

Kap. 7: DB/TP Benchmarks

- Einleitung
 - Anforderungen an Benchmarks
- TPC-Benchmarks
 - TPC-C
 - TPC-W
 - TPC-H



Benchmarks

- Leistungsbewertung eines DBMS bzw. Transaktionssystems für standardisierte Last und Ausführungsbedingungen
- Unterschiedliche Einsatzbereiche / Lasten führen zu unterschiedlichen Benchmarks
 - Online Transaction Processing (OLTP)
 - Online Analytical Processing (OLAP, decision support)
 - Mischlasten
- Unterschiedliche Benchmarks nach Datenmodell
 - Relationale DBS (Wisconsin-Benchmark, TPC-Benchmarks)
 - OODBS (OO7)
 - XML (Xmark, Xmach-1)
 - NOSQL



Anforderungen an geeignete Benchmarks*

■ Domain-spezifische Benchmarks

- kein geeignetes Leistungsmaß für alle Anwendungsklassen möglich
- spezielle Benchmarks für techn./wissenschaftliche Anwendungen, DB-Anwendungen, etc.

■ Relevanz

- Berücksichtigung “typischer” Operationen des jeweiligen Anwendungsbereichs
- Messen der maximalen Leistung
- Berücksichtigung der Systemkosten (Kosteneffektivität)

■ Portierbarkeit

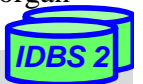
- Übertragbarkeit auf verschiedene Systemplattformen
- Vergleichbarkeit

■ Skalierbarkeit

- Anwendbarkeit auf kleine und große Computersysteme
- Übertragbarkeit auf verteilte/parallele Systeme

■ Einfachheit / Verständlichkeit

* J. Gray (ed.): The Benchmark Handbook for Database and Transaction Processing Systems. 2nd ed., Morgan Kaufmann, 1993. <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/gray/BenchmarkHandbook/TOC.htm>



TPC-Benchmarks

■ Herstellergremium zur Standardisierung von DB-Benchmarks (www.tpc.org)

TPC Transaction Processing Performance Council

- Gründung 1988
- erste Benchmarks für Kontenbuchung (“Debit-Credit”): TPC-A, TPC-B (1989/90)

■ besondere Merkmale

- Leistung eines Gesamt-Systems wird bewertet
- Bewertung der Kosteneffektivität (Kosten / Leistung)
- skalierbare Konfigurationen
- verbindliche Richtlinien zur Durchführung und Dokumentation (Auditing; Full Disclosure Reports)
- Ausschluß von “Benchmark Specials” innerhalb von DBMS etc.

■ aktuelle Benchmarks für

- OLTP: TPC-C, TPC-E
- Decision Support: TPC-H, TPC-DS
- Orthogonale Spezifikationen: TPC-VMS (Virtualisierung), TPC-Energy

