



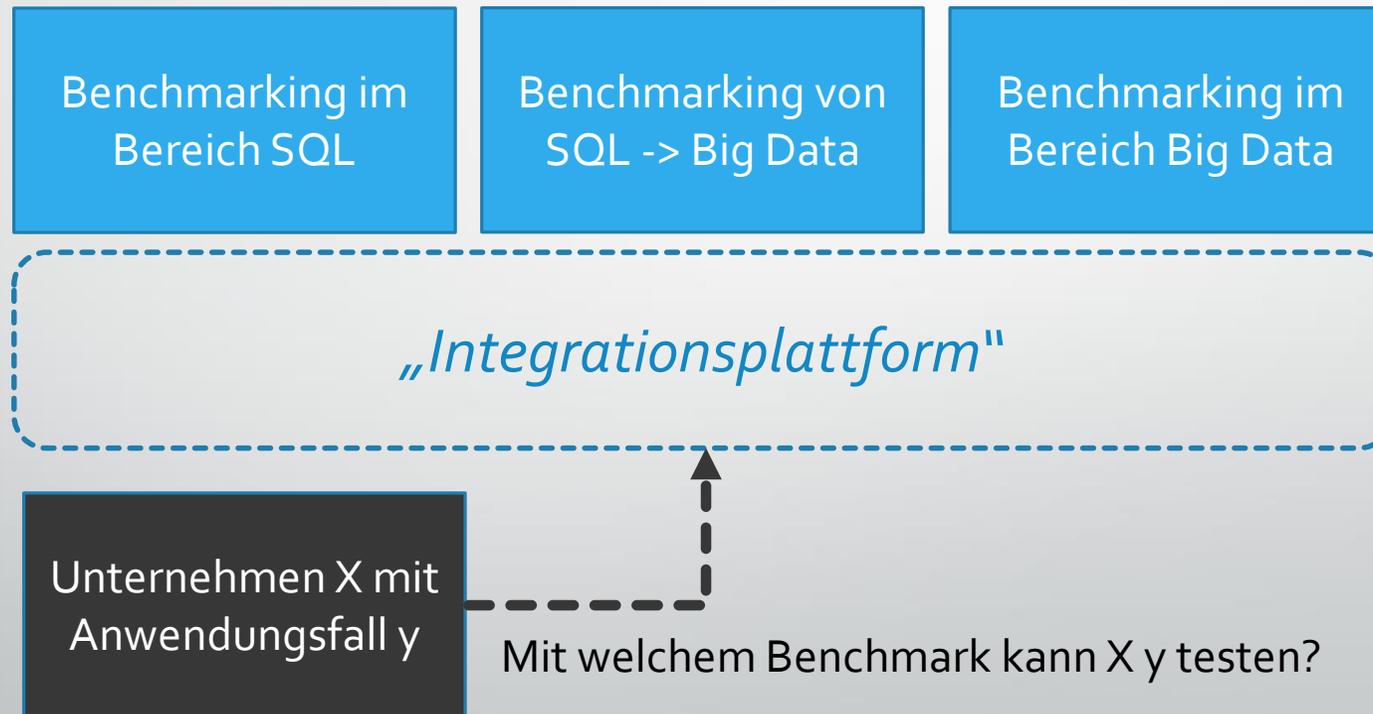
# Big Data Benchmarking

Grundseminarvortrag von Tim Horgas

# Gliederung

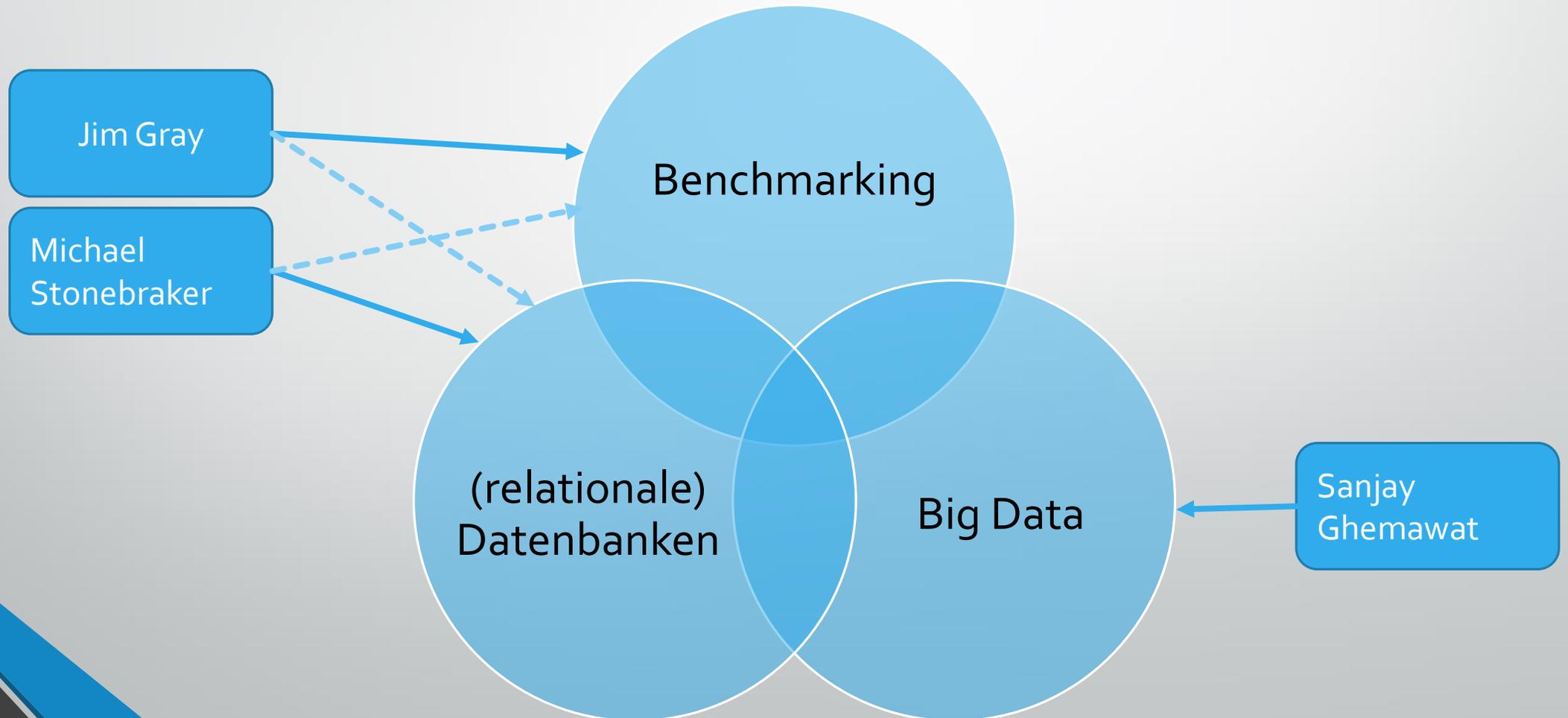
- Vorläufige Forschungsidee
  - Wichtige Forscher
- Grundlagen
  - Begriffsdefinition Benchmarking
  - Begriffsdefinition Big Data
  - Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data
- Big Data Benchmarking
- Entwicklung eines eigenen Benchmarks
  - Vision

