

BP 1**Müllabfuhr (garbage collection):**

9

Müllabfuhr (garbage collection) Spezielle Literatur*jGuru: Fundamentals of RMI, Short Course.*<http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/rmi/RMI.html>*Jones, R.; Lins, R.: Garbage Collection. John Wiley & Sons Ltd., 1996.**Plainfosse, D.; Shapiro, M.: A Survey of Distributed Garbage Collection Techniques. Int. Workshop on Memory Management, Kinross, Scotland (UK), Sept. 1995.*
http://www-sor.inria.fr/publi/SDGC_iwmm95.html*Tel, G.; Mattern, F.: The Derivation of Distributed Termination Detection Algorithms from Garbage Collection Schemes. ACM TOPLAS 15:1, January 1993, pp. 1-35.*
http://www.inf.ethz.ch/vs/publ/papers/distr_sim_dfg.pdf

10.01.02

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

9-1

BP 1**Müllabfuhr (garbage collection):**

9.1

Lokale Müllabfuhr

9.1.1

Referenzenzähler Idee:

- Jedes Objekt enthält einen Zähler, der angibt, wieviele Referenzen auf das Objekt verweisen.
- Objekte, deren Zähler den Wert 0 enthält, sind Müll.

 Vorteile

- 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.

10.01.02

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

9-2

BP 1**Müllabfuhr (garbage collection):**

9.1.2

Mark and sweep Idee

1. Phase: Alle erreichbaren Objekte markieren mit Hilfe einer Explosionswelle analog der Vorgehensweisen bei Wahlalgorithmen.

2. Phase: Freigabe aller nicht markierten Objekte, dabei eventuell Speicherkompression.

 Vorteile

- Zyklen werden ganz natürlich mitbehandelt.
- Referenzmanipulation erfordert keinen Overhead.

 Nachteile

- 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.

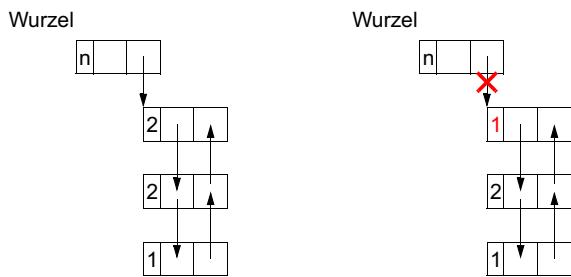
10.01.02

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

9-4

BP 1**Müllabfuhr (garbage collection):** Nachteile

- 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!



10.01.02

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

9-3

BP 1	Müllabfuhr (garbage collection): <p>9.2 Verteilte Müllabfuhr Deutlich schwieriger wegen eventueller Prozessor- oder Verbindungsausfälle, die unbedingt behandelt werden müssen! Z. B. muss ein Server Objekte, die nur von einem ausgefallenen Rechner aus referenziert werden, freigeben können.</p>	
10.01.02	Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktionsjeder Art oder Verwendung dieser Übung zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig	9-5
BP 1	Müllabfuhr (garbage collection): <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Semiformale Beschreibung der einschlägigen elementaren Aktionen <input checked="" type="checkbox"/> Copy Reference <p>CR_p: { p ist erreichbar und hält eine r-Referenz } sende eine <copy r>-Nachricht an q;</p> <input checked="" type="checkbox"/> Receive Reference <p>RC_p: { Eine <copy r>-Nachricht ist angekommen } übernehme die <copy r>-Nachricht; füge die r-Referenz zu den vorhanden Referenzen hinzu;</p> <input checked="" type="checkbox"/> Delete Reference <p>DR_p: { p besitzt eine r-Referenz } tilge die r-Referenz;</p> 	9-7
10.01.02	Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktionsjeder Art oder Verwendung dieser Übung zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig	9-8
BP 1	Müllabfuhr (garbage collection): <p>9.2.1 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	Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann Reproduktionsjeder Art oder Verwendung dieser Übung zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig	9-6

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 vorhanden Referenzen hinzu;
 - DR_p : { p besitzt eine r-Referenz }
tilge die r-Referenz;

