

Übungen zu Systemprogrammierung 2 (SP2)

Ü 7 – Ringpuffer

Andreas Ziegler, Stefan Reif, Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

SS 2016 – 27. Juni bis 01. Juli 2016

http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS16/V_SP2

27-ABA_handout



Agenda

7.1 Hinweise zur Evaluation

- 7.2 Synchronisation des Ringpuffers
- 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS
- 7.4 Vorteile nicht-blockierender Synchronisation

eval: 2016-03-29



© az, sr, jk

SP2 (Ü 7 | SS 2016)

7 Ringpuffer | 7.1 Hinweise zur Evaluation

7-2

Agenda

- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 Synchronisation des Ringpuffers
- 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS
- 7.4 Vorteile nicht-blockierender Synchronisation

27-ABA_handout



© az, sr, jk

SP2 (Ü 7 | SS 2016)

7 Ringpuffer

7-1

Hinweise zur Evaluation

- Bei Kommentaren, die sich auf einen bestimmten Übungsleiter beziehen, bitte dessen Namen **in jedem Feld** voranstellen
 - Kommentarfelder werden in der Auswertung durcheinandergewürfelt

eval: 2016-03-29



© az, sr, jk

SP2 (Ü 7 | SS 2016)

7 Ringpuffer | 7.1 Hinweise zur Evaluation

7-3

7.1 Hinweise zur Evaluation

7.2 Synchronisation des Ringpuffers

7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS

7.4 Vorteile nicht-blockierender Synchronisation

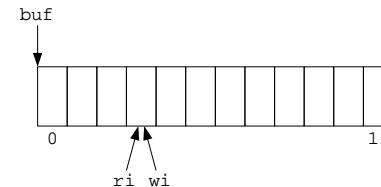


Wettlauf der Leser

- Auslesen des Slots und Inkrementieren des Leseindex ri geschieht nicht atomar
 - Mehrere Threads könnten nebenläufig den selben Slot auslesen
- Es existiert keine Abhängigkeit der Leser untereinander
→ Nicht-blockierende Synchronisation möglich
- Synchronisation mittels *Compare and Swap* (CAS)

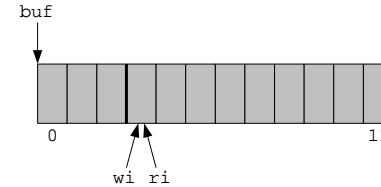


- Leerer Ringpuffer:



- Weiteres Lesen würde noch nicht gefüllten Slot liefern → Unterlauf!

- Voller Ringpuffer:

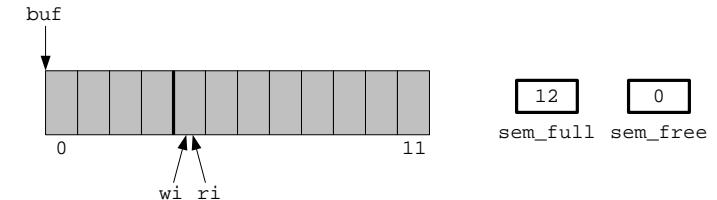


- Weiteres Schreiben würde vollen Slot überschreiben → Überlauf!

- Synchronisation mit Hilfe zweier Semaphore



Wettlauf der Leser



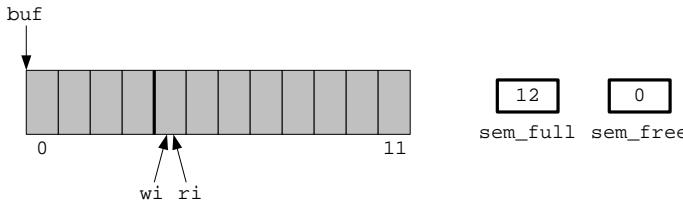
- Erhöhen des Leseindex mittels CAS – vollständig korrekt?

```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do { // Wiederhole...
        pos = ri;                                // Lokale Kopie des Werts ziehen
        npos = (pos + 1) % 12; // Folgewert lokal berechnen
    } while(!cas(&ri, pos, npos)); // ... bis CAS erfolgreich
    fd = buf[pos];
    V(sem_free);
    return fd;
}
```



Wettlauf der Leser

Vorsicht bei CAS!