# Vorläufige Forschungsidee



# Vorläufige Forschungsidee

## Wichtige Forscher



# Vorläufige Forschungsidee

## Wichtige Forscher

Bereich Benchmarking:

**Jim Gray**

- Cube-Operator
- Turing-Preisträger



[1]

# Vorläufige Forschungsidee

## Wichtige Forscher

Bereich Datenbanken:

### **Michael Stonebraker**

- Ehem. Professor am MIT
- Architekt von PostgreSQL, VoltDB
- Turing-Preisträger



[2]

# Vorläufige Forschungsidee

## Wichtige Forscher

Bereich Big Data:

### **Sanjay Ghemawat**

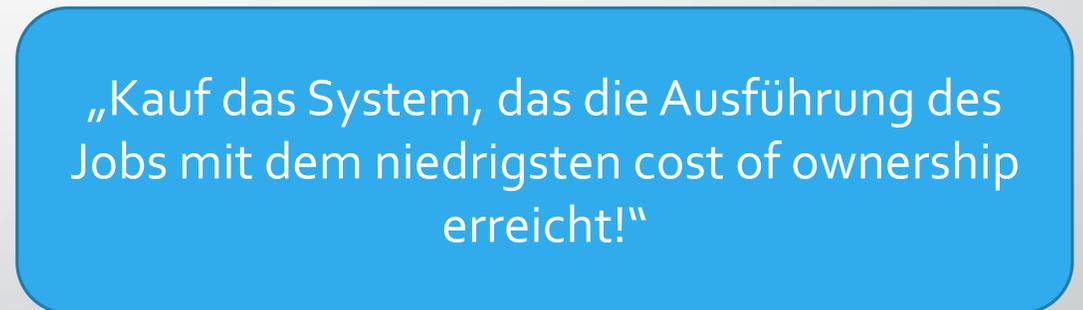
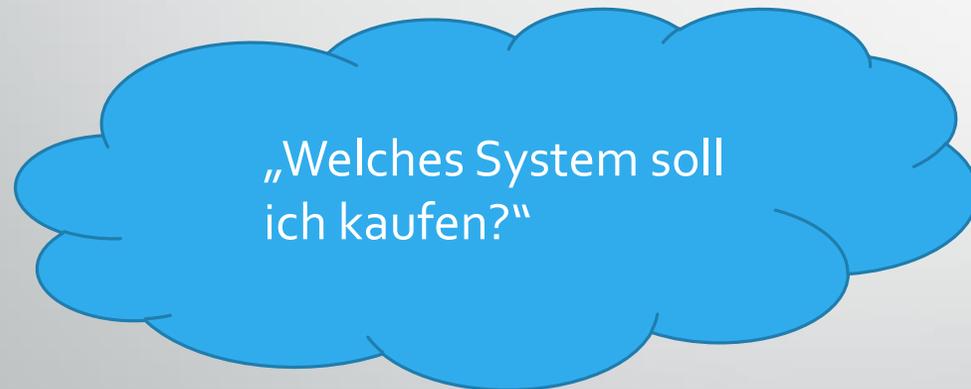
- Wissenschaftler bei Google
- Architekt für Infrastrukturkomponenten



[3]

# Grundlagen

Benchmarking:



# Grundlagen

## Benchmarking:

- Preis gemessen als cost of ownership (5 Jahre)
  - Projektrisiken, Entwicklungskosten, Betriebskosten, Hardwarekosten und Softwarekosten
- Computerperformance (quantitativ)
  - Durchsatzmetrik (throughput -> work/second)
    - tps (transactions per second)
- Workload: Daten und auszuführende Operationen

# Grundlagen

## Benchmarking:

- Preis gemessen als cost-of-ownership (5 Jahre)
  - Projektrisiken, Entwicklungskosten, Betriebskosten, Hardwarekosten und Softwarekosten
- Computerperformance (quantitativ)
  - Durchsatzmetrik (throughput -> work/second)
    - tps (transactions per second)
- Workload: Daten und auszuführende Operationen

Risiko: Werte teilweise nicht vorhersehbar, Benchmark kann teurer als eigentliches Projekt werden

# Grundlagen

## Benchmarking:

- Preis gemessen als cost-of-ownership (5 Jahre)
  - Projektrisiken, Entwicklungskosten, Betriebskosten, Hardwarekosten und Softwarekosten
- Computerperformance (quantitativ)
  - Durchsatzmetrik (throughput -> work/second)
    - tps (transactions per second)
- Workload: Daten und auszuführende Operationen

Risiko: relative Performance wird gemessen, keine Aussage über Effektivität der Anwendung

# Grundlagen

## Benchmarking:

- Preis gemessen als cost-of-ownership (5 Jahre)
  - Projektrisiken, Entwicklungskosten, Betriebskosten, Hardwarekosten und Softwarekosten
- Computerperformance (quantitativ)
  - Durchsatzmetrik (throughput -> work/second)
    - tps (transactions per second)
- Workload: Daten und auszuführende Operationen

Risiko: Datenauswahl und -beschaffung, Vergleichbarkeit der Operationen

# Grundlagen

## Benchmarking:

- Domain-Specific Benchmarks
  - Performance stark anwendungsabhängig
  - Interne Algorithmen wichtiger als Hardwaregeschwindigkeit
  - Oft synthetische (generierte) Daten

# Grundlagen

## Benchmarking:

- 4 Kriterien für Domain-Specific Benchmarks
  1. Relevant
  2. Portable
  3. Scaleable
  4. Simple

# Grundlagen

## Benchmarking:

- Beispiele für Domain-Specific Benchmarks
  - SPEC (System Performance Evaluation Cooperative)
  - TPC (Transaction Processing Performance Council)
- Beschriebene Benchmarks mit Metriken zur Messung der Performance für...
  - Prozessor
  - IO-Subsystem
  - Betriebssystem
  - Compiler
  - Datenbanksystem

# Wichtige Literatur/Paper

## Benchmarking:

- [\*The Benchmark Handbook for Database and Transaction Processing Systems\*](#) (J. Gray, editor)-- 2nd edition. with D. Bitton, R. Cattell, D. DeWitt, P. O'Neil, O. Serlin, T. Sawyer, C. Trybyfill. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1993.

