Middleware – Cloud Computing – Übung

MapReduce: Übersicht & Ablauf

Wintersemester 2023/24

Laura Lawniczak, Tobias Distler, Harald Böhm

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 / 16 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
https://sys.cs.fau.de

Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

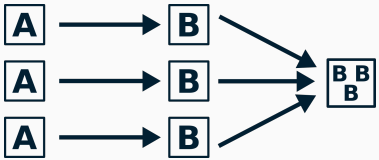
TECHNISCHE FAKULTÄT

Überblick

MapReduce

Einführung und Grundlagen

- Programmiermodell zur Strukturierung von Programmen für **parallele**, **verteilte** Ausführung
- Map und Reduce ursprünglich Bausteine aus funktionalen Programmiersprachen (z. B. LISP)
  - **Map**: Abbildung eines Eingabeelements auf ein Ausgabeelement
  - **Reduce**: Zusammenfassung mehrerer gleichartiger Eingaben zu einer einzelnen Ausgabe
- Formulierung zu lösender Aufgaben in MapReduce
  - Aufteilen in (potentiell mehrere) Map- und Reduce-Schritte
  - Implementierung der Map- und Reduce-Methoden (Entwickler)
  - Parallelisierung und Verteilung (MapReduce-**Framework**)

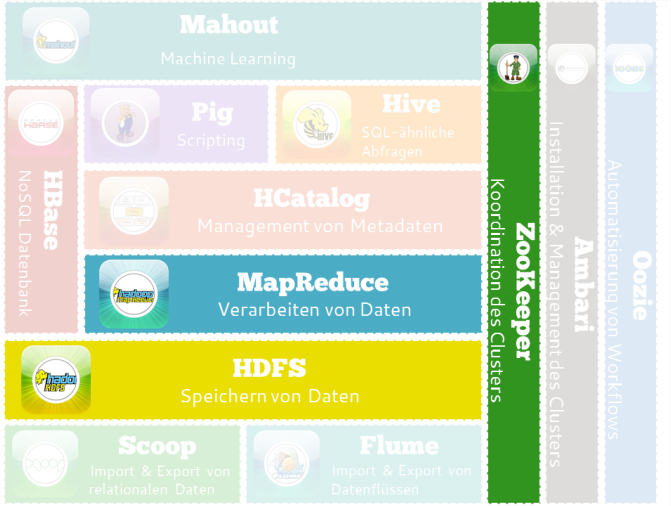


- „*MapReduce: Simplified data processing on large clusters*" (OSDI'04)
- Ursprüngliche Implementierung von Google nicht öffentlich
- Zahlreiche Open-Source-Implementierungen (z. B. **Apache Hadoop**, Disco, MR4C)
  - → Ermöglicht Verarbeitung riesiger Datenmengen
  - → Vereinfachung der Anwendungsentwicklung

- Literatur

Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat
MapReduce: Simplified data processing on large clusters
Proceedings of the 6th Conference on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '04), pages 137–150, 2004.

Hadoop-Framework (Komponenten)



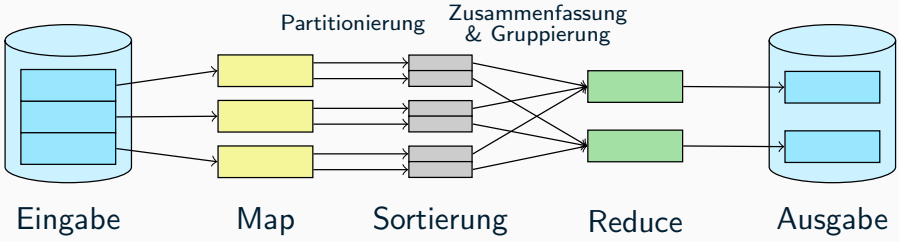
Quelle der Illustration: https://blog.codecentric.de/2013/08/einfuhrung-in-hadoop-die-wichtigsten-komponenten-von-hadoop-teil-3-von-5/