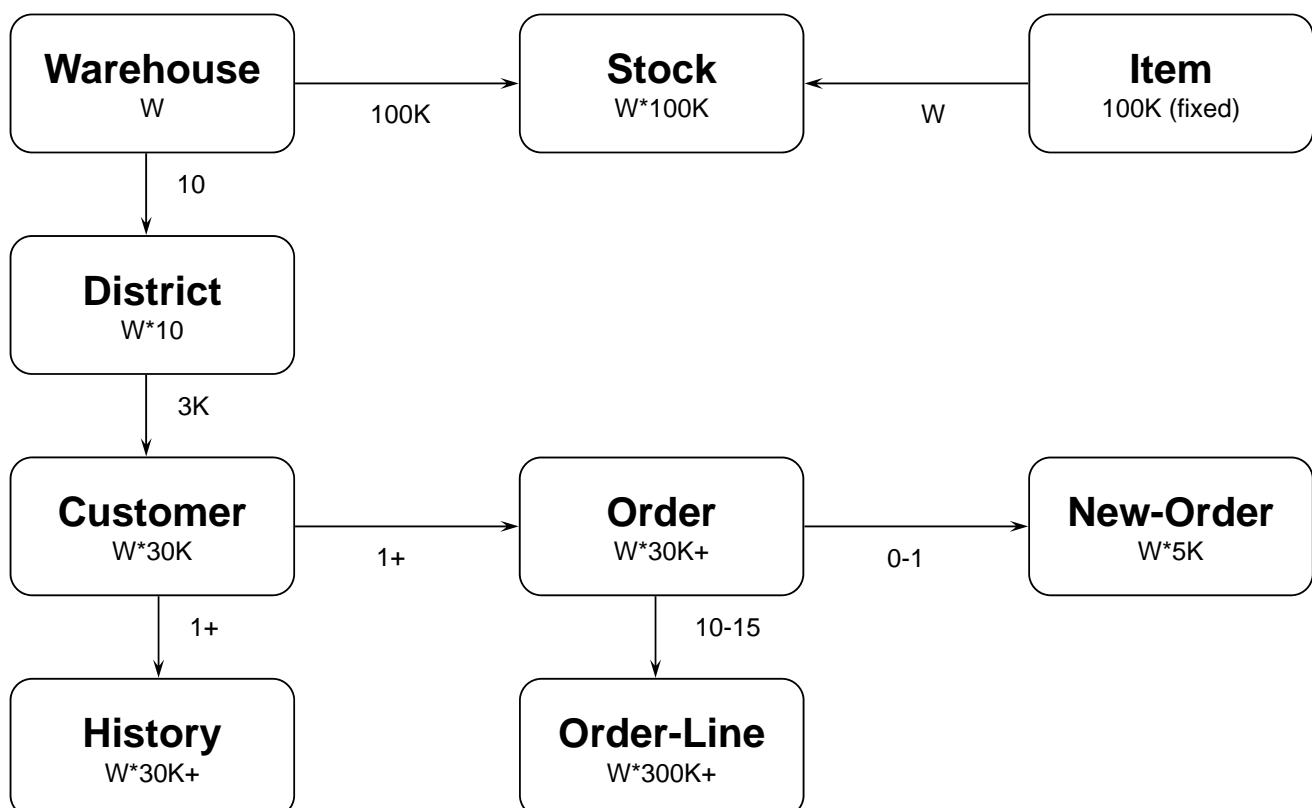


TPC-C

- 1992 eingeführter OLTP-Benchmark
- 9 Tabellen (Bestellverwaltung von Warenhäusern)
- 5 Transaktionstypen
 - New-order (45%)
 - Payment (43%), Delivery (4%) , Order-status (4%), Stock-level(4%)
- DB skaliert proportional zum Durchsatz
- Hohe Lokalität
- Metriken
 - Durchsatz von NewOrder-Transaktionen pro Minute (**tpmC**)
 - Price/performance (**\$/tpmC**)



TPC-C DB-Schema



Transaktionstyp New Order (TPC-C)