# Wichtige Literatur/Paper

## Benchmarking:

- [\*The Benchmark Handbook for Database and Transaction Processing Systems\*](#) (J. Gray, editor)-- 2nd edition. with D. Bitton, R. Cattell, D. DeWitt, P. O'Neil, O. Serlin, T. Sawyer, C. Trybyfill. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1993.

Keine Metriken für Benutzerfreundlichkeit,  
Einfachheit der Programmierung oder  
Einfachheit der Operationen

# Grundlagen

## Big Data:

- 3 Vs (Volume, Velocity, Variety)
  - Volume = sehr große Datenmengen (Petabytes)
  - Velocity = hohe Geschwindigkeit der Datenerzeugung und -verarbeitung
  - Variety = stark verschiedenartige Daten
- MapReduce als geeignetes Programmiermodell
  - Absichtlich redundante Speicherung
  - Programmausführung bei den Daten



[4]

# Grundlagen

## Big Data:

- Auswirkungen der 3 Vs auf Systeme
  - Horizontale Skalierung
  - Fehlertoleranz in Bezug auf Hardwareausfall
- Beispiel
  - 1.000 Nodes
  - 300 Terrabyte Speicher

} Google (2006)

# Wichtige Literatur/Paper

## Big Data:

- Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat. 2008. MapReduce: simplified data processing on large clusters. *Commun. ACM* 51, 1 (January 2008), 107-113. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1327452.1327492>
- Michael Stonebraker, Sam Madden, and Pradeep Dubey. 2013. Intel "big data" science and technology center vision and execution plan. *SIGMOD Rec.* 42, 1 (May 2013), 44-49. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2481528.2481537>

# Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

- MapReduce and parallel DBMSs: friends or foes?
  - Trend zum Scale-Out innerhalb von Datacentern (Preis)
  - Fast jeder parallele Prozess als MR-Job oder DBMS-Job abbildbar
  - MapReduce mehr als ETL-Werkzeug geeignet

# Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

- MapReduce and parallel DBMSs: friends or foes?

	DBMS	MapReduce
Kernkompetenz	Queries auf großen Datensets	Komplexe Analysen und ETL
Abfragesprache	Higher-level Language	Eher low-level Language
Speicherung	In-situ problematisch	Verteiltes Dateisystem
Schema	schemabehaftet	schemafrei
Scheduling	Compile-Zeit	Laufzeit

# Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

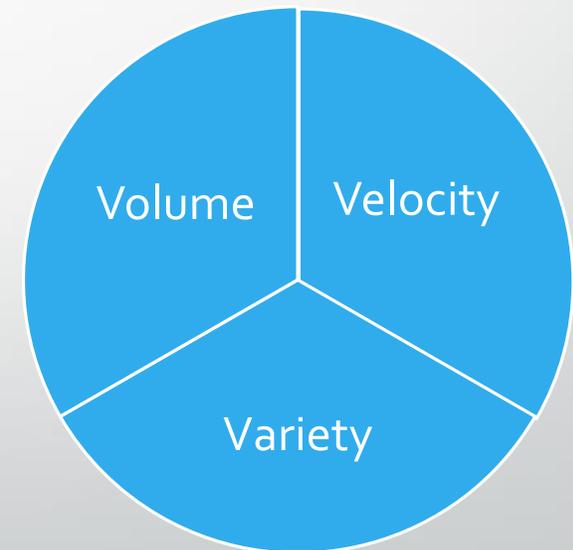
- MapReduce and parallel DBMSs: friends or foes?
  - Starke Geschwindigkeitsvorteile von DBMS gegenüber Hadoop MapReduce (2009)
  - Architektonische Unterschiede
  - komplementäre Anwendungsfelder

# Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

- Benchmarking
  - Benchmark-Ausführung: Keine Optimierungen vs. alle möglichen Optimierungen?
  - Metrik:
    - Geschwindigkeit der Ausführung (Vergleich der Outputdaten nötig)
- Weitere mögliche Metriken fürs Benchmarking (Hinweise auf Effektivität der Programmiermodelle)
  - CPU-Auslastung, RAM-Auslastung, Netzwerkauslastung, Anzahl laufender Prozesse
  - Prozessvergleiche (Architekturabhängig)

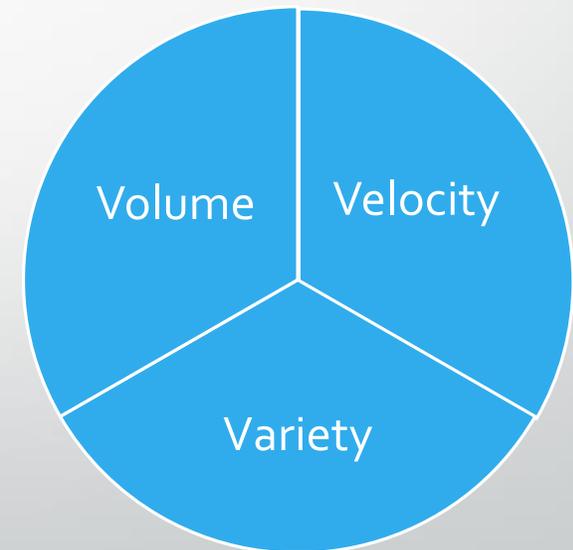
# Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

- Forschungsbedarf bei den 3 Vs
  - Volume
    - SQL -> kann auch von DBMS abgedeckt werden (Stonebraker 2012)
    - komplexe Analysen (Machine Learning, Clustering, Predictive Analyses...)
  - Velocity
    - Complex Event Processing (CEP) -> Für Trading-Anwendungen bereits erforscht
    - Very high performance OLTP
  - Variety
    - Datahub



# Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

- Forschungsbedarf bei den 3 Vs
  - Volume
    - SQL -> kann auch von DBMS abgedeckt werden (Stonebraker 2012) ✘
    - komplexe Analysen (Machine Learning, Clustering, Predictive Analyses...) ✔
  - Velocity
    - Complex Event Processing (CEP) -> Für Trading-Anwendungen bereits erforscht ✘
    - Very high performance OLTP ✔
  - Variety
    - Datahub ✔



