

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XXI
1. Einleitung	1
1.1. Ziele dieser Arbeit	2
1.2. Aufbau dieser Arbeit	3
2. Grundlagen	7
2.1. Verteilte Datenbankmanagementsysteme	7
2.1.1. Architekturmodelle von VDBMS	8
2.1.2. Fragmentierung und Allokation	9
2.2. Konsistenz	10
2.2.1. Datenzentrierte Konsistenmodelle	12
2.2.2. Clientzentrierte Konsistenmodelle	13
2.3. Fehlerarten	14
2.4. Hashing	14
2.4.1. Hashtabellen	15
2.4.2. Distributed Hashtables	15
2.5. Das CAP-Theorem	16
2.6. NoSQL-Datenbanken	18
2.6.1. Key Value Stores	19
2.7. Cassandra	21
2.7.1. DataStax, Inc.	22
2.7.2. Grundlagen der Cassandra Query Language	22
2.7.3. Zusammengesetzte Primärschlüssel	26
2.7.4. Sekundärindizes	26
2.7.5. Virtuelle Knoten	29
2.7.6. Token-Bereiche	29
2.8. Stromverarbeitung	30

2.9. Speedup und Scaleup	32
2.9.1. Speedup	32
2.9.2. Scaleup	33
2.10. SECONDO	33
2.10.1. Second-Order Signature	34
2.10.2. Architektur von SECONDO	36
2.10.3. Fortschrittschätzung	36
2.11. MapReduce	38
2.11.1. Hadoop	40
2.12. Parallel SECONDO	41
2.12.1. Ausführungspläne in Parallel SECONDO	41
2.13. Verwandte Arbeiten	41
3. Datenströme	47
3.1. Aufzeichnungs- und Analysekomponente	47
3.2. Aufzeichnung eines Datenstroms	48
3.3. Erweiterung der ImEx-Algebra	49
3.3.1. Operator csvimport	49
3.4. Loadbalancer	52
3.4.1. Scheduling	53
3.4.2. Umgang mit Ausfällen	56
3.4.3. Anwendung	58
3.5. Lastgenerator	60
4. Kopplung von SECONDO mit Cassandra	63
4.1. Cassandra-Algebra	63
4.1.1. Operator csread	65
4.1.2. Operator ccollect	67
4.1.3. Operator ccollectlocal	68
4.1.4. Operator ccollectrange	68
4.1.5. Operator ccollectquery	69
4.1.6. Operator clist	70
4.1.7. Operator cdelete	70
4.1.8. Operator cquerylist	72
4.1.9. Operator cqueryexecute	73
4.1.10. Operator cqueryreset	74
4.1.11. Operator cquerywait	74
4.1.12. Operator sleep	77
4.1.13. Operator statistics	77

4.2. Implementation der Cassandra-Algebra	79
4.2.1. Export von SECONDO-Tupeln	79
4.2.2. Partitionierung von Tupeln	80
4.2.3. Adressierung von Tupeln	80
4.2.4. Ablage von SECONDO-Relationen in Cassandra	81
4.2.5. Bestimmung der lokalen Token-Bereiche	82
4.2.6. Loadbalancing des cpp-Treibers	83
4.2.7. Parallelisierung von CQL-Abfragen	86
4.2.8. Connection Pool	87
4.2.9. Bekannte Probleme	87
5. Verteilte Abfrageauswertung	91
5.1. Grundlagen	91
5.1.1. Partitionierung von Daten	92
5.1.2. Verteilter Join – Ein erster Ansatz	93
5.2. Distributed SECONDO	94
5.2.1. Management-System	96
5.2.2. QueryExecutor – Verteilung von Abfragen	97
5.2.3. Platzhalter in Abfragen	98
5.2.4. Beispielumgebung	104
5.2.5. Systemtabellen von Distributed SECONDO	104
5.2.6. Management von Distributed SECONDO	107
5.2.7. Robuste Partitionierung des logischen Ringes	110
5.2.8. Robuste Partitionierung – Beispiele	116
5.2.9. Atomares Einbringen von Tupeln	120
5.2.10. Robustes Lesen von Relationen	123
5.2.11. Verteilter Join – Die robuste Variante	125
6. Fallstudien	127
6.1. Verarbeiten von Positionsdaten	127
6.1.1. Problemstellung	127
6.1.2. Lösungsmöglichkeit	128
6.1.3. Analyse der Koordinaten	131
6.2. Analyse des Logfiles eines Webservers	134
6.2.1. Problemstellung	134
6.2.2. Lösungsmöglichkeit	135
6.3. Partition based spatial merge join	139
6.3.1. Problemstellung	140
6.3.2. Lösungsmöglichkeit	141

