

In diesem Merkblatt sind die Ergebnisse von vergleichenden Laufzeittests zusammengestellt, die auf unterschiedlichen Computerplattformen ausgeführt wurden. Alle Tests wurden mit dem FORTRAN-Programm »SpeedO« (P 520), das früher »Laufzeit« hieß, ausgeführt. Dieses Programm wurde bewußt nach dem Einsteinschen Prinzip „Make it as simple as possible, but not simpler“ angefertigt und ist unten wiedergegeben.

Die Tabelle weist noch viele Lücken auf, die geschlossen werden sollten. Dazu können auch Sie beitragen. Tippen Sie einfach das Programm »SpeedO« in Ihren Computer, compilieren Sie es, und senden Sie die Ergebnisse – unter Angabe aller Parameter – per E-Mail an: [wdv@vaxser.grumed.fu-berlin.de](mailto:wdv@vaxser.grumed.fu-berlin.de).

Danke! Alle Ergebnisse werden dann zu gegebener Zeit im internationalen UseNET veröffentlicht.

### 1. Das Testprogramm »SpeedO«:

Mit dem Programm »SpeedO« wird die Laufzeit für eine Million Gleitkomma-Multiplikationen und eine Million Gleitkomma-Additionen in einer dreifachgeschachtelten DO-Schleife bestimmt.

Um auch das zeitliche Verhalten von virtuellen Speicherzugriffen bei Systemen, die das leisten können, zu testen, werden die Operationen mit dem dreidimensionalen Feld in unterschiedlicher Indizierungsreihenfolge ausgeführt.

```

C FOR:SPEEDO.FOR          K.-H. Dittberner - 5.AUG.1981
C V01.6                  P 520             - 9.NOV.1993
C=====
PROGRAM SpeedO
IMPLICIT NONE

INTEGER x, y, z
REAL array(100,100,100)
REAL time1, time2, delta

WRITE(6,9)
9 FORMAT( 22H SpeedO - Test/)

C Optimal Loop:
C -----

time1 = SECNDS(0.0)

Do 111 z=1,100
Do 111 y=1,100
Do 111 x=1,100
array(x,y,z) = FLOAT(x) * FLOAT(y) + FLOAT(z)
111 CONTINUE

delta = SECNDS(time1)
WRITE(6,1) delta
1 FORMAT( 16H Optimal: , F12.2, 2H s)
WRITE(6,*) array(10,20,30)

C Non-optimal Loop:
C -----

time2 = SECNDS(0.0)

Do 222 x=1,100
Do 222 y=1,100
Do 222 z=1,100
array(x,y,z) = FLOAT(x) * FLOAT(y) + FLOAT(z)
222 CONTINUE

delta = SECNDS(time2)
WRITE(6,2) delta
2 FORMAT( 16H Non-optimal: , F12.2, 2H s)
WRITE(6,*) array(10,20,30)
STOP
END
    
```

### 2. Anmerkungen zu den Tests:

Bei den Angaben der Laufzeiten in Sekunden in der nebenstehenden Tabelle sind jeweils typische Meßwerte angegeben. Es gelten folgende Bedingungen bzw. Parameter:

- 1 Knoten VAXSER des HAIRclusters unter normalem User-Account mit WSquota = 4096 Pages (Acc.[DIT]). System-Einstellung: IFPsys V22E.
- 2 Getestet auf MAC Quadra-700 mit 20 MB Memory.
- 3 Getestet auf der IBM 4381-2 der TUB-Informatik.
- 4 VAXUS/VAXSTA, sonst wie 1.
- 5 Test-Knoten *axpost.pa.dec.com* in Palo Alto, USA: DEC 4000/710 mit 128 MByte Memory.
- 6 Getestet auf einer DECstation-5000 mit 24 MB Memory.
- 7 PC mit Coprozessor + Windows 3.1.
- 8 PC mit MS-DOS 5.0 + Windows 3.0.
- 9 PC mit MS-DOS 6.0 + Windows 3.1.
- 10 PC (DX2) mit MS-DOS 6.0.
- 11 Test-Knoten *axpvm.pa.dec.com* in Palo Alto, USA: DEC 4000/720 mit 256 MByte Memory + 10 MB/s SCSI.
- 12 PC („buggy“ Pentium) mit MS-DOS 6.2 + Windows 3.1.

Fortsetzung auf Seite 2 unten.

