

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
9	Müllabfuhr (garbage collection) <div> <div> Spezielle Literatur </div> <div> <p><i>jGuru: Fundamentals of RMI, Short Course.</i> http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/rmi/RMI.html</p> <p><i>Jones, R.; Lins, R.: Garbage Collection. John Wiley & Sons Ltd., 1996.</i></p> <p><i>Plainfossé, D.; Shapiro, M.: A Survey of Distributed Garbage Collection Techniques. Int. Workshop on Memory Management, Kinross, Scotland (UK), Sept. 1995.</i> http://www-sor.inria.fr/publi/SDGC_iwmm95.html</p> <p><i>Tel, G.; Mattern, F.: The Derivation of Distributed Termination Detection Algorithms from Garbage Collection Schemes. ACM TOPLAS 15:1, January 1993, pp. 1-35.</i> http://www.inf.ethz.ch/vs/publ/papers/distr_sim_dfg.pdf</p> </div> </div>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> 9-1

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
	<div> <div> Nachteile </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> Hoher Aufwand, um die Zähler auf dem Laufenden zu halten. Bei Modifikation einer Referenzvariablen müssen die Zähler des alten und des neuen Zielobjekts modifiziert werden. Jedes Objekt muß Platz für Zähler enthalten. Zyklische Datenstrukturen (z. B. doppelt verkettete Listen) müssen gesondert behandelt werden! </div> </div> <div> <div> Wurzel </div> <div> </div> <div> Wurzel </div> <div> </div> </div>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> 9-3

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
9.1	Lokale Müllabfuhr
9.1.1	Referenzzähler
	<div> <div> Idee: </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> Jedes Objekt enthält einen Zähler, der angibt, wieviele Referenzen auf das Objekt verweisen. Objekte, deren Zähler den Wert 0 enthält, sind Müll. </div> </div> <div> <div> Vorteile </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> Overhead wird über die gesamte Bearbeitung der Anwendung verteilt, also keine längeren Zeiten, in denen die Anwendung wegen der Müllabfuhr blockiert werden muß. Freigabe ist räumlich lokal, es müssen keine weiteren Teile des Adressraums modifiziert werden. Freigabe verträgt sich gut mit Demand Paging. Kurzlebige Objekte werden sehr schnell wieder entfernt. </div> </div>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> 9-2

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
9.1.2	Mark and sweep
	<div> <div> Idee </div> <div> <ol style="list-style-type: none"> Phase: Alle erreichbaren Objekte markieren mit Hilfe einer Explosionswelle analog der Vorgehensweisen bei Wahlalgorithmen. Phase: Freigabe aller nicht markierten Objekte. dabei eventuell Speicherkompression. </div> </div> <div> <div> Vorteile </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> Zyklen werden ganz natürlich mitbehandelt. Referenzmanipulation erfordert keinen Overhead. </div> </div> <div> <div> Nachteile </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> Während der Durchführung muß die Anwendung blockiert werden. Es existieren verschiedene Verfahren diesen Nachteil durch Partitionierung oder durch Nebenläufigkeit zu mindern. Mit zunehmender Nutzung des verfügbaren Speicherplatzes erhöhen sich Häufigkeiten und Dauer der Durchführung des "mark and sweep"-Algorithmus. Nur sehr bedingt echtzeitfähig. </div> </div>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> 9-4

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
9.2	<p>Verteilte Müllabfuhr</p> <p>Deutlich schwieriger wegen eventueller Prozessor- oder Verbindungsausfälle, die unbedingt behandelt werden müssen!</p> <p>Z. B. muss ein Server Objekte, die nur von einem ausgefallenen Rechner aus referenziert werden, freigeben können.</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-5</div>

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
	<p>□ Semiformale Beschreibung der einschlägigen elementaren Aktionen</p> <p>◆ Copy Reference</p> <p>CR_p: { p ist erreichbar und hält eine r-Referenz }</p> <p> sende eine <copy r>-Nachricht an q;</p> <p>◆ Receive Reference</p> <p>RC_p: { Eine <copy r>-Nachricht ist angekommen }</p> <p> übernehme die <copy r>-Nachricht;</p> <p> füge die r-Referenz zu den vorhandenen Referenzen hinzu;</p> <p>◆ Delete Reference</p> <p>DR_p: { p besitzt eine r-Referenz }</p> <p> tilge die r-Referenz;</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-7</div>

