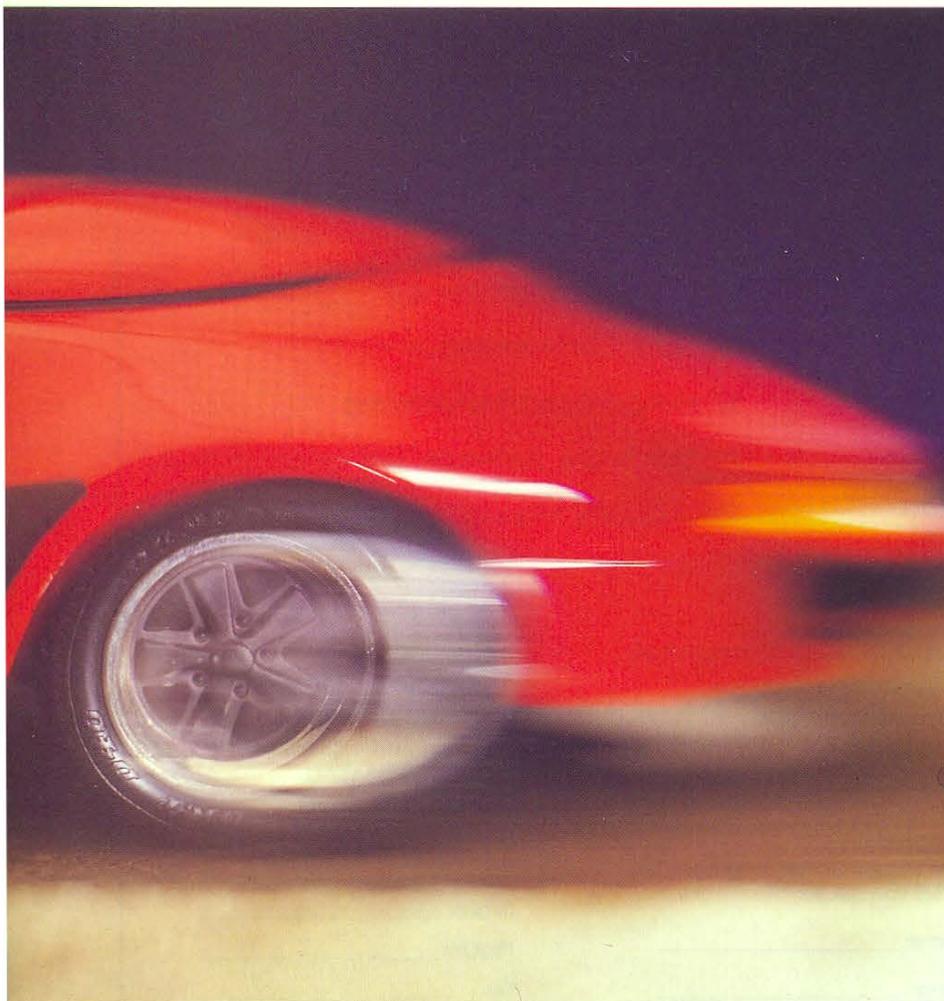


DBMS-Leistungsvergleich mit TPC-Benchmarks

# Schnelle Transaktionen

**Erhard Rahm**

Zur Leistungsbewertung von Datenbank- und Transaktionssystemen ziehen Hersteller häufig Benchmarks heran. Vergleiche sind jedoch erst mit standardisierten Messungen, wie sie das Herstellerkonsortium Transaction Processing Council definiert hat, aussagekräftig. Immer mehr Spitzenplätze nehmen Datenbanksysteme unter Unix ein.



**O**ne Transaction Processing (OLTP) stellt einen der wichtigsten und wachstumsstärksten Bereiche der Computerindustrie dar. OLTP-Systeme kommen überall dort zum Einsatz, wo ein Dialogzugriff auf die Datenbank eines Unternehmens oder einer Organisation besonders kritisch ist. Typische Anwendungen sind Buchungs- und Auskunftssysteme etwa bei Verkehrsunternehmen wie Fluggesellschaften, Bahnen, Leihwagenfirmen oder bei Hotelketten und Banken.