- Überlausituation: Schreiber blockiert, weil keine Slots frei

```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do {
        pos = ri;
        npos = (pos + 1) % 12;
    } while(!cas(&ri, pos, npos));
    fd = buf[pos];
    V(sem_free);
    return fd;
}
```

W

```
void add(int val) {
    P(sem_free);
    buf[wi] = val;
    wi = (wi + 1) % 12;
    V(sem_full);
}
```

27-ABA_handout

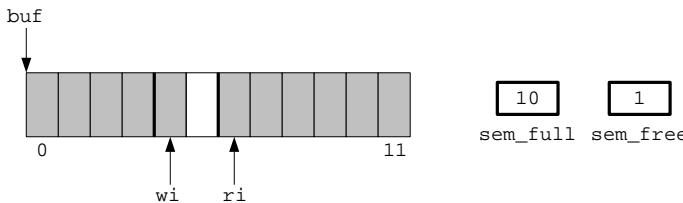
© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.2 Synchronisation des Ringpuffers

7-8

Vorsicht bei CAS!

Wettlauf der Leser

Vorsicht bei CAS!



- R2 durchläuft get() komplett, entnimmt Datum in Slot 5

R1

```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do {
        pos = ri;
        npos = (pos + 1) % 12;
    } while(!cas(&ri, pos, npos));
    fd = buf[pos]; pos: 4 pos: 5
    V(sem_free);
    return fd;
}
```

W

```
void add(int val) {
    P(sem_free);
    buf[wi] = val;
    wi = (wi + 1) % 12;
    V(sem_full);
}
```

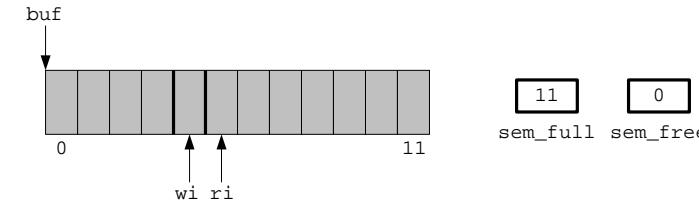
27-ABA_handout

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.2 Synchronisation des Ringpuffers

7-10

Wettlauf der Leser

Vorsicht bei CAS!



- R1 sichert sich Leseindex 4, wird nach erfolgreichem CAS verdrängt

```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do {
        pos = ri;
        npos = (pos + 1) % 12;
    } while(!cas(&ri, pos, npos));
    fd = buf[pos]; pos: 4
    V(sem_free);
    return fd;
}
```

W

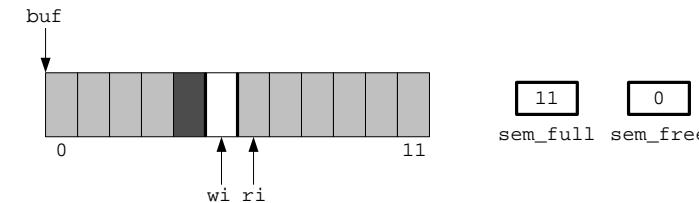
```
void add(int val) {
    P(sem_free);
    buf[wi] = val;
    wi = (wi + 1) % 12;
    V(sem_full);
}
```

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.2 Synchronisation des Ringpuffers

7-9

Vorsicht bei CAS!

Vorsicht bei CAS!



- W wird deblockiert, komplettiert add() und überschreibt Slot 4

R1

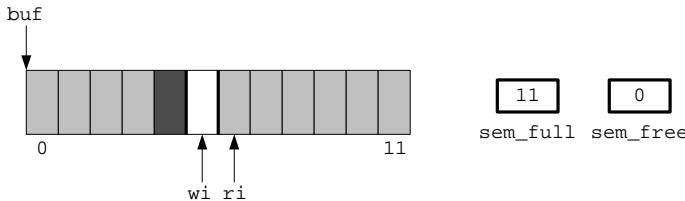
```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do {
        pos = ri;
        npos = (pos + 1) % 12;
    } while(!cas(&ri, pos, npos));
    fd = buf[pos]; pos: 4 pos: 5
    V(sem_free);
    return fd;
}
```

W

```
void add(int val) {
    P(sem_free);
    buf[wi] = val;
    wi = (wi + 1) % 12;
    V(sem_full);
}
```

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.2 Synchronisation des Ringpuffers