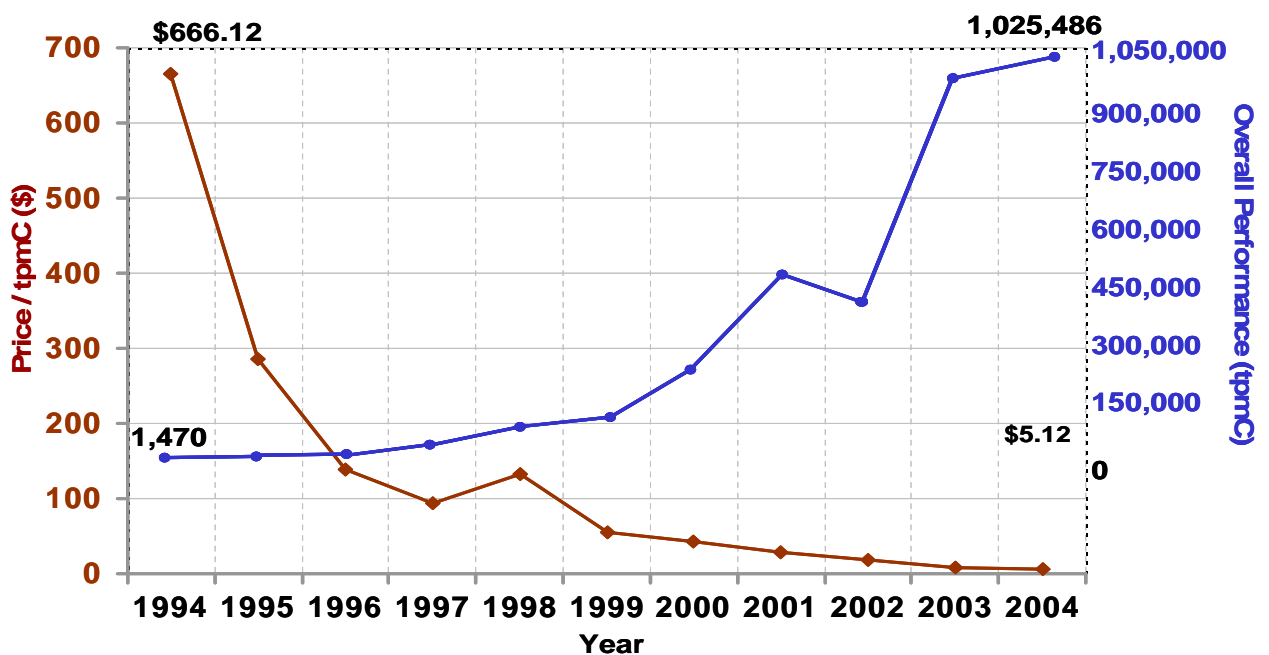
```

BEGIN WORK { Beginn der Transaktion }
SELECT ... FROM CUSTOMER
    WHERE c_w_id = :w_no AND c_d_id = :d_no AND c_id = :cust_no
SELECT ... FROM WAREHOUSE WHERE w_id = :w_no
SELECT ... FROM DISTRICT (* -> next_o_id *)
    WHERE d_w_id = :w_no AND d_id = :d_no
UPDATE DISTRICT SET d_next_o_id := :next_o_id + 1
    WHERE d_w_id = :w_no AND d_id = :d_no
INSERT INTO NEW_ORDER ...
INSERT INTO ORDERS ...
    pro Artikel (im Mittel 10) werden folgende Anweisungen ausgeführt:
SELECT ... FROM ITEM WHERE ...
SELECT ... FROM STOCK WHERE ...
UPDATE STOCK ...
INSERT INTO ORDER-LINE ...
COMMIT WORK { Ende der Transaktion }
    
```


- im Mittel 48 SQL-Anweisungen (BOT, 23 SELECT, 11 UPDATE, 12 INSERT, EOT)
- 1% der Transaktionen sollen zurückgesetzt werden



TPC-C: Entwicklung 1994-2004








TPC-C Top-Durchsatz (Juni 2013)

| Rank | Company | System | Performance (tpmC) | Price/tpmC | Watts/KtpmC | System Availability | Database | Operating System | TP Monitor | Date Submitted | Cluster |
|------|---|---|--------------------|------------|-------------|---------------------|--|-------------------------|--------------------|----------------|---------|
| 1 |  | SPARC SuperCluster with T3-4 Servers | 30,249,688 | 1.01 USD | NR | 06/01/11 | Oracle Database 11g R2 Enterprise Edition w/RAC w/Partitioning | Oracle Solaris 10 09/10 | Tuxedo CFS-R | 12/02/10 | Y |
| 2 |  | IBM Power 780 Server Model 9179-MHB | 10,366,254 | 1.38 USD | NR | 10/13/10 | IBM DB2 9.7 | AIX Version 6.1 | Microsoft COM+ | 08/17/10 | Y |
| 3 |  | SPARC T5-8 Server | 8,552,523 | .55 USD | NR | 09/25/13 | Oracle 11g Release 2 Enterprise Edition with Oracle Partitioning | Oracle Solaris 11.1 | Oracle Tuxedo CFSR | 03/26/13 | N |
| 4 |  | Sun SPARC Enterprise T5440 Server Cluster | 7,646,486 | 2.36 USD | NR | 03/19/10 | Oracle Database 11g Enterprise Edition w/RAC w/Partitioning | Sun Solaris 10 10/09 | Tuxedo CFS-R | 11/03/09 | Y |
| 5 |  | IBM Power 595 Server Model 9119-FHA | 6,085,166 | 2.81 USD | NR | 12/10/08 | IBM DB2 9.5 | IBM AIX 5L V5.3 | Microsoft COM+ | 06/10/08 | N |

