Konzepte der Datenbanktechnologie

Prof. Dr. U. Hoffmann
FH Wedel

NOSQL-DBMS

Gliederung

NOSQL

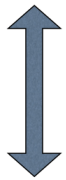
- Vertikale Skalierung
- Warum NOSQL?
- Horizontale Skalierung
- CAP-Theorem
- NOSQL-Systeme
- MongoDB
- Techniken

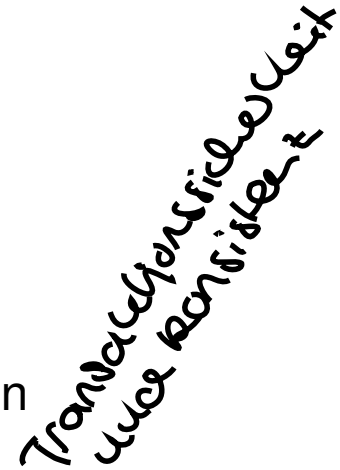
NOSQL

- steht für eine neue Familie von sehr gut skalierbaren Datenbanksystemen
- neuer Begriff (2009)
- ist Akronym für **N**ot **O**nly **SQL**
- Antwort auf die Anforderungen großer Internet-Sites (Facebook, Twitter, . . .)

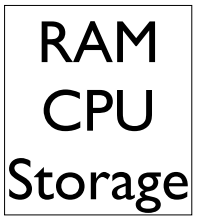
Relationale Datenbanksysteme

SQL-Datenbankensystem

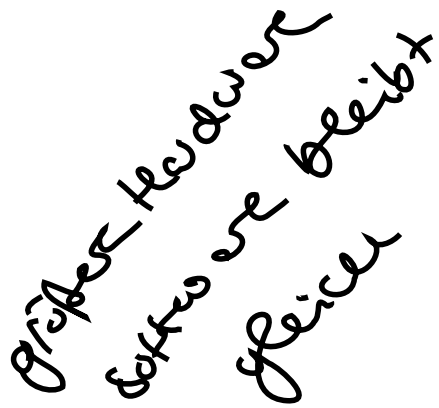
- Ausrichtung auf **komplexe** Datenbanken mit
  - großen Datenmodell
  - ACID, Transaktionen, Integritätsbedingungen
  - Normalisierung (JOINs)
- Skalierung: **vertikal** 
- Software bleibt gleich, Hardware wächst