7-11



- Ursache: FIFO-Entnahmeeigenschaft des Puffers nicht sichergestellt

```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do {
        pos = ri;
        npos = (pos + 1) % 12;
    } while(!cas(&ri, pos, npos));
    fd = buf[pos];
    pos: 4  pos: 5
    V(sem_free);
    return fd;
}

R1
R2
W
```

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.2 Synchronisation des Ringpuffers 7-12

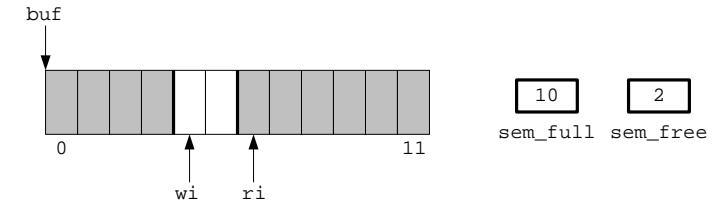
Brauchen wir das `volatile`-Schlüsselwort?

Schreibindex

- Szenario: nur ein Produzenten-Thread
 - Kein nebenläufiger Zugriff auf den Schreibindex
 - `volatile` nicht erforderlich

Leseindex

- Szenario: mehrere Konsumenten-Threads möglich
 - Nebenläufiger Zugriff auf den Leseindex möglich
 - GCC-Doku: `__sync_bool_compare_and_swap()` is considered a full barrier. That is, no memory operand will be moved across the operation, either forward or backward. Further, instructions will be issued as necessary to prevent the processor from speculating loads across the operation and from queuing stores after the operation.
 - `volatile` also nicht falsch, aber nicht zwangsläufig erforderlich



- Lösung: Entnahme des Datums **innerhalb** der CAS-Schleife

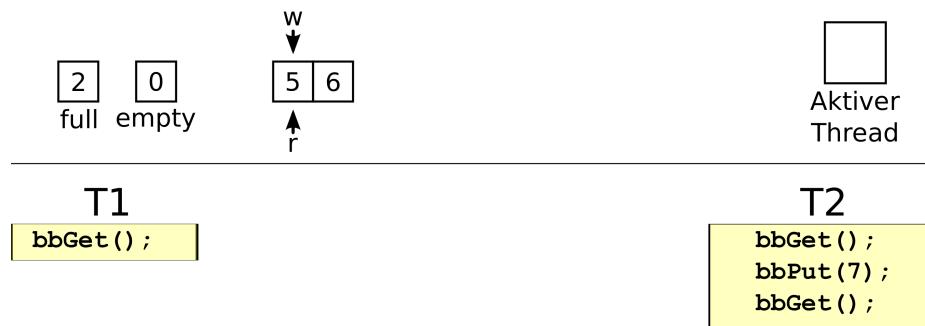
```
int get(void) {
    int fd, pos, npos;
    P(sem_full);
    do {
        pos = ri;
        npos = (pos + 1) % 12;
        fd = buf[pos]; // Datum bereits vorsorglich entnehmen
    } while(!cas(&ri, pos, npos));
    V(sem_free);
    return fd;
}

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.2 Synchronisation des Ringpuffers 7-13
```

Agenda

- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 Synchronisation des Ringpuffers
- 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS
- 7.4 Vorteile nicht-blockierender Synchronisation