Daneben dienen derartige Systeme zur Abwicklung vieler betrieblicher Applikationen wie Lager-, Kunden- oder Personalverwaltung. Die Ausführung der jeweiligen Funktionen erfolgt mit Anwendungs- oder Transaktionsprogrammen, die über ein Datenbankmanagement-System (DBMS) auf den gemeinsamen Datenbestand zugreifen. Der Aufruf der Transaktionsprogramme läuft unter Kontrolle eines TP-Monitors (transaction processing monitor) im Hintergrund und für den Systembenutzer verborgen. Der TP-Monitor ist auch verantwortlich für die Kommunikation zwischen Anwender, Applikation und DBMS [2].

## Hohe Anforderungen an OLTP-Systeme

Die Transaktionsverantwortung stellt hohe Anforderungen an das OLTP-System und damit an TP-Monitor und DBMS. Insbesondere ist guter Durchsatz gefordert, weil in der Regel viele Benutzer gleichzeitig auf Datenbestände zugreifen. Weiterhin sind sehr kurze Antwortzeiten einzuhalten, um einen effizienten Dialogbetrieb zu garantieren.

Zur Erfüllung dieser Forderungen sind ausreichende Hardwarekapazitäten nur ein Faktor; entscheidender ist oft die Qualität der Systemsoftware, die beispielsweise die Anzahl von E/A-Vorgängen für Datenbankzugriffe und Logging oder die Häufigkeit von Sperrkonflikten zwischen parallel laufenden Transaktionen bestimmt.

Bei guter Performance sollen Transaktionen natürlich auch kostengünstig sein. Dies ist ein Hauptproblem traditioneller Großrechner-OLTP-Systeme. Durch verstärkte Nutzung preiswerter, jedoch leistungsfähiger Mikroprozessoren (Beispiel: RISC) versprechen vor allem Unix-basierte Transaktionssysteme geringere Kosten.

Eine reichhaltige Palette kommerzieller Datenbanken, TP-Monitore, Hardware und Betriebssysteme macht dem potentiellen Betreiber von OLTP-Systemen die Entscheidung für die passende Lösung nicht leicht. Viele Faktoren muß er berücksichtigen, wobei der Leistungsfähigkeit und Kosteneffektivität eine besonders wichtige Stellung zukommt. Aber auch ein Vergleich über diese beiden Kriterien ist hochgradig anwendungsabhängig und setzt Leistungsmessungen voraus, die unter einheitlichen Bedingungen stattfinden.

## Illustrier Kreis von Teilnehmern

Vor allem um Performance-Messungen vergleichbar zu machen, wurde im August 1988 das Herstellerkonsortium TPC (Transaction Processing Council) zur Definition von Benchmark-Standards gegründet. Aus den ursprünglich acht Mitgliederfirmen sind inzwischen 41 geworden, wobei die wichtigsten Soft- und Hardwarefirmen für Transaktionssysteme vertreten sind (IBM, DEC, Oracle, Sybase, Informix, ASK/Ingres, Tandem, AT&T/NCR, Bull, Siemens, Fujitsu/ICL, HP, NEC, Sequent, Pyramid, Encore, Sun, Compaq, Unify und andere). Bisher hat das TPC drei Benchmarks formal verabschiedet: TPC-A im November 1989, TPC-B im August 1990 und TPC-C im September 1992.

Da für TPC-C erst wenige Ergebnisse vorliegen, liegt hier der Schwerpunkt auf TPC-A und TPC-B. Beide sind Mehrbenutzer-Benchmarks, denen die gleiche Bankanwendung zugrunde liegt. Die Anwendungslast besteht lediglich aus einem Transaktionstyp, der sogenannten Kontenbuchung ('debit-credit'). Die Datenbank besteht aus vier Satztypen (Tabellen):

- BRANCH (Zweigstelle),
- TELLER (Schalter),
- ACCOUNT (Konto) und
- HISTORY.

