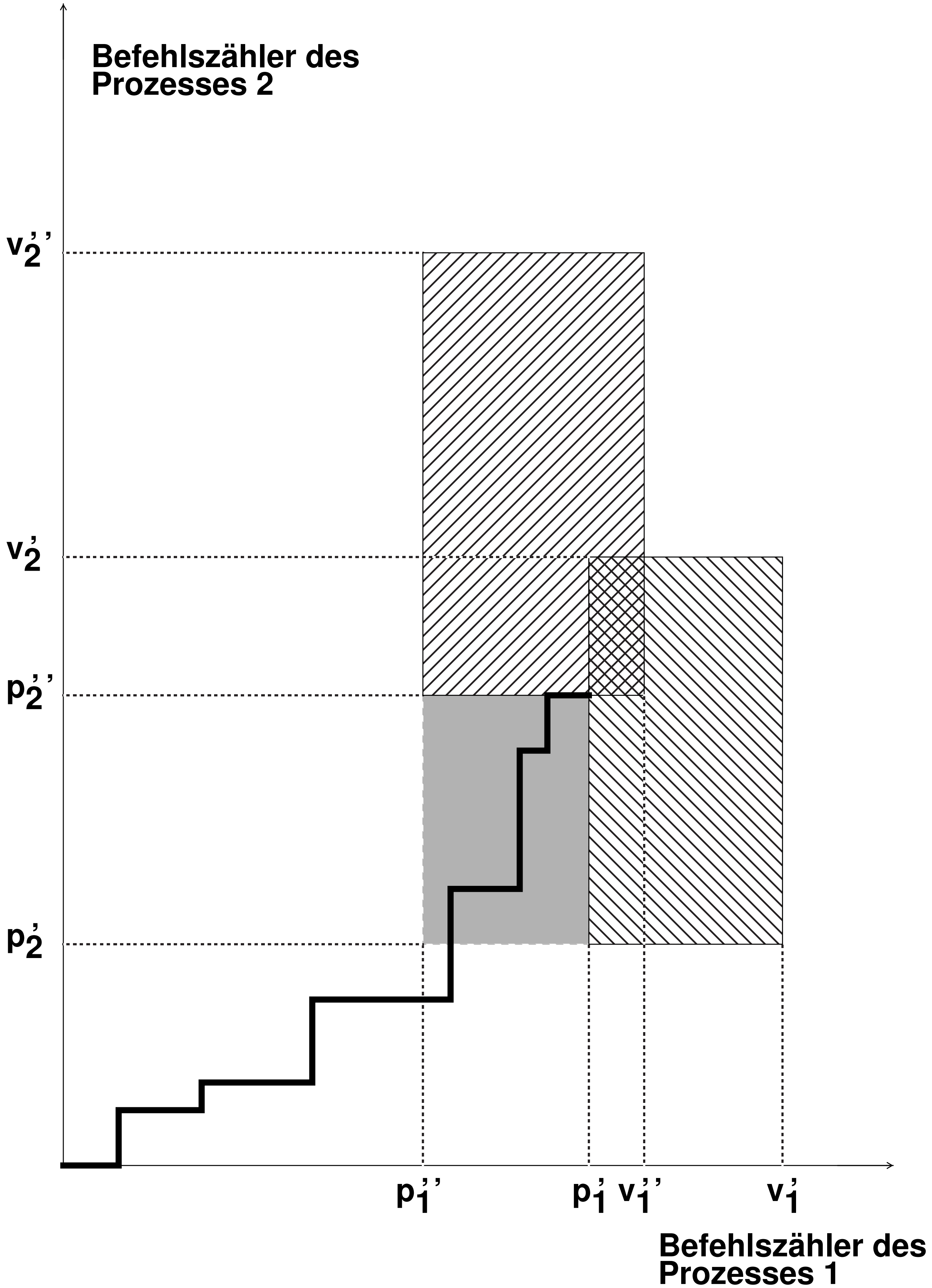
9 Verklemmungen

Eine Menge von Prozessen befindet sich in einer (gegenseitigen) Verklemmung, wenn jeder Prozeß der Menge auf ein Ereignis wartet, das nur ein anderer Prozeß dieser Menge auslösen kann.


