Betriebssystemtechnik

Operating System Engineering (OSE)

Einleitung

Das Betriebssystemdilemma

„Clearly, the operating system design must be strongly influenced by the type of use for which the machine is intended. Unfortunately it is often the case with 'general purpose machines' that the type of use cannot be easily identified; a common criticism of many systems is that in attempting to be all things to all men they wind up being ***totally satisfactory to no-one.***“

A.M. Lister and R.D. Eager
Fundamentals of Operating Systems
Fourth Edition

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Die Eier legende Wollmilchsau

Systeme wie Windows XP, Linux oder Solaris sind auf alle Eventualitäten vorbereitet, z.B.:

- fehlerhafte/böswillige Programme
  - präemptives *Scheduling*, Adressraumtrennung
- Mehrbenutzerbetrieb
  - Authentifizierung, Schutz von Dateien und Geräten
- vielfädige Programme, interagierende Prozesse
  - Semaphore, *Sockets*
- große/viele Programme
  - virtueller Speicher, *Swapping*, *Working Set* Konzept

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Die Eier legende Wollmilchsau

- ein Vielzweckbetriebssystem ist für den wahrscheinlichsten Fall (den Normalfall) optimiert
- in allen Fällen, die von der künstlich definierten Norm abweichen, fallen Kosten an

- auch ungenutzte Funktionen haben einen Preis
  - Laufzeitverbrauch durch unnötige Fallunterscheidungen
  - Speicherplatzbedarf
  - erhöhte Startzeiten
  - Verschlechterung der *cache-hit* Raten
- besonders problematisch sind Eigenschaften, die sich auf viele Systemfunktionen auswirken
  - Linux 2.6 Kern: `grep EPERM` liefert **1243** Treffer!

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Vielzwecksystem - Vielzweckfunktion

eine Analogie:

- das **Vielzwecksystem**
  - stellt Systemdienste bereit
  - versucht, allen Nutzern gerecht zu werden
  - ist Resultat vieler Kompromisse
  - verbirgt die interne Struktur (*black box*)
- die **Vielzweckfunktion**
  - stellt Teilfunktionen bereit
  - ... sonst wie oben

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Vielzweckfunktion printf()

```
> uname -snrm
Linux faui48 2.6.5-7.111.19-bigsmp i686
> echo 'main(){printf("hello, world\n");}' > hello.c
> gcc -O6 -c hello.c; gcc -static -o hello hello.o
> ./hello
hello, world
> ls -l hello*
-rwxr-xr-x  1 spinczyk i4staff 2008562 2005-04-06 17:14 hello
-rw-r--r--  1 spinczyk i4staff      34 2005-04-06 17:13 hello.c
-rw-r--r--  1 spinczyk i4staff     856 2005-04-06 17:14 hello.o
> size hello hello.o
   text    data     bss     dec     hex filename
 367486    3156    3220  373862   5b466 hello
     36       0       0      36      24 hello.o
```

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Vielzweckfunktion `printf()`

ist die Größe ein Linux/x86 spezifisches Phänomen?

Programm	Größe (Bytes)					
	Linux				Solaris	Windows
	i686	arm	ppc	alpha	sparc	i586
hello	203966	221998	245452	453898	183373	30935
hello.o	29	42	60	62	38	29
%	0.014	0.018	0.024	0.013	0.020	0.094

wosch, OSE 2003

- nein, `hello` ist auf allen Plattformen sehr groß
- innerhalb der letzten Jahre hat sich das Problem auch noch verschlimmert: **203966 zu 373862**

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Spezialzweckfunktion puts()

- vermutlich kann `printf()` einfach zu viel
- das spezialisierte `puts()` sollte weniger Speicher verbrauchen ...

```
> echo 'main(){puts("hello, world");}' > hello.c
> gcc -O6 -c hello.c; gcc -static -o hello hello.o
> ./hello
hello, world
> size hello hello.o
   text    data     bss     dec     hex filename
 367486    3156    3220  373862   5b466 hello
     36       0       0      36      24 hello.o
```

373862 zu 373862!