# Wichtige Literatur/Paper

## Benchmarks zum Vergleich von relationalen DBs mit Tools aus dem Bereich Big Data

- Michael Stonebraker, Daniel Abadi, David J. DeWitt, Sam Madden, Erik Paulson, Andrew Pavlo, and Alexander Rasin. 2010. MapReduce and parallel DBMSs: friends or foes?. *Commun. ACM* 53, 1 (January 2010), 64-71. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1629175.1629197>
- Andrew Pavlo, Erik Paulson, Alexander Rasin, Daniel J. Abadi, David J. DeWitt, Samuel Madden, and Michael Stonebraker. 2009. A comparison of approaches to large-scale data analysis. In *Proceedings of the 2009 ACM SIGMOD International Conference on Management of data (SIGMOD '09)*, Carsten Binnig and Benoit Dageville (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 165-178. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1559845.1559865>

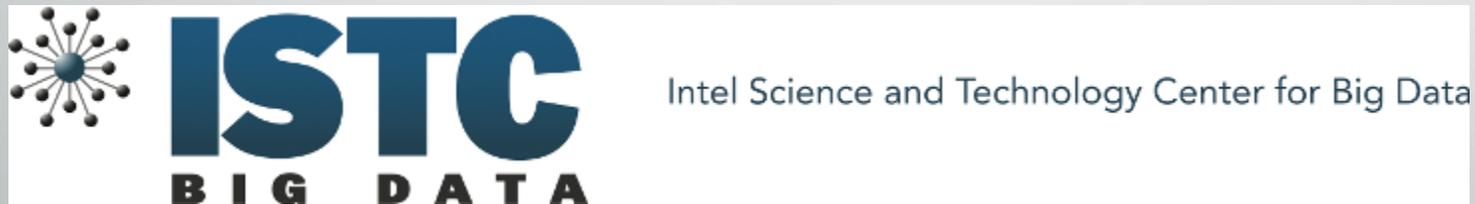
# Konferenzen etc.

Forschungsbedarf bei den 3 Vs

- <http://istc-bigdata.org/>
- <http://ieee-hpec.org/>
- <http://www.data-mining-cup.de/>



[5]

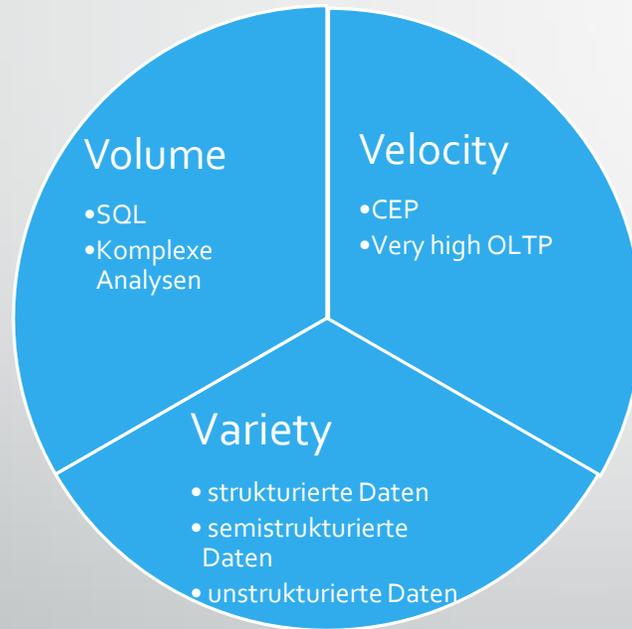


[6]



[7]

# Big Data Benchmarking



- TPCx-HS
  - SQL
- BigBench 1.0
  - SQL
  - Variety
- BigBench 2.0
  - BigBench 2.0 + Komplexe Analysen
- BigDataBench
  - Volume, Velocity und Variety

# Big Data Benchmarking

## Big Data Benchmarking

- TPCx-HS
  - Erster Industrie-Standard
  - Datengeneration über Scale-Faktor (1TB, 3TB, 10TB, 30TB, 100TB, 300TB, 1000TB, 3000TB and 10000TB) -> Key-Value Daten
  - Performance Metrik:  $HSph@SF = \frac{SF}{T/3600}$  SF = Scale-Faktor  
T = gemessene Zeit in Sekunden

[8]

# Big Data Benchmarking

## Big Data Benchmarking

- TPCx-HS Beispielergebnis:

		December 15, 2014
Measurement Results		
Scale Factor		3000
Start of Run		10/02/2014 02:01:09
End of Run		10/02/2014 08:11:31
Run Elapsed Time		6:10:22
Start of HDataCheck		10/02/2014 02:01:09
End of HDataCheck		10/02/2014 02:01:16
Start of HSGen		10/02/2014 02:01:16
End of HSGen		10/02/2014 03:08:26
Start of HSSort		10/02/2014 03:08:27
End of HSSort		10/02/2014 05:24:26
Start of HSValidateHSValidate		10/02/2014 05:24:27
End of HSValidateHSValidate		10/02/2014 08:11:26
Start of HDataCheck		10/02/2014 08:11:27
End of HDataCheck		10/02/2014 08:11:31
Performance Metric (HSph@3TB)		390.99@ HSph 3TB
Price/Performance (\$/HSph@3TB)		\$255.76/HSph@3TB

[8]

# Big Data Benchmarking

## Big Data Benchmarking

- TPCx-HS Beispielergebnis:

Keine Metriken für  
Benutzerfreundlichkeit, Einfachheit  
der Programmierung oder  
Einfachheit der Operationen,  
Workload bedient nur Volume und  
Velocity

		December 15, 2014
Measurement Results		
Scale Factor		3000
Start of Run		10/02/2014 02:01:09
End of Run		10/02/2014 08:11:31
Run Elapsed Time		6:10:22
Start of HDataCheck		10/02/2014 02:01:09
End of HDataCheck		10/02/2014 02:01:16
Start of HSGen		10/02/2014 02:01:16
End of HSGen		10/02/2014 03:08:26
Start of HSSort		10/02/2014 03:08:27
End of HSSort		10/02/2014 05:24:26
Start of HSValidateHSValidate		10/02/2014 05:24:27
End of HSValidateHSValidate		10/02/2014 08:11:26
Start of HDataCheck		10/02/2014 08:11:27
End of HDataCheck		10/02/2014 08:11:31
Performance Metric (HSph@3TB)		390.99@ HSph 3TB
Price/Performance (\$/HSph@3TB)		\$255.76/HSph@3TB

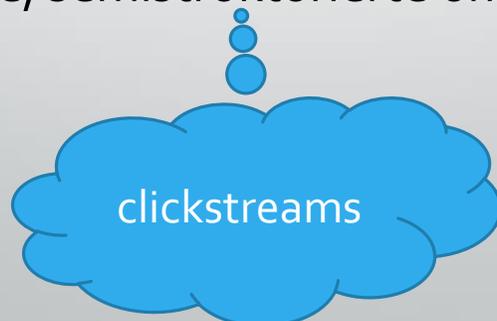
[8]

