### Top Dominators query

- Erstellt einen Überblick über den Speicherverbrauch aggregiert nach
  - Klassen
  - Classloadern
  - Packages

#### Leak Hunter

- Sucht nach großen Sprüngen im Dominator Tree
- Findet den kürzesten Pfad zu einem Root Objekt

#### Duplicate Classes

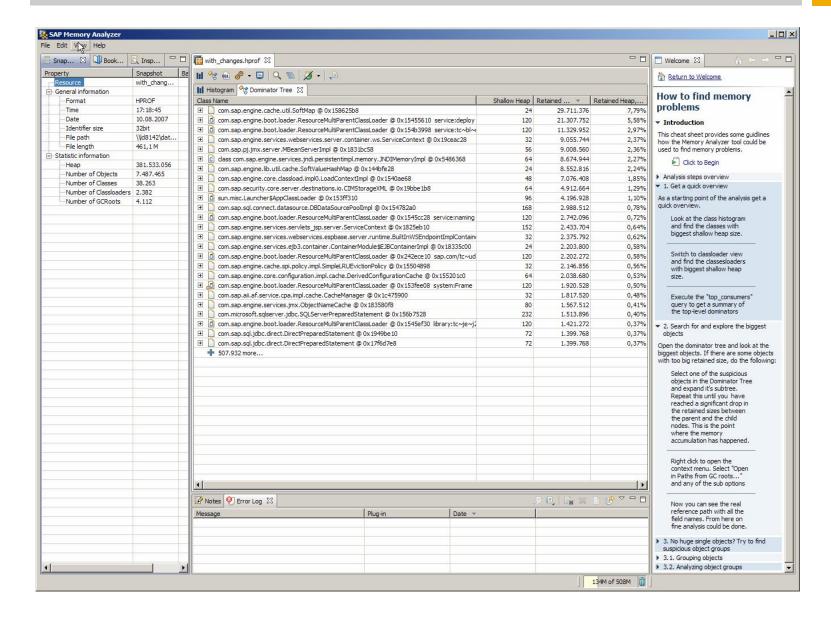
■ Finde mehrfach geladene Klassen

#### Duplicate Strings

■ Finde duplizierte Strings

# DEMO SAP Memory Analyzer Automatische Auswertung





# Agenda



- 1. Einführung
- 2. Heap Dumps
- 3. Speicherverbrauch messen
- 4. Dominator Tree
- 5. Automatische Heap Dump Auswertung
- 6. Lessons Learned

#### Sap Memory Analyzer Lessons Learned



#### **Lessons learned**

- Häufige Probleme
  - Duplikate von Strings
  - Strings mit zu großem char[]
  - ■Leere oder wenig gefüllte Collections
  - ■Generische Datenstrukturen implementiert mit HashMaps
  - ■Softreferenzen
- ■Viele dieser Problem können automatisch gefunden werden



### Sap Memory Analyzer Lessons Learned



#### Lessons learned

Der Speicherverbrauch der meisten komplexen Java Anwendungen kann relativ leicht signifikant reduziert werden



Speicher ist ein großer Kostenfaktor, der relativ einfach minimiert werden kann

# Thank you!

# Fragen?



# Definition and halftone values of colors



SAP Blue	SAP Gold	SAP Light Gray	SAP Gray	SAP Dark Gray	
RGB 4/53/123	RGB 240/171/0	RGB 204/204/204	RGB 153/153/153	RGB 102/102/102	Primary color palette 100%

Dove	Petrol	Warm Green	Warm Red	Violet/Mauve	_
RGB 68/105/125	RGB 21/101/112	RGB 85/118/48	RGB 119/74/57	RGB 100/68/89	Secondary color palette 100%
RGB 96/127/143	RGB 98/146/147	RGB 110/138/79	RGB 140/101/87	RGB 123/96/114	85%
RGB 125/150/164	RGB 127/166/167	RGB 136/160/111	RGB 161/129/118	RGB 147/125/139	70%
RGB 152/173/183	RGB 154/185/185	RGB 162/180/141	RGB 181/156/147	RGB 170/152/164	55%
RGB 180/195/203	RGB 181/204/204	RGB 187/200/172	RGB 201/183/176	RGB 193/180/189	40%

Cool Green	Ocher	Cool Red	_	Warning Red
RGB 73/108/96	RGB 129/110/44	RGB 132/76/84	Tertiary color palette 100%	RGB 158/48/57
RGB 101/129/120	RGB 148/132/75	RGB 150/103/110	85%	
RGB 129/152/144	RGB 167/154/108	RGB 169/130/136	70%	
RGB 156/174/168	RGB 186/176/139	RGB 188/157/162	55%	
RGB 183/196/191	RGB 205/197/171	RGB 206/183/187	40%	

# Grid



			(6)
	i i		The state of the s

# Copyright 2007 SAP AG All rights reserved



No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or for any purpose without the express permission of SAP AG. The information contained herein may be changed without prior notice.