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Spezieller geht's nicht: `write()`

- der `write()` *system call* sollte wirklich wenig kosten ...

```
> echo 'main(){write(1,"hello, world\n",13);}' > hello.c
> gcc -O6 -c hello.c; gcc -static -o hello hello.o
> ./hello
hello, world
> size hello hello.o
   text    data     bss     dec     hex filename
 367134    3100    3252  373486    5b2ee hello
     39       0       0      39      27 hello.o
```

373862 zu 373486 :-(

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Der Einfluss des *Startup Code*

Wieso wird der Speicherplatzverbrauch nicht signifikant kleiner?

`objdump --reloc -D hello | grep printf`
... liefert **1488 Treffer**. Es ist der *Startup Code*!

```
> echo '_start(){write(1,"hello, world\n",13);_exit(0);}' >
hello.c
> gcc -O6 -c hello.c; gcc -static -nostartfiles -o hello hello.o
> ./hello
hello, world
> size hello hello.o
   text    data     bss     dec     hex filename
    354       0       8     362     16a hello
     46       0       0      46      2e hello.o
```

373862 zu 362!

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Hello, World - Fazit

ein typisches „hello, world“ Programm braucht unter Linux/x86 mindestens **1000 mal mehr Speicher als notwendig**. Ursachen?

- Softwarestruktur
  - Modularisierung und Offenlegung der Struktur
- Programmiersprache
  - Schnittstellen
- Werkzeugkette
  - Compiler, Objektmodule, Binder

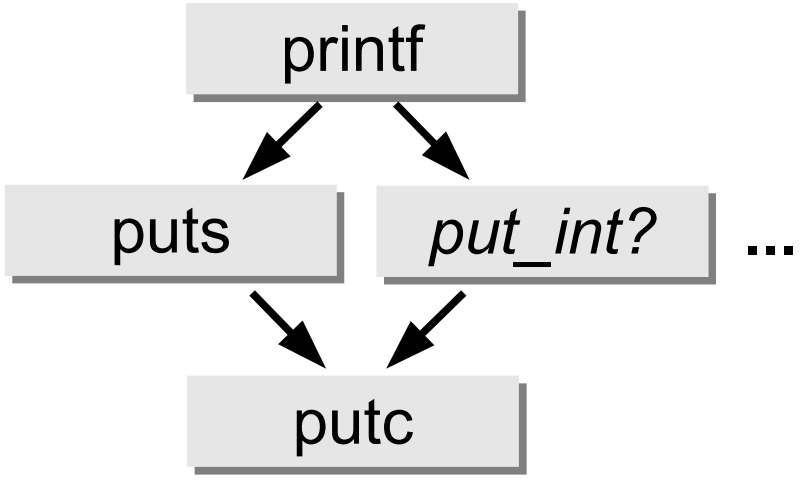
© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ursachen - Softwarestruktur

- `printf()` unterstützt vieles:
  - alle „plain old data types“
    - [`signed`|`unsigned`] [`short`|`long`] `int`, `float`, `double`, `char`, `void*`, `char*`
  - verschiedene Darstellungsformen
    - binär, oktal, dezimal, hexadezimal
  - unterschiedliche Ausrichtungen
    - rechts/links, benutzerdefinierte Feldbreiten
- nicht jede Applikation benötigt all diese *Features*
  - „Hello, World“: `char*`, linksbündig
- trotzdem „zahlt“ jede Applikation dafür!

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ursachen - Softwarestruktur



- aber basiert printf() auf puts()?
  - oder vielleicht puts() auf printf()?
  - oder gibt es gar keine Beziehung
- die Beziehungen zwischen den Funktionen sind nicht Teil der libc Schnittstellendefinition
  - ein Nachteil des *black box* Prinzips

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ursachen - Programmiersprache

- `printf()` soll eine einheitliche Schnittstelle für die formatierte Ausgabe bereitstellen.
  - Interpretation der Format-Zeichenkette zur Laufzeit
  - Referenzierung von Ausgabefunktionen für alle unterstützten Datentypen und Formate
  - keine Möglichkeit der Optimierung durch den Übersetzer, da `printf()` eine Bibliotheksfunktion ist
- C++ stellt mit den << Operator ebenfalls eine einheitliche Schnittstelle zur formatierten Ausgabe bereit
  - der Übersetzer ermittelt die aufgerufene Ausgabefunktion statisch
  - unbenötigte Funktionen werden nicht referenziert

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ursachen - Programmiersprache

- ist `std::cout << „hello, world\n“;` schlanker?