# Big Data Benchmarking

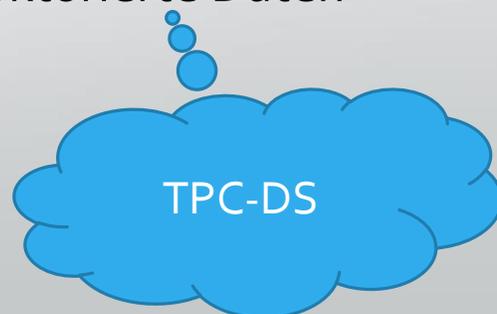
- BigBench: Application level Benchmark -> Big Data Analytics
  - *Versuch eines „reale Welt Workloads“* durch Datengeneration
  - Basiert auf TPC-DS
  - Unstrukturierte, semistrukturierte und strukturierte Daten



product  
reviews



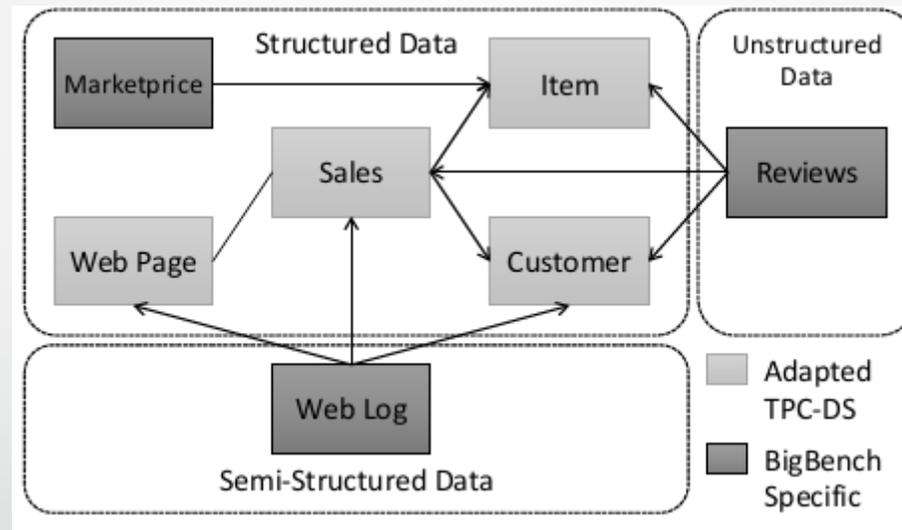
clickstreams



TPC-DS

# Big Data Benchmarking

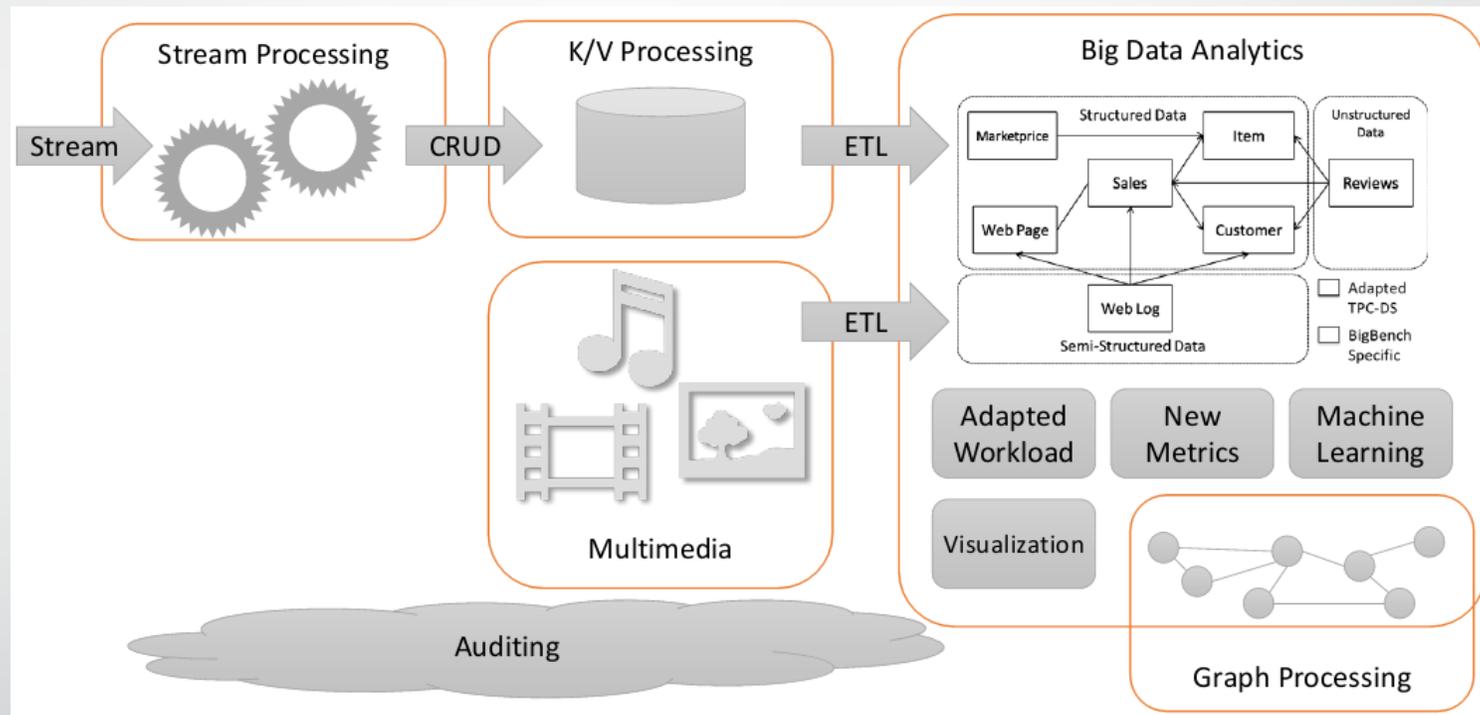
- BigBench 1.0
  - Metrik: Zeit der Ausführung
  - Vergleicht nur Hadoop und DBMS



[9]

