PVK Technische Informatik 2

(Teil 2)

Michael Wolf

21.06.2016

Programm

Storage Hashing Datenbanken & SQL Concurrency & Locks

Montag

- Kommunikation
  - Link Layer (+ Security)
  - Network Layer
  - Transport Layer
  - Application Layer
- Markov-Ketten

Dienstag

- Speicher
  - Storage
  - Dictionaries & Hashing
  - Datenbanken & SQL
- Concurrency & Locks

Grafisches Material, welches nicht selber erstellt wurde und keine weitere Referenzangabe besitzt, stammt aus dem Vorlesungsmaterial von Prof. Dr. R. Wattenhofer.

Storage

Inhalt

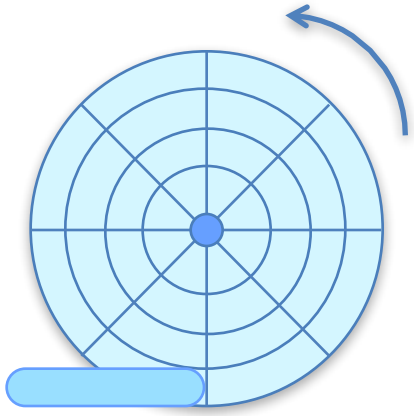
- Hard Disk Drives
- Disk Scheduling
- Flash-Based Solid-State Drives
- Files und Directories

Hard Disk Drives

- Disk mit grosser Anzahl Sektoren
- **Sektor** → 512-Byte Block
  - Kann beschrieben und gelesen werden
  - Durchnummeriert von 0 bis n – 1 (Adressraum)
- **Zugriff**
  - Sequentiell (schnell)
  - Random Access (langsamer)

Hard Disk Drives

- **Platten** → Eigentlicher Träger der Daten
- **Surface** → Eine Seite des Platters
- **Rotation** → Rotations per minute (RPM)
  - Zeit für eine Umdrehung in ms: 60‘000 / RPM
- **Track** → Zyklische Anordnung der Sektoren auf Platte
- **Disk-Kopf** → Schreibt und liest

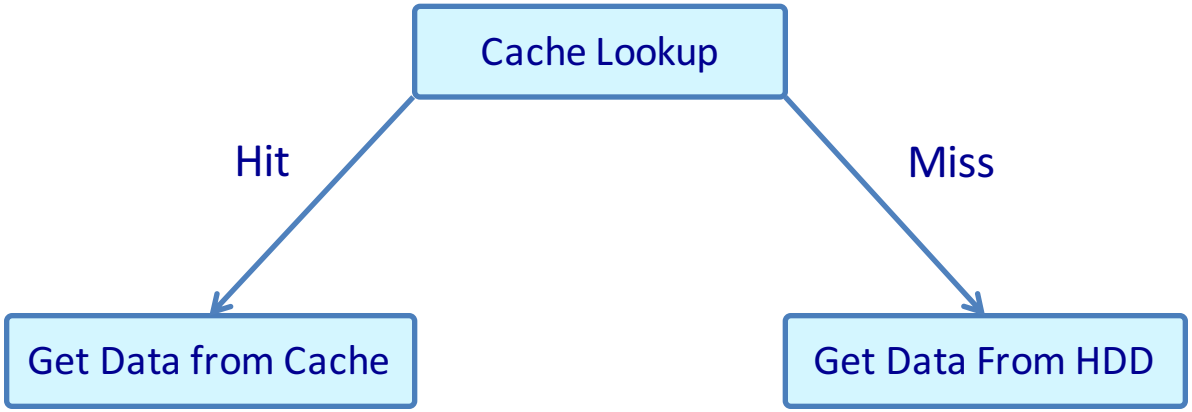


Hard Disk Drives

- **Seek Time** → Richtige Spur finden
  - Meist absolut angegeben
- **Rotational Delay** → Richtigen Sektor auf der Spure finden
  - Durchschnitt: R/2
  - RPM umrechnen (60‘000 : RPM = Delay in ms)
- **Transfer Time** → Daten schreiben oder lesen
  - Datenmenge / Transferrate
- **Cache** → Schnellerer, kleinerer Speicher
  - Cache Hit / Miss
  - Zugriff auf HDD nur bei Cache Miss

$$T_{I/O} = T_{seek} + T_{rotation} + T_{transfer}$$

Hard Disk Drives



Disk Scheduling

- In welcher Reihenfolge sollen die Requests abgearbeitet werden?
- **Shortest-Seek-Time-First (SSTF)** → Naheste Spur wählen
- **Nearest-Block-First (NBF)** → Geringste Abweichung in der Adresse des Blocks
- **SCAN** → Bewegt sich hin und her auf der Disk
- **C-SCAN** → Bewegt sich nur von aussen nach innen
- **F-SCAN** → Friert die Warteschlange ein (vermeidet Starvation)
- **Shortest Positioning Time First** → Berücksichtigt Seek Time und Rotational Delay

Disk Scheduling

- **Shortest-Seek-Time-First (SSTF)** → Naheste Spur wählen

Innenseite

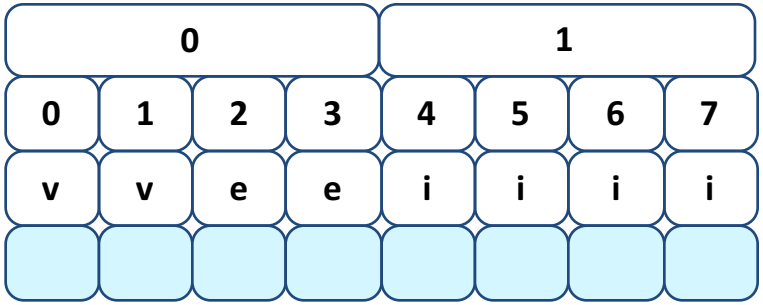
0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39

Plattenrotation

Aussenseite

Flash-Based SSDs

- SSD → Solid-State Storage
- Organisiert in **Blocks** und **Pages**
- 3 mögliche Operationen
  - Read (Page): Random Access
  - Erase (Block)
  - Program (Page)
- 3 mögliche Zustände einer Page
  - Invalid (Anfangszustand)
  - Erased
  - Valid



Flash-Based SSDs

- **Flash Translation Layer (FTL)**
  - Übersetze logische Requests in Read, Erase and Program
- **Direct Mapped** → Logische Addresse = Physikalische Addresse
  - Pages müssen gesucht, erased und geschrieben werden
- **Log-Structured FTL** → Benutzt „Logging“
  - Nächster freier Platz im Speicher wird verwendet
  - Benötigt Mapping Table (Page / Block Level): Kann sehr gross werden
  - Benötigt Garbage Collector: „Dead Blocks“ finden
- **Hybrid Mapping** → Kombination aus Page und Block Level Mapping

Flash-Based SSDs

- 3, 4, 0 (alles Schreibzugriffe)
- Direct Mapped

0				1			
0	1	2	3	4	5	6	7
v	e	e	v	v	e	e	e
C			A	B			

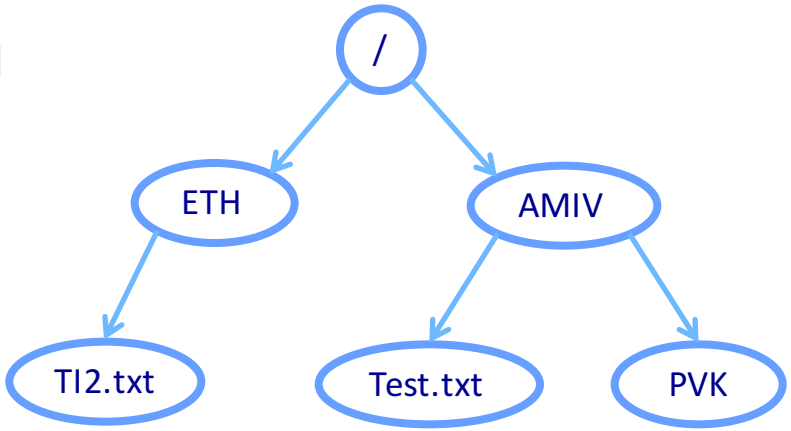
- Log Structure

0				1			
0	1	2	3	4	5	6	7
v	v	v	e	i	i	i	i
A	B	C					

3 → 0
4 → 1
0 → 2

Files und Directories

- Speicher virtualisieren
- **File** → Linearer Array, der beschrieben oder gelesen werden kann
  - Haben einen Low-Level Namen: Meistens seine Inode Nummer
- **Directory** → Liste mit Paaren aus Namen und Inode Nummern
  - Besitzen ebenfalls einen Low-Level Namen
- **Directory Tree** → Root Directory als Wurzel
- **Absolute Pfadnamen** → Von Wurzel aus