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
9.2.1	<p>Präzisierung der Aufgabenstellung</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Das zu betrachtende System besteht aus einer Menge O von Objekten (Instanzen). 2. Es gibt eine Menge $R \subseteq O$ von Wurzelobjekten. 3. Objekte können andere referenzieren; eine Referenz zu einem Objekt r wird als r-Referenz bezeichnet. 4. Referenzen können als Parameter von Methodenaufrufen oder -ergebnissen übermittelt (gesendet) werden. 5. Objekt r ist direkt erreichbar von q genau dann, wenn q eine r-Referenz enthält oder ein Methodenaufruf an q mit einer r-Referenz als Parameter "unterwegs" ist. 6. Ein Objekt heißt erreichbar, wenn von einem Wurzelobjekt eine Folge direkter Erreichbarkeiten zu ihm führt. 7. Objekte die eine r-Referenz enthalten, können sie jederzeit tilgen. 8. Ein erreichbares Objekt kann eine r-Referenz, die es besitzt, kopieren und an andere Objekte senden.
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-6</div>

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
	<p>□ Aufgabe der Müllabfuhr-Algorithmen ist es, nicht-erreichbare Objekte ausfindig zu machen und den von ihnen belegten Speicherplatz freizugeben. Sie müssen folgende Kriterien erfüllen</p> <p>◆ G1 Sicherheit (Safety)</p> <p>Es werden nur nicht-erreichbare Objekte als Müll eingesammelt.</p> <p>◆ G2 Lebendigkeit (Liveness):</p> <p>Wenn ein Objekt nicht erreichbar ist, wird es schließlich als Müll eingesammelt.</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-8</div>

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

◆ Semiformale Beschreibung des Müllabfuhrproblems

CR_p : { p ist erreichbar und hält eine r-Referenz }

sende eine <copy r>-Nachricht an q;

RC_p : { Eine <copy r>-Nachricht ist angekommen }

übernehme die <copy r>-Nachricht;

füge die r-Referenz zu den vorhandenen Referenzen hinzu;

DR_p : { p besitzt eine r-Referenz }

tilge die r-Referenz;

10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

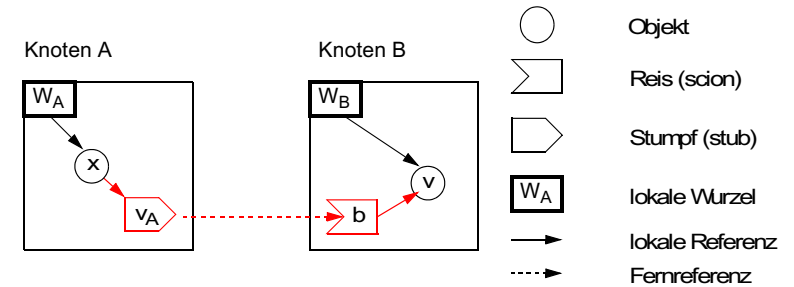
9-9

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

9.2.2 Beispiel: Lokale (indirekte) Referenzzählung

□ Die Problematik der Referenzzählung in verteilten Systemen

Darstellung von Fernreferenzen



10.01.02

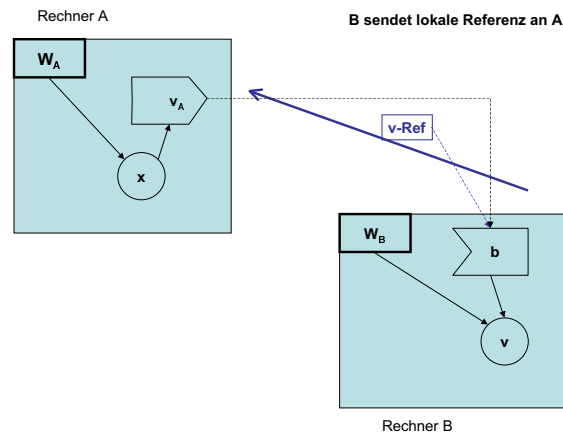
Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-10