Vertikale Skalierung

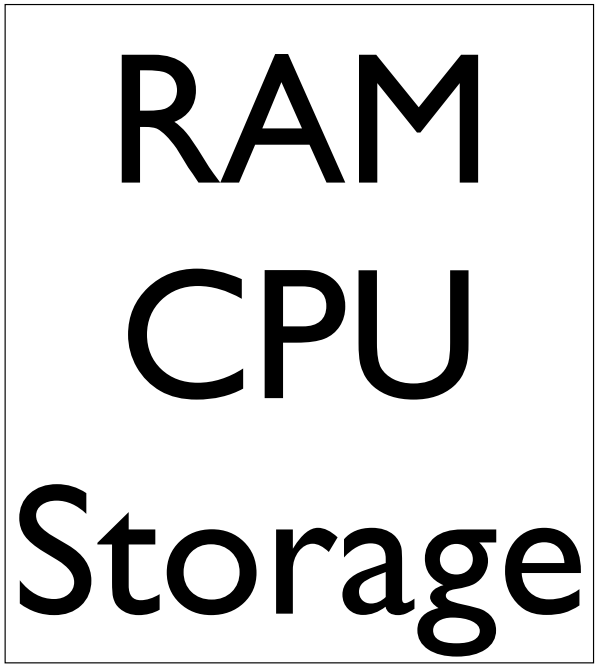


Vertikale Skalierung

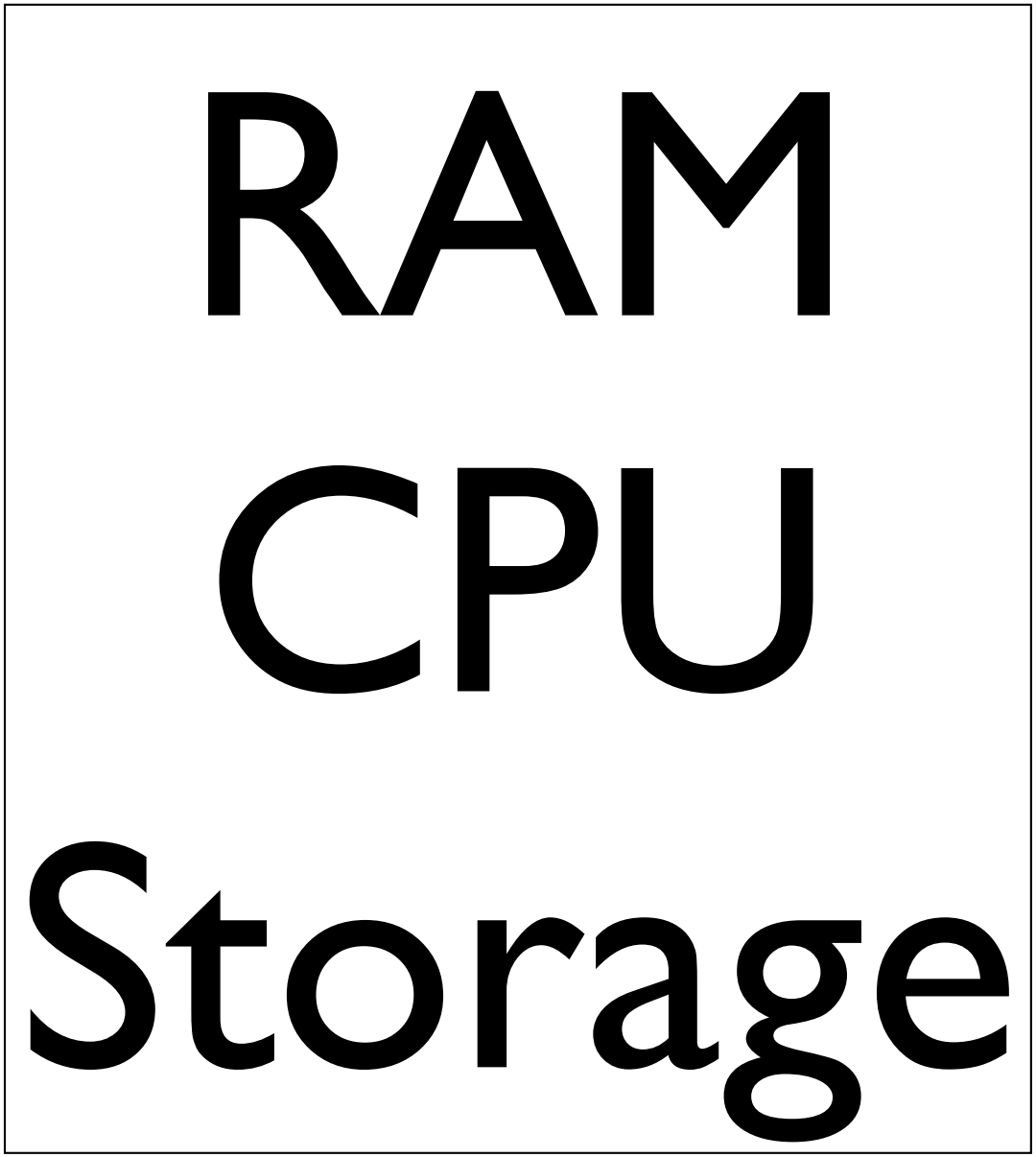


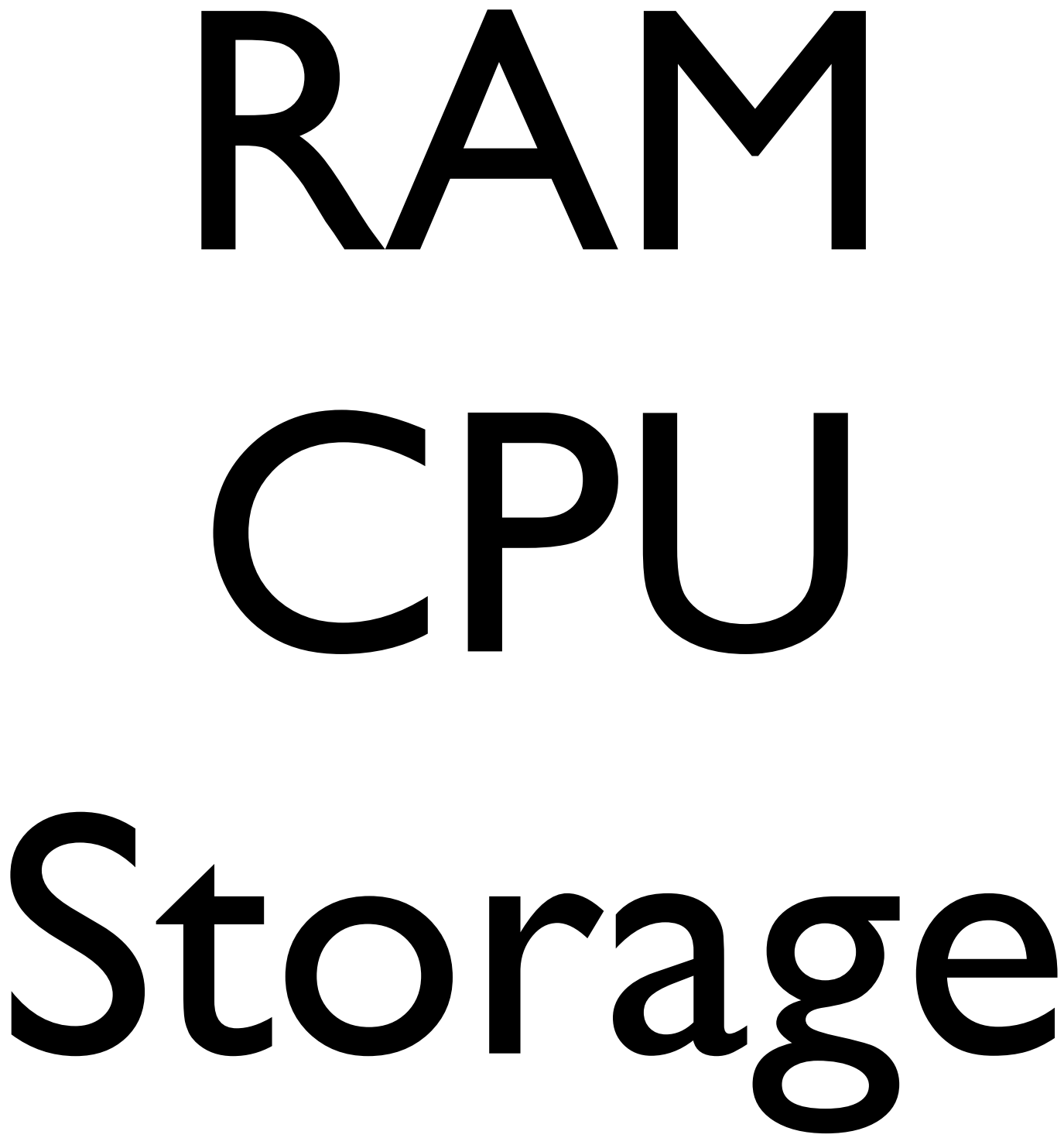
RAM
CPU
Storage

Vertikale Skalierung



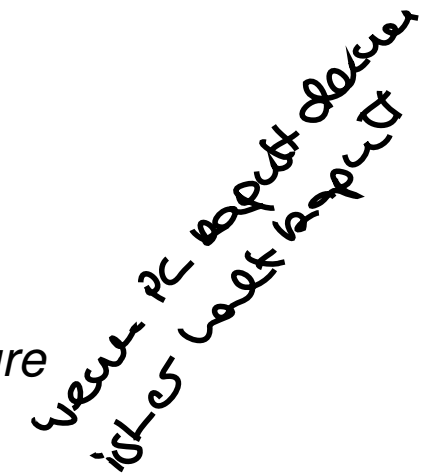
Vertikale Skalierung




RAM
CPU
Storage

Vertikale Skalierung

- führt zu Groß-Systemen
- überproportional teurer
- erzeugt *single point of failure*

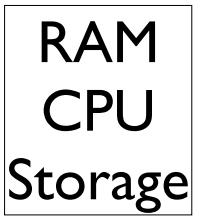


Warum NOSQL?

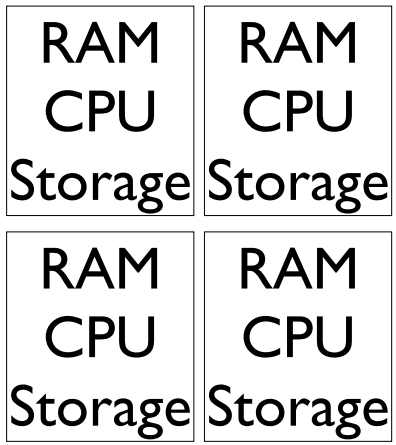
Internet-Anwendungen des 21. Jahrhunderts

- Google, Amazon, MySpace, Flickr, YouTube
- Facebook
  - 30.000 Server
  - 25 Terabyte Logdaten täglich
  - 300.000.000 Nutzer
  - 230 Ingenieure
- rasantes Wachstum
- stabile Zugriffszeiten
- hohe Verfügbarkeit
- Skalierung: **horizontal** 

