

# 1 Generelles

Erläutern Sie die Motivation hinter der Datenbanktheorie. Gehen Sie insbesondere auf die Probleme ein, und beschreiben Sie was es heißt wenn ein Datum integer ist.

## Motivation

- Daten sollen dauerhaft gespeichert sein und jederzeit schnell verfügbar sein
- Integrität der Daten muss zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein (*Reliabilität d. Daten*)
- Mehrbenutzerbetrieb mit stark unterschiedlichen Nutzungsszenarien (Endanwender, Programmierer, Administrator)
- Probleme hierbei:
  - Konflikte um Ressourcen -> Anfrageoptimierung notwendig
  - Inkonsistente Zustände -> Deadlocks
  - Transaktionsverwaltung -> 2 Phasen-Sperrprotokoll
  - Datenschutz/Autorisierung -> Grant/Revoke

Um diese Aufgaben zu erleichtern und einzelne Bereiche eines DBMS unabhängig vom anderen zu machen, entstanden mehrstufige Architekturmodelle

Erläutern Sie das ANSI-SPARC Schema. Welches Ziel wird hierbei verfolgt.

## Architektur von Datenbanken

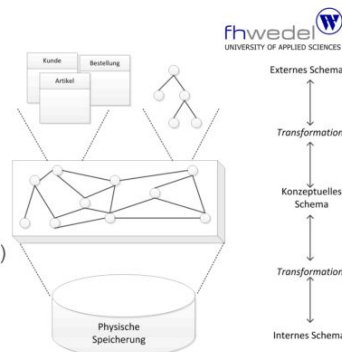
ANSI/SPARC 3 Schema-Architektur (1975)

Unterscheidung von drei Ebenen

- **Externe Schema** (Benutzersicht)
- **Konzeptuelles Schema** (Referenzschema)
- **Internes Schema** (physische Realisierung)

Ziel:

Trennung der einzelnen Schichten, um Modularität und Austauschbarkeit zu gewährleisten (einzelne Schichten müssen nur Schnittstellen kennen).

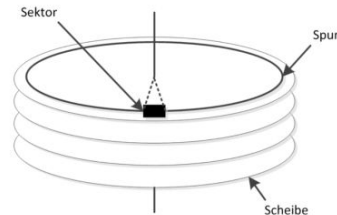


Wie werden Daten auf einer Magnetplatte adressiert? Nennen Sie sowohl den Überbegriff als auch die einzelnen Komponenten aus denen sich dieser zusammensetzt.

## Internes Schema - physische Speicherung

Magnetplatten adressieren ihre Daten über:

- Sektor
- Spur
- Scheibe



Ein so bestimmter Bereich ist ein Datenblock

kurz : **Block**

Früher ein Block = 512 Byte. Mit wachsender Festplattengröße mittlerweile Blöcke mit 4 kByte (= Mindestgröße aktueller Betriebssysteme)

*↳ Aufgeteilte Datenstücke liegen oft nicht nah beieinander → zeitaufwendige Lesevorgänge*

Was ist das Problem bei kleinen Datensätzen?

*↳ Viel ungenutzter Speicherplatz*

Wägen Sie ab warum es sinnvoll sein kann bei der Speicherung von Daten auf einer Magnetplatte auf größere Datenblöcke zu setzen.

Bei zu kleinen Datenblöcken müssen die zu speichernden Daten öfter aufgeteilt werden. Da diese im Zweifelsfall über die gesamte Platte verteilt sein können wird viel Zeit für diverse Schreib- und Lesevorgänge benötigt.

Bei zu großen Datenblöcken kann es vorkommen, dass eine kleines Datum (z.B. eine Zahl) nur einen geringen Teil der verfügbaren Blockgröße verwendet.

Erläutern Sie grob wie ein Raid-System funktioniert. Was versteht man unter dem sog. Striping sowie dem Mirroring ?

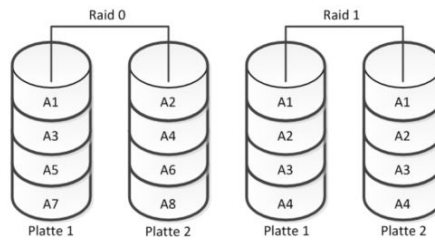
## Physische Speicherung - Raid

Festplatten können zu sogenannten RAIDs (Redundant Array of Independent Disks) zusammengeschaltet werden, um die Ausfallsicherheit oder die Zugriffsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Wie funktioniert ein Raid?

