

# **Berühmt berüchtigte Softwarefehler**

## **Der Pentium Division-Bug**

**vorgetragen von:**

**Sebastian Knieschewski**

# Inhalt

---

- **Die Pentium CPU**
- **Ein Fehler im Pentium?**
- **Divisions-Algorithmus**
- **Workarounds**
- **Intels Reaktion**
- **Weitere Reaktionen**
- **Intels Konsequenzen**
- **Verifikation**
- **Schaden**

## Softwarefehler – Pentium-Bug

# Die Pentium CPU

---



### Intel Pentium P5 / P54C:

- Erste Auslieferung: 36/1993 (P5)
- 60/66 MHz bzw. 75–200 MHz
- Branch Prediction
- Superskalare Architektur
- 3,1 - 3,3 Mil. Transistoren
- 16 KB Level 1 Cache
- Sockel 4/5 (5 V/3,3 V)
- Dualprozessorfähig (P54C)

# Ein Fehler im Pentium?

---

**Dr. Thomas R. Nicely, Professor of Mathematics, Lynchburg College**  
**Berechnung von Primzahlenpaaren und der Zahl  $\pi$**

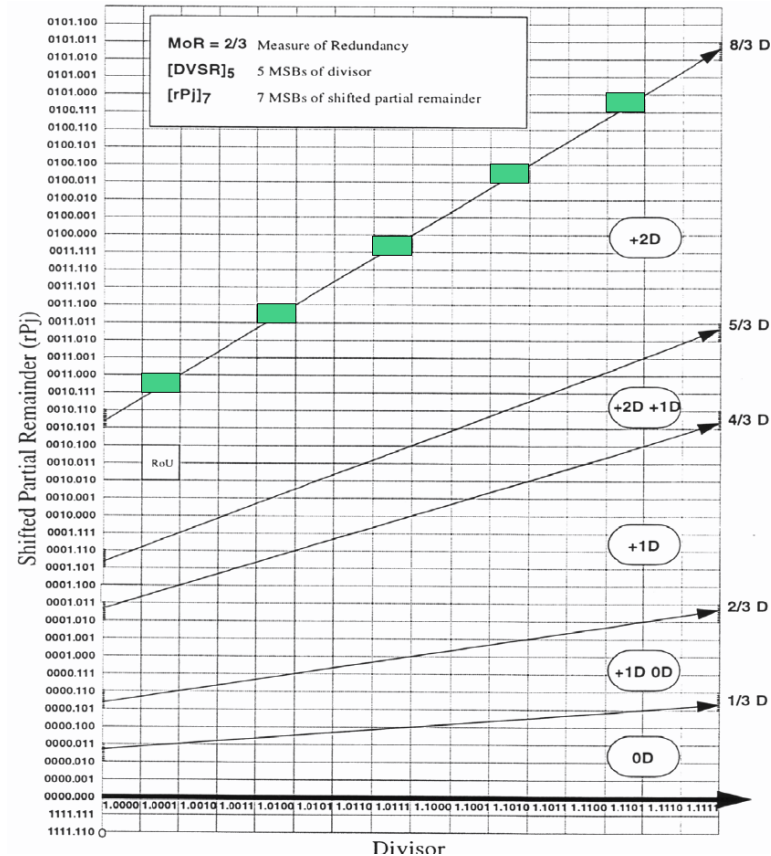
- $824.633.702.441 / 824.633.702.441 = 0.999999996274709702 ???$
- $824.633.702.418 \leq x \leq 824.633.702.449 \rightarrow x \cdot (1/x) \neq 1 !!!$
- **Gefunden: 19. Oktober 1994**
- **Bei Intel gemeldet: 24. Oktober 1994**
- **Getestet auf 5 unterschiedlichen Pentium Systemen**
- **Der Fehler liegt in der FPU/Coprozessor**

**Warum ist der Pentium-Bug ein Softwarefehler?**

# Softwarefehler – Pentium-Bug

## Divisions-Algorithmus

- SRT-Divisions-Algorithmus in der Pentium CPU
- Vorteil: 2 Nachkommestellen werden in einem Zyklus berechnet
- Fehler bei der Übertragung der Matrix
- falsche Werte in der Divisionstabelle 0 anstatt 2
- Von 1066 Einträgen wurden nur 1061 geschrieben