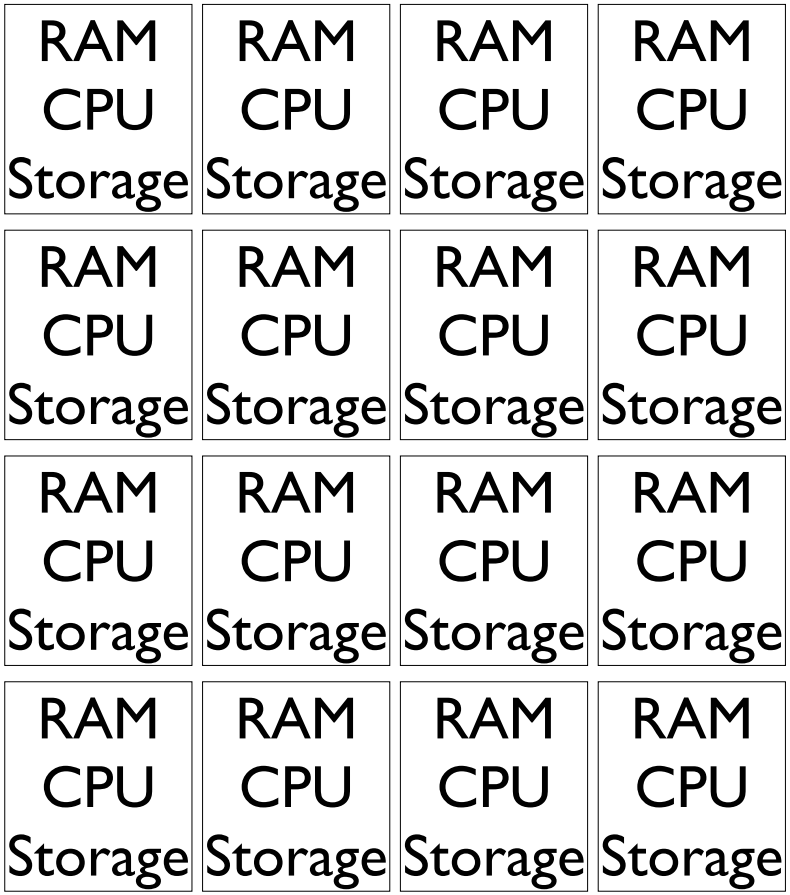
Horizontale Skalierung



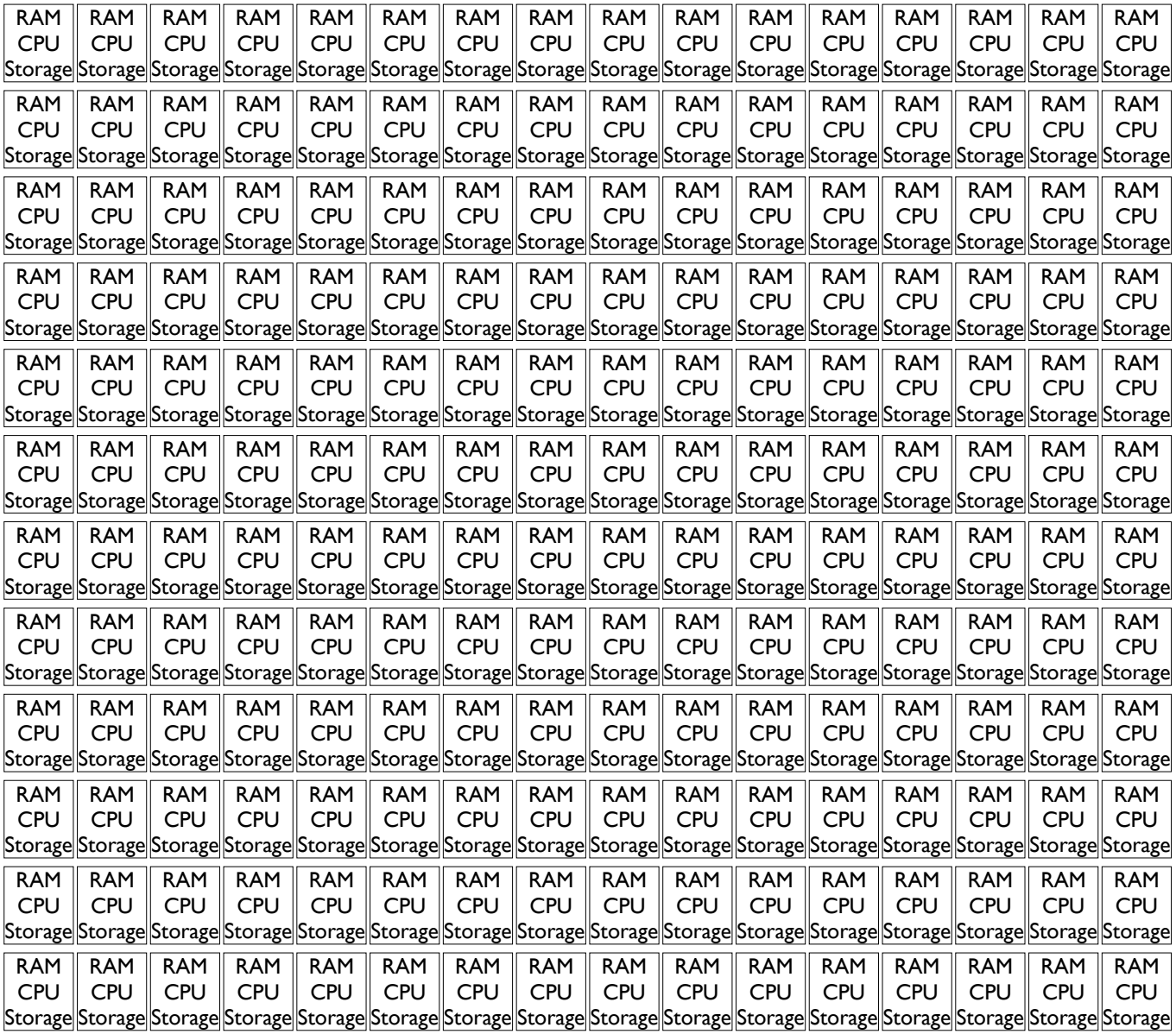
Horizontale Skalierung



Horizontale Skalierung

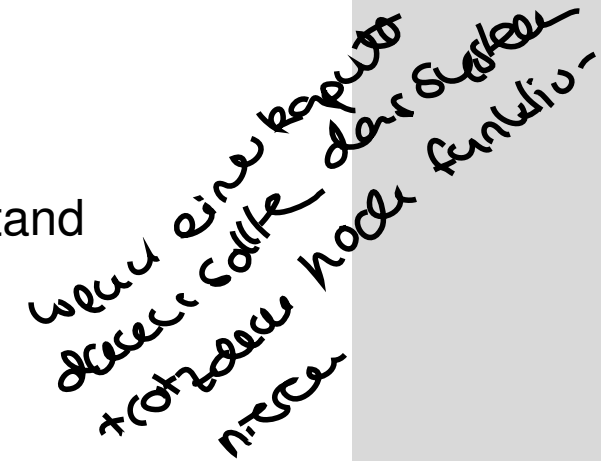


Horizontale Skalierung



Horizontale Skalierung

- führt zu Verteilten Systemen
- komplexer zu beherrschen als zentrale Systeme
- erzeugt *many points of failure*, Fehler ist Normalzustand



Verfügbarkeit

Verfügbarkeitsklassen:

Klasse	Verfügbarkeit	Downtime / Jahr
2	99%	3 Tage 15 Stunden
3	99,9%	8 Stunden 45 Minuten
4	99,99%	52 Minuten
5	99,999%	5 Minuten

- 4 9en liegen im Bereich der Hardwareausfallraten
- bessere Verfügbarkeit dann nur durch Redundanz erreichbar

↳ mehr Computer mit gleicher Aufgabe

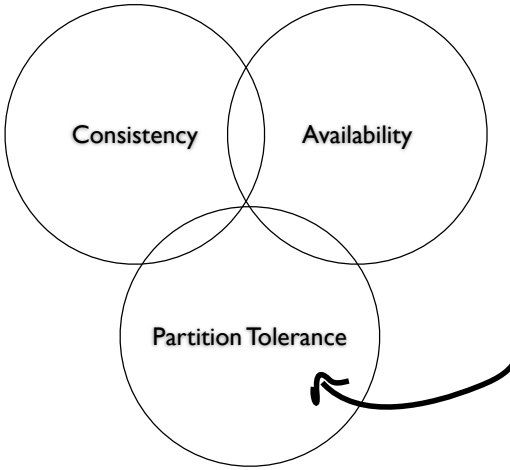
Verteilte Systeme

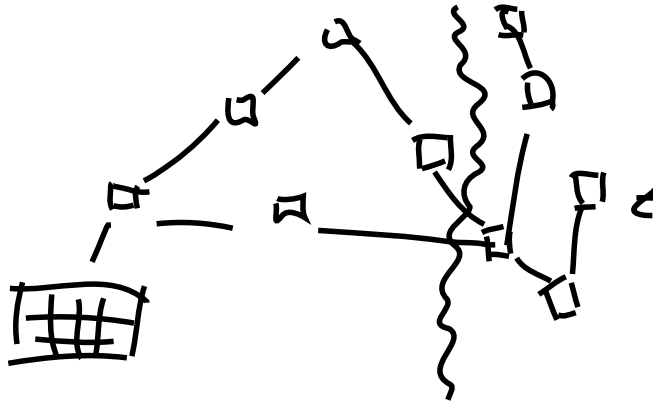
Verteilte Systeme sind nicht einfach:

- Kommunikation, Bandbreite, Latenz, Transportkosten
- Homogenität, Heterogenität
- Sicherheit
- Administration

Wie kann man damit Datenbanksysteme betreiben?

CAP-Theorem





funktioniert System insgesamt, wenn man es in zwei Hälften teilt (z.B. durch Kommunikation gestört) geht nicht wenn wechselseitig voneinander abgekoppelt, nur wenn andere die Aufgabe des abgeschnittenen übernehmen, auch Teilausfälle möglich

Nicht konsistente Daten durch Hälften auseinanderlaufen, oder ganz abschalten Konsistenz & Availability

Theorem (CAP — Eric Brewer, PODC 2000)

In einem verteilten System können jeweils höchsten zwei der Eigenschaften:

1. *Konsistenz (Consistency)*
2. *Verfügbarkeit (Availability)*
3. *Partitionstoleranz (Partition Tolerance)*

gleichzeitig erfüllt sein.