10.01.02

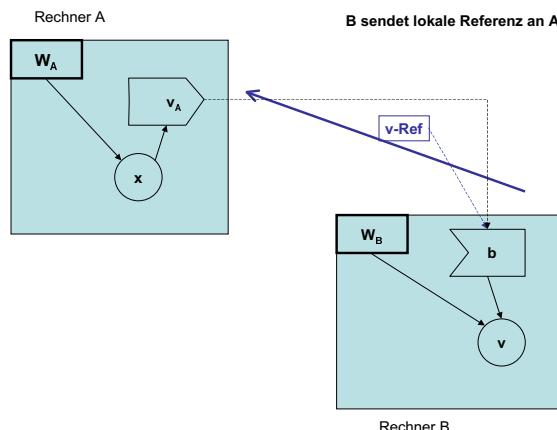
Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterrichtsstoffe zu Lehrzwecken außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-9

BP 1**Müllabfuhr (garbage collection):**

Die grundlegenden Aktionen

1. Erzeugung von Fernreferenzen



10.01.02

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

9-11

BP 1**BP 1****Müllabfuhr (garbage collection):**

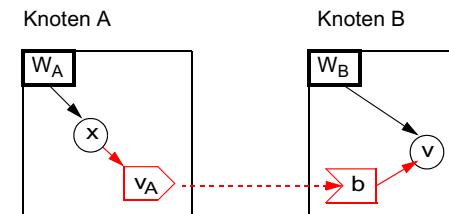
9.2.2

Beispiel: Lokale (indirekte) Referenzzählung



Die Problematik der Referenzzählung in verteilten Systemen

Darstellung von Fernreferenzen



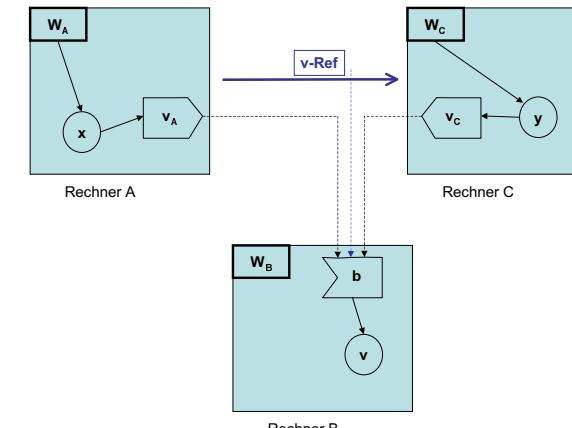
10.01.02

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

9-10

BP 1**Müllabfuhr (garbage collection):**

2. Verdopplung von Fernreferenzen



10.01.02

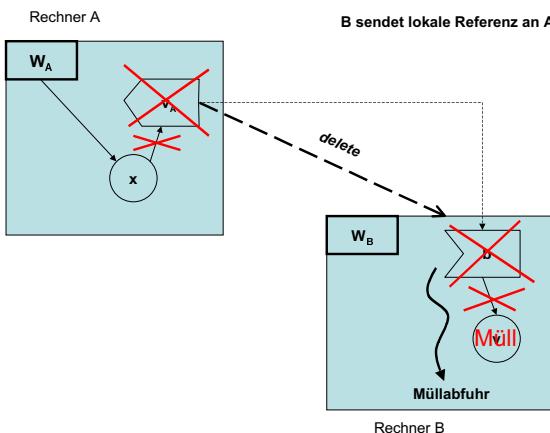
Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterrichtsstoffe zu Lehrzwecken außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9-12

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

3. Tilgung von Fernreferenzen



10.01.02

Univ. stät Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterrichtsstoffe außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors untersagt

9-13

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

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

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

```

CRp: { p besitzt eine o-Referenz }
      sende <cop o> an q; LRCp(o)++;

RCp: { Eine von q gesendete <cop o>-Nachricht hat p erreicht }
      empfange <cop o>; übernehme o-Referenz;
      if (LRCp(o) == 0) { LRCp(o) = 1; FIRSTp(o) = q; }
      else { sende <dec o> an q; LRCp(o)++; }

DRp: { p besitzt eine o-Referenz }
      tilge die o-Referenz; LRCp(o)--;

RDp: { Eine <dec o>-Nachricht ist angekommen }
      empfange <dec o>; LRCp(o)--;

DZp: { LRCp(o) wurde gerade von 1 auf 0 reduziert }
      if (FIRSTp(o) != null;) sende <dec o> an FIRSTp(o);
      else Speicherplatz von o freigeben
  