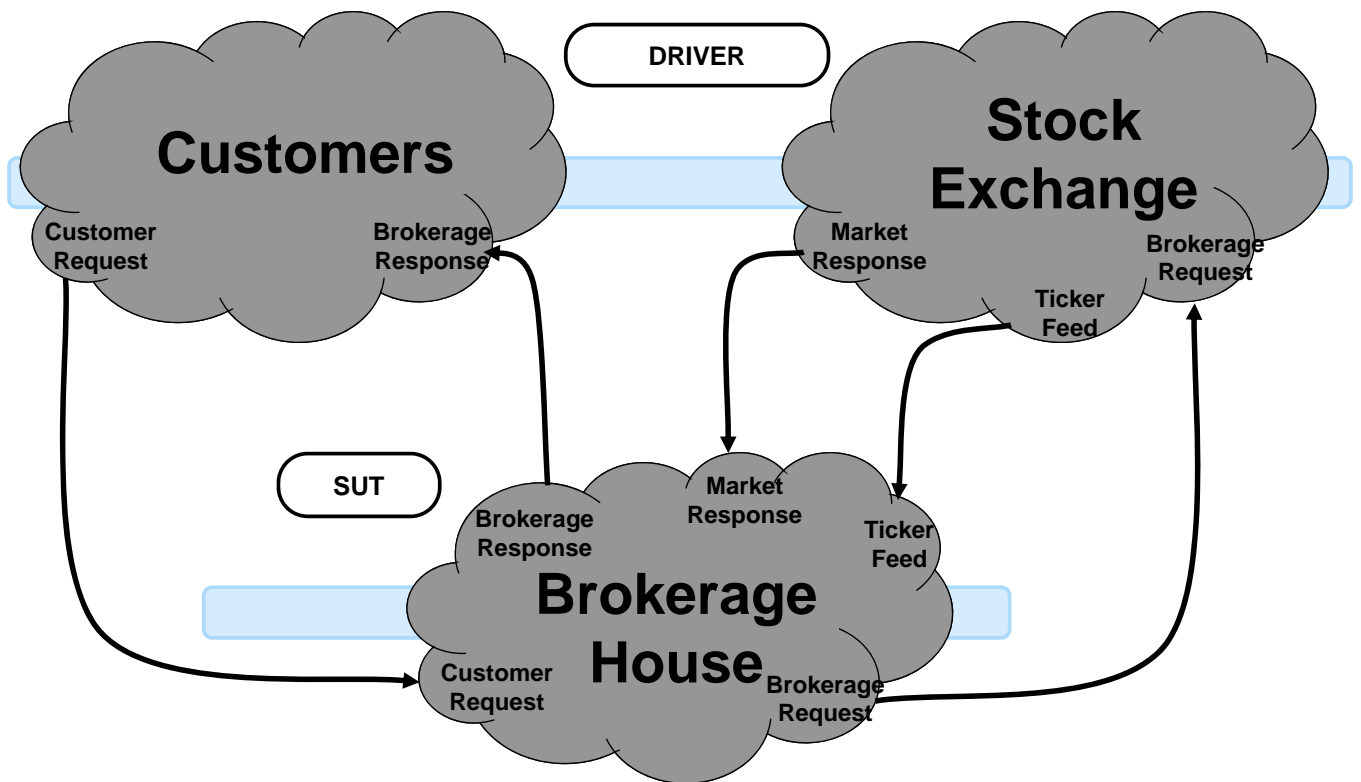


TPC-C Top Price/Performance (Juni 2013)