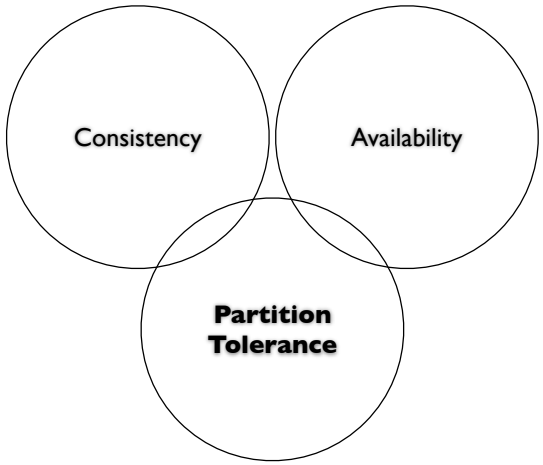
Partitionstoleranz

- Was geschieht mit Konsistenz, Verfügbarkeit wenn sich das verteilte System aufspaltet (partitioniert)?
- Partitionen sind isoliert:
  - keine Kommunikation zwischen Partitionen
  - Partitionen arbeiten für sich weiter
- Partitionstoleranz: Gesamtsystem kann weiterarbeiten.
- CAP:
  - Teile abschalten, um Konsistenz zu erhalten, Information dann nicht überall verfügbar, oder
  - weiterarbeiten, Verfügbarkeit gesichert, Konsistenz aufgegeben

In larger distributed-scale systems, network partitions are a given; therefore, consistency and availability cannot be achieved at the same time

Werner Vogels, Amazon.com

- Damit besteht nur noch die Wahl zwischen Konsistenz und Verfügbarkeit.



NOSQL-Datenbanksysteme

- Schemafrei
- keine Normalisierung, kein JOIN
- kein SQL
- Transaktionen (ACID) eingeschränkt
- weiche Konsistenz: *schließliche Konsistenz* (eventual consistency)
- einfache APIs
- horizontal skalierbar
- Replikation

Durch weiche Konsistenz besser skalierbar als bei Erzwingung harter Konsistenz

NOSQL-Systeme

- CouchDB
- MongoDB
- Redis
- Memcachedb
- Tokyo Cabinet
- Google BigTable
- Amazon Dynamo
- Apache Cassandra
- Project Voldemort
- Mnesia (Erlang)
- Hbase (Apache Hadoop)
- Hypertable
- Twitter Gizzard

im Prinzip tabellenform, aber Struktur der Tabelle nicht festgelegt (variable Anzahl Spalten), versionierte Speicherung → Timestamp über die auch auf ältere Daten zugegriffen werden kann)

Kategorien

1. Key-Value-Stores
2. Bigtable-Clones
3. Dokumentendatenbanken

Inhalte können komplizierter sein, nicht nur Datentupel, sondern auch ganze Dokumente (Anhänge, Mails ...)

MongoDB

- in C implementierte Dokumentendatenbank
- Schemalos
- Bindings für viele Sprachen
- MongoDB-Shell in JavaScript, Daten extern in JSON-Repräsentation
- CRUD
- Verarbeitung mit Map/Reduce

↳ Verteilte Verarbeitung
nicht auf nur einem Computer im Netz!

Quelle: Karl Seguin, The Little MongoDB Book,

http://openmymind.net/2011/3/28/The-Little-MongoDB-Book

MongoDB

- Datenbanken,
- Collections
- Dokumente (JSON-Objekte)
- Felder (Strings, Zahlen, Arrays, Object-IDs)

Beispiel (insert)

```
db.unicorns.insert({name: 'Aurora', gender: 'f', weight: 450})
db.unicorns.insert({name: 'Leto', gender: 'm', home: 'Arrakeen', worm:
false})
```

MongoDB–Abfragen: Selectoren

- Datenbankanfragen in JSON-Form

Beispiel (find)

konkrete Collection

Prädikat

```
db.unicorns.find({gender: 'm', weight: {$gt: 700}})

db.unicorns.find({gender: {$ne: 'f'}, weight: {$gte: 701}})

db.unicorns.find({vampires: {$exists: false}})

db.unicorns.find({gender: 'f',
       $or: [{loves: 'apple'},
             {loves: 'orange'},
             {weight: {$lt: 500}}]})
```

↑ $-Operatoren

↑ Attribut vampires nicht gesetzt

MongoDB–Abfragen

- Auswahl der Ergebnis-Felder
- Sortieren,
- Ausschnitte wählen
- Zählen

Beispiel (find)