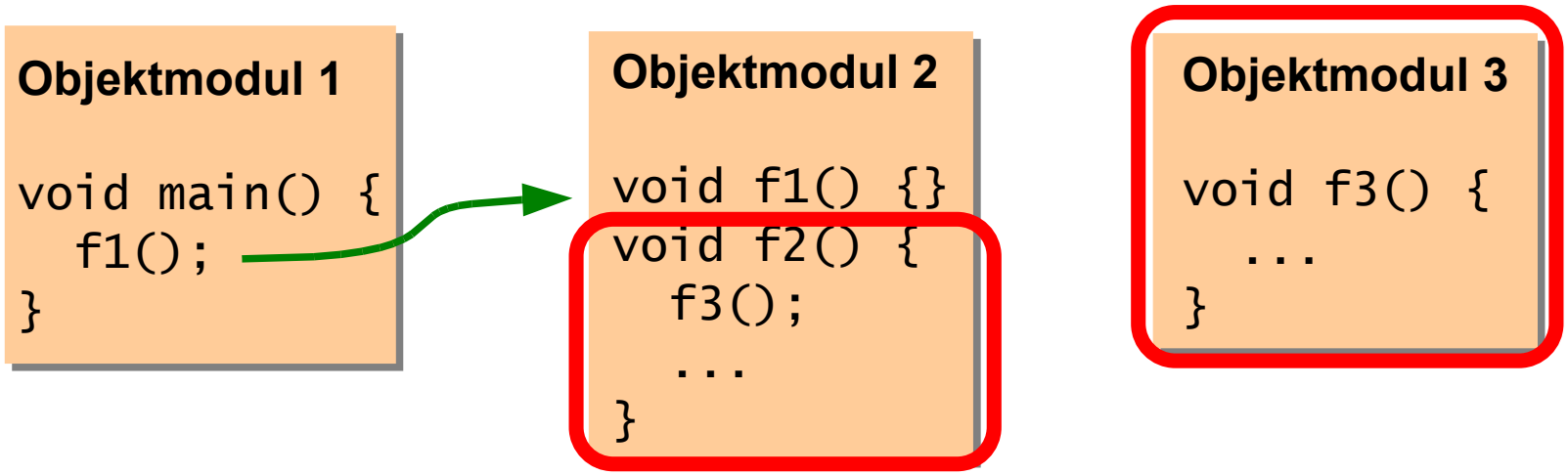
```
> cat > hello.cc
#include <iostream>
int main() {
  std::cout << "hello, world\n";
}
> g++ -O6 -c hello.cc; g++ -static -o hello hello.o
> ./hello
hello, world
> size hello hello.o
   text    data     bss     dec     hex filename
 781498    3952   24116  809566   c5a5e hello
    202      28       1     231      e7 hello.o
```

373862 zu 809566!

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ursachen - Werkzeugkette

- die GNU Werkzeugkette (gcc/g++, ar, ld) unterstützt (standardmäßig) kein Binden auf Funktionsebene



- obwohl `f2()` und `f3()` nicht referenziert werden, landen sie als unbenutzer Code im gebundenen Programm!

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ist das Problem wirklich eines?

- `printf()` und `cout` sind keine Ausnahmen
  - Programme werden immer größer, selbst wenn sie funktional nicht reicher werden
  - grundlegende Prinzipien der Softwaretechnik werden vernachlässigt

> *„Some users may require only a subset of services or features other users need. These **'less demanding' users** may demand that they are not be forced to pay for the resources consumed by the unneeded features.“*

D.L. Parnas, 1979
Designing Software for Ease of Extension and Contraction

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Ist das Problem wirklich eines?