# Big Data Benchmarking

- BigBench 2.0: Vision

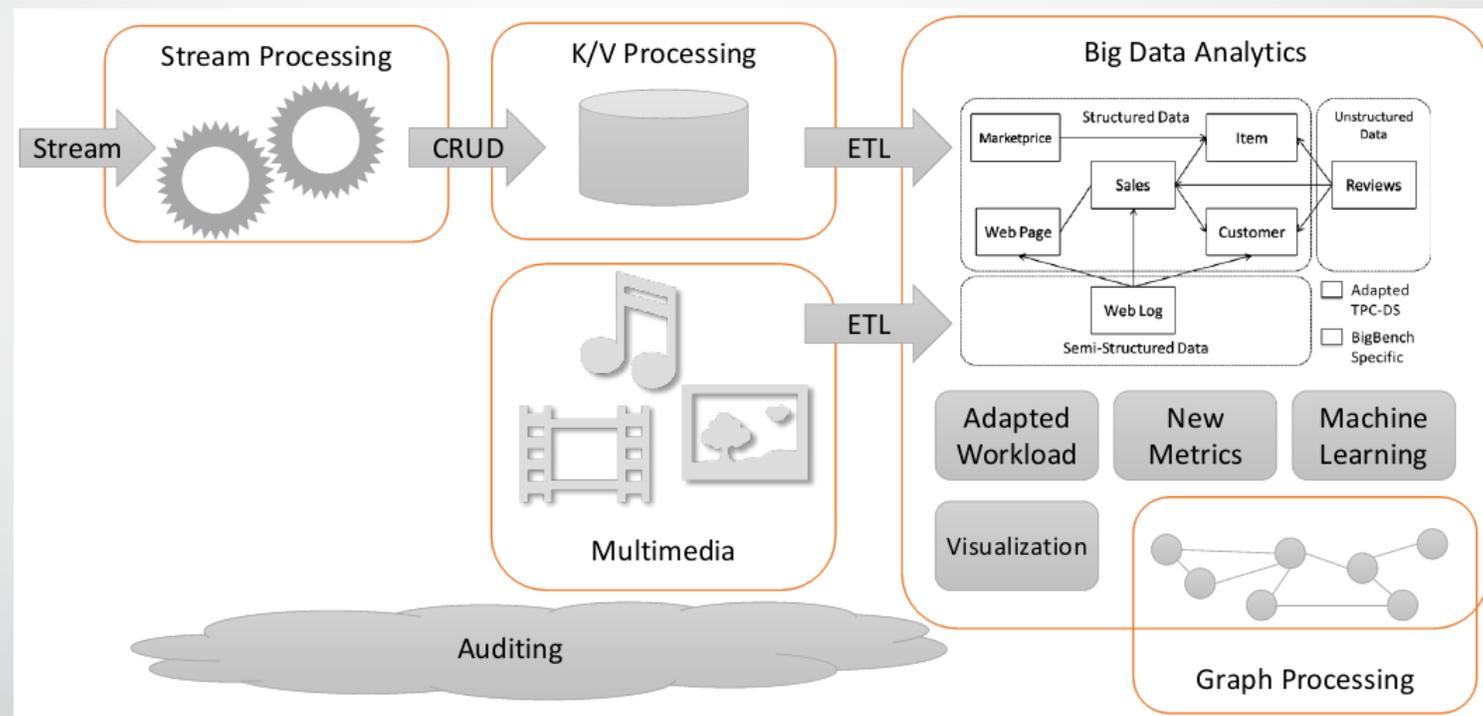


[9]

# Big Data Benchmarking

- BigBench 2.0: Vision

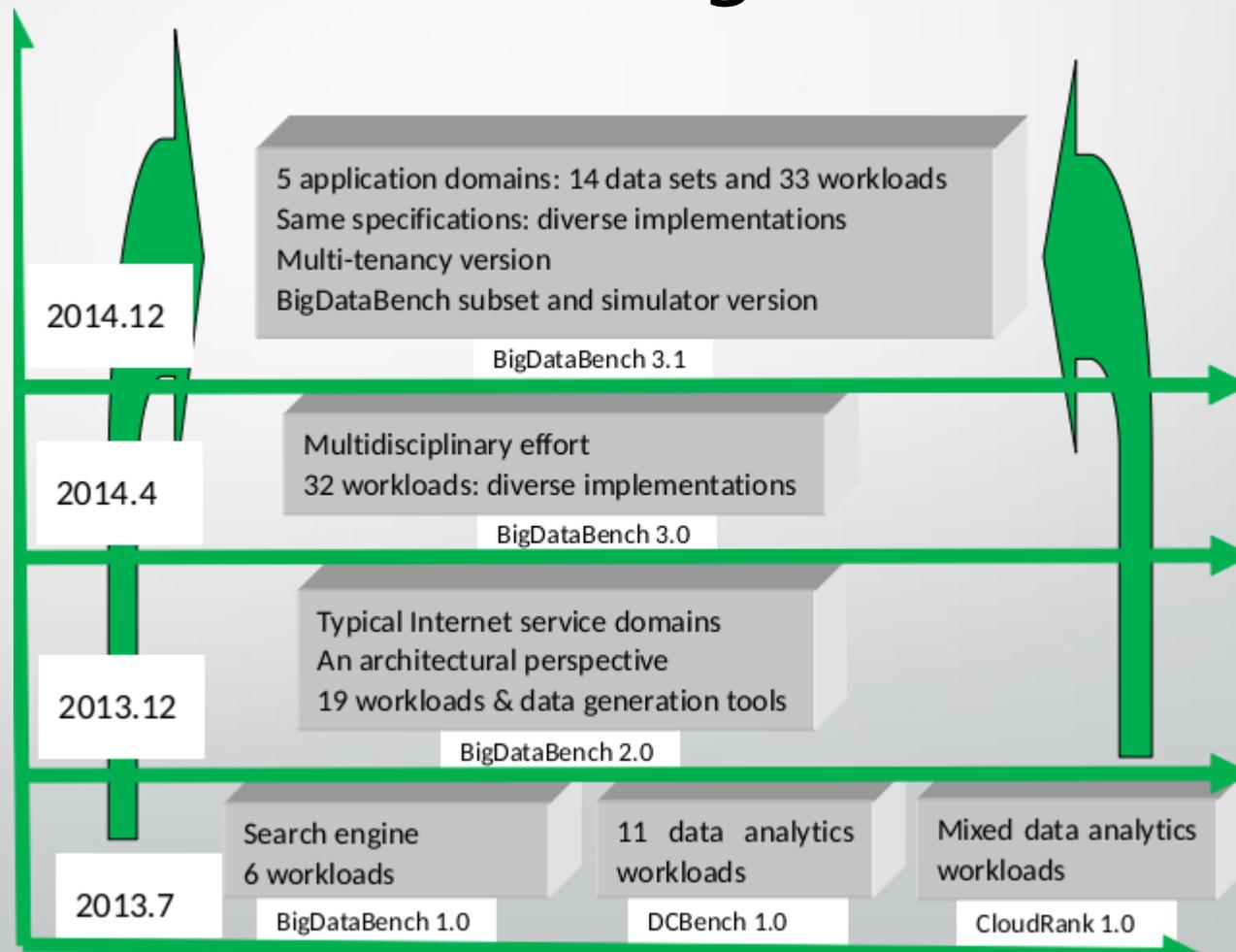
Keine Metriken für Benutzerfreundlichkeit, Einfachheit der Programmierung oder Einfachheit der Operationen, Workload ausschließlich für „Sales“-Domäne