# Workarounds

---

**Die PLA der FPU, die die Tabelle enthält, ist nicht umprogrammierbar!**

## **Lösungen:**

- 1. Alle Divisionen werden durch einen Funktionsaufruf ersetzt. Als erstes wird die Division durchgeführt und dann mit dem Vergleich  $x \cdot (1/x) \neq x$  auf Korrektheit geprüft. Falls die Division inkorrekt ist, dann werden der Zähler und Nenner mit  $3/4$  multipliziert. Danach tritt der Fehler nicht mehr auf.**
- 2. Alternativ kann die selbe Methode verwendet werden nur wird der Zähler und Nenner mit 3 multipliziert, das ist erheblich schneller als die obige Multiplikation.**
- 3. Die oberen zwei Lösungen sind nicht möglich bei bereits kompilierten Programmen, hier kann nur unter Umständen die FPU deaktiviert werden.**

# Softwarefehler – Pentium-Bug

## Intels Reaktion

---

**Offizielle Bestätigung von Intel: 28. November 1994 (1 Monat später!)**

- **Austausch bei Bedarf mit Nachweis, dass komplexe Berechnungen durchgeführt werden.**
- **Veröffentlichung einer Statistik die besagt:  
Bei 1000 Divisionen am Tag!  
Alle 27.000 Jahre tritt der Fehler auf!**

Table 6-1 COMMERCIAL PC APPLICATIONS ON DOS/WINDOWS/OS/2

Class	Applications	MTBF	Impact of failure in div/rem/tran
Word processing	Microsoft Word, Wordperfect, etc.	Never	None
Spreadsheets (basic user)	123, Excel, QuattroPro (basic user runs fewer than 1000 div/day)	27,000 years	Unnoticeable
Publishing, Graphics	Print Shop, Adobe Acrobat viewers	270 years	Impact only on Viewing
Personal Money Management	Quicken, Money, Managing Your Money, Simply Money, TurboTax (fewer than 14,000 divides per day)	2,000 years	Unnoticeable
Games	X-Wing, Falcon (flight simulator), Strategy Games	270 years	Impact is benign, (since game)

## Softwarefehler – Pentium-Bug

# weitere Reaktionen

---

### Statistik von IBM:

- **Alle 24 Tage einmal!**
- **Unter der Annahme von 4,2 Millionen Divisionen am Tag!**
- **IBM stoppt die Auslieferungen von Systemen mit Pentium CPUs**
  
- **Intel Hotline überlastet, mehr als 10.000 Anrufe pro Tag, mehrere Millionen Intel CPUs wurden schon verkauft**
- **Schnelle Publizität des Fehlers durch das Internet**
- **Heftige Kritik in der Öffentlichkeit (Monopolstellung)**
- **Vorherige Werbekampagne zur Einführung des Pentiums**



# Intels Konsequenzen

---

- **Austausch aller CPUs, aber mit Bedingungen:**  
Intel sendet dem Besitzer eine CPU zu, dieser muss aber im Gegenzug ein Kreditkarteneinzugsoption in Höhe von 1.000 US \$ Intel gewähren, falls dieser die defekte CPU nicht an Intel zurücksendet.
- **Fehlerbeschreibungen wurden veröffentlicht**
- **Verifikation der CPUs wurde ernster genommen**
- **Hotlineabteilung nur für die Behandlung der Pentium-Reklamationen**

# Verifikation

---

- **Programmierer sollten nicht den Abnahmetest ihrer eigenen Programme durchführen!**
- **Die Softwareerstellungsguppe sollte nicht für die Qualitätssicherung verantwortlich sein!**
- **Überprüfe die Ergebnisse der Tests gründlich!**
- **Teste nach gültigen und erwarteten Resultaten ebenso wie nach ungültigen und unerwarteten Resultaten .**
- **Teste, ob ein Programm das tut, was es soll, und ebenso, ob es nicht tut, was es nicht soll!**
- **Plane keinen Test unter Annahme, das Programm sei jetzt fehlerfrei.**

(nach: G.J.Myers, Methodisches Testen von Programmen, München 1989)

# Schaden

---

**Finanzieller Schaden: ca. 475 Millionen US \$**

**Anzahl ausgetauschter CPUs: ???**

**Anzahl der fehlerhaft verkauften CPUs: mehr als 2 Millionen**

**Zuzüglich mehrere Tausend in Produktion befindliche CPUs**

**Umtauschraten (Schätzungen):**

**10% Industrie/Forschung**

**2% Heimanwender**