- wie Vielzweckbetriebssysteme sind auch die GNU libc und die GNU libstdc++ für den „Normalfall“ optimiert
  - das Betriebssystem wird es schon richten
    - virtueller Speicher, *shared libraries*
  - Speicherplatzverbrauch ist im „Normalfall“ kein Problem
    - sollte man deshalb verschwenderisch damit umgehen?
- ***im*** Betriebssystem sieht es schon problematischer aus
  - virtueller Speicher und *shared libraries* helfen hier nicht
  - jede Anwendung hat zu leiden
- unbenutzbar wäre ein nach dem „`printf()` Prinzip“ gebautes Vielzweckbetriebssystem in Domänen mit speziellen Anforderungen

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Spezielle BS-Einsatzgebiete

- harte und weiche Echtzeitsysteme
  - sicherheitskritische Systeme in Fahrzeugen, Multimedia
  - deterministische Laufzeiten
- Hochleistungsrechensysteme
  - Parallelrechner, Cluster
  - minimale Laufzeiten
- kleine Systeme
  - **eingebettete Systeme** in Massenproduktion
  - minimaler Speicherplatzverbrauch
- ... werden meist mit speziellen Betriebssystemen betrieben

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Beispiel: Eine modulare Wetterstation

- ein typisches kleines eingebettetes System

- Sensoren: Wind, Temperatur, Luftdruck, ...
- Aktoren: Display, Alarm, PC Verbindung, ...

- basiert auf einem AVR ATmega µ-controller
  - 8 Bit 4MHz RISC CPU
  - 2 – 128 kb Flash
  - 0.5 – 4 kb RAM
  - digitale, analoge, serielle und I²C basierte E/A

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Beispiel: Eine modulare Wetterstation

Sensoren

Wind

Luftdruck

Temperatur

µController (AVR)