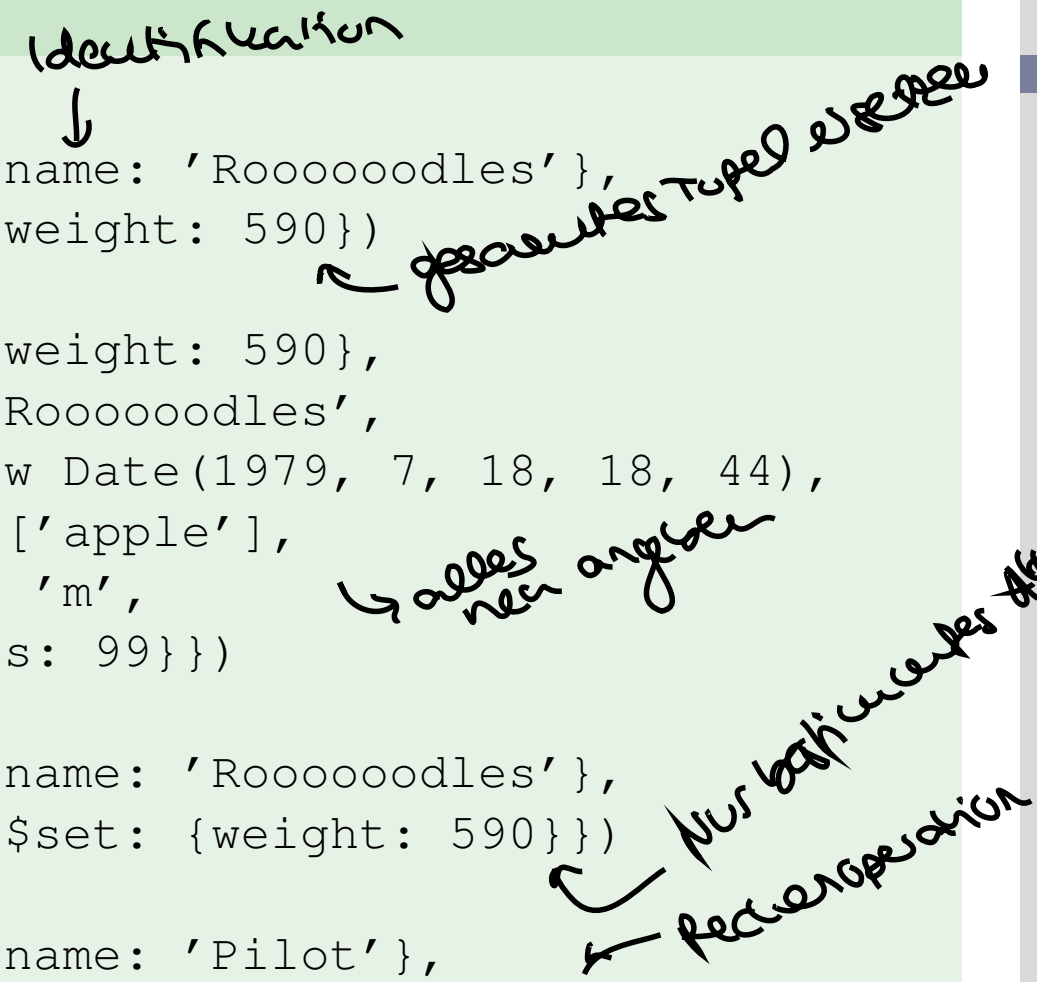
```
// Nur das Feld "name" im Ergebnis
db.unicorns.find(null, {name: 1});

// Schwerste Einhörner zuerst
db.unicorns.find().sort({weight: -1})

// erst Vampir-Name dann Vampire-Morde:
db.unicorns.find().sort({name: 1, vampires: -1})

// Ausschnitt
db.unicorns.find().sort({weight: -1}).limit(2).skip(1)

// Zählen
db.unicorns.count({vampires: {$gt: 50}})
db.unicorns.find({vampires: {$gt: 50}}).count()
```

MongoDB–Aktualisierungen

- Aktualisieren des gesamten Dokuments
- Aktualisieren von Feldern (mit `$set`)
- Weitere Operatoren u. a. `$inc`, `$push`

Beispiel (update)

```
db.unicorns.update({name: 'Roooooodles'},
                   {weight: 590})

db.unicorns.update({weight: 590},
     {$set: {name: 'Roooooodles',
             dob: new Date(1979, 7, 18, 18, 44),
             loves: ['apple'],
             gender: 'm',
             vampires: 99}})

db.unicorns.update({name: 'Roooooodles'},
                   {$set: {weight: 590}})

db.unicorns.update({name: 'Pilot'},
                   {$inc: {vampires: -2}})
```