| Rank | Company | System | Performance (tpmC) | Price/tpmC | Watts/KtpmC | System Availability | Database | Operating System | TP Monitor | Date Submitted | Cluster |
|------|---|-------------------------------|--------------------|------------|-------------|---------------------|--|--|----------------|----------------|---------|
| 1 |  | HP ProLiant ML350 G6 | 290,040 | .39 USD | 4.22 | 08/16/10 | Oracle Database 11g Release 2 Standard Ed One | Oracle Enterprise Linux | Microsoft COM+ | 08/16/10 | N |
| 2 |  | Cisco UCS C240 M3 Rack Server | 1,609,186 | .47 USD | NR | 09/27/12 | Oracle Database 11g Standard Edition One | Oracle Linux w/Unbreakable Enterprise Kernel R2 | Microsoft COM+ | 09/27/12 | N |
| 3 |  | HP ProLiant DL580 G7 | 1,807,347 | .49 USD | 2.46 | 10/15/10 | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edition x64 SP3 | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft COM+ | 08/27/10 | N |
| 4 |  | Dell PowerEdge T710 | 239,392 | .50 USD | NR | 11/18/09 | Oracle Database 11g Standard Edition One | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition | Microsoft COM+ | 11/18/09 | N |
| 5 |  | IBM System x3650 M4 | 1,320,082 | .51 USD | NR | 02/25/13 | IBM DB2 ESE 9.7 | Red Hat Enterprise Linux 6.4 with KVM | Microsoft COM+ | 02/22/13 | N |



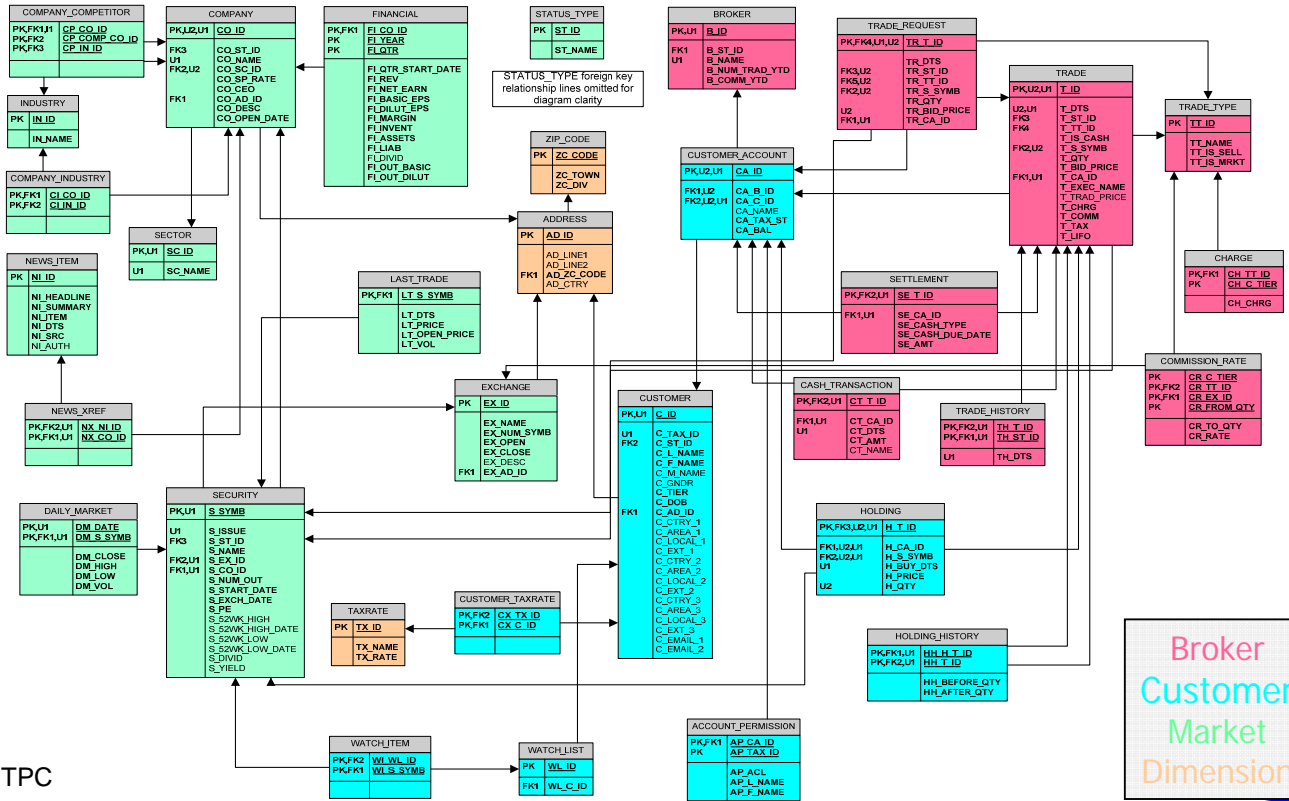
TPC-E: Business Model – Financial Market