Display

I^2C

USB

RS232

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Wetterstationsvarianten

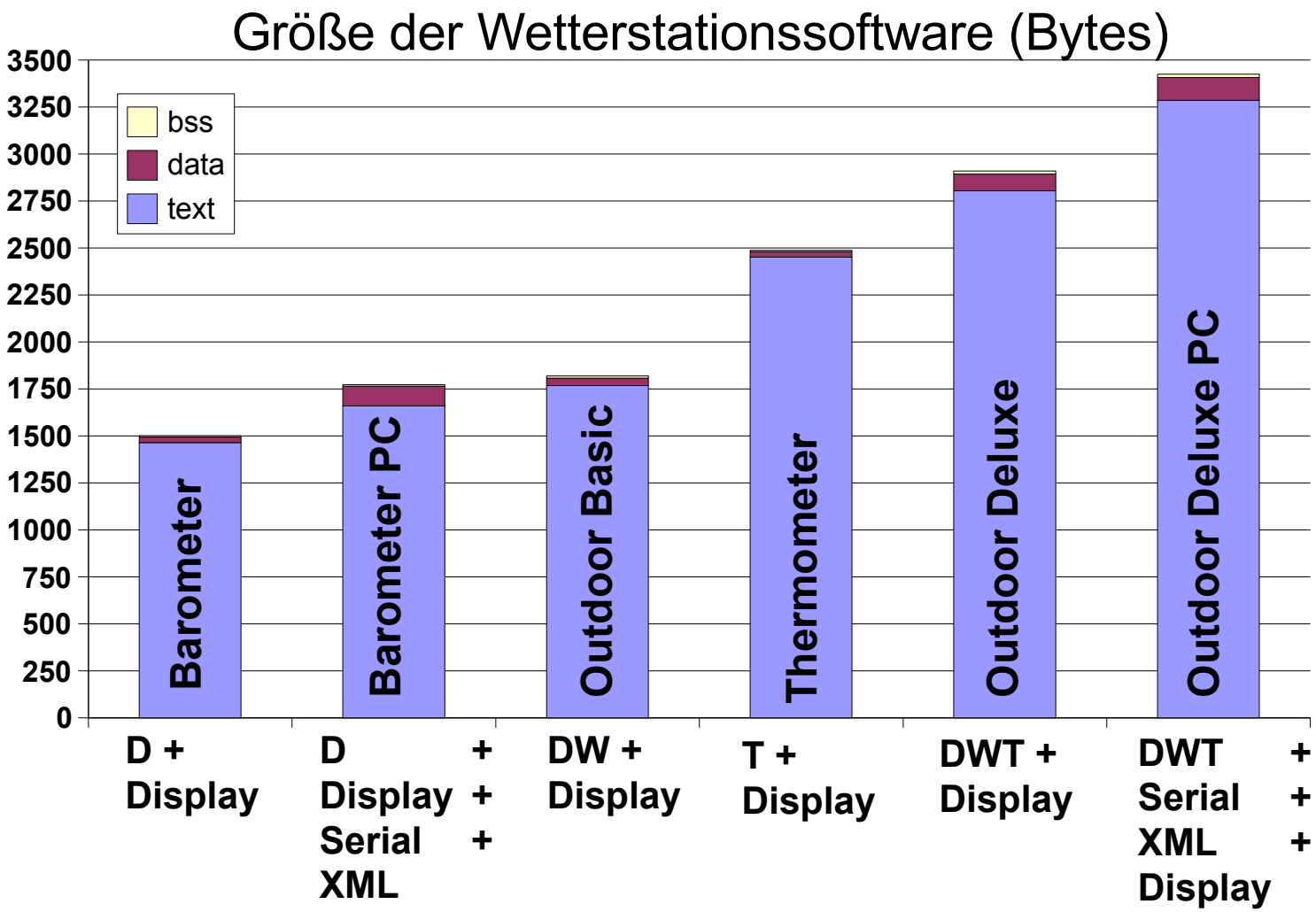
- *Thermometer*: LCD, Temperatur
- *Home*: LCD, Temperatur, Luftdruck
- *Outdoor*: LCD, Temp., Luftdruck, Wind

- *Deluxe*: + PC Verbindung
- *PC-only*: + PC Verbindung - LCD

- Serielle PC Verbindung
- USB PC Verbindung
- ...

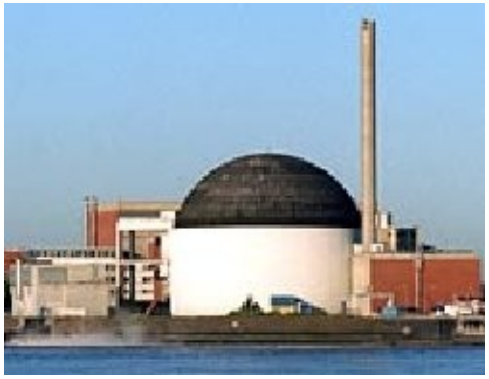
© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

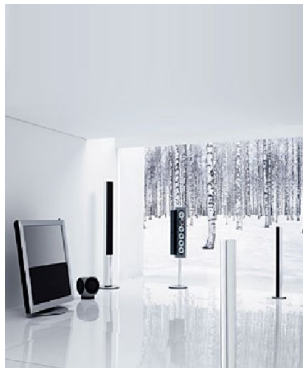
Skalierbarer Resourcenverbrauch

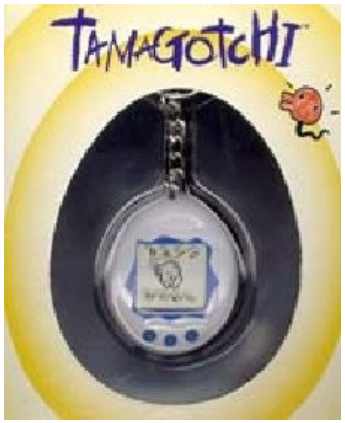


© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Eingebettete Systeme sind überall