RAID 0 - Striping (max. Performance)  
↳ Daten werden auf zwei Platten aufgeteilt

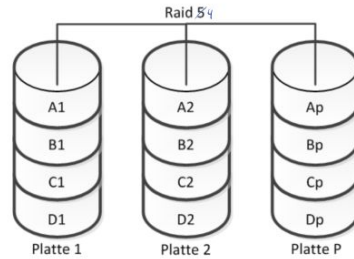
RAID 1 - Mirroring  
↳ Daten werden kopiert & auf zwei Platten gespeichert



Erläutern Sie was man unter einem Raid-4 System versteht. Wie wird hierbei die Parität ermittelt?

## RAID 5 - Parität auf mehreren Platten

- Vorteile von RAID 0 und RAID 1 kombiniert
- Parity Information auf Platte P erlaubt bei Ausfall einer Platte die Wiederherstellung der Daten der ausgefallenen Platte.
- RAID 5 ersetzt kein Backup!!
- Werden Daten gelöscht, können diese auch mit der Parity-Information nicht wiederhergestellt werden



## Beispiel Paritätsberechnung mittels XOR

Platte 1: 0101 1110...

Platte 2: 1110 0011...

Paritätsplatte: 1011 1101...



Wie vorgehen bei mehr als 2+1 Platten?

x	y	x XOR y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Platte 1: 1111 0111

Platte 2: 1011 1100

Platte 3: 0111 0011

- a) Berechnen Sie die Parity Information der Platte P.
- b) Nach erfolgreicher Parity-Berechnung fällt Platte 2 aus. Rekonstruieren Sie diese auf einer Platte 2'. Wichtig ist hierbei der Rechenweg.

## Übungsaufgabe

Gegeben sind folgende 4 Platten:

Platte 1: 1111 0111	Pl.1	1	1	1	1	0	1	1	1
Platte 2: 1011 1100	Pl.3	0	1	1	1	0	0	1	1
Platte 3: 0111 0011	Par.	0	0	1	1	1	0	0	0
	Pl.2	1	0	1	1	1	1	0	0

Platte P: 10011 1000

- a) Berechnen Sie die Parity Information der Platte P.
- b) Nach erfolgreicher Parity-Berechnung fällt Platte 2 aus. Rekonstruieren Sie diese auf einer Platte 2'. Wichtig ist hierbei der Rechenweg.

Warum erhöht ein Raid 4 die Ausfallsicherheit, ersetzt aber kein Backup?

Manuelles Löschen führt weiterhin zum Datenverlust.

Weswegen wird in der Datenbanktheorie eine möglichst effiziente Pufferverwaltung angestrebt? Beschreiben Sie grob wie so eine aussehen könnte.

## Motivation

Wenn Daten von Festplatte gelesen werden ist dies sehr viel langsamer als wenn diese im Arbeitsspeicher liegen. Die Zugriffszeit gibt dabei an, wie schnell Daten bereitgestellt werden können. Typische Zugriffszeiten heutiger Speichermedien:

- Festplatten: 9 ms
  - SSD: 250  $\mu$ s
  - Arbeitsspeicher 60-70 ns
- (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Zugriffszeit>)

- > Daten sollten komplett im Arbeitsspeicher gehalten werden. Dies ist aufgrund hoher Kosten meist nicht komplett möglich.
- > Intelligente Auslagerung der am häufigsten/dringendsten benötigten Daten in den Arbeitsspeicher

Was versteht man unter dem Mapping von Speicheradressen?

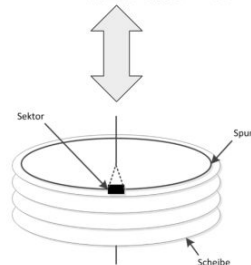
Zuordnung von Speicheradressen auf Scheiben, Spuren und Sektoren.