TPC-E

- 2007 verabschiedet
- wesentlich komplexer als TPC-C
 - 33 statt 9 Tabellen
 - 188 statt 92 Spalten
 - Referentielle Integrität einzuhalten (
 - Obligatorische RAID-Datenspeicherung
 - Pseudo-reale Daten (z.B. für Kundennamen)
- 10 Transaktionstypen
 - Consumer-to-Business: Trade-Order, Trade-Result, Trade-Update, ...
 - Business-to-Business: Broker Volume, Market-Watch, ..
- Metriken
 - Durchsatz von TradeResult-Transaktionen pro Sekunde (**tpsE**)
 - Price/performance (**\$/tpsE**)

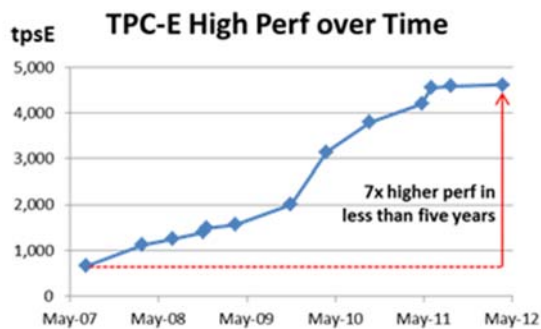
TPC-E Database – Mile High View







TPC-E Top-Durchsatz (Juni 2013)

| Rank | Company | System | Performance (tpsE) | Price/tpsE | Watts/tpsE | System Availability | Database | Operating System | Processors / Cores / Threads | Date Submitted |
|------|------------|--------------------------|--------------------|------------|------------|---------------------|---|---|------------------------------|----------------|
| 1 | IBM | IBM System x3850 X5 | 5,457.20 | 249.58 USD | NR | 03/08/13 | Microsoft SQL Server 2012 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2012 Standard Edition | 8 / 80 / 160 | 03/08/13 |
| 2 | NEC | NEC Express5800/A1080a-E | 4,614.22 | 450.18 USD | NR | 04/02/12 | Microsoft SQL Server 2012 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition SP1 | 8 / 80 / 160 | 03/27/12 |
| 3 | IBM | IBM System x3850 X5 | 4,593.17 | 140.56 USD | NR | 08/26/11 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise Edition R2 | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition SP1 | 8 / 80 / 160 | 08/26/11 |

Performance-Entwicklung für SQL-Server:



TPC-E: Top-Preis/Performance

| Rank | Company | System | Performance (tpsE) | Price/tpsE | Watts/tpsE | System Availability | Database | Operating System | Processors / Cores / Threads | Date Submitted |
|------|---|---------------------|--------------------|------------|------------|---------------------|---|---|------------------------------|----------------|
| 1 |  | IBM System x3850 X5 | 2,862.61 | 129.66 USD | NR | 06/27/11 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise Edition R2 | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 4 / 40 / 80 | 06/27/11 |
| 2 |  | IBM System x3850 X5 | 4,593.17 | 140.56 USD | NR | 08/26/11 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise Edition R2 | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition SP1 | 8 / 80 / 160 | 08/26/11 |
| 3 |  | IBM System x3690 X5 | 1,560.70 | 143.32 USD | NR | 05/27/11 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise Edition R2 | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 2 / 20 / 40 | 05/27/11 |
| 4 |  | PRIMERGY RX500 S7 | 2,651.27 | 161.95 USD | .68 | 11/01/12 | Microsoft SQL Server 2012 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition SP1 | 4 / 32 / 64 | 11/05/12 |