Typ/OS	Computer			Com- piler	Laufzeit		Bem.	
	CPU- Chip	Takt MHz	Note		Optimale Loop	Nichtopt. Loop		
VAX	OpenVMS 5.5-2	µVAX-II	?	4	V 5.8	19,77 s	1232,4 s	VAXUS
				13		21,52 s	1180,4 s	HELVAX
		µVAX-3	?	1	V 5.8	11,27 s	1854,6 s	VAXSER
			?	4		8,35 s	2560,6 s	VAXSTA
Alpha AXP	OpenVMS 6.1	21064	190	11		0,20 s	0,50 s	★
Alpha AXP	OSF/1 2.0	21064	?	5	A 3.4	0,28 s	0,33 s	
IBM	VM	4381-2	?	3		≈ 14 s	≈ 16 s	
Macintosh	MacOS 7.1	68000	16		L 3.0	47,37 s	48,57 s	
					L 3.3			
		68020	16		L 3.0	45,00 s	46,12 s	
					L 3.3			
		68030			L 3.3			
Personal Computer	MS-DOS 5.0 u.höh.	80386	16	7	M 5.1	30,81 s	39,99 s	
			33	8		5,65 s	6,81 s	
			50	9	M 5.1	3,51 s	4,39 s	
			66	9		2,63 s	3,24 s	
		50	10	W 9.5	≈ 1,6 s	≈ 1,8 s		
		90	12	M 5.1	1,05 s	1,48 s		
	WindowsNT 3.1	80386						
		80486						
		80586						
OS/2 2.1	80386							
	80486							
	80586							
Diverse	DECst-5000 Ultrix 4.1		?	6	U 2.0	2,14 s	2,13 s	KOEDS1

#### Compiler-Bezeichnungen (Die Versionen sind in der Tabelle angegeben):

- A = FORTRAN for OSF/1 AXP Systems (DEC's Alpha Systems).
- L = Language Systems FORTRAN.
- M = Microsoft FORTRAN-77 for PCs.
- U = FORTRAN for Ultrix Systems.
- V = DEC's VAX FORTRAN.
- W = Watcom FORTRAN 77/32.

### 3. Zu den Meßergebnissen:

Eine Vorbemerkung: Die Bezeichnung „*optimal*“ bei der Schleifen-Schachtelung bezieht sich *nur* auf die für die Speicherzugriffe benötigte Zeit. Solange auf einem Computer *keine* Zugriffe auf das virtuelle Memory (Plattenzugriffe) notwendig sind, werden die gemessenen Laufzeiten für die „Optimale Loop“ und für die „Nichtoptimale Loop“ ungefähr gleich sein. Werden für die „Nichtoptimale Loop“ deutlich höhere Laufzeiten gemessen, dann bedeutet das in der Regel, daß virtuelle Speicherzugriffe erfolgt sind.

Das Testprogramm »SpeedO« liefert *Ergebnisse für die Praxis*, denn es testet die Laufzeit „über alles“, d. h. vom Code-Generator des FORTRAN-Compilers über alle Einstellungen des Betriebssystems bis zu den Eigenschaften der Mikroprozessoren (z. B. Caches) und der Plattenlaufwerke (virtuelles Memory).

Daß Systemeinstellungen eine Rolle spielen, das liegt auf der Hand. Dennoch ist es erstaunlich, daß bei nicht-optimaler Schleife die virtuellen Speicherzugriffe (Pagefile auf der Platte) auf der an sich langsameren  $\mu$ VAX-II schneller erfolgen als auf der  $\mu$ VAX-3500 (VAXSER). Die Ursache liegt darin, daß der Knoten VAXUS des HAIRclusters mit (größeren) Pagefiles auf lokalen Platten ausgestattet ist. Ein Teil der Pagefiles des Knotens VAXSER liegt hingegen auf den Platten des Knotens VAXUS.

Die Laufzeitmessungen auf einem Macintosh Quadra-700 (Mikroprozessor 68040) machen sehr deutlich, welche große Bedeutung der *Qualität des Code-Generators* eines Compilers zukommt. In

der Version 3.3 des FORTRAN-Compilers ist es der Firma Language Systems gelungen, diesen wesentlich zu verbessern, so daß sich eine Geschwindigkeitssteigerung um fast den Faktor 6 ergibt.

Bei Computern, die »SpeedO« im Hauptspeicher, also ohne virtuelle Speicherzugriffe, verarbeiten können, ist eine höhere Laufzeit für die „Nichtoptimale Loop“ auf das Caching zurückzuführen. Oder, hat jemand eine bessere Erklärung dafür? Beispielsweise ergibt die „Nichtoptimale Loop“ auf einem Macintosh Quadra-700 eine um den Faktor 2 schlechtere Laufzeit.

Interessant ist das Ergebnis mit dem *Watcom-Compiler* (W 9.5) auf einem PC (486er, DX2/50). Vergleicht man die Laufzeit der „Optimalen Loop“ mit dem Test unter dem Microsoft-Compiler (M 5.1), ergibt sich für den Watcom-Compiler ein Geschwindigkeitsvorteil um gut den Faktor 2.