Some software products marketed by SAP AG and its distributors contain proprietary software components of other software vendors.

SAP, R/3, mySAP.com, xApps, xApp, SAP NetWeaver, Duet, Business ByDesign, ByDesign, PartnerEdge and other SAP products and services mentioned herein as well as their respective logos are trademarks or registered trademarks of SAP AG in Germany and in several other countries all over the world. All other product and service names mentioned and associated logos displayed are the trademarks of their respective companies. Data contained in this document serves informational purposes only. National product specifications may vary.

The information in this document is proprietary to SAP. This document is a preliminary version and not subject to your license agreement or any other agreement with SAP. This document contains only intended strategies, developments, and functionalities of the SAP® product and is not intended to be binding upon SAP to any particular course of business, product strategy, and/or development. SAP assumes no responsibility for errors or omissions in this document. SAP does not warrant the accuracy or completeness of the information, text, graphics, links, or other items contained within this material. This document is provided without a warranty of any kind, either express or implied, including but not limited to the implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement.

SAP shall have no liability for damages of any kind including without limitation direct, special, indirect, or consequential damages that may result from the use of these materials. This limitation shall not apply in cases of intent or gross negligence.

The statutory liability for personal injury and defective products is not affected. SAP has no control over the information that you may access through the use of hot links contained in these materials and does not endorse your use of third-party Web pages nor provide any warranty whatsoever relating to third-party Web pages

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch SAP AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

Einige von der SAP AG und deren Vertriebspartnern vertriebene Softwareprodukte können Softwarekomponenten umfassen, die Eigentum anderer Softwarehersteller sind.

SAP, R/3, mySAP.com, xApps, xApps, SAP NetWeaver, Duet, Business ByDesign, ByDesign, PartnerEdge und andere in diesem Dokument erwähnte SAP-Produkte und Services sowie die dazugehörigen Logos sind Marken oder eingetragene Marken der SAP AG in Deutschland und in mehreren anderen Ländern weltweit. Alle anderen in diesem Dokument erwähnten Namen von Produkten und Services sowie die damit verbundenen Firmenlogos sind Marken der jeweiligen Unternehmen. Die Angaben im Text sind unverbindlich und dienen lediglich zu Informationszwecken. Produkte können länderspezifische Unterschiede aufweisen.

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind Eigentum von SAP. Dieses Dokument ist eine Vorabversion und unterliegt nicht Ihrer Lizenzvereinbarung oder einer anderen Vereinbarung mit SAP. Dieses Dokument enthält nur vorgesehene Strategien, Entwicklungen und Funktionen des SAP®-Produkts und ist für SAP nicht bindend, einen bestimmten Geschäftsweg, eine Produktstrategie bzw. -entwicklung einzuschlagen. SAP übernimmt keine Verantwortung für Fehler oder Auslassungen in diesen Materialien. SAP garantiert nicht die Richtigkeit oder Vollständigkeit der Informationen, Texte, Grafiken, Links oder anderer in diesen Materialien enthaltenen Elemente. Diese Publikation wird ohne jegliche Gewähr, weder ausdrücklich noch stillschweigend, bereitgestellt. Dies gilt u. a., aber nicht ausschließlich, hinsichtlich der Gewährleistung der Marktgängigkeit und der Eignung für einen bestimmten Zweck sowie für die Gewährleistung der Nichtverletzung geltenden Rechts.

SAP übernimmt keine Haftung für Schäden jeglicher Art, einschließlich und ohne Einschränkung für direkte, spezielle, indirekte oder Folgeschäden im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Unterlagen. Diese Einschränkung gilt nicht bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit.

Die gesetzliche Haftung bei Personenschäden oder die Produkthaftung bleibt unberührt. Die Informationen, auf die Sie möglicherweise über die in diesem Material enthaltenen Hotlinks zugreifen, unterliegen nicht dem Einfluss von SAP, und SAP unterstützt nicht die Nutzung von Internetseiten Dritter durch Sie und gibt keinerlei Gewährleistungen oder Zusagen über Internetseiten Dritter ab.

Alle Rechte vorbehalten.