[9]

# Big Data Benchmarking

- BigDataBench



# Big Data Benchmarking

- BigDataBench:

Application Scenarios	Application Type	Workloads	Data types	Data source	Software Stacks
Micro Benchmarks	Offline Analytics	Sort	Unstructured	Text	Hadoop, Spark, MPI
		Grep			
		WordCount			
		BFS		Graph	
Basic Datastore Operations ("Cloud OLTP")	Online Service	Read	Semi-structured	Table	Hbase, Cassandra, MongoDB, MySQL
		Write			
		Scan			
Relational Query	Realtime Analytics	Select Query	Structured	Table	Impala, MySQL, Hive, Shark
		Aggregate Query			
		Join Query			
Search Engine	Online Services	Nutch Server	Un-structured	Text	Hadoop
	Offline Analytics	Index		Graph	Hadoop, Spark, MPI
		PageRank			
Social Network	Online Services	Olio Server	Un-structured	Graph	Apache+MySQL
	Offline Analytics	Kmeans			Hadoop, Spark, MPI
		Connected Components (CC)			
E-commerce	Online Services	Rubis Server	Structured	Table	Apache+JBoss+MySQL
	Offline Analytics	Collaborative Filtering (CF)	Semi-structured	Text	Hadoop, Spark, MPI
		Naive Bayes			

# Big Data Benchmarking

- BigDataBench:
  - Anwendungsdomänen: Suchmaschinen, soziale Netzwerke und E-Commerce
  - Datengenerierung auf Basis von „real world“ Daten
  - Metriken
    - Für Benutzer bemerkbare Metriken
    - Architekturmetriken

No.	data sets	data size
1	Wikipedia Entries	4,300,000 English articles
2	Amazon Movie Reviews	7,911,684 reviews
3	Google Web Graph	875713 nodes, 5105039 edges
4	Facebook Social Network	4039 nodes, 88234 edges
5	E-commerce Transaction Data	Table 1: 4 columns, 38658 rows. Table 2: 6 columns, 242735 rows
6	ProfSearch Person Resumés	278956 resumés

[11]

# Big Data Benchmarking

- BigDataBench:
  - Metriken
    - Für User bemerkbare Metriken
      - number of processed requests per second (RPS )
      - number of operations per second (OPS )
      - Data processed per second (DPS)
    - Architekturmetriken
      - MIPS (millions of instructions per second)
      - cache MPKI (misses per thousand instructions)

# Big Data Benchmarking

- BigDataBench:
  - Metriken
    - Für User bemerkbare Metriken
      - number of processed requests per second (RPS )
      - number of operations per second (OPS )
      - Data processed per second (DPS)
    - Architekturmetriken
      - ~~MIPS (millions of instructions per second)~~
      - cache MPKI (misses per thousand instructions)

Betriebssystemabhängig

Nach Jim Gray:

- Keine portable Metrik
- Nicht vertikal skalierbar -> horizontal dann aber auch nicht
- Irrelevanz -> keine Aussage über Softwareperformanz

# Eigenschaften von Big Data Benchmarks

- Big Data: hohe Anzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle
  - Unterschiedliche Anwendungsfälle -> unterschiedliche Benchmarks oder Integration nötig
    - Vergleich von „Äpfeln mit Birnen“ vermeiden!
- Quantitative Metriken zur Messung der Effektivität des Programmiermodells
- Keine Metriken für Benutzerfreundlichkeit, Einfachheit der Programmierung oder Einfachheit der Operationen

# Wichtige Literatur/Paper

## Big Data Benchmarking:

- Ahmad Ghazal, Tilmann Rabl, Mingqing Hu, Francois Raab, Meikel Poess, Alain Crolotte, and Hans-Arno Jacobsen. 2013. BigBench: towards an industry standard benchmark for big data analytics. In *Proceedings of the 2013 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD '13)*. ACM, New York, NY, USA, 1197-1208. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2463676.2463712>
- Lei Wang; Jianfeng Zhan; Chunjie Luo; Yuqing Zhu; Qiang Yang; Yongqiang He; Wanling Gao; Zhen Jia; Yingjie Shi; Shujie Zhang; Chen Zheng; Gang Lu; Zhan, K.; Xiaona Li; Bizhu Qiu, "BigDataBench: A big data benchmark suite from internet services," in *High Performance Computer Architecture (HPCA), 2014 IEEE 20th International Symposium on*, vol., no., pp.488-499, 15-19 Feb. 2014 doi: 10.1109/HPCA.2014.6835958
- TPC EXPRESS BENCHMARK™ HS (TPCx HS), Standard Specification, Version 1.3.0, February 19, 2015, Transaction Processing Performance Council (TPC), © 2015 Transaction Processing Performance Council Online Verfügbar unter: [http://www.tpc.org/tpc\\_documents\\_current\\_versions/pdf/tpcx-hs\\_specification\\_1.3.0.pdf](http://www.tpc.org/tpc_documents_current_versions/pdf/tpcx-hs_specification_1.3.0.pdf), Abruf 22.11.15

# Konferenzen etc.

## Big Data Benchmarking

- <http://www.tpc.org/tpctc/tpctc2015/default.asp>
- <http://www.vldb.org/2015/>

**TPCTC** Technology Conference on  
Performance Evaluation and Benchmarking

[12]



[13]

# Entwicklung eines eigenen Benchmarks (Vision)

- Zentrale Frage von Unternehmen in Bezug auf Big Data:  
*Was bringt mir das bzw. kann es mir Mehrwert bringen?*
- Benchmarking unterschiedlicher Systeme (z.B.: DB vs. Verteiltes Dateisystem)
  - Benchmarking in Abhängigkeit von Daten und Anwendungsfall
  - Abschätzung der benötigten Hardwareressourcen und -auslastung
  - Preis (TCO)
  - Bedienbarkeit (Anfragekomplexität, Systemkonfiguration, Debugging)
  - Zuverlässigkeit, Vermeidung von Zombie-Jobs
- Weiteres Hinzufügen von Anwendungsdomänen (BigDataBench als Basis)

# Entwicklung eines eigenen Benchmarks (Vision)

- Unternehmen hat folgenden Anwendungsfall...