```

10.01.02

Univ. stät Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterrichtsstoffe außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors untersagt

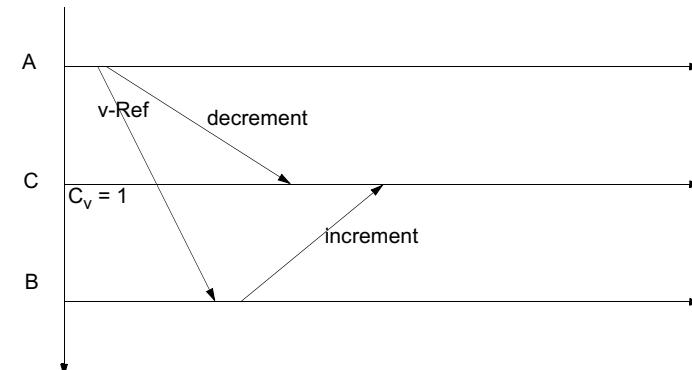
9-15

BP 1

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

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



10.01.02

Univ. stät Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterrichtsstoffe außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors untersagt

9-14

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

9.2.3

Bezug zum Terminierungsproblem
◆ Semiformale Beschreibung des Terminierungsproblems

```

Sp: { statep == active }
      sende eine <M>-Nachricht;

Rp: { Eine Basisnachricht ist angekommen }
      empfange Nachricht <M>; statep = active;

Ip: { statep == active }
      statep = 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

Univ. stät Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterrichtsstoffe außerhalb
der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors untersagt

9-16

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

- Das führt zu folgender geänderten Übergangsbeschreibung:

```

Sp: { statep == active }
       sende eine <M, <cop Z>>-Nachricht;

Rp: { Eine Basisnachricht ist M angekommen }
       empfange Nachricht <M, <cop Z>>; statep = active;
       füge die Z-Referenz zu den vorhandenen Referenzen hinzu;

Ip: { statep == active }
       statep = passive;
       tilge alle Z-Referenzen;
  
```

10.01.02

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

9-17

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

```

Sp: { statep == active }
       sende eine Nachricht <M> an q; LRCp++;

Rp: { Eine Basisnachricht <M> von q ist angekommen }
       empfange Nachricht <M>;
       if (LRCp == 0) {
         LRCp = 1; FIRSTp = q; statep = active;
       } else {
         sende <dec> an q;
         if (statep == passive) { statep = active; LRCp++; }
       }

Ip: { statep == active }
       statep = passive;
       LRCp--;
       if (LRCp == 0) sende <dec> an FIRSTp;

RDp: { Eine <dec>-Nachricht ist angekommen }
       empfange <dec>; LRCp--;
       if (LRCp == 0) sende <dec> an FIRSTp;
  
```

10.01.02

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

9-19

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

9.2.4

Anwendung des Beispielalgorithmus zur Müllabfuhr auf dieses System
 Offensichtlich muß zur Anwendung des Müllabfuhralgorithmus

- CR_p mit S_p kombiniert werden,
- RC_p mit R_p und
- DR_p mit I_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.

- (1) "A_p besitzt eine Z-Referenz" ist äquivalent zu "state_p == active"
- (2) Da es nur Z-Referenzen gibt und jede Basisnachricht eine solche mit sich tragen muß, ist eine explizite Übertragung nicht erforderlich.

9-18

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

Anfänglich sei genau ein Prozeß aktiv und besitze eine Z-Referenz.
 Entsprechend besitzt LRC für den Startprozeß S den Anfangswert 1, für alle anderen den Anfangswert 0.

Terminierung liegt vor, wenn LRC_S == 0 ist.

9-20

BP 1

Müllabfuhr (garbage collection):

10.01.02

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