## Speicherverwaltung

- Verbindung der Daten mit dem Festplatten-Speicher (Mapping von Speicheradressen auf Scheiben, Spuren und Sektoren)
- Abstraktion von konkreter Hardware auf der Speicherverwaltung realisiert  
-> Technologieunabhängigkeit
- Effizientes Auslesen der angeforderten Daten in den Arbeitsspeicher
- Schnelles Auffinden freier Datenblöcke

```
SELECT *  
FROM Kunde
```

```
UPDATE Kunde  
SET Name = Bilbo  
WHERE KdNr = 42
```



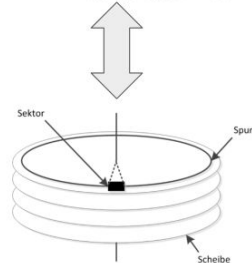
Beschreiben Sie generell den Begriff der Speicherverwaltung.

## Speicherverwaltung

- Verbindung der Daten mit dem Festplatten-Speicher (Mapping von Speicheradressen auf Scheiben, Spuren und Sektoren)
- Abstraktion von konkreter Hardware auf der Speicherverwaltung realisiert  
-> Technologieunabhängigkeit
- Effizientes Auslesen der angeforderten Daten in den Arbeitsspeicher
- Schnelles Auffinden freier Datenblöcke

```
SELECT *  
FROM Kunde
```

```
UPDATE Kunde  
SET Name = Bilbo  
WHERE KdNr = 42
```



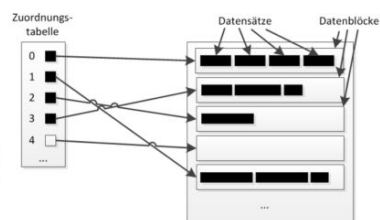
Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

13

Beschreiben Sie grob den Begriff der Speicherzuordnung. Mit welchem Hilfsmittel ist es hierbei möglich die Datenblöcke zu lokalisieren? Müssen die Datenblöcke stets die gleich Länge aufweisen?

## Speicherzuordnung

- **Zuordnungstabelle** als Inhaltsverzeichnis für Datenblöcke
- Datenblöcke enthalten mehrere **Datensätze** unterschiedlicher Länge
- Eine Datei kann mehrere Einträge in der Zuordnungstabelle beanspruchen
- Freie Datenblöcke können leicht über Zuordnungstabelle gefunden werden



Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

14

## Was sind die Ziele der Pufferverwaltung ?

### Pufferverwaltung

Ziel Pufferverwaltung:

- Reduktion von physischer Ein-/Ausgabe
- Häufig genutzte Daten werden in **Seiten** im Hauptspeicher vorgehalten
- **Verdrängung** alter Daten im Hauptspeicher durch intelligente Verfahren

-> Weniger Zugriffe auf die Festplatte und damit schnellere Verarbeitung der Anfragen möglich

Pufferverwaltung in Datenbanken hat viele Ähnlichkeiten zum Vorgehen von Cache-mechanismen bei Betriebssystemen.

## Wo werden die Pufferdaten zwischengelagert?

In sog. Seiten im Hauptspeicher (RAM).

### Pufferverwaltung

Ziel Pufferverwaltung:

- Reduktion von physischer Ein-/Ausgabe
- Häufig genutzte Daten werden in **Seiten** im Hauptspeicher vorgehalten
- **Verdrängung** alter Daten im Hauptspeicher durch intelligente Verfahren

-> Weniger Zugriffe auf die Festplatte und damit schnellere Verarbeitung der Anfragen möglich

Pufferverwaltung in Datenbanken hat viele Ähnlichkeiten zum Vorgehen von Cache-mechanismen bei Betriebssystemen.



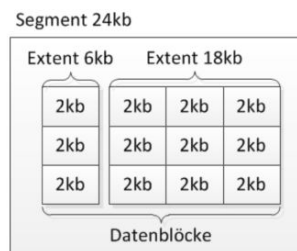
Beschreiben Sie anhand der Datenbanken vom Hersteller Oracle was man unter einem Segment sowie einem Extent versteht. Wie kann es sein, dass die Größe des Extents von den kleinsten logischen Einheiten einer Festplatte / SSD abweichen kann?

## Beispiel Oracle

- **Segmente:** logische Einheit
- **Extent:** kleinste logische Speichereinheit in Oracle

Segmente besteht aus einem oder mehreren Extents, die die Informationen zu einem Objekt gespeichert haben (z.B. Relation).

Reicht Speicherplatz für Segment nicht aus, werden weitere Speicherbereiche im Rahmen des Tablespaces allokiert.