HISTORY bezeichnet eine sequentielle Datei, welche die Kontobewegungen protokolliert. Das Transaktionsprogramm für die Kontenbuchung realisiert die Einzahlung beziehungsweise Abhebung eines bestimmten Betrages vom Konto eines Bankkunden.

Die Programmausführung verlangt zunächst die Übergabe der Eingabemessage durch den TP-Monitor, wobei die aktuellen Parameter wie Konto-

```
Read message from Terminal
(acctno, branchno, tellerno, delta);
```

### BEGIN WORK

### UPDATE ACCOUNT

```
SET balance = balance + :delta
WHERE acct_no = :acctno;
```

```
SELECT balance INTO :abalance
FROM ACCOUNT
WHERE acct_no = :acctno;
```

### UPDATE TELLER

```
SET balance = balance + :delta
WHERE teller_no = :tellerno;
```

### UPDATE BRANCH

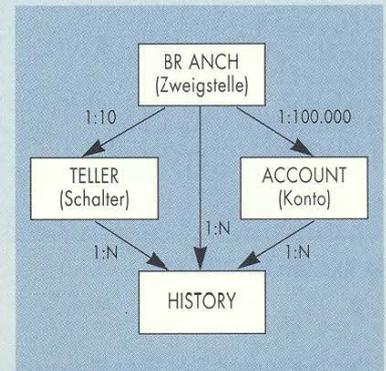
```
SET balance = balance + :delta
WHERE branch_no = :branchno;
```

### INSERT INTO HISTORY

```
(Tid, Bid, Aid, delta, time) VALUES
(:tellerno, :branchno, :acctno, :delta, ...);
```

### COMMIT WORK;

```
Write message to Terminal (abalance, ...);
```



## TPC-A und TPC-B: Datenbankaufbau und Transaktionsprogramm

nummer (acctno) und Betrag (delta) übergeben werden. Innerhalb der Datenbanktransaktion, in SQL mit *BEGIN WORK* und *COMMIT WORK* geklammert, erfolgen dann eine lesende und vier ändernde Datenbankzugriffe. Neben dem Kontostand werden die Zählerstände des jeweiligen Schalters und der Bankfiliale angepaßt und ein HISTORY-Satz eingefügt. Der Lesevorgang liefert den aktuellen Kontostand, der nach erfolgter Transaktion an den Benutzer zurückgeleitet wird.

Beide Benchmarks legen die Größe der Satztypen und die Terminalanzahl in Abhängigkeit des Durchsatzzieles in tps (Transaktionen pro Sekunde) fest. Dabei sind pro tps 1 BRANCH-Satz, 10 TELLER-Sätze, 100 000 ACCOUNT-Sätze sowie 10 Terminals vorgesehen. In einer Konfiguration für 100 tps speichert die Datenbank demnach 100 BRANCH-, 1000 TELLER- und 10 Millionen ACCOUNT-Sätze bei 1000 emulierten Terminals. Der HISTORY-Satztyp muß ausreichend dimensioniert sein, um alle Kontobewegungen von 90 Tagen (TPC-A) beziehungsweise 30 Tagen (TPC-B) aufzunehmen. Bei einem unterstellten Achtstundentag bedeutet dies bei 100 tps die Speicherung von rund 260 Millionen (TPC-A) oder 86 Millionen (TPC-B) HISTORY-Sätzen.

Primäres Leistungsmaß bei TPC-A und TPC-B ist der Durchsatz in tps mit der Maßgabe, daß 90 % der Transaktionen eine Antwortzeit von unter zwei Sekunden einhalten. Zur Bestimmung der Kosteneffektivität sind daneben die Kosten pro tps (in \$/tps) anzugeben, wobei sämtliche Hardware-, Software- und Wartungskosten für fünf Jahre in die Bewertung einfließen.