ABA-Problem bei der Verwendung von CAS



T2

```
bbGet();  
bbPut(7);  
bbGet();
```

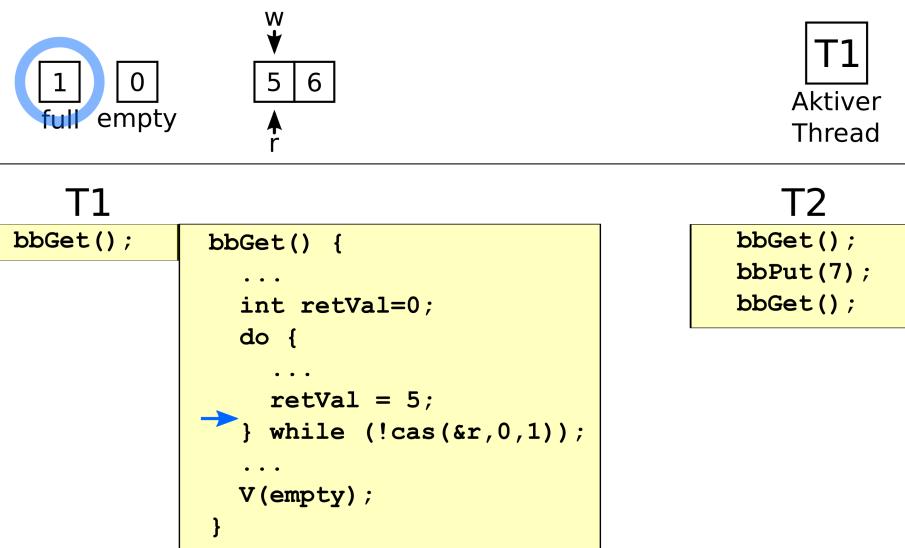
Aktiver Thread

T1

```
bbGet();
```

27-ABA_handout

ABA-Problem bei der Verwendung von CAS



T1

```
bbGet();  
...  
int retVal=0;  
do {  
...  
retVal = 5;  
} while (!cas(&r,0,1));  
...  
V(empty);  
}
```

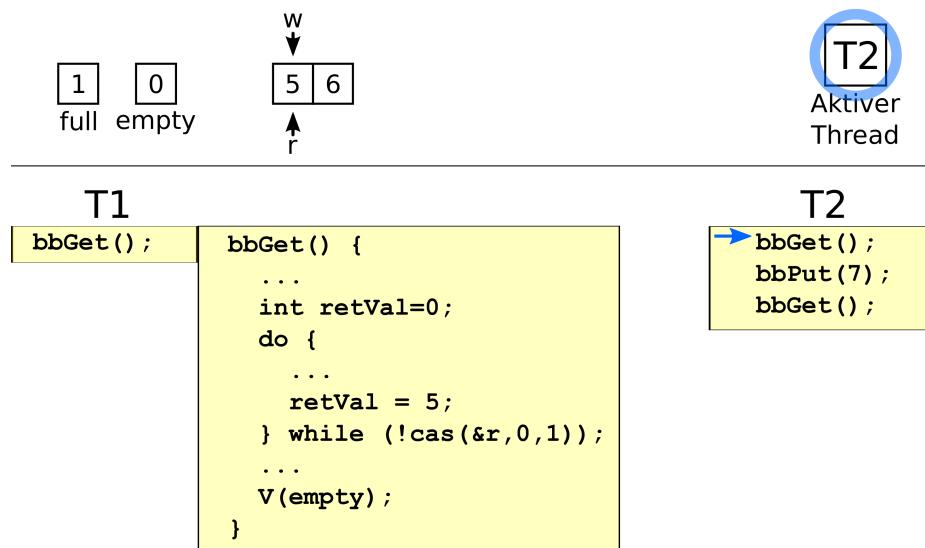
T2

```
bbGet();  
bbPut(7);  
bbGet();
```

T1
Aktiver Thread

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS 7-17

ABA-Problem bei der Verwendung von CAS



T2

```
bbGet();  
bbPut(7);  
bbGet();
```

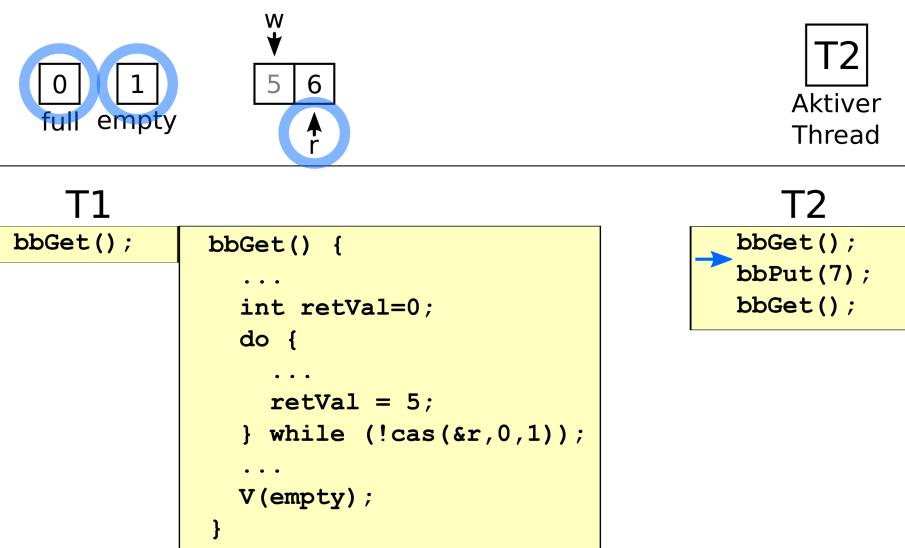
Aktiver Thread

T1

```
bbGet();  
bbGet();  
...  
int retVal=0;  
do {  
...  
retVal = 5;  
} while (!cas(&r,0,1));  
...  
V(empty);  
}
```