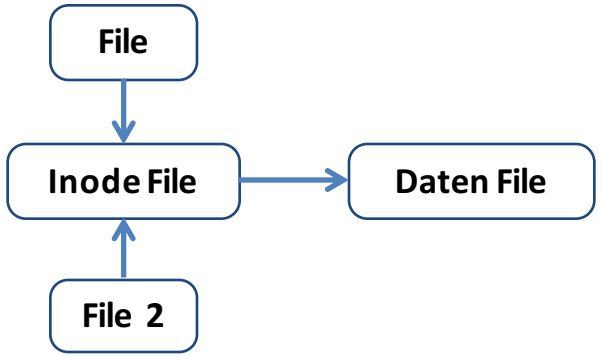


Files und Directories

- Datei erstellen → int fd = open("foo", O_CREAT | O_WRONLY | O_TRUNC);
  - Open gibt File Descriptor zurück (int-Wert)
  - Platziert Datei in aktuellem Directory
- Datei lesen → cat foo
- Datei schreiben → echo hello > foo
- Datei umbenennen → mv foo bar
- Dateiinformationen → stat foo
- Dateien löschen → rm foo
- Directory erstellen → mkdir foo
- Directory löschen → rmdir foo

Files und Directories

- **Hard Link** → ln file file2
  - Referenz auf selbe Inode Nummer
  - Datei wird nicht kopiert
  - Keine Unterscheidung zwischen „Original“ und „Kopie“
  - Keine Hard Links auf Directories oder Files anderer Disk Partitions
  - Reference / Link Count in Inode
- **Symbolic / Soft Link** → ln –s file file2
  - Soft Link ist ein spezielles File
  - Daten = Pfadname der anderen Datei
  - Dangling References

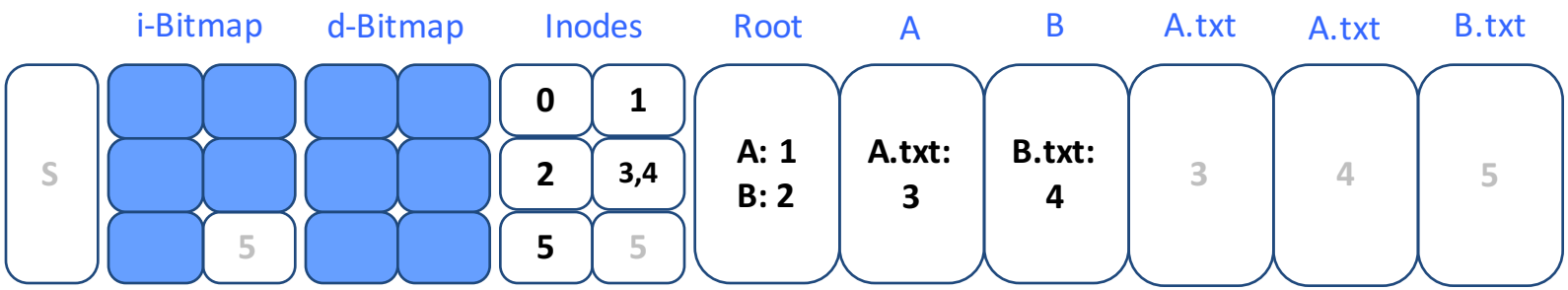


File System Implementation

- **Blöcke** → Grundeinheit des Disks
- Aufteilung des Disks
  - Datenregion
  - Inode Table
  - Data Bitmap
  - Inode Bitmap
  - Superblock
- **Inodes** → Direct / Indirect Pointer (Multi-Level Index)
  - Indirect: Berechne Anzahl möglicher Pointer

File System Implementation

- Only root directory
- Create directory A (1 Block)
- Create directory B (1 Block)
- Create file A.txt (2 Blocks) in A
- Create file B.txt (1 Block) in B



Empfohlene Übungen

- **Serie 9**
  - Aufgabe 1 (Basic)
  - Aufgabe 2 (Basic)
  - Aufgabe 3 (Basic)

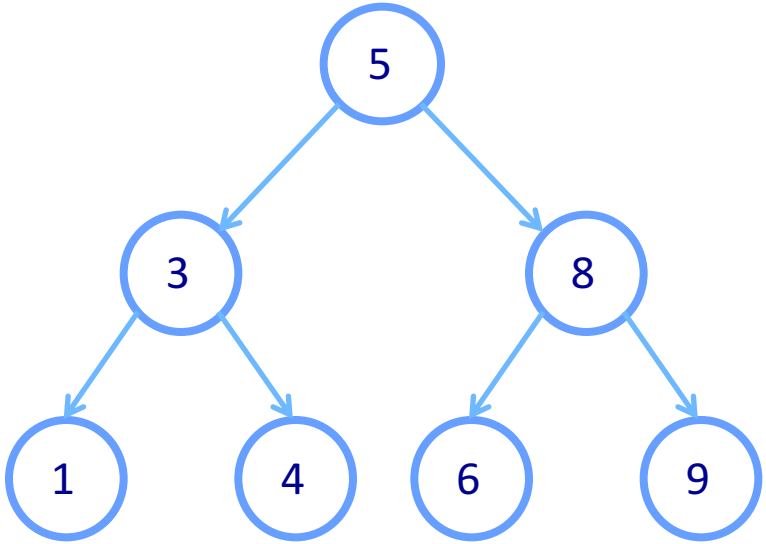
Dictionaries & Hashing

- Grundlagen & Binary Search Trees
- Hashing
- Collisions
- Worst Case

Grundlagen & Binary Search Trees

- Objekte speichern → Jedes Objekt wird durch „Key“ (Nummer) identifiziert
- Wichtigste Operationen → **Search, insert, delete**
  - Static Dictionary → Nur search möglich
  - Dynamic Dictionary → Auch insert und delete möglich
- **Binary Search Tree** → Konzept, um Objekte zu speichern
  - Linkes Kind immer kleinerer Key
  - Rechtes Kind immer grösserer Key
  - Average O(log n)
  - Worst Case O(n)