Da eine Datenbank i.d.R. ein eigenes Filesystem anlegt ist es komplett losgelöst von sämtlichen Restriktionen von Festspeicher / Betriebssystem.

Was ermöglicht das Konzept eines Segments in der Datenbanktheorie?

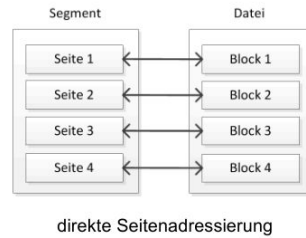
## Segmente

- Abstraktionsebene, die Blöcke und Dateien verbirgt.
- Konzept des Segments ermöglicht:
  - verschiedene Einbringungsstrategien (direktes Einbringen/update-in-place, indirektes Einbringen)
  - Segmente als kleinste Einheit
    - des Sperrens für Transaktionen
    - der Wiederherstellung bei Gerätefehlern
    - der Zugriffskontrolle
- Behälter für Relationen, Zugriffspfade, ...
- Man unterscheidet:
  - Öffentliche Segmente (gemeinsam genutzte Datensätze, erlaubter konkurrierender Zugriff)
  - Private Segmente (z.B. Speicherung von Log-Informationen)
  - Temporäre Segmente (z.B. Sortieren, Speichern von Zwischenergebnissen)

Beschreiben Sie das Prinzip der direkten Seitenadressierung an einem Bild.

## Seitenzuordnung/ direkte Seitenadressierung

- Managed **Segmente** im Arbeitsspeicher, die aus Seiten (pages) bestehen.
- Größe der Seiten wird so gewählt, dass sie jeweils einem Block der Festplatte entspricht (egal ob voll oder leer).  
-> je 1 Zugriff je Seite/Block
- Bei **direkter Seitenadressierung** werden Segmente analog zu dem Bild rechts zugeordnet.



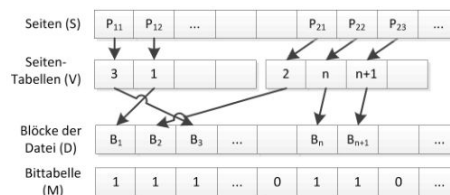
Beschreiben Sie das Prinzip der indirekten Speicheradressierung. Gehen Sie insbesondere auf die beiden verwendeten Hilfsstrukturen ein.

## Indirekte Seitenadressierung

- erhöhte Zugriffskosten mit besserer Speicherauslastung
- maximale Flexibilität bei Blockzuordnung
- arbeitet mit 2 Hilfsstrukturen
- dynamisch änderbar

Hilfsstrukturen:

- eine **Seitentabelle (V)** je Segment
- **Bittabelle (Map - M)** zur Freispeicherverwaltung



Beschreiben Sie das Prinzip der direkten Einbringungsstrategie. Welche Risiken können hierbei auftreten und wie kann man diesen entgegenwirken?

## Direkte Einbringungsstrategie

- Bisher müsste jede Seite nach jeder Änderung in ihrem jeweiligen Block zurückgeschrieben werden (update-in-place).
- Daten werden gleichzeitig in die DB eingebracht  
-> **direkte Einbringungsstrategie**
- Nachteil: keine Unterstützung von Recovery -> keine Garantie, dass Daten in DB ankommen (z.B. bei Stromausfall)
- Im Recovery-Fall müssen Logs existieren -> **WAL-Prinzip** – write-ahead Log
- Log-Information muss vor dem Einbringen der geänderten Seite auf einem sicheren Speicherplatz protokolliert sein.

WAL-Prinzip: Man schreibt einen Log über die Dinge die als nächstes getan werden sollen (wie eine Todo-Liste). Falls hierbei ein Stromausfall dazwischen kommt weiß man genau welche Daten noch nicht kopiert wurden / noch gelöscht werden müssen um die Daten konsistent zu halten.

Beschreiben Sie den Begriff der verzögerten Einbringungsstrategie am Beispiel des Schattenspeicherkonzepts.

## Verzögerte Einbringungsstrategie

- **Verzögerte Einbringungsstrategien** unterscheiden zwischen Zurückschreiben von Seiten und ihrem Einbringen.
- Hierbei kann Logging reduziert werden oder sogar ganz entfallen.
- Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist das **Schattenspeicherkonzept** aus IBMs System R (1977).