Befehlszähler des Prozesses 2
v_2''
v_2'
p_2''
p_2'
p_1''
p_1'
v_1''
v_1'
Befehlszähler des Prozesses 1

Systemverklemmungen

- Notwendige Bedingungen
  - Exklusive Betriebsmittelbelegung.
  - Betriebsmittel können nachgefordert werden.
  - Betriebsmittel können nicht entzogen werden.
  - Existenz eines Ringes von Prozessen, in dem jeder Prozeß auf Betriebsmittel wartet, die der im Ring folgende Prozeß belegt hat.
- Problemkreise
  - Vermeidung von Verklemmungen (durch das Programm, prevention)
  - Verhinderung von Verklemmungen (durch das Betriebsystem, avoidance)
  - Erkennung von Verklemmungen
  - Erholung aus Verklemmungen
- Verhinderung (Banker's Algorithm)
- Erkennung (Betriebsmittelgraph)
- Vermeidung
  - alles sofort
  - vor neuer Anforderung vollständige Freigabe
  - lineare Anordnung der Betriebsmittel

Verhinderung von Verklemmungen in Betriebsmittelsystemen

Zu verwalten seien m Klassen von Betriebsmitteln, wobei das System über v_i Instanzen der i-ten Klasse verfüge. Diese Betriebsmittel seien nur exklusiv benutzbar und nicht entziehbar.

Zu jedem Prozeß sei bekannt, wieviele Instanzen der i-ten Klasse er maximal benötigt.

Worst-Case-Annahme: Jeder Prozeß benötigt während seines Ablaufs seinen Maximalbedarf und gibt erst unmittelbar vor seinem Abschluß von ihm belegte Betriebsmittel wieder frei.

Ein **Zustand** Z eines solchen Betriebsmittelsystems wird beschrieben durch:

- Den Vektor $v = (v_1, v_2, ..., v_m)$ der im System vorhandenen Betriebsmittel.
- Die Vektoren $b_j = (b_{j,1}, b_{j,2}, ..., b_{j,m})$, die den Maximalbedarf der n einzelnen Prozesse angeben $(1 \le j \le n)$.
- Die Vektoren $z_j = (z_{j,1}, z_{j,2}, ..., z_{j,m})$, die angeben, wieviele Betriebsmittelinstanzen der vorhanden Klassen den einzelnen Prozessen bereits zugeordnet sind.

Ein Systemzustand heißt sicher, wenn es eine Reihung der Prozesse gibt, in der sie alle zu Ende gebracht werden können.

Formalisierung

α Befehlsfolge

v dargestellt durch Vektor von Semaphoren

$Z(\alpha)$ Systemzustand nach Ausführung der Befehlsfolge α

<a> Betriebsmittelanforderung (für alle i ist $a_i \geq 0$)

<f> Betriebsmittelfreigabe (für alle i ist $a_i \leq 0$)

Es sei u eine injektive Abbildung der Zahlen von 1 bis k in die Menge der Prozesse. Dann definiert u die Prozeßfolge $U = (P_{u(1)}, P_{u(2)}, \ldots, P_{u(k)})$.

Eine Prozeßfolge heißt vollständig, wenn sie alle Prozesse enthält.

Satz von Habermann

Besitzen in einem Betriebsmittelsystem sämtliche Prozesse die Eigenschaft, daß

1. eine obere Schranke $c \in \mathbb{N}$ für die Länge aufführbarer Befehlsfolgen existiert und

2. in nicht mehr fortsetzbaren Befehlsfolgen jeder Prozeß P_i genau eine Freigabeaktion ausführt, nämlich <b_i>,

so kann nach einer Befehlsfolge α eine künftige Verklemmung dann und nur dann verhindert werden, wenn $Z(\alpha)$ sicher ist.