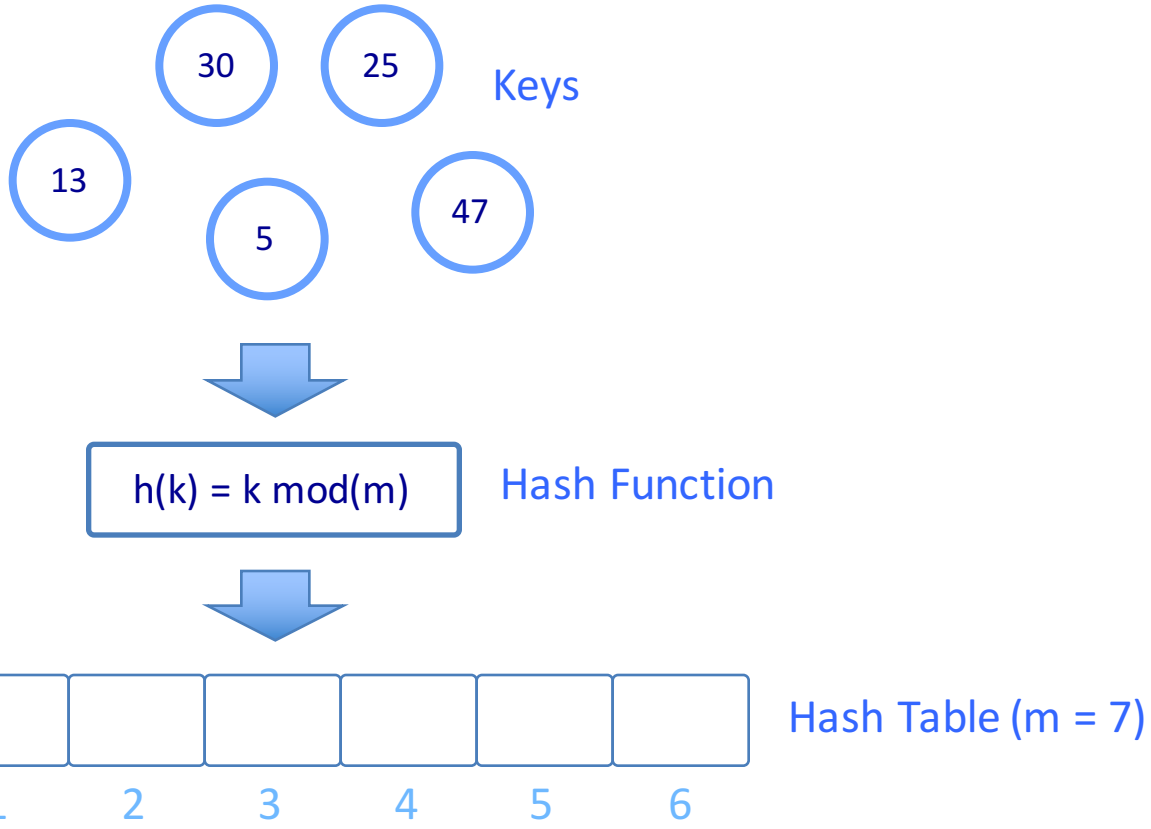
Grundlagen & Binary Search Trees



Hashing

- **Keys** → Identifikation für Objekt
- **Universe (U)** → Alle möglichen Keys
- **Key Set (N)** → Für das Problem relevante Keys
  - Subset of U
  - |N| = n
- **Hash Table (M)** → Array, wo die Keys gespeichert werden
  - Länge m
- **Bucket M[i]** → Platz in Array
- **Hash Function h(k)** → Weist jedem Key in U einen Bucket im Array zu
  - Simples Beispiel: h(k) = k mod(m)

Hashing


30
25
Keys
13
47
5
h(k) = k mod(m)
Hash Function
Hash Table (m = 7)
0
1
2
3
4
5
6

Hashing

- **Collision** → Falls für zwei unterschiedliche Keys k & l gilt: h(k) = h(l)
  - **Hashing with Chaining** (Perfect Static Hashing): Pointer z.B. auf Liste
  - **Hashing with Probing**: Alternativen Bucket finden
- **Load factor** $\alpha = n / m$
  - In Java, falls $\alpha > 0.75$ → Grösse von Hash Table wird verdoppelt
- Wie gross soll die Hash Table gewählt werden
  - Nicht zu gross, damit Memory gespart wird
  - Nicht zu klein, um Zahl der Collisions klein zu halten
- **Universal Hashing** → Falls h in universalen Familie von Hash Functions ist, gilt:
  - $Pr[h(k) = h(l)] = 1/m$ → Die Keys werden gut über die Hash Table verteilt

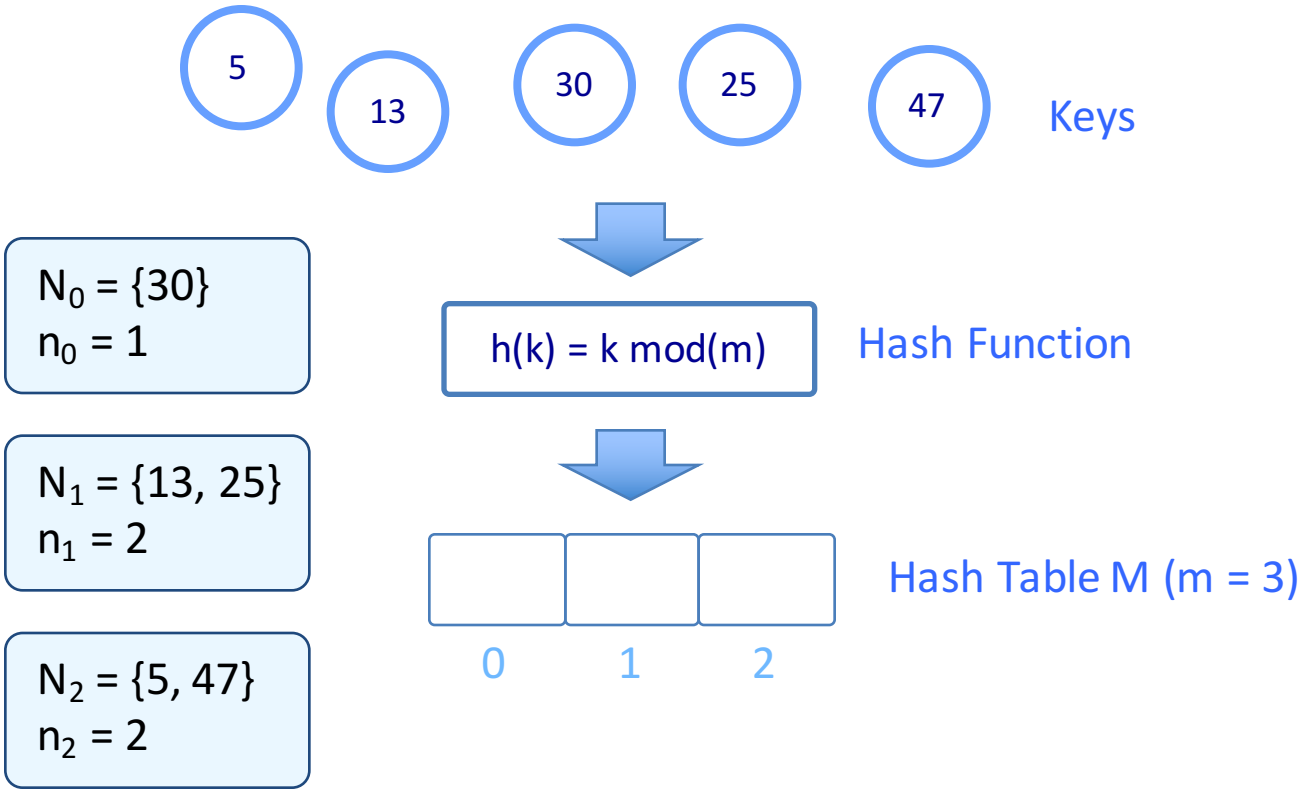
Perfect Static Hashing (Hashing with Chaining)

Algorithm 6.12 Perfect Static Hashing

Input : fixed set of keys N
Output : Primary hash table M and secondary hash tables M_i
Function: $N_i := \{k \in N : h(k) = i\}$
Function: $n_i := |N_i|$

N_i → Menge von allen Keys, welche auf Bucket i abgebildet werden
n_i → Anzahl Elemente in N_i

Perfect Static Hashing (Hashing with Chaining)



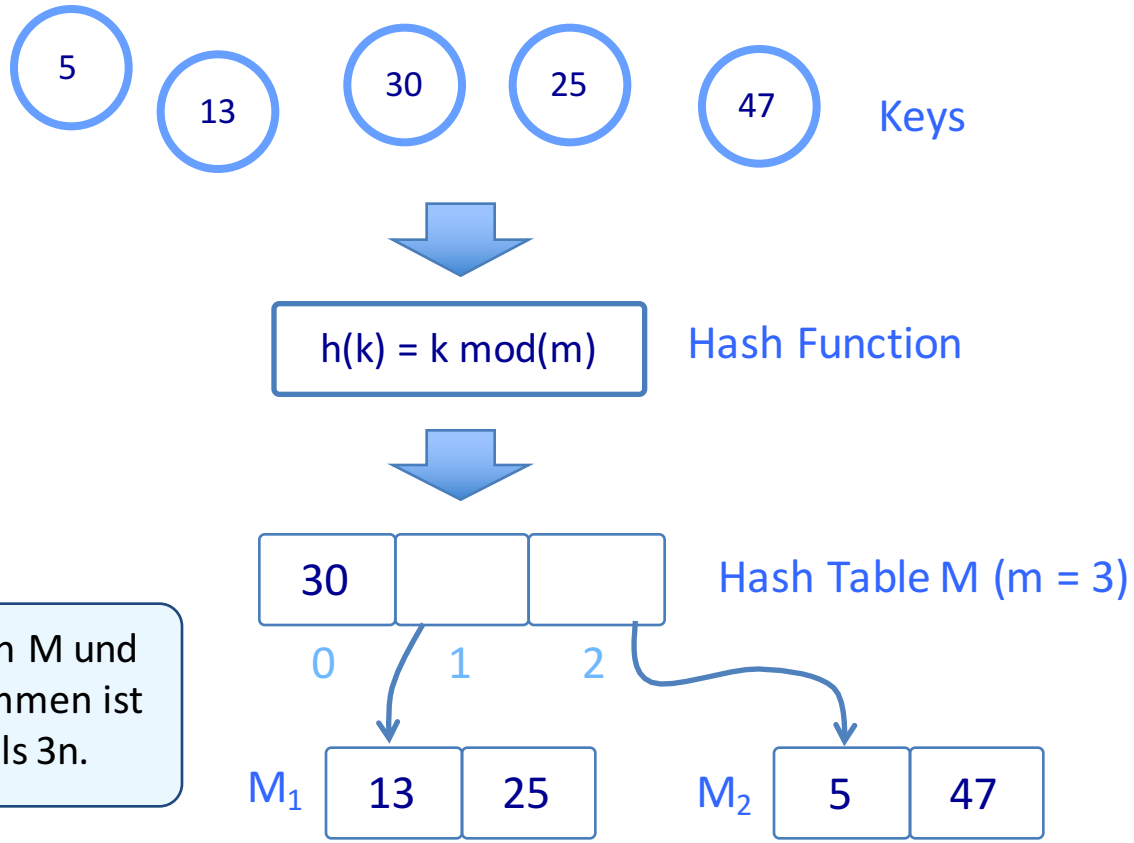
Perfect Static Hashing (Hashing with Chaining)