Idee:

Alle belegten Segmente, Seitentabellen und Bittabellen werden in **Sicherungspunkten** gespeichert. Sicherungspunkte sind dabei „eingefrorene“ Zustände auf einem nichtflüchtigen externen Speicher. Seitenänderungen führen dann zu neuen Seiten (in freien Bereichen), während alte Inhalte unverändert in **Schattenseiten** abgelegt bleiben.

Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

22

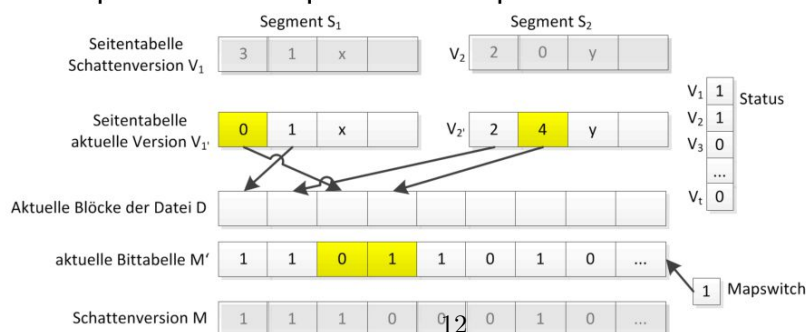
## Beispiel: Schattenspeicherkonzept

- Vorteile:
  - Unterstützung von Recovery
  - WAL wird vermieden -> flexibleres Schreiben der Logfiles
- Nachteile:
  - Erhöhte Zugriffszeiten durch verlorene Clustereigenschaft von Blöcken (Daten liegen verteilt)
  - Seitentabellen und Bittabellen sehr aufwendig, d.h. passen nicht mehr in den Hauptspeicher (nur bei großen Datenbanken ein Problem)
- Zu Beginn einer Änderung werden für alle Segmente  $S_x$ , die geändert werden sollen, Schattenversionen der Seitentabelle  $V_x$  angelegt.
- Zusätzlich wird eine Schattenkopie der Bittabelle  $M$  angelegt (Mapswitch zeigt aktuelle Version an).
- Über den Status ist ersichtlich, welches Segment gerade geändert wird.

Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

23

## Beispiel: Schattenspeicherkonzept



Erläutern Sie das Konzept des Schattenspeicherkonzepts.

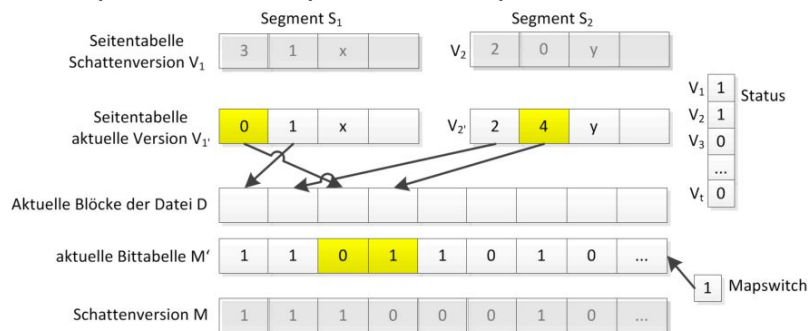
## Beispiel: Schattenspeicherkonzept

- Vorteile:
  - Unterstützung von Recovery
  - WAL wird vermieden -> flexibleres Schreiben der Logfiles
- Nachteile:
  - Erhöhte Zugriffszeiten durch verlorene Clustereigenschaft von Blöcken (Daten liegen verteilt)
  - Seitentabellen und Bittabellen sehr aufwendig, d.h. passen nicht mehr in den Hauptspeicher (nur bei großen Datenbanken ein Problem)
- Zu Beginn einer Änderung werden für alle Segmente  $S_x$ , die geändert werden sollen, Schattenversionen der Seitentabelle  $V_x$  angelegt.
- Zusätzlich wird eine Schattenkopie der Bittabelle M angelegt (Mapswitch zeigt aktuelle Version an).
- Über den Status ist ersichtlich, welches Segment gerade geändert wird.

Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

23

## Beispiel: Schattenspeicherkonzept



Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

24

Erläutern Sie wie die Verwaltung des Puffers funktioniert? Gehen Sie insbesondere auf die Funktion des Pufferrahmens sowie des Pufferkontrollblocks ein.