Satz

In einem Betriebsmittelsystem, das die Voraussetzungen des Satzes von Habermann erfüllt sei der Zustand $Z(\alpha)$ sicher und U eine durch u definierte, sichere Teilfolge. Wenn U nicht vollständig ist, kann es zu einer vollständigen, sicheren Folge V ergänzt werden.

Satz

Sei α ein aktiver Ablauf und $Z(\alpha)$ sicher. Es werde durch Prozeß P_i die Belegung <a> ausgeführt, so daß sich der Betriebsmittelzustand $Z(\alpha \bullet <a>)$ einstellt.

$Z(\alpha \bullet <a>)$ ist sicher, wenn nach Ablauf von <a> eine sichere (nicht notwendig vollständige) Folge existiert, die P_i enthält.

Zustand 1 (sicher)

	zugeteilte BM	Maximalbedarf
Benutzer 1	1	4
Benutzer 2	4	6
Benutzer 3	5	8
noch verfügbar	2	

Zustand 2 (unsicher)

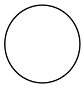
	zugeteilte BM	Maximalbedarf
Benutzer 1	8	11
Benutzer 2	2	5
noch verfügbar	2	

Zustand 3 (sicher → unsicher)

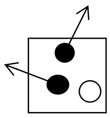
	zugeteilte BM	Maximalbedarf
Benutzer 1	1	4
Benutzer 2	4	6
Benutzer 3	5 → 6	8
noch verfügbar	2 → 1	

Erkennung von Verklemmungen in Betriebsmittelsystemen

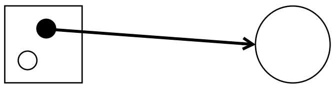
Graphische Darstellung



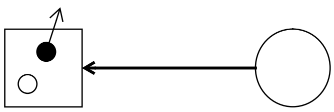
Prozeß



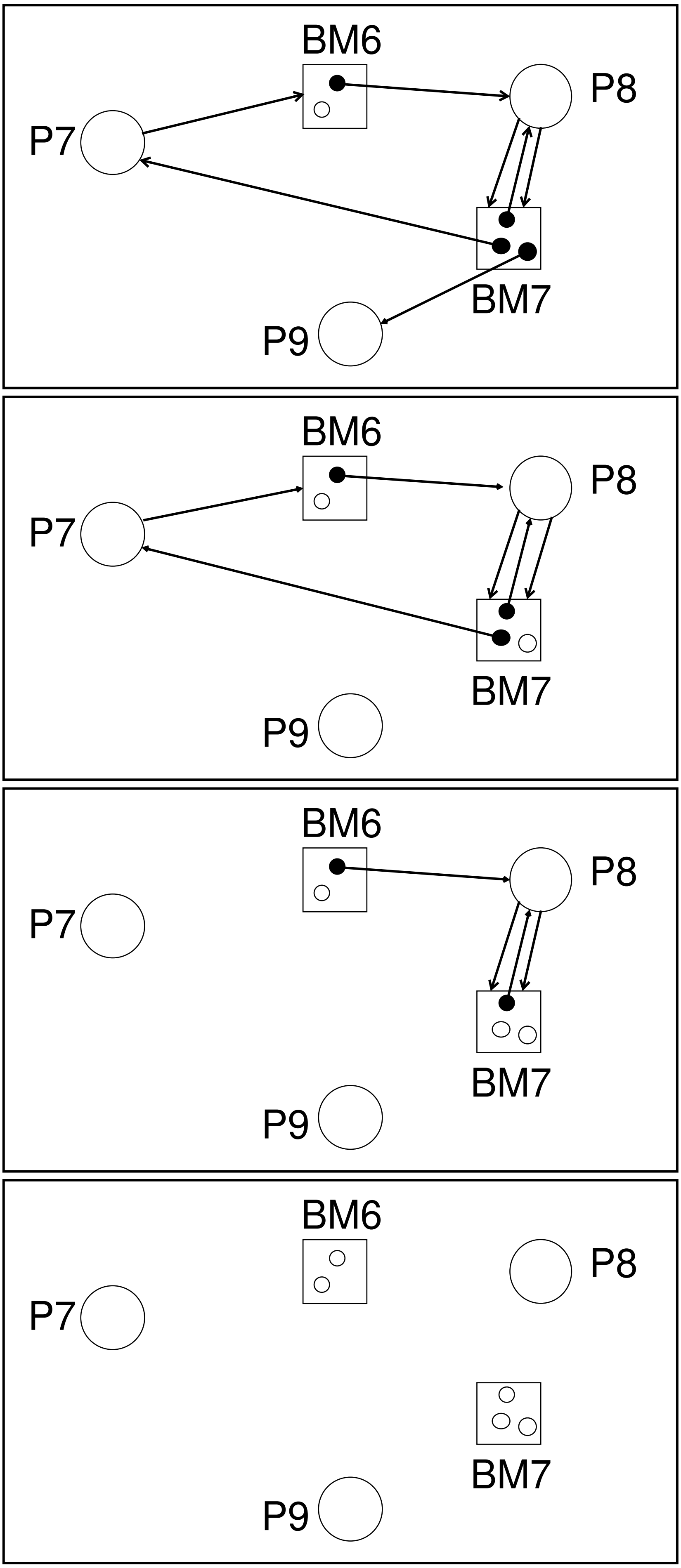
Betriebsmittelklasse mit 2 zugeordneten und
1 freien Instanz