Algorithm 6.12 Perfect Static Hashing

Input : fixed set of keys N
Output : Primary hash table M and secondary hash tables M_i
Function: $N_i := \{k \in N : h(k) = i\}$
Function: $n_i := |N_i|$

1: $M :=$ hash table with n buckets
2: **repeat**
3: $\quad h :=$ hash function $N \to M$
4: **until** $C(h, N) < n$
5: **for** $i \in M$ **do**
6: $\quad M_i :=$ hash table with $2\binom{n_i}{2} = n_i(n_i - 1)$ buckets
7: $\quad$ **repeat**
8: $\quad\quad h_i :=$ hash function $N_i \to M_i$
9: $\quad$ **until** $C(h_i, N_i) < 1$
10: **end for**
11: **return** $(M, h, (M_i)_{i\in[m]}, (h_i)_{i\in[m]})$

Perfect Static Hashing (Hashing with Chaining)



Die Grösse von M und allen M_i zusammen ist stets kleiner als 3n.

Hashing with Probing

- Drei Strategien → Linear Probing, Quadratic Probing, Double Hashing

Type	$h_i(k)$	$\approx$ cost successful	$\approx$ cost unsuccessful
Linear probing	$h(k)+i$	$\frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{(1-\alpha)^2}\right)$	$\frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{1-\alpha}\right)$
Quadratic probing	$h(k)+i^2$	$\frac{1}{1-\alpha}+\ln\frac{1}{1-\alpha}-\alpha$	$1+\ln\frac{1}{1-\alpha}-\frac{\alpha}{2}$
Double hashing	$h_1(k)+i\cdot h_2(k)$	$\frac{1}{1-\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}\ln\left(\frac{1}{1-\alpha}\right)$

→ 7

21		30		11		13
0	1	2	3	4	5	6

h(k) = k mod(7)

Cuckoo Hashing (Alternativer Ansatz)

Algorithm 6.19 Cuckoo Hashing Insert

Input : key $k \in U$ we want to insert; counter `limit` specifying the maximum number of tries

Data Structures: arrays M_1, M_2 of equal size

Functions : hash functions $h_1 : U \to M_1, h_2 : U \to M_2$; chosen independently and uniformly at random from universal families

k = 14, limit = 7

16		10		4		22
0	1	2	3	4	5	6

$h_1(k) = k - 1 \bmod(7)$

7		23		11		27
0	1	2	3	4	5	6

$h_2(k) = k \bmod(7)$

Cuckoo Hashing (Alternativer Ansatz)

```
1: if M1[h1(k)] = k or M2[h2(k)] = k then
2:    return
3: end if
4: t := 1
5: while t ≤ limit do
6:    swap k with M1[h1(k)]
7:    if k = ⊥ then
8:       return
9:    end if
10:   swap k with M2[h2(k)]
11:   if k = ⊥ then
12:      return
13:   end if
14:   t := t + 1
15: end while
16: rehash()
17: CuckooHashingInsert(k, limit)
```

Element schon vorhanden

Tausche k mit $M_1[h_1(k)]$

Tausche k mit $M_2[h_2(k)]$

Empfohlene Übungen

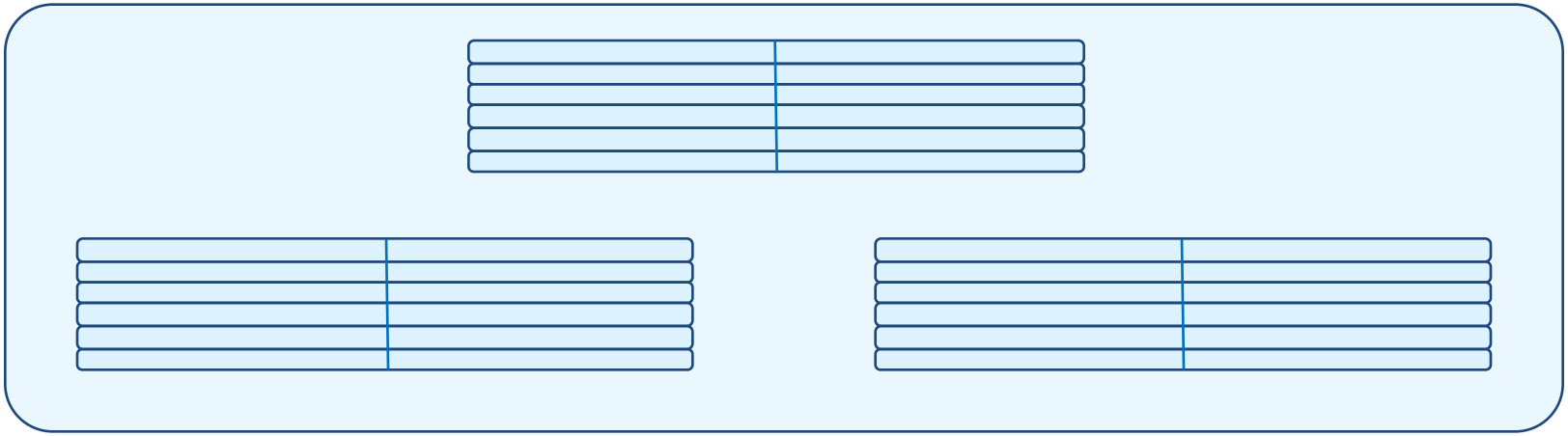
- **Serie 6**
  - Aufgabe 2 (Basic)
  - Aufgabe 5 (Advanced)

Inhalt

- Grundlagen Datenbanken
- SQL Basics
- Modeling
- Joins
- Keys & Constraints
- Indexing

Grundlagen Datenbanken

- **Tabelle** mit Rows und Columns
- **Row / Zeile** → Enthalten alle die gleichen Felder
- **Column** → Jedes Feld hat eine Spalte
- **Datenbank** → Ansammlung von Tabellen



SQL Basics

- **Data (Column) Types**
  - CHARACTER(m) → Fixe Länge, max. m
  - CHARACTER VARYING(m) → Variable Länge, max. m
  - BIT(m) & BIT VARYING(m)
  - NUMERIC, DECIMAL, INTEGER, SMALLINT
  - FLOAT, REAL, DOUBLE PRECISION
  - DATE, TIME
  - INTERVAL → Zeitintervall

SQL Basics

- **Datenbank initialisieren**

```
CREATE DATABASE moviedb; → Erstellen einer neuen Datenbank
USE moviedb;
CREATE TABLE movies (
        title CHARACTER VARYING(200) NOT NULL,
        director CHARACTER VARYING(200) DEFAULT 'Steven Spielberg',
        year INTEGER
);
```

SQL Basics

- **Tabelle mit Einträgen füllen**

```
INSERT INTO movies → Welche Tabelle wird verwendet
        (title, director, year) VALUES
        (`12 Angry Men`, `Sidney Lumet`, 1957),
        (`Raiders of the Lost Ark`, `DEFAULT`, 1981),
        (`Wars of the Worlds`, `DEFAULT`, 2005),
;
```