27-ABA_handout

ABA-Problem bei der Verwendung von CAS



T1

```
bbGet();  
...  
int retVal=0;  
do {  
...  
retVal = 5;  
} while (!cas(&r,0,1));  
...  
V(empty);  
}
```

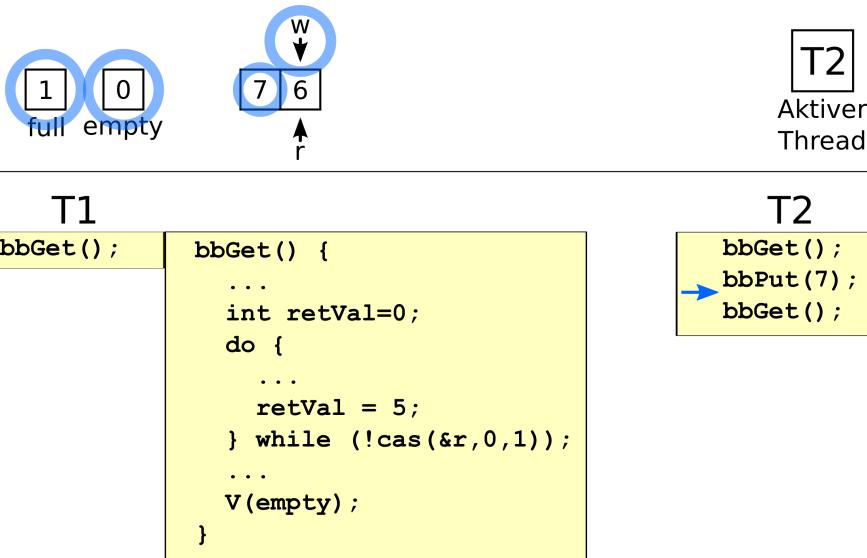
T2

```
bbGet();  
bbPut(7);  
bbGet();
```

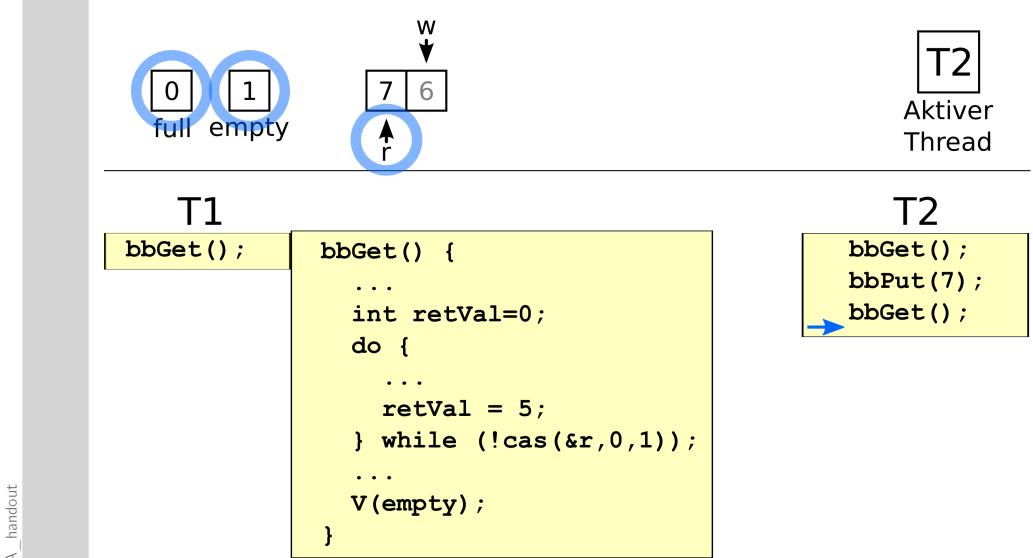
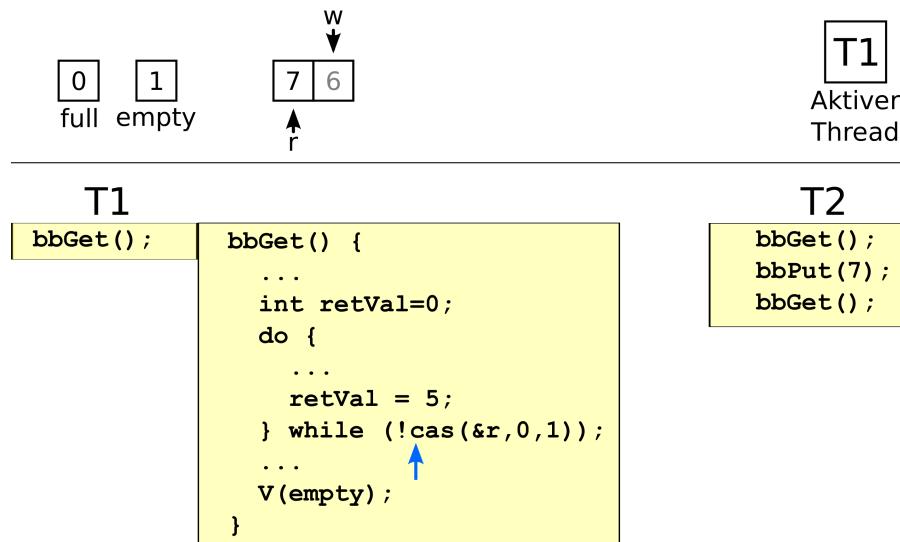
T2
Aktiver Thread