MapReduce

Ablauf eines MapReduce-Jobs

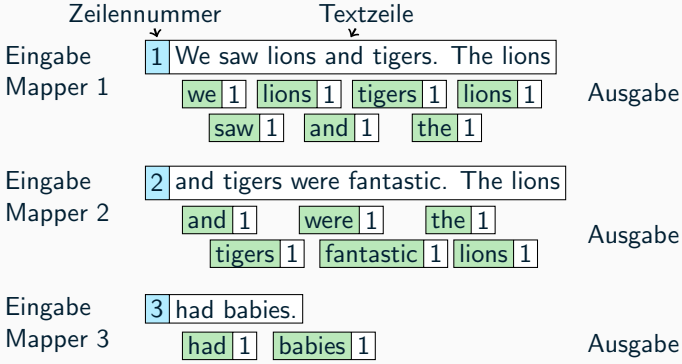
Ablauf von MapReduce

- Übersicht: Ablauf eines MapReduce-Durchlaufs



- Darstellung der Daten in Form von **Schlüssel-Wert-Paaren**

- Abbildung in der Map-Phase
  - Parallele Verarbeitung verschiedener Teilbereiche der Eingabedaten
  - Eingabedaten in Form von Schlüssel-Wert-Paaren
  - Abbildung auf **variable Anzahl** von **neuen** Schlüssel-Wert-Paaren
- Beispiel: Zählen von Wörtern

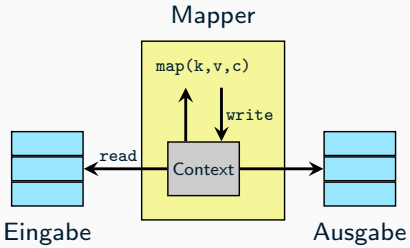


- Schnittstelle **Mapper** in Apache Hadoop

```
public class Mapper<KEYIN, VALUEIN, KEYOUT, VALUEOUT> {
  void map(KEYIN key, VALUEIN value, Context context) {
    context.write((KEYOUT) key, (VALUEOUT) value);
  }
}
```

- Festlegen von Datentypen mittels „Generics“
- Parameter:
  - **key**: Schlüssel, z. B. Zeilennummer
  - **value**: Wert, z. B. Inhalt der Zeile
  - **context**: Ausführungskontext, enthält `write()`-Methode zur Ausgabe von Schlüssel-Wert-Paaren

- Jeder Mapper referenziert einen Context
- Context verwaltet die Ein- und Ausgabe des Mappers
  - Stellt Reader zum Lesen von Schlüssel-Wert-Paare aus Eingabe des Mappers bereit
  - Sammelt und bereitet Schlüssel-Wert-Paare für die Ausgabe des Mappers vor (z.B. Partitionierung)
- Datenfluss im Mapper:
  1. Reader liest nächstes Schlüssel-Wert-Paar aus Eingabe
  2. Schlüssel-Wert-Paar wird an `map`-Funktion übergeben
  3. `map`-Funktion übergibt Context das Ergebnis
  4. Context schreibt Ergebnis in die Ausgabe

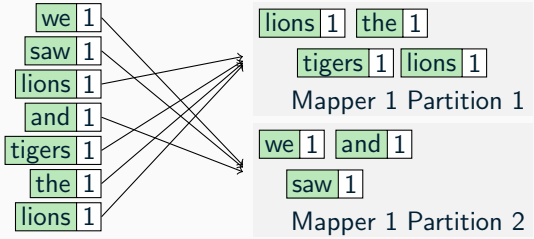


Context-Parameter in `map`

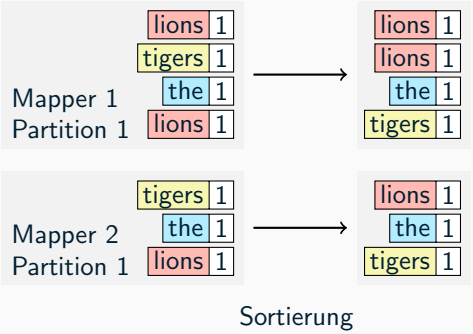
Der Parameter `context` in `map` zeigt auf das selbe Objekt, das der Mapper intern verwendet. Diese Trennung erlaubt eine komfortablere Implementierung der `map`-Funktion.