SQL Basics

➢ Daten auslesen

```
SELECT * FROM movies;
SELECT * FROM movies WHERE director = 'Steven Spielberg';
SELECT title FROM movies WHERE year BETWEEN 1990 AND 1999;
SELECT * FROM movies WHERE title IS NULL OR director IS NULL;
SELECT title, director FROM movies WHERE title LIKE '%the%';
```

SQL Basics

- **Daten auslesen**

```
SELECT MIN(year) FROM movies;
SELECT AVG(year) FROM movies WHERE director='Sidney Lumet';
SELECT COUNT(*) FROM movies;
SELECT COUNT(DISTINCT director) FROM movies;
```

- MIN, MAX, AVG → Beziehen sich auf einzelnes Feld
- COUNT(*)
- COUNT(DISTINCT director)

SQL Basics

➢ Daten auslesen

```
SELECT director, COUNT(title) FROM movies GROUP BY director;
SELECT director, COUNT(title) FROM movies GROUP BY director
        HAVING COUNT(title)>10;
SELECT year, director, COUNT(title) FROM movies
        GROUP BY director, year
        ORDER BY year DESC, director ASC;
```

Director	COUNT(title)
Director 1	12
Director 2	5

Modeling

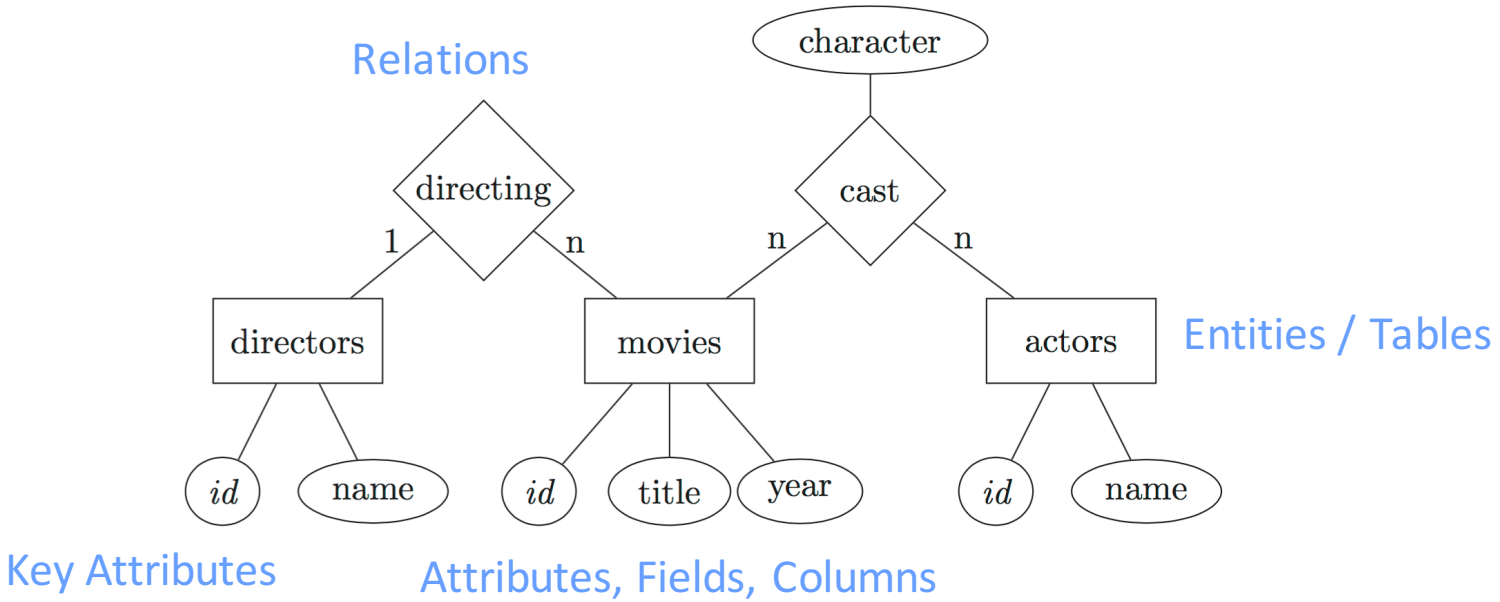
- **Ziel** → So wenig duplizierte Info in der Datenbank wie möglich

Movie	Director	Year	Actors
Movie 1	Director 2	1995	A, B, D, F
Movie 2	Director 1	2000	A, B
Movie 3	Director 3	1995	B, D, F
Movie 4	Director 1	2012	D

- **Entity-Relationship (ER) Diagramme** → Graphische Repräsentation

Modeling

- **Entity-Relationship (ER) Diagramme**



Modeling

- **Entity-Relationship (ER) Diagramme**

  - Jede Tabelle sollte ein Key Attribute haben (ID)

  - n-to-n Relations sind Tabellen mit Spalten für jedes Key Attribute

  - 1-to-n & 1-to-1 Relations → Wie n-to-n oder Key von 1-Seite in Tabelle speichern

ACTORS	
ID	**Name**
1	A
2	B

MOVIES			
ID	**Title**	**Year**	**AC_ID**
1	MOV1	1990	2
2	MOV2	2000	1

CAST		
AC_ID	**Char.**	**MO_ID**
1	AAA	2
2	BBB	1

Joins

- **Zweck** → Zugang zu Daten aus anderen Tabellen erhalten

```
SELECT movie.title, director.name AS director, movie.year FROM movie
    INNER JOIN director ON movie.director id = director.id;
```

- Für `director.name` muss auf Tabelle `director` zugegriffen werden
- AS → Aliasing / Neubenennung
- **INNER JOIN** → Condition für spez. Auswahl, nur Matches werden übernommen
- **LEFT OUTER JOIN** → Matches und alle Zeilen der linken Tabelle
  - Leere Felder werden mit NULL gefüllt
- **RIGHT OUTER JOIN**
- **FULL OUTER JOIN**

Keys & Constraints

- **Unique Key** → Eine / Mehrere Spalten, welche Zeile eindeutig bestimmen
- **Primary Key** → Designated Unique Key
- **Foreign Key** → Referenz auf Primary Key einer anderen Tabelle

```
ALTER TABLE movies ADD CONSTRAINT UNIQUE (actor_id, character, movie_id);
ALTER TABLE director ADD PRIMARY KEY id;
ALTER TABLE movies
        ADD FOREIGN KEY (director_id) REFERENCES director;
```

- Die Kombination an Werten muss einmalig sein

Indexing

- **Index** → Datenstruktur, welche Suchen beschleunigt
- Ohne Index muss jeweils ganze Tabelle durchsucht werden
- Häufig werden Hash-Tabellen verwendet

```
CREATE INDEX directorid ON director USING HASH (id);
```

Empfohlene Übungen

- **Serie 7**
  - Aufgabe 2 (Basic)
  - Aufgabe 3 (Advanced)
  - Aufgabe 4 (Advanced)

Concurrency & Locks

Inhalt

- Concurrency
- RMW Instruktionen
- Semaphore
- A-Lock
- MCS Lock
- Locks für Mengen
- Locks für Hashing

Prozesse

- Prozesse können **independent** oder **cooperating** sein
- Prozesse kommunizieren durch **Shared Memory** oder **Message Passing**
  - Zum Beispiel Arrays für Shared Memory
  - Zum Beispiel Sockets oder Pipes (ls | more) für Message Passing

Concurrency

- **Race Condition** → Resultat einer Ausführung hängt Reihenfolge ab

```
x = 3;
y = 4;
z = x * y;
```

```
x = 2;
y = 3;
z = x + y;
```

x = 3;	x = 2;	x = 3;
y = 4;	y = 3;	y = 4;
z = 12;	z = 5;	x = 2;
x = 2;	x = 3;	z = 6;
y = 3;	y = 4;	y = 3;
z = 5;	**z = 12;**	**z = 6;**

- **Critical Section** → Zeilen in Code von Prozess mit Shared Resources

```
x = 3;
y = 4;
x = x + 2;
z = x * y;
```

```
a = 1;
x = 3;
y = 4;
z = x * y;
b = 2;
a = a * b;
```

Concurrency

- **Critical Section Problem** → Wollen koordinierten Ablauf garantieren
  - Mutual Exclusion: Nur ein Prozess in Critical Section
  - Progress: Prozesse in normalem Kontext haben keinen Einfluss
  - Bounded Waiting: Prozesse müssen nicht ewig auf Zutritt warten
- **Preemptive / Nonpreemptive** → Kann Prozess Ressource entnommen werden?
- **Atomare Operation** → „Uninterruptable“