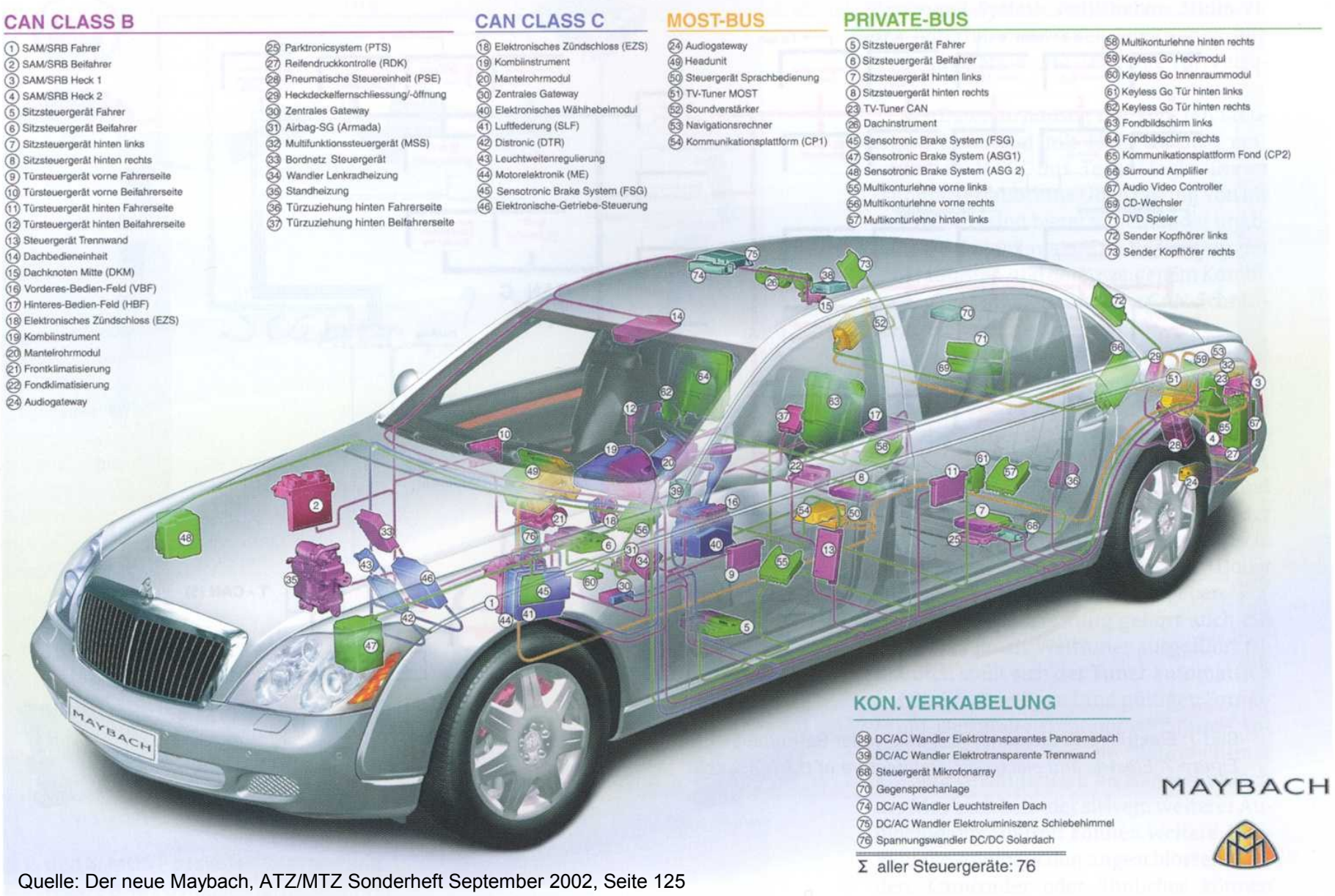






© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

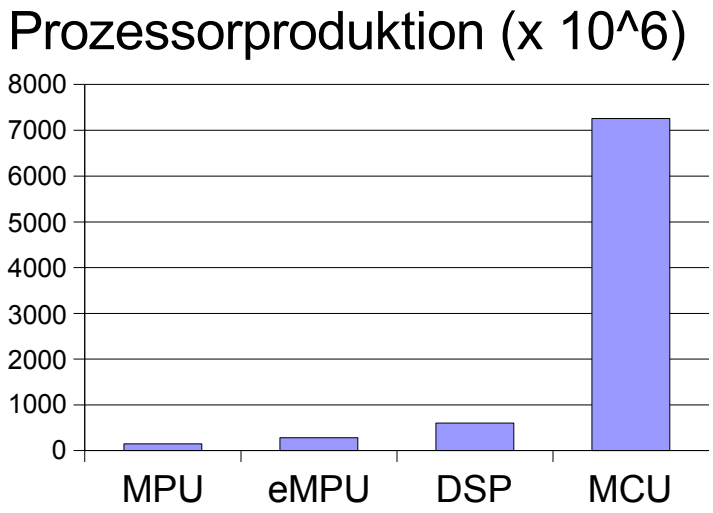
Eingebettete Systeme sind überall

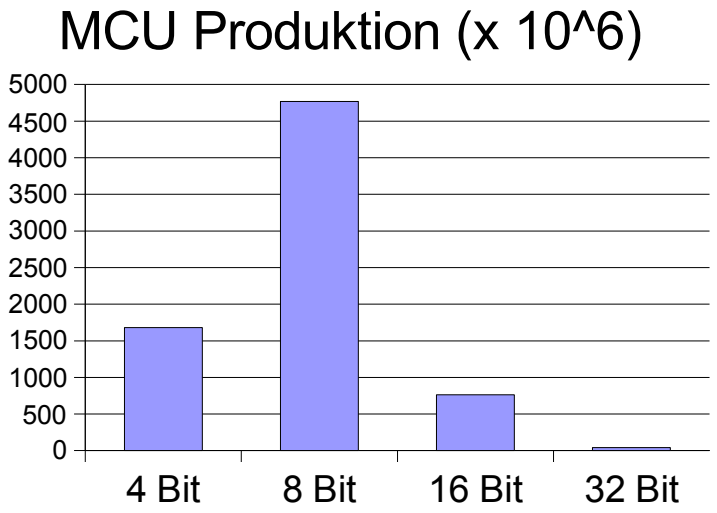


Quelle: Der neue Maybach, ATZ/MTZ Sonderheft September 2002, Seite 125

Eingebettete Systeme sind überall

- eine Statistik aus dem Jahr 2000:





Quelle: David Tennenhouse, 2000

- von den etwa 8 Mrd. Prozessoren werden mehr als 98% im Bereich eingebetteter Systeme verwendet
- noch heute dominiert **8 Bit Technik**