**Logistik**

**Produktion**

**Absatz**

# Entwicklung eines eigenen Benchmarks (Vision)

- Unternehmen hat folgenden Anwendungsfall...

**Logistik**

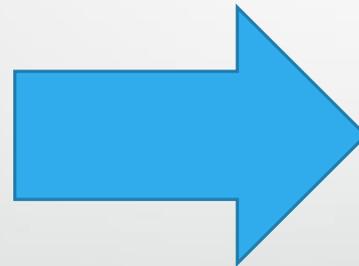
**Produktion**

**Absatz**

# Entwicklung eines eigenen Benchmarks (Vision)

- Unternehmen hat folgenden Anwendungsfall...

**Logistik**



Teste mit Benchmark XY



Erkenntnisse über Nutzen für  
spezifischen Anwendungsfall

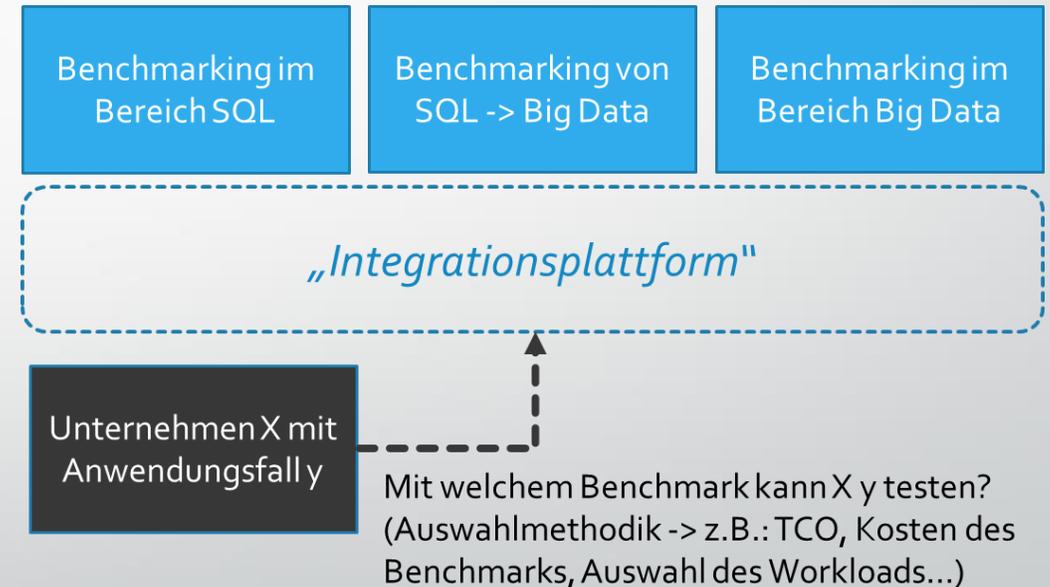
# Entwicklung eines eigenen Benchmarks (Vision)

- Mögliche Probleme
  - Bisher wenige Standards
  - Welche Daten? Woher?
  - Zugriff auf Daten (technisch, rechtlich)
  - Vergleich bzw. Benchmark von unterschiedlichen Programmiermodellen nötig
  - Auswahl geeigneter Metriken
  - Vergleichbarkeit der Ergebnisse

# Entwicklung eines eigenen Benchmarks (Vision)

## Paper:

- Plattform für „*Integration*“ von Anwendungsfällen in bereits bestehende Benchmarks oder als Anregung für neue Benchmarks
  - Überblick über Benchmarks im Bereich Big Data und bereits abgedeckte Anwendungsfälle
  - Für welchen Anwendungsfall gibt es noch gar keinen Benchmark?
- Erstellung einer Auswahlmethodik



# Danke für die Aufmerksamkeit

- Fragen?
- Kritik?
- Anregungen?

# Bildquellen (I)

[1] Abb. Entnommen aus <http://www.tpc.org/information/who/gray.asp>, Abruf 03.12.15

[2] Abb. Entnommen aus <https://www.csail.mit.edu/user/1547>, Abruf 03.12.15

[3] Abb. Entnommen aus <http://research.google.com/pubs/SanjayGhemawat.html>, Abruf 03.12.15

[4] Abb. Entnommen aus: <http://www.bishopmikelowry.com/drinking-from-a-firehose/>, Abruf 03.12.15

[5] Abb.. Entnommen von: <http://www.data-mining-cup.de/>, Abruf 03.12.15

[6] Abb.. Entnommen von: <http://istc-bigdata.org/>, Abruf 03.12.15

[7] Abb.. Entnommen von: <http://ieee-hpec.org/>, Abruf 03.12.15

[8] Abb. Entnommen aus: [http://www.tpc.org/tpc\\_documents\\_current\\_versions/pdf/tpcx-hs\\_specification\\_1.3.0.pdf](http://www.tpc.org/tpc_documents_current_versions/pdf/tpcx-hs_specification_1.3.0.pdf), Abruf 03.12.15

# Bildquellen (II)

[9] Abb.. Entnommen aus: Tilmann Rabl, Michael Frank, Manuel Danisch, Hans-Arno Jacobsen, and Bhaskar Gowda. 2015. The Vision of BigBench 2.0. In *Proceedings of the Fourth Workshop on Data analytics in the Cloud (DanaC'15)*, Asterios Katsifodimos (Ed.). ACM, New York, NY, USA, , Article 3 , 4 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2799562.2799642>, S.2

[10] Abb.. Entnommen aus: <http://prof.ict.ac.cn/BigDataBench/>, Abruf 03.12.15

[11] Abb. Entnommen aus: Lei Wang; Jianfeng Zhan; Chunjie Luo u.A, "BigDataBench: A big data benchmark suite from internet services," in *High Performance Computer Architecture (HPCA), 2014 IEEE 20th International Symposium on* , vol., no., pp.488-499, 15-19 Feb. 2014  
doi: 10.1109/HPCA.2014.6835958, S.6

[12] Abb.. Entnommen von: <http://www.tpc.org/tpctc/tpctc2015/default.asp>, Abruf 03.12.15

[13] Abb.. Entnommen von: <http://www.vldb.org/2015/>, Abruf 03.12.15

[14] Abb. Entnommen aus: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Containerschiff\\_im\\_Hamburger\\_Hafen.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Containerschiff_im_Hamburger_Hafen.jpg) , von Alexander Sölch , Abruf 03.12.15

[15] Abb. Entnommen aus: <http://www.paiz.gov.pl/index/?id=cc8b6a16d74a2462a1be02e79a57fb95>, Abruf 03.12.15

[16] Abb. Entnommen aus: <https://learn.percolate.com/winning-real-time-event-marketing-super-bowl/>, Abruf 03.12.15