## Ziel: Hoher Durchsatz bei geringen Kosten

Im Gegensatz zu TPC-A wird bei TPC-B nur der DBMS-bezogene Anteil der Verarbeitung gesehen. Dies erlaubt kürzere Antwortzeiten und damit höhere Durchsatzwerte als bei TPC-A, wo auch die Aufgaben des TP-Monitors (Terminalverwaltung, Verarbeitung von Eingabe- und Ausgabenachrichten, Kommunikation zwischen Anwendung und DBMS) Berücksichtigung finden.

Geringere Gesamtkosten entstehen bei TPC-B. Terminals, Kommunikationsnetz und TP-Monitor entfallen, und HISTORY verlangt weniger Plattenplatz. TPC-A unterscheidet zudem, ob die Verarbeitung in lokalen (tpsA-local) oder geographisch verteilten Netzen (tpsA-wide) stattfindet [1].



TPC-B Durchsatz				TPC-B Kosteneffektivität			
Software	Hardware-Plattform	tpsB	\$/tpsB	Software	Hardware-Plattform	\$/tpsB	tpsB
1. Oracle 6.2	Ncube2, nCDB-1000	1073	2482	1. Oracle 7.0*	Compaq Systempro/XL 2040	799	185
2. Oracle 7.0	DEC VAX 6000-660	560	2970	2. Informix 5.0*	Olivetti LSX5025	970	66
3. Oracle 7.0*	Siemens RM6000/25	533	2228	3. Informix 5.0*	Olivetti LSX5015	1248	42
4. Unify 2000*	Pyramid MServer 12S/12	468	5941	4. Informix 5.0*	NCR StarServer E R3 SMP 660	1477	207
5. Oracle 6.2	DEC VaxCl. (4* 6000-560)	425	16 326	5. Oracle 7.0*	Data General AViiON 4625	1588	100
6. Oracle 6.2	DEC VaxCl. (3*6000-560)	329	16 561	6. Informix 4.1*	applicationDEC 400xP	1689	63
7. Oracle 6.0*	Sequent S2000/700	319	6365	7. Informix 4.1*	CDC InfoServer 4330	1741	48
8. Oracle 7.0*	Data General AV 6280	316	2043	8. Informix 4.1*	Motorola 8000 Model 8640	1879	70
9. Oracle 7.0	DEC Vax 6000-560	315	4725	9. Informix 4.1*	IBM RISC 6000/220	1899	33
10. Sybase 4.8	Vax 9000/420, DECstation	261	13 250	10. Gupta SQLBase	Compaq Systempro 486-840	1908	67

\* = Unix-Umgebung

Stand: Januar 1993

**Die Top ten bei TPC-B. Hohe Kosteneffektivität bietet vor allem Informix. Bemerkenswerterweise liegen hier ausschließlich Unix-Konfigurationen vorne.**

von Ncube, wobei insgesamt 64 Rechner zum Einsatz kamen. Die installierte Mehrrechnerversion Oracle V6.2 ('Parallel-Server' genannt) erzielte auch auf VAX-Cluster relativ guten Durchsatz, allerdings zu immensen Kosten.

Interessant sind die enormen Unterschiede bei der Kosteneffektivität innerhalb einer Rechnerfamilie. So gelangen Oracle auf einer VAX 6000/660 weit höhere Transaktionsraten zu deutlich niedrigeren Kosten pro tpsB als auf einer VAX 6000/560. Bezogen auf die VAX 6000/560 ist die Datenbank dabei dennoch erheblich kostenfreundlicher als RDB, das einen geringeren Durchsatz zu höheren Kosten pro tpsB erzielte.

**Schnellere Datenbanken durch Benchmarks**

TPC-A- und TPC-B-Benchmarks testen eine Reihe wesentlicher Eigenschaften von OLTP-Systemen und DBMS und haben zu Recht große Bedeutung erlangt. Etliche Hersteller konnten in ihren Systemen aufgrund dieser Benchmarks Engpässe beseitigen und in neuen Versionen deutliche Performancegewinne verzeichnen.