## Verwaltung des Puffers

- Alle Lese- und Schreiboperationen aller (parallelen Transaktionen) der DB werden über den Puffer abgewickelt.
  - > GB-Bereich
  - > Puffer kann nur Bruchteil einer DB aufnehmen
- Puffer besteht aus N **Pufferrahmen** für N Datenbankseiten
- **Pufferkontrollblock** (PKB) enthält Verwaltungsdaten wie z.B. Änderungsvermerke
- Es werden Kontroll- und Zuteilungsaufgaben notwendig, um den Puffer zu verwalten.

Welche Kontroll- und Zuteilungsaufgaben besitzt die Speicherverwaltung einer Datenbank?

## Kontroll- und Zuteilungsaufgaben

- Speicherverwaltung zur Zuteilung von Pufferrahmen, sowie zur Suche und Ersetzung von Seiten
- Lastkontrolle zur Anpassung der Anzahl der aktiven Transaktionen an das momentane Optimum, das vom jeweiligen Betriebszustand abhängt
- Ziel ist die Reduktion der Input/Output Zugriffe.
- Vorgehen:
  - Seitennummer ermitteln
  - Zugehörige Seite anfordern (**logische Seitenreferenz**)
  - Festlegen, ob Seite: gelesen oder geändert werden soll
- **FIX-Operation** legt fest, dass Seite im Pufferrahmen bleibt (**UNFIX = Freigabe**)

Gehen Sie auf die verschiedenen Szenarien ein welche beim Arbeiten mit einem Puffer auftreten können.

## Logische Seitenreferenz

### a) Seite im Puffer

-> geringer Aufwand (ca. 100 CPU Instruktionen)

- Seite finden
- FIX-Operation ausführen
- Wartungsarbeiten im PKB ausführen
- Pufferadresse an rufende Komponente übergeben



### b) Seite nicht im Puffer

-> Logische Seitenreferenz führt zu einer physischen Seitenreferenz

- erfolglose Suche im Puffer
- 2 Input/Output – Vorgänge (je I/O etwa 2500 CPU Instruktionen pro Vorgang + 9 ms für HD)
  - Auswahl einer Seite zur Verdrängung
  - Herausschreiben der Seite bei Änderungsvermerk
  - Neue Seite lesen

Geben Sie eine grobe Übersicht über die verschiedenen Suchstrategien der Pufferverwaltung.

## Auffinden einer Seite

- **Forderung:** Hocheffiziente Suchstrategie, da der Vorgang extrem häufig vorkommt.



Erläutern Sie nun noch kurz, wozu bei einem Router (oder einer Arbeitsstation) eine Wegwahl- bzw. Routingtabelle eigentlich dient. Was ist das bzw. was wird hier prinzipielle gespeichert?

In paketvermittelten Netzen werden Ende-zu-Ende-Verbindungen zwischen zwei Endgeräten dadurch hergestellt, dass Datenpakete von einer sendenden Station zu einer Empfangsstation übertragen werden. Die Stationen müssen über ihre Netzwerkadressen eindeutig identifizierbar sein. Zwischen den beiden Stationen liegen Router, die die Datenpakete gemäß ihrer Routingtabellen von der Sendestation über den ersten Router zum zweiten, zum dritten usw. weiterleiten, bis der letzte Router auf dem Weg durch das Datenpaketnetz die Datenpakete an die Empfängerstation ausliefert.

Routingtabellen werden von den Routing-Protokollen für die Pfadermittlung erstellt und können je nach Routing-Protokoll unterschiedlich sein. Beim statischen Routing ist der Routingpfad fest vorgegeben. Beim dynamischen Routing werden die Routingtabellen durch aktuelle Routinginformationen aktualisiert. Die Aktualisierung übernehmen Routing-Protokolle, die die Informationen eintragen. Das können Informationen über die Verknüpfungen der Netzwerke, bzw. der Endgeräte und der Hops mit den dazu gehörenden IP-Adressen sein, oder die Routing-Metriken mit der die Route festgelegt wurde.

## Die Wegwahl- bzw. Routing-Tabelle eines IPv4-Routers



- Eine **Routing-Tabelle** ist *allgemein* eine „Aufstellung der dem Router bekannten Zielnetze und wie sie erreicht werden können ...“.