Caches

- Prozessor-eigener Speicher
- Klein aber schnell
- Cache Hit und Cache Miss
- Cache Kohärenz
  - Daten müssen immer up-to-date sein

Read-Modify-Write (RMW) Instruktionen

- „Synchronized“
- Sind atomar!
- **TestAndSet**
- **GetAndIncrement**
- **CompareAndSwap**

```
synchronized int testAndSet () {
        int prior = value;
        value = 1;
        return prior; }
```

```
synchronized int getAndIncrement () {
        int prior = value;
        value = value + 1;
        return prior; }
```

```
synchronized int compareAndSwap (int old, int new) {
        int prior = value;
        if (value == old) value = new;
        return prior; }
```

Locks

- Ansatz für Mutual Exclusion

```
do {
        aquire lock;
        critical section
        release lock;
        remainder section
} while (TRUE);
```

- Verwenden RMW Instruktionen, um Lock zu implementieren

Lock mit TestAndSet (TAS) / GetAndSet

- RMW Instruktion

```
synchronized int testAndSet () {
        int prior = value;
        value = 1;
        return prior; }
```

- Locking

```
Public void lock() {
        while (state.testAndSet()) {}   }
```

- Unlock

```
Public void unlock() {
        state.set(0);   }
```

Lock mit TestAndTestAndSet (TTAS)

- RMW Instruktion

```
synchronized int testAndSet () {
        int prior = value;
        value = 1;
        return prior; }
```

- Locking

```
Public void lock() {
        while (true)  {
                while (state.get())  {}
                if (!state.getAndSet())
                        return;
        }
}
```

Peterson Algorithmus

- Erster (Software) Ansatz für Mutual Exclusion (zweier Prozesse)
- Shared Resources
  - int turn;
  - boolean flag[2];

```
do {

        flag[i] = TRUE;
        turn = j;
        while (flag[j] && turn == j);

        critical section

        flag[i] = FALSE;

        remainder section

} while (TRUE);
```

Semaphore

- (Hardware) Ansatz für Mutual Exclusion
- Integer Variable (S)
- 2 atomare Operationen
  - **Wait()**
  - **Signal()**
- 2 Varianten
  - **Counting Semaphore:** Wert von S > 1
  - **Binäre Semaphore (Mutex Lock)**
- Problem → Busy Waiting

```
Wait (S) {
        while S <= 0;
        S--;
}
```

```
Signal (S) {
        S++;
}
```

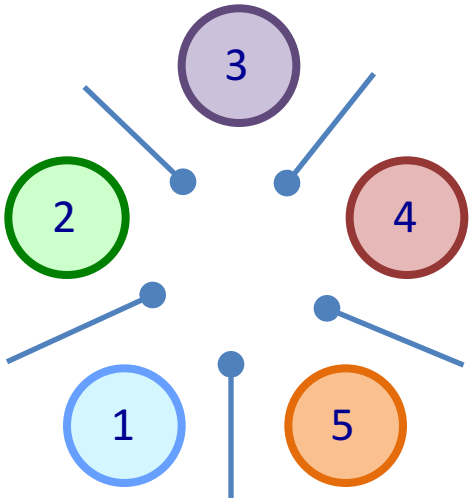
```
do {
        wait (S);

        critical section

        signal(S);

        remainder section
} while (TRUE);
```

Gefahren bei Semaphoren

- **Deadlocks** → Alle Prozesse sind blockiert
  - Klassisches Beispiel: Dining Philosophers

```
Prozess 1
Wait (S);
Wait(Q);
```

```
Prozess 2
Wait (Q);
Wait(S);
```




```
Nimm Löffel links;
Nimm Löffel rechts;
Esse;
Lege Besteck zurück;
Fange von vorne an;
```

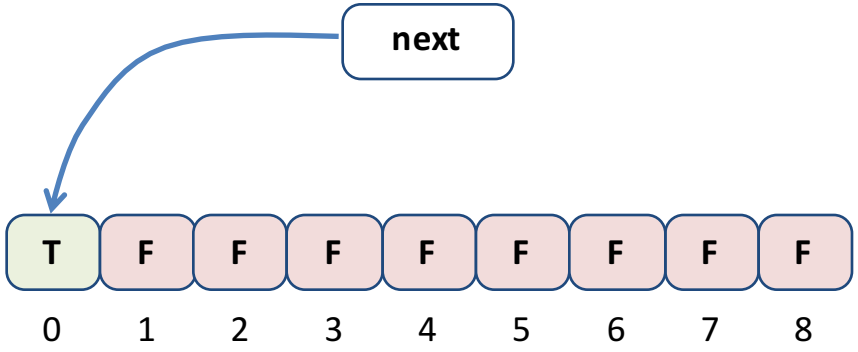
Gefahren bei Semaphoren

- **Starvation** → Gewisse Prozesse verhungern

  - Preemptive / Nonpreemptive?

Anderson Queue Lock (Alock)

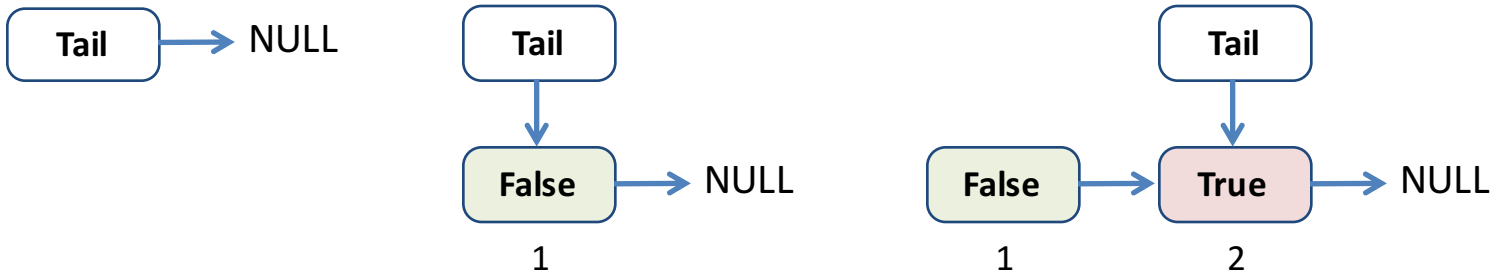
- Array-basiertes Lock
- Shared Resource → Tail Field „next“
- RMW Instruktion → GetAndIncrement



Prozess 1:
- Flag 0 free!
- Lock
- Increment next

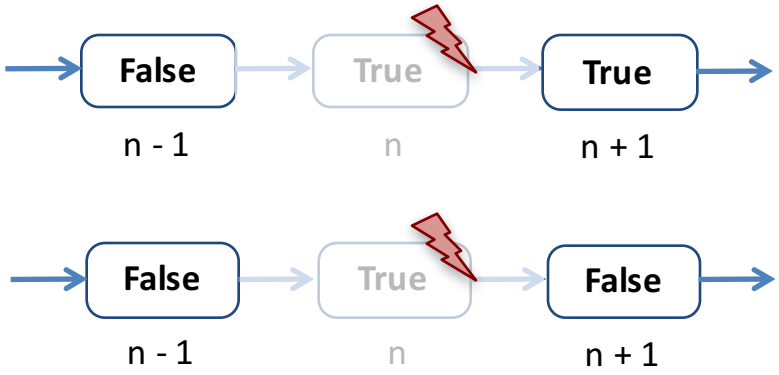
MCS Lock

- Linked List statt Array
- Ein Knoten pro Thread / Prozess
- Shared Resource → Tail von Liste



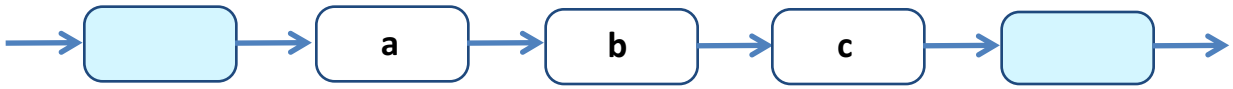
Abortable Locks

- Lösung → Abortion Flag
  - Gesetzt: Aborted
  - Nicht gesetzt: Nicht aborted



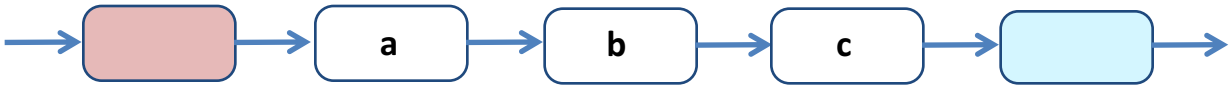
Locks für Sets

- „Basic Locks“ sind nicht optimal für Mengen von Daten
- Betrachten Listen
- 3 grundlegende Operationen
  - add(x)
  - remove(x)
  - contains(x)