Allerdings ist die den Messungen zugrundeliegende Last auf einen Transaktionstyp beschränkt, wobei jede Transaktionsausführung Änderungen vornimmt, und jede Datenbankoperation nur einen Datensatz referenziert. Das ist sicher nicht repräsentativ für reale Anwendungen, die verschiedene Transaktionstypen unterschiedli-

cher Größe, Änderungshäufigkeit und Referenzierungsmerkmale aufweisen.

Aus diesem Grund hat das Council 1992 TPC-C entwickelt, der künftig eine große Rolle spielen dürfte. Zugrunde liegt eine Bestellverwaltung im Großhandel, wobei die Last aus fünf Transaktionstypen unterschiedlicher Komplexität zusammengesetzt ist. Die Abwicklung eines Bestellvorganges bildet den Haupttransaktionstyp, der mit durchschnittlich 48 SQL-Anweisungen weit über die Kontenbuchung hinausgeht.

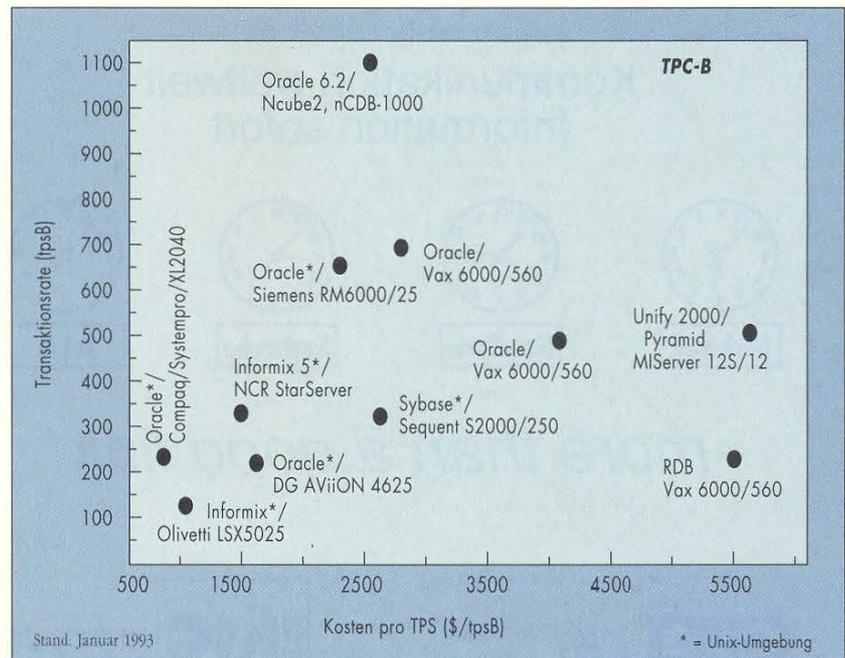
Derzeit arbeitet das Konsortium an weiteren Standards für komplexe und datenintensive Queries (Decision-Support-Benchmark, TPC-D) und für sehr große Systeme (Enterprise-Benchmark, TPC-E). (jd)

**DR. ERHARD RAHM**

ist Dozent am Fachbereich Informatik der Universität Kaiserslautern, wo er ein Forschungsprojekt über Hochleistungs-Transaktionssysteme leitet. Er ist Autor zweier Bücher sowie zahlreicher Fachveröffentlichungen über Datenbank- und Transaktionssysteme.

**Literatur**

- [1] J. Gray (Hrsg.); The Benchmark Handbook for Database and Transaction Processing Systems; Morgan Kaufman, 1991
- [2] E. Rahm; Architektur von Hochleistungs-Transaktionssystemen; Vieweg-Verlag, 1993



**Die Grafik verdeutlicht die absolute Ausnahmestellung von Oracle auf dem Ncube-Rechner. Bei den restlichen Ergebnissen besticht wiederum Oracle auf Siemens und Compaq durch niedrige Kosten pro Transaktion.**