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS 7-19

© az, sr, jk SP2 (Ü 7 | SS 2016) 7 Ringpuffer | 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS 7-16



ABA-Problem bei der Verwendung von CAS



ABA-Problem bei der Verwendung von CAS

- **bbGet()** liefert 5 statt 7 zurück
 - CAS schlägt nicht fehl, weil **r** nach dem Wiedereinlasten des Threads den selben Wert hat wie vor dessen Verdrängung
 - Zwischenzeitliche Wertänderung von **r** wird nicht erkannt
- Grundsätzliches Problem von inhaltsbasierten Elementaroperationen wie CAS
- Erhöhte Auftrittswahrscheinlichkeit, je kleiner der Puffer und je höher die Systemlast
- Gegenmaßnahmen siehe Vorlesung C | X-4 S. 24ff.

- Einführen eines Generationszählers, der bei jeder erfolgreichen Operation inkrementiert wird
- ABA-Situation: Leseindex hat nach Umlaufen des Ringpuffers wieder den alten Wert – aber Generationszähler hat anderen Wert → CAS schlägt fehl
- **Möglichkeit 1:** separate Zählvariable
 - Erfordert *Double-Word-CAS*
- **Möglichkeit 2:** eingebetteter Generationszähler
 - Nutzung der oberen Bits des Leseindex
- Keine hundertprozentige Sicherheit möglich:
 - Generationszähler hat begrenzten Wertebereich und kann überlaufen
 - Je nach Größe des Zählers und konkretem Szenario (hoffentlich) ausreichend unwahrscheinlich



- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 Synchronisation des Ringpuffers
- 7.3 ABA-Problem bei der Verwendung von CAS
- 7.4 Vorteile nicht-blockierender Synchronisation



Vorteile nicht-blockierender Synchronisation

- Vorteile gegenüber sperrenden oder blockierenden Verfahren (Auswahl):
 - Rein auf Anwendungsebene, keine teuren Systemaufrufe
 - Geringere Mehrkosten als bei Locking, wenn die CAS-Operation auf Anhieb funktioniert
 - Konkurrierende Fäden werden vom Scheduler nach dessen Kriterien eingeplant
 - Durch Locks wird eine Abhängigkeit vom Halter des Locks geschaffen:
 - Halter des Locks wird möglicherweise im kritischen Abschnitt verdrängt
 - Der „Zweite“, „Dritte“ usw. werden durch den „Ersten“ verzögert
- In unserem konkreten Anwendungsbeispiel kommen diese Vorteile nicht wirklich zum Tragen
 - Übungsbeispiel zum Begreifen des Konzepts