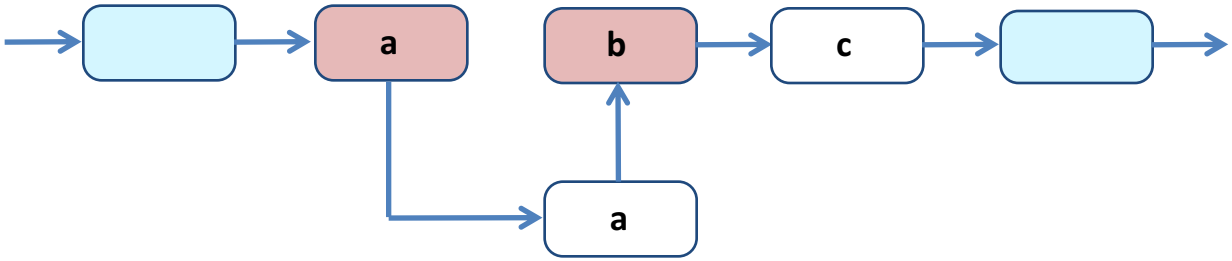


Locks für Sets

- **Coarse-Grained Locking** → Sperre ganze Liste für jede Operation

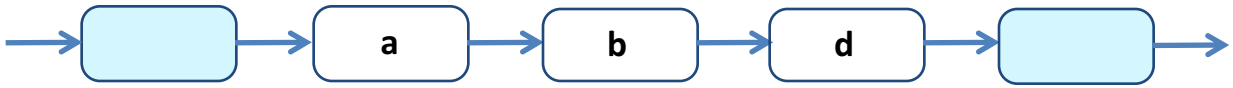


- **Fine-Grained Locking / Hand-Over-Hand Locking**



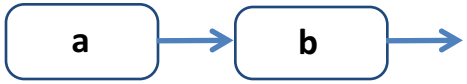
Locks für Sets

- **Optimistic Synchronization** → Liste traversieren ohne alle Knoten zu locken
  - Wenn Knoten gefunden, locken
  - Nach Locken, überprüfen, dass Predecessor immer noch existiert und auf Knoten zeigt
  - Gute Methode, falls 2x Traversieren ohne Locking günstiger ist als 1x mit Locking



Prozess 1 (Add c):
- Find b & d

Prozess 2 (Delete b):
- Find a & b

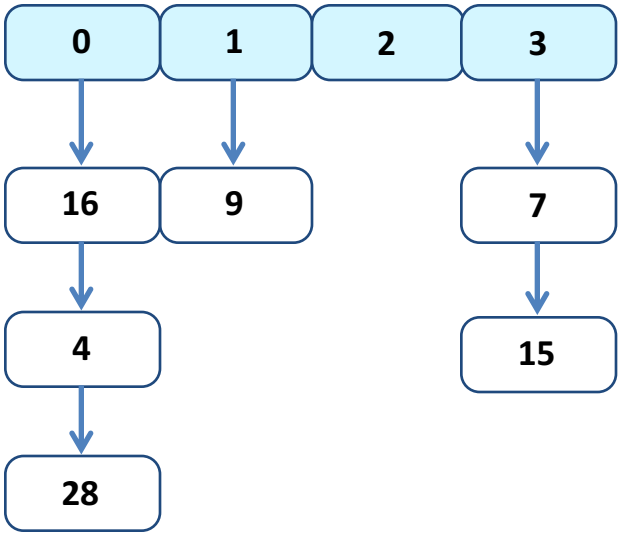


Locks für Sets

- **Lazy Synchronization** → Logisches Löschen
  - Alle Knoten erhalten neues Attribut „Marked“: In Liste oder nicht
  - Funktion Contains: Einmal Liste traversieren ohne Contention oder Waits
  - Funktion Add: Einmal Liste traversieren, Predecessor und Current locken und einfügen
  - Funktion Remove: Zwei Schritte (logisches und physikalisches Löschen), kein Validieren
- **Lock-Free Data Structures** → Verwende RMW Instruktionen
  - z.B. mit CAS: Logisches Löschen und Pointer ändern in einem Schritt
  - Atomic Markable Reference

Locks für Hashing

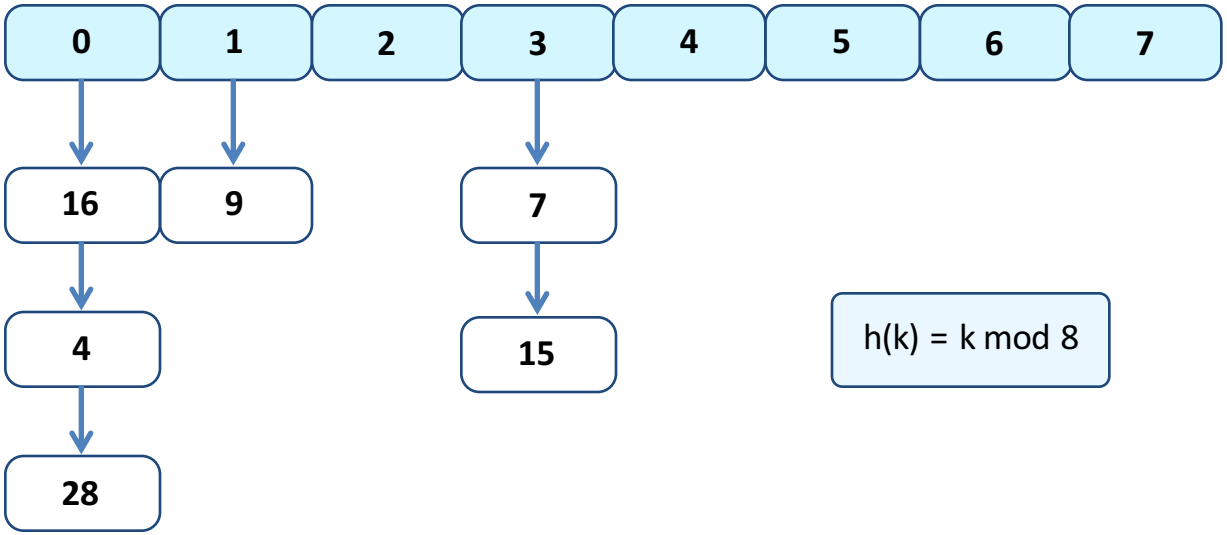
- Coarse-Grained Locking
- Fine-Grained Locking



h(k) = k mod 4

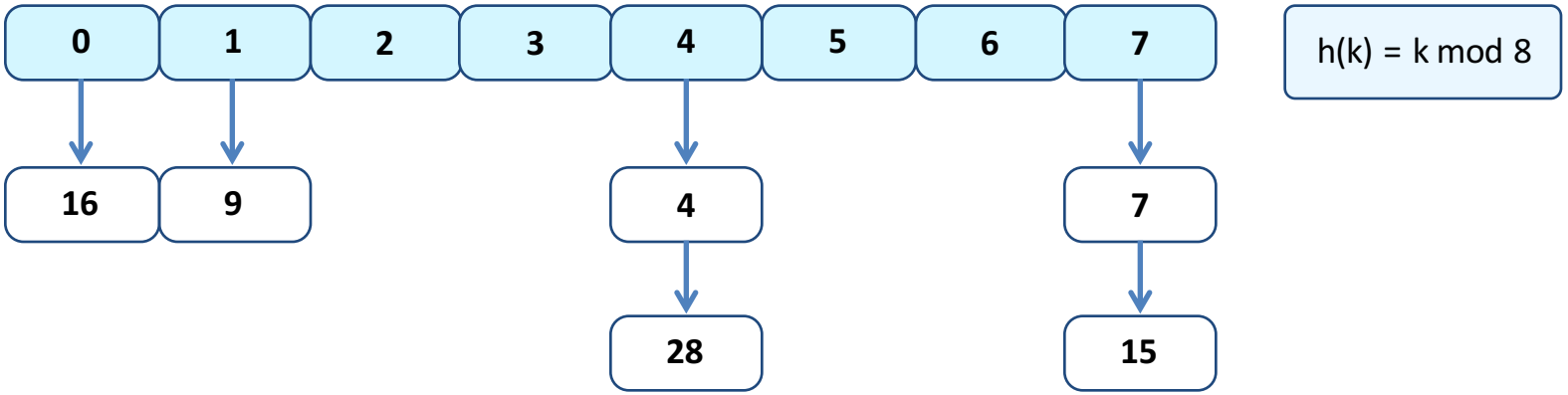
Locks für Hashing

- Hashtabelle ineffizient, falls Listen zu lange werden
- Hashtabelle muss vergrössert und Hashfunktion angepasst werden