Erstaunlich ist das eigentlich nicht, denn bereits IBM hatte bei der Entwicklung des Betriebssystems OS/2 festgestellt, daß auch der C-Compiler von Microsoft nicht so optimalen Maschinencode erzeugt. IBM hatte deshalb für die Anfertigung von OS/2 – 2.1 den besseren C-Compiler von der Firma Watcom eingesetzt [4]. Offensichtlich ist die Firma Watcom grundsätzlich in der Lage, bessere Compiler für den PC zu bauen. Unter Fachleuten ist es ja sowieso kein Geheimnis mehr, daß die Firma Microsoft noch immer, am Stand der Technik vorbei, so ziemlichen Murks produziert. –

Das Testergebnis für einen Pentium-PC macht nun sehr deutlich, daß erst dieser Intel-Mikroprozessor in seinen Rechen-

leistungen mit dem schon seit Jahren erhältlichen Motorola 68040 gleichgezogen hat. Allerdings benötigt dazu der Pentium (80586) einen 90 MHz Takt, wogegen der 68040 – in der Form eines Macintosh – mit bescheidenen 25 MHz zufrieden ist, also nur rund 1/4! Außerdem produziert Intel *alle* Pentium-Chips seit 1993 mit einem Divisionsfehler, der zu falschen Rechenergebnissen führen kann [5–6]. –

Die bisherigen Tests zeigen die sehr deutliche Überlegenheit der auf der RISC-Technologie der Alpha-Mikroprozessoren basierenden Computer [3]. Derzeitiger Spitzenreiter mit einer Laufzeit von nur 0,2 s ist das „gute alte“ (Open)VMS, auf einer 64-Bit Alpha AXP laufend.

Mehr folgt in der nächsten Edition, wenn hoffentlich noch weitere Testergebnisse – insbesondere auch für den PowerPC (basierend auf dem Mikroprozessor 601 von Motorola) von IBM und Apple – vorliegen.

Fortsetzung von Seite 1:

- 13 Unter normalem User-Account mit WSquota = ??? Pages (Acc.[SIEGEL]). Unter optimalerem Acc.[DK] ergibt sich 15,83/12,32 s. System-Einstellung: November 1994.
- 14 Getestet auf PowerMacintosh 700 mit 20 MB Memory.

### 4. Sonstige Hinweise:

■ Das Quellenprogramm SPEEDO.FOR kann vom Knoten *ftp.grumed.fu-berlin.de* (130.133.15.2) per *Anonymous ftp* [2] kopiert werden. Man braucht es also nicht unbedingt abzutippen!

■ Die im Programm »SpeedO« zur Bestimmung der Laufzeit in Sekunden verwendete Funktion SECNDS gehört zu den vordefinierten Routinen von vielen FORTRAN-Compilern [1]. Steht diese Funktion aber nicht zur Verfügung, dann muß sie mit geeigneten Mitteln nachgebildet werden.

■ Die beiden Anweisungen „WRITE(6,\*) array(10,20,30)“ im Programm »SpeedO« dienen lediglich der Kontrolle (eines) Rechenwertes. Es muß 230.0000 ausgegeben werden. Diese Anweisungen gehen nicht in die Zeitmessung ein und können auch entfallen.

### 5. Credits:

Der Dank für die freundliche Unterstützung bei diesem vergleichenden Test geht bisher an: Henry W. Mullar, Sacramento, USA – Woody Young, Champaign, USA – Language Systems Corp., Sterling, USA – Dieter Klüßendorf, Berlin – DEC Research Labs, Palo Alto, USA – Lutz Weiß, Berlin – Jim Nishimoto, Los Angeles, USA.

### 6. Literatur:

- [1] Dittberner, K.-H.: FORTRAN: Vordefinierte Routinen. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 231, 1988–1993.
- [2] Dittberner, K.-H.: Benutzung des Internets: FTP. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 26, 1991–1993.
- [3] Dittberner, K.-H.: Multiplattform-Betriebssysteme für PCs & MACs. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 211, 1993–1995.
- [4] Dittberner, K.-H.: Von MS-DOS zu IBMs OS/2 – V2.1. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 208, 1993–1994.
- [5] Dittberner, K.-H. (Ed.): „Intel Pentium – The Chip that Redefines Mathematics“. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 307, 1994–1995.
- [6] Dittberner, K.-H.: Intel Pentium – Der eingebaute Divisionsfehler. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 327, 1994–1995.

## Wichtiger Hinweis

Anlässlich der Revitalisierung in PDF im Oktober 2004

- Das Programm „SpeedO“ gibt es nunmehr unter: <http://www.khd-research.net/Tech/Computer/SW/FOR/SPEEDO.FOR>
- Bitte aktuelle Meßwerte per E-Mail einsenden via: [http://www.khd-research.net/E\\_Mail.html](http://www.khd-research.net/E_Mail.html)