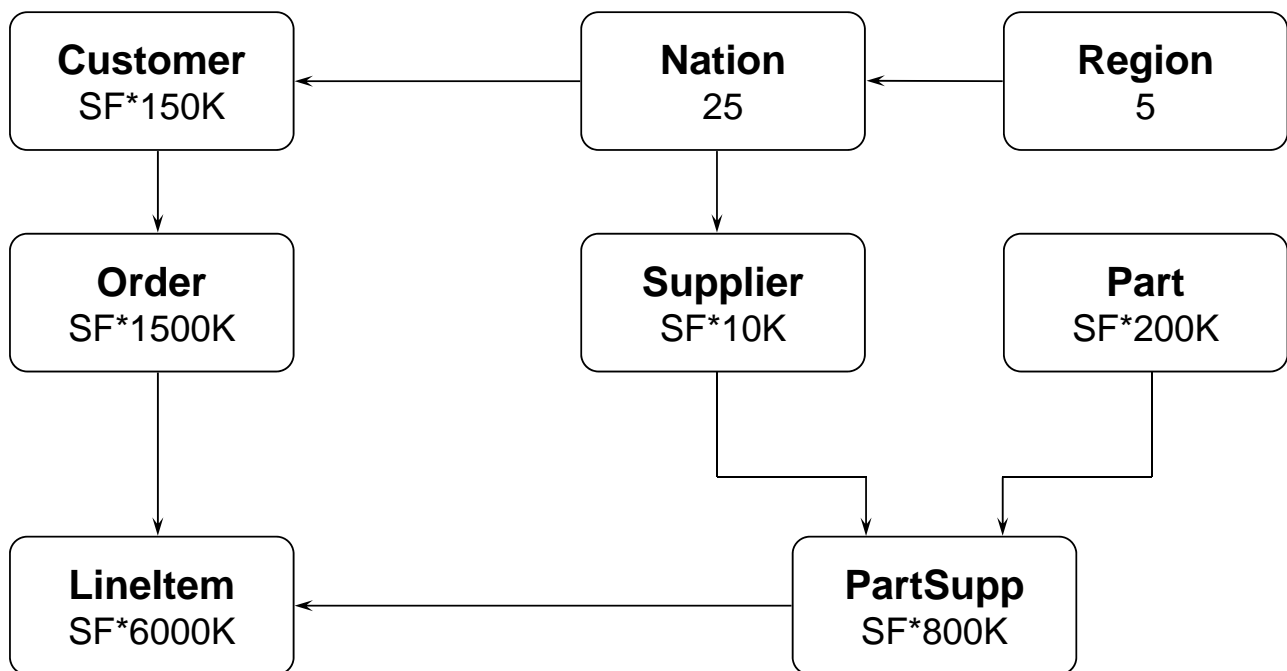


TPC-H

- Benchmark für Decision Support (Ad-Hoc-Queries)
 - 1999 eingeführt
- Unterschiedliche DB-Größen (100 GB – 30 TB) über Skalierungsfaktor
- 22 Query-Typen, 2 Update-Operationen
- Zeitbedarf für Einbenutzer- und Mehrbenutzerausführung (single/multiple streams)
- Metriken
 - Query-per-Hour (QphH@Size)
 - \$/QphH@Size



TPC-H Schema



Beispiel-Query Q7 (Volume Shipping)




```
/* TPC_H Query 7 - Volume Shipping */
SELECT SUPP_NATION, CUST_NATION, L_YEAR, SUM(VOLUME) AS REVENUE
FROM ( SELECT N1.N_NAME AS SUPP_NATION
, N2.N_NAME AS CUST_NATION, datepart(yy, L_SHIPDATE) AS L_YEAR
, L_EXTENDEDPRICE*(1-L_DISCOUNT) AS VOLUME
FROM SUPPLIER, LINEITEM, ORDERS, CUSTOMER, NATION N1, NATION N2
WHERE S_SUPPKEY = L_SUPPKEY AND O_ORDERKEY = L_ORDERKEY
AND C_CUSTKEY = O_CUSTKEY AND S_NATIONKEY = N1.N_NATIONKEY
AND C_NATIONKEY = N2.N_NATIONKEY
AND ((N1.N_NAME = 'FRANCE' AND N2.N_NAME = 'GERMANY')
OR (N1.N_NAME = 'GERMANY' AND N2.N_NAME = 'FRANCE'))
AND L_SHIPDATE BETWEEN '1995-01-01' AND '1996-12-31' ) AS SHIPPING
GROUP BY SUPP_NATION, CUST_NATION, L_YEAR
ORDER BY SUPP_NATION, CUST_NATION, L_YEAR
```

Zur Unterstützung bei der Verhandlung über neue Lieferverträge soll der Wert der zwischen Frankreich und Deutschland transportierten Güter festgestellt werden. Dazu werden jeweils die rabattierten Einnahmen in den Jahren 1995 und 1996 berechnet, die aus Auftragspositionen resultieren, bei denen der Lieferant aus dem einen, und der Kunde aus dem anderen Land stammt (also vier Ergebnistupel).