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

□ Die grundlegenden Aktionen

1. Erzeugung von Fernreferenzen



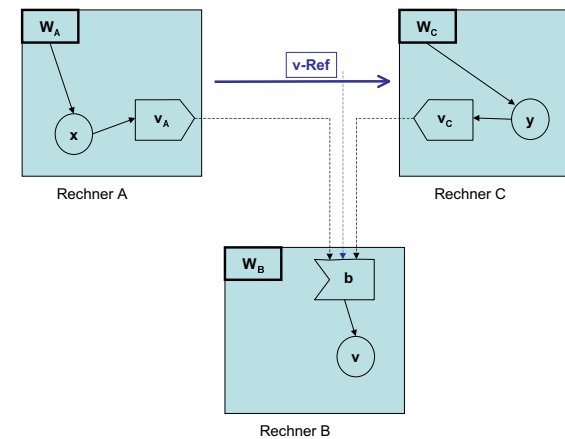
10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-11

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

2. Verdopplung von Fernreferenzen



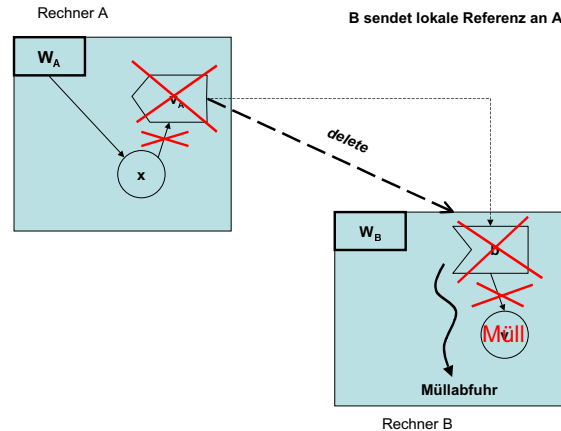
10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-12

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

3. Tilgung von Fernreferenzen



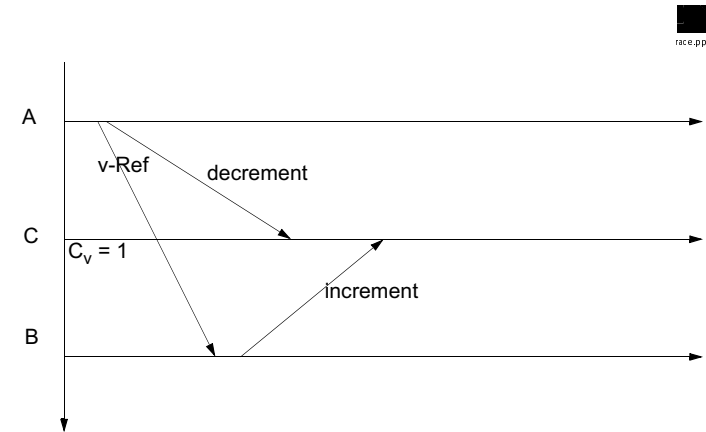
10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-13

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

Für Referenzzählung zusätzlich "increment"- und "decrement"-Nachrichten notwendig.
Einfache Realisierungen führen zu Wettlaufproblemen.



10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-14

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

Mögliche Lösung: Lokale Referenzzählung (Ichisugi und Yonezawa, 1989)

Jedes Objekt o verfüge über Referenzzähler $LRC_p(o)$, die die von einem Objekt auf Prozessor p auf o verweisenden Referenzen zählen.

CR_p : { p besitzt eine o -Referenz }
sende $\langle cop \ o \rangle$ an q ; $LRC_p(o)++$;

RC_p : { Eine von q gesendete $\langle cop \ o \rangle$ -Nachricht hat p erreicht }
empfange $\langle cop \ o \rangle$; übernehme o -Referenz;
if ($LRC_p(o) == 0$) { $LRC_p(o) = 1$; $FIRST_p(o) = q$; }
else { sende $\langle dec \ o \rangle$ an q ; $LRC_p(o)++$; }

DR_p : { p besitzt eine o -Referenz }
tilge die o -Referenz; $LRC_p(o)--$;