MongoDB–Aktualisierungen

- Upserts — insert oder update
- Multiple Updates — mehr als ein Dokument ändern

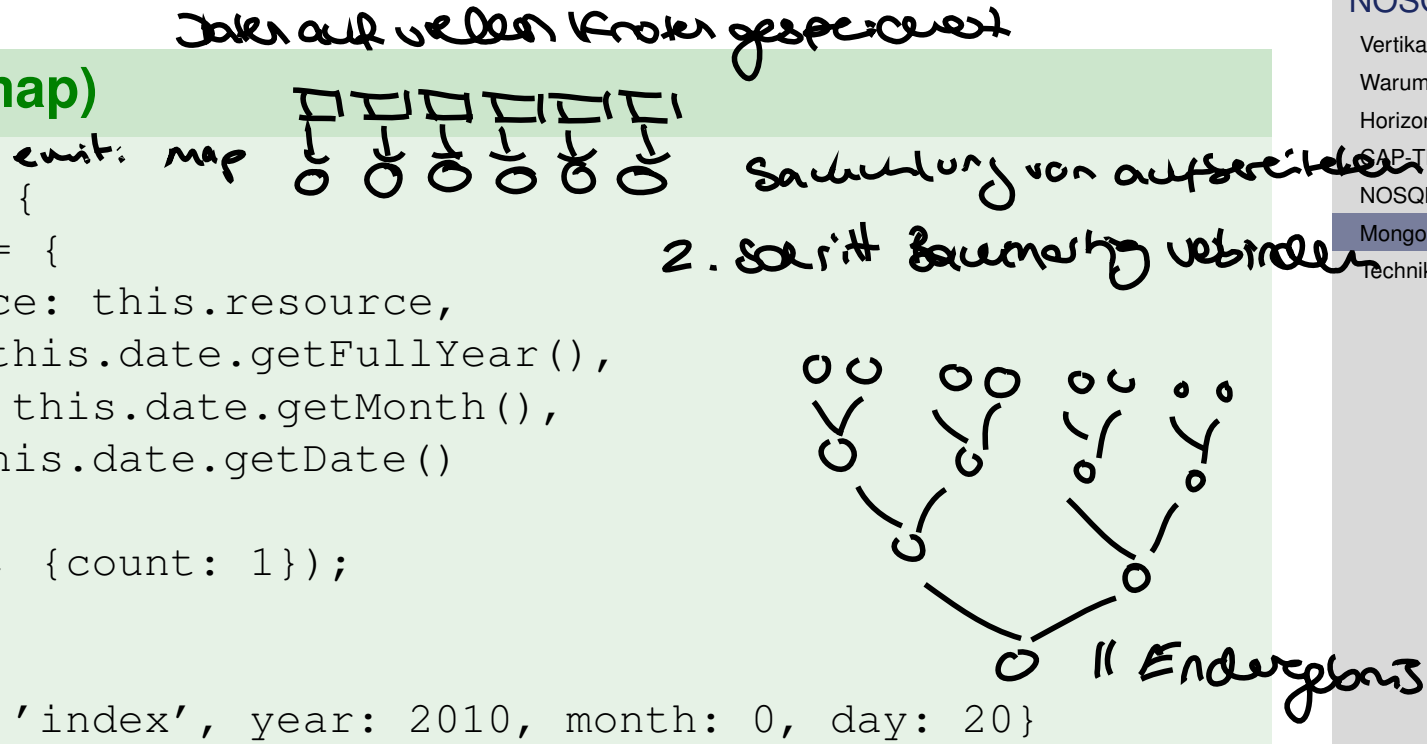
Beispiel (update)

```
# tut nichts, wenn Dokument nicht vorhanden
db.hits.update({page: 'unicorns'}, {$inc: {hits: 1}})

# erzeugt neues Dokument, wenn noch nicht vorhanden
db.hits.update({page: 'unicorns'}, {$inc: {hits: 1}}, true);


# Ändert nur ein Dokument
db.unicorns.update({}, {$set: {vaccinated: true }});

# Ändert alle Dokumente
db.unicorns.update({}, {$set: {vaccinated: true }}, false, true);
```

MongoDB–Verarbeitung: MapReduce

- 2 Funktionen, Map und Reduce, in JavaScript
- map: Relevante Daten extrahieren/berechnen

Beispiel (map)



```
function() {
  var key = {
    resource: this.resource,
    year: this.date.getFullYear(),
    month: this.date.getMonth(),
    day: this.date.getDate()
  };
  emit(key, {count: 1});
}
```

```
{resource: 'index', year: 2010, month: 0, day: 20}
  => [{count: 1}, {count: 1}, {count:1}]
{resource: 'about', year: 2010, month: 0, day: 20}
  => [{count: 1}]
{resource: 'about', year: 2010, month: 0, day: 21}
  => [{count: 1}, {count: 1},
{count:1}]
{resource: 'index', year: 2010, month: 0, day: 21}
  => [{count: 1}, {count: 1}]
```

MongoDB–Verarbeitung: MapReduce

- 2 Funktionen, Map und Reduce, in JavaScript
- reduce: Extrahierte Daten zusammenfassen

Beispiel (reduce)

```
function(key, values) {
    var sum = 0;
    values.forEach(function(value) {
    sum += value['count'];
  });
  return {count: sum};
};

{resource: 'index', year: 2010, month: 0, day: 20} => {count: 3}
{resource: 'about', year: 2010, month: 0, day: 20} => {count: 1}
{resource: 'about', year: 2010, month: 0, day: 21} => {count: 3}
{resource: 'index', year: 2010, month: 0, day: 21} => {count: 2}
{resource: 'index', year: 2010, month: 0, day: 22} => {count: 1}
```

Techniken in NOSQL-Datenbanksystemen

- Verteilte Hash-Tabellen
  - Partitionierung des Schlüsselraums
  - Abbildung auf Netzwerk (Overlay Network)
  - Abbildung von Daten und Servern: Consistent Hashing
- Vektor-Uhren
  - Verallgemeinerung der logischen Uhren nach Lamport
  - kausale Abhängigkeiten
- Redundanz, Replikation (Sloppy Quorum, Hinted Handoff)
- Indexstrukturen (z. B. Merkle Trees) spezielle Indexe um Änderungen schnell zu erkennen
- Abstimm/Koordinationsverfahren (z. B. Paxos, Gossip, . . .)

Ausblick

NOSQL

- Vertikale Skalierung
- Warum NOSQL?
- Horizontale Skalierung
- CAP-Theorem
- NOSQL-Systeme
- MongoDB
- Techniken

- Fragen?