TPC-H: Performance

300 GB Results

| Rank | Company | System | QphH | Price/QphH | Watts/KQphH | System Availability | Database | Operating System | Date Submitted | Cluster |
|------|---|---|-----------|------------|-------------|---------------------|------------------------|------------------------------|----------------|---------|
| 1 |  | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 2,180,712 | .15 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 2 |  | CPI Phoenix IQ-201 | 547,205 | 1.05 USD | NR | 04/02/08 | EXASOL EXASolution 2.0 | EXASOL EXACluster OS 1.3 | 04/02/08 | Y |
| 3 |  | Lenovo ThinkServer RD630 | 434,353 | .24 USD | NR | 05/10/13 | VectorWise 3.0.0 | Red Hat Enterprise Linux 6.4 | 05/10/13 | N |

3,000 GB Results

| Rank | Company | System | QphH | Price/QphH | Watts/KQphH | System Availability | Database | Operating System | Date Submitted | Cluster |
|------|---|---|-----------|------------|-------------|---------------------|--|--------------------------|----------------|---------|
| 1 |  | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 5,556,993 | .32 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 2 |  | PRIMERGY RX300 S4 | 1,608,920 | 1.36 USD | NR | 08/01/08 | EXASOL EXASolution 2.1 | EXASOL EXACluster OS 2.1 | 06/02/08 | Y |
| 3 |  | Sun SPARC Enterprise M9000 Server | 386,478 | 18.19 USD | NR | 09/22/11 | Oracle Database 11g R2 Enterprise Edition w/Partitioning | Oracle Solaris 10 | 03/22/11 | N |



TPC-H: Preis/Performance

300 GB Results

| Rank | Company | System | QphH | Price/QphH | Watts/KQphH | System Availability | Database | Operating System | Date Submitted | Cluster |
|------|---|---|-----------|------------|-------------|---------------------|-------------------------|------------------------------|----------------|---------|
| 1 |  | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 2,180,712 | .15 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 2 |  | Lenovo ThinkServer RD630 | 434,353 | .24 USD | NR | 05/10/13 | VectorWise 3.0.0 | Red Hat Enterprise Linux 6.4 | 05/10/13 | N |
| 3 |  | Dell PowerEdge R720 | 410,594 | .28 USD | NR | 05/08/12 | Action VectorWise 2.0.1 | Red Hat Enterprise Linux 6.1 | 05/13/12 | N |

3,000 GB Results

| Rank | Company | System | QphH | Price/QphH | Watts/KQphH | System Availability | Database | Operating System | Date Submitted | Cluster |
|------|---|---|-----------|------------|-------------|---------------------|---|---|----------------|---------|
| 1 |  | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 5,556,993 | .32 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 2 |  | PRIMERGY RX300 S4 | 1,608,920 | 1.36 USD | NR | 08/01/08 | EXASOL EXASolution 2.1 | EXASOL EXACluster OS 2.1 | 06/02/08 | Y |
| 3 |  | HP ProLiant DL980 G7 | 162,601 | 2.68 USD | NR | 10/13/10 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise Edition R2 | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 06/21/10 | N |



Zusammenfassung

- Benchmarks spielen wichtige Rolle bei der Bewertung und Optimierung von DBS
- TPC-Benchmarks
 - Bewertung vollständiger Systeme
 - Berücksichtigung von Kosten / Energieverbrauch
 - relativ hoher Aufwand zur Durchführung (Auditing etc.)
- Beobachtungen
 - starke Verbesserungen in Performanz, Preis-Leistungsverhältnis aufgrund technologischer Fortschritte / Systemoptimierungen
 - neue leistungsstarke Wettbewerber v.a. für TPC-H (Column Stores etc)
 - eingeschränkte Realitätsnähe älterer Benchmarks