RD_p : { Eine $\langle dec \ o \rangle$ -Nachricht ist angekommen }
empfange $\langle dec \ o \rangle$; $LRC_p(o)--$;

DZ_p : { $LRC_p(o)$ wurde gerade von 1 auf 0 reduziert }
if ($FIRST_p(o) \neq \text{null}$) sende $\langle dec \ o \rangle$ an $FIRST_p(o)$;
else Speicherplatz von o freigeben

10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-15

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

9.2.3 Bezug zum Terminierungsproblem

◆ Semiformale Beschreibung des Terminierungsproblems

S_p : { $state_p == \text{active}$ }
sende eine $\langle M \rangle$ -Nachricht;

R_p : { Eine Basisnachricht ist angekommen }
empfange Nachricht $\langle M \rangle$; $state_p = \text{active}$;

I_p : { $state_p == \text{active}$ }
 $state_p = \text{passive}$

System wird ergänzt um ein Objekt A_p pro Prozeß p und ein Wurzelobjekt Z .

System wird so modifiziert, daß

1. A_p genau dann eine Z -Referenz besitzt, wenn p aktiv ist und
2. jede Basis-Nachricht als Parameter eine Z -Referenz mit sich trägt.

In dem so ergänzten System ist offensichtlich Terminierung äquivalent dazu, daß Z nicht mehr erreichbar ist.

10.01.02

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-16

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
	<p>□ Das führt zu folgender geänderten Übergangsbeschreibung:</p> <p>S_p: { $state_p == active$ } sende eine $\langle M, \text{<cop Z>}$-Nachricht;</p> <p>$R_p$: { Eine Basisnachricht ist M angekommen } empfangen Nachricht $\langle M, \text{<cop Z>}$; $state_p = active$; füge die Z-Referenz zu den vorhandenen Referenzen hinzu;</p> <p>I_p: { $state_p == active$ } $state_p = passive$; tilge alle Z-Referenzen;</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-17</div>

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
	<p>S_p: { $state_p == active$ } sende eine Nachricht $\langle M \rangle$ an q; LRC_p++;</p> <p>R_p: { Eine Basisnachricht $\langle M \rangle$ von q ist angekommen } empfangen Nachricht $\langle M \rangle$; if ($LRC_p == 0$) { $LRC_p = 1$; $FIRST_p = q$; $state_p = active$; } else { sende $\langle dec \rangle$ an q; if ($state_p == passive$) { $state_p = active$; LRC_p++; } } </p> <p>I_p: { $state_p == active$ } $state_p = passive$; LRC_p--; if ($LRC_p == 0$) sende $\langle dec \rangle$ an $FIRST_p$;</p> <p>RD_p: { Eine $\langle dec \rangle$-Nachricht ist angekommen } empfangen $\langle dec \rangle$; LRC_p--; if ($LRC_p == 0$) sende $\langle dec \rangle$ an $FIRST_p$;</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-19</div>

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
9.2.4	<p>Anwendung des Beispielalgorithmus zur Müllabfuhr auf dieses System</p> <p>Offensichtlich muß zur Anwendung des Müllabfuhralgorithmus</p> <ul style="list-style-type: none"> - CR_p mit S_p kombiniert werden, - RC_p mit R_p und - DR_p mit I_p. <p>Außerdem ist es zweckmäßig, um nicht mehr als eine Z-Referenz pro Objekt führen zu müssen, eine zweite Z-Referenz durch einen zusätzlichen Übergang unmittelbar nach ihrer Entstehung wieder zu tilgen.</p> <p>(1) "A_p besitzt eine Z-Referenz" ist äquivalent zu "$state_p == active$"</p> <p>(2) Da es nur Z-Referenzen gibt und jede Basisnachricht eine solche mit sich tragen muß, ist eine explizite Übertragung nicht erforderlich.</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-18</div>

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection):
	<p>Anfänglich sei genau ein Prozeß aktiv und besitze eine Z-Referenz.</p> <p>Entsprechend besitzt LRC für den Startprozeß S den Anfangswert 1, für alle anderen den Anfangswert 0.</p> <p>Terminierung liegt vor, wenn $LRC_S == 0$ ist.</p>
10.01.02	<small>Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktion in jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig</small> <div>9-20</div>