- Zuordnung der Mapper-Ausgabe zu späterem Reducer
  - Gleiche Schlüssel müssen zu gleichem Reducer
  - Eingaben der einzelnen Reducer sind unabhängig → parallelisierbar
- Schnittstelle **Partitioner** in Apache Hadoop

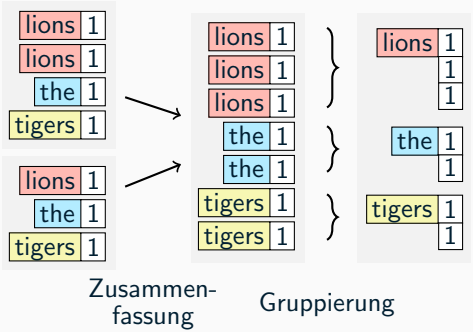
```
public class Partitioner<KEY, VALUE> {
  int getPartition(KEY key, VALUE value, int numPartitions) {
    return (key.hashCode() & Integer.MAX_VALUE) % numPartitions;
  }
}
```



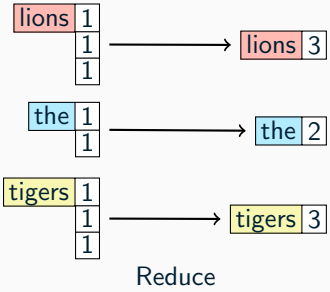
- Sortieren der Partitionen nach **Schlüssel**
  - Lokale Vorsortierung nach Verarbeitung der Daten durch Mapper
  - Jede Partition wird einzeln sortiert



- Zusammenfassen und Gruppierung der Daten nach **Schlüssel**
  - Eingaben für Reducer befinden sich in (mehreren) Mapper-Ausgaben
  - **Zusammenfassung** der vorsortierten Partitionen zu einer vollständig sortierten Gesamtliste
  - **Gruppierung** aller Werte unter identischem Schlüssel
  - Statt Schlüssel-Wert-Paar nun Schlüssel und **Liste von Werten**



- **Zusammenführen** von Daten in der Reduce-Phase
  - Eingabe in Form von Schlüssel und allen zugehörigen Werten aus Mapper
  - Parallele Verarbeitung verschiedener Teilbereiche von Schlüsseln
  - Abbildung auf **variable Anzahl** von **neuen Schlüssel-Wert-Paaren**



- Schnittstelle **Reducer** in Apache Hadoop:

```
public class Reducer<KEYIN, VALUEIN, KEYOUT, VALUEOUT> {
  void reduce(KEYIN key, Iterable<VALUEIN> values, Context context) {
    for(VALUEIN value : values) {
      context.write((KEYOUT) key, (VALUEOUT) value);
    }
  }
}
```

- Parameter:
  - **key**: Schlüssel aus Sortierungsphase
  - **values**: Liste von Werten, welche zu dem Schlüssel gruppiert wurden
  - **context**: Ausführungskontext, enthält `write()`-Methode zur Ausgabe von Schlüssel-Wert-Paaren

MapReduce

Aufgaben des Frameworks

Aufgaben des Frameworks

- Generelle **Steuerung** der MapReduce-Abläufe
  - Scheduling einzelner (Teil-)Aufgaben
  - Einhaltung der Reihenfolge bei Abhängigkeiten
  - Zwischenspeicherung der Daten
- Implementiert grundsätzliche **Algorithmen** (z. B. Sortierung)
- Bereitstellen von **Schnittstellen** zur Anpassung von
  - Dateneingabe (Deserialisierung)
  - Mapper
  - Partitionierung
  - Sortierung/Gruppierung
  - Reducer
  - Datenausgabe (Serialisierung)