- Ist Entscheidungsbasis für **lokales Forwarding** von Paketen zum Ziel(netz)

Zielnetz & Subnetzmaske	Nächstes Interfaces	Woher stammt Eintrag	Metrik-Wert
213.39.233.16/28	213.39.233.46	statisch	2 Hops
0.0.0.0/0	213.39.232.11	statisch	1 Hop

Angabe zwingend nötig

Angabe optional

- **Tabelleneinträge** können **statisch** und/oder **dynamisch** hinzugefügt werden.

↳ Dynamische Einträge z.B. durch **Austausch** von Wegwahlinformationen mit benachbarten Routern (per **Routing-Protokoll**, wie z.B. dem **RIP**)

- Die **Weiterleitung** durch den Router erfolgt als

- **Direktes Routing** zum Empfänger (Interface in einem der angeschlossenen Teilnetze)

- **Indirektes Routing** über einen weiteren Router zum Ziel (-netz)

↳ **Default-Router**-Eintrag als Platzhalter (**Wildcard**) für unbekannte Zielnetze

✗ Schleifenbildung unbedingt vermeiden (A ↔ B ↔ A ... ) !

- **Zusammenfassen und Verdichten der Tabelleneinträge möglich** (→ **Route Aggregation**)

↳ Möglich u.a. per CIDR (**RFC 4632**) und einer Variable Length Subnet Mask (VLSM) (**RFC 1812**)



Was versteht man unter einem logischen Seitenreferenzstring?

## Seitenreferenzstrings

- Jede Datenanforderung ist eine **logische Seitenreferenz**
- Aufgabe der DB-Pufferverwaltung:  
Minimierung der **physischen Seitenreferenzen**
- Referenzstring  $R = \langle r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_n \rangle$   
mit  $r_i = (T_i, D_i, S_i)$ 
  - $T_i$  zugreifende Transaktion
  - $D_i$  referenzierte DB-Partition
  - $S_i$  referenzierte DB-Seite



## Logischer Seitenreferenzstring

- zeitliche Folge der logischen Seitenanforderungen aller parallelen Transaktionen innerhalb eines Zeitabschnittes
- beschreibt aktuelles Zugriffsverhalten des DBS
- **Problem:** Erzeugung eines optimalen physischen Seitenreferenzstrings (= minimale Zugriffe) Wesentlich beeinflusst durch:
  - Größe des Systempuffers und Wahl der Seitenersetzungsstrategie
  - Ein logischer Seitenreferenzstring kann unterschiedliche physische Referenzstrings zur Folge haben.
- Die Optimierung der Seitenersetzungsstrategie im Systempuffer ist von entscheidender Bedeutung.

Datenbanktheorie und Implementierung - FH-Wedel SS 2019 - Michael Predeschly

28

Geben Sie eine kurze Aufschlüsselung über die möglichen Suchstrategien bei der Pufferverwaltung.

Erläutern Sie die Vorgehensweise bei der direkten Suche im Pufferrahmen, wie viele Rahmen werden durchschnittlich durchsucht und was ist der wesentliche Nachteil dieser Technik?

---

## Direkte Suche im Pufferrahmen

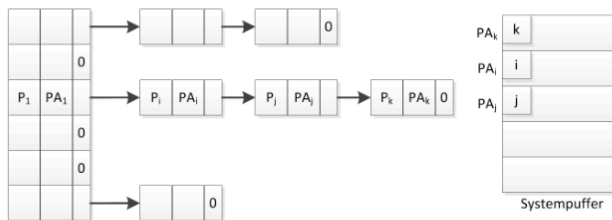
- Im **Seitenkopf** (page header) wird geprüft, ob die im Rahmen vorhandene Seitennummer mit der angeforderten übereinstimmt.
- Im Erfolgsfall (bei  $N$  Rahmen) sind durchschnittlich  $N/2$ , bei Misserfolg  $N$  Rahmen aufzusuchen.
- Hoher Aufwand besonders bei virtueller Systemumgebung (verborgener Zusatzaufwand durch Paging).

Erläutern Sie wie eine indirekten Suche mittels einer Hashfunktion funktioniert. Gehen Sie hierbei insbesondere auf eine sog. Überlaufkette ein.