6.4. Zusammenfassung	144
7. Experimente	145
7.1. Umgebung	145
7.1.1. Grundlegendes zu den Experimenten	145
7.1.2. Hardware des Clusters	146
7.1.3. Software des Clusters	148
7.1.4. Zusätzlich installierte Software	149
7.2. Verarbeitung von Datenströmen	150
7.2.1. Durchsatz des Operators csvimport	150
7.3. Datenstromverarbeitung auf homogenen Systemen	154
7.3.1. Durchführung	155
7.3.2. Ergebnis	157
7.3.3. Zusammenfassung	158
7.4. Datenstromverarbeitung auf heterogenen Systemen	160
7.4.1. Durchführung	161
7.4.2. Ergebnis	162
7.4.3. Einfluss der Größe des Bestätigungsfensters	164
7.4.4. Zusammenfassung	168
7.5. Cassandra als Datenspeicher	169
7.5.1. Anzahl der Cassandra-Knoten	169
7.5.2. Konsistenz beim Schreiben	172
7.5.3. Lokalität in Cassandra	173
7.5.4. Größe der Tupel	178
7.5.5. Anzahl der Tupel	179
7.6. Distributed SECONDO	181
7.6.1. Ausführen von verteilten Abfragen	181
7.6.2. Token-Ranges und die Laufzeit von verteilten Abfragen	185
7.6.3. Verteilter Join	186
7.6.4. Ein verzögerter Join mit erhöhter Laufzeit	188
7.6.5. Zeit für den Im- und Export von Tupeln	196
7.6.6. Verteilter spatial Join	196
7.6.7. Verteilter spatial Join ohne Rückschreiben der Ergebnisse	202
7.6.8. Fortschrittschätzung	208
7.6.9. Fazit	210

8. Zusammenfassung und Ausblick	211
8.1. Erweiterungen	211
8.1.1. Anzahl der Distributed SECONDO-Knoten	212
8.1.2. Automatische Skalierung	212
8.1.3. Prepared Statements in SECONDO	213
8.1.4. Laden von einzelnen Token	214
8.1.5. Umstellung auf einen neuen Cassandra-Treiber	214
8.2. Ausblick	215
Anhang A. Veränderungen am DataStax cpp-driver	217
Anhang B. Verwendete Bibliotheken	221
Anhang C. Im Cluster eingesetzte Festplatten	223
Anhang D. UML-Diagramme	227
D.1. CSV-Parser	227
D.2. Loadbalancer	228
Anhang E. Codeblöcke	229
E.1. Zu Kapitel 5 gehörende Codeblöcke	229
E.2. Zu Kapitel 6 gehörende Codeblöcke	231
E.3. Zu Kapitel 7 gehörende Codeblöcke	234
Anhang F. Übersicht über Cassandra	241
F.1. Einleitung	241
F.1.1. Geschichte	242
F.1.2. Grundlagen	242
F.1.3. Einsatzbereiche	243
F.2. Cassandra	244
F.2.1. Datenmodell	244
F.2.2. Architektur von Cassandra	247
F.2.3. Lesen und Schreiben von Daten	253
F.2.4. Sicherheit	259
F.2.5. Performance	260
F.3. Erweiterungen von Cassandra	261
F.3.1. CQL – Cassandra Query Language	262
F.3.2. Integration von Hadoop	263
F.4. Fazit	264

Anhang G. Scripte	265
Anhang H. Quellcode	283
Listingverzeichnis	285
Literaturverzeichnis	287