Instanz ist an den Prozeß zugeordnet



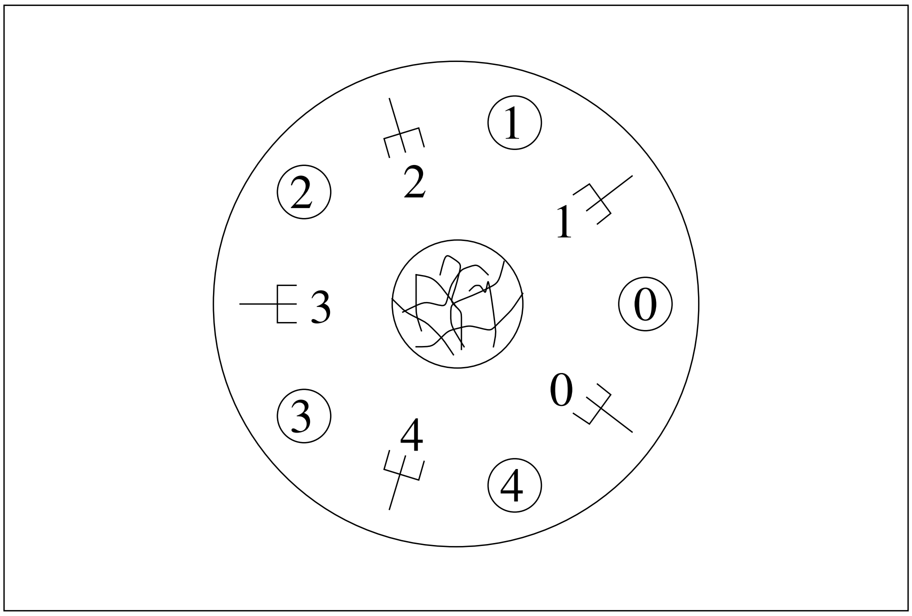
Prozeß fordert eine Instanz an


BM6
P8
P7
BM7
P9
BM6
P8
P7
BM7
P9
BM6
P8
P7
BM7
P9
BM6
P8
P7
BM7
P9

Satz: Notwendige Voraussetzung für eine (partielle) Verklemmung ist, daß im Betriebsmittelgraphen ein Zyklus existiert.

Vermeidung von Verklemmungen

Man definiert auf der Menge der Betriebsmittelklassen eine vollständige Ordnung. Jeder Prozeß fordert Instanzen einer Klasse BM_a nur dann an, wenn alle Klassen, aus denen ihm Instanzen zugeordnet sind, im Sinne dieser Anordnung vor der Klasse BM_a liegen.



Nur zwei Möglichkeiten für Zyklus:

rechtsherum oder linksherum

➥ nur Rechts- oder nur Linkshänder