## Indirekte Suche über Hilfsstrukturen – Hash

- Hash Funktion  $f(P_i)$  mit  $P$  = Page ergibt Position in der Hash-Tabelle.
- Zuordnung **Seitennummer**  $P_i$  – **Pufferadresse**  $PA_i$  von jeder Seite im Puffer wird gehasht und in der Hash-Tabelle abgelegt.
- Bei Kollisionen der Hash-Funktion ( $f(P_j) = f(P_k) = f(P_l) = f(P_m)$ ) entsteht eine Überlaufkette.
- Anzahl der Überläufer ist vom gewählten Hash-Verfahren/Funktion und der Größe der Hash-Tabelle abhängig.
- Wahl so, dass die  $n$  Einträge, die bei einer logischen Seitenreferenz durchsucht werden müssen, im Mittel auf  $1 < n < 1.2$  begrenzt sind.

## Hash-Funktion mit Überlaufliste



Ein/Austragen einer Seite impliziert Ein-/Austragen eines entsprechenden Verweises.

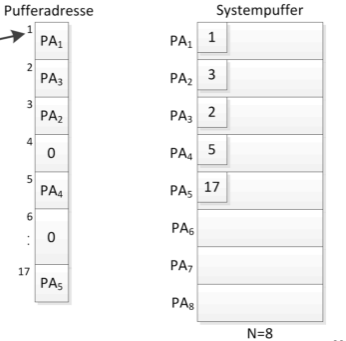
Wie funktioniert die Suche nach den im Puffer über eine direkt adressierte Umsetzungstabelle ? Welchen wesentlichen Nachteil bringt dieses Verfahren mit sich?

### Indirekte Suche über Hilfsstrukturen – Tabelle

a) Direkt adressierte Umsetzungstabelle

Seitennummer =  
Distanz von Tabellenanfang

Nachteil:  
Alle nicht im Puffer vorhandenen  
Seiten müssen ständig  
Tabelleneinträge belegen.  
-> nur bei kleinen Datenbanken

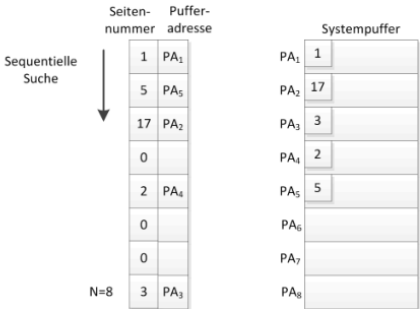


Wie funktioniert die indirekte Suche nach einer Seite im Pufferrahmen mittels einer unsortierten Liste?Gehen Sie insbesondere auf die Vor-/Nachteile sowie die Laufzeit des Verfahrens ein.

### Indirekte Suche über Hilfsstrukturen – Tabelle

b) Unsortierte Tabelle

Im Erfolgsfall durchschnittlich  
N/2 Einträge, bei Misserfolg  
(d.h. Seite nicht im Puffer) N  
Einträge durchsuchen.



Wie funktioniert die indirekte Suche nach einer Seite im Pufferrahmen mittels einer sortierten Liste? Gehen Sie insbesondere auf die Vor-/Nachteile sowie die Laufzeit des Verfahrens ein.

## Indirekte Suche über Hilfsstrukturen – Tabelle

### c) Sortierte Tabelle

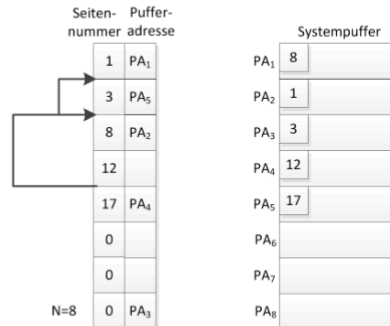
Vorteil:

Bei Misserfolg sind max.  $\log(n)$

Einträge zu durchsuchen binäre Suche

Nachteil:

Einfüge- und Löschoperationen  
sehr aufwendig



Wie funktioniert die indirekte Suche nach einer Seite im Pufferrahmen mittels einer sortierten mit verketteten Einträgen Liste? Gehen Sie insbesondere auf die Vorteile des Verfahrens ein.

## Indirekte Suche über Hilfsstrukturen – Tabelle

### d) Tabelle mit verketteten Einträgen

Wie sortierte Tabelle, nur  
aufeinander folgende  
Einträge nicht physisch  
benachbart.

Gute Einfüge- und  
Löscheigenschaften.