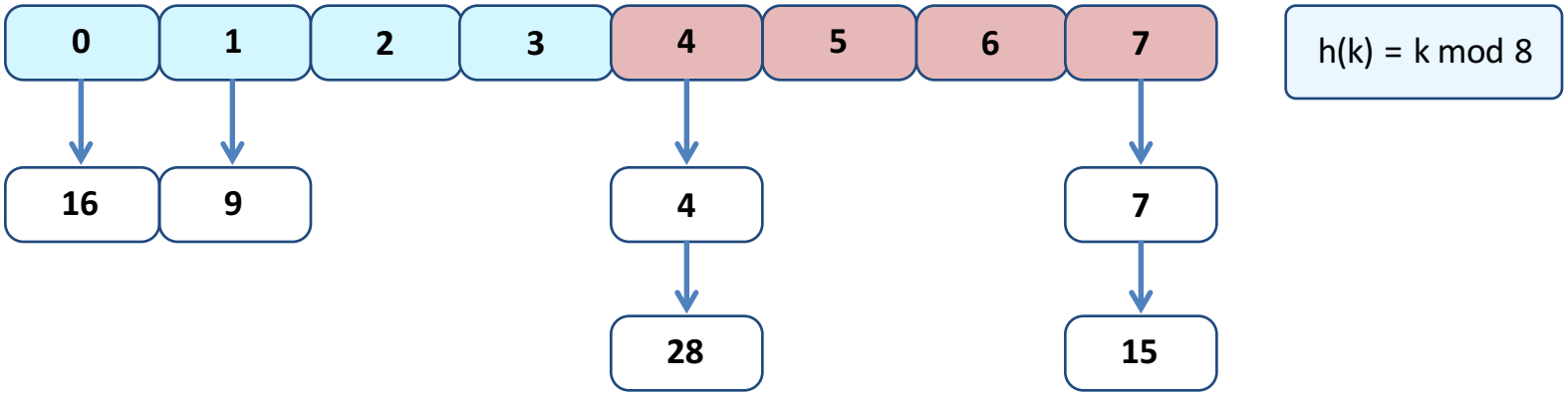
Locks für Hashing

- Vergrössern, falls gewisse Grösse erreicht wird
  - Global Threshold
  - Bucket Threshold



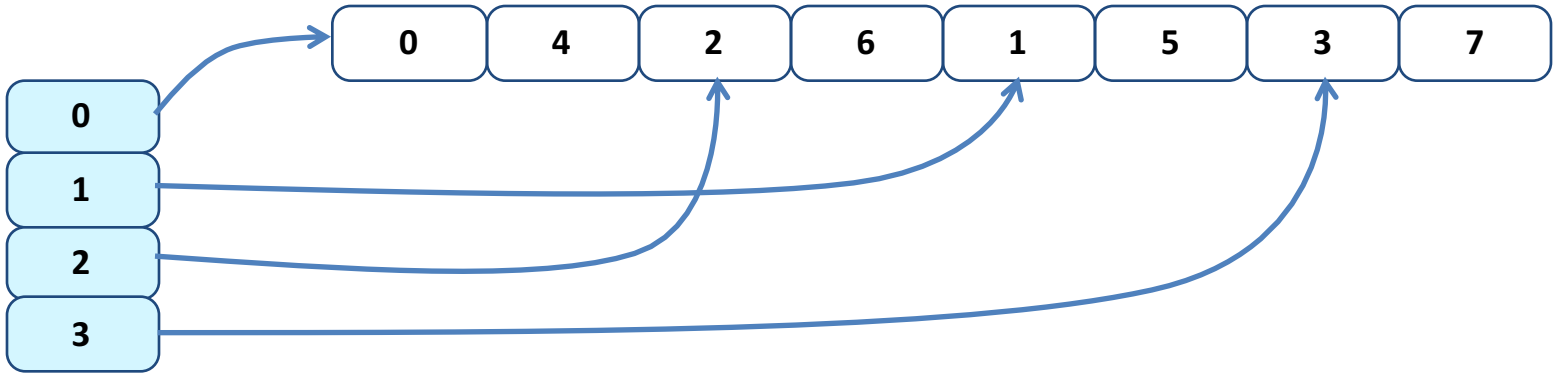
Locks für Hashing

- Problem mit Resizing und Fine-Grained Locking
  - Wir vergrössern die Anzahl Locks nicht!



Locks für Hashing

- **Lock-Free Resizing Problem**
  - Vergrössern: Bewege die Bucket statt die Elemente
  - Elemente sind in Liste gespeichert
  - Buckets werden zu „Shortcut-Pointer“
  - Liste muss richtig geordnet sein



Locks für Hashing

- **Lock-Free Resizing Problem**

  - LSB geben Bucket an

  - Vergrössern: Bit i+1 gibt an, ob Bucket gewechselt werden muss

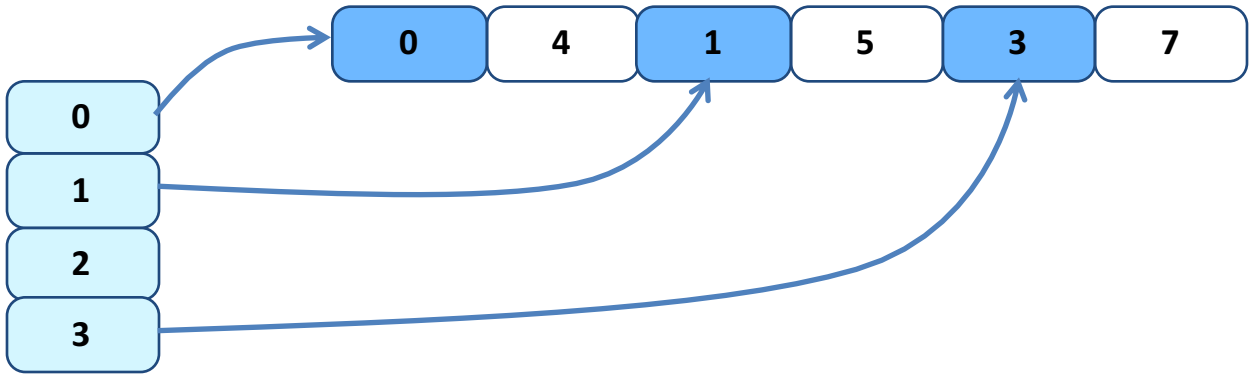
  - Richtigen Index finden: Spiegle Binärrepräsentation der Keys

0	1	2	3	4	5	6	7
000	100	010	110	001	101	011	111

0	4	2	6	1	5	3	7
000	001	010	011	100	101	110	111

Locks für Hashing

- **Lock-Free Resizing Problem**
  - Schwierigkeit: 2 Pointer zeigen auf gewisse Elemente; wie löschen?
  - **„Sentinel Nodes“**: Markierungsknoten



Empfohlene Übungen

- **Serie 4**
  - Aufgabe 2 (Basic)
  - Aufgabe 3 (Advanced)
- **Serie 5**
  - Aufgabe 2 (Advanced)
- **Serie 8**
  - Aufgabe 3 (Advanced)

Weiteres Übungsmaterial

- **Technische Informatik 2**
  - http://www.csg.ethz.ch/education/lectures/TI2/FS2015/uebungen
  - Locks, Storage
- **AMIV**
  - https://www.amiv.ethz.ch/studium/unterlagen/99
  - Locks, Kommunikation, Storage
- **Communication Networks**
  - http://comm-net.ethz.ch/pdfs/sample_questions.pdf
  - Kommunikation
- **Discrete Event Systems**
  - http://dcg.ethz.ch/lectures/des/
  - Markovketten