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

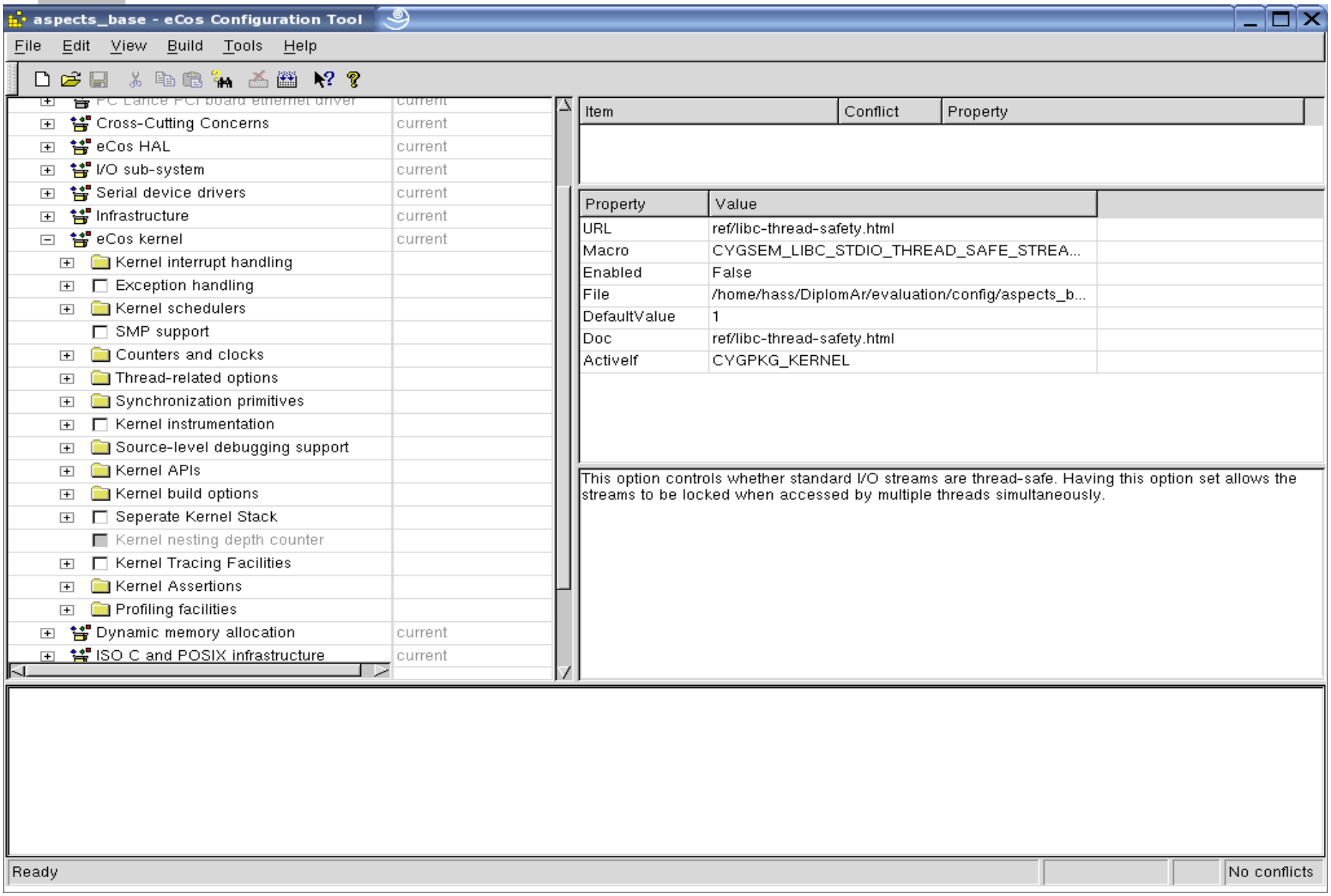
Eingebettete Betriebssysteme?

Wie sieht ein Betriebssystem aus, das speziellen Anwendungen auf spezieller Hardware möglichst optimale Unterstützung bieten kann?

- der Markt hat vielfältige Angebote
  - . . . , C{51, 166, 251}, **CiAO**, CMX RTOS, C-Smart/Raven, **eCos**, eRTOS, Embos, Ercos, Euros Plus, Hi Ross, Hynet-OS, LynxOS, MicroX/OS-II, Nucleus, OS-9, OSE, **OSEK** {Flex, Turbo, Plus}, OSEKtime, Precise/MQX, Precise/RTCS, proOSEK, pSOS, PURE, PXROS, QNX, Realos, RTMOSxx, Real Time Architect, RTA, RTX{51, 166, 251}, RTXC, Softune, SSXS RTOS, ThreadX, TinyOS, VRTX, VxWorks, . . .
- über 50% des Marktes werden von proprietären Systemen abgedeckt

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

Statische Konfigurierung: z.B. eCos



Ausblick

Im Rahmen von Betriebssystemtechnik werden wir betrachten, ...

- wie die Variantenvielfalt einer „Betriebssystemfamilie“ beschreiben kann
- wie Programmfamilien strukturiert werden sollten
- welche Probleme „querschneidende Belange“ mit sich bringen und wie man sie löst
- welche modernen Konzepte zur Konfigurierung und Implementierung der Systemkomponenten existieren
- wie weit man mit der Konfigurierung gehen kann

© 2007, 2008 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk